



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52622

(13) C2

(51) 7 G01T1/202

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

1

2

(21) 98041886

(22) 14 04 1998

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Капустяник Володимир Богданович, Корчак
Юрій Михайлович, Свелеба Сергій Андрійович,
Половинко Ігор Іванович, Катеринчук Іван Мико-
лайович(73) Львівський національний університет
ім. І. Франка

(56) SU 369526 08 11 1973

SU 378131 15 07 1989

RU 2054696 20 02 1996

RU 2046371 20 10 1995

(57) Спосіб визначення дози іонізуючого
випромінювання, який полягає в опроміненні
кристалічного чутливого елемента і подальшій
фіксації зміни його забарвлення, який
відрізняється тим, що як чутливий елемент вико-
ристовують кристал з хімічною формулою
 $[\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2\text{CuCl}_4$

Винахід відноситься до області дозиметрії іо-
нізуючого випромінювання і може бути використа-
ний для індивідуального дозиметричного контро-
лю.

Відомі калориметричні методи визначення до-
зи опромінення, які полягають в тому, що потуж-
ність поглинутої дози визначають за часом погли-
нання еталоном енергії, рівної прихованій теплоті
плавлення [Авторское свидетельство СССР №
345853, кл. G01T 1/12, 1972г], або методи, які
базуються на охолодженні поміщеного в стаціона-
рне електричне поле напівпровідникового детек-
тора до низької температури і вимірюванні виділе-
ної в ньому кількості теплоти [Авторское свиде-
тельство СССР № 1037771, кл. G01T 1/12, 1985г].
Недоліками цих методів є низька точність, склад-
ність і громіздкість вимірювальної установки.

Відомі також хімічні методи дозиметрії, які ба-
зуються на зміні хімічного складу [Авторское сви-
детельство СССР № 369526 кл. G01T 1/04,
1973г] оптичної густини [Авторское свиде-
тельство СССР № 770353, кл. G01T 1/04, 1982г.] і оптич-
ного двозапомнення [Авторское свидетельство
СССР № 1709829, кл. G01T 1/00, 1990г] чутливого
елемента під впливом іонізуючого випромінюван-
ня. Недоліками цих методів є низька точність, не-
довговічність збереження інформації, вузький ін-
тервал робочих температур, необхідність складно-
го апаратурного забезпечення, що, відповідно збі-
льшує розміри всієї записуючої системи.

Найближчим за технічною суттю до винаходу є
метод, який полягає у визначенні дози іонізуючого

випромінювання по зміні забарвлення чутливого
елемента [Авторское свидетельство СССР №
378131, кл. G01T 1/04, 1989г]. Як чутливий еле-
мент тут використовуються тонкі плівки, які містять
2,3,5-трифенілтетразоліумхлорид в полікарбамід-
ній основі. Недоліками цього методу є низька чут-
ливість, необхідність складного апаратурного за-
безпечення, що не дозволяє використовувати його
в мобільному варіанті.

В основу винаходу покладено задачу вдоско-
налити спосіб визначення дози іонізуючого випро-
мінювання шляхом використання нових сполук як
чутливих елементів, що дозволило б забезпечити
підвищення чутливості і точності визначення дози
іонізуючого випромінювання, розширити робочий
температурний інтервал чутливого елемента, а
також можливість його використання в мобільному
варіанті.

Поставлена задача вирішується таким чином,
що в методі визначення дози іонізуючого випро-
мінювання, який включає опромінення кристалічних
зразків і наступну фіксацію зміни їх забарвлення за
зміною коефіцієнта поглинання K , як-чутливі еле-
менти використовують монокристали сполук
 $[\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2\text{CuCl}_4$ (DEA-CuCl₄).

Суть винаходу полягає в тому, що авторами
вперше запропоновано використовувати як чутли-
вий елемент монокристали сполук
 $[\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2\text{CuCl}_4$. Під впливом певної дози іо-
нізуючого випромінювання в монокристалах DEA-
CuCl₄ індукується термохромний фазовий перехід

(13) C2

(11) 52622

(19) UA

(ФП) при нижчій температурі в порівнянні з неопроміненим зразком. Застосування монокристалів DEA-CuCl_4 , на відміну від прототипу, дозволяє використовувати чутливий елемент в мобільному режимі роботи. З іншого боку, дані матеріали характеризуються підвищенням температури ФП у випадку їх опромінення при кімнатній температурі. Використання даного ефекту дає змогу підвищити чутливість до величини $\Delta k = 16 \text{ см}^{-1}$ при дозі 1 Р і довжині хвилі 800 нм в порівнянні з прототипом, чутливий елемент якого має чутливість $\Delta k = 4,6 \times 10^5 \text{ см}^{-1}$ при дозі 1 Р .

На фіг 1 подано температурну залежність коефіцієнта поглинання кристалу DEA-CuCl_4 , отриману на фіксованій довжині хвилі світла $\lambda = 633 \text{ нм}$ в режимі нагрівання та охолодження. На вставці показана відповідна залежність для зразка, опроміненого при температурі $T = T_t - 0,31 \text{ К}$ (доза опромінення $X = 1,8 \text{ мР}$, T_t - температура термохромного ФП).

На фіг 2 наведено залежність зміщення температури термохромного фазового переходу кристалу DEA-CuCl_4 від дози іонізуючого випромінювання при використанні ізотопів Ra-226 (■) і Co-60 (○).

На фіг 3 наведено залежність зсуву температури ФП від дози опромінення кристалу DEA-CuCl_4 при кімнатній температурі.

На фіг 4 представлено схему детектора іонізуючого випромінювання з використанням кристалів DEA-CuCl_4 як чутливих елементів, ЧЕ - чутливий елемент, Д - джерело випромінювання, Б - джерело живлення, Ф₁ - зелений фільтр (максимум пропускання при 800 нм), РТ - регулятор температури, Ф₂ - зйомний фільтр УФ випромінювання, Н - нагрівач, ІВ - іонізуюче випромінювання.

На фіг 5 подано спектри поглинання кристала DEA-CuCl_4 при різних температурах (1 - 293 К , 2 - 310 К , 3 - 315 К , 4 - 320 К , 5 - 293 К , після опромінення).

Спосіб можна проілюструвати наступними прикладами.

Приклад 1

Спосіб здійснено на кристалах DEA-CuCl_4 . Чутливий елемент являє собою пластинку с-зрізу кристала розмірами $1 \times 1 \times 0,1 \text{ см}$, яка поміщалася між двома предметними скельцями товщиною 300 мкм і заливалася по периметру епоксидною смолою для уникнення контакту з атмосферною вологою в силу гігроскопічності зразка. Схема пристрою наведена на фіг 4. За допомогою спеціальної регулюючої системи, описаної нижче, чутливий елемент фіксується при температурі, дещо нижчій від температури ФП в залежності від дози, яку потрібно зареєструвати. Для пристрою заснована на реєстрації різкої зміни поглинання, що має місце при ФП (фіг 1). До моменту, поки чутливий елемент не поглине дозу, необхідну для ініціювання ФП, світло від джерела випромінювання Д після проходження через зелений фільтр Ф₁ проходить і через чутливий елемент ЧЕ, оскільки останній в низькотемпературній фазі має „вікно” пропускання в „зелений” частині спектру. В результаті у вихідному вікні пристрою можна спостерігати зелене світло. Якщо ж доза іонізуючого випромінювання перевищить порогове значення, область пропус-

кання кристалу внаслідок ФП змиститься на 50 нм в сторону більших довжин хвиль (фіг 5) і оптична система пристрою перестане пропускати світло, що можна спостерігати як візуально, так і з допомогою фотоелектричної схеми. В останньому випадку схема пристрою повинна містити фотоелемент. Фільтр ультрафіолетового випромінювання Ф₂ призначений для запобігання потрапляння останнього на чутливий елемент при використанні даної детектуючої схеми поблизу джерел ультрафіолетового випромінювання. Точність вимірювання потинуті дози визначається точністю стабілізації температури чутливого елемента. В лабораторних умовах температура встановлювалась з точністю $0,01 \text{ К}$ з допомогою компаратора напруг Р-3003 і спеціальної системи «Утрекс». Для мобільних дозиметричних пристроїв можна використовувати більш компактні регулятори температури [Майоров С.В. Фотоэлектронные и термоэлектронные приборы и их применение. М. Машиностроение, 1973, сс. 124 - 128]. Принцип дії такого регулятора заснований на тому, що температурна залежність спаду напруги на діоді в інтервалі робочих температур (-20°C - $+40^\circ \text{C}$) є лінійною і дорівнює $2,2 \text{ мВ/К}$. Отже, проградуирований в лабораторних умовах змінний резистор R дозволяє встановити температуру, а, отже, і порогове значення дози.

Описана дозиметрична установка характеризується стапою чутливістю в діапазоні експозиційних доз в межах $0,1 - 2 \text{ мР}$ (фіг 2). При цьому сама чутливість пристрою визначається фіксованою температурою чутливого елемента - чим ближчою вона є до температури ФП, тим вища чутливість. Розглянута схема ускладнюється необхідністю використання системи стабілізації температури. Однак, враховуючи те, що термохромний ФП в DEA-CuCl_4 знаходиться в зручній температурній області, можна запропонувати простіші схеми індивідуального контролю отриманої дози. При цьому чутливий елемент приводиться в щільний контакт із зап'ястям людини (наприклад, з допомогою браслета), температура якого в здорової людини становить $37,5^\circ \text{C}$ [Допин П.А. Справочник по технике безопасности. 6-е изд., перераб. и доп. М. Энергоатомиздат, 1984, с. 788]. В результаті кристал фіксується при температурі, на $0,5 \text{ К}$ нижчій від температури ФП. Неопромінений кристал, що має зелене забарвлення, змінить його на жовте під дією експозиційної дози 1 мР , що можна спостерігати візуально. Одночасно з визначенням дози іонізуючого випромінювання по часу, на протязі якого накопичувалася дана порогова доза, можна оцінити її потужність. У всіх перелічених схемах відновлення чутливості кристалу після фіксації порогового значення дози відбувається шляхом охолодження зразка до кімнатної температури. Перевагою описаного способу є те, що вимірювання відбуваються в реальному масштабі часу."

Приклад 2

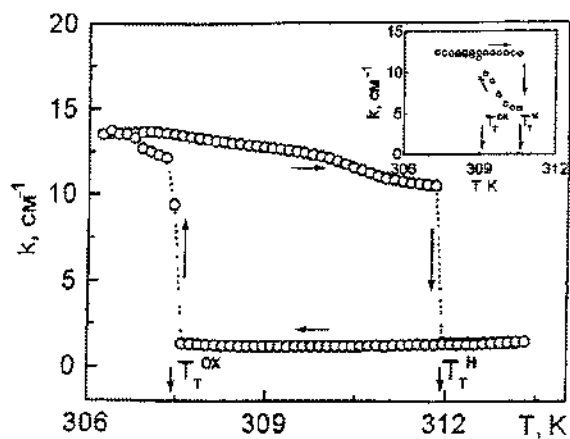
У цьому випадку використовується ефект підвищення температури термохромного ФП кристалу DEA-CuCl_4 під впливом опромінення при кімнатній температурі. Чутливий елемент попередньо поміщається в поле іонізуючого випромінювання. Для аналізу отриманої ним дози з допомогою ста-

ндартної двоканальної установки [Мокрий В І Вплив структурних комплексів на оптичні та діелектричні властивості монокристалів алкіламіногалогенметалатів при фазових переходах Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата фізикоматематичних наук -Львів ЛДУ ім І Франка, 1996 -сс 71-74] вимірюється температурна залежність його коефіцієнта поглинання на фіксованій довжині хвилі в області ФП З останньої, в свою чергу, можна отримати температуру ФП, яка й визначається дозою, поглинутою кристалом (фіг 3) Діапазон використання даного методу, як видно з фіг 3, лежить в межах $0,1 + 5P$ Чутливість даного методу можна змінювати вибором спектрального діапазону вимірювань (див фіг 5) При цьому можна використовувати стандартну установку, описану вище, для вимірювання поглинання у видимій області

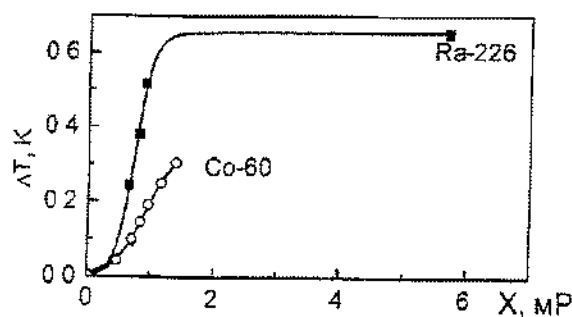
Перевагою перелічених способів є порівняно

низька вартість і можливість використання в мобільному варіанті Перший спосіб характеризується вищою точністю (точність вимірювання експозиційної дози опромінення в стаціонарному режимі роботи при $\Delta T = 0,3K$ становила $\pm 0,03mP$, в мобільному - $\pm 0,09mP$), однак його можна використовувати в невеликому діапазоні експозиційних доз опромінення ($0,1 - 2mP$) Другий спосіб значно розширює цей діапазон ($0,1 - 5P$) при чутливості порядку $\Delta k = 16cm^{-1}$ на $1P$ при довжині хвилі $600nm$, але ускладнюється необхідністю додаткового етапу, пов'язаного з вимірюванням коефіцієнта поглинання опроміненого зразка

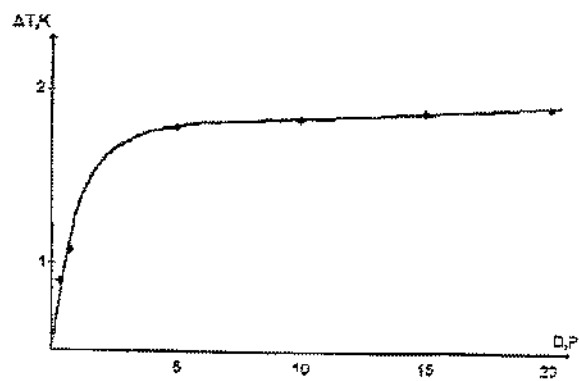
Як видно з прикладів, даний винахід дає можливість забезпечити передбачуваний технічний результат



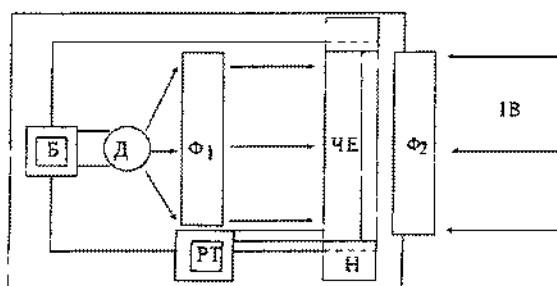
Фиг.1



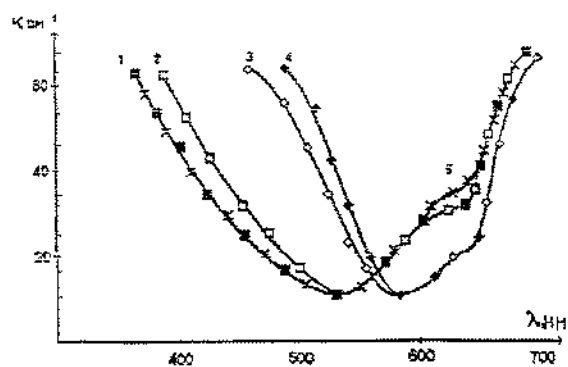
Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5