

Základy optoelektroniky

Luminiscenčné javy

- Luminiscencia – je prebytok nad tepelným žiarením látky v tom prípade, keď toto nadbytočné žiarenie má konečnú dĺžku trvania, ktorá značne prevyšuje periódu svetelných kmitov (S. I. Vavilov).
- Táto definícia odlišuje luminiscenciu od rovnovážneho tepelného žiarenia látky a oprávňuje zaradiť ju k súboru nerovnovážnych žiarení.

Druhy luminiscencie

- Kritériom pri klasifikácii luminiscencie býva najčastejšie pôvod excitačnej energie:
- fotoluminiscencia
- katódoluminiscencia
- rádioluminiscencia
- elektroluminiscencia
- triboluminiscencia
- chemoluminiscencia
- bioluminiscencia

Charakteristiky luminiscencie

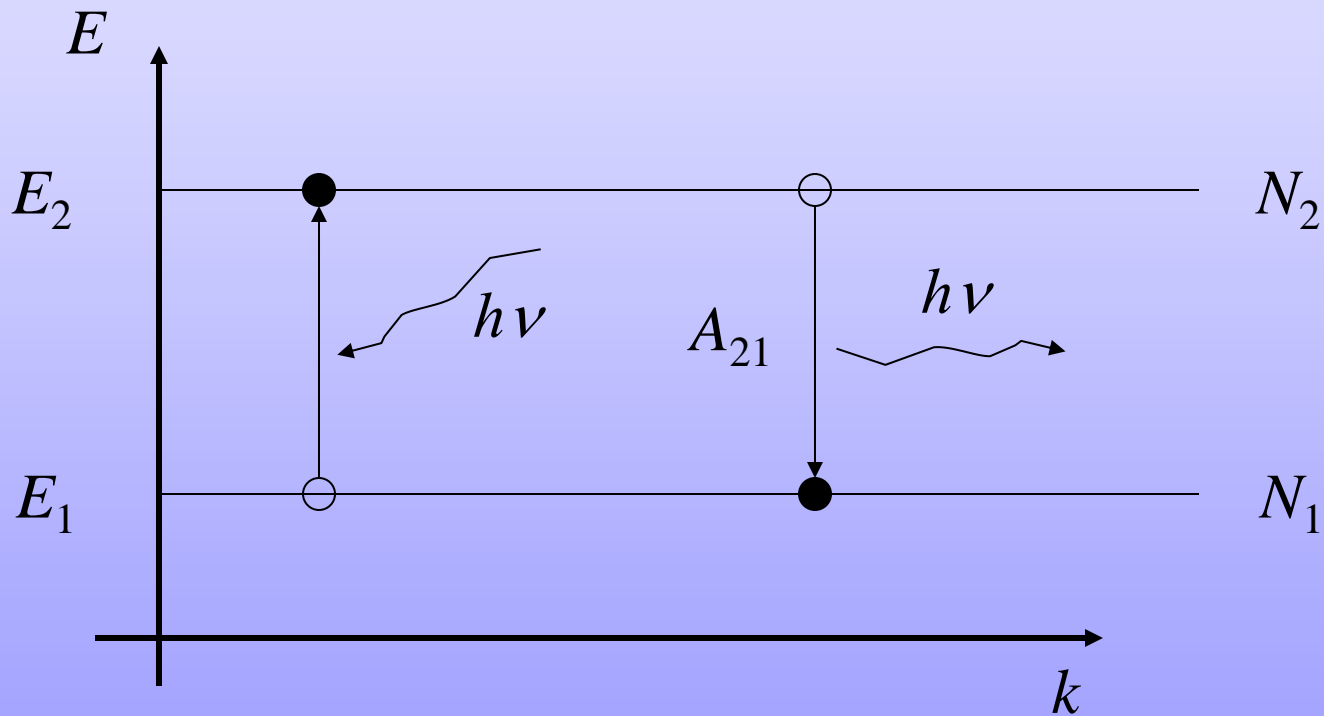
- Luminiscenciu, rovnako ako ktorékoľvek elektromagnetické žiarenie, môžeme charakterizovať:
- Intenzitou
- Spektrálnym zložením
- Polarizáciou
- Koherentnosťou
- Dobou trvania dodatočného svetielkovania

Fyzikálna teória luminiscencie

I. Spontánne prechody

- Z celého súboru kvantových stavov, v ktorých sa môže atóm nachádzať, uvažujme len dva stavy s energiami E_1 a E_2
- Absorbovaním kvanta energie $h\nu$ prejde atóm zo stavu s energiou E_1 do stavu s energiou E_2 .
- Za určitý krátky čas dt sa atóm vráti zo vzbudeného stavu do pôvodného stavu, pričom prebytok energie $E_2 - E_1$ odovzdá vo forme žiarenia.

I. Spontánne prechody



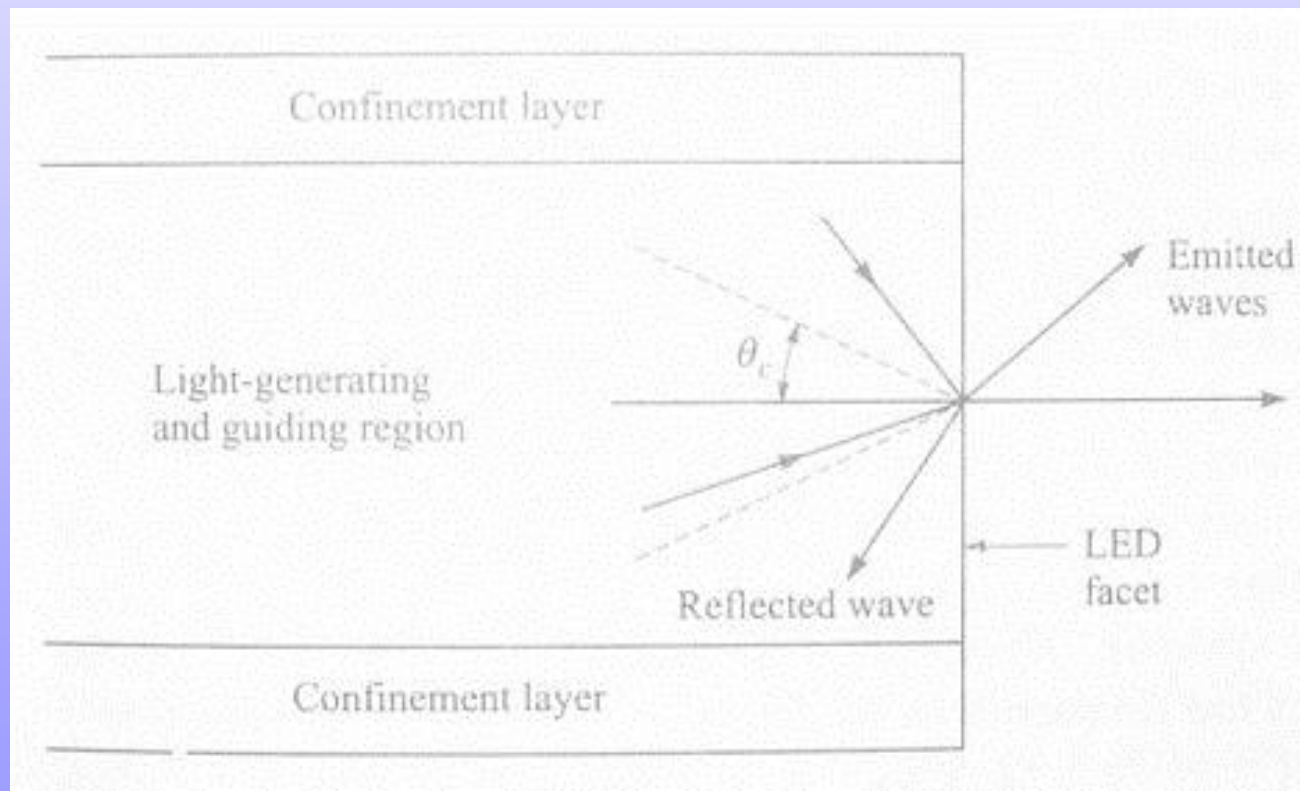
Účinnosť radiačných procesov

- Akt žiarivej rekombinácie je krátkodobý fyzikálny dej, sprevádzaný vznikom fotónov. Len nepatrná časť z celkového počtu elektrónov excitovaných za časovú jednotku rekombinuje žiarivo. Preto má zmysel definovať kvantovú účinnosť týchto procesov.

Elektroluminiscencia

- Je z aplikačného hľadiska najrozšírenejším druhom luminiscencie.
- Excitačné metódy:
- Intrinzická – pôsobením striedavého elektrického poľa na prach polovodiča.
- Lavínová – pri reverznej polarizácii PN priechodu alebo spoja kov – polovodič.
- Tunelová – tunelový efekt v PN priechode.
- Injekčná – po pripojení vonk. napätia na PN priechod, polarizovaný v priepustnom smere, sú minoritné nosiče vstrekané do vodivostných oblastí kryštálu.

Účinnost' elektroluminiscenčných premien



Materiály používané na výrobu optodiód

Takmer výlučne sa používajú materiály s priamym prechodom, pretože len v nich dochádza k dostatočne vysokej emisii:

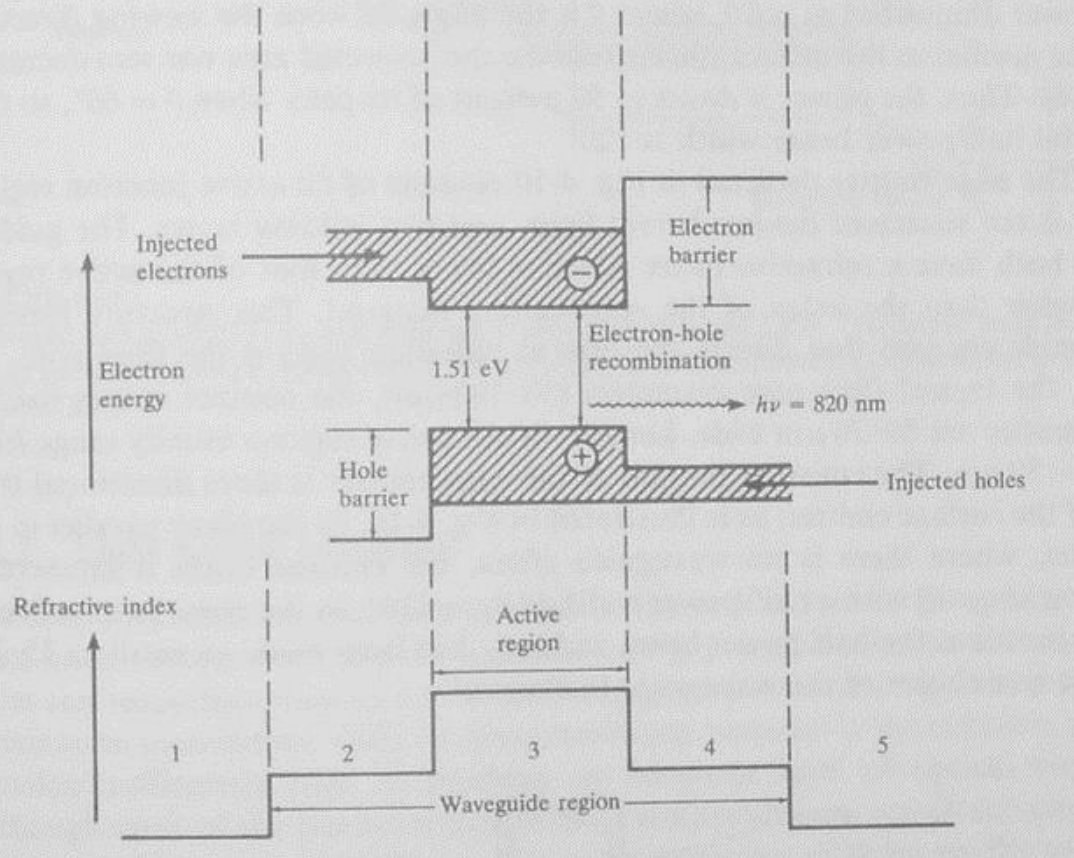
- GaAs, InP, CdTe	(1.5 eV)	(cca 830 nm)
- InSb, InAs	(0.2 – 0.4) eV	(6200 - 3100) nm
- GaSb	(0.8 eV)	(1550) nm
- GaP	(2.2 eV)	(cca 560 nm)
- PbTe	(0.2 eV)	(6200 nm)
- AlGaAs	(1.55 – 1.38) eV	(800 – 900) nm
- InGaAsP	(1.24 – 0.73) eV	(1000 - 1700) nm
- SiC	(2.5) eV	(496 nm)

Light-emitting diodes (LEDs)

- Využitie „svetlo emitujúcich“ diód (optodiód) je v dnešnej dobe značne rozšírené.
- Požiadavky na LED závisia od spôsobu použitia.
- V optických komunikáciách musia LED mať:
 - vysokú svietivosť na výstupe
 - rýchly čas odozvy
 - značnú kvantovú účinnosť

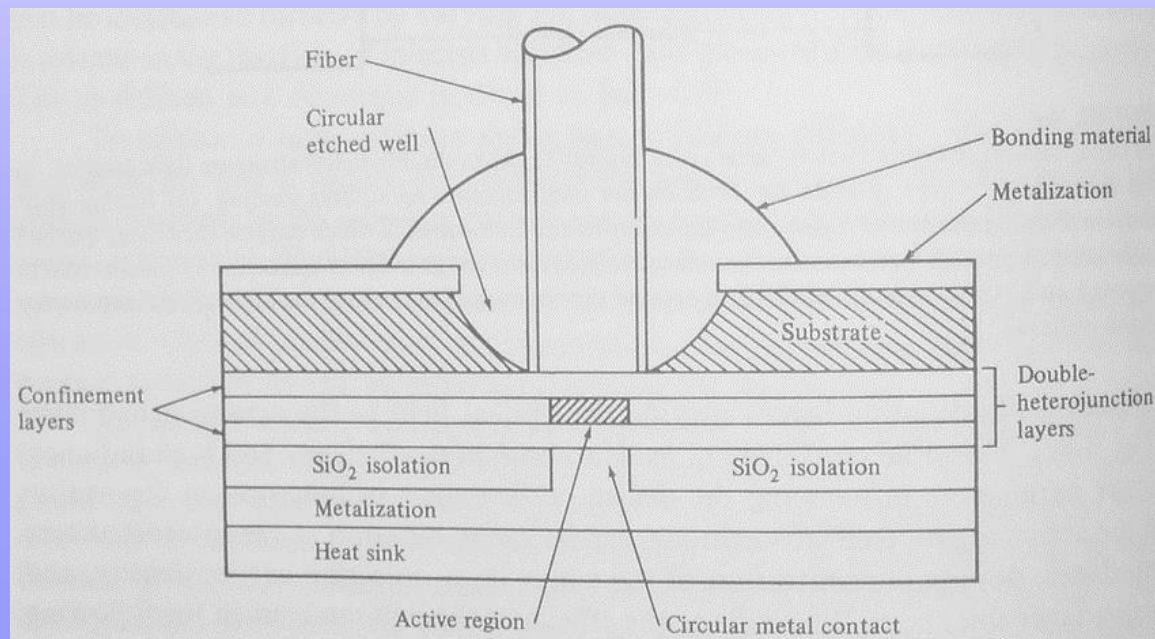
LED

Metal contact	<i>n</i> -type GaAs substrate	<i>n</i> -type Ga _{1-x} Al _x As Light guiding and carrier confinement ~ 1 μm	<i>n</i> -type Ga _{1-y} Al _y As Recombination region ~ 0.3 μm	<i>p</i> -type Ga _{1-x} Al _x As Light guiding and carrier confinement ~ 1 μm	<i>p</i> -type GaAs Metal contact improvement layer ~ 1 μm	Metal contact
---------------	-------------------------------	--	---	--	--	---------------



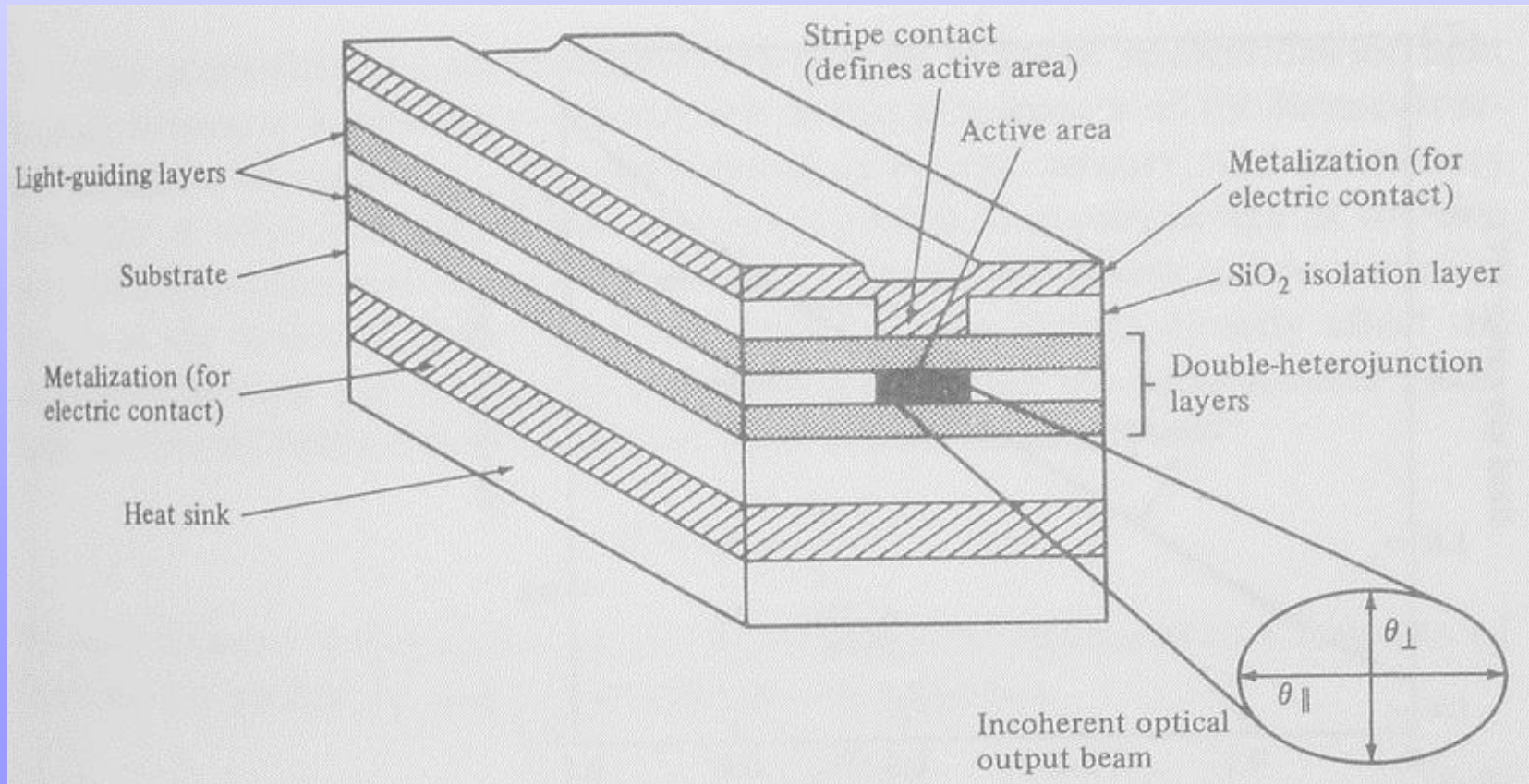
LED

- V optických komunikáciách sa používajú dve základné konfigurácie optodiód:
- „Surface emitters“

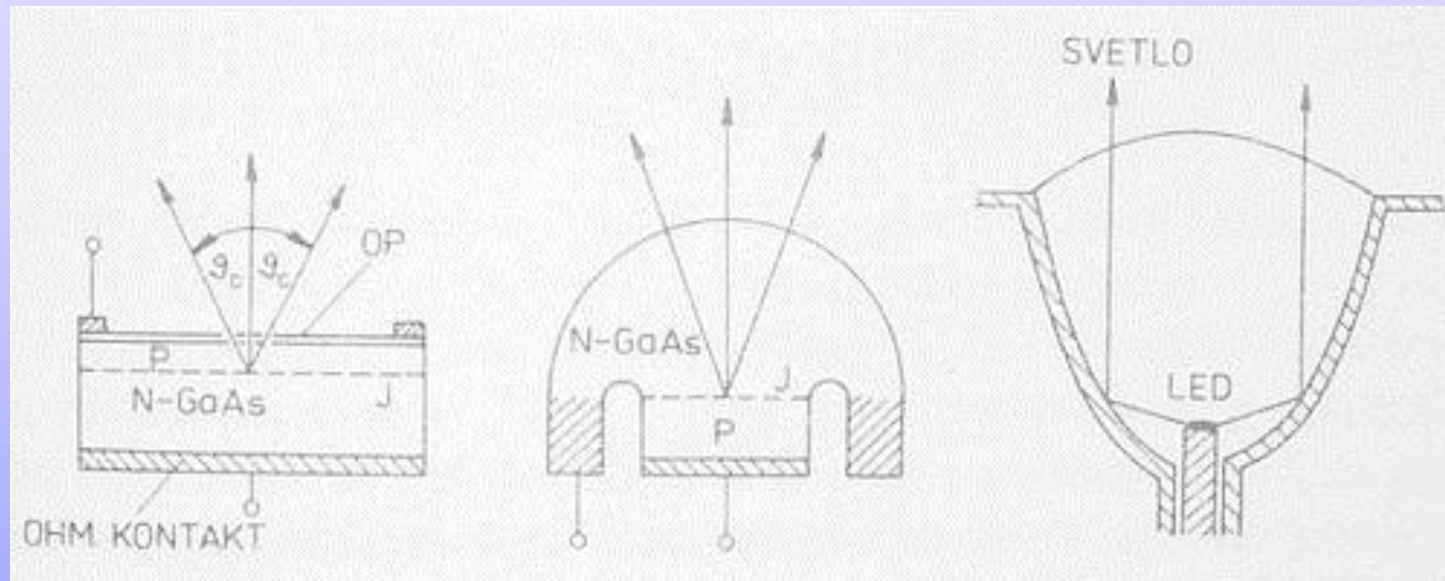


LED

- „Edge emitters“



Konštrukčné riešenie diód



Rovinná pravouhlá
geometria súčiastky

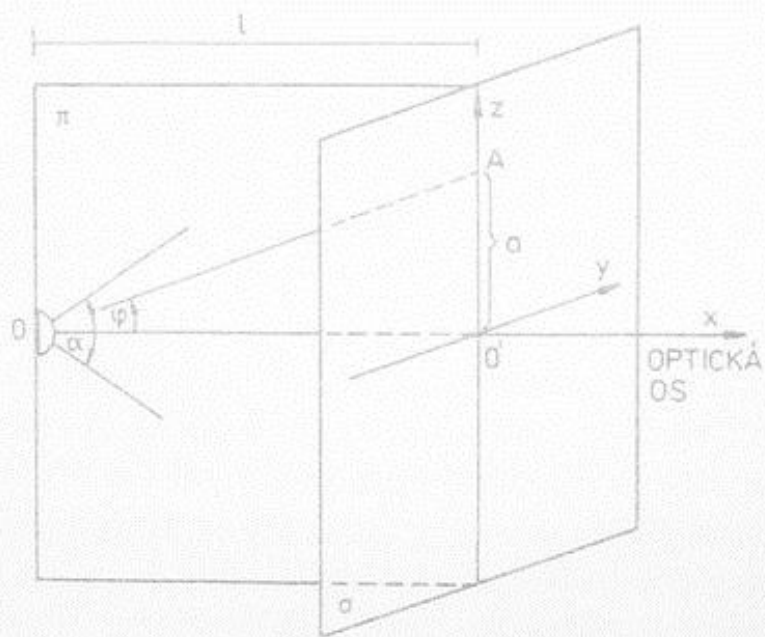
Sférická geometria
optiky súčiastky

Svietivá dióda v ohnisku
parabolického reflektora

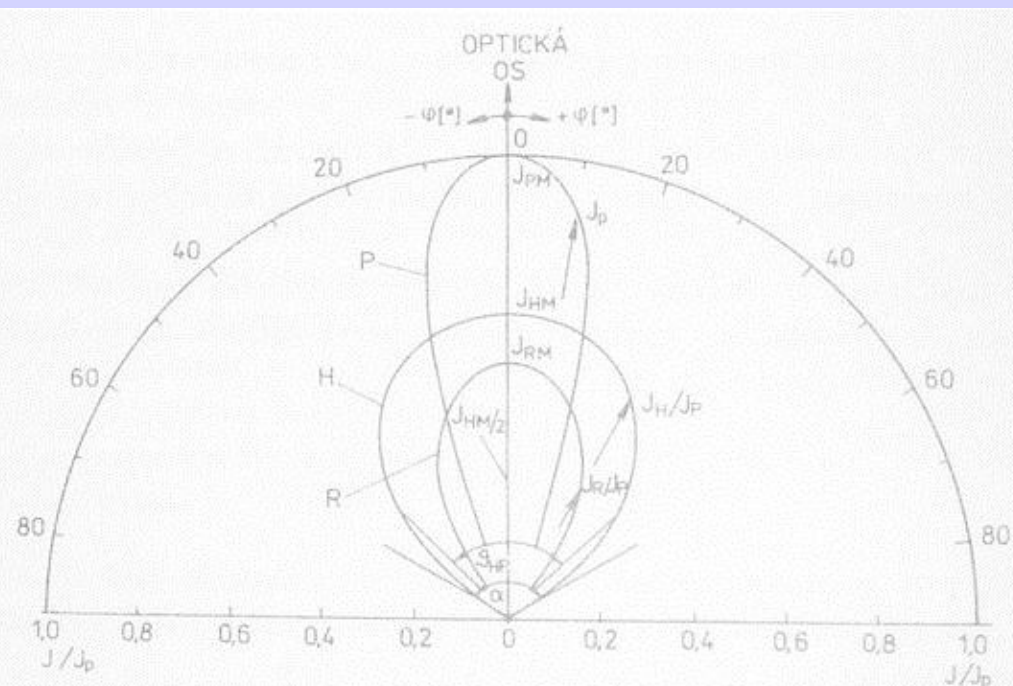
Charakteristiky LED

- Polárne vyžarovacie diagramy
 - svetelná energia vyžarovaná elektroluminiscenčnou diódou sa nešíri do celého polpriestoru pred ňou rovnomerne. Najviac energie sa vysiela v smere optickej osi, t.j. priamky kolmej na rovinu činného kryštálu a prechádzajúcej jeho stredom. Predstavu o rozložení žiarivej energie poskytujú polárne vyžarovacie diagramy.

Charakteristiky LED



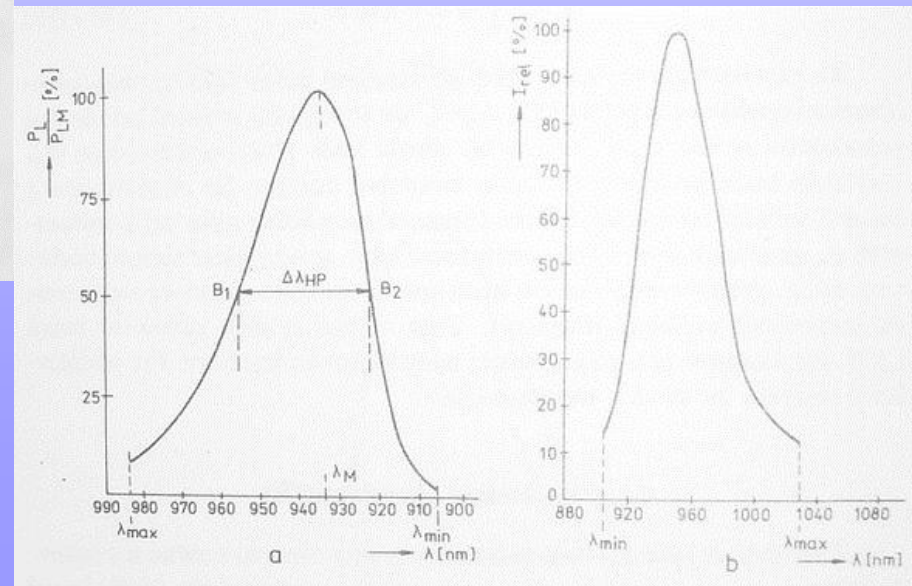
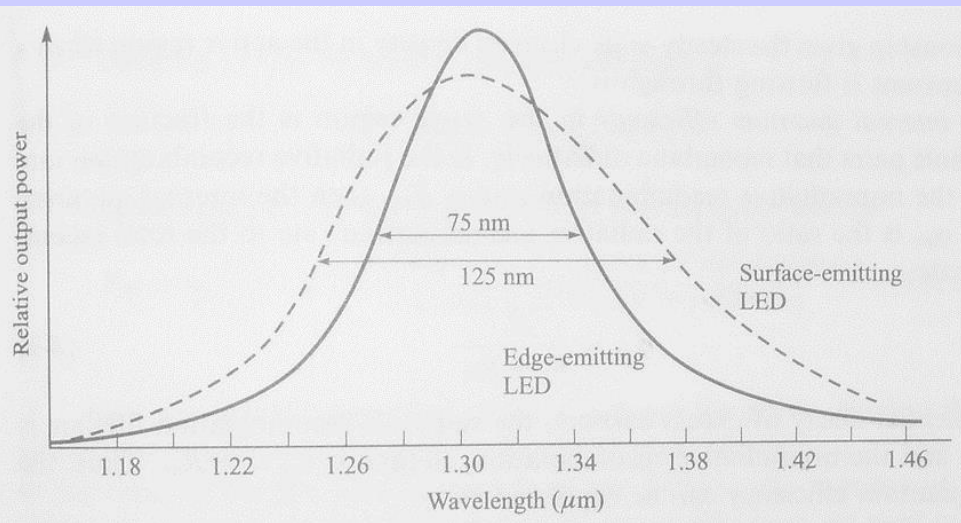
Obr. 32. Priestorové rozloženie žiarenia LED



Obr. 33. Polárne vyžarovacie diagramy svietivých diód

Charakteristiky LED

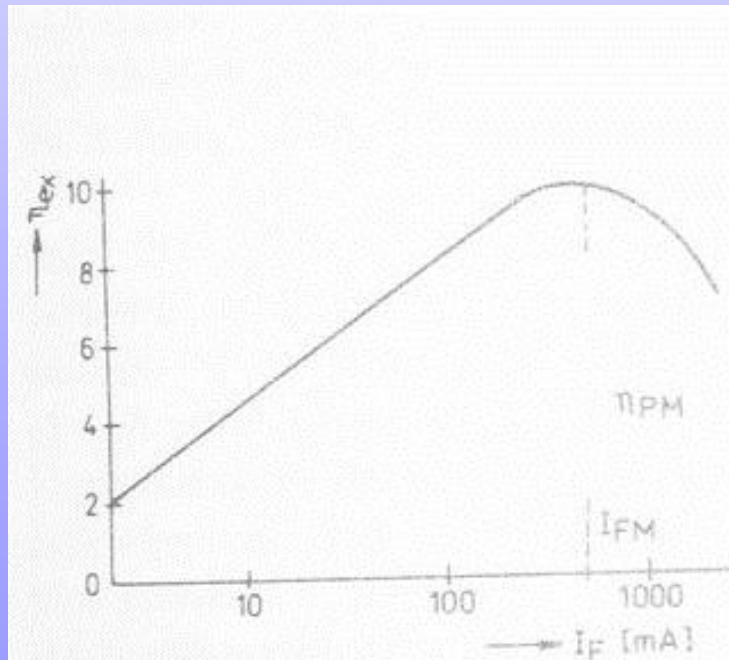
- Spektrálne charakteristiky — nie všetky druhy rekombinácií prispievajú k celkovému vyžarovanému optickému výkonu rovnako



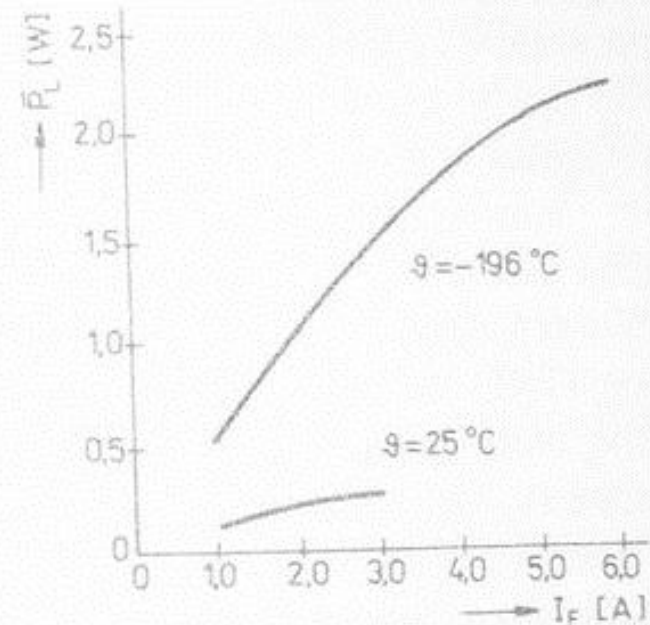
$$P_L = f(\lambda)$$

Charakteristiky LED

- Elektrooptické charakteristiky – svetelný výkon P_L je úmerný elektrickému príkonu (prúdu).



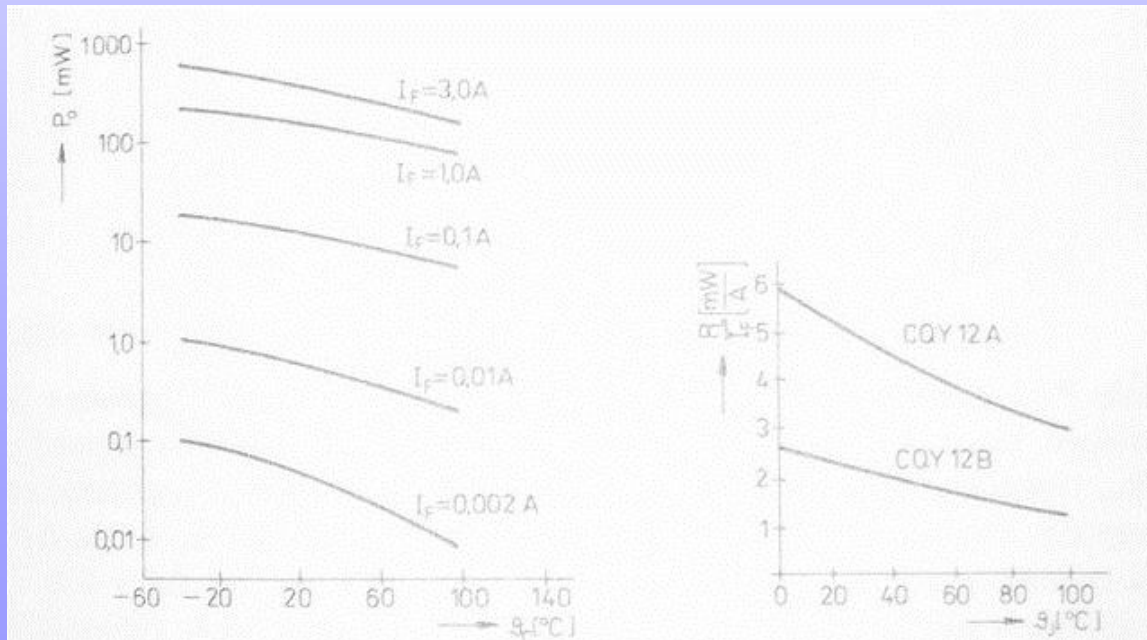
Obr. 39. Graf závislosti $\eta_{ex} = f(I_F)$;
 $U_F = \text{konšt.}$ pre TIXL 16



Obr. 40. Priebeh závislosti stredného optického výkonu od prúdu I_F pre TIXL 16

Charakteristiky LED

- Teplotné charakteristiky — zmena teploty má všestranný vplyv na správanie sa svietivej diódy (šírka zakázaného pásu závisí od teploty).

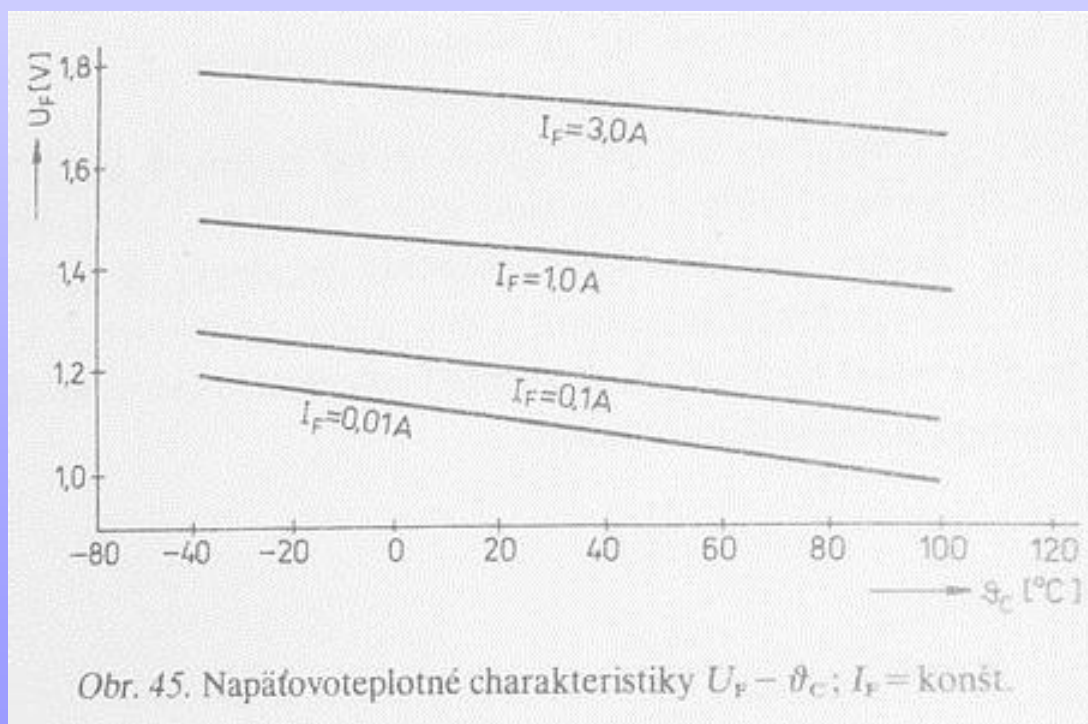


Obr. 43. Priebeh optickoteplotnej charakteristiky $P_o - \theta_c$; $I_f = \text{konšt.}$

Obr. 44. Grafy závislosti $P_o/I_f = f_2(\theta_c)$ optodiód série COY

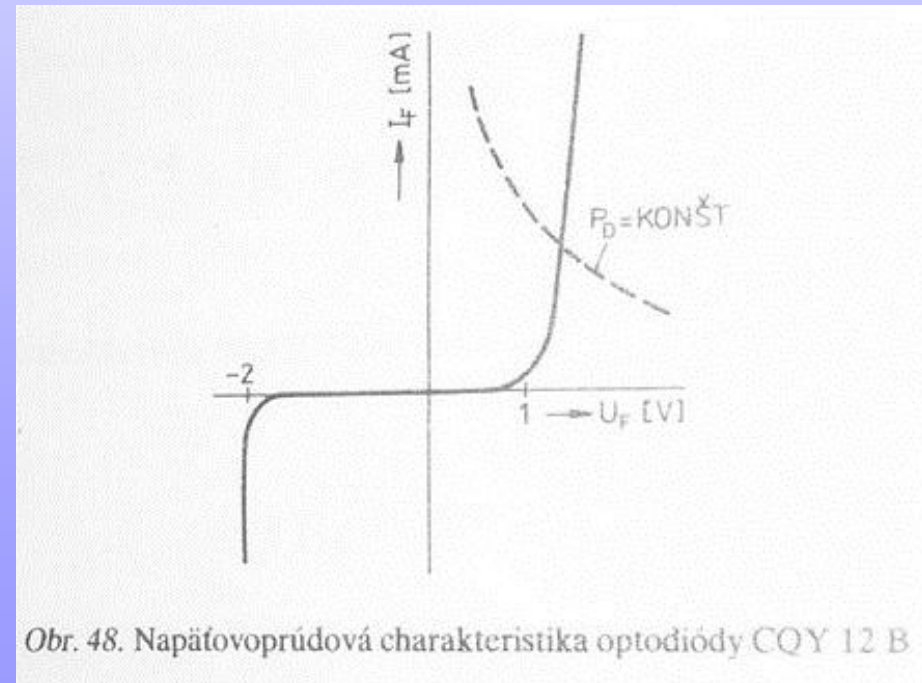
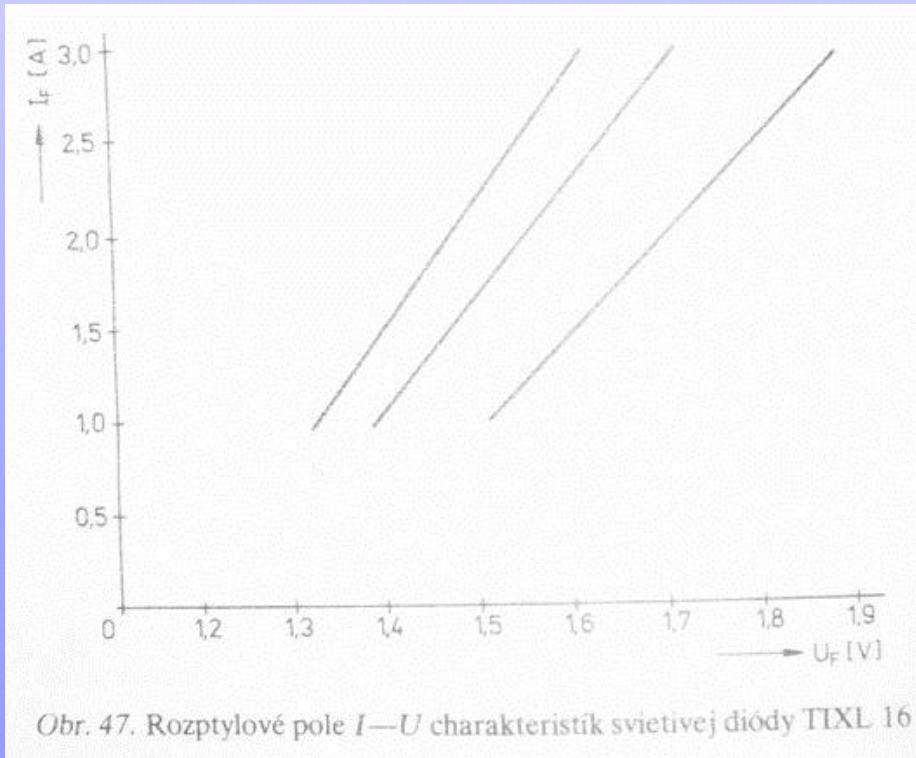
Charakteristiky LED

- Teplotné charakteristiky



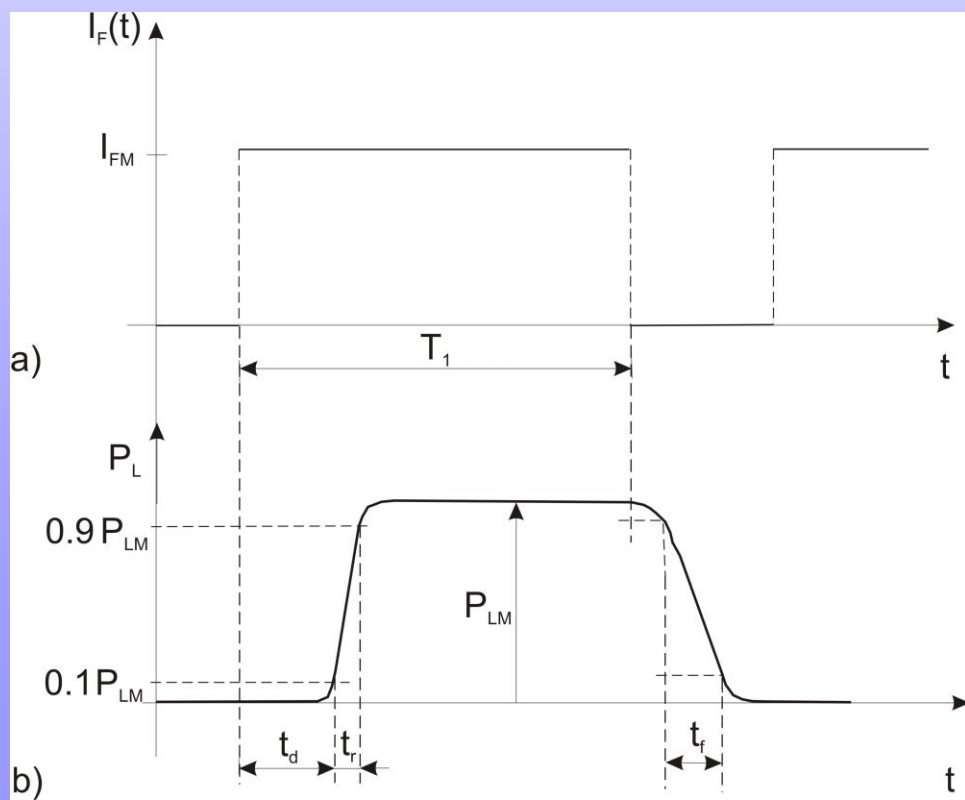
Charakteristiky LED

- Elektrické charakteristiky — závislosti prúdu od napätia

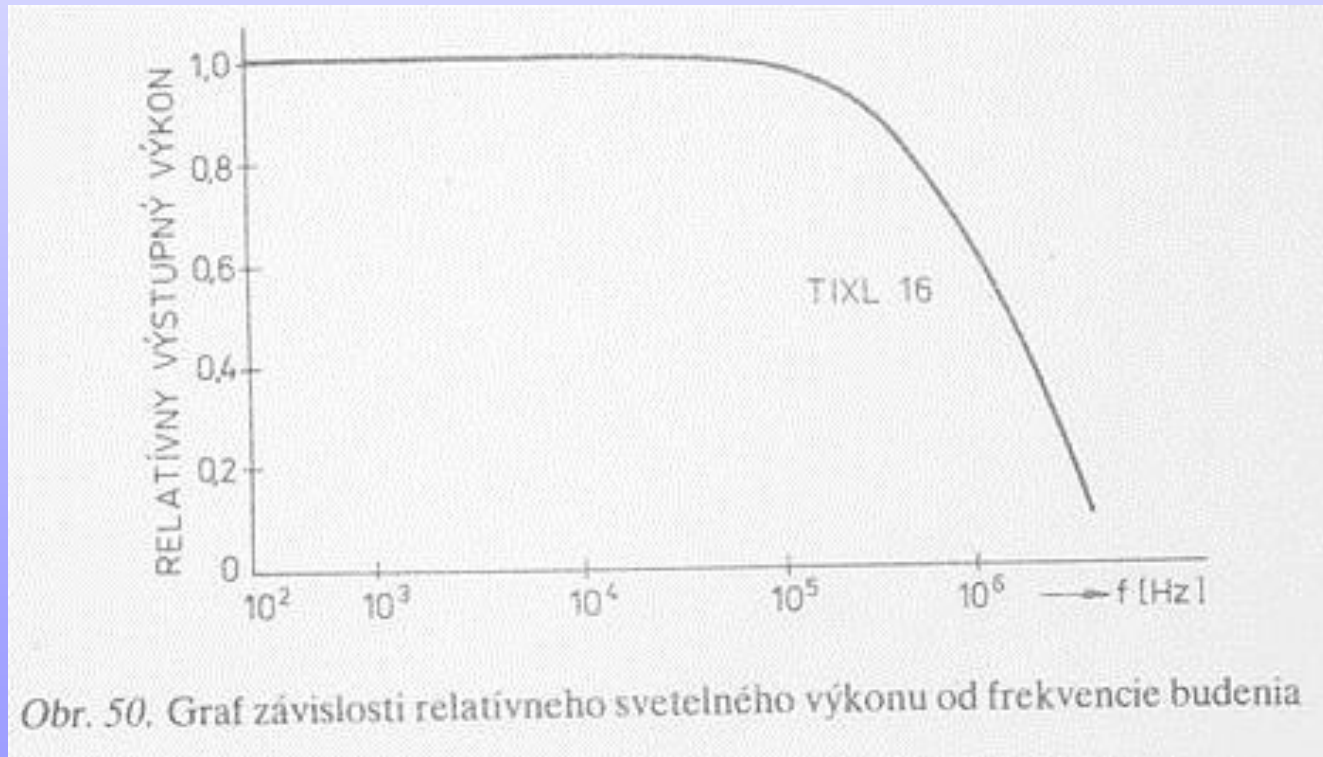


Dynamické vlastnosti LED

- Dynamické vlastnosti sú determinované svetelnou odozvou na prúdový skok.
- Čas nábehu – je čas potrebný na to, aby sa svetelný výkon z 10% špičkovej hodnoty P_L zväčšil na 90%.
- Čas dosvitu – je čas potrebný na to, aby svetelný výkon z 90% špičkovej hodnoty po vypnutí budenia skokom poklesol na 10%. Čas oneskorenia je čas, ktorý uplynie medzi začiatkom pulzu a okamihom, v ktorom P_L dosiahne 10% maximálnej hodnoty. Tieto časy závisia od vlastnej dynamiky rekombinačných procesov a od konštrukcie a technológie výroby.



Závislosť svetelného výkonu od frekvencie budiaceho napätia



LED – praktické aplikácie

- Priemyselné využitie:
 - Signalizačné prvky
 - Optoelektronické prerušovače (choppery)
 - Optorelé
 - Komunikačná technika
 - ...
- Zábavný priemysel
- ...