

Moderní detektory ionizujícího záření a jejich využití ve výuce

LEONTÝNA BRÍZOVÁ – MICHAELA KRÍŽOVÁ – JAN ŠLÉGR

Přírodovědecká fakulta UHK, Hradec Králové

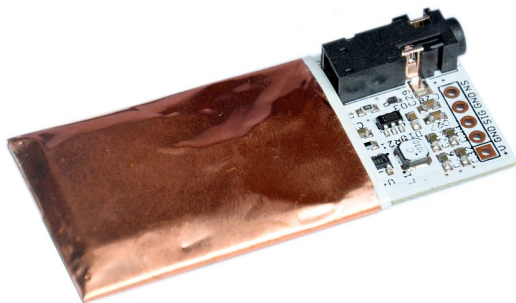
Úvod

Na mnoha školách jsou stále používány detektory ionizujícího záření s Geiger-Müllerovými trubnicemi STS-5 a CBM-20 (a to i v nové soupravě Gamabeta z roku 2007). Tyto sovětské trubice se pro školní použití hodí velmi dobře, neboť jsou i při typickém školním zacházení prakticky nesmrtelné (autor jednu osobně přešel kolečkovou židlí a i poté trubice fungovala). Pokud dojde k neopravitelné poruše elektroniky detektoru, obvykle se uvažuje o koupi nového. Ceny didaktických pomůcek v ČR jsou již drahou dobu mimo realitu, proto se učitel s omezeným rozpočtem může poohlédnout jinde. Od roku 2011, kdy došlo k havárii v jaderné elektrárně ve Fukušimě, však ceny dozimetrů i samotných GM trubic skokově vzrostly. Při konstrukci detektorů se navíc projevují nevýhody GM trubic – pro své fungování vyžadují vysoké napětí a na výstupu tvarovač impulsů. V zahraniční literatuře se sice objevují návody na stavbu GM počítačů využívaných vtípně např. zdroj vysokého napětí z kopírky [2], nicméně ideální by bylo zdroj vysokého napětí zcela eliminovat. Z těchto příčin se nejeví jako pravděpodobné ani nahrazení GM počítačů ve školách scintilačními detektory, jejichž fotonásobiče rovněž vyžadují vysoké napětí (a navíc jsou cenově ještě mnohem výše).

Polovodičové detektory ionizujícího záření

Zajímavou alternativou jsou polovodičové detektory. Jejich princip je podobný jako u fotodiod. Na křemíkovém wafferu je vytvořen velmi tenký přechod PN (široký řádově 100 μm) a tato dioda je zapojena v závěrném směru. Vystavení této prostorové konfigurace ionizujícímu záření způsobí vznik párů elektron-díra a tím slabého ionizačního proudu, který lze měřit. Japonská společnost *Radiation Watch* [3], která poprvé použila polovodičové detektory v náramkových hodinkách, nabízí několik typů hotových modulů, které využívají polovodičový detektor. Kromě modulu, který lze

přes konektor typu jack připojit k chytrému mobilnímu telefonu (impulsy se vtípně přenášejí jako zvukový signál – konektor mobilního telefonu totiž umožňuje i připojení mikrofonu), je zajímavý modul na obr. 1. Lze jej napájet napětím 3 V až 9 V a jeho výstupem jsou přímo TTL impulsy odpovídající průletu částice.



Obr. 1 Polovodičový detektor beta a gama záření (skutečná velikost je $5,5 \times 2,5$ cm)

Realizované experimenty

Na obr. 2 je uspořádání experimentu pro měření pološířky a koeficientu absorpce materiálů. Demonstrační čítač, který je třetí iterací projektu *PhysDuino* [4, 5] je popsán na webu autorů [6]. Čítač funguje podobně jako ten ze soupravy Gamabeta [1]. Po zvolený časový interval (např. jedné minuty) čítá impulsy s detektorem, po jedné minutě se čítač zastaví, což je signalizováno rozsvícením desetinné tečky. Po vynulování lze měření opakovat a do cesty jsou částicím přidávány vrstvy hliníkového plechu o stejné tloušťce. Data o počtu impulsů jsou zároveň přes USB port přenášena do počítače, čímž lze zpracování dat urychlit. Protože je toto měření vždy relativní, lze použít libovolný zdroj ionizujícího záření, samozřejmě podle toho, chceme-li měřit absorpční koeficient pro záření beta nebo gama.



Obr. 2 Experiment k určení koeficientu absorpce

Čítač lze rovněž s jiným softwarem (který lze rovněž najít na webu autorů [6]) použít jako dozimetr – na displeji je pak zobrazen odhad dávkového ekvivalentu v mikrosieverttech za hodinu. Jedná se opravdu pouze o dohad, protože výpočet je proveden na základě počtu impulsů za minutu násobením tzv. Bulharskou konstantou. Polovodičový detektor totiž stejně jako GM trubice nedovede určit energii dopadající částice a tím její ionizační účinky. Kalibraci proti profesionálnímu dozimetru s GM trubicemi (který sám o sobě má přesnost měření 40 %) byla určena konstanta, která pro částice s radiačním váhovým faktorem 1 přepočítává počet impulsů za minutu na dávkový ekvivalent. Demonstrační dozimetr pak pro běžné radiační pozadí ukazuje hodnoty kolem $0,2 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$.

Popsané polovodičové detektory mohou ve školním prostředí nahradit detektory s GM trubicemi, protože umožňují jednoduchou konstrukci zařízení přesně podle požadavků konstruktéra bez nutnosti zdroje vysokého napětí. Stejně jako GM trubice jsou citlivé na záření beta a gama (pro detekci záření alfa lze využít podobně jednoduše zhotovitelné detektory s ionizační komorou popsané v [7]).

Poděkování.

Příspěvek vznikl za podpory specifického výzkumu PřF UHK 2121/2016.

Literatura

- [1] Gamabeta se představuje. [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupný z: <https://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-pedagogy/materialy-pro-vyuku/gamabeta/3.html>.
- [2] Goldader, J. D., Choi, S.: An Inexpensive Cosmic Ray Detector for the Classroom. *Physics Teacher*, v48 n9 p594-597 Dec 2010.
- [3] *Radiation Watch UK*: [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupný z: <http://www.radiation-watch.co.uk/fullfeatures>.
- [4] Kubínová, Š., Šlégr, J.: PhysDuino – cenově dostupný systém pro školní fyzikální měření. Sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky 19, Fakulta pedagogická ZČU, oddělení fyziky 2014.
- [5] Kubínová, Š., Šlégr, J.: Physics demonstrations with the Arduino board. *Physics Education*, vol. 50, no. 4.
- [6] Kubínová, Š., Šlégr, J.: PhysDuino – Low cost system for school experiments in physics. [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupný z: <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/physduino/>.
- [7] Polák, Z., Polák J., Krbal, M.: Pokusy z radioaktivity na střední škole. Sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky 18, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, 2013. Dostupný z: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/18-25-Polak.html>.