

# Fyzikální praktikum 3 - úloha 5

## Šířka pásu zakázaných energií

**Úvod:** Šířka pásu zakázaných energií je jednou z charakteristik, pomocí které dělíme látky na dielektrika, kovy a polovodiče.

Elektron v libovolné pevné látce nemůže nabývat libovolné energie. Dovolené hodnoty energií se jakoby shlukují do určitých intervalů, které pak nazýváme pásy energií. V pevných látkách nás zajímají pásy valenční a vodivostní, ty mají navíc nejvyšší hodnoty energie. Tyto pásy jsou odděleny právě pásem zakázaných energií. V dielektrikách je šířka tohoto pásu tak velká, že elektron za běžných podmínek nemůže zakázaný pás překonat, protože k tomu nemá dostatek energie. U kovů je situace opačná. Tam se vodivostní a valenční pás překrývají, takže šířka zakázaného pásu je nulová. Polovodiče mají šířku zakázaného pásu tak malou, že už za běžných podmínek můžou elektrony valenčního pásu získat dostatek energie k přechodu do pásu vodivostního.

U polovodičů existuje další typ vodivosti, a to děrový, kdy se postupně zaplňují volná místa ve valenčním pásu elektrony ve směru k nižšímu potenciálu.

Šířku zakázaného pásu můžeme zjišťovat na nehomogenitách v látce, u polovodičů například na PN přechodu pomocí fotoelektrického jevu. V oblasti PN přechodu dochází k vytvoření prostorového náboje díky přesunům elektronů a děr. Vznikne tu tedy nenulové elektrické pole. Pokud dopadající fotony mají energii větší než šířka zakázaného pásu, elektrony mohou přecházet z valenčního do vodivostního pásu. Díky elektrickému poli se náboje rozdělují, čímž se ale mění prostorový náboj a také elektrické pole. Na PN přechodu se pak objevuje fotonapětí, které závisí na intenzitě záření.

Záření o různých vlnových délkách se absorbuje v různé hloubce. Absorpce záření je popsána vztahem

$$I(x) = I_0 R e^{-\alpha x},$$

kde  $I(x)$  je intenzita záření v hloubce  $x$ ,  $R$  optická odrazivost a  $\alpha$  koeficient absorpce, který klesá s větší vlnovou délkou. Je tedy vidět, že fotonapětí vzrůstá až do určité intenzity a pak klesá v důsledku generace mimo PN přechod.

Šířka zakázaného pásu se určuje ze spektrální závislosti fotonapětí připadajícího na jeden foton na vlnové délce.

**Popis měření:** Základní schéma aparatury a její popis je přiložen.

Měříme závislost napětí na vlnové délce. Na monochromátoru odečítáme dílky, které převedeme na vlnovou délku pomocí grafu. Pomocí dalšího grafu odečteme počet fotonů pro danou vlnovou délku. Máme tedy všechny potřebné údaje, ze kterých zjistíme šířku zakázaného pásu. Tu určíme jako polovinu maxima grafu

$$S(\lambda) = f(E(\lambda)).$$

## Vlastní měření:

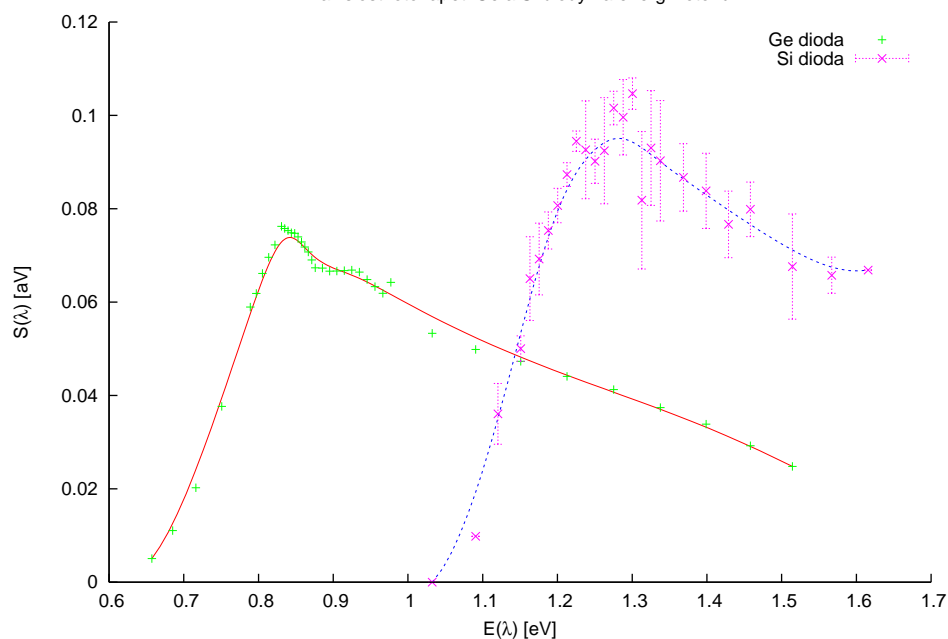
Germaniová dioda

$d[mm]$	$U[mV]$	$\lambda[nm]$	$N(10^{16})$	$S(10^{-2})[aV]$	$E[eV]$
10,10	0,10	1888,82	1,98	0,51	0,66
10,20	0,24	1812,23	2,17	1,11	0,69
10,30	0,48	1733,44	2,37	2,02	0,72
10,40	0,96	1653,58	2,55	3,77	0,75
10,50	1,60	1573,68	2,71	5,89	0,79
10,52	1,70	1557,78	2,75	6,19	0,80
10,54	1,84	1541,92	2,78	6,61	0,81
10,56	1,96	1526,11	2,82	6,96	0,81
10,58	2,06	1510,35	2,85	7,23	0,82
10,60	2,20	1494,66	2,89	7,62	0,83
10,61	2,20	1486,84	2,90	7,58	0,84
10,62	2,20	1479,04	2,92	7,53	0,84
10,63	2,20	1471,26	2,94	7,49	0,84
10,64	2,21	1463,49	2,96	7,48	0,85
10,65	2,20	1455,75	2,97	7,40	0,85
10,66	2,18	1448,03	2,99	7,29	0,86
10,67	2,16	1440,33	3,01	7,18	0,86
10,68	2,14	1432,65	3,03	7,07	0,87
10,69	2,10	1424,99	3,04	6,90	0,87
10,70	2,06	1417,36	3,06	6,74	0,88
10,72	2,08	1402,18	3,09	6,73	0,89
10,74	2,08	1387,09	3,12	6,66	0,90
10,76	2,10	1372,12	3,15	6,67	0,90
10,78	2,12	1357,25	3,18	6,67	0,91
10,80	2,14	1342,51	3,20	6,69	0,92
10,82	2,14	1327,89	3,22	6,64	0,93
10,84	2,10	1313,40	3,24	6,48	0,95
10,86	2,06	1299,05	3,25	6,33	0,96
10,88	2,02	1284,82	3,26	6,19	0,97
10,90	2,10	1270,74	3,27	6,42	0,98
11,00	1,72	1202,60	3,23	5,33	1,03
11,10	1,52	1138,51	3,05	4,99	1,09
11,20	1,30	1078,82	2,75	4,73	1,15
11,30	1,04	1023,78	2,36	4,41	1,21
11,40	0,80	973,52	1,94	4,12	1,28
11,50	0,58	928,11	1,55	3,74	1,34
11,60	0,42	887,48	1,24	3,39	1,40
11,70	0,30	851,48	1,03	2,92	1,46
11,80	0,22	819,89	0,89	2,48	1,51

Křemíková dioda:

$d[mm]$	$U[mV]$	$\lambda[nm]$	$N(10^{16})$	$S(10^{-2})[aV]$	$E[eV]$
11,00	0,00	1202,60	3,23	0,00	1,03
11,10	0,30	1138,51	3,05	0,98	1,09
11,15	1,05	1108,10	2,91	3,61	1,12
11,20	1,38	1078,82	2,75	5,00	1,15
11,22	1,74	1067,44	2,68	6,50	1,16
11,24	1,80	1056,24	2,60	6,92	1,18
11,26	1,90	1045,23	2,52	7,53	1,19
11,28	1,97	1034,41	2,44	8,07	1,20
11,30	2,06	1023,78	2,36	8,73	1,21
11,32	2,15	1013,34	2,28	9,45	1,23
11,34	2,03	1003,10	2,19	9,26	1,24
11,36	1,90	993,05	2,11	9,02	1,25
11,38	1,87	983,19	2,02	9,24	1,26
11,40	1,97	973,52	1,94	10,20	1,28
11,42	1,85	964,05	1,86	9,96	1,29
11,44	1,86	954,78	1,78	10,50	1,30
11,46	1,39	945,69	1,70	8,18	1,31
11,48	1,51	936,80	1,62	9,30	1,33
11,50	1,40	928,11	1,55	9,03	1,34
11,55	1,20	907,20	1,38	8,67	1,37
11,60	1,04	887,48	1,24	8,38	1,40
11,65	0,86	868,91	1,12	7,66	1,43
11,70	0,82	851,48	1,03	7,99	1,46
11,80	0,60	819,89	0,89	6,76	1,51
11,90	0,51	792,33	0,78	6,58	1,57
12,00	0,44	768,39	0,66	6,69	1,62

Zavislost fotonapeti Ge a Si diody na energii fotonu



Ge				Si			
Maximum		Polovina		Maximum		Polovina	
$E[eV]$	$S(10^{-2})[aV]$	$E[eV]$	$S(10^{-2})[aV]$	$E[eV]$	$S(10^{-2})[aV]$	$E[eV]$	$S(10^{-2})[aV]$
0,84	7,38	0,75	3,69	1,28	9,51	1,14	4,75

Hodnoty byly odečteny z grafu.

Šířka zakázaného pásu germaniové diody:  $E = (0,7 \pm 0,1)eV$ .

Šířka zakázaného pásu křemíkové diody:  $E = (1,1 \pm 0,1)eV$ .

**Závěr:** V grafu je zřetelně vidět, že údaje pro křemíkovou diodu jsou zaneseny s velkou chybou. V té době totiž probíhalo praktikum „Studium termoelektronové emise“, které tuto úlohu hodně ovlivňuje. Díky velkému spádu v náběhové oblasti to nemělo tak velký vliv na výslednou energii, jak jsem původně očekával.

Měření s germaniovou diodou probíhalo ještě v době, kdy se u vedlejší úlohy nic neměřilo, proto je graf daleko lepší a data lépe reprodukovatelná.

Tabulkové hodnoty šířky zakázaného pásu jsou  $0,67eV$  pro *Ge* a  $1,11eV$  pro *Si*. V rámci chyby se naměřené hodnoty s těmito hodnotami shodují.