



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009115134/28, 20.04.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.04.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.04.2009

(43) Дата публикации заявки: 27.10.2010 Бюл. № 30

(45) Опубликовано: 27.08.2011 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: АНАНЬЕВ И.О., УПОРОВА Ю.Ю., НЕШОВ Ф.Г., ЧЕРЕПАНОВ А.Н., ШУЛЬГИН Б.В., КИДИБАЕВ М.М. Определение профиля поглощенной дозы электронного излучения. Межвуз. сб. научных трудов «Проблемы спектроскопии и спектрометрии». - Екатеринбург. УГТУ-УПИ, 2008, вып.25, с.191-200. RU 2317571 C1, 20.02.2008. RU 2251124 C1, 27.04.2005. US 2001016029 A1, 23.08.2001.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, "УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Нешов Федор Григорьевич (RU),  
Ананьев Илья Олегович (RU),  
Упорова Юлия Юрьевна (RU),  
Черепанов Александр Николаевич (RU),  
Шульгин Борис Владимирович (RU),  
Кидибаев Мустафа Мусаевич (KG)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный технический университет - УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

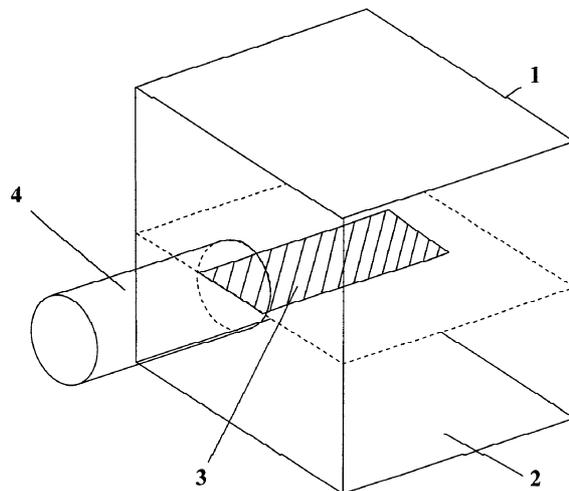
## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к дозиметрической технике. Для определения профиля распределения поглощенной дозы электронного излучения с энергией до 10 МэВ в абсолютных единицах поглощенной дозы в материале образца с малым эффективным атомным номером ( $Z_{эфф} \leq 11$ ) проводят облучение материала вместе с используемым в качестве детектора сопровождающим государственным стандартным образцом поглощенной дозы в виде полимерной пленки из сополимера с феназиновым покрытием, а также стандартную процедуру определения

поглощенной дозы путем сравнительных измерений оптической плотности облученной полимерной пленки и необлученного образца полимерной пленки, выбираемого в качестве опорного, при этом образец исследуемого материала формируют в виде двух блоков, каждый из которых имеет форму параллелепипеда или цилиндра, с общей плоскостью соприкосновения; при этом государственный стандартный образец поглощенной дозы в виде полимерной пленки устанавливают между блоками исследуемого материала, после чего полученную конструкцию облучают электронным пучком

диаметром 10-15 мм вдоль плоскости соприкосновения блоков исследуемого материала и вдоль полимерной пленки детектора сопровождения, после чего используют стандартную процедуру определения поглощенной дозы. Технический результат - увеличение экспрессности, сохранение целостности образцов, автоматическое исключение внутренних альбедных эффектов, снижение погрешности измерений. 2 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 2

RU 2 4 2 7 8 5 7 C 2

RU 2 4 2 7 8 5 7 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2009115134/28, 20.04.2009**(24) Effective date for property rights:  
**20.04.2009**

Priority:

(22) Date of filing: **20.04.2009**(43) Application published: **27.10.2010** Bull. 30(45) Date of publication: **27.08.2011** Bull. 24

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, "UGTU-  
UPI", Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V.  
Marks**

(72) Inventor(s):

**Neshov Fedor Grigor'evich (RU),  
Anan'ev Il'ja Olegovich (RU),  
Uporova Julija Jur'evna (RU),  
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),  
Kidibaev Mustafa Musaevich (KG)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet - UPI imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

**(54) METHOD OF DETERMINING DISTRIBUTION PROFILE OF ABSORBED ELECTRON RADIATION DOSE**

(57) Abstract:

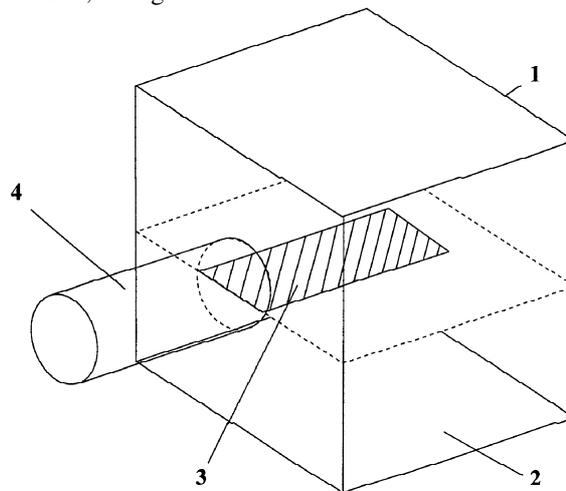
FIELD: physics.

SUBSTANCE: in order to determine the distribution profile of the absorbed dose of electron radiation with energy of up to 10 MeV in absolute units of absorbed dose in material of a sample with low effective atomic number ( $Z_{\text{eff}} \leq 11$ ), the material is exposed while using as the accompanying detector, a state standard sample of absorbed dose in form of a polymer film made from a copolymer with a phenazine coating, as well as a standard procedure for determining the absorbed dose through comparative measurements of absorbance of the exposed polymer film and the non-exposed sample of the polymer film chosen as the reference, wherein the sample of the analysed material is made in form of two blocks, each having the shape of a parallelepiped or a cylinder with a common plane of contact; the state standard sample of the absorbed dose in form of a polymer film is placed between blocks of the analysed material, after which the obtained structure is exposed to an electron beam with diameter of 10-15 mm along the plane of contact of the blocks of the

analysed material and along the polymer film of the accompanying detector, after which the standard procedure for determining the absorbed dose is used.

EFFECT: rapidness, preserving integrity of samples, automatic elimination of internal albedo effects, low measurement error.

3 cl, 4 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к дозиметрической технике, связанной с измерениями профиля поглощенной дозы, создаваемой пучками электронного излучения с энергией до 10 МэВ, по глубине облучаемого электронами материала с малым эффективным атомным номером  $Z_{эфф}$ , близким к  $Z_{эфф}$  биологической ткани ( $Z_{эфф}^{б.т.} = 7,42$ ), особо для имитаторов биологической ткани (вода, оргстекло, пластики), оно пригодно для реализации технологий радиационной модификации материалов, для дозконтроля процедур радиационной стерилизации функциональных и медицинских материалов и особо при разработке и осуществлении процедур воздействия электронных пучков на опорной глубине на биологические ткани в онкологической практике в случаях, когда требуется определение профиля распределения поглощенной дозы и дозозатрат по глубине материала в абсолютных единицах поглощенной дозы, т.е. в Грехах.

Известен способ определения профиля распределения дозы от осколков деления атомов урана, возникающих при облучении оксида урана нейтронами, в экранах из легких материалов (Г.Т.Сиборг, Э.Г.Вэлленс. Элементы вселенной. М., Физматлит, 1962, с.136-137). В известном способе облучаемый нейтронами под прямым углом экран изготавливают в виде набора тонких листочков папиросной бумаги.

Возникающие в результате облучения оксида урана нейтронами радиоактивные осколки деления атомов урана проникают в экран из листочков папиросной бумаги на разную глубину. Путем измерения радиоактивности каждого отдельного листочка с помощью счетчика Гейгера определяют профиль распределения осколков деления урана и, соответственно, профиль распределения поглощенной дозы в материале экрана от радиоактивных осколков деления атомов урана. Однако этот способ, использующий счетчик Гейгера, не пригоден для определения профиля поглощенной дозы, создаваемой в облучаемых пучками электронного излучения с энергией до 10 МэВ материалах с малым эффективным атомным номером ( $Z_{эфф} = 3 \div 10$ ), поскольку такая энергия недостаточна для наведения активности в легких материалах.

Проблема определения профиля распределения поглощенной дозы электронного излучения в абсолютных единицах, Грехах, наиболее актуальна для материалов с малым эффективным атомным номером, близким к  $Z_{эфф}$  биологической или костной ( $Z_{эфф} \sim 10-11$ ) тканей или в их имитаторах, на которых отрабатываются модели и режимы радиационного воздействия на опухоли, поскольку определение опорной глубины облучения в онкологической практике однозначно связано с определением положения максимума поглощенной дозы в материале. Обычно такое определение профиля распределения поглощенной дозы в материале проводят с использованием детектора сопровождения - государственного стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного излучений, в виде полимерной пленки.

Известен способ определения профиля распределения поглощенной дозы от электронного излучения с энергией до 10 МэВ в абсолютных единицах в кристаллах LiF:Sc (Т.С.Королева, М.М.Кидобаев, А.Н.Тчерепанов, Е.Ю.Журавлева, В.В.Шулгин. Conference program and book of abstracts 10<sup>th</sup> Europhysical Conference of Defects in insulating Materials, Milano, University of Milano-Bicocca, P.345, abstract № PTh82). В известном способе профиль распределения поглощенной дозы в облучаемых образцах LiF:Sc определен с использованием в качестве детектора сопровождения государственных стандартных образцов (ГСО) в виде полимерной пленки марки СО PD(F)R (в русской транскрипции СО ПД (Ф)Р) на базе сополимера с феназиновым красителем. При этом кристаллы LiF:Sc раскалывались на тонкие пластинки, которые собирались в плотный пакет вместе с детекторами сопровождения в виде полимерных пленок, размещенных между пластинками из кристаллов LiF:Sc. Полученную

конструкцию устанавливали перпендикулярно к падающему пучку электронов. После облучения электронами испытуемого материала в виде вышеназванной конструкции из нее извлекали государственные стандартные образцы (полимерные пленки) и проводили стандартную процедуру определения поглощенной дозы путем измерения

5 оптической плотности облученной полимерной пленки (Инструкция по применению «Государственного стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) СО ПД (Ф) Р-5/50 или СО ПД (Ф) Р-5/150»). Однако известный способ не является экспрессным и

10 экономичным, поскольку при использовании, например, семи-десяти тонких пластинок из LiF:Sc, необходимых для обеспечения пространственного разрешения при определении профиля поглощенной дозы, требуется шесть-девять ГСО в виде полимерных пленок, для каждой из которых после облучения требуется в соответствии со стандартной процедурой проведение измерения оптической плотности

15 на спектрофотометре на длине волны 512 нм относительно опорного образца ГСО, что приводит к существенным временным затратам. Недостатком известного способа является также то обстоятельство, что для определения профиля распределения поглощенной дозы в кристалле LiF:Sc требуется нарушить его целостность, а именно расколоть его на несколько (5-10 и более) пластинок, чтобы между ними расположить

20 целый набор полимерных пленок ГСО на базе сополимера с феназиновым красителем. Недостатком известного способа является также увеличение погрешности измерений поглощенной дозы электронного излучения в связи с альбедными процессами рассеяния электронов на стыках отдельных кристаллических пластинок LiF:Sc.

25 Наиболее близким к заявляемому является способ, описанный в работе (И.О.Ананьев, Ю.Ю.Упорова, Ф.Г.Нешов, А.Н.Черепанов, Б.В.Шульгин, М.М.Кидибаев // Определение профиля поглощенной дозы электронного излучения // Межвуз. сб. научных трудов «Проблемы спектроскопии и спектрометрии».

30 Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, вып.25, с.191-200). В рамках известного способа определен профиль распределения поглощенной дозы от пучков электронного излучения с энергией до 10 МэВ в оргстекле (полиметилметакрилате) и в кристаллах фторида натрия NaF, то есть в материалах с малым эффективным атомным номером  $Z_{эфф} \leq 10,5$ . В рамках известного способа исследуемые материалы, для которых

35 проводилось определение профиля распределения поглощенной дозы электронного излучения (использовали ускоритель микротрон, энергия электронов 10 МэВ), применялись в виде набора до 10 и более тонких пластин толщиной 1-5 мм. В случае оргстекла использовали листовую материал толщиной 5 мм. Кристаллы NaF при

40 измерениях приходилось раскалывать на более тонкие пластинки толщиной 1-3 мм. Общая толщина набора пластин доходила до 40-80 мм и более (для оргстекла). За каждой пластиной исследуемого материала располагали используемый в качестве детектора сопровождения государственный стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучения в виде полимерных пленок сополимера с

45 феназиновым покрытием типа СО ПД(Ф)-5/150 ГСО толщиной 56 мкм. Набор пластин из исследуемого материала вместе с полимерными пленками ГСО устанавливали перпендикулярно к падающему электронному пучку (Фиг.1). Облучение проводили электронным пучком с энергией  $E=10$  МэВ, в течение 7-14 мин,

50 при условиях: температура образцов при облучении не превышала 35°C, влажность до 80% и атмосферное давление от 630 до 800 мм рт.ст. Такие условия обеспечивают метрологические характеристики полимерных пленок. После облучения для каждой из облученных полимерных пленок ГСО в соответствии со стандартной процедурой

определяли оптическую плотность на длине волны 512 нм в сравнении с таковой для необлученного образца, по которой с помощью градуировочных характеристик, рассчитанных на диапазон 5-150 кГр, определяли поглощенную дозу в абсолютных единицах и ее профиль по глубине исследуемых материалов в строгом соответствии с Инструкцией и паспортом на применяемые ГСО.

Недостатками известного способа являются его дороговизна, связанная с необходимостью применения детекторов сопровождения в виде полимерных пленок (5-10 штук и более), его невысокая экспрессность, связанная с необходимостью установки, а затем извлечения всех используемых полимерных пленок из облученного набора (5-10 штук и более) с последующим измерением оптической плотности каждой из облученных полимерных пленок, что требует дополнительного времени на их установку в спектрофотометре. Главным недостатком известного способа является необходимость раскалывать или разрезать исследуемые образцы материалов на тонкие пластинки, что нарушает их целостность и требует дополнительного времени на раскалывание, то есть снижает экспрессность. Кроме того, применение анализируемого материала в виде тонких пластинок увеличивает погрешность измерений из-за возникающих при этом альбедных процессов рассеяния электронов на всех стыках отдельных пластинок, что искажает кривую распределения профиля поглощенной дозы в материале.

Задачей изобретения является разработка более дешевого и более экспрессного способа определения профиля поглощенной дозы, создаваемой пучком электронного излучения в материалах, не требующего нарушения их целостности, а также снижение погрешности измерения.

Поставленная задача решается за счет упрощения процедур подготовки анализируемого материала к определению профиля распределения в нем поглощенной дозы электронного излучения, за счет снижения числа используемых детекторов сопровождения в виде полимерных пленок ГСО, за счет изменения геометрии облучения, а также за счет исключения альбедных компонент рассеяния первичного электронного пучка на внутренних границах раздела из-за ликвидации (отсутствия) таких границ.

Сущность изобретения заключается в том, что для определения профиля распределения поглощенной дозы электронного излучения с энергией до 10 МэВ в абсолютных единицах поглощенной дозы в материале образца с малым эффективным атомным номером ( $Z_{эф} \leq 11$ ) проводят облучение материала вместе с используемым в качестве детектора сопровождения государственным стандартным образцом поглощенной дозы в виде полимерной пленки из сополимера с феназиновым покрытием, а также стандартную процедуру определения поглощенной дозы путем сравнительных измерений оптической плотности облученной полимерной пленки и необлученного образца полимерной пленки, выбираемого в качестве опорного, при этом образец исследуемого материала формируют в виде двух блоков, каждый из которых имеет форму параллелепипеда или цилиндра, с общей плоскостью соприкосновения; при этом государственный стандартный образец поглощенной дозы в виде полимерной пленки устанавливают между блоками исследуемого материала, после чего полученную конструкцию облучают электронным пучком диаметром 10-15 мм вдоль плоскости соприкосновения блоков исследуемого материала и вдоль полимерной пленки детектора сопровождения, после чего используют стандартную процедуру определения поглощенной дозы, при выполнении которой измерения оптической плотности государственного стандартного образца поглощенной дозы в

виде полимерной пленки проводят вдоль ее длины с шагом 1-3 мм, необходимым для обеспечения требуемого пространственного разрешения профиля поглощенной дозы по глубине исследуемого материала, при этом высоту и ширину образца исследуемого материала, приготовленного в виде параллелепипеда, или диаметр образца исследуемого материала, приготовленного в виде цилиндра, выбирают такими, чтобы они в 2-3 раза превышали диаметр электронного пучка.

Преимуществом предлагаемого способа является упрощенная процедура подготовки к облучению: вместо 5-10 образцов (пластинок) анализируемого материала и почти такого же количества детекторов сопровождения, которые ранее надо было собрать в сборку, а после облучения разобрать, в предлагаемом способе используют сборку из двух блоков (в форме параллелепипедов или цилиндров). Это существенно удешевляет способ, увеличивает его экспрессность и сохраняет целостность образцов. В предлагаемом способе автоматически исключаются внутренние альбедные эффекты, поскольку набор пластинок, 5-10 штук, отсутствует, что снижает погрешность измерения. Стандартная процедура анализа (определения) оптической плотности детектора сопровождения на основе полимерной пленки ГСО может быть механизирована и автоматизирована, что делает предлагаемый способ еще более перспективным.

Качественно в облученных прозрачных образцах величина опорной глубины (позиция максимума поглощенной дозы в материале) может быть определена оптическим методом с помощью лазерной подсветки тонким лучом. На опорной глубине образуется максимальное количество дефектов, на которых сильнее рассеивается лазерный луч.

Способ иллюстрируется следующими примерами.

Пример 1. Способ определения профиля распределения поглощенной дозы, создаваемой пучком направленного электронного излучения с энергией 10 МэВ в оргстекле.

Для измерения поглощенной дозы в абсолютных единицах (Грех) использовали государственные стандартные образцы (ГСО) поглощенной дозы фотонного и электронного излучений на основе пленок поликарбоната с феназиновым красителем типа СО ПД(Ф)-5/150 ГСО или СО ПД(Ф)-5/50.

Два блока из оргстекла в виде параллелепипедов размерами 40×80×110 мм, прижатые друг к другу большими гранями, 80×110 мм, и скрепленные липкой лентой образовывали вместе с установленной между большими гранями этих блоков полимерной пленкой ГСО размерами 12×35 мм конструкцию из анализируемого материала. Облучение сборки из оргстекла с детектором сопровождения в виде пленки ГСО проводили на микротроне УГТУ-УПИ при условиях: энергия пучка электронов 10 МэВ, время облучения 7,5-8 минут при температуре образцов до 35°C (образцы нагревались до такой температуры при облучении) и влажности воздуха 80% и давлении 730 мм рт.ст. Схема эксперимента по облучению показана на Фиг.2. Как видно из Фиг.2 облучение электронным пучком проводят вдоль полимерной пленки.

Оптическую плотность облученного образца ГСО в виде полимерной пленки, вынутой из сборки после облучения, измеряли в соответствии с паспортом на ГСО (паспорт на ГСО ПД (Ф)-5/150 ГСО 4447-88) через 30 минут после облучения (в соответствии с регламентом регистрацию оптической плотности следует проводить через 30 минут, но не позднее 5 суток после облучения). Измерения оптической плотности облученных образцов ГСО проводили в сравнении с опорными образцами ГСО. Опорные образцы (2-4 штуки) были выбраны из большой партии ГСО (не

менее 30 штук), значение первичной оптической плотности которых близко к среднему. Оптическую плотность облученных и опорных образцов измеряли на спектрофотометре Гелиос-Альфа на длине волны 512 нм строго в соответствии с инструкцией по применению ГСО (Инструкция по применению «Государственного стандартного образца поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем СО ПД(Ф)Р-5/150 или СО ПД(Ф)Р-5/50)», приложение (обязательное) к паспорту на СО ПД(Ф)Р-5/150). Измерение проводили вдоль полимерной пленки от ее начала до конца с шагом 3 мм. Выбор шага измерения 1 мм для оргстекла допустим, а выбор меньшего шага, чем 1 мм, ведет к снижению экспрессности измерений. В процессе обработки результатов вычисляли отношение средней оптической плотности  $A$  к средней толщине пленок  $\delta=0,056$  мм в каждой точке измерения и определяли поглощенную дозу  $D$  по градуировочным кривым, приведенным в Инструкции для конкретного вида ГСО. Зависимость абсолютной величины поглощенной дозы электронного излучения от глубины материала-поглотителя (оргстекла), иначе говоря, профиль распределения поглощенной дозы в оргстекле показан на Фиг.3, кривая 1. Максимальное значение поглощенной дозы (погрешность  $\pm 15\%$ ) порядка 40-45 кГр наблюдается на глубине 10-15 мм. Явного провала в зависимости  $D(L)$ , где  $L$  - глубина, в случае использования объемных блоков оргстекла не наблюдается. При использовании отдельных тонких пластинок из оргстекла такой провал наблюдался для глубины  $\sim 20$  мм (Фиг.3, кривая 2) из-за альбедных процессов на стыках отдельных пластинок (И.О.Ананьев, Ю.Ю.Упорова, Ф.Г.Нешов, А.Н.Черепанов, Б.В.Шульгин, М.М.Кидибаев // Определение профиля поглощенной дозы электронного излучения // Межвуз. сб. научных трудов «Проблемы спектроскопии и спектрометрии». Екатеринбург, УГТУ-УПИ. 2008, вып.25, с.191-200). Применение пучка электронов диаметром 6 мм ведет к увеличению погрешности измерений из-за того, что диаметр пучка меньше ширины полимерной пленки. Увеличение диаметра пучка электронов до 30 мм также увеличивает погрешность измерений, поскольку часть рассеянных в образце электронов выходит за пределы образца через верхнюю и боковую поверхности.

Пример 2. Способ определения профиля распределения поглощенной дозы, создаваемой пучком направленного электронного излучения с энергией 10 МэВ в кристаллах NaF:U.

Кристаллы NaF имеют эффективный атомный номер  $\sim 10,5$ , близкий к  $Z_{\text{эфф}}$  костной ткани, и могут служить имитатором костной ткани. Для измерения профиля распределения поглощенной дозы в абсолютных единицах (Грех) в кристаллах NaF использовали государственные стандартные образцы (ГСО) поглощенной дозы фотонного и электронного излучений на основе полимерных пленок поликарбоната с феназиновым красителем типа СО ПД(Ф)-5/150 ГСО 4447-88.

Два цилиндрических блока в виде цилиндрических булей кристаллов NaF:U диаметром 60 мм, высотой 40 мм, выращенные в Институте физики НАН Кыргызстана методом Киропулоса в платиновом тигле на воздухе, с плоскими сколами, образующими основания цилиндра, плотно соединялись основаниями друг с другом и скреплялись липкой лентой. Между цилиндрами устанавливался детектор сопровождения в виде полимерной пленки ГСО шириной 10 мм, длиной 30 мм.

Облучение кристаллов NaF:U с детектором сопровождения в виде пленки ГСО проводили на микротроне УГТУ-УПИ при условиях: энергия пучка электронов 10 МэВ, время облучения 15 минут при температуре образцов до  $35^{\circ}\text{C}$  (образцы нагревались до такой температуры при облучении), влажности воздуха 80% и

атмосферном давлении 730 мм рт.ст. При этих условиях метрологические характеристики полимерных пленок сохраняются.

5 Оптическую плотность детектора сопровождения облученного образца полимерной пленки ГСО измеряли так же, как и в Примере 1. По той же процедуре, как и в Примере 1, определяли поглощенную дозу D и профиль ее распределения по глубине кристалла NaF:U. Требуемое пространственное разрешение и, соответственно, требуемый шаг измерения оптической плотности полимерной пленки ГСО подбирали экспериментально с учетом глубины расположения в материале максимума  
10 поглощенной дозы. Шаг измерения для кристаллов NaF был выбран ~1 мм.

Позицию максимума поглощенной дозы в материале можно предварительно оценить путем расчета энергии электронов, теряемой в элементе кристалла толщиной  $\Delta x$ , находящемся на расстоянии  $x$  от облучаемой поверхности (И.О.Ананьев, Ю.Ю.Упорова, Ф.Г.Нешов и др. / Определение профиля поглощенной дозы  
15 электронного излучения // межвуз. сб. науч. трудов «Проблемы спектроскопии и спектрометрии», 2008, вып.25, с.191-200). Согласно расчетам для кристаллов NaF максимальное дефектообразование, вызываемое электронами с энергиями 10 МэВ, происходит на глубине ~4 мм. Допустим шаг до 3 мм, больший шаг недопустим. Таким образом выбранный для измерения шаг ~1 мм является подходящим.  
20

Профиль распределения поглощенной дозы в кристаллах NaF показан на Фиг.3, кривая 1. Максимальное значение поглощенной дозы ~52 кГр зафиксировано для глубины около 4 мм. Других явно выраженных пиков, кроме основного, на кривой распределения поглощенной дозы в кристаллах NaF не наблюдается вплоть до  
25 глубины 25 мм из-за отсутствия альбедных эффектов рассеяния электронов. В случае кривой распределения поглощенной дозы, полученной для отдельных тонких кристаллов NaF, такие эффекты наблюдались (Фиг.4, кривая 2). Предлагаемый способ обеспечивает меньшую погрешность измерения профиля распределения поглощенной  
30 дозы.

Уменьшение диаметра пучка электронов до 6-8 мм ведет к увеличению погрешности измерения из-за того, что он меньше ширины полимерной пленки ГСО, применяемой в качестве детектора сопровождения. Увеличение диаметра пучка электронов также ведет к увеличению погрешности из-за того, что часть вторично  
35 рассеянных в материале образца электронов покидает образец через внешнюю поверхность и не оказывает влияния на полимерную пленку детектора сопровождения.

#### Формула изобретения

40 1. Способ определения профиля распределения поглощенной дозы электронного излучения с энергией до 10 МэВ в абсолютных единицах поглощенной дозы в материале образца с малым эффективным атомным номером ( $Z_{эфф} \leq 11$ ), включающий облучение материала вместе с используемым в качестве детектора сопровождения государственным стандартным образцом поглощенной дозы в виде полимерной  
45 пленки, а также стандартную процедуру определения поглощенной дозы путем сравнительных измерений оптической плотности облученной полимерной пленки и необлученного образца полимерной пленки, выбираемого в качестве опорного, отличающийся тем, что образец формируют в виде двух блоков из исследуемого  
50 материала, каждый из которых имеет форму параллелепипеда или цилиндра, с общей плоскостью соприкосновения, при этом государственный стандартный образец поглощенной дозы в виде полимерной пленки устанавливают и монтируют между блоками исследуемого материала, после чего полученную конструкцию облучают

электронным пучком диаметром 10-15 мм вдоль плоскости соприкосновения блоков исследуемого материала и вдоль полимерной пленки детектора сопровождения, после чего используют стандартную процедуру определения поглощенной дозы.

5 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что профиль распределения поглощенной дозы определяют в рамках стандартной процедуры определения поглощенной дозы путем измерения оптической плотности государственного стандартного образца поглощенной дозы в виде полимерной пленки вдоль ее длины с шагом 1-3 мм, необходимым для обеспечения требуемого пространственного разрешения профиля  
10 поглощенной дозы по глубине исследуемого материала.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что высота и ширина образца исследуемого материала, приготовленного в виде параллелепипеда, или диаметр образца исследуемого материала, приготовленного в виде цилиндра, в 2-3 раза превышает  
15 диаметр электронного пучка.

20

25

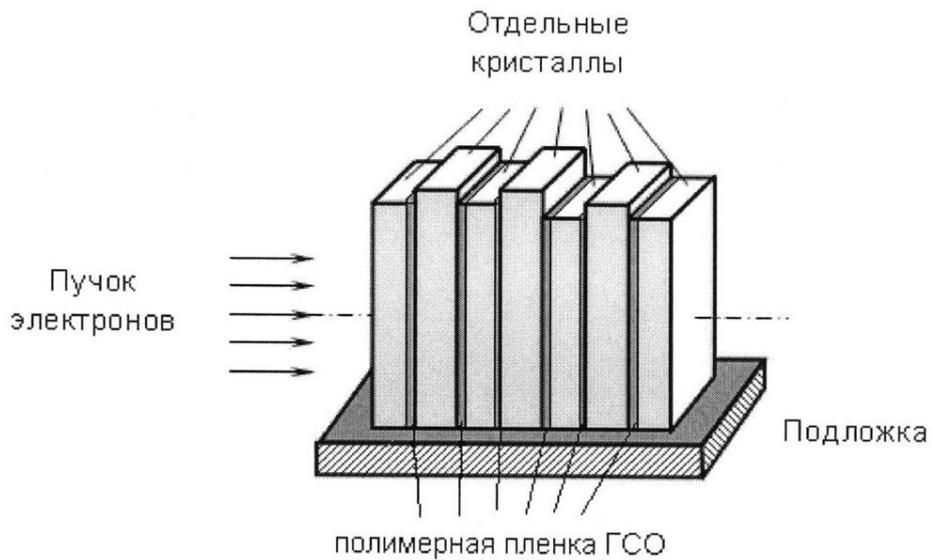
30

35

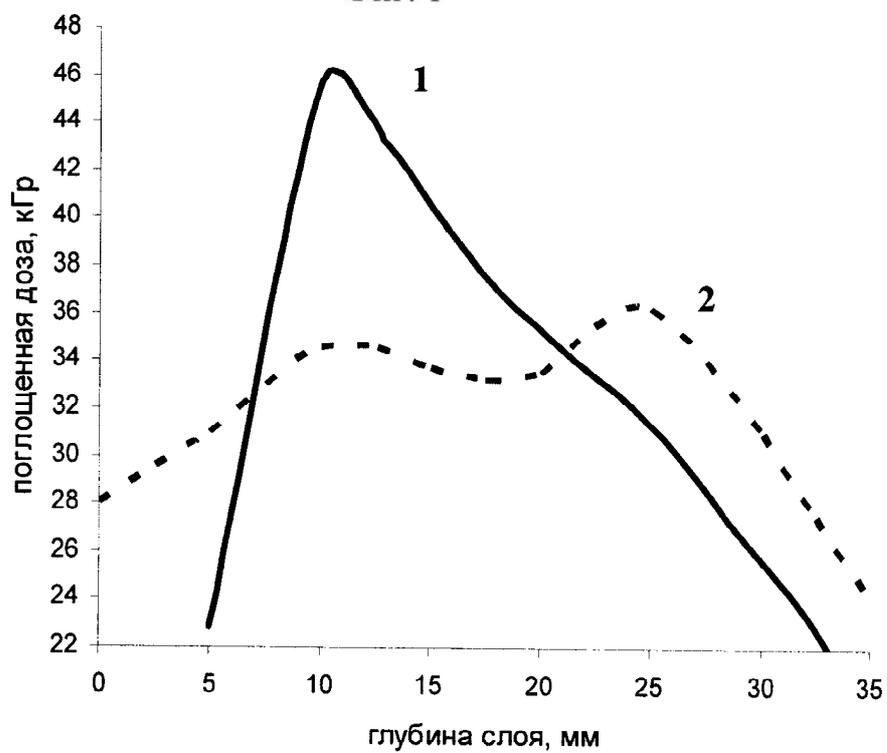
40

45

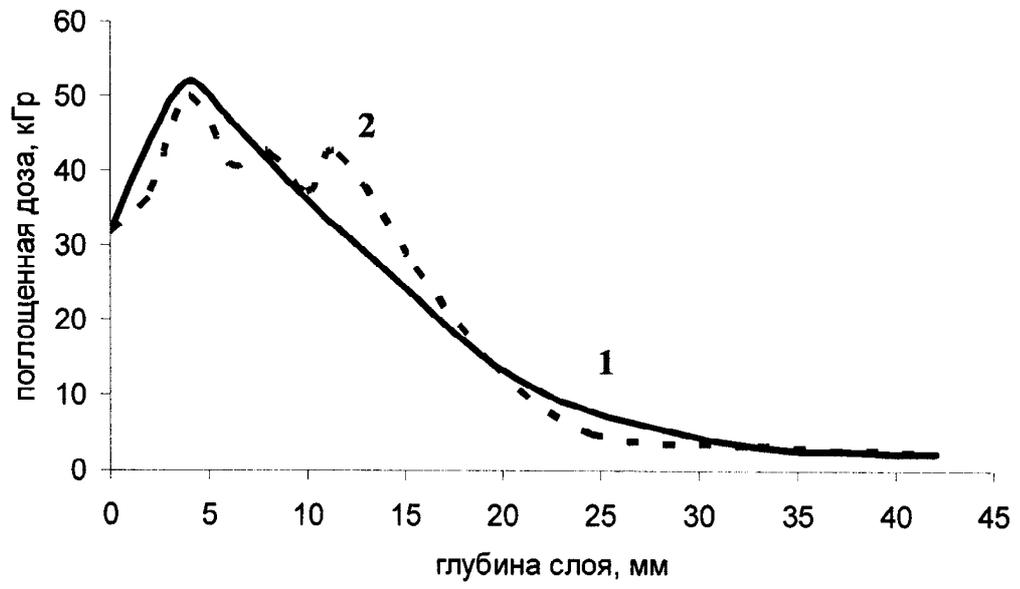
50



Фиг. 1



Фиг. 3



Фиг. 4