



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012144624/07, 22.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.03.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
22.03.2010 NL 1037820

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2014 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 10.09.2015 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 2007057204A1, 15.03.2007. US  
2004119024A1, 24.06.2004. US 5892230A,  
06.04.1999. US 6791094A, 14.09.2001

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 22.10.2012

(86) Заявка РСТ:  
EP 2011/054372 (22.03.2011)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2011/117253 (29.09.2011)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ХАНФАУГ Рабах (NL)

(73) Патентообладатель(и):

МЭППЕР ЛИТОГРАФИ АйПи Б.В. (NL)

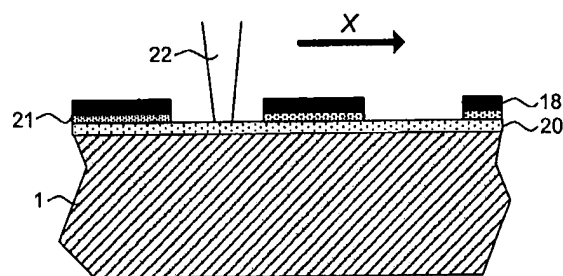
(54) СИСТЕМА ЛИТОГРАФИИ, ДАТЧИК, ЭЛЕМЕНТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И СПОСОБ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Система литографии элементарными пучками заряженных частиц для переноса шаблона на поверхность мишени содержит датчик для определения одной или нескольких характеристик одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц. Датчик содержит элемент (1) преобразователя для приема заряженных частиц (22) и генерации в ответ фотонов. Этот элемент преобразователя содержит поверхность для приема одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем эта поверхность снабжена одной или несколькими ячейками для оценивания одного или нескольких

индивидуальных элементарных пучков. Каждая ячейка содержит заданный шаблон (18) блокировки из одной или нескольких структур блокировки заряженных частиц, образующих множество режущих краев в переходах между областями блокировки и областями без блокировки вдоль заданной траектории сканирования элементарных пучков по поверхности элемента преобразователя. Поверхность элемента преобразователя покрыта слоем покрытия (20), по существу проницаемым для упомянутых заряженных частиц и по существу непроницаемым для внешнего света.

Электрически проводящий слой (21) расположен между слоем покрытия и структурами блокировки. Технический результат - повышение точности датчика, измеряющего свойства элементарных пучков. 4 н. и 22 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ.2А

RU 2 562 126 C 2

RU 2 562 126 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012144624/07, 22.03.2011**(24) Effective date for property rights:  
**22.03.2011**

Priority:

(30) Convention priority:  
**22.03.2010 NL 1037820**(43) Application published: **27.04.2014** Bull. № 12(45) Date of publication: **10.09.2015** Bull. № 25(85) Commencement of national phase: **22.10.2012**(86) PCT application:  
**EP 2011/054372 (22.03.2011)**(87) PCT publication:  
**WO 2011/117253 (29.09.2011)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KhANFAUG Rabakh (NL)**

(73) Proprietor(s):

**MEhPPER LITOGRAFI AjPi B.V. (NL)**(54) **LITHOGRAPHY SYSTEM, TRANSDUCER ELEMENT AND METHOD OF FABRICATION**

(57) Abstract:

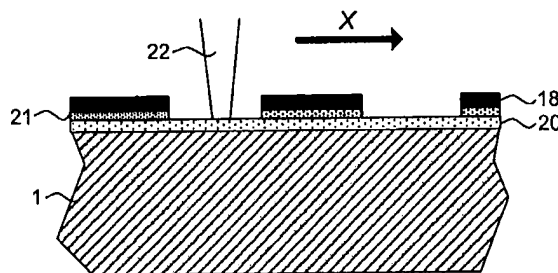
FIELD: physics.

SUBSTANCE: system of lithography by elementary particles of charged particles for transfer of pattern on target surface comprises pickup to determine several characteristics of one or several beams of charged particles. Said pickup comprises converter element (1) to receive charged particles (22) and generation of photons in response thereto. This converter element comprises the surface for reception of one or several beams of elementary beams of charged particles. Note here that said surface is provided with one or several cells for evaluation of one or several individual elementary beams. Every cell comprises preset interlocking pattern (18) of one or several interlocking structures for charged particles that make multiple cutting edges in transitions between interlocking areas and areas without interlocking along preset path of scanning of elementary beams over the converter

element surface. Converter element surface is coated with coating ply (20), in fact, permeable for said charged particles and, in fact, impermeable for external light. Electrically conducting ply (21) is arranged between coating ply and interlocking structures.

EFFECT: higher accuracy of transducer.

26 cl, 3 dwg



ФИГ.2А

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к системе литографии заряженными частицами, в частности к безмасковой системе на основе заряженных частиц, к датчику для нее, в частности, для определения свойств пучков заряженных частиц, к преобразователю для нее, а также к способу ее изготовления.

Описание предшествующего уровня техники

Системы литографии элементарными пучками заряженных частиц используют множество элементарных пучков заряженных частиц для переноса шаблона (рисунка) на поверхность мишени. Эти элементарные пучки могут записывать шаблон посредством сканирования на поверхность мишени, в то время как их траектория может управляемым образом блокироваться так, чтобы создать элементарный пучок, который может включаться или выключаться. Блокировка может устанавливаться посредством электростатического отклонения элементарных пучков на блокирующей поверхности. Дополнительно, или альтернативно, размер и форма элементарных пучков может подгоняться вдоль этой траектории. Отклонение, придание формы и/или подгонка размера могут выполняться посредством одного или нескольких электронных оптических компонентов, подобных, например, матрице отверстий, матрице электростатических дефлекторов и/или ограничителей элементарных пучков. Для переноса шаблона (нанесения рисунка) на поверхность мишени управляемая блокировка элементарных пучков в комбинации с их перемещением по поверхности мишени выполняется в соответствии с информацией о модуляции. Пример системы литографии множеством элементарных пучков заряженных частиц описан в патенте США № 6958804, описание которого включено сюда посредством ссылки в полном объеме.

Такие литографические системы могут иметь очень большое количество элементарных пучков, т.е. порядка 10000 или выше, например 13000. Будущие проекты даже предусматривают количества порядка 1000000 элементарных пучков. Общей целью для текущих систем литографии элементарными пучками является способность переноса шаблона на поверхность мишени в высоком разрешении с некоторыми приложениями, способными формировать изображения шаблонов с критическим размером кармана с размерами элементов менее 100 нм.

Для такого случая множества элементарных пучков для коммерческой жизнеспособности систем литографии высокого разрешения является важным, чтобы положение каждого из элементарных пучков заряженных частиц было точно известным и управляемым. Кроме того, знание и управление размером пятна и формой и интенсивностью элементарных пучков на поверхности мишени также является важным. Из-за различных обстоятельств, таких как допуски изготовления и температурный дрейф, характеристики таких пучков могут, однако, отклоняться от их ожидаемых и желаемых характеристик, что может сделать эти отклоняющиеся пучки неработоспособными для точного нанесения шаблона.

Такие отклонения могут включать в себя среди прочего отклонение по положению, отклонение по размеру пятна, экспонированного на поверхность мишени, и/или отклонение по интенсивности пучков. Отклоняющиеся элементарные пучки могут сильно влиять на качество шаблона, подлежащего записи. Следовательно, желательно детектировать такие отклонения таким образом, чтобы можно было принять корректирующие меры.

В известных системах литографии положение каждого элементарного пучка определяется посредством частого измерения положения элементарного пучка. Зная положение элементарного пучка, можно сместить этот элементарный пучок в

правильное положение. Для точной записи является выгодным определение положения элементарного пучка в пределах расстояния порядка нескольких нанометров.

Известные способы калибровки положения элементарных пучков обычно содержат по меньшей мере три этапа: этап измерения, на котором измеряется положение элементарного пучка, этап вычисления, на котором измеренное положение элементарного пучка сравнивается с желаемым ожидаемым положением этого элементарного пучка, и этап компенсации, на котором компенсируется разница между измеренным положением и желаемым положением. Компенсация может осуществляться либо в программном обеспечении, либо в аппаратном обеспечении системы литографии.

В усовершенствованных системах литографии элементарными пучками заряженных частиц, кроме управления положением, также может быть важным управление размером пятна элементарного пучка. Желаемые технические требования для измерений размера пятна включают в себя определение размеров пятна элементарных пучков в диапазоне от 30 нм до 150 нм; точность измерений размера пятна со значением 3 сигма, меньшим 5 нм; и воспроизводимость таких измерений размеров пятна в пределах единственного датчика со значением 3 сигма, меньшим 5 нм.

Желательно определять характеристики, подобные положению элементарного пучка и/или размеру пятна элементарного пучка во время работы системы литографии для осуществления возможности ранней калибровки положения и/или размера пятна для улучшения точности нанесения шаблона на поверхности мишени. Для ограничения негативного влияния на производительность, т.е. число поверхностей мишеней, на которые могут быть нанесены шаблоны в пределах заданного периода времени, желательно, чтобы способ измерения этих характеристик элементарных пучков заряженных частиц мог осуществляться в пределах ограниченного периода времени без ухудшения точности.

Датчик для измерения свойств большого числа элементарных пучков заряженных частиц, в частности для элементарных пучков заряженных частиц, используемых в системах литографии, описан в опубликованной патентной заявке США 2007/057204, права на которую принадлежат заявителю по данной заявке, содержание которой включено сюда посредством ссылки в своей полноте.

Патентная заявка США 2007/057204 описывает датчик и способ, в котором элементарные пучки заряженных частиц преобразуются в световые лучи, с использованием элемента преобразователя, такого как люминесцентный экран или легированный YAG материал. Затем световые лучи детектируются посредством матрицы из светочувствительных детекторов, таких как диоды, CCD или CMOS устройства. Относительно быстрое измерение может быть достигнуто посредством считывания большого числа светочувствительных детекторов в единственной операции. Кроме того, структура датчиков, в частности матрица фотодетекторов, дает возможность осуществить очень малый шаг с многообразием пучков, подлежащих измерению, без необходимости чрезмерно больших структурных мер в области части сцены системы литографии.

Однако ввиду непрерывно возрастающих запросов индустрии, касающихся малых размеров без потери производительности, существует необходимость в обеспечении еще более точных устройств и способов для измерения свойств элементарных пучков в системах литографии, в частности в литографических машинах, содержащих большое число элементарных пучков заряженных частиц, которые проектируются для обеспечения высокой производительности.

Раскрытие изобретения

Задачей изобретения является обеспечение более точного датчика, подходящего для использования в системе литографии заряженными частицами с усовершенствованным разрешением. Для этой цели изобретение обеспечивает систему литографии элементарными пучками заряженных частиц для переноса шаблона на поверхность мишени, содержащую датчик для определения одной или нескольких характеристик одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем датчик содержит элемент преобразователя для приема заряженных частиц и генерации в ответ фотонов, причем элемент преобразователя содержит поверхность для приема одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем эта поверхность снабжена одной или несколькими ячейками для оценивания одного или нескольких индивидуальных элементарных пучков, причем каждая ячейка содержит заданный шаблон блокировки из одной или нескольких структур блокировки заряженных частиц, образующих множество режущих (острых) краев в переходах между областями блокировки и областями без блокировки вдоль заданной траектории сканирования элементарными пучками по поверхности элемента преобразователя, причем поверхность элемента преобразователя покрыта слоем покрытия, по существу проницаемым для заряженных частиц и по существу непроницаемым для внешнего света, при этом этот датчик дополнительно содержит электрически проводящий слой между слоем покрытия и структурами блокировки.

Слой покрытия дает возможность датчику реагировать более однородным образом на прием заряженных частиц на значительной площади поверхности элемента преобразователя, например на площади около  $3 \times 3 \text{ мм}^2$ . Слой покрытия устраняет локальное влияние внешнего света, например фонового излучения и т.п. В результате множество элементарных пучков может считываться одновременно с высоким разрешением. Соответствующие материалы для использования в покрывающем слое включают в себя титан (Ti) и алюминий (Al).

Структуры блокировки обычно содержат тяжелый металл, подобный вольфраму (W), и обеспечение таких структур поверх подложки обычно включает в себя одну или несколько стадий травления. Материал, используемый для электрически проводящего слоя, предпочтительно имеет высокую избирательность для таких стадий травления. Подходящим материалом, который может быть включен в материал, образующий электрически проводящий слой, является хром (Cr). Преимущество использования Cr состоит в том, что он может быть осажден таким же образом, как Ti, так что он может применяться без значительных дополнительных усилий или трудностей.

В некотором варианте осуществления данное изобретение относится к способу изготовления элемента преобразователя для избирательного преобразования падающих заряженных частиц в фотоны. Этот способ содержит: обеспечение подложки, содержащей материал преобразования для преобразования заряженных частиц в фотоны; последовательное покрытие этой подложки первым слоем, содержащим электрически проводящий материал, вторым слоем, содержащим материал остановки травления, и третьим слоем, содержащим третий материал; обеспечение слоя резиста поверх упомянутого третьего слоя; получение шаблона и проявление слоя резиста таким образом, чтобы сформировать первый заданный шаблон, и травление проявленного слоя резиста, пока не будет экспонирован третий слой; покрытие экспонированного третьего слоя четвертым слоем, содержащим дополнительный материал остановки травления; отслоение проявленного резиста таким образом, что третий слой экспонируется в соответствии со вторым заданным шаблоном; травление третьего слоя в соответствии со вторым заданным шаблоном, пока не будет

экспонирован второй слой; и травление четвертого слоя, а также второго слоя в соответствии со вторым заданным шаблоном, пока не будет экспонирован первый слой.

Краткое описание чертежей

5 Особенности и преимущества данного изобретения будут пояснены со ссылкой на следующие чертежи, на которых:

Фиг. 1 схематично показывает концепцию датчика, использующего подложку, преобразующую заряженные частицы в фотоны;

10 Фиг. 2А схематично показывает поперечное сечение элемента преобразователя, снабженного структурой блокировки;

Фиг. 2В представляет график, показывающий переданную интенсивность как функцию положения для структуры блокировки на фиг. 2А;

Фиг. 2С схематично показывает проблему, ассоциированную с грубостью линии края;

15 Фиг. 3А-3Н схематично показывают различные этапы способа изготовления элемента преобразователя.

Осуществление изобретения

Нижеследующее является описанием некоторых вариантов осуществления данного изобретения, данных только в качестве примера и со ссылкой на чертежи.

20 Фиг. 1 схематично показывает работу датчика для определения одной или нескольких характеристик пучков частиц, в частности одной или нескольких характеристик элементарных пучков заряженных частиц. Этот датчик содержит элемент 1 преобразователя и приемник 5 фотонов. Этот элемент преобразователя снабжен шаблоном, содержащим области 8 блокировки заряженных частиц и области 7 пропускания заряженных частиц, далее называемые областями без блокировки. Элемент 25 1 преобразователя выполнен с возможностью приема заряженных частиц 2 и генерации в ответ фотонов 3. Фотоны 3 могут быть направлены по направлению к приемнику 5 фотонов посредством оптической системы 11. Приемник 5 фотонов коммуникативно связан с блоком вычисления, например компьютером 13, для определения одной или 30 нескольких характеристик заряженных частиц 2.

Элемент 1 преобразователя может принимать форму люминесцентного элемента, например люминесцентного экрана, или сцинтиллирующего элемента, например подложки из материала, легированного алюмоиттриевым гранатом (YAG). Далее, варианты осуществления данного изобретения будут описаны с YAG-экраном, 35 используемым в качестве элемента 1 преобразователя, где YAG-экран может называться YAG 1.

Приемник 5 фотонов может включать в себя любой подходящий светочувствительный детектор, такой как множество диодов, камеры прибора с зарядовой связью (CCD) или камеры комплементарной структуры металл-оксид-полупроводник (CMOS). Далее, 40 приемник 5 фотонов может называться камерой 5.

Кроме того, хотя варианты осуществления данного изобретения могут использоваться для любого типа (заряженных) частиц или световых лучей 2, далее варианты осуществления данного изобретения будут обсуждаться со ссылкой на электроны.

45 В устройствах на основе элементарных пучков электронов, где размер элементарных пучков находится в нанометровом диапазоне, например в электронных микроскопах, устройствах литографии электронными пучками и генераторах шаблонов электронных пучков, прямое наблюдение фотонов, создаваемых посредством преобразования элементом 1 преобразователя, является недостаточным для осуществления возможности

определения таких характеристик, как положение элементарного пучка электронов, поскольку их разрешение ограничено длиной волны элемента 1 преобразователя.

Для улучшения точности элементарный пучок электронов может сканироваться по структуре блокировки электронов, снабженной острыми краями, далее называемыми «режущими краями». Пример датчика, использующего элемент преобразователя, снабженный режущими краями, описан в заявке на патент США 2007/057204.

Фиг. 2А схематично показывает поперечное сечение YAG 1, содержащего принимающую элементарный пучок электронов поверхность, снабженную структурой блокировки электронов. Эта структура блокировки электронов содержит области блокировки электронов, снабженные слоем 18, способным блокировать электроны. Слой 18 блокировки может быть металлический слой. Подходящим металлом для блокировки электронов является вольфрам. Между областями блокировки находятся области без блокировки. Пучок 22 электронов, падающий на область без блокировки структуры блокировки электронов, фактически падает на поверхность YAG 1 или покрытие поверхности YAG.

В пределах частей, предназначенных для блокировки электронов, кроме слоя 18 блокировки, присутствует дополнительный слой 21. Дополнительный слой 21 предназначен для увеличения однородности слоя 18 блокировки. Дополнительным слоем 21 может быть металлический слой. Примером особенно подходящего материала для использования в дополнительном слое 21 является хром.

YAG 1 может быть покрыт слоем 20 покрытия. Слой 20 покрытия может быть металлический слой для блокировки фонового излучения. Слой 20 покрытия является, с одной стороны, по существу проницаемым для заряженных частиц, с другой стороны, в то же время являясь непроницаемым для внешнего света. По этой причине толщина покрывающего слоя 20 является достаточной для установления обеих функций. Подходящие материалы для покрывающего слоя 20 включают в себя алюминий и титан.

Как отмечалось ранее, для определения одной или нескольких характеристик электронного пучка 22, электронный пучок 22 может сканироваться по структуре блокировки, обеспеченной на YAG 1 (на фиг. 2А в направлении, обозначенном как X-направление). В ответ фотоны, сгенерированные в пределах YAG 1, могут детектироваться камерой. Примерный результат такого действия сканирования и детектирования схематично изображен на фиг. 2В.

Фиг. 2В показывает график, представляющий интенсивность света, излученного элементом 1 преобразователя, как функцию от x-положения электронного пучка 22 на поверхности элемента 1 преобразователя. Максимальная реакция наблюдается, когда электронный пучок 22 целиком расположен в области без блокировки, а минимум света генерируется, если электронный пучок 22 расположен целиком поверх области блокировки. Пересечение режущего края приводит к резкому изменению интенсивности света.

В некоторых вариантах осуществления для обеспечения надежной обработки результатов измерений уровни интенсивности, превышающие более высокое пороговое значение  $T_H$ , обеспечиваются в качестве значений сигналов высокого уровня для процессора. Аналогично, детектируемые уровни интенсивности ниже более низкого порогового значения  $T_L$  могут обеспечиваться в качестве значений сигналов низкого уровня. Использование пороговых значений  $T_H$ ,  $T_L$  может дать возможность осуществить использование цифровой обработки.

После сканирования электронного пучка в заданном направлении элементарный



пучок электронов может столкнуться с двумя типами ситуаций при пересечении режущего края. В первой ситуации элементарный пучок испытывает переход от области блокировки к области без блокировки. Во второй ситуации элементарный пучок испытывает переход от области без блокировки к области блокировки.

- 5 Режущие края, встреченные во время перехода, который соответствует первой ситуации, могут быть названы режущими краями первого типа. Аналогично, режущие края, встреченные во время перехода, который соответствует второй ситуации, могут быть названы режущими краями второго типа. Тип режущего края, таким образом, зависит от направления сканирования элементарного пучка, подлежащего измерению.
- 10 Если упоминаются «режущие края одинакового типа», это означает, что все упомянутые режущие края относятся либо к режущим краям первого типа, либо к режущим краям второго типа.

- Зная шаблон режущих краев обеспеченного на принимающей электроны поверхности элемента преобразователя, можно определить одну или несколько характеристик
- 15 элементарного пучка. Характеристики, которые могут быть измерены посредством использования датчика, описанного со ссылкой на фиг. 1, и шаблона режущих краев, описанного со ссылкой на фиг. 2А, включают в себя положение элементарного пучка и размер пятна элементарного пучка, где размер пятна относится к размеру элементарного пучка электронов на поверхности элемента 1 преобразователя.

- 20 Например, положение элементарного пучка может быть измерено посредством сканирования этого элементарного пучка по поверхности элемента преобразователя в х-направлении и измерения положения, в котором интенсивность света, излученного элементом преобразователя, изменяется от максимального до минимального значения или от минимального до максимального значения, как показано на фиг. 2В. Например,
- 25 когда интенсивность изменяется от максимального до минимального значения, это указывает, что этот элементарный пучок сканируется через режущий край, переходя от области без блокировки к области блокировки в х-направлении. Однако здесь может быть неопределенность относительно того, на каком режущем крае размещен этот элементарный пучок.

- 30 Размер элементарного пучка может быть определен, например, посредством измерения расстояния между точкой, в которой интенсивность начинает уменьшаться от максимального значения, и точкой, в которой интенсивность достигает минимального значения, когда элементарный пучок сканируется через режущий край. Это указывает расстояние, на котором элементарный пучок является частично заблокированным и
- 35 частично не заблокированным. Аналогично, размер элементарного пучка может быть определен посредством измерения времени между считыванием максимальной интенсивности и считыванием минимальной интенсивности, когда элементарный пучок сканируется через режущий край, и умножения на скорость сканирования элементарного пучка. Эти измерения могут также выполняться на противоположном режущем крае,
- 40 когда элементарный пучок перемещается с переходом от минимальной до максимальной интенсивности.

- Отметим, что измерение, показанное на фиг. 2В, и обсуждение измерений положения элементарного пучка и размера элементарного пучка относятся к элементарному пучку, имеющему размеры, которые являются меньшими, чем ширина соответствующих
- 45 областей блокировки и областей без блокировки. Эти размеры и ширина предпочтительно взяты вдоль направления, параллельного используемому направлению сканирования.

Во многих приложениях единственный режущий край не является подходящим для

получения характеристик элементарного пучка с достаточной точностью. В частности, так называемая грубость линии края (LER) режущего края может ограничивать точность измерений элементарного пучка. Фиг. 2D схематично показывает проблему, связанную с LER. На фиг. 2D датчик выполнен с возможностью детектирования интенсивности элементарного пучка, перемещаемого через режущий край 31, разделяющий область 33 блокировки электронов и область 34 без блокировки электронов. Режущий край 31 спроектирован, чтобы иметь ориентацию и форму, обозначенную пунктирной линией 32.

Если  $x$ -положение элементарного пучка детектируется в предположении, что он следует по траектории А через режущий край 31 от области 33 блокировки по направлению к области 34 без блокировки, в то время как в реальности он следует по траектории В, то положение элементарного пучка в направлении сканирования должно быть одним и тем же для обеих траекторий. В конце концов обе траектории пересекают пунктирную линию 32 в одном и том же  $x$ -положении. Однако, как можно легко видеть на фиг. 2D, из-за грубости линии края режущего края 31 измеренное  $x$ -положение элементарного пучка для траектории А будет отличаться от измеренного  $x$ -положения для траектории В. В этом примере определение  $x$ -положения на основе пересечения единственного режущего края 31 обеспечивает неточный результат.

Фиг. 3А-3Н схематично показывают различные этапы способа изготовления элемента преобразователя, например элемента преобразователя, обсуждаемого со ссылкой на фиг. 2А. Этот элемент преобразователя выполнен с возможностью избирательного преобразования падающих заряженных частиц в фотоны.

Сначала, как показано на фиг. 3А, обеспечивается подложка 101 для поддержки следующих слоев датчика. В данном описании комбинация подложки 101 и структур, примененных на ней, называется элементом преобразователя. Подложка 101 содержит материал преобразования для преобразования заряженных частиц в фотоны. Таким материалом преобразования может быть сцинтиллирующий материал. В частности, для приложений, где в качестве заряженных частиц используются электроны, подходящим сцинтиллирующим материалом может быть материал, содержащий алюмоиттриевый гранат (YAG).

Затем, как показано на фиг. 3В, сторона поверхности подложки 101, выполненная для приема заряженных частиц, покрывается одним или несколькими слоями, которые обычно являются металлическими слоями. Эти слои содержат первый слой 103, содержащий электрически проводящий материал. Первый слой 103 является по существу непроницаемым для внешнего света, а именно этот слой выполнен с возможностью блокировки фонового излучения. Такой слой блокировки фонового света улучшает качество датчика посредством предотвращения интерференции фонового света со светом, генерируемым элементом преобразователя. Первый слой 103 дополнительно является по существу проницаемым для элементарных пучков заряженных частиц. По этой причине первый слой 103 обычно имеет толщину в пределах диапазона от около 30 до около 80 нм. Подходящие материалы для первого металла включают в себя титан и алюминий, причем Ti является предпочтительным как менее склонный к окислению со временем и, следовательно, более проводящий для поддержания постоянной однородности поверхности упомянутого слоя.

Кроме того, эти слои содержат второй слой 104, содержащий второй материал. Этим вторым материалом является материал остановки травления, который предназначен для остановки процесса травления, предпочтительно, для обоих процессов влажного травления и сухого травления. Использование второго слоя может привести к

улучшению качества травления, в частности, если этот материал имеет высокую чувствительность травления. Второй слой может быть особенно полезен для реализации более острых краев. Подходящим материалом для второго металла является хром.

Эти слои далее содержат третий слой 105, содержащий третий материал. Этот третий материал предназначен для блокировки элементарных пучков заряженных частиц. Подходящим материалом для третьего материала является материал, который блокирует заряженные частицы, а также внешний свет и в то же время имеет ограниченную толщину слоя. Подходящим материалом для него является вольфрам, и в этом случае подходящая толщина может находиться в пределах диапазона от 50 до 500 нм. Такая толщина является достаточной для достаточной блокировки поступающих заряженных частиц. С другой стороны, такая толщина оказывает незначительное влияние на эффекты, подобные дефокусировке и грубости края.

Поверх этого числа слоев 103, 104, 105 обеспечен слой 107 резиста. Как схематично показано на фиг. 3С, слоем 107 резиста может быть единственный слой резиста или, альтернативно, двойной слой резиста, содержащий верхний слой 107а и нижний слой 107b соответственно. Далее упоминается единственный слой 107 резиста.

Слой 107 резиста затем записывается в соответствии с первым заданным шаблоном. После записи слой 107 резиста подвергается стадиям проявления и травления способом, общеизвестным в данной области техники. Травление выполняется, пока третий слой 105 не экспонируется. Примерный конечный результат записи, проявления и травления слоя 107 резиста схематично показан на фиг. 3D.

После травления экспонированный третий слой 105 покрывается четвертым слоем 109, например, посредством напыления, как схематично показано на фиг. 3Е. Обычно четвертым слоем 109 является металлический слой. Четвертый слой 109 может служить в качестве слоя остановки травления и может улучшить качество травления. Слой 109 может содержать тот же материал, что используется во втором слое 104, например хром.

После нанесения четвертого слоя 109 развитое сопротивление удаляется посредством отслаивания таким образом, что третий слой 105 экспонируется в соответствии со вторым заданным шаблоном, как схематично показано на фиг. 3F. Вторым заданным шаблоном является инверсия первого заданного шаблона.

Впоследствии экспонированный третий слой 105 протравливается в соответствии со вторым заданным шаблоном, пока второй слой 104 не будет экспонирован. Схематичное изображение элемента преобразователя на этой стадии процесса изготовления показано на фиг. 3G.

Наконец, как схематично показано на фиг. 3H, четвертый слой 109, а также второй слой 104 в соответствии со вторым заданным шаблоном удаляются, пока последний слой 103 не будет экспонирован. Удаление может быть выполнено способами, известными в данной области техники, например травлением.

Результирующий элемент преобразователя подобен элементу преобразователя, описанному со ссылкой на фиг. 2А. Когда способ фиг. 3А-3Н используется для изготовления элемента преобразователя фиг. 2А, подложка 1 и слои 18, 20 и 21 на фиг. 2А соответствуют подложке 101 и слоям 105, 103 и 104 соответственно.

Настоящее изобретение описано выше со ссылкой на некоторые описанные варианты осуществления. Ясно, что эти варианты осуществления допускают различные модификации и альтернативные формы, хорошо известные специалистам в данной области техники. Дальнейшие модификации в дополнение к модификациям, описанным выше, могут быть сделаны для описанных структур и способов без отклонения от

сущности и объема данного изобретения. Соответственно, хотя были описаны конкретные варианты осуществления, они являются лишь примерами, а не ограничивают объем данного изобретения, который определяется приложенной формулой изобретения.

#### Формула изобретения

1. Система литографии элементарными пучками заряженных частиц для переноса шаблона на поверхность мишени, содержащая датчик для определения одной или нескольких характеристик одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем датчик содержит элемент преобразователя для приема заряженных частиц и генерации в ответ фотонов, причем элемент преобразователя содержит поверхность для приема одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем эта поверхность снабжена одной или несколькими ячейками для оценивания одного или нескольких индивидуальных элементарных пучков, причем каждая ячейка содержит заданный шаблон блокировки из одной или нескольких структур блокировки заряженных частиц, образующих множество режущих краев в переходах между областями блокировки и областями без блокировки вдоль заданной траектории сканирования элементарных пучков по поверхности элемента преобразователя, при этом электрически проводящий слой расположен между поверхностью элемента преобразователя и структурами блокировки, причем проводящий слой является по существу подобным по форме и размеру размерам структур блокировки в плоскости, по существу параллельной поверхности элемента преобразователя.

2. Система по п. 1, в которой датчик приспособлен для определения одной или нескольких характеристик множества элементарных пучков заряженных частиц для каждого из этих элементарных пучков параллельно посредством одновременной генерации сигнала в ответ на прием каждого из множества элементарных пучков заряженных частиц.

3. Система по п. 1 или 2, в которой проводящий слой содержит хром.

4. Система по п. 1 или 2, в которой структуры блокировки содержат вольфрам.

5. Система по п. 1 или 2, в которой элемент преобразователя содержит сцинтиллирующий материал.

6. Система по п. 5, в которой сцинтиллирующий материал содержит алюмоиттриевый гранат.

7. Система по п. 1, в которой поверхность элемента преобразователя покрыта слоем покрытия, по существу проницаемым для упомянутых заряженных частиц и по существу непроницаемым для внешнего света, и электрически проводящий слой расположен между этим слоем покрытия и структурами блокировки.

8. Система по п. 7, в которой слой покрытия содержит титан.

9. Система по п. 1 или 2, в которой элементарными пучками заряженных частиц являются элементарные пучки электронов.

10. Система по п. 1 или 2, в которой датчик дополнительно содержит:  
приемник фотонов для приема фотонов, генерируемых упомянутым элементом преобразователя; и

блок управления для приема сигналов от приемника фотонов и для определения одной или нескольких характеристик одного или нескольких элементарных пучков на основе упомянутых сигналов.

11. Система по п. 1 или 2, дополнительно содержащая:

генератор элементарных пучков для генерации множества элементарных пучков

заряженных частиц;

систему модуляции для модуляции элементарных пучков заряженных частиц в соответствии с шаблоном, подлежащим переносу;

5 электронно-оптическую систему для фокусировки модулированных элементарных пучков на поверхность мишени;

систему отклонения для отклонения сфокусированных элементарных пучков по поверхности либо мишени, либо датчика.

12. Датчик для генерации сигнала в ответ на его экспонирование пучком заряженных частиц, причем датчик содержит элемент преобразователя для приема заряженных  
10 частиц и генерации в ответ фотонов, причем элемент преобразователя содержит поверхность для приема одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем эта поверхность снабжена одной или несколькими ячейками для оценивания одного или нескольких индивидуальных элементарных пучков, причем каждая ячейка содержит заданный шаблон блокировки из одной или нескольких  
15 структур блокировки заряженных частиц, образующих множество режущих краев в переходах между областями блокировки и областями без блокировки вдоль заданной траектории сканирования элементарных пучков по поверхности элемента преобразователя, при этом электрически проводящий слой расположен между поверхностью элемента преобразователя и структурами блокировки, причем  
20 проводящий слой является по существу подобным по форме и размеру размерам структур блокировки в плоскости, по существу параллельной поверхности элемента преобразователя, причем датчик дополнительно содержит приемник фотонов, ассоциированный с элементом преобразователя, для генерации сигнала на основе фотонов, генерируемых элементом преобразователя.

25 13. Датчик по п. 12, в котором упомянутая поверхность элемента преобразователя покрыта слоем покрытия, по существу проницаемым для упомянутых заряженных частиц, и по существу непроницаемым для внешнего света, и электрически проводящий слой расположен между слоем покрытия и структурами блокировки.

14. Датчик по п. 12 или 13, в котором приемник фотонов выполнен с возможностью  
30 формирования информации о приеме на основе фотонов, генерируемых элементом преобразователя, причем датчик дополнительно содержит блок управления для приема этой информации о приеме от приемника фотонов, и определения характеристики множества элементарных пучков заряженных частиц на основе этой информации о приеме.

35 15. Элемент преобразователя для приема заряженных частиц и генерации в ответ фотонов, для использования в датчике для считывания характеристики множества элементарных пучков заряженных частиц, причем элемент преобразователя содержит поверхность для приема одного или нескольких элементарных пучков заряженных частиц, причем эта поверхность снабжена одной или несколькими ячейками для  
40 оценивания одного или нескольких индивидуальных элементарных пучков, причем каждая ячейка содержит заданный шаблон блокировки из одной или нескольких структур блокировки заряженных частиц, образующих множество режущих краев в переходах между областями блокировки и областями без блокировки вдоль заданной траектории сканирования элементарных пучков по поверхности элемента преобразователя, при этом электрически проводящий слой расположен между  
45 поверхностью элемента преобразователя и структурами блокировки, причем проводящий слой является по существу подобным по форме и размеру размерам структур блокировки в плоскости, по существу параллельной поверхности элемента

преобразователя.

16. Элемент преобразователя по п. 15, в котором упомянутая поверхность элемента преобразователя покрыта слоем покрытия, по существу проницаемым для упомянутых заряженных частиц и по существу непроницаемым для внешнего света, и электрически проводящий слой расположен между слоем покрытия и структурами блокировки.

17. Способ изготовления элемента преобразователя, выполненного для избирательного преобразования падающих заряженных частиц в фотоны, причем способ содержит:

обеспечение подложки, содержащей материал преобразования для преобразования заряженных частиц в фотоны;

последовательное покрытие подложки вторым слоем, содержащим материал остановки травления, и третьим слоем, содержащим третий материал;

обеспечение слоя резиста поверх упомянутого третьего слоя;

нанесение шаблона и проявление слоя резиста таким образом, чтобы сформировать первый заданный шаблон, и травление проявленного слоя резиста, пока не будет экспонирован третий слой;

покрытие экспонированного третьего слоя четвертым слоем, содержащим дополнительный материал остановки травления;

отслаивание проявленного резиста таким образом, что третий слой экспонируется в соответствии со вторым заданным шаблоном, причем второй заданный шаблон является инверсией первого заданного шаблона;

травление третьего слоя в соответствии со вторым заданным шаблоном, пока не будет экспонирован второй слой;

травление четвертого слоя, так же как второго слоя, в соответствии со вторым заданным шаблоном, пока не будет экспонирована подложка.

18. Способ по п. 17, в котором перед покрытием подложки вторым слоем способ включает в себя покрытие подложки первым слоем, содержащим электрически проводящий материал, при этом травление четвертого слоя, так же как второго слоя, в соответствии со вторым заданным шаблоном выполняется, пока не будет экспонирован первый слой.

19. Способ по п. 18, в котором упомянутый первый слой является по существу непроницаемым для внешнего света и по существу проницаемым для элементарных пучков заряженных частиц.

20. Способ по п. 17 или 18, в котором материал остановки травления второго слоя и дополнительный материал остановки травления четвертого слоя являются одинаковыми.

21. Способ по п. 17 или 18, в котором по меньшей мере один из материала остановки травления и дополнительного материала остановки травления содержит хром.

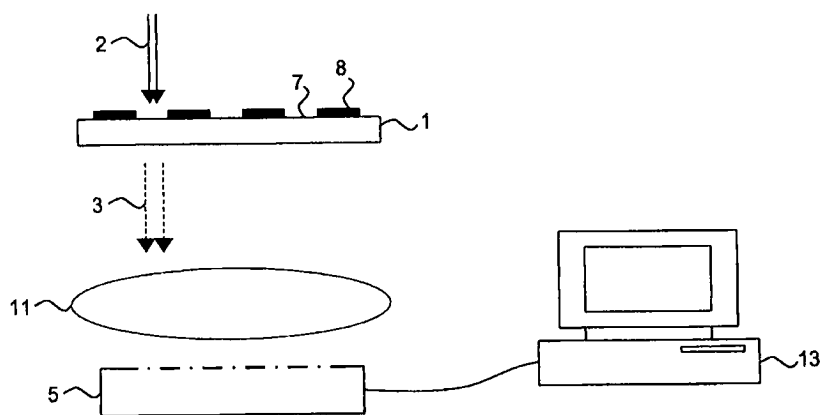
22. Способ по п. 18, в котором электрически проводящий материал первого слоя содержит по меньшей мере один из титана и алюминия.

23. Способ по п. 17 или 18, в котором материал третьего слоя имеет высокую чувствительность как к влажному, так и к сухому травлению.

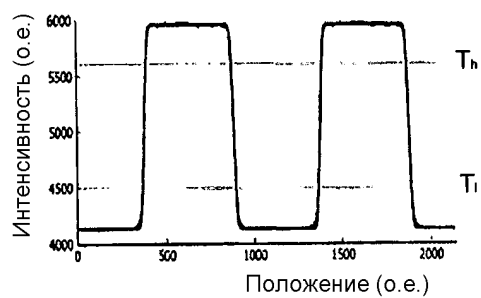
24. Способ по п. 17 или 18, в котором третий материал содержит вольфрам.

25. Способ по п. 17 или 18, в котором материал преобразования подложки содержит сцинтиллирующий материал.

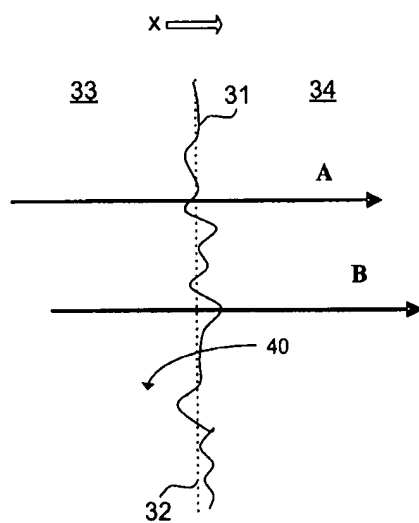
26. Способ по п. 25, в котором сцинтиллирующий материал содержит алюмоиттриевый гранат.



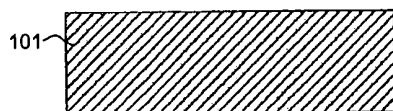
ФИГ.1



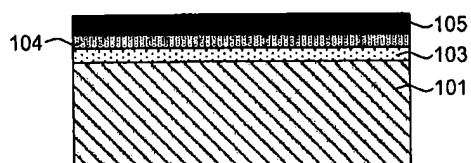
ФИГ.2В



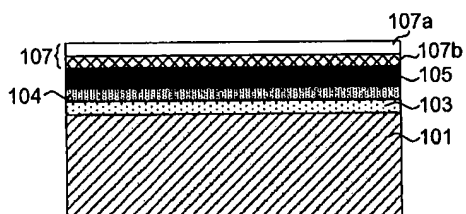
ФИГ.2С



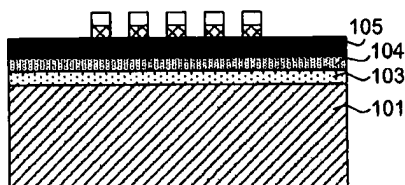
ФИГ.3А



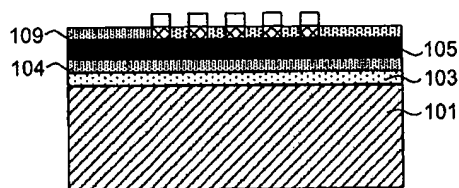
ФИГ.3В



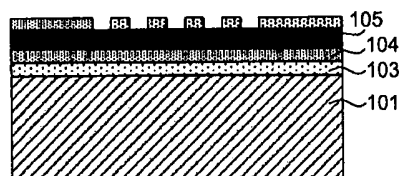
ФИГ.3С



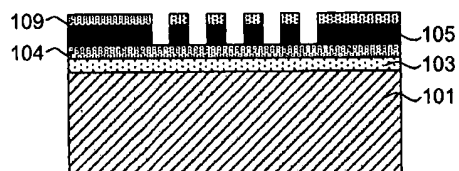
ФИГ.3D



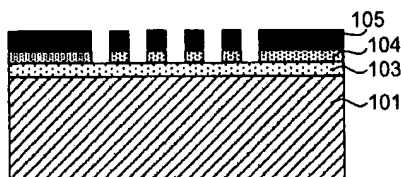
ФИГ.3Е



ФИГ.3F



ФИГ.3G



ФИГ.3H