

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2468457

СПОСОБ УДАЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОЙ ПЛЕНКИ С ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011132755

Приоритет изобретения **03 августа 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 ноября 2012 г.**

Срок действия патента истекает **03 августа 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Симонов", is written over the printed name.





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011132755/07, 03.08.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.08.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.08.2011

(45) Опубликовано: 27.11.2012 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2319238 C2, 10.03.2008. RU 2084978 C1,
20.07.1997. RU 2084976 C1, 20.07.1997. US
4332648 A1, 01.06.1982. JP 10309516 A,
24.11.1998.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский
пр., 49, НИУ ИТМО

(72) Автор(ы):

**Вейко Вадим Павлович (RU),
Шахно Елена Аркадьевна (RU),
Мутин Тимофей Юрьевич (RU),
Самохвалов Андрей Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Санкт-
Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий, механики и
оптики" (RU)****(54) СПОСОБ УДАЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОЙ ПЛЕНКИ С ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА**

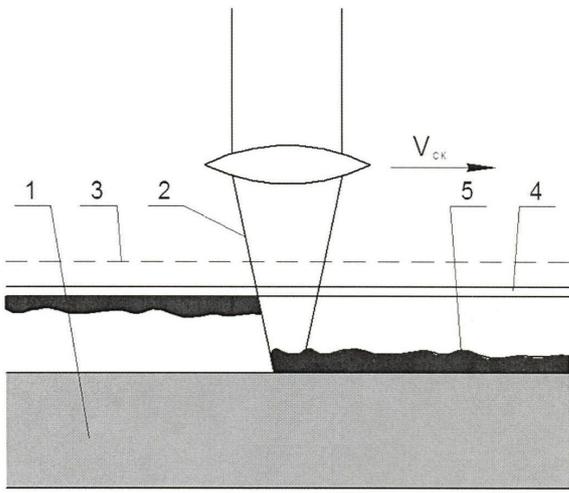
(57) Реферат:

Способ удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта относится к области обработки материалов с радиоактивным загрязнением. Способ удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта заключается в формировании пучка лазерного излучения на поверхности объекта, сканировании сформированным пучком лазерного излучения по всей загрязненной поверхности объекта через прозрачный для лазерного излучения пленочный материал, размещенный между источником лазерного излучения и загрязненной поверхностью объекта, после окончания сканирования пленочный материал удаляют. Перед сканированием между поверхностями объекта и прозрачным пленочным материалом создают постоянное электрическое поле U с помощью электрода,

такое, что энергия A_e , сообщаемая положительно заряженной частице в электрическом поле, превышает кинетическую энергию этой частицы A_k , а электрическое поле имеет обратную полярность по отношению к разлетающимся при лазерной дезактивации частицам, величина электрического поля должна превышать следующее значение:

$$U > \frac{kT}{q} \frac{L}{d},$$

где k - постоянная Больцмана, T - температура частицы, L - расстояние между обрабатываемой поверхностью и сеткой, d - расстояние между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой, q - заряд частицы. Изобретение позволяет повысить эффективность процесса удаления радиоактивной пленки. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2468457 C1

RU 2468457 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011132755/07, 03.08.2011**

(24) Effective date for property rights:
03.08.2011

Priority:

(22) Date of filing: **03.08.2011**

(45) Date of publication: **27.11.2012 Bull. 33**

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
NIU ITMO**

(72) Inventor(s):

**Vejko Vadim Pavlovich (RU),
Shakhno Elena Arkad'evna (RU),
Mutin Timofej Jur'evich (RU),
Samokhvalov Andrej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Sankt-
Peterburgskij natsional'nyj issledovatel'skij
universitet informacionnykh tekhnologij,
mekhaniki i optiki" (RU)**

(54) **METHOD FOR REMOVING RADIOACTIVE FILM FROM OBJECT SURFACE**

(57) Abstract:

FIELD: power industry.

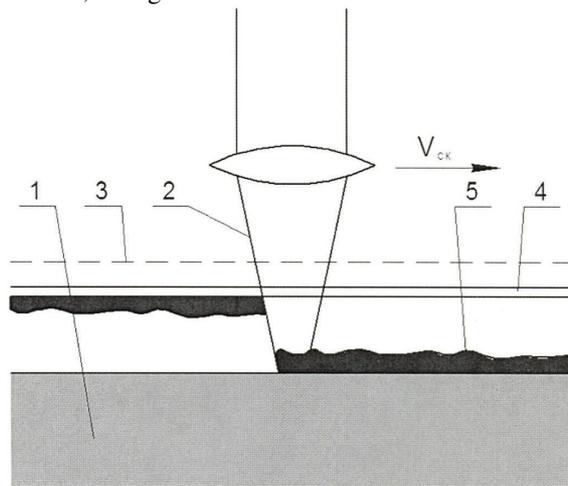
SUBSTANCE: method for removing radioactive film from object surface consists in formation of laser emission beam on object surface, scanning of dirty object surface by means of formed laser emission beam through film material that is transparent for laser emission; at that, the above film material is arranged between laser emission source and dirty surface of the object; after scanning is completed, film material is removed. Prior to scanning operation between object surfaces and transparent film material there created is constant electric field U by means of an electrode such that energy A_e transferred to positively charged particle in electric field exceeds kinetic energy A_k of that particle, and electric field has reverse polarity in relation to particles spread during laser deactivation; value of electric field shall exceed the following value:

$$U > \frac{kT L}{q d},$$

where k - Boltzmann constant, T - particle temperature, L - distance between treated surface and mesh, d - distance between treated surface and transparent adsorbing film, q - particle charge.

EFFECT: invention allows increasing the efficiency of radioactive film removal process.

2 cl, 1 dwg



RU 2 468 457 C1

RU 2 468 457 C1

Предлагаемое техническое решение относится к области обработки материалов с радиоактивным загрязнением, в частности с помощью лазера, и может быть использовано при дезактивации оборудования, поверхности которого загрязнены радионуклидами.

5 Известен способ дезактивации поверхности и устройство для дезактивации лазером поверхности (патент РФ №2084978, МПК G21F 9/28, дата приоритета 24.03.92, дата публикации 20.07.07) (1), в котором импульсный лазерный луч формируют за пределами зоны радиоактивного загрязнения, транспортируют указанный луч с помощью оптического волокна в рабочую зону лазерной дезактивационной 10 установки, находящуюся в непосредственной близости от дезактивируемой поверхности, а затем направляют лазерный луч на дезактивируемую поверхность. В рабочую зону лазерной дезактивационной установки в период работы лазера направляется специальный защитный или в соответствующем смысле активный газ. 15 Пространство рабочей зоны установки ограничивается, и в период работы лазера осуществляется откачка газа, содержащегося в этом ограниченном пространстве.

Известен также способ удаления радиоактивной пленки с поверхностей объекта (патент РФ №2212067, МПК: G21F 9/00, дата приоритета 13.12.01, дата 20 публикации 10.09.03) /2/, предусматривающий формирование пучка лазерного излучения и последующее сканирование сформированным пучком по загрязненной поверхности объекта через слой вещества, удаляющего радиоактивную пленку, в качестве вещества, удаляющего радиоактивную пленку, используют слой жидкости, потоком которой омывают загрязненные поверхности объекта. В ходе дезактивации с 25 применением известных способов /1/ и /2/ существует большая опасность радиоактивного заражения территории вне зоны обработки, так как продукты дезактивации транспортируются при помощи газа или жидкости. Объемы использованного газа или жидкости достаточно велики. Велика и возможность распространения экологически вредных продуктов очистки. Так, например, при 30 дезактивации крупногабаритного оборудования, объем жидких радиоактивных отходов может достигать нескольких тысяч кубических метров. Их обработка, обеспечивающая экологическую безопасность, трудоемка и требует значительных финансовых затрат.

35 Наиболее близким по физической сущности и достигаемому техническому результату и выбран в качестве прототипа способ удаления радиоактивной пленки с поверхностей объекта (патент РФ №2319238, МПК G21F 9/00, B23K 26/00, дата приоритета 23.08.2005, дата публикации 27.02.2007) /3/, в котором формируют пучок 40 лазерного излучения и осуществляют последующее сканирование сформированным пучком по загрязненной поверхности объекта через прозрачный для лазерного излучения пленочный материал, который перед сканированием размещают между источником лазерного излучения и загрязненной поверхностью объекта, производят сканирование по всей загрязненной поверхности объекта лазерным пучком, а после 45 окончания сканирования пленочный материал удаляют. Применение прозрачной пленки в качестве вещества, удаляющего радиоактивные загрязнения, является более эффективным, чем применение жидкости или газа /1/ и /2/, с точки зрения ограничения возможности распространения продуктов очистки и уменьшения их объема. Тем не 50 менее в ходе удаления радиоактивной пленки с поверхностей объекта часть продуктов разрушения радиоактивной пленки осаждается обратно на поверхности объекта в результате взаимного столкновения частиц разрушенной лазерным излучением радиоактивной пленки в промежутке между поверхностью объекта и прозрачной

пленкой и формирования обратного потока частиц по направлению к поверхности объекта. В результате этого полное удаление радиоактивного материала с поверхности объекта не достигается и требуется повторная обработка.

5 Решается задача повышения эффективности процесса удаления радиоактивной пленки за счет исключения осаждения материала удаленной лазерным излучением радиоактивной пленки обратно на поверхности объекта.

Поставленная задача решается за счет того, что в способе удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта, включающем формирование пучка лазерного
10 излучения и последующее сканирование сформированным пучком по загрязненной поверхности объекта через прозрачный для лазерного излучения пленочный материал, который перед сканированием размещают между источником лазерного излучения и загрязненной поверхностью объекта, затем производят сканирование по всей
15 загрязненной поверхности объекта лазерным пучком, а после окончания сканирования пленочный материал удаляют, кроме того, в способе удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта между поверхностью объекта и прозрачным пленочным материалом создают постоянное электрическое поле с
20 помощью электрода, выполненного в виде металлической сетки, размер ячеек которой меньше расстояния между сеткой и обрабатываемой поверхностью, создаваемое металлической сеткой постоянное электрическое поле такое, что энергия, сообщаемая положительно заряженной частице в электрическом поле, превышает кинетическую энергию этой частицы.

25 Кроме того, электрод выполнен в виде металлической сетки, размер ячеек которой меньше расстояния между сеткой и обрабатываемой поверхностью.

Эффективность осаждения микрочастиц на пленочном материале обеспечивается тем, что на металлическую сетку подается напряжение обратной (отрицательной) по отношению к микрочастицам полярности.

30 Создание между обрабатываемой поверхностью и прозрачной пленкой постоянного электрического поля, в частности, с применением сетки с отрицательным электрическим зарядом, значительно снижает количество частиц испаренной лазерным излучением радиоактивной пленки за счет притяжения по направлению к
35 сетке ионизированных при испарении положительно заряженных частиц, при взаимном столкновении приобретающих импульс движения по направлению к обрабатываемой поверхности. Увеличивается, таким образом, степень очистки от радиоактивного материала поверхности при ее лазерной дезактивации. Снижается
40 вероятность радиоактивного загрязнения окружающей среды и поражения персонала, занятого в процессе дезактивации. Кроме того, отпадает необходимость повторной обработки поверхности, что увеличивает производительность процесса по крайней мере, в два раза. Указанные выше преимущества позволяют значительно сократить затраты на дезактивацию оборудования.

45 В предлагаемом способе в области между прозрачной пленкой и обрабатываемой поверхностью создается постоянное электрическое поле. Осуществляется сканирование пучком лазерного излучения по загрязненной поверхности объекта через пленочный материал, который прозрачен для лазерного излучения. При этом радиоактивно зараженная пленка на обрабатываемой поверхности испаряется и
50 образующаяся плазма, состоящая из ионизированных положительно заряженных частиц и электронов, движется от обрабатываемой поверхности. В процессе движения частицы сталкиваются друг с другом и часть частиц после столкновения приобретает импульс движения по направлению к обрабатываемой поверхности. В постоянном

электрическом поле частицы приобретают дополнительный импульс движения. Для направления частиц, движущихся к обрабатываемой поверхности после столкновения, в сторону прозрачной адсорбирующей пленки необходимо, чтобы энергия A_e , сообщаемая положительно заряженной частице в электрическом поле, превышала кинетическую энергию частицы A_k , движущейся после столкновения по направлению к обрабатываемой поверхности. Энергия A_e определяется зарядом частицы q , напряженностью электрического поля в промежутке между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой E и расстоянием между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой d :

$$A_e = q E d.$$

При этом напряженность электрического поля в промежутке между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой E при заземлении объекта обработки определяется величиной напряжения на электроде U :

$$E = \frac{U}{L - h \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)},$$

где L - расстояние между обрабатываемой поверхностью и электродом, h - толщина прозрачной адсорбирующей пленки, ϵ - диэлектрическая постоянная пленки. Для

$$L \ll h E \approx \frac{U}{L}.$$

Кинетическая энергия частицы $A_k = mv^2/2$, где m - масса частицы, v - скорость ее движения. Таким образом, напряжение на сетке должно быть отрицательным по знаку и по величине соответствующим

$$U > \frac{mv_0^2 L}{2q d}.$$

Для практически всех частиц скорость движения не превышает десятикратного значения наиболее вероятной скорости $v_0 = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$, где k - постоянная Больцмана, T -

температура частицы, m - масса частицы.

Таким образом, величина напряжения на электроде превышает

$$U > \frac{kTL}{q d}.$$

Для однократно ионизованных частиц при температуре $T=3300$ К при расстоянии между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой $d=10$ мм и расстоянии между обрабатываемой поверхностью и электродом $L=15$ мм величина напряжения на сетке превышает 900 В.

После окончания сканирования лазерным излучением по всей поверхности обрабатываемого объекта, пленочный материал с осевшей на него радиоактивной пленкой удаляют из зоны обработки и помещают, например, в контейнер.

Технологически целесообразно использовать в качестве электрода металлическую сетку.

Экспериментально установлено, что при размере ячеек сетки, превышающих расстояние между сеткой и обрабатываемой поверхностью, количество собранных на пленочном материале отходов начинает снижаться за счет того, что электрическое поле между сеткой и обрабатываемой поверхностью становится существенно неоднородным и часть частиц возвращается на обрабатываемую поверхность. Для воздействия на все продукты разрушения радиоактивно зараженной пленки

электрическое поле должно быть равномерно, поэтому размер ячейки сетки не должен превышать расстояние между сеткой и обрабатываемой поверхностью.

Предлагаемый способ поясняется чертежом, где на фиг. представлена схема процесса удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта, где: 1 - обрабатываемый объект (основной материал), 2 - лазерный луч, 3 - электрод для создания постоянного электрического поля, 4 - прозрачный для лазерного излучения пленочный материал (адсорбирующий), 5 - радиоактивная пленка на загрязненной поверхности объекта, $V_{СК}$ - скорость сканирования. Стрелкой обозначено направление движения лазерного луча.

Предлагаемый способ был опробован при очистке стальных фрагментов демонтированного ядерного реактора. Был использован $\lambda=1.06$ мкм, $\tau=10$ нс, Nd:YAG-лазер.

С помощью данного лазера формируют пучок на поверхности обрабатываемого объекта. Перед сканированием лазерным пучком между источником лазерного излучения и загрязненной поверхностью обрабатываемого объекта 1 с радиоактивной пленкой 5 на расстоянии 10 мм от загрязненной поверхности размещают (приклеиванием) на подвижной каретке пленочный материал 4, в частности лавсан с клеевой основой, со стороны, обращенной к обрабатываемой поверхности, далее с внешней стороны прозрачного пленочного материала также приклеиванием на второй каретке был размещен на расстоянии 15 мм электрод, создающий постоянное электрическое поле с напряжением $U > \frac{kTL}{qd}$, где $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К - постоянная

Больцмана, $T=3300$ К - температура частицы, $L=15$ мм - расстояние между обрабатываемой поверхностью и сеткой, $d=10$ мм - расстояние между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой, $q=7,5 \cdot 10^{-17}$ Кл - заряд частицы. Электрод выполнен в виде латунной сетки, толщина проволоки сетки составляла 0,4 мм, размер ячейки 1 мм, отсюда $U > 900$ В. На сетку было подано постоянное напряжение -1000 В, что соответствует расчетному условию для данных условий сканирования. Обрабатываемый объект был заземлен.

Интенсивность лазерного излучения на поверхности обрабатываемого объекта составляла 100 МВт/см². Размер пятна лазерного излучения на поверхности объекта составлял 6 мм². В процессе сканирования радиоактивная пленка 5 испарялась, образуя плазму, которая под действием электрического поля, создаваемого напряжением, подаваемым на сетку, перемещалась в сторону пленочного материала 4 и плотно прилипла к нему, образуя на нем слой радиоактивной пленки 5. После окончания сканирования пленочный материал был удален с помощью специального перемоточного устройства и помещен в контейнер, что полностью исключает распространение экологически вредных продуктов очистки.

На основании вышеизложенного заявленная совокупность признаков позволяет решить задачу повышения эффективности процесса удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта.

Источники информации

1. Патент Российской Федерации №2084978, заявл. 24.03.92, опубл. 20.07.07, МПК⁶: G21F 9/28. «Способ дезактивации поверхности и устройство для дезактивации лазером поверхности».

2. Патент Российской Федерации №2212067, заявл. 13.12.01, опубл. 10.09.03, МПК⁷: G21F 9/00. «Способ удаления радиоактивной пленки с поверхностей объекта и

устройство для его осуществления».

3. Патент Российской Федерации №2319238 заявл. 23.08.2005, опубл. 27.02.2007, МПК⁷: G21F 9/00, ⁷B23K 26/00. «Способ удаления радиоактивной пленки с поверхностей объекта» - прототип.

Формула изобретения

1. Способ удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта, заключающийся в формировании пучка лазерного излучения на поверхности объекта, сканировании сформированным пучком лазерного излучения по всей загрязненной поверхности объекта через прозрачный для лазерного излучения пленочный материал, размещенный между источником лазерного излучения и загрязненной поверхностью объекта, после окончания сканирования пленочный материал удаляют, отличающийся тем, что перед сканированием между поверхностями объекта и прозрачным пленочным материалом создают постоянное электрическое поле U с помощью электрода, такое, что энергия A_e , сообщаемая положительно заряженной частице в электрическом поле, превышает кинетическую энергию этой частицы A_k , а электрическое поле имеет обратную полярность по отношению к разлетающимся при лазерной дезактивации частицам, величина электрического поля должна превышать следующее значение:

$$U > \frac{kT L}{q d},$$

где k - постоянная Больцмана, T - температура частицы, L - расстояние между обрабатываемой поверхностью и сеткой, d - расстояние между обрабатываемой поверхностью и прозрачной адсорбирующей пленкой, q - заряд частицы,

2. Способ удаления радиоактивной пленки с поверхности объекта по п.1, отличающийся тем, что электрод выполнен в виде металлической сетки, размер ячеек которой меньше расстояния между сеткой и обрабатываемой поверхностью.