



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003136088/02, 17.06.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.06.2002

(30) Конвенционный приоритет:
15.06.2001 (пп.1-43) SE 0102144-3

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2005

(45) Опубликовано: 10.04.2007 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 9845504 A, 15.10.1998. SU 1014157
A, 23.04.1983. SU 946873 A, 05.08.1982.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
11.12.2003

(86) Заявка РСТ:
SE 02/01179 (17.06.2002)

(87) Публикация РСТ:
WO 02/103085 (27.12.2002)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Автор(ы):

МЕЛЛЕР Патрик (SE),
ФРЕДЕНБЕРГ Микаэль (SE),
ВИВЕН-НИЛЬССОН Петер (SE)

(73) Патентообладатель(и):

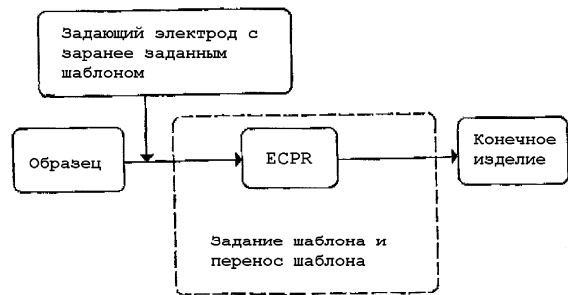
РЕПЛИЗАУРУС ТЕКНОЛОДЖИЗ АБ (SE)

(54) СПОСОБ И ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕПЛИКАЦИИ ШАБЛОНОВ В ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу электрохимической репликации шаблонов и к конструкции проводящего электрода для создания микро- и/или наноструктур. Способ включает перенос шаблона на подложку посредством электрохимического процесса с использованием задающего электрода, содержащего противозлектрод с нанесенным на него шаблоном из изолирующего материала путем приведения задающего электрода в тесный контакт с поверхностью подложки и образования локальных полостей, содержащих раствор электролита, процесса электрохимического травления/осаждения материала на поверхности подложки/задающего электрода. Задающий электрод содержит противозлектрод и шаблон,

определяющий структуру ячейки электрохимического травления или осаждения, противозлектрод и шаблон являются интегрированными в задающий электрод, при этом противозлектрод представляет собой проводящий слой электрода, а шаблон, определяющий структуру, представляет собой изолирующий слой, который наносится на указанный противозлектрод таким образом, что указанный проводящий слой электрода расположен в указанном шаблоне, определяющем структуру. Технический результат: упрощение создания микро- и/или наноструктур, возможность многократного использования задающего электрода, устранение доводки изделий и получение точно контролируемого способа без ограничений. 4 н. и 39 з.п. ф-лы, 10 ил.



Фиг. 7



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C25D 5/02 (2006.01)

C25F 3/14 (2006.01)

B21C 1/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2003136088/02, 17.06.2002

(24) Effective date for property rights: 17.06.2002

(30) Priority:
15.06.2001 (cl.1-43) SE 0102144-3

(43) Application published: 10.05.2005

(45) Date of publication: 10.04.2007 Bull. 10

(85) Commencement of national phase: 11.12.2003

(86) PCT application:
SE 02/01179 (17.06.2002)(87) PCT publication:
WO 02/103085 (27.12.2002)

Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):

MELLER Patrik (SE),
FREDENBERG Mikaehl' (SE),
VIVEN-NIL'SSON Peter (SE)

(73) Proprietor(s):

REPLIZAURUS TEKNOLODZHIZ AB (SE)

(54) METHOD AND ELECTRODE FOR REPLICATION OF PATTERNS IN ELECTRICALLY CONDUCTING MATERIALS

(57) Abstract:

FIELD: processes for electrochemical replication of patterns, design of electrically conducting electrode for creating micro- and(or) nano-structures.

SUBSTANCE: method comprises steps of transferring pattern to substrate by means of electrochemical process with use of setting electrode including counter-electrode to which pattern of insulated material is applied. Close contact of setting electrode with surface of substrate is realized for forming local cavities containing solution of electrolyte. Electrochemical etching/deposition of material onto surface of substrate /setting electrode is also realized. Setting electrode includes counter-electrode and pattern defining structure of cell for electrochemical etching/deposition cell. Said counter -electrode and pattern are integrated into structure of setting electrode while counter-electrode is conducting layer of electrode and

pattern defining structure is insulating layer applied onto counter-electrode in such a way that provide arrangement of conducting layer of electrode in pattern.

EFFECT: simplified process for creating micro- and(or) nano-structures, possibility for multiple use of setting electrode, elimination of article finishing up, accurately controlled method having no limitations.

43 cl, 10 dwg



Фиг. 7

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к новому способу травления или осаждения для упрощения осуществления применений, включающих в себя микро- и наноструктуры путем использования специального электрода, в соответствии с прилагаемой формулой

5 изобретения.

Настоящее изобретение является тесно связанным с электрохимическим травлением, осаждением, фотолитографией и репликацией шаблонов и относится к области микро- и нанотехнологий.

10 Настоящий способ является особенно пригодным для изготовления плат с печатным монтажом (PWE), печатных плат (PCB), микроэлектромеханических систем (MEMS), сенсоров, плоских панелей дисплеев, магнитных и оптических запоминающих устройств, с использованием этого способа можно производить интегральные схемы, различные типы структур в проводящих полимерах, структуры в полупроводниках, структуры в металлах и тому подобное. Даже производство трехмерных структур в кремнии является возможным

15 путем использования формирования пористого кремния.

Предшествующий уровень техники

Все возрастающая потребность в меньших, более быстрых и менее дорогостоящих микроэлектронных и микроэлектромеханических системах требует соответствующей разработки эффективных и пригодных для использования производственных технологий.

20 При изготовлении микро- и/или наноструктур на поверхности используются либо аддитивные, либо субтрактивные технологии. Одной из общих субтрактивных технологий является травление, и одной из общих аддитивных технологий является осаждение.

Способы травления, как правило, подразделяются на две подгруппы: сухое и влажное травление. Как правило, сухое травление используется для субмикронных структур и/или там, где важными являются прямые боковые стенки, влажное травление используется для

25 больших структур, где некоторое подтравливание резиста является приемлемым или, иногда, желательным. Технологии влажного травления могут подразделяться на химическое и электрохимическое травление.

Преимуществом сухого травления по сравнению с влажным травлением является то, что анизотропные профили травления могут генерироваться как в кристаллическом, так и в поликристаллическом/аморфном материале. Некоторые недостатки сухого травления включают в себя высокую стоимость оборудования, отсутствие селективности, проблемы с последующим осаждением на образце, опасные для окружающей среды химикалии, повреждение поверхности на подвергающемся травлению образце и проблемы

35 безопасности и утилизации отходов.

Преимущество влажного травления заключается в том, что оно представляет собой простой и недорогой способ. Одним из недостатков является то, что он не включает в себя никакой направленной движущей силы, и по этой причине скорость травления является одинаковой во всех направлениях, что приводит к изотропному профилю травления. Некоторые другие недостатки заключаются в том, что ванны для влажного травления, как правило, содержат агрессивные и токсичные химикалии, которые часто приводят к возникновению проблем с безопасностью и утилизацией отходов. Во многих способах влажного травления стоимость обработки и утилизации отходов часто превосходит реальную стоимость травления, и тот же самый недостаток относится к

45 сухому травлению.

Подробные описания, относящиеся к указанным выше способам травления, уже обсуждались специалистами в данной области техники и не будут приводиться в настоящем документе. Благодаря тесной взаимосвязи между способом травления по настоящему изобретению и электрохимическим травлением некоторые детали, относящиеся к последнему способу, будут представлены следующим образом.

50 Электрохимическое травление представляет собой простой и недорогой способ травления, который делает возможным достижение высоких скоростей травления и точный контроль процесса. При электрохимическом травлении между подвергающимся травлению

образцом и противоэлектродом прикладывается внешний электрический потенциал, все они погружены в жидкий травильный раствор. Электрохимическая ячейка с рабочим электродом, образцом в качестве анода и противоэлектродом в качестве катода формируется так, как изображено на фиг.1. Для осуществления процесса окисления на рабочем электроде прикладывается внешний потенциал. Соответствующее восстановление на катоде обычно представляет собой формирование газообразного водорода. В качестве электролита и травильного раствора могут быть использованы нейтральные растворы солей или очень разбавленные смеси обыкновенных травильных растворов. Приложенный потенциал и электрическое поле от него дают направленное

Одна из проблем, с которыми сталкиваются разработчики электрохимических ячеек травления, заключается в том, что для уменьшения потерь на сопротивление при переносе заряда в электролите является необходимым малое расстояние между электродом и подвергающимся травлению образцом. Малое расстояние, которое делает даже небольшую неоднородность электрода, приводит к относительно большим значениям Δd , что, в свою очередь, дает неоднородное распределение плотности тока. Результат является таким, что некоторые части образца подвергаются избыточному травлению, в то время как некоторые части не вытравливаются до желаемой глубины. Не является возможной никакая механическая опора для того, чтобы удерживать электрод в одном и том же положении над всей поверхностью, поскольку не допускается никакого контакта между образцом и противоэлектродом.

Другая проблема при электрохимическом травлении заключается в неоднородном распределении плотности тока, возникающем из-за аккумуляции токов от областей, не подвергающихся травлению, в связи с тем фактом, что все части противоэлектрода находятся в контакте с электролитом, а не только представляющие интерес области над частями, подвергающимися травлению.

Другой возможностью, аддитивной технологией, для переноса шаблона является добавление материала в структуру, сформированную поверх подложки, с помощью стадии задания шаблона. Электрохимическое осаждение, для которого специалисты в данной области техники также используют термин "электроосаждение", физическое осаждение из паровой фазы и химическое осаждение из паровой фазы представляют собой примеры аддитивных процессов. В данной области техники известно, что путем использования электроосаждения могут быть изготовлены четкие шаблоны, вертикальные боковые стенки и структуры с большим форматным отношением. Однако с известным способом электроосаждения связаны обычные промышленные проблемы, а именно неоднородное распределение плотности тока, приводящее к скорости осаждения, зависящей от шаблона, окружающего каждую структуру, которую осаждают. В дополнение к этому такие различия в плотности тока также приводят к различному составу материала, когда осаждаются сплавы, а также к различиям в высоте для структур, получаемых электроосаждением на подложке. До настоящего времени эти нежелательные неравномерные распределения, как правило, должны спрямляться с использованием способов планаризации на последующем этапе процесса.

Когда целью травления является создание структуры в материале, подвергающемся травлению, путем вытравливания его заданных частей, подвергающийся травлению материал, который не должен быть вытравлен, обычно покрывается слоем, предотвращающим травление, так называемой маской или резистом. Преобладающей технологией для задания шаблонов, которые должны вытравливаться, представляет собой фотолитографию, а обычный слой для предотвращения травления представляет собой фоторезист. Фоторезист экспонируется посредством электромагнитного излучения и проявляется для переноса шаблона, где травление является желательным. Каждый образец, который подвергается травлению, должен быть покрыт резистом, подвергнут предварительному отверждению, экспонирован, проявлен и подвергнут окончательному отверждению до того, как может начаться процесс травления.

Большинство современных микроустройств строится с помощью большого количества функциональных слоев, и каждый слой должен быть выровнен и для него должен быть задан шаблон и в процессе фотолитографии, вслед за этим следует процесс переноса шаблона. Фиг.6 демонстрирует обычный способ травления с помощью процесса

5 литографии. Сложная природа литографического процесса задания шаблона и большое количество стадий литографии, необходимых для изготовления микроустройства, делает его главным потребителем времени и средств в общей цепочке производства.

Из публикации Европейского патента EP 1060299 известно использование способа изготовления путем травления, углублений в заданных частях поверхности, подвергающейся травлению, путем использования электрода с электропроводящими частями электрода, размещенными в заданных частях поверхности электрода, где части электрода формируют конфигурацию электрода, которая соответствует шаблону травления. Способ отличается по сравнению с настоящим изобретением использованием электромагнитного излучения для растворения пассивирующего слоя, который формируется на подвергающемся травлению материале. Во время травления электрод размещается на некотором расстоянии от электропроводящего материала, подвергающегося травлению, который также отличается от настоящего изобретения. Электроды в соответствии с Европейским патентом EP 1060299 должны быть прозрачными для электромагнитного излучения, и они не компенсируют неоднородности в микро/нанообластях.

WO 9845504 описывает способ для электроосаждения, использующий изделие, подвергающееся электроосаждению, анод и подложку. Подвергающееся электроосаждению изделие приводится в контакт с подложкой. В одном из вариантов осуществления внешний анод помещается отдельно от подложки и изделия, подвергающегося электроосаждению, при этом все они погружаются в электролит. В соответствии с описанием потенциал прикладывается через внешний анод и подложку, приводя к переносу материала от анода через пористый носитель подвергающегося электроосаждению изделия и нанесению его на подложку в соответствии с шаблоном, заданным с помощью изолирующей маски подвергающегося электроосаждению изделия. Объем электролита между подвергающимся электроосаждению изделием и анодом может перемешиваться для улучшения массопереноса электрохимически активных ионов. Однако для описанного способа характерны те же проблемы и недостатки, которые ассоциируются с обычным электроосаждением, а именно неоднородность скоростей осаждения в результате неоднородного распределения плотности тока, связанного с анодом, имеющим области с размерами поверхности, отличающимися от размеров поверхности соответствующих областей катода, расположенных на подложке, где задан шаблон. Таким образом, различия в скоростях реакции в различных полостях приводят к осаждению микроструктур с различными высотами, которые зависят от шаблона, окружающего каждую структуру. Эта проблема обычно решается с помощью последующего процесса планаризации, подобного доводке или химической механической полировке (CMP). Когда осаждают сплавы, способ, описанный в WO 9845504, страдает от тех же самых проблем, что и обычные способы осаждения, а именно от различий в составе материала, связанных с неоднородным распределением плотности тока.

В дополнение к этому рассмотренный вариант осуществления, раскрытый в WO 9845504, требует, чтобы подвергающееся электроосаждению изделие было изготовлено с помощью пористого материала, который является проницаемым для ионов, находящихся в электролите, что приводит к возникновению ограничений относительно того, насколько малые размеры могут быть заданы, в зависимости от размера пор материала.

Во втором варианте осуществления, описанном в WO 9845504, рассматривается подвергающееся электроосаждению изделие, которое состоит из маски с шаблоном, помещенной на аноде. Анод может быть растворимым или нерастворимым и может включать в себя слой, подвергающийся эрозии. В способе, использующем растворимый анод, материал переносится из материала анода в подвергающееся электроосаждению

изделие, таким образом, подвергающееся электроосаждению изделие подвергается эрозии во время использования, но может периодически восстанавливаться и использоваться повторно. Однако проблема неоднородного распределения плотности тока относится также и к этому способу, поскольку маска с шаблоном по-прежнему помещается в виде

5 отдельного слоя на слой анода, то есть распределение плотности тока является однородным только в начале процесса осаждения, в то время как поверхность контакта электролита с материалом анода увеличивается в различной степени в каждой локальной ячейке осаждения в зависимости от ее размера, когда расходуется материал анода. Более того, максимальное форматное отношение, то есть отношение высота/ширина, у структур, 10 которые могут осаждаться, ограничивается тем фактом, что эрозия материала анода в изделии, подвергающемся электроосаждению, подтравливает изолирующую маску с шаблоном. Подтравливание слоя маски во время использования также связывается с проблемами надежности, поскольку слой маски с шаблоном может быть полностью подтравлен и отделен от изделия, подвергающегося электроосаждению, если процесс 15 электроосаждения не завершается вовремя. Описанные проблемы являются изначально связанными с рассматриваемым способом, поскольку растворимый материал анода переносится непосредственно из самого подвергающегося электроосаждению изделия, даже в случае, когда подвергающееся электроосаждению изделие состоит из различных слоев растворимого и нерастворимого материала.

20 Сущность изобретения

Одной из задач настоящего изобретения является упрощение осуществления применений, включающих в себя микро- и наноструктуры, где шаблон травления или осаждения, который задается проводящим электродом, задающим электродом, реплицируется на электропроводящем материале, подложке. Кроме того, должно быть 25 возможным многократное повторное использование задающего электрода для изготовления реплик в соответствии с настоящим способом. Более конкретно, задачей настоящего изобретения является устранение стадий процесса, не являющихся необходимыми, таких как рассмотренные выше этапы процесса планаризации, во время указанного производства упомянутых структур, и обеспечение точно контролируемого 30 способа электрохимического травления или осаждения без ограничений, налагаемых на максимальное форматное отношение осажденных структур, разброс состава материала осажденных структур, и проблем надежности при широкомасштабном производстве.

Как правило, эта задача решается с помощью специального контактного способа электрохимического травления/осаждения, который называется способом 35 электрохимической репликации шаблонов. Для упрощения описания далее в настоящем описании способ электрохимической репликации шаблонов, соответствующий настоящему изобретению, обозначается как способ "ECPR". Этот способ основывается на структурированном устройстве электрода, на способе электрохимического травления/осаждения и на устройстве для осуществления этого способа в соответствии с 40 различными аспектами настоящего изобретения, как они определяются посредством независимых пунктов прилагаемой формулы изобретения.

Задающий электрод и подложка приводятся в тесный контакт, когда локальные ячейки травления/осаждения формируются в открытых или закрытых полостях между задающим электродом и подложкой. Система с внутренней поверхностью противозэлектрода внутри 45 каждой локальной электрохимической ячейки травления или осаждения, которая определяется стенками изолирующего слоя шаблона, обеспечивает однородное распределение плотности тока, независящее от шаблона. Чтобы сделать возможным осуществление принципа ECPR с внутренним противозэлектродом в электрохимических микро- и наноячейках в закрытых полостях, предварительное осаждение растворимого 50 материала анода внутри полостей в задающем электроде осуществляется перед осаждением ECPR, а во время травления ECPR осуществляется электроосаждение избыточных ионов в электролите, возникающих из-за травления подложки. Это приводит к однородному распределению плотности тока при ECPR, независимому от любого

применяемого шаблона, устраняет рассмотренные выше недостатки, связанные с предшествующим уровнем техники, а именно различные скорости осаждения, зависящие от шаблона, который осаждается. Более того, ECPR устраняет потребность в последующей планаризации, поскольку осажденные структуры уже изначально имеют одинаковую

5 высоту, когда они осаждаются с помощью способа ECPR. ECPR также решает проблемы, связанные с ограничениями максимального форматного отношения структур, осажденных в каждом цикле осаждения, и проблемы надежности, связанные с предшествующим уровнем техники. Более того, когда осаждаются сплавы, ECPR также решает рассмотренную выше
10 проблему различий состава материала для различных структур, зависящих от шаблона, окружающего каждую структуру. Таким образом, решается задача настоящего изобретения.

Еще одно преимущество способа ECPR, когда он используется для травления, заключается в том, что он обеспечивает высокий и хорошо контролируемый анизотропный
15 профиль травления, высокую скорость травления и качество и однородность поверхности, возможность точного контроля процесса, сведенное к минимуму подтравливание, процесс, благоприятный для окружающей среды (поскольку используются электролитные или очень разбавленные травильные растворы), и низкую стоимость.

Другой задачей является разработка конструкции задающего электрода, который используется в способе ECPR.

Эта задача решается путем интегрирования противозэлектрода и шаблона,
20 определяющего структуры для электрохимической ячейки травления/осаждения, в одном устройстве, задающем электроде. Этот задающий электрод будет работать как в качестве противозэлектрода, так и в качестве эталонного шаблона, в локальной ячейке травления/осаждения, используемой в способе ECPR. Подложка, образец, на котором должна вытравливаться или осаждаться структура, функционирует в качестве рабочего
25 электрода в ячейке травления/осаждения, используемой в способе ECPR.

Путем использования этого задающего электрода, объединенного со способом ECPR, несколько реплик могут быть изготовлены в проводящих материалах путем электрохимического удаления или добавления материала внутри каждой локальной электрохимической микро- или наноячейки, определяемой задающим электродом.

30 Дальнейшие задачи и преимущества настоящего изобретения станут очевидными для специалиста в данной области из чтения приведенного ниже подробного описания предпочтительных вариантов осуществления.

Перечень фигур

Изобретение будет описываться более подробно ниже посредством примеров и со
35 ссылками на прилагаемые чертежи. На чертежах:

Фиг.1 - вид в разрезе ячейки травления, используемой для обычного электрохимического травления.

40 Фигуры 2a-2f - виды в разрезе, которые иллюстрируют один из процессов изготовления задающего электрода, в соответствии с настоящим изобретением, на основе открытых локальных электрохимических ячеек.

Фиг.3 - вид в разрезе ячейки травления/осаждения в соответствии с настоящим изобретением.

45 Фиг.4a - вид в разрезе ячейки травления, где задающий электрод и подложка сжимаются и формируются закрытые локальные ячейки травления, в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.4b - вид в разрезе ячейки травления, где шаблон вытравлен на подложке, в соответствии с настоящим изобретением.

50 Фиг.5a - вид в разрезе ячейки осаждения, где задающий электрод и подложка сжимаются и формируются закрытые локальные ячейки осаждения, в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.5b - вид в разрезе ячейки осаждения, где шаблон реплицируется на подложке, в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.6 - блок-схема процесса микротехнологии с процессом фотолитографии.

Фиг.7 - блок-схема способа ECPR в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.8 - вид в разрезе основного устройства, используемого для одностороннего травления/осаждения с помощью способа ECPR, в соответствии с настоящим изобретением.

5 Фиг.9a - вид сбоку примера другого устройства, используемого для травления/осаждения с помощью способа ECPR, в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг.9b - вид с торца того же устройства, которое представлено на фиг.9a.

10 Фигуры 10a-10h - виды в разрезе различных иллюстративных сочетаний конструкций и материалов задающего электрода в соответствии с настоящим изобретением.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

15 Задающий электрод 8 по настоящему изобретению работает как в качестве противозэлектрода 1, так и в качестве эталона, задающего шаблон, а подложка 9 функционирует в качестве рабочего электрода 2 в ячейке травления/осаждения, которая представлена на фиг.3, используемой в способе ECPR в соответствии с настоящим изобретением.

20 Далее в настоящем описании рассматривается иллюстративный процесс травления или осаждения, но нужно заметить, что для специалиста в данной области техники является очевидным, что это также относится и применяется, соответственно, к любому соответствующему процессу осаждения или травления.

Задающий электрод

25 Назначением задающего электрода 8 является обеспечение электрического соединения четко определенного предварительно осажденного материала анода с локальными ячейками 14 осаждения, формирующимися при сжатии задающего электрода 8 и подложки 9, и в то же время обеспечение электрической изоляции для областей, где электрохимическое воздействие является нежелательным, то есть в областях контакта между изолирующим слоем 3 шаблона и подложкой 9. Чтобы сделать возможным четкий перенос шаблона, даже для относительно шероховатых поверхностей подложек, требуется некоторое согласованное поведение, как глобально, по всей поверхности подложки, так и локально, на каждой изолирующей структуре слоя шаблона, находящегося в контакте с 30 поверхностью подложки. Это удовлетворяется с помощью гибкого поведения всего задающего электрода, глобально, в макроскопическом масштабе и сжимаемого слоя 20, 21 эластомера в конструкции задающего электрода в локальном микроскопическом масштабе.

35 Изолирующий слой 3 шаблона изготавливается путем использования электрически изолирующего материала, который является химически инертным в используемых электролитах, обеспечивает структуры с большим форматным отношением и легко конфигурируется с использованием, например, ультрафиолетового излучения, рентгеновских лучей, электронного луча, лазера или травления/осаждения, комбинированного с процессом изоляции. Примеры изолирующих материалов, которые 40 могут быть использованы, представляют собой полиамид, SU-8, SC 100, MRL 6000, резист ED и тефлон (Teflon). В другом варианте осуществления изолирующие области изготавливаются путем анодирования проводящего материала, например металла.

Противозлектрод 1 содержит проводящий слой 1' электрода. Альтернативно проводящий слой электрода может также содержать гибкую проводящую фольгу 1", 45 твердый лист из металла или тонкий проводящий слой на слое механической опоры 23. Когда проводящие слои 1', 1" электрода осаждаются на слой 23 механической опоры или на слой 21 эластомера с очень высокой однородностью поверхности, объединяются два признака, планарность и высокая однородность поверхности. Критичными характеристиками материала для проводящего слоя 1', 1" электрода являются высокая 50 проводимость, химическая инертность в используемых электролитах, хорошие затравочные слои для электрохимического осаждения материала и подходящие способы для осаждения или включения другими способами этого слоя в интегральную конструкцию задающего электрода. Неограничивающий список примеров материалов, используемых

для проводящего слоя 1', 1" электрода, включает в себя нержавеющую сталь, платину, палладий, титан, золото, графит, хром, алюминий и никель.

В соответствии с одним из вариантов осуществления задающий электрод изготавливается путем использования обычного способа микротехнологии, который иллюстрируется на фиг.6. Иные варианты осуществления задающих электродов, используемых для обработки путем ECPR, описываются на фиг.10a-10h. Все различные варианты осуществления слоя 1', 1" электрода могут быть объединены со всеми различными сочетаниями изолирующего слоя 3 шаблона, слоя 20, 21 гибкого эластомера, слоя 23 механической опоры и промежуточных металлических слоев 22. Все эти конфигурации могут быть использованы как для концепции открытой полости, так и для концепции закрытой полости. Эти концепции будут объясняться далее в настоящем документе. Задающие электроды для конфигурации открытой полости могут изготавливаться с использованием способа, описанного ниже.

Задающий электрод, используемый для конфигурации открытой полости, формируется на двух главных этапах. На первом этапе слой 1 противоэлектрода формируется и приготавливается таким образом, чтобы он удовлетворял различным требованиям, установленным в качестве критичных для успешной обработки ECPR. Когда он уже удовлетворяет этим требованиям, на слое противоэлектрода 1 осаждается изолирующий слой 3 шаблона, на котором формируется шаблон.

В предпочтительном варианте осуществления в качестве материала задающего электрода выбирается титан, поскольку в используемых электролитах он является инертным. Более того, анодирование может формировать в областях контакта плотный изолирующий внешний слой TiO_2 . Является возможным использование также и других материалов, как рассмотрено выше.

Поскольку задающий электрод 8 находится в контакте с рабочим электродом 2, некоторые части задающего электрода должны быть изготовлены из изолирующего материала, изолирующий слой 3 шаблона на стороне контакта, на стороне 11 эталона. Изолирующий слой 3 шаблона предохраняет области, где травление является нежелательным, от контакта с травильным раствором.

Все этапы изготовления задающего электрода 8 могут быть осуществлены с помощью обычных способов микротехнологии, известных из литературы, где характерные этапы демонстрируются на фиг.6.

Соответственно, задающий электрод 8 будет изготавливаться из двух слоев 16 титановой фольги, как определено выше, которые изображены на фиг.2a-2e, с защитным слоем 17 фоторезиста между ними для формирования каналов, предназначенных для переноса газа/электролита. Ниже приведен пример того, как может осуществляться изготовление этого задающего электрода.

1. Исходный материал, образец на фиг.6, представляет собой слой 16 из Ti фольги толщиной 4 мкм. Защитный слой 17 фоторезиста толщиной 1 мкм осаждается электрохимически, как представлено на фиг.2a. Для формирования каналов, предназначенных для флюида, резист формирует квадраты шириной 4 мкм, разделенные с помощью линии резиста толщиной 1 мкм, как изображается на фиг.2b. Второй слой 16 Ti -фольги толщиной 3 мкм наносится поверх защитного слоя 17 резиста, как изображено на фиг.2c.

2. Обе длинные стороны этого "сэндвича", которые изображены на фиг.2c, покрыты резистом 18 ED, как изображено на фиг.2d. Сторона 11 эталона структурируется с помощью желаемого эталонного шаблона, и наружная сторона 10 структурируется с помощью отверстий диаметром 1 мкм в соответствии с процессом задания шаблона, изображенным на фиг.6.

3. Осуществляют двухстороннее электрохимическое травление в соответствии со способом переноса шаблона, изображенным на фиг.6. Наружная сторона 10 вытравливается до защитного слоя резиста, и сторона 11 эталона протравливается на глубину 3 мкм, оставляя 1 мкм, для ловушек, предназначенных для газа. Осаждают новый

слой резиста ED. Области контактов экспонируют и проявляют. Области контакта анодируют, и формируется изолирующий слой TiO_2 , как изображено на фиг.2е.

4. Фоторезист тщательно снимается в щелочном растворе для растворения наружных слоев и защитного слоя, как изображено на фиг.2f.

5 Все этапы изготовления для наружной стороны 10 задающего электрода 8 стандартизованы и не зависят от того, какой вид эталонной структуры используется. Могут быть использованы стандартные универсальные маски. Только маски для стороны 11 эталона должны быть выбраны для каждой конкретной эталонной структуры. Задающий электрод готов для установки в ячейку травления.

10 Изготовление задающего электрода для закрытой полости может осуществляться таким же способом, как и описанный выше способ изготовления задающего электрода для открытой полости, за исключением защитного слоя резиста. Несколько сочетаний материалов изображено на фиг.10a-10h.

Очень важной частью способа ECPR является использование соответствующего
15 изолирующего слоя. Одно из многих преимуществ настоящего способа заключается в том, что больше нет необходимости в нанесении резиста на каждый образец, но вместо этого резист находится вне на многократно используемом эталоне. Чтобы это было преимуществом, это, разумеется, требует того, чтобы резист выдерживал несколько циклов процесса. Кроме этого, резист также определяет, насколько малые структуры
20 могут быть изготовлены, какое можно иметь отношение объема электролита к глубине образца, а также насколько простым является удерживание всех структур в контакте с образцом. Электроосаждаемый фоторезист, резист ED, который часто используется для процессов литографии, является пригодным для этих способов травления, поскольку его можно наносить с очень точным контролем толщины.

25 Варианты осуществления задающего электрода в соответствии с настоящим изобретением не являются никоим образом ограниченными иллюстративными конструкциями и дизайном, изображенными либо на фиг.2a-2f, либо 10a-10h, или материалами, перечисленными как пригодные к употреблению, в описании выше.

Подложка

30 В качестве материала подложки может быть использован любой электропроводящий материал, стойкий к электрохимическим напряжениям, например медь.

Электролит

Состав электролита является критичным при контроле электрохимического процесса и его различных признаков. Проводимость, подвижность ионов, ионная атмосфера,
35 релаксация, миграция, диффузия и числа переноса представляют собой важные параметры.

Когда используется электролитический травильный раствор, осуществляется менее интенсивное химическое травление, или оно вообще отсутствует, и все отрицательные воздействия на реплицированные структуры будут пренебрежимо малыми. Присутствие
40 химического травления зависит от того, присутствует ли в растворе электролита химический окислитель.

Важной проблемой, о которой следует позаботиться при выборе электролита, является оптимизация массопереноса электрохимически активных ионов в локальных электрохимических ячейках, которая должна осуществляться для достижения
45 оптимизированного процесса ECPR. Оптимизация электролита с целью создания оптимизированного массопереноса описывается ниже, после описания процесса ECPR.

Восстанавливающие компоненты, например ионы металлов, должны быть добавлены к раствору электролита, если желательно предотвратить осаждение материала подложки и вызвать остановку процесса травления естественным путем. Когда добавляются
50 восстанавливающие компоненты, в электролите будет иметь место процесс восстановления, и будет происходить естественное завершение процесса травления, когда будет достигнуто равновесие между компонентами восстановителя и осажденными компонентами.

Процесс ECPR

Подложка 9 и задающий электрод 8 приводятся совместно в тесный контакт и формируют ячейку травления, как изображено на фиг.4а.

Они будут установлены в устройстве, где будет происходить процесс ECPR. Это устройство будет описано более подробно ниже. Одна из его главных проблем заключается в точном удерживании электродов на месте, когда они приведены в контакт, и обеспечение их плотно прилегающего контакта.

Изолирующий слой 3 шаблона определяет расстояние между частью противоэлектрода 1 задающего электрода и подложкой 9. Благодаря тому факту, что это расстояние мало и точно выдерживается по всей поверхности, это решает все проблемы с неоднородным распределением плотности тока и с областями, не подвергающимися травлению. Это также сводит к минимуму потери на сопротивление при переносе заряда в электролите.

Структура реплицируется на подложке 9, поскольку поле и перемещение ионов в растворе для травления/осаждения контролируется в вертикальном направлении с помощью задающего электрода 8.

Поскольку задающий электрод 8 и подложка 9 находятся в тесном контакте, между поверхностями электродов создаются закрытые или открытые полости, локальные ячейки 12 травления. То, являются ли полости открытыми или закрытыми, зависит от того, как сконструирован используемый задающий электрод 8, с защитным слоем 17 резиста или без него. Далее в настоящем документе полости рассматриваются как закрытые. Эти очень малые и хорошо контролируемые пространства между электродами обеспечивают эффективное травление с высокой точностью. Каждая локальная ячейка 12 травления имеет поверхность на задающем электроде 8, которая соответствует поверхности на подложке 9, которая должна быть вытравлена, и тем самым устраняются проблемы с флуктуациями распределения плотности тока вблизи от больших изолирующих областей с прилегающими малыми структурами.

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением обеспечивается способ ECPR для травления заданных частей поверхности, которые определяются с помощью вышеописанного задающего электрода.

Фигуры 3, 4а и 4b изображают различные этапы процесса травления ECPR в соответствии с настоящим изобретением. Эти этапы являются следующими:

1. Задающий электрод 8 и подложка 9 погружаются в раствор 6 электролита, который будет описан позднее, как изображено на фиг.3.

2. Они сжимаются, и формируется ячейка травления с локальными ячейками 12 травления, заполненными раствором 6 электролита. Это изображено на фиг.4а. Является также возможным нанесение раствора электролита в виде очень тонкого слоя жидкости на одну из поверхностей перед тем, как электроды сжимают, например, путем опускания поверхностей в раствор электролита перед процедурой сжатия, или подача раствора электролита в ячейку травления после сжатия электродов вместе сквозь слой на наружной стороне 10 задающего электрода 8.

3. К ячейке травления прикладывают внешнее импульсное напряжение с дополнительным ультразвуком или без него, при этом подложка 9 становится анодом, а задающий электрод 8 становится катодом.

4. Фиг.4b изображает, как шаблон 3, который определяется задающим электродом 8, реплицируется на подложке 9. Материал, который стравливается, осажденный материал 13, весь осаждается на задающем электроде 8, внутри каждой локальной электрохимической ячейки.

5. Поскольку некоторая часть материала подложки, который вытравливается из анода, осаждается в структуре на задающем электроде 8, он, вероятно, заполнится материалом подложки, осажденным материалом 13, и поэтому важным является наличие простого способа для очистки задающего электрода. После осуществления некоторого количества циклов травления, как правило, осуществляется процесс очистки. Осажденный материал 13 стравливается с задающего электрода 8.

Фиг.5а и 5b изображают различные этапы процесса осаждения ECPR в соответствии с настоящим изобретением. Процесс осаждения является почти таким же, как и процесс травления, за исключением следующих этапов:

Перед тем как электроды 8, 9 сжимаются и погружаются в раствор электролита,

5 осаждаемый материал 15 осаждается на задающем электроде 8 в полостях, которые определяются изолирующим слоем 3 шаблона. Когда достигается определенная высота осаждаемой структуры, пространство, формируемое локальными ячейками 14 осаждения между задающим электродом 8 и подложкой 9, заполняется раствором электролита 6, как изображено на фиг.5а.

10 2. Когда внешнее импульсное напряжение прикладывается к ячейке 14 осаждения, шаблон, который определяется задающим электродом 8, реплицируется на подложке 9, где задающий электрод 8 становится анодом, а подложка 9 становится катодом. Как следствие, осаждаемый материал 15, который был осажден на задающем электроде 8, осаждается на подложке 9, как изображено на фиг.5b. Поскольку весь осаждаемый
15 материал, который может быть осажден на подложке, был с самого начала осажден на эталонной структуре, объем осаждаемого материала, который осаждается на подложке, контролируется с высокой точностью.

Главное преимущество от использования процесса ECPR представляет собой однородное распределение плотности тока как в каждой локальной электрохимической
20 ячейке, так и глобально, по всей подложке, независимо от размера, формы ячейки и соседних ячеек в соответствии с шаблоном. Как указано выше в кратком описании изобретения, это решает проблемы неоднородности осажденных структур по высоте, проблему неоднородного состава материала при осаждении сплавов и устраняет потребность в последующем процессе планаризации. Это также обеспечивает осаждение
25 структур с большим форматным отношением, то есть отношением высота/ширина, и высоконадежный процесс для широкомасштабного производства.

Для достижения оптимизированного процесса ECPR в этих ячейках должен осуществляться оптимизированный массоперенос электрохимически активных ионов. Массоперенос, с переносом материала из одного положения в растворе в другое
30 положение, возникает из-за различий в электрическом или химическом потенциале в этих двух положениях или из-за перемещения элемента объема раствора. Существуют три режима массопереноса, миграция, диффузия и конвекция. Для тонкослойных электрохимических ячеек, как в данном случае, имеется гораздо большее отношение A/V , чем для обычных макроскопических ячеек. Большое отношение A/V обуславливает
35 большие силы трения на единицу объема, делая все объемы электролита застойными слоями. Это означает, что не происходит вынужденного конвективного массопереноса, за исключением того случая, когда используется ультразвук, оставляя только механизмы диффузии и миграции для осуществления переноса материала. Это относится к задающему электроду с закрытыми полостями. В задающем электроде с открытыми
40 полостями имеется микроконвекция из-за защитного слоя резиста, где каналы в этом слое допускают механизм микроконвекции.

Для оптимизации массопереноса осуществляются следующие действия:

1. Раствор электролита

Параметры, которые регулируются в растворе, представляют собой значение pH и
45 отношение электрохимически активные частицы/вспомогательный электролит.

В одном из вариантов осуществления в качестве раствора электролита используют электролит, содержащий кислотную медь. Значение pH изменяют путем добавления либо H_2SO_4 , либо разбавленного NaOH. Было проведено несколько экспериментов для установления того, какое значение pH является наилучшим. В этом варианте
50 осуществления установлено, что удовлетворительным является значение pH от 2 до 5.

Отсутствие или уменьшение количества вспомогательного электролита в сочетании с более высокой концентрацией электрохимически активных частиц по сравнению со стандартными электролитами также улучшает массоперенос. Предпочтительной является

концентрация электрохимически активных частиц от 10 до 1200 ммоль.

Процесс ECPR включает в себя как электрохимическое травление, так и электроосаждение в одно и то же время. Электроосаждение представляет собой обращенный процесс электрохимического травления, где ионы из электролита

5 восстанавливаются и осаждаются на катоде. Используются одни и те же условия, и одни и те же параметры управляют обоими процессами. При обычных процессах электроосаждения существует тенденция к получению в верхней части полости более высокой скорости осаждения, чем в нижней части, когда должны заполняться структуры с большими форматными отношениями. Это может приводить к возникновению пустот, отрицательным образом влияющих на механические и электрические свойства микроструктуры. Геометрия локальной электрохимической ячейки и использование добавок представляют собой решения, обеспечивающие "заполнение сверху донизу" без каких-либо пустот. Добавки добавляются для придания электролиту достаточно контролируемого электроосаждения. Добавки часто используются в процессах осаждения, чтобы сделать 15 осаждение однородным. Добавка содержит несколько активных компонентов, но, прежде всего, она предотвращает формирование столбиков, притягиваясь к областям высокой плотности тока и покрывая их собой, как только начинают формироваться столбики. Это решение оказывается ключом к проблеме, и, как только оно используется, на катоде формируется чистый и твердый материал подложки. Несколько промышленных систем 20 исследовались с удовлетворительными результатами. Добавки к покрытиям представляют собой смачивающие вещества, которые понижают поверхностное натяжение, ускорители, которые представляют собой молекулы, которые локально повышают плотность тока там, где они адсорбируются, подавители, которые представляют собой полимеры, которые стремятся сформировать пленку, подавляющую ток, на всей поверхности подложки (иногда 25 можно использовать хлорид в качестве соподавителя), и выравнивающие вещества, которые представляют собой молекулы, подавляющие ток, с распределением, зависящим от массопереноса. Для предотвращения излишне высоких концентраций электрохимически активных частиц на аноде, которые дают локально насыщенное соединение и осаждение твердой соли, противоионы обмениваются на ионы, которые создают продукт с более высокой растворимостью. В дополнение к этому может быть добавлено связывающее 30 вещество, например этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA), для растворения большего количества ионов металла, не вызывая при этом дополнительного выпадения осадка.

2. Напряжение

35 Импульсное напряжение выбирается потому, что оно усиливает массоперенос и затрудняет образование блокирующих слоев на границе раздела электрод-раствор. Были проведены исследования для определения того, какой вид частот, циклов работы и потенциалов использовать. С успехом использовались как периодическое импульсное напряжение с импульсами переменной полярности (PPR), так и сложные формы сигнала. 40 Частоты от 2 до 20 кГц исследовались с удовлетворительными результатами, но также являются возможными и более высокие частоты. В описываемом варианте осуществления предпочтительной является частота 5 кГц. Потенциал составляет от 0 до 10 В.

3. Ультразвук

Ультразвук может быть использован вместе с импульсным напряжением для усиления 45 массопереноса с помощью микроконвекции.

Конструктивное решение устройства для осуществления действий, описанных в этом документе, является критичной частью настоящего изобретения. Предназначением устройства является сжатие двух электродных поверхностей, задающего электрода и подложки для создания микро/нанополостей, где формируются локальные 50 электрохимические ячейки. Чтобы получить хорошо прилегающие поверхности как в микро/нано-, так и в макромасштабе, гибкие слои в устройстве, для поведения, согласующегося с макромасштабом, и параллельности плоскостей, объединяются с гибкими слоями внутри задающего электрода, что обеспечивает поведение, согласующееся

с микро- и наномасштабом. Таким образом, как изогнутые, так и зубчатые подложки с довольно высокой шероховатостью поверхности могут быть использованы для обработки с помощью ECPR.

Перед сжатием электродов 8, 9 для создания локальных ячеек 12 травления весь газ должен быть удален из раствора и с границ раздела твердое тело/жидкость между задающим электродом 8 и электролитом 6, а также электролитом 6 и подложкой 9. В одном из вариантов осуществления это делается с использованием вакуумной системы, а в другом - используя ультразвук. Эти два способа устранения газовых пузырьков могут также быть объединены. Удаленный газ и электролит разделяются буферным объемом, находящимся между реакционной камерой и вакуумной системой. Чтобы сделать возможным процесс ECPR, как задающий электрод 8, так и подложка 9 должны находиться в электрическом контакте в одном и том же конструктивном решении устройства. Это делается с помощью наружной стороны 10, находящейся в контакте с задающим электродом 8, и лицевой стороны, стороны контакта, находящейся в контакте с подложкой 9. Однако настоящее изобретение никаким образом не зависит от этой конфигурации.

Существуют два главных варианта осуществления устройства для выполнения желаемых действий, предназначенных для обработки путем ECPR.

Первый вариант осуществления, который изображен на фиг.8, основан на решении с мембраной, где находящаяся под давлением мембрана 24 растягивается по направлению к задающему электроду 8 или подложке 9. Среда 19 внутри находящегося под давлением объема может представлять собой как газ, так и жидкость. Пузырьки газа устраняются с помощью сочетания ультразвука и вакуума или просто используя ультразвук. В этом варианте осуществления электрический контакт с задающим электродом 8 обеспечен с наружной стороны 10, то есть от мембраны 24, а контакт с подложкой 9 - от передней стороны. Параллельность плоскостей обеспечивается сущностью растяжения мембраны при приложении однородного давления гибким образом. В этом варианте осуществления могут быть использованы как гибкие, так и жесткие задающие электроды и подложки.

Второй вариант осуществления основан на цилиндре, который изображен на фиг.9, содержащем перемещаемый поршень, не показанный на фигуре. Система в целом находится в ограниченном объеме. Давление прикладывается для сжатия двух электродов 8, 9 пневматическим способом с использованием сочетания вакуума и повышенного давления, или гидравлическим способом, используя гидравлический поршень, или механическим способом с использованием резьбы. Пузырьки газа устраняются с помощью сочетания ультразвука и вакуума. В этом варианте осуществления электрический контакт 26 с задающим электродом обеспечен с наружной стороны 10, а контакт с подложкой 25 - с передней стороны с использованием проводящих перемещаемых стержней. Параллельность плоскостей обеспечивается с помощью двух слоев гибкого эластомера между образцом и поршнем, при этом один из них является более сжимаемым, чем второй. Эти слои эластомера также могут быть размещены за задающим электродом 8, то есть между задающим электродом и стенкой цилиндра. В этом варианте осуществления могут быть использованы как гибкие, так и жесткие задающие электроды и подложки.

Настоящее изобретение никоим образом не является ограниченными вариантами осуществления, проиллюстрированными и описанными выше, и возможны некоторые модификации в рамках объема охраны, определяемого прилагаемой формулой изобретения.

Формула изобретения

1. Способ создания микро- и/или наноструктур на электропроводящей поверхности подложки (9), включающий перенос шаблона на подложку посредством электрохимического процесса с использованием задающего электрода (8), содержащего противозлектрод с нанесенным на него шаблоном из изолирующего материала, путем приведения задающего электрода (8) в тесный контакт с поверхностью подложки (9) и образования локальных полостей, содержащих раствор электролита, процесса электрохимического травления

материала на анодной поверхности и осаждения на катодной поверхности, причем поверхность задающего электрода представляет собой анодную поверхность, поверхность подложки представляет собой катодную поверхность, а материал, который растворяется, представляет собой материал анода, который заранее осажден в локальных полостях на задающем электроде (8), или поверхность подложки представляет собой анодную поверхность, а поверхность задающего электрода представляет собой катодную поверхность.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что шаблон задают с помощью полостей задающего электрода (8), которые сформированы в электроизолирующем слое (3) шаблона задающего электрода.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что формируют локальные макро- и/или нанополости, когда задающий электрод (8) с шаблоном электроизолирующего материала, нанесенным на него, и подложка (9) прижаты друг к другу, причем эти полости определяются электроизолирующим слоем (3) шаблона задающего электрода, поверхностью подложки и электропроводящей поверхностью задающего электрода, при этом электрохимический процесс, который переносит шаблон на подложку, имеет место только в упомянутых микро- и/или нанополостях.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что подключают внешнее напряжение осаждения таким образом, что поверхность подложки становится катодом, а поверхность задающего электрода (8) становится анодом в локальных ячейках (14) электрохимического осаждения, определяемых полостями задающего электрода, в которых заранее осажден материал анода.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что материал анода осажден заранее в полостях задающего электрода таким образом, что объем материала, осаждаемого на подложке, контролируется с высокой точностью.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что заранее осажденный материал анода накапливается в полостях задающего электрода с помощью электрохимического осаждения, используя электрохимические ячейки, которые определяются локальными микро- и/или нанополостями.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что подключают внешнее напряжение травления таким образом, что поверхность подложки (9) становится анодом, а поверхность задающего электрода (8) становится катодом в локальных ячейках (12) электрохимического травления, которые определяются полостями задающего электрода.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что материал, осажденный в полостях задающего электрода, удаляется при последующем процессе очистки.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что процесс очистки представляет собой электрохимическое травление материала, осажденного в полостях задающего электрода, с использованием либо обычной ячейки электрохимического травления, либо локальных электрохимических ячеек, которые определяются микро- и/или нанополостями.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что электропроводящая поверхность подложки содержит металл.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что металл выбирают из группы, состоящей из меди, золота, никеля, олова, титана, алюминия, хрома и их сплавов.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что электропроводящая поверхность подложки представляет собой полупроводник.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что электропроводящая поверхность подложки представляет собой проводящий полимер.

14. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют импульсное напряжение, прикладываемое между задающим электродом (8) и подложкой (9).

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что частота находится в диапазоне от 2 до 20 кГц.

16. Способ по п.14, отличающийся тем, что частота составляет 5 кГц.

17. Способ по п.14, отличающийся тем, что импульсное напряжение представляет собой

периодическое импульсное напряжение с импульсами переменной полярности.

18. Способ по п.14, отличающийся тем, что импульсное напряжение имеет сложные формы сигнала.

19. Способ по п.1, отличающийся тем, что в растворе (6) электролита используется концентрация электрохимически активных ионов от 10 до 1200 ммоль и/или используется связывающее вещество.

20. Способ по п.19, отличающийся тем, что связывающее вещество представляет собой EDTA.

21. Способ по п.1, отличающийся тем, что используется система добавок в растворе (6) электролита, содержащая смачивающие вещества, ускорители, подавители и/или выравнивающие вещества.

22. Способ по п.1, отличающийся тем, что раствор (6) электролита не содержит вспомогательного электролита или содержит его малое количество, имеет высокую концентрацию электрохимически активных частиц и/или не содержит химического окислителя.

23. Способ по п.1, отличающийся тем, что противоионы в растворе (6) электролита обмениваются на ионы, которые обеспечивают более высокую растворимость.

24. Способ по п.1, отличающийся тем, что раствор (6) электролита содержит кислотную медь и электролит (6) имеет значение pH между 2 и 5.

25. Способ по п.21, отличающийся тем, что используют раствор (6) электролита, представляющий собой оптимизированный электролит в локальных ячейках (12) травления или локальных ячейках (14) осаждения.

26. Задающий электрод для использования в способе по п.1, характеризующийся тем, что противозлектрод (1) и шаблон, определяющий структуру ячейки электрохимического травления или осаждения, являются интегрированными в задающий электрод (8), при этом противозлектрод (1) представляет собой проводящий слой (1') электрода, а шаблон, определяющий структуру, представляет собой изолирующий слой (3), который наносится на указанный противозлектрод (1) таким образом, что указанный проводящий слой (1') электрода расположен в указанном шаблоне, определяющем структуру.

27. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что он выполнен гибким, а его форма устанавливается автономно по отношению к неоднородности подложки, что соответствует так называемому конформному контакту.

28. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что слой (20) гибкого эластомера наносится на изолирующий слой (3) шаблона.

29. Задающий электрод по п.28, отличающийся тем, что промежуточный слой (22) металла нанесен между изолирующим слоем (3) шаблона и слоем (20) гибкого эластомера.

30. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что противозлектрод (1) наносится на слой (23) механической опоры.

31. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что слой (21) проводящего эластомера наносится между противозлектродом (1) и слоем (23) механической опоры.

32. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что противозлектрод (1) представляет собой гибкую проводящую фольгу (1'').

33. Задающий электрод по п.32, отличающийся тем, что гибкая проводящая фольга (1'') изготовлена из титана.

34. Задающий электрод по п.26, отличающийся тем, что задающий электрод (8) содержит два противозлектрода (1) с защитным слоем (17) фоторезиста, нанесенным между ними, и что детали контактов задающего электрода, структуры изолирующего слоя (3) шаблона электрохимически анодированы для формирования изолирующего слоя.

35. Устройство для создания шаблонов микро- и/или наноструктур в электропроводящем материале, включающее в себя задающий электрод (8) и характеризующееся тем, что оно содержит заполненную жидкостью емкость, в которой может быть создано избыточное давление для прижатия задающего электрода (8) и подложки друг к другу, при этом задающий электрод (8) представляет собой задающий электрод по п.26 и выполнен гибким,

а его форма устанавливается автономно по отношению к неоднородности подложки, что соответствует так называемому конформному контакту.

36. Устройство по п.35, отличающееся тем, что задающий электрод (8) фиксируется в устройстве посредством применения вакуума.

5 37. Устройство по п.35, отличающееся тем, что задающий электрод (8) фиксируется в устройстве с помощью приложения давления в отношении проводящего фрагмента, при этом давление прикладывается с помощью гибкой мембраны и/или поршня.

38. Устройство по п.35, отличающееся тем, что пузырьки газа устраняются из раствора (6) электролита и/или резервуара путем использования прикладываемого извне вакуума
10 и/или ультразвука.

39. Устройство по п.35, отличающееся тем, что имеются проводящие средства для электрического соединения с задающим электродом (8) на наружной стороне (10) и электрического соединения с подложкой (9) на стороне (11) контакта.

40. Устройство по п.39, отличающееся тем, что упомянутые проводящие средства для
15 электрических соединений представляют собой проводящий фрагмент (28), нанесенный на наружную сторону (10) задающего электрода (8).

41. Устройство для осуществления способа по п.1, характеризующееся тем, что оно содержит задающий электрод (8) и средства для создания плотно прилегающего контакта между задающим электродом (8) и подложкой (9).

20 42. Устройство по п.41, отличающееся тем, что упомянутые средства представляют собой один или несколько слоев эластомера в конструкции задающего электрода.

43. Устройство по п.41, отличающееся тем, что упомянутые средства объединены с гибкой мембраной.

25

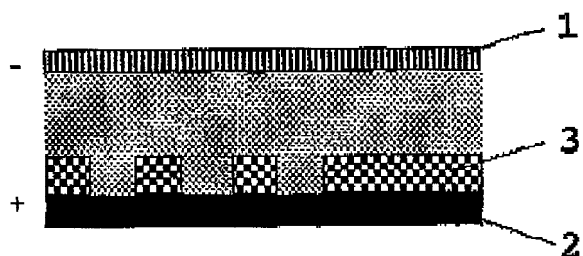
30

35

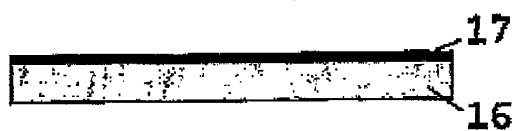
40

45

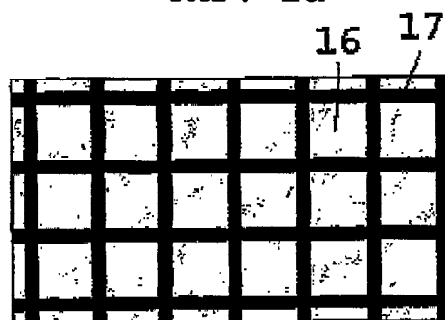
50



Фиг. 1



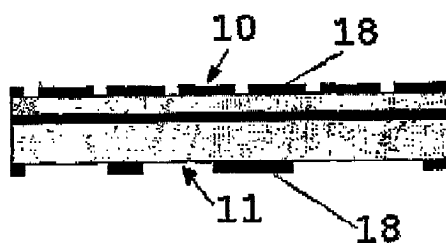
Фиг. 2а



Фиг. 2b



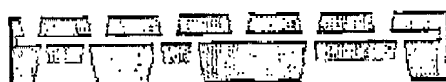
Фиг. 2с



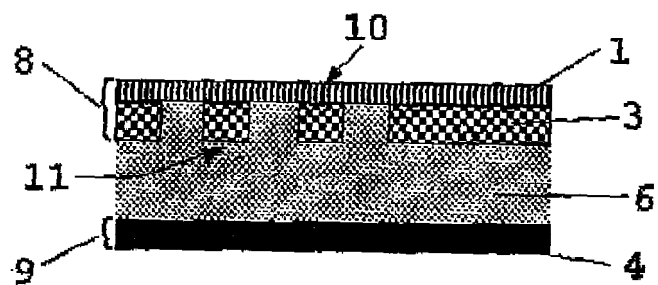
Фиг. 2d



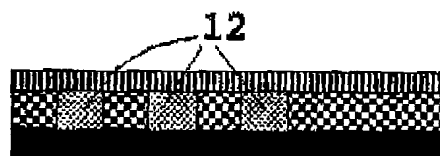
Фиг. 2е



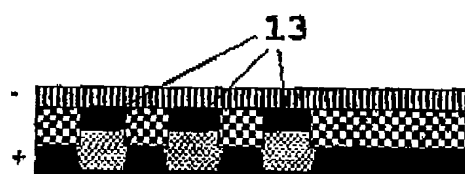
Фиг. 2f



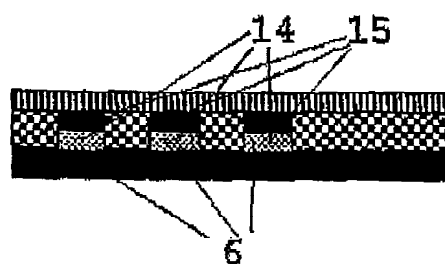
Фиг. 3



Фиг. 4а



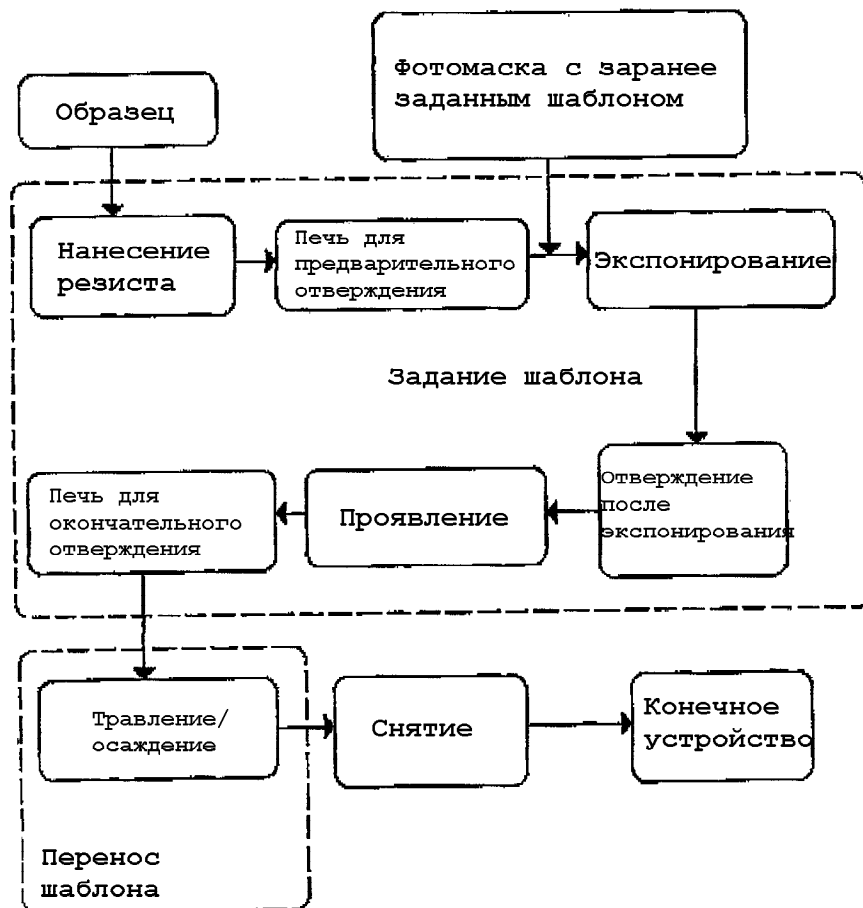
Фиг. 4б



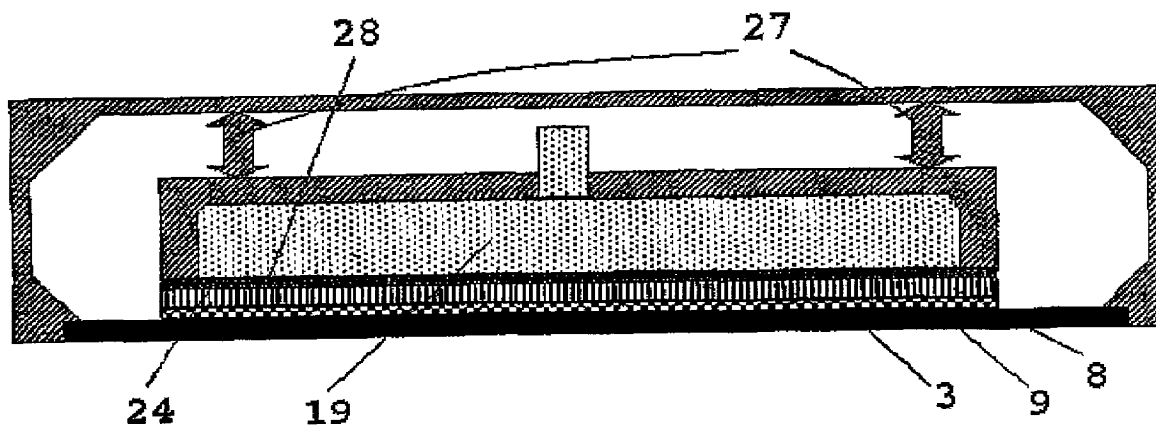
Фиг. 5а



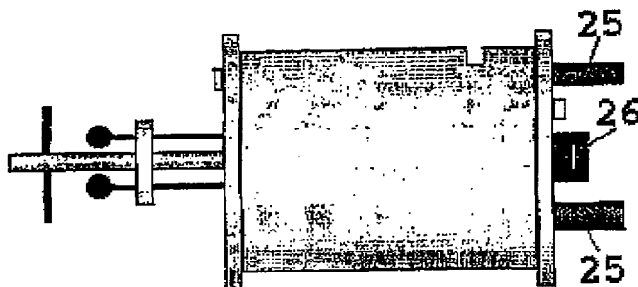
Фиг. 5б



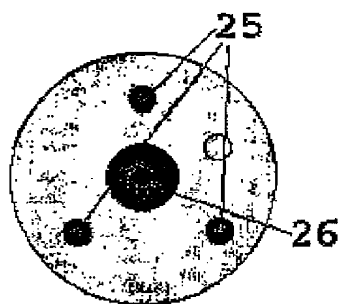
Фиг. 6



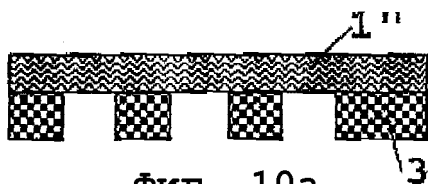
Фиг. 8



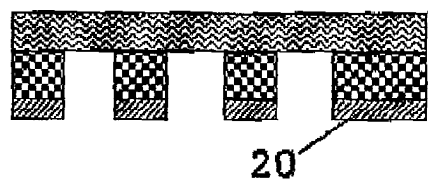
Фиг. 9а



Фиг. 9b



Фиг. 10a



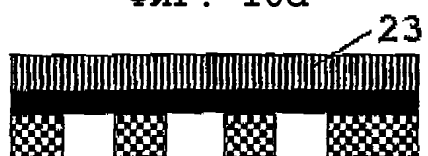
Фиг. 10b



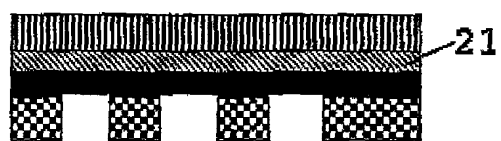
Фиг. 10c



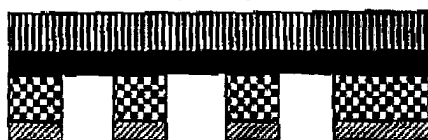
Фиг. 10d



Фиг. 10e



Фиг. 10f



Фиг. 10g



Фиг. 10h