

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM			Jméno a příjmení Tomáš Vavrinec			ID 240893	
FEKT VUT BRNO	Ústav Fyziky		Ročník 1	Předmět FY2	Prog./Obor MET	Stud. skup. Kroužek	Lab. skup.
Měřeno dne 29.4.	Odevzdáno dne		Spolupracoval				
Příprava	Opravy		Učitel		Hodnocení		
Název úlohy Charakteristiky optoelektronických součástek						Číslo úlohy 28	

1 Úkol

1. Změřte voltampérovou, luxampérovou a směrovou vyzařovací charakteristiku luminiscenční diody, přenosovou charakteristiku optronu. Z grafu V-A charakteristiky určete součinitel n a přenosové charakteristiky určete kmitočtový rozsah optronu.
2. Součástky o nichž pojednává tato úloha jsou polovodičové. Připomeňte si základní znalosti o polovodičích ze střední školy, z předmětu Fyzika 1 a z úloh Teplotní závislost odporu polovodičového termistoru Hallův jev z Fyzikálního praktika 1.

2 Teoretický úvod

LED (Light Emitting Diode) je zdroj viditelného záření a záření v blízké infračervené oblasti. Princip je založen na průchodu proudu skrz PN přechod, ve kterém rekombinují nosiče náboje. Nosiče rekombinují ve chvíli, kdy je jejich energie menší než spodní hranice vodivostního pásu, neboli horní hranice zakázaného pásu. Při rekombinaci se musí snížit potenciální energie elektronu o šířku zakázaného pásu, proto rekombinující elektron vyžáří foton o této energii. Energie fotonu pak přímo odpovídá jeho vlnové délce podle vztahu.

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_f} \quad (1)$$

Kde h je Planckova konstanta, c je rychlost světla a λ je vlnové délka světla. Vlnová délka světla, které vyzařuje LED, je proto určena šířkou zakázaného pásu.

Tento systém se dá použít i v opačném směru, mluvíme pak o fotodiodě namísto LED. Foton, který dopadne do přechodu, vygeneruje vodivostní pár, který je okamžitě odsát elektrickým polem na přechodu.

2.1 VA charakteristika

VA charakteristika je přibližně popsateľná Schottkyho rovnicí

$$I_{led} = I_0 \cdot \left(\exp \frac{eU_{led}}{kTn} - 1 \right) \quad (2)$$

Kde I_0 je saturační proud diody, e je elementární náboj, U_{led} je napětí na diodě, k Boltzmannova konstanta, T je teplota a n je číselný součinitel závislý na mechanismu transportu. Pro součinitel n platí $1 < n < 2$.

2.2 Luxampérová charakteristika

Luxampérová charakteristika je závislost světelného toku tvořeného diodou Φ na proudu diodou I_{led} . Světelný tok dopadá na fotodiodu, na které se tak přímoúměrně světelnému toku Φ generuje napětí U_{det} . Závislost U_{det} na proudu I_{led} tak bude mít stejný tvar jako Luxampérová charakteristika a můžeme se tedy pro jednoduchost zaměnit.

2.3 Směrová vyzařovací charakteristika

Směrová vyzařovací charakteristika charakterizuje intenzitu světelného toku v závislosti na úhlu mezi snímačem a horizontální rovinou.

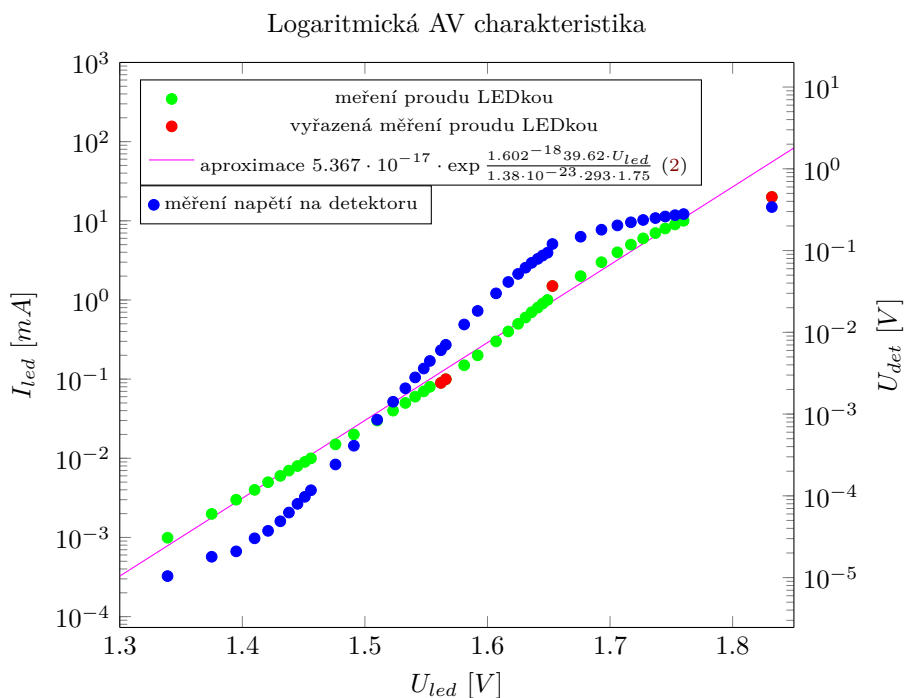
2.4 Optron

Optron je součástka složená z LED a fotodiody nebo fototranzistoru, která slouží např. pro galvanické oddělení.

3 Měření

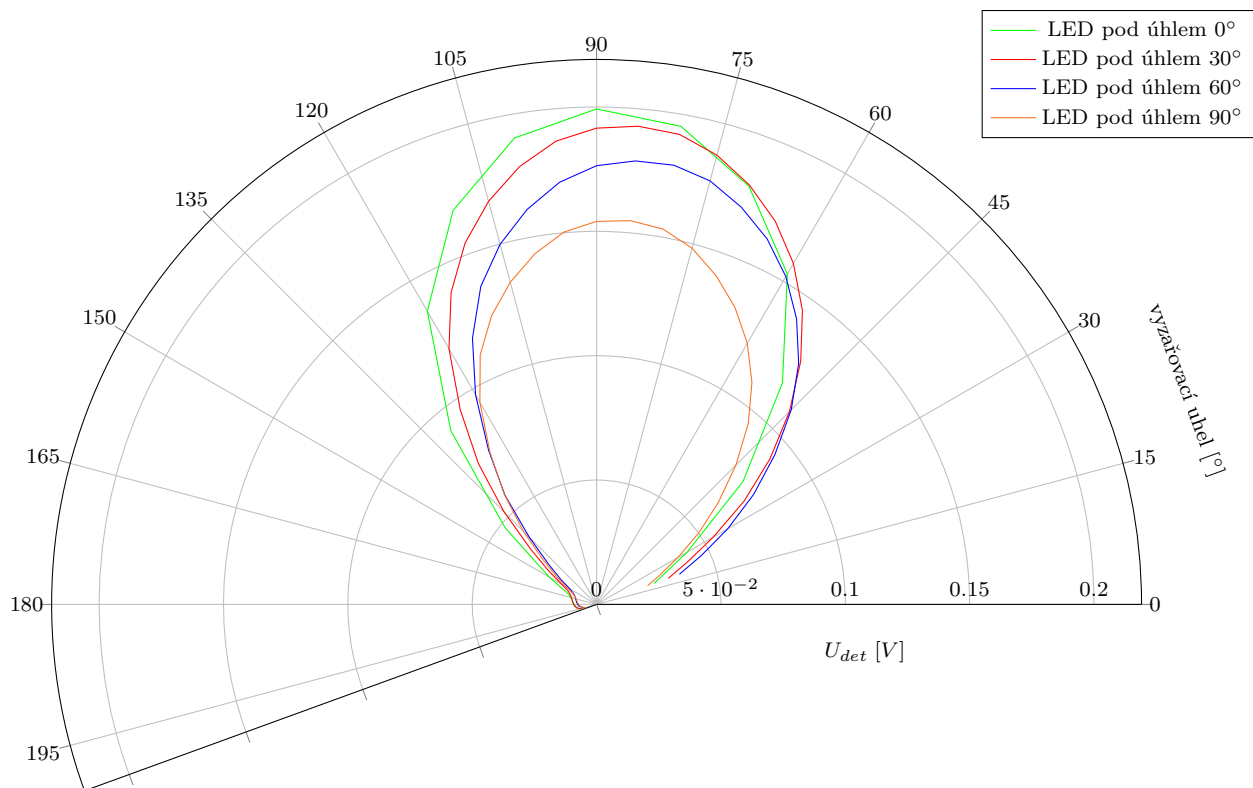
3.1 Voltampérová a luxampérová charakteristika LED

I_{led} [A]	U_{led} [V]	U_{det} [V]
$9.925 \cdot 10^{-7}$	1.339	$1.043 \cdot 10^{-5}$
$1.985 \cdot 10^{-6}$	1.375	$1.798 \cdot 10^{-5}$
$2.998 \cdot 10^{-6}$	1.395	$2.093 \cdot 10^{-5}$
$3.991 \cdot 10^{-6}$	1.410	$3.023 \cdot 10^{-5}$
$4.983 \cdot 10^{-6}$	1.421	$3.732 \cdot 10^{-5}$
$5.997 \cdot 10^{-6}$	1.431	$4.885 \cdot 10^{-5}$
$6.989 \cdot 10^{-6}$	1.438	$6.247 \cdot 10^{-5}$
$7.982 \cdot 10^{-6}$	1.445	$7.976 \cdot 10^{-5}$
$8.995 \cdot 10^{-6}$	1.451	$9.730 \cdot 10^{-5}$
$9.988 \cdot 10^{-6}$	1.456	$1.171 \cdot 10^{-4}$
$1.499 \cdot 10^{-5}$	1.476	$2.420 \cdot 10^{-4}$
$2.000 \cdot 10^{-5}$	1.491	$4.101 \cdot 10^{-4}$
$2.998 \cdot 10^{-5}$	1.510	$8.531 \cdot 10^{-4}$
$3.999 \cdot 10^{-5}$	1.523	$1.415 \cdot 10^{-3}$
$4.998 \cdot 10^{-5}$	1.533	$2.068 \cdot 10^{-3}$
$5.999 \cdot 10^{-5}$	1.541	$2.810 \cdot 10^{-3}$
$7.000 \cdot 10^{-5}$	1.548	$3.607 \cdot 10^{-3}$
$7.999 \cdot 10^{-5}$	1.553	$4.465 \cdot 10^{-3}$
$8.963 \cdot 10^{-5}$	1.562	$6.038 \cdot 10^{-3}$
$9.964 \cdot 10^{-5}$	1.566	$7.034 \cdot 10^{-3}$
$1.497 \cdot 10^{-4}$	1.581	$1.247 \cdot 10^{-2}$
$1.997 \cdot 10^{-4}$	1.592	$1.827 \cdot 10^{-2}$
$2.998 \cdot 10^{-4}$	1.607	$2.995 \cdot 10^{-2}$
$3.999 \cdot 10^{-4}$	1.617	$4.128 \cdot 10^{-2}$
$4.996 \cdot 10^{-4}$	1.625	$5.180 \cdot 10^{-2}$
$5.997 \cdot 10^{-4}$	1.631	$6.167 \cdot 10^{-2}$
$6.998 \cdot 10^{-4}$	1.636	$7.074 \cdot 10^{-2}$
$7.999 \cdot 10^{-4}$	1.641	$7.913 \cdot 10^{-2}$
$9.000 \cdot 10^{-4}$	1.645	$8.687 \cdot 10^{-2}$
$9.996 \cdot 10^{-4}$	1.649	$9.413 \cdot 10^{-2}$
$1.500 \cdot 10^{-3}$	1.653	$1.203 \cdot 10^{-1}$
$1.999 \cdot 10^{-3}$	1.676	$1.476 \cdot 10^{-1}$
$2.998 \cdot 10^{-3}$	1.693	$1.799 \cdot 10^{-1}$
$3.998 \cdot 10^{-3}$	1.706	$2.031 \cdot 10^{-1}$
$4.997 \cdot 10^{-3}$	1.717	$2.217 \cdot 10^{-1}$
$5.997 \cdot 10^{-3}$	1.727	$2.367 \cdot 10^{-1}$
$6.996 \cdot 10^{-3}$	1.737	$2.498 \cdot 10^{-1}$
$7.996 \cdot 10^{-3}$	1.745	$2.609 \cdot 10^{-1}$
$8.995 \cdot 10^{-3}$	1.753	$2.709 \cdot 10^{-1}$
$9.995 \cdot 10^{-3}$	1.760	$2.794 \cdot 10^{-1}$
$2.000 \cdot 10^{-2}$	1.832	$3.405 \cdot 10^{-1}$



z aproximace je vidět že $n = 1.75$

3.2 Vyzařovací charakteristika LED

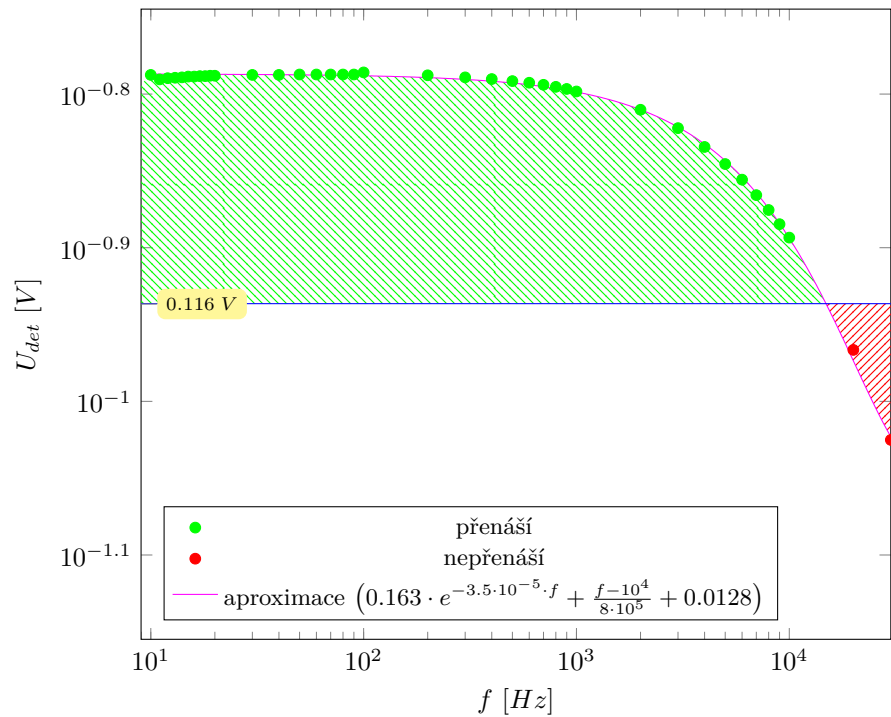


Aby bylo maximum grafu na 90° , pootočil jsem měření o $+20^\circ$, protože zhruba o tento úhel byla charakteristika nakloněna. Předpokládám totiž, že byla LED v přípravku špatně natočena a ne že by opravdu svítila do strany.

úhel $^\circ$	0°	30°	60°	90°	úhel $^\circ$	0°	30°	60°	90°
	$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$		$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$	$U_{det} [mV]$
20	24.60	30.70	35.44	21.86	115		138.4		110.7
25		40.26	46.45	28.21	120	136.1	118.7	97.34	93.85
30	42.03	54.23	60.99	37.79	125		95.57	75.73	74.79
35		72.40	77.08	50.26	130	91.17	73.92	57.33	57.69
40	76.88	91.00	93.56	64.00	135		52.54	38.34	41.64
45		109.7	110.7	79.21	140	48.10	34.72	25.31	28.30
50	116.3	127.7	126.4	94.88	145		23.59	17.66	19.89
55		144.3	140.2	108.9	150	21.99	16.24	12.30	14.11
60	153.4	158.3	152.2	121.2	155		12.58	10.19	10.64
65		170.0	162.2	131.7	160	11.99	11.16	9.242	9.242
70	179.0	179.5	170.0	140.6	165		10.46	8.725	8.504
75		187.0	176.3	148.3	170	9.956	9.984	8.334	8.015
80	195.2	191.9	179.3	153.3	175		9.616	8.004	7.622
95		193.0	179.0	154.9	180	8.968	9.242		7.240
90	199.2	191.5	176.4	154.0	185		8.817	7.228	6.767
95		187.0	170.4	150.3	190	8.078	8.072	6.174	5.957
100	190.4	178.7	161.2	143.1	195		6.559	5.219	5.022
105		167.8	149.9	134.1	200	5.972	5.821	4.933	4.592
110	168.6	154.6	136.1	123.5					

3.3 Přenosová charakteristika optronu

$f [Hz]$	$U_{det} [V]$
9.994 · 10 ⁰	1.631 · 10 ⁻¹
1.100 · 10 ¹	1.620 · 10 ⁻¹
1.200 · 10 ¹	1.623 · 10 ⁻¹
1.300 · 10 ¹	1.624 · 10 ⁻¹
1.400 · 10 ¹	1.625 · 10 ⁻¹
1.499 · 10 ¹	1.627 · 10 ⁻¹
1.600 · 10 ¹	1.627 · 10 ⁻¹
1.700 · 10 ¹	1.628 · 10 ⁻¹
1.800 · 10 ¹	1.628 · 10 ⁻¹
1.900 · 10 ¹	1.629 · 10 ⁻¹
1.999 · 10 ¹	1.629 · 10 ⁻¹
2.999 · 10 ¹	1.631 · 10 ⁻¹
3.999 · 10 ¹	1.631 · 10 ⁻¹
4.999 · 10 ¹	1.632 · 10 ⁻¹
5.999 · 10 ¹	1.632 · 10 ⁻¹
6.999 · 10 ¹	1.632 · 10 ⁻¹
7.999 · 10 ¹	1.632 · 10 ⁻¹
8.999 · 10 ¹	1.632 · 10 ⁻¹
9.999 · 10 ¹	1.637 · 10 ⁻¹
2.000 · 10 ²	1.630 · 10 ⁻¹
3.000 · 10 ²	1.625 · 10 ⁻¹
4.000 · 10 ²	1.621 · 10 ⁻¹
5.000 · 10 ²	1.616 · 10 ⁻¹
6.000 · 10 ²	1.612 · 10 ⁻¹
7.000 · 10 ²	1.607 · 10 ⁻¹
8.000 · 10 ²	1.602 · 10 ⁻¹
9.000 · 10 ²	1.597 · 10 ⁻¹
1.000 · 10 ³	1.591 · 10 ⁻¹
2.000 · 10 ³	1.548 · 10 ⁻¹
3.000 · 10 ³	1.506 · 10 ⁻¹
4.000 · 10 ³	1.464 · 10 ⁻¹
5.000 · 10 ³	1.427 · 10 ⁻¹
6.000 · 10 ³	1.394 · 10 ⁻¹
7.000 · 10 ³	1.362 · 10 ⁻¹
8.000 · 10 ³	1.332 · 10 ⁻¹
9.000 · 10 ³	1.304 · 10 ⁻¹
1.000 · 10 ⁴	1.278 · 10 ⁻¹



Při 100 Hz je na fotodiódě
 $0.1637 V \Rightarrow U_{det}(f_k) = \frac{U_{det}(100 Hz)}{\sqrt{2}} = 0.116 V \Rightarrow f_k \doteq 10 kHz$
 optron je tedy schopen pracovat zhruba do 13.7 kHz.

4 Závěr

Z grafu VA charakteristiky jsem pomocí aproximace průběhu určil číselný součinitel $n = 1.75$. Při vykreslování vyzařovací charakteristiky jsem měření pootočil, aby maximum bylo na 90°. To proto, že předpokládám, že LED byla v přípravku špatně natočena a ne že září do strany. Do grafu přenosové charakteristiky optronu jsem vyznačil hodnotu 0.116 V, která odpovídá $\sqrt{U_{det}(100 Hz)}$ a odlišil jsem oblast přenosu. Kritický kmitočet jsem tak stanovil na 13.7 kHz a zároveň jsem charakteristiku approximoval funkcí $U_{det}(f) = 0.163 \cdot e^{-3.5 \cdot 10^{-5} \cdot f} + \frac{f - 10^4}{8 \cdot 10^5} + 0.0128$