

Detektory ionizujícího záření

T. Svoboda, D. Volčák
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
svobot16@fjfi.cvut.cz, volcidan@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Účelem naší práce bylo seznámit nejen nás, ale i následné čtenáře (popř. posluchače) s možnostmi detekce ionizujícího záření a jejich aplikací v domácích podmínkách „na koleni“. V rámci práce jsme si detektor zkusili sestavit.

1 Úvod

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s různými možnostmi, jak detekovat ionizující záření (IZ). U některých metod se zmíníme, jestli a jak by se daly vytvořit doma, takřka jaké metodou „CDD“¹. Některé metody si sami zkusíme.

2 Druhy ionizujícího záření

Abychom se mohli zabývat možnostmi detekce IZ, měli bychom se také zmínit o tom, co to vlastně je. Ionizující záření je takové záření, které má dostatečnou energii na to, aby dokázalo ionizovat atomy nebo molekuly ozářené látky.

Záření s nejvyšší ionizační schopností je záření α . Jedná se o částicové záření. Těmito částicemi jsou jádra helia ${}^4_2\text{He}$, tedy dva protony a dva neutrony. Vzhledem k velikosti těchto částic je toto záření jen velmi málo pronikavé a lze jej odstínit listem papíru, pronikavost vzduchem jsou řádově centimetry.

O něco slabší ionizační účinky má záření β . Také se jedná o proud částic, v tomto případě však elektronů nebo pozitronů. Toto záření je již o poznání pronikavější. Vzduchem pronikne do vzdálenosti přibližně jednoho metru a lze jej odstínit 1 mm kovového plechu.

Třetím typem záření je záření γ . Jedná se již o fotonové záření s vlnovou délkou přibližně srovnatelnou s velikostí atomů (řádově od 1 pm do 100 pm). Poměr vlnové délky a velikosti atomů již naznačuje vysokou pronikavost materiálem. Pro (alespoň částečné) odstínění γ záření je zapotřebí velká vrstva materiálu, nejlépe pak těžkých kovů (např. olovo).

3 Některé druhy detektorů ionizujícího záření

Různých možností detekce IZ je velké množství a stále přibývají nové. Aby bylo možné náležitě se zmínit o všech, byla by potřeba celá kniha, proto se zaměříme jen na některé, a to snad ty nejnámější a nejpoužívanější.

¹Co Dům Dá

3.1 Scintilační detektory

Scintilační detektory využívají fluorescence některých materiálů ve viditelné oblasti světla. Při dopadu záření s dostatečnou energií na atom se excituje elektron na vyšší energetickou hladinu, čímž se absorbuje jisté kvantum záření. Protože je takový energetický stav pro atom nevýhodný, sestoupí zpět na nižší energetickou hladinu a přebytečnou energii vyzaří v podobě dalšího fotonu. V případě scintilátorů je emitovaný foton v oblasti viditelného záření. Vzhledem k tomu, že je tento záblesk většinou velmi slabý, je nutné ho zesílit. K tomuto účelu slouží fotonásobič. Jedná se o elektronku využívající fotoefekt. Foton emitovaný scintilátorem dopadá na fotokatodu, kde vybudí elektron. Tento elektron je dále urychlován kaskádovitě usazenými elektrodami se vzájemně rostoucím potenciálem. Na každé z elektrod dochází k lavinovému uvolňování dalších elektronů, které jsou po dopadu na anodu zaznamenány jako elektrický proud. Nutnost vybudit elektron způsobuje omezení detekce až na záření s vyšší energií.

Tyto detektory jsou schopné detekovat α , β i γ záření, a to podle druhu použitého scintilátoru, a mohou zaznamenat i spektrum dopadajícího záření. Konstrukčně se mohou lišit podle účelu použití (umístěním vzorku apod.), druhem scintilátoru nebo druhem a umístěním fotonásobiče či jejich počtem.

Vzhledem k téměř nutnému použití fotonásobiče je domácí výroba téměř vyloučená (nebo alespoň velmi náročná). V případě, že by se někomu podařilo sehnat samotný scintilátor, musel by bez fotonásobiče detekovat jen velmi silné záření nebo v temné místnosti snímat záblesky fotoaparátem s velmi dlouhou expozicí. Pro jiné účely se asi nehodí.

3.2 Polovodičové detektory

Polovodičové detektory využívají vzniku páru elektron-díra při průchodu záření. Vzhledem k tomu, že je takový detektor napojen na vysoké napětí, takto vzniklý pár nestihne zrekombinovat a obě (kvazi)částice se začnou urychlovat na opačné strany. Vznikne tak elektrický impuls, který je pak možné zaznamenat. K vytvoření páru elektron-díra je zapotřebí menší množství energie než v případě vybuzení elektronu na fotokatodě fotonásobiče u scintilačních detektorů nebo k vytvoření páru elektron-ion u plynových detektorů, a proto dokáží detekovat záření o nižších energiích.

Podobně jako scintilační detektory dokáží zaznamenat i spektrum záření, ale kvůli poměrně vysoké rozlišovací schopnosti oproti scintilačním detektorům je nutná jejich kalibrace. Asi největší nevýhodou je nutnost je chladit, aby byla potlačena vlastní vodivost polovodiče, a to na teplotu kapalného dusíku.

Aplikace této metody je v domácích podmínkách teoreticky možná. Mělo by stačit využít PN přechod diody nebo tranzistoru v závěrném směru. Dopadající záření by pak mělo vybudit nějaké vodivostní páry (v samotném PN přechodu), které by byly vnějším elektrickým polem urychleny na opačnou stranu.

3.3 Plynové detektory

Plynové detektory jsou asi nejjednodušší. Na základě pracovního tlaku a napětí lze rozeznávat několik druhů těchto detektorů, a to ionizační komory, Geigerovy-Müllerovy trubice, proporcionální detektory a další. My se zmíníme jen o prvních dvou.

Geierova-Müllerova (GM) trubice je kovová trubice (jedna elektroda) s druhou drátěnou elektrodou uvnitř. Mezi elektrodami bývá napětí přibližně $10^2 - 10^3$ V. Uvnitř trubice je snížený tlak, řádově $10^3 - 10^4$ Pa. Při průniku záření plynovou náplní trubice se totiž vytváří páry elektron-ion, které jsou urychlovány vždy k příslušné elektrodě. Při excitaci atomu plynu se emituje UV záření, které může způsobit další excitaci atomů plynu. Plynem uvnitř trubice může být třeba i vzduch obohacený o další přísady (halogenidy, propylalkohol) sloužící jako zhášedla výboje (pohlcují emitované UV záření). Dopad elektronu se zaznamená jako elektrický impuls.

V případě, že se člověku podaří sehnat GM trubici, je následná stavba GM čítače relativně jednoduchá. Plánků na sestavení elektroniky je všude na internetu dost². V opačném případě se situace výrazně komplikuje, protože není v silách každého si udělat vlastní GM trubici.

Ionizační komory (IK) mají podobnou stavbu, i když mohou mít i deskové elektrody (a další různé tvary podle toho, jak se to hodí). Pracují při nižším napětí a za atmosferického tlaku. Na rozdíl od GM trubice (a dalších detektorů) měří elektrický proud protékající plynem a ne pulzy, takže se u ní neprojevuje tzv. „mrtvá doba“. Ionizační komory jsou tak schopny měřit i vysoké dávkové příkony, aniž by se zahlcovaly. Naopak pro měření malých dávkových příkonů jsou kvůli své citlivosti málo vhodné.

Vzhledem k tomu, že IK nepracují za sníženého tlaku, je jejich stavba jednodušší. Asi nejdostupnější možností je nízkonapěťová IK (např. 9 V), kterou jsme se také rozhodli zabývat. Její stavbu popíšeme později.

4 Náš detektor

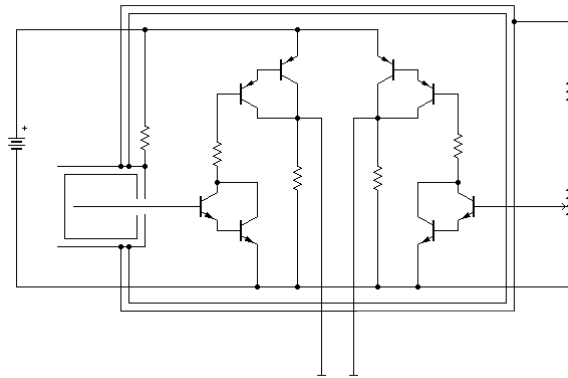
4.1 Polovodičový detektor

K této myšlence nás dovedl princip fungování polovodičových detektorů. Použili jsme přechod báze-kolektor výkonového NPN tranzistoru v závěrném směru. Dopadající záření by tak mělo vytvořit elektrický impuls, který by byl zachycen. Samotný čip tranzistoru byl obnažen, aby se k němu lépe dostalo záření. Tranzistor jsme zapojili v sérii s ampérmetrem a odporem na zdroj přibližně 30 V. Jisté fluktuace na ručičce ampérmetru sice byly patrné, avšak nebyla nalezena spojitost mezi nimi a zářičem pohybujícím se okolo obnaženého tranzistoru, nehledě na to, že tranzistorem tekla poměrně vysoký proud. Neúspěšně se jevily i pokusy měřit napětí na onom odporu. Jistou dobu byl v obvodu zapojen i malý reproduktorek (s neznámými provozními parametry), který občas sice vydal nějaký chrčivý zvuk, ale očividně nevydržel a spálil se.

4.2 Ionizační komora

Plynový detektor byl prvotní myšlenkou. GM trubice z jistých důvodů neuspěla, a tak jsme se dali do práce na ionizační komoře nalezené na [1]. Zprvu tento koncept vypadal jednoduše, ale jak se později ukázalo, tranzistory použité k zesílení signálu nejsou v našich končinách k dostání. Použili jsme tedy jiné s podobnou charakteristikou. Elektronika byla zapojena podle schématu, seřizena a stejně to nefungovalo. Alespoň ne pro měření

²Např. http://danyk.cz/gm_ind.html



Obrázek 1: Obnažený tranzistor vlevo a schéma zapojení naší IK vpravo, volné konce dole slouží pro připojení voltmetru

jakéhokoliv zdroje ionizace (i plamen). Zapojení je vlastně můstkové měření odporu, obvod tak bylo možné celkem snadno otestovat spojením obou elektrod. Tento test ukázal, že jsme schopni tímto obvodem měřit, i když ne odpor komory, ale ruky.

5 Závěr

Zcela jistě by se dalo něco vylepšit, avšak těžko říct co. Oba naše pokusy skončily neúspěšně. V případě polovodičového detektoru se tranzistor jevil jako proražený a tím tedy nefunkční. Další tranzistor v tomto pouzdře se nám již nepodařilo sehnat. Chyba u IK pravděpodobně byla ve špatné elektrické izolaci obou elektrod, s čímž jsme již nedokázali více udělat.

Názor, že si lze vytvořit doma vlastní detektor ionizujícího záření, pro nás i přes všechny problémy zůstává nezměněn. Jen je potřeba objevit nějakou lepší cestu, po které se vydat.

Poděkování

Chtěli bychom především poděkovat lidem na různých fórech, kteří byli ochotni pomoci. Dále bychom chtěli poděkovat Vojtěchu Svobodovi za poskytnutý prostor.

Reference

- [1] KIRK, *Make a Cheap and Effective Radiation Detector (Ion Chamber)*, <http://madsicentisthut.com/wordpress/daily-blog/easily-make-a-radiation-detector-ion-chamber/>
- [2] V. Ullmann, *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření*, <http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>