ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56662— 2015/ISO/TS 80004-8: 2013

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Часть 8

Процессы нанотехнологического производства

Термины и определения

(ISO/TS 80004-8:2013, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 441 «Нанотехнологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 октября 2015 г. № 1612-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ИСО/ТС 80004-8:2013 «Нанотехнологии. Словарь. Часть 8. Процессы нанопроизводства» (ISO/TS 80004-8:2013 «Nanotechnologies — Vocabulary — Part 8: Nanomanufacturing processes», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Термины и определения понятий, установленные в других стандартах серии ИСО/ТС 80004 . . . 1
3 Термины и определения основных понятий, относящихся к процессам нанотехнологического производства . . . 3
4 Термины и определения понятий, относящихся к процессам направленной сборки . . . 4
5 Термины и определения понятий, относящихся к процессам самосборки . . . 4
6 Термины и определения понятий, относящихся к процессам синтеза наноматериалов . . . 5
6.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам физического осаждения из газовой фазы . . . 5
6.2 Термины и определения понятий, относящихся к процессам химического осаждения из газовой фазы . . . 6
6.3 Термины и определения понятий, относящихся к физическим методам синтеза в жидкой фазе . 6
6.4 Термины и определения понятий, относящихся к химическим методам синтеза в жидкой фазе . 7
6.5 Термины и определения понятий, относящихся к физическим методам синтеза в твердой фазе 7
6.6 Термины и определения понятий, относящихся к химическим методам синтеза в твердой фазе 9
7 Термины и определения понятий, относящихся к процессам изготовления продукции . . . 9
7.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам литографии в нанодиапазоне . . . 9
7.2 Термины и определения понятий, относящихся к процессам осаждения . . . 12
7.3 Термины и определения понятий, относящихся к процессам травления . . . 14
7.4 Термины и определения понятий, относящихся к процессам печати и нанесения покрытий . . 16
Приложение А (справочное) Классификация процессов синтеза в зависимости от применения исходных наноматериалов или нанообъектов, применяемых для производства конечной продукции . . . 17
Алфавитный указатель терминов на русском языке . . . 20
Алфавитный указатель терминов на английском языке . . . 24
Библиография . . . 29

Введение

Нанотехнологическое производство — это применение научных открытий и новых знаний в области нанотехнологий для изготовления продукции наноиндустрии.

Продвижение нанотехнологий из научных лабораторий в массовое производство требует тщательного изучения стадий жизненного цикла продукции наноиндустрии, включая разработку и постановку продукции на производство, ее надежность и качество, управление производственными процессами и их контроль, а также вопросов обеспечения безопасности при производстве, поставке, применении и утилизации продукции наноиндустрии для сотрудников предприятий, потребителей и окружающий среды. В рамках нанотехнологического производства осуществляют освоение в промышленных масштабах процессов самосборки и направленной самосборки, синтеза наноматериалов и изготовления на их основе продукции, например с применением литографии или биологических процессов. В нанотехнологическом производстве применяют технологии «снизу-вверх» и «сверху-вниз», позволяющие изготавливать объекты или системы объектов на молекулярном уровне с последующим их встраиванием в более крупные объекты или системы объектов.

Объекты и материалы при их преобразовании с помощью нанотехнологий изменяют свои свойства. Свойства конечной продукции наноиндустрии зависят от совокупности свойств нанообъектов и наноматериалов, использованных при ее изготовлении.

В настоящий стандарт не включены термины и определения понятий, относящихся к процессам нанотехнологического производства, основанным на применении законов биологии в нанотехнологиях. Однако, учитывая быстрое развитие нанобиотехнологий, в дальнейшем настоящий стандарт будет дополнен новыми терминами или будет разработан отдельный стандарт серии ИСО 80004, включающий термины и определения понятий, относящихся к процессам обработки биологических наноматериалов и применению законов биологии при производстве новых наноматериалов. Также будут установлены термины и определения понятий, относящихся к другим развивающимся отраслям наноиндустрии, например к изготовлению нанокомпозиционных материалов и электронных устройств на рулонах из гибкого пластика или металлической фольги (изготовление «roll-to-roll»).

Понятие «нанотехнологическое производство» следует отличать от понятия «наноизготовление», т. к. понятие «нанотехнологическое производство» включает не только способы изготовления наноматериалов, в т. ч. синтез, но и методы их обработки.

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения понятий, относящихся к процессам, применяемым на стадиях разработки и постановки продукции на производство, например к синтезу наноматериалов с заданными свойствами. Наноматериалы изготавливают как продукцию производственно-технического назначения для выпуска конечной продукции, например: наноматериалы применяют при производстве композиционных материалов или в качестве компонентов различных систем или устройств. Процессы нанотехнологического производства являются большой и разнообразной группой производственных процессов, применяемых в следующих отраслях:

- полупроводниковая промышленность (цель которой — создание микропроцессоров меньшего размера, более эффективных и быстродействующих, с элементами размером менее 100 нм);
- производство электроники и телекоммуникационного оборудования;
- аэрокосмическая и оборонная промышленность;
- энергетика и транспорт;
- химическая промышленность, включая производство пластмассы и керамики;
- лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- пищевая промышленность и производство упаковки для пищевых продуктов;
- биомедицина, биотехнологии и фармацевтическая промышленность;
- биологическая рекультивация;
- легкая и парфюмерно-косметическая промышленность, включая производство одежды и товаров личной гигиены.

Ежегодно в обращение на мировой рынок поступают тысячи тонн наноматериалов, применяемых в вышеуказанных отраслях, например технический углерод и коллоидный диоксид кремния. В ближайшем будущем будут разработаны новые наноматериалы, которые внесут существенные изменения в развитие таких отраслей, как биотехнологии, технологии очистки воды и энергетика.

В настоящем стандарте термины и определения понятий объединены в разделы и подразделы, относящиеся к определенной группе или подгруппе процессов нанотехнологического производства. Раздел 6 состоит из подразделов, включающих термины и определения понятий, относящихся к процессам нанотехнологического производства в зависимости от агрегатного состояния исходного материала.

Например, на этапе, предшествующем изготовлению наночастиц, исходный материал находится в газовой/жидкой/твердой фазе, при этом агрегатное состояние материала подложки и вспомогательных материалов в данной классификации процессов не учитывают. В качестве примера можно привести термин «формирование нановолокон по механизму роста «пар — жидкость — кристалл», который в настоящем стандарте помещен в подраздел 6.2 «Термины и определения понятий, относящихся к процессам химического осаждения из газовой фазы», т. к. исходным материалом в данном процессе является газообразное углеродное вещество. Вспомогательный материал — частицы железа, содержащиеся в растворе (жидкий катализатор), адсорбируют на своей поверхности исходный газообразный материал до уровня перенасыщения, формируя углеродные нановолокна. Классификация процессов синтеза в зависимости от применения исходных наноматериалов или нанообъектов, применяемых для производства конечной продукции, приведена в приложении А.

Стандартизованные термины, относящиеся к процессам нанотехнологического производства, позволят обеспечить взаимопонимание между организациями и отдельными специалистами из разных стран, будут способствовать скорейшему переходу нанотехнологий из научно-исследовательских лабораторий к серийному выпуску и коммерциализации продукции наноиндустрии.

Сведения о ранее разработанной терминологии, относящейся к нанотехнологическому производству, представлены в библиографии [1].

Установленные в настоящем стандарте термины расположены в систематизированном порядке, отражающем систему понятий в области нанотехнологий, относящихся к процессам нанотехнологического производства.

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин.

Термины-синонимы приведены в качестве справочных данных и не являются стандартизованными.

Помета, указывающая на область применения многозначного термина, приведена в круглых скобках светлым шрифтом после термина. Помета не является частью термина.

Приведенные определения можно при необходимости изменять, вводя в них произвольные признаки, раскрывая значения используемых в них терминов, указывая объекты, относящиеся к определенному понятию. Изменения не должны нарушать объем и содержание понятий, определенных в настоящем стандарте.

В стандарте приведены иноязычные эквиваленты стандартизованных терминов на английском языке.

В стандарте приведен алфавитный указатель терминов на русском языке, а также алфавитный указатель терминов на английском языке.

Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, их краткие формы, представленные аббревиатурой, и иноязычные эквиваленты — светлым, синонимы — курсивом.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Часть 8

Процессы нанотехнологического производства. Термины и определения

Nanotechnologies. Part 8. Nanomanufacturing processes. Terms and definitions

Дата введения — 2016—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт является частью серии стандартов ИСО/ТС 80004 и устанавливает термины и определения понятий в области нанотехнологий, относящихся к процессами нанотехнологического производства.

Не все процессы, термины и определения которых установлены в настоящем стандарте, осуществляют в нанодиапазоне. В зависимости от возможностей управления такими процессами для изготовления продукции в качестве исходных материалов применяют и наноматериалы, и обычные материалы.

Настоящий стандарт не распространяется на оборудование, вспомогательные материалы и методы контроля, применяемые в процессах нанотехнологического производства.

2 Термины и определения понятий, установленные в других стандартах серии ИСО/ТС 80004

В настоящем разделе приведены термины и определения, установленные в других стандартах серии ИСО/ТС 80004, необходимые для понимания текста настоящего стандарта.

2.1

углеродная нанотрубка; УНТ: Нанотрубка (2.9), состоящая из углерода. — carbon nanotube; CNT

Примечание — Углеродные нанотрубки обычно состоят из свернутых слоев графена, в том числе одностенные углеродные нанотрубки и многостенные углеродные нанотрубки.

[ИСО/ТС 80004-3:2010, статья 4.3]

2.2

нанокомпозиционный материал; нанокомпозит: Твердое вещество, состоящее из двух или более разделенных фаз, из которых одна или более являются нанофазами. — nanocomposite

Примечания

1 Нанокомпозит не содержит газовую нанофазу. Газовую нанофазу содержит нанопористый материал.

2 Материал, нанофаза которого получена только методом осаждения, не является нанокомпозиционным.

[ИСО/ТС 80004-4:2011, статья 3.2]

Издание официальное

2.3

нановолокно: Нанообъект, линейные размеры которого по двум измерениям находятся в нанодиапазоне (2.7), а по третьему измерению значительно больше. nanofibre

Примечания

1 Нановолокно может быть гибким или жестким.

2 Два сходных линейных размера по двум измерениям не должны отличаться друг от друга более чем в три раза, а размеры по третьему измерению должны превосходить размеры по первым двум измерениям более чем в три раза.

3 Наибольший линейный размер может находиться вне нанодиапазона (2.7).

[ИСО/ТС 27687:2008, статья 4.3]

2.4

наноматериал: Твердый или жидкий материал, полностью или частично состоящий из структурных элементов, размер которых хотя бы по одному измерению находится в нанодиапазоне (2.7). nanomaterial

Примечания

1 Наноматериал является общим термином для таких понятий, как «совокупность нанообъектов» (2.5) и «наноструктурированный материал» (2.8).

2 См. также «технический наноматериал», «промышленный наноматериал» и «побочный наноматериал».

[ИСО/ТС 80004-1:2010, статья 2.4]

2.5

нанообъект: Материальный объект, линейные размеры которого по одному, двум или трем измерениям находятся в нанодиапазоне (2.7). nano-object

Примечание — Данный термин распространяется на все дискретные объекты, линейные размеры которых находятся в нанодиапазоне.

[ИСО/ТС 80004-1:2010, статья 2.5]

2.6

наночастица: Нанообъект (2.5), линейные размеры которого по всем трем измерениям находятся в нанодиапазоне (2.7). nanoparticle

Примечание — Если по одному или двум измерениям размеры нанообъекта (2.5) значительно больше, чем по третьему измерению (как правило, более чем в три раза), то вместо термина «наночастица» можно использовать термины «нановолокно» (2.3) или «нанопластина».

[ИСО/ТС 27687:2008, статья 4.1]

2.7

нанодиапазон: Диапазон линейных размеров приблизительно от 1 до 100 нм. nanoscale

Примечания

1 Верхнюю границу этого диапазона принято считать приблизительной, так как, в основном, уникальные свойства нанообъектов за ней не проявляются.

2 Нижнее предельное значение в этом определении (приблизительно 1 нм) введено для того, чтобы исключить из рассмотрения в качестве нанообъектов (2.5) или элементов наноструктур отдельные атомы или небольшие группы атомов.

[ИСО/ТС 80004-1:2010, статья 2.1]

2.8

наноструктурированный материал: Материал, имеющий внутреннюю или поверхностную наноструктуру. nanostructured material

Примечание — Настоящее определение не исключает наличия у нанообъекта (2.5) внутренней или поверхностной структуры. Рекомендуется применять термин «нанообъект» к элементу наноструктурированного материала, если его линейные размеры по одному, двум или трем измерениям находятся в нанодиапазоне.

[ИСО/ТС 80004-4:2011, статья 2.11]

2.9

нанотрубка: Полое нановолокно (2.3). [ИСО/ТС 27687:2008, статья 4.4]	nanotube

3 Термины и определения основных понятий, относящихся к процессам нанотехнологического производства

3.1 **нанотехнологическое производство «снизу-вверх»:** Технология, основанная на применении атомов, молекул и/или нанообъектов в качестве исходного материала для формирования более крупных и функционально сложных структур или конструкций различных объектов.	bottom up nanomanufacturing
3.2 **соосаждение:** Осаждение одновременно двух или более исходных материалов.	co-deposition

Примечание — К основным методам соосаждения относят: вакуумное напыление, термическое напыление, электроосаждение и осаждение твердых частиц суспензии.

3.3 **истирание:** Процесс дробления или измельчения исходного материала с целью уменьшения размеров его частиц.	communition
3.4 **направленная сборка** (нанотехнологии): Процесс формирования конструкций объекта в соответствии с заданным шаблоном, основанный на применении управляемых внешних воздействий к исходным нанообъектам.	directed assembly
3.5 **направленная самосборка**: Процесс самосборки (3.11) в соответствии с заданным шаблоном, происходящий под управляемыми внешними воздействиями.	directed self-assembly

Примечание — Процесс направленной самосборки может происходить под действием приложенного силового поля, сил потока жидкости, введенного в исходное вещество химического реагента или по заданному шаблону.

3.6 **литография:** Процесс формирования структуры объекта или рельефного изображения путем воспроизведения заданного шаблона на подложке.	lithography

Примечание — Шаблон изготавливают из материала, чувствительного к излучению, и осуществляют его перенос на подложку для формирования нужной структуры методами контактной печати или прямой записи.

3.7 **многослойное осаждение:** Процесс получения композиционных материалов со слоистой структурой путем последовательного осаждения на подложку двух или более исходных материалов.	multilayer deposition
3.8 **нанотехнологическое изготовление:** Совокупность действий, направленных на преднамеренное изготовление объектов, устройств или их элементов, размеры которых находятся в нанодиапазоне (2.7), для коммерческих целей.	nanofabrication

3.9

нанотехнологическое производство: Преднамеренный синтез, изготовление или контроль наноматериалов, а также отдельные этапы процесса изготовления в нанодиапазоне (2.7) для коммерческих целей. [ИСО/ТС 80004-1:2010, статья 2.11]	nanomanufacturing

3.10

процесс нанотехнологического производства: Совокупность мероприятий, направленных на преднамеренный синтез, изготовление или контроль наноматериалов (2.4), а также отдельные этапы процесса изготовления в нанодиапазоне (2.7) для коммерческих целей. [ИСО/ТС 80004-1:2010, статья 2.12]	nanomanufacturing process

3.11 **самосборка:** Автономный процесс формирования структуры объекта в результате взаимодействия компонентов исходной структуры объекта. self-assembly

3.12 **функционализация поверхности:** Процесс придания поверхности объекта заданных химических или физических свойств путем химического или физико-химического воздействия. surface functionalization

3.13 **нанотехнологическое производство «сверху-вниз»:** Технология получения нанообъектов из макроскопических объектов. top-down nanomanufacturing

4 Термины и определения понятий, относящихся к процессам направленной сборки

4.1 **сборка в электростатическом поле** (нанотехнологии): Процесс изменения направления или положения нанообъектов, являющихся элементами устройства или материала, под действием сил электростатического поля. electrostatic driven assembly

4.2 **распределение в потоке жидкости** (нанотехнологии): Процесс изменения направления или положения нанообъектов, являющихся элементами устройства или материала, под действием сил потока жидкости. fluidic alignment

4.3 **иерархическая сборка** (нанотехнологии): Технология, основанная на применении более одного процесса нанотехнологического производства (3.9) для управления сборкой объекта, осуществляемой в любой последовательности. hierarchical assembly

4.4 **сборка в магнитном поле** (нанотехнологии): Процесс изготовления объектов в соответствии с заданным шаблоном в нанодиапазоне (2.7) под действием сил магнитного поля. magnetic driven assembly

4.5 **сборка с учетом формы наночастиц** (нанотехнологии): Процесс получения заданной структуры или конфигурации объекта, основанный на применении наночастиц (2.6) определенной геометрической формы. shape-based assembly

4.6 **супрамолекулярная сборка:** Процесс сборки объекта из молекул или наночастиц (2.6) за счет нековалентных связей. supramolecular assembly

4.7 **перенос «поверхность — поверхность»** (нанотехнологии): Процесс перемещения наночастиц (2.6) или объектов с поверхности одной подложки, на которой они были сформированы или собраны, на поверхность другой подложки. surface-to-surface transfer

5 Термины и определения понятий, относящихся к процессам самосборки

5.1 **коллоидная кристаллизация** (нанотехнологии): Процесс получения вещества, состоящего из плотно расположенных по отношению друг к другу элементов, упорядоченных в периодические пространственные структуры, путем седиментации наночастиц (2.6) из раствора с образованием твердого осадка. colloidal crystallization

5.2 **графоэпитаксия** (нанотехнологии): Процесс направленной самосборки (3.5) на поверхности объектов, имеющей неоднородности, размеры которых находятся в нанодиапазоне (2.7). graphioepitaxy

Примечание — К понятию «графоэпитаксия» относят процессы последовательного формирования пленок с одинаковой или отличной структурой на поверхности одной и той же кристаллической подложки.

5.3 **ионно-лучевое модифицирование поверхности** (нанотехнологии): Процесс изменения поверхности объекта пучком ускоренных ионов с целью формирования на ней неоднородностей, в т. ч. размерами в нанодиапазоне (2.7). ion beam surface reconstruction

5.4 **формирование пленки Ленгмюра-Блоджетт:** Процесс получения молекулярного монослоя на границе раздела двух сред (газовой и жидкой) с помощью специальной кюветы, разработанный Ирвингом Ленгмюром и Катариной Блоджетт. Langmuir-Blodgett film formation

5.5 **перенос пленки Ленгмюра-Блоджетт:** Процесс перемещения молекулярного монослоя, сформированного на границе раздела двух сред (газовой и жидкой), на твердую поверхность путем погружения в жидкость с данным монослоем и последующего извлечения из нее твердой подложки. Langmuir-Blodgett film transfer

5.6 **послойное электростатическое осаждение:** Процесс последовательного нанесения на поверхность подложки слоев полимерных материалов с противоположными знаками электрических зарядов. layer-by-layer deposition; LbL deposition

5.7 **модулированное осаждение веществ:** Процесс формирования чередующихся слоев двух или более веществ путем последовательного осаждения из газовой фазы каждого из исходных веществ на заданных участках подложки. modulated elemental reacted method

5.8 **самосборка монослоя:** Процесс формирования упорядоченного молекулярного слоя вещества, осаждаемого на твердую подложку из жидкой или газовой фазы под воздействием сил молекулярного сцепления с поверхностью подложки и сил слабого межмолекулярного взаимодействия. self-assembled monolayer formation; SAM formation

5.9 **механизм роста пленки Странского-Крастанова;** *механизм «послойного-плюс-островкового» роста пленки*: Процесс формирования пленки на подложке, начинающийся с образования двумерного слоя и завершающийся образованием на нем групп связанных между собой атомов (островков). Stranski-Krastanow growth

6 Термины и определения понятий, относящихся к процессам синтеза наноматериалов

6.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам физического осаждения из газовой фазы

6.1.1 **холодное газодинамическое напыление:** Процесс получения покрытия из холодных и ускоренных частиц или наночастиц напыляемого порошка, при соударении которых с подложкой происходит их соединение, с применением сверхзвуковой струи инертного газа. cold gas dynamic spraying

6.1.2 **электронно-лучевое испарение:** Процесс получения материала путем преобразования исходного материала в газообразное состояние под воздействием потока электронов в условиях высокого или сверхвысокого вакуума и последующего осаждения материала на подложку. electron-beam evaporation

6.1.3 Термины и определения понятий, относящихся к процессам электроискрового осаждения

6.1.3.1 **электроискровое осаждение:** Процесс получения покрытий импульсно-дуговой микросваркой, основанный на изменении физико-химических свойств поверхности под воздействием импульсных искровых разрядов, сопровождаемых отделением от обрабатывающего электрода вещества и переходом его на обрабатываемую поверхность (катод). electro-spark deposition

6.1.4 Термины и определения понятий, относящихся к процессам высушивания вещества

6.1.4.1 **сублимационная сушка:** Процесс обезвоживания вещества или удаления из него растворителя путем быстрого замораживания вещества и дальнейшего выпаривания затвердевших воды или растворителя в условиях вакуума. freeze drying

6.1.4.2 **распылительная сушка:** Процесс получения сухого порошка из жидкости или суспензии, основанный на впрыскивании капель жидкости или суспензии в поток нагретого до необходимой температуры газа и последующем осаждении твердых частиц. spray drying

6.1.5 **быстрое расширение сверхкритических растворов:** Процесс извлечения вещества, основанный на распылении исходного вещества при температуре и давлении выше критических точек и последующем осаждении нанообъектов (2.5). supercritical expansion

6.1.6 **суспензионное термическое напыление:** Процесс получения покрытия термическим напылением (7.2.16), в котором в качестве исходного материала применяют суспензию. suspension combustion thermal spray

6.1.7 **электрический взрыв проволоки:** Процесс получения наночастиц (2.6) путем испарения исходного полупроводникового или проводникового материала в виде проволоки под действием импульса электрического тока высокой плотности с последующей конденсацией наночастиц. wire electric explosion

6.1.8 **испарение:** Процесс перехода вещества из твердой или жидкой фазы в газовую или плазменную фазы. vaporization

Примечания

1 Процесс испарения применяют для осаждения материала на подложку. Процесс испарения лежит в основе процессов физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ) [7].

2 Процессы ФОГФ в условиях высокого вакуума происходят при давлении в диапазоне от 10^{-6} до 10^{-9} торр, в условиях сверхвысокого вакуума — при давлении ниже 10^{-9} торр.

6.2 Термины и определения понятий, относящихся к процессам химического осаждения из газовой фазы

6.2.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам осаждения в условиях воздействия пламени

6.2.1.1

экзотермическое разложение жидкого вещества: Процесс получения твердого агрегированного материала, в т. ч. наноматериала (2.4), осаждаемого на подложку в результате экзотермической реакции окисления раствора исходного материала. [ИСО 19353, статья 3.3, определение термина изменено]	liquid precursor combustion

6.2.1.2 **плазменное распыление:** Процесс получения твердого агрегированного материала, в т. ч. наноматериала (2.4), осаждаемого на подложку, с применением плазменной струи, образованной источником ионизированного газа. — plasma spray

6.2.1.3 **пиролиз аэрозоля:** Процесс получения твердого агрегированного материала, в т. ч. наноматериала (2.4), осаждаемого на подложку в результате сжигания или нагревания до заданной температуры распыляемого исходного материала в виде аэрозоля. — pyrogenesis

6.2.1.4 **плазменное распыление жидкого вещества:** Процесс получения твердого агрегированного материала, в т. ч. наноматериала (2.4), осаждаемого на подложку в результате воздействия струи термической (равновесной) плазмы на распыляемый раствор исходного материала и его последующего охлаждения. — solution precursor plasma spray

6.2.1.5 **термическое разложение жидкого вещества:** Процесс получения твердого агрегированного материала, в т. ч. наноматериала (2.4), осаждаемого на подложку в результате нагревания до заданной температуры распыляемого исходного жидкого материала. — thermal spray pyrolysis

6.2.2 **термическое разложение в трубчатой печи:** Химическое осаждение из газовой фазы (7.2.3), осуществляемое в трубчатой печи при заданной и контролируемой температуре поверхности подложки с исходным материалом. — hot wall tubular reaction

6.2.3 **термическое разложение инфракрасным излучением:** Процесс получения твердого материала, состоящего в т. ч. из наночастиц (2.6), осаждаемого на подложку в результате нагревания инфракрасным излучением до заданной температуры исходного газообразного вещества. — photothermal synthesis

6.2.4 **формирование нановолокон по механизму роста «пар-жидкость-кристалл»;** ПЖК: Процесс получения на подложке нановолокон (2.3) из исходного газообразного материала с применением жидкого катализатора. — vapour-liquid-solid nanofibre synthesis; VLS

Примечание — Формирование нановолокон по механизму роста «пар—жидкость—кристалл» происходит при наличии на кончиках формирующихся нановолокон капель жидкого катализатора, адсорбирующего исходный газообразный материал до уровня перенасыщения, из которого в дальнейшем происходит рост нановолокон.

6.3 Термины и определения понятий, относящихся к физическим методам синтеза в жидкой фазе

6.3.1 **электропрядение:** Процесс вытягивания волокон из исходного жидкого материала под действием сил электрического поля. — electrospinning

6.3.2 ***интеркаляционная полимеризация in-situ:*** Процесс получения нанокомпозита (2.2), основанный на введении мономера в исходный слоистый неорганический материал и последующей его полимеризации. — *in-situ* intercalative polymerization

6.3.3 **диспергирование нанодисперсной системы:** Процесс получения наносуспензии, основанный на предотвращении или замедлении скорости осаждения наночастиц (2.6) за счет внутреннего или внешнего воздействия (например, сил — nanoparticle dispersion

молекулярного взаимодействия, электрического поля или наличия лиганд) на исходный материал.

6.3.4 **литье керамической ленты:** Процесс получения керамической ленты путем заполнения поверхности подложки, имеющей заданные формы и размеры, макроскопическим слоем суспензии из керамического материала. tape casting

Примечание — Макроскопический слой может содержать наночастицы (2.6).

6.3.5 **мокрый помол в шаровой мельнице:** Процесс получения суспензии измельчением (6.5.6) исходного материала под действием ударов движущихся шаров, изготовленных из материала, имеющего более высокий показатель твердости, и с добавлением жидкости. wet ball milling

6.4 Термины и определения понятий, относящихся к химическим методам синтеза в жидкой фазе

6.4.1 **кислотный гидролиз целлюлозы:** Химическая реакция с применением кислоты, в процессе которой происходит извлечение нанокристаллической целлюлозы из целлюлозы. acid hydrolysis of cellulose

6.4.2 **осаждение наночастиц из раствора:** Процесс получения наночастиц (2.6) в результате протекания химических реакций в растворе с возможностью влияния на размеры получаемых частиц за счет кинетических факторов. nanoparticle precipitation

6.4.3 **быстрая конденсация неорганических материалов:** Процесс получения атомарно гладкой и плотной пленки из исходного металлоорганического материала методом центробежного осаждения (7.2.17) и последующего отверждения на подложке при заданной температуре. prompt inorganic condensation

6.4.4 **синтез в обратных мицеллах:** Процесс формирования наночастиц (2.6) требуемых размеров и формы в растворе исходного материала с применением соответствующего реагента, основанный на образовании в ядре мицеллы наночастиц, рост которых ограничен оболочкой мицеллы. reverse micelle process

6.4.5 **золь-гель технология:** Процесс получения материалов путем преобразования исходного раствора или суспензии (золя) в коллоидную систему (гель), состоящую(ий) из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами дисперсной фазы. sol-gel processing

6.4.6 **матричный синтез;** *темплатный синтез*: Процесс получения наноматериала путем самосборки, происходящий с добавлением в исходный материал поверхностно-активного вещества, молекулы которого выступают в качестве структурообразующего агента, и формирования структурных элементов размерами в нанодиапазоне (2.7) при последующем отверждении этого материала. surfactant templating

Пример — Силикатные и алюмосиликатные материалы с «самоформирующейся структурой» (структурой типа МСМ-41).

6.4.7 **метод Стобера:** Процесс получения наночастиц силикатного материала из тетраалкилортосиликата, который подвергают гидролизу путем его обработки спиртом и аммиаком. Stober process

Примечание — Термин «метод Стобера» — это наименование золь-гель технологии (6.4.5), применяемой для получения диоксида кремния.

6.5 Термины и определения понятий, относящихся к физическим методам синтеза в твердой фазе

6.5.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам блок-сополимеризации

6.5.1.1 **блок-сополимеризация:** Процесс получения блок-сополимерного материала, основанный на формировании чередующихся двухмерных (2D) или трехмерных (3D) структур из блоков различных несовместимых полимерных цепей. block copolymer phase segregation

6.5.1.2 **наноструктурирование блок-сополимера:** Процесс формирования наноструктур в блок-сополимерном материале путем добавления в его определенную фазу соответствующего вещества. block copolymer templating

6.5.2 **диспергирование глины в жидкой полимерной матрице:** Процесс получения композиционного материала с полимерной матрицей путем смешивания частиц глины с жидким полимерным материалом и его последующего отверждения. clay dispersion

6.5.3 **холодное прессование** (нанотехнологии): Процесс обработки материала давлением с целью его уплотнения за счет уменьшения расстояния между частицами материала до размеров нанодиапазона (2.7), происходящий без нагревания. cold pressing

6.5.4 **непрерывная обработка полосового проката металла сдвигом;** НОППС: Процесс улучшения механических свойств металла за счет изменения размеров его зерен в результате интенсивного пластического деформирования при вальцовке со сдвигом, происходящий без значительных изменений габаритных размеров исходного материала. conshearing continuous confined strip shearing; C2S2

Примечание — Метод НОППС позволяет получать материалы и изделия из них с улучшенными механическими свойствами.

6.5.5 **расстекловывание** (нанотехнологии): Процесс кристаллизации исходного материала, имеющего стекловидную консистенцию, происходящий с образованием в нем нанообъектов и/или пустот, размеры которых находятся в нанодиапазоне (2.7). devitrification

6.5.6 **измельчение** (нанотехнологии): Процесс получения наночастиц (2.6) механическим истиранием исходного вещества с применением материала, имеющего более высокий показатель твердости. grinding

6.5.7 **высокоскоростная микрообработка:** Процесс изготовления двухмерного или трехмерного прецизионного изделия путем отделения изделия в качестве части от исходной заготовки или вырезания изделия на поверхности исходной заготовки с помощью специального инструмента при скорости вращения шпинделя более 30 000 об/мин. high-speed micromachining

Примечания

1 Прецизионные изделия получают в процессе микрообработки за счет высокой скорости (от 30 000 до 100 000 об/мин) вращения шпинделя.

2 Виды высокоскоростной микрообработки: лазерная, электронно-лучевая, ультразвуковая, фрезерование, обработка ионным пучком. Для выполнения высокоскоростной микрообработки применяют оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ).

3 Скорость вращения шпинделя устанавливают в зависимости от применяемого вида микрообработки.

6.5.8 **ионная имплантация:** Процесс изменения свойств поверхности объекта путем ее разрушения или перекристаллизации под воздействием ионного пучка. ion implantation

6.5.9 Термины и определения понятий, относящихся к процессам измельчения

6.5.9.1 **криогенное измельчение:** Измельчение (6.5.6) при криогенной температуре (т. е. при температуре ниже –150 °С или 123 К). cryogenic milling

6.5.9.2

сухой помол в шаровой мельнице (нанотехнологии): Процесс получения материала, содержащего наночастицы (2.6), измельчением и смешиванием исходных материалов различного химического и гранулометрического составов под действием ударов движущихся шаров, изготовленных из материала, имеющего более высокий показатель твердости, и последующим нагреванием до температуры спекания. dry ball milling

[ИСО 11074:2005, статья 4.6.2, ИСО 3252:1999, статья 1303, определение и наименование термина изменены]

6.5.10 **многократная штамповка с кручением:** Процесс улучшения свойств металла за счет уменьшения его зерен до размеров нанодиапазона (2.7) в результате интенсивного пластического деформирования, происходящего при неоднократном последовательном повторении операций сжатия заготовки в виде листового проката между двумя пуансонами, имеющими рельефную поверхность, и вращения пуансонов на заданный угол, с последующей обработкой заготовки ковкой или вальцовкой. multi-pass coin forging

6.5.11 **осаждение в соответствии с наношаблоном**: Процесс формирования объекта заданной формы, в т. ч. с замкнутым внутренним пространством, путем осажде- nanotemplated growth

ния исходных наноструктурированных материалов (2.8) или наночастиц (2.6) из жидкой или газовой фазы на подложку.

6.5.12 **диспергирование наночастиц в жидкой полимерной матрице:** Процесс получения композиционного материала с полимерной матрицей путем смешивания наночастиц (2.6) исходного вещества с жидким полимерным материалом и его последующего отверждения. polymer nanoparticle dispersion

6.5.13 Термины и определения понятий, относящихся к процессам спекания

6.5.13.1 **горячее прессование:** Процесс получения металлического материала формованием металлического порошка в пресс-форме под воздействием давления и температуры, превышающей температуру рекристаллизации основного компонента. hot pressing

Примечание — Процесс горячего прессования проводят при давлении выше 50 МПа и температуре 2400 °С.

6.5.13.2

спекание наночастиц: Процесс соединения наночастиц путем термической обработки исходного материала, в процессе которой происходит активизация взаимодействия наночастиц вследствие движения атомов внутри и между наночастицами. [ИСО 836:2001, определение термина приведено из статьи 120]	nanoparticle sintering

6.5.13.3 **электроимпульсное плазменное спекание:** Процесс уплотнения порошка проводникового или полупроводникового материала, помещенного в пресс-форму под воздействием давления, нагреванием со скоростью до 1000 К/мин путем пропускания через него импульса постоянного тока и последующим охлаждением со скоростью до 1000 К/мин, без изменения размеров зерен. spark plasma sintering

6.6 Термины и определения понятий, относящихся к химическим методам синтеза в твердой фазе

6.6.1 **прививочная блок-сополимеризация;** *дериватизация блок-сополимеров*: Процесс модификации твердого блок-сополимерного материала путем добавления соответствующего вещества, атомы или молекулы которого взаимодействуют только с одной фазой модифицируемого материала. block copolymer chemical derivatization

6.6.2 **анодное окисление металла** (нанотехнологии): Процесс получения неметаллического неорганического покрытия на металлической подложке (аноде) электрохимическим способом с контролем образования нанопор. electrochemical anodization

Примечание — Термин «анодное окисление металла» является синонимом термина «анодное травление».

6.6.3 **интеркалирование:** Процесс обратимого встраивания атомов или молекул одного вещества в кристаллическую структуру другого вещества. intercalation

6.6.4 **синтез двухфазных нанокомпозиционных материалов:** Процесс получения нанокомпозиционного материала, состоящего из двух разделенных фаз, путем нагревания и быстрого охлаждения до заданных температур исходной смеси из двух компонентов. two-phase methods

7 Термины и определения понятий, относящихся к процессам изготовления продукции

7.1 Термины и определения понятий, относящихся к процессам литографии в нанодиапазоне

7.1.1 **трехмерная литография;** *3D-литография*: Процесс формирования структуры объекта, линейные размеры которой или ее составных частей по одному, двум или трем измерениям могут находиться в нанодиапазоне (2.7), путем воспроизведения заданного шаблона на подложке. 3D lithography

7.1.2 **аддитивная печать:** Процесс формирования рельефного изображения послойным нанесением материала на подложку в соответствии с заданным шаблоном. additive processing

Примечание — В случае применения резиста в качестве шаблона различают два вида аддитивной печати: обратная литография и аддитивная печать с применением трафарета. В процессе обратной литографии на резист наносят слой материала, из которого необходимо сформировать рисунок, а затем удаляют резист таким образом, чтобы нанесенный материал остался в отверстиях, не защищенных резистом, а материал, попавший на резист, убирается вместе с ним. В процессе аддитивной печати с применением шаблона материал только добавляют в отверстия, не защищенные резистом [допускается применять совместно с процессом электроосаждения (7.2.7)].

7.1.3 **блок-сополимерная литография:** Процесс формирования рельефного изображения из наночастиц материала, оставшихся на подложке после удаления полимерного шаблона, полученного за счет микрофазного расслоения диблоксополимеров. — block copolymer lithography

7.1.4 **литография с коллоидно-кристаллическим шаблоном:** Процесс формирования заданного объекта методами осаждения или травления в соответствии с шаблоном, представляющим собой двухмерную (2D) или трехмерную (3D) структуру из частиц коллоидного кристалла. — colloidal crystal template lithography

7.1.5 **фотолитография в глубоком ультрафиолете;** ФГУ: Процесс формирования рельефного изображения в слое фоторезиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн от 100 до 280 нм. — deep ultraviolet lithography; DUV

7.1.6

перьевая нанолитография: Процесс формирования рельефного изображения размерами менее 100 нм в соответствии с заданным шаблоном путем переноса специального материала на подложку с помощью зонда атомно-силового микроскопа, происходящего за счет диффузии через водный мениск между поверхностью подложки и зондом. — dip-pen nanolithography

Примечания

1 На острие зонда атомно-силового микроскопа наносят молекулы или наночастицы (2.6) специального материала и переносят их на подложку, формируя рельефное изображение, состоящее из одного или нескольких слоев наносимого материала.

2 «Dip-Pen Nanolithography» — торговая марка чернил, выпускаемых компанией NanoInk Inc. Данные сведения приведены как пример для правильного понимания содержания настоящего стандарта. В стандартах Международной организации по стандартизации (ИСО) термин «dip-pen nanolithography» не обозначает понятие «чернила». Термин «перьевая нанолитография» допускается применять для обозначения аналогичной продукции.

[ИСО 18115-2:2010, статья 6.40]

7.1.7 **электронно-лучевая литография:** Процесс формирования рельефного изображения в слое резиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью фокусированного электронного пучка. — electron-beam lithography

7.1.8 **фотолитография в экстремальном ультрафиолете;** ФЭУ: Процесс формирования рельефного изображения в слое фоторезиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн от 10 до 20 нм. — extreme ultraviolet lithography; EUV

Примечание — В оборудовании для фотолитографии в экстремальном ультрафиолете используют системы специальных зеркал.

7.1.9 **ионно-лучевая литография**: Процесс формирования рельефного изображения в слое резиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью фокусированного ионного пучка. — focused ion-beam lithography; FIB

7.1.10 **иммерсионная оптическая литография:** Литография (3.6) с повышенной разрешающей способностью, полученной за счет заполнения воздушного промежутка между последней линзой объектива микроскопа и пленкой фоторезиста жидкостью с соответствующим показателем преломления. — immersion optics

7.1.11 **интерференционная литография:** Процесс формирования рельефного изображения размерами в нанодиапазоне (2.7) путем соответствующей обработки облученного резиста, на поверхности которого с помощью дифракционных решеток получена интерференционная картина. — interference lithography

7.1.12 **ионно-стимулированное осаждение:** Процесс формирования структуры объекта или рельефного изображения путем увеличения концентрации молекул

осаждаемого материала на заданных участках подложки с помощью фокусированного ионного пучка. ion induced deposition

7.1.13 **ионно-стимулированное травление:** Процесс формирования структуры объекта или рельефного изображения путем уменьшения концентрации молекул на заданных участках обрабатываемого материала, покрывающего подложку, с помощью фокусированного ионного пучка. ion induced etching

7.1.14 **ионно-проекционная литография:** Процесс получения рельефного изображения размерами в нанодиапазоне (2.7) в слое резиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью пучка ускоренных ионов. ion projection lithography

7.1.15 **микроконтактная печать**: Вид мягкой литографии (7.1.25), в которой шаблон после нанесения на него чернил вдавливают в слой материала, покрывающего подложку. micro-contact printing

Примечание — Точность воспроизведения изображения зависит от особенностей поверхности подложки и материала, используемого в качестве чернил.

7.1.16 **микрожидкостная печать:** Процесс получения рельефного изображения путем нанесения жидкого материала на поверхность подложки с помощью печатной головки с каналами, размеры которых находятся в микро- или нанодиапазоне (2.7), и последующего его отверждения при заданной температуре. microfluidic deposition

7.1.17 **нанотиснение:** Процесс получения рельефного изображения путем вдавливания шаблона с заданным рисунком, размеры которого находятся в нанодиапазоне (2.7), в слой резиста, покрывающего подложку. nano-embossing

Примечания

1 Термин «нанотиснение» также распространяется на процесс формирования трехмерных наноструктур.

2 При нанотиснении физические свойства материала резиста не изменяются. Процесс нанотиснения отличается от процесса нанопечатной литографии тем, что получаемое изображение в слое резиста не требует дополнительной обработки.

7.1.18 **нанопечатная литография;** НПЧ: Процесс получения рельефного изображения путем вдавливания шаблона (обычно называемого клише, штамп, маска или трафарет) с заданным рисунком, размеры элементов которого находятся в нанодиапазоне (2.7), в слой резиста, покрывающего подложку, и последующего его отверждения при заданной температуре или под воздействием светового излучения. nano-imprint lithography; NIL

Примечания

1 Нанопечатную литографию относят к процессам печати, а не к процессам литографии (3.6), т. к. получаемое изображение зависит от формы и рельефа шаблона.

2 Нанопечатную литографию различают по видам материалов, используемых в качестве резиста. Резист из термопластичного полимерного материала сначала нагревают до температуры плавления, а затем надавливают на него шаблоном. Резист из термореактивного материала сначала используют в жидком виде, прикладывая к нему шаблон, а потом нагревают до температуры его отверждения. На негативном фоторезисте изображение формируют с помощью светового излучения и прозрачного шаблона. Процессы нанопечатной литографии с использованием фоторезистов некоторые специалисты называют «оптический импринтинг», «оптический наноимпринтинг» или «печатная литография «шаг—вспышка».

7.1.19 **естественная литография:** Процесс формирования структуры объекта или рельефного изображения путем воспроизведения шаблона, происходящий в природе. natural lithography

Пример — Полосы, образованные на коллагеновых волокнах соединительной ткани, или структуры, сформированные из нитей рибонуклеиновой кислоты (РНК).

Примечание — Термин «естественная литография» относят к процессам, в которых воспроизведение изображения происходит с помощью шаблона без применения фокусированного пучка излучения [12].

7.1.20 **фотолитография;** *оптическая литография*: Процесс получения изображения на подложке путем облучения фоторезиста, покрывающего подложку, электромагнитным излучением через заданный шаблон. photolithography; optical lithography

Примечание — Как правило, для изготовления шаблона используют материал фоторезиста.

7.1.21 **фазоконтрастная фотолитография:** Процесс получения изображения размерами в нанодиапазоне (2.7) и улучшенным разрешением путем облучения фоторезиста, покрывающего подложку, электромагнитным излучением через шаблон (фотошаблон) со структурой, сдвигающей фазу проходящего излучения. — phase-contrast photolithography

7.1.22 **плазмонная литография:** Процесс формирования рельефного изображения размерами в нанодиапазоне (2.7) путем облучения фоторезиста, покрывающего подложку, оптическим излучением через шаблон (представляющий собой металлическую плазменную линзу), обеспечивающий возникновение ближнеполевого возбуждения, вызывающего изменения в фоторезисте. — plasmonic lithography

7.1.23 **рисование с помощью сканирующего зондового микроскопа:** Процесс получения рельефного изображения, заключающийся в изменении заданных участков поверхности подложки острием сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) с чернилами или без них. — scanning force probe writing

7.1.24 **химическое осаждение из газовой фазы с применением сканирующего туннельного микроскопа;** ХОГФ СТМ: Процесс получения рельефного изображения размерами в нанодиапазоне (2.7) с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), в котором нанесение материала на подложку происходит за счет химического осаждения из газовой фазы, происходящего под действием электрического напряжения. — scanning tunneling microscope chemical vapour deposition; STM CVD

7.1.25 **мягкая литография**: Процесс получения изображения, заключающийся в нанесении оттиска на подложку шаблоном, изготовленным из мягких материалов (например, эластомерных материалов). — soft lithography

7.1.26 **субтрактивная обработка:** Процесс получения изображения, заключающийся в избирательном удалении участков материала резиста в соответствии с заданным шаблоном. — subtractive processing

7.1.27 **рентгеновская литография:** Процесс формирования рельефного изображения в слое фоторезиста путем воспроизведения заданного шаблона с помощью рентгеновского излучения. — x-ray lithography

Примечание — Пучок рентгеновского излучения трудно сфокусировать на участке, размеры которого находятся в нанодиапазоне (2.7) [в отличие от фотолитографии в экстремальном ультрафиолете (7.1.8)], поэтому термин «рентгеновская литография» применяют для процесса печати, выполняемого с помощью специального шаблона с проницаемыми и непроницаемыми для рентгеновского излучения участками. Шаблон представляет собой мембрану, изготовленную из материала с низким поглощением рентгеновского излучения, с нанесенным на нее изображением из материала с высоким поглощением рентгеновского излучения, например из металла. Как правило, для изготовления шаблона используют материал фоторезиста.

7.2 Термины и определения понятий, относящихся к процессам осаждения

7.2.1

адсорбция: Удержание молекул газа, жидкости или растворенного вещества поверхностным слоем твердого или жидкого тела, с которым они контактируют, за счет физических или химических взаимодействий. [ИСО 14532:2001, статья 2.2.2.7]	adsorption

7.2.2 **атомно-слоевое осаждение;** АСО: Процесс получения однородных конформных пленок путем циклического осаждения исходных материалов на подложку в ходе самоограниченных химических реакций, позволяющих контролировать толщину нанесенного слоя. — atomic layer deposition; ALD

Примечание — В процессе АСО цикл осаждения исходных материалов, который должен включать не менее двух последовательных химических реакций, повторяют несколько раз до получения пленок нужной толщины.

7.2.3

химическое осаждение из газовой фазы; ХОГФ: Процесс получения пленок или порошков в результате термических реакций разложения и/или взаимодействия одного или нескольких исходных газообразных веществ на подложке. [ИСО 2080:2008, статья 2.2, определение термина изменено]	chemical vapour deposition; CVD

7.2.4 **каталитическое химическое осаждение из газовой фазы;** КХОГФ: Процесс ХОГВ (7.2.3), основанный на термическом разложении газообразных веществ с применением катализатора. — catalytic chemical vapour deposition; CCVD

Примечания

1 Процесс КХОГФ применяют для получения углеродных нанотрубок (2.9) из исходных углеводородных материалов (например, метан) с использованием катализаторов, например железо Fe, никель Ni или кобальт Co.

2 Термин «каталитическое химическое осаждение из газовой фазы» относят к терминам, обозначающим процессы катализа.

7.2.5 **нанесение покрытия кластерным пучком:** Процесс получения структурированной пленки путем осаждения наночастиц (2.6) на подложку с использованием источника кластерного пучка. — cluster beam coating

7.2.6 **нанесение покрытия методом погружения:** Процесс получения пленки путем погружения подложки в специальный раствор и ее последующего извлечения из него. — dip coating

7.2.7 **электроосаждение;** *электролитическое осаждение*: Процесс получения покрытия путем осаждения ионов материала на поверхности электрода в специальном растворе в результате реакции электрохимического восстановления. — electrodeposition; electroplating

7.2.8 **осаждение методом химического восстановления:** Процесс получения покрытия путем осаждения ионов материала на поверхности электрода в специальном растворе в результате реакции электрохимического восстановления. — electroless deposition

7.2.9 **электрораспыление:** Процесс получения твердого материала, осаждаемого на подложку, в результате диспергирования исходного материала через сопло, к которому приложено напряжение. — electro-spray

7.2.10 **выпаривание:** Процесс получения твердого материала, осаждаемого на подложку, в результате испарения исходного материала при нагревании до заданной температуры в условиях высокого или сверхвысокого вакуума и последующего охлаждения. — evaporation

7.2.11 **осаждение фокусированным электронным пучком;** ОФЭП: Химическое осаждение из газовой фазы (7.2.3) с применением фокусированного (концентрированного) потока электронов для осаждения молекул исходного газообразного материала на заданных участках поверхности подложки. — focused electron-beam deposition

7.2.12 **осаждение фокусированным ионным пучком;** ОФИП: Химическое осаждение из газовой фазы (7.2.3) с применением фокусированного потока ионов для осаждения молекул исходного газообразного материала на заданных участках поверхности подложки. — focused ion-beam deposition; FIB

Примечание — ОФИП применяют, например, для осаждения газообразного карбонила вольфрама $W(CO)_6$. В вакуумной камере под воздействием ионного пучка газообразный карбонил вольфрама разлагают на летучие и нелетучие компоненты; нелетучий компонент, вольфрам, в результате химической адсорбции оседает на подложку. ОФИП применяют также для осаждения других металлических материалов, например платины. Осажденный таким способом металлический материал можно использовать в качестве временного слоя для защиты объекта от разрушающего воздействия ионного пучка.

7.2.13 **молекулярно-лучевая эпитаксия:** Процесс получения монокристаллической пленки путем испарения и последующего осаждения атомов или молекул исходного(ых) материала/материалов на монокристаллическую подложку в условиях высокого или сверхвысокого вакуума. — molecular beam epitaxy

Примечания

1 Специальное отверстие в оборудовании для молекулярно-лучевой эпитаксии, через которое происходит перенос газообразного исходного материала из зоны испарения в зону высокого или сверхвысокого вакуума, предназначено для формирования соответствующих молекулярных пучков.

2 Методом молекулярно-лучевой эпитаксии, например используя арсенид индия InAs и подложку из арсенида галлия GaAs, получают структуры размером в нанодиапазоне (2.7).

3 См. библиографию [13].

7.2.14

физическое осаждение из газовой фазы; ФОГФ: Процесс нанесения покрытия испарением исходного материала с последующей его конденсацией на подложке в условиях вакуума. [ИСО 2080, статья 2.12]	physical vapour deposition; PVD

7.2.15 **послойное электростатическое осаждение полиэлектролитов:** Процесс получения покрытия путем последовательного нанесения на поверхность подложки слоев полиэлектролитов с противоположными знаками электрических зарядов. — polyelectrolyte layer-by-layer; LbL

7.2.16 **термическое напыление** (нанотехнологии): Процесс получения покрытия из наночастиц (2.6) напыляемого материала, при соударении которых с подложкой происходит их соединение, с применением плазменной струи или в результате сгорания примесей напыляемого материала. — thermal spray

7.2.17 **центробежное осаждение:** Процесс получения пленки осаждением из жидкого исходного материала твердой дисперсный фазы на вращающуюся подложку под действием центробежных сил. — spin coating

7.2.18 **осаждение распылением:** Процесс получения покрытия из исходного жидкого материала, преобразованного соплом в аэрозоль и нанесенного на поверхность подложки. — spray deposition

7.2.19 **осаждение напылением:** Физическое осаждение из газовой фазы (7.2.14) с применением источника высокоэнергичных частиц, бомбардирующих исходный материал (мишень), для перемещения атомов исходного материала на поверхность подложки. — sputter deposition

7.2.20 **полимеризация на поверхности:** Процесс получения полимерной пленки на поверхности подложки из газовой или жидкой фазы исходного мономера. — surface polymerization

7.3 Термины и определения понятий, относящихся к процессам травления

7.3.1 **анизотропное травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки, происходящий в вертикальном направлении со скоростью выше, чем в горизонтальном направлении. — anisotropic etching

7.3.2 **Бош-травление;** *пассивационное травление*: Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки неоднократным чередованием циклов травления и пассивации, обеспечивающих формирование почти вертикальных элементов структуры объекта. — Bosch etching

7.3.3 **химическое травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки под действием химических веществ. — chemical etching

Примечание — В процессе химического травления применяют жидкие (жидкостное травление) или газообразные (сухое травление) химические вещества.

7.3.4 **химическое ионно-лучевое травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки пучком ионов химически активного газа. — chemically assisted ion beam etching

7.3.5 **криогенное травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки путем ее охлаждения до температуры 163 К или ниже, при которой возможно формирование почти вертикальных элементов структуры объекта. — cryogenic etching

Примечание — Температура 163 К или ниже замедляет скорость химических реакций в процессе травления. Бомбардирующие поверхность материала ионы, выбивая частицы с заданных участков, формируют вертикальные элементы структуры объекта.

7.3.6 **кристаллографическое травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки, происходящий с разной скоростью по различным кристаллографическим направлениям. — crystallographic etching

7.3.7 **глубокое реактивное ионное травление;** ГРИТ: Процесс анизотропного травления (7.3.1), применяемый для получения на подложке структур, элементы которых имеют заданное соотношение геометрических размеров. — deep reactive ion etching; DRIE

Пример — Отверстия и канавки с вертикальными стенками.

Примечание — К глубокому реактивному ионному травлению относят Бош-травление (7.3.2) и криогенное травление (7.3.5).

7.3.8 **сухое озоление:** Вид химического травления (7.3.3) с применением газообразных химических веществ, в процессе которого происходит преобразование материала в области, подвергаемой травлению, в летучее удаляемое соединение. — dry-ashing

Пример — Удаление с подложки шаблона из фоторезиста с применением кислорода.

7.3.9 **сухое травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки с применением частично ионизированных газов. dry-etching

7.3.10 **травление фокусированным ионным пучком;** ТФИП: Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки потоком ионов, сфокусированным на заданном участке с помощью системы электростатических линз. focused ion-beam etching; FIB

Примечания

1 Травление осуществляют распылением материала с заданных участков подложки ионным пучком. Воздействуя ионным пучком на поверхность подложки, можно получить рельефное изображение. В процессе ТФИП получают изображения с разрешением от 1 до 100 нм.

2 ТФИП относят к видам ионно-лучевого фрезерования.

7.3.11 **травление плазмой высокой плотности:** Плазменное травление (7.3.18) потоком ионов плотностью от 10^{11} до 10^{12} ион/см^3 с применением источника ионов на основе электронно-циклотронного резонанса, геликонового источника плазмы, магнетрона или источника индуктивно связанной плазмы. high-density plasma etching

Примечание — В зависимости от цели процесса с помощью плазмы осуществляют травление или осаждение. Подложка в реакторе должна быть расположена соответственно осуществляемому процессу.

7.3.12 **травление индуктивно связанной плазмой;** ТИСП: Плазменное травление (7.3.18) с применением источника индуктивно связанной плазмы, в котором происходит образование плазмы внутри разрядной камеры, горелки или иного реактора при приложении высокочастотного переменного магнитного поля. inductive coupled plasma; ICP

7.3.13 **ионно-лучевое травление;** *ионно-лучевое фрезерование*: Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки потоком ионов, полученным с помощью источника плазмы. ion beam etching; ion beam milling

7.3.14 **изотропное травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки, происходящий с одинаковой скоростью по всем пространственным направлениям. isotropic etching

7.3.15 **лазерная абляция:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки лазерным импульсом. laser ablation

Примечание — Лазерную абляцию применяют для формирования неоднородностей размерами в нанодиапазоне (2.7) на поверхности материала, покрывающего подложку.

7.3.16 **травление световым излучением;** *фотохимическое травление*: Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки световым излучением. light-assisted etching; photochemical etching

Примечание — Методом травления световым излучением обрабатывают светочувствительные материалы в специальных условиях с применением химических веществ. Структура и форма получаемого изображения зависят от применяемого шаблона, через который облучают фоторезист, покрывающий подложку. Данный метод применяют, например, для получения требуемой структуры поверхности пористого кремния, обладающего люминесцентными свойствами.

7.3.17 **физическое травление;** *травление распылением*: Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки путем его распыления под действием кинетической энергии ионов инертного газа (например, аргона). physical etching; sputter etching

Примечание — Физическое травление относят к анизотропным и неизбирательным процессам травления.

7.3.18 **плазменное травление:** Сухое травление (7.3.9) компонентами плазмы — ионами и электронами, образованными в результате электрического разряда в газовой среде. plasma etching

Примечания

1 К понятию «оборудование для плазменного травления» относят реактор с плазмой и двумя емкостными электродами, в который помещают материал, подлежащий травлению.

2 В процессе плазменного травления участвуют радикалы, электроны и ионы. Радикалы вступают в химическую реакцию с поверхностными атомами обрабатываемого материала и удаляют поверхностные слои в результате образования летучих продуктов реакции. Электроны и ионы активируют эту реакцию, увеличивая скорость травления.

7.3.19 **травление по трекам излучения:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки химическими веществами для формирования узких каналов из системы пор (треков), образованных после облучения (бомбардировки) частицами или тяжелыми ионами. radiation track etching

Пример — Пористые полимеры, в которых узкие каналы образованы предварительным облучением и последующей обработкой избирательным растворителем.

7.3.20 **реактивное ионное травление;** РИТ: Плазменное травление (7.3.18) потоком заряженных ионов плазмы, ускоренных отрицательным потенциалом напряжения, возникающим в результате подачи на электрод, на котором размещена подложка, высокочастотного напряжения относительно изолированных стенок реактора. reactive ion etching; RIE

Примечание — Поток заряженных ионов плазмы генерируют в специальных условиях (при заданных значениях давления и напряженности электромагнитного поля). Высокоэнергичные ионы бомбардируют поверхность материала подложки, а свободные радикалы вступают в химическую реакцию с поверхностными атомами материала подложки, удаляя поверхностные слои. По сравнению с жидкостным травлением (7.3.22), которое относят к изотропным процессам травления, РИТ позволяет осуществлять удаление материала с подложки по различным пространственным направлениям и с разной скоростью.

7.3.21 **избирательное травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки, происходящий с различной скоростью на разных участках поверхности с различным химическим составом. selective etching

Пример — Водные растворы под воздействием высокочастотных электромагнитных полей удаляют с подложки оксид кремния SiO_2 и не удаляют кремний.

7.3.22 **жидкостное травление:** Процесс управляемого удаления поверхностного слоя материала с подложки под действием жидких химических веществ. wet etching

7.4 Термины и определения понятий, относящихся к процессам печати и нанесения покрытий

7.4.1 **тиснение;** *импринтинг*: Процесс получения рельефного изображения путем вдавливания шаблона с заданным рисунком в слой обрабатываемого материала. embossing; imprinting

7.4.2 **формирование многослойной пленки** (нанотехнологии): Процесс получения многослойной пленки путем соединения вальцовкой нескольких отдельных пленок на подложке. multilayer film process

7.4.3 **осаждение нановолокон:** Процесс получения покрытия или структуры объекта осаждением нановолокон (2.3) из раствора на подложку или ее заданные участки. nanofibre precipitation

7.4.4 **напыление наночастиц:** Процесс получения покрытия из наночастиц (2.6), при соударении которых с подложкой происходит их соединение, с применением распыляемого раствора, плазмы, кластерного пучка или из другого источника наночастиц. nanoparticle spray coating

Приложение А
(справочное)

Классификация процессов синтеза в зависимости от применения исходных наноматериалов или нанообъектов, применяемых для производства конечной продукции

Таблица А.1

Группа процессов	Подгруппа процессов	Процесс	Процесс с применением нанообъектов	Процесс наноструктурирования материала
Физическое осаждение из газовой фазы		Холодное газодинамическое напыление		√
		Электронно-лучевое испарение	√	
	Электроискровое осаждение	Электроискровое осаждение	√	
		Термическое разложение инфракрасным излучением	√	
		Плазменное распыление жидкого вещества		√
		Напыление	√	
	Высушивание вещества	Сублимационная сушка	√	
	Высушивание вещества	Распылительная сушка	√	
		Быстрое расширение сверхкритических растворов	√	
		Суспензионное термическое напыление	√	
		Электрический взрыв проволоки	√	
		Испарение	√	
Химическое осаждение из газовой фазы		Атомно-слоевое осаждение (АСО)		√
		Химическое осаждение из газовой фазы (ХОГФ)		√
		Каталитическое химическое осаждение из газовой фазы (КХОГФ)	√	√
	Осаждение в условиях воздействия пламени	Экзотермическое разложение жидкого вещества	√	√
	Осаждение в условиях воздействия пламени	Плазменное распыление	√	
	Осаждение в условиях воздействия пламени	Пиролиз аэрозоля	√	√
	Осаждение в условиях воздействия пламени	Термическое разложение жидкого вещества	√	√

Продолжение таблицы А.1

Группа процессов	Подгруппа процессов	Процесс	Процесс с применением нанообъектов	Процесс наноструктурирования материала
Химическое осаждение из газовой фазы		Графоэпитаксия		√
		Термическое разложение в трубчатой печи	√	√
		Термическое разложение инфракрасным излучением	√	
		Термическое распыление жидкого вещества	√	√
		Формирование нановолокон по механизму роста «пар — жидкость — кристалл» (ПЖК)	√	
Физические методы синтеза в жидкой фазе		Истирание	√	√
		Электропрядение	√	√
		Интеркаляционная полимеризация in-situ	√	√
		Диспергирование нанодисперсной системы	√	
		Литье керамической ленты		√
	Мокрое измельчение	Мокрый помол в шаровой мельнице	√	√
Химические методы синтеза в жидкой фазе		Кислотный гидролиз целлюлозы	√	
		Осаждение наночастиц из раствора	√	
		Быстрая конденсация неорганических материалов	√	
		Синтез в обратных мицеллах	√	√
		Золь-гель технология	√	√
		Матричный синтез	√	
		Метод Стобера	√	√
Физические методы синтеза в твердой фазе	Интенсивное пластическое деформирование	Непрерывная обработка полосового проката металла сдвигом		√
	Блок-сополимеризация	Прививочная блок-сополимеризация		√
	Блок-сополимеризация	Блок-сополимеризация		√
	Блок-сополимеризация	Наноструктурирование блок-сополимера		√
		Холодное прессование		√
		Непрерывная обработка полосового проката металла сдвигом		√

Окончание таблицы А.1

Группа процессов	Подгруппа процессов	Процесс	Процесс с применением нанообъектов	Процесс наноструктурирования материала
Физические методы синтеза в твердой фазе		Расстекловывание		√
		Измельчение	√	
		Высокоскоростная микрообработка		√
		Ионная имплантация		√
	Измельчение	Криогенное измельчение	√	
		Сухой помол в шаровой мельнице	√	
		Многократная штамповка с кручением	√	
		Осаждение в соответствии с наношаблоном	√	√
	Спекание	Горячее прессование		√
		Спекание наночастиц	√	
		Электроимпульсное плазменное спекание	√	√
Химические методы синтеза в твердой фазе		Диспергирование глины в жидкой полимерной матрице		√
		Анодное окисление металла		√
		Интеркалирование	√	√
		Диспергирование наночастиц в жидкой полимерной матрице		√
		Синтез двухфазных нанокомпозиционных материалов		√

Алфавитный указатель терминов на русском языке

абляция лазерная 7.3.15
адсорбция 7.2.1
АСО 7.2.2
блок-сополимеризация 6.5.1.1
блок-сополимеризация прививочная 6.6.1
Бош-травление 7.3.2
взрыв проволоки электрический 6.1.7
выпаривание 7.2.10
гидролиз целлюлозы кислотный 6.4.1
графоэпитаксия 5.2
ГРИТ 7.3.7
деривативация блок-сополимеров 6.6.1
диспергирование глины в жидкой полимерной матрице 6.5.2
диспергирование нанодисперсной системы 6.3.3
диспергирование наночастиц в жидкой полимерной матрице 6.5.12
золь-гель технология 6.4.5
изготовление нанотехнологическое 3.8
измельчение 6.5.6
измельчение криогенное 6.5.9.1
имплантация ионная 6.5.8
импринтинг 7.4.1
интеркалирование 6.6.3
испарение 6.1.8
испарение электронно-лучевое 6.1.2
истирание 3.3
конденсация неорганических материалов быстрая 6.4.3
кристаллизация коллоидная 5.1
КХОГФ 7.2.4
литография 3.6
литография блок-сополимерная 7.1.3
литография естественная 7.1.19
литография интерференционная 7.1.11
литография ионно-лучевая 7.1.9
литография ионно-проекционная 7.1.14
литография мягкая 7.1.25
литография нанопечатная 7.1.18
литография оптическая 7.1.20
литография оптическая иммерсионная 7.1.10
литография плазменная 7.1.22
литография рентгеновская 7.1.27
литография с коллоидно-кристаллическим шаблоном 7.1.4
литография трехмерная 7.1.1
литография электронно-лучевая 7.1.7
литье керамической ленты 6.3.4
материал нанокомпозиционный 2.2
материал наноструктурированный 2.8
метод Стобера 6.4.7

микрообработка высокоскоростная 6.5.7
механизм «послойного-плюс-островкового» роста пленки 5.9
механизм роста пленки Странского-Крастанова 5.9
модифицирование поверхности ионно-лучевое 5.3
нанесение покрытия кластерным пучком 7.2.5
нанесение покрытия методом погружения 7.2.6
нановолокно 2.3
нанодиапазон 2.7
нанокомпозит 2.2
нанолитография перьевая 7.1.6
наноматериал 2.4
нанообъект 2.5
наноструктурирование блок-сополимера 6.5.1.2
нанотиснение 7.1.17
нанотрубка 2.9
нанотрубка углеродная 2.1
наночастица 2.6
напыление газодинамическое холодное 6.1.1
напыление наночастиц 7.4.4
напыление термическое 7.2.16
напыление термическое суспензионное 6.1.6
НОППС 6.5.4
НПЧ 7.1.18
обработка полосового проката металла сдвигом непрерывная 6.5.4
обработка субтрактивная 7.1.26
озоление сухое 7.3.8
окисление металла анодное 6.6.2
осаждение атомно-слоевое 7.2.2
осаждение веществ модулированное 5.7
осаждение в соответствии с наношаблоном 6.5.11
осаждение из газовой фазы физическое 7.2.14
осаждение из газовой фазы химическое 7.2.3
осаждение из газовой фазы химическое каталитическое 7.2.4
осаждение из газовой фазы химическое с применением сканирующего туннельного микроскопа 7.1.24
осаждение ионно-стимулированное 7.1.12
осаждение методом химического восстановления 7.2.8
осаждение многослойное 3.7
осаждение нановолокон 7.4.3
осаждение наночастиц из раствора 6.4.2
осаждение напылением 7.2.19
осаждение распылением 7.2.18
осаждение фокусированным ионным пучком 7.2.12
осаждение фокусированным электронным пучком 7.2.11
осаждение центробежное 7.2.17
осаждение электроискровое 6.1.3.1
осаждение электролитическое 7.2.7

осаждение электростатическое послойное 5.6
осаждение электростатическое полиэлектролитов послойное 7.2.15
ОФИП 7.2.12
ОФЭП 7.2.11
перенос пленки Ленгмюра-Блоджетт 5.5
перенос «поверхность — поверхность» 4.7
печать аддитивная 7.1.2
печать микрожидкостная 7.1.16
печать микроконтактная 7.1.15
ПЖК 6.2.4
пиролиз аэрозоля 6.2.1.3
полимеризация интеркаляционная in-situ 6.3.2
полимеризация на поверхности 7.2.20
помол в шаровой мельнице мокрый 6.3.5
помол в шаровой мельнице сухой 6.5.9.2
прессование горячее 6.5.13.1
прессование холодное 6.5.3
производство нанотехнологическое 3.9
производство нанотехнологическое «сверху-вниз» 3.13
производство нанотехнологическое «снизу-вверх» 3.1
процесс нанотехнологического производства 3.10
разложение в трубчатой печи термическое 6.2.2
разложение жидкого вещества термическое 6.2.1.5
разложение жидкого вещества экзотермическое 6.2.1.1
разложение инфракрасным излучением термическое 6.2.3
распределение в потоке жидкости 4.2
распыление плазменное 6.2.1.2
распыление жидкого вещества плазменное 6.2.1.4
расстекловывание 6.5.5
расширение сверхкритических растворов быстрое 6.1.5
рисование с помощью сканирующего зондового микроскопа 7.1.23
РИТ 7.3.20
самосборка 3.11
самосборка монослоя 5.8
самосборка направленная 3.5
сборка иерархическая 4.3
сборка в магнитном поле 4.4
сборка в электростатическом поле 4.1
сборка направленная 3.4
сборка супрамолекулярная 4.6
сборка с учетом формы наночастиц 4.5
синтез в обратных мицеллах 6.4.4
синтез двухфазных нанокомпозиционных материалов 6.6.4
синтез матричный 6.4.6
синтез темплатный 6.4.6
соосаждение 3.2

спекание наночастиц	6.5.13.2
спекание плазменное электроимпульсное	6.5.13.3
сушка сублимационная	6.1.4.1
сушка распылительная	6.1.4.2
тиснение	7.4.1
ТИСП	7.3.12
травление анизотропное	7.3.1
травление жидкостное	7.3.22
травление избирательное	7.3.21
травление изотропное	7.3.14
травление индуктивно связанной плазмой	7.3.12
травление ионное реактивное	7.3.20
травление ионно-лучевое	7.3.13
травление ионно-лучевое химическое	7.3.4
травление ионно-стимулированное	7.1.13
травление криогенное	7.3.5
травление кристаллографическое	7.3.6
травление пассивационное	7.3.2
травление плазменное	7.3.18
травление плазмой высокой плотности	7.3.11
травление по трекам излучения	7.3.19
травление распылением	7.3.17
травление реактивное ионное глубокое	7.3.7
травление световым излучением	7.3.16
травление сухое	7.3.9
травление физическое	7.3.17
травление фокусированным ионным пучком	7.3.10
травление фотохимическое	7.3.16
травление химическое	7.3.3
ТФИП	7.3.10
УНТ	2.1
ФГУ	7.1.5
ФОГФ	7.2.14
формирование многослойной пленки	7.4.2
формирование нановолокон по механизму роста «пар-жидкость-кристалл»	6.2.4
формирование пленки Ленгмюра-Блоджетт	5.4
фотолитография	7.1.20
фотолитография в глубоком ультрафиолете	7.1.5
фотолитография в экстремальном ультрафиолете	7.1.8
фотолитография фазоконтрастная	7.1.21
фрезерование ионно-лучевое	7.3.13
функционализация поверхности	3.12
ФЭУ	7.1.8
ХОГФ	7.2.3
ХОГФ СТМ	7.1.24
штамповка с кручением многократная	6.5.10

электроосаждение 7.2.7
электропрядение 6.3.1
электрораспыление 7.2.9
эпитаксия молекулярно-лучевая 7.2.13
3D-литография 7.1.1

Алфавитный указатель терминов на английском языке

acid hydrolysis of cellulose 6.4.1
additive processing 7.1.2
adsorption 7.2.1
ALD 7.2.2
anisotropic etching 7.3.1
atomic layer deposition 7.2.2
block copolymer chemical derivatization 6.6.1
block copolymer lithography 7.1.3
block copolymer phase segregation 6.5.1.1
block copolymer templating 6.5.1.2
Bosch etching 7.3.2
bottom up nanomanufacturing 3.1
carbon nanotube 2.1
catalytic chemical vapour deposition 7.2.4
CCVD 7.2.4
chemical etching 7.3.3
chemical vapour deposition 7.2.3
chemically assisted ion beam etching 7.3.4
clay dispersion 6.5.2
cluster beam coating 7.2.5
CNT 2.1
co-deposition 3.2
cold gas dynamic spraying 6.1.1
cold pressing 6.5.3
colloidal crystal template lithography 7.1.4
colloidal crystallization 5.1
communition 3.3
conshearing continuous confined strip shearing 6.5.4
cryogenic etching 7.3.5
cryogenic milling 6.5.9.1
crystallographic etching 7.3.6
CVD 7.2.3
C2S2 6.5.4
deep reactive ion etching 7.3.7
deep ultraviolet lithography 7.1.5
devitrification 6.5.5
dip coating 7.2.6

dip-pen nanolithography	7.1.6
directed assembly	3.4
directed self-assembly	3.5
DRIE	7.3.7
dry-ashing	7.3.8
dry ball milling	6.5.9.2
dry-etching	7.3.9
DUV	7.1.5
electron-beam evaporation	6.1.2
electron-beam lithography	7.1.7
electrochemical anodization	6.6.2
electrodeposition	7.2.7
electroless deposition	7.2.8
electroplating	7.2.7
electro-spark deposition	6.1.3.1
electrospinning	6.3.1
electro-spray	7.2.9
electrostatic driven assembly	4.1
embossing	7.4.1
EUV	7.1.8
evaporation	7.2.10
extreme ultraviolet lithography	7.1.8
FIB	7.1.9
FIB	7.2.12
FIB	7.3.10
fluidic alignment	4.2
focused electron-beam deposition	7.2.11
focused ion-beam deposition	7.2.12
focused ion-beam etching	7.3.10
focused ion-beam lithography	7.1.9
freeze drying	6.1.4.1
graphioepitaxy	5.2
grinding	6.5.6
hierarchical assembly	4.3
high-density plasma etching	7.3.11
high-speed micromachining	6.5.7
hot pressing	6.5.13.1
hot wall tubular reaction	6.2.2
ICP	7.3.12
immersion optics	7.1.10
imprinting	7.4.1
inductive coupled plasma	7.3.12
in-situ intercalative polymerization	6.3.2
intercalation	6.6.3
interference lithography	7.1.11
ion beam etching	7.3.13

ion beam milling	7.3.13
ion beam surface reconstruction	5.3
ion implantation	6.5.8
ion induced deposition	7.1.12
ion induced etching	7.1.13
ion projection lithography	7.1.14
isotropic etching	7.3.14
Langmuir-Blodgett film formation	5.4
Langmuir-Blodgett film transfer	5.5
laser ablation	7.3.15
layer-by-layer deposition	5.6
LbL	7.2.15
LbL deposition	5.6
light-assisted etching	7.3.16
liquid precursor combustion	6.2.1.1
lithography	3.6
magnetic driven assembly	4.4
micro-contact printing	7.1.15
microfluidic deposition	7.1.16
modulated elemental reacted method	5.7
molecular beam epitaxy	7.2.13
multilayer deposition	3.7
multilayer film process	7.4.2
multi-pass coin forging	6.5.10
nanocomposite	2.2
nano-embossing	7.1.17
nanofabrication	3.8
nanofibre	2.3
nanofibre precipitation	7.4.3
nano-imprint lithography	7.1.18
nanomanufacturing	3.9
nanomanufacturing process	3.10
nanomaterial	2.4
nano-object	2.5
nanoparticle	2.6
nanoparticle dispersion	6.3.3
nanoparticle precipitation	6.4.2
nanoparticle sintering	6.5.13.2
nanoparticle spray coating	7.4.4
nanoscale	2.7
nanostructured material	2.8
nanotemplated growth	6.5.11
nanotube	2.9
natural lithography	7.1.19
NIL	7.1.18
optical lithography	7.1.20

phase-contrast photolithography	7.1.21
photochemical etching	7.3.16
photolithography	7.1.20
photothermal synthesis	6.2.3
physical etching	7.3.17
physical vapour deposition	7.2.14
plasma etching	7.3.18
plasma spray	6.2.1.2
plasmonic lithography	7.1.22
polyelectrolyte layer-by-layer	7.2.15
polymer nanoparticle dispersion	6.5.12
prompt inorganic condensation	6.4.3
PVD	7.2.14
pyrogenesis	6.2.1.3
radiation track etching	7.3.19
reactive ion etching	7.3.20
reverse micelle process	6.4.4
RIE	7.3.20
SAM formation	5.8
scanning force probe writing	7.1.23
scanning tunneling microscope chemical vapour deposition	7.1.24
selective etching	7.3.21
self-assembled monolayer formation	5.8
self-assembly	3.11
shape-based assembly	4.5
soft lithography	7.1.25
sol-gel processing	6.4.5
solution precursor plasma spray	6.2.1.4
spark plasma sintering	6.5.13.3
spin coating	7.2.17
spray deposition	7.2.18
spray drying	6.1.4.2
sputter deposition	7.2.19
sputter etching	7.3.17
STM CVD	7.1.24
Stober process	6.4.7
Stranski-Krastanow growth	5.9
subtractive processing	7.1.27
supercritical expansion	6.1.5
supramolecular assembly	4.6
surface functionalization	3.12
surface polymerization	7.2.20
surface-to-surface transfer	4.7
surfactant templating	6.4.6
suspension combustion thermal spray	6.1.6
tape casting	6.3.5

thermal spray	7.2.16
thermal spray pyrolysis	6.2.1.5
top-down nanomanufacturing	3.13
two-phase methods	6.6.4
vaporization	6.1.8
vapour-liquid-solid nanofibre synthesis	6.2.4
VLS	6.2.4
wet ball milling	6.3.6
wet etching	7.3.22
wire electric explosion	6.1.7
x-ray lithography	7.1.28
3D lithography	7.1.1

Библиография

[1] BSI PAS 135 — Terminology for nanofabrication (Терминология нанопроизводства)

[2] ISO/TS 80004-6 — Nanotechnologies — Vocabulary — Part 6: Nano-object characterization (Нанотехнологии. Часть 6. Характеристики нанообъектов. Термины и определения)

[3] ISO/TS 80004-3:2010 — Nanotechnologies — Vocabulary — Part 3: Carbon nano-objects (Нанотехнологии. Словарь. Часть 3. Углеродные нанообъекты)

[4] ISO/TS 80004-4:2011 — Nanotechnologies — Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials (Нанотехнологии. Словарь. Часть 4. Материалы с наноструктурой)

[5] ISO/TS 27687:2008 — Nanotechnologies — Terminology and definitions for nano-objects — Nanoparticle, nanofibre and nanoplate (Нанотехнологии. Термины и определения нанообъектов. Наночастица, нановолокно и нанопластина)

[6] ISO/TS 80004-1:2010 — Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms (Нанотехнологии. Словарь. Часть 1. Основные термины)

[7] ISO 2080:2008 — Metallic and other inorganic coatings — Surface treatment, metallic and other inorganic coatings — Vocabulary (Металлические и другие неорганические покрытия. Поверхностная обработка. Словарь)

[8] ISO 19353 — Safety of machinery — Fire prevention and protection (Безопасность машин. Предотвращение пожаров и защита от них)

[9] ISO 11074:2005 — Soil quality — Vocabulary (Качество почвы. Словарь)

[10] ISO 3252:1999 — Powder metallurgy — Vocabulary (Порошковая металлургия. Словарь)

[11] ISO 836:2001 — Terminology for refractories (Материалы огнеупорные. Терминология)

[12] Appl.Phys. Lett. 1982, 41 pp. 377—379

[13] McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, 6th ed. September 2002

УДК 53.04:006.354 ОКС 01.040.07
07.030 IDT

Ключевые слова: нанотехнологии, процессы нанотехнологического производства, нанообъект, наночастица

Редактор *К.С. Аксютина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Ю.М. Прокофьева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 11.01.2016. Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,50. Тираж 36 экз. Зак. 334.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru