

9.B

Félvezető áramköri elemek – Egyéb félvezetők

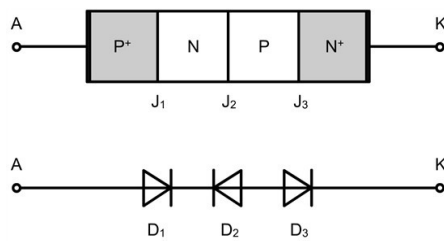
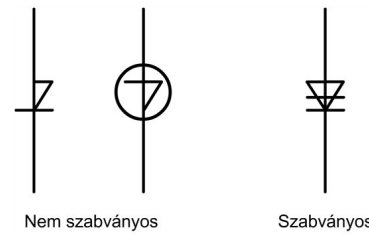
Ismertesse a négyrétegű dióda, a tirisztor, a diac és a triac felépítését, működését és karakterisztikáját!

Mutassa be ezen egyéb félvezetők gyakorlati alkalmazásait, s értelmezze műszaki katalógus adatait és határértékeit!

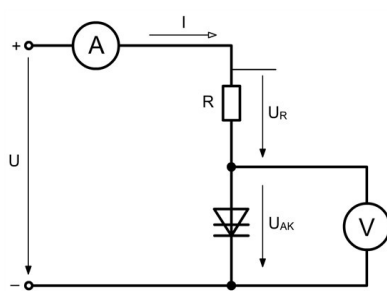
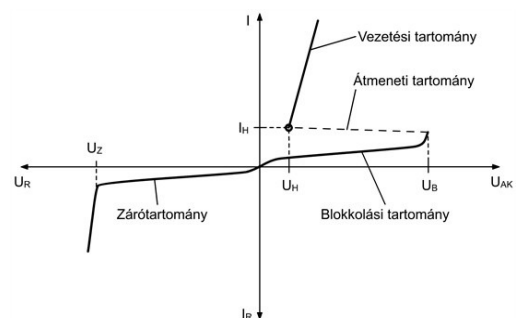
Rajzolja fel a tárgyalt félvezetők jelképi jelöléseit!

A négyrétegű diódák felépítése, működése**Négyrétegű diódák**

A négyrétegű diódák szilícium alapkristályból készült félvezető eszközök. A PNPN félvezető rétegei három váltakozó irányú PN-átmenetet alkotnak.

**Négyrétegű diódák elvi felépítése****Négyrétegű diódák áramköri jelölések**

A három PN-átmenet mindegyike egy-egy elemi diódát alkot. A négyrétegű félvezető (tirisztordióda) anódja erősen szennyezett P-típusú réteg, katódja erősen szennyezett N-típusú réteg. A köztes rétegek szennyezettsége nagyságrendekkel kisebb. A rétegek különböző szennyezettsége záróirányban kis visszáramot, nyitóirányban magas billenési feszültséget (U_B) eredményez.

**Jelleggörbe meghatározásához szükséges kapcsolás****Négyrétegű diódák működési jelleggörbe****Négyrétegű félvezető dióda karakterisztikája**

A négyrétegű félvezető dióda karakterisztikáját négy részre bonthatjuk:

- Zárási tartomány
- Blokkolási tartomány
- Átmeneti tartomány
- Vezetési tartomány

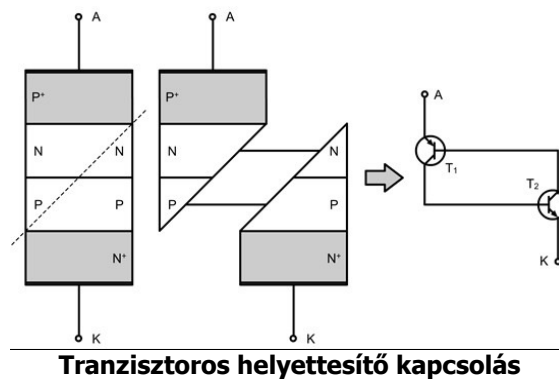
Nyitóirányú működtetés során a D_1 és D_3 elemi diódák nyitó-, a D_2 elemi dióda záróirányban van előfeszítve. A diódán átfolyó áramot ez a záróréteg fogja meghatározni. A blokkolási tartományban a záróirányú áram értéke nagyon kicsi, azaz a dióda nagy ellenállású. A feszültséget növelve, a billenési feszültségen létrejön a középső NP-átmenet Zener-átütése, így a dióda kis ellenállású állapotba megy át. A karakterisztikának ezen visszahajló szakaszát átmeneti tartománynak nevezik, ahol a dióda differenciális ellenállása negatív értékű.

A vezetési tartományban a dióda ellenállása néhány tízed ohm, ezért a vezetési áramot korlátozni kell!

A vezetési tartománynak a kezdőpontját határozza meg az I_H kritikus áram és a hozzá tartozó U_H kritikus feszültség. Ha az áram vagy a feszültség a kritikus érték alá csökken, a dióda újból visszakapcsol nagy ellenállású állapotba.

Négyrétegű félvezető diódák működése

A zárási tartományban a négyrétegű dióda a Zener-diódához hasonló viselkedéssel bír.



Tranzisztoros helyettesítő kapcsolás

A tranzisztoros helyettesítő kapcsoláson nyomon követhetők a lejátszódó belső folyamatok. Ha gondolatban szétmetsszük a félvezető kristály keresztmetszetét, akkor tulajdonképpen két darab, egy PNP és egy NPN tranzisztort kapunk.

Ha feltételezzük, hogy $U_{AK} = U_B$, akkor a T_1 zárási árama a T_2 tranzisztort kis mértékben kinyitja. Ez a T_1 áramának növekedéséhez vezet, amely a T_2 tranzisztor nyitására vezet.

A két tranzisztor kölcsönösen kivezerli egymást mindaddig, amíg mind a két tranzisztor teljesen nyitott állapotba nem kerül. Ez az állapot mindaddig fennmarad, míg a diódán folyó áram a kritikus szint alá nem csökken.

Négyrétegű diódák jellemzői

- Billenési feszültség: $U_B \approx 50 \pm 4V$
- Billenési áram: $I_B \approx 120\mu A$
- Kritikus feszültség: $U_H \approx 0,8V$
- Kritikus áram: $I_H \approx 14 \pm 4,5mA$
- Zárási áram: $I_R \approx 15\mu A$
- Differenciális vezetési idő: $r_f \approx 0,2\Omega$
- Bekapcsolási idő: $t_{be} \approx 0,2\mu s$
- Kikapcsolási idő: $t_{ki} \approx 5\mu s$

A négyrétegű diódák határértékei

- Maximális megengedett tartós egyenáram: $I_F \approx 150mA$
- Maximális megengedett impulzusáram $I_{FM} \approx 10A$
- Maximális megengedett veszteségi teljesítmény: $P_{tot} \approx 150mW$
- Környezeti hőmérséklettartomány: $T_{Umax} \approx 65^{\circ}C$, és $T_{Umin} \approx -40^{\circ}C$
- Maximális megengedett zárófeszültség: $U_{Rmax} \approx 60V$

Négyrétegű diódák felhasználása

A négyrétegű diódákat kis teljesítményekre készítik, nagyobb teljesítményeknél tirisztorokat alkalmaznak. A tirisztorok nagy teljesítményű vezérelt négyrétegű félvezető eszközök. A négyrétegű félvezető eszközöket impulzustechnikai áramkörökben kapcsolóelemtként alkalmazzák, általában tirisztorok vezérlésére.

A tirisztor felépítése és működése

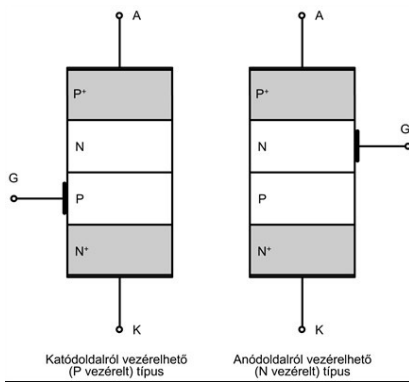
Tirisztor

A tirisztor felépítése megegyezik a négyrétegű dióda felépítésével azzal a különbséggel hogy egy további kivezetéssel, vezérlőelektrodával rendelkezik. Két stabil üzemi állapotuk van:

egy nagy és
egy kis ellenállású állapot

Ezek között az átkapcsolás a vezérlőelektrodán keresztül valósítható meg. A tirisztor tehát három elektródával ellátott négyrétegű félvezető eszköz, ami miatt tirisztortriódának is nevezik. Az elektródák elnevezése:

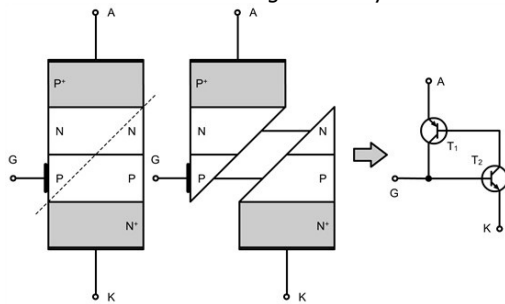
- anód(A),
- katód (K),
- és a vezérlőelektroda, vagy kapu (G).



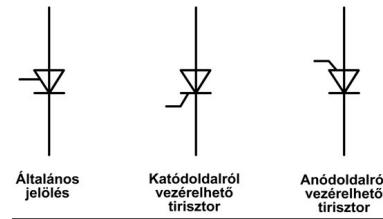
A tirisztor felépítése, N vezérelt, P vezérelt

A gyakorlatban általában katódvezérelt tirisztorokat alkalmaznak, a későbbiekben ezt a típust tárgyaljuk.

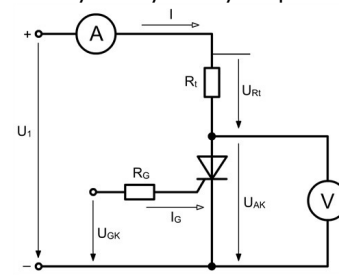
A tirisztor anód-katód feszültség U_{AK} iránya szerint megkülönböztetünk záróirányú és nyitóirányú kapcsolást.



Tranzisztoros helyettesítő kapcsolás



Áramköri jelölések



Kapcsolás a működési jelleggörbe meghatározásához

Záróirányú előfeszítés

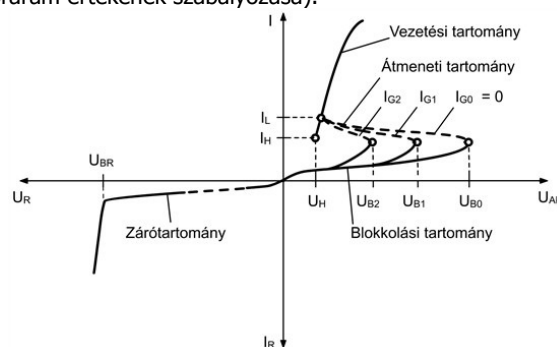
Záróirányú előfeszítés esetén az anódra a tápfeszültség negatív sarka van kapcsolva és a tirisztor megőrzi nagy ellenállású állapotát. Ha az U_{AK} feszültség túllépi a megengedett legnagyobb értéket, a tirisztor tönkremegy.

Vezetési irányú működés

Vezetési irányú működés esetén az anód pozitív feszültséget kap a katódhoz képest. Ha a kapuelektroda nincs bekötve, az U_{AK} feszültséget növelve egy bizonyos feszültségértéken a tirisztor átkapcsol kis ellenállású állapotba. Azt a feszültséget, amelyen nyitott vezérlőelektroda mellett a tirisztor kis ellenállású állapotba kapcsol át, U_{B0} nullátmeneti billenőfeszültségnek nevezzük. Ez a feszültség a négyrétegű dióda U_B billenési feszültségének felel meg.

Ha a tirisztor kapuelektrodája (G) a katódhoz (K) képest pozitív feszültséget kap, kinyitja a T_2 NPN tranzisztort melynek kollektorárama nyitja a T_1 PNP tranzisztort. A két tranzistor kölcsönösen vezérli egymás, és lavinaszerűen telítésbe kerülnek, vagyis a tirisztor átbillen kis ellenállású állapotába. Minél nagyobb a kapuelektroda vezérlőfeszültsége U_{GK} és ezzel a vezérlőáram I_G , annál kisebb anód-katód feszültségnél következik be az átbillenés kis ellenállású állapotba. Megállapítható, hogy a tirisztor bekapcsolási szintje a kapuelektroda segítségével vezérelhető.

Miután a tirisztor bekapcsol, megmarad ebben az állapotban függetlenül a kapuelektroda potenciáljától. Ez a tény különbözteti meg alapvetően egy tirisztor kapuelektrodájának szerepét (a bekapcsolás vezérlése) egy tranzisztor bázisának szerepétől (a kollektoráram értékének szabályozása).



A tirisztor feszültség-áram karakterisztikája

A tirisztor kapuvezérlés

A tirisztor kapuvezérlés nélküli átkapcsolását, az $I_G = 0$ vezérlőáramnak megfelelő jelleggörbe szemlélteti.

A tirisztor nagy ellenállású állapotban van mindaddig, amíg anód-katód feszültsége túl nem lépi az U_{B0} billenési feszültséget és anódárama el nem éri az I_L reteszelési áramértéket. Ebben az állapotban az anódáramot csak az R_t ellenállás korlátozza. A vezetés megszüntetésére két lehetőség kínálkozik:

- az anódáram csökkentése az I_H tartóáram értékére;
- az anódfeszültség negatív polaritásának biztosítása a tirisztor úgynevezett t_{ki} szabaddá válási idejével megegyező időtartamig.

A tirisztor billenési feszültsége

A tirisztor billenési feszültsége csökkenthető U_{B1} és U_{B2} , ha állandó anód-katód feszültség U_{AK} mellett kapuelektrodája a katódhoz képest pozitív feszültséget kap I_{G1} és I_{G2} . A kapuelektroda vezérléséhez nem szükséges folytonos jel, elegendő egy megfelelő amplitúdójú és időtartamú (legkisebb impulzusidő) áramimpulzus.

A tirisztor jellemzői

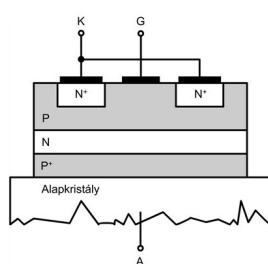
Tirisztorok esetében igen nehéz feladat tipikus adatokat és határértékeket megadni, mivel rengeteg különböző típus van forgalomban, széles teljesítmény- és feszültségtartományban. Az alkatrészgyártók adatlapokat és katalógusokat bocsátanak ki erre a célra.

- I_N : névleges áram: a tartósan megengedett vezetési áram számtani közepe;
- I_H : kritikus áram: a vezetési áram legkisebb értéke, amely érték alatt a tirisztor nagy ellenállású állapotba billen át;
- I_L : reteszelési áram: az anódáram minimális értéke amelyet a kapuelektrodát vezérlő pozitív impulzus időtartamáig biztosítani kell, a tirisztor biztos gyújtásához;
- I_{GT} : gyújtóáram (bekapcsolási áram): a vezérlőáram azon minimális értéke, amely a tirisztor bekapcsolását biztosítja (tipikus értéke néhány száz mA);
- t_{be} : gyújtás idő (bekapcsolási idő): az az idő, amely a vezérlőimpulzus kezdetétől a tirisztor kis ellenállású állapotába való átkapcsolásáig eltelik;
- t_{ki} : kikapcsolási idő: az az idő, amely az áram nullátmenetétől a zárasi állapot kialakulásáig eltelik (lehetséges értékei 3 μs és 200 μs között vannak);
- V_{B0} : billenési feszültség: az anód-katód feszültség azon értéke, amely esetén a tirisztor nyitott kapuelektroda $I_G = 0$ mellett bekapcsol;
- R_{thG} : a zárórég és a tok közötti hőellenállás;
- R_{thU} : a zárórég és a környezeti levegő közötti hőellenállás.

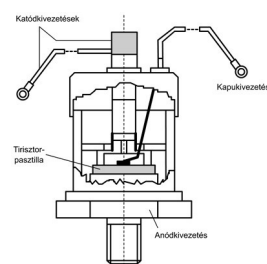
A tirisztor határértékei

- V_{RSM} : nem ismételhető negatív zárófeszültség csúcsértéke: a zárófeszültség legnagyobb értéke, amit a tirisztor alkalmi jelleggel, rövid ideig (kb. 100 μs) elvisel;
- U_{RRM} : ismételhető negatív zárófeszültség csúcsértéke; a zárótartományban megengedett legnagyobb periodikus feszültség értéke;
- U_{DSM} : nem ismételhető pozitív zárófeszültség csúcsértéke: a pozitív polaritású feszültség legnagyobb értéke, amelyet a tirisztor alkalmi jelleggel, rövid ideig (kb. 100 μs) elvisel, károsodás nélkül;
- U_{DRM} : ismételhető pozitív zárófeszültség csúcsértéke: a blokkolási tartományban megengedett legnagyobb periodikus feszültség értéke;
- I_T : tartós egyenáram: a legnagyobb megengedett egyenáram, amely a tirisztoron tartósan átfolyhat;
- I_{TRM} : legnagyobb periodikus csúcsáram: a vezetési áram legnagyobb megengedett értéke egy periódus alatt;
- P_{GM} : maximális vezérlőtéljesítmény: a legnagyobb megengedett vezérlőtéljesítmény értéke;
- T_{jmax} : maximális zárórég hőmérséklet: túllépése a félvezető tönkremeneteléhez vezet.

A tirisztor szerkezete



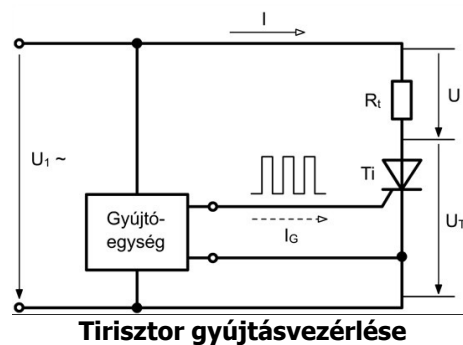
A tirisztorpasztilla metszete



Tirisztorház metszete

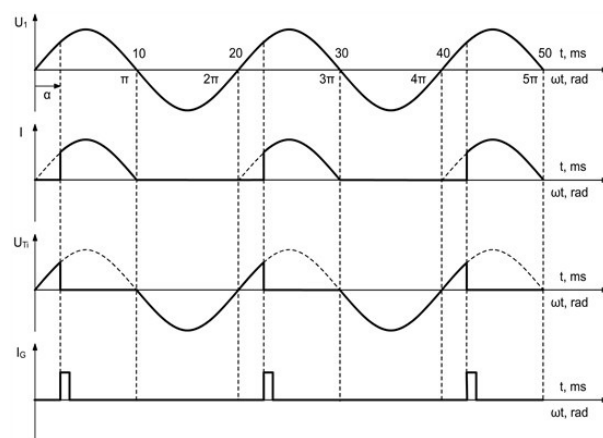
Elvileg a tirisztor előállításának kiindulási anyaga egy N vagy P típusú félvezető szilícium lapka, amelyben tisztán diffúziós eljárással, vagy diffúziós és ötvözesi eljárással alakítják ki a négyrétegű PNPN félvezető szerkezetet. A korszerűbb, tisztán diffúziós módszer sokkal jobb paraméterekkel rendelkező tirisztorok előállítását teszi lehetővé. Ez a nagyobb elérhető üzemi feszültségben és áramban, valamint a tirisztorok jellemzőinek a felhasznált anyagok minőségétől való kismértékű függőségében nyilvánul meg.

Tirisztorok alkalmazása váltakozó áramú körben

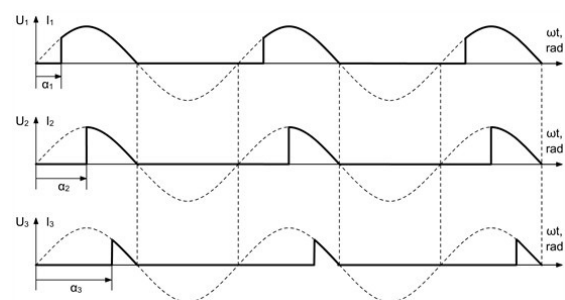


A tirisztor működés közben egy kapcsolóhoz hasonlítható, amelynek bekapcsolása (gyűjtása) és kikapcsolása (oltása) olyan frekvenciával és logika szerint történik, amelyet az általa vezérelt fogyasztó megkövetel. A bekapcsolás a kapuelektrodára adott megfelelő polaritású, elegendően nagy és elegendően hosszú ideig tartó áramimpulzussal vagy feszültségimpulzussal biztosítható. Bekapcsolt állapotban a tirisztor vezérlőelektrodája hatástalanná válik. Kikapcsolása csak a kritikus áramnál kisebb anódáram esetén lehetséges. Váltakozó áramú körökben a tirisztor kikapcsolása a váltakozó áram valamelyik nullátmenetének közelében következik be.

Ha a tirisztor kapuelektrodáját periodikus impulzus vezérli az U_1 feszültséghez képest adott fázishelyzetben, akkor a gyűjtás meghatározott fázisszög esetén következik be. A gyűjtás helyzetét a tápfeszültség negatív-pozitív nullátmenetétől számítjuk. Az α szöget gyűjtáskésleltetési szögnek nevezzük. Ha a vezérlőimpulzus fázishelyzetét módosítjuk, akkor megváltozik a gyűjtáskésleltetési szög értéke is, és a levágott félhullámok más alakot vesznek fel. Az R_t terhelésen fellépő feszültség annál kisebb lesz, minél nagyobb az a gyűjtáskésleltetési szög értéke. A tirisztor vezérlésének ezen lehetőségét, fázishasításos vezérlésnek vagy gyűjtásszögvezérlésnek nevezik.



Jellemző hullámformák



Hullámformák gyűjtáskésleltetésre

A gyűjtáskésleltetés

Megállapítható, hogy a gyűjtáskésleltetés módszere:

- viszonylag gyors beavatkozást és folyamatos szabályozást tesz lehetővé. Hátrányként említhető, hogy különösen magas felharmonikusok keletkeznek (főleg nagy értékű gyűjtáskésleltetési szögek esetén).

Ezek a felharmonikusok:

- erős rádiófrekvenciás zavart hoznak létre,
- jelenlétük többletvesztéssel eredményez

A fázishasításos módszer az ismertetett hátrányok miatt nem előnyös nagy teljesítmények szabályozására. Ezeket a hátrányokat igyekszik kiküszöbölni a perióduscsoport-szabályozási technika, vagy más néven félhullám-vezérlés.

Megfigyelhető, hogy ebben az esetben a vezérlő impulzus fázishelyzete rögzített, de változtatható frekvenciájú. Ezzel elérhető, hogy a vezérelt tirisztor meghatározott pozitív félhullámok esetén nem gyújt be. A félhullámok zárásának, illetve átengedésének vezérlési logikája tetszőleges lehet. A terhelésen fellépő feszültség és teljesítmény annál kisebb, minél több pozitív félhullámot zárunk le. A félhullám-vezérlés módszere:

- viszonylag lassú beavatkozást tesz lehetővé (minimálisan fél periódusidejű a késedelem) ,
- a szabályozás csak fokozatokban történhet, viszont előnye, hogy kevesebb felharmonikust állít elő

Ezért ezt a vezérlési technikát nagyobb teljesítmények szabályozására használják.

Tirisztorok alkalmazása egyenáramú körben

A tirisztorokat egyenáramú áramkörökben érintkező nélküli kapcsolóként alkalmazzák. Bekapcsolásuk a kapuelektroda vezérlésével történik, kikapcsolásuk viszont nehézségekbe ütközik, mivel nincs olyan természetes hatás, amely kikapcsolásuk érdekében az áramukat a kritikus áramérték alá csökkentené.

Egyenáramú körökben egy hagyományos tirisztor oltása

Egyenáramú körökben egy hagyományos tirisztor oltásakétféleképpen történhet:

- Az áramkör megszakítása a K kapcsoló nyitása az anódáram megszűnését (tehát, az IH kritikus áramérték alá csökkenését) eredményezi és a kezdetben kis ellenállású állapotban levő tirisztor átbillen nagy ellenállású állapotba. A K mechanikus kapcsoló szerepét a gyakorlatban egy másik félvezető kapcsoló-eszköz tölti be (pl. egy másik tirisztor).
- Záróirányú feszültség kapcsolása az anód és a katód közé. Ez a feszültség a bekapcsolt tirisztor anódáramával ellentétes irányú áramot hoz létre.

A diac típusai, felépítése és működése

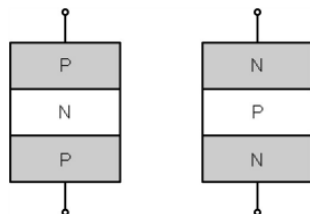
Váltakozó áramú kapcsolódióda

A diac (Diac = Diode alternating current switch) kétirányú, félvezetőkapcsoló-eszköz. Két stabil üzemi állapota van, egy nagy ellenállású állapot, amelyet zárási vagy blokkolási állapotnak is neveznek és egy kis ellenállású állapot, amelyet vezetési állapotnak is neveznek. A vezetési állapotba való átmenet a rákapcsolt feszültség polaritásától függetlenül egy meghatározott U_{B0} feszültségnél, az úgynevezett áttörési feszültségnél következik be.

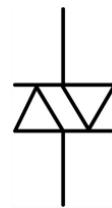
A DIAC előállítás

A diac előállítása három- és ötrétegű félvezetőeszköz formájában történik. A háromrétegű félvezetőeszközt kétirányú diódnak, az öt félvezető réteggel rendelkezőt pedig, kétirányú tirisztordiódnak nevezik

A DIAC felépítése

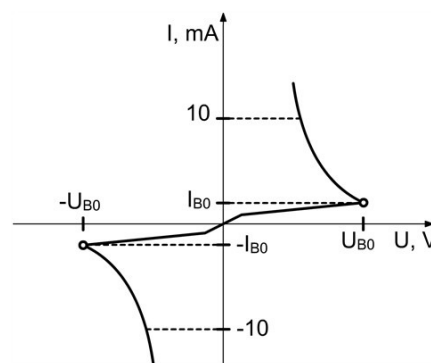


A DIAC elvi felépítése



A DIAC áramköri jelölése

A kétirányú dióda háromrétegű szimmetrikus PNP-, vagy ritkábban NPN-szerkezetű félvezetőeszköz, amelynek felépítése a bipoláris tranzisztoréhoz hasonló. A két PN-átmenet közül az egyik záróirányban, a másik nyitóirányban üzemel, függetlenül a félvezetőre kapcsolt feszültség irányától.



DIAC karakterisztika

A DIAC működése

A kétirányú dióda működése a záróirányban polarizált PN-átmenet lavinaletörésén alapszik, amely egy adott U_{B0} feszültségen következik be:

A kis ellenállású állapotba való átmenet a rákapcsolt feszültség polaritásától függetlenül, mindkét irányban megközelítően azonos feszültségen következik be. A $+U_{B0}$ és $-U_{B0}$ abszolút értéke közötti eltérést, amelynek lehetőleg kicsinek kell lennie, szimmetria-eltérésnek nevezzük. A négyrétegű dióda vezetési állapotból visszakapcsol zárási állapotba, ha feszültsége az U_H kritikus feszültség alá csökken.

A DIAC jellemzői

A kétirányú dióda egy kis teljesítményű félvezető kapcsolóeszköz, amely általában miniatűr dióda-tokozású kivitelben készül. Impulzustechnikai áramkörök tervezésénél, illetve készítésénél nagyon lényeges paraméter a kapcsolóelem átkapcsolási ideje, amely a kétirányú diódánál igen kicsi értékű.

A DIAC jellemző adatai

- U_{B0} áttörési feszültség (tipikus értéke, $U_{B0} = 32V$);
- I_{B0} áttörési áram (tipikus értéke, $I_{B0} = 50\mu A$);
- U_H kritikus feszültség (tipikus értéke, $U_H = 20V$);
- t_{be} átkapcsolási idő (tipikus értéke, $t_{be} = 45ns$);
- S szimmetria-eltérés (tipikus értéke, $S = \pm 3V$).

A DIAC határértékei

- P_{tot} legnagyobb megengedett veszteségi teljesítmény (tipikus érték, $= 0,5 W$);
- I_{Pmax} legnagyobb megengedett impulzusáram (tipikus értéke, $I_{Pmax} = 2A$);
- T_{jmax} legnagyobb tokhőmérséklet (tipikus érték, $T_{jmax} = +100^{\circ}C$);
- T_{jmin} legkisebb tokhőmérséklet (tipikus érték, $T_{jmin} = -40^{\circ}C$).

Kétirányú tirisztordiódák felépítése

A kétirányú tirisztordióda felépítésében és működésében is két négyrétegű dióda antiparalell (egymáshoz képest fordított irányú) kapcsolásának tekinthető, amelyet egyetlen közös félvezető kristályban állítottak elő.



Kétirányú tirisztordiódák működése

A kétirányú tirisztordiódák működése az antiparalell felépítésből következik. Váltakozó áramot kapcsolva a félvezetőeszközre, mindkét félperiódusban külön-külön a négyrétegű dióda jellegzetes tulajdonságait mutatja.

A kétirányú tirisztordióda bekapcsolásának feltétele:

- a váltakozó áram bármely félperiódusára az U_{B0} billenési feszültség túllépése és legalább az I_H kritikus áram biztosítása.

A kritikus áramerősség alatti értéken, a félvezető visszakapcsol nagy ellenállású állapotába.

Adatok és határértékek

A kétirányú tirisztordiódák adatai és határértékei megegyeznek a négyrétegű diódák adataival és határértékeivel. A kétirányú működés következménye, az S szimmetria-eltérés, amely ennél a kapcsolóeszköznél legfeljebb $5 + 6V$ értékű lehet.

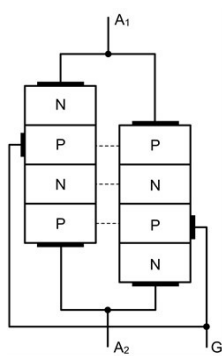
A DIAC alkalmazásai

A diac-ot, amely egyszerű felépítésű kétirányú kapcsolóeszköz, a triac vezérlésére dolgozták ki. Leginkább érintkező nélküli kapcsolóként alkalmazzák különböző gyújtó- és impulzusteknikai áramkörökben. Áramköri szempontból bekötése közömbös, mivel mind a két áramirányban ugyanúgy viselkedik és gyújtóimpulzusok előállítására képes a váltakozó áram mindkét félperiódusában.

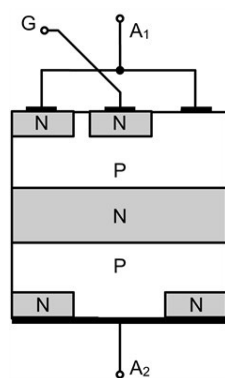
Kétirányú tirisztortrióda (Triac)

Kétirányú tirisztortrióda felépítése

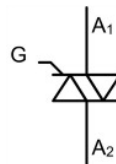
Az erősáramú elektronikai alkalmazásokban gyakran van szükség arra, hogy a váltakozó áram mindkét félperiódusában vezérelni tudják az átfolyó áramot, és így úgynevezett teljeshullámú AC szabályozást hozzanak létre. Kezdetben a teljeshullámú AC szabályozás két ellenpárhuzamosan kapcsolt tiriszttal, vagy egy egyenirányító diódahíd egyenáramú átlójában elhelyezett tiriszttal valósították meg. Ezek a megoldások nagymértékben bonyolították ezen szabályozók erősáramú részét és gyújtóegységét.



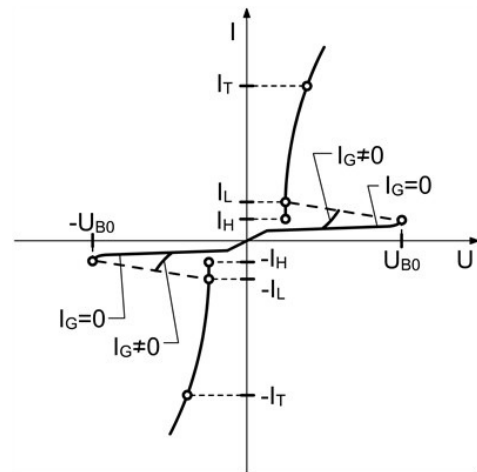
**Antiparallel
kapcsolás**



**A triac
szerkezete**



**A triac
rajzjele**



Áram-feszültség jelleggörbe

Kétirányú tirisztortrióda működése

Az ábrán látható megoldásban a T_{i1} tirisztor az egyik pl. pozitív félhullámokat, a T_{i2} pedig a negatív félhullámokat vezérli. A kapcsolás működéséhez két vezérlőáram szükséges, ami növeli a gyújtókör költséget, csökkenti a teljesítményvezérlés gazdaságosságát és megbízhatóságát.

A triac egy kétirányú vezérelhető félvezetőkapcsolóeszköz, amely úgy működik, mint két antiparalel kapcsolású, közös vezérlőelektrodával rendelkező tirisztor. A triac vezérlőelektrodáján keresztül a váltakozó áram mindkét félperiódusában vezérelhető. Hogy lehetővé váljon egyetlen kapuelektroda kialakítása, amely vezérelhető negatív és pozitív impulzusokkal, a T_{i2} tirisztor G_2 kapuelektrodájának a helyzetét kell megváltoztatni. A T_{i2} tirisztor csak akkor válik vezérelhetővé, ha a kapuelektroda kivezetése alá egy kis méretű N típusú réteget visznek be.

A triac elektródái

Felépítéséből következően a triac-nak három elektródája van, amelyeknek elnevezése a következő:

- A_1 : 1 anód, vagy felső anód (a kapu mellett helyezkedik el);
- A_2 : 2 anód, vagy tokenód (rendszerint az eszköz fémtokja);
- G: kapuelektroda, vagy gate.

A triac karakterisztikája

A tirisztorhoz hasonlóan, a triac karakterisztikáján is megkülönböztetünk az anódfeszültség mindkét irányában:

- vezetési tartományt,
- átmeneti tartományt,
- blokkolási tartományt

Az eszközre váltakozó feszültséget kapcsolva, mindkét félperiódus billenési szintje vezérelhető.

Mivel a triac mindkét polaritással működik, ezért a karakterisztika jellegzetes tartományai a zárótartomány kivételével mindkét síknegyedben megtalálhatók. A vezérlőelektroda a gyújtást követően hatástalanná válik, és kikapcsolása csak akkor következik be, amikor anórárama az I_H kritikus érték alá csökken.

A triac katalógus adatai

- I_H : kritikus áram (tipikus érték $I_H \approx 15\text{mA}$);
- I_{DROM} : a zárási áram csúcsértéke: az az áram, amely zárási állapotban, nyitott kapuelektroda mellett átfolyik a triacon, ha a két anód közötti zárasi feszültség maximális (tipikus értéke, $I_{\text{DROM}} \approx 0,5\text{mA}$);
- I_{GT} : kapu-triggeráram: az a legkisebb kapu-áram, amelyen a triac vezetési állapotba kapcsol (tipikus értéke, $I_{\text{GT}} \approx 20\text{mA}$);
- U_{GT} : kapu-triggerfeszültség: az I_{GT} kapu-triggeráram létrehozásához szükséges feszültség (tipikus értéke, $U_{\text{GT}} \approx 1,2\text{V}$);
- t_{gt} : bekapcsolási idő; az az idő, amely egy meredek vezérlőimpulzus érkezésétől eltelik addig, amíg a vezetési áram a maximális értékének 90 % -át el nem éri (tipikus értéke, $t_{\text{gt}} \approx 2\mu\text{s}$);
- R_{thG} : a zárórég és a ház közötti hőellenállás;
- R_{thU} : a zárórég és a környezet közötti hőellenállás.

Határértékek:

- U_{DROM} : zárasi feszültség periodikus csúcsértéke: az a legnagyobb feszültség, amely zárasi állapotban, nyitott kapuelektroda mellett periodikusan a triac-ra kapcsolható anélkül, hogy vezetési állapotba kapcsolna (tipikus értéke, $U_{\text{DROM}} \approx 400\text{V}$);
- I_T : vezetési áram: a legnagyobb megengedett tartós terhelőáram (tipikus értéke, $I_T \approx 15\text{A}$);
- I_{TSM} : impulzusszerű áram: alkalmilag, meghatározott feltételek mellett és rövid ideig léphet fel (tipikus értéke 20 ms időtartamra, $I_{\text{TSM}} \approx 100\text{A}$);
- I_{GTM} : kapu-csúcsáram: a vezérlőáram olyan értéke amely csak rövid ideig folyhat a kapu-áramkörben (tipikus értéke $1\mu\text{s}$ időtartamra, $I_{\text{GTM}} \approx 4\text{A}$);
- T_j : üzemi hőmérséklet-tartomány (tipikus értéktartomány, $T_j \approx -60^\circ\text{C} \dots +100^\circ\text{C}$).

A triac alkalmazása

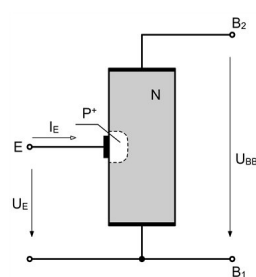
A triac és a kétirányú triggerelemek együttműködése lehetővé teszi a váltakozó áramú teljesítmények egyszerű vezérlését és szabályozását. A gyújtókörök a szükséges kicsi vezérlőteljesítmények miatt kis teljesítményű félvezetőkkal, vagy speciális integrált áramkörökkel kivitelezhetők.

A triac-os szabályozó-áramkörök jól használhatók néhány kevésbé igényes alkalmazásban, mint amilyen a kis teljesítményű izzólámpa, elektromos fűtőtest vagy az egyfázisú váltakozó áramú motorok szabályozása. Ugyanakkor a triac eredményesen alkalmazható érintkező nélküli kapcsolóként különböző áramkörökben. Nem szabad elfelejteni, hogy valamennyi gyújtásszögvezérelt tirisztoros és triacos áramkör szükségszerű velejárója a rádiófrekvenciás zavarok keletkezése. Ezeknek a zavaroknak a kiküszöbölése további alkatrészek beépítését teszi szükségessé, amelyek növelik a kapcsolások tömegét, méreteit és előállítási költségeit.

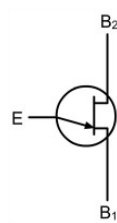
Az egyátmenetű tranzisztor (UJT) felépítése, működése, jellemzői

Az egyátmenetű tranzisztor felépítése

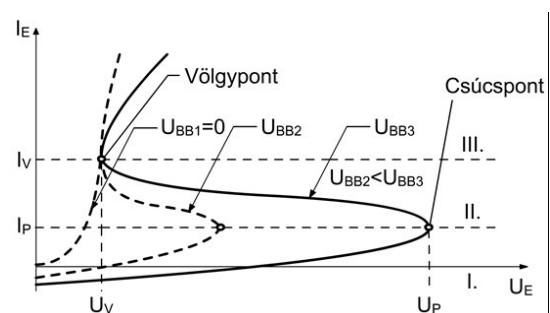
Az egyátmenetű tranzisztor (angol nevén Unijunction Transistor, rövidítve: UJT) egyetlen PN-átmenetet tartalmaz. Felépítés szempontjából egy N (vagy P) típusú, szennyezett félvezető-lapkából áll, amelynek a két végére ohmos kontaktust készítenek és ezeket a B₁, B₂ kivezetéseket bázisoknak nevezik.



Az UJT szerkezeti felépítése



Az UJT rajzjele



Az egyátmenetű tranzisztor jelleggörbéje

Az UJT működése

Az N-típusú szilíciumkristályba erős P⁺-típusú szennyezést visznek be, amelyet ohmos csatlakozással látnak el és E emitter kivezetésnek neveznek.

Az emitter mindegyik bázissal egy hagyományos diódát alkot és a két bázis közötti ellenállás, amely két ellenállás soros kapcsolásával helyettesíthető, kb. 4...10kΩ nagyságú.

Ha az egyátmenetű tranzisztor U_{BB} feszültsége túlhalad egy bizonyos értéket, akkor az N szennyezettségű alapkristály hossza mentén levő feszültségelosztás lineárisnak tekinthető, ezért az R_{B2} ellenállásra jutó feszültség U_{E1} a feszültségosztásból kiszámítható.

Az η ; belső feszültségosztási tényező:

$$\eta = \frac{U_{E1}}{U_{BB}} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \approx 0,5 \div 0,8$$

A belső feszültségosztási tényező az alapkristály geometriai méreteitől függ, ezért igen stabil az eszközre jellemző paraméter.

A karakterisztika három tartományra bontható:

- Lezárási tartomány (I): a PN-átmenet zárva marad, csak a dióda záróirányú árama folyik.
- Negatív ellenállású tartomány (II): a PN-átmenet kinyit és lyukakat injektál az N-típusú kristályba, aminek következtében az I_E áram nő és az R_{B1} ellenállás értéke lecsökken. Az U_E leosztott feszültség ennek következtében csökken és így, a dióda nyitóirányú feszültsége nő. Ez egy lavinaszerűen önmagát erősítő folyamat, amely során a vezetőképesség növekedése egy negatív ellenállású szakaszon történik.
- Telítési tartomány (III.): a negatív ellenállású szakasz végén az emitteráram meredeken emelkedik és az eszköz védelme érdekében feltétlenül korlátozni kell.

Megfigyelhető, hogy az U_{BB} feszültség nagysága erősen befolyásolja az emitter-jelleggörbe alakját; $U_{BB} = 0$ feszültség esetén alakja megegyezik egy hagyományos dióda jelleggörbéjének alakjával.

Az egyátmenetű tranzisztor egy kétállapotú eszköz, vagyis két stabil állapottal rendelkezik: egyik nagy ellenállású állapot (az I. tartományban), a másik kis ellenállású állapot (a III. tartományban). A két állapot közötti átmenet egyik irányban akkor következik be, ha az emitter-feszültség túllépi az U_p csúcsponti feszültséget, a másik irányban pedig, ha az emitter-feszültség az U_V völgyponti feszültség alá süllyed.

A csúcsponti- és a völgyponti feszültség és áram az UJT nagyon fontos jellemzője:

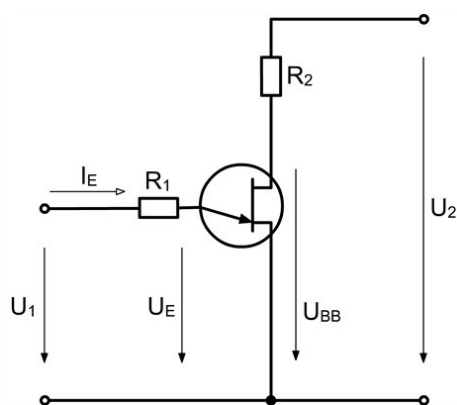
- a csúcsponti áram értéke: $I_p \approx 2...25\mu A$,
- a völgyponti áram pedig: $I_V \approx 1...8mA$.

Az UJT alkalmazásai

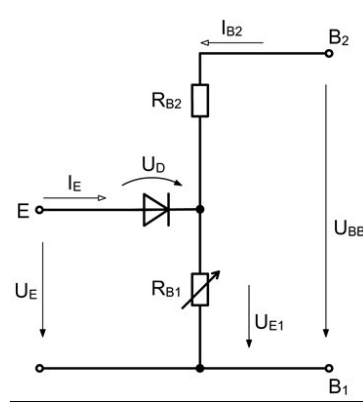
Az egyátmenetű tranzisztorok sajátos alkalmazási területein az alábbi legfontosabb elektromos jellemzői, ill. kedvező tulajdonságai közül legalább egyet hasznosítanak:

- stabil U_p billenőfeszültség, amely a bázisokra kapcsolt feszültségnek egy leosztott része;
- a billenéshez nagyon kis értékű I_p áram szükséges;
- a hőmérséklet és az idő függvényében stabil negatív ellenállású jelleggörbe;
- nagy áramimpulzussal való terhelhetőség;
- kis előállítási költség.

Az egyátmenetű tranzisztorok említett tulajdonságai igen előnyösen használhatók tirisztorok gyújtóegységeiben, oszcillátorokban (rezgékeltőkben), időzítő-áramkörökben, bistabil körökben és különböző multivibrátorokban.



Az egyátmenetű tranzisztor jelleggörbéje

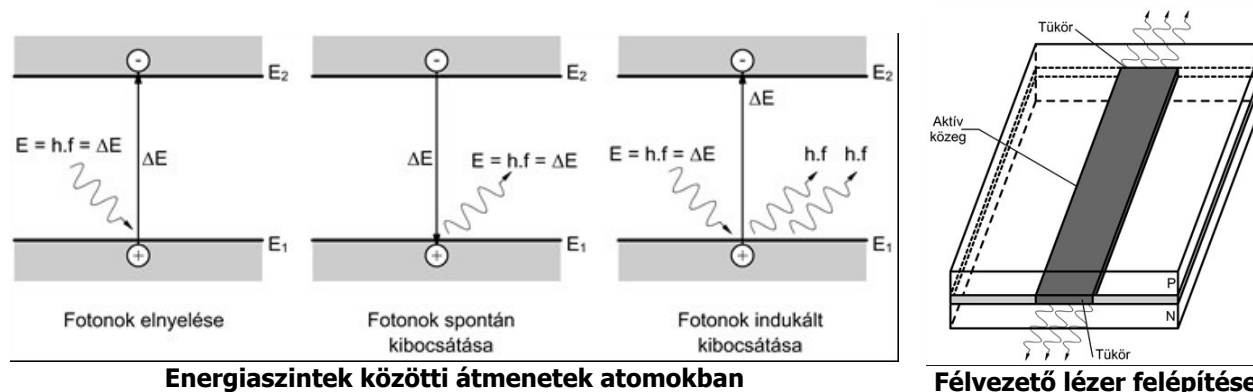


Az UJT helyettesítő kapcsolása

A lézerdióda fizikai működése, jellemző adatai, határértékei és gyakorlati alkalmazásai

Lézerdiódák

A lézer fény kibocsátására és erősítésére alkalmas eszköz. Működésük a fényemisszió elvén alapszik. A laser szó az angol elnevezés light amplification by stimulated emission of radiation rövidítése, amelynek jelentése: fényerősítés a sugárzás kényszerített emissziója révén.



Energiaszintek közötti átmenetek atomokban

Félvezető lézer felépítése

Lézerdiódák fizikai működése

Egy atom két energiaszintje közötti átmenetre több variáció létezik :

- Belső fotoelektromos hatás
- Indukált emisszió

Lehetséges átmeneti folyamatok

Az indukált emisszió lényege, hogy egy gerjesztett állapotban lévő atom egy delta energiájú fotonokból álló sugárzás révén rábírható arra, hogy a kölcsönhatás időpontjában indukáltan kibocsáthasson delta energiájú fotonokat. Ha egy ilyen energiájú foton egymás után több gerjesztett atommal ütközik, akkor a sorban egymást követő indukált emissziók erősíthetik egymást.

Indukált emissziók sorozata

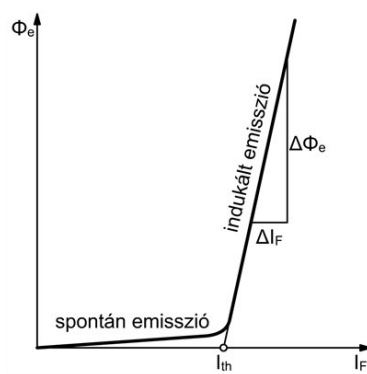
Az indukált emisszió folyamatát öngerjedésnek nevezzük. Az ilyen rendszer koherens fényt bocsát ki.

Lézerdiódák működése

A nyitóirányban előfeszített PN- átmenet határán létrejön egy tartomány, amelyben a sugárzási rekombinációk túlsúlyban vannak. Ennek a tartománynak, amelyet aktív közegnek is hívunk, a vastagsága a töltéshordozók diffúziós hosszával azonos nagyságrendű ez 100-200nm közötti értékű. Nyitóirányú áram egy bizonyos határértékénél I_{th} a fényerősség hirtelen megnő, a kibocsátott fény spektruma elkeskenyedek, és lézersugár jön létre.

Ezen diódák alapanyaga általában valamilyen fémes vegyület. Előnyei a fémdiódákéhoz képest:

- Nagy átalakítási határfok
- Nagyobb sugárzási teljesítmény
- A kibocsátott fény kismértékű széttartása
- A kibocsátott fény hullámhossza széles tartományban változtatható.



Lézerdióda karakterisztikája

Lézerdiódák adatai, határértékei

A táblázat az SFH 4801 típusú GaAlAs alapú Siemens gyártmányú lézer dióda adatait tartalmazza.

Határértékek				Jellemző adatok ($T_j = 25\text{ °C}$)					
Φ_e [mW]	Φ_{epuls} [mW]	U_R [V]	T_j [°C]	λ [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]	μ [W/A]	I_{th} [mA]	Φ_e [mW]	$\Phi_{\text{epuls}}, t_p \leq 10\mu\text{s}$ [mW]
200	300	3	10 + 65	805	2	0,35	400	150	250

Táblázat (SFH 4801-típusú lézerdióda adatai)

- Φ_e : maximális fénytjeljesítmény folyamatos üzemmódban
- Φ_{epuls} : maximális fénytjeljesítmény impulzus üzemmódban
- U_R : maximális záróirányú feszültség
- T_j : maximális záróréteg- hőmérséklet

Jellemző adatok:

- λ : kibocsátott sugárzás hullámhossza
- $\Delta\lambda$: hullámhossz- változás
- η : a teljesítmény-áramátalakítás hatásfoka
- I_{th} : nyitóirányú áram küszöbértéke

Lézerdióda alkalmazása

Általában információk digitális rögzítésére és olvasására alkalmas berendezésekben (CD-ROM) és az üvegszálalás digitális információ-átvitelben használják.