



Selye János Egyetem
Gazdaságtudományi és Informatikai Kar

UDVAROS JÓZSEF

Anyagok és technológiák

Komárom, 2023



Selye János Egyetem
Gazdaságtudományi és Informatikai Kar

UDVAROS JÓZSEF

Anyagok és technológiák

Komárom, 2023

© Udvaros József

Rezenzenti: Hua Nam Son, PhD.

Miklós Gubán, Professor Emeritus

Jazyková korektúra: Stefánia, Bódi, Dr. habil.

Informácie o sponzoroch, podporovateľoch publikácie

ISBN 978-80-8122-466-9

Anyagok és technológiák

Tartalom

ELEKTROMOSAN VEZETŐ ANYAGOK	10
AZ ELEKTROMOSAN VEZETŐ ANYAGOK FELOSZTÁSA.....	10
A FÉMEK ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉGÉNEK ELMÉLETE	10
<i>Klasszikus elektronelmélet.....</i>	<i>10</i>
<i>Sávos elektronelmélet</i>	<i>11</i>
A VEZETŐKÉPES ANYAGOK JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI	11
<i>Elektromos ellenállás.....</i>	<i>11</i>
<i>Termoelektromos feszültség</i>	<i>12</i>
<i>Termikus hosszirányú tágulás</i>	<i>13</i>
<i>Olvadáspont</i>	<i>13</i>
<i>Fajlagos hővezető képesség</i>	<i>13</i>
<i>Nyúlás.....</i>	<i>14</i>
<i>Keménység</i>	<i>14</i>
RÉZ.....	14
<i>Rézgyártás</i>	<i>14</i>
<i>Réz tulajdonságai</i>	<i>14</i>
<i>Réz felhasználása az elektrotechnikában</i>	<i>15</i>
RÉZÖTVÖZETEK	16
<i>Bronz.....</i>	<i>16</i>
<i>Sárgaréz.....</i>	<i>17</i>
ALUMÍNIUM	17
<i>Alumíniumgyártás</i>	<i>17</i>
<i>Az alumínium tulajdonságai.....</i>	<i>18</i>
<i>Alumínium használata az elektrotechnikában</i>	<i>18</i>
ALUMÍNIUMÖTVÖZETEK.....	19
A RÉZ ÉS AZ ALUMÍNIUM TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	19
EGYÉB ELEKTROMOSAN VEZETŐ FÉMEK.....	20
<i>Ezüst - Ag.....</i>	<i>20</i>
<i>Arany - Au</i>	<i>20</i>
<i>Cink - Zn</i>	<i>20</i>
<i>Ón - Sn</i>	<i>21</i>
<i>Kadmium - Cd</i>	<i>21</i>
<i>Nikkel - Ni</i>	<i>21</i>
<i>Króm - Kr.....</i>	<i>21</i>
<i>Vas - Fe</i>	<i>21</i>
ELLENÁLLÁS ANYAGOK	22
<i>Közös jellemzők</i>	<i>22</i>
<i>Ellenállási anyagok a mérés technikához.....</i>	<i>22</i>
<i>Elektrotermikus eszközök ellenállási anyagai.....</i>	<i>22</i>
ELLENÁLLÁSOK	24
ELLENÁLLÁSOK TÍPUSAI	24
ÉRINTKEZŐ ANYAGOK	25
<i>Mi az érintkezés.....</i>	<i>25</i>
<i>Az érintkező anyagokkal szemben támasztott követelmények.....</i>	<i>25</i>
<i>Az érintkezésekhez használt anyagok</i>	<i>26</i>
FÉMEK BIZTOSÍTÉKVEZETŐKHÖZ	26

<i>A biztosíték meghatározása</i>	26
<i>A biztosítékvezetők anyagigénye</i>	26
<i>Biztosíték alakja</i>	26
<i>Felhasznált anyagok</i>	27
ANYAGOK FORRASZTÓKHOZ	27
<i>Mi a forrasztás</i>	27
<i>Forrasztók anyagigénye</i>	27
<i>Forrasztóanyagok típusai</i>	28
FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK BIMETÁLOKHOZ	28
<i>A bimetál (kettősfém, ikerfém) meghatározása</i>	28
<i>Hajlító bimetál</i>	29
<i>Bimetál vezetők</i>	29
<i>Bimetál érintkezők</i>	29
KONDENZÁTOROK	30
JELLEMZŐ PARAMÉTEREK	30
<i>Kapacitás</i>	30
<i>Névleges feszültség</i>	30
<i>Tűréshatár</i>	30
<i>Hőmérsékleti együttható</i>	31
<i>Üzemi frekvencia</i>	31
<i>Polaritásfüggés</i>	31
<i>Maximális váltakozó feszültség</i>	31
<i>Frekvencia tartomány</i>	32
<i>Polarizáltság</i>	32
<i>Maximális váltakozó feszültség</i>	32
<i>Soros belső ellenállás</i>	32
<i>Szivárgóáram</i>	32
SÍKKONDENZÁTOR	33
<i>Kondenzátortípusok</i>	33
GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSAI	34
<i>Papírkondenzátor</i>	34
<i>Elektrolitkondenzátor</i>	35
<i>Alumínium elektrolitkondenzátor</i>	35
<i>Tantálkondenzátor</i>	36
<i>Fóliakondenzátor</i>	36
<i>Kerámiakondenzátor</i>	37
<i>Változtatható kapacitású kondenzátor</i>	38
<i>Nagyfeszültségű vákuumkondenzátor</i>	38
<i>Félvezető kondenzátorok</i>	38
A KONDENZÁTOR MEGHIBÁSODÁSA	38
Mechanikai károsodás	39
Túlzott feszültségterhelés	39
Határfrekvencia túllépése	39
Rövidzárlat	40
Öregedés, szivárgás	40
Fordított polaritás	40
FÉLVEZETŐK	40
FÉLVEZETŐK FELOSZTÁSA	40
A FÉLVEZETŐ Vezetőképesség elméletei	41
<i>Belső vezetőképesség</i>	41
Az önvezető vezetőképesség	41
Nem saját vezetőképesség (szennyeződéses)	41

Elektronvezetőképesség - N típusú félvezető	41
Lyuk vezetőképesség - P típusú félvezető	42
PN átmenet	43
A FÉLVEZETŐK JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI	43
Fajlagos elektromos vezetőképesség	44
A tiltott sáv szélesség	44
NÉHÁNY FONTOS JELENSÉG A FÉLVEZETŐKÖN ÉS AZOK MŰSZAKI FELHASZNÁLÁSA	45
Egyenirányító jelenség	45
Hall-effektus	46
Fotoelektromos kapuhatás	47
Termoelektromos jelenségek	48
SZILÍCIUM	49
A szilícium tulajdonságai	49
Tiszta szilícium előállítása	49
Szilícium monokristály előállítása	51
GERMÁNÍUM	52
A germánium tulajdonságai	52
Zónás (sáv) olvadás	53
FÉLVEZETŐ LAPOK GYÁRTÁSA ÉS MÓDOSÍTÁSA	53
PN-átmenet létrehozása	54
Epitaxia	54
Ion beültetés	54
Diffúzió	55
ÖSSZETETT FÉLVEZETŐK	55
OXID FÉLVEZETŐK	55
AMORF (ÜVEGES) FÉLVEZETŐK	55
SZERVES FÉLVEZETŐK	56
NÉHÁNY FÉLVEZETŐ ALKATRÉSZ	56
Diódák	56
Egyenirányító diódák	56
Zener diódák	57
Varikap kapacitív dióda	57
Fénykibocsátó diódák és fotodiódák (LED)	57
Tranzisztorok	57
Bipoláris tranzisztor	57
Unipoláris tranzisztor	58
FOLYADÉKKRISTÁLYOK POLARIZÁLT FÉNYBEN	59
A FOLYADÉKKRISTÁLYOK FIZIKAI ÉS KÉMIAI JELLEMZŐI	59
Fizikai jellemzők	59
Kémiai jellemzők	59
AZ ANYAGOK HALMAZÁLLAPOTAI	60
Szilárd halmazállapot	60
Folyékony halmazállapot	60
Gázhalmazállapot	60
FOLYADÉKKRISTÁLYOK TÍPUSAI	61
Nematikus folyadékkristályok	61
Szmektikus folyadékkristályok	61
A FOLYADÉKKRISTÁLYOK KÉMIAJA	62
Molekuláris szerkezet	62
Polarizáció definiálása	62
Lineáris polarizáció	62
Polarizációs szűrők és az áthaladó fény	63
Polarizáció manipulálása	63

<i>Kettőtörés definiálása</i>	63
Kettőtörés következményei	63
Kettőtörés és lineárisan polarizált fény	63
Cirkuláris polarizáció	63
FOLYADÉKKRISTÁLY-KIJELZŐ (LCD) MŰKÖDÉSI ELVE	64
<i>Polarizátorok</i>	64
<i>Folyadékkristályos réteg</i>	64
<i>Elektródák</i>	64
A világos pixel működésének részletezése	65
A sötét pixel működése	65
LÉZER TECHNOLÓGIA	66
A LÉZER TÖRTÉNETE ÉS ALAPELVE	66
A LÉZER TERMINOLÓGIA BEVEZETÉSE	66
A LÉZER MŰKÖDÉSI ELVE	67
A LÉZEREK KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSAI	67
<i>Gázlézerek</i>	67
<i>Félvezető lézerek</i>	67
<i>Szilárdtest lézerek</i>	67
<i>Színanyag lézerek</i>	68
LÉZER TECHNOLÓGIA FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI	68
<i>Kommunikáció</i>	68
<i>Ipari alkalmazások</i>	68
<i>Orvostudomány</i>	70
<i>Méréstechnika és analitika</i>	70
<i>Kutatás és fejlesztés</i>	70
LÉZER TECHNOLÓGIA JÖVŐBELI IRÁNYAI	71
PLAZMA TECHNOLÓGIA	72
A PLAZMA FOGALMA	72
PLAZMA TULAJDONSÁGAI	72
PLAZMA ELŐÁLLÍTÁSA	73
<i>Elektromos kisüléssel plazma</i>	73
<i>Rádiófrekvenciás (RF) plazma</i>	73
<i>Lézerionizáció</i>	73
<i>Termikus plazma</i>	73
KIHÍVÁSOK ÉS JÖVŐBELI KILÁTÁSOK A PLAZMA TECHNOLÓGIA TERÜLETÉN	75
NANOTECHNOLÓGIA	76
BEVEZETÉS A NANOTECHNOLÓGIÁBA	76
NANOMÉRET ÉS TULAJDONSÁGOK	77
NANOTECHNOLÓGIAI ANYAGOK ÉS SZERKEZETEK	78
NANOTECHNOLÓGIAI ANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA	78
NANOTECHNOLÓGIAI ANYAGOK TULAJDONSÁGAI ÉS ALKALMAZÁSAI	78
NANOTECHNOLÓGIAI ALKALMAZÁSOK	79
<i>Egészségügyi alkalmazások</i>	79
<i>Elektronikai alkalmazások</i>	80
<i>Energiaalkalmazások</i>	80
<i>Környezetvédelmi alkalmazások</i>	81
KIHÍVÁSOK ÉS JÖVŐBELI KILÁTÁSOK	81
ŰRTECHNOLÓGIA	82
AZ ŰRTECHNOLÓGIA JELENTŐSÉGE ÉS HATÁSA A MODERN VILÁGRA	83
<i>Műholdas kommunikáció</i>	84

<i>Időjárás és klíma</i>	84
<i>Navigáció</i>	84
<i>Űrkutatás és Tudományos megismerés</i>	84
<i>A Föld megfigyelése</i>	84
AZ ŰRTECHNOLÓGIA TÖRTÉNETE	84
<i>Rakétatechnológia</i>	84
<i>Az űrverseny és az űrkutatás korai napjai</i>	85
<i>Az Apollo-program és a Holdra szállás</i>	85
<i>Az űrállomások kora és a robot űrmissziók</i>	85
<i>A magán űrrepülés kora</i>	85
AZ ŰRTECHNOLÓGIA MODERN KORI FEJLESZTÉSEI	85
<i>A magán űrrepülési vállalatok felemelkedése</i>	85
SpaceX	85
Blue Origin	86
Virgin Galactic	86
AZ ŰRBÁNYÁSZAT ÉS A HOZZÁ KAPCSOLÓDÓ TECHNOLÓGIÁK FEJLŐDÉSE	86
<i>Űrszondák és robotok</i>	87
<i>Távérzékelés</i>	87
<i>Ercsforrások kinyerése és feldolgozása</i>	87
A MŰHOLDAS TECHNOLÓGIÁK FEJLESZTÉSE.....	87
<i>A műholdas technológiák fejlesztése</i>	87
<i>Távközlés</i>	87
<i>Földmegfigyelés</i>	87
<i>Navigáció</i>	88
<i>Űridőjárás előrejelzés</i>	88
ŰRTECHNOLÓGIAI ALKALMAZÁSOK	88
<i>Kommunikáció</i>	88
<i>Földmegfigyelés</i>	89
<i>Navigáció</i>	89
<i>Űrkutatás</i>	89
<i>Űrturizmus</i>	89
JÖVŐBELI KILÁTÁSOK ÉS KIHÍVÁSOK AZ ŰRTECHNOLÓGIA TERÜLETÉN.....	89

Elektromosan vezető anyagok

Az elektromosan vezető anyagok felosztása

Az elektromosan vezető anyagokat feloszthatjuk:

- **hagyományos elektromos vezetők** (réz, alumínium, ezüst, arany, stb.),
- **ellenállás anyagok** (konstantán, mangánin, stb.),
- **különleges tulajdonságokkal rendelkező vezetők** (biztosítékvezetékekhez, érintkezőkhöz, bimetál vezetékekhez, stb.).

Vezetőképes környezetben az elektromos töltés hordozói lehetnek:

- a) **elektronok** - az elektron vezetőképessége fémekben nyilvánul meg,
- b) **ionok** - ionvezetőképesség szervesetlen sók oldatában nyilvánul meg.

Továbbiakban kizárólag az **elektronikus vezetőképességű** anyagokkal, azaz a **fémekkel és ötvözeteikkel foglalkozunk**. Ezen anyagok fajlagos ellenállása általában $10^{-2} - 10^{-1} \Omega\text{m}$.

Egy adott anyaggal **szemben támasztott követelmények** mindig annak rendeltetésszerű használatán alapulnak. Elvileg mindig nagyon alacsony ellenállásra, azaz nagy elektromos vezetőképességre lesz szükségünk, az ellenállás anyagok kivételével. További fontos követelmények a keménység, a szilárdság, az oxidációval és a külső behatásokkal szembeni ellenálló képesség.

A fémek elektromos vezetőképességének elmélete

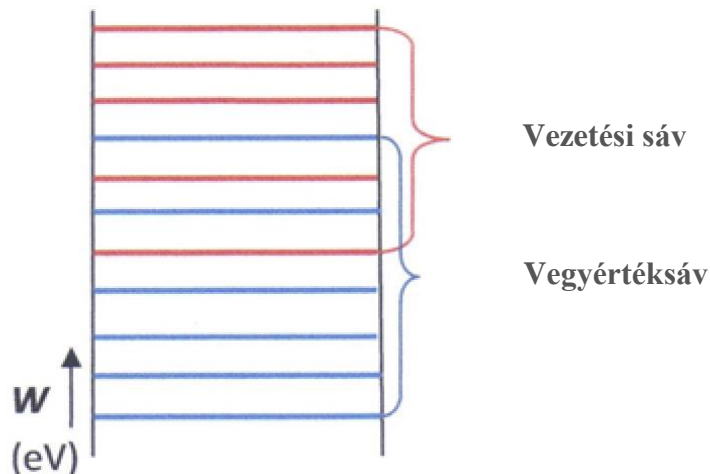
A fémek magas elektromos vezetőképességgel rendelkeznek, és magasabb hőmérséklet mellett növekszik az ellenállásuk.

Klasszikus elektronelmélet

- A fém vezetőképesség klasszikus elektronelmélete azon a tényen alapul, hogy a fémekben **nagyszámú szabad elektron** található, amelyek leváltak az atomokról. A vegyértékelektronok elválasztása után az atomokból pozitív ionok képződtek, amelyek a fém kristályrácsát képezik. Ezen pozitív ionok között a szabad elektronok rendezetlenül, minden irányban mozognak. Miután a fém elektromos feszültségforráshoz csatlakozik, minden szabad elektronra elektromos mező kezd hatni. Az elektronok mozgása az elektromos tér intenzitásának irányába irányul, ez a mozgás **elektromos** áramként nyilvánul meg.
- Miközben az elektronok mozognak a fémbe, ütköznek az ionokkal (gátolják mozgásukat), kinetikus (mozgási) energiájukat leadják az ionnak, amely hővé alakul, és a fém felmelegszik.
- Alacsony hőmérsékleten a fém kristályrácsa szabályos, és nem sok ellenállást mutat az elektronok mozgásával szemben. **Abszolút nulla körüli hőmérsékleten a fémek még úgynevezett szupravezetést** is mutatnak, a kristályrács szinte tökéletes és semmi sem akadályozza az elektronok mozgását, az ellenállás elméletileg nulla.
- Amint a fém hőmérséklete növekszik, a szabad elektronok ütköznek az ionokkal, azok pályája megrövidül, és a fém ellenállása növekszik.

Sávos elektronelmélet

- A sávos elektronelmélet az **atom sávmodelljén** és azon a tényen alapul, hogy az **elektronok kvantummenyiségben kapnak energiát**.
- A **vegyértékelektronoknak nagyon kevés energiára van szükségük ahhoz, hogy magasabb energiaszintre (felszabadulás) lépjenek át**. Mivel a vegyérték- és vezetési sávok részben átfedik egymást az elektromosan vezető anyagokban, ez az átmenet nagyon egyszerű, ezért ezek az anyagok jól vezetnek az elektromos áramot.
- A **hőmérséklet emelkedésével azonban a vezetési sáv fokozatosan feltöltődik**, így csökken a fennmaradó szabad energiaszintek száma, csökken a fém elektromos vezetőképessége és **nő az ellenállása**.



1. ábra Elektromos vezető sávmodellje

A vezetőképes anyagok jellemző tulajdonságai

Jellemző tulajdonságok alatt olyan **menyiségeket** értünk, **amelyek leírják az anyagok tulajdonságait**, és amelyek értékei gyakran megtalálhatók a táblázatokban.

Elektromos ellenállás

- Jele: **R**, egysége: **Ω** (ohm).
- Az elektromosan vezető anyagok egyik legfontosabb paramétere.
- Egy **l** hosszúságú és **S** keresztmetszetű vezető ellenállását a következő összefüggésből kiszámítjuk ki:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

ρ - **fajlagos elektromos ellenállás (rezisztivitás)** kifejezi az 1mm^2 vagy 1m^2 keresztmetszetű és 1m hosszú vezető ellenállását. Egysége: **Ωm** .

- A vezetőképes anyagok elektromos ellenállása a hőmérséklettől is függ, **magasabb hőmérsékleteknél az ellenállás növekszik**. Ez a függőség a következő ismert kapcsolattal írható le:

$$R = R_{20}(1 + \alpha\Delta\nu)$$

α - az **ellenállás hőmérsékleti együtthatója**, amely azt jelzi, hogy hány ohmmal változik az 1Ω ellenállású vezető ellenállása, amikor a hőmérséklet 1K -nel nő. Egysége K^{-1} és a legtöbb fém értéke $0,004 \text{K}^{-1}$ körül mozog,

Δv - **felmelegedés**, azaz a vezető végső hőmérséklete és a 20 °C kezdő hőmérséklet közötti különbsége,

R_{20} - a vezető ellenállása 20 °C bázis hőmérsékleten.

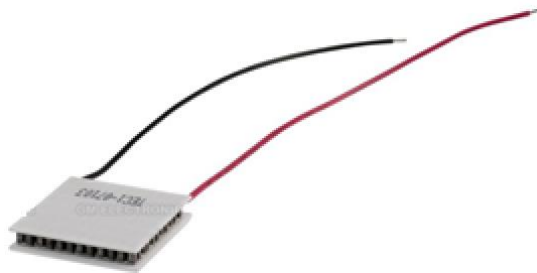
- Az **ellenállás hőmérsékleti együtthatójának negatív értéke is lehet** (pl. szén esetében), ami azt jelenti, hogy az ellenállás magasabb hőmérséklet mellett csökken.
- Az elektromos ellenállás a **G elektromos vezetőképességének** inverze, amelynek siemens (S) az egysége.
- A **fajlagos elektromos vezetőképesség** a fajlagos elektromos ellenállás inverze, egysége pedig Sm^{-1} .

Anyag	Fajlagos ellenállás ρ ($\Omega.m$)	Fajlagos vezetőképesség γ (Sm^{-1})	Hőmérsékleti ellenállás együttható α (K^{-1})
Alumínium (Al)	0,0285	35.2	0,004
Réz (Cu)	0,0178	56.2	0,0042
Nikkel (Ni)	0.1	10	0,0043
Platina (Pt)	0.1	10	0,0037
Ezüst (Ag)	0,0163	61.5	0,004
Volfrám (W)	0,055	18.2	0,0041
Cink (Zn)	0,062	16.2	0,004
Arany (Au)	0,23	43.5	0,0037
Vas (Fe)	0.1	10	0,0055

1. táblázat. Egyes fémek elektromos tulajdonságai 20 °C hőmérsékletnél

Termoelektromos feszültség

- A hőelem két különböző anyagú vezetőből áll. Az egyik végén (mérési végén) összekapcsolódnak, a másik végén (összehasonlító végén) szabadok. Amikor a mérési és összehasonlítási végek hőmérséklete eltér, akkor a cellában termoelektromos feszültség keletkezik.
- Leggyakrabban a következő fémkombinációkat használják: **vas - konstantán** vagy **réz - konstantán** (Cu + Ni + Mn ötvözet).
- Például egy vasból és konstantánból készült cellában 5,37 mV termoelektromos feszültség keletkezik 100 °C hőmérséklet-különbségnél a végek között.
- A hőelemek felhasználhatók például hőmérsékletmérésre, hőmérséklet-érzékelőkre, stb.
- A termoelektromos feszültség keletkezése nemkívánatos is lehet, például konstantánból készült huzalellenállásokban, ahol a csatlakozások rézből készülnek, termoelektromos feszültség keletkezne, és mérési hibák lépnének fel.



2. ábra Termoelektromos cella

Termikus hosszirányú tágulás

- A hőmérséklet **változásával a huzal hossza változik**. Ez a függőség a következő ismert kapcsolattal írható le:

$$l_\nu = l_{20}(1 + \alpha_l \Delta\nu)$$

α_l - a **hossztágulás hőmérsékleti együtthatója** (K^{-1}), amely azt jelzi, hogy egy 1m hosszú fém hány méterrel változik, ha a hőmérséklet 1 K-nel nő,

l_{20} - a vezető hossza 20 °C bázis hőmérsékleten,

$\Delta\nu$ - **felmelegedés**, azaz a vezető végső hőmérséklete és a 20 °C kezdő hőmérséklet közötti különbsége,

l_ν - a vezető hossza a végső hőmérsékleten.

- A fémek hosszirányú tágulási együtthatója általában $10^{-6} K^{-1}$ nagyságrendű.

Olvadáspont

- Az a hőmérséklet, amelyen az anyag szilárd állapotból folyékony állapotba változik.
- A fémek közül a higany olvadáspontja a legalacsonyabb (-38,9 °C), a legmagasabb a volfrám (3422 °C).

Fajlagos hővezető képesség

- Ezt λ -nak jelölik, az egysége: $Wm^{-1}K^{-1}$.
- Az ezüstnek van a fémek között a legnagyobb hővezető képessége, a réznek magasabb a hővezető képessége, mint az alumíniumnak.

Anyag	Olvadáspont T_t (°C)	Termikus hosszirányú tágulás $\alpha_l \cdot 10^{-6}$ (K^{-1})	Fajlagos hővezető képesség λ ($Wm^{-1}K^{-1}$)
Alumínium (Al)	657	23.8	225
Réz (Cu)	1 083	16.4	385
Platina (Pt)	1 769	9.3	74
Ezüst (Ag)	961.9	20.5	419
Volfrám (W)	3 422	4.5	160
Cink (Zn)	419.6	30.2	11
Arany (Au)	1064,4	15.3	312

2. táblázat. Egyes fémek hőtulajdonságai

Nyúlás

- A megnyúlás a próbatest állandó relatív megnyúlása szakítással. Általában **az eredeti hossz százalékában adják meg**.
- Ha az anyag hajlékonysága kevesebb, mint 5%, akkor **törékenynek** tekintjük.
- Ha az anyag megnyúlása meghaladja az 5%-ot, akkor azt **keménynek** tartjuk.

Keménység

- A fém keménysége az idegen test az anyag felületébe való behatolásának ellenállását jelenti.
- A keménységi tesztet mindig a tárgy felületén végezzük. A keménységvizsgálatok során az anyagot nem törik össze nagy felületen, és egyes módszerekkel egyáltalán nem sérül.
- A leggyakrabban használt vizsgálati módszerek:
 - a) **Brinell** szerint (acélgolyót nyomnak a felületbe),
 - b) **Rockwell** szerint (a vizsgálandó anyagminta felületére gyémánt kúp vagy edzett acélgömb préselésével keletkező lenyomás mélységének mérése alapján),
 - c) **Vickers** szerint (a lenyomati test négyszögletes gyémántpiramis, négyzet alakú talppal és 136° csúcsszöggel).

Réz

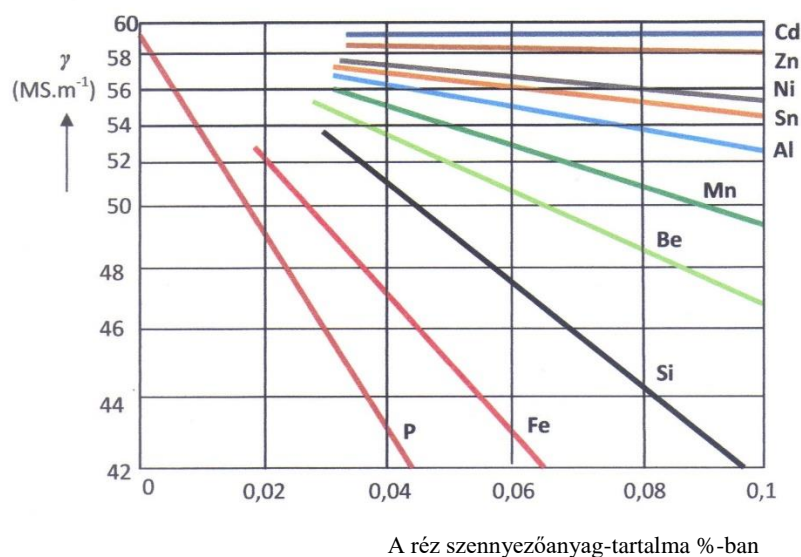
Rézgyártás

- A rézgyártás alapanyaga a **rézérc**, amely csak körülbelül 1 százalék rezet tartalmaz. Rézércet bányásznak például Dél-Amerikában, Kanadában, Lengyelországban és az USA-ban.
- Körülbelül 30%-os Cu-tartalmú **sűrítmenyt** állítanak elő az ércből, amelyet először **kohászattal** (pörkölés, olvasztás) tovább tisztítanak. Ez a tisztítás 99,6–99,7%-os tisztaságot eredményez.
- Ezt **elektrolitikus** tisztítás követi. A kohászati rézből öntött lemezeket használják anódként, és a katódot egy vékony rézlemez alkotja. A fürdő víz, réz-szulfát és kénsav oldatot tartalmaz. Az anódokból származó réz elektrolízissel tiszta réz formájában kerül a katódra. Ily módon nagy 99,99%-os tisztaságú réz állítható elő.
- Az anódok oldódási ideje általában 25-30 nap.
- Az eltávolított szennyeződések, az úgynevezett anódiszapok nemesfémek, például ezüstöt és aranyat is tartalmazhatnak.

Réz tulajdonságai

- A réz jellegzetes **vöröses színű**, az adalékok általában sárgára színezik.
- Ez egy viszonylag **nehéz**, hidegen és melegen is **jól képlékeny** fém (800 °C körül).
- **Rosszul önthető**, öntéskor javítás érdekében adalékokat adnak hozzá és így ötvözetek (bronz, sárgaréz) képződnek.
- **Korrózióálló**; nedves levegőben a felületén úgynevezett **réz-karbonát** réteg, **patina** képződik (bázikus zöld karbonátok rétege).

- A réz képes **reakcióba lépni a kénnel**, amelyet figyelembe kell venni, amikor rézvezetőn gumiszigetelést alkalmaznak. A gumiszigetelés ként tartalmaz, ezért először a rézvezetőket kell ónozni, majd utána a réteg gumiszigetelést elhelyezni.
- A réz **magas elektromos és hővezető képességgel rendelkezik**.
- Az elektromos vezetőképességet **befolyásolják a szennyeződések, melyek** csökkentik. A réz elektromos vezetőképességét a foszfor befolyásolja a legnagyobb mértékben, legkevésbé a kadmium.
- Ha oxigén van a rézben, úgynevezett **hidrogén rézbetegség** léphet fel. A 400 ° C feletti oxigén tartalmú réz lágyításával hidrogént vagy szénhidrogént tartalmazó atmoszférában a hidrogénatomok diffundálnak a rézbe. A keletkező vízgőz magas nyomása miatt felszíni repedések kialakulását idézi elő, ami durva repedésekhez vezethet, a réz törékeny lesz és elszakadhat. A hidrogénbetegség az autogénhegesztés során jelentkezhet, ezért erre a célra oxigénmentes rézet használnak (OFHC-vel jelölik).



3. ábra A szennyezőanyag-tartalom hatása a réz fajlagos elektromos vezetőképességére

Réz felhasználása az elektrotechnikában

- A **lágú réz** (szakítószilárdsága 190 - 240 MPa) rendelkezik a legnagyobb elektromos vezetőképességgel, ezért leggyakrabban kábel- és vezetékmagokhoz, tekercsek tekercseléséhez használják.
- A **félkemény rézet** (szakítószilárdsága 250 - 300 MPa) használják kontaktvezetékek, kötelek, lapok gyártásához, profilvezetőkhez és készülékek vezető alkatrészeihez.
- A **kemény rézet** (szakítószilárdsága 300 - 450 MPa) használják leggyakrabban érintkezőkhöz vagy kommutátor lamellákhoz.



4. ábra Réz felhasználási példák: vezetőmag, kontaktvezeték, tekercstekercselés

Rézötvözetek

Bronz

- A bronz **rézötvözet**, amelyet a cinktől eltérő elemekkel ötvöznek.
- Ott használják, ahol **nagyobb szakítószilárdságra és korrózióállóságra van szükség**.
- **A ón bronzok** a legrégebbi bronz típusok. Ezek az ón tartalmú rézötvözetek (Sn legfeljebb 20%). Az ón növeli a kémiai ellenállást, keménységet és szilárdságot, de csökkenti az elektromos és hővezető képességet. Az ón bronzokat **formázásra** (lemezek, huzalok, rudak, rugók mérőeszközökhöz) és **öntésre használják**. Az öntéshez a bronzhoz kis mennyiségű (legfeljebb 1%) foszfort adnak, ami javítja az öntési tulajdonságokat és egyúttal csökkenti az elektromos vezetőképességet.
- **Az alumínium bronzok** rézötvözetek alumíniummal (Al legfeljebb 10%). Előnyük a magas hőállóság, a kiváló kopás- és korrózióállóság. Kemények, de könnyűek. Például ellenállóképes hegesztők pofáihoz, nagy nyomású és alacsony fordulatszámú csapágyakhoz, kemencék elektromos csatlakozóinak csatlakozóihoz használják.
- **A szilícium bronzok** (Si legfeljebb 5%) mechanikai tulajdonságai jobbak, mint az ón bronzoké. Nagyon tartósak, felhúzásra és bélyegzésre szolgálnak, pl. Elektromos berendezésekhez rugók készítésére szolgálnak.
- **A berillium bronzok** (legfeljebb 2%) a legerősebb rézötvözetek. Kiváló rugótulajdonságokkal és kiváló szakítószilárdsággal rendelkeznek (1400 MPa-ig). Nagyon ellenállnak a korróziónak is. Ezekből készülnek például érintkezők, elektródák ponthegesztőkhöz, csapágyak nagy terheléshez és nagy sebességhez.



5. ábra Bronzcsapágyak - perselyek

- A **nikkel bronzok** nagyon erősek, korrózióállóak és magas elektromos ellenállással rendelkeznek, amely a hőmérséklet hatására nagyon kevésbé változik. **Konstantánt** (54% Cu + 45% Ni + 1% Mn) gyakran alkalmaznak az ellenállások tekercseléséhez, valamint rézzel vagy vasal kombinálva az elektromos termoelemek számára. A huzalellenállásokhoz **nikkelt** (67% Cu + 30% Ni + 3% Mn) is használnak.
- A **mangán bronzok** hasonlóak a nikkel **bronzokhoz**, csak ezek több mangánt tartalmaznak. Ilyen például a **manganin** (86% Cu + 12% Mn + 2% Ni), amelyet huzalellenállásokhoz használnak.

Sárgaréz

- A **sárgaréz réz-cink** ötvözetek (a Zn-tartalom általában 5% és 44% között mozog). A sárgarézek nagyobb mechanikai szilárdsággal rendelkeznek, mint a réz, olcsóbbak és alakíthatóbbak.
- A tulajdonságok javítása érdekében gyakran adnak hozzá további adalékokat, például **ólmot** (javítja a megmunkálhatóságot), **alumíniumot** (növeli a korrózióállóságot) vagy **szilíciumot** (javítja a sárgaréz forrasztók folyékonyságát).
- A sárgarézeket MSxx- nek jelölik (ahol xx a Cu százalékos aránya).
- A **MS63 sárgaréz** a leggyakrabban használt sárgaréz az elektrotechnikában (pl. csavarokhoz, sorkapcsokhoz, alátétekhez, érintkezőkhöz és egyéb alkatrészekhez).
- Az **MS54**-et keményforrasztóként használják réz, bronz, sárgaréz, öntöttvas forrasztásához
- A sárgarézeket **formázással** vagy **öntéssel** dolgozzák fel.
- A 80%-nál magasabb réztartalmú sárgarézet **tombacs**nak nevezik. Nagyon jó korrózióállósággal rendelkeznek, és hidegen jól formálódnak. Elektromos alkatrészekhez is használják őket.



6. ábra Sárgaréz alkatrészek

Alumínium

Alumíniumgyártás

- Az alumíniumgyártás alapanyaga a **bauxit** (alumínium-oxidokból álló kőzet). Nagy bauxit-lerakódások találhatók például Ausztráliában, Kínában, az USA-ban, Oroszországban, Indiában és Venezuelában.
- Az **alumíniumgyártás** viszonylag igényes kémiai folyamat, amelynek során az úgynevezett vörösiszapot elválasztják és **alumínium-oxidot** állítanak elő. A nagy tisztaságot **elektrolízissel** érik el.

- Az alumínium előállítása jelentős mennyiségű **salakanyagot eredményez**, beleértve szén-monoxidot, szén-dioxidot, kén-dioxidot, hidrogén-fluoridot, stb.

Az alumínium tulajdonságai

- Az alumínium ezüstfehér, fényes, puha és könnyű fém.
- **Magas elektromos és hővezető képessége** van (valamivel kisebb, mint a réznek).
- Az alumínium elektromos vezetőképességét befolyásolják a szennyeződések (csökkentik).
- Az alumínium **rosszabb mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a réz** (az adalékanyagok hozzáadása javítja a mechanikai tulajdonságokat).
- Az alumínium jól **alakítható, nyújtható és húzható**.
- A levegőben a felületén szürke-fehér **alumínium-oxid** réteg alakul ki, amely megvédi a korróziótól.
- Az alumínium hátránya az **alacsony alakíthatósági határ**, deformációk lépnek fel. Kisebb keresztmetszetű alumíniumvezetők esetén az eredeti keresztmetszet alakja deformálódik és az illesztés alatt megszakad.
- Jól **forrasztható, hegeszthető**.
- A réz és az alumínium közvetlen érintkezése **elektrokémiai korróziós cellát** hoz létre, így **a réz és alumínium vezető soha nem kerülhet közvetlen érintkezésbe egy csavar alatt**. Az alumíniumvezető ekkor elkezd zsugorodni, és tökéletlen csatlakozást hoz létre, amelyben hő keletkezik. A réz és alumínium vezetékek csatlakozáshoz **Cupal (kettősfém)** csatlakozót használunk.

Alumínium használata az elektrotechnikában

- Gyakorlatilag minden **kültéri vezeték**, úgynevezett **AlFe kötelék**, amelyet a tartó acélhuzal és a köré sodort alumíniumvezetők alkotják.
- **Szalagvezetők** elosztószekrényekben és kapcsolótáblákban (gyűjtősínek).
- **A tápkábelek és vezetékek magjai**, különösen nagyobb keresztmetszetek esetén.
- Transzformátorok és forgó gépek **tekerceselése** (ötvözetekben is lehetséges).
- **Alumínium fóliát** használnak az elektrolit kondenzátorok elektródáihoz.
- **Építő alkatrészek**, pl. Félvezető alkatrész hűtőkhöz, rotációs kondenzátor elektródákhoz stb.
- **Eloxálás** - felületvédelem, alumínium-oxid felületi réteget alkalmaznak, amely nagyon tartós, hőálló és nem vezető. Az eloxált vezetékeket például tekercesek tekerceselésére használják elektromos gépekben.



7. ábra Példák az alumínium használatára: AlFe köté, nagy keresztmetszetű vezetők, forgókondenzátor

Alumíniumötvözetek

- Ezeknek **jobb a mechanikai tulajdonságai**, mint a tiszta alumíniumnak, de **kisebb az elektromos vezetőképessége**, tulajdonságaikat szennyezéssel és feldolgozással szabályozzák.
- Az Al + 0,5% Mg + 0,5% Si és Al + 0,5% Mg + 0,5% Si + 0,15% Zn ötvözetek nagy szilárdsággal és jó elektromos vezetőképességgel rendelkeznek. Használhatóak kültéri vezetőkhoz, villámvezetőkhoz, stb.
- Az Al + 0,4% Mg + 0,4% Fe ötvözet nagy forgó gépek és transzformátorok tekercselésére szolgál.
- Az Al + Ni + Fe és az Al + Ni + Fe + Co ötvözetek ferromágneses tulajdonságokkal rendelkezik, és állandó mágnesekhez használják őket.
- Olyan ötvözetek, mint a **Dural** (Al + Cu + Mn + Mg) és a **Superdural** (magasabb Mg és Mn tartalom) könnyűek és nagy szilárdságúak. A Dural nem hegeszthető jól, ezért az alkatrészeket általában mechanikusan, szegeccseléssel, csavarozással kötik össze. Mivel a dural nem annyira korrózióálló, mint a tiszta alumínium, dural lapokat, szalagokat vagy rudakat állítanak elő mindkét oldalon alumíniummal bevonva.
- Az **öntödei ötvözetekből**, ún. a **sziluminból** (Al + 12% Si) öntik az elektromos gépek házát, fedeleket és a berendezések érintkezőit, a motor csapágyapajzsait. Az öntvények könnyűek, korrózióállóak és könnyen megmunkálhatóak.

A réz és az alumínium tulajdonságainak összehasonlítása

A réz és az alumínium legfontosabb tulajdonságainak összehasonlítását a következő táblázat tartalmazza:

Tulajdonság	Mértékegység	Réz	Alumínium
Sűrűség	kg.m ⁻¹	8 890	2 699
Fajlagos ellenállás 20 °C-on olvadáspontnál	Mm-mm ⁻² m ⁻¹	0,0175	0,0285
Hőmérsékleti ellenállási együttható a tartományban (0 - 100 °C)	K ⁻¹	0,0042	0,004

A hossztagulás hőmérsékleti együtthatója	K^{-1}	$16,4 \cdot 10^{-6}$	$23,8 \cdot 10^{-6}$
Olvadáspont	$^{\circ}C$	1 083	657
Fajlagos hővezető képesség	$Wm^{-1} K^{-1}$	385	225
A feszültség rugalmassági modulusa	MPa	117	69

3. táblázat. A réz és az alumínium egyes tulajdonságainak összehasonlítása

Nyilvánvaló, hogy a réz elektromos és hővezető képessége nagyobb, mint az alumíniumé, az ellenállás hőmérsékleti együtthatója majdnem azonos. Az alumínium olvadáspontja alacsonyabb, de nagyobb a hőtágulása, mint a réznek. Az alumínium lényegesen kisebb szilárdságú, mint a réz.

Egyéb elektromosan vezető fémek

Ezüst - Ag

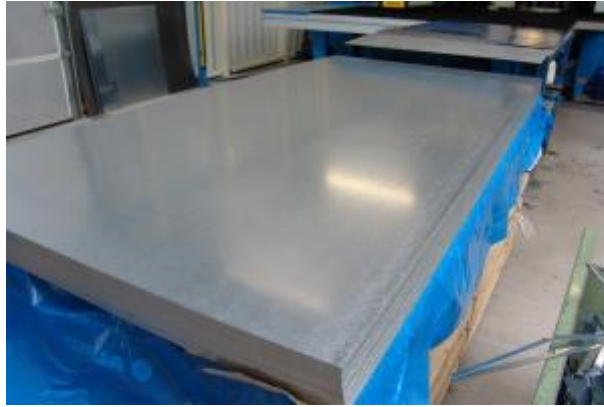
- Az ezüst nemes, puha és alakítható fém.
- A fémek között az **elektromos és hővezető képessége a legnagyobb.**
- Kiváló kémiai tulajdonságokkal rendelkezik, stabil a levegőben, csak a kénvegyületek okoznak feketedést a felületén.
- A kitermelt ezüst felét az elektrotechnikai iparban használják fel. Például **forrasztókban, érintkezőként, bimetálként vagy ötvözetekben használják.**
- Különbféle fémek **ezüstözésére** is használják, gyakran a rézre.

Arany - Au

- Az arany nemes, puha sárga színű fém, képlékeny és hajlékony, jól forrasztható.
- Jó elektromos és hővezető képességgel rendelkezik.
- Jó **kémiai tulajdonságokkal rendelkezik**, nem reagál oxigénnel, stabil a levegőben, csak a kénvegyületek okoznak feketedést a felületén.
- Az elektrotechnikában **ötvözetekben** használják integrált áramkörök érintkezőinek és vezetékének összekötésére.

Cink - Zn

- A cink kékesfehér, fényes fém.
- Normál hőmérsékleten törékeny, 100 - 150 $^{\circ}C$ hőmérsékleten hengerelhető.
- Forrasztható, állandó a levegőben.
- Ezt alkalmazzák a **sárgarézben**, a **forrasztásokra**, az **elektrolit galvanizálására** acél alkatrészek esetében (korrózió elleni védelem). A horganyzott lemezekre.



8. ábra Horganyzott lapok

Ón - Sn

- Az ón ezüstfehér, fényes, nagyon puha fém.
- Ellenálló a **korrózióval szemben**.
- Ezt alkalmazzák a bronzban, **bádogzására** a rézvezetők és acéllemezek forrasztásánál (korrózióvédelem).
- A bádogot **forrasztásra** is használják.
- Felhasználása az **élelmiszeriparban**: konzervek és tinfoil gyártására.
- Az ónbevonat rézre és vasra történő alkalmazásának említései megtalálhatók már a régi dokumentumokban is. Az ónozott vaslemezek gyártása Angliában a 13. században megbízhatóan bizonyított. Régi ónozott bronzérméket találtak, ónoztást használtak a rézkazánok és az ételkészítéshez használt edények belső felületeihez.

Kadmium - Cd

- A kadmium fehér, fényes, puha, rendkívül képlékeny fém.
- Forrasztásokban acél alkatrészek korrózió elleni **felületvédelmeként** használják.
- A kadmium-telluridot napelemek előállítására használják.

Nikkel - Ni

- A nikkel fehér, nehéz, alakítható, olvasható fém.
- **Ferromágneses**.
- Ötvözetekben és más fémek felületvédelmében használják.

Króm - Kr

- A króm fehér, fényes, törékeny és nagyon kemény fém.
- Ellenálló agresszív környezetben is.
- **Ötvözött acélok** gyártásában és fémek korrózió elleni **felületkezelésében** használják.

Vas - Fe

- A vas nagyon bőséges a Földön.
- **Ferromágneses, de korróziónak** van kitéve.
- Vasérből készül nagyolvasztókban.

- Leggyakrabban **konstrukciósanyagként használják**, de ferromágneses ötvözetekben is.
- **A transzformátorlemezek szilícium acélból készülnek.**

Ellenállás anyagok

Közös jellemzők

- **Nagy fajlagos ellenállásúak** (10-100-szor nagyobb, mint a réz esetében).
- Ellenállásuk és hosszúságuk nagyon kis mértékben változik hőmérsékletváltozás esetén, **nagyon kicsi a hőellenállási együtthatójuk** (10^{-4} - 10^{-6} K⁻¹) és a **hosszanti tágulási együtthatójuk**.
- **Nagy mechanikai szilárdság és tartósság** jellemzi őket.
- Hőállóak, gyakran **sugárzásállóak** is.

Ellenállási anyagok a mérés technikához

- Leggyakrabban **huzallellenállások gyártására** használják.
- Körülbelül 600 °C-ig hőmérséklet-ellenállással rendelkeznek.
- **A mangánint** (86% Cu + 12% Mn + 2% Ni) pontos és stabil huzal- és felületi ellenállások előállítására használják.
- **A mangán drótellenállások mesterségesen öregedhetnek.** Szigetelt vezetővel feltekert ellenállások esetén több ciklust hajtanak végre: az egyik ciklusban a tekercset a fele idő alatt 120 °C hőmérsékletnek, a másik felét normál hőmérsékletnek tesszük ki. A csupasz huzallal ellátott ellenállásokat először ezüstözik, majd 400 °C hőmérsékletnek teszik ki, majd az ezüstöt levésik.
- **A konstantánt** (54% Cu + 1% Mn + 45% Ni) fogyasztói ellenállások előállítására használják, termoelektromos cellákhoz is rézzel, vagy vassal kombinálva, általában 400-600 °C-os hőmérséklet mérésére. A termoelektromos feszültség akkor keletkezik, amikor a konstantán rézzel érintkezik.
- Az 55% Cu + 1% Mn + 44% Ni összetevőjű ötvözet hasonló a konstantánhoz, amelyet fogyasztói ellenállások gyártására használnak.
- A 87% Cu + 7% Mn + 6% Ge összetevőjű ötvözet tulajdonságaiban hasonlít az előző ötvözethez. Precíziós ellenállások készülnek belőle.
- Az 57% Cu + 30% Ni + 3% Mn összetevőjű ötvözetet szabályozási és indítási célokra használt ellenállások előállítására használják.

Elektrotermikus eszközök ellenállási anyagai

- Ezeket használják **fűtőelemeknek az elektrotermikus készülékekben** (vasaló, tűzhelyek, vízforraló, fűtés, stb.) és a **villamos sütőkben**.
- Megengedett üzemi hőmérsékletük **500-1300 °C között van**.
- Ezek **hőállóak, nagyon tartósak, általában hosszú életűek**.
- **A Krómnikkel** (80% Cr + 20% Ni) jól ellenáll az oxidációnak és a kémiai hatásoknak. Tűzhelyek és elektromos sütők ellenállásához használják.

- A Ni + Cr + Fe + Mn összetevőjű ötvözet olcsóbb, mint a krómnikkel, de nem olyan jó. A vastartalom növekedésével az ötvözetek üzemi hőmérséklete és oxidációs ellenállása csökken.
- A **Kantált** (Fe + Cr + Al + Co) különféle formákban állítják elő, és ismét fűtőelemekhez használják. Például merülő vízforralók esetében.



9. ábra Krómnikkel spirálvízmelegítő fűtőeleme



10. ábra Csatorna csövek elektromos és gázkemencékhez

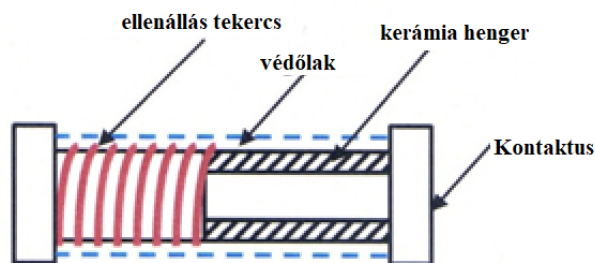
Ellenállási anyag	Összetétel (%)	ρ (Ωm)	$\alpha \cdot 10^{-6}$ (K^{-1})	Szakítószilárdság (MPa)	Max. munka. hőmérséklet ($^{\circ}C$)
Mangán	86Cu-12Mn-2Ni	0,43	2.5	500 - 550	140
Nikkel	67Cu-30Ni-3 Mn	0.4	180	350 - 400	400
Konstantán	54Cu-45Ni-1Mn	0.5	50	400 - 500	500
87Cu-7Mn-6Ge ötvözet	87Cu-7Mn-6Ge	0,43	3	350 - 400	140
Krómnikkel	80Ni-20Cr	1.1	85	700 - 1 400	1 200
Ni-Cr-Fe-Mn ötvözet	Ni-Cr-Fe-Mn	1 - 1.3	70		1 050
Kantál	Fe-Cr-Al-Co	1,35–1,45	32 - 63	650 - 850	1 350

4. táblázat. Ellenállás anyagok áttekintése

Ellenállások típusai

- Az egyik **passzív** elektromos elem az **ellenállás**. Megkülönböztetünk fix és változó ellenállásokat, valamint lineáris és nemlineáris ellenállásokat.
- Az ellenállásokat egy **színkód** azonosítja, amely kifejezi az ellenállás értékét.
- A felépítés szerint megkülönböztetünk **tekerceses, réteg** és **huzal ellenállásokat**.
- **Tekercselő ellenállások**: az ellenállást egy kerámia hengerre tekert, bizonyos hosszúságú és keresztmetszetű ellenállási huzal alkotja. A huzaltekerceselést mázréteg védi.

A tekerces ellenállásokat leggyakrabban fogyasztói elektronikához vagy nagy pontosságú mérésekhez használják (0,1 - 0,001%). Előnyük, hogy ellenállnak a nagy áramterhelésnek. Hátránya az induktivitás, amely a hengerre tekert ellenállásoknál jelentkezik.

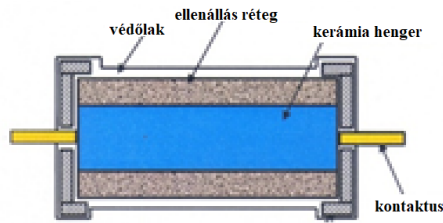


11. ábra Tekercselő ellenállás



12. ábra Huzalellenállás

- A **rétegellenállás** egy kerámia hengeres testen elhelyezett ellenálló anyag rétegéből áll. Az **ellenállási réteg** a következő rétegekből állhat:
 - a) egy **szénréteg**, amely védőlakkal van ellátva,
 - b) egy **fémréteg** (pl. króm-nikkel), amelyet vákuumban **raknak** le egy kerámiatestre, és ismét védőlakkal látnak el,
 - c) egy **fémoxid-réteg** (pl. ón), amelyet a kerámiára visznek fel és égetnek,
 - d) **kerámia és fémpor keveréke** (CERMET - kerámia-fém), amelyek szintereltek. A **vékony ellenállási rétegek** (legfeljebb 1 μ m vastagságig) alkalmasak nagy ellenállásokhoz (k Ω , M Ω), a **vastag ellenállási rétegek** (vastagsága meghaladja az 1 μ m-t) alkalmasak több száz Ω -os egységek ellenállásához.



13. ábra Rétegenállás felépítése



14. ábra Rétegenállás

- **A huzalellenállásokat** az ellenálló anyag teljes keresztmetszete alkotja, amelyre a festéket ismét felviszik. $K\Omega$ nagyságrendű nagy ellenállásokhoz és nagy feszültségekhez használják, például a televíziók nagyfeszültségű vezetékéhez.



15. ábra Huzalellenállás

Érintkező anyagok

Mi az érintkezés

Érintkezés alatt **bármilyen feloldható vezeték csatlakozását** értjük. Az elektromos áramkör érintkezőinek feladata az áramkör csatlakoztatása, az áram vezetése egy bizonyos szükséges ideig, majd az áramkör leválasztása. Az érintkezők érintkezése során nemkívánatos jelenségek is előfordulnak, amelyeket az áram áthaladása okoz (felmelegedés, az anyag tapadása, az anyag oxigénellátása, barnulás stb.). Az érintkezők működéséhez az egyik mindig rögzített (álló), a másik pedig mozgatható.

Az érintkező anyagokkal szemben támasztott követelmények

- **Nagy elektromos és hővezető képesség** - mivel az érintkező egy elektromos áramkör része, jól kell áramot vagy hőt vezetnie.
- **Kicsi és stabil tranziens ellenállás** - mérete a következő paraméterektől függ:
 - az anyag fajlagos ellenállása,
 - az érintkezési terület nagysága,
 - a nyomóerő nagysága,
 - a felületi rétegek és szennyeződések elektromos vezetőképessége.
- **Nagy keménység és ellenállás a kopás (barnulás) és a hajlítás ellen**, mert az érintkezők be- és kikapcsolásának pillanatában az érintkezők nagyobb áramoknál szikráznak és barnulnak.
- **Magas olvadáspont**, hogy ne csökkenjen az érintkezők érintkezési területe.

- **A kémiai korrózió csökkentése**, amelynek eredményeként oxid, szulfid és egyéb bevonatok képződnek az érintkezőkön, amelyek befolyásolhatják az érintkezők működését.

Az érintkezésekhez használt anyagok

- **A réz és rézötvözetek** (pl. Berillium-bronz, sárgaréz) az olcsóbb áramérintkezőkhöz, gyakori kapcsolással.
- **Ezüst ötvözetek** - ezüst jól ellenáll az oxidációnak és kopásnak, de alacsony a mechanikai szilárdsága és a keménysége. Ezért Ag + Cu, Ag + Cd, Ag + Ni, Ag + C ötvözeteket használunk.
- **Arany ötvözetekben** - az arany legfontosabb **kontaktötvözete Ag + 5% Ni**, amely kiválóan ellenáll a korróziónak. Egyéb használt ötvözetek közé tartozik az Au + Ni + Ag, Au + Co.
- **Az álötvözetek** (szinterezett ötvözetek) megfelelnek a magas elektromos és hővezető képesség, keménység és **ívellenállás** követelményeinek. Két vagy több fém heterogén rendszerei. **Porok keverékének szinterelésével** állítják elő (egy por alakú anyag összekapcsolása nyomás és hő alkalmazásával az összekapcsolt elemek legalább egyikének olvadáspontjánál alacsonyabb hőmérsékleten), vagy **az alap porózus anyagnak egy másikkal történő telítésével**. Bázisként **volfrámot** vagy **molibdént** használnak, amelyek **rézzel** vagy **ezüsttel** töltött szinterezett csontvázat alkotnak. Ezek az érintkezők nagy áram esetén is használhatók.

Fémek biztosítékvezetőkhöz

A biztosíték meghatározása

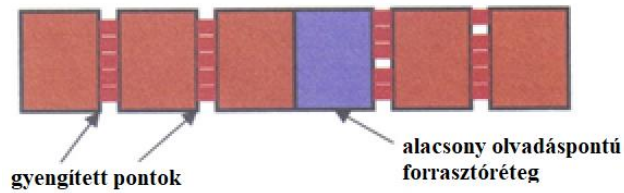
A biztosítékok olyan **védőeszközök**, amelyek védik az elektromos áramköröket és készülékeket. Túláram esetén a **biztosítékban lévő biztosíték megolvad és megszakítja az elektromos áramkört**, mielőtt a vezeték vagy a készülék megsérülne.

A biztosítékvezetők anyagigénye

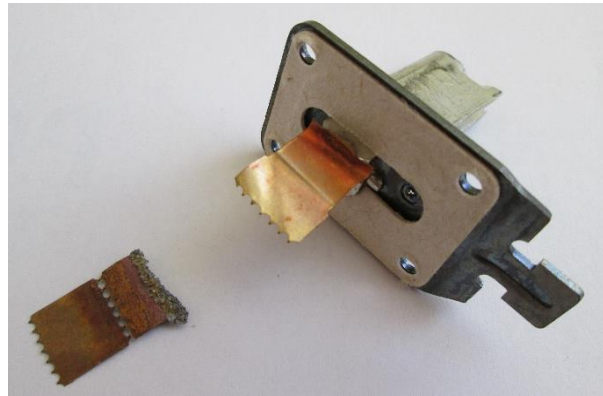
- **Nagy elektromos vezetőképesség** - áram áramlik át az áramkörön az áramkörön keresztül.
- **Alacsony olvadáspont**, amikor újraolvasztják, a fémnek könnyen el kell párolognia, nem szabad szöknie.
- **Oxidációs ellenállás** - az oxid felületi rétege rontja az olvadó vezeték hűtését és befolyásolja annak tulajdonságait.

Biztosíték alakja

Az olvadó vezeték **vezeték**ként vagy **szalag**ként készül. Gyakran több vezetéket vagy szalagot használnak a hűtés javítására és a kioldási teljesítmény növelésére. Szalagként is készül, amelyben szándékosan **szűkített helyek** jönnek létre, amelyeket nagy túláram (rövidzárlat) esetén újraolvasztanak. A szűkített helyek száma a névleges feszültségtől és áramerősségtől függ. **Alacsony olvadáspontú forrasztóréteg** alkalmazható az olvadó vezetőkön (Sn + Pb). Kisebb túláramok (túlterhelések) esetén a forrasztóanyag megolvad és diffundál az olvadó vezető alapanyagába. A kapott ötvözetnek alacsonyabb olvadáspontja és nagyobb ellenállása van, mint az alapfluxusnak. A nagyobb ellenállás miatt az olvadó vezetőknek ez a része intenzívebben felmelegszik. Ezt a gyengébb pontot újraolvasztják, ha a túlterhelés hosszú ideig vagy ismételt tart.



16. ábra A biztosíték



17. ábra A kiolvadt biztosíték

Felhasznált anyagok

- **Ezüst, réz** vagy **ezüst-réz ötvözeteket** használnak a biztosítékokhoz. A rézhuzalokat ezüstözés védi az oxidációtól.
- Alacsony törőkéességű biztosítékok esetén a biztosítékok **alumíniumból, cinkből vagy ón-ólom ötvözetből készülnek.**
- Az olvadó vezető körül általában van egy kis szilícium-dioxid-homok réteg, amelyet az ív eloltására használnak.

Anyagok forrasztókhöz

Mi a forrasztás

- A forrasztók olyan fémek és fémötvözetek, amelyeket **olvadt állapotban két fémrész elválaszthatatlan összeköttetésének létrehozására használnak.** Az olvadt forrasztó nedvesíti a fémek felületét, behatol a felületükbe, majd lehűlés és megszilárdulás után szilárdan megköti őket. A megkötött fémek azonban nem olvadnak meg.
- A csatlakozást a forrasztó jó tapadása biztosítja a csatlakoztatott alkatrészekhez. A forrasztást az egyesített részek olvadáspontjánál alacsonyabb hőmérsékleten olvasztják meg.
- A forrasztást védő atmoszférában (pl. Argon) kell végrehajtani, hogy megvédje az érintkező felületeket az oxidációtól.
- A forrasztókat csíkok, huzalok, rudak, fóliák, fluxuscsövek, öntött rudak és szemcsék formájában szállítják.

Forrasztók anyagigénye

- Jó hő- és elektromos vezetőképesség.
- Alacsony forrasztási hőmérséklet esetén a forrasztásnak alacsonyabb olvadáspontúnak kell lennie, mint az összekapcsolt fémeké.

- A forrasztóanyag nem képezhet lényegesen alacsonyabb olvadáspontú ötvözeteket az összekapcsolt fémekkel.
- A forrasztások nagy mechanikai szilárdsága, amely a forrasztás kémiai összetételétől függ.
- Ellentétben a hegesztőhuzallal, előfordulhat, hogy nem azonos vagy hasonló kémiai összetételű, mint a kötött fémek.
- Az forrasztások korrózióállósága.

Forrasztóanyagok típusai

- Az olvadási hőmérséklet szerint háromféle forrasztót különböztetünk meg: **könnyen olvasható, puha és kemény.**

Forrasztóanyag típusa	Olvadáspont °C	Felhasznált anyagok	Forrasztott fémek
Könnyen olvad	200-ig	In + Cu + Ag, In + Cu + Au	Arany
Puha	200 - 500	Sn + Pb Sn + Zn, Cd + Zn	Sárgaréz, réz, cink, ólom, acél Alumínium
Kemény	500 felett	Sárgaréz (Cu; MS 54) Ezüst (Ag; Ag + Cu; Ag + Cu + Zn) Alumínium (Al; Al + Si) Arany (Au + Ag + Cu + Ni)	Réz, bronz, sárgaréz, öntöttvas, acél Nikkel, réz és ötvözetek, acél, volfrám, molibdén, fémkerámia Alumínium arany, réz

5. táblázat. Forrasztótípusok



18. ábra Ónforrasztó

Fémek és ötvözetek bimetálokhoz

A bimetál (kettősfém, ikerfém) meghatározása

- A bimetál anyagok **két különböző fémből vagy ötvözetből** készülnek. A rétegeket vagy **kohászati úton** (forrasztás, galvanizálás), vagy **mechanikusan** (hengerléssel) kötik össze.
- **Lemezek, szalagok** vagy **huzalok** formájában készülnek.
- A következő **bimetál típusokat különböztetjük meg**:
 - a) hajlító bimetál,
 - b) bimetál vezetők,
 - c) bimetál érintkezők.

Hajlító bimetál

- A hajlító bimetálok két különböző fémrétegből állnak, amelyek elsősorban a hossztagulás **hőmérsékleti együtthatójának értékében** különböznek.
- A bimetallos fűtés melegítésekor az alacsony hőtágulással rendelkező rétegben húzófeszültség keletkezik, a nagy hőtágulással rendelkező rétegben pedig nyomófeszültség lép fel.
- Ezt használják például elektromos áramkörökben a be- és kikapcsoláshoz, valamint a különféle elektromos áramkörök késleltetett vezérléséhez. A hajlított bimetált hőbiztosítóként, termosztátként stb. használják.
- Az alacsony hossztagulású réteg állhat például Fe + Ni ötvözetből, amelynek nikkeltartalma 36-42%, a magas nikkeltartalmú hőtágulású rétegből vagy Cu + Ni ötvözetből.



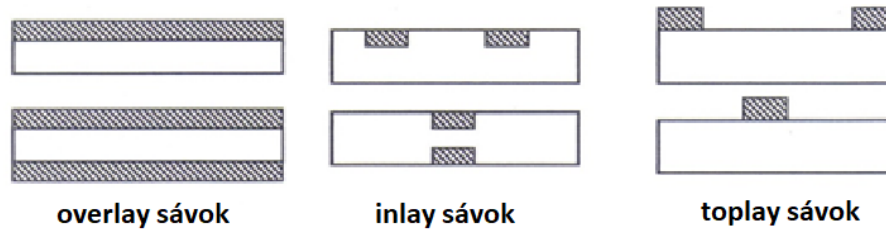
19. ábra Bimetálszalag melegítés előtt és után

Bimetál vezetők

- Előállításuk általában **lemezeléssel történik** - egy másik fém réteget forró hengerléssel hegesztenek (plattíroznak) az alapfém réteghez. Az így kapott bimetált hengerléssel, húzással és préseléssel tovább feldolgozzák.
- **A bimetál vezetők típusai:**
 - réz egyik vagy mindkét oldalán plattírozott alumínium lap formájában (cupal),
 - mindkét oldalán nikkellel vagy mindkét oldalán alumíniummal borított vas, pléh formájában.

Bimetál érintkezők

- Ezek két vagy több fémrétegből tevődnek össze, amelyek közül az egyik az **érintkező fém** és a másik, mely **alapul szolgál**, hajlékony vagy merev fém.
- A teljes felületre felvitt sávokat **overlay-nek** nevezzük. Amennyiben a sáv síkjában van, akkor **inlay-nek** hívják őket, ha kiállnak a sáv felszíne felett, akkor **toplay-nek** hívják őket.
- Az **inlay** lemezeléssel és horganyzással készül. Ez az eljárás felhasználható sávok előállítására is többféle fémből. Az **arany és Ni és Co, ötvözetei, ezüst, nikkellel, réz és ón** vagy **SnPb** ötvözet galvanikusan alkalmazhatók. A galvanikus inlay különösen alkalmas a csatlakozók alkatrészeinek gyártására.
- **A toplay** csak lemezeléssel lehet előállítani.



20. ábra Az érintkező bimetalok típusai

Kondenzátorok

A kondenzátor egy elektromos áramkör alkotórésze, amely elektromos térerő létrehozásával képes elektromos töltést tárolni. A primitívebb kondenzátor szerkezete két, párhuzamosan elhelyezett vezető anyagból (amit fegyverzetnek nevezünk) és a közöttük elhelyezett elektromosan szigetelő anyagból (dielektrikum) áll. A kondenzátorok megtalálhatóak a rádiókban, mobiltelefonokban, számítógépekben, alaplapokban, töltőkben, tápegységekben és fénycső elektronikában is.

Jellemző paraméterek

A kondenzátorok főbb paraméterei:

- Kapacitás
- Névleges feszültség
- Tűrészhatár (pontosság)
- Hőmérsékleti együttható
- Frekvencia tartomány
- Polarizáltság
- Maximális váltakozó feszültség
- Soros belső ellenállás (ESR)
- Szivárgóáram.

Kapacitás

A kapacitás a kondenzátor legkritikusabb tulajdonsága. Minden anyag alkalmas az elektromos töltések fogadására és tárolására. Egy kondenzátorban tárolható töltés mennyiségét kapacitásnak nevezik, amit C jelöl. Az elektronikában - ellentétben az akkumulátorokkal, amelyek szintén elektromos töltést tárolnak - nem feltétlenül a nagyobb kapacitású kondenzátor a jobb, mert számos áramkör pontos működéséhez szükség van pontos kapacitásértékre, mint például az oszcillátoroknál, nagyfrekvenciás szűrők és csatoló áramkörök esetén.

Névleges feszültség

A kondenzátor névleges feszültsége a maximális feszültség, amelyet a kondenzátor képes elviselni anélkül, hogy károsodna. Tervezéskor általános szabály, hogy a működési feszültség jelentősen alacsonyabb a névleges feszültségénél, általában nem haladja meg a névleges feszültség felét.

Tűrészhatár

A kondenzátorok gyártási tűrészhatára szintén feltüntetésre kerül az eszközön. Egy hűtő (szűrő) kondenzátor tűrése lényegesen nagyobb lehet, mint egy ultra rövidhullámú (URH) rezgőkör kondenzátorának tűrése.

Hőmérsékleti együttható

A hőmérséklet változásával a kondenzátor kapacitásértéke kis mértékben változhat. A kondenzátorokban a kapacitás hő okozta változását a dielektrikum (szigetelő réteg) hőtágulása okozza. A hőmérsékleti együttható azt jelöli, hogy 1 °C hőmérsékletváltozás milyen változást okoz a kondenzátor kapacitásában. Jele: T_k .

A legegyszerűbb kerámiakondenzátor hőmérsékleti tényezőjét általában a kondenzátor alapszíne egyértelműen meghatározza. A következő színek lehetnek:

Szín	Jel	T_k
Fekete	NP0	0
Barna	N33	-33
Vörös	N75	-75
Narancs	N150	-150
Sárga	N220	-220
Zöld	N330	-330
Kék	N470	-470
Lila	N750	-750

6. táblázat. Kerámiakondenzátor hőmérsékleti tényezői és jelölései

Üzemi frekvencia

A kondenzátorokhoz csatlakoztatható maximális frekvencia elsősorban a kondenzátorok dielektrikumának anyagától függ, másodlagosan pedig a kondenzátor tervezéséből adódó, járulékos induktivitások miatt. Ez azt jelenti, hogy a kondenzátorok anyaga és a kialakításuk módja alapvetően meghatározza, milyen frekvencián tudnak működni. Az induktivitások, amelyek a kondenzátorok szerkezeti jellemzőiből adódhatnak, hatással lehetnek a képességre, hogy milyen magas frekvenciákon tudnak működni.

A pontos frekvenciaértékek, amelyek egy kondenzátorhoz csatlakoztathatóak, általában a kondenzátorok specifikációs adatlapján találhatóak. Ezek az adatlapok nagyon részletes információkat tartalmaznak a kondenzátorok jellemzőiről, beleértve az anyagokat, a tervezést, a maximális terhelhetőséget és a frekvencia tartományokat.

Polaritásfüggés

A kondenzátorok, amelyeknek az elektromos bekötése polarizált - azaz a kivezetések pozícióját nem lehet megváltoztatni anélkül, hogy az alkatrész meghibásodna - szigorúan jelölve vannak. Tantál elektrolit kondenzátoroknál a pozitív pólust jelöli a "+" (plusz) jel, míg az elektrolit kondenzátoroknál a negatív pólust azonosítják a "-" (mínusz) jellel. Ez azt jelenti, hogy nagyon fontos a kondenzátorok megfelelő bekötése, mivel a pólusok felcserélése tönkretelheti az alkatrészt. Az ilyen kondenzátorok kezelésekor mindig figyeljünk a pólusjelölésekre, hogy elkerüljük a lehetséges károsodást.

Maximális váltakozó feszültség

Az elektrolit kondenzátorok érzékenyek a kis értékű fordított polaritású feszültségre is, amelyek szűrő- leválasztó és egyenirányító pufferkondenzátoroknál jelentkezhetnek.

Frekvencia tartomány

A kondenzátorokon alkalmazható legnagyobb frekvenciát elsősorban a dielektrikum anyagának minősége, másodsorban a kondenzátor kialakítása határozza meg, tekintettel a velejáráó induktivitásokra. A kondenzátorok frekvenciaadatokra vonatkozó specifikus információi a kondenzátorok technikai leírásában megtalálhatóak.

Polarizáltság

Azok a kondenzátorok, melyeknél az elektromos csatlakozás iránya nem mindegy – azaz a csatlakozóik nem cserélhetők fel anélkül, hogy az alkatrész tönkre menne – egyértelműen meg vannak jelölve. Tantál-elektrolit kondenzátoroknál a „+” (plusz) jel a pozitív pólust azonosítja, míg az elektrolit kondenzátoroknál a negatív pólust a „-” (mínusz) jel jelöli.

Maximális váltakozó feszültség

A maximális váltakozó feszültség a kondenzátor esetében a legnagyobb váltakozó feszültségérték, amelyet a kondenzátor képes elviselni anélkül, hogy károsodna vagy túlmelegedne. Ez a feszültség szintje általában a kondenzátor specifikációs adatlapján található, és nagyban függ a kondenzátor anyagától, szerkezetétől és kialakításától. A túllépése komoly károsodást okozhat a kondenzátorban, beleértve a dielektrikum áttörését és a kondenzátor teljesítményének csökkenését.

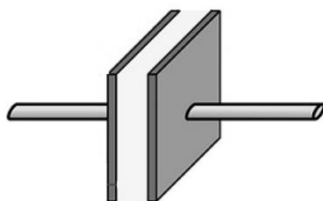
Soros belső ellenállás

A soros belső ellenállás, vagy ESR (Equivalent Series Resistance), a kondenzátor ideális modelljét kiegészítve a vezetők, a fegyverzetek és a dielektrikum anyagának ohmikus ellenállását adja meg. Befolyásolja a kondenzátorok frekvenciatartományát, hiszen magas frekvencián a nagy ESR miatt jelentős hőtermelés léphet fel, amely hosszú távon károsíthatja a kondenzátort. Minél alacsonyabb, annál jobb a kondenzátor teljesítménye és frekvenciatartománya. Az értéke nem állandó, hanem változhat a frekvenciával, hőmérséklettel és a kondenzátor élettartamával. Ezért a gyártók általában az ESR értékét egy adott frekvencián és hőmérsékleten adják meg.

Szivárgóáram

A szivárgóáram vagy szivárgást jelentő áram a kondenzátoroknál az az áram, amely a kondenzátor dielektrikumán, azaz a szigetelő rétegen keresztül halad, amikor a kondenzátor teljesen feltöltött állapotban van. Ideális esetben a feltöltött kondenzátor nem vezet áramot, mert a dielektrikum szigetelő anyag. Azonban a valós kondenzátoroknál mindig van némi szivárgás, mivel a dielektrikum nem tökéletes szigetelő. A szivárgóáram értéke függ a kondenzátor típusától, a dielektrikum anyagától és minőségétől, valamint a kondenzátoron eső feszültségtől. A szivárgóáram értéke általában nagyon kicsi, néhány nanoamper (nA) és microamper (μ A) közötti tartományban mozog, de a nagy kapacitású kondenzátoroknál, vagy nagyfeszültségű alkalmazásoknál, a szivárgóáram jelentős lehet.

Síkkondenzátor



21. ábra Síkkondenzátor felépítése

A síkkondenzátor egy típusa a kondenzátoroknak, amelyben két párhuzamosan elhelyezkedő, vezető anyagból készült lap (ezeket nevezik fegyverzetnek) között van egy nem vezető anyag, az úgynevezett dielektrikum. A síkkondenzátorok működési elve a következő: amikor egy elektromos feszültséget kapcsolunk a kondenzátor lemezeire, az egyik lemezen felhalmozódik a pozitív töltés, a másikon pedig a negatív. Mivel a lemezek közötti anyag (a dielektrikum) nem vezeti az elektromosságot, a töltések nem tudnak átjutni egyik lemezről a másikra, így felhalmozódnak. Ezt a felhalmozódott elektromos töltést a kondenzátor tárolja, és később képes ezt a tárolt energiát leadni, amikor szükség van rá. A síkkondenzátorok nagy fizikai dimenziói miatt általában csak kis kapacitásokra alkalmazzák őket, általában a 20–500pF kapacitás tartományban. Olyan síkkondenzátorok, melyeknek változtatható a kapacitása, a forgókondenzátorok vagy a légrimmerek. Elvben a dielektrikumként használt szigetelő anyag lehet bármilyen elektromosan szigetelő anyag, mint például levegő, gázok, vákuum, vagy akár bizonyos folyadékok. Ugyanakkor, fontos, hogy a dielektrikummal övezett elektródák közötti d (távolság) állandónak kell lennie. Ha ez nem így van, a kondenzátor kapacitásértéke instabil lesz. A kapacitás értékének változása például a kondenzátor- és az elektret mikrofonoknál alkalmazott technológiában jön jól, ahol a hangrezgések hatására a dielektrikum és az elektródák közötti távolság változik, ami változást okoz a kapacitásban, és ezt a változást jeleként rögzítik és feldolgozzák.

Kondenzátortípusok

Az elektronikában a kondenzátorokat több különböző kategória szerint lehet besorolni:

A dielektrikus anyag típusa alapján:

- levegő (gáz vagy vákuum is),
- transzformátorolaj,
- papír és transzformátorolaj,
- műanyag (például stiroflex),
- kerámia,
- fém-oxid (elektrolitkondenzátorok esetén),
- csillám.

A kapacitás változtathatósága szerint:

- fix értékű,
- változtatható kapacitású.

Az alkalmazási területük alapján:

- szűrőkondenzátor (tápegységekben),
- kisfrekvenciás,
- nagyfrekvenciás,
- ipari,
- egyéb.

Gyakorlati megvalósításai

A kondenzátorok alkalmazásuknak megfelelően különböző névleges feszültségűek lehetnek, különböző kapacitásértékekkel, attól függően, hogy 1 pF-tól akár több ezer μF -ig terjedő kapacitásra van szükség, és a gyártási technológia is eltérő lehet. Leggyakoribb kondenzátortípusok:

Papírkondenzátor



22. ábra Papírkondenzátor (történeti emlék)

Az 1960-as évekig gyártott papírkondenzátorok a múltban olcsó, megbízható, nagy mennyiségben előállított alkatrésznek számítottak, és ma is találkozhatunk velük idősebb elektronikai berendezésekben. A papírkondenzátorokat olajjal átitatott, vékony, hosszú papírcsökből készítették, amelyen mindkét oldalon ónból vagy alumíniumból készült fémfólia helyezkedik el. Az elektromos kivezetéseket az anyagokhoz ellenálláshegesztéssel, ritkábban forrasztással rögzítették. A fémfóliák központi vagy oldalirányú elhelyezkedése az induktivitás csökkentésére szolgál (indukciószegény kivétel). A feltekert fóliát papírcsőbe helyezték, és a műgyanta segítségével zárják le. Az üzemi hőmérséklet felső határa erősen függ az impregnáló anyagtól: például, ha paraffinolajat alkalmaznak, ez a maximális hőmérséklet $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjedhet. A papírkondenzátorok fejlődése során számos különböző konstrukció és technológia került alkalmazásra.

A papírkondenzátorokat, amelyek ellenállnak a nedvességnek, kerámia csőbe helyezik, majd műgyanta segítségével zárják le. Ez a konstrukció biztosítja, hogy a kondenzátor belső részei ne érintkezzenek közvetlenül a külső környezettel, így csökkentve a nedvesség káros hatásait. A papírkondenzátorok technológiai fejlődésének egy fontos állomása a fémezett papír (MP - metal paper) bevezetése volt. Ez az innováció lehetővé tette a kondenzátorok gyártási folyamatának egyszerűsítését, a kondenzátorok méretének csökkentését, és a tűrések javítását. Ezzel a technológiával a kondenzátorok kisebbek, pontosabbak és gazdaságosabbak lehetnek. Ugyanakkor a technológiai fejlődés nem állt meg a fémezett papírnál. A papírkondenzátorokat a fejlettebb fóliakondenzátorok teljesen leváltották. Ezek a kondenzátorok nagyobb kapacitással, jobb hőmérsékleti jellemzőkkel és hosszabb élettartammal rendelkeznek, ami lehetővé teszi széles körű alkalmazásukat a modern elektronikában.

Elektrolitkondenzátor



23. ábra Különböző méretű és kapacitású elektrolitkondenzátorok

Az elektrolit kondenzátorok lehetnek alumínium, tantál vagy nióbbium kivitelűek.

Alumínium elektrolitkondenzátor

Az alumínium elektrolitkondenzátorok, gyakran csak elektrolitkondenzátoroknak nevezve, nagy kapacitású, polarizált kondenzátorok, amelyekben az alumíniumlemez és egy folyékony vagy szilárd elektrolit között van a dielektrikum, ami az alumíniumoxid rétege. Az elektrolitkondenzátoroknak vannak néhány jellemző tulajdonsága, amelyek meghatározzák az alkalmazhatóságukat és hatékonyságukat.



24. ábra Tönkrement elektrolitkondenzátorok (felhasadt a kondenzátor fedele)

Az elektrolitkondenzátorok kapacitása a hőmérséklet változásától függ. Például, +20 °C-on mért névleges kapacitás csökken 0 °C-on a 70-75%-ára, -10 °C-on pedig a 50-60%-ára. Ráadásul, -20 °C-on a névleges kapacitás csupán a 23-50%-a. Extrém hideg körülmények között, mint például -20 °C alatt, az elektrolitkondenzátor teljesen elromolhat. Az elektrolitkondenzátorok kapacitása a rákapcsolt feszültségtől is függ, általában a -20% és +50% közötti tartományban változik. A kialakításuk és a maximális feszültség felének alkalmazásával azonban az elektrolitkondenzátor élettartama növelhető.

Az elektrolitkondenzátorokat leggyakrabban stabilizált egyenfeszültségek tápegységeiben használják, hogy szűrjék az alacsony frekvenciás váltóáramú összetevőket. Bár a fajlagos kapacitásuk magas, a nagyfrekvenciás tulajdonságaik kevésbé ideálisak, mivel a veszteségi tényezőjük relatíve magas, és az értékük bizonytalan, mivel nagy szórásúak és pontatlanul gyárthatóak.

Az elektrolitkondenzátorok egyik fő hátránya a polaritásérzékenység. Fordított polaritású feszültség hatására a kondenzátorban nagy mennyiségű gáz képződhet, ami azonnali károsodást okozhat. A robbanásveszély elkerülése érdekében a kisebb elektrolitkondenzátorokat hasadótárcsával, míg a nagyobb ipari változatokat biztonsági szeleppel szerelik fel. Léteznek olyan változatok is, amelyek váltóáramra lettek tervezve, és ezekben mindkét fém vezetőn található oxidréteg. Ezeknek a fajlagos kapacitása viszont csak a fele.

Tantálkondenzátor



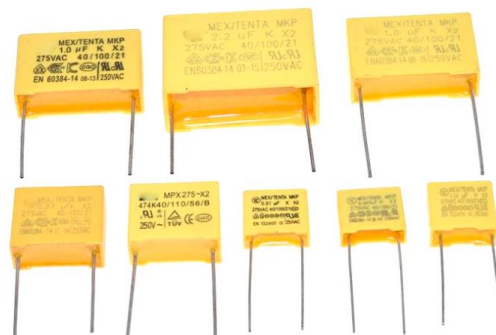
25. ábra Tantálkondenzátor



26. ábra Felületszerelt áramkörbe (SMD) való tantálkondenzátorok

A tantál kondenzátorok jellemzői nagymértékben hasonlítanak az alumínium-elektrolit kondenzátorokéhoz, de bizonyos aspektusokban előnyösebbek. Fajlagos kapacitásuk még magasabb, és nagyfrekvenciás tulajdonságaik is sokkal jobbak. Kevesebb öregedési jelenséget mutatnak, és szélesebb hőmérsékleti tartományban működnek megbízhatóan. Mindezek ellenére áruk jelentősen magasabb, és alkalmazásuk nagyfokú gondosságot igényel. A tantál kondenzátorok hajlamosak felrobbanni, ha fordított polaritás, túlfeszültség vagy nagy áram éri őket. A forrasztható tantál kondenzátorokon a pozitív pólusú kivezetést "+" jel jelöli.

Fóliakondenzátor



27. ábra Különféle méretű fóliakondenzátorok

A fóliakondenzátorokat gyakran tekercselt vagy tömb formában gyártják. A tömb formájúaknak alacsonyabb a szórt inductivitása és az ekvivalens soros ellenállása, ami miatt jobban használhatók magasabb frekvenciákon. A tekercselt változatok gyártása egyszerűbb, ezért áruk alacsonyabb. A modern fóliakondenzátoroknál a kivezetések a fegyverzetekhez

mindkét oldalon, teljes felületen csatlakoznak, amely lehetővé teszi az indukciószegény és alacsony soros ellenállású kondenzátorok gyártását. Az alkalmazott fólia anyagától függően a kondenzátor különböző tulajdonságokra optimalizálható:

- Polisztirol - Ez a típus jellemzően alacsony fajlagos kapacitással rendelkezik, ugyanakkor kiemelkedően magas belső ellenállást tud felmutatni, akár 1000 T Ω fölött is. Hőmérsékleti toleranciája korlátozott. Az analóg elektronika precíziós területein gyakran használják, mivel az öregedési tulajdonságai kedvezőek. A veszteségi tényezője alacsony.
- Poliészter - Ezt a fajtát elsősorban a magasfeszültségű felhasználásokban ajánlják. Veszteségi tényezője viszont relatíve magas, így nagy frekvenciákon kevésbé ideális.
- Poliamid - A poliészterhez hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, de magasabb működési hőmérsékleteket is képes kezelni.
- Polikarbonát - Nagy feszültségű alkalmazásokban népszerű, köszönhetően kiváló szigetelő tulajdonságainak.
- Teflon - A mikrohullámú és rádiófrekvenciás alkalmazásokban gyakran találkozhatunk vele, mert rendkívül jó magas frekvenciás tulajdonságai vannak. Stabilitása kiváló, átütési szilárdsága magas, veszteségi tényezője pedig kicsi, még magas hőmérsékleten is. Hátrányai közé tartozik az alacsony dielektromos állandója, ami alacsony fajlagos kapacitást eredményez, és magas ára is.

Kerámiakondenzátor



28. ábra Kerámiakondenzátorok

A kerámiakondenzátor egy apró eszköz, melynek szerkezete fémmel bevont kerámialemezekből épül fel. Az alapvető változatok egyetlen tárcsaformájú kerámialemezből készülnek, amelyre néhány mikron vastagságú ezüstréteget párologtatnak. A precíziós kondenzátorok esetében az adott kapacitásértékeket utómunkával szabályozzák be, majd végül egy fedőfestéssel vonják be. A furatszerelt kivitelű kerámiakondenzátorok kapacitása kb. néhány pF és 100 nF közötti, míg az SMD verziók néhány tized pF-tól 100 μ F-ig terjednek. Fontos megjegyezni, hogy ezeknek a kondenzátoroknak vannak bizonyos nem kívánatos jellemzői, mint a magas feszültség- és hőfüggőség, valamint a mikrofónia.

Változtatható kapacitású kondenzátor



29. ábra Forgókondenzátor

A forgókondenzátor a változó kapacitású kondenzátorok egyik legismertebb fajtája, melyet széles körben használtak rádió- és TV-készülékek hangolásánál a varikap dióda és a DDS (Direct Digital Synthesis) rádió megjelenése előtt.

Nagyfeszültségű vákuumkondenzátor



30. ábra 20 kV névleges feszültségű vákuumkondenzátor

A nagyfeszültségű vákuumkondenzátor egy speciális típusú kondenzátor, melyet olyan alkalmazásokhoz terveztek, ahol nagyfeszültség mellett kell működniük. Ezek a kondenzátorok a vákuumot használják dielektrikumként, ami lehetővé teszi számukra, hogy ellenálljanak nagyfeszültségű alkalmazásoknak anélkül, hogy károsodnának, vagy átütés történne. A vákuumkondenzátorokat gyakran használják olyan alkalmazásokban, mint a rádióadó állomások, ahol a nagyfeszültségű impulzusokat kell kezelniük, vagy ahol a kondenzátor kapacitása a rádiófrekvenciás (RF) energia hatására változhat. Az ilyen típusú kondenzátorok megbízhatóak, tartósak, és képesek kezelni a nagyfeszültségű terheléseket, amelyeket más kondenzátor típusok nem bírnának el.

Félvezető kondenzátorok

Minden PN átmenettel rendelkező félvezető használható kondenzátorként. A kapacitás értéke a PN átmenet felületi méretétől és az átmenetre alkalmazott feszültségtől függ. Az integrált tranzisztorok alkalmazásával kondenzátorokat hoznak létre monolitikus integrált áramkörökben. Az így létrehozható kapacitás általában néhány nF, a feszültség pedig 5–20 V közötti. Nagyobb kapacitás eléréséhez diszkrét elemeket csatlakoztatnak kívülről az integrált áramkörökhöz.

A kondenzátor meghibásodása

Különböző tényezők okozhatják egy kondenzátor meghibásodását:

- mechanikai károsodás;

- túlzott feszültségterhelés;
- határfrekvencia túllépése;
- rövidzárlat;
- öregedés és száradás;
- a polaritás megfordítása által okozott gázképződés és potenciális robbanás.

Mechanikai károsodás

A kondenzátor mechanikai károsodása előfordulhat az alábbi esetekben:

- Nem megfelelő beavatkozás során
- Hirtelen erős behatás esetén, mint például a készülék véletlenszerű leejtése
- Ritka esetekben a készülék vagy berendezés mechanikai vibrációja miatt, mint például az elektromotor indítókondenzátorának esetében.

Túlzott feszültségterhelés

Ha a kondenzátor túlfeszültségnek van kitéve, a dielektrikumában olyan szintű molekulaátrendeződés, vagy polarizáció következik be, amely következtében a dielektrikum szigetelő képességét elveszíti, azaz áttör. Az áttörési folyamat nagyjából 10^{-8} s alatt zajlik le. Az átütés főbb típusai:

- Lavina átütés - a tér erőssége olyan nagymértékű mozgási energiát ad az elektronoknak és lyukaknak két polaritásváltás között, ami elegendő újabb elektron-lyuk pár létrehozásához. Ez lavinaszerű töltéshordozó generációt indít el, ami a kondenzátor károsodásához vezet.
- Termikus átütés - ez az ionizáció külső vagy belső melegedés és az elektromos tér kombinált hatásának eredménye.
- Kisüléssel átütés - ez az áttörés típusa szigetelőkben jön létre, amelyek zárványokat, üregeket tartalmaznak, például kerámiákban. A gáz ionizálódik először, mielőtt a szilárd fázis teszi ezt meg. Ennek hatására a zárványok ellenállása csökken, így a szilárd dielektrikumban megnő a térerősség. Ha a térerősség meghaladja az adott dielektrikumvastagság megengedett értékét, letörés következik be.

Egyes kondenzátorok áttörés után nem mennek tönkre végérvényesen, mert az áttörést okozó elektromos szikra elgőzölögteti a fegyverzeteket az áttörési terület közelében (például papír- és MP-kondenzátorok esetében).

Határfrekvencia túllépése

A kondenzátorra alkalmazott feszültség eredményeként a kondenzátor dielektrikumában molekuláris átrendeződés lép fel az elektromos mező forgató hatása miatt. Ha a feszültség változó polaritású, a molekulák átrendeződése minden ciklusban megváltozik, és a felgyülemlett töltések kisülnek. Ha a polaritásváltás olyan gyors, hogy a dielektrikum molekulái nem képesek lépést tartani vele, akkor a dielektrikum felmelegszik, extrém esetekben pedig károsodik. Bár ez a jelenség egy adott kondenzátor számára hátrányos lehet, azonban ennek a hatásnak az alkalmazását a mezőgazdaságban dielektromos szárítás néven, ipari szinten is használják, ahol a szárítandó termék alkotja a kondenzátor dielektrikumát.

Rövidzárlat

A kondenzátor nagy, sőt potenciálisan életveszélyes energiamennyiséget is képes tárolni, amit például vakuk, mikrohullámú sütők, fáziskorrigálók, defibrillátorok stb. használnak. Amikor a feszültséget a kondenzátorra kapcsolják, az eleinte rövidzárlatként működik, majd exponenciális görbe mentén töltődik, a kisütés pedig nyilvánvalóan a töltési folyamat fordítottja. Ha a nagy kapacitású és nagyfeszültségű kondenzátor töltődési és kisütési folyamatát nem szabályozzák, olyan nagy áramok is keletkezhetnek, amelyek veszélyeztethetik a kondenzátor vagy a csatlakozó vezetékek integritását. A rövidzárlat kialakulását a kondenzátorba sorba kapcsolt korlátozó ellenállás megakadályozza.

Öregedés, szivárgás

A kondenzátorok többségének anyagai általában hosszabb ideig tartanak, mint az eszköz más részeinek elhasználódása. Az elektrolit kondenzátorok képeznek itt kivételt, mivel az elektrolit kiszivárgása vagy besűrűsödése a kondenzátor kapacitásának csökkenéséhez és belső ellenállásának növekedéséhez vezethet. Az elektrolit elpárolgását okozhatja a túlzottan magas környezeti hőmérséklet vagy feszültség (mindkettő gázképződéssel jár), vagy a kondenzátor lábainak nem megfelelő, például a tónél való elhajlása (ez esetben a záródugóban a lábak nyomnak, jelentősen romlik a tömítettség).

Fordított polaritás

Amennyiben hibásan kötik be, vagy az egyenirányító hiba miatt, elektrolitkondenzátoroknál előfordulhat, hogy fordított polaritású feszültség jelenik meg. Ez intenzív gázképződést eredményezhet, ami extrém esetekben akár a kondenzátor robbanását is okozhatja.

Félvezetők

Félvezetők felosztása

A félvezetők különféle szempontok szerint oszthatók fel, például:

- **Az elektromos vezetőképesség szerint:**
 - önvezető félvezetők, amelyek nem tartalmaznak szennyeződések, és csak saját vezetőképességüket mutatják,
 - szennyezett félvezetők
 - a) **N típusú félvezetők** - tartalmaznak egy szennyeződéset a periódusos rendszer 5. csoportjából, ahol az elektron vezetőképessége dominál,
 - b) **P típusú félvezetők** - a periódusos rendszer 3. csoportjából származó szennyeződések tartalmaznak, ahol a lyukak vezetőképessége dominál.
- **Eredet szerint:**
 - organikus,
 - szervetlen.
- **Szerkezet szerint:**
 - kristályos,
 - amorf.

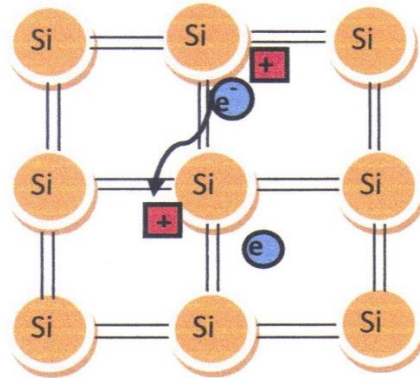
A félvezető vezetőképesség elméletei

Belső vezetőképesség

Általában azt mondják, hogy a félvezetők **csak bizonyos feltételek mellett vezetik az áramot**. A félvezetők kevesebb vegyértékű elektronnal rendelkeznek, mint a fémek, és több energiára van szükség ezek felszabadításához.

Az **abszolút nulla hőmérséklet mellett**, a félvezetők úgy viselkednek, mint egy tökéletes szigetelő (a vegyérték elektronok szorosan meg vannak kötve a héjban), akkor áramot nem vezet. **A hőmérséklet emelkedésével** a vegyérték elektronok kezdenek **elszabadulni és vezetni az elektromos áramot**. Így a normál hőmérsékleti tartományban is félvezető képes vezetni áramot, de kevesebbet, mint az elektromosan vezető anyag. A vegyérték elektronok energiát is felvehetnek a felszabaduláshoz a **fénysugárzásból** (fotonokból).

A felszabadult elektronok a kristályrács mentén mozognak. A felszabadult elektron után egy **lyuk** marad, amelyet egy másik felszabadult elektron tölt be (**rekombináció** következik be), és egy másik szabad lyuk marad a helyén. Ezt a következő ábra mutatja (a szabad elektronokat kék körökkel, a szabad lyukakat piros négyzetekkel ábrázoljuk).



31. ábra A félvezető belső vezetőképessége

Mondhatjuk, hogy **szabad elektronok és lyukak mozognak, és ugyanannyi van belőlük**, amit **belső koncentrációnak** nevezünk.

Az önvezető vezetőképesség

Az önvezető vezetőképesség (belső) minden félvezetőben megnyilvánul. A hőmérséklet növekedése vagy a fényrel történő besugárzás miatt a vegyértékes elektronok energiát kapnak, és **a vegyértéksávból a vezetési sávba jutnak** (ezzel túllépve a tiltott sávot, amely kevesebb, mint 3 eV). A félvezetők fajlagos ellenállása $10^5 - 10^{10} \Omega\text{m}$ körül van (ha összehasonlítva a rézzel, melynek $\rho = 0,0178 \Omega\text{m}$).

Nem saját vezetőképesség (szennyeződéses)

A szennyeződés vezetőképessége a szennyező félvezetőkben jelenik meg, vagyis amikor egy bizonyos szennyeződést célzottan hozzáadnak az alap félvezető anyaghoz (Si, Ge). A szilíciumnak és a germániumnak négy vegyértékelektronja van, a szennyezőnek mindig vagy egy vegyértékelektronnal kevesebb (3. csoport), vagy egy vegyértékelektronnal több (5. csoport) van.

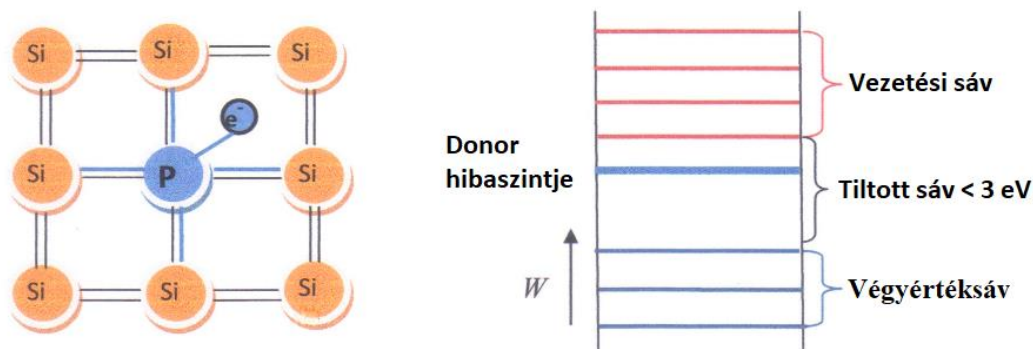
Elektronvezetőképesség - N típusú félvezető

A periódusos rendszer **5. csoportjának egy elemét hozzáadják** az alap félvezetőhöz, például **arzént, foszfort, antimonot**, amelynek **egy vegyérték elektronnal van több, mint az alap**

félvezetőnek. Ezt a szennyeződéselemet **donorként említjük.** Itt **egy szennyeződésből szabad elektron** jelenik meg, amely azonnal elektromos áram vezetőjévé válik.

A sávos sémában egy idegen elem (donor) jelenléte a donor **hibaszintjét** eredményezi, amely kis távolságra van a vezetési sávtól, és ebből a szintből származó elektronok könnyen átjutnak a vezetési sávba.

Tehát vannak szabad elektronok és szabad lyukak az alap félvezetőtől, valamint szabad elektronok a szennyeződésektől. Több szabad **elektron** van, **többségi töltéshordozóknak** nevezzük őket. **A szabad elektronok koncentrációja magasabb, mint a szabad lyukak koncentrációja,** az elektron vezetőképessége dominál. **A szabad lyukak itt a kisebbségi (kisebb) töltéshordozókat jelentik.**



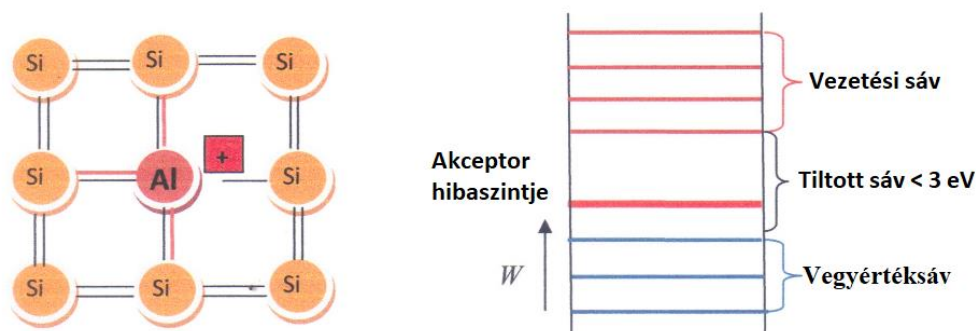
32. ábra N félvezető - ábrázolása és sávmodellje

Lyuk vezetőképesség - P típusú félvezető

A periódusos rendszer 3. csoportjának egy elemét, például **bórt** vagy **alumíniumot**, amelynek **vegyértékelektronja kevesebb eggyel, mint az alap félvezetője,** hozzáadjuk a 4. csoport alapvezetőjéhez. Erre a szennyezőelemre **elfogadóként tekintünk** (akceptor). Az alap félvezető négy kötéseinek egyike tehát nincs elfoglalva, az idegen atom közelében van egy **szabad lyuk**, az alap félvezető felszabadult elektronja áthaladhat benne, és új szabad lyuk jelenik meg a helyén.

A sávdiagramon egy idegen elem (akceptor) jelenléte abban nyilvánul meg, hogy bekövetkezik **az akceptor hibaszintje**, amelynek kis távolságra van a vegyérték sávától, és amelybe az alap félvezető vegyértékelektronjai átjuthatnak. Ekkor kevesebb energia elegendő ahhoz, hogy a vezetési sávhoz mozogjanak.

Így vannak szabad elektronok és szabad lyukak az alap félvezetőtől, valamint vannak szabad szennyeződések. **A szabad lyukakból több van,** ezeket hívjuk **többségi töltéshordozóknak.** **A szabad lyukak koncentrációja magasabb, mint a szabad elektronok koncentrációja,** a lyuk vezetőképessége dominál, a **szabad elektronok kisebbségi töltéshordozók.**



33. ábra P félvezető - ábrázolása és sávmodellje

Mivel a szennyezett félvezetők több szabad töltéshordozót tartalmaznak, mint a önvezető félvezetők, ez azt jelenti, hogy a **szennyező félvezetők vezetőképessége magasabb, mint maguk a félvezetők vezetőképessége.**

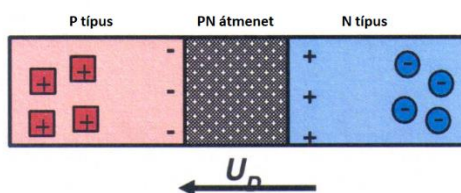
PN átmenet

Ha a félvezető lap egyik része P típusú, a másik része N típusú, úgynevezett PN átmenet jön létre közöttük.

A diffúziós erő miatt az N részből származó szabad elektronok elkezdnek átjutni a P részbe, ahol rekombinálnak. Hasonlóképpen, a szabad lyukak "áthaladnak" az N részbe. Az N félvezetőben az **álló helyzetű pozitív töltések** (kationok) vannak túlsúlyban az átmeneti határon, a P félvezetőkben pedig a **helyhez kötött negatív töltések** dominálnak (szorosan kötött elektronok az eredeti lyukak helyett). Így egy zóna jön létre a két terület között, amelyben szinte nincsenek mozgatható töltéshordozók. Ezt a területet **nevezzük PN átmenetnek**, vagy a **kiürített területnek**, vagy akár a **kapurétegnek is**. Ennek a területnek saját elektromos mezője van, az úgynevezett **diffúziós feszültséggel**. A diffúziós feszültséget U_D -vel jelöljük, mérete függ a félvezető anyagától, a többségi és kisebbségi töltéshordozók koncentrációjától, valamint a hőmérséklettől (általában $10^{-1} - 10^{-2}$ V nagyságrendben).

A kapuréteg megakadályozza az egyéb szabad elektronok átjutását az N részből a P részbe és a szabad lyukak átjutását a P részből az N részbe.

Az egy PN átmenettel rendelkező alkatrészt **diódnak** nevezzük.



34. ábra PN átmenet

A félvezetők jellemző tulajdonságai

A félvezetők szinte minden tulajdonsága **hőmérsékletfüggő**, és ez a függés gyakran **exponenciális**. A szilícium és a germánium alapvető tulajdonságainak összehasonlítását a következő táblázat tartalmazza.

Tulajdonság	Mértékegység	Szilícium	Germánium
Sűrűség 20 °C-on	kgm ⁻³	2 328	5 323
Az anyag belső fajlagos ellenállása 300 K-en	Ωmm ² m ⁻¹	2,3·10 ⁹	0,6·10 ⁶
A tiltott sáv szélessége	eV	1,1	0,75
Belső koncentráció 300 K hőmérsékleten	m ⁻³	1,27·10 ¹⁶	2,5·10 ¹⁹
Elektronmobilitás 300 K hőmérsékleten	m ² V ⁻¹ s ⁻¹	0,15	0,39
Lyuk mobilitás 300 K hőmérsékleten	m ² V ⁻¹ s ⁻¹	0,05	0,19
Az elektron leghosszabb élettartama 300 K hőmérsékleten, P félvezetőben	ms	1,2	1,2
A lyuk élettartama 300K hőmérsékleten, N félvezetőben	ms	3	3
Olvadáspont	°C	1 415	958,6
Fajlagos hővezető képesség	Wm ⁻¹ K ⁻¹	8,4	5,7

Fajlagos hő	$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$	0,75	0,30
A hosszanti tágulás együtthatója	K^{-1}	$42\cdot 10^{-7}$	$61\cdot 10^{-7}$

7. táblázat. A szilícium és a germánium tulajdonságai

Fajlagos elektromos vezetőképesség

- Jelölése: γ , egysége: Sm^{-1} .
- A fajlagos vezetőképesség hőmérséklettől való függése exponenciális összefüggéssel írható le

$$\gamma = \gamma_0 e^{-\frac{W_z}{2kT}}$$

γ_0 - fajlagos elektromos vezetőképesség 20 °C alaphőmérsékleten (Sm^{-1}),

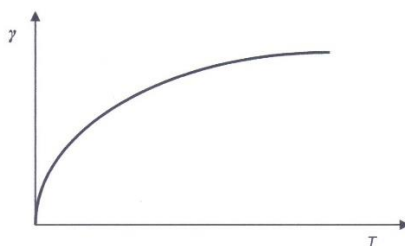
W_z - a tiltott sáv szélessége (J),

k - Boltzman-állandó $k = 1,38\cdot 10^{-23}$ (JK^{-1}),

T - termodinamikai hőmérséklet (K),

e - természetes logaritmus alapja $e = 2,718$.

- **A félvezetők vezetőképessége a hőmérséklet függvényében növekszik, az ellenállása pedig csökken.** Először is, a vezetőképesség élesen emelkedik, nagy mennyiségű elektron szabadul fel. Ekkor a felszabadult elektronok száma stabilizálódik, így a vezetőképesség megközelít egy bizonyos stabil értéket.
- A **Ge** alapú elektronikai alkatrészek maximális hőmérséklete 85 °C körül van, **Si** esetében pedig körülbelül 150 °C.



35. ábra A félvezető fajlagos elektromos vezetőképességének függése a hőmérséklettől

A tiltott sáv szélesség

- W_z -nek jelölik, az egysége a elektronvolt (eV), vagy joule (J). Ez a vezetőképességi sáv legalacsonyabb szintje és a vegyértéksáv legmagasabb szintje közötti különbség, függ a hőmérséklettől.
- A **szilícium** tiltott sáv szélessége **1,1 eV** a **germániumé** csak **0,75 eV**.

A szabad elektronok, ill. lyukak koncentrációja

- Jelzi a szabad elektronok, ill. lyukak számát egy adott térfogatban.
- Magában a félvezetőben a szabad elektronok koncentrációja megegyezik a szabad lyukakkal (belső koncentráció).
- A szennyezett félvezetőnél a szennyeződés miatt vagy a szabad elektronok vagy a lyukak koncentrációja növekszik. **A P-típusú félvezetőben nagyobb a szabad lyukak**

koncentrációja. Az N-típusú félvezetőben nagyobb a szabad elektronok koncentrációja.

- Az egysége: m^{-3} .

Az elektronok (lyukak) mobilitása

- Jelölése: μ , az egysége $m^2V^{-1}s^{-1}$. Érvényes:

$$\mu = \frac{v}{E} \quad (m^2V^{-1}s^{-1})$$

v - a szabad töltéshordozók (elektronok vagy lyukak) irányított mozgásának átlagos sebessége (ms^{-1}),

E - a külső elektromos tér intenzitása (Vm^{-1}).

- Ez megint a hőmérséklettől függ.
- A szabad elektronok, ill. lyukak sebességével függ össze.

Diffúzió hossza

- *Jelölése: L , az egysége: m .*
- Ez az az átlagos távolság, amelyre a részecskék diffúzióval mozognak az átlagos élettartamnak megfelelő periódus alatt. Érvényes: $L = \sqrt{D\tau}$ (m)
- D - diffúziós együttható (jellemzi a diffúzió sebességét),
- τ - A töltőhordozók átlagos élettartama.

Néhány fontos jelenség a félvezetőkön és azok műszaki felhasználása

Egyenirányító jelenség

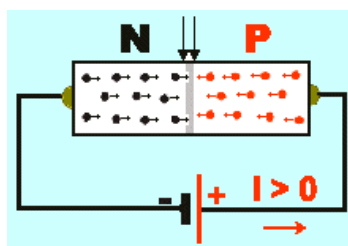
Az egyenirányító jelenség elve az, hogy az áram csak egy irányban halad át a PN átmeneten. A következő ábrán az áramkör PN átmenet látható **áteresztő (A)** és **záró (B)** esetekben. Nyilvánvalóan **a külső csatlakoztatott feszültség polaritásától függ.**

Ha a P rész a feszültségforrás pozitív pólusához, az N rész pedig a negatív pólushoz kapcsolódik, akkor az N rész szabad elektronjai a feszültségforrás pozitív pólusához, a P rész szabad lyukai pedig a feszültségforrás negatív pólusához kerülnek. A külső feszültség megsemmisíti a diffúziós feszültséget, a kiürült terület eltűnik, és a szabad töltések áthaladnak a PN csomóponton, így haladnak **előre** a PN csomóponton – **áteresztési irány.**

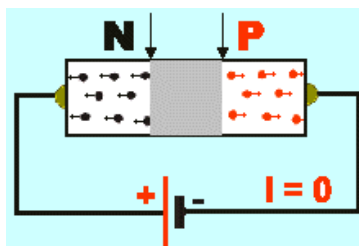
- Ezzel ellentétben, amikor a P rész a feszültségforrás negatív pólusához, az N rész pedig a pozitív pólushoz kapcsolódik, a külső feszültség felerősíti a diffúziós feszültséget, a kiürült rész még jobban növekszik, és a **szabad töltések nem mennek** át a PN csomóponton - **zárási irány.**

Ezt használják a váltakozó feszültség és áram kijavítására, amikor az áteresztési- és a zárási irány összekapcsolása valóban periodikusan váltakozik.

Ez **egyirányú egyenirányítás**, ahol az egyik félperiódusban (az eredeti váltakozó menetben a zárási irányban) az egyenirányított áram nulla, az előrefelé mutató félidőszakban szinuszos marad. Az egyenirányítás ezután javítható négy dióda használatával egy híd áramkörben (úgynevezett Graetz híd) és simító kondenzátorok csatlakoztatásával.



a) áteresztő irány



b) záró irány

36. ábra A PN átmenet összekapcsolása áteresztő és záró irányban.

Hall-effektus

A Hall-effektus lényege egy keresztirányú (úgynevezett Hall) feszültség kialakulása egy félvezető lapkán, amelyen keresztül egyenáram halad át, és amely egy mágneses mezőbe kerül. 1879-ben fedezte fel Edwin Hall amerikai fizikus.

A Hall-effektus leírása és magyarázata:

Vékony P típusú félvezető lapkát helyezünk a mágneses mezőbe, és egyidejűleg egy egyenfeszültség-forráshoz csatlakoztatjuk. A B mágneses mező indukciója merőleges az elektromos mező vektorára. A félvezetők többségi lyukai az E vektor irányába kezdenek mozogni. A mágneses térben azonban mágneses erő (Lorentz-erő) F_m érik őket, ami a lyukak eltérését eredményezi eredeti irányuktól és a lemez egyik oldalán elkezdenek felhalmozódni. Ez a pozitív töltés feleslegét, a másik oldalon pedig a negatív töltés feleslegét hozza létre. Így keresztirányú Hall feszültség lép fel a két oldalvég között. Az U_H Hall-feszültség nagysága a következő összefüggés alapján határozható meg:

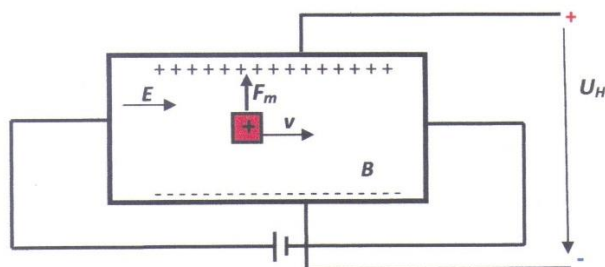
$$U_H = kBI \quad (V)$$

B - mágneses mező indukció (T),

I - a lemezen (A) átfolyó áram,

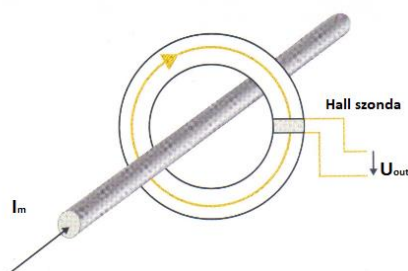
k - konstans a félvezető lapka anyagától, vastagságától és szerkezetétől függően.

A Hall feszültség kialakulását a következő ábra mutatja:



A Hall- effektus felhasználása:

A Hall-effektust a gyakorlatban alkalmazzák, például **mágneses indukció és elektromos áram érintés nélküli mérésére** (Hall-szondák). Az elektromos áram mérésének elvét a **Hall-szonda** segítségével a következő ábrán mutatjuk be. A vezetõn átáramlik a mérendõ I_m áram. Ha meg akarjuk mérni, fogóval fogjuk körül a vezetõt, amely két részből - mágnesesen lágy anyagból és légrésből - álló mágneses áramkört alkot. A légrésben egy Hall szonda található, amelyen keresztül egy közvetlen vezérlőáram halad át. A vezetõben lévõ áram mágneses teret indukál B indukcióval és a mágneses fluxus is áthalad a Hall szondán. A Hall-effektusnak köszönhetően Hall-feszültség jön létre, amely arányos a mért árammal. A Hall-feszültség felerősödik, és megjelenik a kimeneti feszültség U_{out} .



38. ábra Az elektromos áram mérése Hall szondával



39. ábra Mérőeszköz érintés nélküli méréshez

A Hall-szondákat **matematikai műveleteknél** is lehet használni, ahol a **Hall-szondát szorzásra használják**. Például a Hall-feszültség meghatározza a mágnesező tekercsen átáramló áramból származó teljesítményt és a szondán azt a feszültséget, amellyel a szondán áthaladó mérőáram arányos. Egyéb alkalmazások közé tartoznak a különböző **közelségi, biztonsági, szint- és nyomáskapcsolók**, stb.

Fotoelektromos kapuhatás

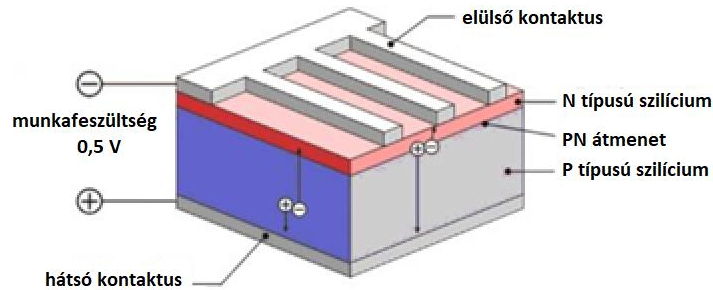
A fotoelektromos hatás felfedezőjét **Antoine César Becquerel** francia fizikusnak tartják.

Egy félvezető alkatrészben, amelyben van PN átmenet, amikor a csatlakozási területet fénnel besugározzák egy **fotoelektromos kapu effektus lép fel**. A **félvezetőre beeső fotonok energiájukat elektronokba továbbítják**, amelyek felszabadulhatnak (ha az átvitt energia legalább megegyezik a tiltott sávres energiájával). P és N területén a szabad töltések (elektronok és lyukak) száma növekszik. A belső elektromos mezőben a P-ből az N-be áramló szabad elektronok vannak. Egyidejűleg lyukak keletkeznek az N-ben (felszabadult elektronok helyén) a PN átmeneten keresztül a P részbe áramlásakor, így P rész feltöltődik pozitív és N terület negatív töltéssel, így **fotoelektromos feszültség** keletkezik.

Ezt a jelenséget sikeresen alkalmazzák a napelemek felhasználásával történő villamosenergia-termelésben. Az **első napelemet** Charles Fritts amerikai feltaláló hozta létre 1883-ban.

Fénysejtje vékony aranyréteggel bevont szelén félvezetőből készült, hatékonysága csupán 1% volt, ami a magas ár miatt nem volt kielégítő az áramtermelés szempontjából.

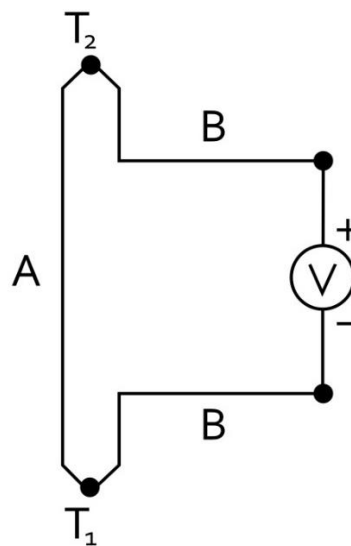
Jelenleg a napelemeket **szilíciumból** (polikristályos, monokristályos és amorf) vagy **különbféle anyagkombinációkból** (Cu, In, Ga, Se nevezik CIS szerkezetek) állítják elő.



40. ábra Fotovoltaiikus elem

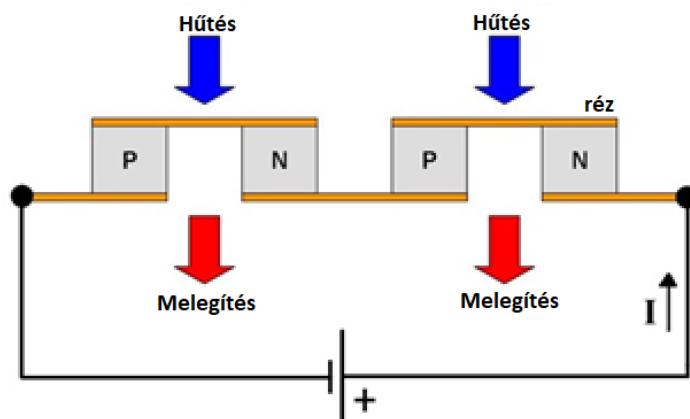
Termoelektromos jelenségek

- **Seebeck-effektus** - a termoelektromos feszültség kialakulása egy két félvezetőből álló áramkörben, amelyek csatlakozásai különböző hőmérsékleten helyezkednek el. Feszültség jön létre két különböző félvezető között, amelyek az egyik végén vannak összekötve, a másik végén pedig megszakadnak, ha mindkét végén eltérő a hőmérséklet. Például hőmérsékletmérésre használják.



41. ábra Seebeck-effektus - termoelektromos feszültség kialakulása

- **Peltier-effektus** - hőtermelés vagy eltűnés két félvezető találkozásánál egy elektromos áram áthaladása során. Ezt a jelenséget használják az úgynevezett Peltier cellákban, amelyeket például számítógépek hűtésére használnak.



42. ábra Peltier-hatás félvezetőkben

Szilícium

A szilícium tulajdonságai

A szilícium nagyon bőségesen megtalálható a földkéregben. Méghozzá a második leggyakoribb elem a Földön. Leggyakrabban szilícium-dioxid és más szilikátok formájában fordul elő. A legtöbb kőzet és ásványi anyag része.

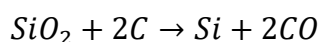
A kristályos szilícium normál hőmérsékleten kék-szürke fémes megjelenésű. Levegőben stabil, enyhén reakcióképes, savakban nem oldódik, de bázisokban könnyen oldódik. Magasabb hőmérsékleten viszont nagyon jól reagál számos oldott állapotban lévő anyaggal.

Tiszta szilícium előállítása

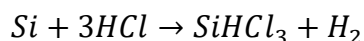
A szilícium előállításának kiindulási alapanyaga a kvarc - SiO_2 .

Gyártási folyamat:

- A **kvarc redukciója szén** (koks, szén) felhasználásával történik elektromos ívkemencében, úgynevezett **kohászati szilícium** (ferrosilicium) jön létre:

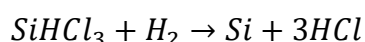


- A kohászati szilícium körülbelül 0,2% szennyeződést tartalmaz, ezért nem alkalmas félvezető gyártásra, és további tisztításra szorul.
- A 300 ° C hőmérsékleten a kohászati szilíciumból és hidrogén-klorid kémiai reakcióval kapjuk a **triklórszilánt** SiHCl_3 :



A triklór-szilán olyan folyadék, amelynek forráspontja 31,5 °C.

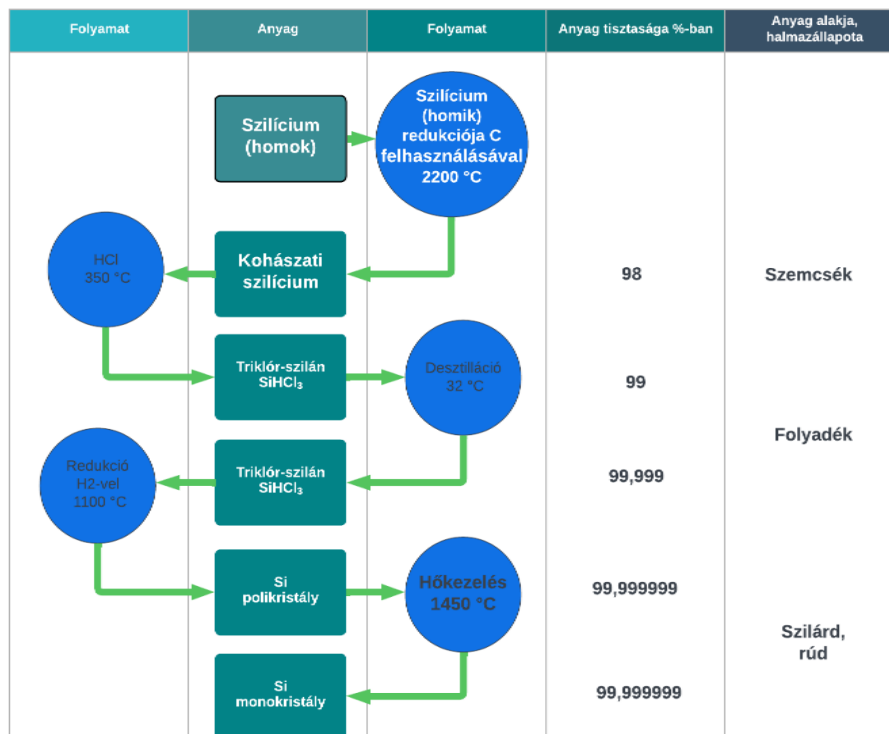
- A **triklór-szilán** további **tisztítását rektifikálással** (részleges desztilláció) végezzük. A tisztított triklór-szilán már csak körülbelül 10^{-6} nagyságrendű szennyeződéseket tartalmaz.
- Végül a hidrogénnel történő redukció a triklór-szilánt visszaalakítja tiszta szilíciummá:



Ezt a bontást vasvízhűtéses reaktorokban hajtják végre, amelyekbe több milliméter átmérőjű **szilíciumrudakat**, úgynevezett **tiszta szilícium magokat** helyeznek el. A szilíciumrudakat a reakció hőmérsékletére egy elektromos áram áthaladásával melegítik. A triklór-szilán gőzök felesleges hidrogént vezetnek a reaktorba. A kapott szilícium közvetlenül az atommagokra

települ, mert csak az atommagoknak van reakcióhőmérséklete. Így a mag körül **polikristályos szilícium hengeres rúd** nő. Henger alakú, legfeljebb 200 mm átmérőjű polikristályos szilíciumrudakat állítunk elő így iparilag.

- A leírt módszerrel kapott polikristályos szilícium tisztasága olyan magas, hogy a félvezető mikroelektronikai iparban alkalmazott alkalmazások gyakorlatilag túlnyomó többségében már **nem fizikai módszerekkel** (pl. Zónás olvasztással) **tisztítják**, hanem közvetlenül a szükséges paraméterekkel rendelkező monokristályokká dolgozzák fel. A nagy vákuumban megolvadt kiindulási polikristályos szilíciumot csak speciális célokra további tisztítással érik el (például nukleáris detektorok előállítására), ahol a legnagyobb tisztaságú szilíciumra van szükség.
- Ha nagy tisztaságú polikristályos szilíciumot készítünk triklór-szilánból, lehetséges **a polikristályos szilícium és a kiválasztott hatóanyag egyidejű mikro-ötvözése** a kívánt szintre. Ez az ötvözés általában bórral vagy foszforral történik, kis mennyiségű diborán (B_2H_6 - gáz) bevezetésével, vagy foszfin (PH_3 - gáz) közvetlenül a bomlás előtt a reakcióelegybe adásával. Az így előállított mikroötvözött polikristályos szilíciumrudak közvetlenül szolgálnak az említett kristályok kívánt koncentrációjú monokristályok előállítására.
- Végül a polikristályos szilíciumot monokristályos formává kell átalakítani. Ez többféleképpen lehetséges, amelyek közül a leggyakrabban Czochralski által készített módszer alkalmazzák.
- A tiszta szilícium előállításának sematikus technológiai folyamatát a következő ábra mutatja:



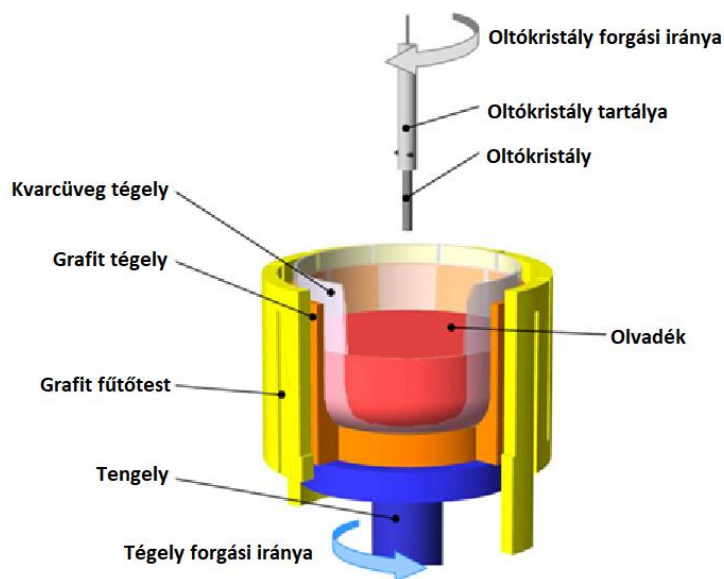
43. ábra A tiszta monokristályos szilícium előállításának vázlata

Szilícium monokristály előállítása

A monokristály előállítási módszerek feloszthatók tégelyesre és tégely nélküli. A félvezetők számára leggyakrabban két technikát alkalmaznak, nevezetesen a **Czochralski-módszert** (tégely módszer) és a **zonális olvasztást** (tégely nélküli módszer).

Czochralski módszere, amely szerint monokristályt olvasztanak egy olvadékból, az egyik legelterjedtebb módszer félvezető anyagok és különféle egyéb anyagok monokristályainak előállítására.

A módszer elve abban áll, hogy bemerítjük az **oltókristályt** az olvadékba egy tégelyben, amely részben megolvad, majd kihúzzuk lassú sebességgel. A hőmérséklet eloszlásának a kristály keresztmetszetében szimmetrikusnak kell lennie a kristály tengelyéhez viszonyítva, amelyet vagy a mag forgása, vagy a tégely forgása az olvadékkal, vagy mindkettő segíti. Az olvadékot tartalmazó tégelyt a kemence zárt helyen vákuumban, nitrogén vagy inert atmoszféra alatt helyezzzük el, hogy megakadályozzuk az olvadék oxidációját. Hőforrásként ellenállást vagy indukciós fűtést használnak. Az általánosan használt olvasztási sebesség a 10^{-4} és 10^{-3} cm másodpercenként közötti tartományban van. Az olvasztótégely hőmérsékletét az előírt értéken kell tartani, közvetlenül az anyag olvadáspontja felett, viszonylag nagy, ± 1 K pontossággal. Ez a kristályosítási módszer felhasználható nagy szilícium monokristályok (legfeljebb 300 mm átmérőjű, legfeljebb 2 m hosszú) előállítására az olvadékból.



44. ábra Monokristály létrehozása egy tégelyből



45. ábra Szilícium monokristály

Germánium

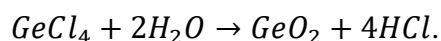
A germánium tulajdonságai

A szilíciumtól eltérően a germánium nagyon ritka a természetben, megtalálható egyes ásványi anyagokban (germanit, argyrit), cink- és ezüstércek keverékeként, nyomokban pedig egyes szénfajtákban.

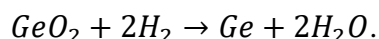
A kristályos germánium ezüst fényes, halványsárga-zöld színű. Normál hőmérsékleten a germánium stabil a levegőben, magasabb, 500 °C feletti hőmérsékleten könnyen összekapcsolódik oxigénnel, olvadt állapotban sem reagál hidrogénnel és nitrogénnel. A hidrogén azonban viszonylag könnyen oldódik az olvadt germániumban. Hasonlóképpen, olvadt állapotban sem reagál szénnel, így grafit-tartályok használhatók a germánium megolvasztására. Meleg állapotban könnyen keveredik platínával, arannyal, ezüsttel, rézzel, ólommal, indiummal, ónnal, alumíniummal, galliummal és más fémekkel.

Tiszta germánium előállítása

- Mint nyersanyagot- **germániumot tartalmazó szén hamut**, vagy közvetlenül **magasabb germánium tartalmú ércet használunk**.
- A kiindulási anyagokat **klórozásnak** vetik alá (klórral vagy hidrogén-kloriddal történő kezelés), és a germániumot átalakítják **GeCl₄ germánium-tetrakloriddá**, amely 84 °C-os forráspontú folyadék.
- A nyers germánium-tetrakloridot **rektifikálással** (többszörös részleges desztillációval) tisztítjuk.
- A tiszta germánium-tetraklorid hidrolízissel **germánium-dioxiddá** alakul át:



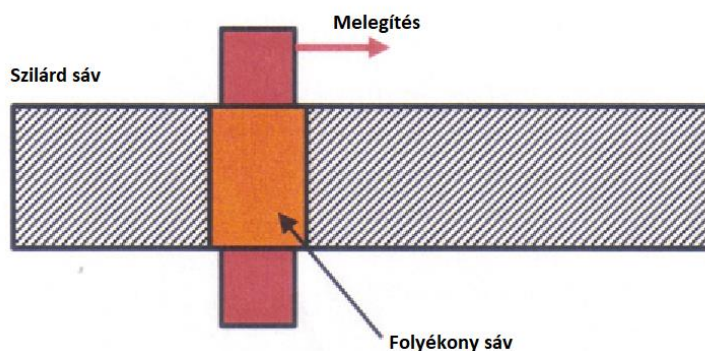
- Tökéletesen tiszta vízzel mossuk, majd a szárított germánium-dioxidot **hidrogénnel** redukáljuk 600–650 °C hőmérsékleten germániummá:



- A kialakult túlnyomórészt **amorf porított germániumot** grafit edényekben vagy kvarcüveg edényekben körülbelül 1000 °C hőmérsékleten hidrogén- vagy nitrogénáramban újraolvasztják.
- **Polikristályos germánium bugát** kapunk a kapott olvadék **kristályosítással**.
- Ezeket a bugákat több **zónás megolvadással fizikai tisztításnak** vetik alá.

Zónás (sáv) olvadás

A sávolvadás az egyik **fizikai módszer a kristályosodó anyagok tisztítására**. Azon a tényen alapul, hogy **az alapanyagban lévő szennyeződések más oldhatósággal rendelkeznek a szilárd fázisban és mások a folyékony fázisban**. A germániumot grafit- vagy kvarcedényben tárolják, amelyet általában kvarccsőbe helyeznek. A melegítést a cső mentén mozgatjuk úgy, hogy a germániumöntvény bizonyos zónája mindig megolvadjon. Nagy frekvenciájú fűtést használnak. A hőzóna több cm/óra sebességgel halad. **A szennyeződések kisebb koncentrációban jutnak a megszilárdult részbe, mint a folyadékzónában**. A szennyeződések így a folyadék zónában tartják, és így továbbhaladnak a buga egyik végéig. Ugyanakkor a germánium megszilárduló részeiben kristályosodás zajlik. A rúd széléit a szennyeződéssel végül levágják. A zóna finomításának megismétlésével (általában 6-10 alkalommal) nagy tisztaságot érünk el.



46. ábra A sáv olvadása

Félvezető lapok gyártása és módosítása

A félvezető lapkák gyártásának kiindulási anyaga a monokristályos szilícium vagy nagy tisztaságú germánium, a megfelelő monokristályos formájú vezetőképességi típus (P/N). Monokristályos kezelési eljárás:

- **A kristály köszörülése a kívánt átmérőig** - a monokristálynak az előírt átmérőjű henger alakú alakjához való igazítását úgy végezzük, hogy csiszoljuk.
- **Csiszolótestek kristályon** - mindegyik kristályon négy hosszanti felület van köszörülve. Ezeket a felületeket orientációs célokra használják a tábla helyzetének meghatározásához a technológiai berendezésekben (fő szempont), valamint a táblák irányának és vezetőképességének meghatározásához (segédpanel).
- **Kristály szeletekre vágása** - a vágás gyémántfűrészsel történik.

- **Vágott szeletek köszörülése** - a **szeletek** felülete nagyon durva és a vágási művelettől egyenetlen, ezért a szeleteket mindkét oldalon köszörülik. Finomabb felület, a szelet lapossága és a szükséges vastagság elérése a cél.
- **A szeletek széleinek csiszolása** - a szeletek széleit csiszolással kerekítik, hogy eltávolítsák a felaprózódásra vagy aprításra hajlamos területeket.
- **A szeletek felületének tisztítása** - salétromsav és fluorsav keverékében történő maratással letisztítják a szennyeződéseket és a szelet károsodásait.
- **A Si lemezek polírozása** - csak a Si lemez egyik oldalán végezhető el. A cél a tükörben fényes felület elérése, karcolások és egyéb hibák nélkül. Az eredmény egy Si lemez (úgynevezett szilícium lapka).
- **A Si lemezek végső mosása** - a cél a szerves anyagok maradványainak, a porszemcsék és a nehézfémek eltávolítása a teljes Si lemez felületéről. A műveletet egy fürdőben végzik, amely a következőkből áll:
 - a) hidrogén-peroxid és sósav,
 - b) hidrogén-peroxid és ammónium-hidroxid.

Ezen anyagok maradványait nagyon tiszta vízben (demineralizált vízben) távolítják el.

PN-átmenet létrehozása

A tábla polírozott oldalán félvezető szerkezetek vannak kialakítva.

A PN-átmenet kialakításakor lényegében arról van szó, hogy a lemez egy bizonyos területén túlkompenzálják a hatóanyagokat azáltal, hogy ezen a területen elegendő koncentrációban vezetnek be ellentétes típusú adalékanyagokat.

Epitaxia

Az epitaxia név a görögből származik: *epi* - a felszínre, *taxe* - a megfelelő helyre *adagolva*.

Az epitaxia történhet **gáznemű, folyékony** vagy **szilárd** fázisból. **Gőzfázisú** epitaxia (VPE) = **gázfázisú** epitaxiát vagy gázepitaxiát használnak a szilíciumban és a germániumban lévő PN-átmenetek előállítására. Ezt **monokristályos Si rétegek felvívésével (lerakódással) érik el a monokristályos Si lemezekre körülbelül 1200 °C hőmérsékleten**. A Si epitaxiális rétegeket minden bipoláris integrált áramkörben alkalmazzák. A Si táblákon különböző integrált áramkörök struktúrái jönnek létre, azaz félvezető elemek (tranzisztorok, diódák) és passzív elemek (ellenállások, kondenzátorok stb.). Az epitaxiális szilíciumrétegek vastagsága 5-15µm, a fajlagos elektromos ellenállás 1-5 Ωcm. A vezetőképesség típusa azonos vagy ellentétes lehet a Si lemez vezetőképességének típusával. Adalékként foszfint PH₃, arzin AsH₃ -t vagy diboránt B₂H₆ alkalmaznak.

A folyékony epitaxiát például a GaAs, GaP félvezető vegyületekben főleg LED-ek előállítására használják.

Ion beültetés

Az akceptorok vagy donorok ionjait elektromos mezőben felgyorsítják, majd a lemez bizonyos mélységére lövik. Ily módon nagyon vékony adalékolt rétegek képződhetnek. Jelenleg a plazma beültetés ígéretes módszer.

Diffúzió

A diffúzió olyan jelenség, amelyben az anyag részecskéi (atomok vagy ionok) átkerülnek. Az integrált áramkörök gyártása során **elektromosan aktív szennyeződések (akceptorokat vagy donorokat) kell bevezetnünk a szilícium lapka kiválasztott helyeire egy bizonyos és pontos mélységig, a szennyeződés adott koncentrációs profiljánál.** Ehhez viszonylag magas hőmérsékletre van szükség. A szennyezők diffúziós hőmérséklete a lemezek 900 és 1200 °C között mozog. A szennyeződés Si-be diffúziójának mértéke a szennyeződés típusától, a lemez hőmérsékletétől, a donor (akceptor) idejétől és koncentrációjától, valamint az alkalmazott atmoszférától függ.

A keverékeket a Si lemezekre kétféle formában viszik fel:

- elemként (B, P, As, Sb),
- oxidokként (B_2O_3 , P_2O_5).

Összetett félvezetők

Vegyületek $A^{III}B^V$

Ezek háromértékű és ötértékű elemek vegyületei, például **gallium-arsenid GaAs és indium-foszfid InP.** Ezeket a vegyületeket magas hőmérsékleten és magas frekvenciákon használják (nagyfrekvenciás tranzisztorok, nagyfrekvenciás generátorok és erősítők, frekvenciaszorozók). Hall-szondákhoz is használják őket. A GaAs-t lumineszcens és lézerdiodákhoz is használják.

Vegyületek $A^{II}B^{VI}$

Ezeket **halkogenideknek** nevezzük. A 2. és 6. csoportba tartozó elemek vegyületei. Ide tartozik például a **kadmium-szulfid CdS,** amelyet **fotorezisztorok készítésére** használnak. Az ilyen típusú **Cd-Te** vegyületeket használják **röntgendetektorokhoz.**

Vegyületek $A^{IV}B^{IV}$

Ide tartozik például a **fotorezisztorokhoz** használt **ólom-szulfid PbS.** Más ilyen típusú vegyületek például, **PbSe és PbTe,** melyeket használnak **infravörös sugárzás detektorokhoz,** valamint a **szilícium-karbid SiC,** amelyet az **optoelektronikai, a kék lumineszcens diódáknál, tranzisztoroknál, magas hőmérsékletű diódáknál** használnak.

Oxid félvezetők

ZnO cink-oxidot és titán-dioxid TiO_2 t használnak feszültségfüggő ellenállások (**varisztorok**) előállítására. Hőmérséklet-függő ellenállásokat (**termisztorok**) **nikkel (NiO) és mangán (Mn_2O_3) oxidokkal** állítanak elő.

Amorf (üveges) félvezetők

Az amorf anyagok **belső szerkezeti rendellenessége a legmagasabb.** A rendetlenség következtében a vegyérték- és vezetőképességi sáv szélei "kimosódnak", és megtiltják a tiltott sávot. Ezen anyagok előállításakor az elemi félvezetőket vagy keverékeiket nagyon gyorsan ($10^5 - 10^6$ Ks⁻¹) lehűtik a kristályok növekedésének korlátozása érdekében.

A legismertebb üveg félvezetők közé tartoznak az **As-Te-Si-Ge, As-Te-Ge, As-Se-Te,** stb.

Ezeket a félvezetőket például memória és kapcsoló alkatrészek gyártásához vagy üvegszálak előállításához használják CO és CO₂ lézerekhez.

Szerves félvezetők

A szerves eredetű félvezetők általában a **polimerek**, például **poliacetilén** (C_2H_2)_n. A félvezető polimerek alkalmazhatók például termisztorok, fotorezisztorok, hőelemek, stb. gyártására.

Néhány félvezető alkatrész

Diódák

A félvezető diódák a PN félvezető átmenet tulajdonságát használják fel, legalapvetőbb tulajdonságuk, hogy csak egy irányba vezetik az áramot. Felhasználási terület szerint több alapvető csoportra oszthatjuk őket:

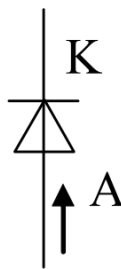
- Egyenirányító diódák
- Zener diódák
- Fénykibocsátó diódák és fotodiódák
- egyéb (Schottky-diódák, Varikap-diódák, alagútdiódák)



47. ábra Dióda típusok

Egyenirányító diódák

Az egyenirányító diódák alkotják a diódák legnépesebb csoportját, amelyek a PN átmenetek egyenirányító hatását használják váltakozó áramok egyenirányításához. Egy diódának két elektródája van, egy anód (A) és egy katód (K). Csak egy irányba vezet áramot, az anódtól a katódig. Ha az anód pozitívabb, mint a katód, akkor az áram átfolyik a diódán. Ellenkező esetben, amikor a katód pozitívabb, mint az anód, nem folyik áram a diódán.



48. ábra A dióda jelölése

Zener diódák

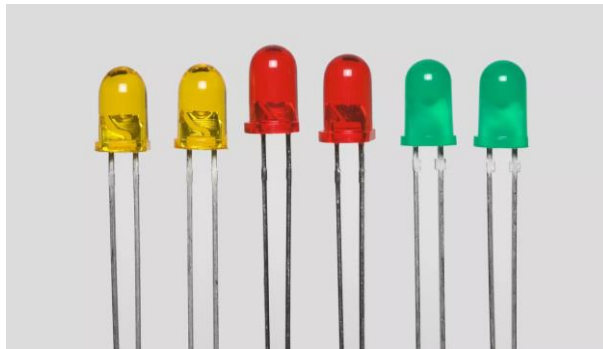
A PN átmenet megfelelő gyártási technológiájával a szilícium lapos dióda karakterisztikájának záró tartományában meredek áttörés érhető el. A végáram az U_z feszültség (ún. Zener-feszültség) túllépése után gyorsan, lineárisan növekszik. Az U_z nagysága a kiinduló félvezető anyag ellenállásától függ, és 2 és 120 V között változhat. A Zener-diódát stabilizátor- és feszültségkorlátozó áramkörökben használják.

Varikap kapacitív dióda

A varikap egy lapos dióda, amelyben a PN átmenet kapacitása az alkalmazott feszültségtől függ. A varikapokat hangolóelemként használják rádió- és televízió-vevő áramkörök automatikus hangolásához. Lehetővé teszik az elektronikus áramkörök megbízhatóságának növelését és jelentős miniaturizálását.

Fénykibocsátó diódák és fotodiódák (LED)

Az optoelektronikában olyan diódákat használnak, amelyek a PN átmenetnél a fotoelektromos és lumineszcencia jelenséget alkalmazzák. A fotodiódák fényre reagáló érzékelőként működnek, a fénykibocsátó diódákat vagy LED-eket gyakran jelzőfényként vagy megvilágított kijelzők részeként használják.



49. ábra LED diódák

Tranzisztorok

A tranzisztor egy teljesen vezérelt félvezető elem, amely erősítőként vagy kapcsolóként is működhet. A tranzisztor csak addig zár, amíg áram folyik a vezérlő (bázis) elektródába. A működés elve szerint a tranzisztorokat bipolárisra és unipolárisra osztják (elektromos mező vezérli).

Bipoláris tranzisztor

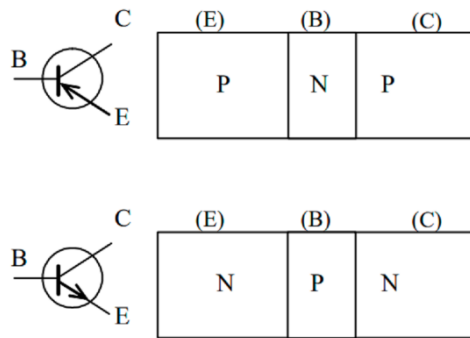
A bipoláris tranzisztort (továbbiakban tranzisztor) 1947-ben fedezték fel annak eredményeként, hogy a vákuumcsöveket félvezető szilícium elemre cserélték.

A tranzisztor felépítése három P és N típusú régióból áll, amelyek vagy P–N–P, azaz PNP típusú tranzisztor, vagy N–P–N, azaz NPN típusú tranzisztor sorrendben helyezkednek el.

Az egyes területekről érkező vezetékek E emitter, B bázis, C kollektor jelöléssel vannak ellátva. A tranzisztor két PN átmenetet használ, az egyik az emitter és a bázis, a másik a kollektor és a bázis között. Egy tranzisztor elképzelhető úgy, hogy két diódából, az emitterből és a kollektorból áll, amelyek egymással szemben vannak összekötve. Ha a kollektor és az emitter közé feszültséget kapcsolunk, akkor nem folyik áram, mert a külső feszültség mindkét lehetséges polaritásával az egyik dióda mindig zárt-polarizált. A tranzisztor funkciója nem magyarázható két dióda összekapcsolásával, mert mindhárom tartomány elsősorban a középső tartomány, a bázis kis szélessége miatt működik együtt, amelyre a külső feszültség is kerül.

Ha az U külső forrás feszültsége a PNP tranzisztorra úgy van rákötve, hogy a pozitív pólus az emitterre, a negatív a kollektorra van kötve, és ennek a potenciálkülönbségnek egy része a bázisra kerül, akkor a bázis pozitív a kollektorhoz és negatív az emitterhez képest. Az NPN típusnál a polaritások ellentétesek. Ha csak a megadott polaritású feszültség kerülne az emitter és a bázis közé, akkor az emitter csomóponton nagy áram menne keresztül, mert jelentős számú lyuk kerülne az emitterből a bázisba, ill. nagyszámú elektron az alaptól az emitterig. A kollektor azonban negatív feszültségre van kötve. A pozitív töltéshordozók (lyukak) az első átmeneten az emitter és a bázis közötti kis feszültség miatt átjutnak az alapterületbe, onnan viszont a kollektor és a bázis közötti jelentős feszültség miatt a második átmeneten keresztül hajtják át őket és a jobb oldali P-típusú régiót a kollektor terminálhoz. Az emitterből érkező áram tehát két részre oszlik: az első komponens a bázishoz, a második a kollektorhoz megy.

A gyártás során a tranzisztort úgy kell megtervezni, hogy az emitteráram minél nagyobb része a kollektorba jusson, és csak minimális maradéka a bázisba. A modern tranzisztorokban az alapáram csak néhány százaléka vagy ezredrésze az emitteráramának. Így az I_E emitteráram mindig nagyobb, mint a két fennmaradó áram bármelyike, egyenlő az I_B alapáram és az I_C kollektoráram összegével.



50. ábra PNP és NPN típusú tranzisztorok

Unipoláris tranzisztor

A bipoláris tranzisztorokkal ellentétben, ezekben a tranzisztorokban az áramot csak egyfajta hordozók alkotják. A működési elv szerint FET-nek nevezik őket - (elektromos) mező által vezérelt tranzisztorok. A térhatású tranzisztorokat olyan áramkörökben használják, amelyek az erősítő elem nagy bemeneti ellenállását igénylik, kapcsolókban, impulzusforrásokban, feszültségvezérelt ellenállásként és különféle elektronikai alkalmazásokhoz.



51. ábra Különböző típusú tranzisztorok

Folyadékkristályok polarizált fényben

A folyadékkristályok olyan anyagok, amelyek köztes állapotot képviselnek a szilárd kristályos és a folyékony állapot között. Ezekben az anyagokban a molekulák kristályszerű rendszerezettséggel rendelkeznek, azonban képesek áramlani, mint a folyadékok. Ezért a folyadékkristályoknak van rendszereztségük (mint a szilárd anyagoknak), de egyben plaszticitásuk is (mint a folyadékoknak). A folyadékkristályokat a hosszú, merev, gyakran pólusos molekulák alkotják, amelyek képesek irányítottan elrendeződni. Ezeknek az anyagoknak az anizotróp (irányfüggő) tulajdonságai, mint például a fénytörés, a hővezetés, valamint az elektromos és mágneses tulajdonságok, az anyag molekuláris szerkezetének köszönhetőek. Az első folyadékkristályt 1888-ban fedezte fel Friedrich Reinitzer, aki koleszterin-benzoátot tanulmányozott. Ezt az anyagot megfigyelte két különböző hőmérsékleten: az egyik hőmérsékleten az anyag áttetsző folyadékként viselkedett, míg a másik hőmérsékleten felhős folyadékként. A további melegítéssel az anyag ismét átlátszóvá vált. A két hőmérséklet között az anyag birefringens volt, vagyis különböző irányokban eltérően törte meg a fényt. A folyadékkristályok felfedezése új lehetőségeket nyitott meg a tudományban és a technológiában. Ma már számos alkalmazásuk van, beleértve a folyadékkristályos kijelzőket (LCD-k), az optikai eszközöket és a hőmérőket.



52. ábra A koleszteril-benzoát három lehetséges fázisa: kristályos, folyadékkristályos és folyadék

A folyadékkristályok fizikai és kémiai jellemzői

Fizikai jellemzők

Anizotróp tulajdonságok - A folyadékkristályok anizotrópok, vagyis tulajdonságaik irányfüggők. Például a fénytörés, a hővezetés, és az elektromos és mágneses tulajdonságok mind-mind eltérőek lehetnek a különböző irányokban. Ez azt jelenti, hogy a folyadékkristály molekulái irányítottan vannak elrendezve, ami anizotróp tulajdonságokat eredményez.

Fázisátmenetek - A folyadékkristályokban a fázisátmenetek gyakran hirtelen történnek, de a fázisátmenetek fokozatosak lehetnek is. A fázisátmenetek a folyadékkristályok egyik kulcsfontosságú tulajdonsága, mivel ezek az átmenetek lehetővé teszik az anyag tulajdonságainak változását anélkül, hogy megváltoztatnánk az anyag összetételét.

Kémiai jellemzők

Molekuláris szerkezet - A folyadékkristályokat alkotó molekulák gyakran hosszú, merev és poláris molekulák. Ezek a molekulák képesek kristályszerűen elrendeződni anélkül, hogy elveszítenék a folyadékszerű tulajdonságokat. Ez lehetővé teszi számukra, hogy a szilárd és a folyékony állapot közötti köztes állapotban létezzenek.

Hőmérséklet hatása - A folyadékkristályok viselkedése nagymértékben függ a hőmérséklettől. A hőmérséklet változásai befolyásolják a molekulák közötti kölcsönhatásokat, ami a folyadékkristályok szerkezetének és tulajdonságainak változásához vezethet. Például a hőmérséklet növelése megváltoztathatja a molekulák elrendeződését a folyadékkristályban, ami a fázisátmenethez vezethet.

A folyadékkristályok tulajdonságai - beleértve az anizotróp tulajdonságokat, a fázisátmeneteket, a molekuláris szerkezetet és a hőmérséklet hatását - mind központi szerepet játszanak abban, hogy ezek az anyagok hogyan viselkednek, és hogyan használják őket a gyakorlatban, például a folyadékkristályos kijelzőkben.

Az anyagok halmazállapotai

Az anyagok hagyományosan három állapotban írhatók le: szilárd, folyékony és gáz. Ezek az állapotok közötti átmenetek hőmérsékletváltozásokra adott válaszként következnek be. Minden állapotnak megvan a maga egyedi fizikai és kémiai tulajdonsága.

Szilárd halmazállapot

A szilárd anyagok molekulái szorosan vannak egymáshoz kötve, és szabályos, rendezett mintázatban helyezkednek el. A szilárd anyagoknak van saját alakjuk és térfogatuk, és általában ellenállnak a deformációnak.

Folyékony halmazállapot

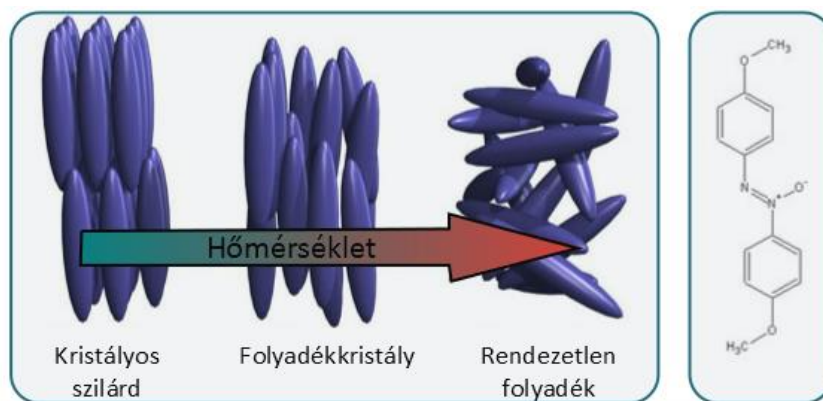
A folyékony állapotban lévő anyagok molekulái kevésbé szorosan vannak kötve, mint a szilárd anyagoké, és képesek szabadon áramlani egymás körül. A folyadékoknak nincs saját alakjuk.

Gázhalmazállapot

A gáznemű anyagok molekulái szabadon mozognak, és nagyon gyenge kölcsönhatásban vannak egymással. A gázoknak nincs saját alakjuk, és nincs saját térfogatuk sem (azaz kitöltik a rendelkezésre álló teret).

Ezzel szemben a folyadékkristályok valahol a szilárd és a folyékony állapot között helyezkednek el. Ezek az anyagok képesek áramlani, mint a folyadékok, de molekuláik kristályszerűen vannak elrendezve, mint a szilárd anyagokban. Ez azt jelenti, hogy a folyadékkristályoknak van saját térfogatuk, de nem feltétlenül van saját alakjuk. A molekulák elrendeződése anizotróp tulajdonságokhoz vezet, amelyek irányfüggők lehetnek.

A folyadékkristályok tehát egy új, köztes állapotot képviselnek az anyagok állapotának hagyományos rendszerében. Ez a köztes állapot lehetővé teszi számukra, hogy olyan egyedi tulajdonságokkal rendelkezzenek, amelyeket más állapotokban lévő anyagok nem mutatnak, és ez különösen fontos az ilyen anyagok technológiai alkalmazásai szempontjából.



53. ábra A molekulák sematikus elhelyezkedése a különféle halmazállapotokban és egy tipikus szerves eredetű folyadékkristályt képző molekula

Folyadékkristályok típusai

A folyadékkristályok különböző fázisokat, vagyis állapotokat képesek felvenni a hőmérséklet változásának hatására. Különböző típusú folyadékkristályokban a molekulák eltérő módon rendeződnek el. A leggyakrabban előforduló típusok a nematikus és a szmektikus folyadékkristályok, de számos más fázis is létezik, például a kolinerger és a ferroelektromos fázisok.

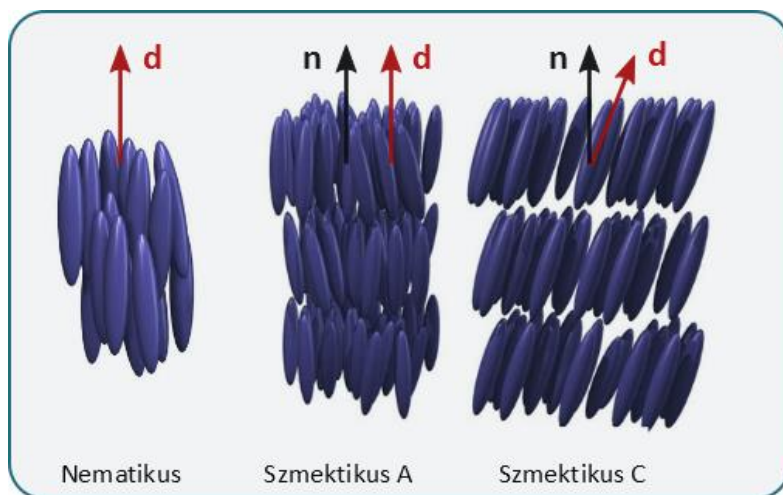
Nematikus folyadékkristályok

A nematikus fázisban a molekulák párhuzamosan rendeződnek, de nem rendelkeznek rendezettséggel a molekulák közötti távolság tekintetében. Gondolhatunk erre úgy, mint egy csőben áramló folyadékra, ahol a folyadékrészecskék ugyanabba az irányba mozognak, de nincsenek szorosan egymáshoz kötve. A nematikus fázisban a molekulák szabadon forgathatók és átrendeződhetnek, ezért a nematikus folyadékkristályoknak jó a folyékonyságuk.

Szmektikus folyadékkristályok

A szmektikus fázisban a molekulák rétegeket alkotnak. Ezen belül is léteznek különböző szmektikus fázisok (például SmA, SmB, SmC), amelyekben a molekulák eltérő módon rendeződnek el a rétegen belül. A szmektikus fázisban a molekulák nem olyan szabadon mozgathatók és átrendezhetőek, mint a nematikus fázisban, így a szmektikus folyadékkristályok viszkozitása magasabb.

Ezek mellett számos további folyadékkristály-fázis létezik, amelyek mindegyike egyedi tulajdonságokkal rendelkezik. A fázisok közötti átmeneteket gyakran a hőmérséklet változása okozza, de a nyomás, a mágneses és elektromos terek, valamint a kémiai kölcsönhatások is befolyásolhatják őket.



54. ábra A molekulák sematikus elhelyezkedése a különféle folyadékkristály-típusokban. 'n' jelöli a molekulák irányítottágát, 'd' a rendezési síkokra merőleges irányt. A szmeztikus A típusnál ezek az irányok párhuzamosak, míg a szmeztikus C típusnál valamilyen szögben állnak

A folyadékkristályok kémiája

A folyadékkristályok kémiája a folyadékkristályokat alkotó molekulák szerkezetének, tulajdonságainak és kölcsönhatásainak vizsgálatával foglalkozik.

Molekuláris szerkezet

A folyadékkristályokban lévő molekulák szerkezete központi szerepet játszik az anyag egyedülálló tulajdonságainak kialakításában. Általában a folyadékkristályokat alkotó molekulák hosszúak és merevek, amelyek polárisak lehetnek. Fontos, hogy a folyadékkristályokban lévő molekuláknak hosszúnak és merevnek kell lenniük, hogy megfelelően elrendeződhessenek és folyadékkristályos fázisokat hozzanak létre. Általában a molekulák polimer jellegűek, vagy hosszú szénláncúak. Azért, hogy a molekulák merevek legyenek, gyakran gyűrűszerű struktúrákat (pl. benzol vagy az annak származékai) tartalmaznak. A legtöbb folyadékkristály molekula poláris, ami azt jelenti, hogy az elektronok nem egyenletesen oszlanak meg a molekula egészén. Ez a poláris jelleg növeli a molekulák közötti vonzást és segít az orientációs rendet kialakítani. Emellett a poláros jelleg hozzájárul a folyadékkristályok elektromos térerősséghez és frekvencia válaszához, ami alapvető a technológiai alkalmazások szempontjából. Továbbá a folyadékkristályok molekuláinak nagy része gyűrűszerű struktúrákat tartalmaz. Ezek a gyűrűk merevséget adnak a molekuláknak, ami segít abban, hogy a molekulák megtartsák hosszú, pálcaszerű alakjukat. A gyűrűk között gyakran találunk benzolgyűrűket vagy annak származékait.

Polarizáció definiálása

A polarizáció az elektromágneses hullámok, így a fény egyik legfontosabb jellemzője. A fény, mint transzverzális hullám, olyan, hogy az elektromos térerősség (és a mágneses indukció) vektora merőleges a hullám terjedési irányára. Ez azt eredményezi, hogy az elektromos térerősségnek sokféle irányt lehet felfogni. Például egy izzólámpa, egy LED vagy a napfény polarizálatlan, vagyis az elektromos térerősség iránya random, mivel a fényforrások atomjai egymástól függetlenül sugároznak.

Lineáris polarizáció

Amikor az elektromos térerősség vektora egy kijelölt irányba mutat, a fényt lineárisan polarizáltnak mondjuk. Ilyen állapotban a fény elektromos térerősségének iránya konzisztens és meghatározott. A lézerek általában polarizált fényt bocsátanak ki, mivel azokban a

fénykibocsátás szinkronizáltan történik. Azonban bármely polarizálatlan fény polarizálható megfelelő eszközökkel, például polarizációs szűrők használatával.

Polarizációs szűrők és az áthaladó fény

A polarizált fény viselkedése a polarizációs szűrőn áthaladva a szűrők orientációjától függ. Ha a szűrők orientációja azonos, a fény zökkenőmentesen áthalad, minőségi változás nélkül. Azonban ha a szűrők orientációja egymásra merőleges, a fény nem képes áthaladni, teljesen elnyelődik.

Polarizáció manipulálása

Meglepő és érdekes kísérleteket végezhetünk polarizációval, például ha két, egymásra merőleges irányú polárszűrő közé egy harmadikat helyezünk, amely nem párhuzamos az első kettővel, de például 45° -os szöget zár be velük, akkor meglepő módon átjut valamennyi fény a rendszeren. Ezt a jelenséget azzal magyarázzuk, hogy a középső szűrő képes felbontani a beérkező fényt és a saját polarizációs irányával párhuzamos részt tovább engedni.

A polarizációt továbbá olyan optikailag aktív anyagokkal is manipulálhatjuk, amelyek elforgatják a fény polarizációs irányát. Ez a jelenség alapján mérhetjük az anyagok optikai aktivitását. A polarizációs szűrők és az optikailag aktív anyagok alkalmazása lehetővé teszi a fény polarizációs állapotának széles körű ellenőrzését és módosítását.

Kettőtörés definiálása

A kettőtörés az optikában található olyan jelenség, amelyet bizonyos anyagok, a kettőtörő anyagok mutatnak. Ezek az anyagok polarizálatlan fényt vezetnek két különböző sebességgel, azaz eltérő törésmutatókat használnak a fény két, egymásra merőlegesen polarizált komponensére. Az ilyen anyagoknak tehát kétféle törésmutatója van, ami kettős törésnek adja a nevét.

Kettőtörés következményei

Ha a polarizálatlan fény nem merőlegesen éri el ennek az anyagnak a felületét, a kettőtörő anyagban levő két egymásra merőlegesen polarizált komponens eltérő irányokba törhet és így két különálló sugarat hozhat létre. Ez azt eredményezi, hogy a kettőtörő kristályon át nézve a mögötte lévő kép vagy szöveg "szellemképesnek" tűnik.

A polarizálatlan fény merőleges behatásakor a kettőtörő anyagon belül, a két egymásra merőlegesen polarizált komponens azonos irányban, de eltérő sebességgel haladhat tovább. Ez azt eredményezi, hogy a két komponens különböző fázisban érkezik meg az anyag másik felületére, ahol kilépve ismét egyesülnek.

Kettőtörés és lineárisan polarizált fény

Amikor lineárisan polarizált fény éri a kettőtörő anyagot úgy, hogy a polarizáció iránya 45° -os szöget zár be az anyag kitüntetett irányával, a polarizált fény két, egymásra merőleges komponensre bomlik belépéskor. A két komponens különböző sebességgel halad az anyagban, majd kilépéskor újra egyesülnek.

A kilépéskor fellépő fáziskülönbség alapján a megfigyelt jelenség változhat. Ha a fáziseltérés egészszámú többszöröse, akkor a fény ugyanúgy lép ki, mint ahogy belépett. Ha viszont a fáziseltérés páratlan többszöröse, a kilépő fény polarizációs síkja 90° -kal elfordulhat.

Cirkuláris polarizáció

A cirkuláris polarizáció esetén az elektromos térerősség vektora nem csak egy síkban rezeg, hanem a haladás irányában egy spirálban forog. Az eredményül kapott fénysugarat cirkulárisan

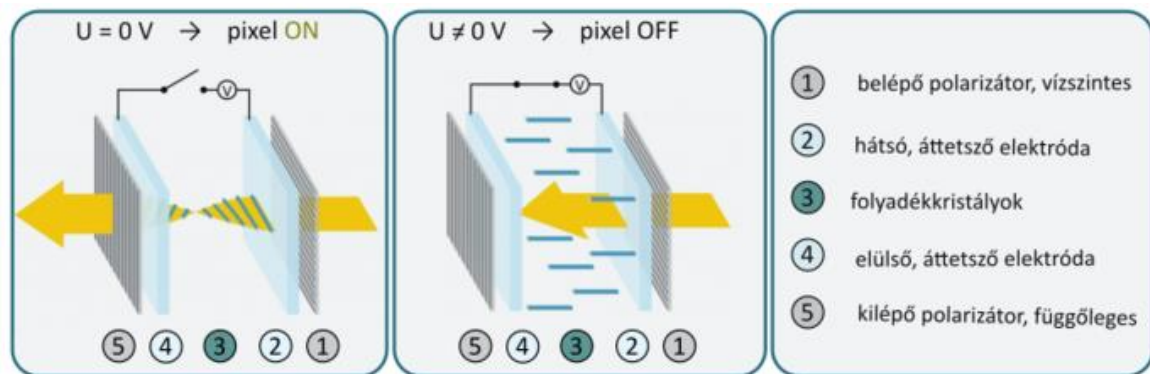
polarizált fénynek nevezik. Ez a polarizáció kéttípusú lehet: jobbra forgó és balra forgó, a spirál irányától függően.

Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy egyetlen fénysugárban két, egymástól független információt szállítsunk, amennyiben a két információt különböző irányú cirkuláris polarizációkba kódoljuk. A két sugár a levegőben egymást zavarás nélkül terjed, és csak a neki megfelelő polarizációval rendelkező vevő tudja dekódolni.

A 3D mozi éppen ezt a technológiát használja. A 3D filmeket úgy rögzítik és vetítik, hogy a különböző szempontokat különböző polarizációkban kódolják. A 3D szemüveg pedig úgy van beállítva, hogy az egyik szeme jobbra, a másik pedig balra forgó polarizációt engedjen át. Így a két szemünk különböző képeket lát, amiket az agyunk térbeli képpé alakít, ezáltal érezzük azt, hogy a mozivászonról kiemelkednek a tárgyak, vagy mélységbe látunk.

Folyadékkristály-kijelző (LCD) működési elve

Az LCD-kijelzők működése a folyadékkristályos anyagok sajátos tulajdonságain alapul. Ezek az anyagok rendelkeznek az általános szilárd és folyékony anyagok jellemzőivel, de bizonyos tulajdonságaikban mégis különböznek tőlük.



55. ábra A legegyszerűbb és legáltalánosabb, csavart nematikus kristályokat alkalmazó LCD kijelzők működési elve.

Egy folyadékkristályos kijelzőn (LCD - Liquid Crystal Display) egy egyszerű pixel a következő rétegekből áll, kívülről befelé haladva: polarizátor, üveglap, átlósan orientált, folyadékkristályos molekulákból álló réteg, további üveglap, elektródák és a másik polarizátor.

Polarizátorok

Ezek a rétegek a fény polarizációját szabályozzák. A két polarizátor úgy van beállítva, hogy merőlegesek egymásra. Azaz, ha a fény áthalad az egyikken, nem haladhat át a másikon, ha nincs közöttük olyan anyag, amely megváltoztatja a fény polarizációját.

Folyadékkristályos réteg

Ez a réteg tartalmazza a folyadékkristályos molekulákat, amelyek a fény polarizációját befolyásolják. A molekulák általában hosszúkásak és az elektronikus vezérlés nélkül egymásra merőlegesek, míg az elektronikus vezérléssel rendezhetőek. A molekulák helyzetétől függően a fény polarizációja megváltozik, amikor áthalad a rétegen.

Elektródák

Ezeket a fém rétegeket alkalmazzák a folyadékkristályos molekulák elektronikus vezérlésére. A feszültség alatt lévő elektródák befolyásolják a molekulák orientációját, ezáltal szabályozva a fény polarizációját.

A működés alapvetően a következő: ha nincs feszültség az elektródákon, a folyadékkristályos molekulák a polarizátorokra merőlegesen állnak, és a fény polarizációja a folyadékkristályos rétegen áthaladva megváltozik, ezáltal át tud haladni a másik polarizátoron is. Ekkor a pixel világos. Ha viszont feszültség van az elektródákon, a molekulák párhuzamosak lesznek a polarizátorokkal, a fény polarizációja nem változik meg, így nem tud áthaladni a második polarizátoron. Ekkor a pixel sötét.

Színes képek megjelenítéséhez minden pixel további alpixelekre oszlik, amelyek különböző színű (piros, zöld, kék) szűrőréteggel vannak ellátva. A színek megjelenítését az alpixelenkénti fényerőszabályzás biztosítja, amit a vezérlő elektronika vezérel.

Az LCD technológia előnye, hogy kevés energiát igényel, hosszú élettartamú és nagy felbontású képeket képes megjeleníteni. Hátránya, hogy szélesebb szögből nézve a képminőség romlik, és a fényerősség is csökken. Ezen kívül a fekete színt nem képes olyan mélyen megjeleníteni, mint például az OLED technológia.

A világos pixel működésének részletezése

A modern laptopok és telefonok többsége folyadékkristályos kijelzőt (LCD) használ, melyek általában aktív fényforrásokra támaszkodnak, mint például a halogén lámpák (CCFL technológia) vagy a diódák (LED technológia). Fontos megjegyezni, hogy a LED képernyők nagy része valójában LED háttérvilágítású LCD kijelző.

A háttérvilágítás fénye először egy polarizátoron, majd egy átlátszó elektródán halad át, mielőtt elérné a folyadékkristályokat tartalmazó cellát.

A cellán belül a kristályok rendezett sorrendben találhatók, irányuk a belépő oldalról a kilépő oldalig terjed, míg a kristály-orientáció a köztes térrészben folyamatosan csavarodik.

A fény polarizációja a cellába belépve párhuzamos a kristályok hossz tengelyével, majd a kristályok kettőtörése során, a cellán áthaladva a fény polarizációs síkja folyamatosan elfordul. Így, amikor a fénynyaláb eléri a merőleges polarizációjú előlapot, polarizációja pontosan 90° -ot fordul és áthalad rajta. Ekkor a pixel fényesnek tűnik.

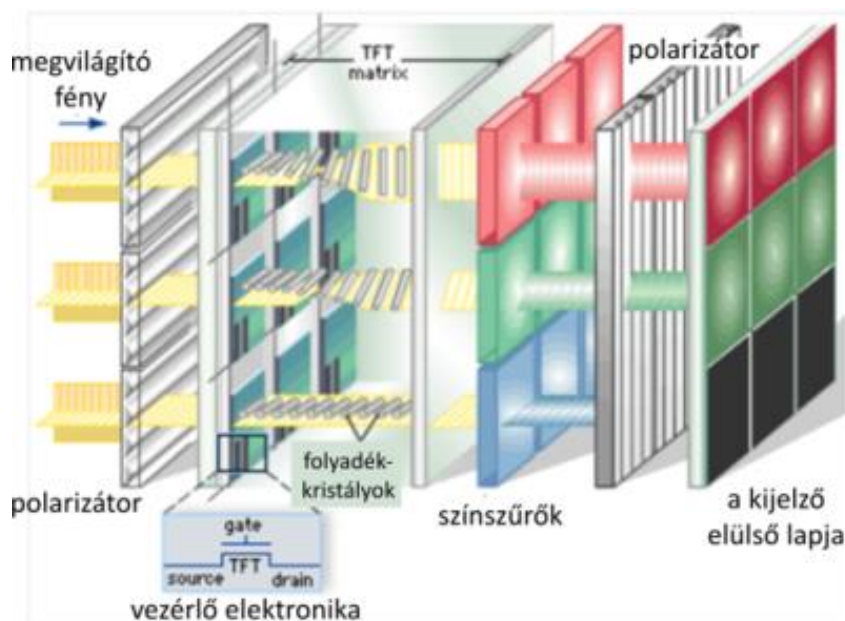
A sötét pixel működése

A fényáteresztő elektródákra feszültség van kapcsolva, amely létrehoz egy elektromos teret a folyadékkristály-molekulákat tartalmazó térrészben, ami párhuzamosan rendezi a molekulák hossz tengelyét a fény terjedési irányával.

Ilyenkor a polarizált fény, amely áthalad a kristályokon, a kristályok optikailag "homogén" tengelyét látja, így nem történik kettőtörés, a fény polarizációs iránya nem fordul el. A kilépő oldali polarizátor, amelynek tengelye merőleges, elnyeli az összes beeső intenzitást, így nincs áthaladó fény, és a pixel sötét marad.

A folyamat az elektromos tér ki- és bekapcsolásával szabályozható, tehát megfelelően kis elektródákkal a térrészeket függetlenül lehet fényesnek vagy sötétnek tenni, így bármilyen képet létre lehet hozni.

Színes kijelzők esetén a fentiekhez hasonló technológia használatos, azzal a különbséggel, hogy minden pixel három különálló területre van osztva, mindegyik előtt piros, kék vagy zöld színszűrővel. Az egyes területek fényáteresztő képességét a hozzájuk tartozó kristály-területek rendezettsége szabályozza, így különböző intenzitású fény halad át az egyes színszűrőkön. Ezek a területek azonban olyan közel vannak egymáshoz, hogy szabad szemmel nem különíthetők el, így a felhasználó egy összekevert színt lát.



56. ábra Csavart nematikus kristály-technológiát és TFT vezérlést alkalmazó színes LCD kijelzők általános működési elve. A fenti példában a három összetartozó pixel intenzív piros, kevésbé intenzív zöld és semennyi kék komponenst nem enged át

Lézer technológia

A lézertechnológia a 20. század második felében jött létre, amikor az első lézereket kifejlesztették. Azóta számos ipari, tudományos, orvosi és háztartási alkalmazásban találtak alkalmazást.

A lézer története és alapelve

A lézertechnológia története 1917-ben kezdődött, amikor Albert Einstein publikálta az „A kibocsátás és elnyelés kvantumelméletéről” című dolgozatát. Einstein ebben a munkájában vetítette előre a stimulált emisszió jelenségét, ami a lézertechnológia alapját képezi.

A lézer, aminek neve az angol "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" kifejezésből ered, először 1960-ban jött létre Theodore H. Maiman munkája révén, aki a Hughes Research Laboratories munkatársaként megalkotta az első működő lézert, egy rubin szilárdtest lézert. Ezt a lézert meglehetősen nagy energiájú villanófény gerjesztette, ami ahhoz vezetett, hogy a lézer impulzusszerűen, rövid, nagy intenzitású fényimpulzusokat bocsátott ki.

A lézer terminológia bevezetése

A lézer terminológiában számos olyan fogalom található, amit érdemes tisztázni. Az egyik legfontosabb a stimulált emisszió, ami egy kvantummechanikai jelenség. Ha egy atom, molekula vagy ion gerjesztett állapotban van, és arra egy meghatározott energiájú foton hat, akkor az kibocsát egy ugyanolyan energiájú foton, és visszatér alapállapotába. Ezek a fotonok ugyanabban az irányban terjednek, ugyanolyan fázisban vannak, vagyis koherensek, ami a lézerfény egyik alapvető tulajdonsága. A populáció inverzió az az állapot, amikor a rendszerben több a gerjesztett állapotban lévő részecske, mint az alapállapotban lévő. A lézer működésének egyik feltétele a populáció inverzió kialakítása.

A lézer működési elve

A lézer működésének alapja a három fő komponens: gerjesztés, populáció inverzió és stimulált emisszió. A lézerben található aktív közegben található atomokat, molekulákat vagy ionokat gerjesztik, azaz magasabb energiaszintre emelik. Ha ezekből a részecskékből több van gerjesztett állapotban, mint alapállapotban (ami a populáció inverzió), akkor stimulált emisszió következik be, és lézerfény keletkezik. A lézer fényét a lézerben lévő tükrrendszer irányítja, a fotonok pedig egy irányba, koherensen terjednek.

A lézerek különböző típusai

A lézereknek számos típusa van, amelyek különböző anyagokat és technikákat használnak.

Gázlézerek

A gázlézerek gázokat használnak aktív közegként, és a lézert a gáz áramoltatásával, vagy nagyfeszültségű áramimpulzusokkal gerjesztik. A gázlézerekben gázok, például hélium-neon (HeNe), szén-dioxid (CO₂), vagy argon használatosak az aktív közegként.

Hélium-neon (HeNe) lézer - A HeNe lézer a leggyakrabban használt gázlézer. Kiváló koherenciájú és stabil, ezért gyakran használják mérés-technikai alkalmazásokban. A HeNe lézer tipikusan a piros tartományban (632,8 nm) működik.

Szén-dioxid (CO₂) lézer - A CO₂ lézer az egyik leghatékonyabb lézertípus, és nagy teljesítményű (akár kilowattokban mérhető) lézersugár előállítására képes. Az infravörös tartományban (10,6 mikron) működik, ezért gyakran használják ipari alkalmazásokban, például vágásra és hegesztésre.

Félvezető lézerek

Félvezető lézerekben, a félvezető anyagot (általában gallium-arszenid vagy hasonló) használják az aktív közegként. A félvezető lézerek előnye, hogy kisméretűek, energiahatékonyak és közvetlenül elektromos árammal működtethetőek. A félvezetőben a negatív töltésű elektronok és a pozitív töltésű "lyukak" rekombinációja során keletkezik a lézerfény. A leggyakoribb félvezető lézerek a lézerdiódák.

Lézerdiódák - A legtöbb félvezető lézer valójában lézerdióda. Ezek közvetlenül elektromos árammal működnek, és sokféle hullámhosszon képesek fényt előállítani. Széles körben használják számos alkalmazásban, például optikai kommunikációban, lézernyomtatókban, szkennerekben, és a CD/DVD lejátszóknál.

Szilárdtest lézerek

Szilárdtest lézerekben egy szilárd anyagot (általában dúsított kristályt vagy üveget) használnak az aktív közegként, ami általában egy kristály, amit ritkaföldfém ionokkal "szennyeznek", hogy gerjeszthető szinteket hozzanak létre. A legismertebb szilárdtest lézer a rubinlézer és az Nd:YAG lézer.

Rubinlézer - A rubinlézer az első működő lézer volt. Az aktív közeg egy alumínium-oxid kristály (rubin), amelybe króm-ionokat "szennyeznek" be. Ez a lézertípus pulzáló működésre képes, és tipikusan a vörös tartományban (694,3 nm) működik.

Neodímium-dopolt YAG (Nd:YAG) lézer - A Nd:YAG lézer az egyik leggyakrabban használt szilárdtest lézer. Nagy teljesítményű és nagyon hatékony, infravörös tartományban működik (1064 nm), és gyakran használják ipari alkalmazásokban, például vágásra és hegesztésre.

Színanyag lézerek

A színanyag lézerekben egy szerves folyékony színanyagot használnak az aktív közegként, amit általában alkohol vagy más oldószer old fel. A színanyag lézerek hullámhossza széles tartományban változtatható. Ezek a lézerek általában széles hullámhossz-tartományban képesek működni, ami finomhangolható a színanyag összetételével. Gyakori alkalmazásuk a kutatás és a lézeres impulzusok előállítása.

Lézer technológia felhasználási területei

Kommunikáció

A lézerek alkalmazásának egyik legfontosabb területe a telekommunikáció, ahol a lézerdiódák segítségével, a fény segítségével információkat küldenek optikai kábelekben. Ezt az információt digitális jelek formájában küldik, amelyeket azután az adó végponton visszaalakítanak használható formába, például hanggá vagy képpé. A lézerek használata a kommunikációban alapvetően megváltoztatta az adatátviteli sebességet és mennyiséget. Az optikai szálakban lévő fény által továbbított adatok lehetővé teszik a nagy sebességű internetkapcsolatot és a hatalmas mennyiségű adat gyors átvitelét. A lézerek szerepe itt az, hogy nagyon gyorsan be- és kikapcsolhatók, így képesek adatokat (0-ások és 1-esek) továbbítani nagyon nagy sebességgel. Ez az alapja a modern optikai hálózatoknak és a széles sávú kommunikációnak.

Ipari alkalmazások

A lézerek számos ipari alkalmazást tesznek lehetővé, köztük vágást, forrasztást, hegesztést, fúrást, jelölést, és 3D nyomtatást. Az ipari lézerek nagy pontossággal és sebességgel képesek dolgozni, ami csökkenti a termelési időt és javítja a termékek minőségét.

Lézerjelölés - A lézerek képesek nagyon pontosan és gyorsan jeleket készíteni számos anyagon. A lézerjelölő gépek széles körben használják a gyártásban az alkatrészek azonosítására, a műszaki információk rögzítésére vagy a logók és minták felvitele érdekében.

Gravírozás - A gravírozási folyamat során a lézersugár hatására az anyag elpárolog vagy megég. Ennek elérése érdekében a lézernak bizonyos erősségi küszöböt kell meghaladnia. Ez a küszöb jellemzően magas vezetőképességű anyagoknál, mint például a fémeknél, míg alacsonyabb azoknál az anyagoknál, amelyek jól abszorbálják a lézert, nem vezetők és sötétek, mint például bizonyos fajta fák. A gravírozás során általában kúp alakú mélyedések keletkeznek, amelyeket a lézer alakja és az anyag hővezető képessége határoz meg. A gravírozás a leggyakrabban alkalmazott lézeres anyagkezelési módszer.

Olvasztás/lágyítás - Kontrasztos jelöléseket lehet létrehozni fém felületeken az olvasztási folyamat segítségével. A lézersugár pillanatok alatt felmelegíti a fémet, ami strukturális változásokat eredményez. A színes hatást a hőmérséklet csúcspontja, a fém fajtája és a lézer beállításai befolyásolják. Ennek a módszernek az az előnye, hogy képes kontrasztos jelölést készíteni a fém felületén anélkül, hogy azt károsítaná.

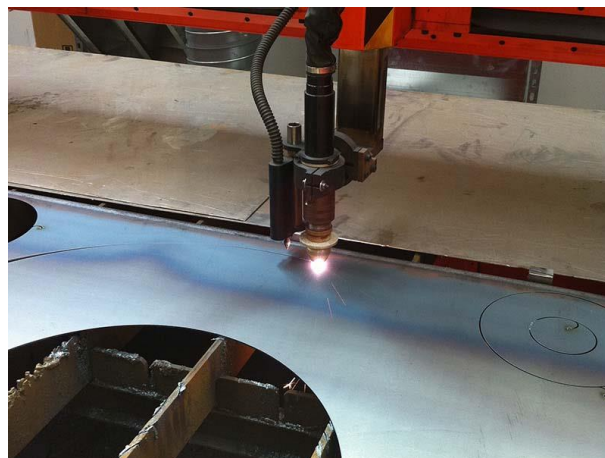
Égetés - Megfelelő intenzitású lézerrel a felfelületek szénre égethetők. Jellemzően a cél a barnítás, vagy a kontraszt kialakítása, amit a lézerek fejlett vezérlése pontosan szabályoz. A fémek jelölésénél egy hatékony módszer a speciális lézer paszta felvitelének és a lézersugár segítségével történő ráégetésének technikája. A bevonat lézerrel nem égetett részét a fém felületről el lehet távolítani.

Domborítás - Néha a domborítás a legjobb technika a jelölésre. Műanyagokon alkalmazható, és könnyen észrevehető, mivel a lézer által kezelt felület enyhén kiemelkedik a síkból. A lézer

hatására kigázoló műanyagban lévő buborékok a hűlés során a felülethez tapadnak, ezáltal jön létre a kidomborodó felület.

Elszíneződés vagy fehérités - Ez a technika kizárólag műanyagokon használható, és a lézer hullámhossza meghatározza az eredményt. Többnyire Nd:YAG lézerekkel érhető el (természetesen itt is vannak kivételek.) A technika alkalmazása során a lézerhullámok behatolnak az anyag felületén, és a színpigmentekben nyelődnek el. Ezután a pigmentek kémiai változáson mennek keresztül, ami színváltozást okoz. Mivel a változások az anyag belső részén történnek, a felület nem sérül. A színváltozás mértéke a pigmentek és az anyag, valamint a lézer típusa, hullámhossza, és erőssége által hozott eredmények kombinációja.

Vágás, hegesztés, perforálás, riccelés - A nagy energiájú lézerek képesek a legkeményebb anyagokat is vágásra vagy összehegesztésre. A lézer által kibocsátott energiafókuszálása lehetővé teszi a nagy pontosságú vágást és hegesztést, minimális hőterheléssel a környező anyagra nézve. Ez a precizitás és az anyagokkal való hatékony interakció teszi a lézert ideálissá az ipari alkalmazások széles skálájához, beleértve az autógyártást, az elektronikai gyártást és az építőipart. A lézeres vágás egy alapvető ipari alkalmazás. A perforálás lényegében gyakori szünetekkel történő vágás, azaz egy meghatározott vonalon ismétlődő lyukak kialakítása. A riccelés során egy kétrétegű anyagnak csak a felső rétegét vágják át, az alsót megőrizve (például öntapadó etikett címkénél). A vágáshoz jellemzően magas lézereenergia (erő) szükséges. Az anyag vezető tulajdonságának növekedésével, valamint a vágandó lemez vastagságának növekedésével egyre erősebb lézer szükséges. A legtöbb vágás során szükség van védő és/vagy segédgáz használatára. Ezek a különböző nyomáson befűjt gázok növelik a lézer hatékonyságát, javítják a vágás minőségét, és védelmet nyújtanak az optikai rendszernek a fröcskölő olvadéktól. Oxigén segíti a vágást, míg nitrogén vagy CO₂ gátolja az égést. A vágási rés mérete a lézersugár átmérőjétől, alakjától és a használt lencsék fókusztávolságától függ. A lézersugár szélessége és a lencse fókusztávolsága arányában kisebb lézerfolt érhető el a fókuszpontban, viszont a lézersugár ereje rövidebb távolságban marad meg a fókuszpont alatt és felett. Ezekkel a nagy felbontású lencsékkel aprólékos és részletgazdag gravírozások, valamint kis anyagvesztéssel járó vágások hajthatók végre (például 1,5" - 3,81 cm fókusztávolságú lencsével). A lencse fókusztávolságának megnövelésével a lézer ereje hosszabb távolságban is megmaradhat a fókuszponttól, ami megkönnyíti a vastag anyagok átvágását (például 2,5" - 6,35 cm vagy 5,0" - 12,7 cm fókusztávolságú lencsével). Ugyanakkor, a foltátmérő és így a vágási rés is nő, ami növeli a vágás során elpárolgó, elolvadó és hamuvá váló anyag sávjának szélességét. Minden távolság és szélesség milliméter tört- vagy többszöröse között változik a lencsék típusa szerint.



57. ábra Ipari vágás lézerrel

Orvostudomány

Az orvosi lézereknek számos alkalmazása van, köztük sebészet, bőrgyógyászat, szemészet, és onkológia. Az orvosi lézerek lehetővé teszik a minimálisan invazív eljárásokat, amelyek csökkentik a betegek gyógyulási idejét és a szövődmények kockázatát.

Sebészet - A lézerek képesek kis területeken nagy mennyiségű energiát összpontosítani, ami lehetővé teszi a sebész számára, hogy precízen elvégezze a műveletet minimális károsodással a környező szövetekben. Ez nagyon hasznos a szemsebészetben (például a látásjavító lézeres műtéteknél), az onkológiában (rákos sejtek precíz eltávolítása), valamint a bőrgyógyászatban (pl. tetoválások eltávolítása, bőrelváltozások kezelése).

Fotodinamikus terápia (PDT) - A PDT egy speciális kezelési forma, amelyet elsősorban a rák kezelésére használnak. A kezelés során a beteg egy fotoérzékeny gyógyszert kap, amelyet azután egy lézersugár aktivál. A lézersugár hatására a gyógyszer aktiválódik és oxigén szabadul fel, ami károsítja a rákos sejteket.

Méréstechnika és analitika

A lézerek pontos és pontos méréseket tesznek lehetővé számos alkalmazásban, köztük távolságmérés, sebességmérés, hőmérsékletmérés, és részecskeméret-mérés. Ezen kívül a lézerek fontos szerepet játszanak az anyagvizsgálatban, ahol a lézeres spektroszkópia segítségével az anyagok összetételét és tulajdonságait lehet vizsgálni.

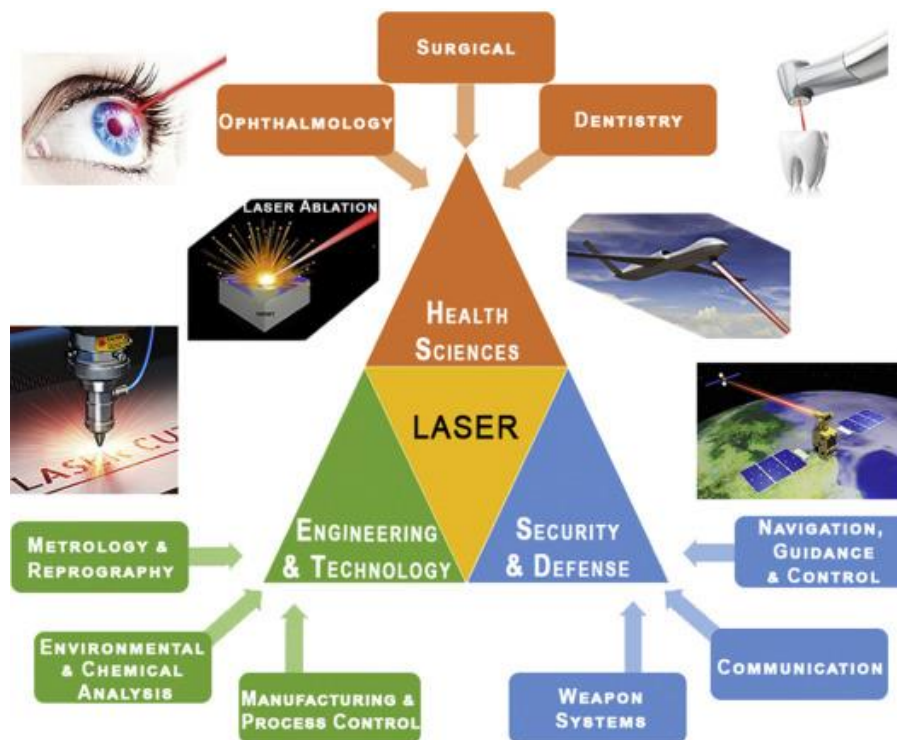
Lézeres interferometria - A lézeres interferometria egy olyan módszer, amely a lézerfény interferenciájának elvét használja a nagyon kismértékű változások mérésére, például a tárgy pozíciójában vagy hőmérsékletében. Az űrkutatásban és az építőiparban alkalmazzák, hogy mérjék a szerkezetek deformációját és rezgéseit.

Raman-spektroszkópia - A Raman-spektroszkópia a lézerfényt használja az anyagok molekuláris szerkezetének és összetételének vizsgálatához. A módszer a lézerfény és az anyag közötti kölcsönhatáson alapul, amely a fény hullámhosszának megváltozását okozza.

Kutatás és fejlesztés

A lézerek fontos szerepet játszanak a kutatásban és fejlesztésben. Ezt számos területen használják, beleértve a kvantumfizikát, a biotechnológiát, a kémiai szintézist, és a mikroszkópiát. A lézerek segítségével a tudósok tanulmányozhatják az anyagokat és a folyamatokat az atomi és molekuláris szinten, ami új ismeretekhez és technológiákhoz vezet. A lézerek számos tudományos és mérnöki területen fontos eszközök. A kvantumoptika, a biofizika, az anyagtudomány, és a kémiában a lézerek lehetővé teszik a nagyon gyors és nagyon kis léptékű folyamatok vizsgálatát. Az optikai csapdáknál a lézerekkel apró részecskéket manipulálhatunk és tanulmányozhatunk, kvantumállapotokat hozhatunk létre és mérhetünk, valamint új anyagokat hozhatunk létre lézeres szintézissel.

A fentiekén kívül a lézereknek számos egyéb alkalmazása is van, például a lézeres szórakoztató technológiákban (például lézer show-kban), a haditechnikában (például lézeres irányzékokban és fegyverekben), és az optikai adattárolásban (például CD-kben és DVD-kben).



58. ábra Lézer technológia felhasználási területei

Lézer technológia jövőbeli irányai

A lézertechnológia jövőjének lehetséges irányai számos területen nagyon izgalmasak. Ahogy a technológia fejlődik, új alkalmazások jelennek meg, és a meglévő alkalmazások is tovább fejlődnek. Továbbiakban nézzünk néhány lehetséges jövőbeli irányt:

Kvantumkommunikáció - A lézerek kulcsszerepet játszhatnak a kvantumkommunikáció fejlesztésében, amely lehetővé teszi az információ biztonságos és gyors átvitelét. A kvantumállapotok használata a kommunikációban jelentősen növelheti az adatátviteli sebességet és a biztonságot, mivel a kvantuminformációt nem lehet másolni vagy manipulálni anélkül, hogy ez észrevehető lenne.

Fotonikus integrált áramkörök - A lézerek használata a fotonikában, azaz az elektronikus áramkörök fényalapú megfelelőiben, jelentős hatással lehet a jövő technológiáira. A fotonika lehetővé teszi az adatok ultragyors és nagy kapacitású átvitelét, ami kiemelkedően fontos a nagy teljesítményű számítógépekben és a szerverközpontokban.

Orvosi alkalmazások fejlesztése - Az orvosi lézeralkalmazások további fejlesztése, mint például a lézeres mikrosebészet és a lézeres terápiák, segíthetnek a betegségek jobb diagnosztizálásában és kezelésében. A lézerek segítségével lehetőség van a minimálisan invazív beavatkozásokra, melyek csökkenthetik a betegek gyógyulási idejét és a szövődmények kockázatát.

Energiatermelés és átvitel - A lézerek segíthetnek új, hatékonyabb módokat kifejleszteni az energia előállítására és átvitelére. Például, a lézerindukált termonukleáris fúzió egy ígéretes kutatási terület, amely megoldást jelenthet a tiszta és fenntartható energia jövőbeli igényeire.

Részecskegyorsítók - A lézerek használata a részecskegyorsítókban nagyban csökkentheti a gyorsítók méretét és költségét. A lézerek képesek nagy energiát átadni a részecskének, ami lehetővé teszi az atomok belső szerkezetének tanulmányozását és új fizikai jelenségek felfedezését.

A lézerek továbbra is fontos szerepet játszanak a tudomány és a technológia fejlődésében. Az új alkalmazások kifejlesztése és a meglévő alkalmazások továbbfejlesztése továbbra is izgalmas és innovatív kutatási területek maradnak.

Plazma technológia

A plazmatechnológia egy rendkívül fontos és összetett terület, amely számos iparágban talál alkalmazást. A plazmatechnológia egy olyan tudományág, amely a plazma – a negyedik halmazállapot – tulajdonságait, előállítását és alkalmazásait tanulmányozza. A plazma gyakran ionizált gázként van jellemezve, mivel ionokból és szabad elektronokból áll, ami azt jelenti, hogy vezetik az elektromos áramot és reagálnak a mágneses mezőkre. Ez az ionizációs folyamat olyan energiát igényel, mint a hő, a fény vagy az elektromos áram, ami a plazmát rendkívül energiagazdaggá és reaktívvá teszi.

A plazmatechnológia a 20. század közepén kezdett el fejlődni, és mára számos iparágban létfontosságúvá vált. A modern félvezetőipar például nem létezne a plazma alapú gravírozási technológiák nélkül, amelyeket a mikro- és nanotechnológiai eszközök gyártásához használnak. A plazmát felületi kezelésekhez is használják, hogy javítsák az anyagok tulajdonságait, mint például a festhetőséget, a ragaszthatóságot és a nyomtathatóságot.

A plazmatechnológia továbbá fontos szerepet játszik a környezetvédelmi technológiákban is. A plazma alapú technológiák lehetővé teszik a szennyezett levegő és víz tisztítását, valamint a veszélyes hulladékok kezelését. A plazmafizika alapvetően fontos az űrkutatásban is, mivel az űr nagy része plazma állapotban van.

A jövőben a plazmatechnológia várhatóan még nagyobb szerepet fog játszani a fenntartható energiatermelésben és az anyagtudományban, ahogy a kutatók folyamatosan dolgoznak az új plazma alapú technológiák fejlesztésén és a meglévő technológiák továbbfejlesztésén.

A plazma fogalma

A plazma, amely a negyedik halmazállapot, rendkívül fontos eleme az anyagnak. A plazma tulajdonságainak és viselkedésének megértése alapvető fontosságú a plazmatechnológia szempontjából.

A plazma a szilárd, folyékony és gázhalmazállapotok után jön, és az anyag leggyakrabban előforduló állapota az univerzumban. A plazma különlegessége abban rejlik, hogy az anyag ezen állapotában az atomok olyan mértékben energizálódnak, hogy elektronjaik elszakadnak a magtól, így egy szabadon mozgó ionokból és elektronokból álló közeget hozva létre. Ezt a folyamatot hívjuk ionizációnak.

Az ionizáció folyamata két alapvető részből áll. Először az atomokat, molekulákat vagy más részecskéket annyi energiával kell ellátni (például elektromos kisüléssel, hővel vagy fényenergiával), hogy az elektronjaik elszakadjanak a maguktól. Amint az elektronok szabadon mozognak, pozitív töltésű ionokká válnak.

A plazma képes vezetni az elektromos áramot, mivel az ionok és elektronok mozgása lehetővé teszi az elektromos töltések átvitelét. Ezenkívül a plazma képes reagálni a mágneses mezőkre, ami számos alkalmazást tesz lehetővé.

Plazma tulajdonságai

A plazma tulajdonságai jelentős mértékben függenek az ionok és elektronok koncentrációjától, valamint a rendszer hőmérsékletétől és nyomásától. A plazma magas hőmérsékletei a millió

Celsius-fokot is elérhetik, míg a plazma sűrűsége a szinte teljes vákuumtól a több milliárd részecske/köbcéntiméterig terjedhet. A plazma fizikai tulajdonságai is változhatnak, a folyékony vagy gáznemű állapottól a szilárd anyaghoz hasonló viselkedésig.

A plazma természetes formában is előfordul az univerzumban, például a csillagokban, az űrben található intergalaktikus felhőkben és a sarki fényben. Mesterséges plazmát hoznak létre a Földön különböző technológiai alkalmazásokhoz, például plazma TV-kben, neonfényekben és plazmavágó berendezésekben.

A plazma tehát rendkívül energiagazdag és reaktív anyag, amely számtalan technológiai alkalmazást tesz lehetővé a plazmatechnológia területén.

Plazma előállítása

A plazma előállítása, vagy ionizáció, a halmazállapot-változás egy speciális fajtája, mely során gázokat vagy más anyagokat annyi energiával látunk el, hogy azok atomjai vagy molekulái elveszítik elektronjaikat és ionokká, valamint szabad elektronokká alakulnak.

A plazma előállítására használt technikák nagyban függenek az adott alkalmazástól. A következő négy fő módszerrel hozhatunk létre plazmát:

Elektromos kisüléssel plazma

Az elektromos kisülés egyik legegyszerűbb és leggyakrabban használt módszere a plazma előállítására. Ezt a technikát gyakran használják olyan alkalmazásokban, mint a plazmavágás és plazmabevonatok. Az elektromos kisülés során az anyagot nagyfeszültségű elektromos áramnak teszik ki. Az erős elektromos tér kiűti elektronokat a gáz molekuláiból, melyek nagy sebességgel mozognak és ütközéseik során további elektronokat szabadítanak fel. Ennek eredményeként az anyag ionizálódik, és plazmává válik.

Rádiófrekvenciás (RF) plazma

A rádiófrekvenciás (RF) plazma előállítása során az anyagot nagyfrekvenciájú elektromágneses mezőnek teszik ki. Az RF mező felgyorsítja az elektronokat, amelyek energiát nyernek, majd ütközéseik során további elektronokat szabadítanak fel, ami ionizált plazmát eredményez. Az RF-plazmát gyakran alkalmazzák a félvezetőiparban, ahol mikroszkopikus méretű módosításokat hajtanak végre az anyagokon. Ez lehetővé teszi a különféle alkatrészek precíziós gyártását, beleértve az integrált áramköröket is.

Lézerionizáció

A lézerek segítségével is létrehozható plazma. A lézeres plazma előállítása során az anyagot rövid, nagy intenzitású lézerimpulzusokkal bombázzák, ami ionizált plazmát hoz létre. Ez a technika lehetővé teszi a plazma rendkívül precíz irányítását, ami fontos lehet a kutatási és fejlesztési alkalmazások szempontjából, mint például a lézerindukált plazma-spektroszkópia vagy a lézeres plazma-interakciók kutatása.

Termikus plazma

A termikus plazma előállítása magas hőmérsékletű források, például ívhegesztők vagy plazmafáklyák segítségével történik, amelyek gázokat ionizálnak nagy hőmérsékleten. A termikus plazma nagy hőmérséklete és energiaintenzitása miatt gyakran használják olyan alkalmazásokban, ahol nagy mennyiségű hőt és energiát kell átvinni, például az anyagok olvasztásában vagy a hulladékkezelésben.

Ezek a módszerek különböző típusú plazmák előállítását teszik lehetővé, és a konkrét alkalmazások igényeinek megfelelően lehet őket optimalizálni. Ez lehetővé teszi a

plazmatechnológia széles körű alkalmazását a gyártásban, az anyagtudományban, az energetikában és a környezetvédelemben.

Gyártásban - A plazma számos gyártási folyamatban alkalmazható. A plazmavágás például nagy hőmérsékletű plazmát használ a fémek vágásához. A plazma hője megolvasztja a fémet, míg a nagy sebességű gáz eltávolítja az olvadt fémet a vágás helyéről. A plazmahegesztés hasonló elven működik, de itt a plazma az anyagok összeolvasztására és összekötésére használatos. Az elektronika gyártásában a plazmát gyakran használják félvezetők és integrált áramkörök előállítására. A plazma lehetővé teszi a vékony rétegek precíz felvitelét és eltávolítását, ami esszenciális az elektronikai eszközök gyártásánál.



59. ábra Plazma technológia ipari felhasználása

Anyagtudományban - A plazmatechnológia az anyagtudomány számos területén alkalmazható. Az anyagok plazmafelület-kezelése elősegítheti az anyagoknak a ragasztáshoz, a festéshez és más folyamatokhoz való alkalmazkodását. A plazma ionos állapota lehetővé teszi az anyagok felületi tulajdonságainak módosítását anélkül, hogy megváltoztatná azok belső tulajdonságait. A plazma segíthet növelni az anyagok keménységét, kopásállóságát, hőállóságát és korrózióállóságát.

Energetikában - A plazma energetikai alkalmazásai között a legismertebb a nukleáris fúzió. A fúzióban a plazma magas hőmérsékletét és nyomását használják fel, hogy összeolvasztanak két könnyű atomot, és így nagy mennyiségű energiát szabadítsanak fel. Ezenkívül a plazma használható olyan nagy intenzitású fényforrások létrehozására is, mint amilyenek a nagy teljesítményű lézerek és fényoszlopok.

Környezetvédelemben - A plazma szerepet játszhat a szennyeződések kezelésében is. A plazma képes lebontani a szennyező anyagokat és megsemmisíteni a veszélyes hulladékokat. A plazma használatos az ipari kibocsátások kezelésében, ahol a plazma képes lebontani a kibocsátásokban lévő szennyező anyagokat, beleértve a nitrogénoxidokat és a kén-dioxidot. A plazmás hulladékkezelés használható a veszélyes hulladékok, mint például a mérgező vegyi anyagok és a radioaktív hulladékok megsemmisítésére. Az olajiparban a plazmát használják a nehéz hidrokarbonok lebontására és a kisebb molekulákra bontására, amelyek könnyebben hasznosíthatók.

A plazma tulajdonságainak köszönhetően számos további területen alkalmazzák még:

Nukleáris fúzió - A plazma alkalmazása a nukleáris fúzióban a jövő energiaellátásának egyik legígéretesebb formája. A fúziós reaktorokban a hidrogén izotópok, a deutérium és a trícium magjait olyan hőmérsékleten és nyomáson tartják, amelyen a plazma állapotba lép. A magok összeolvadnak, és héliumot, neutronokat és hatalmas mennyiségű energiát hoznak létre.

Plazmafizika - A plazmafizikusok a plazma tulajdonságait és viselkedését vizsgálják a laboratóriumban és a természetben, hogy megértsék a plazmában lejárló folyamatokat, mint például a hullámok és az instabilitások. A plazmafizika segít megérteni és irányítani a plazmát, ami fontos a plazma alkalmazásának számos területén, például a fúziós energiatermelésben és az űrplazma-fizikában.

Plazma televíziók - A plazma televíziók kijelzője apró plazmacellákból áll, amelyek UV fényel gerjesztik a foszforokat, hogy képet hozzanak létre. Ez lehetővé teszi a kijelző számára, hogy széles színtartományt és mélyfekete árnyalatokat jelenítsen meg, ami nagy kontrasztarányt és élethű képet eredményez.

Orvostudomány - A plazma sebgyógyulást elősegítő tulajdonságai miatt a plazmasebkezelés egyre gyakoribbá válik. A plazma segíthet megölni a baktériumokat a sebben, csökkentve ezzel a fertőzés kockázatát, és elősegítve a sebek gyorsabb gyógyulását. A plazmaferézis során a beteg véréből eltávolítják a plazmát, hogy eltávolítsák a káros anyagokat, mint például az autoantitesteket vagy a túlzottan magas lipidszintet, majd helyettesítik friss vagy donor plazmával.

Lézer és fényszórók - A plazma magas fénykibocsátó képessége miatt használják nagy teljesítményű lézerekben és fényszórókban. A plazma nagy intenzitású és színhű fényt képes előállítani, amely ideális ezekhez az alkalmazásokhoz.

Asztrofizika - Az asztrofizikusok tanulmányozzák a plazmát a világegyetem legnagyobb struktúráinak - csillagok, galaxisok, galaxishalmazok - megértése érdekében, mivel a plazma az univerzum domináns halmazállapota. Az asztrofizikai plazmafizika segít megérteni a csillagokban és a galaxisokban lejárló folyamatokat, például a csillagokban lejárló fúziós folyamatokat és a galaxisok közötti anyag viselkedését.

Kihívások és jövőbeni kilátások a plazma technológia területén

A plazmatechnológia jövőjében sok izgalmas fejlődés és áttörés várható a számos különböző alkalmazási területen. Íme néhány lehetőség, amit a közeljövőben láthatunk:

Nukleáris fúzióban - A nukleáris fúziós technológia az egyik legígéretesebb terület a plazmatechnológia jövőjében. A fúziós reaktorok, mint az ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), képesek lehetnek nagy mennyiségű, szén-dioxid-mentes energiát előállítani a plazmában lévő hidrogén izotópok fúziójával. A fúziós technológia fejlesztése nagymértékben hozzájárulhat az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez és az energiaellátás biztonságához a jövőben.

Ipari alkalmazásokban - A plazmatechnológia továbbra is fontos szerepet játszik majd az ipari alkalmazásokban. A plazmavágás, a plazmahegesztés és a plazmafelület-kezelés további fejlesztésre kerülhet, hogy javítsa a gyártási folyamatok hatékonyságát és minőségét. Ezenkívül új alkalmazások is kialakulhatnak, például a plazma használata az anyagok nanostruktúrájának módosítására vagy az új anyagok, mint például a grafén előállítására.

Orvostudomány - A plazma orvosi alkalmazásai is fejlődhetnek a jövőben. A plazma sebkezelés és a plazmaferézis mellett a plazma használata kiterjedhet a rákkezelésre, a fertőzések kezelésére és a sejtbiológiai kutatásokra is. A plazma képes a DNS károsítására, ami lehetővé teszi a rákos sejtek célzott kezelését. A plazma használata a fertőzések kezelésében is ígéretes lehet, mivel a plazma képes elpusztítani a baktériumokat és a vírusokat.

Környezetvédelemben - A plazma szerepe a környezetvédelemben is növekedhet a jövőben. A plazma képes lebontani a szennyező anyagokat és a veszélyes hulladékokat, ami fontos lehet a légszennyezés és a hulladékkezelés területén. A plazma használata a víztisztításban és a talajszennyeződés kezelésében is ígéretes lehet.

Tudományos kutatásban - A plazma szerepe a tudományos kutatásban továbbra is fontos marad. A plazmafizika, az asztrofizika, a kémia és az anyagtudomány kutatásaiban a plazma segíthet jobban megérteni az univerzum működését és új anyagokat és technológiákat fejleszteni.

Nanotechnológia

Bevezetés a nanotechnológiába

A nanotechnológia az anyagok és szerkezetek manipulálásával foglalkozik, hogy kihasználja a nanoméret (1-100 nanométer) sajátos tulajdonságait és viselkedését. Ez a tudományág lehetővé teszi számunkra, hogy atomi és molekuláris szinten tervezzünk, építsünk és irányítsunk anyagokat és szerkezeteket, amelyek új jellemzőkkel és funkcionalitással rendelkeznek.

A nanotechnológia forradalmi hatást gyakorolhat a különböző területekre, például az elektronikára, az egészségügyre, az energetikára és a környezetvédelemre. Az anyagok nanoméretűvé történő lecsökkentése jelentős változásokat eredményez tulajdonságaikban, amelyek különböznek a nagyobb méretű anyagoktól. A nanoméretű részecskék és szerkezetek rendelkezhetnek különleges fizikai, kémiai és optikai tulajdonságokkal, amelyek lehetővé teszik az anyagok egyedi viselkedését.

Az egyik legfontosabb tulajdonság a nagyobb felület-hozam arány, ami azt jelenti, hogy egy adott tömegű anyag nagyobb felülettel rendelkezik, mint a nagyobb méretű társa. Ez jelentős hatással van a kémiai reakciókra és kölcsönhatásokra, amelyek lehetővé teszik a hatékonyabb katalízist, érzékelést és reakciósebességet. Emellett a nanoméretű anyagok mérete közelíti a fény hullámhosszához, ami lehetővé teszi a fotokatalitikus és optikai jelenségek kiaknázását.

A nanotechnológiai anyagok és szerkezetek sokféle módon előállíthatók. A gyártási módszerek közé tartozik a szintézis, a növekedés és az összeszerelés technikája. Az anyagokat nanoméretű részecskékké vagy szerkezetekké alakíthatják, amelyeket aztán különböző felületkezelésekkel, bevonatokkal és manipulációkkal tovább finomíthatnak.

A nanotechnológia jelentős alkalmazásokat talál az elektronika, az egészségügy, az energetika, az anyagipar, a környezetvédelem és más területeken. Az elektronika területén a nanotechnológia lehetővé teszi a kisebb és hatékonyabb elektronikai eszközök kifejlesztését, mint például a nanoelektronikai áramkörök és a nanotranszisztorok. Az egészségügyben a nanotechnológia hozzájárulhat az új gyógyszerhordozó rendszerek, a célzott terápiák és a diagnosztikai eszközök fejlesztéséhez. Az energetika területén a nanoméretű anyagok felhasználása lehetővé teszi a hatékonyabb energiafelhasználást és a megújuló energiaforrások kifejlesztését. A környezetvédelem területén a nanotechnológia segítségével hatékonyabb víztisztítási eljárásokat, környezeti monitoringot és szennyezőanyagok érzékelését lehet megvalósítani.

Azonban a nanotechnológia alkalmazása nem mentes a kihívásoktól és aggodalmaktól. Az anyagok biztonsága és környezeti hatásai, valamint az etikai és társadalmi kérdések fontos szempontok. Fontos, hogy a nanotechnológiai fejlesztések során gondosan értékeljük az anyagok potenciális kockázatait és a megfelelő biztonsági intézkedéseket tegyük meg.

Továbbiakban mélyebben meg fogunk ismerkedni a nanotechnológia részleteivel, a különböző nanoméretű anyagokkal, a gyártási módszerekkel, valamint a nanotechnológiai alkalmazásokkal és kihívásokkal.

Nanoméret és tulajdonságok

A nanoméret a méretskála, amely a mikroszkopikus és a makroszkopikus tartomány között helyezkedik el, és 1-100 nanométer tartományba esik. Az anyagok és szerkezetek ezen méretskálájában jelentős változások következnek be tulajdonságaikban, ami gyökeresen eltér a nagyobb méretű társaiktól. Ez a méretskála azonban még mindig sokkal nagyobb, mint a nanoskálájú részecskék vagy molekulák szintje, amelyek még kisebbek, mint 1 nanométer.

A nanoméretű anyagok és szerkezetek sajátos tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek különböznek a nagyobb méretű anyagokétól. Ezek a tulajdonságok sokféle tényezőtől eredhetnek, beleértve a felületi hatásokat, a kvantumhatásokat és a kémiai kölcsönhatások jelentőségének változását a nanoméretben. A nanoméretű anyagok és szerkezetek más tulajdonságokat mutatnak, mint a nagyobb méretű társaik, amelyek lehetővé teszik az anyagok és eszközök egyedi tulajdonságait és funkcióit. A nanotechnológia kihasználja ezeket a tulajdonságokat, hogy forradalmi változásokat hozzon az iparban, az egészségügyben, az energetikában és más területeken.

Felületi hatások - A nanoméretű anyagok felületi területe jelentősen megnő a tömeghez képest. Ez a nagyobb felület-hozam arány nagy hatást gyakorol az anyagok tulajdonságaira. A nagyobb felület több lehetőséget nyújt a kölcsönhatásokhoz és a reakciókhoz más anyagokkal vagy a környezettel. Például a nanoméretű részecskék katalitikus tulajdonságai megnövekedhetnek a nagyobb reakciófelület miatt, így hatékonyabb reakciókat végezhetnek.

Kvantumhatások - A nanoméretű anyagoknál a kvantummechanika jelenségei kezdenek fontos szerepet játszani. A kvantummechanika olyan fizikai elmélet, amely leírja az anyag részecskéit és a kölcsönhatásukat. A nanoméretben a kvantumhatások, mint például a kvantumtunneleffektus vagy a kvantummechanikai túlhíresítés, kiemelkedő jelentőséggel bírnak. Ezek a hatások befolyásolják az elektronok viselkedését és a fotonok kölcsönhatását az anyaggal, ami új optikai és elektronikai tulajdonságokat eredményez. A kvantumtunneleffektus egy jelenség, amely azt mutatja, hogy a részecskék (például elektronok vagy atomok) képesek áthatolni egy potenciális energiagáton, még akkor is, ha a klasszikus fizika szerint túl magas az energia vagy a részecskének túl alacsony az energiája ahhoz, hogy átjusson. A kvantumtunneleffektus fontos szerepet játszik a nanotechnológiában, mivel a nanoméretű részecskék számára a kvantummechanikai hatások dominálnak. Az egyik gyakori alkalmazása az elektronok tunnelezése a kvantumpontokban, amelyek nanoskálán alakulnak ki és lehetővé teszik az elektronikai eszközök működését, például a tranzistorokban. A kvantummechanikai túlhíresítés egy jelenség, amely akkor következik be, amikor a kvantummechanikai rendszer túlzott mértékben reagál egy kis külső ingere. Ez azt jelenti, hogy egy kis energia- vagy ingerszint változás jelentős változást eredményez a rendszerben. A kvantummechanikai túlhíresítés például akkor fordulhat elő, amikor egy kis mennyiségű elektromos vagy optikai energia bejut egy rendszerbe, és jelentősen megnöveli a rendszer válaszát. Ez a jelenség például a kvantummechanikai erősítőkből, lézerrendszerekből és az optikai adatkommunikációban játszik fontos szerepet.

Kémiai kölcsönhatások - A nanoméretű anyagok esetében a kémiai kölcsönhatások fontos szerepet játszanak a tulajdonságok kialakulásában. A nagyobb felület-hozam arány miatt a nanoméretű anyagok képesek intenzívebb kémiai kölcsönhatásokra más anyagokkal vagy a környezettel. Ez lehetővé teszi a hatékonyabb adszorpciót, reakciókat és anyagtranszformációkat. A nanoméretű katalizátorok például nagy hatékonysággal katalizálhatnak kémiai reakciókat a nagy felületük és a kémiai kölcsönhatások erősítése miatt.

Ezen tulajdonságok kombinációja a nanoméretű anyagokban és szerkezetekben egyedülálló és izgalmas lehetőségeket teremt. A nanotechnológia kihasználja ezeket a tulajdonságokat, hogy új anyagokat, szerkezeteket és eszközöket hozzon létre, amelyek kiemelkedő tulajdonságokkal

és funkciókkal rendelkeznek. Például a nanoméretű részecskék vagy nanorészecskék felhasználhatók hatékonyabb gyógyszerhordozó rendszerekben, az elektronikai eszközök kisebb méretűvé tehetők a nagyobb teljesítmény érdekében, és a nanoszerkezetek általánosan alkalmazhatóak a katalízis és a szenzor technológiában.

Nanotechnológiai anyagok és szerkezetek

A nanotechnológia az anyagok és szerkezetek manipulálásával foglalkozik, hogy kihasználja a nanoméret speciális tulajdonságait. A nanotechnológia lehetővé teszi az anyagok létrehozását, amelyek nanoméretűek és egyedi tulajdonságokkal rendelkeznek. Példák ilyen anyagokra a nanorészecskék, nanocsövek, nanolemezek és nanokompozitok. Az ilyen nanoméretű anyagok különböző módon előállíthatók és manipulálhatók, beleértve a szintézist, a növekedést és az összeszerelést.

A nanotechnológiai anyagok és szerkezetek egyedülálló tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik számunkra az anyagok új jellemzőinek és funkcióinak létrehozását. Ezáltal az anyagok nagyobb teljesítményt, hatékonyságot és sokoldalúságot nyújthatnak az alkalmazásokban.

Nanotechnológiai anyagok előállítása

A nanotechnológiai anyagokat különböző gyártási és előállítási módszerek segítségével állítják elő. Ezek közé tartozik a szintézis, a növekedés és az összeszerelés technikája.

Szintézis - A szintézis során az anyagokat kezdeti komponensekből vagy nyersanyagokból állítják elő. A nanotechnológiai szintézis különböző módszereket foglalhat magában, például a kémiai eljárásokat, a fizikai lecsapási technikákat vagy az önszerveződést. A szintézis lehetővé teszi a nanoméretű részecskék, nanorészecskék vagy nanoszerkezetek létrehozását.

Növekedés - A növekedés során az anyagokat lépésről lépésre növelik vagy építik fel. Ez különösen fontos a kristályos anyagok esetében, ahol a kristályos növekedést vagy az epitaxiát használják a nanoméretű kristályok előállítására. A növekedési technikák lehetővé teszik a nanoméretű struktúrák, például nanoszálak, nanocsövek vagy nanolemezek kialakítását.

Összeszerelés - Az összeszerelés során különálló összetevőket kombinálnak és rendeznek úgy, hogy nanoméretű anyagokat vagy szerkezeteket hozzanak létre. Ez lehetővé teszi az anyagok és szerkezetek részletes irányítását és elrendezését, például nanorészecskék vagy nanoszerkezetek rendezését mintázatokba.

Nanotechnológiai anyagok tulajdonságai és alkalmazásai

A nanotechnológiai anyagok és szerkezetek különleges tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek különböznek a nagyobb méretű társaiktól. Néhány fontos tulajdonság és alkalmazásuk a következők:

Felületi tulajdonságok - A nanoméretű anyagok nagy felület-hozam aránnyal rendelkeznek, ami erősen befolyásolja a kémiai kölcsönhatásokat és az anyagok adszorpciós tulajdonságait. Ez lehetővé teszi hatékonyabb katalitikus reakciókat, érzékelést és biológiai kölcsönhatásokat.

Optikai tulajdonságok - A nanoméretű anyagok gyakran különleges optikai tulajdonságokkal rendelkeznek, például a plazmon rezonancia, azaz az elektromágneses hullámok felhőként történő polarizálódása. Ez az optikai tulajdonság lehetővé teszi a nanoméretű részecskék vagy szerkezetek színét vagy fényszórását befolyásoló jelenségek kihasználását.

Elektromos tulajdonságok - A nanoméretű anyagok elektromos tulajdonságai jelentősen különbözhetnek a nagyobb méretű társaiktól. Például a nanoméretű részecskék vagy nanoszálak

lehetnek vezetők, szigetelők vagy félig vezetők, attól függően, hogy az elektronok hogyan mozognak az anyagban.

Mechanikai tulajdonságok - A nanotechnológiai anyagok mechanikai tulajdonságai, például a szilárdság, a rugalmasság vagy a merevség, változhatnak a nanoméretben. Ez lehetővé teszi a nanoméretű anyagok rugalmasabb vagy erősebb szerkezetekben történő felhasználását.

Termikus tulajdonságok - A nanotechnológiai anyagok kiváló hővezetők lehetnek. A nagy felület-hozam arány és a nanoméretű szerkezetek lehetővé teszik a hatékony hőátadást, ami fontos lehet a hővezetéshez és hűtéshez kapcsolódó alkalmazásokban, például elektromos eszközök hűtésében vagy hőenergia hatékonyabb kihasználásában.

Mágneses tulajdonságok - A nanotechnológiai anyagok képesek mágneses tulajdonságokat is felvenni. Ez lehetővé teszi a mágneses adattárolást, a mágneses érzékelők kialakítását és a mágneses rezonancia alkalmazását a képalkotó diagnosztikában.

Kémiai stabilitás - A nanotechnológiai anyagok képesek kiváló kémiai stabilitásra. Ez azt jelenti, hogy ellenállnak a korrózióknak és más káros kémiai hatásoknak, ami fontos lehet az anyagok tartósságához és hosszú élettartamához.

Bioaktív tulajdonságok - Néhány nanotechnológiai anyag rendelkezhet bioaktív tulajdonságokkal, ami lehetővé teszi az élő szervezetekkel való kölcsönhatást. Ez különösen fontos lehet az orvostudományban és az egészségügyben, ahol nanoméretű anyagokat használnak gyógyszerhordozásra, sebgyógyulásra vagy bioérzékelők kifejlesztésére.

Önszerveződés - A nanotechnológiai anyagok képesek önszerveződésre, ami azt jelenti, hogy a molekulák vagy részecskék önmagukban rendeződnek és kapcsolódnak össze, anélkül hogy külső beavatkozásra lenne szükség. Ez lehetővé teszi az anyagok precíz és strukturált elrendezését, például nanomintázatok kialakításában vagy nanoméretű elektromos vezetékek előállításában.

Szabályozható tulajdonságok - A nanotechnológia lehetővé teszi a tulajdonságok szabályozását és módosítását a nanoméretű anyagokban és szerkezetekben. Például a nanoméretű részecskék vagy nanoszerkezetek méretének, alakjának vagy összetételének változtatása befolyásolhatja az optikai, elektromos vagy kémiai tulajdonságokat.

A nanotechnológia lehetővé teszi az anyagok tervezését és manipulációját atomi vagy molekuláris szinten, hogy kihasználják a nanoméret sajátos tulajdonságait és létrehozzanak innovatív anyagokat és szerkezeteket. A nanotechnológiai anyagok és szerkezetek széles körben alkalmazhatók az elektronikában, az egészségügyben, az energetikában, a környezetvédelemben és más területeken a jobb teljesítmény, hatékonyság és fenntarthatóság elérése érdekében.

Nanotechnológiai alkalmazások

A nanotechnológia forradalmi változásokat hozott számos területen, és széles körben alkalmazzák az iparban, az egészségügyben, az elektronikában, az energetikában, a környezetvédelemben és más területeken. A nanotechnológiai anyagok és szerkezetek kihasználják a nanoméret speciális tulajdonságait, hogy fejlettebb eszközöket, hatékonyabb rendszereket és innovatív megoldásokat hozzanak létre.

Egészségügyi alkalmazások

Gyógyszerhordozó rendszerek - A nanotechnológia lehetővé teszi hatékonyabb gyógyszerhordozó rendszerek kifejlesztését. Nanoméretű részecskék, mint például liposzómák vagy nanokapszulák, felhasználhatók a gyógyszerek célzott szállítására a szervezetben. Ez

növelheti a gyógyszerek hatékonyságát, csökkentheti a mellékhatásokat és javíthatja a terápiás eredményeket.

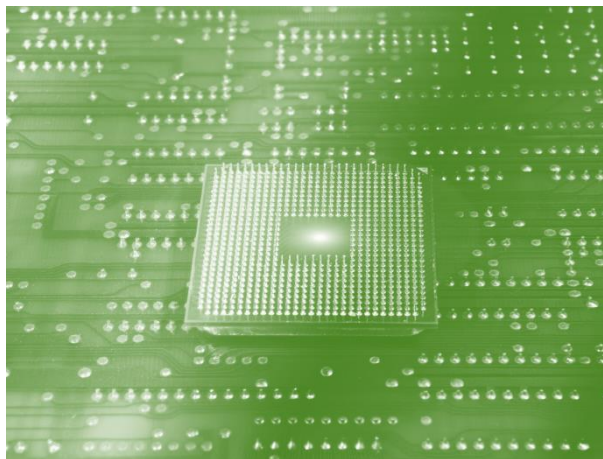
Daganatterápia - A nanotechnológia lehetővé teszi a hatékonyabb daganatterápiát, például a tumorok célzott elpusztítását. A nanoméretű részecskék, mint például a kvantumpontok vagy a nanorészecskék, képesek tumorokba juttatni a gyógyszereket vagy hőt generálni a daganatok elpusztításához.

Biológiai érzékelők - A nanotechnológia segítségével kifejleszthetők kisméretű, nagy érzékenységgű biológiai érzékelők, amelyek képesek azonosítani és mérni a biológiai molekulákat és a környezeti hatásokat. Ez segíthet a betegségek korai diagnosztizálásában és a biológiai folyamatok jobb megértésében.

Elektronikai alkalmazások

Nanoelektronika - A nanotechnológia lehetővé teszi kisebb és hatékonyabb elektronikai eszközök, mint például tranzisztorok és áramkörök kifejlesztését. A nanoméretű anyagok, mint például a szén nanocsövek vagy a grafén, jelentős előnyökkel rendelkeznek a hagyományos mikroelektronikával szemben, mint például nagyobb sebesség, alacsonyabb energiafogyasztás és nagyobb rugalmasság.

Nanoelektronikai kijelzők - A nanotechnológiai anyagok felhasználhatók új típusú kijelzők létrehozásához, mint például az OLED (organikus fénykibocsátó dióda) kijelzők vagy a kvantumpontokkal működő nanokristályos kijelzők. Ezek a kijelzők rendkívül vékonyak, könnyűek és magas felbontást biztosítanak.



60. ábra Nanotechnológia az elektronikában

Energiaalkalmazások

Napenergia-felhasználás - A nanotechnológia lehetővé teszi hatékonyabb napenergia-felhasználást. Például a napenergia átalakítására szolgáló napcellákban a nanoméretű anyagok, mint például a perovszkit anyagok vagy a nanorészecskék, jobb teljesítményt és nagyobb hatékonyságot eredményezhetnek.

Energiatárolás - A nanotechnológiai anyagok lehetővé teszik hatékonyabb energiatároló rendszerek, például a lítiumion-akkumulátorok kifejlesztését. A nanoméretű szerkezetek, mint például a nanoszálak vagy nanoszerkezetek, nagyobb felületet biztosítanak az elektromos töltések tárolására, ami növeli az akkumulátorok teljesítményét és kapacitását.

Környezetvédelmi alkalmazások

Vízisztítás - A nanotechnológia lehetővé teszi hatékonyabb vízisztítási eljárásokat. A nanoméretű anyagok, mint például a nanoszűrők vagy nanorészecskék, képesek eltávolítani a szennyező anyagokat, baktériumokat vagy nehézfémeket a vízből.

Környezeti monitoring - A nanotechnológia segítségével kifejleszthetők nagy érzékenységgű szenzorok a környezeti paraméterek, például a levegőminőség, a vízminőség vagy a talajszennyezés ellenőrzésére. Ezek a szenzorok lehetővé teszik a korai figyelmeztetést és az időben történő beavatkozást a környezeti problémák kezelésében.

A nanotechnológia forradalmi változásokat hozott a modern technológiában, és lehetőséget nyújt a hatékonyabb, környezetbarátabb és innovatívabb megoldások kifejlesztésére számos területen. A folyamatos kutatás és fejlesztés további izgalmas alkalmazásokat hozhat az elkövetkező években.

Kihívások és jövőbeli kilátások

A nanotechnológiával kapcsolatban kihívások és aggályok is felmerülnek. Ezek közé tartozik az anyagok biztonsága és környezeti hatása, valamint a társadalmi és etikai kérdések. Az ilyen kérdések kezelése és megoldása elengedhetetlen ahhoz, hogy a nanotechnológia hosszú távú előnyöket hozzon az emberiség számára. Nézzünk néhány kihívással kapcsolatos területet:

Biztonság - Az egyik legfontosabb kihívás a nanotechnológia terén a biztonság kérdése. A nanoméretű részecskéknek és anyagoknak potenciálisan káros hatásai lehetnek az egészségre és a környezetre. Ezért fontos a nanoméretű anyagok biztonságának és toxicitásának alapos vizsgálata, valamint a megfelelő biztonsági protokollok kidolgozása.

Szabályozás - A nanotechnológia gyors fejlődése miatt a szabályozás és a normák kidolgozása is jelentős kihívást jelent. Fontos, hogy a nanoméretű anyagok előállítása, felhasználása és kezelése szabályozott legyen, hogy minimalizálják a potenciális kockázatokat és biztosítsák a termékek és alkalmazások biztonságát.

Skálázhatóság - A nanotechnológiában alkalmazott eljárások és módszerek skálázhatósága fontos kihívás. A laboratóriumi környezetben fejlesztett nanoméretű anyagok és szerkezetek tömegtermelése és ipari méretű alkalmazása komplex technikai és gazdasági kihívásokat jelent.

Költséghatékonyság - A nanotechnológia alkalmazása sok esetben még magas költségekkel jár. Az anyagok előállítása, a berendezések beszerzése és a kutatás-fejlesztési költségek magasak lehetnek. A költségek csökkentése és a nanotechnológiai megoldások gazdaságossága az egyik legfontosabb kihívás a technológia széleskörű elfogadásához.

Továbbiakban bemutatjuk a nanotechnológia néhány jövőbeli kilátását:

Egészségügyi alkalmazások - A nanotechnológia forradalmi változásokat hozhat az egészségügy területén. Például a nanorészecskék vagy nanoszálak alkalmazása hatékonyabb gyógyszerhordozó rendszerek létrehozását teszi lehetővé, ami célzottabb és hatékonyabb terápiát eredményezhet.

Energiahatékonyság - A nanotechnológia lehetőséget nyújt az energiahatékonyság javítására és az energiatárolás hatékonyságának növelésére. Például a napenergia átalakítása terén alkalmazott nanoméretű anyagok és szerkezetek növelhetik a napcellák hatásfokát és az energiatároló rendszerek kapacitását.

Környezetvédelem - A nanotechnológiai megoldások segíthetnek a környezetvédelemben és a fenntarthatóság területén. Az innovatív anyagok és eljárások lehetővé teszik a hatékonyabb vízisztítást, a légszennyezés csökkentését és a környezetbarát termékek kifejlesztését.

Elektronika - A nanotechnológia további forradalmi változásokat hozhat az elektronikai iparban. Az egyre kisebb méretű és hatékonyabb nanoelektronikai eszközök lehetővé teszik a még fejlettebb számítógépek, kijelzők és érzékelők fejlesztését.

Anyagfejlesztés - A nanotechnológia lehetővé teszi az új anyagok és szerkezetek tervezését és fejlesztését, amelyek új tulajdonságokkal és funkciókkal rendelkeznek. Ez lehetővé teszi a még könnyebb, erősebb és rugalmasabb anyagok létrehozását a különböző iparágakban.

Az innováció, a kutatás és a fejlesztés folyamatosan előreviszi ezt a technológiát, és új lehetőségeket és alkalmazásokat hozhat az elkövetkező években. A nanotechnológia egy izgalmas és ígéretes tudományág, amely számos területen hozhat forradalmi változásokat. A nanoméretű anyagok és szerkezetek új tulajdonságai és alkalmazási lehetőségei lenyűgöző kilátásokat nyújtanak az elektronikától az egészségügyön és az energiaiparon át a környezetvédelemig.

Űrtechnológia

Az űrtechnológia alapvetően formálta és alakítja tovább a modern világot, lehetővé téve számunkra, hogy túllépjünk a Föld fizikai korlátain, és megismerjük a körülöttünk lévő univerzumot.

Az elmúlt évszázadban az emberiség hihetetlen előrelépéseket tett az űrtechnológiában. Az első emberi lépések a Holdon, az űrállomások létrehozása és a Marsra irányuló missziók mind az emberi kíváncsiság és kitartás lenyűgöző eredményei. Ezen kívül az űrtechnológia számos gyakorlati alkalmazást is hozott a mindennapi életünkbe, beleértve a műholdas kommunikációt, az időjárás-jelentéseket, a navigációt és még sok minden mást.

Az űrtechnológia olyan tudományos és műszaki terület, amely az űrkutatás és az űrbeli tevékenységek során felmerülő kihívások megoldására összpontosít. Az űrtechnológia foglalkozik azokkal a technológiákkal, amelyek lehetővé teszik az űrbe jutást, az űrben történő mozgást, az űrben végzett kutatásokat és a Földről való kommunikációt az űrtérrel.

Az űrtechnológiába számos terület tartozik, például:

Űrhajózás és űrhajótechnológia - Az űrtechnológia foglalkozik az űrhajók tervezésével, építésével és üzemeltetésével. Ez magában foglalja az űrhajók szerkezetét, az űrhajók hővédelmi rendszereit, az energiaellátást, az életfenntartást és az űrhajósok egészségének védelmét. Az űrhajótechnológia célja, hogy biztonságos és hatékony eszközöket hozzon létre az űrbe jutáshoz és az űrben való tartózkodáshoz.

Műholdak és űreszközök - Az űrtechnológia a műholdak tervezésével, építésével és üzemeltetésével is foglalkozik. A műholdak olyan eszközök, amelyek az űrben keringve különböző feladatokat látnak el, például távközlés, földmegfigyelés, navigáció vagy űrkutatás. Az űreszközök tervezése és működtetése magában foglalja az energiaellátást, a kommunikációt, a navigációt és az adatgyűjtést.

Kommunikáció és távközlés - Az űrtechnológia a globális távközlési infrastruktúra létrehozásával és üzemeltetésével foglalkozik. Az űr alapú kommunikációs rendszerek, például a műholdak, lehetővé teszik a világ minden tájáról való adatátvitelt és kommunikációt, beleértve az internetet, a telefonhálózatokat és a televíziós adásokat.

Földmegfigyelés és távérzékelés - Az űrtechnológia segítségével figyelemmel kísérhetjük és tanulmányozhatjuk a Földet és annak környezeti folyamatait. Műholdas megfigyelő rendszerek,

amelyek képalkotásra és adatgyűjtésre képesek, lehetővé teszik a földi erőforrások, az időjárás, a klímaváltozás és más földi jelenségek monitorozását és tanulmányozását.

Űrkutatás és asztronautika - Az űrtechnológia része az űrkutatás és az asztronautika területe is. Az űrkutatás során az űrtechnológia lehetővé teszi az űrhajósok és űrszondák kilövését az űrbe, a bolygók és holdak felfedezését, az asztronautikai kutatásokat és az űrben történő kísérleteket.

Űr alapú navigáció - Az űrtechnológia kulcsfontosságú a navigáció terén. Az űrből műholdak által kibocsátott jelek segítségével a GPS (Global Positioning System) rendszer lehetővé teszi a pontos helymeghatározást és a navigációt a Földön és az űrben. Ez alapvető fontosságú a légi közlekedés, a tengeri navigáció, a gépjárművek navigációja és más közlekedési módok szempontjából.

Űr alapú időszolgáltatás - Az űrtechnológia lehetővé teszi az időszolgáltatást, amely alapvető fontosságú az egyesített időméréshez és az időfüggő rendszerek szinkronizálásához. Az űrből kibocsátott jelek, mint például az atomóra jelek, pontos időinformációkat szolgáltatnak világszerte.

Űralapú meteorológiai megfigyelés - Az űrtechnológia segítségével műholdakon keresztül figyelemmel kísérhetjük az időjárás mintákat és előrejelzéseket. Az űrből végzett műholdas megfigyelések lehetővé teszik a globális időjárás és a klímaváltozás követését, valamint a természeti katasztrófák előrejelzését.

Űrkutatási technológiák - Az űrtechnológia a különböző űrkutatási technológiák fejlesztésével is foglalkozik. Ide tartoznak az űrszondák, űrhajók, holdkutató eszközök, űrtávcsövek és más műszaki berendezések, amelyeket az űrbe juttatnak a bolygók, holdak és aszteroidák felfedezése és tanulmányozása érdekében.

Űr alapú energia és fenntarthatóság - Az űrtechnológia lehetővé teszi az űr alapú energiatermelést és a fenntarthatósági megoldásokat. Napenergia műholdak, amelyek az űrből gyűjtik a napenergiát és azt visszaküldik a Földre, alternatív energiaforrásként szolgálhatnak. Az űrből származó adatok segíthetnek a jobb erőforrás-menedzsmentben és a környezeti fenntarthatóságban.

Ezek csak néhány további példa azokra a területekre, amelyekben az űrtechnológia fontos szerepet játszik. Az űrtechnológia széles körű alkalmazása és fejlesztése hozzájárul az emberiség megismeréséhez és a modern világ technológiai előrelépéséhez.

Továbbiakban az űrtechnológia történetét és jelenét fogjuk megvizsgálni. Először a történelmi fejleményeket és mérföldköveket vizsgáljuk meg, az űrkutatás korai napjaitól a modern űrhajózásig. Aztán áttekintjük a legfontosabb modern technológiákat és cégeket, amelyek ma formálják az űripart. Majd áttekintjük az űrtechnológia gyakorlati alkalmazásait, és hogyan hatnak a mindennapi életünkre. Végül pedig megvizsgáljuk a jövőbeni kilátásokat és kihívásokat, amelyeket az űrtechnológia jövőjének formálásában kell figyelembe vennünk.

Az űrtechnológia kulcsszerepet játszik a civilizáció fejlődésében, és izgalmas lehetőségeket kínál a jövő számára.

Az űrtechnológia jelentősége és hatása a modern világra

Az űrtechnológia az elmúlt évszázadokban exponenciálisan fejlődött, és mára elengedhetetlen részévé vált a modern társadalomnak. A különböző űralapú technológiák, mint a műholdas kommunikáció, a navigáció, az időjárás előrejelzés és a Föld megfigyelése, mind nagymértékben befolyásolják a mindennapi életet és az üzleti tevékenységeket.

Műholdas kommunikáció

A műholdas kommunikáció korunk társadalmának és gazdaságának életképes részévé vált. Az űrműholdak lehetővé teszik a televíziós adásokat, a rádióadásokat, a telefonhívásokat és az internetkapcsolatokat a világ legtávolabbi részein is. A műholdak lehetővé teszik a gyors és hatékony globális kommunikációt, ami nélkülözhetetlen a modern társadalomban és az üzleti világban. A nemzetközi pénzügyi rendszerek, a globális kereskedelem és a világ kormányai is nagymértékben támaszkodnak a műholdas kommunikációra.

Időjárás és klíma

Az űrtechnológia az időjárás előrejelzésében is nagy változást hozott. A műholdas adatok lehetővé teszik a meteorológusok számára, hogy előrejelzéseket készítsenek és figyelmeztetéseket adjanak ki veszélyes időjárási körülmények esetén. A klímaváltozás figyelemmel kíséréséhez és megértéséhez az űrtechnológia nélkülözhetetlen, amely lehetővé teszi számunkra, hogy mérjük a globális hőmérséklet változásait, a jégtakarók és gleccserek olvadását, és más jelentős geológiai és atmoszferikus változásokat.

Navigáció

A Globális Pozicionáló Rendszer (GPS) forradalmasította a navigációt. A GPS segítségével bármelyikünk könnyedén megtalálhatja az útját egy idegen városban, a hajók pontos útvonalakat követhetnek az óceánokon, a repülőgépek navigálhatnak a légtérben, és a mentőszolgálatok gyorsan elérhetik a bajbajutott személyeket. A katonai műveletekben a GPS nélkülözhetetlen a csapatok koordinálásához és a precíz rakétatámadásokhoz.

Űrkutatás és Tudományos megismerés

Az űrtechnológia lehetővé tette számunkra, hogy a csillagokon túlra nézzünk, és felfedezzük az univerzum titkait. A Hubble űrteleszkóp, a Voyager űrszonda, a Mars járók és mások segítségével nagy ugrást tettünk a tudományos megismerésben és az univerzum jobb megértésében. Ezek az eszközök és missziók lehetővé teszik, hogy felfedezzük a bolygóinkat, csillagainkat és galaxisainkat, és jobban megértsük a világűr fizikai törvényeit és csodáit.

A Föld megfigyelése

Az űrtechnológia hozzájárult bolygónk megőrzéséhez is. A földmegfigyelő műholdak adatokat szolgáltatnak az erdőirtásról, az urbanizációról, a természeti katasztrófákról és más földi változásokról, lehetővé téve a környezetvédők és tudósok számára, hogy jobban megértsék és kezeljék a környezeti kihívásokat.

Az űrtechnológia óriási hatással van a modern világra, és ez a hatás várhatóan tovább növekszik, ahogy az űrtechnológia fejlődik és az űr utazás és kutatás területei tovább terjeszkednek.

Az űrtechnológia története

Rakétatechnológia

Az űrtechnológia gyökerei a rakétatechnológiában rejlenek, melyek a 20. század elején születtek meg. Robert H. Goddard amerikai fizikus a modern rakétatechnológia atyjaként tartják számon. Goddard 1926-ban indította útjára az első folyékony hajtóanyagú rakétát. Ez a mérőföldkő jelentős lépés volt az űrkutatás történetében, mivel a folyékony hajtóanyagú rakéták számos előnyt kínálnak a szilárd hajtóanyagúakhoz képest, például nagyobb tolóerő és irányíthatóság.

Az űrverseny és az űrkutatás korai napjai

Az 1950-es és 1960-as évek a hidegháború idején az űrverseny színterévé váltak, ahol a Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok versenyeztek az űrben való dominanciáért. A Szovjetunió jelentős előrelépést tett az űrversenyben, amikor 1957-ben fellőtte az első műholdat, a Sputnik-1-et. Ez az esemény sokkhatásként hatott az amerikaiak számára, amihez a válasz a NASA létrehozása volt. Ezen szervezet 1961-ben indította útjára Alan Shepardot, az első amerikai az űrben.

Az Apollo-program és a Holdra szállás

Az űrverseny csúcspontja az Apollo-program volt, melynek célja az volt, hogy az Egyesült Államok elsőként juttasson embert a Holdra. 1969. július 20-án ez a cél megvalósult, amikor Neil Armstrong az Apollo 11 űrhajó parancsnoka első emberként lépett a Hold felszínére. Az Apollo-program továbbá számos technológiai fejlődést hozott magával, mint például a műholdas kommunikáció, a számítógépes technológia és az űrhajózási technológiák fejlesztése.

Az űrállomások kora és a robot űrmissziók

Az 1970-es és 1980-as években az űrkutatás az űrállomások és a robotok által vezérelt űrmissziók felé fordult. Az Egyesült Államok az űrrepülőgép programmal, a Szovjetunió pedig a Mir űrállomás létrehozásával válaszolt. Az űrállomások lehetővé tették, hogy az űrhajósok hosszabb időt töltsenek az űrben, ami lehetővé tette a hosszú távú űrkutatást. Eközben a robot űrszondák, mint a Voyager és a Viking, új információkat szolgáltatottak a Naprendszerünkről.

A magán űrrepülés kora

A 21. század a magán űrrepülés korát hozta el. Cégek, mint a SpaceX, a Blue Origin és a Virgin Galactic, fejlesztettek ki új technológiákat, például a többször használatos rakétákat, és számos sikeres űrmissziót hajtottak végre. Ez a fejlődés lehetővé teszi az űrutazás hozzáférhetőségének növelését, ami új lehetőségeket nyit az űrturizmus és a kereskedelmi űrkutatás számára.

Az űrtechnológia története tehát egy lenyűgöző utazás az emberi kíváncsiság és találékonyság történetében. Ahogy a technológiai fejlődés folytatódik, várhatóan újabb fejezetekkel bővül majd az űrtechnológia története.

Az űrtechnológia modern kori fejlesztései

A magán űrrepülési vállalatok felemelkedése

A 21. század elején a magán űrrepülési vállalatok jelentős változást hoztak az űrkutatásban. A SpaceX, a Blue Origin és a Virgin Galactic, mind arra törekednek, hogy csökkentsék az űrutazás költségeit, és nyitottabbá tegyék azt a nagyközönség számára.

A SpaceX, Elon Musk vezetésével, az első magánvállalat volt, amely emberi legénységgel rendelkező űrhajót indított a Nemzetközi Űrállomásra. Továbbá, a SpaceX a Falcon 9-es és a Falcon Heavy rakétaival megreformálta az űrutazást azzal, hogy lehetővé tette a rakéták többszörös felhasználását.

A 21. századot jellemzően az űrrepülés aranykorának nevezik, amelyben a magánvállalatok előtérbe kerülése látványosan megváltoztatta az űrtechnológiai iparágat.

SpaceX

Az Elon Musk által alapított SpaceX (Space Exploration Technologies Corp.) az egyik legismertebb és legbefolyásosabb magán űrrepülési vállalat. Az elsődleges célja az űrutazás költségeinek csökkentése volt, hogy ezzel az emberiség tömeges térbeli elterjedését segítse elő.

E cél elérésének egyik legfontosabb lépése a többször használatos rakéták fejlesztése volt. A SpaceX Falcon 9 és Falcon Heavy rakétái képesek visszatérni a Földre, majd újratöltés után újból indítani őket, ezzel jelentősen csökkentve az űrutazás költségeit.

A SpaceX számos fontos mérföldkőhöz érkezett az űrrepülésben, mint például az első magánvállalat, amelyik embert juttatott az űrbe és a Nemzetközi Űrállomásra, illetve az első, aki visszahozta a Földre a legénységét.

Blue Origin

A Jeff Bezos által alapított Blue Origin, hasonlóan a SpaceX-hez, az űrutazás költségeinek csökkentésére törekszik. A Blue Origin filozófiájának megfelelően a hosszú távú tervezés és a körültekintő fejlesztés jelentőségét hangsúlyozza. A New Shepard suborbitális rakétája és a fejlesztés alatt álló New Glenn rakétája mind a többször használatos technológiát alkalmaznak.

Virgin Galactic

A Virgin Galactic, Richard Branson vállalata, egyedi helyet foglal el az űrutazási iparban, mivel elsődleges célja az űrturizmus előmozdítása. Az űrhajójuk, a SpaceShipTwo, a világűr határát átlépő, rövid űrutazásokat kínál fizető utasok számára.

A fent említett vállalatok, valamint más, kisebb űrrepülési vállalatok, mint például a Rocket Lab, az Orbital Sciences, és a Sierra Nevada Corporation, mind hozzájárultak az űrrepülési ipar robbanásszerű növekedéséhez és fejlődéséhez a 21. században. A magán űrrepülési vállalatok folyamatos fejlődése továbbra is formálja és alakítja az űrtechnológia jövőjét.



61. ábra Magán űrrepülési vállalatok

Az űrbányászat és a hozzá kapcsolódó technológiák fejlődése

Az űrbányászat az űrtechnológia egyik legígéretesebb fejlesztési területe. A bányászati technológiák fejlesztésének célja, hogy kinyerjék a bolygókon, aszteroidákon és egyéb égitesteken található nyersanyagokat. A technológiai fejlesztések magukban foglalják a távoli érzékelést, a robottechnológiát, az anyagok kinyerését és feldolgozását az űrben. E technológiák fejlesztése lehetővé teszi, hogy jobban megértsük és kihasználjuk az űrben található erőforrásokat. Az űrbányászat egy gyorsan fejlődő terület, melyet az űrben található értékes erőforrások, mint a víz, a ritka ásványok és a nemesgázok kinyerésére fejlesztettek ki. Az aszteroidák, a holdak, és a bolygók bányászata potenciálisan jelentős gazdasági haszonnal járhat, és hozzájárulhat az emberiség hosszú távú űrben való jelenlétének fenntartásához. Az űrbányászat négy fő technológiai területre osztható: űrszondák és robotok, távérzékelés, erőforrások kinyerése és feldolgozása.

Űrszondák és robotok

Az űrszondák és a robotok alapvető szerepet játszanak az űrbányászatban. Az űrszondák képesek a Naprendszer távoli részeire utazni, és megvizsgálni az aszteroidákat, a holdakat és a bolygókat. A robotok képesek felmérni a terepet, kinyerni a mintákat és elvégezni a szükséges méréseket. Az erőforrások kinyeréséhez és a bányászati műveletekhez szükséges technológiák folyamatosan fejlődnek.

Távérzékelés

A távérzékelési technológiák az űrbányászat kulcsfontosságú részét képezik. A spektroszkópia és a radar technológia segítségével az űrszondák képesek azonosítani és térképezni az értékes erőforrásokat az űrben. A távérzékelési technológiák fejlődése folyamatosan javítja az erőforrások kinyerésének hatékonyságát és pontosságát.

Erőforrások kinyerése és feldolgozása

Az űrbányászati technológiák központi eleme az erőforrások kinyerése és feldolgozása. Az űrben található erőforrások, mint például a víz, az ásványok és a nemesgázok, különféle módszerekkel nyerhetők ki. A víz például elektrolízissel bomlik le hidrogénné és oxigénné, amelyek felhasználhatók üzemanyagként.

Az űrbányászat és a hozzá kapcsolódó technológiák fejlődése egyre nagyobb lehetőségeket nyit meg az űrkutatás és az űrutazás terén. A jövőben az űrbányászat várhatóan tovább fog bővülni, ahogy a technológiai fejlődés lehetővé teszi az űrben található erőforrások hatékonyabb és fenntarthatóbb kinyerését.

A műholdas technológiák fejlesztése

A műholdas technológiák fejlesztése lehetővé teszi az adatgyűjtést és kommunikációt a Földről és az űrből. A GPS, a távközlés, az időjárás-előrejelzések, a földmegfigyelés mind műholdas technológiákon alapulnak. A modern műholdak képesek nagy felbontású képek és adatok gyűjtésére, amelyek segítenek a tudósoknak és a döntéshozóknak megérteni és kezelni a globális kihívásokat, mint például az éghajlatváltozást és a természeti katasztrófákat. Az űrtechnológia modern kori fejlesztéseit vizsgálva láthatjuk, hogy ezek a technológiák milyen mértékben befolyásolják mindennapi életünket és a jövőbeli űrutazásokat. Ahogy az űrtechnológia tovább fejlődik, új lehetőségek nyílnak meg az emberiség számára az űr kutatásában és kihasználásában.

A műholdas technológiák fejlesztése

A műholdas technológiák fejlesztése olyan területekre terjed ki, mint a távközlés, a földmegfigyelés, a navigáció és az űridőjárás-előrejelzések. Az új technológiák fejlesztése, mint például a kisebb és könnyebb műholdak (CubeSats), valamint a műhold hálózatok (műhold konstellációk), egyre hatékonyabb és rugalmasabb módszereket biztosítanak az adatgyűjtéshez és kommunikációhoz.

Távközlés

A távközlési műholdak lehetővé teszik a globális kommunikációt, beleértve a televíziós adásokat, a szélessávú internet szolgáltatásokat és a katasztrófavédelmi kommunikációt. A modern távközlési műholdak képesek nagy mennyiségű adat átvitelére, és hálózatba kapcsolódva globális lefedettséget biztosítanak.

Földmegfigyelés

A földmegfigyelési műholdak létfontosságú adatokat szolgáltatnak a környezeti változások, az időjárási minták és a természeti katasztrófák megértéséhez és nyomon követéséhez. A

műholdak képesek nagy felbontású képek és adatok gyűjtésére, amelyek segítenek a tudósoknak és a döntéshozóknak megérteni és kezelni a globális kihívásokat.

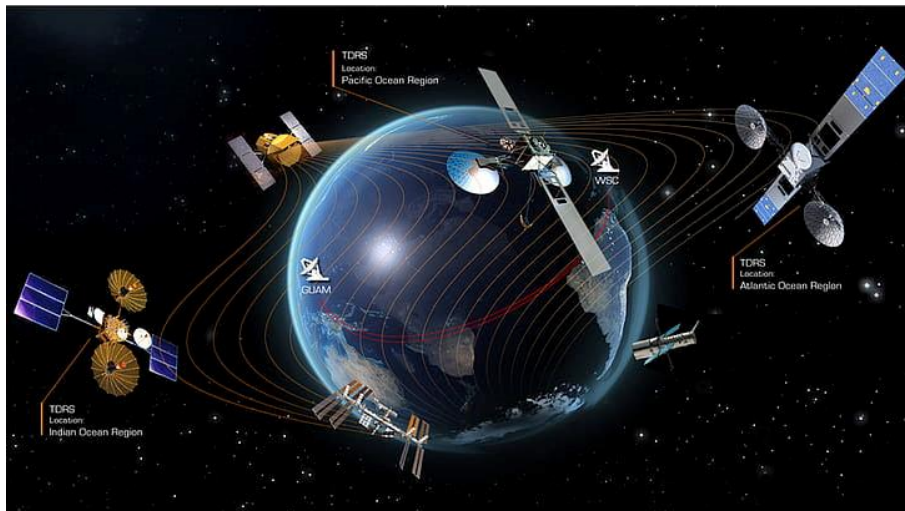
Navigáció

A navigációs műholdak, mint például a GPS (Global Positioning System), GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) és Galileo rendszerek, pontos helymeghatározást és időszinkronizációt biztosítanak a világ minden részén. A navigációs műholdak hozzájárulnak a számos iparág, beleértve a közlekedést, a mezőgazdaságot, a védelmi és a mentőszolgálatok működéséhez.

Űridőjárás előrejelzés

Az űridőjárás műholdak fontos szerepet játszanak a Nap és a geofizikai környezetünk megfigyelésében, és képesek előre jelezni a potenciálisan veszélyes űridőjárás eseményeket, mint például a napkitöréseket és a koronakisüléseket. Ezek az adatok létfontosságúak a földi infrastruktúra, beleértve a távközlési és a hálózati infrastruktúrát, védelme érdekében.

A műholdas technológiák fejlesztése egyre nagyobb hatással van a társadalomra és a gazdaságra. Ahogy a technológia tovább fejlődik, az űrtechnológia egyre inkább integrálódik a mindennapi életbe, és hozzájárul az emberiség jövőbeli kihívásainak kezeléséhez.



62. ábra Műholdak a Föld körül

Űrtechnológiai alkalmazások

Az űrtechnológiai alkalmazások jelentőségük és hatásuk miatt egyre inkább kiemelt területet képviselnek a modern világban. Az űrkutatás és az űrtechnológia hatalmas fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedekben, aminek eredményeként számos alkalmazás jött létre, amelyek sok területen hoztak új lehetőségeket és előnyöket. Továbbiakban bemutatjuk az űrtechnológia különböző alkalmazási területeit, beleértve a kommunikációt, a földmegfigyelést, a navigációt, az űrkutatást és az űrturizmust.

Kommunikáció

Az űrtechnológiai alkalmazások közül az egyik legjelentősebb és leglátványosabb a kommunikációs terület. A távközlési műholdak lehetővé teszik a globális kommunikációt, a televíziós adásokat, a szélessávú internet hozzáférést és a mobilkommunikációt. Ez az alkalmazás megnyitotta az új kommunikációs csatornákat, és lehetővé tette a világ gyors és hatékony kapcsolattartását.

Földmegfigyelés

Az űrtechnológia lehetővé teszi a Föld megfigyelését a világűrben, amely jelentős előnyöket nyújt a földrajzi, környezeti és meteorológiai vizsgálatok terén. A földmegfigyelési műholdak nagy felbontású képeket és adatokat gyűjtenek, amelyek segítenek a környezeti változások, az időjárási minták és a természeti katasztrófák monitorozásában és előrejelzésében. Ez a technológia fontos segítséget nyújt a katasztrófavédelemben, a földi erőforrások menedzselésében és a klímaváltozás tanulmányozásában.

Navigáció

Az űrtechnológiai navigációs rendszerek, mint a GPS (Global Positioning System), alapvető szerepet játszanak a közlekedésben, az erőforrások menedzselésében és a társadalom számos más területén. Az űr alapú navigáció pontos helymeghatározást és időszinkronizációt biztosít a világ bármely pontján. Ez a technológia elősegíti a hatékonyabb közlekedést, a járművek követését, a logisztikai folyamatok optimalizálását és a helymeghatározáson alapuló alkalmazásokat, például a térképszolgáltatásokat.

Űrkutatás

Az űrtechnológia és az űrkutatás közvetlenül összekapcsolódnak egymással. Az űrkutatás lehetővé teszi az űrben található égitestek, mint a bolygók, a holdak és az aszteroidák felfedezését és kutatását. Az űrkutatás révén emberi küldetések zajlanak a Nemzetközi Űrállomásra, amelyek segítik az emberiségnek a világűrben való hosszabb távú jelenlétét és a bolygók felfedezését. Az űrkutatás fontos eredményeket hozott a kozmológia, az asztrofizika és az anyagtudomány terén, és mélyebb megértést adott a világegyetemünkről.

Űrturizmus

Az űrtechnológia lehetővé teszi az űrturizmus fejlődését, amely egyre nagyobb érdeklődést vált ki a világon. A magán űrrepülési vállalatok, mint a SpaceX és a Virgin Galactic, küldetéseik révén embereket juttatnak az űrbe, akik élvezhetik az űrben való rövid távú tartózkodást. Az űrturizmus nem csak újabb élményt nyújt az embereknek, hanem gazdasági lehetőségeket is hozhat, mint például az űripár és az űrutazással kapcsolatos szolgáltatások fejlődése.

Az űrtechnológiai alkalmazások széles körű előnyöket és lehetőségeket nyújtanak a társadalom és a gazdaság számára. A kommunikáció, a földmegfigyelés, a navigáció, az űrkutatás és az űrturizmus területei mind jelentős fejlődésen mentek keresztül az űrtechnológia révén. Az űrtechnológiai alkalmazások folyamatosan fejlődnek és új területeket hódítanak meg, aminek köszönhetően még több új lehetőség nyílik meg a jövőben.

Jövőbeli kilátások és kihívások az űrtechnológia területén

Az űrtechnológia fejlődésekor, a jövőben számos izgalmas kilátás és kihívás várható az űrtechnológia területén. Az űrkutatás, az űrbányászat, az űrturizmus és az űr alapú energia csak néhány terület, amelyeken jelentős fejlődés várható. A technológiai innovációk, a csökkenő költségek és az egyre nagyobb közösségi hozzáférés lehetővé teszik az űrtechnológia széles körű alkalmazását és hozzájárulását a társadalom és a gazdaság fejlődéséhez. Ahogy az emberiség felfedezi az űr rejtélyeit és kiaknázza az ott rejlő lehetőségeket, az űrtechnológia továbbra is hatalmas hatást gyakorol majd a modern világra. Az alábbiakban bemutatunk néhány főbb területet, amelyekben jelentős változások várhatók.

Űrkutatás és felfedezés - Az űrkutatás továbbra is kiemelt terület marad a jövőben. A felfedezésre váró bolygók, holdak és aszteroidák még sok rejtélyt hordoznak, és az emberiség érdeklődése az űrkutatás iránt folyamatosan növekszik. Az űrszondák és az űrhajós küldetések

további felfedezéseket eredményezhetnek, segítve a bolygók eredetének, az élet kialakulásának és más kozmikus jelenségeknek a megértését.

Űrbányászat és erőforrás-kinyerés - Az űrbányászat és az erőforrás-kinyerés is egyre nagyobb figyelmet kap a jövőben. Az aszteroidákban és a holdban található nyersanyagok, mint például a víz, a ritka ásványok és a nemesgázok, potenciálisan gazdasági értékkel bírnak. Az űrtechnológia fejlődése lehetővé teszi az erőforrások hatékonyabb kinyerését és feldolgozását az űrben, ami új gazdasági lehetőségeket teremthet és hozzájárulhat a Föld erőforrásainak fenntarthatóbb használatához.

Űrkutatásra és űrturizmusra való közösségi hozzájárás - Az egyik nagyobb kihívás az űrkutatás és az űrturizmus terén a közösségi hozzájárás biztosítása. Az űrtechnológia további fejlődése lehetővé teszi, hogy ne csak a kormányok és a gazdag üzletemberek, hanem a nagyközönség is eljuthasson az űrbe. Az űrturizmus és az űrkutatás terén a költségek csökkentése és a technológiai fejlesztések elérhetősége létfontosságú a közösségi hozzájárás megvalósításához.

Űr alapú energia és fenntarthatóság - Az űrtechnológia potenciálisan hozzájárulhat az energiatermeléshez és a fenntartható fejlődéshez is. Az űrből származó napelemes energia és a beavatkozások az energia- és vízgazdálkodás terén hozzájárulhatnak a Földön a megújuló energiaforrásokhoz és a fenntartható gazdálkodáshoz. Az űrtechnológia használata az éghajlatváltozás elleni küzdelemben is szerepet játszhat, például a földmegfigyelés segítségével a klímaváltozás nyomon követésében és a hatékonyabb agrár- és erdészeti gyakorlatok terén.

Az űrtechnológia alkalmazása számos területen létfontosságú, és számos okból szükséges, hogy kihasználjuk a potenciálját. Az alábbiakban bemutatok néhány főbb okot:

Az űrtechnológia alkalmazása nélkülözhetetlen a kutatás és a felfedezés terén. Az űrszondák, teleszkópok és műholdak segítségével mélyebb megértést nyerhetünk a világegyetemről, a bolygókról, a csillagokról és az asztronómiai jelenségekről. Az űrből végzett megfigyelések révén olyan információkhoz juthatunk, amelyeket a Földről nem lehetne elérni. Ez lehetővé teszi számunkra, hogy elmélyítsük tudásunkat az űrkutatás, a csillagászat, az asztrofizika és más kapcsolódó tudományágak terén.

Az űrtechnológia elengedhetetlen a globális kommunikációban és a távközlésben. Az űralapú távközlési műholdak széleskörű és megbízható kommunikációs infrastruktúrát biztosítanak, amelyen keresztül lehetővé válik a világ minden tájáról való hozzájárás az információhoz, az internethez, a telefonhálózatokhoz és a televízióadásokhoz. Ez a kommunikációs hálózat nem csak a vállalkozásoknak és az egyéneknek nyújt előnyöket, hanem az egészségügyi ellátás, az oktatás, a vészhelyzetek kezelése és más fontos területek szempontjából is nélkülözhetetlen.

Az űrtechnológia alkalmazása segít a Föld megfigyelésében és a klímakutatásban. Az űrből végzett műholdas megfigyelések segítségével folyamatosan monitorozhatjuk a földi folyamatokat, például az időjárást, az óceánok állapotát, a szárazföldi vízforrásokat és a növényzetet. Ez az adatgyűjtés segíti a klímaváltozás hatásainak felmérését, a természeti katasztrófák előrejelzését és a környezetvédelem erőfeszítéseit. Az űrtechnológiai adatok hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez, a jobb erőforrás-menedzsmenthez és a környezeti változások hatékonyabb kezeléséhez.

Az űrtechnológia, különösen a globális navigációs rendszerek, például a GPS, kulcsfontosságú szerepet játszanak a navigációban és a helymeghatározásban. Az űrből sugárzott jelek alapján pontosan meghatározható a tartózkodási helyünk, és ezáltal lehetővé válik a hatékony közlekedés, a pontos térképezés, a logisztikai tevékenységek és a vészhelyzeti szolgáltatások.

Az űrtechnológia fejlődése lehetővé teszi az űrturizmus növekedését, amely újabb gazdasági lehetőségeket teremt. A magán űrrepülési vállalatok előretörése és az űrturizmus megnyitása szélesebb körben, lehetővé teszi az embereknek, hogy az űrbe utazzanak, és részesüljenek az űrkutatás és az űrbeli kalandok előnyeiből. Ez az ágazat új munkahelyeket teremthet, a gazdaságot fellendítheti, és az innovációra ösztönözhet.

Az űrtechnológia hozzájárul a tudásunk bővítéséhez, az életünket megkönnyítő szolgáltatásokhoz, a környezeti fenntarthatósághoz és az emberiség határainak felfedezéséhez.

Felhasznált irodalom

- Károly, S. (2011). A fizika kultúrtörténete: a kezdetektől a huszadik század végéig. Akadémiai K..
- Rashid, M. H. (2017). Power Electronics Handbook: Devices, Circuits, and Applications (4th ed.). Academic Press.
- Kuphaldt, T. R. (2020). Lessons In Electric Circuits. Open Book Project.
- Ulaby, F. T., Maharbiz, M. M. (2014). Circuits. National Technology & Science Press.
- Singh, J. (1999). Semiconductor Devices: Basic Principles. John Wiley & Sons.
- Sze, S. M., Ng, K. K. (2006). Physics of Semiconductor Devices (3rd ed.). Wiley-Interscience.
<https://publi.cz/books/353/> [Letöltve 2023. 06. 14.]
- Bahr, C. (2011). Liquid Crystals: Applications and Uses (Vol. 3). World Scientific.
- de Jeu, W. H. (2001). Physical Properties of Liquid Crystalline Materials. Gordon and Breach Science Publishers.
http://felvi.phy.bme.hu/index.php/Folyad%C3%A9kkrist%C3%A1lyok_polariz%C3%A1lt_f%C3%A9nyben_-_az_LCD_kijelz%C5%91kt%C5%91l_a_mal%C3%A1radiagn%C3%B3zisig [Letöltve 2023. 06. 14.]
- Siegman, A. E. (1986). Lasers. University Science Books.
- Csele, M. (2019). Fundamentals of Light Sources and Lasers. Wiley-Interscience.
- Syed, A. A., Mujahid, M., Syed M. Z., A. (2021). Survey and technological analysis of laser and its defense applications, Defence Technology, Volume 17, Issue 2, p. 583-592, ISSN 2214-9147, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.02.012>.
- Song, K. U. (2017). Footprints in laser medicine and surgery: beginnings, present, and future. Medical Lasers, 6(1), 1-4.
<http://procamkft.hu/> [Letöltve 2023. 06. 14.]
- Lieberman, M. A., Lichtenberg, A. J. (2005). Principles of Plasma Discharges and Materials Processing (2nd ed.). Wiley-Interscience.
- Piel, A. (2010). Plasma Physics: An Introduction to Laboratory, Space, and Fusion Plasmas. Springer.
<https://precitrack.com/tudasbazis/plazma-technologia/> [Letöltve 2023. 06. 14.]
- Smith, S. M., Shuming, N. (2010). Semiconductor Nanocrystales: Structure, Properties and Band Gap Engineering. Accounts of Chemical Research 43(2); 190-200. <https://doi.org/10.1021/ar9001069>.
- Cuffari, B. (2022). Semiconductors in Nanotechnology - How Does Getting Smaller Benefit Them?, AZoNano.
- Fortescue, P., Swinerd, G., Stark, J. (2020). Spacecraft Systems Engineering (5th ed.). Wiley-Blackwell.
- Logsdon, J. M. (2019). The Penguin Book of Outer Space Exploration: NASA and the Incredible Story of Human Spaceflight. Penguin Classics.

Larson, W. J., Pranke, L. K. (2018). *Human Spaceflight: Mission Analysis and Design* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Sellers, J. J., Astore, W. J., Giffen, R. B., Larson, W. J. (2021). *Understanding Space: An Introduction to Astronautics* (4th ed.). McGraw-Hill.



Selye János Egyetem Gazdaságtudományi és Informatikai Kar
Hradná ul. 21.
SK-945 01 Komárno
fei.ujs.sk

Autor/Szerző
RNDr. Udvaros József, PhD.

Názov/ Cím
Anyagok és technológiák

Recenzenti/recenzensek:
Hua Nam Son, PhD.
Gubán Miklós, Professor Emeritus

Jazyková korektura/Nyelvi ellenőrzés:
Dr. habil. Bódi Stefánia

Vydavateľ/Kiadó:
Univerzita J. Selyeho
Selye János Egyetem

Rozsah/Terjedelem:
4,88 AH/4,88 szerzői év

Rok vydania/Megjelenés éve
2023

Prvé vydanie/Első kiadás

ISBN 978-80-8122-466-9