

15. Meranie zosilnenia a rozlišovacej schopnosti polovodičového HPG detektora v závislosti od napájacieho napätia

1. Všeobecná časť

Polovodičové detektory HPG (*High Purity Germanium*) sa voči GeLi a SiLi detektorom vyznačujú menšími odlišnosťami, z hľadiska napájacieho napätia sú však tieto rozdiely málo podstatné. Istou výhodou HPG detektora je, že nemusí byť trvalo chladený; postačí ho ochladiť niekoľko hodín pred meraním. Energetický rozsah je o niečo širší, je citlivý rádovo od desiatok keV až po energie mierne nad 1 MeV; účinnosť detekcie však závisí od meranej energie. Pri svojom dolnom prahu citlivosti 15 ~ 20 keV je však HPG detektor na meranie napríklad atómových spektier úplne nevyhovujúci, tam dominuje SiLi detektor, ktorý, ak je kvalitný, je schopný merať energie až pod 1 keV.

Spoločným znakom všetkých objemových polovodičových detektorov je charakter napájacieho napätia (tu ho nazývame aj odsávacím napätím, pretože jeho úlohou je urýchliť odsávanie náboja). Zdroj má mať výrazne prúdový charakter, t. j. čo najvyššie napätie a čo najnižší prúd. Napätové obmedzenie je dané prierazným napätím, ktoré sa v žiadnom prípade nesmie prekročiť. Pri najkvalitnejších detektoroch s napájacím napätím 6000 – 10000 V sa na túto hodnotu nabieha aj počas niekoľkých hodín až dní (formovanie kryštálu). Ani činný (wattový) výkon nie je zanedbateľný; aj pri prúdoch rádu μA môže na poruchách dôjsť k lokálnemu prehriatiu a v krajnom prípade až k prerazeniu kryštálu. Preto sa pri kvalitných detektoroch vždy kontroluje aj prúd, obzvlášť pri nábehu a zvyšovaní napätia.

Cieľom tohto cvičenia je premeranie vlastností detektora na reálnych energetických spektrách bežných gama žiaričov (^{241}Am , ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{60}Co) v závislosti od napájacieho napätia v rozsahu od napätia blízkeho k nule až po maximálne povolené napätie; táto hodnota je charakteristickou konštantou detektora a pri každom detektore je iná. **POZOR !!**
S ovládacím prvkom napätia smie manipulovať len vedúci cvičenia !!

Je obvyklé, že so vzrastom napájacieho napätia HPG detektora sa zlepšujú aj jeho výstupné charakteristiky (zmenšuje sa experimentálna šírka čiary, t. j. vzrastá rozlišovacia schopnosť, zvyšuje sa zosilnenie v keV/kanál, aj pomer počtu čistých (NET) impulzov k počtu impulzov pozadia (BACKGROUND) na danej energetickej čiare. Pri určitej hodnote napájacieho napätia môže (hoci nemusí) dôjsť k nasýteniu a hodnoty týchto parametrov môžu mierne poklesnúť.

Výstupné impulzy z detektora sa vedú do nábojovo-citlivého predzosilňovača, ktorý býva obvykle zabudovaný v konštrukcii detektora a jeho prvý (vstupný) tranzistor sa pri kvalitnejších detektoroch chladí dusíkom kvôli zníženiu šumu. Impulzy priamo z detektora sú tak slabé, že sa veľmi ťažko registrujú, takže osciloskopom môžeme sledovať nanajvyšší výstup z nábojovo-citlivého predzosilňovača. Druhým kanálom osciloskopu budeme sledovať impulzy na výstupe zo zosilňovača.

2. Zadané a postup merania

Meranie vykonáme na spektrometrickej trase, pričom využijeme software, ktorý nám láskavo poskytla TU Linz. Základné (približné) nastavenie ovládacích prvkov:

Zosilnenie $A = 0,8 \times 500$

Konverzný zisk CG = 2048 kanálov

Dolná diskriminačná hladina LLD = 0,80 (odrezanie šumov zdola)

Horná diskriminačná hladina ULD = 10,0 (hradlo úplne otvorené)

Overflow = 2048 kanálov

Číslíkový offset (dolný prah) 0 kanálov.

Predvolená doba merania: 1000 s.

Merajte pri šiestich hodnotách napájacieho napätia najmenej na dvoch energetických čiarach (jedného alebo dvoch žiaričov) a pre každú čiaru si do tabuľky (tab. 15.1) zapíšte tieto hodnoty:

Kanál odpovedajúci maximálnej hodnote píku a maximálnu hodnotu píku (napr. 2836/680), t. j. polohu píku; kanál vpravo a vľavo od stredu s (približne) polovicou maximálnej hodnoty (napr. 2826/338; 2847/345), potom si kurzormi vymedzte čiaru sprava a zľava, vykonajte nad čiarou číselný súčet (integráciu) a zaznamenajte si celkový počet impulzov v píku, ako čistý (NET) a počet impulzov v pozadí (lichobežník pod čiarou pozadia, POZ, BACKGROUND).

Na každom spektre vyhodnoťte rozlíšenie (v keV) a rozlišovaciu schopnosť (v %), zosilnenie (v keV/kanál) (počíta sa z dvoch čiar, ako diferenciál $(Y_2 - Y_1)/(X_2 - X_1)$). To je konštanta, ktorú potrebujete k výpočtu energetického rozlíšenia v keV. Vypočítajte aj pomer NET/POZ.

Namerané spektrá uložte do pamäte PC pod názvom, ktorý vám zadá vedúci cvičenia, ako súbory *.dat (pri voľbe formátu nastavte **formát 9**).

Po vyhodnotení graficky vynesť:

- 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.

Poznámka:

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

| U_{ods} | E_1 (napr. 122 keV) | | E_2 (napr. 1,33 MeV) | |
|-----------|-----------------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| 300 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kanál] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | INT: | |
| | POZ: | | POZ: | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |
| 500 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kanál] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | | |
| | POZ: | | | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |
| 1500 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kanál] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | INT: | |
| | POZ: | | POZ: | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |
| 2500 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kanál] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | INT: | |
| | POZ: | | POZ: | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |
| 3200 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kan] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | INT: | |
| | POZ: | | POZ: | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |
| 4830 V | kanál (N) | | kanál (N) | zosilnenie A [keV/kanál] |
| | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): | kanál 1 (N/2): | kanál 2 (N/2): |
| | rozlíšenie keV: | R [%]: | rozlíšenie keV: | R [%]: |
| | INT: | | INT: | |
| | POZ: | | POZ: | |
| | NET: | | NET: | |
| | NET/POZ: | | NET/POZ: | |