

30-31.Radna nedelja (13. 04. 2020. - 25. 04. 2020.)

Predmet : Elektrotehnički materijali

Odeljenje: II2

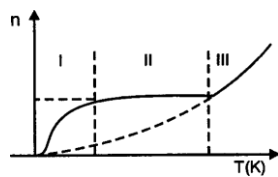
Nastavna jedinica : Uticaj temperature na osobine poluprovodnika, Uticaj električnog polja na osobine poluprovodnika, Optičke osobine poluprovodnika

Nastavnik : Ivan Mladenović

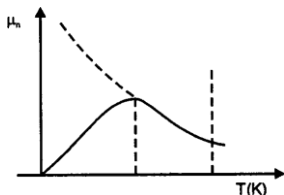
Odgovore na pitanja poslati do 24.04.2020 god. na e-mail [ivan.mladenovic9901@gmail.com](mailto:ivan.mladenovic9901@gmail.com)

## Uticaj temperature na osobine poluprovodnika

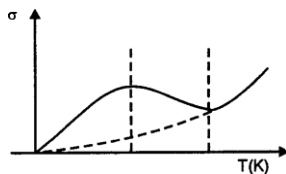
Poluprovodnici su materijali koji imaju negativan temperaturni koeficijent otpornosti, odnosno kod njih se sa povišenjem temperature specifična električna otpornost smanjuje ( $\alpha < 0$ ). Specifična električna provodnost poluprovodnika zavisi od koncentracije nosilaca naelektrisanja i od njihove pokretljivosti i obe ove veličine zavise od temperature.



Koncentracija nosilaca naelektrisanja kod čistih poluprovodnika na apsolutnoj nuli je jednaka nuli a sa povišenjem temperature se povećava (isprekidana linija). Kod primesnih poluprovodnika, koncentracija nosilaca naelektrisanja na apsolutnoj nuli je jednaka nuli a sa povišenjem temperature do 20K se povećava (oblast I) a sa daljim povećanjem temperature se ne menja, odnosno nastupa zasićenje (oblast II). Na temperaturama višim od sobne dolazi do generacije, tj, do stvaranja para elektron-šupljina pa se koncentracija nosilaca naelektrisanja naglo povećava (oblast III).



Pokretljivost nosilaca naelektrisanja na apsolutnoj nuli je jednaka nuli. Sa povećanjem temperature se povećava i na određenoj temperaturi prolazi kroz maksimum i zatim se sa daljim povišenjem temperature smanjuje.

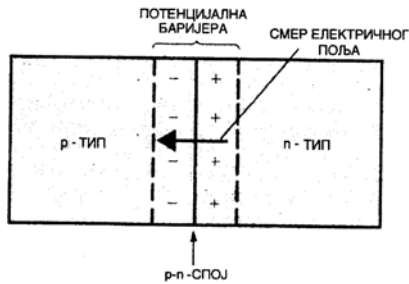


Specifična električna provodnost sa povećanjem temperature se uglavnom povećava (oblasti I i III) ali u jednom malom temperaturnom intervalu opada pa je temperaturni koeficijent otpornosti pozitivan (oblast II).

Kod nekih poluprovodnika, kao što su keramičke mase na bazi oksida metala (titan-oksidi, aluminijum-oksidi, niki-oksidi i sl.), temperaturni koeficijent otpornosti je negativan i vrlo veliki i otpornici od ovih materijala na sobnoj temperaturi imaju vrlo veliku otpornost. Međutim, ako se samo malo zagreju njihova otpornost će se naglo smanjiti i takvi otpornici se zovu **NTC termistori** (skraćeno od negativan temperaturni koeficijent). Koriste se za merenje i regulaciju temperature ili za regulaciju otpora ili kod tranzistorskih pojačavača za smanjenje uticaja temperature. Postoje i **PTC termistori** (skraćeno od pozitivan temperaturni koeficijent) i oni se koriste za ograničenje struje motora i sl. i izrađuju se najčešće od barijum-titanata. Termistori su nelinearni otpornici jer im se otpornost nelinearno menja sa promenom temperature.

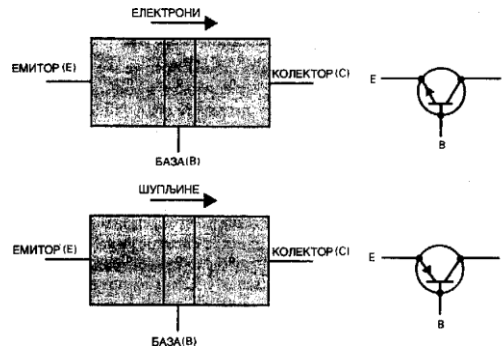
## Uticaj električnog polja na osobine poluprovodnika

Kod nekih poluprovodnika kao što su silicijum-karbidi, otpornost poluprovodnika se izrazito menja sa promenom spoljašnjeg električnog polja, odnosno sa povećanjem napona dolazi do naglog pada otpornosti itakvi otpornici se zovu **varistori**. I varistori su nelinearni otpornici. Koriste se za stabilizaciju napona, ograničenje prenapona, izradu gromobrana i sl.



Određenim tehnološkim postupcima može se dobiti kristal silicijuma ili nekog drugog poluprovodnika koji je na jednom kraju n-tipa a na drugom kraju p-tipa i na taj način se formira **p-n spoj**. Zbog različite strukture spojenih poluprovodnika stvara se potencijalna barijera u kojoj nema nosilaca naelektrisanja. Širina potencijalne barijere zavisi od polarizacije p-n spoja, odnosno od spoljašnjeg el. polja. Inverzno polarisan p-n spoj ne provodi el. struju dok direktno polarisan p-n spoj provodi el. struju.

P-n spoj sa metalnim priključcima se zove **dioda**. Nalazi se u metalnom, plastičnom ili staklenom kućištu iz kojeg izlaze dva provodnika: anoda (A) i katoda (K). Dva p-n spoja se zovu **tranzistor**.



## Optičke osobine poluprovodnika

Optoelektronski elementi su:

- detektori zračenja (fotodioda, fototranzistor, fotootpornik, solarne ćelije) koji optički signal pretvaraju u električni;
- izvori zračenja (LED dioda, LD dioda, izvor infracrvenog zračenja) koji električni signal pretvaraju u optički signal.

Pri osvetljavanju poluprovodnika ili p-n spojeva njihova specifična električna provodnost se povećava i ova pojava se zove **fotoefekat**. **Fotootpornici** su otpornici čija se otpornost smanjuje kada su osvetljeni i to su nelinearni otpornici. Koriste se najčešće za izradu automata za uključenje uličnog osvetljenja ili svetlećih reklama. **Fotodioda** je p-n spoj koji je osetljiv na svetlost. Fotodiode mogu da budu fotootporne i fotonaponske (solarne ćelije). Solarne ćelije pretvaraju svetlosnu energiju u električnu energiju. Fotodiode se najčešće koriste kao: fotodetektor (registruju prisustvo svetlosti), pretvarači (pretvaraju svetlosni signal u električni da bi se putem optičkog kabla prenosio na velike udaljenosti) i izvori svetlosti (pojačavaju signal u unutrašnjosti optičkog kabla).

Poluprovodnici menjaju svoju provodnost i pod uticajem drugih vrsta zračenja kao što su ultraljubičasto ili infracrveno.

**Luminiscencija** je pojava da pri rekombinaciji slobodnog elektrona i šupljine dolazi do oslobađanja energije, najčešće u vidu svetlosne energije. Ovaj efekat se koristi za izradu izvora svetlosti kao što su luminiscentne LED diode, laser LD diode i izvori infracrvenog zračenja. **Luminiscentna LED dioda** je p-n spoj sa direktnim energetskegim procepom koji u spoljašnjem električnom polju emituje svetlost različitih boja što zavisi od materijala od kojeg je izrađena. Emisija svetlosti kod ovih dioda je spontana. Stepem korisnog dejstva LED dioda je veoma mali (oko 0.5%) i samo mali deo svetlosti se emituje sa površine ove diode. **Laserske LD diode** su p-n spojevi sa direktnim energetskegim procepom kod kojih je emisija svetlosti stimulisana i rasipanja svetlosti skoro da i nema. Mogu da se pobuđuju električnim poljem ili optičkim ili elektronskim snopom.

## Pitanja :

1. Kako koncentracija nosilaca naelektrisanja zavisi od temperature, nacrtati grafik I svojim rečima pojasniti?
2. Šta su **NTC i PTC termistori** ?
3. Šta su veristori ?
4. Objasniti zašto dioda ne provodi struju kada je inverzno polarisana i obrnuto ( zašto provodi struju kada je direktno polarisana) , skicirati sliku?
5. Koji su to optoelektrični elementi ?
6. Šta je fotodioda ( čemu služi) ?
7. Koje su to laserske LD diode ?