

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21)(22) Заявка: 2015114271, 12.09.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.09.2012 US 61/702,112

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2016 Бюл. № 31

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 17.04.2015(86) Заявка РСТ:
US 2013/059337 (12.09.2013)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/043286 (20.03.2014)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"(71) Заявитель(и):
ИСТМАН КЕМИКАЛ КОМПАНИ (US)(72) Автор(ы):
УОРКМЕН Томас (US),
ПАРС Дж. Уоллэйс (US),
ВАН Бенджамин (US),
КРОГМЕН Кевин (US),
ШМИД Зиглинде (US),
ФАРДИ Мелисса (US),
ФОНГ Томас (US),
ДЖАРВИС Уилльям Е. (US)

A

1

4

2

7

1

5

1

1

2

0

1

1

U

R

R U
2 0 1 5 1 1 4 2 7 1

A

(54) СПОСОБЫ, МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ И
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСЛОЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

(57) Формула изобретения

1. Способ осаждения с быстрым и высокоэффективным процессом переноса для
образования половины двойного слоя для послойной сборки, включающий в себя:(а) образование содержащего осаждаемый материал слоя осадительного раствора
толщиной (d_{dep}) на поверхности, при этом d_{dep} определяется:

$$C_S/(C_B \cdot eff) \geq d_{dep} \geq (C_S/C_B),$$

(б) поддержание минимального времени ($t_{dep-min}$) ожидания контакта между
осадительным раствором и поверхностью, причем половина двойного слоя образуется
в течение $t_{dep-min}$, и при этом $t_{dep-min}$ составляет:

$$t_{dep-min} \geq C_S^2 / (C_B^2 \cdot D),$$

в которой C_S является желаемой двумерной концентрацией осаждаемого материала
на поверхности;С_B является объемной концентрацией осаждаемого материала в осадительном
растворе; d_{dep} является толщиной слоя осадительного раствора на поверхности;eff является эффективностью переноса осаждаемого материала и составляет более
0,03; и

D является коэффициентом диффузии осаждаемого материала в осадительном растворе;

$t_{dep-min}$ является минимальным временем ожидания и составляет менее 10 с;

и толщина образованной половины двойного слоя меньше или равна толщине монослоя осаждаемого материала.

2. Способ по п. 1, включающий в себя нанесение на поверхность промывочного раствора для удаления избыточного осадительного раствора, причем нанесение образует остаточный промывочный слой, включающий в себя остаточный промывочный раствор.

3. Способ по п. 2, включающий в себя удаление остаточного промывочного раствора, остающегося на поверхности.

4. Способ по п. 1, включающий в себя повторение этапов (а) и (б) для образования послойно собранной пленки, включающей в себя множество половин двойных слоев.

5. Способ по п. 1, в котором C_S является поверхностной концентрацией, основанной на случайно упакованных сферах, где доля занятой площади составляет между 0,45 и 0,54.

6. Способ по п. 2, в котором остающийся на поверхности остаточный промывочный раствор имеет толщину менее 5 мкм, но более 500 нм.

7. Способ по п. 1, в котором слой осадительного раствора наносят с помощью процесса распыления.

8. Способ по п. 1, в котором осаждаемый материал включает в себя наночастицы и в котором значение C_B наночастиц составляет между $4 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и $2 \times 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

9. Способ по п. 1, в котором образованная половина двойного слоя показывает менее чем 3%-ное отклонение в толщине или оптическом свойстве по площади по меньшей мере 16 квадратных дюймов.

10. Способ осаждения половины двойного слоя, включающий в себя:

(а) нанесение первого осадительного раствора, включающего в себя первый осаждаемый материал и первый растворитель, с образованием слоя осаждения на поверхности таким образом, что в слое осаждения имеется достаточно материала для образования самоограничивающейся половины двойного слоя;

(б) предоставление слою покрытия из первого осаждаемого материала возможности связываться с и образовываться на поверхности за счет обеспечения контакта слоя осаждения с поверхностью в течение времени t_{dep} , причем образованный слой покрытия является половиной двойного слоя, и причем концентрация первого осаждаемого материала в слое осаждения уменьшается по мере того, как первый осаждаемый материал связывается с поверхностью;

(с) нанесение промывочного раствора на слой осаждения с образованием остаточного промывочного слоя, и обеспечение несвязанному первому осаждаемому материалу возможности диффундировать от слоя покрытия в течение периода времени t_{rinse} , причем концентрация несвязанного первого осаждаемого материала около слоя покрытия уменьшается в течение t_{rinse} ; и

(д) необязательно, уменьшение толщины остаточного промывочного слоя.

11. Способ по п. 10, в котором этапы (с) и (д) повторяются z раз для дополнительного удаления несвязанного осаждаемого материала, причем каждое повторение обеспечивает несвязанному первому осаждаемому материалу возможность диффундировать от слоя покрытия и независимо выполняется в течение периода времени t_{rinse_z} , где z является целочисленным индексом.

12. Способ образования послойно собранной пленки, включающий в себя повторение способа по п. 10 множество раз с созданием множества уложенных друг на друга

половин двойных слоев.

13. Способ по п. 12, в котором послойно собранную пленку образуют с высокой эффективностью (eff) переноса и короткими продолжительностями циклов осаждение-промывка-осаждение.

14. Способ по п. 13, в котором значение eff составляет более 0,03.

15. Способ по п. 13, в котором $t_{dep} + t_{rinse} < 10$ с.

16. Способ по п. 10, в котором толщину остаточного промывочного слоя уменьшают за счет применения воздушного шабера, резинового скребка, прижимного ролика, тепла, вакуума, поступательного движения, энергии ультразвука, магнитного поля, электрического поля или их сочетания.

17. Способ по п. 10, в котором уменьшение толщины остаточного промывочного слоя усиливается добавлением одной или более присадок к промывочному раствору.

18. Способ образования раствора наночастиц для использования в формировании двойных слоев с помощью послойного процесса, включающий в себя объединение воды, наночастиц и компонента, выбранного из солей, модификаторов pH или их сочетания, в таких концентрациях, что толщина дебаевского слоя составляет между 1 и 10 нанометрами.

19. Способ по п. 18, в котором соль присутствует в концентрации, определяемой процессом, включающим в себя:

(а) приготовление серии покрытий, при этом каждое покрытие в серии покрытий приготавливают в послойном режиме с использованием чередующихся осаждений уникального раствора наночастиц и стандартного раствора полиэлектролита, и при этом такое покрытие включает в себя 1 или более двойных слоев, расположенных на подложке, при условии, что:

(i) каждый уникальный раствор наночастиц выбирается из серии растворов наночастиц и включает в себя фиксированную концентрацию наночастиц и уникальную концентрацию соли;

(ii) фиксированная концентрация наночастиц достаточна для насыщения области подложки; и

(iii) между осаждением двойного слоядается достаточно времени, так что поверхность насыщается полностью;

(b) измерение толщины каждого из покрытий, приготовленных на этапе (а), и определение средних толщин двойного слоя для каждого покрытия;

(c) выявление из толщин, измеренных на этапе (b), диапазона концентрации соли, где толщина двойного слоя изменяется менее чем на 1% при изменении концентрации соли на один миллимоль; и

(d) выбор концентрации соли из выявленного диапазона концентрации соли.

20. Устройство для образования покрытия на поверхности подложки, включающее в себя:

(а) множество форсунок, содержащих:

(i) множество первых форсунок осаждения, выполненных с возможностью распыления первого осадительного раствора в направлении области осаждения на поверхности подложки;

(ii) множество вторых форсунок осаждения, выполненных с возможностью распыления второго осадительного раствора в направлении области осаждения на поверхности подложки;

(iii) множество форсунок промывки, выполненных с возможностью распыления промывочного раствора в направлении подложки;

(b) систему манипулирования подложкой, выполненную с возможностью позиционирования подложки в одном или более положениях нанесения напротив

множества форсунок; и

(с) прибор удаления раствора, выполненный с возможностью уменьшения толщины слоя жидкости на поверхности после распыления раствора множеством форсунок на эту поверхность.