

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

LABORATORNÍ ÚLOHA č. 3

Spektrální charakteristiky fotodetektorů

Vypracovali: Jan HLÍDEK & Martin SKOKAN

V rámci předmětu: Fotonika (X34FOT)

Měřeno: 19.4.2007 14:30 až 16:00

1. ÚVOD

Pro měření této úlohy jsou zadány následující úkoly.

1. Změřte spektrální charakteristiku optodetektorů
 - a) křemíkové hradlové fotodiody 1PP 75 (hradlový režim)
 - b) luminiscenční dvoubarevné diody LQ 2134
 - c) fotoodpor WK 650 60a (barevný kód – černý proužek, cihlově červená fotocitlivá vrstva)
 - d) fotoodpor WK 650 75 (barevný kód – zelený proužek, hnědá fotocitlivá vrstva)
2. Naměřené charakteristiky korigujte podle spektrální charakteristiky zdroje.
3. Výsledky zpracujte graficky

2. TEORETICKÝ ÚVOD

Úkolem úlohy je změřit jak fotodiody, případně fotoodpor reagují na různé vlnové délky světla. Je totiž evidentní, že fotodetektory nejsou na všechny vlnové délky záření stejně citlivé. Je třeba myslet na to, že měření fotodetektoru není jen otázka uvažování jedné součástky, ale také je nutno brát v úvahu charakteristiku zdroje záření a případně ji korigovat.

Zdrojem monochromatického záření je monochromátor SPEKOL s difrakční mřížkou. Změna disperze mřížky se s vlnovou délkou mění méně než u monochromátoru s hranolem, není proto nutné měnit i šířku výstupní štěrbině s vlnovou délkou.

Spektrální charakteristiku zdroje záření (závislost spektrálního toku na vlnové délce) změříme radiometrem, přičemž je nutné provést korekci na spektrální charakteristiku detektoru radiometru (včetně radiometrického filtru). Skutečný spektrální tok (měřený jako zářivý výkon či tok pro konstantní spektrální šířku štěrbině monochromátoru) na výstupní štěrbině P_{os} je dán vztahem:

$$P_{os} = P_{on} \frac{100\%}{R}$$

kde P_{on} je naměřený výkon (údaj radiometru) a R relativní spektrální citlivost (responsivita) v %.

Výše uvedené hodnoty jsme čerpali z tabulky, která je k dispozici u návodu ke cvičení

Měřený optodetektor zasuňte do konektoru na výstupní štěrbině monochromátoru. Napětí na hradlových detektorech a odpor fotodetektorů měříme na odpovídajících rozsazích číslicového voltmetru. Vlnovou délku nastavujeme mikrometrickým šroubem monochromátoru (vychylování difrakční mřížky).

Zpracování výsledků. Poněvadž výstupní výkonová hustota záření zdroje závisí na vlnové délce, je třeba naměřené hodnoty korigovat. Korekci provedeme vynásobením naměřené hodnoty na detektoru, maximální hodnotu spektrálního toku a dělením hodnotou spektrálního toku na měřené vlnové délce:

$$U_{det.s} = U_{det.n} \frac{P_{os.max}}{P_{os}}$$

resp.:

$$G_{\text{det s}} = G_{\text{det n}} \frac{P_{\text{os max}}}{P_{\text{os}}}$$

kde U_{dets} resp. G_{dets} jsou skutečné hodnoty napětí či vodivosti a U_{detn} resp. G_{detn} představuje hodnoty naměřené.

3. NAMĚŘENÉ HODNOTY

Si hradlová fotodioda 1PP 75

λ [nm]	$U_{\text{det n}}$ [mV]	R [%]	P_{on} [nW/20nm]	P_{os} [nW/20nm]	$U_{\text{det s}}$ [mV]	$\frac{U_{\text{det s}}}{U_{\text{det s max}}}$
500	0,2	86,1	1153	1339,1	0,419	0,064
550	0,6	91,7	1747	1905,1	0,885	0,134
580	1,1	97,8	2130	2177,9	1,419	0,215
600	1,7	96,1	2270	2362,1	2,021	0,306
620	2,3	95,7	2366	2472,3	2,613	0,396
640	2,9	92	2390	2597,8	3,135	0,475
660	3,4	93	2466	2651,6	3,601	0,546
670	3,8	95,7	2542	2656,2	4,018	0,609
680	4	96,5	2608	2702,6	4,157	0,630
700	4,5	99,8	2720	2725,5	4,637	0,703
720	4,9	99	2664	2690,9	5,114	0,775
740	5,7	98,7	2770	2806,5	5,704	0,865
760	5,8	98,2	2758	2808,6	5,800	0,879
800	5,9	98,7	2480	2512,7	6,595	1,000
max.:				2808,6	6,595	

Luminiscenční dvoubarevná dioda LQ 2134

λ [nm]	$U_{\text{det n}}$ [mV]	R [%]	P_{on} [nW/20nm]	P_{os} [nW/20nm]	$U_{\text{det s}}$ [mV]	$\frac{U_{\text{det s}}}{U_{\text{det s max}}}$
480	4,9	84,3	902	1070,0	12,338	0,506
500	10,3	86,1	1153	1339,1	20,723	0,850
510	12,9	86,9	1263	1453,4	23,913	0,980
530	15,2	88,8	1491	1679,1	24,390	1,000
550	17,1	91,7	1747	1905,1	24,183	0,992
560	8,3	94,5	1886	1995,8	11,205	0,459
565	4,5	95,3	1956	2052,5	5,907	0,242
570	2,2	96,6	2025	2096,3	2,828	0,116
575	1,3	98	2095	2137,8	1,638	0,067
600	2,9	96,1	2270	2362,1	3,308	0,136
610	4,1	96	2318	2414,6	4,575	0,188
620	5,8	95,7	2366	2472,3	6,321	0,259
630	8	94	2390	2542,6	8,477	0,348
640	10	92,2	2390	2592,2	10,394	0,426
650	10,8	91,3	2390	2617,7	11,115	0,456
660	4,7	93	2466	2651,6	4,776	0,196

665	2,8	94,3	2504	2655,4	2,841	0,116
670	1,8	95,7	2542	2656,2	1,826	0,075
680	0,6	96,8	2608	2694,2	0,600	0,025
			max.:	2694,2	24,390	

Fotoodpor WK 650 60a

λ [mm]	$R_{\text{det n}}$ [k Ω]	$G_{\text{det n}}$ [mS]	R [%]	P_{on} [nW/20nm]	P_{os} [nW/20nm]	$G_{\text{det s}}$ [mS]	$G_{\text{det s}} / G_{\text{det s max}}$
400	50,1	0,0199601	55,5	144	259,5	0,222	0,852
420	38,1	0,0262467	76	309	406,6	0,187	0,715
450	26,4	0,0378788	83,2	596	716,3	0,153	0,586
480	18,7	0,0534759	84,6	902	1066,2	0,145	0,556
500	15,3	0,0653595	86,1	1153	1339,1	0,141	0,541
550	7,4	0,1351351	91,7	1747	1905,1	0,205	0,786
570	5,3	0,1886792	96,9	2025	2089,8	0,261	1,000
590	7,8	0,1282051	97	2200	2268,0	0,163	0,626
600	8,2	0,1219512	96,1	2270	2362,1	0,149	0,572
650	11	0,0909091	91,3	2390	2617,7	0,100	0,385
700	18,9	0,0529101	99,8	2720	2725,5	0,056	0,215
730	27,5	0,0363636	98,8	2690	2722,7	0,039	0,148
750	32,7	0,030581	98,6	2850	2890,5	0,031	0,117
770	40,1	0,0249377	98,1	2666	2717,6	0,027	0,102
800	52	0,0192308	98,7	2480	2512,7	0,022	0,085
				max.:	2890,5	0,261	

Fotoodpor WK 650 75

λ [mm]	$R_{\text{det n}}$ [k Ω]	$G_{\text{det n}}$ [mS]	R [%]	P_{on} [nW/20nm]	P_{os} [nW/20nm]	$G_{\text{det s}}$ [mS]	$G_{\text{det s}} / G_{\text{det s max}}$
400	193	0,0051813	55,5	144	259,5	0,058	0,366
450	89	0,011236	83,2	596	716,3	0,045	0,287
500	44	0,0227273	86,1	1153	1339,1	0,049	0,311
550	22,4	0,0446429	91,7	1747	1905,1	0,068	0,429
600	13,6	0,0735294	96,1	2270	2362,1	0,090	0,570
630	9,2	0,1086957	94	2390	2542,6	0,124	0,783
640	7,3	0,1369863	92,2	2390	2592,2	0,153	0,968
650	7	0,1428571	91,3	2390	2617,7	0,158	1,000
660	8,1	0,1234568	93	2466	2651,6	0,135	0,853
700	14,2	0,0704225	99,8	2720	2725,5	0,075	0,473
730	23,4	0,042735	98,8	2690	2722,7	0,045	0,288
750	33	0,030303	98,6	2850	2890,5	0,030	0,192
770	54,3	0,0184162	98,1	2666	2717,6	0,020	0,124
790	83,3	0,0120048	98,5	2536	2574,6	0,013	0,085
800	101,6	0,0098425	98,7	2480	2512,7	0,011	0,072
				max.:	2890,5	0,158	

4. GRAFY

Viz. níže připojená příloha s grafy pro hodnoty v tabulkách.

5. ZÁVĚR

Měřením jsme ověřili a proměřili spektrální charakteristiky jednotlivých optických detektorů.

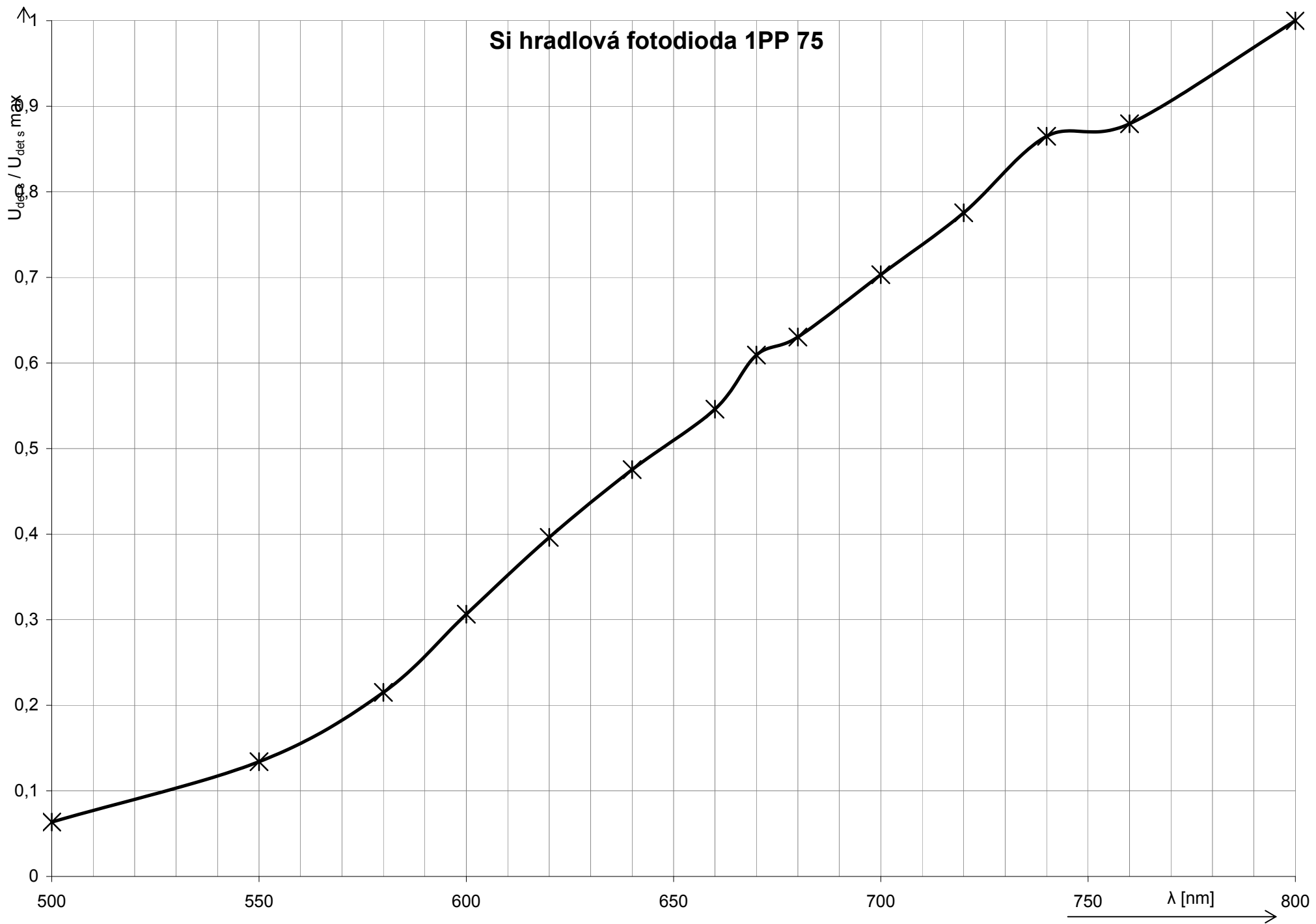
Z důvodu neúplného zorientování se v úloze ze začátku měření jsme naměřili jiné hodnoty vlnových délek, než jsou uvedeny v tabulce v návodu k úloze (týká se korekce závislosti zdroje záření na vlnové délce). Proto je naše následné zpracování dat zatíženo chybou, kdy bylo nutno interpolovat mezi jednotlivými hodnotami uváděnými ve zmiňované tabulce. V těchto případech jsme zvolili lineární interpolaci mezi sousedními hodnotami.

Co se týče vlastností jednotlivých fotodetektorů, tak je zajímavé zejména maximum citlivosti detektoru. Jednotlivé druhy detektorů jsou různě navrženy a dané detektory se nejlépe využívají právě pro detekci těch vlnových délek, na které jsou nejcitlivější.

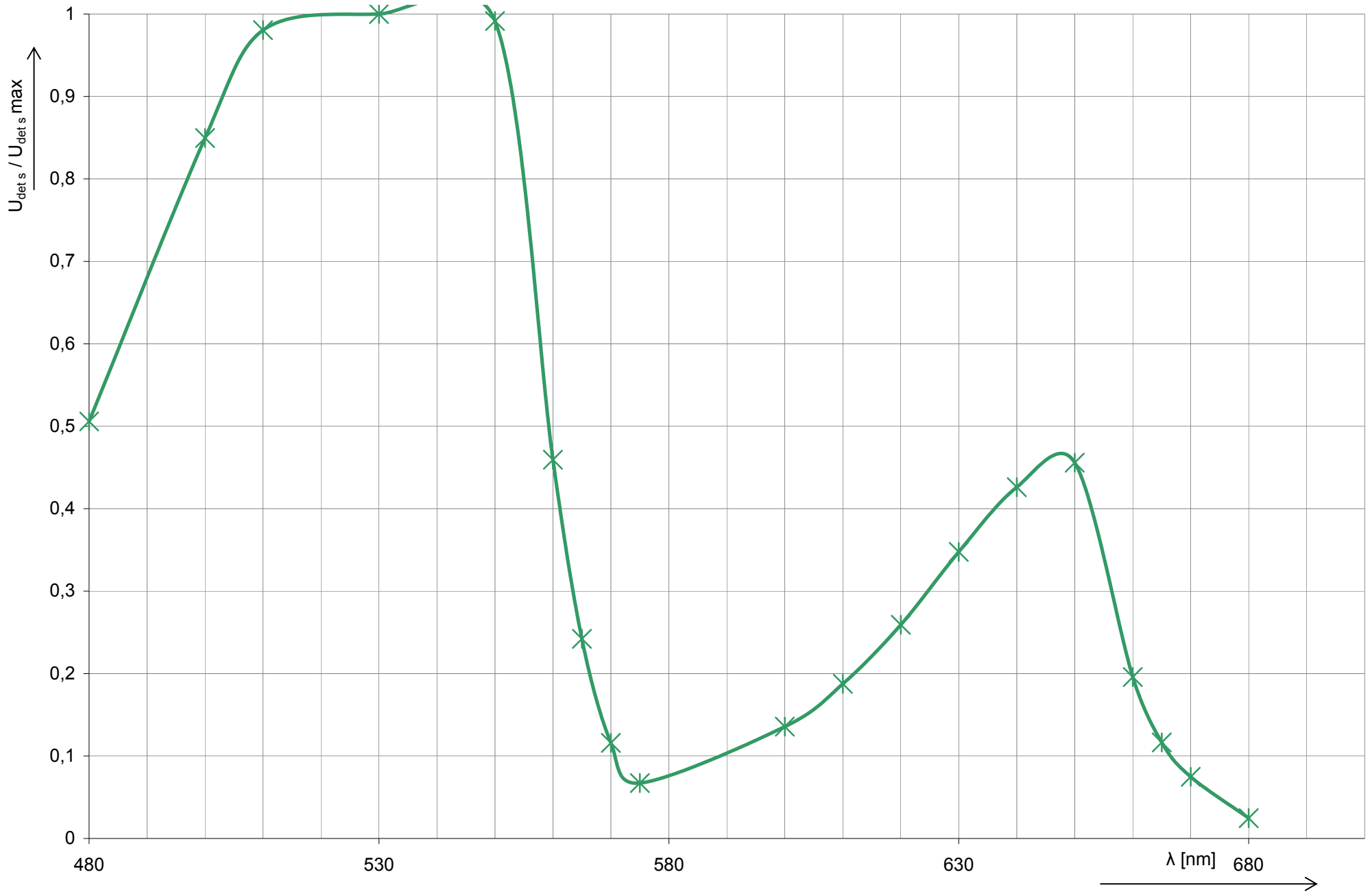
Je také zajímavé, že u luminiscenční dvoubarevné diody je možno pozorovat zvýšenou citlivost na dvou vlnových délkách. Měřené fotorezistory se zase vyznačují poměrně širokým pásmem, v kterém mají poměrně dobrou citlivost.

Křemíková fotodioda (pracující v hradlovém režimu) vypadá jako by při našem měření nevykazovala žádné maximum. Ale je nutné si uvědomit, že křemíkové diody mají spektrální charakteristiku posunutou směrem k delším vlnovým délkám. To, co tedy vidíme v grafu je jenom „náběh“ charakteristiky zleva. Maximum citlivosti Si diody je již mimo vlnové délky viditelné okem. Proto se často do fotodetektorů užívají spíše jiné materiály – např. CdS, který má podobnou spektrální charakteristiku jako lidské oko.

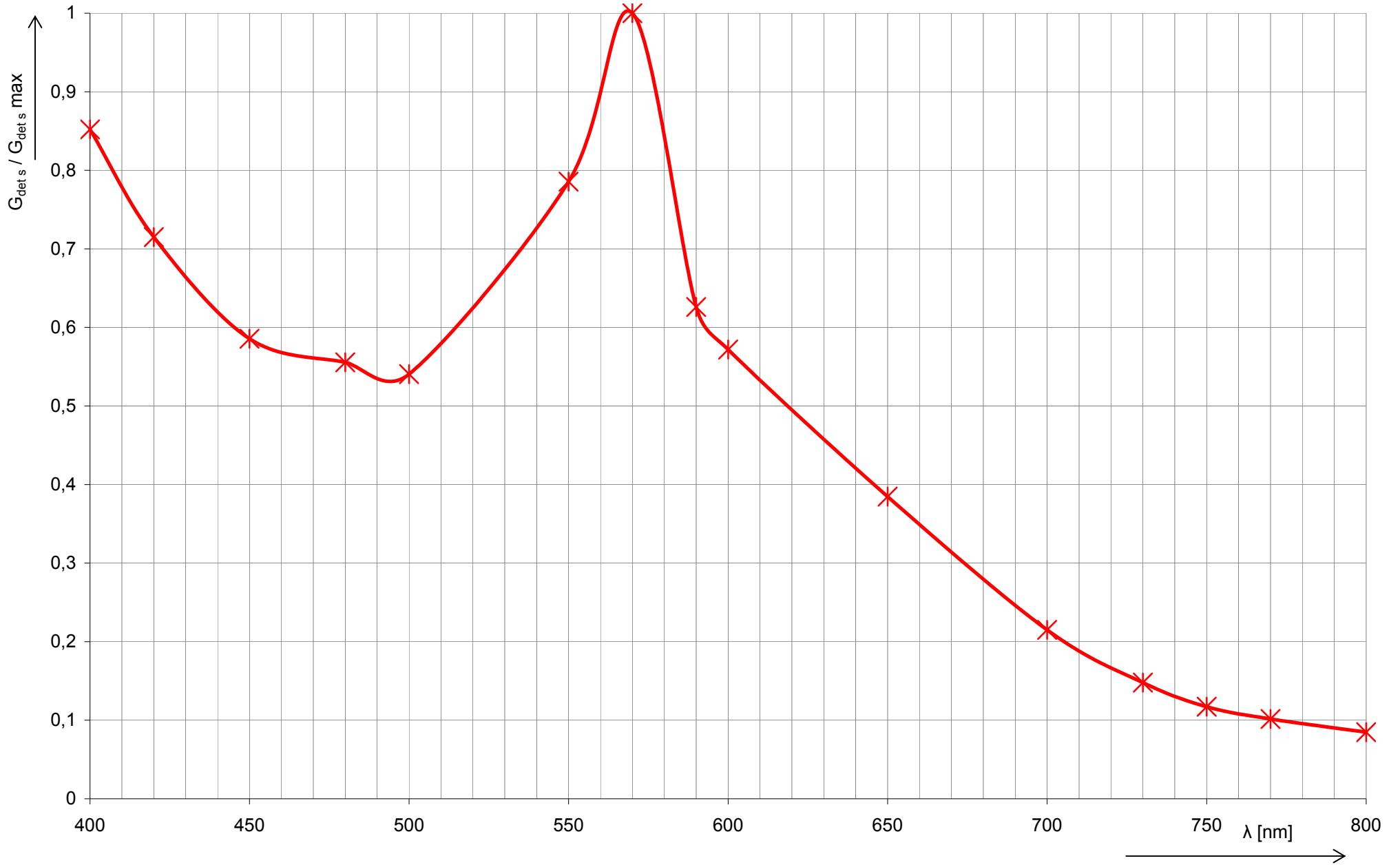
Si hradlová fotodioda 1PP 75



Luminiscenční dvoubarevná dioda LQ 2134



Fotoodpor WK 650 60a



Fotoodpor WK 650 75

