

PRAVOUHÝ VELKOPLOŠNÝ SCINTILAČNÝ DETEKTOR

MARTIN CHUDÝ, MICHAL SEMAN, Bratislava

Scintilačné detektory veľkých rozmerov možno rozdeliť na velkoobjemové a velkoplošné. Velkoobjemové detektory, ktorých účinný objem presahuje $0,1 \text{ m}^3$, sú vhodné na deteckiu neutrónov, gamma žiarenia, prípadne nabitých častic, ak je potrebná ich úplná absorpcia v scintilátore. Detekčná účinnosť na neutróny dosahuje až 80 %.

Velkoplošné detektory majú citlivú plochu väčšiu ako $0,1 \text{ m}^2$. Hrubá scintilátorova je v porovnaní s jeho inými rozmermi malá. Používajú sa na zistenie prechodu častic určou plochou, hlavne pri štúdiu kozmického žiarenia. Základné prvky týchto detektorov sú scintilátor, fotonásobič, elektronické zariadenie, spájajúca scintilátor a fotonásobič, elektronické zariadenie.

ZBER SVETLA Z VELKOPLOŠNEHO SCINTILÁTORA

Obvyklou požiadavkou na velkoplošný detektor je maximálna rovnomernosť zberu svetla, t. j. čo najmenšia závislosť amplitúdy impulzu snímaného z anódy fotonásobiča od polohy luminiscenčného zdroja svetla. Ďalšou dôležitou vlastnosťou je účinnosť zberu svetla, lebo ovplyvňuje veľkosť amplitúdy tohto impulzu. Pri konštrukcii scintilačného detektora treba preto uvažiť spôsob spojenia scintilátoru s fotokatódou fotonásobiča, kvalitu povrchu scintilátoru, katóda v optickom kontakte so scintilátorom, a to priamo alebo prostredníctvom svetlovodiča. Druhý spôsob nepoužíva optický kontakt; fotonásobič je umiestnený v určitej vzdialosti od scintilátoru, aby sa zlepšila rovnomernosť zberu svetla. Tento spôsob zberu svetla sa používa najmä vtedy, ak má scintilátor tvar valcového disku [1, 2]. V [3] sa používa tento spôsob zberu pre pravouhlý scintilátor.

Na prenos svetla na fotokatodu pomocou priameho optického kontaktu alebo prostredníctvom svetlovodiča sa využívajú postupné odrazy svetla. Učinnosť zberu je v tomto prípade zhruba o rád lepšia ako bez optického kontaktu.

DETEKTOR S PRAVOUHÝM SCINTILÁTOROM V OPTICKOM KONTAKTE

Zberné plochy sú dve protilehlé steny scintilátoru, ktorý má tvar plochej dosky. Ak je zberná len jedna stena, je výhodné na protialej stene umiestiť reflexnú vrstvu. Umiestenie reflektora na ostatných stenach je zbytočné, lebo svetlo sa po niekolkonásobných odrazoch absorbuje skôr, ako dosiahne fotokatódu. Najlepšie výsledky sa dosahujú, ak detektor využíva úplný odraz na vyleštených stenach [4].

Okrem uvedeného spôsobu možno zberať svetlo z pravouhleho scintilátoru dlhým svetlovodičom lichobežníkového tvaru [5]. Tieto metódy využívajú na prenos svetla len geometrické odrazy. Princípalne inú metódu uvádzajú Garwin v [6]. Ako svetlovodič používa priehladný kontainer naplnený parafinovým olejom alebo inou nosnou látkou pre kvapalné scintilátory, s prímesou posuvnovoča vlnovej dĺžky svetla. Absorpčné spektrum posunovača sa musí prekrývať s emisivým spektrom scintilátoru. Svetlo emitované v scintilátore sa absorbuje vo svetlovodiči. Fluorescenčné svetlo, ktorého vlnová dĺžka je posunutá, vzhľadom na vlnovú dĺžku primárneho svetla, výzaruje sa vo svetlo-vodici izotropne.

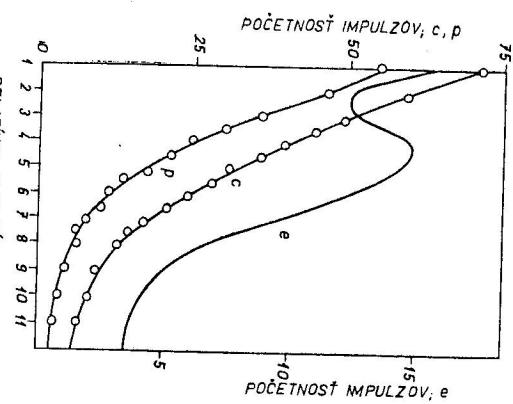
V tejto práci sme vyšetrovali charakteristiky nerovnomernosti zberu svetla pre detektor s plastickým scintilátorom SPD-51, rozmerov $50 \times 50 \times 5 \text{ cm}$, ktorého nosná láska polyvinyltoluen sa aktivovala para-terfenylenom. Posunovacím spektra bol POPOP. Fotonásobič 61 PK 412 bol v optickom kontakte so scintilátorom prostredníctvom plexisklových svetlovodičov hranolového tvaru o rozmeroch $50 \times 5 \times 5 \text{ cm}$. Fotonásobič zberal svetlo z najmenšej plochy svetlovodiča (obr. 7). Scintilátor a svetlovodič pracovali bez reflexívnych vrstiev s vyleštenými priehladnými stenami s výnimkou steny svetlovodiča oproti fotokatode fotonásobiča, na ktorej bola umiestená zrkadlová hliníková fólia (obr. 3a, b).

EXPERIMENTÁLNA METÓDA

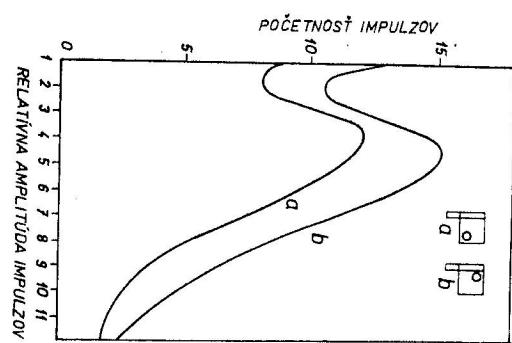
Cieľom práce bolo sledovať nerovnomernosť zberu svetla zo scintilátora v závislosti od miesta ožiarenia. Ako zdroj žiarenia sme použili kolimovaný zväzok gamma žiarenia rádioizotopu ^{137}Cs . Krivka e na obr. 1, udávajúca amplitudové rozloženie impulzov pri takomto ožarení, má maximum. Zmenou polohy tohto peaku v závislosti od miesta ožiarenia (obr. 2) možno charakterizovať nerovnomernosť zberu svetla. V ďalšom teste udávame nerovnomernosť zberu svetla ako relatívnu zmene amplitúdy prislúchajúcej peaku pri ožarení po celej ploche scintilátoru, okrem okrajových častí. Táto relatívna zmena sa vzťahuje na stred scintilátora.

Plastickej scintilátor sme umiestili vo svetlotesnom puzdre na štyroch

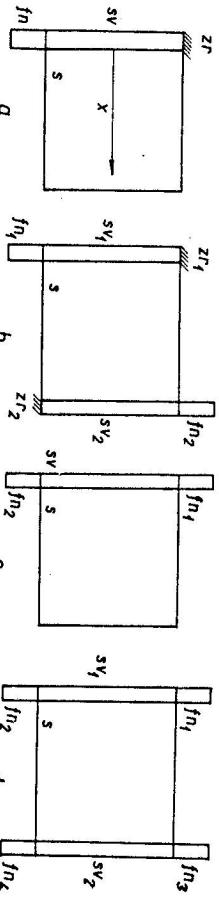
konštrukcií detektora nerovnomernosť zberu svetla závisí preovšetkým od dĺžky oslabenia svetla emitovaného scintilátorom. Táto dĺžka sa definuje ako vzdialenosť, na ktorej amplitúda scintilačných impulzov klesne $1/e$ -krát. Pre nás detektor sme namerali dĺžku oslabenia 230 cm.



Obr. 1. Amplitudové rozloženie impulzov Cs^{137} (krievka e), krievka p — amplitudové rozloženie impulzov pozadia, c — celkové amplitudové rozloženie impulzov. Amplitúda impulzov je udaná číslom kanála amplitúdového analyzátoru.



Obr. 2. Závislosť polohy peaku od miesta zdroja luminiscenčného svetla. (Krivky a, b odpovedajú polohám zdroja a, b).



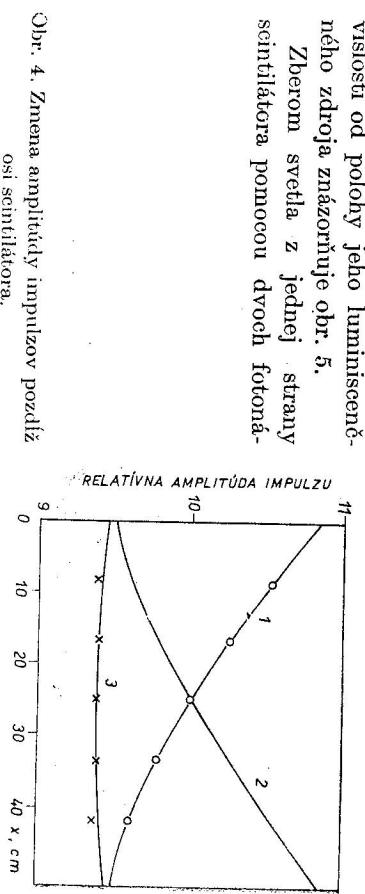
Obr. 3. Usporiadanie detektora. s — scintilátor, sv — svetlovodič, fn — fotonásobič, zr — zrkadlový reflektor.

Nerovnomernosť amplitúdy pri zbere pomocou jedného fotonásobiča v usporiadani podľa obr. 3a je 12 %. Najväčšia odchýlka od hodnoty amplitúdy impulzu, prislúchajúcej stredu, je v rohu scintilátora. V rohu najbližšom k fotonásobiču je amplitúda o 14 % väčšia, v najdalejšom rohu o 8 % menšia ako v strede. Zmena amplitúdy impulzu pozdĺž osi scintilátora, vedenej jeho stredom kolmo na svetlovodič, udáva krivku I na obr. 4. Ak použijeme detektor s dvoma svetlovodičmi a fotonásobičmi (obr. 3b), analogickú závislosť pre amplitúdu impulzu z druhého fotonásobiča, opisuje krivka 2 na obr. 4, ktorá je zrkadlovým obrazom krivky 1. Sčítaním týchto kriviek získame závislosť amplitúdy impulzu pozdĺž osi v usporiadani podľa obr. 3b (krivka 3 na obr. 4). Namerané hodnoty sú označené krížkmi. Nerovnomernosť na ploche detektora je v takomto usporiadani 4,1 %. Najväčšia odchýlka (8 %) od hodnoty v strede je v rohoch scintilátora, kde sú umiestnené fotonásobiče. Nerovnomernosť zberu svetla v závislosti od polohy jeho luminiscenčného zdroja znázorňuje obr. 5.

Zberom svetla z jednej strany scintilátora pomocou dvoch fotonásobičov jedným, dvoma a štvorm fotonásobičmi v usporiadani podľa obr. 3. Pri zvolenej peaku v amplitudovom rozložení, bola rovnaká. Pri celkovom napätií okolo 1100 V hodnota tejto amplitúdy bola asi 3 mV. Zmena polohy peaku v dôsledku nestability meracieho zariadenia nepresahovala počas merania 0,5 %.

VÝSLEDKY EXPERIMENTU

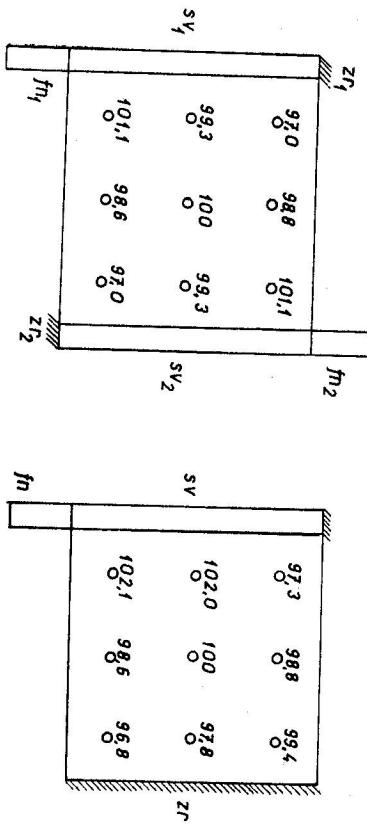
Nerovnomernosť amplitúdy výstupného signálu sme študovali pri zbere jedným, dvoma a štvorm fotonásobičmi v usporiadani podľa obr. 3. Pri zvolenej



Obr. 4. Zmena amplitúdy impulzov pozdĺž osi scintilátora.

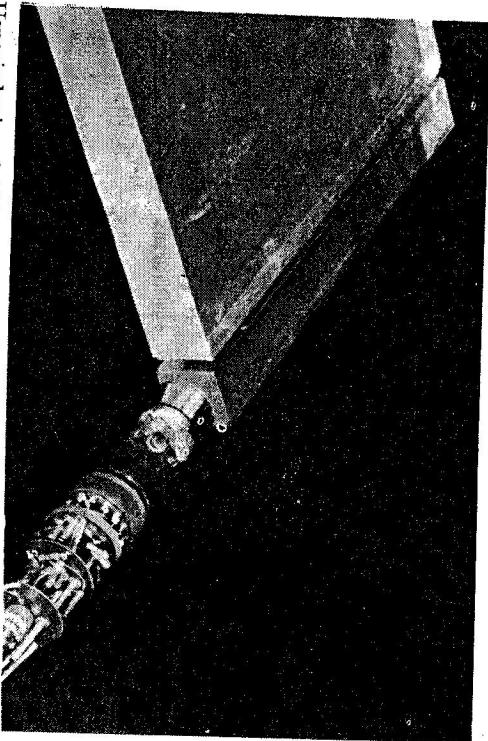
sóbičov oproti sebe (obr. 3c) dosahuje sa po lineárom zložení impulzov z fotonásobičov nerovnomernosť 8,6 %. Použitie dvoch svetlovodičov a štyroch fotonásobičov (obr. 3d) umožňuje dosiahnuť nerovnomernosť 3,0 %.

Pri usporiadani podla obr. 3a a umiestení reflektujúcej hliníkovej fólie na strane scintilátora oproti svetlovodiču je nerovnomernosť 5,3 %. Relativná zmena najpravdepodobnejšej hodnoty amplitúdy impulzu pri ožiareni v niekoľkých bodoch detektora je pre takéto usporiadanie na obr. 6.



Obr. 5. Nerovnomernosť zberu svetla v usporiadani podla obr. 3b.

Obr. 6. Nerovnomernosť zberu svetla pri použití jedného fotonásobiča a zrkadlového reflektora.



Obr. 7. Usporiadanie scintilátora, svetlovodiča a fotonásobiča pri sbere svetla pomocou jedného fotonásobiča.

Pre porovnanie výsledku dosiahnutého pomocou hranolového svetlovodiča a jedného fotonásobiča s priemerom katódy 4,2 cm možno uviesť, že nerovnomernosť zberu svetla z bočnej steny scintilátora rovnakým fotonásobičom bez optického kontaktu je približne dvojnásobne väčšia. Fotonásobič bol pritom vo vzdialosti 23 cm od bočnej steny scintilátora.

ZÁVER

Hranolové svetlovodiče z plexiskla sú vhodné na zber svetla z veľkoplošných scintilátorov pomocou fotonásobičov s malou plochou fotokatódy. Najvhodnejšie je použiť dve fotonásobičov zberajúci svetlo z profilahlých strán scintilátora (obr. 3b). Nerovnomernosť amplitúdy impulzov na ploche scintilátora s výnimkou okrajových častí je 4,1 %. Najväčšia odchyľka od hodnoty v strede je v rohoch scintilátora a nepresahuje 8 %. Zvýšenie počtu fotonásobičov na štvrti nezmenší úmerne nerovnomernosť. Pri menších náročkach na rovnomernosť aplitúdy impulzu možno na zber svetla použiť len jeden fotonásobič (obr. 3a) a na protilehlnej strane scintilátora umiestiť zrkadlovú reflektujúcu vrstvu.

LITERATÚRA

- [1] Brennan M. H., Rev. Sci. Instr. 27 (1956), 112.
- [2] Clark G. W., Scherb F., Smith W. B., Rev. Sci. Instr. 28 (1957), 433.
- [3] Юдин Е. П., Долженко О. И., Денисов Е. Б., ИТЭ (1965), № 4, 77.
- [4] Brini D., Peli L., Rimondi O., Veronesi P., Nuovo Cim. Suppl. 2 (1955), 1048.
- [5] Barnaby C. F., Barton J. C., Proc. Phys. Soc. 76 (1960), 745.
- [6] Garwin R. L., Rev. Sci. Instr. 31 (1960), 1010.

Došlo 22. 9. 1966

*Katedra jadrovej fyziky
Prírodovedeckej fakulty UK,
Bratislava*

LARGE-AREA SCINTILLATION DETECTORS

Martin Chudý, Michal Seman
Summary

The design and characteristic properties of large-area scintillation detectors with prismatic plexiglas light guides, is described. It is shown that, employing this method of light collection and two 61 PK 412 photomultipliers, the response of a scintillation detector of area $50 \times 50 \text{ cm}^2$ is uniform to within 4.1 % except the corners near the photomultipliers where the pulse height increases to 8 % above the value in the centre of scintillation detector.