

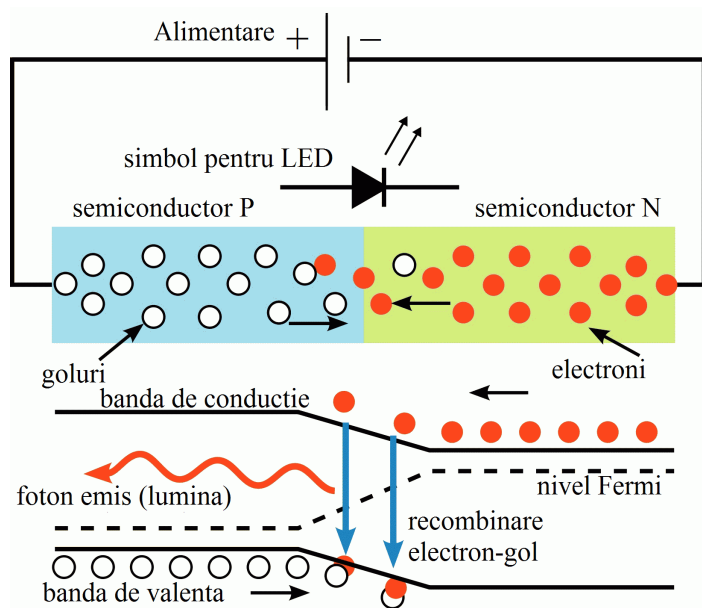
Studiul Diodei Luminescente (LED)

Considerații teoretice

Primele diode luminescente (DL sau LED, Light Emitting Diode) s-au comercializat în 1962. Ele au fost cele mai simple dispozitive semiconductoare care produceau lumină, o joncțiune PN polarizată direct. Tensiunea directă aplicată injectează prin bariera joncțiunii purtători minoritari (de obicei electroni în zona p) ce se recombină cu purtătorii majoritari, eliberând fotoni cu energia practic egală cu energia zonei interzise, ΔE . Materialul inițial folosit, arseniura fosfura de galiu (GaAsP) are zona interzisă $\Delta E = 2,03 \text{ eV}$. Ținând cont că energia fotonului este:

$$\Delta E = W_{\text{foton}} = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \quad (1)$$

lungimea de undă corespunzătoare este: $\lambda = hc / \Delta E = 610 \text{ nm}$, din domeniului roșu al spectrului vizibil.



Schema funcționării unui LED:
recombinarea electronilor cu golurile generează fotoni (lumină)

Eficacitatea luminoasă a diodelor luminescente din acea perioadă era mai mică de $0,2 \text{ lm/W}$. Această eficiență slabă se datora *eficienței cuantice interne* mici și *eficienței de extracție* slabe.

Eficiența cuantică internă a LED-ului (un randament, η_i) e dată de raportul: numărul fotonilor generați per numărul electronilor injectați. Într-un LED purtătorii minoritari sunt electronii injectați în regiunea dopată p, de obicei. Electronii din banda de conducție injectați în joncțiune se combină cu golurile din banda de valență fie prin *recombinare radiativă*, rezultă fotoni, lumină, fie prin *recombinare neradiativă*, energia degajată este cedată cristalului, încălzindu-l. Dacă timpul necesar recombinării radiative " t_r " este mult mai mic decât timpul necesar recombinărilor neradiative " t_{nr} ", eficiența cuantică internă va fi foarte aproape de 100%, un exemplu în acest sens fiind GaAs care emite în infraroșu.

Datorită acestui mod de funcționare, fluxul de fotoni generat de LED este direct proporțional cu curentul electric prin joncțiune și implicit puterea optică generată:

$$P_{\text{opt}} = (N_{\text{fotoni}}/t) \cdot h\nu = K \cdot I \quad (2)$$

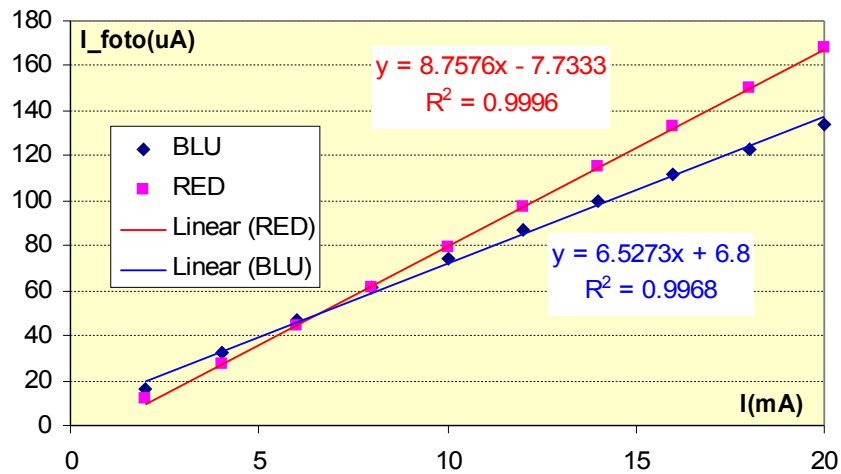
Eficiența de extracție (η_e) este un raport între numărul de fotoni care reușesc să iasă din material și numărul de fotoni produși.

Eficacitatea tipică (lumen/W, senzația umană/putere electrică) și eficiența tipică (putere optică/putere electrică) a LED-urilor

| Culoare | Lungime de undă (nm) | Eficacitate (lm/W) | Eficiența (W/W) |
|----------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| Roșu | $620 < \lambda < 645$ | 72 | 0.39 |
| Oranj | $610 < \lambda < 620$ | 98 | 0.29 |
| Verde | $520 < \lambda < 550$ | 93 | 0.15 |
| Cian | $490 < \lambda < 520$ | 75 | 0.26 |
| Albastru | $460 < \lambda < 490$ | 37 | 0.35 |

Grafic LED roșu + LED albastru

Ox [5cm/5mA=1cm/1mA] Oy [1cm/10uA = 1mm/1uA]



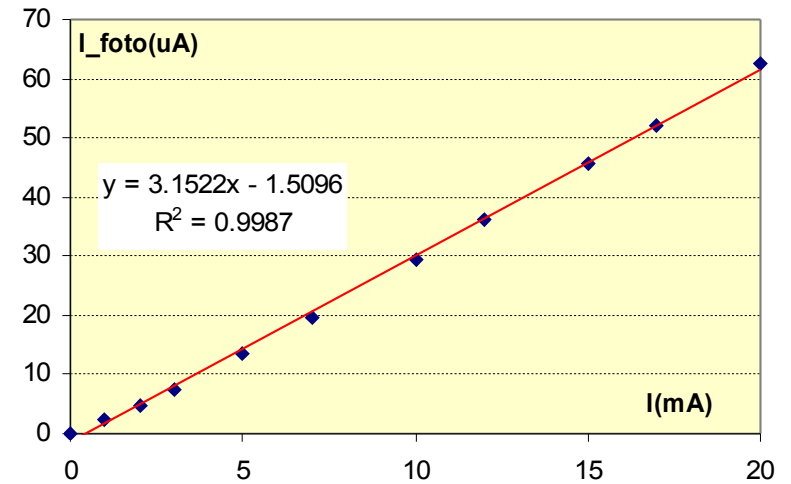
$$\Delta I_{\text{foto}} / \Delta I = 8.76 \text{ uA/mA} = 8.76 \cdot 10^{-3}$$

$$\eta = (1/\eta_f) \cdot \Delta I_{\text{foto}} / \Delta I = 10 \cdot 8.76 \cdot 10^{-3} = 8.76 \%$$

| I(mA) | BLU | RED |
|-------|-----|-----|
| 2 | 16 | 12 |
| 4 | 32 | 27 |
| 6 | 47 | 44 |
| 8 | 61 | 61 |
| 10 | 74 | 79 |
| 12 | 87 | 97 |
| 14 | 100 | 115 |
| 16 | 112 | 133 |
| 18 | 123 | 150 |
| 20 | 134 | 168 |

Grafic vechi

Ox [5cm/5mA=1cm/1mA] Oy [2cm/10uA = 2mm/1uA]



| I(mA) | I_foto(uA) |
|-------|------------|
| 1 | 2.3 |
| 2 | 4.8 |
| 3 | 7.3 |
| 5 | 13.5 |
| 7 | 19.6 |
| 10 | 29.3 |
| 12 | 36.2 |
| 15 | 45.7 |
| 17 | 52.2 |
| 20 | 62.5 |

$$\Delta I_{\text{foto}} / \Delta I = 3.15 \text{ uA/mA} = 3.15 \cdot 10^{-3}$$

$$\eta = (1/\eta_f) \cdot \Delta I_{\text{foto}} / \Delta I = 10 \cdot 3.15 \cdot 10^{-3} = 3.15 \%$$