

## 14. Ciachovanie účinnosti polovodičového HPG detektora. stanovenie optimálnej hodnoty integračnej konštanty. Röntgenofluorescencia olova

### 1. Všeobecná časť

**A) Účinnosť.** Polovodičové detektory majú síce veľmi dobrú energetickú rozlišovaciu schopnosť, ale platí sa za to nízkou účinnosťou. Okrem toho, účinnosť nie je konštantná, ale mení sa s energiou meraného žiarenia a rozdiely v účinnosti toho istého detektora pri rôznych energiách môžu dosahovať až niekoľko rádov. To závisí predovšetkým od tvaru detektora, od jeho geometrie a od výrobného postupu.

Ciachovanie účinnosti je v podstate veľmi jednoduché. Použije sa žiarič o známej aktivite, prepočítanej ku dňu merania. Pritom treba poznať aj rozpadovú schému použitého žiariča vzhľadom na možnosť kaskádového rozpadu a tiež konverzný koeficient  $\alpha_T$ . Intrinšitná účinnosť detektora  $\varepsilon$  v % sa potom určí ako počet zaregistrovaných impulzov k počtu dopadnutých fotónov.

**B) Integračná konštantá.** Prispôsobuje dobu spracovania výstupného signálu dobe zberu náboja z detektora. Pre každý typ detektora je iná. Pri nesprávnom nastavení integračnej konštanty sa drasticky zhoršujú vlastnosti meraného spektra (predovšetkým rozlíšenie), prípadne sa spektrálna čiara úplne deformuje. Čím kvalitnejší je detektor, tým presnejšie treba integračnú konštantu určiť meraním a nastaviť.

**C) Röntgenofluorescencia olova.** Gama žiarenie, pokiaľ má dostatočnú energiu, môže z atómového obalu vyraziť elektrón (fotoefekt) a na uvoľnené miesto "spadne" elektrón z niektorej vyššej hladiny; energetický rozdiel medzi oboma hladinami sa vyžiarí ako fotón röntgenového žiarenia. HPG (*High Purity Germanium*) detektorom sa tento jav dá dobre demonštrovať pomocou jednoduchého experimentu na K-sérii olova.

## 2. Zadanie a postup merania

Pri tomto meraní používame software, ktorý nám láskavo poskytla Technická Univerzita v Linzi. Pred meraním nastavíme základné parametre analyzátora:

Zosilnenie  $A = 0,8 \times 500$ ; dolná diskriminačná hladina  $LLD = 0,6$ ; Overflow = 2048 kanálov; konverzný zisk  $CG = 2048$  kanálov; číslicový offset (dolný prah) 0 kanálov.

Pomocou série krátkych meraní (5 – 10 minút) namerajte gama spektrá najmenej dvoch energetických čiar vhodných žiaričov ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ) pri šiestich hodnotách integračnej konštanty (0,5; 1; 2; 3; 6 a 10  $\mu\text{s}$ ). Parametre nameraných spektrálnych čiar (výšku píku, šírku píku v polovičnej výške (*FWHM – Full Width at Half Maximum*), výšku pozadia, súčet nameraných impulzov v píku a v pozadí) si zapíšete do tabuľky (tab. 14.1).

Na každom spektre vyhodnoťte rozlíšenie (v keV) a rozlišovaciu schopnosť (v %), zosilnenie (v keV/kanál) a pomer čistého počtu impulzov v čiare k počtu impulzov pozadia (NET/POZ).

Namerané spektrá uložte do pamäte PC pod určeným názvom, ako súbory \*.dat (formát 9).

Po vyhodnotení graficky vyneste:

- 1) 6 nameraných spektier (všetky v rovnakom merítku),
- 2) závislosť rozlíšenia (v keV), zosilnenia (v keV/kanál) a pomeru NET/POZ od hodnoty integračnej konštanty.
- 3) Na základe nameraných výsledkov navrhnete optimálnu hodnotu integračnej konštanty.

### Poznámka:

Pre prípad, že by detektor bol nefunkčný (nezachladený a pod.) pracujte s vopred nameranými spektrami z pamäte počítača.

### Postup pri meraní účinnosti:

Zo spektra, nameraného pri optimálnej hodnote časovej konštanty, vypočítajte pre všetky merané energie intrinsitnú účinnosť detektora  $\varepsilon$  v percentách podľa vzťahu:

$$\varepsilon[\%] = \frac{n - n_p}{\frac{\Omega}{4\pi} A v t} \quad (14.1)$$

kde  $n$  je číselný súčet počtu impulzov danej energetickej čiary (NET),  $n_p$  je číselný súčet počtu impulzov pozadia pod čiarou (lichobežník POZ, resp. BACKGROUND),  $\Omega$  je priestorový uhol dopadu zväzku na detektor,  $A$  je aktivita žiariča (prepočítaná ku dňu merania),  $t$  je doba merania v sekundách,  $v$  je výťažnosť v % , t. j. tá časť žiarenia, ktorá sa pri rádioaktívnej premene vyžiari ako fotón gama (zohľadňuje rozpadovú schému aj vnútornú konverziu konkrétneho žiariča). Aby sme mohli určiť priestorový uhol  $\Omega$ , potrebujeme k tomu ešte vzdialenosť žiarič – detektor pri meraní a priemer aktívnej plochy detektora.

#### **Poznámka:**

Pre prípad že by detektor bol nefunkčný (nevychladený a pod.), použite vopred namerané spektrum **uccsco.dat**, ktoré sa meralo 10 hodín (premeniť na sekundy).

#### **Postup pri meraní röntgenofluorescenčného spektra K-série olova**

Ide len o jednoduché demonštračné meranie. Gama žiarič prikryjeme oloveným krytom a meriame po rovnakú dobu, ako bez krytu. V spektre sa objaví K-séria olova s energiami:

$$K\alpha_1 = 74,957 \text{ keV}$$

$$K\alpha_2 = 72,794 \text{ keV}$$

$$K\beta_1 = 84,922 \text{ keV}$$

$$K\beta_2 = 87,343 \text{ keV}$$

V spektre K-série olova sa dajú vidieť len dve čiary; pri zväčšení (*zoom*) možno vidieť aj voľným okom, že sú nesymetrické. Ani HPG detektorom nemôžeme od seba odlíšiť hladiny  $K\alpha_1$  a  $K\alpha_2$ , resp.  $K\beta_1$  a  $K\beta_2$ . To je potom úlohou fitovacieho programu (napríklad MS Origin), ktorý s pomerne slušnou presnosťou dokáže určiť zastúpenie plôch, prislúchajúcich jednotlivým energiám, v nameranom píku. (Samozrejme, presnosť fitovacej procedúry je tým väčšia, čím viac sú od seba obidve čiary vzdialené).

#### **Poznámka:**

Pre prípad, že by detektor bol nefunkčný, použite vopred namerané spektrum **Pb1.dat**, (merané 1000 s) potom spektrum **Pb2.dat**, (merané 4000 s). Všimnite si, že pri druhom spektre so štvornásobnou dobou merania je smerodajná odchýlka nameraných bodov polovičná.

Kalibrácia energie pre tieto spektrá: Prvá čiara vľavo je 59,5 keV  $^{241}\text{Am}$ ; posledná čiara vpravo je 122 keV  $^{57}\text{Co}$ . Touto energiou sa vybudila aj K-séria olova.

$T_i$	$E_1$ (napr. 59,5 keV)		$E_2$ (napr. 1330 keV)	
0,5 $\mu$ s (int05.dat)	Kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	Kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		
1 $\mu$ s (int1.dat)	kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		
2 $\mu$ s (int2.dat)	kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		
3 $\mu$ s (int3.dat)	kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		
6 $\mu$ s (int6.dat)	kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		
10 $\mu$ s (int10.dat)	kanáľ ( $N$ )		kanáľ ( $N$ )	zosilnenie A [keV/kanáľ]
	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):	kanáľ 1 ( $N/2$ ):	kanáľ 2 ( $N/2$ ):
	rozlíšenie keV:	R [%]:	rozlíšenie keV:	R [%]:
	INT:	NET/POZ:	INT:	NET/POZ:
	POZ:		POZ:	
NET:		NET:		