

Petr Novotný

Úloha č. 1

Studium činnosti fotonásobiče

Fotonásobič je elektro-optický přístroj používaný pro proměřování velmi nízkých světelných intenzit. Jeho činnost je založena na využití dvou druhů elektronové emise: fotoemise a sekundární emise.

Fotoemise je charakterizována emisí elektronů z povrchu osvětleného tělesa. Podstatou jevu je přeměna energie světelného kvanta na výstupní práci a kinetickou energii elektronu, který pak může uskutečnit elektrickou vodivost průletem od jedné elektrody ke druhé.

Dopadem urychlených elektronů na vhodnou elektrodu se mohou uvolnit nové elektrony. Je-li energie primárních (dopadajících) elektronů dostatečně velká, může počet sekundárních elektronů převýšit počet elektronů primárních. Poměr proudu sekundárních elektronů I_{sek} a proudu primárních elektronů I_{prim} se nazývá koeficient sekundární emise $\sigma = I_{sek}/I_{prim}$

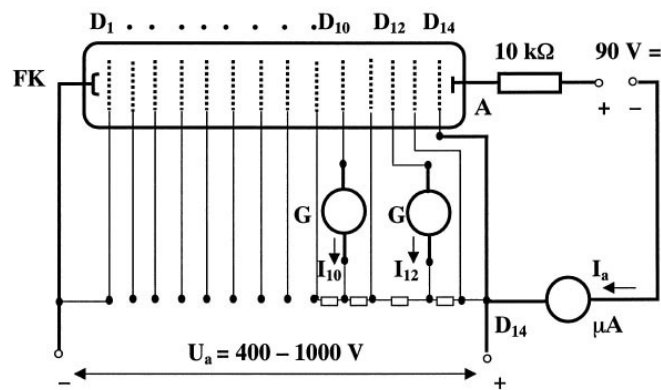


Schéma zapojení fotonásobiče

Napětí přivedené na jednotlivé elektrody je voleno tak, že postupně roste od katody přes jednotlivé dynody až k anodě. Fotoelektrony emitované z fotokatody dopadají na první dynodu, kde dojde k sekundární emisi, takže ji opouští celkem $I_1 = \sigma I_f$ elektronů. Tyto sekundární elektrony první dynody se stávají primárními elektrony dynody druhé, kde se děj opakuje.

Nedochází-li ke ztrátám, pak výsledný proud anody je dán vztahem $I_a = \sigma^n I_f$, kde n je počet dynod (v našem případě $n=14$).

Pro tři polohy klínu a pro tzv. temný proud, kdy vypneme zdroj světla, změříme závislost anodového proudu a proudu na 12. a 14. dynodě na anodovém napětí.

Z těchto hodnot určíme:

koeficient sekundární emise σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{I_{12}}{I_{10}}}$$

zesílení fotonásobiče M

$$M = \sigma^n$$

integrální citlivost fotonásobiče S

$$S = \frac{I_a}{\Phi}$$

proud na fotokadodě I_f

$$I_f = \frac{S}{M} \Phi$$

integrální citlivost fotokatody k

$$k = \frac{S}{M} = \frac{I_f}{\Phi}$$

U_a/V	$I_a/\mu A$	$I_{10}/\mu A$	$I_{12}/\mu A$	σ	$V=U_a/14$ [V]	$\ln(\sigma/V)$	M	$S/$ ALm^{-1}	$I_f/10^$ ^{10}A	$k/$ $10^{-6}ALm^{-1}$
Poloha klínu č. 1: $\Phi=0,90 \cdot 10^{-4}Lm$										
444	10	0,40	1,70	2,062	31,71	-2,733	25121	0,111	3,98	4,42
477	20	0,68	3,29	2,200	34,07	-2,740	62218	0,222	3,21	3,57
499	30	0,92	4,86	2,298	35,64	-2,741	114525	0,333	2,62	2,91
514	40	1,15	6,41	2,361	36,71	-2,744	167241	0,444	2,39	2,65
527	50	1,37	7,82	2,389	37,64	-2,757	197254	0,556	2,54	2,82
538	60	1,59	9,54	2,449	38,43	-2,753	279153	0,667	2,15	2,39
546	70	1,80	10,78	2,447	39,00	-2,769	275979	0,778	2,54	2,82
555	80	2,02	12,66	2,503	39,64	-2,762	378837	0,889	2,11	2,35
562	90	2,19	14,02	2,530	40,14	-2,764	440238	1,000	2,04	2,27
Poloha klínu č. 3: $\Phi=0,52 \cdot 10^{-4}Lm$										
450	10	0,43	1,81	2,052	32,14	-2,751	23468	0,192	4,25	8,18
489	20	0,69	3,43	2,230	34,93	-2,751	72209	0,385	2,77	5,33
513	30	0,93	5,02	2,323	36,64	-2,758	133257	0,577	2,25	4,33
527	40	1,13	6,32	2,365	37,64	-2,767	171252	0,769	2,34	4,49
541	50	1,35	7,93	2,424	38,64	-2,769	241800	0,962	2,07	3,98
551	60	1,54	9,48	2,481	39,36	-2,764	334792	1,154	1,79	3,45
559	70	1,70	10,59	1,914	39,93	-3,038	8855	1,346	79,04	152,00
567	80	1,88	11,91	2,517	40,50	-2,778	409605	1,538	1,95	3,75
575	90	2,08	13,62	2,559	41,07	-2,776	516397	1,731	1,74	3,35
Poloha klínu č. 5: $\Phi=0,34 \cdot 10^{-4}Lm$										
452	10	0,44	1,84	2,045	32,29	-2,759	22372	0,294	4,47	13,14
493	20	0,66	3,21	2,205	35,21	-2,771	64227	0,588	3,11	9,16
520	30	0,88	4,73	2,318	37,14	-2,774	129297	0,882	2,32	6,82
538	40	1,08	6,23	2,402	38,43	-2,773	212825	1,176	1,88	5,53
552	50	1,28	7,76	2,462	39,43	-2,774	300630	1,471	1,66	4,89
562	60	1,47	9,11	2,489	40,14	-2,780	350226	1,765	1,71	5,04
571	70	1,64	10,50	2,530	40,79	-2,780	440238	2,059	1,59	4,68
579	80	1,82	11,91	2,558	41,36	-2,783	513579	2,353	1,56	4,58
587	90	1,99	13,41	2,596	41,93	-2,782	631343	2,647	1,43	4,19

U_d/V	$I_d/\mu A$	$I_{10}/\mu A$	$I_{12}/\mu A$	σ	$V=U_d/14$ [V]	$\ln(\sigma/V)$	M	$S /$ ALm^{-1}	$I_f/10^{10}A$	$k /$ $10^{-6}ALm^{-1}$
Temný proud: $\Phi=0$										
602	3	0,02	0,17							
595	2	0,00	0,04							
588	1	0,00	0,04							
545	0	0,00	0,03							
490	0	0,00	0,03							

Pro polohu klínu č. 1 získáme průměrnou hodnotu $k=(2,9\pm 0,2)\cdot 10^{-6}ALm^{-1}$

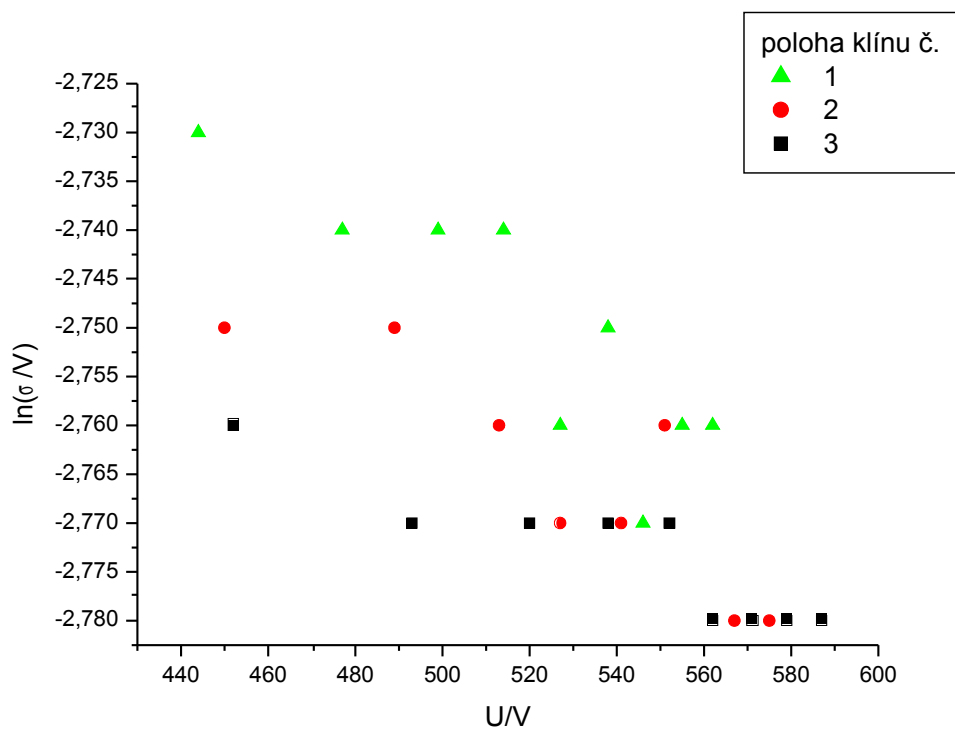
Pro polohu klínu č. 3 získáme průměrnou hodnotu $k=(4,6\pm 0,6)\cdot 10^{-6}ALm^{-1}$

Pro polohu klínu č. 5 získáme průměrnou hodnotu $k=(6,4\pm 0,9)\cdot 10^{-6}ALm^{-1}$

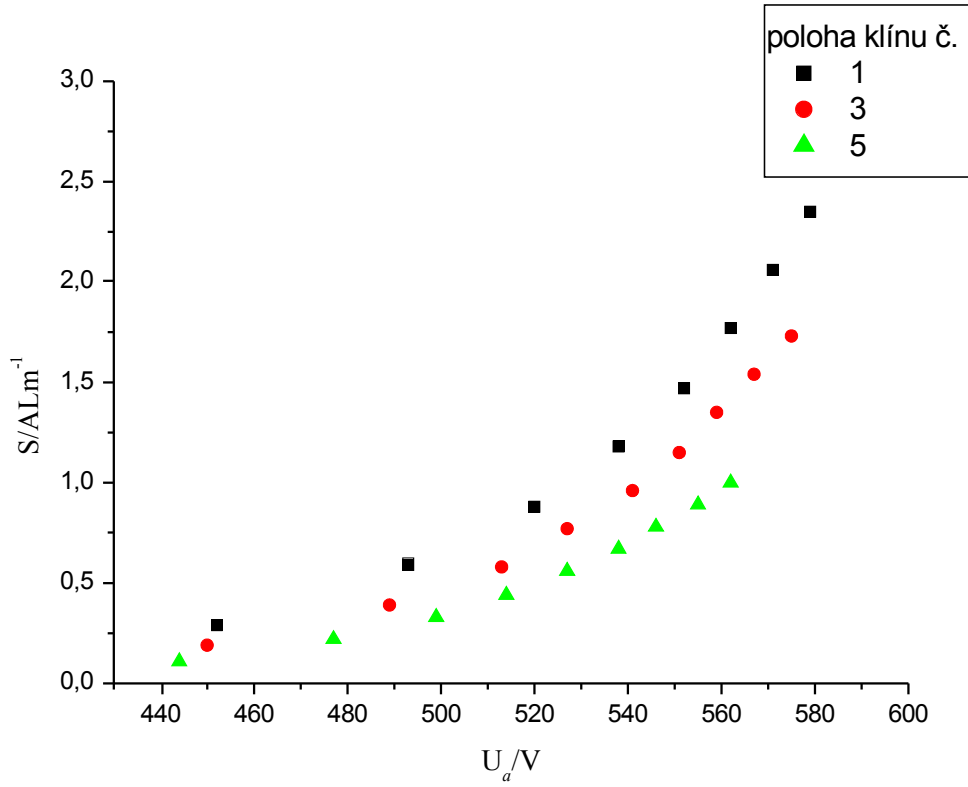
Celková průměrná hodnota je $k=(4,7\pm 0,5)\cdot 10^{-6}ALm^{-1}$

Pro modře označené řádky spočítáme průměrnou hodnotu $\sigma=2,46\pm 0,01$

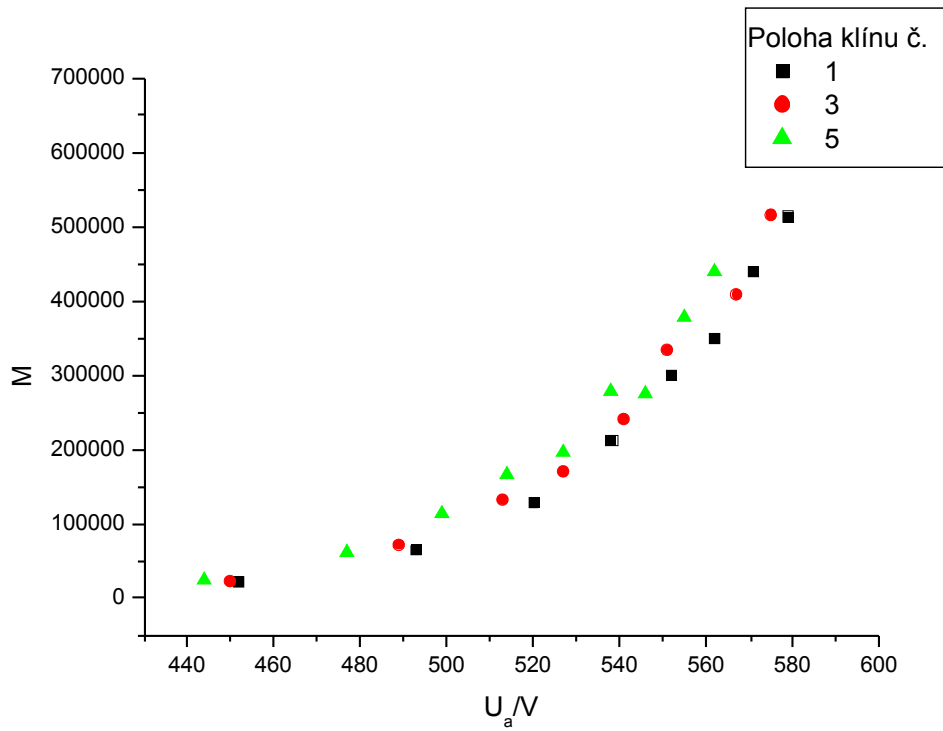
Z naměřených hodnot je vidět, že vliv temného proudu na vlastní měření je zanedbatelný.



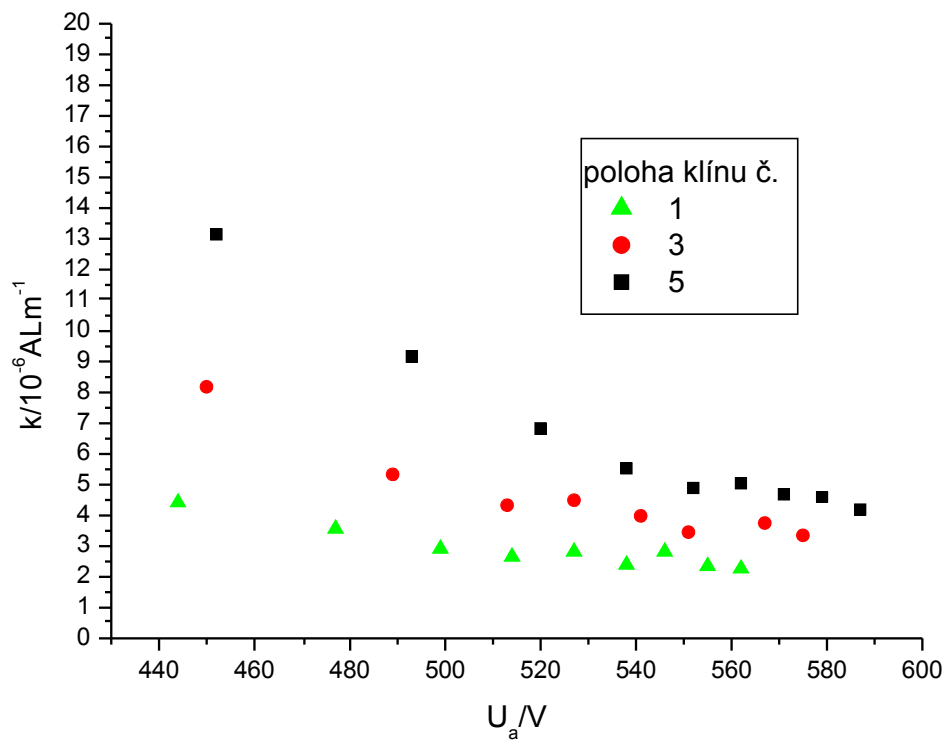
Závislost $\ln(\sigma/V)$ na U_d pro všechny tři polohy klínu (pozn. k ozn.: 1=klín č. 1, 2=klín č. 3, 3=klín č. 5)



Závislost S na U_a pro všechny tři polohy klínu



Závislost M na U_a pro všechny tři polohy klínu



Závislost k na U_a pro všechny tři polohy klínu