

LASEROVÉ DIODY

Antonín Černoch

Společná laboratoř optiky



Obsah

- 1 Elektroluminiscence
- 2 LED – Light Emitting Diodes
- 3 SLD – Superluminescent Diode
- 4 LD – Laser Diode

Luminiscence všeho druhu

Fotoluminiscence – kratší λ (zářivky a výbojky)

Radioluminiscence – záření α , β nebo γ , obrazovka

Elektroluminiscence – elektrické pole

Triboluminiscence – mechanické působení (tření, lom)

Chemiluminiscence – chemická reakce

Bioluminiscence – enzymem vyvolaná chem. reakce

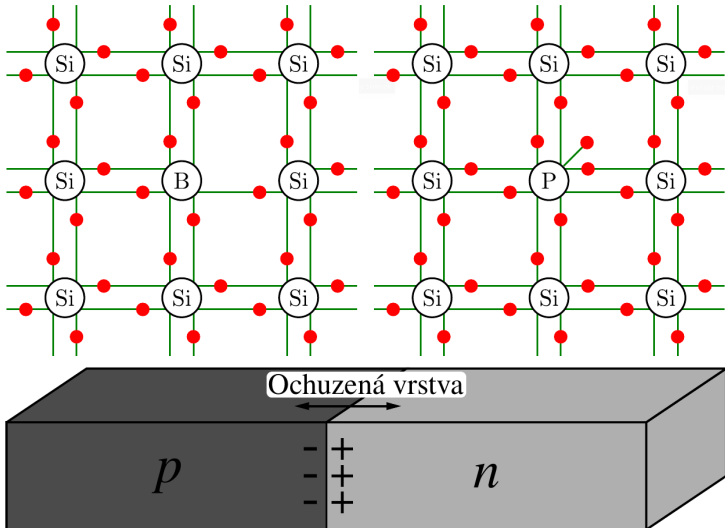


Elektroluminiscence

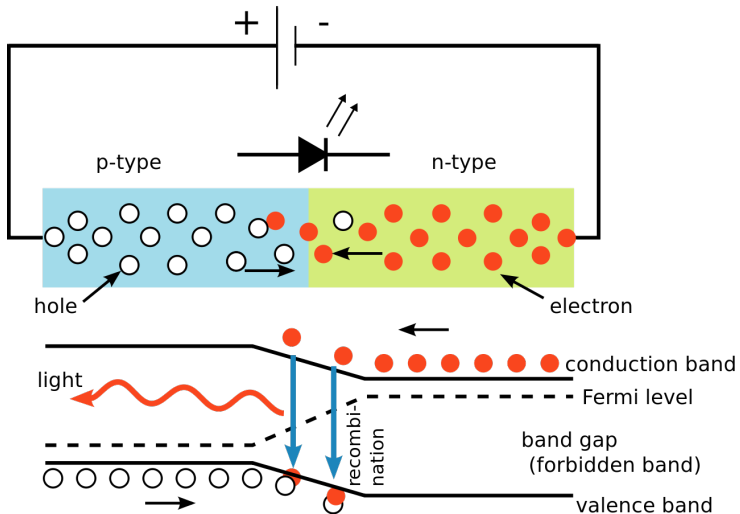
- patent z roku 1938 na ploché elektroluminiscentní panely – fosfor mezi kontakty kondenzátoru svítí pod napětím
- od roku 1960 noční světlo, elektroluminiscentní displeje pro program Apollo
- osvětlení displeje z tekutých krystalů (potřeba vysoké napětí 60 - 600 V)
- od 1980 reklamní panely



p-n přechod

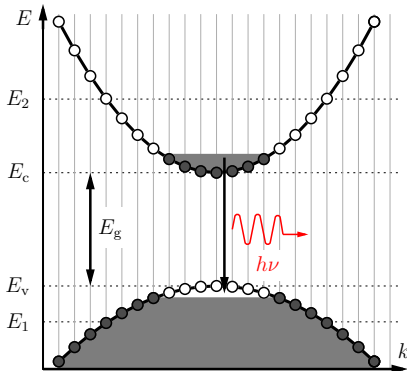


Elektroluminiscence v p-n přechodu

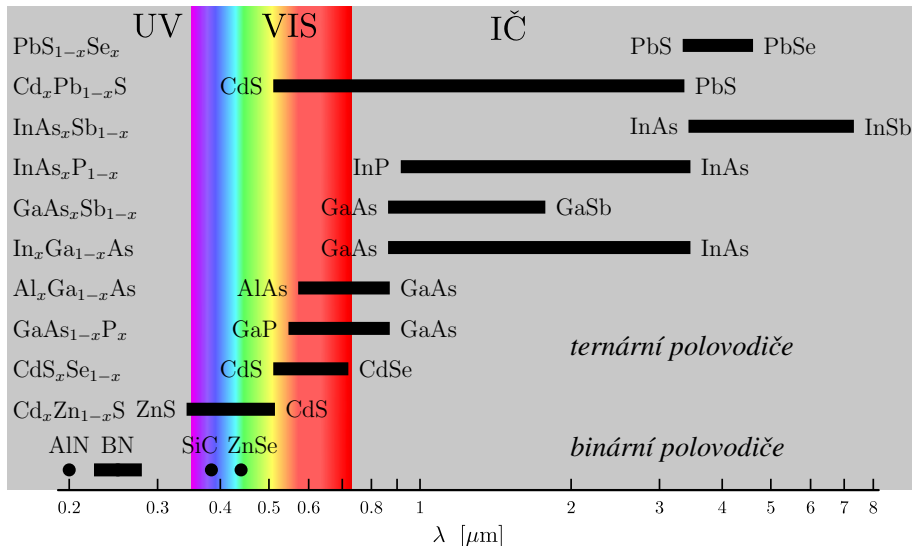


Přímý zakázaný pás

- elektron-děrová rekombinace
- injekce minoritních nosičů do p-n přechodu
- dlouhovlnný limit $\lambda_g = hc/E_g$
- interní η_i a externí η_e kvantová účinnost
 přímý zak. pás – GaAs $\eta_i \sim 0.5$
 nepřímý zak. pás – Si $\eta_i \sim 10^{-5}$



Materiály

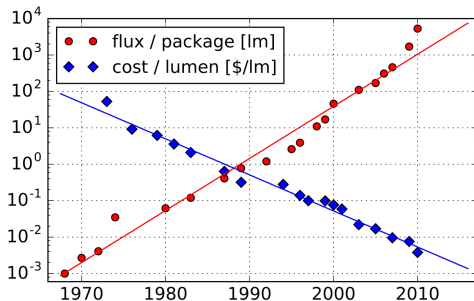


Obsah

- 1 Elektroluminiscence
- 2 LED – Light Emitting Diodes**
- 3 SLD – Superluminescent Diode
- 4 LD – Laser Diode

Historie

- 1907 vynalezen princip
- 1927 první funkční LED
- 1936 LED z ZnS
- 1939 patent SiC LED
- 1955 IR GaAs LED
- 1962 red LED
- 1989 komerční blue LED
- 2010 výkon $> 140 \text{ lm/W}$



LED

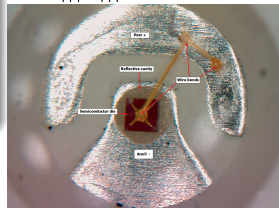
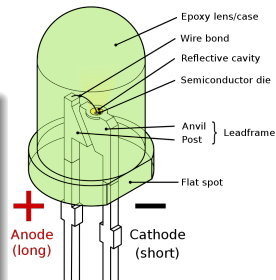
Luminiscenční dioda

$$\Phi_r = \eta_e \eta_i I / e$$

$\eta_e \sim 1 - 5\%$ (absorpce, vnitřní odraz)

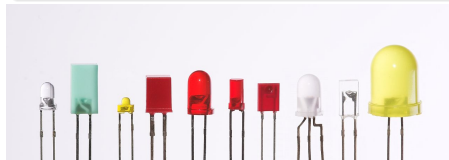
$$\Delta\lambda \approx \lambda_g^2 \frac{3k_B T}{hc}, \quad \lambda_g = hc/E_g$$

plošně a hranově emitující
odezva 1 – 50 ns



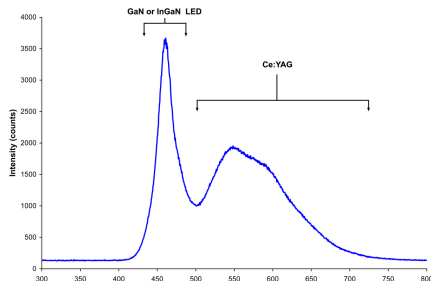
Výhody

- účinnost
- nastavení barvy
- velikost
- doba zahřívání
- studené světlo
- spolehlivost
- životnost
- směrovost



Nevýhody

- změna barvy a výkonu s teplotou
- citlivost na změnu napětí a proudu
- barva, nespává modrá
- neekologické materiály



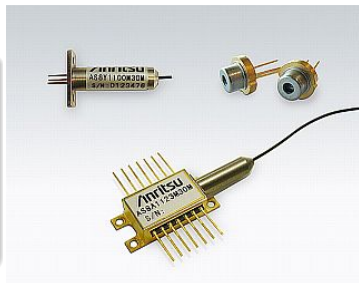
Obsah

- 1 Elektroluminiscence
- 2 LED – Light Emitting Diodes
- 3 SLD – Superluminescent Diode**
- 4 LD – Laser Diode

SLD – Superluminescent diode

Superluminiscenční dioda

- silné čerpání → stimulovaná emise
- laserování zabráněno antireflexemi
- malá koherenční délka (desítky μm)
- parametry mezi LED a LD



Využití

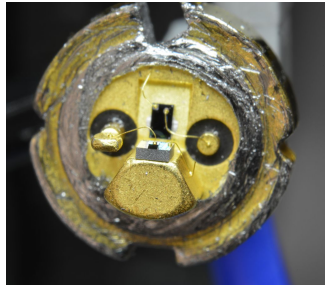
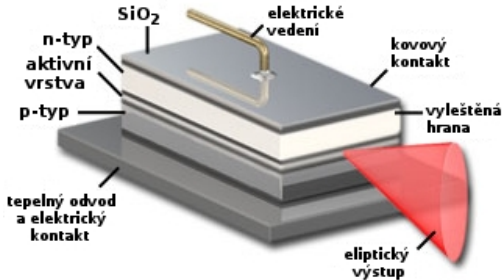
ve vláknových interferenčních senzorech, díky krátké koh. délce eliminuje interferenci zpětných odrazů

Obsah

- 1 Elektroluminiscence
- 2 LED – Light Emitting Diodes
- 3 SLD – Superluminescent Diode
- 4 LD – Laser Diode**

LD – Laserová dioda

- stimulovaná emise podporovaná rezonátorem, $\eta_e > 0.4$
- prahový čerpací proud ve stovkách mA (ke snížení heterostruktury a pot. jámy)
- rezonátor vytvořen štípáním polovodiče podél krystalových ploch
- příčné módy omezeny vlnovodnou strukturou nebo vnějším rez.
- výstupní svazek s asymetrickou divergencí (válcové čočky)



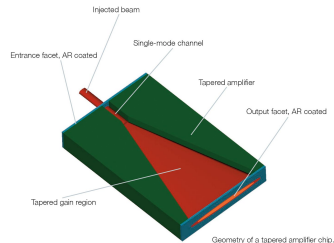
Čerpání LD

Elektrické

- injekce elektronů a děr do p-n přechodu – injekční LD
 - díry do p-typu
 - elektrony do n-typu
- elektrony a díry se potkají v ochuzené oblasti – rekombinace
 - spontánní (doba života v ns)
 - stimulovaná

Optické

- nejčastěji z jiné LD
- fungují jako laserové zesilovače

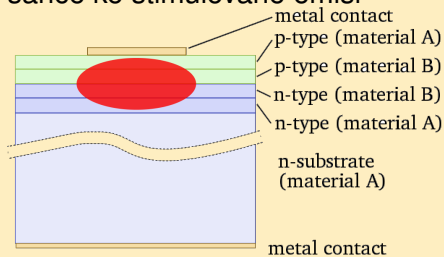


Hranově emitující LD

úzká vrstva = vlnovod, hrany materiálu s velkým indexem lomu = rezonátor

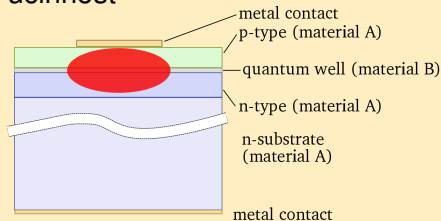
Heterostruktury

úzká ochuzená oblast - větší šance ke stimulované emisi



Kvantové jámy

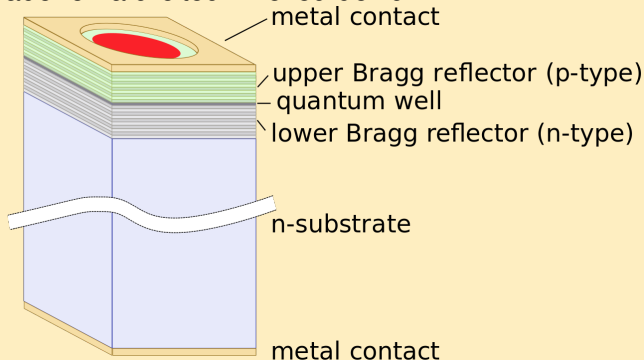
energie elektronů diskrétní - větší účinnost



Plošně emitující LD

S Braggovským zrcadlem

zrcadlo naladěné na určitou vlnovou délku



LD s externím rezonátorem

Materiály pro LD

GaAs	650 a 840 nm	ukazovátka, tiskárny
GaAlAs	670 - 830 nm	CD mechanika
AlGaInP	650 nm	DVD mechanika
GaN	405 nm	Blu-ray mechanika
InGaAlP	630 - 685 nm	lékařství



Porovnání spektra LED a laserové diody

