



# Elektronika

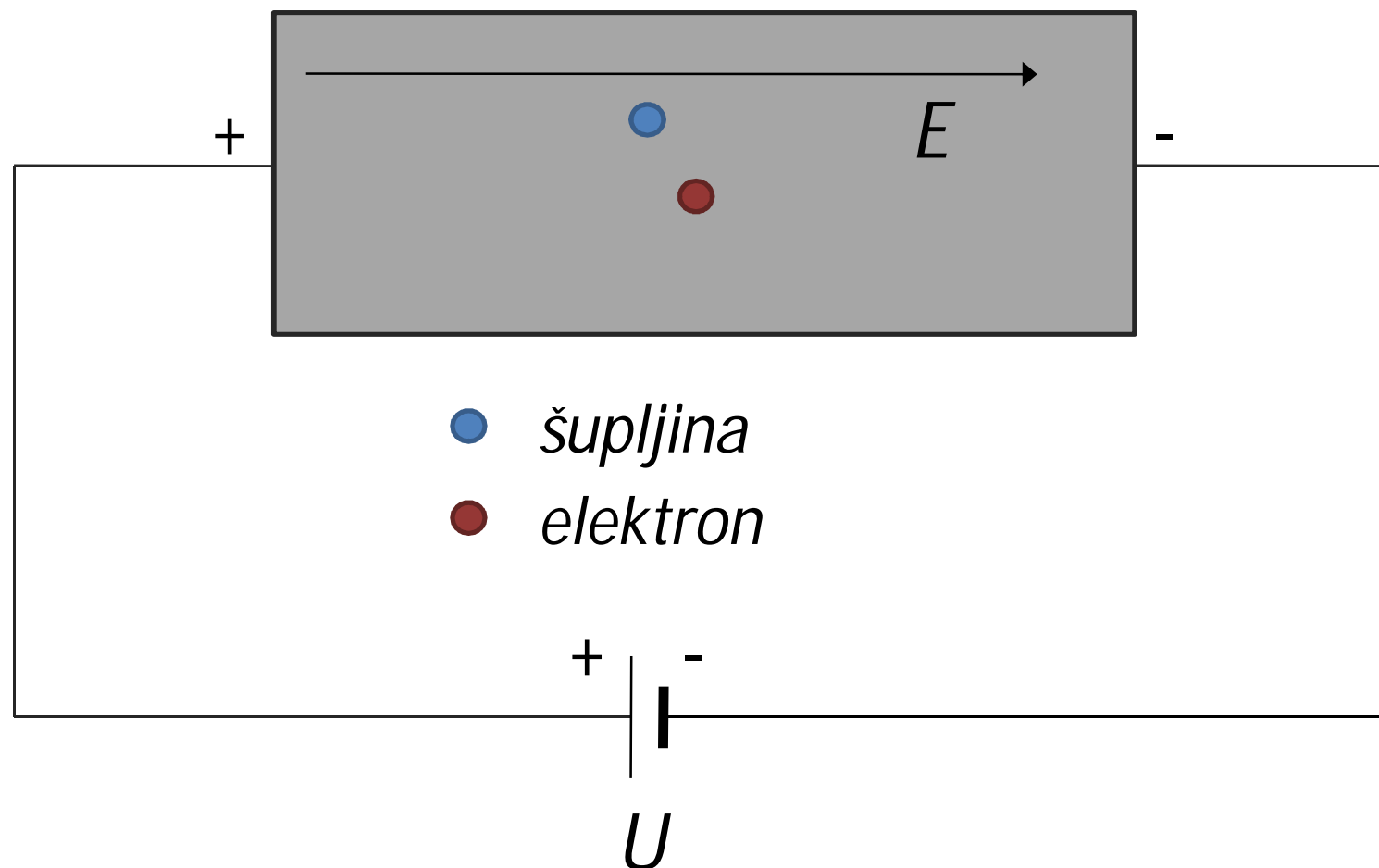
## Auditorne vježbe 4

# Gibanje nosilaca u poluvodiču

- Usmjereno gibanje nosilaca – električna struja.
- Smjer struje:
  - Jednak smjeru gibanja pozitivnih naboja (šupljina).
  - Suprotan smjeru gibanja negativnih naboja (elektrona).
- Dva osnovna mehanizma:
  - Električno polje – DRIFT
  - Nejednolika raspodjela nosilaca - DIFUZIJA

# Driftno gibanje

- Gibanje nosilaca pod utjecajem električnog polja.



# Driftno gibanje

- O čemu ovisi driftno gibanje?
- Iznos i smjer priključenog električnog polja!
- Sposobnost gibanja elektrona i šupljine u poluvodiču – POKRETLJIVOST!
- Pokretljivost:  $\mu$  [ $\text{cm}^2/\text{Vs}$ ]
  - elektrona  $\mu_n$
  - šupljina  $\mu_p$
- Pokretljivost ovisi o:
  - gustoći primjesa
  - temperaturi
  - jakosti električnog polja
  - raspršenju i međusobnim sudarima nosilaca i dr.

# Pokretljivost nosilaca

- U siliciju na  $T=300$  K:

$$\mu = \mu_{\min} + \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{1 + \left( \frac{N}{N_{\text{ref}}} \right)^{\alpha}}$$

| nosilac  | $N_{\text{ref}}$ [ $\text{cm}^{-3}$ ] | $\mu_{\text{maks}}$ [ $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ] | $\mu_{\text{min}}$ [ $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ] | $\alpha$ |
|----------|---------------------------------------|---|--|----------|
| elektron | $1,12 \cdot 10^{17}$                  | 1430  | 80   | 0,72     |
| šupljina | $2,23 \cdot 10^{17}$                  | 460   | 45   | 0,72     |

# Električna provodnost

- Električna provodnost:  $\sigma$  [S/cm]
- Ukupna provodnost poluvodiča je zbroj provodnosti zbog gibanja elektrona i šupljina:

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_p$$

$$\sigma_n = q \cdot n \cdot \mu_n \quad \sigma_p = q \cdot p \cdot \mu_p$$

# Driftna struja

- Gustoća struje:  $J$  [A/cm<sup>2</sup>]
- Driftno gibanje elektrona:  $J_{n\ drift} = q \cdot \mu_n \cdot n \cdot E$
- Driftno gibanje šupljina:  $J_{p\ drift} = q \cdot \mu_p \cdot p \cdot E$

# Difuzijsko gibanje

- Nejednolika raspodjela nosilaca u volumenu poluvodiča.
- Gibanje nosilaca: iz područja veće u područje manje gustoće.
- Difuzijsko gibanje traje dok se gustoća ne izjednači u cijelom volumenu.
- Difuzijska konstanta:  $D$  [cm<sup>2</sup>/s]
  - elektrona  $D_n$
  - šupljina  $D_p$



# Difuzijska struja

- Gustoća struje:  $J$  [A/cm<sup>2</sup>]
- Difuzijsko gibanje elektrona:

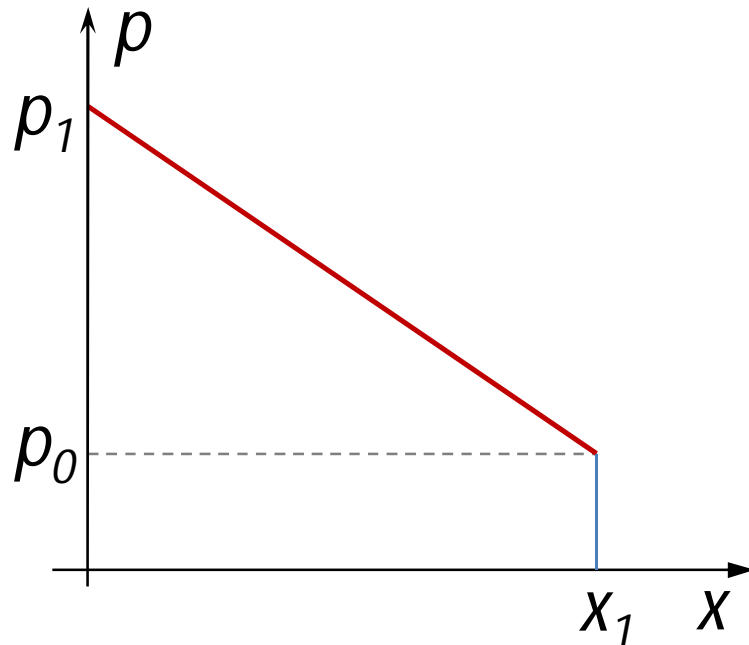
$$J_{ndif} = +q \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$$

- Difuzijsko gibanje šupljina:

$$J_{pdif} = -q \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx}$$

## Zadatak 6.

- Djelovanjem svjetla generiraju se dodatni (*ekscesni*) nosioci uz površinu silicija. Odrediti sve komponente struja (difuzijske i driftne) većinskih i manjinskih nosilaca, ako je raspodjela šupljina dana prema prikazanom crtežu:



Poznato je još:

$$T = 300 \text{ K}$$

$$x_1 = 10 \text{ } \mu\text{m}$$

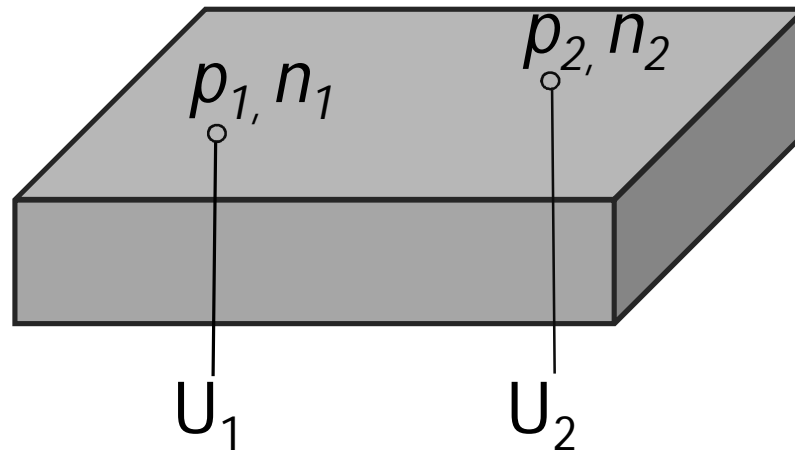
$$p_0 = 10^4 \text{ cm}^{-3}$$

$$a) p_1 = 10^8 \text{ cm}^{-3}$$

$$b) p_2 = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

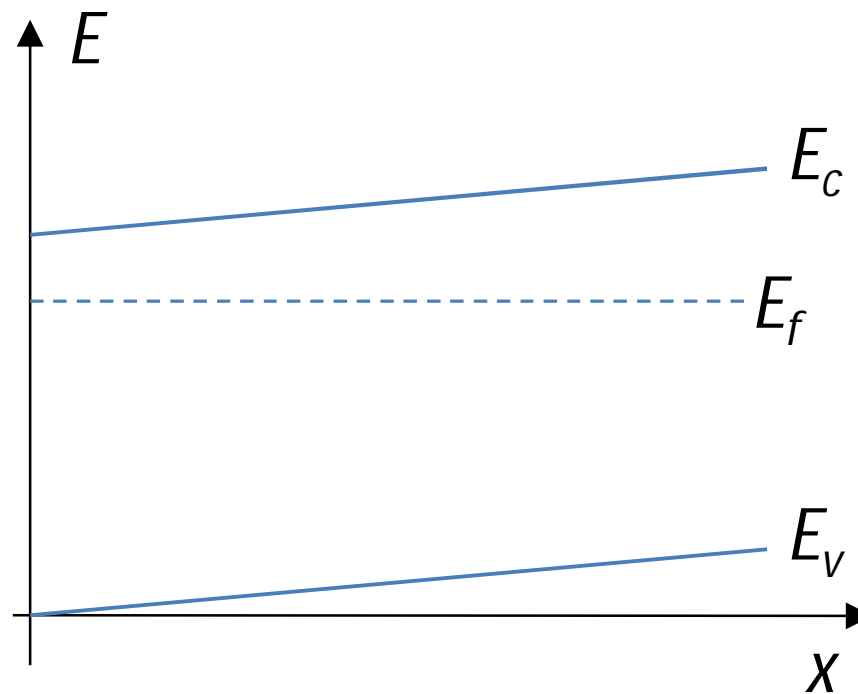
## Zadatak 7.

- Odrediti razliku potencijala između točaka 1 i 2 sa slike ako je u točki 1 gustoća elektrona  $n_1 = 2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  i šupljina  $p_1 = 1,5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , a u točki 2 je gustoća elektrona  $n_2 = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ . Koliki je iznos gustoće  $p_2$ ?  $T = 300 \text{ K}$ .



# Nehomogeni poluvodič

- Gustoća primjesa nejednoliko raspodijeljena  $\rightarrow$  stalni gradijent gustoće nosilaca.
- Ravnotežno stanje: ukupna struja = 0.



# Generacija i rekombinacija

- Stvaranje nosilaca – generacija.
- Nestajanje (ponišćavanje) nosilaca – rekombinacija.
- Vrijeme života – vrijeme od nastanka do nestanka.
- Vrijeme života manjinskih nosilaca u Si na  $T=300$  K:

$$\tau_p = \frac{\tau_{p0}}{1 + \frac{N_D}{N_{0D}}}$$

$$\tau_n = \frac{\tau_{n0}}{1 + \frac{N_A}{N_{0A}}}$$

- $\tau_{p0}=3,52 \cdot 10^{-5}$  s,  $N_{0D}=7,1 \cdot 10^{15}$  cm<sup>-3</sup>
- $\tau_{n0}=1,7 \cdot 10^{-5}$  s,  $N_{0A}=7,1 \cdot 10^{15}$  cm<sup>-3</sup>