



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 84926

(13) U

(51) МПК

G01T 1/02 (2006.01)

G01T 1/26 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**(21) Номер заявки: **u 2013 03706**(22) Дата подання заявки: **26.03.2013**(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.11.2013**(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **11.11.2013, Бюл.№ 21**

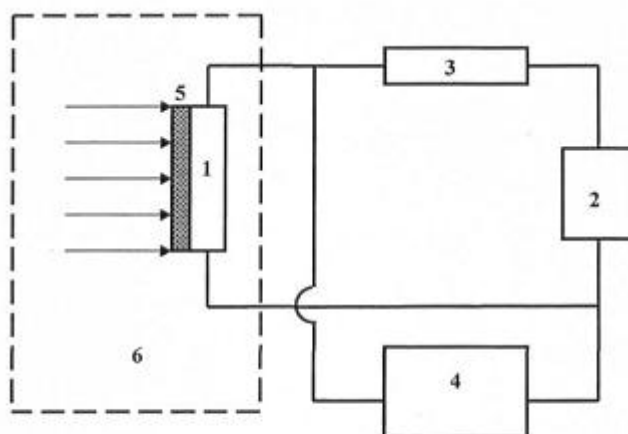
(72) Винахідник(и):

**Гетманець Олег Михайлович (UA),
Пеліхатий Микола Михайлович (UA)**

(73) Власник(и):

**Гетманець Олег Михайлович,
пр. Правди, 5, кв. 139, м. Харків, 61058 (UA),
Пеліхатий Микола Михайлович,
вул. Осетинська, 35, м. Харків, 61016 (UA)****(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ДОЗИ НЕПЕРЕРВНОГО РЕНТГЕНІВСЬКОГО ТА ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ****(57) Реферат:**

Спосіб вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання шляхом вимірювання в процесі опромінення амплітуди 3-ї гармоніки змінної синусоїдальної напруги на напівпровідниковому датчику. Для вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергії випромінювання застосовують корегуючі фільтри і за значенням відносної зміни амплітуди 3-ї гармоніки судять про величину потужності експозиційної дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання.



Блок-схема пристрою для вимірювання дози неперервного
рентгенівського та гама-випромінювання.

Фиг. 1

UA 84926 U

Корисна модель належить до техніки вимірювання іонізуючого, зокрема, неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання, і може бути застосована в дослідженнях, що пов'язані з радіаційною екологією довкілля, з впливом на апаратуру та матеріали високоенергетичного проникаючого випромінювання, в розробці датчиків і вимірювальних пристроїв, які б мали порівняно з існуючими більш високу чутливість, точність, малі габарити, були б простими і зручними в експлуатації та радіаційно стійкими.

Відомий спосіб вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання за допомогою вимірювання опору n-силіцію, який збільшується під дією рентгенівського і гамма-випромінювання [1]. Але недоліком відомого способу є низька чутливість та мала ефективність, що особливо позначається при малих дозах опромінення, а також недостатня точність при високих дозах, яка пов'язана з поступовою деградацією електричних характеристик напівпровідника по мірі збільшення дози опромінення.

Найбільш близьким до корисної моделі, що пропонується, є спосіб вимірювання флюєнсу швидких нейтронів шляхом вимірювання в процесі опромінення амплітуди 3-ї гармоніки змінної синусоїдальної напруги на напівпровідниковому датчику, згідно якому, за величиною її відносної зміни судять про величину флюєнсу [Патент України на корисну модель № 76436. Д.п. 03.05.2012. Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1]. Але відомий спосіб неможливо застосувати для вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання, бо швидкі нейтрони спричиняють більш істотні пошкодження в напівпровіднику та утворюють стійкі радіаційні дефекти іншої природи.

З іншого боку, чутливість дозиметра неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання повинна в діапазоні енергій 50 кеВ - 3 МеВ не відрізнятися від значення, яке отримане від джерела ^{137}Cs (662 кеВ), більш ніж на $\pm 25\%$.

Тому задачею запропонованої корисної моделі є підвищення чутливості і точності вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання за допомогою напівпровідникових резистивних датчиків в широкому діапазоні змінення дози випромінювання, а також зменшення абсолютних розмірів та покращення радіаційної стійкості відповідних дозиметрів.

Поставлена задача вирішується таким чином, що вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання здійснюється шляхом вимірювання в процесі опромінення амплітуди 3-ї гармоніки змінної синусоїдальної напруги на напівпровідниковому датчику, згідно корисної моделі, що пропонується, для вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергії випромінювання застосовують корегуючі фільтри і за значенням відносної зміни амплітуди 3-ї гармоніки судять про величину потужності експозиційної дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання.

Суть способу, що пропонується, пояснюється кресленням (фігура 1), де зображена блок-схема пристрою для вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання згідно запропонованої корисної моделі. Він складається з напівпровідникового резистивного датчика 1, генератора змінної напруги 2, постійного резистора 3, який виконує роль вхідного фільтра з певною частотою пропускання, та селективного вольтметра 4, а також корегуючого фільтра 5 для вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергії випромінювання. При вимірюванні електричних характеристик напівпровідникового резистивного датчика 1 на нього від джерела 2 через постійний резистор 3 подається синусоїдальна напруга, а за корисний сигнал, що характеризує дозу неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання, приймається рівень 3-ї гармоніки, яка виділяється на датчику 1 і реєструється вимірювачем 4.

На фігурі 2 наведено результати вимірювань відносної зміни опору напівпровідникового резистора 1 з ізолюваним р-п переходом на 1-й (основній) гармоніці під час опромінення гамма-випромінюванням з енергією 5,1 МеВ в діапазоні потоків: $10^6 - 10^8 \text{ см}^{-2}$ (приблизно від 14 мкЗв до 1,4 мЗв) [2]. При цьому значення опору після опромінення по відношенню до відповідного значення перед початком опромінювання змінювалося лише на 7 %. На фігурі 3 наведено результати вимірювань відносної зміни амплітуди напруги 3-ї гармоніки при тих ж умовах опромінювання [2]. З цієї фігури можна бачити, що опромінювання неперервним рентгенівським та гамма-випромінювання веде до збільшення амплітуди 3-ї гармоніки в процесі опромінювання в 2-6,2 рази (в залежності від величини амплітуди напруги 1-ї гармоніки) по відношенню до значення амплітуди перед початком опромінювання. Це свідчить про те, що відносна амплітуда напруги 3-ї гармоніки змінюється в широких межах в залежності від дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання при постійній амплітуді основної частоти.

Для напівпровідникових резисторів, які опромінювалися потоками гамма-квантів, із збільшенням дози опромінювання спостерігається і збільшення амплітуди третьої гармоніки по

відношенню до величини амплітуди першої гармонік" [2]. Це можна пояснити все більшою роллю скупчення радіаційних дефектів порівняно з простими точковими дефектами. Відомо, що процес формування складних дефектів і скупчень більш інтенсивний при підвищенні дози іонізуючого випромінювання [2].

- 5 Як було доведено у роботі [3], амплітуда напруги 3-ї гармоніки E_{30} пов'язана з амплітудою напруги 1-ї гармоніки E_{10} наступним рівнянням:

$$E_{30} = \frac{a\eta E_{10}^3}{2l^2\alpha_T\rho_S},$$

де a і l - ширина і довжина резисторної структури; η - коефіцієнт, який визначається частотою опірної синусоїдальної напруги; α_T - температурний коефіцієнт опору резисторної структури; ρ_S - поверхневий опір транзистора.

- 10 З цієї формули можна бачити, що зміни амплітуди 3-ї гармоніки посилені кубічно відносно змін амплітуди 1-ї гармоніки.

- Утворення пошкоджених областей призводить до зміни постійної ґратки як в самих зонах, так і в оточуючій їх матриці і, відповідно, до локальних змін теплових властивостей напівпровідника. Зменшення теплопровідності аморфізованих областей при процесах дефектоутворення, які швидко протікають, може призводити до різниці температур матриці і пошкоджених областей, а, отже, до зміни (зменшення) температурного коефіцієнта опору α_T в локальних областях. Це проявляється у збільшенні амплітуди (рівня) 3-ї гармоніки. Зменшення значення температурного коефіцієнту опору α_T в процесі опромінення приводить до збільшення рівня 3-ї гармоніки.

- 20 Різницю в характері залежностей третьої гармоніки при нейтронному і гамма-випромінюванні можна пояснити тим, що при опроміненні важкими частинками - нейтронами - переважає утворення складних дефектів - каскадів та скупчень вакансій і зсунутих атомів, а також розупорядкованих областей внаслідок термічних піків. Гамма-кванти в основному утворюють дефекти у вигляді пари: вакансія - зсунутий атом. І хоча при гамма-опроміненні із зростанням дози спостерігається об'єднання дефектів у скупчення, ефективність введення складних дефектів нижча, ніж при нейтронному бомбардуванні.

Приклад конкретного виконання

- 30 Спосіб вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання здійснюється наступним чином.

- Силіцієві інтегральні резистивні датчики розміром 30×280 мкм виготовляли стандартними методами планарної технології: дифузією бору в n-силіцій на глибину близько 0,7 мкм до досягнення опору 10-16 кОм. Слід відзначити, що як резистивні датчики можна використовувати промислові інтегральні мікросхеми на основі силіцію, які було виготовлено таким самим методом, при можливості їх підключенні до вимірювального пристрою.

- 40 Схема вимірювань наведена на фігурі 1. Задання режиму вимірювання здійснювали від стандартного генератора ГЗ-56/1 (2) на основній частоті 6,5 кГц, амплітуда напруги становила 0,7 В; вимірювання корисного сигналу проводили за допомогою фільтра (3) з вхідним опором 300 Ом і частотою пропускання 19,5 кГц. Амплітуду 3-ї гармоніки вимірювали за допомогою селективного вольтметра (4) на частоті 19,5 кГц. Для вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергій випромінювання застосовували корегуючий фільтр (5). Як матеріал корегуючого фільтра було вибрано три шари свинцевої фольги, оплакованої оловом, товщиною 0,09 мм.

- Після первинного вимірювання амплітуди 3-ї гармоніки напівпровідникові резистори (1) з корегуючими фільтрами (5) поміщали до контейнеру (6) перевіркою дозиметричної установки гамма-випромінювання, яка за рахунок по черезного використання двох ізотопних джерел ^{57}Co та ^{137}Cs забезпечувала неперервне рентгенівське та гамма-випромінювання з середньою енергією 122 кеВ та 662 кеВ відповідно при потужності експозиційної дози від $5 \cdot 10^{-7}$ Зв/год. до $5 \cdot 10^{-2}$ Зв/год. з надійною ймовірністю $P > 0,95$. В процесі опромінення вимірювали рівень 3-ї гармоніки.

- 50 Для типового конструкторсько-технологічного варіанта зразка напівпровідникового датчика

відносна зміна амплітуди 3-ї гармоніки $Y = \frac{E_{30}(\Phi)}{E_{30}(0)}$ в залежності від потужності експозиційної

дозы D була практично лінійною в діапазоні $5 \cdot 10^{-7}$ Зв/год. $< D < 10^{-2}$ Зв/год. (в межах похибки вимірювань). Це можна бачити з фігури 4, на якій наведено експериментальні дані щодо випромінювання ізотопів ^{57}Co (122 кеВ) і ^{137}Cs (662 кеВ), а також межі довірчого інтервалу, які

відповідають рівню достовірності $\alpha < 0,05$ (пунктир). При подальшому підвищенні потужності експозиційної дози залежність ставала нелінійною, що може бути пояснено утворенням скупчень радіаційних дефектів.

5 Слід зазначити, що в процесі опромінення при значеннях потужності експозиційної дози від $5 \cdot 10^{-7}$ Зв/год. до 10^{-2} Зв/год. (які відповідають фоновому та середньому діапазнам вимірювань) деградація електричних властивостей напівпровідникових резистивних датчиків відносно рівня амплітуди 3-ї гармоніки змінної синусоїдальної напруги не спостерігалась.

Таким чином, запропонований спосіб вимірювання дози неперервного рентгенівського та

10 1. Вірогідно визначати потужність експозиційної дози за величиною відносної зміни амплітуди 3-ї гармоніки, яка виділяється на напівпровідниковому резистивному датчику в процесі опромінення.

2. За рахунок використання корегуючого фільтра забезпечити вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергій випромінювання.

15 3. Використовувати дифузійні резистори промислових кремнієвих інтегральних мікросхем при наявності можливості їх підключення до вимірювального пристрою.

Джерела інформації:

1. Патент России № 2102821. Полупроводниковый микроканальный детектор с внутренним усилением сигнала. МПК H01L 31/10. Заявлено 22.03.2002. Опубликовано 20.09.2003.

20 2. Пелихатый Н.М. Нелинейности электронно-дырочных структур, облученных нейтронами и гамма-квантами // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. - Серія Фізична: Ядра, частинки, поля. - Харків, 2000. - Вип. 4, № 476. - С. 191-196.

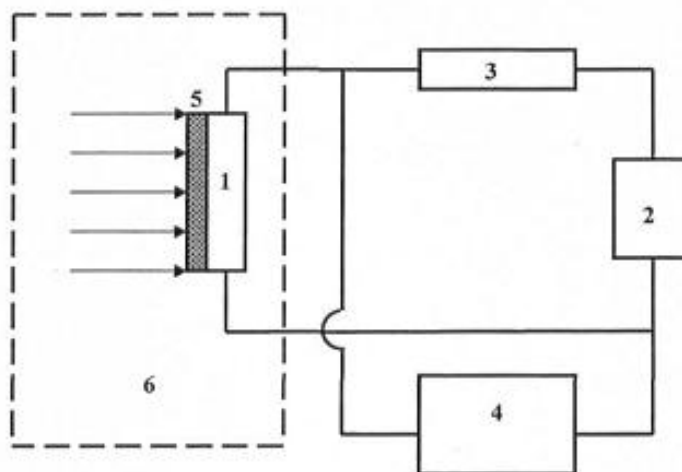
3. Сердюк Г.Б., Ковалева А.Г., Пономарь Е.Л., Серета Н.И. Проблемы диагностики непроволочных резисторов // Київ: Знання. - 1972. - 18 с.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

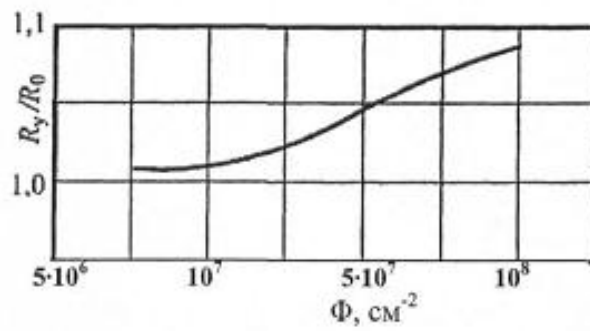
Спосіб вимірювання дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання шляхом вимірювання в процесі опромінення амплітуди 3-ї гармоніки змінної синусоїдальної напруги на напівпровідниковому датчику, який **відрізняється** тим, що для вирівнювання залежності чутливості дозиметра від енергії випромінювання застосовують корегуючі фільтри і за значенням відносної зміни амплітуди 3-ї гармоніки судять про величину потужності експозиційної дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання.

30



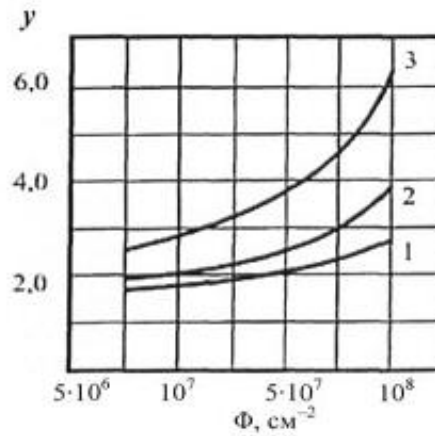
Блок-схема пристрою для вимірювання дози неперервного рентгенівського та гама-випромінювання.

Фіг. 1



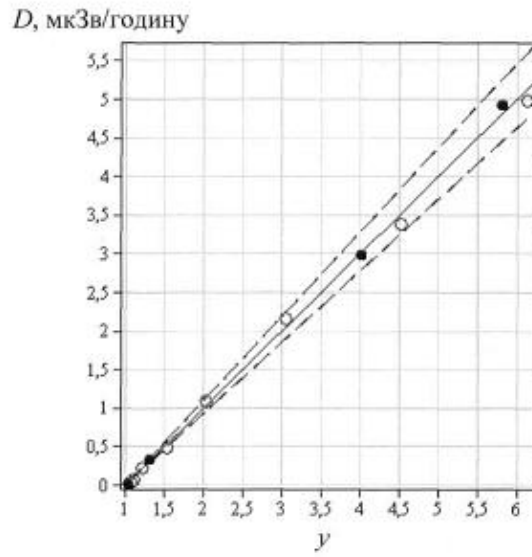
Залежність відносного опору напівпровідникового резистивного датчика від потоку гама-випромінювання (Φ).

Фіг. 2



Залежність відносної зміни амплітуди напруги 3-ї гармоніки (y) від потоку гама-випромінювання (Φ) (напруга 1-ї гармоніки: 1 – 0,66 В; 2 – 0,70 В; 3 – 0,74 В).

Фіг. 3



Залежність потужності дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання (D) від відносної зміни амплітуди 3-ї гармоніки (γ):
 1) \circ – ^{137}Cs (662 кеВ); 2) \bullet – ^{57}Co (122 кеВ).

Фіг. 4