



中华人民共和国国家标准

GB/T 30544.8—2019/ISO/TS 80004-8:2013

纳米科技 术语 第8部分:纳米制造过程

Nanotechnologies—Vocabulary—
Part 8: Nanomanufacturing processes

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

2019-12-10 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 30544《纳米科技 术语》已经或计划发布以下部分：

- 第 1 部分：核心术语；
- 第 2 部分：纳米物体 纳米颗粒、纳米纤维和纳米片；
- 第 3 部分：碳纳米物体；
- 第 4 部分：纳米结构材料；
- 第 5 部分：纳米/生物界面；
- 第 6 部分：纳米物体表征；
- 第 7 部分：纳米医学诊断和治疗；
- 第 8 部分：纳米制造过程；
- 第 9 部分：纳米电子产品和系统；
- 第 10 部分：纳米光子元件和系统；
- 第 11 部分：纳米层、纳米涂层、纳米膜及相关术语；
- 第 12 部分：纳米科技中的量子现象；
- 第 13 部分：石墨烯及相关二维材料。

本部分为 GB/T 30544 的第 8 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO/TS 80004-8:2013《纳米科技 术语 第 8 部分：纳米制造过程》。

本部分由中国科学院提出。

本部分由全国纳米技术标准化技术委员会(SAC/TC 279)归口。

本部分起草单位：国家纳米科学中心、北京海岸鸿蒙标准物质技术有限责任公司、北京市理化分析测试中心、南方科技大学、北京粉体技术协会。

本部分主要起草人：朱晓阳、李力、杨延莲、高原、郭传飞、高洁、常怀秋。

引言

纳米制造是连接纳米科学与现实世界中纳米科技产品的重要桥梁。先进纳米技术从实验室到批量生产,需要对纳米制造过程中的问题进行深入研究,如产品设计,可靠性和质量,工艺设计和控制,车间操作,供应链管理,生产、使用和处理纳米材料的工作场所是否安全与健康等。纳米制造不仅包括定向自组装和组装方法、合成方法、制造工艺,如光刻和生物处理工艺,还包括自下而上的组装、自上而下的高精密加工技术、分子系统工程、大规模多级次系统集成。当材料和分子系统的维度接近纳米尺度时,控制其行为的传统规律会发生很大的变化,最终产品的性能将取决于纳米尺度构建单元的集体行为。

本部分暂不包括生物工程术语,考虑到生物加工技术的快速发展,如加工生物纳米材料、用生物过程制造纳米尺度的材料,此方面的相关术语将会在后续进行补充。同样,其他正在发展中的纳米制造术语,包括复合材料制造、精密制造等,也将在未来的文件中有所体现。

与纳米加工不同,纳米制造包含所有纳米加工技术以及与材料处理和化学合成相关的技术,比纳米加工的范围更广泛。

本部分介绍了早期纳米制造价值链中使用的技术,即人工合成、纳米材料的制备或控制、纳米尺度的加工步骤。这些生产过程中形成的纳米材料可再进行商业化的加工与应用,如它们可能会被进一步纯化,作为混合物或复合材料的分散原料,或作为系统和器件的集成组件。实际上,纳米制造的价值链是一个庞大而多样化的应用价值链,并延伸到如下这些领域:

- 半导体行业(推动创建更小、更快、更高效的微处理器,有望创建出晶体管沟道尺寸小于100 nm的电路);
- 电子和电信;
- 航空航天、国防和国家安全;
- 能源和汽车;
- 塑料和陶瓷;
- 森林和纸制品;
- 食品 and 食品包装;
- 制药、生物医学和生物技术;
- 环境修复;
- 服装和个人护理。

市场上有数千万吨的纳米材料,如炭黑、二氧化硅等材料已经获得最终的应用。特定目的合理设计的纳米材料将从根本上改变生物技术、水净化和能源发展等领域。

本部分的内容主要按照工艺过程分类,在颗粒形成之前的步骤中,材料本身为气/液/固相,则该过程为气/液/固相,不考虑基底或载体的相,如在催化形成纳米管的过程中,含碳原料会在铁粒子上蒸发并冷凝形成碳粒子,蒸发的过程是气相,因此气相反应形成的纳米管属于气相表征过程。附录 A 中给出了这些合成工艺是否能用于制造纳米物体、纳米颗粒,或者两者兼有。

在实际应用中,这些术语有利于使用者理解纳米制造过程,帮助提升全球范围内的纳米制造实力。

纳米科技 术语 第8部分：纳米制造过程

1 范围

GB/T 30544 的本部分界定了在纳米技术领域与纳米制造过程相关的术语和定义。

本部分中的术语适用于纳米制造及其制造过程,但不限于纳米尺度。

本部分不包括与纳米制造相关的工具、组件、材料、系统控制方法和计量方法等名称术语。

2 与 GB/T 30544 术语标准其他部分相关的术语

下列术语已在 GB/T 30544 的其他部分中定义,只是基于内容的需要和为了更好地理解而重复列出。

2.1

碳纳米管 carbon nanotube; CNT

由碳原子构成的纳米管(2.9)。

注：通常是由卷曲的碳单层构成,包括单壁碳纳米管和多壁碳纳米管。

[GB/T 30544.3—2015,定义 4.3]

2.2

纳米复合材料 nanocomposite

由两种或两种以上相分离材料组成的固体混合物,含有一个或多个纳米相。

注 1：气态纳米相除外(它们属于纳米孔材料)。

注 2：单独靠沉淀形成的纳米尺度(2.7)相材料不能归为纳米复合材料。

[ISO/TS 80004-4:2011,定义 3.2]

2.3

纳米纤维 nanofibre

两个维度外部尺寸相近且处于纳米尺度(2.7),另一个维度外部尺寸明显大于纳米尺度的纳米物体。

注 1：纳米纤维可以是柔性的,也可以是刚性的。

注 2：对尺寸相近的两个维度,其外部尺寸差异应小于三倍,而最长的外部尺寸应比其他两个尺寸大三倍以上。

注 3：最长的外部尺寸可不在纳米尺度(2.7)。

[GB/T 32269—2015,定义 4.3]

2.4

纳米材料 nanomaterial

任一外部维度、内部或表面结构处于纳米尺度(2.7)的材料。

注 1：本通用术语包括纳米物体(2.5)和纳米结构材料(2.8)。

注 2：见工程化的纳米材料、人造纳米材料和伴生纳米材料。

[GB/T 30544.1—2014,定义 2.4]

2.5

纳米物体 nano-object

一维、二维或三维外部维度处于纳米尺度(2.7)的物体。

注：用于所有相互分离的纳米尺度物体的通用术语。

[GB/T 30544.1—2014,定义 2.5]

2.6

纳米颗粒 nanoparticle

三个维度的外部尺寸都在纳米尺度(2.7)的纳米物体(2.5)。

注：如果纳米物体最长轴和最短轴的长度差异显著（大于3）时，推荐使用纳米纤维(2.3)或纳米片来表示纳米颗粒。
[GB/T 32269—2015, 定义 4.1]

2.7

纳米尺度 nanoscale

处于 1 nm 至 100 nm 之间的尺寸范围。

注 1：本尺寸范围通常、但非专有地表现出不能由较大尺寸外推得到的特性。对于这些特性来说，尺度上、下限值是近似的。

注 2：本定义中引入下限（约 1 nm）的目的是为了避免在不设定下限时，单个或一小簇原子被默认为是纳米物体或纳米结构单元。

[GB/T 30544.1—2014, 定义 2.1]

2.8

纳米结构材料 nanostructured material

内部或表面结构处于纳米尺度(2.7)的材料。

注 1：如果外部维度处于纳米尺度，推荐用术语“纳米物体(2.4)”。

注 2：修改 GB/T 30544.1—2014, 定义 2.7。

[ISO/TS 80004-4, 定义 2.11]

2.9

纳米管 nanotube

中空的纳米纤维(2.3)。

[GB/T 32269—2015, 定义 4.4]

3 通用术语

3.1

自下而上的纳米制造 bottom-up nanomanufacturing

利用纳米尺度的较小基本单元来构建更大尺度的功能化结构或组装体的过程。

3.2

共沉积 co-deposition

源自两种或以上材料的同时沉积。

注：常用的方法包括真空沉积、热喷涂、电沉积和液相悬浮沉积技术。

3.3

粉碎 comminution

为减小颗粒尺寸进行的压碎或磨碎。

3.4

定向组装 directed assembly

〈纳米技术〉用纳米尺度组件进行外部干预而引导结构的形成，理论上可形成任意界定图形。

3.5

定向自组装 directed self-assembly

受外部干预形成特定结构、取向和图形的自组装(3.11)过程。

注：外部干预包括施加外场、利用化学物质或结构模板、化学梯度和流体的流动。

3.6

图形化技术 lithography

可重复构建图形的方法。

注：可在辐射敏感材料上形成图形，通过转移、印刷或直接写入技术将材料转移到基底上。

3.7

多层沉积 multilayer deposition

交替沉积两种或多种源材料进而得到复合层结构的方法。

3.8

纳米加工 nanofabrication

为了商业目的在纳米尺度(2.7)制作器件的过程。

3.9

纳米制造 nanomanufacturing

为了商业目的而进行的纳米材料(2.4)的合成、生产或操纵,或者在纳米尺度(2.7)范围内进行的制造步骤。

[GB/T 30544.1—2014,定义 2.11]

3.10

纳米制造过程 nanomanufacturing process

为了商业目的而进行的纳米材料(2.4)的合成、生产或操纵,或者在纳米尺度(2.7)范围内进行的制造步骤的整个流程。

[GB/T 30544.1—2014,定义 2.12]

3.11

自组装 self-assembly

组件自发形成某一图形或结构的过程。

3.12

表面功能化 surface functionalization

赋予表面特定物理化学功能的化学过程。

3.13

自上而下的纳米制造 top-down nanomanufacturing

由宏观物体加工形成纳米尺度结构的过程。

4 定向组装术语

4.1

静电驱动组装 electrostatic driven assembly

〈纳米技术〉利用静电力在器件或材料内定向或排列纳米尺度单元的过程。

4.2

流体取向 fluidic alignment

〈纳米技术〉利用液体流动在器件或材料中定向纳米尺度单元的过程。

4.3

多级次组装 hierarchical assembly

〈纳米技术〉使用多种纳米制造方法在多个尺度上控制结构的技术。

4.4

磁力驱动组装 magnetic driven assembly

〈纳米技术〉利用磁力在纳米尺度上按照所需的图形或形状组装。

4.5

基于形状的组装 shape-based assembly

〈纳米技术〉利用一定几何形状的纳米颗粒(2.6)来获得所需的图形或形状。

4.6

超分子组装 supramolecular assembly

利用非共价化学键来组装含有表面配体的分子或纳米颗粒。

4.7

片间转移 surface-to-surface transfer

〈纳米技术〉将纳米颗粒或结构从其沉积、生长或组装的基底表面转移到另一个基底上。

5 自组装过程术语

5.1

胶体晶化 colloidal crystallization

〈纳米技术〉溶液中的纳米颗粒沉积形成一个密堆积、有序排列的固体。

5.2

图形外延 graphoepitaxy

〈纳米技术〉用纳米尺度(2.7)的形貌特征直接进行自组装的方法。

注：包括(1)表面薄层的生长；(2)附加层的生长，该层与底层晶体有相同或不同的结构。

5.3

离子束表面重构 ion beam surface reconstruction

〈纳米技术〉使用加速离子束实现可能在纳米尺度(2.7)表面改性的过程。

5.4

LB膜形成法 Langmuir-Blodgett film formation

使用LB槽在气-液界面形成单分子层。

5.5

LB膜的转移 Langmuir-Blodgett film transfer

将在气-液界面上形成的LB单分子层通过固体衬底浸入支撑液的方法转移到固体表面。

5.6

逐层沉积 layer-by-layer deposition; LbL deposition

带有相反电荷的聚电解质的静电沉淀过程。

5.7

反应物调制法 modulated elemental reactant method

使用含有可控成分区域的气相沉积前驱体为模板，形成两个或多个结构的交错层。

5.8

自组装单层结构 self-assembled monolayer formation

由分子表面键合或分子间弱相互作用力驱动，从溶相或气相到固体表面自发形成的单层。

5.9

Stranski-Krastanow生长 Stranski-Krastanow growth

同时存在层状和岛状形成机制的薄膜生长方式。

6 合成方法术语

6.1 气相过程——物理方法

6.1.1

冷气体动力喷涂 cold gas dynamic spraying

使纳米尺度(2.7)结晶粉末或传统粉末流体化，然后在高速惰性气体作用下喷涂到表面。

6.1.2

电子束蒸发 electron-beam evaporation

在真空或超高真空条件下入射高能电子将材料蒸发并沉积到基底的过程。

6.1.3 电火花沉积过程

6.1.3.1

电火花沉积 **electro-spark deposition**

使用瞬时、高电流的电脉冲在基底上沉积电极材料的脉冲电弧微焊过程。

6.1.4 喷雾干燥过程

6.1.4.1

冷冻干燥 **freeze drying**

利用快速冷却真空升华进行脱水或去除溶剂的技术。

6.1.4.2

喷雾干燥 **spray drying**

通过与热气体接触快速去除液滴进而将液体或浆料转为干粉的过程。

6.1.5

超临界膨胀 **supercritical expansion**

通过喷雾装置使高于临界温度(T_c)和临界压力(P_c)的溶液膨胀而使纳米物体析出的过程。

6.1.6

悬浮燃烧热喷涂 **suspension combustion thermal spray**

前驱体以悬浮液的形式引入等离子流的热喷涂。

6.1.7

线电爆炸 **wire electric explosion**

通过导线施加一个高电流密度的电脉冲使其挥发,随后凝结形成纳米颗粒。

6.1.8

蒸发 **vaporization**

从固相或液相到气相或等离子相的相变过程。

注 1: 该过程通常用于在目标衬底上蒸发材料,整个过程被称为物理气相沉积 PVD (ISO 2080:2008,定义 2.12)^[6]。

注 2: 高真空的物理气相沉积 PVD 压力范围通常在 1.33×10^{-4} Pa~ 1.33×10^{-7} Pa。超高真空(UHV-PVD)为沉积时压力低于 1.33×10^{-7} Pa。

6.2 气相过程——化学方法

6.2.1 火焰合成过程

6.2.1.1

液态前驱体氧化 **liquid precursor combustion**

通过带氧化剂原液的放热反应形成固态产物(通常是团聚的纳米材料)。

注: 改写 GB/T 23819—2009,定义 3.3。

6.2.1.2

等离子喷涂 **plasma spray**

从电离气体源中形成固态产物喷流(通常为团聚的纳米材料)。

6.2.1.3

火成作用 **pyrogenesis**

利用燃烧或其他热源形成固态产物[通常是由雾化喷雾形成团聚的纳米材料(2.4)]。

6.2.1.4

溶液前驱体等离子喷涂 **solution precursor plasma spray**

引入含有前驱体的溶液使气态物质在冷却过程中形成固态产物[通常是团聚的纳米材料(2.4)],形成热(平衡)等离子体的气相过程。

6.2.1.5

喷雾热解法 **thermal spray pyrolysis**

使用热源将液体前驱体雾化后经热解形成固态产物[通常是团聚的纳米材料(2.4)]。

6.2.2

热管式炉反应 **hot wall tubular reaction**

在管式炉中进行的化学气相沉积(7.2.3)过程,其反应物的表面保持在可控的高温下。

6.2.3

光热合成 **photothermal synthesis**

前驱体或其他气态物质由吸收红外辐射,引起气体加热和前驱体热分解形成固态产物的气相过程,产物通常为纳米颗粒(2.6)。

6.2.4

气-液-固纳米纤维的合成 **vapour-liquid-solid nanofibre synthesis; VLS**

液体中存在的催化剂作为气相中的种子材料使纳米纤维(2.3)在基底上生长的过程。

注:纤维的 VLS 法是利用纤维末端的液相快速吸附水汽到过饱和水平,随后进行晶体生长。

6.3 液相过程——物理方法

6.3.1

静电纺丝 **electrospinning**

利用电势差从液相中诱发产生细纤维的过程。

6.3.2

原位插层聚合 **in-situ intercalative polymerization**

将单体插入无机层状材料中,然后聚合生成纳米复合材料(2.2)的过程。

6.3.3

纳米颗粒分散 **nanoparticle dispersion**

借助于分子链、表面电荷或其他相互作用力,使纳米颗粒(2.6)悬浮于液相中进而阻止或减缓其沉淀的过程。

6.3.4

流延 **tape casting**

陶瓷浆料在平面上沉积形成宏观层的过程。

注:纳米颗粒(2.6)可能是该层的组成部分。

6.3.5

湿法球磨 **wet ball milling**

在液体中,主要通过具有更大硬度的压碎球轧制原料来产生冲击力以减少目标组件尺寸的球磨过程。

注:该过程的产物为悬浊液。

6.4 液相过程——化学方法

6.4.1

纤维素酸化水解 **acid hydrolysis of cellulose**

用酸从纤维素中释放纳米晶体状的纤维素。

6.4.2

纳米颗粒沉淀 **nanoparticle precipitation**

从溶液反应中形成纳米颗粒(2.6)的过程,其颗粒大小可能受动力学因素控制。

6.4.3

无机快速冷凝 **prompt inorganic condensation**

通过旋涂法和基于有机金属分子前驱体溶液低温固化形成原子级平整致密膜的过程。

6.4.4

反向胶束法 **reverse micelle process**

在溶液中使用试剂合成纳米颗粒(2.6)时,反应终止配体附着在纳米颗粒表面并抑制其进一步生长的过程。

6.4.5

溶胶-凝胶法 **sol-gel processing**

把化学溶液或胶束悬浮液(溶胶)转变成网络(凝胶),然后进一步致密化的过程。

6.4.6

表面活性剂模板法 surfactant templating

使用表面活性剂进行分子自组装,随后凝固成纳米尺度结构单元的过程。

6.4.7

Stober 方法 Stober process

用四烷基硅酸乙酯、小分子醇和氨水反应制备硅酸盐颗粒的方法。

注:这是用溶胶-凝胶法(6.4.5)合成二氧化硅的方法。

6.5 固相过程——物理法

6.5.1 嵌段共聚物法

6.5.1.1

嵌段共聚物相聚集 block copolymer phase segregation

从不相容链段聚合物相分离形成可重复的二维和三维结构的方法。

6.5.1.2

嵌段共聚物模板 block copolymer templating

在嵌段共聚物中加入某种材料实现纳米尺度(2.7)结构。

6.5.2

黏土分散 clay dispersion

将黏土颗粒混合于液体基体(通常为聚合物)中之后固化形成黏土复合材料的过程。

6.5.3

冷压 cold pressing

〈纳米技术〉施加压力将纳米尺度(2.7)的颗粒挤压形成高密度材料的过程。

6.5.4

持续剪切变形 conshearing continuous confined strip shearing

通过非常大的塑性应变使体向金属在外形尺寸没有明显变化的情况下产生晶粒的过程。

注:主要目的是生产机械性能显著改善的轻型零件。

6.5.5

析晶 devitrification

从玻璃态到结晶状态的结构转变过程,产生纳米尺度(2.7)的孔隙或结构。

6.5.6

研磨 grinding

〈纳米技术〉通过接触较硬材料产生机械剪切来获得纳米颗粒(2.6)的过程。

6.5.7

高速微加工 high-speed micromachining

在物体体内或表面制造精确的两维或三维工件的过程,或者使用特定形状的切割工具削减材料。

注1:通过高切削主轴速度实现精度,通常切削速度为 3×10^4 r/min $\sim$ 1×10^5 r/min。

注2:可使用激光、电子束、离子束、超声波、研磨和数控加工(CNC)。

注3:高速的定义随每种技术的不同而变化。

6.5.8

离子注入 ion implantation

使用高能离子对表面材料进行修饰和再结晶的过程。

6.5.9 研磨过程

6.5.9.1

低温研磨 cryogenic milling

在低温下(-150 °C 以下)的研磨过程。

6.5.9.2

干球磨 dry ball milling

〈纳米技术〉通过具有更大硬度的研磨球轧制混合两种或多种不相容纳米颗粒,然后加热烧结生成纳米颗粒(2.6)的过程。

注：改写 GB/T 3500—2008 的 2.1.3 中定义 1303。

6.5.10

多通道轧制 multi-pass coin forging

使用机械压制片状材料在两个正弦形模具间产生连续旋转或滚动,产生大量的塑性变形以制备纳米尺度(2.7)晶粒结构的方法。

6.5.11

纳米模板生长 nanotemplated growth

在纳米尺度(2.7)从溶液或气相材料中沉积形成纳米颗粒(2.6)或纳米结构材料(2.8)的方法。

6.5.12

聚合物纳米颗粒分散 polymer nanoparticle dispersion

将纳米颗粒(2.6)混合到液体聚合物中,聚合物固化后形成纳米颗粒复合材料的方法。

6.5.13 烧结过程

6.5.13.1

热压 hot pressing

高温下硬质材料或脆性材料高压成粉末的冶金过程。

注：通常条件是压力达到 5×10^7 Pa,温度在 2.4×10^3 °C。

6.5.13.2

纳米颗粒烧结 nanoparticle sintering

在热推动下颗粒间或颗粒内的物质发生迁移而增加界面的接触,使颗粒产生结合的现象。

[GB/T 18930—2002,定义 121]

6.5.13.3

火花等离子烧结 spark plasma sintering

为避免内部结构粗化,在机械压力下通过施加直流脉冲电流使粉末在非常高的加热或冷却速率(727 °C/min)下产生致密化粉末。

6.6 固相过程——化学法

6.6.1

嵌段共聚物化学衍生法 block copolymer chemical derivatization

通过添加原子或分子选择性地结合或分离进而修饰固体嵌段共聚物的过程。

6.6.2

电化学阳极氧化 electrochemical anodization

〈纳米技术〉阳极氧化和刻蚀同时进行的化学过程,通常可产生高度有序和可控的纳米尺度(2.7)孔道。

注：这个过程也可以称为阳极刻蚀。

6.6.3

插层 intercalation

将异构材料(原子、小分子)插入主体结构(晶格或其他大分子结构)的过程。

6.6.4

两相法 two-phase methods

加热然后快速冷却二元混合物材料进而制备具有纳米尺度(2.7)特征的固体复合结构的方法。

7 加工术语

7.1 纳米图形化

7.1.1

3D 图形化 3D lithography

可以将模板或结构三个维度均控制在纳米尺度的过程。

7.1.2

增材工艺 additive processing

在基底上为获得沉积材料的图形而增加新材料的过程。

注：用来描述使用抗蚀剂处理的两个术语是剥离法和模板法。剥离技术中刻蚀新材料应用于整个表面，去除未曝光的材料后显示出模板图形，模板技术则是新材料只添加到不受抗蚀剂保护的表面。

7.1.3

嵌段共聚物刻蚀 block copolymer lithography

利用相分离在共聚物与聚合物模板上产生纳米尺度(2.7)图形的过程。

7.1.4

胶态晶体模板刻蚀 colloidal crystal template lithography

利用结晶胶粒形成二维或三维结构随后沉积或刻蚀的方法。

7.1.5

深紫外光刻技术 deep ultraviolet lithography

使用波长 100 nm~280 nm 范围的紫外线使感光聚合物图案曝光的方法。

7.1.6

蘸笔纳米刻蚀 dip-pen nanolithography

通过扫描的针尖将特定的溶剂材料刻写到基底表面的方法，基底上形成的图形尺度通常低于 100 nm。

注 1：通常针尖是 AFM 探针，上面吸附有即将沉积到表面的特定分子，在某些情况下，沉积的材料可以是纳米颗粒(2.6)。

注 2：“蘸笔纳米刻蚀”是 Nanolnk Inc 产品的商标名，提供这些信息是为了方便用户使用该文件，并非代表已认同该命名。只要有相同的结果，也可以使用其他名称。

[ISO 18115-2:2013, 定义 6.40]

7.1.7

电子束曝光技术 electron-beam lithography

使用聚焦电子束对抗蚀剂作用改性，通过直写工艺得到图形的过程。

7.1.8

极紫外光刻技术 extreme ultraviolet lithography; EUV

利用大约 10 nm~20 nm 波长的电磁辐射直接曝光抗蚀剂。

注：通常使用反射光束聚焦辐射。

7.1.9

聚焦离子束刻蚀技术 focused ion-beam lithography; FIB

利用聚焦离子束对材料改性直接形成图案的过程。

7.1.10

浸没式光学 immersion optics

使用物镜和液体折射率匹配的**光学图形化技术**(3.6)的过程。

7.1.11

干涉曝光技术 interference lithography

利用衍射光栅产生的干涉图样曝光抗蚀剂形成纳米尺度(2.7)图案的过程。

7.1.12

离子诱导沉积 ion induced deposition

利用聚焦、高浓度离子束引起吸附分子的局部反应进而沉积材料的方法。

7.1.13

离子诱导刻蚀 ion induced etching

利用聚焦离子束诱导吸附分子的局部反应进而对基底材料刻蚀的方法。

7.1.14

离子投影曝光技术 ion projection lithography

利用加速离子结合掩模进行曝光，在抗蚀剂上形成纳米尺度(2.7)图案的技术。

7.1.15

微接触印刷 micro-contact printing

在软模板下的一种图形化技术(3.6),软模板浸入抗蚀剂中使图案转移到基底上。

注:转移的材料是强烈依赖于基底表面特征的特定材料。

7.1.16

微流控沉积 microfluidic deposition

使用微米或纳米尺度(2.7)的管道将材料从液体或溶液中转移到衬底表面形成固体的过程。

7.1.17

纳米压印 nano-embossing

利用模板将图案转移到体相材料而非薄膜的方法。

注1:这个定义还包括三维图案。

注2:在压印中,因模板引起的材料的移动不受限制,最终产品通常是带有图形的制品,后续处理会用到图形化的抗蚀剂。

7.1.18

纳米压印光刻 nano-imprint lithography; NIL

通过对具有纳米尺度(2.7)图形的模板(通常称为模具、印章)施加压力,将模板上的预期图形转移到可变形抗蚀剂,然后胶在加热或光照下固化形成图案的过程。

注1:因图案受制于模板上的图案形状,该过程是压印过程而非图形化技术(3.6)。

注2:纳米压印的种类可以方便地由所用的抗蚀剂进行区分,使用热塑性聚合物材料时,加热抗蚀剂会使其在模板压力作用下流动,使用热固性抗蚀剂时,需使液体抗蚀剂在模板成型之后再加热。负抗蚀剂可以使用穿过透明模板的光来固定成型。使用光敏抗蚀剂的纳米压印过程也被称为光学压印、光学纳米压印或者步进压印。

7.1.19

自发图形化技术 natural lithography

主要图形由自然出现的图案复制而成的过程。

示例:

胶原纤维的条纹或 RNA 链形成的图形仅需要使用模具或模板,不需要使用聚焦束的辐射来完成。

7.1.20

光刻 photolithography

光学刻蚀技术 optical lithography

利用电磁辐射转移模板实现图案化的过程。

注:通常使用抗蚀剂材料来制作模板。

7.1.21

相差光刻 phase-contrast photolithography

通过相位移动对抗蚀剂进行曝光进而提高纳米尺度(2.7)图案分辨率的方法。

7.1.22

等离激元光刻 plasmonic lithography

在抗蚀剂上利用纳米尺度(2.7)金属模具引导近场光辐射形成纳米尺度的光刻图形的过程。

7.1.23

扫描探针直写 scanning force probe writing

使用扫描探针显微镜(SPM)的针尖对基底表面进行标记、涂识、局域改性。

7.1.24

扫描隧道显微镜化学气相沉积 scanning tunneling microscope chemical vapour deposition; STM CVD

在 STM 针尖上施加电压引起基底上的纳米尺度(2.7)化学气相沉积过程。

7.1.25

软图形技术 soft lithography

利用弹性(或软)模板转移图形的机械印刷过程。

7.1.26

减材工艺 subtractive processing

去除材料的过程,表面被图案化的抗蚀剂保护区域除外。

7.1.27

X 射线光刻技术 X-ray lithography

使用 X 射线辐射曝光模板形成图形的过程。

注：X 射线很难聚焦于纳米尺度(2.7)大小的束斑(参考深紫外刻蚀)，X 射线刻蚀技术中模板上的图形由对 X 射线透明和不透明区域组成，可参照光刻过程。模具通常由对 X 射线吸收低的膜材料和高吸收(如金属)的图形材料组成，通常使用抗蚀剂材料制作模具。

7.2 沉积过程

7.2.1

吸附 adsorption

通过物理或化学力，将气体分子、被溶解物质或液体保留在与之接触的固体或液体表面上。

[GB/T 20604—2006, 定义 2.2.2.7]

7.2.2

原子层沉积 atomic layer deposition

通过材料的循环沉积，使制备的规则膜表面厚度控制在原子尺度的过程。

注：该循环过程至少包括两个连续的反应，可以重复几次达到所需的厚度。

7.2.3

化学气相沉积 chemical vapour deposition

通过气态前驱体或混合前驱体的化学反应来沉积固体材料的过程，通常从加热基底开始。

注：改写 GB/T 3138—2015, 定义 2.2。

7.2.4

催化化学气相沉积 catalytic chemical vapour deposition

在催化剂存在情况下，基于气相分子沉积的化学气相沉积(7.2.3)过程。

注：用于在基底上从源材料如碳氢化合物(如甲烷)和催化剂如铁、镍、钴等中合成碳纳米管(2.9)。

7.2.5

团簇束涂层 cluster beam coating

使用束斑沉积纳米颗粒(2.6)形成固态膜的过程。

7.2.6

浸没涂层 dip coating

通过将衬底浸在特定材料中形成薄膜的过程。

7.2.7

电沉积 electrodeposition**电镀 electroplating**

溶液中的离子通过电化学还原将材料沉积到电极表面的过程。

7.2.8

化学沉积 electroless deposition

在溶液中的离子由于可溶性还原剂的存在自催化沉积到固体表面的过程。

7.2.9

电喷涂 electro-spray

施加电压将材料沉积到表面的方法。

7.2.10

蒸发 evaporation

在真空或超高真空条件下通过加热使材料挥发并沉积在基底上的方法。

7.2.11

聚焦电子束沉积 focused electron-beam deposition

利用聚焦电子束诱导前驱气体分子局部反应的化学气相沉积(7.2.3)过程。

7.2.12

聚焦离子束沉积 focused ion-beam deposition

将一种材料通过离子束诱导形成和转移到基底表面的过程。

注：当将气体如羰基钨[W(CO)₆]引入真空腔内，并化学吸附在样品上时会发生 FIB 辅助的化学气相沉积，通过离子束扫描，前驱体气体将被分解成挥发性和非挥发性成分，非挥发性成分如钨仍沉积在表面。该过程非常有用，因为沉积金属可以用作牺牲层，以保护底层样品不受束流的溅射，也可以沉积其他材料如铂。

7.2.13

分子束外延 **molecular beam epitaxy**

生长单晶的过程，利用原子或分子束在单晶基底上真空沉积材料，形成的晶体取向与基底匹配。

注 1：离子束定义为可以通过小口从蒸发区逃离到高真空区的气体。

注 2：此方法也可生长纳米尺度(2.7)结构，如砷化镓基底上生长砷化镓量子点。

7.2.14

物理气相沉积 **physical vapour deposition; PVD**

通过蒸发、再凝结元素或化合物在基体表面上形成覆盖层，通常在高真空条件下进行。

[GB/T 3138—2015, 定义 2.12]

7.2.15

聚电解质层层沉积 **polyelectrolyte layer-by-layer; LbL**

重复交替沉积带相反电荷的聚合物到表面的过程。

7.2.16

热喷涂 **thermal spray**

〈纳米技术〉从等离子体或燃烧纳米颗粒源中沉积纳米颗粒(2.6)并形成固体膜的过程。

7.2.17

旋涂 **spin coating**

将溶液滴于基底上，通过旋转离心实现薄膜的沉积过程。

7.2.18

喷雾沉积 **spray deposition**

通过喷嘴形成小液滴或气溶胶将材料沉积到表面或最上层基底上的过程。

7.2.19

溅射沉积 **sputter deposition**

采用高能粒子轰击目标材料，将材料原子转移到基底表面的物理气相沉积(7.2.14)过程。

7.2.20

表面聚合 **surface polymerization**

气相或液相单体在表面形成聚合物层的过程。

7.3 刻蚀过程

7.3.1

各向异性刻蚀 **anisotropic etching**

刻蚀速率在垂直方向远高于平行表面方向的过程。

7.3.2

Bosch 刻蚀 **Bosch etching**

刻蚀模式和钝化模式交替进行，以实现近垂直结构的刻蚀过程。

7.3.3

化学刻蚀 **chemical etching**

使用酸或其他化学物质从基底中溶解掉多余材料的过程。

注：化学刻蚀的残余物可以是溶于刻蚀溶液(如湿刻蚀)的残剂，或者是低压(如干刻蚀)下的挥发性物质。

7.3.4

化学辅助离子束刻蚀 **chemically assisted ion beam etching**

通过基底上面的针头或气环引入反应气体的刻蚀过程。

7.3.5

低温刻蚀 **crystallographic etching**

基底冷却到约-110℃，生成刻蚀侧壁几乎垂直结构的过程。

注：低温减缓了产生各向同性刻蚀的化学反应，离子继续冲击上表面并刻蚀产生陡峭的侧壁。

7.3.6

晶体取向刻蚀 crystallographic etching

在晶体刻蚀的过程中,对于不同的晶向,其刻蚀速率也不同。

7.3.7

反应离子深刻蚀 deep reactive ion etching; DRIE

用于形成高深宽比结构的各向异性的刻蚀工艺。

示例:

陡峭的洞或深沟槽结构。

注:有两种关键技术:低温刻蚀(7.3.5)和 Bosch 刻蚀(7.3.2)。

7.3.8

干法灰化 dry-ashing

由中性或活性气体自发刻蚀材料表面,形成挥发性产物的化学刻蚀过程。

示例:

氧等离子体环境下去除抗蚀剂掩模。

7.3.9

干法刻蚀 dry-etching

利用部分电离气体去除衬底材料的过程。

7.3.10

聚焦离子束刻蚀 focused ion-beam etching; FIB

离子束(通常是镓)通过一组静电透镜聚焦并在基底上形成微结构的过程。

注1:束流通过物理溅射从衬底上去除材料,束斑可以在表面扫描以形成图案,此过程可以获得纳米级的分辨率。

注2:也称为聚焦离子铣。

7.3.11

高密度等离子体刻蚀 high-density plasma etching

通过电子回旋共振、螺旋电极、磁控或诱导的方法产生高密度(通常是 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$)离子束进行等离子体刻蚀(7.3.18)的技术。

注:可用于刻蚀或沉积的等离子体取决于衬底的位置。

7.3.12

电感耦合等离子体 inductive coupled plasma; ICP

通过腔体外的环绕线圈电流将能量与磁场耦合产生等离子体的方法。

7.3.13

离子束刻蚀 ion beam etching**离子铣 ion beam milling**

利用等离子体源产生离子束以去除基底材料的过程。

7.3.14

各向同性刻蚀 isotropic etching

在水平和垂直方向刻蚀速率都相同的过程(通常是湿法)。

7.3.15

激光烧蚀 laser ablation

利用脉冲激光的能量去除目标材料表面的过程。

注:在表面上形成纳米尺度(2.7)特征的方法。

7.3.16

光辅助刻蚀 light-assisted etching**光化学刻蚀 photochemical etching**

用光来影响或控制刻蚀过程。

注:光刻蚀是基于特定条件下化学刻蚀的光敏性。根据辐照方式可以形成所需的横向结构,该方式受刻蚀过程光

学成像的影响,例如可用此法制备发光多孔硅的横向结构。

7.3.17

物理刻蚀 **physical etching**

溅射刻蚀 **sputter etching**

通过物理相互作用(动量转移)加速惰性离子(如氩离子)和刻蚀固体的刻蚀过程。

注:该过程具有各向异性和非选择性。

7.3.18

等离子体刻蚀 **plasma etching**

采用放电产生的由离子和电子组成的等离子体气体去除基底上材料的过程。

注1:等离子体刻蚀机通常限于具有双电极电容的设备,将要刻蚀的材料置于等离子体中。

注2:气体的电离为部分电离,有一些中性的离子处于激活(自由基)态并参与到刻蚀中。

7.3.19

辐射踪迹刻蚀 **radiation track etching**

沿固体中辐射损伤轨迹形成刻蚀结构的过程。

注:如多孔聚合物,通过选择性溶剂溶解短链,从而实现踪迹刻蚀。

7.3.20

反应离子刻蚀 **reactive ion etching**

晶片放置在由射频电源驱动电极上进行**等离子体刻蚀**(7.3.18)的方法,对电极的面积比驱动电极大。

注:低压下的电磁场会产生等离子体,高能离子轰击表面产生大量与表面反应的自由基,与湿法刻蚀产生的各向异性相比,此过程可以产生各向同性刻蚀轮廓。

7.3.21

选择性刻蚀 **selective etching**

一种表面材料被迅速去除而另一种材料却非常缓慢或不除去的过程。

注:如在氢氟酸溶液中二氧化硅被快速刻蚀而硅不发生刻蚀。

7.3.22

湿法刻蚀 **wet etching**

用液体刻蚀剂去除表面材料的化学方法。

7.4 压印和涂层

7.4.1

压印 **embossing**

通过母板在易变形材料上滚压的方式转移图案的技术。

7.4.2

多层膜法 **multilayer film process**

〈纳米技术〉在压制过程中将单层膜键合在一起形成多层膜的方法。

7.4.3

纳米纤维沉淀法 **nanofibre precipitation**

使纳米纤维(2.3)从溶液中转移到基底上的方法。

7.4.4

纳米颗粒喷涂法 **nanoparticle spray coating**

从溶剂、等离子体、团簇流或其他纳米颗粒源材料中沉积纳米颗粒(2.6)的过程。

附录 A

(资料性附录)

合成过程及方法中定义的术语

合成过程及方法中定义的术语见表 A.1。

表 A.1 合成过程及方法中定义的术语

合成方法	名称	定义的纳米制造术语	能否用于制造纳米物体	能否用于制造纳米结构材料
物理气相方法		冷气体动力喷涂		✓
		电子束蒸发	✓	
	电火花沉积过程	电火花沉积	✓	
		光热合成	✓	
		溶液前驱体等离子喷涂		✓
		溅射	✓	
	喷雾干燥(聚集)过程	冷冻干燥	✓	
	喷雾干燥(聚集)过程	喷雾干燥	✓	
		超临界膨胀	✓	
		悬浮燃烧热喷涂	✓	
		线电爆炸	✓	
化学气相方法		蒸发	✓	
		原子层沉积		✓
		化学气相沉积	✓	✓
		催化化学气相沉积	✓	✓
	火焰合成(氧化)过程	液态前驱体氧化	✓	✓
	火焰合成(氧化)过程	等离子喷涂	✓	
	火焰合成(氧化)过程	火成作用	✓	✓
	火焰合成(氧化)过程	喷雾热解法	✓	✓
		图形外延		✓
		热管式炉反应	✓	✓
		光热合成	✓	✓
		溶液前驱体热喷涂	✓	✓
		气-液-固纳米纤维的合成	✓	

表 A.1 (续)

合成方法	名称	定义的纳米制造术语	能否用于制造纳米物体	能否用于制造纳米结构材料
物理液相方法		粉碎	✓	✓
		静电纺丝	✓	✓
	液体中尺寸减小的过程(粉碎)	原位插层聚合	✓	✓
		纳米颗粒分散	✓	
		流延		✓
		湿法球磨	✓	✓
化学液相方法		纤维素酸化水解	✓	
		纳米颗粒沉淀	✓	
		无机快速冷凝	✓	
		反向胶束法	✓	✓
		溶胶-凝胶法	✓	✓
		表面活性剂模板法	✓	
		Stober 方法	✓	✓
物理固相方法	严重塑性变形过程	高压扭转		✓
	嵌段共聚物法	嵌段共聚物化学衍生法		✓
	嵌段共聚物法	嵌段共聚物相聚集		✓
	嵌段共聚物法	嵌段共聚物模板		✓
		冷压		✓
		持续剪切变形		✓
		析晶		✓
		研磨	✓	
		高速微加工		✓
		离子注入		✓
	研磨过程	低温研磨	✓	
		干球磨	✓	
		多通道轧制	✓	
		纳米模板生长	✓	✓
	烧结过程	热压		✓
		纳米颗粒烧结	✓	
		火花等离子烧结	✓	✓
化学固相方法		黏土分散		✓
		电化学阳极氧化		✓
		插层	✓	✓
		聚合物纳米颗粒分散		✓
		两相法		✓

参 考 文 献

- [1] GB/T 30544.1—2014 纳米科技 术语 第1部分:核心术语
- [2] GB/T 30544.3—2015 纳米科技 术语 第3部分:碳纳米物体
- [3] GB/T 30544.6—2016 纳米科技 术语 第6部分:纳米物体表征
- [4] GB/T 32269—2015 纳米科技 纳米物体的术语和定义 纳米颗粒、纳米纤维和纳米片
- [5] ISO 836:2001 Terminology for refractories
- [6] ISO 2080:2008 Metallic and other inorganic coatings—Surface treatment, metallic and other inorganic coatings—Vocabulary
- [7] ISO 3252:1999 Powder metallurgy—Vocabulary
- [8] ISO 11074:2005 Soil quality—Vocabulary
- [9] ISO 19353 Safety of machinery—Fire prevention and protection
- [10] ISO/TS 80004-4:2011 Nanotechnologies—Vocabulary—Part 4: Nanostructured materials
- [11] Appl. Phys. Lett. 1982, 41 pp.377-379
- [12] BSI PAS 135, Terminology for nanofabrication
- [13] McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, 6th ed. September 2002.

索引

汉语拼音索引

B

- 表面功能化 3.12
 表面活性剂模板法 6.4.6
 表面聚合 7.2.20

C

- 插层 6.6.3
 超分子组装 4.6
 超临界膨胀 6.1.5
 持续剪切变形 6.5.4
 磁力驱动组装 4.4
 催化化学气相沉积 7.2.4

D

- 等离子喷涂 6.2.1.2
 等离子体刻蚀 7.3.18
 等离子光刻 7.1.22
 低温刻蚀 7.3.5
 低温研磨 6.5.9.1
 电沉积 7.2.7
 电火花沉积 6.1.3.1
 电喷涂 7.2.9
 电化学阳极氧化 6.6.2
 电子束蒸发 6.1.2
 电子束曝光技术 7.1.7
 电感耦合等离子体 7.3.12
 定向自组装 3.5
 定向组装 3.4
 多级次组装 4.3
 多通道轧制 6.5.10
 多层膜法 7.4.2

F

- 反向胶束法 6.4.4
 反应离子刻蚀 7.3.20
 反应离子深刻蚀 7.3.7
 分子束外延 7.2.13
 粉碎 3.3
 辐射踪迹刻蚀 7.3.19

G

- 干法灰化 7.3.8
 干法刻蚀 7.3.9
 干球磨 6.5.9.2
 干涉曝光技术 7.1.11
 高速微加工 6.5.7
 高密度等离子体刻蚀 7.3.11
 各向同性刻蚀 7.3.14
 各向异性刻蚀 7.3.1
 共沉积 3.2
 光热合成 6.2.3
 光辅助刻蚀 7.3.16

H

- 化学刻蚀 7.3.3
 化学沉积 7.2.8
 化学气相沉积 7.2.3
 化学辅助离子束刻蚀 7.3.4
 火成作用 6.2.1.3
 火花等离子烧结 6.5.13.3

J

- 基于形状的组装 4.5
 激光烧蚀 7.3.15
 极紫外光刻技术 7.1.8
 胶态晶模板刻蚀 7.1.4
 胶体晶化 5.1
 减材工艺 7.1.26
 溅射沉积 7.2.19
 溅射刻蚀 7.3.17
 浸没涂层 7.2.6
 浸没式光学 7.1.10
 晶体取向刻蚀 7.3.6
 静电纺丝 6.3.1
 静电驱动组装 4.1
 聚电解质层层沉积 7.2.15
 聚合物纳米颗粒分散 6.5.12
 聚焦电子束沉积 7.2.11
 聚焦离子束沉积 7.2.12

聚焦离子束刻蚀	7.3.10
聚焦离子束刻蚀技术	7.1.9

L

冷压	6.5.3
冷冻干燥	6.1.4.1
冷气体动力喷涂	6.1.1
离子束刻蚀	7.3.13
离子铣	7.3.13
离子束表面重构	5.3
离子注入	6.5.8
离子诱导沉积	7.1.12
离子诱导刻蚀	7.1.13
离子投影曝光技术	7.1.14
两相法	6.6.4
流体取向	4.2

N

纳米材料	2.4
纳米尺度	2.7
纳米复合材料	2.2
纳米管	2.9
纳米加工	3.8
纳米结构材料	2.8
纳米颗粒	2.6
纳米颗粒沉淀	6.4.2
纳米颗粒分散	6.3.3
纳米颗粒烧结	6.5.13.2
纳米颗粒喷涂法	7.4.4
纳米模板生长	6.5.11
纳米物体	2.5
纳米纤维	2.3
纳米压印	7.1.17
纳米压印光刻	7.1.18
纳米制造	3.9
纳米制造过程	3.10
黏土分散	6.5.2

P

喷雾干燥	6.1.4.2
喷雾热解法	6.2.1.5
片间转移	4.7

Q

气-液-固纳米纤维的合成	6.2.4
--------------------	-------

嵌段共聚物化学衍生法	6.6.1
嵌段共聚物模板	6.5.1.2
嵌段共聚物相聚集	6.5.1.1
嵌段共聚物刻蚀	7.1.3

R

热管式炉反应	6.2.2
热喷涂	7.2.16
热压	6.5.13.1
溶胶-凝胶法	6.4.5
溶液前驱体等离子喷涂	6.2.1.4
软图形技术	7.1.25

S

扫描隧道显微镜化学气相沉积	7.1.24
深紫外光刻技术	7.1.5
湿法刻蚀	7.3.22
湿法球磨	6.3.5

T

碳纳米管	2.1
图形化技术	3.6
图形外延	5.2
团簇束涂层	7.2.5

W

微接触印刷	7.1.15
微流控沉积	7.1.16
无机快速冷凝	6.4.3
物理气相沉积	7.2.14
物理刻蚀	7.3.17

X

吸附	7.2.1
析晶	6.5.5
纤维素酸化水解	6.4.1
线电爆炸	6.1.7
相差光刻	7.1.21
悬浮燃烧热喷涂	6.1.6
旋涂	7.2.17
选择性刻蚀	7.3.21

Y

压印	7.4.1
研磨	6.5.6

液态前驱体氧化	6.2.1.1
原位插层聚合	6.3.2
原子层沉积	7.2.2

Z

增材工艺	7.1.2
蘸笔纳米刻蚀	7.1.6
蒸发	7.2.10
逐层沉积	5.6
自发图形化技术	7.1.19
自上而下的纳米制造	3.13

自下而上的纳米制造	3.1
自组装	3.11
自组装单层结构	5.8

Bosch 刻蚀	7.3.2
LB 膜的转移	5.5
LB 膜形成法	5.4
Stober 方法	6.4.7
Stranski-Krastanow 生长	5.9
X 射线光刻技术	7.1.27

英文对应词索引

A

acid hydrolysis of cellulose	6.4.1
additive processing	7.1.2
adsorption	7.2.1
anisotropic etching	7.3.1
atomic layer deposition	7.2.2

B

block copolymer chemical derivatization	6.6.1
block copolymer phase segregation	6.5.1.1
block copolymer templating	6.5.1.2
block copolymer lithography	7.1.3
Bosch etching	7.3.2
bottom up nanomanufacturing	3.1

C

carbon nanotube	2.1
catalytic chemical vapour deposition	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
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
communion	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

D

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
dry-ashing	7.3.8
dry ball milling	6.5.9.2
dry-etching	7.3.9

E

electro-spark deposition	6.1.3.1
electro-spray	7.2.9
electrochemical anodization	6.6.2
electrodeposition	7.2.7
electroless deposition	7.2.8
electron-beam evaporation	6.1.2
electron-beam lithography	7.1.7
electrospinning	6.3.1
electrostatic driven assembly	4.1
embossing	7.4.1
evaporation	7.2.10
extreme ultraviolet lithography	7.1.8

F

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

G

graphioepitaxy	5.2
grinding	6.5.6

H

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

I

immersion optics	7.1.10
imprinting	7.4.1
in-situ intercalative polymerization	6.3.2
intercalation	6.6.3
inductive coupled plasma	7.3.12
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

L

Langmuir-Blodgett film formation	5.4
Langmuir-Blodgett film transfer	5.5
laser ablation	7.3.15
layer-by-layer deposition	5.6
light-assisted etching	7.3.16
liquid precursor combustion	6.2.1.1
lithography	3.6

M

magnetic driven assembly	4.4
micro-contact printing	7.1.15
microfluidic deposition	7.1.16
molecular beam epitaxy	7.2.13
multi-pass coin forging	6.5.10
multilayer film process	7.4.2

N

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
nanostuctured material	2.8
nanotemplated growth	6.5.11
nanotube	2.9
natural lithography	7.1.19

P

phase-contrast photolithography	7.1.21
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
pyrogenesis	6.2.1.3

R

radiation track etching	7.3.19
reactive ion etching	7.3.20
reverse micelle process	6.4.4

S

scanning tunnelling microscope chemical vapour deposition	7.1.24
selective etching	7.3.21
self-assembly	3.11
self-assembled monolayer formation	5.8
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 drying	6.1.4.2
sputter deposition	7.2.19

sputter etching	7.3.17
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

T

top-down nanomanufacturing	3.13
tape casting	6.3.5
two-phase methods	6.6.4
thermal spray	7.2.16
thermal spray pyrolysis	6.2.1.5

V

vaporization	6.1.8
vapour-liquid-solid nanofibre synthesis	6.2.4

W

wet ball milling	6.3.6
wet etching	7.3.22
wire electric explosion	6.1.7

X

X-ray lithography	7.1.28
-------------------------	--------
