

| | | | | | |
|---|--------|---------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------|
| FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM Ústav fyziky FEKT VUT BRNO | | Jméno a příjmení Filip Gulán | | | ID 165423 |
| | | Ročník 1 | Předmět IFY | Kroužek 14 | Lab. skup. A |
| Spolupracoval Filip Ježovica | | Měřeno dne 25. 2. 2014 | | Odevzdáno dne 11. 3. 2014 | |
| Příprava | Opravy | Učitel | | Hodnocení | |
| Název úlohy Charakteristiky optoelektrických súčiastok | | | | | Číslo úlohy 28 |

2014

Úloha merania

Zmerajte voltampérovú, luxampérovú a smerovú vyžarovaciu charakteristiku luminiscenčnej diódy a prenosovú charakteristiku optronu. Z grafu V-A charakteristiky určte súčiniteľ n a z prenosovej charakteristiky určte kmitočtový rozsah optronu.

Teoretický rozbor:

Luminiscenčná dióda

Luminiscenčná dióda LED je zdrojom elektromagnetického žiarenia v oblasti viditeľného svetla a v blízkej infračervenej oblasti. LED je polovodičová dióda, ktorá je tvorená prechodom PN. V prevádzke je prechod polarizovaný v priepustnom smere.

Nosiče prúdu, ktoré sú vonkajším napätím vtiahnuté do oblasti prechodu sa rekombinujú. To znamená, že elektron s väčšou energiou sa spojí s dierou, ktorej energia je menšia. Rozdiel ich energií je vyžiarený ako fotón, ktorý má energiu rovnú tomuto rozdielu:

$$E = h\nu$$

h Planckova konštanta
 ν frekvencia fotónu

Frekvencia ν vyžiareného fotónu splňuje podmienku:

$$h\nu \equiv \hbar\omega = eU$$

ω je uhlová frekvencia
 e je elementárny náboj
 U je približne vonkajšie napätie na PN prechodu, pričom platí:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \text{ a } \omega = 2\pi \cdot \nu.$$

Energia vyžarovaného svetla závisí na hĺbke, v ktorej sa nachádza prechod PN, na prúde diódy a na uhle φ pod, ktorým žiarenie z diódy vystupuje.

Fotodióda

K detekcií dopadajúceho elektromagnetického žiarenia sa používa fotodióda. Energetický diagram týchto fotodiód v podstate odpovedá luminiscenčným diódam. Avšak situácia je odlišná tým, že žiarenie na prechod dopadá a je absorbované. Absorbovaný fotón vytvorí v oblasti prechodu dvojicu nosičov elektrón-diera, ktoré sú vnútorným elektrickým polom od seba oddelené. Tým sa zväčšuje počet minoritných nosičov. Následkom toho sa posunú energické hladiny hraníc pásov a na prechode PN sa objaví napätie.

Voltampérová charakteristika luminiscenčnej diódy popisuje vzťah medzi napätím na dióde LED U a prúdom LED I , ktorý diódou preteká. Voltampérovú charakteristiku reálnej diódy môžeme približne popísať vzťahom

$$I_{\text{led}} = I_0 \exp\left(\frac{eU_{\text{led}}}{nkT}\right)$$

I_0 nasýtený záverný prúd

k Boltzmannova konštanta = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

n číselný súčiniteľ závislý na mechanizme transportu, platí $1 < n < 2$

e náboj elektrónu = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Luxampérová charakteristika luminiscenčnej diódy je závislosť žiarivého toku Φ , ktorý je diódou vyžarovaný, na prúde I , ktorý pri tom diódou preteká.

$$\Phi = \Phi(I)$$

Na fotodióde snímajúcej zariadenie luminiscenčnej diódy vzniká napätie U_f priamo úmerné dopadajúcemu svetelnému toku a teda aj žiarivému toku, ktorý je LED diódou vyžarovaný.

$$U_f = U_f(I)$$

Kde uhol φ charakterizuje odklon dopadajúceho svetelného lúču od horizontálnej roviny.

Smerová vyžarovacia charakteristika prináša informáciu o nerovnomernosti, s ktorou luminiscenčná dióda žiari do jednotlivých smerov v priestore. Závislosť

$$\Phi = \Phi(\varphi)$$

môžeme nahradiť tvarom:

$$U_f = U_f(\varphi)$$

Optron je optoelektronická súčiastka vzniknutá kombináciou luminiscenčnej diódy, ktorá svetlo vyžaruje a fotodiódy, ktorá vyžiarované svetlo sníma. Pomocou optronu sa dajú dva obvody dôkladne galvanicky oddeliť a zachovať pritom možnosť prenosu signálu medzi nimi. Premenným signálom sa moduluje prúd prechádzajúci LED

diódou. Na výstupnej strane je k dispozícii premenná zložka napätia, na fotodióde či fototranzistore.

Prenosová charakteristika optronu je názov pre závislosť

$$U_{\text{det}} = U_{\text{det}}(f)$$

Pri zachovaní

$$I_{\text{led}} = \text{konštantnej.}$$

Použité prístroje:

| |
|--|
| Počítač a obslužný program |
| Meriaci prípravok |
| Napájací zdroj a laboratórny generátor |
| Multimeter |

Namerané hodnoty:

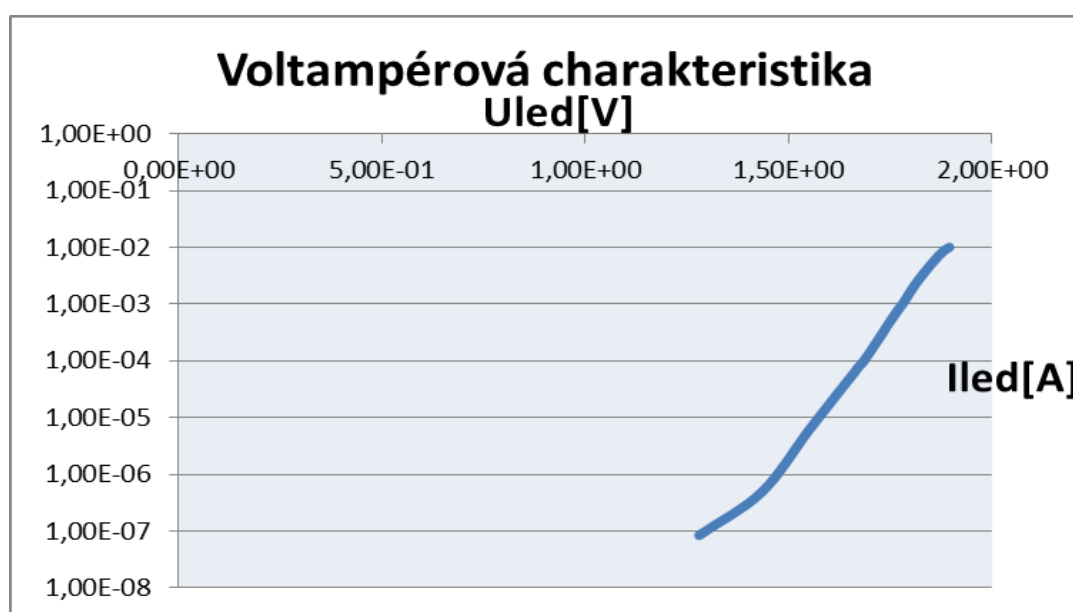
| Voltampérová a luxampérová charakteristika diódy. | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| $I_{\text{led}} [\text{A}]$ | $U_{\text{led}} [\text{V}]$ | $U_{\text{det}} [\text{V}]$ |
| 8,45E-08 | 1,28E+00 | 9,85E-06 |
| 4,86E-07 | 1,43E+00 | 9,89E-06 |
| 6,00E-06 | 1,55E+00 | 1,69E-05 |
| 3,99E-05 | 1,64E+00 | 2,15E-04 |
| 6,00E-05 | 1,66E+00 | 4,07E-04 |
| 8,00E-05 | 1,67E+00 | 6,34E-04 |
| 9,96E-05 | 1,69E+00 | 9,87E-04 |
| 3,00E-04 | 1,73E+00 | 4,69E-03 |
| 4,00E-04 | 1,74E+00 | 6,90E-03 |
| 5,00E-04 | 1,75E+00 | 9,21E-03 |
| 7,00E-04 | 1,76E+00 | 1,41E-02 |
| 9,00E-04 | 1,78E+00 | 1,91E-02 |
| 9,96E-04 | 1,78E+00 | 2,16E-02 |
| 2,00E-03 | 1,81E+00 | 4,56E-02 |
| 3,00E-03 | 1,83E+00 | 6,58E-02 |
| 4,00E-03 | 1,84E+00 | 8,23E-02 |
| 5,00E-03 | 1,85E+00 | 9,65E-02 |
| 6,00E-03 | 1,86E+00 | 1,09E-01 |
| 7,00E-03 | 1,87E+00 | 1,29E-01 |
| 8,00E-03 | 1,88E+00 | 1,37E-01 |
| 9,00E-03 | 1,88E+00 | 1,37E-01 |

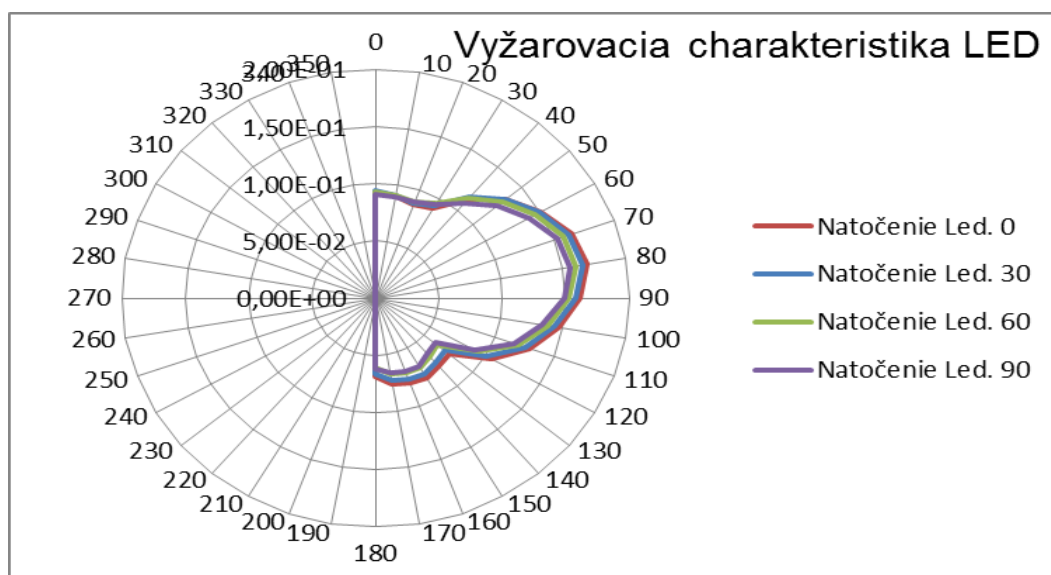
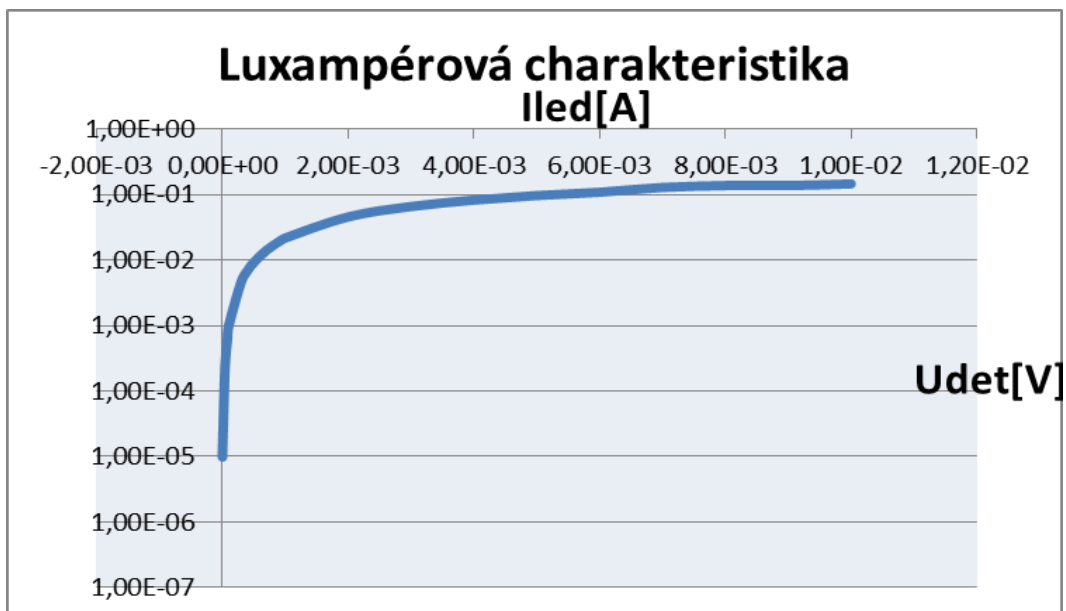
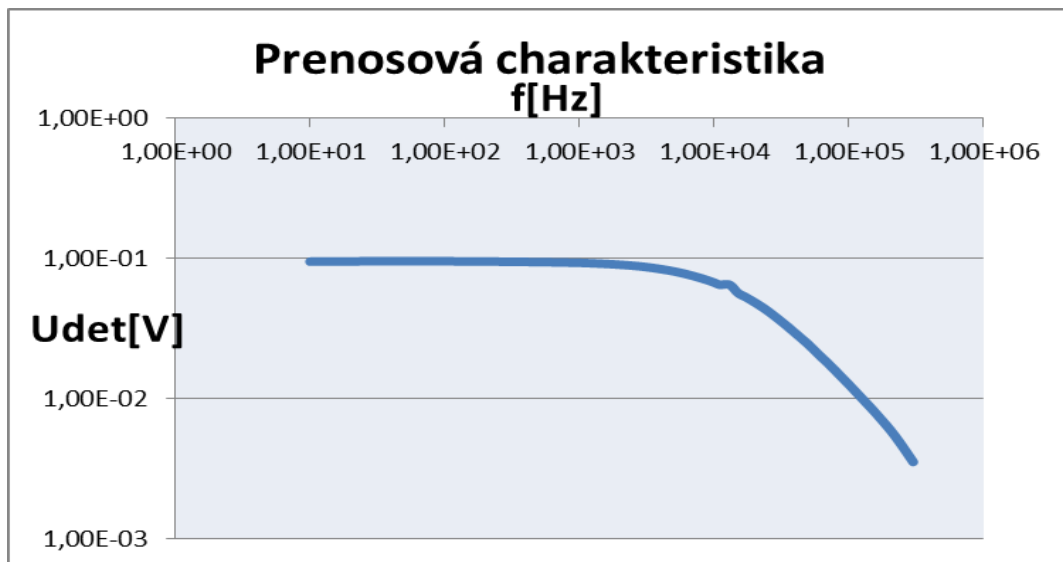
| | | |
|----------|----------|----------|
| 1,00E-02 | 1,90E+00 | 1,45E-01 |
| 3,70E-02 | 2,00E+00 | 2,38E-01 |

| Prenosová charakteristika. Merané pri prúde LED: 5,30mA. | |
|---|----------|
| f [Hz] | Udet [V] |
| 1,00E+01 | 9,51E-02 |
| 3,00E+01 | 9,56E-02 |
| 7,00E+01 | 9,57E-02 |
| 3,00E+02 | 9,50E-02 |
| 1,00E+03 | 9,32E-02 |
| 2,00E+03 | 9,03E-02 |
| 3,00E+03 | 8,74E-02 |
| 4,00E+03 | 8,41E-02 |
| 5,00E+03 | 8,11E-02 |
| 6,00E+03 | 7,80E-02 |
| 7,00E+03 | 7,51E-02 |
| 8,00E+03 | 7,24E-02 |
| 9,00E+03 | 6,99E-02 |
| 1,00E+04 | 6,74E-02 |
| 1,10E+04 | 6,51E-02 |
| 1,30E+04 | 6,51E-02 |
| 1,50E+04 | 5,69E-02 |
| 1,70E+04 | 5,33E-02 |
| 2,00E+04 | 4,87E-02 |
| 2,20E+04 | 4,60E-02 |
| 2,50E+04 | 4,23E-02 |
| 3,00E+04 | 3,70E-02 |
| 3,50E+04 | 3,28E-02 |
| 4,00E+04 | 2,94E-02 |
| 5,00E+04 | 2,44E-02 |
| 6,00E+04 | 2,06E-02 |
| 7,00E+04 | 1,79E-02 |
| 9,00E+04 | 1,40E-02 |
| 1,10E+05 | 1,15E-02 |
| 1,60E+05 | 7,81E-03 |
| 2,20E+05 | 5,44E-03 |
| 3,00E+05 | 3,55E-03 |

| Vyžarovacia charakteristika LED. Merané pri prúde LED: 13,50mA. | | | | |
|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Natočenie det. | Natočenie Led. 0 | Natočenie Led. 30 | Natočenie Led. 60 | Natočenie Led. 90 |
| 0 | 9,28E-02 | 9,34E-02 | 9,28E-02 | 9,08E-02 |
| 10 | 9,06E-02 | 9,12E-02 | 9,10E-02 | 9,02E-02 |
| 20 | 8,71E-02 | 8,80E-02 | 8,91E-02 | 8,89E-02 |
| 30 | 9,02E-02 | 9,32E-02 | 9,59E-02 | 9,42E-02 |
| 40 | 1,13E-01 | 1,15E-01 | 1,13E-01 | 1,08E-01 |
| 50 | 1,34E-01 | 1,34E-01 | 1,30E-01 | 1,25E-01 |
| 60 | 1,50E-01 | 1,49E-01 | 1,46E-01 | 1,40E-01 |
| 70 | 1,65E-01 | 1,63E-01 | 1,58E-01 | 1,52E-01 |
| 80 | 1,69E-01 | 1,66E-01 | 1,60E-01 | 1,56E-01 |
| 90 | 1,61E-01 | 1,57E-01 | 1,52E-01 | 1,49E-01 |
| 100 | 1,47E-01 | 1,43E-01 | 1,38E-01 | 1,34E-01 |
| 110 | 1,30E-01 | 1,26E-01 | 1,20E-01 | 1,16E-01 |
| 120 | 1,06E-01 | 1,01E-01 | 9,38E-02 | 9,02E-02 |
| 130 | 7,62E-02 | 7,13E-02 | 6,32E-02 | 6,10E-02 |
| 140 | 7,73E-02 | 7,33E-02 | 6,63E-02 | 6,34E-02 |
| 150 | 8,03E-02 | 7,65E-02 | 6,99E-02 | 6,84E-02 |
| 160 | 7,92E-02 | 7,54E-02 | 6,94E-02 | 6,85E-02 |
| 170 | 7,58E-02 | 7,27E-02 | 6,70E-02 | 6,66E-02 |
| 180 | 6,87E-02 | 6,62E-02 | 6,10E-02 | 6,17E-02 |

Grafy:





Výpočty:

Určenie súčiniteľa n rovnice:

$$n * T = \frac{e * (U_{LED2} - U_{LED1})}{k * (\ln(I_{LED2}) - \ln(I_{LED1}))}$$

Pre výpočet som použil hodnoty odčítané z lineárnej časti voltampérovej charakteristiky:

$$U_{LED1} = 1,7V$$

$$I_{LED1} = 0,0001A$$

$$U_{LED2} = 1,9V$$

$$I_{LED2} = 0,01A$$

$$n * T = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} * (1,9 - 1,7)}{1,38 \cdot 10^{-23} * (\ln(0,01) - \ln(0,0001))} = 504,159 \text{ K. (Ak } T = 293K \text{ tak } n = 1,72).$$

Určenie frekvenčného rozsahu optronu:

$$U'_{DET} = 0,0957 \text{ V}$$

$$\frac{0,0957}{\sqrt{2}} = 0,067 \text{ V}$$

0,067 V zodpovedá frekvencii približne $f_K = 10000 \text{ Hz}$.

Záver:

Úlohou bolo zmerať voltampérovú, luxampérovú a smerovú vyžarovaciu charakteristiku luminiscančnej diódy a prenosovú charakteristiku optronu. V nameraných hodnotách alebo výpočtoch sa môžu nachádzať väčšie, či menšie odchýlky, ktoré sú spôsobené nevyhovujúcimi laboratórnymi podmienkami, alebo chybným meraním. Všetky výpočty boli zaokruholované a z toho dôvodu sa môžu viac alebo menej líšiť skutočnej požadovanej hodnote. Z nameraných hodnôt som zistil hodnotu kmitočtového rozsahu optronu, ktorý je 10000 Hz a číselného súčiniteľa n , ktorý je 1,72.