

Název a číslo úlohy	9 - Detekce optického záření
Datum měření	9. 3. 2011
Měření provedli	Tomáš Zikmund, Jakub Kákona
Vypracoval	Jakub Kákona
Datum	
Hodnocení	

1 Ověření vlastností fotoodporu

Fotoodpor jsme zapojili sériově s měřícím odporem s hodnotou $R_z = 2050 \text{ Ohm}$. A na oba odpory připojili napájecí zdroj $U_0 = 10 \text{ V}$. Postupně jsme pak měnili intenzitu záření dopadajícího na odpor pomocí šedotónových filtrů a na měřícím odporu odečítali napětí digitálním multimetrem. Výsledný odpor jsme pak vypočetli z naměřených hodnot, pomocí vztahu 1. Je vidět, že odpor fotoodporu s rostoucím osvětlením klesá a napětí na měřícím odporu proto roste.

$$R_F = \frac{(U_0 - U_z)R_z}{U_z} \quad (1)$$

Světelný příkon[mW]	U_z [V] Rozsvíceno	U_z [V] Zhasnuto	R_F [Ohm]
2,94	9,191	9,18	180
1,42	8,923	8,94	247
0,56	8,498	8,4	362
0,26	8,066	7,94	491
0,12	7,48	7,191	690
0,048	6,719	6,024	1001
0,022	6,1	4,851	1310

Tabulka 1: Naměřené hodnoty napětí a vypočtené hodnoty fotoodporu

2 VA charakteristika fotoodporu

Při měření voltampérové charakteristiky jsme měli fotoodpor připojený ke zdroji a digitálním multimetrem jsme měřili jím protékající proud.

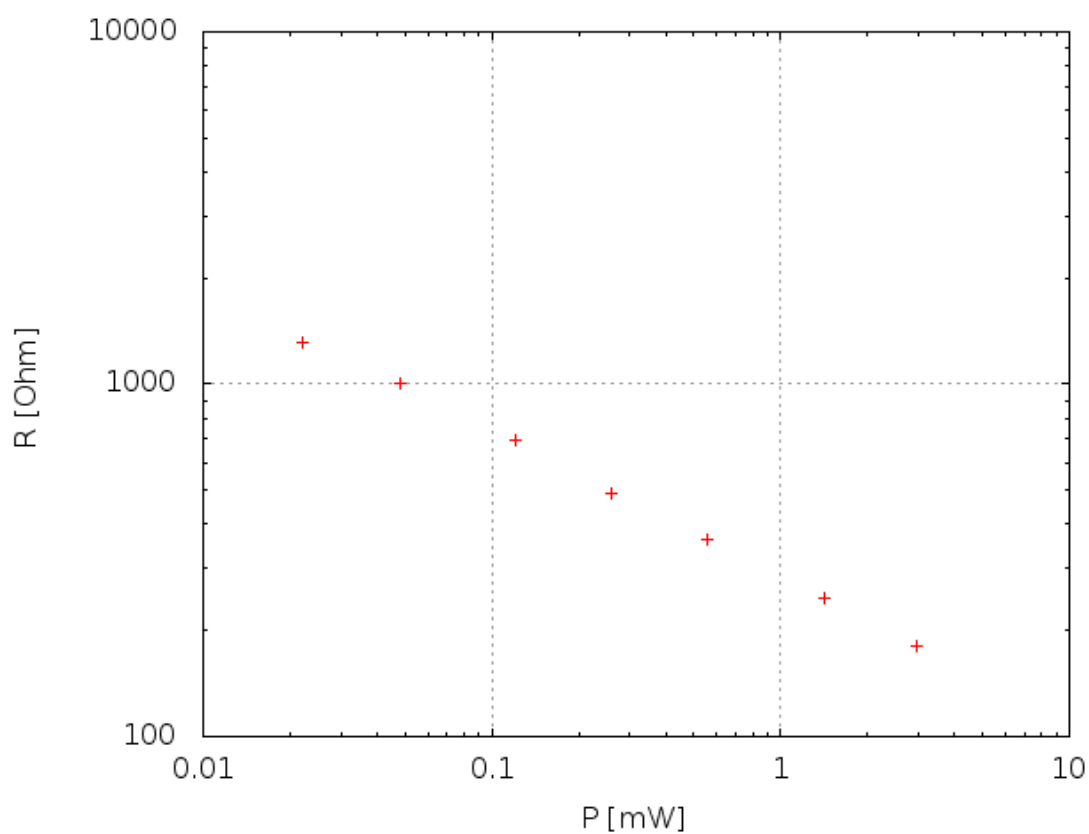
Naměřená charakteristika pro větší dopadající optický výkon se liší od lineární závislosti pravděpodobně proto, že odpor fotoodporu byl již dostatečně nízký na to, aby protékající proud mohl způsobit zahřátí polovodiče a tím zvýšení protékajícího proudu nad očekávanou mez.

3 VA charakteristika fotodiody

Voltampérovou charakteristiku diody jsme měřili jejím připojením ke zdroji, tak aby bylo možné ampérmetrem měřit protékající proud. Na zdroji jsme pak postupně měnili napětí a hodnoty proudu v závislosti na napětí zaznamenávali do tabulky.

Ze zobrazených grafů je vidět, že fotoefekt se v propustném směru příliš neprojevuje vzhledem k tomu, že fotoproud je zanedbatelný vůči proudu, který diodou protéká ze zdroje.

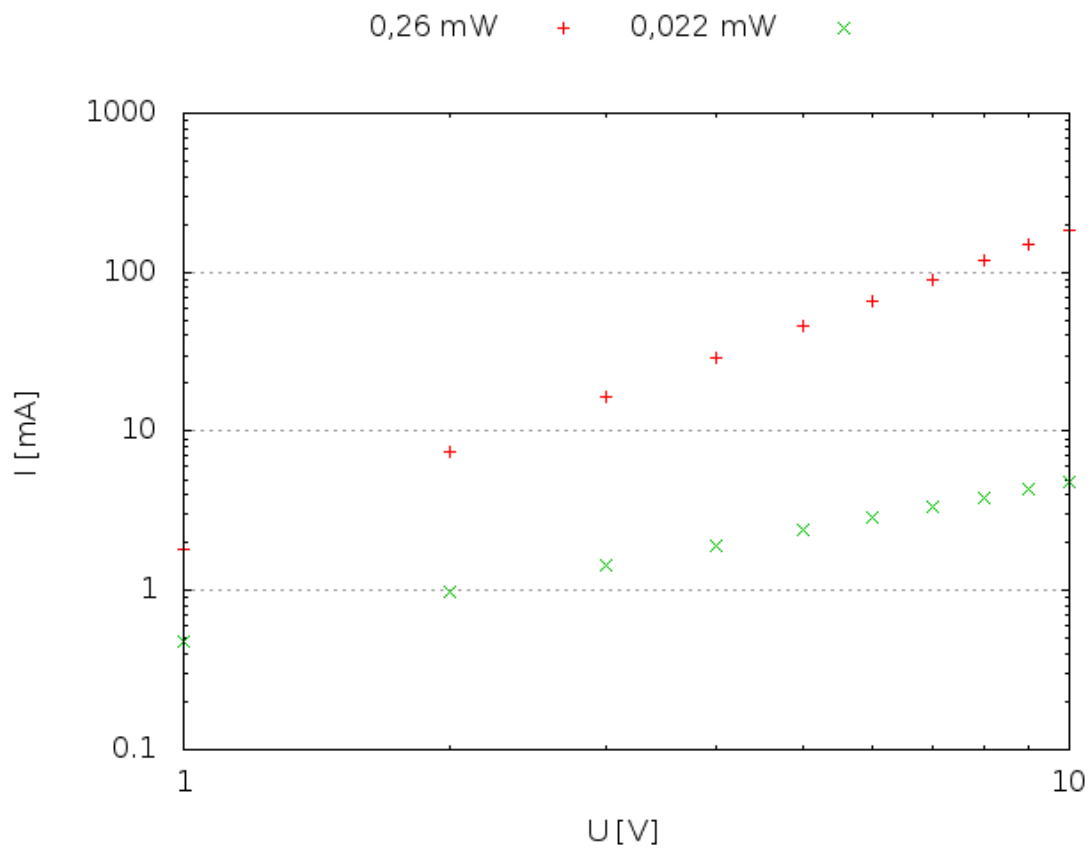
Naopak v závěrném směru je fotoefekt velmi výrazný a způsobuje značnou změnu protékajícího proudu. Proto se často pro detekci záření používá závěrně polarizovaná dioda.



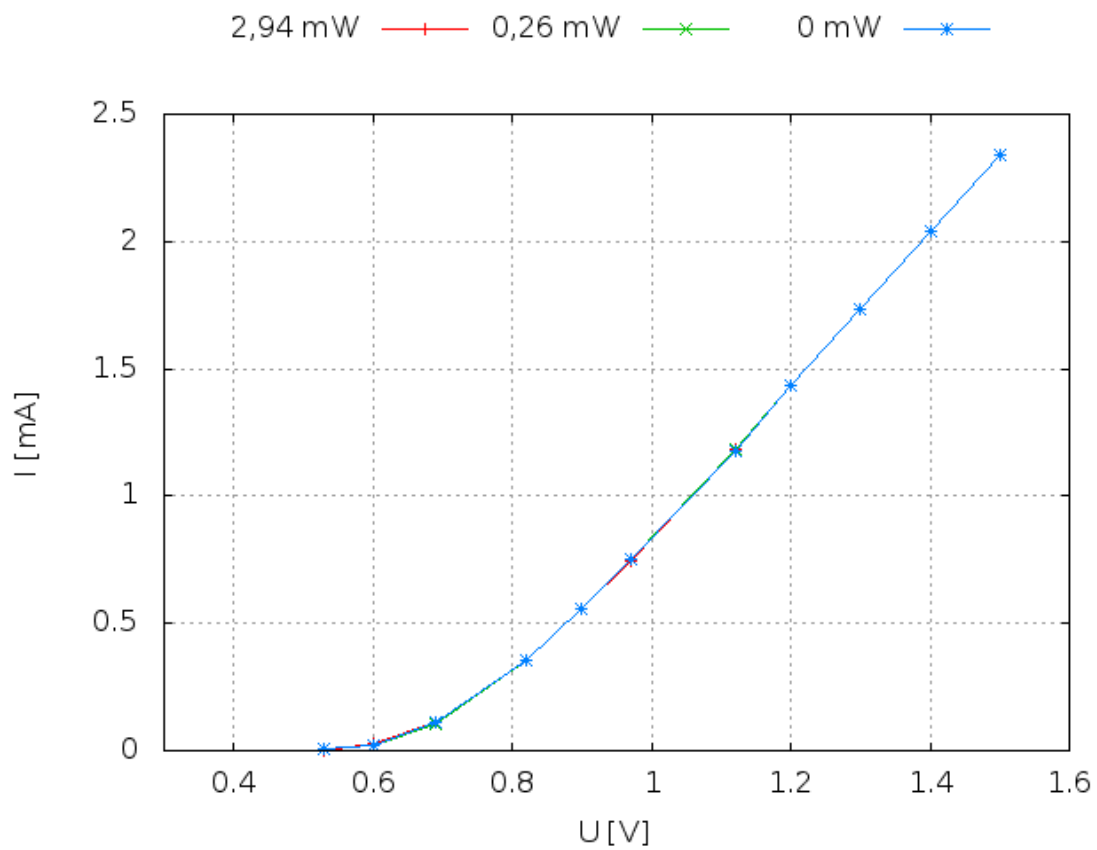
Obrázek 1: Závislost odporu fotoodporu na výkonu dopadajícího záření 650nm

U [V]	I[mA]	
	0,26 mW	0,022 mW
0	0	0
1	1,83	0,479
2	3,68	0,974
3	5,452	1,429
4	7,34	1,922
5	9,157	2,399
6	11,082	2,899
7	12,954	3,37
8	14,83	3,84
9	16,703	4,33
10	18,518	4,779

Tabulka 2: Naměřené hodnoty voltampérové charakteristiky fotoodporu



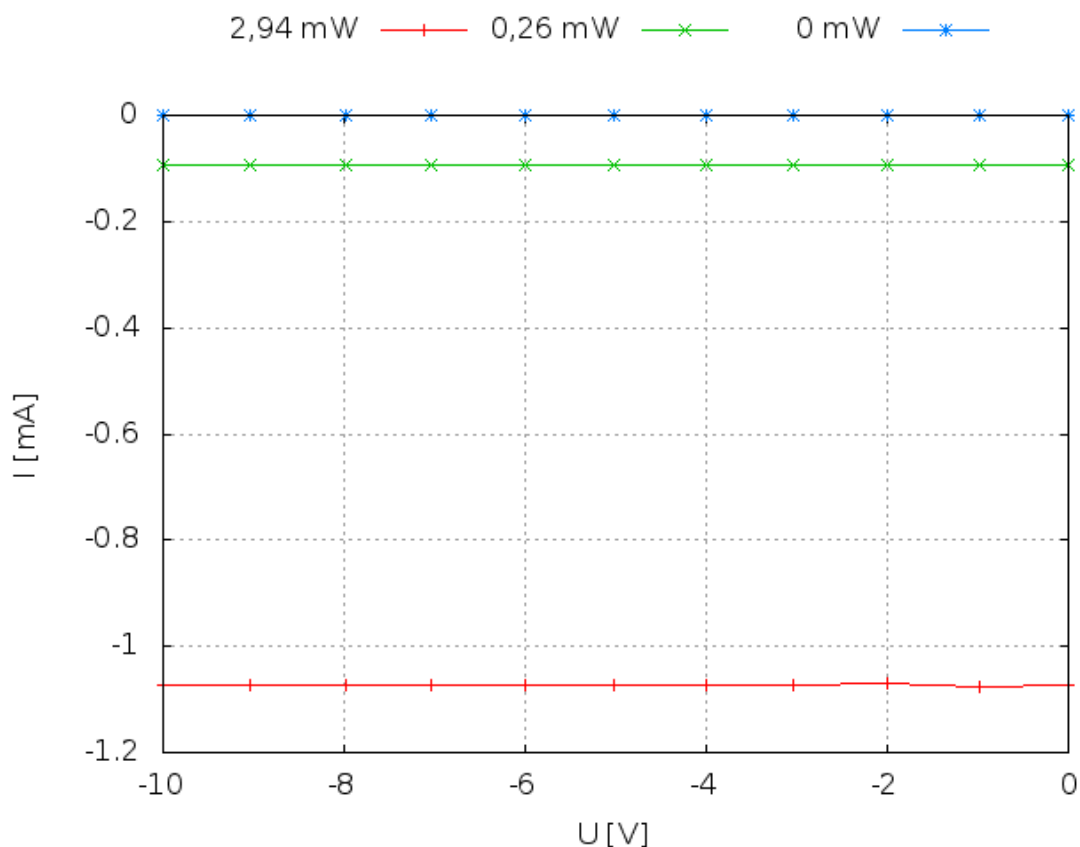
Obrázek 2: VA charakteristika fotoodporu pro dvě hodnoty výkonu dopadajícího záření



Obrázek 3: VA charakteristika PIN diody polarizované v propustném směru

Tabulka 3: Naměřené hodnoty VA charakteristiky PIN diody

	2,94 mW	0,26 mW	0 mW
U [V]	I [mA]	I [mA]	I [mA]
0	-1,074	-0,093	0
-0,98	-1,076	-0,093	0
-2	-1,07	-0,093	0
-3,03	-1,074	-0,093	0
-4	-1,074	-0,093	0
-5,01	-1,074	-0,093	0
-6	-1,074	-0,093	0
-7,03	-1,074	-0,093	0
-7,98	-1,074	-0,093	0
-9,03	-1,074	-0,093	0
-10	-1,074	-0,093	0
0,53	0,002	0,004	0,004
0,6	0,025	0,024	0,024
0,69	0,109	0,107	0,109
0,82	0,353	0,353	0,353
0,9	0,56	0,558	0,558
0,97	0,745	0,753	0,749
1,12	1,187	1,185	1,18
1,2	1,436	1,436	1,436
1,3	1,733	1,733	1,733
1,4	2,04	2,04	2,041
1,5	2,34	2,34	2,342



Obrázek 4: VA charakteristika PIN diody polarizované v závěrném směru

4 Spektrální citlivost fotodiody

Pro měření spektrální citlivosti jsme PIN diodu měli zapojenou v sérii s měřicím odporem a dioda byla polarizovaná závěrně. Diodu jsme pak osvětlovali různými výkony a měřili protékající proud pomocí napětí na odporu.

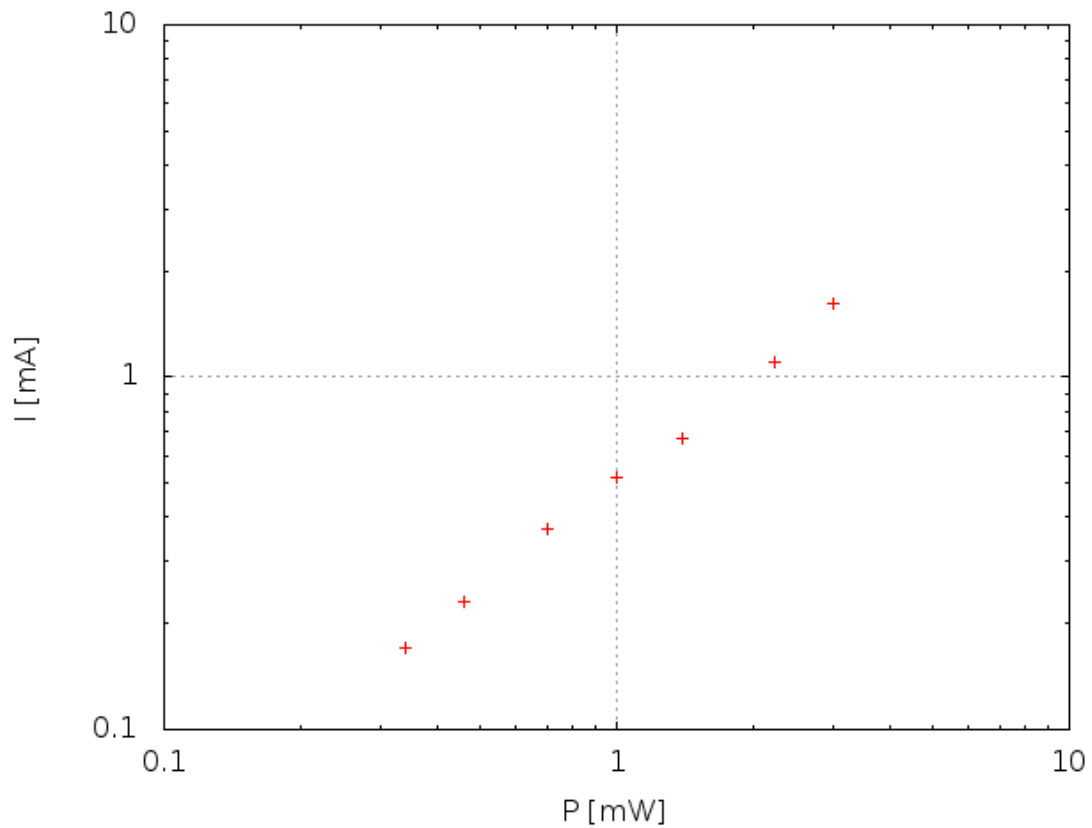
Tabulka 4: Naměřené a vypočtené hodnoty pro PIN diodu v režimu fotodetektoru pro případ vlnové délky 650nm

Světelný příkon[mW]	Id [mA]	A/W	QE
1,42	0,51	0,36	0,69
0,56	0,20	0,36	0,68
0,26	0,09	0,36	0,69
0,12	0,04	0,35	0,67
0,05	0,02	0,36	0,69
0,02	0,01	0,34	0,65
2,94	1,08	0,37	0,70

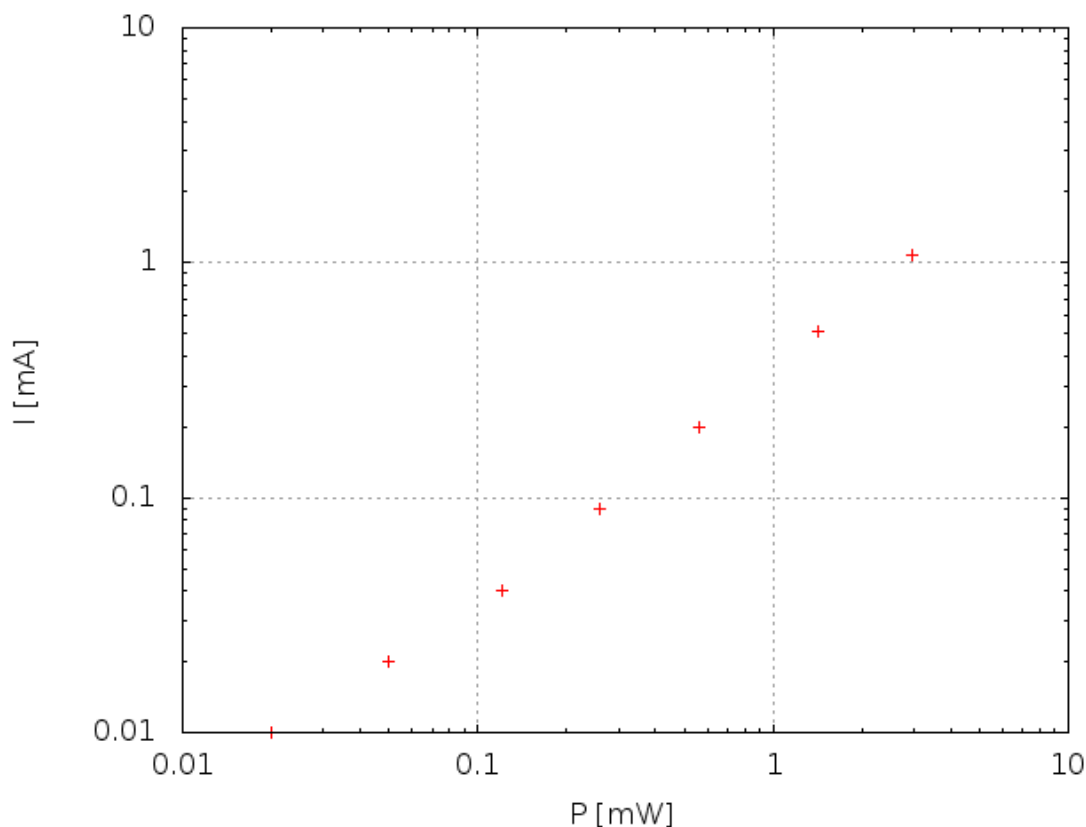
Z grafů je patrné, že pro infračervené záření je křemíková dioda citlivější, což je ve shodě s hodnotami předpovídanými teorií.

Tabulka 5: Naměřené a vypočtené hodnoty pro PIN diodu v režimu fotodetektoru pro případ vlnové délky 780nm

Světelný příkon[mW]	Id [mA]	A/W	QE
2,24	1,10	0,49	0,78
1,40	0,67	0,48	0,77
1,00	0,52	0,52	0,83
0,70	0,37	0,52	0,83
0,46	0,23	0,50	0,79
0,34	0,17	0,49	0,78
3,00	1,61	0,54	0,85



Obrázek 5: Proudová odezva diody v závislosti na dopadajícím výkonu pro záření 780nm



Obrázek 6: Proudová odezva diody v závislosti na dopadajícím výkonu pro záření 650nm

5 Fotovoltaické zapojení fotodiody

PIN diodu umístěnou ve stojánku jsme při tomto měření osvětlovali halogenovou žárovkou. A měřili proud a napětí na vývodech diody pro různou velikost zátěžového odporu. Tím jsme dostali zátěžovou charakteristiku uvedenou v tabulce a grafu. Z naměřených hodnot je patrné, že největšího výkonu je dosaženo v pracovním bodě $U=0,41$ V, $I=40,3$ mA, kde je výkon 16,402 mW. Z toho vyplývá, že pro panel s výkonem 1W by jsme potřebovali 60 kusů diod zapojených ve třech paralelních větvích po 20ks v sérii.

6 Proudová charakteristika fototranzistoru

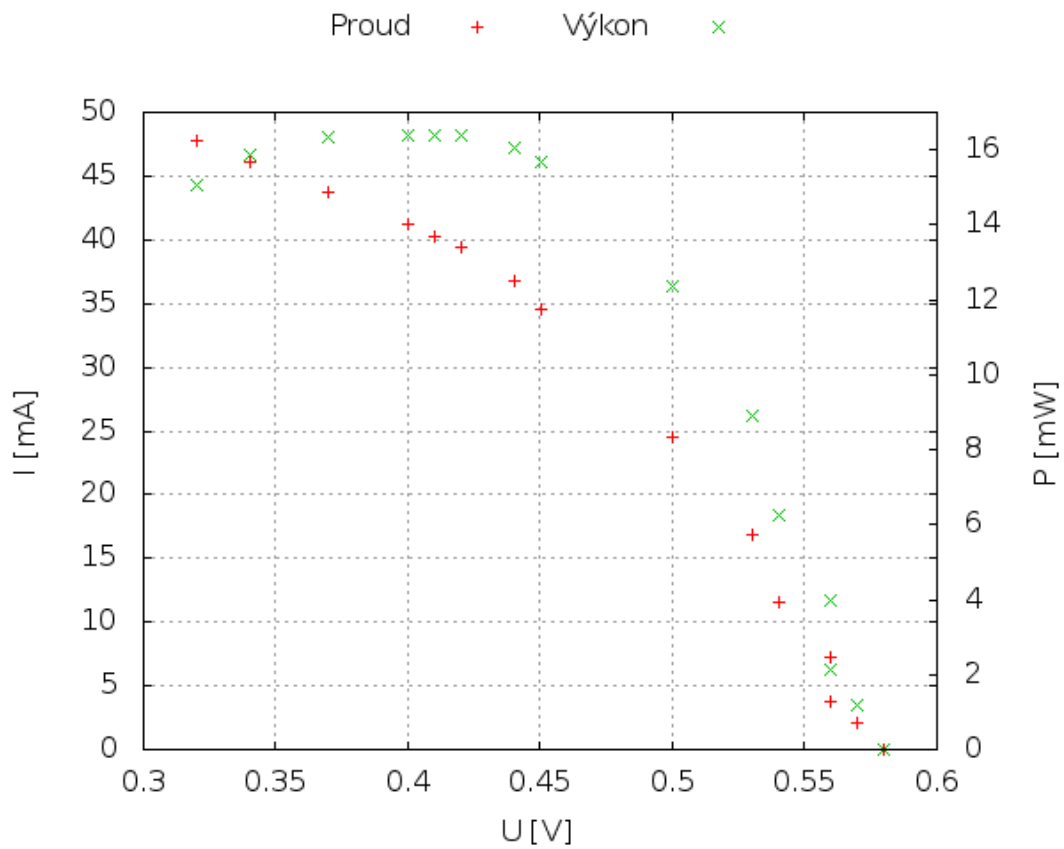
Při měření proudové charakteristiky fototranzistoru jsme postupovali obdobně jako při měření na fotoodporu. S tím rozdílem, že nyní byl $R_z = 100,3$ Ohm a napájecí napětí $U_0 = 5$ V.

Reference

- [1] Kolektiv KFE FJFI ČVUT: *Úloha č. 9 - Detekce optického záření*, [online], [cit. 9. března 2011], <http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP09.pdf>

U[V]	I[mA]	P[mW]
0,00	51,4	0,00
0,56	7,18	4,00
0,56	3,8	2,14
0,57	2,1	1,19
0,45	34,6	15,67
0,50	24,53	12,36
0,53	16,82	8,91
0,54	11,52	6,27
0,34	46,1	15,86
0,32	47,8	15,06
0,37	43,7	16,34
0,42	39,45	16,37
0,44	36,81	16,05
0,41	40,3	16,40
0,40	41,2	16,40
0,58	0	0

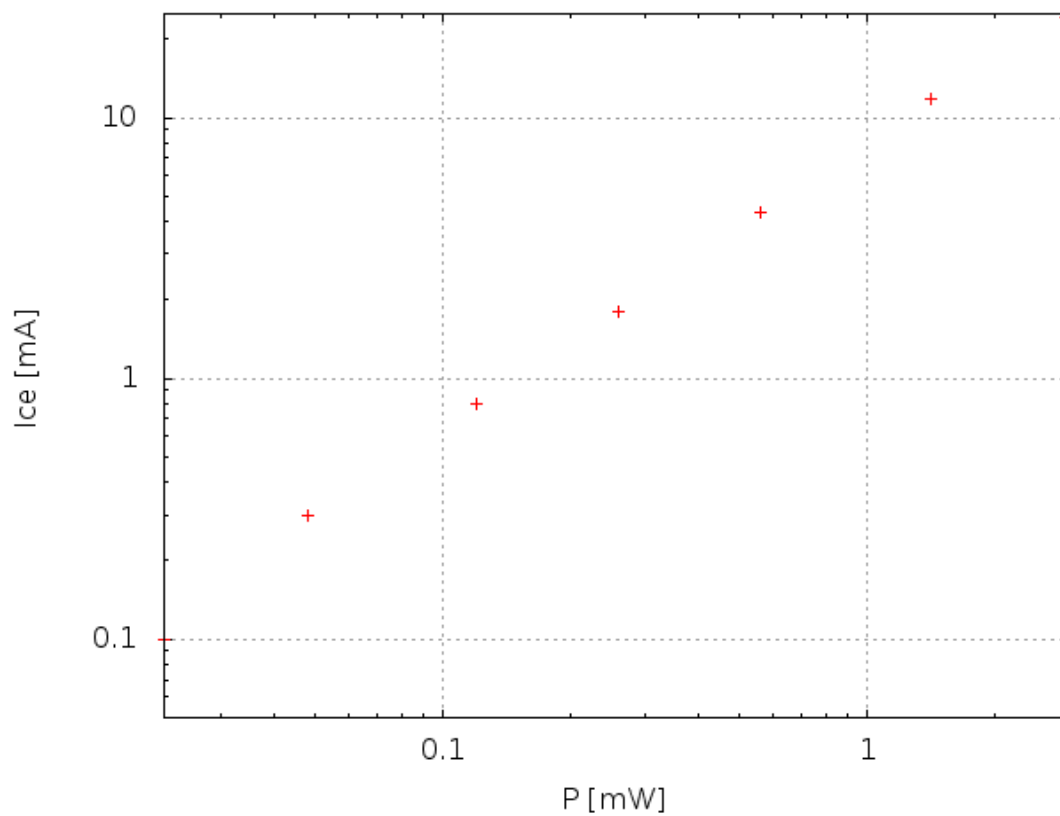
Tabulka 6: PIN dioda ve fotovoltaickém režimu



Obrázek 7: Charakteristiky PIN diody ve fotovoltaickém režimu

Světelný příkon[mW]	Ur[V]	Ice [mA]
2,94	2,44	24,3
1,42	1,18	11,8
0,56	0,43	4,3
0,26	0,18	1,8
0,12	0,08	0,8
0,048	0,03	0,3
0,022	0,01	0,1

Tabulka 7: Hodnoty proudu fototranzistorem



Obrázek 8: Proud protékající fototranzistorem v závislosti na výkonu dopadajícího záření