

ДЕТЕКЦИЈА НА ЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ СО СТАНДАРДНА ФОТО ДИОДА

Цветан В. Гавровски, Томислав А. Цеков

Електротехнички Факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј"
п. фах 574, МК-91001 Скопје, Р. Македонија

Апстракт: Во трудот е опишан потребниот третман на стандардна p-i-n фото диода со цел да се провери можноста за нејзината употреба како детектор на јонизирачко зрачење. Направени се повеќе експерименти со расположива стандардна фото диода наменета за детекција на електромагнетно зрачење во видливото и инфрацрвеното подрачје на спектарот и се извлечени оптимални карактеристики. Одзивот на вака добиениот детектор на гама зрачење е анализиран во енергетското подрачје од 100 keV до 1,3 MeV. За оваа цел користени се изворите ^{57}Co , ^{137}Cs и ^{60}Co . Дизајнирано е коло за тестирање на детекторот како бројач и е екстрахиран импулс при единечна побуда. Добениот импулс е со време на пораст од 160 ns и време на пад од 3,6 μs . Чувствителноста на реализираната комбинација сензор-засилувач изнесува 0,7 V/MeV, што наведува на можност за користење на ваков тип детектори и за анализирачки цели. Наведени се и некои негативни карактеристики на анализираниот елемент.

DETECTION OF IONIZING RADIATION WITH A STANDARD PHOTO DIODE

Cvetan V. Gavrovski, Tomislav A. Dzekov

Faculty of Electrical Engineering, The "St. Cyril and Methodius" University
P.O.Box 574, MK-91001 Skopje, R. Macedonia

Abstract: In this paper, the necessary treatment of a standard p-i-n photodiode, with a purpose to test the possibilities of its usage as a detector of ionizing radiation is described. A number of tests are done in order to obtain optimal characteristics from standard diode (designate for detection of electromagnetic radiation in visible and infrared area of the spectrum). The response of new treated device of gamma radiation in energetic region from 100 keV to 1,3 MeV is analyzed. For this ^{57}Co , ^{137}Cs and ^{60}Co were used. A test circuit for a detector as a counter is designed. The obtained pulses are with 160 ns rise time, and 3,6 μs full time. The sensitivity of the designed combination detector/amplifier is 0,7 V/MeV. Some negative characteristics of such detector are shown in the paper.

1. ВОВЕД

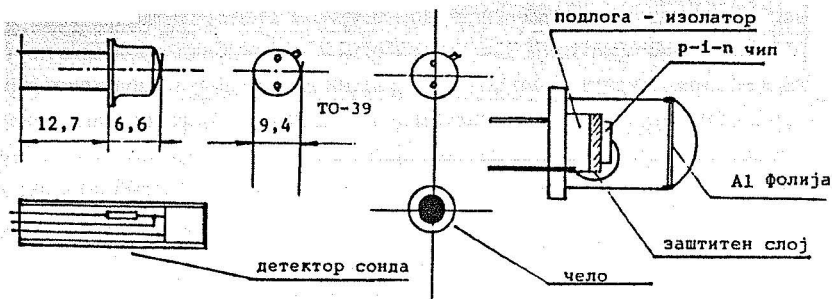
Клучен проблем во преносната дозиметриска инструментација секако дека е детекторскиот елемент. Во прв ред тоа е поради неговите габарити и неминовноста од решение на коло за висок преднапон. Втората констатација не е одбегната ни со најновата генерација субминијатурни бројачи од ГМ типот.

Од овие причини полупроводничките детектори за јонизирачко зрачење се особено актуелни во преносната дозиметриска инструментација, каде не е неопходна спектрометрија. Тие се изработуваат со посебна технолошка постапка, а во литературата се познати најразлични видови полупроводнички структури, најчесто користени за експериментални цели [1, 2, 4]. За добивање доволна ефикасност, при преобразба на енергијата на јонизирачко зрачење во електрична, потребно е голем активен волумен на детекторот. P-I-N детекторите за γ и X зрачење, се изведуваат како капсулирани диск литиум-јон дрифирани планарни структури. Подлогата на структурата е од n^+ тип, слабо p допирана зона i , и тенка p зона [3], а чувствителноста на овие детектори е скоро пропорционална со широчината на интринсичната област.

Кај секоја p - n фото диода, во областа меѓу p и n , без напонот на поларизација или со инверзна поларизација, се формира испразнета зона. Доколку дојде до апсорпција на фотон во оваа зона, се формира пар електрон-празнина кои се раздвојуваат под дејство на полето и во надворешното коло на фотодиодата се добива струен импулс. За ефикасна и брза работа на фотодиодата, потребно е оваа испразнета зона да апсорбира што поголем број фотони. Последната констатација е во согласност со неопходноста од голем ефективен волумен кај детекторите за јонизирачко зрачење, што беше и мотив, стандардна p - i - n фотодиода, наменета за електромагнетно зрачење во видливото и инфрацрвеното подрачје на спектарот, да се искористи за детекција на јонизирачко зрачење. Во експериментите беше користена p - i - n фотодиода од типот ВРW 21 (Telefunken), со активна чувствителна површина од $7,5 \text{ mm}^2$ [5]. Диодата е во метално куќиште ТО-39, за темна струја 2 nA (nA), дефинирано при реверзна поларизација од $U_R = 10 \text{ V}$. Фото струјата при осветленост од 1 klx , според каталожките податоци е поголема од $7 \mu\text{A}$, а еквивалентниот спектар на шум $NEP (\text{WHz}^{-1/2})$ е понизок од $1,2 \cdot 10^{-13}$ за $\lambda = 850 \text{ nm}$.

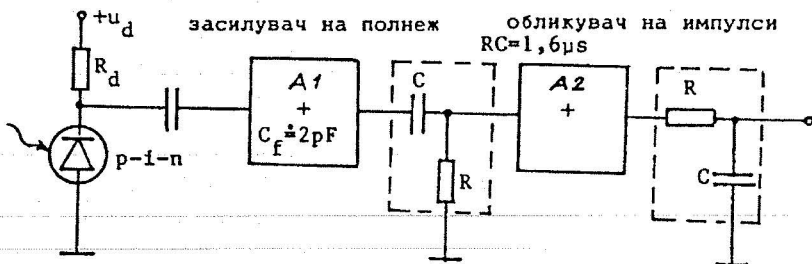
2. ТРЕТМАН НА ДИОДАТА И ТЕСТ ПОСТАПКА

На диодата по механички пат е отстранет оптичкиот дел - прозорот, а челото на диодата е покриено со Мулар фолија (полиестер со висока моќ на растегливост кој се употребува за магнетофонски ленти), внимателно залепена по страничните рабови на куќиштето (сл. 1). Со овој оклоп диодата не може да реагира на светлината од видливото подрачје што беше експериментално потврдено со осветлување на диодата со вештачко светло. Преднапонот на диодата е менуван во границите од $(5 - 30) \text{ V}$, а осветленоста до 1000 lx .

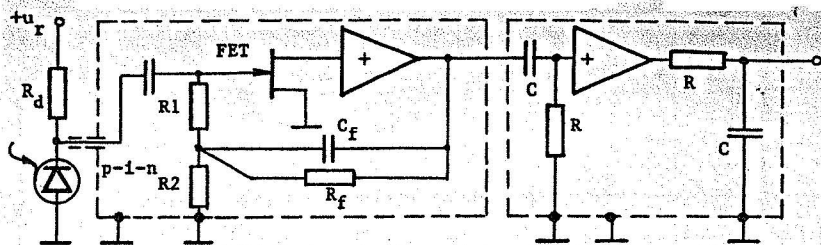


Сл. 1 Изглед на p-i-n диодата со поставен филтер

Имајќи предвид дека p-i-n диодата е со релативно мала активна чувствителна површина и релативно висока еквивалентна спектрална густина на шум, во принцип со непознат износ за ново наменетата примена, се наметнува користење на предзасилувач на полнеж. Блок шемата на реализираното коло за овој експеримент е прикажана на сл. 2. Предзасилувачот на полнеж од тест колото е со модифицирана повратна врска [6] и прикажан на сл. 3. Причина за ова е што при повисоки брзини на броење импулси, капацитетот C_f во повратната врска се полни брзо, па е потребно негово зачестено празнење преку отпорот R_f . Електричните полнежи генерирани во диодата при нејзино екситирање во поле на јонизирачко зрачење, се причина за течење излезна струја низ отпорите R_1 и R_2 . Струјниот сигнал од полнеж е променет во напонски и е проследен на гејтот од FET транзисторот на влезниот засилувач. Засилувачот преку R_f во



Сл. 2 Блок шема на тест колото



Сл. 3 Тест коло со засилувач на полнеж и филтри

повратната врска го пренесува истото ниво на влезна струја на R_1 , па на тој начин импедансата за наизменичен сигнал што ја гледа засилувачот на својот влез ефектно се зголемува. Со цел да се редуцира шумот применето е познатото решение со пасивни елементи (C , R и R , C) со кои се ограничува пропусното фреквентно подрачје на колото.

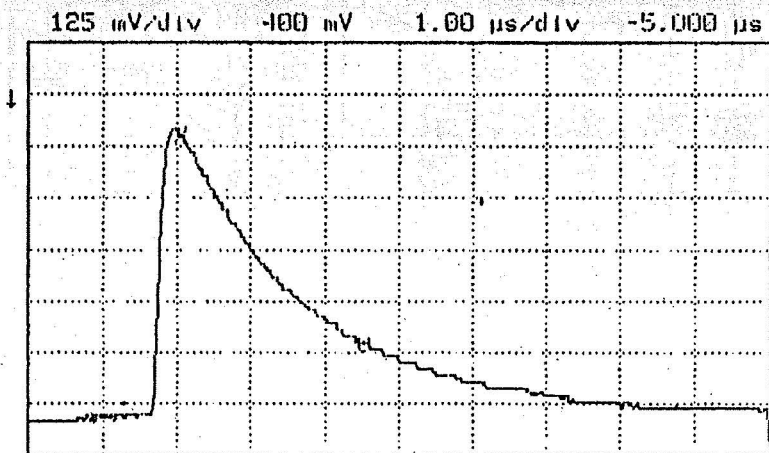
При реализацијата на колата извршено е оклопување на влезните терминали, а изборот на компонентите е таков што се користени засилувачи со низок напонски шум, низок напонски дрефт и висококвалитетни пасивни елементи. P-I-N елементот беше експониран со γ извор ^{60}Co . Брзината на експозиција е нагудувана зависно од растојанието извор-детектор. Контролното мерење на брзината на експозиција е извршено со монитор SGM 29 со детектор NE 105, пластичен, воздушно еквивалентен сцинтилатор 25×25 mm и фотомултипликатор EMI 9734 A.

3. ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Во експерименталните постапки се покажа дека тестираниот p-i-n елемент најдобри резултати има при преднапон $U_R = 20$ V. При пониски работни преднапони од 12 V, времето на пораст на излезниот импулс се зголемува за повеќе од 10 пати. На сл. 4 е даден осцилограмот на излезниот импулс при единечна победа со сите негови параметри.

Енергетската чувствителност на колото е проверена во подрачјето од 122 до 1250 keV, со класична постапка користејќи ги изворите ^{57}Co , ^{137}Cs и ^{60}Co и истата покажува поприфатливи резултати во споредба со енергетскиот одзив на субминијатурните GM сетила за преносни уреди. До податокот за чувствител-

Fall \downarrow = 3.60 μ s
 Rise \uparrow = 160 ns



Сл.4. Параметри на излезен единичен импулс при измерена капацитивност на диодата $C_d = 10$ pF.

ност на комбинацијата диода и предзасилувач дојдено е по пресметковен пат, поаѓајќи од изразот за излезниот напон на колото:

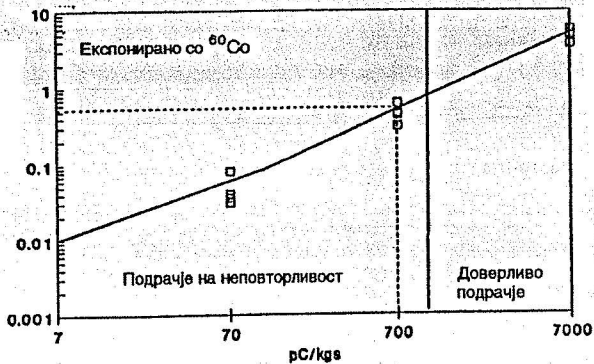
$$V_0 = \frac{Q_i A}{C_f} (t/\tau) e^{-t/\tau} \quad (1)$$

За максималната вредност на сигналот се добива:

$$V_{\max} = -\frac{Q_i A}{C_f} \frac{A}{e} \quad (2)$$

Со заменување во изразот (2) на вредностите за Q (за силициумски детектори изнесува $4,44 \cdot 10^{-14}$ C/MeV) и вредностите на елементите од колото: $C_f = 2,2$ pF и засилувањето $A = 100$, се добива дека чувствителноста на колото изнесува $s = 0,7$ V/MeV.

Реагирањето на третириониот сензорски елемент нема линеарен одзив во подрачјето под 700 pC/kg s. што значи дека броењето импулси е можно ако експозицијата е со јачина нешто над 700 pC/kg s. Горната граница не е проверена. На сл. 5 дадена е карактеристиката снимена според опишаните услови. По-



Сл 5. Карактеристика на третираниот р-и-п елемент

драчјето означено со „доверливо” дава повторливи резултати, за разлика од подрачјето на „неповторливост”.

4. ЗАКЛУЧОК

– Стандардната р-и-п фотодиода, со активна чувствителна површина од $7,5 \text{ mm}^2$ третирана по опишаната постапка е детектор на јонизирачко зрачење.

– Во најатрактивното подрачје за преносна дозиметриска инструментација, детекторот има екстремно ниска чувствителност ($0,5 \text{ imp/s}$), што е сериозен недостаток.

– Нискиот потребен работен преднапон е очигледна предност во споредба со GM детекторите.

– Колата за добивање и проследување на сигналот се далеку посложени во споредба со оние за GM детекторите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Wernli, C and Jones, A.R., *The development of a simple high range skin dose rate meter using a silicon diode as a detector*, Health Phys. 41, p-p 371-374, 1984
- [2] M. Yabe, N. Sato, H. Kamijo, T. Takechi and F. Shiraishi, *A silicon X and gamma-ray detector for room temperature and low voltage operation*, Nuc. Instr. Meth. Vol.193, p-p 63-67, 1982.
- [3] *Lithium Drifted Silicon Radiation Detectors*, REMIX, 1981.
- [4] Shigeki Nakamura, Shinichi Okamoto, *Zener Diodes for Gamma-Ray Radiation Dosimetry*, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 42, No 2, p-p 102-109, 1995.
- [5] *Optoelektronik halbleiter*, TELEFUNKEN, 1993.
- [6] S. Baba et. al., *A High Speed CdTe Radiation Detector*, IEEE Transaction on Nuclear Science, Vol. 40, No 1, 1993.