



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 51923

(13) A

(51) 6 G01R29/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ ПОЛЯ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

1

2

(21) 2001096551

(22) 25 09 2001

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Гнап Арлен Карпович, Коваленко Микола Йосипович, Храмов Євгеній Пилипович

(73) ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.В. ДОКУЧАЄВА

(57) Спосіб аналізу та контролю поля високоенергетичного випромінювання, оснований на тому, що для вимірювання та контролю флюенса нейтронів, дози γ -квантів в об'єктах і частинах об'єктів складної форми, які знаходяться під впливом проника-

ючого випромінювання, використовують датчик та контрольньо-вимірювальний прилад, який відрізняється тим, що датчик розміщують у важкодоступних місцях поля високоенергетичного випромінювання, усувають вплив датчика на вимірюваний потік нейтронів і γ -квантів у контрольованому вузлі, бо його виготовляють за планарною технологією як напівпровідниковий резистор у мікромініатюрному виконанні і розміщують у необхідній контрольованій точці поля, а до і після опромінення контрольньо-вимірювальний прилад використовують для виміру в датчику третьої гармоніки

Винахід відноситься до фізики твердого тіла, мікроелектроніки, зокрема до вимірів корпускулярного випромінювання, його дозиметрії. Розвиток спеціальних досліджень, зв'язаних з визначенням впливу на радіоелектронну та іншу апаратуру і матеріали високо енергетичного проникаючого випромінювання викликає необхідність розробки датчиків і вимірювальних пристроїв для реєстрації флюенса частинок і дози γ -квантів, що мали б у порівнянні з існуючими більш високу чутливість, точність, мініатюрні габарити, були б прості і зручні в експлуатації.

Відомі пристрої для виміру дози високоенергетичного випромінювання, наприклад, пристрій для виміру випромінювання ядерного вибуху (патент Франції №2271639 по М. кл. 821T5/00) по світловому й інфрачервоному випромінюванню, що складається з фотодатчика і системи обробки даних. Відомий також пристрій для виміру потоку нейтронів (патент Японії №51-11280 по М. Кл. 821C17/00, 1976р.) на основі інтегруючого ланцюжка з виходом на підсилювач вимірювального пристрою.

З відомих способів виміру дози високо енергетичного випромінювання найбільш близьким по технологічній сутності є спосіб виміру ядерного випромінювання за допомогою напівпровідникового датчика, що змінює електричний опір в процесі опромінення, і вимірника, який реєструє цю зміну

Він описаний в книзі В.Е. Левина, Л.П. Хамьянова "Измерение ядерных излучений", М., Атомиздат, 1969р., с.113.

Недоліками відомих способів є низька чутливість, що особливо позначається при малих рівнях опромінення, а також недостатня точність, зв'язана з поступовою деградацією електричних параметрів напівпровідника в міру збільшення флюенса чи інтегральної дози електромагнітного випромінювання.

Метою передбаченого винаходу є підвищення чутливості і точності виміру дози високоенергетичного опромінення.

Виконання поставленої задачі досягається тим, що у цьому способі контролю дози високоенергетичного випромінювання шляхом виміру змін електричних параметрів напівпровідникового резистивного датчика, вимірюють величину 3-ї гармоніки перемінної синусоїдальної напруги до і після високо енергетичного опромінення і по величині її зміни судять про дозу випромінювання.

Сутність винаходу пояснюється кресленням, де на фіг.1 зображена блок-схема пристрою для виміру по пропонованому способі, на фіг.2 - графік залежності зміни амплітуди 3-ї гармоніки від дози опромінення ($E_{3\gamma}$ - третя гармоніка при опроміненні γ -квантами, B_{30} - третя гармоніка для неопроміненого резистора).

(13) A

(11) 51923

(19) UA

При вимірюванні на напівпровідниковий резистивний датчик 1 через постійний резистор 2 від джерела 3 подається синусоїдальна напруга А як корисний сигнал, що характеризує дозу проникаючого випромінювання використовується рівень 3-ї гармоніки, який виділяється на датчику 1 і реєструється вимірником 4. Амплітуда 3-ї гармоніки змінюється в широких межах у залежності від дози опромінення (при постійній у цих умовах амплітуді основної частоти).

При бомбардуванні високоенергетичними частинками чи γ -квантами напівпровідникового резистора збільшується не лінійність величини його електричного опору, що викликає збільшення рівня 3-ї гармоніки. Так, при бомбардуванні нейтронами і γ -квантами кремнієвого планарного інтегрального p -резистора зміни рівня 3-ї гармоніки при основній частоті 6,5кГц, у залежності від дози опромінення і технології одержання резистора, перевищувало зміну електричного опору (3%). Рівень 3-ї гармоніки змінюється на 600%.

Сутність способу зрозуміла при розгляді прикладу реалізації його на наступному пристрої.

Завдання режиму виміру здійснювалося від стандартного генератора ГЗ-56/1, амплітуда напруги синусоїдального сигналу 0,7В, Корисний сигнал виділяється за допомогою фільтра з входним опором 300Ом і частотою 19,5кГц. Амплітуда 3-ї гармоніки вимірюлася за допомогою селективного вольтметра на частоті $F_3 = 19,5\text{кГц}$.

Кремнієві інтегральні резистори розміром 30 х 280мкм були виготовлені стандартними методами планарної технології дифузіїю бора в p -кремній на глибину ж 0,7мкм до опору 10 - 16кОм/□.

Після первинного виміру амплітуди 3-ї гармоніки резистори розміщувались в потоці нейтронів з енергією 1,8МеВ і перебували там, послідовно в інтегральному потоці 10^{12} , 10^{13} і 10^{14}см^{-2} , а після кожної дози вимірювали рівень 3-ї гармоніки. У типовому для цього конструкторсько-технологічному варіанті зразка відносні виміри амплітуди 3-ї гармоніки склали при збільшенні дози 0,04, 0,48 і 6,2 відповідно. Це в межах помилки виміру являє собою практично лінійну залежність від дози. При подальшому збільшенні дози до $5 \cdot 10^{14}\text{см}^{-2}$ вище залежність стає нелінійною.

Зв'язок між дозою і вимірюваним сигналом не однозначний для всіх конструкторських і технологічних варіантів інтегральних резисторів, а також видів проникаючого опромінення й енергії частинок.

Поводження кремнію, опроміненого потоком швидких нейтронів, було пояснено Госсиком на основі моделі, що враховує переродження області, що утворюється унаслідок формування "термічних

пиків". Розмір перероджених областей може бути різним (від декількох до сотень ангстрем). Госсик припускав, що значна частина їх буде більше 200Å. Локальну концентрацію дефектів він приймав рівною $5 \cdot 10^{18} - 10^{19}\text{см}^{-3}$. При таких концентраціях акцепторних центрів кремній n -типу в межах ушкодженої області переходить у p -тип чи має власну провідність. Локальне збільшення концентрації носіїв протилежного типу в p - n області переходу буде викривляти його в області ушкодження через зміну розподілу концентрації носіїв струму.

Концентрація дефектів різко змінюється на межі між переродженою і неспотвореною матрицею. Це визначає величину потенційної ями в енергетичній структурі кремнію на межі пошкодженої області. Ширина і глибина таких потенційних ям в опроміненому кремнії впливає на його об'ємні електричні властивості. Відповідно до розглянутої моделі область позитивного просторового заряду в матриці n -типу оточує пошкоджену ділянку p -типу (чи область із власною провідністю), ізолюючи його від матриці. Радіус такої області в десять разів перевищує радіус розупорядкованої області, досягаючи 2000Å і більше.

Крім пошкоджених ділянок p -типу (чи областей із власною провідністю) у навколишню їхню матрицю вводяться також точкові дефекти. Вони діють як центри розсіювання для носіїв заряду. Точкові дефекти згодом можуть збиратися в скупчення і формувати складні дефекти і комплекси у відносно неушкодженій матриці кремнію.

Утворення ушкоджених областей приводить до зміни постійних кристалічної ґратки як у самих зонах, так і в навколишній матриці напівпровідника і відповідно до локальних змін теплових властивостей кристалу. Зменшення теплопровідності аморфізованих областей при швидко протікаючих процесах може приводити до різниці температур матриці й ушкоджених областей, а отже, до зміни температурного коефіцієнта опору в локальних областях, що і впливає на збільшення третьої гармоніки.

Застосування запропонованого винаходу дозволяє на 600% в порівнянні з існуючими способами підвищити точність виміру при вимірах опромінення радіоелектронної апаратури в умовах радіації. Крім цього, спосіб дозволяє використовувати в якості датчика чутливого до опромінення дифузійні резистори кремнієвих інтегральних схем безпосередньо досліджуваної апаратури, якщо в їх електричній схемі є можливість підключення їх до вимірювального пристрою.

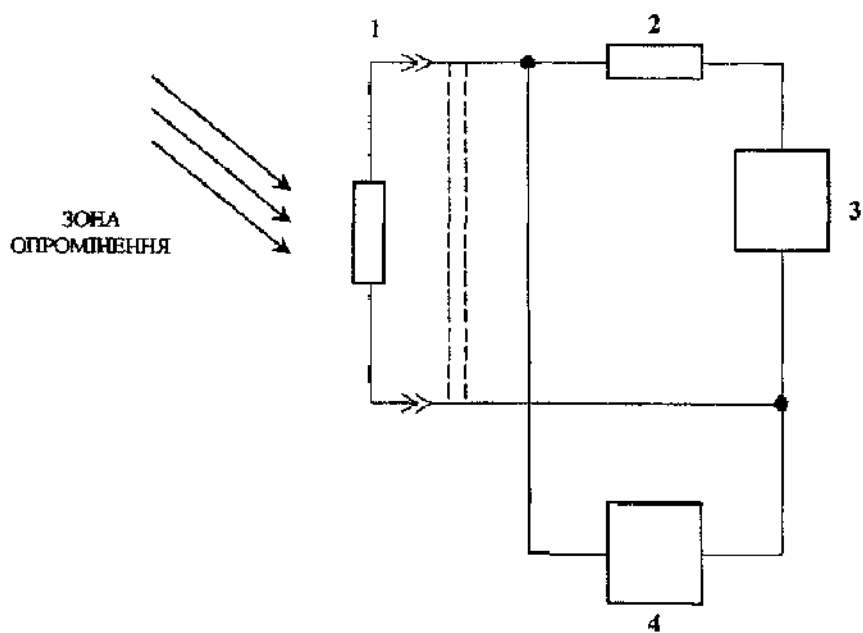


Fig. 1.

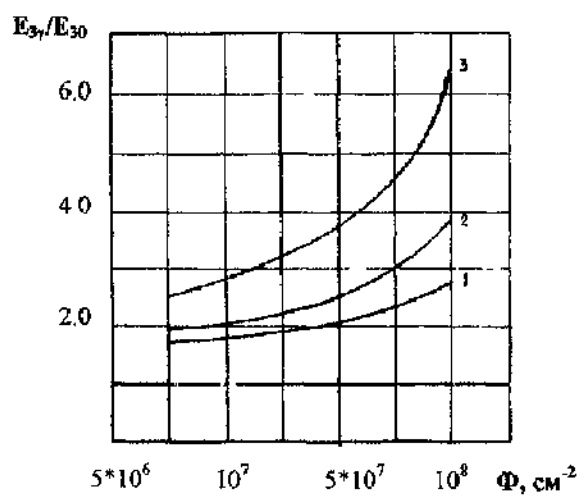


Fig. 2.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
 вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
 (044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
 вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
 (044) 216 – 32 – 71