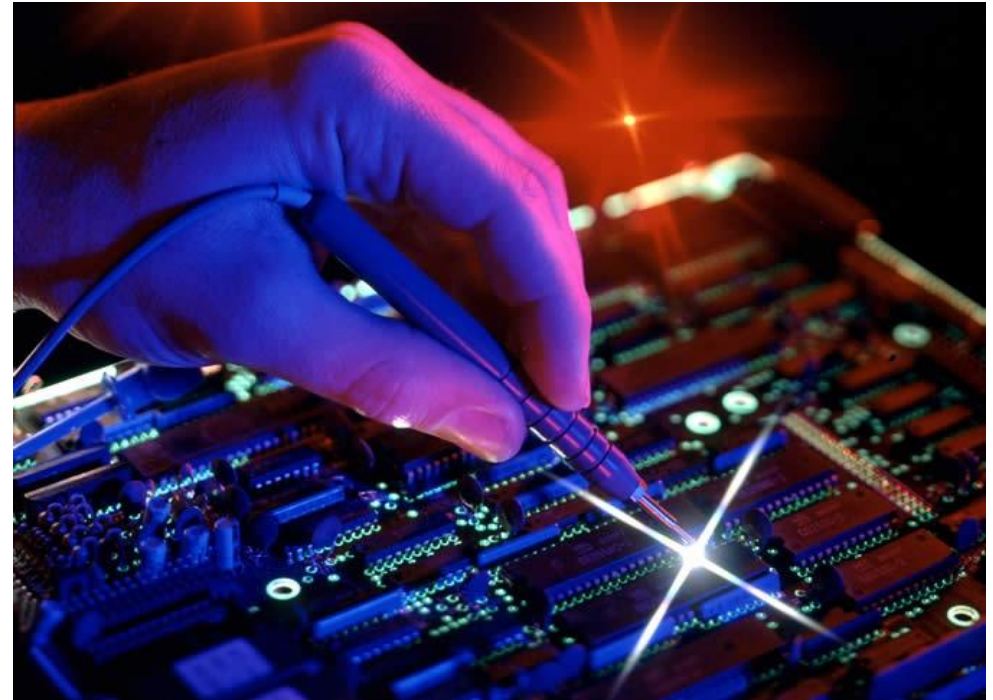




Elektronika

Auditorne vježbe 1

Što je elektronika?



- Elektronika je grana znanosti i tehnologije koja koristi usmjereno gibanje elektrona kroz neki medij ili vakuum.
- Usmjereno gibanje elektrona → električna struja

O kolegiju

- Gradivo
 - 1) Osnovna svojstva poluvodičkih materijala
 - 2) Fizikalni princip rada poluvodičke diode i tranzistora
 - 3) Elektronički sklopovi
- 3 kolokvija
- E-learning portal
- Konzultacije:
 - Tihomir Betti (B709), email: betti@fesb.hr
 - Ivan Marasović (B406), email: ivan.marasovic@fesb.hr

Od čega se izrađuju elektronički uređaji?

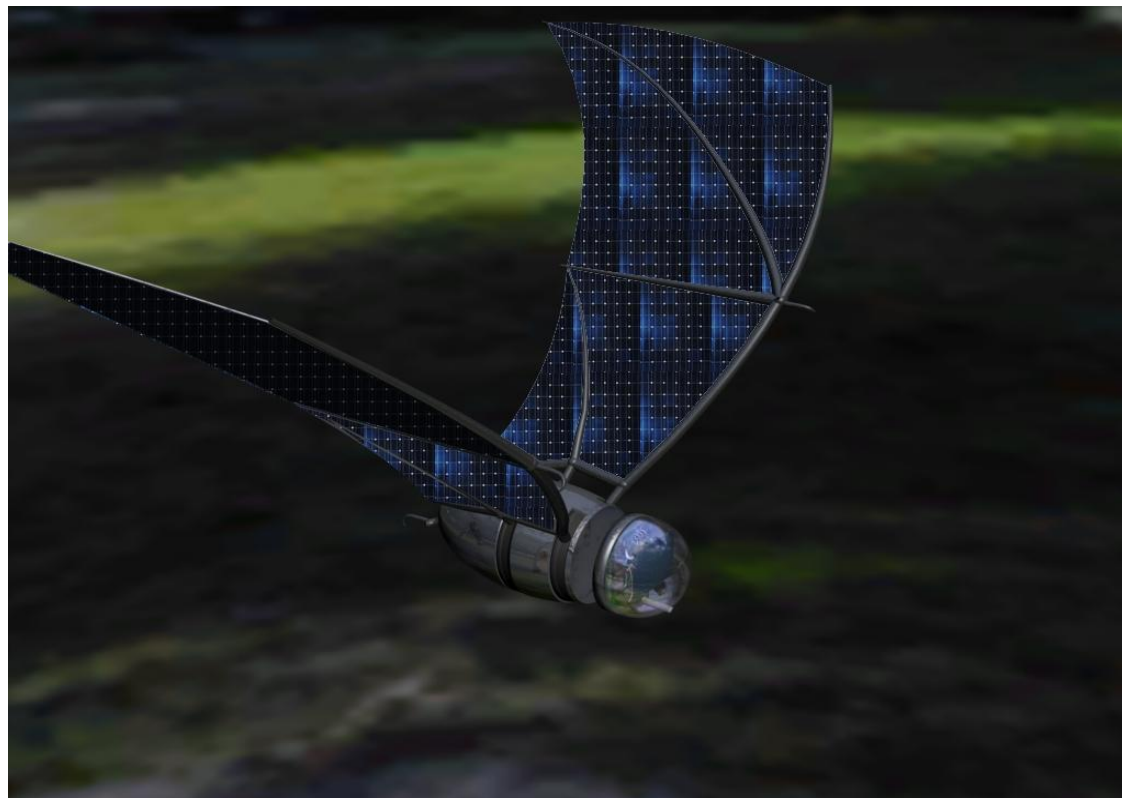


- Silicij – Si (2. najrasprostranjeniji element u Zemljinoj kori – 25,7%)
- Germanij – Ge

Složeni poluvodiči

- III-V poluvodiči:
 - GaAs, GaN, GaP, GaSb
 - AlAs, AlN, AlP
 - InSb, InAs, InN, InP
 - AlGaAs, InGaAs
 - InGaP, AlGaP
- II-VI poluvodiči:
 - CdS, CdSe, CdTe
 - ZnO, ZnSe, ZnS, ZnTe

itd...



Sunčane ćelije temeljene na GaAs

Definicija poluvodiča

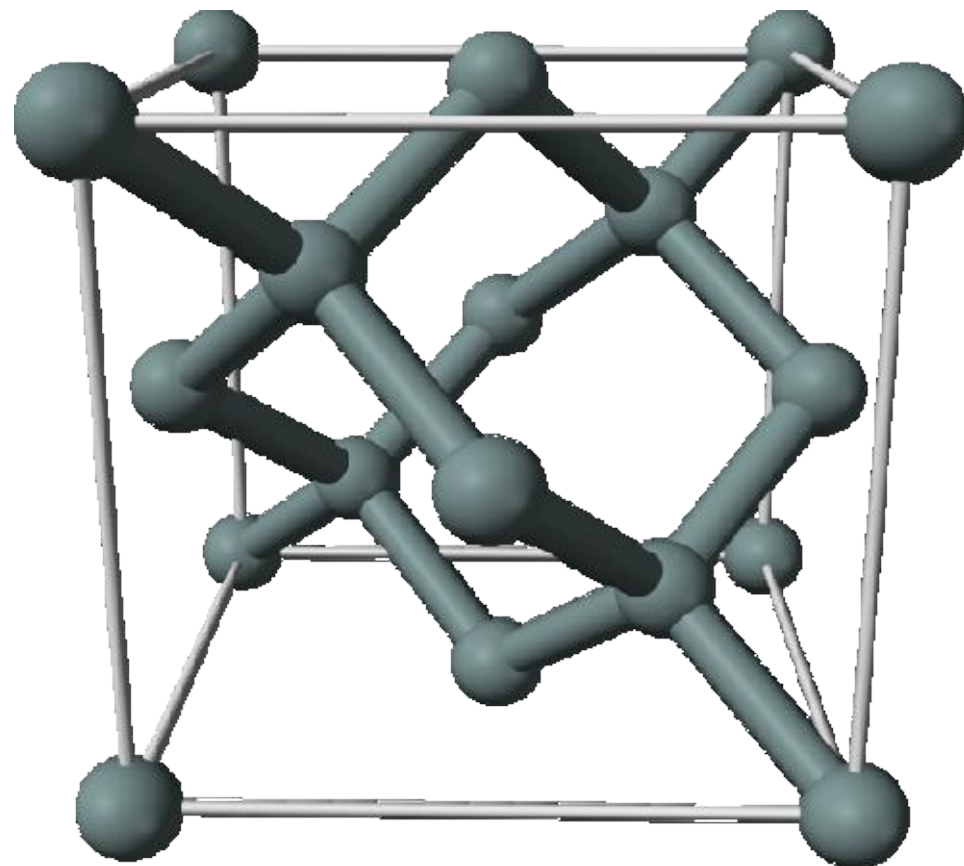
- Materijali čija je električna vodljivost veća od vodljivosti izolatora, a manja od vodiča.

$$10^{-8} \text{ S/cm} < \sigma < 10^3 \text{ S/cm}$$

- Ključni parametar je **električna vodljivost!**
- Vodljivost poluvodiča može se mijenjati u širokom rasponu vrijednosti.
- Kako?
- Pogledati u strukturu silicija!

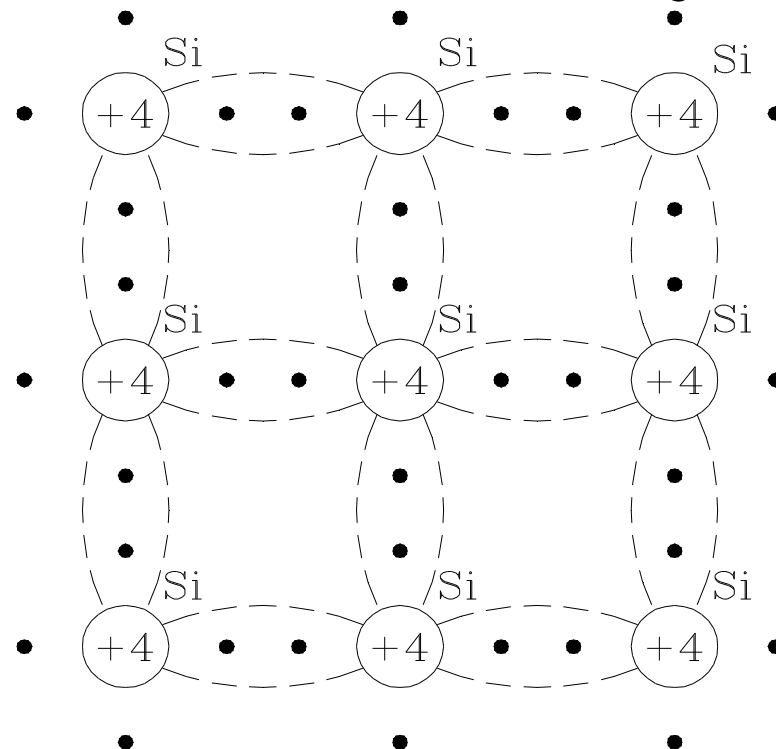
Struktura silicija

- Čvrsto tijelo
- Kristalna struktura
- Kovalentna veza
- Gustoća atoma: $5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$



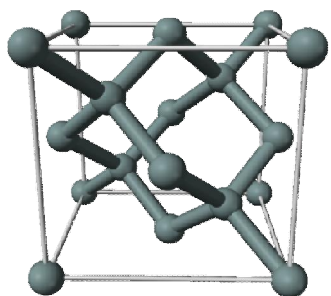
Kovalentna veza

- Atom:
 - Jezgra
 - Elektroni (smješteni u tzv. ljuskama)
- Ključni su tzv. **valentni elektroni** – najudaljeniji od jezgre



Slobodni elektroni

- Električna vodljivost ovisi o broju **slobodnih** elektrona
- Ali elektroni su u kovalentnim vezama!
- Kako osloboditi elektron iz kovalentne veze???
- Razbiti kovalentnu vezu!



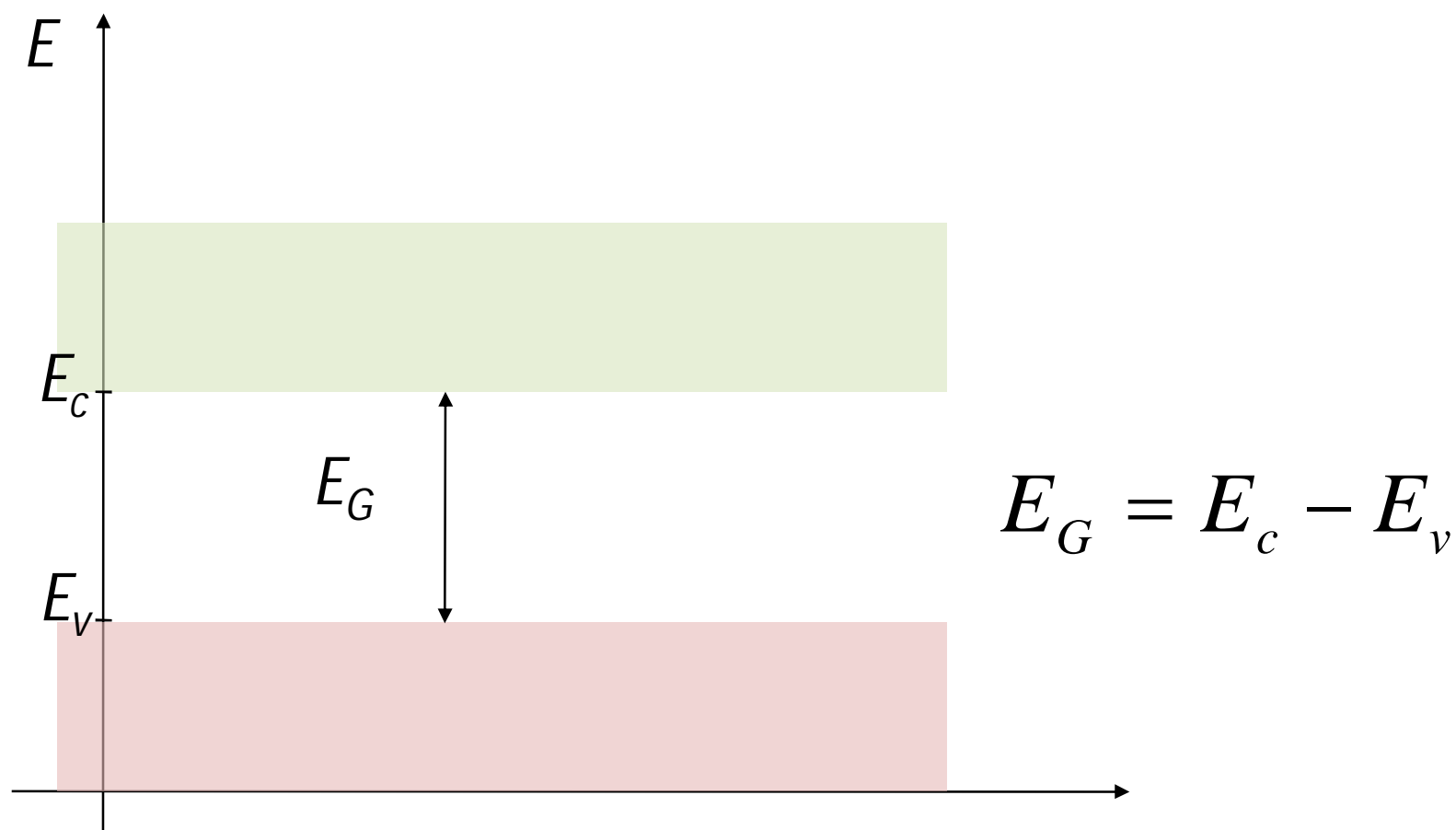
Gustoća slobodnih elektrona

- Gustoća slobodnih elektrona: n [cm⁻³]
- *Broj slobodnih elektrona u jedinici volumena*
- **Ovisi o temperaturi!**
- Elektron se može osloboditi iz kovalentne veze ako mu se dovede energija (zagrijavanjem, djelovanjem svjetla itd.).

Karakteristične energije

- Vrh valentnog pojasa – najveća energija koju elektron može imati, a da je još uvijek vezan uz atom. E_v
- Dno vodljivog pojasa – najmanja energija koju elektron može imati kad je slobodan. E_c
- Širina zabranjenog pojasa – najmanja energija koju treba dovesti da bi se oslobodio elektron iz kovalentne veze. E_G
- Prikaz karakterističnih energija – **energijski dijagram**.

Energijski dijagram poluvodiča



Za silicij na 300 K: $E_G = 1,12$ eV

Za GaAs na 300 K: $E_G = 1,42$ eV

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Širina zabranjenog pojasa

- Model za proračun širine zabranjenog pojasa Si u ovisnosti o temperaturi:

$$E_G(T) = 1,17 - 4,73 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{T^2}{T + 636} \quad [eV]$$

Zadatak 1.

- Izračunati širinu zabranjenog pojasa silicija na sljedećim temperaturama:
 - a) $T=200\text{ K}$
 - b) $T=350\text{ K}$
 - c) $T=400\text{ K}$

Čisti (intrinzični) silicij

- Bez primjesa (nečistoća).
- Broj slobodnih elektrona = broj razbijenih kovalentnih veza.
- Razbijena kovalentna veza = slobodno mjesto za drugi elektron → šupljina.
- Gustoća šupljina p [cm⁻³].
- U intrinzičnom poluvodiču:

$$n = p = n_i$$

Određivanje intrinzične gustoće

- Model za određivanje intrinzične gustoće u ovisnosti o temperaturi za silicij:

$$n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} \cdot \exp\left(-\frac{E_G}{2E_T}\right) \quad [cm^{-3}]$$

$$N_c = 6,2 \cdot 10^{15} \cdot T^{3/2} \quad [cm^{-3}]$$

$$N_v = 3,5 \cdot 10^{15} \cdot T^{3/2} \quad [cm^{-3}]$$

$$E_T = k \cdot T = \frac{T}{11605} \quad [eV]$$

Zadatak 2.

- Izračunati intrinzičnu gustoću u silicijskom poluvodiču na temperaturama:
 - a) $T = 100 \text{ K}$
 - b) $T = 200 \text{ K}$
 - c) $T = 350 \text{ K}$
 - d) $T = 400 \text{ K}$