

Spektrometrie záření alfa

Ing. Vladimír Linhart

Supervisor projektu, KF FJFI ČVUT, Praha

Tomáš Hlaváček

tomas.hlavacek@softmatch.cz

Gymnázium Na Vítězné pláni, Praha 4

Tomáš Urban

Gymnázium Kladno

Abstrakt

Článek se zabývá zkoumáním $CdTe$ detektoru, jako detektoru pro lékařské aplikace. Je zjišťována schopnost detekovat ionizující záření. V článku je důkladně popsána metoda spektrometrie alfa, která je mocným nástrojem při výzkumu a vývoji plovodičových detektorů.

Byla odměřeny spektra alfa záření detektorem z $CdTe$, jako referenční detektor byl použit křemíkový detektor. V článku jsou spektra důkladně popsána a na jejich základě je stanoveno, že $CdTe$ detektor detekuje záření alfa, účinnost sběru náboje je cca 100% a chová se spektroskopicky. Jeho rozlišovací schopnost je však horší než u křemíkového detektoru.

1 Úvod

Metody detekce ionizujícího záření (především rentgenového a gamma) v lékařských aplikacích jsou v současnosti podrobně zkoumány. K detekci se používají germaniové detektory, které mají potřebnou rozlišovací schopnost. Jejich velkou nevýhodou je, že pracují pouze při teplotě kapalného dusíku. Hledá se proto vhodný materiál, který bude pracovat při pokojové teplotě. Jednou z alternativ je *CdTe*.

Byl nám dán k dispozici vzorek *CdTe*. Pro jeho zkoumání byla zvolena spektrometrie alfa, která je mocným nástrojem při výzkumu a vývoji polovodičových detektorů.

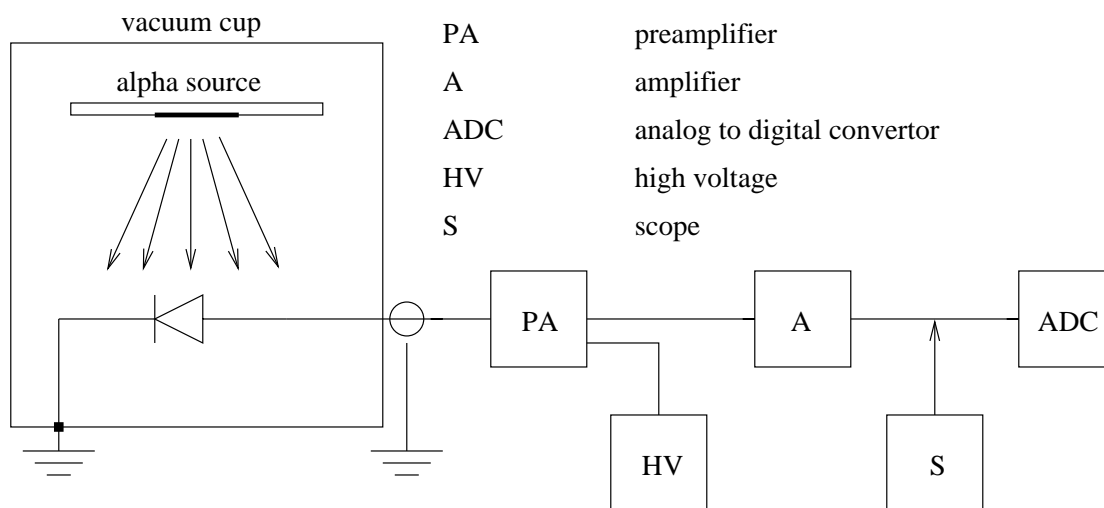
2 Popis vzorků

Fyzikálním ústavem University Karlovy nám byl zapůjčen vzorek *CdTe* detektoru D3881A. K porovnání spektroskopických vlastností byl použit *Si* detektor M37 zapůjčený z CERN.

Tvarem *CdTe* detektoru je destička s planparalelními elektrodami pokovená zlatem, jeho resistivita je $3.5 \times 10^4 \text{ k}\Omega\text{cm}$ a tloušťka $2050 \mu\text{m}$. Byl vyroben Bridgmanovou metodou. Jako dopant byl použit chlor, za účelem snížení vodivosti materiálu.

Si detektor byl vyroben Czochralského metodou, jeho resistivita je $46.5 \text{ k}\Omega\text{cm}$ a tloušťka $996 \mu\text{m}$. Na okrajích jsou vrstvy P^+ a N^+ , uprostřed je materiál typu N. Vrstva P^+ tvoří PN přechod s materiálem typu N. Hliníkové pokovení, tvořící planparalelní elektrody, je na vrstvách P^+ a N^+ .

3 Experimentální uspořádání



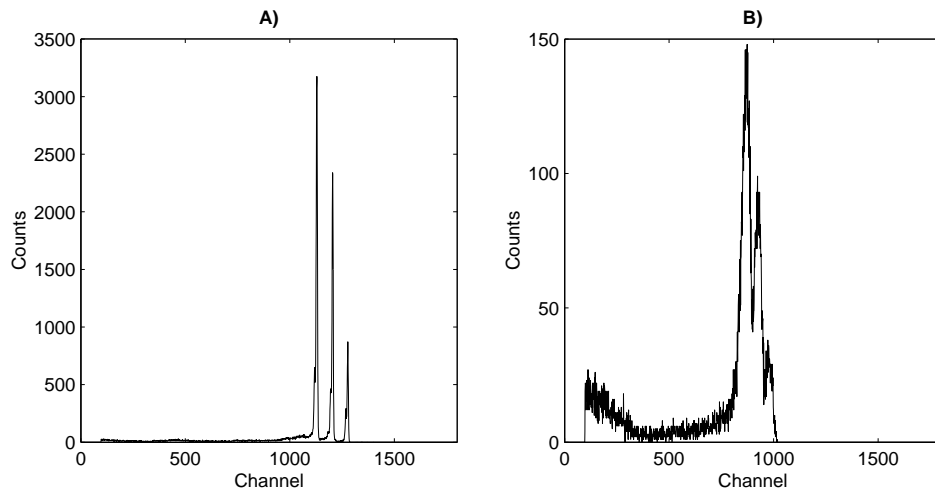
Obrázek 1: Schéma aparatury

Spektrometrie alfa má řadu výhod, které jsou podstatné pro naši aplikaci. Jsou to především velký náboj, který má dobře definovanou tvorbu a monoenergetičnost svazku částic. Náboj, jenž vzniká v detektoru dopadem alfa částic, se skládá z řádově 10^6 elektron-děrových párů. To je tak velké množství párů, že se dá dobře detekovat. Jako zdroj alfa záření byl použit radioaktivní zářič $^{241}\text{Am} + ^{244}\text{Cm} + ^{239}\text{Pu}$. Ze samovolného rozpadu vznikají alfa částice o přesně definované energii. Zářič je nanesen ve velmi tenké vrstvě, proto je ztráta energie v ní zanedbatelná. Svazek částic má přesně definovaný dosah v materiálu. Náboj, který se generuje průletem částice alfa materiálem, má tedy dobře definovanou velikost.

Aparatura (viz. Obrázek 1) se skládá z detektoru, umístěného ve vakuové nádobě společně se zářičem alfa. Důvodem je velká pravděpodobnost srážky částice alfa s molekulami vzduchu za běžného tlaku, která může být příčinou změny energie. Vzniklý signál je z detektoru veden do předzesilovače (PA). Jeho úloha je impedanční přizpůsobení zdroje signálu pro další zpracování zesilovačem, který má malý vstupní odpor. Vysoké napětí (HV), potřebné ke sběru náboje, je dodáváno zdrojem KEIHTLEY přes předzesilovač. V něm je umístěn sériový odpor, který odděluje zdroj vysokého napětí od detektoru. Důvodem jeho použití je potřeba napájet detektor měkkým zdrojem napětí. Signál je dále veden do zesilovače. Bylo použito

zesílení 50x a tvarovací konstanta byla $0.5\mu\text{s}$. Na výstupu zesilovače je možné signál sledovat oscioskopem (S). Konečné zpracování probíhá v A/D převodníku s pamnětí. Interval napětí (typicky 0-8V) je A/D převodníkem rozdělen na napěťové intervaly - kanály. Pro získání spektra se zaznamenává četnost výskytů impulsů spadajících svou velikostí do jednotlivých kanálů.

4 Výsledky měření



Obrázek 2: Spektrum pro A) *Si* detektor, B) pro *CdTe* detektor.

	²³⁹ Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm
Detektor <i>Si</i> [kánal]	1129	1204	1277
Detektor <i>CdTe</i> [kánal]	868	923	977
Přepočtené polohy pro <i>CdTe</i>	870	927	983

Tabulka 1: Polohy peaku detekované *Si* detektorem, *CdTe* detektorem a přepočteně z *Si* detektoru na *CdTe* detektor.

Byla odměřena spektra pro oba detektory (viz. Obrázek 2). Na spektru A) (*Si* detektor) i na spektru B) (*CdTe* detektor) jsou vidět tři peaky které odpovídají energiím zářičů ²⁴¹Am, ²⁴⁴Cm, ²³⁹Pu. Peaky u *CdTe* detektoru jsou posunuty doleva a mají jinou šířku.

Posun je způsoben tím, že v *CdTe* se při dopadu ionizujícího záření generuje jiné množství elektron-děrových párů než v *Si*. Energie potřebná na generaci jednoho elektron-děrového páru je pro *Si* 3.62eV/1ehp (ehp: electron-hole pair) [1] a pro *CdTe* 4.7eV/1ehp [2]. Dle Tabulky 2 vidíme, že hodnoty energií v *CdTe* odpovídají hodnotám vypočteným podle energií v *Si*. Výpočet byl proveden podle vzorce:

$$p_{CdTe} = \frac{w_{Si}}{w_{CdTe}} * p_{Si}, \quad (1)$$

kde p je poloha peaku, w je energie potřebná na vytvoření jednoho elektron-děrového páru.

Šířka peaku v polovině jeho výšky určuje rozlišovací schopnost detektoru. Rozlišovací schopnost *Si* detektoru nám umožňuje vidět jemnou strukturu peaků (viz. Tabulka 2). V levé části spektra se nachází šum, který je u *CdTe* detektoru větší. V případě detektoru *CdTe* je šířka peaku větší, proto jemná struktura není vidět. Je tedy patrné, že rozlišovací schopnost *CdTe* detektoru je horší, nicméně detektor se v tomto případě stále chová spektroskopicky.

5 Závěr

Odměřili jsme spektrum použitého zářiče pomocí *Si* i *CdTe* detektorů. Zjistili jsme, že *CdTe* detektor detekuje alfa záření. Signál z *CdTe* detektoru je spektroskopický. Kvalita signálu je dána FWHM pro

	²³⁹ Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm
Energie 1 (četnost)	5.1534MeV (88.4%)	5.4857MeV (86%)	5.8049MeV (76.6%)
Energie 2 (četnost)	5.1046MeV (11.5%)	5.4429MeV (12.7%)	5.7629MeV (23.3%)

Tabulka 2: Energie alfa částic a jejich četnosti.

Si: (47±3)keV a pro *CdTe*: (230±40)keV. Účinnost sběru náboje je cca 100%. Materiál doporučujeme k dalšímu zkoumání.

6 Poděkování

Rádi bychom poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské za připravenou akci, universitě ČVUT Praha za umožnění vstupu do laboratoří a použití přístrojů, Fyzikálnímu ústavu Karlovy university za zapůjčení *CdTe* detektoru a CERNu za zapůjčení *Si* detektoru.

Reference

- [1] Linhart, V. : **Detektory ionizujícího záření na bázi III-V materiálů**, Rešeršní práce, 1996.
- [2] Osobní sdělení, E. Belas