



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C23C 16/455 (2019.02); C23C 16/54 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2017124639, 25.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.11.2015

Дата регистрации:
09.10.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
22.12.2014 FI 20140361

(43) Дата публикации заявки: 24.01.2019 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 09.10.2019 Бюл. № 28

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 24.07.2017

(86) Заявка РСТ:
FI 2015/050819 (25.11.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/102748 (30.06.2016)

Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, А/я 128, "АРС-
ПАТЕНТ", С. В. Новоселовой

(72) Автор(ы):

МАЛИНЕН, Тимо (FI),
КОСТАМО, Юхана (FI),
ЛИ, Вэй-Минь (FI),
ПИЛЬВИ, Тери (FI)

(73) Патентообладатель(и):
ПИКОСАН ОЙ (FI)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2010/0124621 A1, 20.05.2010. US
2013/0042811 A1, 21.02.2013. WO 2012/013824
A1, 02.02.2012. US 2002/0001974 A1, 03.01.2002.

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и устройству атомно-слоевого осаждения покрытия на поверхность подложки. Осуществляют последовательность атомно-слоевого осаждения, включающую по меньшей мере один цикл осаждения, причем в каждом цикле образуется монослой осажденного материала. Цикл осаждения включает доставку по меньшей мере частиц первого предшественника и частиц второго предшественника к поверхности подложки, находящейся в реакционной камере. Частицы первого предшественника и частицы второго предшественника одновременно

присутствуют в реакционной камере в газовой фазе. Цикл осаждения включает период активации и период регенерации, при этом в течение периода активации частицы первого предшественника, адсорбированные на поверхности подложки в течение предшествующего периода регенерации, переходят в возбужденное состояние под действием энергии фотонов, вследствие чего адсорбированные частицы первого предшественника реагируют на поверхности с частицами второго предшественника, который находится в газовой фазе. А в течение последующего периода регенерации частицы

первого предшественника, который находится в газовой фазе, реагируют с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности в течение периода активации. Упомянутое устройство содержит реакционную камеру, по меньшей мере одну подающую линию и управляющую систему, предназначенную для управления устройством для выполнения последовательности атомно-слоевого осаждения. Управляющая система дополнительно предназначена для обеспечения одновременного присутствия паров, содержащих частицы первого

предшественника и частицы второго предшественника, в газовой фазе в реакционной камере. Устройство содержит источник фотонов для возбуждения в течение периода активации под действием энергии фотонов частиц первого предшественника, адсорбированных на поверхности подложки в течение предшествующего периода регенерации. Обеспечивается более высокая скорость атомно-слоевого осаждения, более низкая температура обработки и упрощенное использование химических веществ. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 12 ил.

RU 2 7 0 2 6 6 9 C 2

RU 2 7 0 2 6 6 9 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C23C 16/455 (2019.02); *C23C 16/54* (2019.02)(21)(22) Application: **2017124639, 25.11.2015**

(24) Effective date for property rights:
25.11.2015

Registration date:
09.10.2019

Priority:

(30) Convention priority:
22.12.2014 FI 20140361

(43) Application published: **24.01.2019 Bull. № 3**(45) Date of publication: **09.10.2019 Bull. № 28**(85) Commencement of national phase: **24.07.2017**

(86) PCT application:
FI 2015/050819 (25.11.2015)

(87) PCT publication:
WO 2016/102748 (30.06.2016)

Mail address:
**197101, Sankt-Peterburg, A/ya 128, "ARS-
PATENT", S. V. Novoselovoj**

(72) Inventor(s):

**MALINEN, Timo (FI),
KOSTAMO, Yukhana (FI),
LI, Vej-Min (FI),
PILVI, Tero (FI)**

(73) Proprietor(s):

PICOSUN OY (FI)(54) **METHOD AND DEVICE FOR ATOMIC LAYER DEPOSITION**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to a method and a device for layer-by-atom deposition of a coating onto a substrate surface. Sequence of atomic layer deposition is carried out, including at least one deposition cycle, wherein in each cycle a monolayer of deposited material is formed. Deposition cycle includes delivery of at least particles of the first precursor and particles of the second precursor to the surface of the substrate in the reaction chamber. Particles of the first precursor and particles of the second precursor are simultaneously present in the reaction chamber in the gaseous phase. Deposition cycle includes activation period and regeneration period, wherein during the period of activation, particles of the

first precursor adsorbed on the surface of the substrate during the previous regeneration period, switch to the excited state under photon energy, as a result of which adsorbed particles of first precursor react on surfaces with particles of second precursor, which is in gaseous phase. During the next period of regeneration, the particles of the first precursor, which is in the gaseous phase, react with particles of the second precursor adsorbed on the surface during the activation period. Said device has a reaction chamber, at least one feed line and a control system for controlling the apparatus for performing a sequence of atomic layer deposition. Control system is additionally designed to ensure simultaneous presence of vapours containing particles

of the first precursor and particles of the second precursor in gaseous phase in the reaction chamber. Device has a source of photons for excitation during the period of activation under action of energy of photons of particles of the first precursor adsorbed on the surface of the substrate during the previous period

of regeneration.

EFFECT: higher rate of atomic layer deposition, lower processing temperature and simplified use of chemicals.

16 cl, 12 dwg

R U 2 7 0 2 6 6 9 C 2

R U 2 7 0 2 6 6 9 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

В общем, настоящее изобретение относится к методикам атомно-слоевого осаждения (англ. atomic layer deposition, сокращено ALD).

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

5 В этом разделе представлена полезная общая информация, которая, однако, не означает, что какая-либо из упомянутых здесь методик характеризует текущее состояние данной области техники.

Атомно-слоевое осаждение (ALD) представляет собой специализированный способ химического осаждения, основанный на последовательном нанесении по меньшей мере
10 двух видов реакционноспособных предшественников (прекурсоров) на по меньшей мере одну основу (подложку), находящуюся в реакционном пространстве. Отличительной чертой механизма роста при атомно-слоевом осаждении (ALD) является различие в прочности связей, образующихся при химической адсорбции (хемосорбции) и физической адсорбции. Процесс осаждения при проведении ALD протекает за счет
15 хемосорбции и устранения физической адсорбции. При хемосорбции между атомом (атомами), находящимся на поверхности твердой фазы, и молекулой, поступающей из газовой фазы, возникает прочная химическая связь.

Цикл осаждения ALD состоит из четырех этапов, выполняемых последовательно: подачи А, продувки А, подачи В и продувки В. Подача А состоит во введении паров
20 металлического предшественника, а подача В состоит во введении паров неметаллического предшественника. Для удаления газообразных побочных продуктов реакции и остаточных молекул реагентов из реакционного пространства выполняют продувки А и продувки В с применением неактивного газа, такого как азот или аргон, и вакуумного насоса. Последовательность осаждения включает по меньшей мере один
25 цикл осаждения. Циклы осаждения повторяют до тех пор, пока в результате последовательности осаждения не образуется тонкая пленка требуемой толщины.

Частицы предшественника посредством хемосорбции образуют химическую связь с реакционноспособными центрами на поверхности основы. Во время одной подачи предшественника на поверхности образуется не более одного молекулярного монослоя
30 твердого материала. Таким образом, процесс роста отличается самоограничением или самонасыщением. Например, первый предшественник может включать лиганды, которые закрепляются на адсорбированных частицах и насыщают поверхность, что предотвращает дальнейшее протекание хемосорбции. Температуру реакционного пространства поддерживают выше температур конденсации и ниже температур
35 термического разложения используемых предшественников, так что молекулы предшественника хемосорбируются на основе (основах), по существу оставаясь неповрежденными. "По существу неповрежденные" означает, что летучие лиганды могут отрываться от молекул предшественника во время хемосорбции молекул предшественника на поверхности. Поверхность по существу насыщается
40 реакционноспособными центрами первого типа, т.е. адсорбированными частицами, состоящими из молекул первого предшественника. За этим этапом хемосорбции следует первый этап продувки (продувка А), при проведении которого из реакционного пространства удаляют избыток первого предшественника и возможные побочные продукты реакции. Затем в реакционное пространство вводят пары второго
45 предшественника. Молекулы второго предшественника реагируют с адсорбированными частицами, содержащими молекулы первого предшественника, образуя, таким образом, тонкую пленку требуемого материала. Рост прекращается в момент израсходования всего количества адсорбированного первого предшественника и по существу полного

насыщения поверхности реакционноспособными центрами второго типа. Избыток паров второго предшественника и возможные пары побочных продуктов реакции затем удаляют при проведении второго этапа продувки (продувки В). Цикл затем повторяют до получения пленки требуемой толщины.

Тонкие пленки, выращенные способом ALD, имеют высокую плотность, не содержат точечных отверстий и имеют однородную толщину. Например, в одном из экспериментов на пластине основы способом ALD из триметиалюминия $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$, также называемого ТМА (от англ. trimethylaluminum), и воды был выращен оксид алюминия, имевший лишь приблизительно 1% неоднородности.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Первый неограничивающий аспект изобретения относится к способу, включающему: выполнение последовательности атомно-слоевого осаждения, включающей по меньшей мере один цикл осаждения, где в каждом цикле образуется монослой осажденного материала, и цикл осаждения включает доставку по меньшей мере частиц первого предшественника и частиц второго предшественника к поверхности основы, находящейся в реакционной камере, причем как частицы первого предшественника, так и частицы второго предшественника одновременно присутствуют в реакционной камере в газовой фазе.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления цикл осаждения включает период активации и период регенерации, и при осуществлении способа:

в течение периода активации частицы второго предшественника реагируют с частицами первого предшественника, адсорбированными на поверхности основы в течение предшествующего периода регенерации; и

в течение последующего периода регенерации частицы первого предшественника реагируют с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности в течение периода активации.

Можно считать, что цикл осаждения начинается с периода регенерации или с периода активации. Первый цикл осаждения может начинаться с периода регенерации, во время которого первый предшественник реагирует с поверхностью основы. После периода активации немедленно следует период регенерации. В течение периода регенерации образуется половина монослоя осажденного материала. В течение периода активации образуется оставшаяся половина монослоя осажденного материала.

Виды частиц первого и второго предшественника могут быть выбраны таким образом, что они инертны по отношению друг к другу в газовой фазе в обычных условиях проведения способа, т.е. при температуре проведения способа в отсутствие активации. Они могут присутствовать в одном и том же объеме в реакционной камере (смешанные друг с другом). В некоторых неограничивающих примерах осуществления частицы второго предшественника инертны по отношению к адсорбированным частицам первого предшественника в отсутствие активации, в то время как частицы первого предшественника реакционноспособны, также в отсутствие активации, по отношению к частицам второго предшественника, адсорбированным на поверхности.

В альтернативных неограничивающих примерах осуществления частицы второго предшественника реагируют с адсорбированными частицами первого предшественника, и частицы первого предшественника реагируют с адсорбированными частицами второго предшественника в соответствии с механизмом хемосорбции.

Реакции могут представлять собой последовательные самонасыщающиеся поверхностные реакции.

В одном из неограничивающих примеров осуществления либо частицы первого,

либо частицы второго предшественника переходят в возбужденное состояние под действием энергии фотонов в течение периода активации. В некоторых неограничивающих примерах осуществления периоды активации и регенерации чередуются, в то время как активацию (возбуждение или «накачку») производят только в течение периода активации. Активация может быть произведена под действием фотонов, испускаемых источником фотонов, таким как УФ лампа, СИД лампа (светодиодная лампа, англ. - LED, от light-emitting diode), ксеноновая лампа, источник рентгеновского излучения, источник лазерного излучения или источник инфракрасного излучения.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления способ включает возбуждение частиц первого предшественника, адсорбированных на поверхности основы, вследствие чего адсорбированные частицы первого предшественника реагируют на поверхности с частицами второго предшественника, который находится в газовой фазе.

В альтернативных неограничивающих примерах осуществления способ включает возбуждение частиц второго предшественника в газовой фазе, вследствие чего возбужденные частицы второго предшественника реагируют на поверхности с адсорбированными частицами первого предшественника.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления частицы первого предшественника реагируют в течение периода регенерации, в отсутствии активации (т.е. в отсутствии возбуждения), с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности.

Первый предшественник может быть металлическим предшественником (т.е. предшественником, содержащим металл), а второй предшественник неметаллическим предшественником (т.е. предшественником, содержащим неметалл).

Затем, например, неметаллический предшественник, находящийся в газовой фазе, может быть подвергнут возбуждению под действием энергии фотонов вблизи от поверхности основы, или металлический предшественник, адсорбированный на поверхности, может быть подвергнут возбуждению в течение периода активации.

В некоторых других примерах осуществления оба вида частиц предшественников представляют собой неметаллические частицы предшественников. Примерами материалов покрытия являются, например, металлы, оксиды и нитриды.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления циклы осаждения выполняют, пропуская периоды продувки, т.е., не выполняя периоды продувки.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления количество видов частиц предшественников составляет более двух. В таких примерах осуществления один из предшественников может быть способен реагировать с поверхностью, не вызывая возбуждения других предшественников, которые неактивны в реакциях с поверхностью без возбуждения.

Способ согласно первому неограничивающему аспекту и примеры его осуществления могут иметь множество различных применений, например, для нанесения покрытия на любую подходящую стационарную или движущуюся основу. Основа может представлять собой, например, объект в виде пластины, такой как кремниевая пластина, стеклянная пластина, металлическая фольга. Основа может представлять собой основу в виде полотна, полосы или ленты. Основа может представлять собой тонкую гибкую стеклянную основу. Она может представлять собой полимер. Она может представлять собой волокнистое полотно из бумаги, картона или наноцеллюлозы. Она может представлять собой элемент солнечной батареи, экран на органических светодиодах,

компонент печатной монтажной платы или обычный компонент электронного устройства. Способ может быть применен для низкотемпературной пассивации объектов, чувствительных к тепловым воздействиям.

Второй неограничивающий аспект изобретения относится к устройству, включающему:

реакционную камеру;

по меньшей мере одну подающую линию; и

управляющую систему, предназначенную для управления устройством с целью выполнения последовательности атомно-слоевого осаждения, включающей по меньшей мере один цикл осаждения в реакционной камере, причем в каждом цикле образуется монослой осажденного материала, и цикл осаждения включает подачу по меньшей мере частиц первого предшественника и частиц второго предшественника через по меньшей мере одну подающую линию к поверхности основы, находящейся в реакционной камере,

и при этом

управляющая система дополнительно предназначена для обеспечения одновременного присутствия паров, содержащих как частицы первого предшественника, так и частицы второго предшественника, в газовой фазе в реакционной камере.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления цикл осаждения включает период активации и период регенерации, и устройство предназначено для обеспечения: в течение периода активации: реакции частиц второго предшественника с частицами первого предшественника, адсорбированными на поверхности основы в течение предшествующего периода регенерации; и

в течение последующего периода регенерации: реакции частиц первого предшественника с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности в течение периода активации.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления устройство включает источник фотонов для приведения в возбужденное состояние частиц либо первого, либо второго предшественника под действием энергии фотонов в течение периода активации.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления устройство предназначено для обеспечения:

возбуждения частиц первого предшественника, адсорбированных на поверхности основы, вследствие чего адсорбированные частицы первого предшественника реагируют на поверхности с частицами второго предшественника, который находится в газовой фазе.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления устройство предназначено для обеспечения:

возбуждения частиц второго предшественника, находящихся в газовой фазе, вследствие чего возбужденные частицы второго предшественника реагируют с адсорбированными на поверхности частицами первого предшественника.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления реакции представляют собой последовательные самонасыщающиеся поверхностные реакции.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления первый предшественник представляет собой металлический предшественник, а второй предшественник представляет собой неметаллический предшественник.

В некоторых неограничивающих примерах осуществления управляющая система предназначена для обеспечения того, что циклы осаждения выполняют без проведения

периодов продувки.

Выше были приведены различные неограничивающие аспекты и примеры осуществления настоящего изобретения. Приведенные выше примеры осуществления предназначены лишь для разъяснения выбранных аспектов или этапов, которые могут
5 быть применены при осуществлении настоящего изобретения. Некоторые примеры осуществления могут быть рассмотрены только в совокупности с определенными примерами аспектов изобретения. Следует понимать, что соответствующие примеры осуществления также могут относиться к другим примерам аспектов. Могут быть получены любые подходящие комбинации примеров осуществления.

10 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Ниже изобретение раскрыто с помощью неограничивающих примеров, сопровождаемых графическими материалами, в которых:

На Фиг. 1 представлен пример временной диаграммы согласно одному из примеров осуществления;

15 На Фиг. 2 представлен пример временной диаграммы согласно другому примеру осуществления;

На Фиг. 3 представлен вид сбоку примера устройства согласно одному из примеров осуществления;

На Фиг. 4 представлена загрузка и разгрузка устройства, представленного на Фиг.
20 3;

На Фиг. 5 представлен вид сверху устройства, представленного на Фиг. 3 и 4;

На Фиг. 6 представлен дополнительный пример источников и подающих линий в устройстве для осаждения;

На Фиг. 7 представлены различные способы модуляции согласно одному из примеров
25 осуществления;

На Фиг. 8 представлен дополнительный пример осуществления;

На Фиг. 9 представлен пример экрана согласно одному из примеров осуществления;

На Фиг. 10 представлен пример экранного сопла согласно одному из примеров осуществления;

30 На Фиг. 11 представлен вид сбоку примера устройств согласно другому примеру осуществления; и

На Фиг. 12 представлена обобщенная блок-схема системы управления устройством для осаждения согласно одному из примеров осуществления.

35 СВЕДЕНИЯ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Основные принципы механизма роста при ALD известны специалисту в данной области техники. Как было отмечено во вводных разделах настоящего описания, ALD представляет собой специализированный способ химического осаждения, основанный на последовательном нанесении по меньшей мере двух видов реакционноспособных
40 предшественников на по меньшей мере одну основу. Основной цикл осаждения ALD состоит из четырех этапов, выполняемых последовательно: подачи А, продувки А, подачи В и продувки В. Подача А состоит во введении паров первого предшественника, и подача В состоит во введении паров другого предшественника. Концепция предлагаемого способа отличается от концепции основного цикла осаждения.

45 На Фиг. 1 представлен пример временной диаграммы способа согласно одному из примеров осуществления. Выполняют последовательность атомно-слоевого осаждения, включающую по меньшей мере один цикл осаждения, в которой в каждом цикле образуется монослой осажденного материала. Цикл осаждения включает доставку

частиц первого предшественника и частиц второго предшественника к поверхности основы, находящейся в реакционной камере, причем как частицы первого предшественника, так и частицы второго предшественника одновременно присутствуют в реакционной камере в газовой фазе.

5 В этом примере первый предшественник представляет собой металлический предшественник, а второй предшественник представляет собой неметаллический предшественник. Частицы первого и второго предшественников неактивны по отношению друг к другу при нахождении в газовой фазе.

Способ включает чередование периода активации (с момента времени t_1 до момента t_2) и периода регенерации (с момента времени t_2 до момента t_3). Как показано на Фиг. 1, в течение периода активации подачу металлического предшественника в реакционную камеру прекращают. Поверхность основы насыщена частицами металлического предшественника в течение предшествующего периода регенерации. При этом неметаллический предшественник подают в реакционную камеру. Однако 15 неметаллический предшественник выбран таким образом, что он не реагирует с металлическим предшественником на поверхности основы без дополнительного возбуждения (согласно изобретению, "дополнительная" означает энергию, добавляемую к термической энергии, доступной в реакционной камере).

Вблизи от поверхности основы частицы неметаллического предшественника 20 переходят в возбужденное состояние при воздействии на них энергии фотонов в течение периода активации. Это обеспечивает частицы неметаллического предшественника дополнительной энергией, требуемой для реакции с частицами металлического предшественника, адсорбированными на поверхности основы. В результате поверхность основы насыщается частицами неметаллического предшественника.

В альтернативном варианте в течение периода активации частицы металлического предшественника, находящиеся на поверхности основы, переходят в возбужденное состояние под действием энергии фотонов. Она придает им дополнительную энергию, 25 требуемую для протекания реакции между частицами металлического предшественника, адсорбированными на поверхности основы, и частицами неметаллического предшественника, находящимися в газовой фазе. В результате поверхность основы насыщается частицами неметаллического предшественника.

Альтернативный источник, подходящий для проведения возбуждения, может быть выбран посредством регулирования длины волны фотонов (т.е. света/излучения).

При проведении фазы регенерации, следующей непосредственно за фазой активации, 35 включают подачу как неметаллического предшественника, так и металлического предшественника, и отключают воздействие фотонов. В реакционной камере в газовой фазе одновременно присутствуют пары первого предшественника (металлического предшественника) и пары второго предшественника (неметаллического предшественника). Воздействие фотонов может быть прекращено при помощи экрана.

40 Частицы металлического предшественника реагирует с частицами неметаллического предшественника, которые были адсорбированы на поверхности в течение периода активации. Несмотря на их присутствие, частицы неметаллического предшественника не реагируют с поверхностью основы, поскольку прекращено воздействие фотонов. В результате поверхность основы насыщается частицами металлического 45 предшественника.

Эти циклы осаждения повторяют до достижения требуемой толщины. Для ускорения ALD роста можно не проводить традиционные периоды продувки.

В течение периода регенерации в качестве газа-носителя для металлического

предшественника используют поток неактивного газа. Однако поток неактивного газа также может подаваться в реакционную камеру в течение периода активации.

Механизм реакции во время периода активации и периода регенерации представляет собой хемосорбцию. Реакции могут представлять собой самонасыщающиеся

поверхностные реакции.

Неактивный газ, применяемый в качестве газа-носителя, представляет собой тот же газ, что и газ источника неметаллического предшественника, или иной газ. Как показано на Фиг. 2, в некоторых неограничивающих примерах осуществления один и тот же газ (в настоящем описании называемый вторым технологическим газом) применяют в качестве газа-носителя и в качестве газа источника неметаллического предшественника. Подачу второго технологического газа в реакционную камеру производят в течение всего цикла осаждения. В таких примерах осуществления второй технологический газ функционирует как газ-носитель в течение периода регенерации и как газ источника неметаллического предшественника в течение периода активации. Как частицы первого предшественника (металлического предшественника), так и частицы второго предшественника (неметаллического предшественника) одновременно присутствуют в реакционной камере в газовой фазе. В одном из примеров осуществления в качестве металлического предшественника применяют триметилалюминий (ТМА, $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$), и в качестве второго технологического газа применяют кислород (O_2). Затем в течение периода активации кислород переходит в возбужденное состояние, образуя радикалы кислорода O^* , и между радикалами O^* и адсорбированным ТМА протекают поверхностные реакции, в результате которых образуется требуемый материал покрытия, оксид алюминия (Al_2O_3). В некоторых других примерах осуществления оба вида предшественников представляют собой частицы неметаллических предшественников. Примеры материалов покрытия включают, например, металлы, оксиды и нитриды.

На Фиг. 3 представлен вид сбоку примера устройства согласно одному из примеров осуществления. Устройство может представлять собой реактор для атомно-слоевого осаждения. Устройство включает реакционную камеру 210, которую окружает внешняя камера 220. Реакционная камера 210 необязательно может иметь стенки, которые ограничивают расширяющееся книзу пространство, показанное на Фиг. 3. В промежуточном пространстве между внешней камерой 220 и реакционной камерой 210 нагнетают давление за счет подачи в пространство неактивного газа; при этом создается небольшое избыточное давление по сравнению с внутренней частью реакционной камеры 210.

Основу 201 удерживает в реакционной камере 210 держатель 202 основы. Основа 201 может быть помещена в реакционную камеру 210 и извлечена из реакционной камеры 210 (как показано стрелкой 231) через камеру 230 для перемещения основы, присоединенную к внешней камере 220. Реакционная камера 210 включает способную перемещаться конструкцию, такую как дверца 215, и загрузку и разгрузку выполняют, когда дверца 215 находится в открытом положении, как показано на Фиг. 4. В альтернативном варианте способная перемещаться конструкция может быть образована двумя (или более) вставляемыми друг в друга деталями или кольцеобразными элементами, которые могут быть вставлены друг в друга, и одна из указанных деталей или кольцеобразных элементов способна перемещаться в вертикальном направлении, что позволяет производить загрузку и разгрузку через образуемое вследствие перемещения отверстие.

Как показано на Фиг. 3, устройство включает по меньшей мере одну линию 211 подачи паров предшественника для подачи паров предшественника в реакционную камеру 210. Устройство дополнительно включает вакуумный насос 213, расположенный на линии 212 откачки, для поддержания потока, извлекаемого из реакционной камеры

210.

Устройство включает источник 240 фотонов, расположенный выше поверхности основы. Источник 240 фотонов может представлять собой УФ лампу, светодиодную лампу или, например, источник рентгеновского излучения, источник лазерного излучения или источник инфракрасного излучения. Он обеспечивает воздействие фотонов за счет

10 испускания фотонов 241. В одном из примеров осуществления источник 240 фотонов работает в режиме вспышки. Фотоны 241 испускаются в течение периода активации, и фотоны 241 не испускаются в течение периода регенерации. В результате воздействие фотонов имеет место в течение периода активации и не происходит в течение периода регенерации. В одном из альтернативных примеров осуществления источник 240 фотонов

15 включен все время (и испускает фотоны 241). В таком примере осуществления воздействие фотонов можно регулировать с помощью экрана (маски), расположенного между источником 240 фотонов и поверхностью основы. На Фиг. 4 представлен такой пример экрана 250. Воздействие фотонов направлено на участки поверхности основы, облучаемые источником 240 фотонов, т.е. не заслоненные экраном 250. Активация и,

20 таким образом, осаждение (рост материала) происходит только на этих участках. Экран 250 может быть стационарным, что обеспечивает селективное осаждение только на определенных участках поверхности (если экран 250 стационарный, то воздействие фотонов может быть прекращено и возобновлено, например, за счет включения/выключения источника 240 фотонов). Или экран может быть подвижным (как показано

25 стрелкой 251), что позволяет менять участки воздействия на поверхности основы (или в одном из примеров осуществления затемнять всю поверхность основы в течение периода регенерации).

На Фиг. 5 представлен вид сверху устройства, представленного на Фиг. 3 и 4, совместимого со способом, представленным на Фиг. 1. Частицы неметаллического

30 предшественника направляют в реакционную камеру 210 через подающую линию 211, а частицы металлического предшественника вместе с неактивным газом-носителем - через подающую линию 211'.

Устройство включает источник 40 неактивного газа, источник 41 металлического предшественника и источник 42 неметаллического предшественника. Источник 40

35 неактивного газа гидравлически соединен с вводом клапана 50 линии подачи неактивного газа. Первое выпускное отверстие клапана 50 открывается в промежуточное пространство, расположенное между внешней камерой 220 и реакционной камерой 210, и неактивный газ высвобождается в промежуточное пространство через точку 44 ввода газа. Второе выпускное отверстие клапана 50

40 гидравлически соединено среды с впускным отверстием клапана 54 подачи газа-носителя. Первое выпускное отверстие клапана 54 гидравлически соединено с впускным отверстием для газа-носителя источника 41 металлического предшественника. Второе выпускное отверстие клапана 54 гидравлически соединено со вторым впускным отверстием клапана 51 линии подачи металлического предшественника. Источник 41

45 металлического предшественника гидравлически соединен с первым впускным отверстием клапана 51. Подающая линия 211' является продолжением выпускного отверстия клапана 51. Источник неметаллического предшественника гидравлически соединен с впускным отверстием клапана 52 линии подачи неметаллического

предшественника. Подающая линия 211 является продолжением выпускного отверстия клапана 52.

При проведении фазы активации, первое впускное отверстие клапана 51 линии подачи металлического предшественника закрыто. Соответственно, частицы металлического предшественника не поступают в реакционную камеру 210. Клапан 52 линии подачи неметаллического предшественника открыт, что позволяет частицам неметаллического предшественника поступать в реакционную камеру 210 через подающую линию 211. Канал из источника 40 неактивного газа в реакционную камеру 210 через подающую линию 211' оставляют открытым или закрытым в зависимости от примера осуществления. Частицы неметаллического предшественника, находящиеся вблизи поверхности основы на участке, облучаемом источником 240 фотонов (который не заслонен экраном 250), переходят в возбужденное состояние. В альтернативном варианте в возбужденное состояние переходят частицы металлического предшественника, находящиеся на поверхности основы. В обоих вариантах возбуждение позволяет протекать реакциям между адсорбированными частицами металлического предшественника и частицами неметаллического предшественника, находящимися в газовой фазе. В результате рассматриваемый участок поверхности основы насыщается частицами неметаллического предшественника. При необходимости экран 250 может быть расположен таким образом, что насыщается вся поверхность основы или только ее часть.

При проведении фазы регенерации первое впускное отверстие и выпускное отверстие клапана 51 линии подачи металлического предшественника открыты, что позволяет частицам металлического предшественника поступать в реакционную камеру 210 через подающую линию 211'. Клапан 52 линии подачи неметаллического предшественника открыт, позволяя частицам неметаллического предшественника поступать в реакционную камеру 210 через подающую линию 211. Воздействие фотонов устраняют с помощью экрана 250 или в том примере осуществления, в котором применяют пульсирующий источник фотонов, прекращая эмиссию фотонов. Частицы металлического предшественника реагирует с частицами неметаллического предшественника, которые были адсорбированы на поверхности в течение периода активации. В результате поверхность основы насыщается частицами металлического предшественника на участке, где были адсорбированы частицы неметаллического предшественника.

Поскольку частицы неметаллического предшественника всегда присутствуют в реакционной камере 210, последующий период активации может быть начат немедленно после возобновления обработки фотонами. В одном из примеров осуществления источник 240 фотонов всегда включен, и обработку поверхности основы фотонами регулируют с помощью перемещения экрана 250.

На Фиг. 6 представлен дополнительный пример источников и подающих линий в устройстве для осаждения, совместимом со способом, показанном на Фиг. 2. Устройство может представлять собой устройство, подобное показанному на Фиг. 3 и 4. Устройство включает источник 41 металлического предшественника и источник 40 второго технологического газа. В зависимости от фазы цикла осаждения, второй технологический газ функционирует как неактивный (защитный) газ, газ-носитель и газ второго предшественника (здесь: неметаллического предшественника).

Источник 40 второго технологического газа гидравлически соединен с впускным отверстием клапана 50 линии подачи неактивного газа. Первое выпускное отверстие клапана 50 продолжается в виде линии для подачи защитного газа и достигает

промежуточного пространства, находящегося между внешней камерой 220 и реакционной камерой 210 устройства. Второй технологический газ в виде части неактивного защитного газа высвобождается в промежуточное пространство через точку 44 ввода газа. Второе выпускное отверстие клапана 50 гидравлически соединено с впускным отверстием клапана 54 подачи газа-носителя. Первое выпускное отверстие клапана 54 гидравлически соединено с впускным отверстием для газа-носителя источника 41 металлического предшественника. Второе выпускное отверстие клапана 54 гидравлически соединено со вторым впускным отверстием клапана 51 линии подачи металлического предшественника. Источник 41 металлического предшественника гидравлически соединен с первым впускным отверстием клапана 51. Выпускное отверстие клапана 51 переходит в подающую линию 211', направляемую в реакционную камеру 210. Газ/пар, перемещаемый по подающей линии 211', выпускают в реакционную камеру 210 через точку 14 ввода газа.

При проведении фазы активации первое впускное отверстие клапана 51 линии подачи металлического предшественника закрыто. Соответственно, частицы металлического предшественника не попадают в реакционную камеру 210. Проход из источника 40 второго технологического газа в реакционную камеру 210 через подающую линию 211' находится в открытом положении, что позволяет второму технологическому газу в виде части неметаллического предшественника поступать в реакционную камеру 210. Проход может быть организован через клапаны 50, 54 и 51. Частицы неметаллического предшественника, находящиеся вблизи от поверхности основы на участке, который освещается источником 240 фотонов (т.е. который не заслонен экраном 250, если таковой имеется), переходят в возбужденное состояние. В альтернативном варианте в возбужденное состояние переходят находящиеся на поверхности основы частицы металлического предшественника. В обоих альтернативных вариантах возбуждение вызывает реакцию между адсорбированными частицами металлического предшественника и частицами неметаллического предшественника, находящимися в газовой фазе. В результате поверхность основы на означенном участке насыщается частицами неметаллического предшественника. При необходимости, посредством регулирования положения экрана 250, может быть произведено насыщение всей поверхности основы или лишь ее части.

При проведении фазы регенерации, первое впускное отверстие и выпускное отверстие клапана 51 линии подачи металлического предшественника открыты, что позволяет частицам металлического предшественника вместе со вторым технологическим газом, составляющим часть газа-носителя, поступать в реакционную камеру 210 через подающую линию 211'. Воздействие фотонов прекращают с помощью экрана 250 или в том примере осуществления, в котором применяют импульсный источник фотонов, прекращением эмиссии фотонов. Частицы металлического предшественника реагируют с частицами неметаллического предшественника, которые были адсорбированы на поверхности в течение периода активации. В результате поверхность основы насыщается частицами металлического предшественника на том участке, где находятся адсорбированные частицы неметаллического предшественника.

В зависимости от примера осуществления, линия подачи защитного газа открыта или закрыта. В некоторых неограничивающих примерах осуществления линию подачи защитного газа поддерживают в открытом состоянии в течение всего цикла/последовательности осаждения, что позволяет подавать второй технологический газ в виде части неактивного защитного газа в промежуточное пространство через точку 44 ввода газа.

Модуляцией здесь названо чередование воздействия фотонов и его отсутствия на поверхности основы. Модуляция может быть осуществлена несколькими способами. Это показано на Фиг. 7, на котором представлены различные способы модуляции. Согласно первому способу, экран 750 перемещают над поверхностью основы, как показано стрелкой 751. Согласно второму способу, источник фотонов 740 перемещают, как показано стрелкой 752. Согласно третьему способу, основу 701 перемещают, как показано стрелкой 753. В том случае, если основа находится на держателе 702 основы, может быть перемещен держатель 702 основы. Дополнительный способ представляет собой любую комбинацию первого, второго и третьего способа модуляции. Согласно
 5 другому дополнительному способу, применяют мигающий свет/источник как таковой или в комбинации с другими способами.

На Фиг. 8 представлен дополнительный пример осуществления. Устройство включает источник 840 фотонов, расположенный на расстоянии от основы 801, которая установлена на держателе 802 основы. Устройство включает экран/маску 850 с
 15 определенным шаблоном и линзу 855, расположенную между источником 840 фотонов и основой 801. Периоды активации и регенерации выполняют тем же образом, что и в рассмотренных выше примерах осуществления. Рост происходит только на тех участках поверхности основы, на которых с помощью линзы 855 сфокусирован рисунок, образуемый маской 850. Таким образом, устройство функционирует как ALD принтер.
 20 В дополнительном примере осуществления для модуляции производят перемещение основы 801 и/или маски 850, как описано выше.

В другом дополнительном примере осуществления с помощью сфокусированного или достаточно ограниченного источника света, такого как источник лазерного излучения, осуществляют селективное осаждение. В таком примере осуществления при
 25 необходимости экран/маска 250 (750, 850) может не использоваться, и вместо источника 240 фотонов применяют источник лазерного излучения. Во всех остальных отношениях способ осаждения аналогичен способу, рассмотренному выше. Соответственно, конструкция источника лазерного излучения позволяет производить фотонное воздействие на (четко очерченный) выбранный участок. Источник лазерного излучения
 30 может испускать, например, лазерный импульс (лазерный луч). Фотоны воздействуют на выбранный участок поверхности основы, который освещается лазером, и соответственно рост в период активации происходит только на выбранном участке. Затем следует период регенерации. Если рост требуется на других участках, то лазерный луч может быть сдвинут. При последующем перемещении лазерного луча осуществляют
 35 дополнительный рост на новом участке, освещаемом лучом. Пример осуществления может быть выполнен с использованием экрана или без него.

На Фиг. 9 представлен пример экрана (или экранирующей сетки) согласно одному из примеров осуществления. Экран 950 включает рамку 951 экрана, имеющую сплошные участки, через которые не могут проникать испускаемые фотоны, и окошки 952 через
 40 которые могут проникать испускаемые фотоны. Форма окошек 952 зависит от примера осуществления. Окошки 952 могут быть образованы из стекла или другого материала, через который могут проникать фотоны.

На Фиг. 10 дополнительно представлен пример экранного сопла согласно одному из примеров осуществления. Экранное сопло 1050 может быть применено и в качестве
 45 экрана, и в качестве сопла для подачи предшественника в реакционную камеру. Оно может быть размещено выше основы, между основой и источником фотонов. Экранное сопло 1050 включает рамку 1051 экрана имеющую сплошные участки, через которые не могут проникать испускаемые фотоны, и окошки 1052 через которые могут проникать

испускаемые фотоны. Форма окошек 1052 зависит от примера осуществления. К экранному соплу 1050 присоединена линия 1011' подачи предшественника. Линия 1011' подачи разветвляется на отдельные боковые поточные каналы 1071, которые проходят через рамку 1051 экрана вдоль сплошных участков. На нижней поверхности поточных каналов 1071 имеется множество отверстий (не показаны) для подачи паров предшественника и/или другого технологического газа вниз, в направлении поверхности основы.

На Фиг. 11 представлен вид сбоку примера устройства согласно другому примеру осуществления. Устройство представляет собой обрабатывающее устройство или модуль для атомно-слоевого осаждения, подходящий для проведения непрерывного осаждения и представляющий собой часть обрабатывающей линии.

Устройство включает реакционную камеру 1110, которая окружена внешней камерой 1120. В промежуточном пространстве между внешней камерой 1120 и реакционной камерой 1110 нагнетают давление за счет подачи в пространство неактивного защитного газа до достижения небольшого избыточного давления по сравнению с внутренней частью реакционной камеры 1110.

Первая камера 1130 для перемещения присоединена к стороне внешней камеры 1120, а вторая камера 1130' для перемещения присоединена к противоположной стороне внешней камеры 1120. Реакционная камера 1110, расположенная во внешней камере, включает впускной порт 1161 на первой стороне и выпускной порт 1161' на противоположной стороне. Впускной порт 1161 и выпускной порт 1161' могут быть оформлены в виде щели в соответствующих стенках реакционной камеры.

Полотно 1101 основы, на которое должно быть нанесено покрытие, непрерывно перемещают через первую камеру 1130 для перемещения во внешнюю камеру 1120, откуда через впускной порт 1161 его перемещают в реакционную камеру 1110 для проведения осаждения и затем оттуда через выпускной порт 1161' направляют в противоположную часть внешней камеры 1120 и через вторую камеру 1130' для перемещения в последующую фазу обработки технологической линии. В одном из альтернативных примеров осуществления полотно 1101 основы представляет собой полотно, поддерживающее набор основ 1101' (на которые должно быть нанесено покрытие), которые транспортируют на этом полотне. В другом альтернативном примере осуществления основа представляет собой полосу или ленту.

Устройство включает линию подачи неметаллического предшественника для подачи паров неметаллического предшественника в реакционную камеру 1110. Точка 1111 ввода паров неметаллического предшественника расположена на одной из сторон реакционной камеры. Устройство дополнительно включает линию подачи металлического предшественника для подачи паров металлического предшественника в реакционную камеру 1110. Как показано на Фиг. 11, линия подачи металлического предшественника присоединена к экранному соплу 1150 типа сопла, рассмотренного выше при описании Фиг. 10. Экранное сопло 1150 включает распределенные по боковым линиям поточные каналы 1171, на нижних поверхностях которых имеется множество отверстий для подачи паров металлического предшественника вниз по направлению к поверхности основы.

Устройство включает источник 1140 фотонов, расположенный выше поверхности основы, который обеспечивает воздействие фотонов. Между источником 1140 фотонов и поверхностью основы располагают экранное сопло 1150. Экранное сопло 1150 включает одно или более окошек, через которые могут проходить испускаемые фотоны 1141. Форма и размер окошка (окошек) зависит от конкретного примера осуществления.

Воздействие фотонов обеспечивается на тех участках поверхности основы, которые освещаются источником 1140 фотонов, расположенным за экранным соплом 1150. Экранное сопло 1150 может быть перемещаемым.

5 Устройство дополнительно включает вакуумный насос (не показан), расположенный на линии 1112 откачки для поддержания потока, извлекаемого из реакционной камеры 1110.

Устройство включает источник неактивного газа, источник металлического предшественника и источник неметаллического предшественника. Источники не показаны на Фиг. 9. Однако могут быть установлены соответствующие устройства, 10 такие как клапаны и т.д., рассмотренные выше при описании Фиг. 5.

В альтернативном варианте, если устройство работает согласно способу, раскрытому при рассмотрении Фиг. 2, то устройство включает источник металлического предшественника и источник второго технологического газа. Могут быть установлены соответствующие устройства, такие как клапаны и т.д., рассмотренные выше при 15 описании Фиг. 6. В этом альтернативном варианте, если оба предшественника подают через экранное сопло 1150, то может отсутствовать точка 1111 ввода газа, а также соответствующая подающая линия.

При продвижении основы 1101 или 1101', различные участки основы освещаются источником 1140 фотонов. Выполняют цикл атомно-слоевого осаждения, рассмотренный 20 выше при описании Фиг. 1 и 5 (в альтернативном варианте Фиг. 2 и 6). Соответственно, при проведении фазы активации частицы металлического предшественника не подают в реакционную камеру 1110. Впускное отверстие для металлического предшественника клапана линии подачи металлического предшественника (Фиг. 5 и 6; первое впускное отверстие клапана 51) закрыто. Частицы неметаллического предшественника 25 направляют в реакционную камеру 1110. Линия подачи неметаллического предшественника находится в открытом состоянии (Фиг. 5; клапан 52 линии подачи неметаллического предшественника открыт), или в альтернативном примере осуществления в открытом состоянии находится канал, начинающийся от источника второго технологического газа (Фиг. 6; проход через клапаны 50, 54 и 51).

30 Частицы неметаллического предшественника, находящиеся вблизи от поверхности основы на участках, которые облучаются источником 1140 фотонов (т.е. которые не заслонены экранным соплом 1150), переходят в возбужденное состояние. В альтернативном варианте частицы металлического предшественника, находящиеся на поверхности основы, переходят в возбужденное состояние. В обоих альтернативных 35 вариантах возбуждение вызывает реакцию между адсорбированными частицами металлического предшественника и частицами неметаллического предшественника, находящимися в газовой фазе. В результате поверхность основы на означенных участках насыщается частицами неметаллического предшественника.

При проведении фазы регенерации, линия подачи металлического предшественника 40 открыта, что позволяет производить подачу частиц металлического предшественника в реакционную камеру через экранное сопло 1150. Кроме того, неметаллический предшественник также подают в реакционную камеру 1110 через линию подачи неметаллического предшественника (или в альтернативном примере осуществления в виде газа-носителя через экранное сопло 1150). Частицы металлического 45 предшественника реагируют с частицами неметаллического предшественника, которые были адсорбированы на поверхности в течение периода активации. В результате поверхность основы насыщается частицами металлического предшественника на том участке, где находятся адсорбированные частицы неметаллического предшественника.

Описанные циклы осаждения повторяют до достижения требуемой толщины. Традиционные периоды продувки могут отсутствовать.

Признаки примеров осуществления, рассмотренных при описании Фиг. 1-10, могут быть отнесены к примеру осуществления непрерывного осаждения, показанному на Фиг. 11, в котором покрытие наносят на основу или полотно основы при продвижении последнего через реакционную камеру. Например, вместо экранного сопла может быть применен экран без возможности подачи через него газа. В таких примерах осуществления подача газа на основу может осуществляться со стороны. Кроме того, может быть выполнен пример осуществления непрерывного осаждения, например, без экрана, но с применением импульсного источника фотонов, как было рассмотрено выше, или с применением экрана и импульсного источника фотонов. Кроме того, признаки примера осуществления непрерывного осаждения могут быть применены в одном из примеров осуществления, рассмотренных выше в описании. Например, в других представленных примерах осуществления может быть применено экранное сопло. Некоторые примеры осуществления не включают камеру (камеры) для перемещения для загрузки и/или разгрузки. Кроме того, некоторые примеры осуществления не включают внешней камеры, расположенной вокруг реакционной камеры. Траектория основы или поддерживающего полотна в примере осуществления непрерывного осаждения необязательно должна быть прямой; напротив, траектория может иметь вид повторяющейся схемы. Для создания повторяющейся схемы направление продвижения полотна может быть несколько раз изменено, например, при помощи валков. Кроме того, конструкция реакционной камеры может отличаться от примеров, представленных в графических материалах. В одном из примеров осуществления непрерывного осаждения полотно перемещают непрерывно с постоянной скоростью. В некоторых других примерах осуществления полотно перемещают через реакционную камеру периодическим образом (например, с остановками).

Согласно некоторым примерам осуществления, линии подачи паров предшественников и неактивного газа в устройствах, рассмотренных выше, конструируют на основе необходимых трубопроводов и управляющих элементов.

Элементы управления подающими линиями включают элементы управления потоками и элементы временного управления. В одном из примеров осуществления момент подачи и течение паров металлического предшественника в реакционную камеру регулируют с помощью клапана подачи металлического предшественника и регулятора массового (или объемного) расхода, установленных на линии подачи металлического предшественника. Соответственно, момент подачи и течение паров неметаллического предшественника в реакционную камеру регулируют с помощью клапана подачи неметаллического предшественника и регулятора массового (или объемного) расхода, установленных на линии подачи неметаллического предшественника. Наконец, момент подачи и течение неактивного газа регулируют с помощью клапана линии подачи неактивного газа и регулятора массового (или объемного) расхода неактивного газа. В том примере, в котором неактивный газ применяют в качестве газа-носителя, могут быть установлены различные элементы управления, подобные показанным на Фиг. 6.

В одном из примеров осуществления элементы управления подающими линиями образуют часть системы компьютерного управления. Компьютерная программа, хранящаяся в памяти системы, включает инструкции, которые, при выполнении по меньшей мере одним процессором системы, приводят к функционированию устройства нанесения покрытия или реактора осаждения в соответствии с этими инструкциями. Инструкции могут представлять собой подходящий для чтения компьютером

программный код. На Фиг. 12 представлена обобщенная блок-схема системы 1200 управления устройством для осаждения согласно одному из примеров осуществления. В основной системе установочные параметры способа запрограммированы в программном обеспечении, и инструкции выполняются с помощью терминала 1206 5 человекомашинного интерфейса (англ. human machine interface, сокращенно HMI) и загружаются в блок 1202 управления (контроллер) через коммуникационную шину 1204, такую как шина Ethernet или подобное устройство. В одном из примеров осуществления блок 1202 управления включает программируемый логический контроллер (англ. programmable logic control unit, сокращенно PLC) общего назначения. 10 Блок 1202 управления включает по меньшей мере один микропроцессор для выполнения программы блока управления, включающей программный код, хранящийся в памяти, динамическую и статическую память, модули ввода/вывода, преобразователи из цифровой формы в аналоговую и наоборот и реле питания. Блок 1202 управления направляет электрическую энергию в пневматические контроллеры соответствующих клапанов и управляет регуляторами массовых расходов устройства. Блок управления 15 регулирует работу источника фотонов и вакуумного насоса. Блок управления дополнительно управляет любыми перемещающими устройствами, необходимыми для перемещения основы (основ) и/или любых подвижных экранов. Блок 1202 управления получает информацию от подходящих датчиков и обычно регулирует общее функционирование устройства. В некоторых неограничивающих примерах 20 осуществления блок 1202 управления регулирует подачу частиц предшественников в реакционную камеру таким образом, чтобы и частицы металлического предшественника, и частицы неметаллического предшественника одновременно присутствовали в реакционной камере в газовой фазе. Блок 1202 управления может производить измерения и передавать полученные датчиками величины из устройства в HMI терминал 1206. 25 Пунктирной линией 1216 показана граница раздела между деталями реактора устройства и блоком 1202 управления.

Ниже, без ограничения объема и интерпретации защищаемых пунктов формулы изобретения, перечислены определенные технические результаты (эффекты) одного 30 или более рассмотренных примеров осуществления: Техническим результатом является цикл осаждения нового типа, который может обеспечивать более высокую скорость атомно-слоевого осаждения (быстрое атомно-слоевое осаждение). Другим техническим результатом является более низкая температура обработки, обеспечиваемая благодаря воздействию фотонов. Другим техническим результатом является упрощенное 35 использование химических веществ, благодаря использованию второго технологического газа в качестве предшественника и газа-носителя.

Следует отметить, что некоторые рассмотренные выше функции или этапы способа могут быть выполнены в другом порядке и/или одновременно друг с другом. Кроме того, одна или более из рассмотренных выше функций или этапов способ могут быть 40 необязательными или могут быть скомбинированы.

В контексте настоящей заявки термин атомно-слоевое осаждение (ALD) включает все применимые методики, основанные на ALD, и любые эквивалентные или близкие методики, такие как, например, методика молекулярно-слоевого осаждения (англ. molecular layer deposition, сокращенно MLD).

В приведенном выше описании представлены неограничивающие примеры 45 конкретных воплощений изобретения и примеры осуществления изобретения, которые обеспечивают полное и информативное описание наилучшего, с точки зрения авторов настоящего изобретения, способа осуществления изобретения. Однако специалисту в

данной области техники должно быть понятно, что изобретение не ограничено деталями рассмотренных выше примеров осуществления, но может быть воплощено в других примерах осуществления с применением эквивалентных средств, которые не противоречат характеристикам изобретения. Следует отметить, что в качестве примера частиц первого предшественника были приняты частицы металлического предшественника, и что в качестве примера частиц второго предшественника были приняты частицы неметаллического предшественника. Однако этот пример не должен рассматриваться как ограничивающий. В альтернативном варианте первый предшественник может представлять собой неметаллический предшественник. Оба предшественника могут представлять собой, например, неметаллические предшественники и т.д. Выбор предшественников зависит только от конкретного примера осуществления и/или требуемого материала покрытия.

Кроме того, некоторые признаки рассмотренных выше примеров осуществления настоящего изобретения могут быть применены для достижения полезного эффекта без других соответствующих признаков. Таким образом, приведенное выше описание должно рассматриваться как иллюстрация принципов настоящего изобретения, которая не ограничивает настоящее изобретение. Таким образом, объем изобретения ограничен лишь прилагаемыми пунктами формулы изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Способ атомно-слоевого осаждения покрытия на поверхность подложки, включающий

выполнение последовательности атомно-слоевого осаждения, включающей по меньшей мере один цикл осаждения, причем в каждом цикле образуется монослой осажденного материала, при этом цикл осаждения включает доставку по меньшей мере частиц первого предшественника и частиц второго предшественника к поверхности подложки, находящейся в реакционной камере, причем частицы первого предшественника и частицы второго предшественника одновременно присутствуют в реакционной камере в газовой фазе, и цикл осаждения включает период активации и период регенерации, при этом

в течение периода активации частицы первого предшественника, адсорбированные на поверхности подложки в течение предшествующего периода регенерации, переходят в возбужденное состояние под действием энергии фотонов, вследствие чего адсорбированные частицы первого предшественника реагируют на поверхности с

частицами второго предшественника, который находится в газовой фазе, и

в течение последующего периода регенерации частицы первого предшественника, который находится в газовой фазе, реагируют с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности в течение периода активации.

2. Способ по п. 1, в котором частицы второго предшественника используют в качестве газа-носителя для частиц первого предшественника.

3. Способ по п. 1, в котором активацию выполняют под действием фотонов, испускаемых источником фотонов, который выбран из группы, включающей УФ лампу, светодиодную лампу, ксеноновую лампу, источник рентгеновского излучения, источник лазерного излучения и источник инфракрасного излучения.

4. Способ по п. 1, в котором подложка выбрана из группы, включающей пластину, металлическую фольгу, полотно, бумагу и наноцеллюлозу.

5. Способ по п. 1, в котором возбуждение частиц первого предшественника проводят посредством регулирования длины волны фотонов.

6. Способ по любому из пп. 1-5, который включает прекращение воздействия фотонов при помощи экрана или экранного сопла.

7. Способ по любому из пп. 1-5, в котором реакционную камеру окружает внешняя камера, при этом способ включает нагнетание давления в промежуточном пространстве между внешней камерой и реакционной камерой за счет подачи в промежуточное пространство неактивного газа с обеспечением в промежуточном пространстве избыточного давления по сравнению с давлением во внутренней части реакционной камеры.

8. Способ по любому из пп. 1-5, в котором подачу частиц первого предшественника в реакционную камеру прекращают в течение периода активации и проводят в течение периода регенерации, а подачу частиц второго предшественника в реакционную камеру проводят в течение периода активации и периода регенерации.

9. Способ по любому из пп. 1-5, в котором реакции представляют собой последовательные самонасыщающиеся поверхностные реакции.

10. Способ по любому из пп. 1-5, в котором первый предшественник представляет собой металлический предшественник, а второй предшественник – неметаллический предшественник.

11. Способ по любому из пп. 1-5, в котором циклы осаждения выполняют без проведения периодов продувки.

12. Устройство для атомно-слоевого осаждения покрытия на поверхность подложки, содержащее:

реакционную камеру;

по меньшей мере одну подающую линию и

управляющую систему, предназначенную для управления устройством для

выполнения последовательности атомно-слоевого осаждения, включающей по меньшей мере один цикл осаждения в реакционной камере, причем в каждом цикле образуется монослой осажденного материала, при этом цикл осаждения включает подачу по меньшей мере частиц первого предшественника и частиц второго предшественника через по меньшей мере одну подающую линию к поверхности подложки, находящейся в реакционной камере, при этом

управляющая система дополнительно предназначена для обеспечения одновременного присутствия паров, содержащих частицы первого предшественника и частицы второго предшественника, в газовой фазе в реакционной камере, при этом цикл осаждения включает период активации и период регенерации, при этом

устройство содержит источник фотонов для возбуждения в течение периода активации под действием энергии фотонов частиц первого предшественника, адсорбированных на поверхности подложки в течение предшествующего периода регенерации, вследствие чего адсорбированные частицы первого предшественника реагируют на поверхности с частицами второго предшественника, который находится в газовой фазе, при этом устройство дополнительно выполнено с возможностью осуществлять в течение последующего периода регенерации реакции частиц первого предшественника, который находится в газовой фазе, с частицами второго предшественника, адсорбированными на поверхности в течение периода активации.

13. Устройство по п. 12, содержащее экранное сопло, размещенное выше подложки, между подложкой и источником фотонов, используемое в качестве экрана и в качестве сопла для подачи предшественника в реакционную камеру.

14. Устройство по п. 12 или 13, в котором реакции представляют собой последовательные самонасыщающиеся поверхностные реакции.

15. Устройство по п. 12 или 13, в котором первый предшественник представляет собой металлический предшественник и второй предшественник представляет собой неметаллический предшественник.

5 16. Устройство по п. 12 или 13, в котором управляющая система предназначена для управления, при котором циклы осаждения выполняют без проведения периодов продувки.

10

15

20

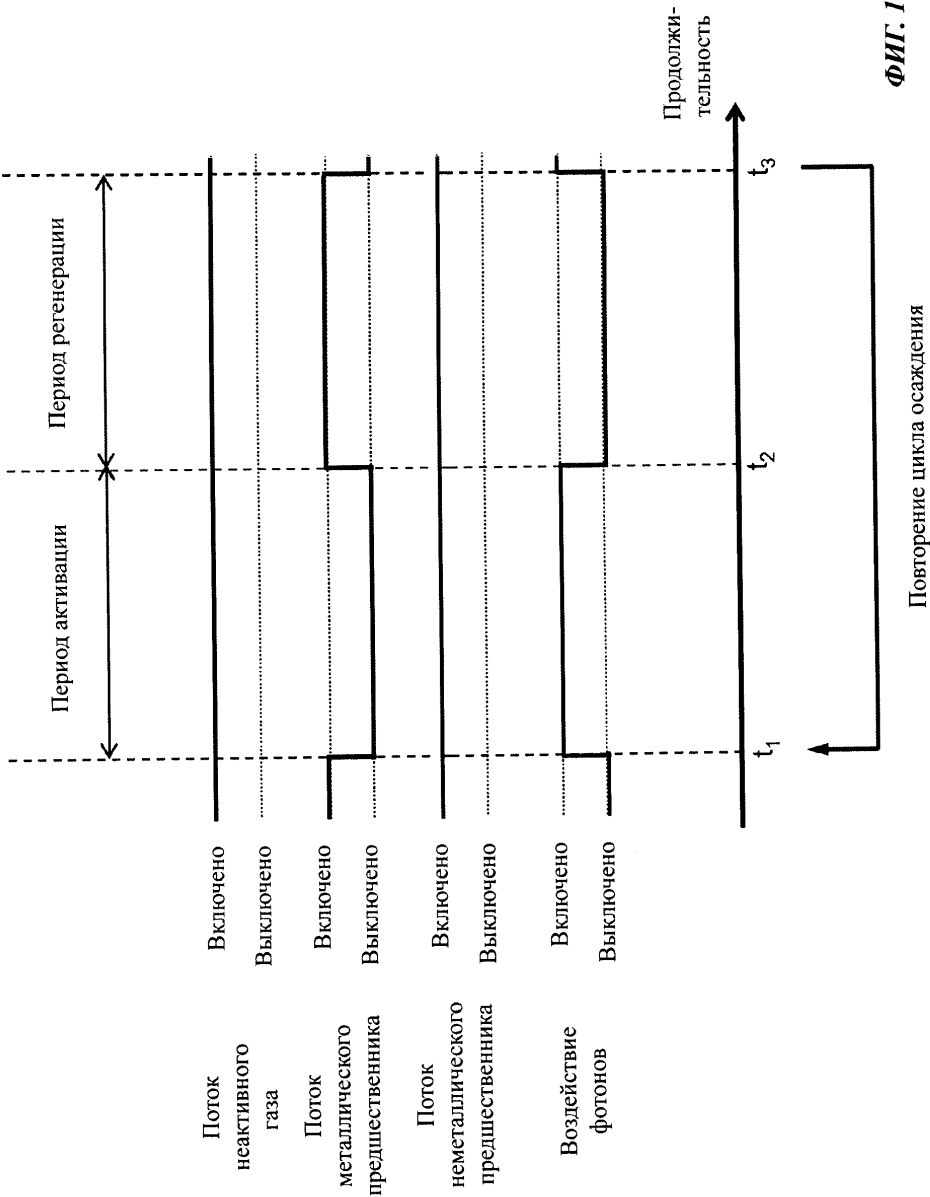
25

30

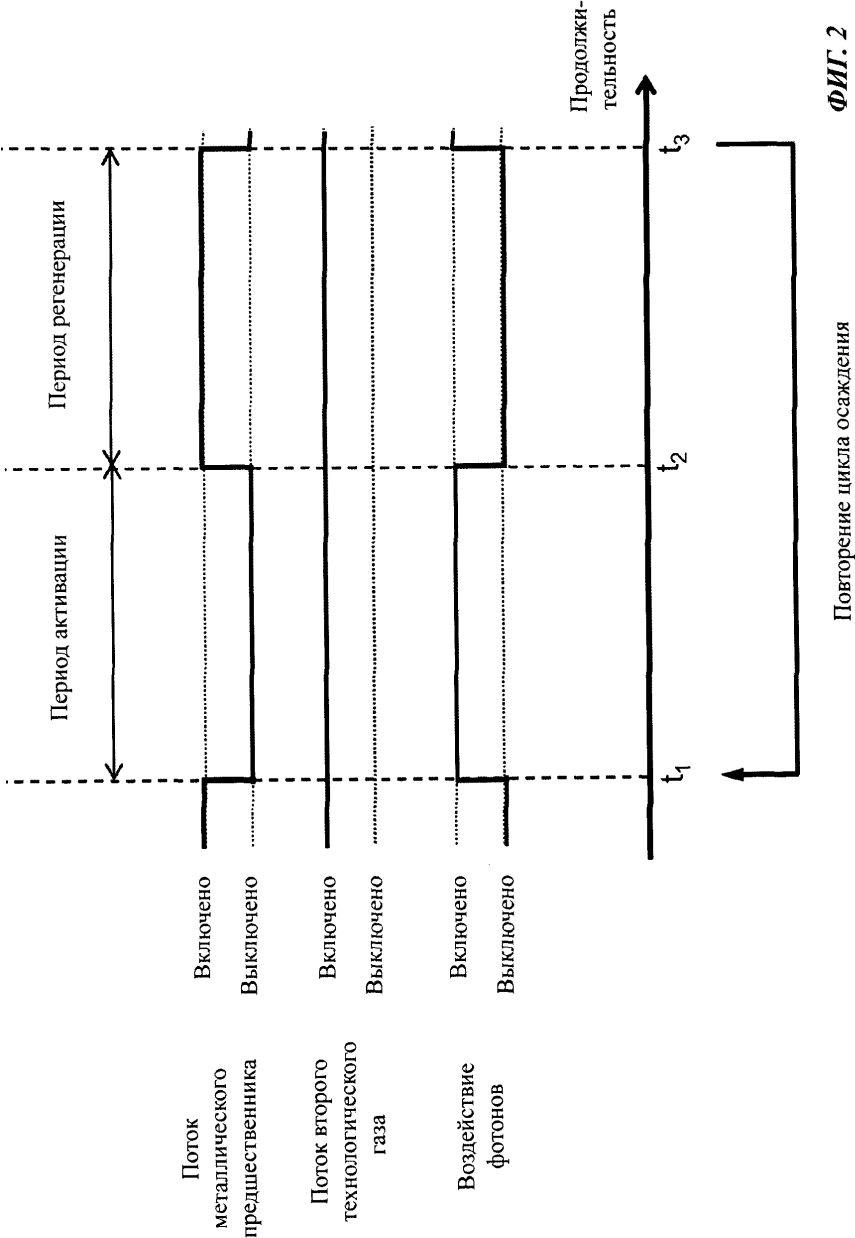
35

40

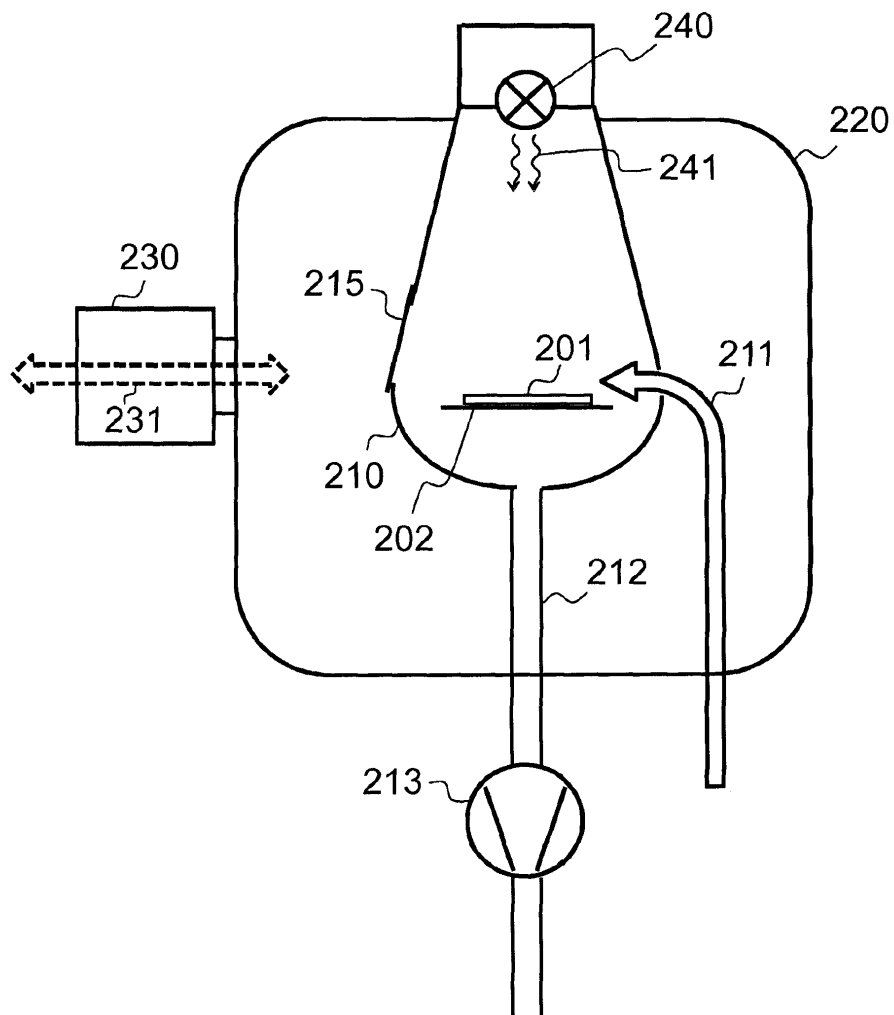
45



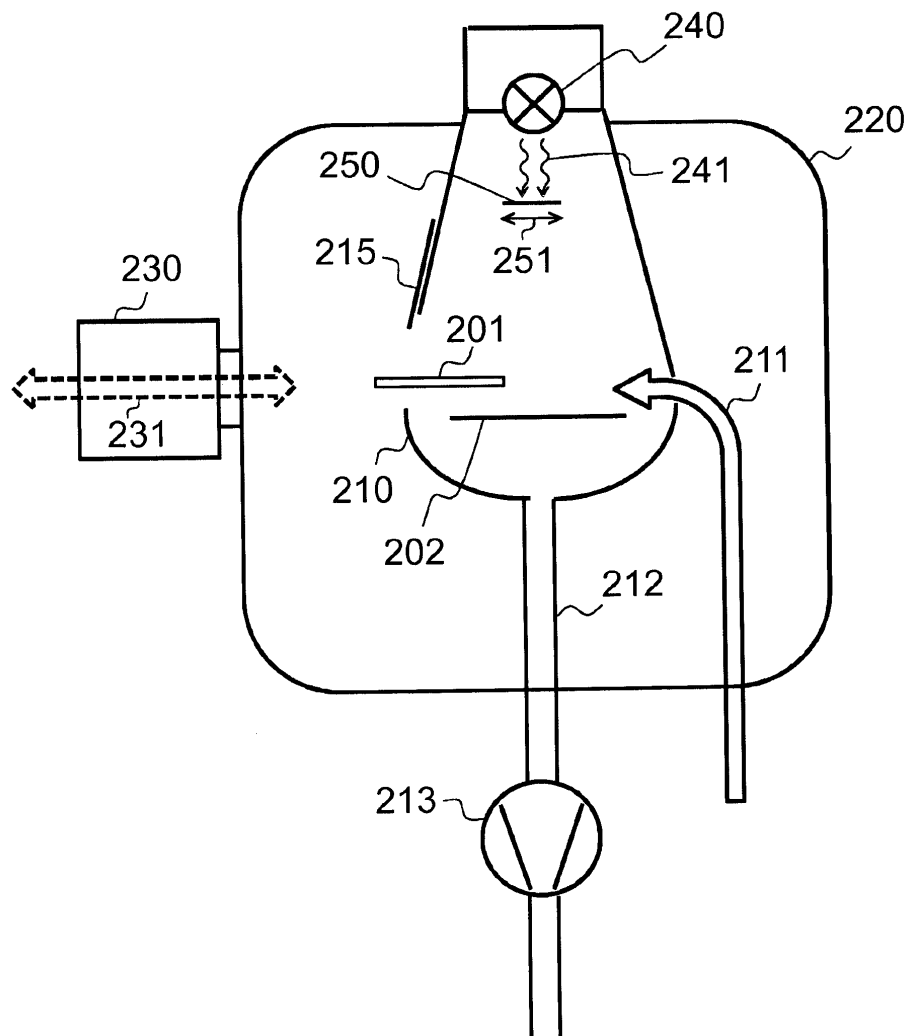
ФИГ. 1



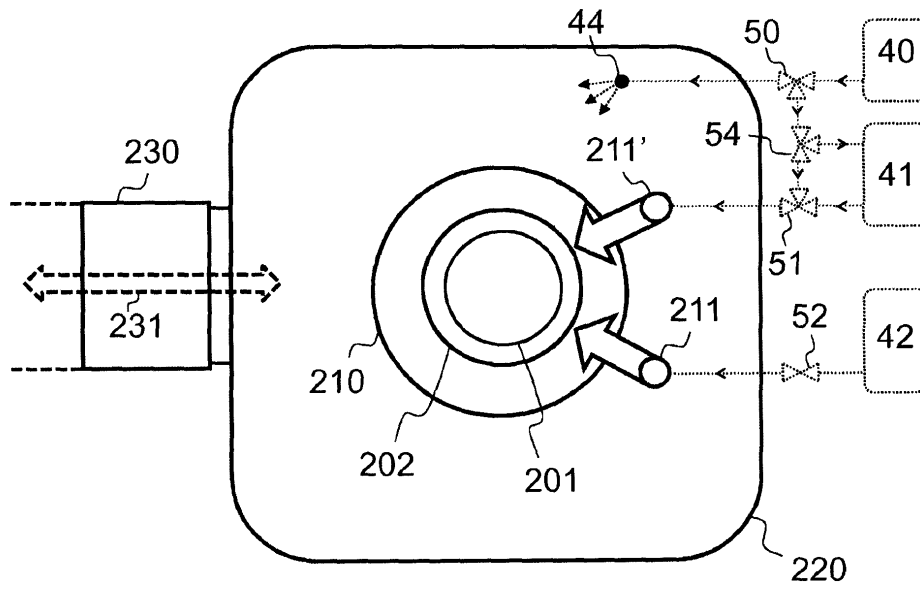
ФИГ. 2



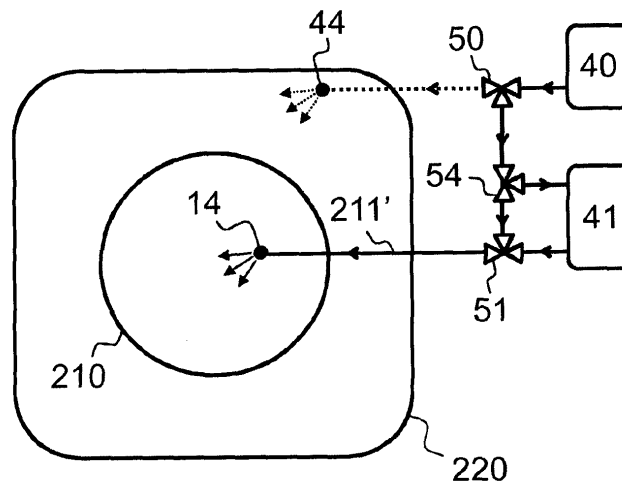
ФИГ. 3



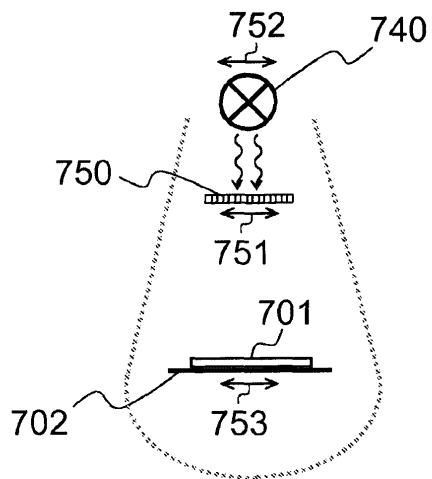
ФИГ. 4



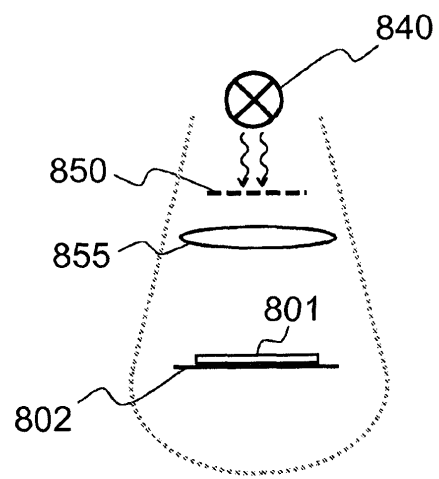
ФИГ. 5



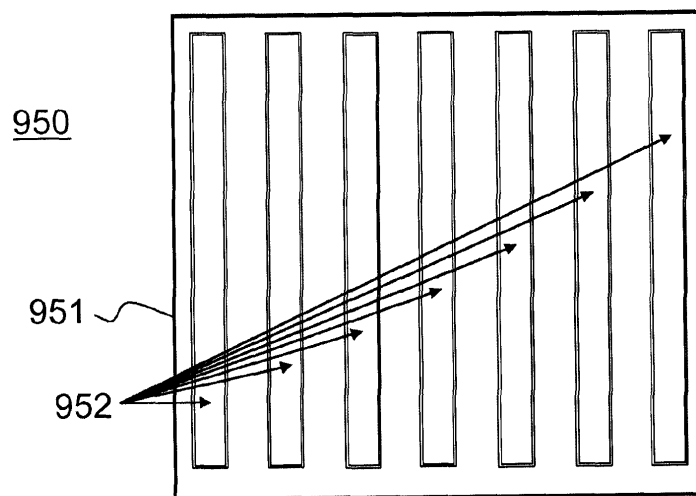
ФИГ. 6



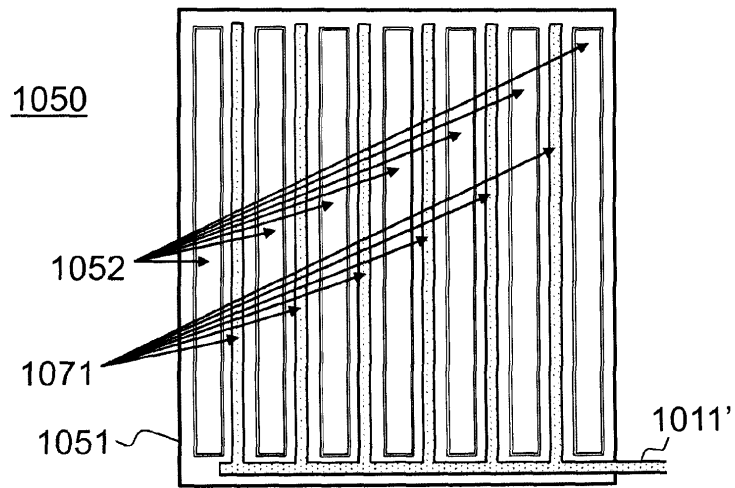
ФИГ. 7



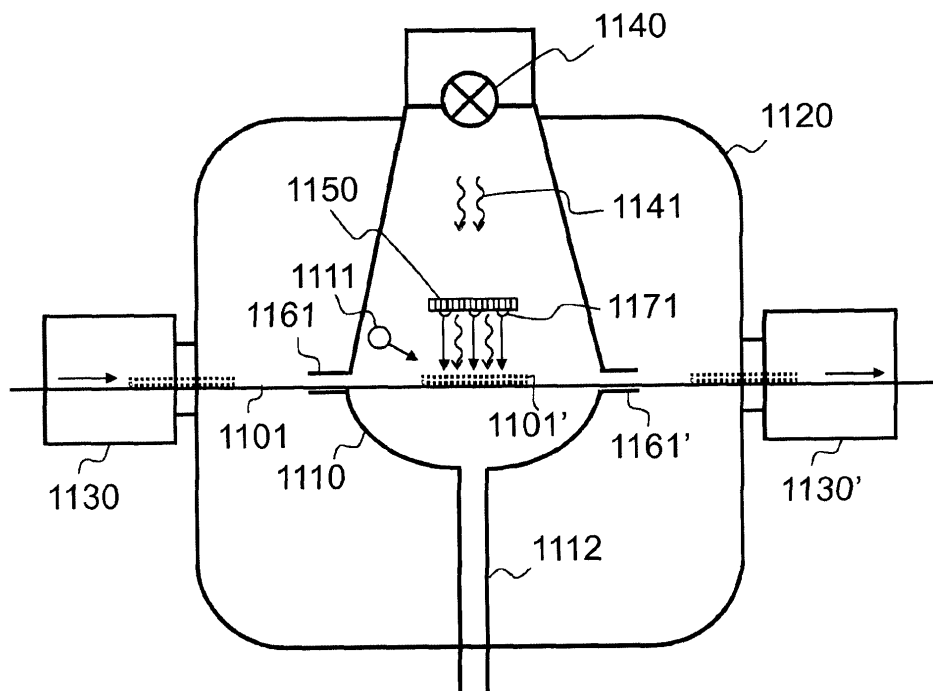
ФИГ. 8



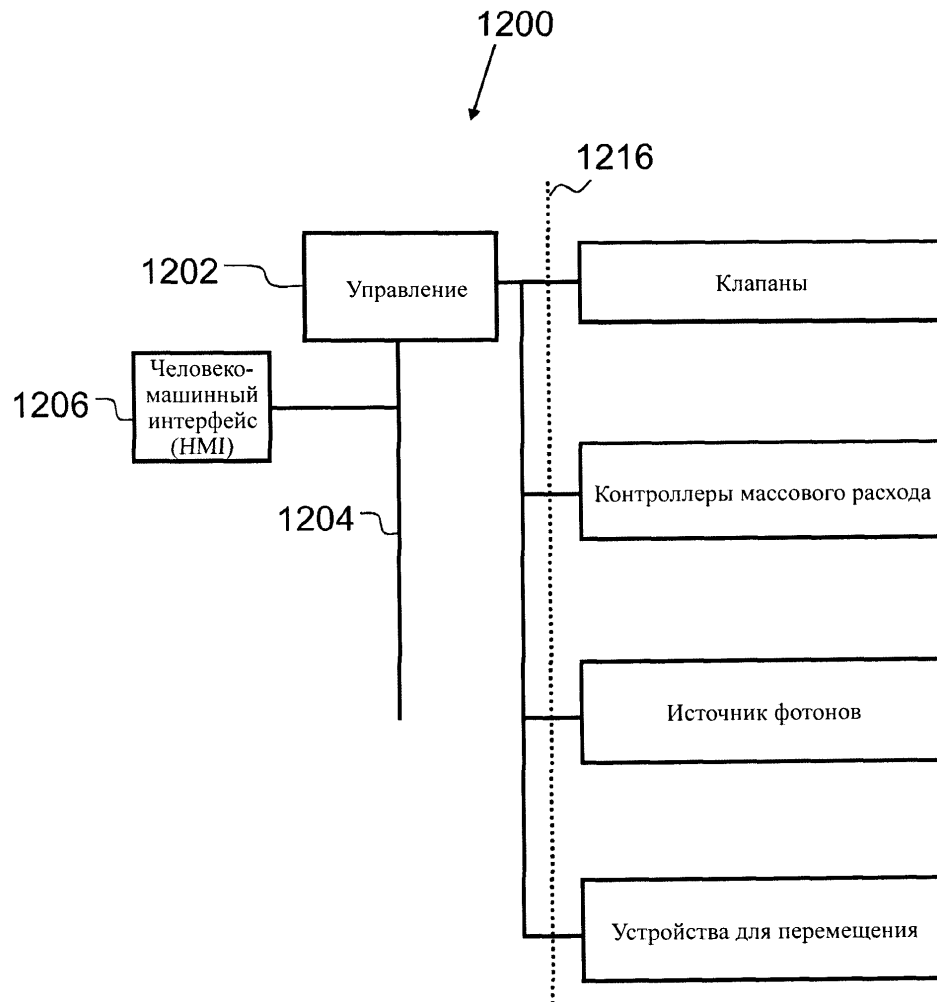
ФИГ. 9



ФИГ. 10



ФИГ. 11



ФИГ. 12