

3.A Villamos alapfogalmak – Ellenállások a gyakorlatban

Ismertesse szerkezeti felépítés alapján az ellenállások fajtáit és jellemzőit! Ismertesse a gyakorlatban használt legfontosabb ellenállás fajták jellemző katalógusadatait! Mutassa be az egyes ellenállás fajták szabványos jelölésmódjait! Hasonlítsa össze és jellemezze energiaszintjeik alapján a vezető és szigetelő anyagokat! Térjen ki a vezető és a szigetelő anyagok felépítéséből adódó különbségekre!

Ellenállások fajtái, felépítése

Ellenállások felhasználási területei

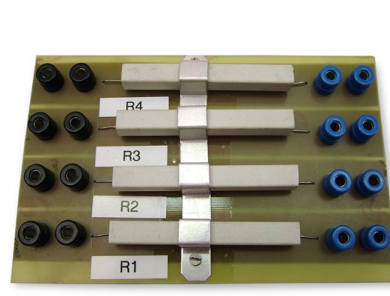
Az ellenállásnak, mint villamos alkatrésznek meghatározott áramkorlátozó képességgel (ellenállással) kell rendelkeznie. Ezért a következő fontos részei vannak:

- Hordozó: szigetelő anyagból, pl. kerámiából készül.
- Vezető anyag: az áramot rosszul, de ismert módon vezeti (kialakításától függően: réteg-, tömör- vagy huzallellenállás).

A rétegeellenállás olyan ellenállás, amelynek az áramvezető része a hordozóra felvitt réteganyag. A tömör ellenállás teljes keresztmetszetével részt vesz az áramvezetésben. A huzallellenállás pedig olyan ellenállás, amelynek az áramvezető része a hordozóra tekercselt ellenálláshuzal.



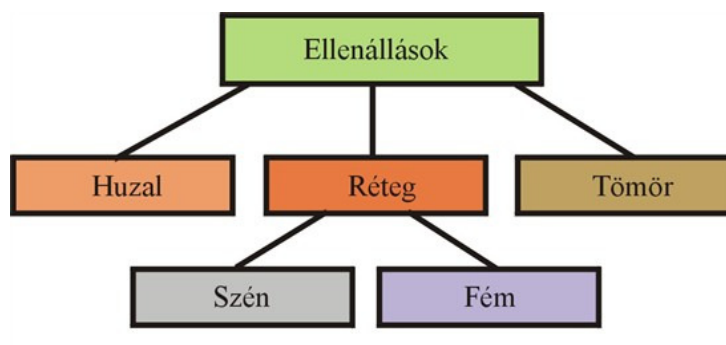
Rétegeellenállás



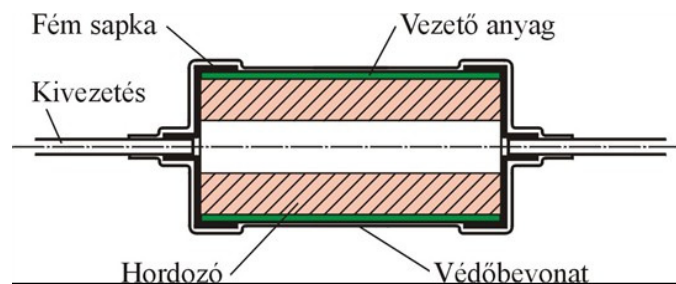
Tömör ellenállás



Huzallellenállás



Ellenállások fajtái

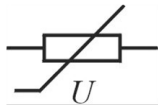


Ellenállások felépítése

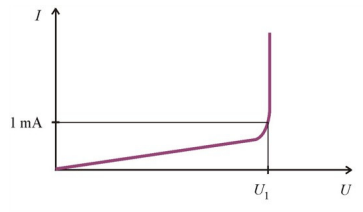
Különleges ellenállások

A feszültségfüggő ellenállás

A feszültségfüggő ellenállás (Voltage Dependent Resistor) rövidített neve VDR, vagy más néven varisztor. A varisztor ellenállása egy bizonyos feszültségig állandó, e felett hirtelen csökkenni kezd. Az árama ebből kifolyólag kezdetben egyenletesen növekszik, majd a karakterisztika meredekké válik.



A varisztor rajzjele



A varisztor jelleggörbéje

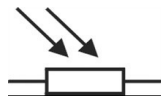


A varisztor ellenállásának változása

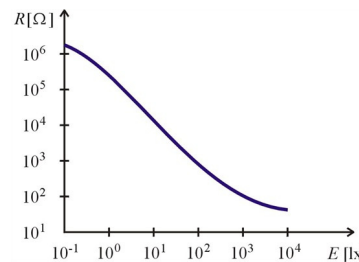
A varisztor tárcsa és rúd alakban is gyártják, alapanyaga szilíciumkarbid (SiC).

A fotoellenállás

A fotoellenállás (Light Dependent Resistor, röviden: LDR) egy félvezető eszköz, amely a fénysugárzás hatására változtatja az ellenállását. Ha a fotoellenállásra nem esik fény, tehát nincs megvilágítás, akkor a töltéshordozói nincsenek gerjesztve, ezért az ellenállása nagy értékű. Megvilágítás hatására a fény gerjeszti a töltéshordozókat, így egyre kisebb lesz az ellenállása.



A fotoellenállás rajzjele



A fotoellenállás karakterisztikája

A fotonellenállás ellenállásai

A fotoellenállásellenállása igen széles határok között változhat. Állandó fényerősségnél az ellenállásának értéke függ a következő tényezőktől:

- a fotoellenállás anyagától és a szennyezettségének mértékétől,
- a megvilágított felület nagyságától,
- a fotoellenállás szerkezeti felépítésétől,
- a fény spektrális összetételétől.

A fotoellenállások anyagai:

- Kadmium-szulfid (CdS)
- Ólom-szulfid (PbS)
- Ólom-szelenid (PbSe)
- Szelén (Se)
- Ólom-tellurid (PbTe)
-

A fotoellenállások alkalmazásánál figyelembe kell venni a megfelelő anyag kiválasztása mellett azt is, hogy ellenállásuk erősen hőmérsékletfüggő 0,1...0,3 %°C és igen nagy tehetetlenségük miatt nem megfelelő változási sebességűek gyors működésű rendszerekben.

Alkalmazhatók:

- Fénysorompókban
- Közvilágítás-kapcsolókban
- Megvilágítási erősség mérőkben
- Vészjelzőkben
- Szabályozó, vezérlő rendszerekben (csak lassú változásoknál)

A különleges ellenállások közé tartozik még:

- a potenciométer,

- a termisztor,
- a fűtőellenállás és a mágneses teret érzékelő ellenállás is.

Ellenállások jelölései

Az **ellenállások** gyártói általában csak meghatározott névleges értékű ellenállásokat készítenek. Az ellenállások értékeit a **tűrésüknek** megfelelően választják meg. A leggyakrabban használt értéktűréshez egy-egy értéksor tartozik, amelyet E betűvel jelölünk, és a tagjainak számával. Például az E6-os sorozat, amelyet a +/-20 %-os tűréshez használunk, 6 tagból áll.

Az ellenállások szabványos értéksorának tagjai egy mértani sorozat elemei, tehát az egymás utáni tagokat egy állandó számmal megszorozva kapjuk meg. Ez a szorzó pl. az E6-os sorozatnál $\sqrt[6]{10}$. A sor tagjait a nagyságrendnek megfelelően 10 hatványaival is meg kell szorozni.

Értéksor jele:	E6	E12	E24	E48	E96	>E192	E6	1,0	1,5	2,2									
Tagjainak száma:	6	12	24	48	96	192	E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7						
Tűrése:	+/- 20 %	+/- 10 %	+/- 5 %	+/- 2 %	+/- 1 %	+/- 0,5 %	E24	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
Szorószáma:	$\sqrt[6]{10}$	$\sqrt[12]{10}$	$\sqrt[24]{10}$	$\sqrt[48]{10}$	$\sqrt[96]{10}$	$\sqrt[192]{10}$	E6	3,3	4,7	6,8									
							E12	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2						
							E24	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

A szabványos értéksorok jellemzői

A szabványos E6, E12 és E24 értéksor

Ellenállások számkódja

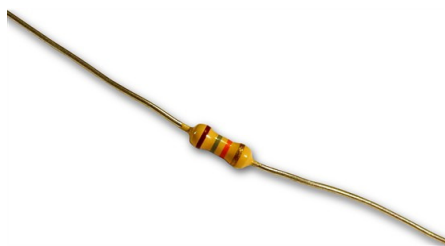
Egy ellenállás védőbevonatára a gyártás utolsó fázisában nyomtatják fel számkóddal vagy színkóddal a névleges értékét és az ettől megengedett eltérést, a tűrést.

Számkód használata esetén az ellenállás névleges értékét számokkal, nagyságrendjét pedig betűkkel (R, k, M) adják meg, amely mindig a tizedesvessző helyére kerül. Például: $68\Omega = 68R$, $3,9k\Omega = 3k9$, $470k\Omega = M47$, $2,2M\Omega = 2M2$. A tűrést megadhatják közvetlenül (például $\pm 5\%$) vagy betűkóddal. A tűrésnek betűjelei: $\pm 0,5\% = D$, $\pm 1\% = F$, $\pm 2\% = G$, $\pm 5\% = J$, $\pm 10\% = K$, $\pm 20\% = M$.

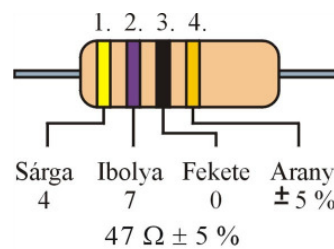


Számkódos ellenállás

Ellenállások színkódja



4 sávós értékjelölés





Öt színyűrés ellenállás értékének meghatározása

Színkódos jelölésnél az **ellenállástesten** általában 5 vagy 4 színes sáv, esetleg pont jelzi a névleges értéket és a **tűrést**. A színek jelölését az összefoglaló táblázat tartalmazza. Az első jel mindig a legközelebb van a **kivezetéshez** vagy szélesebb a sávja.

5 sávú értékjelölés használatánál az első három sáv jelöli a számértéket, a negyedik a nagyságrendet és az ötödik a tűrést.

4 sávú értékjelölésű ellenállásnál csak az első két sáv jelöli a számértéket, a harmadik sáv a szorzó és a negyedik a tűrés, ezért az összefoglaló táblázat 3. jelzésű oszlopát ki kell hagyni.

Színek	Névleges érték	Értéktűrés				
1. jel	2. jel	3. jel	4. jel	5. jel		
1. szám	2. szám	3. szám	Szorzó	Értéktűrés		
Színtelen	-	-	-	-		± 20 %
Ezüst	-	-	-	$10^{-2} \Omega$		± 10 %
Arany	-	-	-	$10^{-1} \Omega$		± 5 %
Fekete	-	0	0	1 Ω		
Barna	1	1	1	10 Ω		± 1 %
Vörös	2	2	2	$10^2 \Omega$		± 2 %
Narancs	3	3	3	$10^3 \Omega$		
Sárga	4	4	4	$10^4 \Omega$		
Zöld	5	5	5	$10^5 \Omega$		± 0,5 %
Kék	6	6	6	$10^6 \Omega$		± 0,25 %
Ibolya	7	7	7	$10^7 \Omega$		± 0,1 %
Szürke	8	8	8	$10^8 \Omega$		± 0,05 %
Fehér	9	9	9	$10^9 \Omega$		

Értéksor jele:	E6	E12	E24	E48	E96	E192
Tagjainak száma:	6	12	24	48	96	192
Tűrése:	±20%	±10%	±5%	±2%	±1%	±0,5%
Szorzószáma:	$\sqrt[6]{10}$	$\sqrt[12]{10}$	$\sqrt[24]{10}$	$\sqrt[48]{10}$	$\sqrt[96]{10}$	$\sqrt[192]{10}$

A szabványos értéksorok jellemzői

Ellenállások katalógusadatai

Egy **elektronikai** alkatrész katalógusban a következő adatokat találhatjuk meg, ha például fémréteg **ellenállást** választunk:

0,6 W-os fémréteg ellenállások (1 % **tűrés**, E-96 sorozat, ; $1 \Omega - 10 M\Omega$) műszaki paraméterei:

Névleges teljesítmény: $P_{tot}=0,6W$ ($T=70^\circ C$)

Üzemi **feszültség**: $U_N=350V$

Átütési feszültség: $U_G=500V$

Szigetelési ellenállás: $R_{I\text{Succeeds}}=10^4 M \Omega$

Működési hőmérséklet: $-55...+155^\circ C$

Lábtávolság a nyákon: RM 4 (10,16 mm)

$$\text{Hőfoktényező: } \pm 50 \left(\frac{10^{-6}}{K} \right)$$

Ellenállások névleges teljesítménye

Névleges teljesítmény, vagy névleges **terhelhetőség** (P_{tot}): Az a megengedett legnagyobb teljesítmény, amellyel az **ellenállás** folyamatosan terhelhető adott környezeti hőmérsékleten. Ennél nagyobb teljesítménynél az ellenállás károsodhat a túlmelegedés miatt: a villamos jellemzői megváltozhatnak, vagy a vezetőrétege eléghet.

Ellenállások üzemi feszültsége

Üzemi **feszültség** (U_N): Kis névleges értékű **ellenállásoknál** az üzemeltetés legnagyobb feszültsége kiszámítható a névleges **terhelhetőségből** és az ellenállás névleges értékéből: $U_N = P_{\text{tot}} \cdot R$

Ellenállások határfeszültsége

Átütésfeszültség vagy határfeszültség (U_G): Nagy névleges értékű **ellenállásoknál** az üzemi feszültség a fenti képlet alapján számítva olyan nagy lenne, hogy hatására az ellenállás károsodna (átütés következne be). Azt a legnagyobb feszültséget, amellyel az ellenállás még üzemeltethető az ellenállás határfeszültségének nevezzük.

Ellenállások szigetelési ellenállása

Szigetelési **ellenállás** (R_I): A **szigetelő** védőbevonat ellenállása. Az ellenállással véletlenül érintkező alkatrész esetén akadályozza a hibaáram kialakulását.

Ellenállások működési hőmérséklete

Működési hőmérséklet: Az a legkisebb és legnagyobb környezeti hőmérséklet közötti tartomány, ahol az **ellenállás** villamos jellemzőinek jelentős megváltozása nélkül üzemeltethető.

Ellenállások lábtávolsága

Lábtávolság a nyákon: A nyomtatott **áramkörökbe** forrasztható alkatrészeknél a lábtávolság csak meghatározott értékű lehet, a számítógéppel segített gyártás elősegítése végett. A szabványos lábtávolságok 2,54 mm többszörösei. Nyomtatott áramkörök nevezzük a **szigetelő** lapon, kémiai úton kialakított huzalozással összekötött alkatrészekből álló áramkört.

Ellenállás fajták szabványos jelölési módjai



Az ellenállás általános jelölése



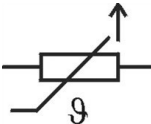
Feszültségfüggő ellenállás



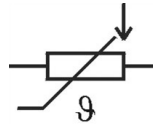
Változtatható értékű ellenállás mozgó érintkezővel



Két állandó leágazású ellenállás




PTK termisztor



NTK termisztor



Feszültségfüggő ellenállás




Fotoellenállás



Változtatható értékű ellenállás (potencióméter)



Potencióméter mozgó érintkezővel



Potencióméter állítható szabályozással (trimmer potencióméter)



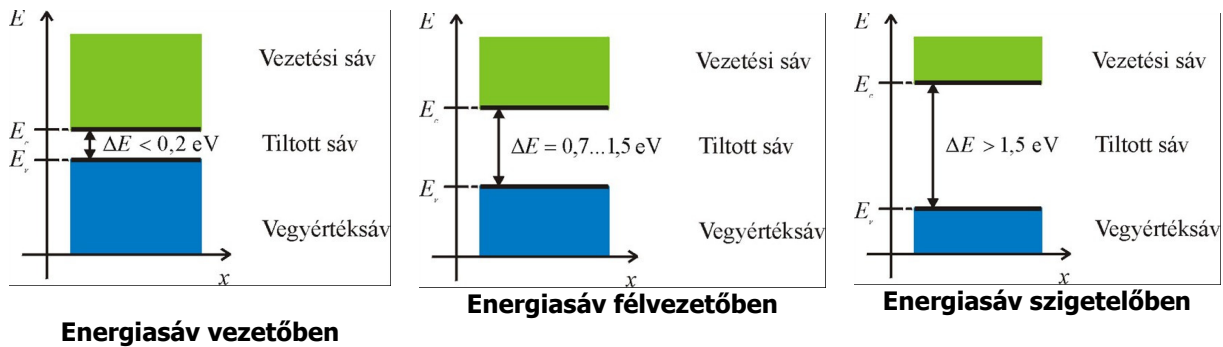
Potencióméter állítható szabályozással

Vezető és a szigetelőanyagok energiaszintjei, a vezető és a szigetelőanyagok felépítésbeli különbségei

Kvantummechanika

A kvantummechanika olyan átfogó fizikai elmélet, amelyet az atomi és a szubatomi rendszerek leírására dolgoztak ki. Eszerint az atomban lévő elektronok potenciális energiája és a hozzárendelt állandó elektronpályák csak diszkrét energiaértékeket vehetnek fel. Szilárd anyagokban azonban az erős atomi kölcsönhatások miatt az egyedi atomok

diszkrét energiaértékei kiszélesednek és energiasávokban (megengedett energiaszintekben) tömörülnek, amelyek tiltott sávokkal (tiltott energiaértékekkel) vannak egymástól elválasztva.



Kvantummechanika

A kvantummechanika olyan átfogó fizikai elmélet, amelyet az atomi és a szubatomi rendszerek leírására dolgoztak ki.

Potenciális energia

Az atomban lévő elektronok potenciális energiája és a hozzárendelt állandó elektronpályák csak diszkrét energiaértékeket vehetnek fel.

Tiltott sáv

A megengedett energiaszintek tiltott sávokkal (tiltott energiaértékekkel) vannak egymástól elválasztva.

Vezetési sáv

Ha az atomot megfelelő nagyságú energiával gerjesztjük, akkor a vegyértékelektron kiszakad az atomi kötélekből és bekerül a vezetési sávba.

Energiasáv

Szilárd anyagokban azonban az erős atomi kölcsönhatások miatt az egyedi atomok diszkrét energiaértékei kiszélesednek és energiasávokban (megengedett energiaszintekben) tömörülnek.

Vegyértéksáv

Vegyértéksávnak vagy valenciasávnak nevezzük az atom maximális energiaszintű elektronpályáját. A vegyértéksávban található elektronok a vegyérték- vagy valenciaelektronok.

Ha az atomot megfelelő nagyságú energiával (ionizációs energiával) gerjesztjük, akkor a vegyértékelektron kiszakad az atomi kötélekből és bekerül a vezetési sávba. Itt szabad töltéshordozóként viselkedve növeli az anyag vezetőképeségét, amelyet a vegyérték és a vezetési sáv közötti tiltott sáv szélessége határoz meg.

Az elektronvolt (eV) az elektron 1 V gyorsító feszültség hatására létrejövő mozgási energiája.

Tiltott sávok különbsége

Figyeljük meg a vezetők, félvezetők és a szigetelők tiltott sávjának szélessége közti különbséget!

- Vezető anyagok esetén a tiltott sáv szélessége nagyon kicsi (0.2 eV), ami azt jelenti, hogy már szobahőmérsékleten is nagyon sok vezetési elektronnal rendelkeznek.
- Félvezető anyagok esetén a tiltott sáv szélessége nagyobb (0.7...1.2 eV), ezért szobahőmérsékleten és tiszta állapotban szigetelőként viselkednek. Azonban ha a hőmérsékletük nő, akkor egyre több vezetési elektronnal keletkezik, vagyis a vezetőképeségük növekszik.
- Szigetelő anyagok esetén a tiltott sáv szélessége már olyan nagy (>1.5 eV), hogy gerjesztés hatására sem képződik jelentős mennyiségű vezetési elektron. A vezetőképeségük megközelítőleg nulla.

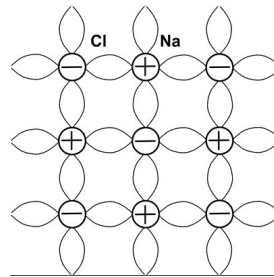
Az atomok vagy molekulák összekapcsolódásának típusa meghatározza az anyag áramvezető képességét.

A vezető és a szigetelő anyagok felépítéséből adódó különbségek

Ionos kötés

Ionos kötéseknek nevezzük az ionok képződésével együtt járó kötések. Az ionos kötésű vegyületek szobahőmérsékleten általában kristályos anyagok. A kristályrácsok rácspontjaiban a pozitív és negatív ionok váltakozva

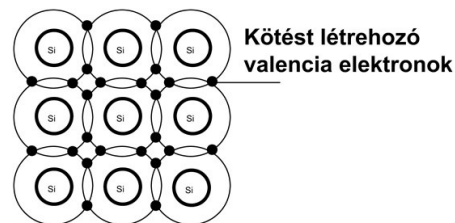
helyezkednek el, ezért az elektrosztatikus vonzóerő tartja össze a rácsot. Ionos kötés van például a konyhasóban (NaCl) is. Az ionvegyületekre jellemző, hogy szilárd állapotban szigetelő tulajdonságúak, míg oldott állapotban jól vezetnek az elektromos áramot. Az ionos kötés erőssége igen nagy, ezért olvadáspontjuk magas, szilárdságuk nagy.



NaCl felépítése

Kovalens kötés

A kovalens kötés létrejöttét a közös elektronpár kialakulása jellemzi. A kötésben résztvevő atomok közel kerülnek egymáshoz, és a két külön elektronpályájukból egy közös, mindkét magot körülvevő elektronburok alakul ki. A kialakult elektronburok már nem tartozik az egyes eredeti atomtörzsekhez. A kovalens kötésű molekulák az elektromos áramot szabad töltéshordozó hiányában nem vezetnek. Kovalens kötés jellemző a germániumra és a szilíciumra, valamint az azonos atomokból álló molekulákra (gázok).

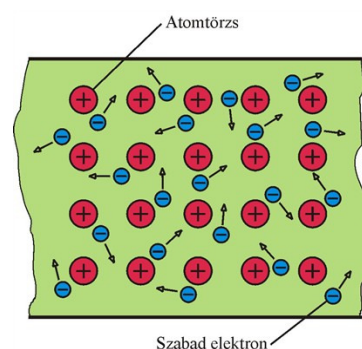


A kovalens kötés felépítése

Fémes kötés

A kötéseknek ez a harmadik típusa a fémekre jellemző, innen kapta az elnevezését. A fémek szobahőmérsékleten kristályos állapotban fordulnak elő. A rácspontokban lévő atomtörzsek egymáshoz kovalens kötéssel kapcsolódnak. Az atomtörzsek a kristályrácsban olyan közel helyezkednek el egymás mellett, hogy a szomszédos atomok valenciaelektronjaikat közösen használhatják. Az elektronok így bármely atomhoz tartozhatnak, vagyis szabadok.

Ezért a fémekben sok szabad töltéshordozó található, amely a fém jó vezetőképességnek alapja. A szabad elektronok a kristályban szabálytalan ún. hő- vagy termikus mozgást végeznek az atomok között.

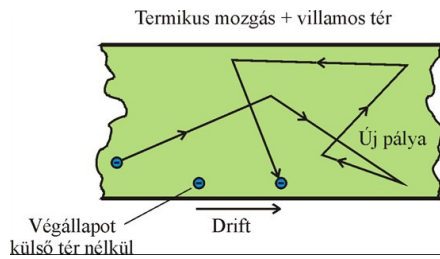


A szabad elektronok mozgása fémekben

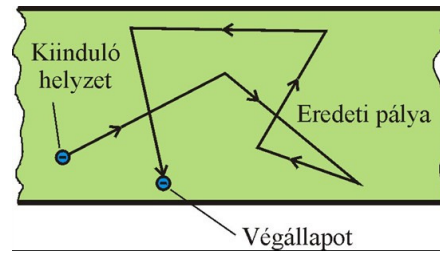
A vezetés

Ha egy kristály két vége közé feszültséget kapcsolunk, azaz a kristály részecskéire elektromos tér hat, akkor a rácsban található szabad töltéshordozók elmozdulnak. Ebben az esetben a szabálytalan termikus sebesség mellé egy térirányú

összetevő is társul. Az elektronok a villamos tér által rájuk kényszerített irányba sodródnak. Ez nem más, mint az elektromos áram, amit drift, vagy sodródási áramnak is nevezhetünk: az anyag vezet.



Termikus mozgás villamos tér hatására



Termikus mozgás vezetékben

Félvezetők

A félvezető anyagokban szobahőmérsékleten a szabad töltéshordozók száma több nagyságrenddel nagyobb, mint a szigetelőkben, azonban ez a mennyiség még mindig oly kevés, hogy az anyag gyakorlati szempontból szigetelőnek tekinthető. A félvezetőkben a szabad töltéshordozók száma, és ezáltal az anyag villamos vezetőképessége a hőmérséklettel arányosan növekszik.

Példák félvezető anyagokra:

- Germánium (Ge)
- Szilícium (Si)
- Szelén (Se)
- Néhány fémes vegyület, például: galliumarzenid (GaAs), indiumfoszfid (InP)

Vezetők

A vezető anyagok kristályos szerkezetűek. A kristályban sok szabad elektron található, ennek következtében az anyag jó vezetőképességgel rendelkezik. Elsőrendű vezetőknek a tiszta fémeket tekintjük.

Példák vezetőkire:

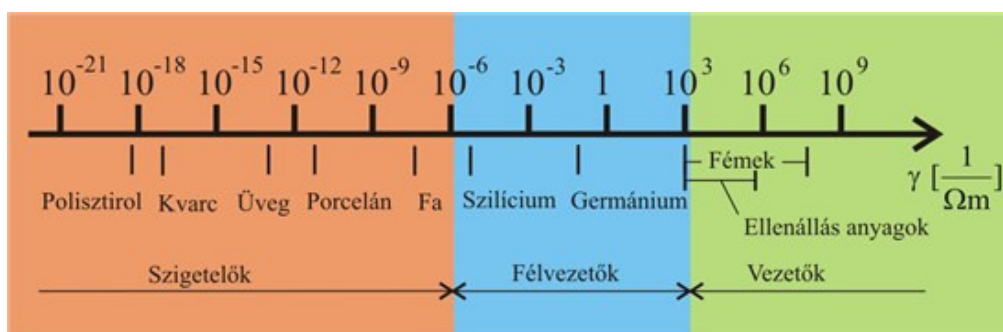
- Ezüst
- Réz
- Alumínium
- Arany

Szigetelők

A szigetelő anyagokban nagyon kevés számú szabad töltéshordozó van, ezért ezen anyagok elektromos vezetőképessége rendkívül kicsi. Ideális szigetelőben egyetlen szabad töltéshordozó sincs, a gyakorlatban viszont ilyen nem fordul elő.

Példák szigetelő anyagokra:

- Gázok
- Olajok
- Üveg
- Műanyagok
- Kerámiák
- Csillám



Az anyagok fajlagos vezetése