



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007112198/28, 02.04.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.04.2007

(45) Опубликовано: 27.09.2008 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2275655 C2, 27.04.2006. EP 0495890  
A3, 29.07.1992. RU 2109308 C1, 20.04.1998. US  
5656814 A1, 12.08.1997. US 3835329 A,  
10.09.1974.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ГОУ ВПО "УГТУ - УПИ",  
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.  
Маркс

(72) Автор(ы):

Кружалов Александр Васильевич (RU),  
Иванов Владимир Юрьевич (RU),  
Мильман Игорь Игоревич (RU),  
Таусенев Дмитрий Сергеевич (RU)

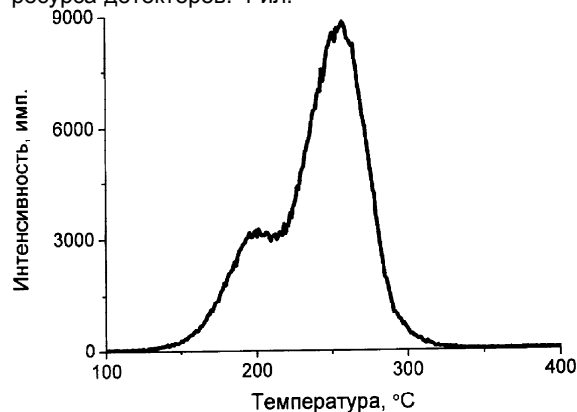
(73) Патентообладатель(и):

ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет-УПИ" (RU)(54) СПОСОБ СЧИТЫВАНИЯ НАКОПЛЕННОЙ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ  
ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА  
БЕРИЛЛИЯ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано для считывания накопленной дозиметрической информации с возможностью ее накопления и резервирования в разных каналах. Сущность: сначала измеряется сигнал оптически стимулированной люминесценции, а затем - сигнал термостимулированной люминесценции. Способ включает предварительное облучение экспонированного детектора при комнатной температуре оптическим излучением с плотностью энергии 5-20 мВт/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 350-550 нм в течение 2-10 минут и регистрацию при этом сигнала оптически стимулированной люминесценции и последующее измерение сигнала термостимулированной люминесценции с того же детектора. Технический результат - повышение точности, надежности и достоверности регистрации

доз, упрощение процедуры их измерения за различные промежутки времени, продление ресурса детекторов. 4 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007112198/28, 02.04.2007**(24) Effective date for property rights: **02.04.2007**(45) Date of publication: **27.09.2008 Bull. 27**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, GOU VPO "UGTU - UPI",  
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Kruzhalov Aleksandr Vasil'evich (RU),  
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),  
Mil'man Igor' Igorevich (RU),  
Tausenev Dmitrij Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj  
tehnicheskij universitet-UPI" (RU)**

(54) **METHOD OF READING OF ACCUMULATED DOSIMETRIC INFORMATION FROM SOLID-STATE DETECTORS OF IONISING RADIATIONS ON BASIS OF BERYLLIUM OXIDE**

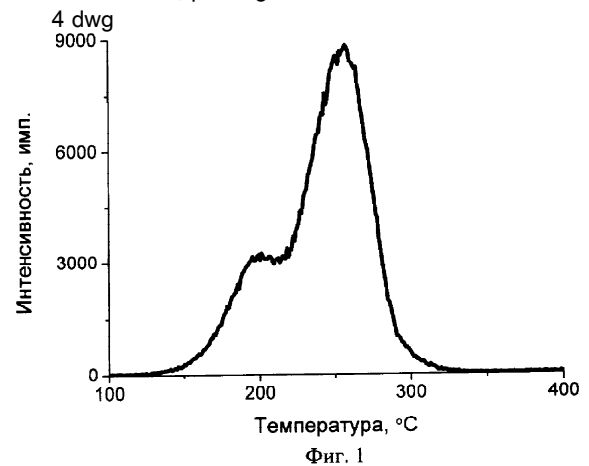
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention may be used for reading of accumulated dosimetric information with the possibility of its accumulation and redundancy in different channels. First signal of optically stimulated luminescence is measured, and then - signal of thermostimulated luminescence. Method includes preliminary radiation of exposed detector at room temperature with optical radiation with density of energy 5-20 mW/cm<sup>2</sup> in range of wave lengths of 350-550 nm for 2-10 minutes, at that signal of optically stimulated luminescence is registered with further measurement of thermostimulated luminescence signal from the same detector.

EFFECT: increase of accuracy, reliability and validity of doses registration, simplification of

procedure of their measurement in different intervals of time, prolongation of detectors resource.



Изобретение относится к способам измерения накопленного дозиметрического сигнала, основанным на явлениях термостимулированной и оптически стимулированной люминесценции, использующим в качестве чувствительного вещества детекторов оксид бериллия, оно может быть использовано для повышения надежности, точности и

5 достоверности проводимых измерений, упрощения процедуры считывания.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике получил широкое распространение метод термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД). Недостатком этого метода является то, что сам процесс считывания дозиметрической информации является «разрушающим», но допускающим в ряде специальных случаев ее восстановление или

10 повторную оценку в случае отказа регистрирующей аппаратуры или появления необходимости повторного измерения дозы.

Известные способы повторного считывания дозиметрической информации с одного и того же детектора (B.Mukherjee and K.E.Duftschmid. Re-estimation of Low Level Ray Doses Detected by Lithium Fluoride Thermoluminescence Dosimeters. Radiat. Prot.

15 Dosim. 14, 41-45 (1986); В.С.Кортов и др. Способ повторного измерения

дозиметрического термолюминесцентного сигнала в твердотельных детекторах ионизирующих излучений, Патент РФ №2275655) основываются на оптически стимулированном переселении зарядов из глубоких ловушек на основную

дозиметрическую. При этом процедура измерения включает три этапа: первое измерение ТЛ, оптически стимулированное переселение зарядов из глубоких ловушек на основные, дозиметрические и повторное измерение ТЛ (фототрансферная ТЛ (ФТТЛ)). Из

20 приведенных выше примеров следует, что известные способы повторного измерения дозиметрического термолюминесцентного сигнала в твердотельных детекторах ионизирующих излучений позволяют повысить за счет этого надежность, точность и

достоверность дозиметрической информации.

25

В последние годы оптически стимулированная люминесценция (ОСЛ) становится все более популярным методом регистрации ионизирующих излучений, а ее физические и аппаратные аспекты активно развиваются в ведущих дозиметрических лабораториях мира (L.Better-Jensen, S.W.S.McKeever A.G.Wintle. Optically Stimulated Luminescence

30 Dosimetry. Elsevier Science B.V. 355 - P, (2003); N.J.M. Le Masson. Development of

Optically Stimulated Luminescent materials for personal fast neutron dosimetry. Delft University Press. 168 - P, (2003); T.Hashimoto, T.Nakagawa, D-G.Hong and M.Takano. An Automated Sistem for Red/Blue Thermoluminescence and Optically Stimulated

Luminescence Measurement. Journ. of Nuclear Science and Tecnology, vol.39, № 1, pp.108-109 (2002)).

35

В качестве основных преимуществ ОСЛ дозиметрии, при сравнении ее с традиционной термолюминесцентной, считают отсутствие необходимости нагрева детекторов и связанных с ним проблем: обеспечение разнообразных и воспроизводимых законов

изменения температуры, термическое тушение люминесценции, приводящее к зависимости

40 выхода ТЛ от скорости нагрева, тепловое излучение нагретых элементов блока детектирования. Недостатком этого метода является то, что процесс считывания дозиметрической информации является «разрушающим», поскольку при оптической стимуляции опустошаются те же ловушки, что и при ТЛ. Комбинация двух этих методов считывания: первое измерение по каналу ОСЛ, второе по ТЛ, из одного и того же

детектора позволило бы упростить процедуру считывания за счет исключения одного этапа измерения ТЛ из трех, необходимых в методе повторного измерения дозиметрической информации с применением фототрансферной ТЛ.

45

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому следует считать способ повторного измерения дозиметрического

термолюминесцентного сигнала в твердотельных детекторах ионизирующих излучений, описанный в Патенте РФ №2275655, который и выбран в качестве прототипа.

50

В способе, принятом за прототип:

1) перед измерениями детекторы на основе оксида алюминия нагревают до

температуры 900-950°C, выдерживают при этой температуре 10-15 минут и охлаждают до комнатной температуры;

2) облучают детекторы ионизирующим излучением и производят первое считывание ТЛ с высокой скоростью нагрева, равной 8-30°C/с;

5 3) после первого считывания ТЛ детекторы облучают при комнатной или повышенной до 80-90°C температуре световым потоком с плотностью энергии в месте расположения детекторов 5-15 мВт/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 300-500 нм в течение 10-15 минут;

4) повторное считывание ТЛ (ФТТЛ) производят с низкой скоростью нагрева, равной 0,4-1,0°C/с.

10 Общим недостатком как принятого за прототип, так и описанных выше способов является необходимость выполнения трех этапов для повторного считывания дозиметрической информации, что приводит к увеличению времени обработки детекторов. Кроме того, два из этих этапа для увеличения чувствительности связаны с нагревом детекторов с разными скоростями при первом и втором считываниях термолюминесценции, что усложняет процедуру измерения. Применение для первого и второго считываний одного явления - термолюминесценции приводит к необходимости дважды нагревать детектор до относительно высоких температур, что снижает ресурс его эксплуатации за счет деградации свойств материала детектора.

20 Известный способ (прототип), как и его аналоги, не может быть применен для комбинированного считывания дозиметрической информации при использовании детекторов на основе BeO и многих других типов высокочувствительных детекторов, выход фототрансферной ТЛ которых имеет неоднозначный характер из-за наличия нескольких пиков на кривой термовысвечивания в диапазоне измерения, делая тем самым невозможным повышение надежности, точности и достоверности проводимых измерений, упрощение процедуры считывания. Так, например, на кривой термовысвечивания детекторов на основе монокристаллической формы оксида бериллия обнаруживается два пика около 250 и 170°C ( $\beta=0,3$  K/с). Фотостимулированное переселение носителей с глубоких ловушек в этом случае приводит к заселению ловушек, ответственных за оба пика ТЛ, в нелинейных по концентрации соотношениях из-за разных сечений захвата носителей ловушками, повторное измерение дозы известным способом (прототип) становится невозможным.

Решение поставленной задачи достигается тем, что:

35 1) перед измерениями детекторы на основе оксида бериллия нагревают до температуры 450°C;

2) облучают детекторы ионизирующим излучением и производят первое считывание накопленной дозы путем регистрации ОСЛ, индуцированной световым потоком с плотностью энергии в месте расположения образца 5-20 мВт/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 350-550 нм в течение 5-15 минут;

40 3) повторное считывание дозиметрической информации с этого же детектора производится по стандартной методике путем измерения ТЛ пика при 270°C.

Термообработка перед измерениями, режим которой приведен в пункте 1, обусловлена необходимостью опустошения ТЛ - ловушек, частичное заполнение которых могло быть связано с радиационной предысторией детекторов.

45 Диапазон плотности энергии светового потока 5-20 мВт/см<sup>2</sup>, приведенный в пункте 2, обеспечивает эффективное опустошение ловушек, ответственных за ТЛ пик при 170°C при возможности использования компактной и относительно недорогой аппаратуры.

50 Диапазон длин волн 350-550 нм (пункт 2) обеспечивает оптически стимулированное опустошение ловушек, ответственных за ТЛ пик при 170°C, не изменяя концентрацию носителей в ловушках, ответственных за пик при 270°C, регистрируемый при втором считывании (пункт 3).

Сущность предлагаемого изобретения заключается в следующем.

Способ считывания накопленной дозиметрической информации из твердотельных

детекторов ионизирующих излучений на основе монокристаллического оксида бериллия, включающий считывание термолюминесцентного сигнала, отличается тем, что сначала экспонированный детектор облучают при комнатной температуре оптическим излучением с плотностью энергии 5-20 мВт/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 350-550 нм в течение 5-15 минут и регистрируют дозиметрический сигнал оптически стимулированной люминесценции, после чего этот же детектор нагревают до температуры 400°С и регистрируют дозиметрический сигнал термостимулированной люминесценции.

В отличие от базовой физической концепции, используемой в решении, принятом за прототип, для детекторов со сложным видом кривой термовысвечивания (два и более ТЛ пиков, BeO, LiF и др.) удается подобрать параметры оптически стимулированного опустошения ловушек, ответственных за более низкотемпературные ТЛ пики, не влияющие на состояния ловушек, связанных с более высокотемпературными ТЛ пиками. В итоге становится возможным комбинированное ОСЛ-ТЛ считывание накопленной дозиметрической информации с одного и того же детектора, первое из которых осуществляется с помощью ОСЛ, а второе - стандартной методикой измерения ТЛ.

Результаты экспериментальной проверки реализации предлагаемого способа считывания накопленной дозиметрической информации из твердотельных детекторов ионизирующих излучений на основе оксида бериллия раскрывают сущность изобретения, они обобщены и иллюстрируются представленными ниже фигурами.

На Фиг.1. приведена кривая термовысвечивания образца детектора, облученного излучением <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y источника дозой 220 мГр, нагретого для измерения ТЛ со скоростью 0,5°С/с. На кривой термовысвечивания присутствуют два ТЛ пика при 200 и 270°С.

На Фиг.2. приведена кривая затухания ОСЛ этого же детектора после облучения его дозой 220 мГр (первое считывание).

Фиг.3. иллюстрирует исчезновение ТЛ пика при 200°С за счет опустошения соответствующей ему ловушки при оптически стимулированном считывании и сохранение ТЛ пика при 270°С (второе считывание).

На Фиг.4. приведены дозовые зависимости ОСЛ (1) и ТЛ (2) для одного и того же образца, полученные методом ОСЛ-ТЛ считывания.

Для практической реализации предлагаемого способа использовались образцы детекторов на основе монокристаллов BeO, разработанных в УГТУ-УПИ. Источниками оптического излучения при подборе оптимальных диапазонов длин волн и мощности излучения служили: малогабаритная галогенная лампа КГМ-220-800-1 с монохроматором МУМ, оптическая система спектрофотометра СФ-26, сборка из 10 светоизлучающих диодов СДК - С469-5-10 с длиной волны излучения 470 нм. Спектральный выход применяемых оптических систем, необходимый для расчета времени экспозиции, определялся с помощью измерителя средней мощности и энергии лазерного излучения типа ИМО-2Н. ОСЛ и ТЛ регистрировались стандартной аппаратурой. Наилучший результат (Фиг.2) был получен при использовании в качестве источника оптического излучения сборки из 10 «сверхярких» светоизлучающих диодов с силой света каждого из них от 3500 до 5000 мкд. При этом плотность мощности светового потока на поверхности детектора была равной около 10 мВт/см<sup>2</sup>, время экспозиции составляло около 10 мин. Дозиметрический пик ТЛ возбуждался β-излучением <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y источником. При увеличении длины волны стимулирующего света выше 550 нм выход ОСЛ плавно падал и составлял около 20% относительно измеренного при длине волны стимуляции 470 нм. При уменьшении длины волны стимулирующего света начинал снижаться ТЛ пик при 270°С за счет опустошения соответствующих ему ловушек более коротковолновым светом. При 330 нм интенсивность в пике при 270°С составляет 60% от измеренной при 470 нм. Уменьшение мощности стимулирующего светового потока приводит резкому снижению эффективности ОСЛ. Она падает на величину от 40 до 10% при уровнях плотности энергии светового потока на поверхности детектора от 5 до 1 мВт/см<sup>2</sup>. При уровнях плотности энергии более 20 мВт/см<sup>2</sup> начинает снижаться ТЛ пик при втором считывании, как это было при укорочении длины

волны.

Помимо возможности повторных измерений доз с помощью ОСЛ-ТЛ считываний детекторов на основе монокристаллического оксида бериллия в аварийных ситуациях предполагаемое изобретение будет полезным при текущем радиационном контроле персонала. Квартальные дозы, например, могут измеряться методом ОСЛ считывания, а годовые - методом измерения ТЛ.

#### Формула изобретения

Способ считывания накопленной дозиметрической информации из твердотельных детекторов ионизирующих излучений на основе монокристаллического оксида бериллия, включающий считывание термолюминесцентного сигнала, отличающийся тем, что сначала экспонированный детектор облучают при комнатной температуре оптическим излучением с плотностью энергии 5-20 мВт/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн 350-550 нм в течение 5-15 мин и регистрируют дозиметрический сигнал оптически стимулированной люминесценции, после чего этот же детектор нагревают до температуры 400°С и регистрируют дозиметрический сигнал термостимулированной люминесценции.

20

25

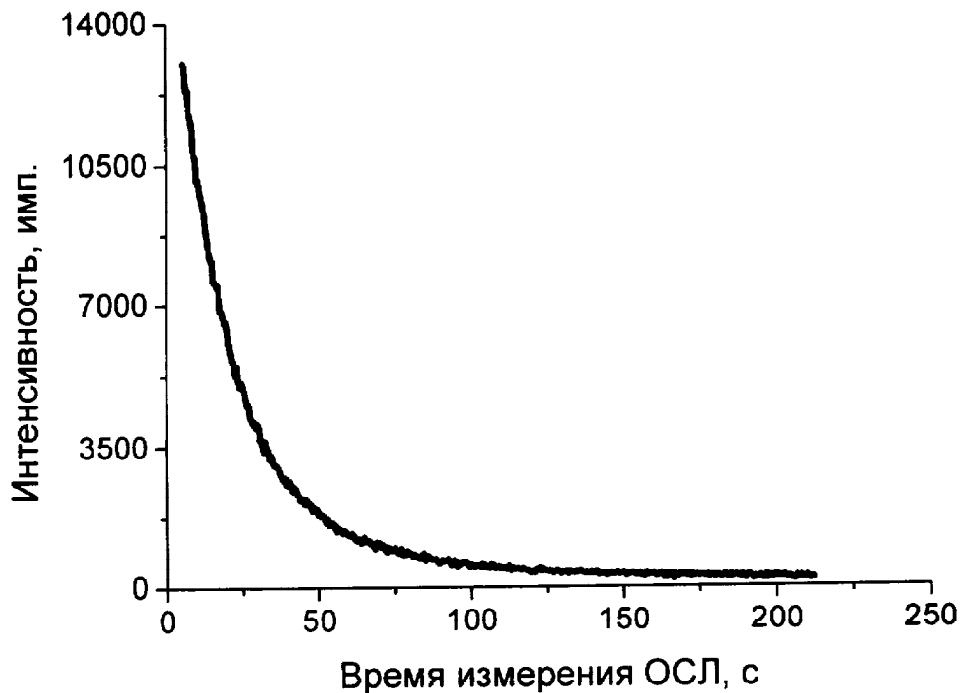
30

35

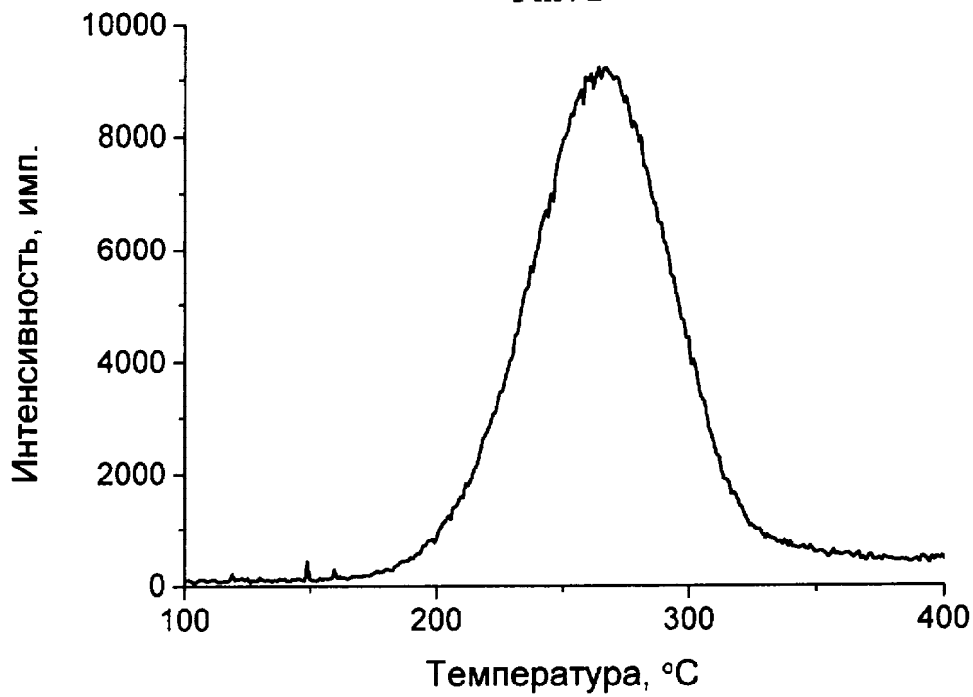
40

45

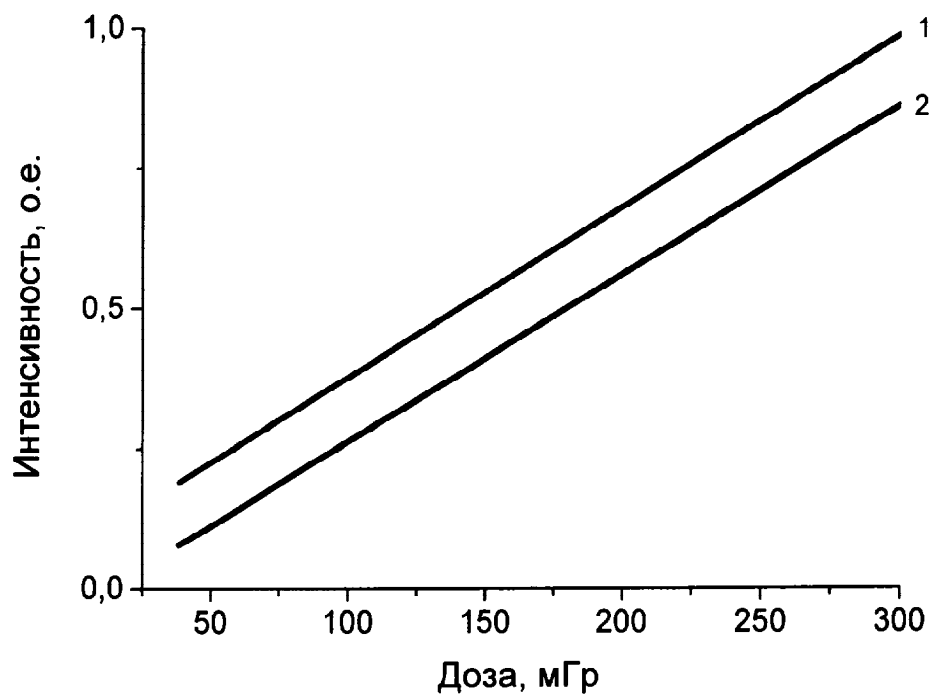
50



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4







**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: **2007112198**

Дата прекращения действия патента: **03.04.2009**

Извещение опубликовано: **10.12.2010**      БИ: **34/2010**

---

**RU 2 334 998 C1**

**RU 2 334 998 C1**