

УДК 539.1.08

О.М. Лопачак, В.М. Максимович
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра “Автоматика і телемеханіка”

КОРЕКЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЕТЕКТОРІВ У ДОЗИМЕТРИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

© Лопачак О.М., Максимович В.М., 2002

Розглянуто принцип роботи пристрою для вимірювання потужності експозиційної дози радіаційного випромінювання, що забезпечує можливість апаратної корекції енергетичних характеристик широкого класу напівпровідникових детекторів. Наведено структурну схему і приклад підбору коректуючих кодів.

The work principle of device for measuring the radiation exposure dose rate, that make possible instrument correction of different semiconductor sensor characteristics, is considered. The structure scheme and the example of corrected code choose are presented.

У дозиметрії γ -випромінювання широко використовуються напівпровідникові детектори, зокрема, детектори на основі телуриду кадмію. Обов'язковою умовою їх застосування під час вимірювання потужності експозиційної дози є корекція енергетичної характеристики. Це пояснюється тим, що чутливість напівпровідникових детекторів у діапазоні 40 – 1500 кеВ змінюється в десятки разів. Ця зміна може бути зменшена при використанні складних фізичних фільтрів. Однак фізичні фільтри не дають змоги скоригувати енергетичну характеристику достатньою для досягнення необхідної точності мірою*. Крім того, фізичні фільтри повинні розроблятися індивідуально для кожного нового детектора, що, зрозуміло, створює певні незручності.

У цій роботі розглянута можливість апаратної корекції енергетичної характеристики напівпровідникових детекторів. Запропонований дозиметричний пристрій складається з вхідної та вимірювальної частин, структурні схеми яких наведені на рис. 1 і рис. 2 відповідно.

До складу пристрою входять компаратори напруги КН1 – КН6, D-тригери Т1 – Т6, перетворювач кодів ПК, одинвібратор ОВ, елемент затримки ЕЗ, мультиплексор МП, комбінаційний суматор КС, регістр Рг, лічильник Лч і логічні елементи П1 і П2.

Робота вхідної частини пояснюється часовими діаграмами, наведеними на рис.3. Вхідний імпульсний сигнал U_C надходить одночасно на перші входи компараторів КН1 – КН6, на других входах яких установлюються порогові рівні напруги $U_{П1}$, $U_{П2}$, $U_{П3}$, $U_{П4}$, $U_{П5}$, $U_{П6}$. Кількість компараторів і значення порогових рівнів повинні вибиратись відповід-

* Горев В.С., Кожемякин В.А., Матвеев О.А., Фирсов М.Д., Хусаинов А.Х., Шульгович Г.И. Применение детекторов на основе теллурида кадмия в дозиметрии гамма-излучения // Приборы и техника эксперимента. – 1981, – № 1, – С. 60 – 64.

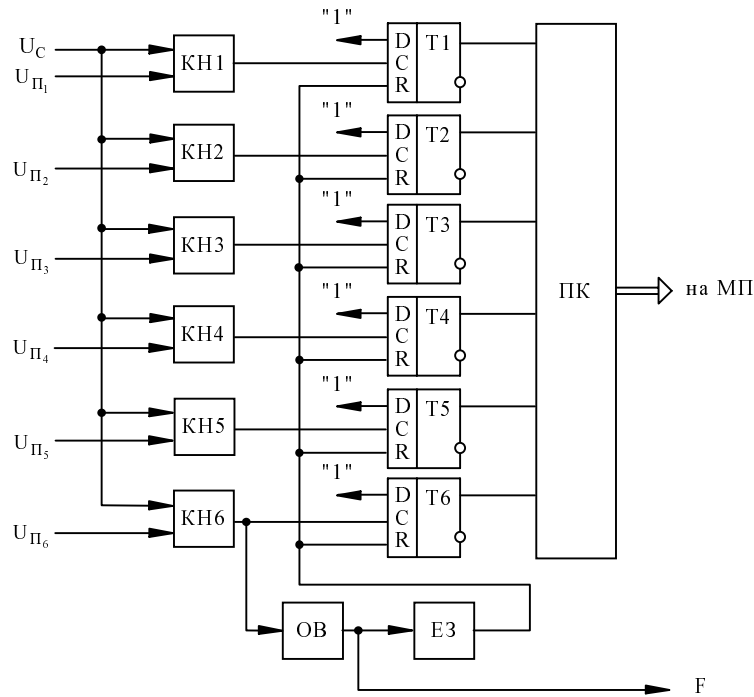


Рис. 1. Вхідна частина дозиметричного пристрою

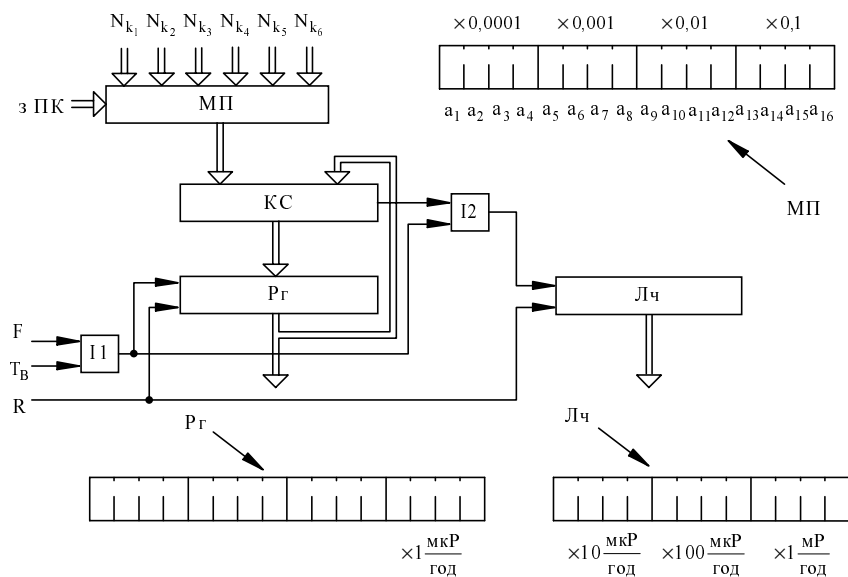


Рис. 2. Вимірвальна частина дозиметричного пристрою

но до енергетичної характеристики детектора і заданої точності вимірювання потужності експозиційної дози. Тригери Т1 – Т6 спрацьовують при перевищенні вхідним сигналом відповідного порогового рівня. Перетворювач ПК формує на своєму виході код, значення якого визначається кількістю тригерів, що спрацювали. Отже, вихідний код ПК визначається амплітудою вхідного імпульсу, а точніше тим, в якому із піддіапазонів значень, відносно порогів $U_{П1}$, $U_{П2}$, $U_{П3}$, $U_{П4}$, $U_{П5}$ і $U_{П6}$, знаходиться ця амплітуда. Вихідні імпульси F вхідної частини пристрою формуються одновібратором ОВ. Імпульси з виходу елемента затримки ЕЗ скидають тригери Т1 – Т6 у початковий стан, що готує схему до надходження чергового вхідного імпульсу.

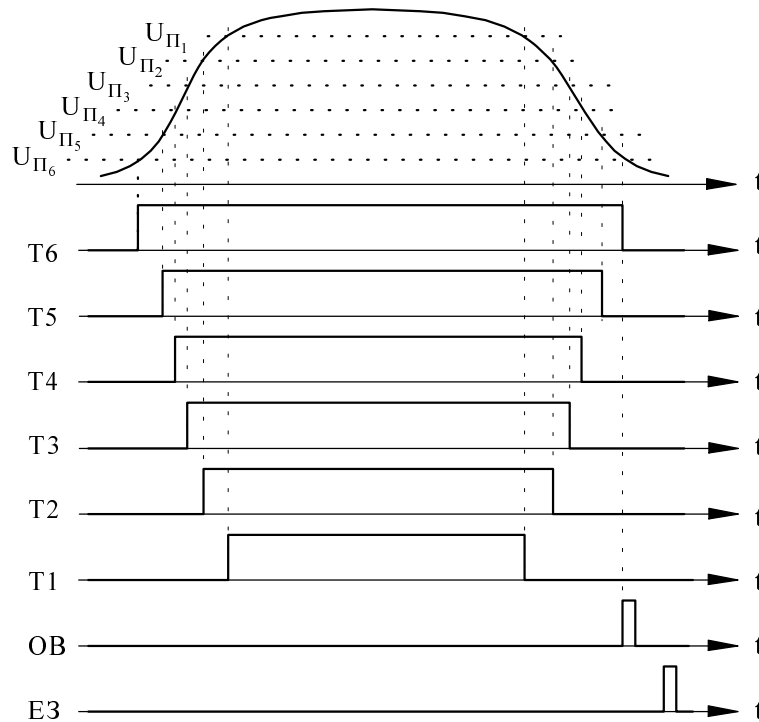


Рис. 3. Часові діаграми роботи вхідної частини дозиметричного пристрою

Імпульси F надходять на один з входів логічного елемента П1 (рис. 2), на другий вхід якого надходить прямокутний імпульс, тривалість якого T_B визначає час вимірювання. Комбінаційний суматор КС і регістр Рг утворюють нагромаджуючий суматор. До вмісту останнього, з кожним вихідним імпульсом елемента П1, додається значення одного з кодів $N_{k_1}, N_{k_2}, N_{k_3}, N_{k_4}, N_{k_5}$ чи N_{k_6} , залежно від значення вихідного коду ПК. Комутація цих кодів реалізується за допомогою мультиплексора МП. При переповненні нагромаджуючого суматора на виході логічного елемента І2 формуються імпульси, які підраховуються лічильником Лч. Для подальшої індикації результатів вимірювання лічильник Лч і нагромаджуючий суматор працюють у двійково-десятковому коді. Молодший десятковий розряд результату вимірювання потужності експозиційної дози фіксується в Рг, а старші десяткові розряди – в Лч.

Номинальні значення $N_{k_1}, N_{k_2}, N_{k_3}, N_{k_4}, N_{k_5}, N_{k_6}$ і діапазони їх зміни

	N_{k_6}	N_{k_5}	N_{k_4}	N_{k_3}	N_{k_2}	N_{k_1}
$\Delta E, \text{keV}$	40÷80	80÷170	170÷350	350÷450	450÷1100	1100÷1500
$K(I)$	0,015625	0,039	0,625	3,875	4,5	22
$N_{k_{\text{іном}}}$	0,0007102	0,001772	0,02840	0,1761	0,2045	1
ΔN_{k_i}	0,0001÷0,0039	0,0002÷0,0078	0,002÷0,078	0,01÷0,39	0,01÷0,39	0,04÷0,98
Задіяні розряди МП	$a_1 \div a_6$	$a_2 \div a_7$	$a_6 \div a_{11}$	$a_9 \div a_{14}$	$a_9 \div a_{14}$	$a_{11} \div a_{16}$

Для вибраного детектора значення кодів N_{k_1} , N_{k_2} , N_{k_3} , N_{k_4} , N_{k_5} , N_{k_6} розраховуються або визначаються експериментально. В пристрої, що розглядається, передбачена можливість оперативної зміни значень цих кодів у межах, що необхідні для корекції енергетичних характеристик детекторів на основі телуриду кадмію. У таблиці наведено приклад вибору номінальних значень N_{k_1} , N_{k_2} , N_{k_3} , N_{k_4} , N_{k_5} , N_{k_6} і меж їх зміни для енергетичної характеристики детектора.*

У таблиці використані такі позначення: ΔE – енергетичний діапазон, в межах якого встановлюється значення N_{k_i} ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$); $K(I)$ – коефіцієнти корекції згідно з даними [1]; $N_{k_{ном}}$ – номінальні значення N_{k_i} ; ΔN_{k_i} – діапазони зміни N_{k_i} . В останньому рядку таблиці подано розряди двійково-десяткових кодів N_{k_i} (рис. 2), які необхідно змінювати для забезпечення можливості зміни цих кодів у діапазоні ΔN_{k_i} . Значення $N_{k_{ном}}$ отримані із значень $K(I)$ діленням останніх на фіксоване число (в цьому випадку 22), з таким розрахунком, щоб номінальне значення N_{k_i} дорівнювало 1. Діапазони ΔN_{k_i} вибирались виходячи з того, що, по-перше, вони повинні перекривати діапазон можливих непередбачуваних змін енергетичної характеристики конкретного блока детектування і, по-друге, забезпечувати необхідну точність корекції. Остання обставина забезпечується мінімальним кроком зміни N_{k_i} , який дорівнює нижній границі діапазонів ΔN_{k_i} .

Коефіцієнти $K(I)$ і відповідно N_{k_i} підбираються так, щоб отримати результат вимірювання в заданих одиницях. З урахуванням конкретної енергетичної характеристики детектора вони підібрані так, щоб результат був зафіксований в мкР/год.

Проілюструємо роботу пристрою прикладом. Нехай за час вимірювання $T_B = 100$ с на вихід детектора пройшло 200 імпульсів. Припустимо також, що амплітуди цих імпульсів розподілені так, що по 40 імпульсів припадають на енергетичні діапазони 40÷80 кеВ, 80÷170 кеВ, 170÷350 кеВ, 350÷450 кеВ, 450÷1100 кеВ. В цьому випадку в Рг і Лч вимірювальної частини пристрою, враховуючи значення $N_{k_{ном}}$, буде зафіксоване число:

$$40 \cdot 0,0007102 + 40 \cdot 0,001772 + 40 \cdot 0,02840 + 40 \cdot 0,1761 + 40 \cdot 0,2045 = 16,459\dots,$$

що, без врахування чисел в двох молодших декадах Рг, відповідає 164 мкР/год. Одиниці мкР/год фіксуються в старшій декаді Рг, а старші десяткові розряди результату – в декадах Лч.

Основна перевага розробленого пристрою для вимірювання потужності експозиційної дози радіаційного випромінювання полягає в тому, що він забезпечує можливість оперативної корекції енергетичної характеристики широкого класу напівпровідникових детекторів. Забезпечується отримання результату в заданих одиницях і необхідна точність вимірювання. Остання обставина досягається за допомогою вибору потрібної кількості компараторів у вхідній частині пристрою, порогових рівнів компараторів, кількості розрядів цифрових структурних елементів пристрою і діапазонів зміни коефіцієнтів N_{k_i} .

* Горев В.С., Кожемякин В.А., Матвеев О.А., Фирсов М.Д., Хусаинов А.Х., Шульгович Г.И. Применение детекторов на основе теллурида кадмия в дозиметрии гамма-излучения // Приборы и техника эксперимента. – 1981, – № 1, – С. 60 – 64.