

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2641509

Дозиметр ультрафиолетового излучения

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *Никоноров Николай Валентинович (RU), Сидоров Александр Иванович (RU)*

Заявка № 2015152002

Приоритет изобретения 03 декабря 2015 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 17 января 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 03 декабря 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01J 1/58 (2006.01); G01N 21/64 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2015152002, 03.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.12.2015

Дата регистрации:
17.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.12.2015

(43) Дата публикации заявки: 13.06.2017 Бюл. № 17

(45) Опубликовано: 17.01.2018 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Никоноров Николай Валентинович (RU),
Сидоров Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2168716 C2, 10.06.2001. RU
2194253 C2, 10.12.2002. JP 2000258247 A,
22.09.2000. US 6087666 A1, 11.07.2000.

(54) Дозиметр ультрафиолетового излучения

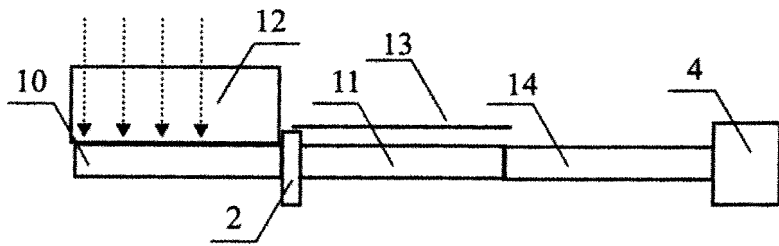
(57) Реферат:

Изобретение относится к области оптических измерений и касается дозиметра ультрафиолетового излучения. Дозиметр включает в себя последовательно расположенные по ходу распространения излучения средство оптической фильтрации, пропускающее ультрафиолетовое излучение, фотолюминесцентный преобразователь ультрафиолетового излучения в видимое и фотодетектор. Перед средством оптической фильтрации установлен фотолюминесцентный преобразователь из неорганического стекла с ионами трехвалентной сурьмы. Средство

оптической фильтрации выполнено в виде оптического фильтра, прозрачного в спектральном интервале 320-400 нм, а фотолюминесцентный преобразователь ультрафиолетового излучения в видимое выполнен из неорганического стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра. Технический результат заключается в повышении чувствительности устройства и обеспечении возможности проведения измерений в спектральном диапазоне 230-290 нм. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 641 509 C 2

RU 2 641 509 C 2



Фиг. 4

RU 2641492 C2

RU 2641509 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01J 1/58 (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01J 1/58 (2006.01); *G01N 21/64* (2006.01)

(21)(22) Application: **2015152002, 03.12.2015**

(24) Effective date for property rights:
03.12.2015

Registration date:
17.01.2018

Priority:

(22) Date of filing: **03.12.2015**

(43) Application published: **13.06.2017** Bull. № 17

(45) Date of publication: **17.01.2018** Bull. № 2

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Nikonorov Nikolaj Valentinovich (RU),
Sidorov Aleksandr Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj
issledovatel'skij universitet informatsionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet
ITMO) (RU)**

(54) **ULTRAVIOLET RADIATION DOSIMETER**

(57) Abstract:

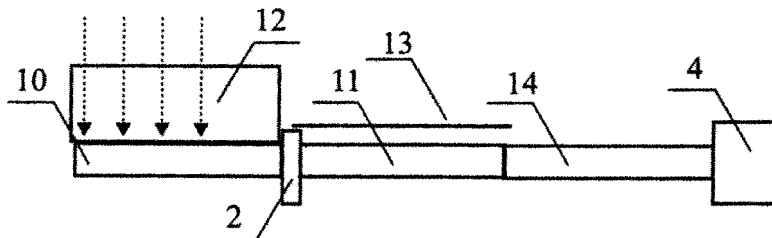
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: dosimeter comprises a means of optical filtration, a light-transmitting ultraviolet radiation, a photoluminescent converter of ultraviolet radiation to visible radiation, and a photodetector successively arranged in the direction of radiation propagation. The photoluminescent converter made of inorganic glass with ions of trivalent antimony is installed in front of optical filtration means. The optical

filtration means is made in the form of optical filter transparent in spectral range of 320-400 nm, and the photoluminescent converter of ultraviolet radiation to visible radiation is made of inorganic glass with neutral molecular clusters of silver.

EFFECT: increased sensitivity of the device and provided possibility for carrying out measurements in the spectral range of 230-290 nm.

2 cl, 4 dwg



Фиг. 4

RU 2 641 509 C2

RU 2 641 509 C2

Изобретение относится к радиационным измерениям, в частности к измерениям дозы ультрафиолетового (УФ) излучения, и может быть использовано для контроля технологических процессов, в которых применяется УФ-излучение, а также для контроля предельно допустимой дозы УФ- и солнечного облучения, приводящей к повреждению
5
кожи человека (ультрафиолетовая эритема или "солнечный удар", пигментация, рак кожи и т.д.).

Излучение В-области УФ-спектра (230-290 нм) наиболее вредоносно для человека, и при большой дозе может привести к мутациям и возникновению рака кожи. Это обусловливается тем, что поглощение компонентов ДНК и белков находится именно
10
в этой области спектра. Максимальная относительная эффективность генерации повреждений кожи достигается при длине волны 260-280 нм, поэтому разработка дозиметра УФ-излучения для этого спектрального интервала является актуальной.

Известен дозиметр УФ-излучения индивидуального пользования (Патент РФ №2107266, МПК G01 J1/50, дата приоритета, 01.07.1996, опубликовано 20.03.1998),
15
включающий в себя три слоя. Два наружных слоя выполнены из фотохромного материала с обратимым фотохромизмом и являются чувствительным элементом дозиметра. Фотохромный материал претерпевает изменение оптической плотности в выбранном участке его спектра пропускания в зависимости от экспозиционной дозы УФ-излучения с длиной волны менее 320 нм. Внутренний слой измерительно-
20
индикаторного устройства представляет собой набор абсорбционных светофильтров, выполняющих функцию считывания оптической информации с фотохромных слоев. Недостатком данного технического решения является определение дозы облучения на полуколичественном уровне путем визуального определения изменения оптического пропускания участков дозиметра. Недостатком также является то, что для
25
восстановления исходного оптического состояния фотохромного материала, необходимого для проведения следующего цикла измерений, требуется выдержка чувствительного элемента дозиметра в темноте в течение продолжительного времени (до нескольких часов).

В качестве дозиметра УФ-излучения может быть использован волоконный датчик
30
искры и электрической дуги (Патент РФ №2459222, МПК G02B 6/02, дата приоритета 23.12.2010, опубликовано 20.08.2012). В данном устройстве УФ-излучение падает на чувствительный элемент - волокно, покрытое слоем полимера с добавкой люминесцентного органического красителя. УФ-излучение в люминесцентном слое преобразуется в излучение видимой области спектра и по волокну передается на
35
кремниевый фотоприемник, чувствительный в данной области спектра. Недостатком такого дозиметра является небольшой срок службы чувствительного элемента из-за деградации полимера и красителя под действием УФ-излучения.

Наиболее близким техническим решением является сенсор и дозиметр для ультрафиолетового излучения (Патент РФ №2168716, МПК G01N 21/64, дата приоритета
40
16.10.1997, опубликовано 10.06.2001). Дозиметр содержит средства фильтрации, пропускающие только падающее УФ-излучение, пластину из люминесцентного материала, содержащего ионы редкоземельных металлов (Tb^{3+} и Sm^{3+}), преобразующую ультрафиолетовое излучение в видимое излучение, оптический фильтр, пропускающий
45
только видимую люминесценцию, и фотоприемное устройство, чувствительное в видимой области спектра. Недостатком дозиметра является то, что ионы редкоземельных металлов (Tb^{3+} и Sm^{3+}) не имеют полос поглощения в спектральном интервале 230-290 нм и, следовательно, не могут обеспечивать спектральное преобразование излучения из данной области спектра. Недостатком дозиметра является также то, что пластина

из люминесцентного материала и оптический фильтр дозиметра конструктивно совмещены с фотоприемным устройством, что исключает использование дозиметра в условиях высокого уровня электромагнитных помех, а также приводит к снижению чувствительности и искажению результатов измерений из-за нагрева фотоприемного устройства излучением.

Изобретение решает задачу повышения чувствительности и возможности регистрации и измерения мощности УФ-излучения в спектральном интервале 230-290 нм.

Сущность заявляемого технического решения заключается в том, что дозиметр ультрафиолетового излучения содержит последовательно расположенные по ходу распространения излучения фотолюминесцентный преобразователь из неорганического стекла с ионами трехвалентной сурьмы, средство оптической фильтрации, пропускающее ультрафиолетовое излучение, при этом средство оптической фильтрации выполнено в виде оптического фильтра, прозрачного в спектральном интервале 320-400 нм, фотолюминесцентный преобразователь ультрафиолетового излучения в видимое, который выполнен из неорганического стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра и фотодетектор, причем фотолюминесцентные преобразователи могут быть выполнены в виде пластин или волокон.

Известно (L. Glebova, D. Ehrh, L. Glebov, Phys. Chem. Glasses: Eur. J. Glass Sci. Technol.

V, V. 48 (2007) P. 328.), что ионы трехвалентной сурьмы (Sb^{3+}) в стеклах имеют полосы люминесценции в спектральном интервале 320-420 нм при возбуждении люминесценции излучением спектрального интервала 230-290 нм. Известно (V.D. Dubrovin, A.I. Ignatiev, N.V. Nikonov, A.I. Sidorov, T.A. Shakhverdov, D.S. Agafonova Luminescence of silver molecular clusters in photo-thermo-refractive glasses // Optical Materials 36 (2014) 753-759), что нейтральные молекулярные кластеры серебра Ag_n ($n=2-4$) в стеклах обладают интенсивной люминесценцией в видимой области спектра при возбуждении люминесценции УФ-излучением спектрального интервала 330-400 нм. При облучении УФ-излучением спектрального интервала 320-390 нм стекла с ионами Sb^{3+} в нем возникает люминесценция в спектральном интервале 320-440 нм. Часть этого излучения люминесценции проходит через оптический фильтр, прозрачный в данной области спектра, и возбуждает люминесценцию в стекле с нейтральными молекулярными кластерами серебра в видимой области спектра. Часть излучения люминесценции нейтральных молекулярных кластеров серебра попадает на приемную площадку кремниевого фотодиода и регистрируется в виде электрического сигнала. Таким образом, в дозиметре происходит двойное спектральное преобразование УФ-излучения из спектрального интервала 230-290 нм в видимую область спектра, в которой кремниевый фотодиод имеет максимальную чувствительность.

Совокупность признаков, изложенных формуле, характеризует дозиметр УФ-излучения, изготовленный из стекла с ионами трехвалентной сурьмы, содержит оптический фильтр, прозрачный в спектральном интервале 320-400 нм, и стекло с нейтральными молекулярными кластерами серебра. Это позволяет осуществить двойное спектральное преобразование УФ-излучения из спектрального интервала 230-290 нм в видимую область спектра.

Изобретение иллюстрируется следующими чертежами.

На фиг. 1 показана: блок-схема дозиметра УФ-излучения. 1 - пластина из силикатного стекла с ионами Sb^{3+} ; 2 - оптический фильтр из цветного оптического стекла УФС8; 3 - пластина из силикатного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра; 4 - фотодиод.

На фиг. 2 показаны: 5 - спектр возбуждения люминесценции силикатного стекла с ионами Sb^{3+} ; 6 - спектр люминесценции силикатного стекла с ионами Sb^{3+} . Длина волны возбуждения люминесценции 240 нм; 7 - спектр люминесценции силикатного стекла с ионами Sb^{3+} . Длина волны возбуждения люминесценции 280 нм; 8 - спектр возбуждения люминесценции силикатного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра для длины волны люминесценции 540 нм; 9 - спектр люминесценции стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра для длины волны возбуждения люминесценции 360 нм.

На фиг. 3 показана: интегральная для спектрального интервала 230-290 нм градуировочная кривая дозиметра УФ-излучения для кремниевого фотодиода BPW21R, включенного в фотогальваническом режиме.

На фиг. 4 показана: блок-схема дозиметра УФ-излучения. 10 - оптическое волокно из силикатного стекла с ионами Sb^{3+} ; 2 - оптический фильтр из цветного оптического стекла УФС8; 11 - оптическое волокно из силикатного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра; 4 - фотодиод; 12 - цилиндрическая линза из кварцевого стекла; 13 - непрозрачный экран; 14 - передающее оптическое волокно;

Сущность изобретения раскрывается на примерах, которые не должны рассматриваться экспертом как ограничивающие притязания изобретения.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Пример 1.

На фиг. 1 показана блок-схема дозиметра УФ-излучения. Дозиметр состоит из пластины силикатного стекла 1 с ионами трехвалентной сурьмы, оптического фильтра в виде пластины из цветного оптического стекла УФС8 2, пластины из силикатного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра 3 и кремниевого фотодиода BPW21R 4.

Дозиметр работает следующим образом. УФ-излучение спектрального интервала 230-290 нм проникает в пластину 1 и возбуждает люминесценцию ионов трехвалентной сурьмы. Спектр возбуждения люминесценции ионов трехвалентной сурьмы показан на фиг. 2 (кривая 5). Из фиг. 2 видно, что спектр возбуждения занимает спектральный интервал 230-290 нм и состоит из двух полос с максимумами на длинах волн 240 и 280 нм. Спектр люминесценции ионов трехвалентной сурьмы показан на фиг. 2 (кривые 6 и 7). Из фиг. 2 видно, что спектр люминесценции занимает спектральный интервал 320-440 нм и состоит из двух полос с максимумами на длинах волн 360 и 370 нм. Часть излучения люминесценции проходит через оптический фильтр 2 и возбуждает люминесценцию нейтральных молекулярных кластеров серебра в стеклянной пластине 3. Оптический фильтр служит для предотвращения прохождения УФ-излучения спектрального интервала 230-290 нм и видимого излучения в пластину 3. Спектр возбуждения люминесценции нейтральных молекулярных кластеров серебра показан на фиг. 2 (кривая 8). Из фиг. 2 видно, что спектр возбуждения люминесценции нейтральных молекулярных кластеров серебра занимает спектральный интервал 300-480 нм, имеет максимум на длине волны 360 нм и совпадает со спектром люминесценции ионов трехвалентной сурьмы. Спектр люминесценции нейтральных молекулярных кластеров серебра показан на фиг. 2 (кривая 9). Из фиг. 2 видно, что спектр люминесценции нейтральных молекулярных кластеров серебра занимает спектральный интервал 400-580 нм, имеет максимум на длине волны 520 нм и попадает в область спектральной чувствительности кремниевого фотодиода 4. Электрический сигнал с фотодиода поступает на блок обработки электрического сигнала, который выполняет

следующие функции: преобразование аналогового сигнала фотодиода в цифровой сигнал; сравнение цифрового сигнала с градуировочной зависимостью; отсчет времени облучения; вычисление дозы облучения; вывод информации в виде, удобном потребителю, например, в виде цифровой индикации на дисплее, либо в виде звукового или светового сигнала, указывающего на достижение требуемой дозы или предельно допустимой дозы облучения. Доза облучения Q ($\text{Дж}/\text{м}^2$) определяется по следующей формуле:

$$Q=V \cdot t \cdot K,$$

где V - сигнал фотодиода (мВ), t - время облучения (с), K - коэффициент пропорциональности, который определяется по градуировочной кривой ($\text{Вт}/\text{мВ} \cdot \text{м}^2$). На фиг. 3 показана интегральная для спектрального интервала 230-290 нм градуировочная кривая дозиметра УФ-излучения для кремниевого фотодиода BPW21R, включенного в фотогальваническом режиме. Источником УФ-излучения служила дейтериевая лампа, имеющая полосы излучения в спектральном интервале 230-290 нм. Из фиг. 3 видно, что градуировочная зависимость линейна в интервале освещенности от 0.2 до 1.3 $\text{Вт}/\text{м}^2$. Это позволяет для данного интервала освещенности определить коэффициент пропорциональности $K=0.125 \text{ Вт}/\text{мВ} \cdot \text{м}^2$. Таким образом, двойное спектральное преобразование УФ-излучения из спектрального интервала 230-290 нм в видимую область спектра позволяет конвертировать УФ-излучение в спектральную область чувствительности кремниевого фотодиода.

Пример 2.

На фиг. 4 показана блок-схема дозиметра УФ-излучения на основе оптических волокон. Дозиметр состоит из многомодового оптического волокна из силикатного стекла 10 с ионами трехвалентной сурьмы, оптического фильтра в виде пластины из цветного оптического стекла УФС8 2, многомодового оптического волокна из силикатного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра 11, кремниевого фотодиода BPW21R 4, цилиндрической линзы из кварцевого стекла 12, непрозрачного экрана 13 и передающего оптического волокна 14.

Дозиметр работает следующим образом. УФ-излучение спектрального диапазона 230-290 нм фокусируется цилиндрической линзой 12 в волокно 10 с ионами трехвалентной сурьмы и возбуждает в нем люминесценцию. Часть излучения люминесценции преобразуется в волноводные моды и через оптический фильтр 2 поступает в волокно с нейтральными молекулярными кластерами серебра 11 и возбуждает в нем люминесценцию. Спектры возбуждения и люминесценции обоих волокон показаны на фиг. 2. Экран 13 служит для предотвращения попадания постороннего излучения в волокно 11. Часть излучения люминесценции в волокне 11 преобразуется в волноводные моды и по передающему волокну 14 поступает на кремниевый фотодиод 4. Обработка сигнала фотодиода производится аналогично описанной в примере 1.

Использование в дозиметре стекол с люминесцентными центрами в ионов трехвалентной сурьмы и нейтральных молекулярных кластеров серебра позволяет осуществить двойное спектральное преобразование УФ-излучения из спектрального интервала 230-290 нм в видимую область спектра, соответствующую спектральной чувствительности кремниевого фотодиода.

(57) Формула изобретения

1. Дозиметр ультрафиолетового излучения, содержащий последовательно

расположенные по ходу распространения излучения средство оптической фильтрации, пропускающее ультрафиолетовое излучение, фотолюминесцентный преобразователь ультрафиолетового излучения в видимое и фотодетектор, отличающийся тем, что перед средством оптической фильтрации установлен фотолюминесцентный преобразователь
5 из неорганического стекла с ионами трехвалентной сурьмы, при этом средство оптической фильтрации выполнено в виде оптического фильтра, прозрачного в спектральном интервале 320-400 нм, а фотолюминесцентный преобразователь ультрафиолетового излучения в видимое выполнен из неорганического стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра.

10 2. Дозиметр по п. 1, отличающийся тем, что фотолюминесцентные преобразователи выполнены в виде пластин или волокон.

15

20

25

30

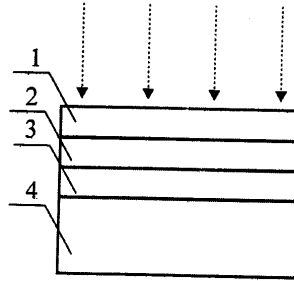
35

40

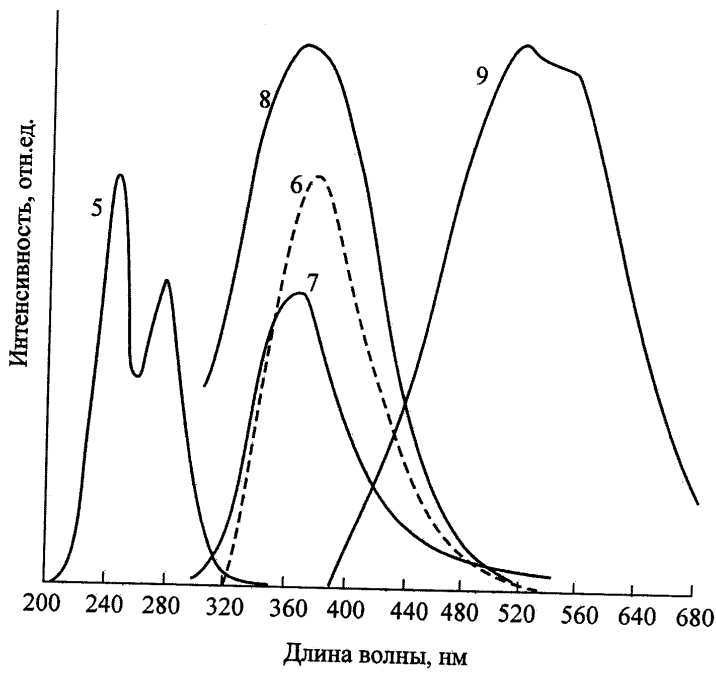
45

1

Дозиметр ультрафиолетового излучения



Фиг. 1.

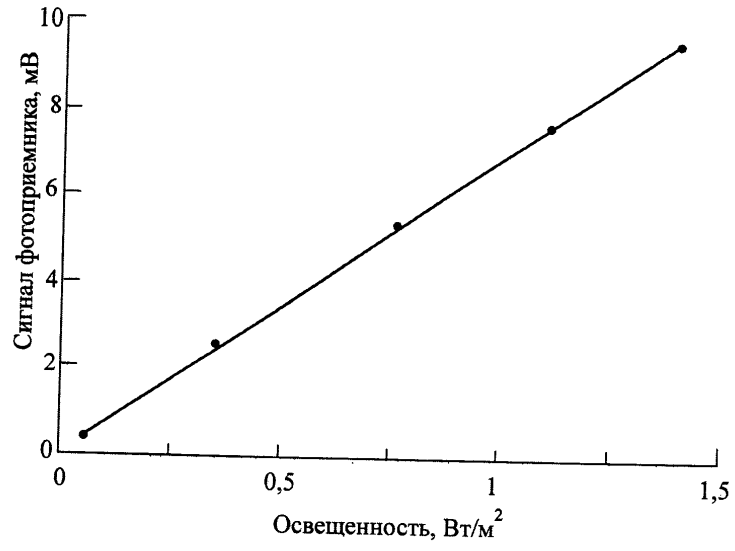


Фиг. 2.

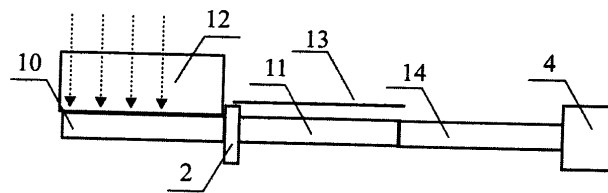
1

2

Дозиметр ультрафиолетового излучения



Фиг. 3.



Фиг. 4.