



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102976264 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 15

(21) 申请号 201210540029. X

(22) 申请日 2012. 12. 13

(73) 专利权人 中国科学院物理研究所

地址 100080 中国北京市海淀区中关村南三街 8 号

(72) 发明人 顾长志 崔阿娟 李无瑕 刘哲

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 梁爱荣

(51) Int. Cl.

B81C 1/00(2006. 01)

B82Y 30/00(2011. 01)

B82Y 40/00(2011. 01)

(56) 对比文件

US 2002/0028392 A1, 2002. 03. 07,

US 5112763 A, 1992. 05. 12,

US 5304283 A, 1994. 04. 19,

US 6512266 B1, 2003. 01. 28,

CN 102092675 A, 2011. 06. 15,

CN 102127742 A, 2011. 07. 20,

CN 102794945 A, 2012. 11. 28,

CN 102820093 A, 2012. 12. 12,

审查员 郭研岐

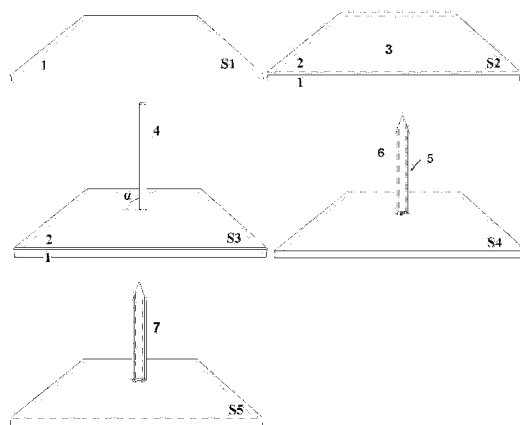
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种自支撑多层微纳米结构的制备方法

(57) 摘要

本发明是一种自支撑多层微纳米结构的制备方法,其包括步骤:平整衬底的选取与清洗;在平整衬底上生长多层膜结构,形成多层膜基底;在多层膜基底上制备自支撑母体纳米结构,形成多层膜基底自支撑母体纳米结构体系;对多层膜基底自支撑母体纳米结构体系进行离子束干法刻蚀,获得自支撑多层微纳米结构;对自支撑多层微纳米结构进行热退火处理;得到自支撑多层微纳米结构成品。本发明的制备方法是基于干法刻蚀中多层膜基底材料的再沉积现象使多层膜基底上自支撑纳米结构包裹一层基底材料的现象来制备不位于多层膜基底平面内的自支撑多层微纳米结构,具有工艺简单、易行、低成本、灵活性好、可控性高、大面积加工以及可制备的结构材料广泛的特点。



1. 一种自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,其包括下列步骤:

步骤 S1:选取平整衬底并清洗;

步骤 S2:在平整衬底上制备多层膜结构,得到多层膜基底;

步骤 S3:在多层膜基底表面上制备自支撑母体纳米结构,得到多层膜基底自支撑母体纳米结构体系;

步骤 S4:将多层膜基底自支撑母体纳米结构体系放入到离子刻蚀系统的样品腔中,对多层膜基底自支撑母体纳米结构体系进行离子束干法刻蚀;刻蚀过程中,除了被自支撑母体纳米结构覆盖的部分之外,多层膜基底表面的物质会从上至下依次在离子束的轰击下溅射出来,再沉积在自支撑母体纳米结构上,从而形成自支撑多层微纳米结构;

步骤 S5:通过对所得到的自支撑多层微纳米结构进行热处理,用于对自支撑多层微纳米结构的微结构或形状进行调控;

步骤 S6:得到自支撑多层微纳米结构的成品。

2. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S2 中的平整衬底和多层膜结构的材料是半导体、导体或绝缘体中的一种或者是几种的组合,所述半导体是 Si, GaAs, InP 或 GaN 中的一种或者是几种的组合,所述导体是 Au, Ag, Co, Ni, Cu, Pt, CoPt 中的一种或者是几种的组合,所述绝缘体 SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , HfO_2 中的一种或者是几种的组合。

3. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S2 中平整衬底上多层膜结构的制备方法包括热蒸发、电子束蒸发、离子束辅助诱导沉积、原子层沉积、磁控溅射、旋涂、电镀、化学气相沉积、激光诱导沉积以及外延沉积方法中的一种或者几种方法的组合。

4. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S3 中自支撑母体纳米结构是实心的结构,或是空心的结构;自支撑母体纳米结构是与多层膜基底垂直或者成一夹角的自支撑母体纳米线、纳米薄膜片状结构、或者是他们的组合;自支撑母体纳米线与多层膜基底的夹角 α 为 $0 < \alpha \leq 90^\circ$;自支撑母体纳米结构的生长方法包括聚焦电子束/离子束辅助的化学气相沉积直写生长;或是通过曝光工艺,结合金属沉积,溶脱工艺步骤制备出纳米掩模结构,然后通过深刻蚀的方法制备出的纳米结构。

5. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S2 和步骤 S3 的顺序是能调换的:先制备多层膜基底,然后再制备自支撑母体纳米结构,或先制备自支撑母体纳米结构,再制备多层膜基底。

6. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S4 中的离子干法刻蚀使用的离子束设备是反应离子刻蚀系统,电感耦合反应离子刻蚀系统,聚焦离子束刻蚀系统以及离子束刻蚀系统中的一种设备;所述刻蚀过程是利用能量大于 100eV 的离子来轰击多层膜基底,使多层膜基底表面的原子溅射出来,从而达到刻蚀溅射与再沉积的效果;当第一层物质先溅射出来,溅射出的部分产物附着在自支撑母体纳米结构的表面;当第一层多层膜基底物质被刻蚀完后,最靠近表面的第二层物质裸露出来,经过离子束的轰击溅射出来形成自支撑母体纳米结构表面的第二层物质,依次类推,获得自支撑多层微纳结构。

7. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S4 中的离

子束干法刻蚀中,通过调整离子能量、离子种类、离子束与多层膜基底的夹角以及刻蚀时间的刻蚀参数,来控制多层膜基底材料的溅射速率及溅射物质在自支撑母体纳米结构上的再沉积速率;此外,通过对自支撑母体纳米结构与多层膜基底间夹角的设计与调整,来控制被溅射料在自支撑母体纳米结构不同方位的再沉积速率,形成具有不同于自支撑母体纳米结构的形状的新微纳结构。

8. 如权利要求 1 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法,其特征在于,步骤 S5 对自支撑多层微纳米结构的是否进行热处理的判断步骤包括:

步骤 S51:当未达到所需求自支撑多层微纳米结构的微结构、化学组成和形状时,对自支撑多层微纳米结构进行热处理,则执行步骤 S52;当达到所需自支撑多层微纳米结构的微结构、化学组成和形状时,不对自支撑多层微纳米结构进行热处理,则只执行步骤 S4;

步骤 S52:调整对自支撑多层微纳米结构的退火温度、时间、气氛、温度的升降速率,得到符合需求微结构、化学组成和形状 of 自支撑多层微纳米结构。

一种自支撑多层微纳米结构的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及三维微纳器件技术领域,是三维立体自支撑多层微纳米结构的制备方法,特别涉及一种基于离子干法刻蚀对基底材料的溅射,使溅射出的物质均匀附着在自支撑母体纳米结构上,从而制备自支撑多层微纳米结构。通过对基底材料与多层膜材料组成的控制,所制备的自支撑多层微纳米结构的物质种类和结构具有精确的可设计与可调制性,具有工艺简单、灵活、大面积、可均匀制备的特点。

背景技术

[0002] 随着纳米技术的发展,对低维材料物性的研究越来越广泛,特别是对一维纳米线的研究已经大规模展开,关于各种材料体系与结构的纳米线的文章层出不穷。通过化学气相沉积方法生长的纳米线的结构一般比较简单,为实心圆柱或截面为多边形的柱体,物质结构一般也比较单一,很难出现多层不同物质结构,而且存在纳米材料的空间分布与尺寸均一性等问题。人们采用电化学的方法可以制备出不同材质的多层金属结构(纳米线长度方向的多层),但是由于该方法的局限性,制备出的多层纳米线结构仅限于某几种金属。Aric Sanders 等人在 n 型的氮化镓自支撑纳米线上外延生长了 p 型的氮化镓,制备出了同心双层纳米线结构(Nanotechnology 22(2011)465703)。Oliver Hayden 等人利用激光脉冲沉积方法在 p 型的 Si 纳米线上沉积了一层 n 型的 CdS 壳层结构,制成了纳米 LED(Adv. Mater. 2005,17, NO. 6, March 22.)。到目前为止,同心的多层纳米线的制备方法非常有限。所制备的纳米结构都比较简单。因此急需寻找一种简易的灵活性高的制备自支撑多层微纳米结构的方法,以满足新型微纳米结构与电子器件快速发展的要求。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于结合目前新材料和新技术的发展,提供一种制备自支撑的多层微纳米结构的方法。利用离子束干法刻蚀时多层膜基底材料在自支撑母体纳米结构上的再沉积效应,通过对多层膜基底材料与离子束刻蚀参数的调控,来制备具有不同尺寸、材质、形貌与空间分布得自支撑多层微纳米结构。

[0004] 为达到上述目的,本发明自支撑多层微纳米结构的制备方法的技术解决方案包括下列步骤:

[0005] 步骤 S1 :选取平整衬底并清洗;

[0006] 步骤 S2 :在平整衬底上制备多层膜结构,得到多层膜基底;

[0007] 步骤 S3 :在多层膜基底表面上制备自支撑母体纳米结构,得到多层膜基底自支撑母体纳米结构体系;

[0008] 步骤 S4 :将多层膜基底自支撑母体纳米结构体系放入到离子刻蚀系统的样品腔中,对多层膜基底自支撑母体纳米结构体系进行离子束干法刻蚀;刻蚀过程中,除了被自支撑母体纳米结构覆盖的部分之外,多层膜基底表面的物质会从上至下依次在离子束的轰击下溅射出来,再沉积在自支撑母体纳米结构上,从而形成自支撑多层微纳米结构;

[0009] 步骤 S5 :通过对所得到的自支撑多层微纳米结构进行热处理,用于对自支撑多层微纳米结构的微结构或形状进行调控 ;

[0010] 步骤 S6 :得到自支撑多层微纳米结构的成品。

[0011] 本发明的有益效果 :本发明依次通过平整衬底的选取与清洗,平整衬底上多层膜结构的制备,多层膜基底上自支撑母体纳米结构的生长,离子束刻蚀多层膜基底自支撑母体纳米结构,以及自支撑多层微纳米结构的热退火处理这一系列的工艺过程。这些过程的有机结合,其特点在于平整衬底、多层膜结构以及自支撑母体纳米结构的种类不限,能满足多领域不同的需求,生长与加工手段、方法多种多样,具有高度的灵活性与实际应用价值 ;采用离子束对多层膜基底的轰击产生的溅射与再沉积效应,形成多层膜自支撑微纳米结构,不需要高温、高压及超高真空环境,工艺简单、经济、可控性好 ;采用热退火对获得的自支撑多层微纳米结构进行加工后处理,可进一步调制,提高所加工的自支撑多层微纳米结构的性能。通过这一技术制备的自支撑三维微纳米结构图形复杂、材料种类齐全,整个工艺过程具有大面积、高可控、可设计、和高效的特点。这一技术可克服现有异质结构三维微纳结构制备中存在的工艺较复杂、条件较苛刻,均匀性与可控性较差的特点。本发明大大拓展了三维微纳米结构的制备范围,为新型多功能三维微纳米结构与器件的加工应用提供了新方法。

附图说明 :

[0012] 图 1 是本发明制备自支撑多层微纳米结构的流程图。

[0013] 图 2a、图 2b、图 2c 是本发明离子束干法刻蚀再沉积制备的微纳米锥状结构。

[0014] 图中各符号的含义如下 :

[0015] 1,平整衬底 ;

[0016] 2,多层膜结构 ;

[0017] 3,多层膜基底 ;

[0018] 4,自支撑母体纳米结构 ;

[0019] 5,自支撑母体纳米结构上沉积的外壳 ;

[0020] 6,自支撑多层微纳米结构

[0021] 7,热处理后的自支撑多层微纳米结构 ;

[0022] a,自支撑母体纳米结构与多层膜基底间的夹角。

具体实施方式

[0023] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0024] 图 1 示出制备自支撑多层纳米结构的流程图,其中包括 :平整衬底 1、多层膜结构 2、多层膜基底 3、自支撑母体纳米结构 4,在自支撑母体纳米结构上沉积的外壳 5、自支撑多层微纳米结构 6,热处理后的自支撑多层微纳米结构 7 ;自支撑母体纳米结构与多层膜基底间的夹角 a 。

[0025] 所述自支撑多层微纳米结构的制备方法包括下列步骤 :

[0026] 步骤 S1 :选取平整衬底 1 并清洗 ;

[0027] 步骤 S2 :在平整衬底 1 上制备多层膜结构 2,得到多层膜基底 3 ;

[0028] 步骤 S3 :在多层膜基底 3 的表面上制备自支撑母体纳米结构 4,得到多层膜基底自支撑母体纳米结构体系 ;

[0029] 步骤 S4 :将多层膜基底自支撑母体纳米结构体系放入到离子刻蚀系统的样品腔中,对多层膜基底自支撑母体纳米结构体系进行离子束干法刻蚀 ;刻蚀过程中,除了被自支撑母体纳米结构 4 覆盖的部分外,多层膜基底 3 表面的物质会从上至下依次在离子束的轰击下溅射出来,再沉积在自支撑母体纳米结构 4 上,从而形成自支撑多层微纳米结构 6 ;

[0030] 步骤 S5 :通过对所得到的自支撑多层微纳米结构 6 进行热处理,用于对自支撑多层微纳米结构 6 的微结构或形状进行调控 ;

[0031] 步骤 S6 :得到自支撑多层微纳米结构 6 的成品。

[0032] 步骤 S1 中的平整衬底 1 和多层膜结构的材料是半导体、导体或绝缘体中的一种或者是几种的组合,所述半导体是 Si, GaAs, InP 或 GaN 中的一种或者是几种的组合,所述导体是 Au, Ag, Co, Ni, Cu, Pt, CoPt 中的一种或者是几种的组合,所述绝缘体 SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , HfO_2 中的一种或者是几种的组合。

[0033] 步骤 S2 中平整衬底 1 上多层膜结构 2 的制备方法包括热蒸发、电子束蒸发、离子束辅助诱导沉积、原子层沉积、磁控溅射、旋涂、电镀、化学气相沉积、激光诱导沉积以及外延沉积方法中的一种或者几种方法的组合 ;多层膜结构的层数 $N_1 \geq 0$ 。

[0034] 步骤 S3 中自支撑母体纳米结构 4 是实心的结构,或是空心的结构 ;自支撑母体纳米结构 4 是与多层膜基底 3 垂直或者成一夹角的自支撑母体纳米线、纳米薄膜片状结构、或者是他们的组合 ;自支撑母体纳米线与多层膜基底 3 的夹角 α 为 $0 < \alpha \leq 90^\circ$;自支撑母体纳米结构 4 的生长方法包括聚焦电子束 / 离子束辅助的化学气相沉积直写生长 ;或是通过曝光工艺,结合金属沉积,溶脱工艺步骤制备出纳米掩模结构,然后通过深刻蚀的方法制备出的纳米结构。

[0035] 步骤 S2 和步骤 S3 的顺序是能调换的 :先制备多层膜基底 3,然后再制备自支撑母体纳米结构 4,或先制备自支撑母体纳米结构 4,再制备多层膜基底 3。

[0036] 步骤 S4 中的离子干法刻蚀使用的离子束设备包括反应离子刻蚀系统,电感耦合反应离子刻蚀系统,聚焦离子束刻蚀系统以及离子束刻蚀系统 ;所述刻蚀过程是利用能量大于 100 电子伏特 (eV) 的离子来轰击多层膜基底,使多层膜基底 3 表面的原子溅射出来,从而达到刻蚀溅射与再沉积的效果 ;当多层膜基底 3 的第一层物质先溅射出来时,溅射出的部分产物附着在自支撑母体纳米结构 4 的表面 ;当第一层多层膜基底 3 的物质被刻蚀完后,最靠近表面的第二层物质裸露出来,经过离子束的轰击溅射出来形成自支撑母体纳米结构 4 表面的第二层物质,依次类推,获得自支撑多层微纳结构 4 ;所形成的自支撑多层纳米结构 6 的外壳层数 $N_2 \geq 1$ 。

[0037] 步骤 S4 中的离子束干法刻蚀中,通过调整离子能量、离子种类、离子束与多层膜基底 3 的夹角以及刻蚀时间的刻蚀参数,来控制多层膜基底 3 材料的溅射速率及溅射物质在自支撑母体纳米结构 4 上的再沉积速率 ;此外,通过对自支撑母体纳米结构 4 与多层膜基底 3 间夹角的设计与调整,来控制被溅射料在自支撑母体纳米结构 4 不同方位的再沉积速率,形成具有不同于自支撑母体纳米结构 4 的形状的新微纳结构。

[0038] 步骤 S5 对自支撑多层微纳米结构 6 的是否进行热处理的判断步骤包括 :

[0039] 步骤 S51 :当未达到所需求自支撑多层微纳米结构 6 的微结构、化学组成和形状的阈值时,对自支撑多层微纳米结构 6 进行热处理,则执行步骤 S52 ;当达到所需自支撑多层微纳米结构 6 的微结构、化学组成和形状的阈值时,不对自支撑多层微纳米结构 6 进行热处理,则执行步骤 S4 ;

[0040] 步骤 S52 :调整对自支撑多层微纳米结构 6 的退火温度、时间、气氛、温度的升降速率,得到符合需求微结构、化学组成和形状 of 的自支撑多层微纳米结构 6。

[0041] 本发明的方法包括步骤 :

[0042] (1) 对平整衬底 1 进行清洗处理 ;选取表面平整衬底 1,并对平整衬底 1 依次采用丙酮、乙醇、去离子水超声清洗,然后用氮气枪吹干,置于热板上将水汽去除,获得干净平整衬底 1。

[0043] (2) 多层膜结构 2 的生长 ;

[0044] 在清洗干净的平整衬底 1 上制备多层膜结构 2。根据所需要的自支撑多层微纳米结构 6 的物质组成和不同物质层的厚度的薄膜物质,设计制备所需的多层膜结构 2。所需要的厚度 T_m 满足关系式 $T_m = (T_d/V_d) * V_e$, 其中 T_d 为自支撑母体纳米线 4 上所需包裹的这一种薄膜材料的厚度, V_d 与 V_e 分别为这一种薄膜材料在自支撑母体纳米线 3 上再沉积的速率以及从多层膜基底 3 上被刻蚀速率。参数 T_m , t_d , V_d 与 V_e 可通过特定条件下加工后,采用原子力显微镜,台阶仪以及扫描电子显微镜测量获得。如在垂直于基底的钨混合物纳米线上,以钨混合物纳米线为轴心,依次均匀包裹 $T_{d-Al_2O_3}$ 纳米的 Al_2O_3 , 和 T_{d-NbN} 纳米的 NbN, 形成超导体 / 绝缘体 / 超导体 (SIS) 结构。在特定的离子束条件下,根据 Al_2O_3 与 NbN 的刻蚀速率 $V_{e-Al_2O_3}$ 与 V_{e-NbN} 以及 Al_2O_3 与 NbN 在钨混合物纳米线上的再沉积速率 $V_{d-Al_2O_3}$ 及 V_{d-NbN} , 计算出 Al_2O_3 与 NbN 薄膜的厚度。

[0045] (3) 自支撑母体纳米结构 4 的制备 ;

[0046] 在多层膜基底 3 上制备出自支撑母体纳米结构 4, 根据应用需求, 生长特定的材质、尺寸与形貌自支撑母体纳米结构 4, 获得多层膜基底自支撑母体纳米结构体系。自支撑母体纳米结构 4 可以是实心的, 也可以是空心的。所述的自支撑母体纳米结构 4 的截面形状不限, 包括圆形、椭圆形、三角形等多边形结构。制备方法多种多样, 包括通过化学气相沉积方法直接生长的, 例如电子束 / 离子束辅助沉积生长的 W, Pt, Au, Co, SiO_2 , C 纳米结构等 ; 或通过曝光工艺, 结合金属沉积, 溶脱等工艺制备出金属掩模, 然后通过电化学沉积的方法制备出的各种金属、半导体或绝缘体自支撑母体纳米结构 4 ; 或通过多层膜基底 3 上掩模图形的制备, 然后采用化学气相沉积的方法制备自支撑母体纳米结构 4 ;

[0047] (4) 离子束刻蚀形成自支撑多层微纳米结构 6 ;

[0048] 将长有自支撑母体纳米结构 4 的多层膜基底 3 放入到离子束刻蚀系统的样品腔中进行离子束刻蚀。刻蚀过程中, 除了被自支撑母体纳米结构 4 覆盖的部分外, 多层膜基底 3 表面的物质会从上至下依次在离子束的轰击下溅射出来, 再沉积在自支撑母体纳米结构 4 上, 从而形成自支撑多层微纳米结构 6。设定刻蚀所用的功率、气体种类、气体流量、刻蚀时间工艺参数, 进行基于溅射与再沉积的自支撑多层微纳米结构 6 的制备。如在牛津仪器 (Oxford Instrument) 的反应刻蚀 (RIE-plasma-lab-800-Plus) 系统中, 制备 2 纳米三氧化二铝 (Al_2O_3) 与 10 纳米氮化铌 (NbN) 薄膜的钨混合物纳米线超导体 / 三氧化二铝绝缘体 / 氮化铌 (超导体 (SIS) 结构时, 选取刻蚀所用的具体参数如下 : 氩气 (Ar) 流量为 40 标准毫

升 / 分钟 (sccm), 气压为 30 毫托 (mTorr), 功率为 100W, 对多层膜基底上的 Al_2O_3 与 NbN 薄膜材料从上至下依次刻蚀, 这一条件下三氧化二铝具有的刻蚀速率是 2 纳米 / 分钟, 氮化铌的刻蚀速率是 5 纳米 / 分钟, 相应刻蚀工艺下两种材料在钨混合物纳米线上的再沉积速率分别为 0.25 纳米 / 分钟和 1 纳米 / 分钟, 则在这一条件下, 依次在超导钨混合物纳米线上均匀包裹 2 纳米厚的三氧化二铝与 10 纳米厚的氮化铌, 形超同心薄膜的钨混合物纳米线超导体 / Al_2O_3 绝缘体 / NbN 超导体结构需要在平整衬底上沉积的 Al_2O_3 与 NbN 薄膜的厚度分别为 8 纳米和 50 纳米。

[0049] (5) 对所得到的自支撑多层微纳米结构 6 进行热退火处理, 采用不同的退火条件, 包括温度、气氛以及升温与降温速率, 对自支撑多层微纳米结构 6 的微结构或形状进行调控; 退火处理的目的是改善自支撑多层微纳米结构 6 的微结构、组成、形状、内部应力以及缺陷情况等, 形成成品自支撑多层微纳米结构 7。

[0050] [实施例 1]

[0051] Si 衬底上多晶 / 单晶双层同心 Si 锥阵列的制备。包括以下步骤:

[0052] (1) 硅衬底 1 的清洗;

[0053] 依次用丙酮、酒精、去离子水依次将硅衬底超声一段时间 (5min-10min), 用氮气枪将硅基底表面吹干并在 120 摄氏度 -200 摄氏度的热板上烘烤 10-20 分钟。

[0054] (2) 垂直于 Si 衬底 1 的单晶硅自支撑母体纳米线 4 的制备;

[0055] 在 (1) 处理后的硅衬底 1 上旋涂一层电子束光刻胶聚甲基苯烯酸甲酯 PMMA (495, 5%), 4000 转 / 分钟, 然后用电子束曝光的方法在 PMMA 光刻胶上曝光出圆孔阵列, 所用的电子束加速电压为 10 千伏, 曝光剂量为 100 微安 / 平方厘米; 然后在甲级异丁基酮: 异丙醇 MIBK : IPA = 1 : 3 的显影液中显影 40 秒、在 IPA 的定影液中定影 30 秒, 形成具有电子束光刻胶聚甲基苯烯酸甲酯 PMMA 的圆孔阵列的 Si 衬底。然后采用热蒸发在具有 PMMA 圆孔阵列的 Si 衬底 1 上沉积 20 纳米的金属铬。将沉积好金属铬的样品浸泡在丙酮里溶脱, 去掉多余的光刻胶以及光刻胶上的金属, 获得硅衬底上的铬金属圆盘图案阵列, 作为深刻蚀自支撑母体纳米线制备的掩模图案。然后通过电感耦合反应离子刻蚀 (ICP) 方法对具有铬金属圆盘图案阵列的 Si 衬底进行深刻蚀。刻蚀参数: 气温 -110°C , 气压 12mTorr, 反应离子功率 (RIE) 4W, 电感耦合功率 (ICP) 700W, SF_6 气流量 45 标准毫升 / 分钟, O_2 气流量 6 标准毫升 / 分钟, 在铬金属掩膜的作用下, 加工 30 分钟后, 得到单晶 Si 衬底上直径为 350 纳米, 高 2 微米的 Si 纳米线阵列, 得到单晶硅自支撑母体纳米线 4。单个垂直于 Si 衬底的自支撑母体 Si 纳米线如图 2a 所示。

[0056] (3) 非晶 / 单晶双层同心 Si 锥阵列的制备;

[0057] 将步骤 (2) 中获得单晶 Si 衬底 1 上的自支撑母体 Si 纳米线 4 阵列体系放入到反应离子束刻蚀系统, 在 Ar 等离子体环境下进行刻蚀, 刻蚀参数: Ar 气流量 40 标准毫升 / 分钟, 气压 30 毫托, 功率 100W。加工过程中, 每一循环设定为刻蚀 1 分钟后冷却 2 分钟。刻蚀过程中, Si 衬底 1 物质溅射后再沉积附着在自支撑母体 Si 纳米线 4 的周围; 同时 4 的顶部被刻蚀成锥状, 当整个加工时间为 120 分钟时, 获得如图 2b 所示的顶端为锥形的非晶 Si 外壳 5 / 单晶 Si 自支撑母体纳米线 4 的双层同心纳米柱 6; 继续增加时间, 被溅射物质继续再沉积附着在自支撑母体纳米结构 4 的周围, 而 4 的根部不断有再沉积的发生而尖端部分不断有刻蚀的进行, 最终整个纳米线变成微纳锥状结构, 当整个加工时间为 200 分钟时获得

如图 2c 所示的非晶 Si 外壳 5/ 单晶 Si 自支撑母体纳米线 4 的双层同心锥阵列 6。

[0058] (4) 非晶 / 单晶双层同心 Si 锥阵列的热退火处理

[0059] 将步骤 (3) 中获得的非晶 / 单晶双层同心 Si 锥阵列放入到快速热退火炉中, Ar 气流量 12 标准毫升 / 分钟, 从常温上升到 800 摄氏度所用时间设定为 2 分钟, 800 摄氏度恒温处理 20 分钟, 然后自然冷却 ; 处理过程中, 非晶外壳层的微结构向多晶态转化, 得到多晶 / 单晶双层同心 Si 锥阵列 7。

[0060] 以上所述, 仅为本发明中的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内, 可理解想到的变换或替换, 都应涵盖在本发明的包含范围之内。

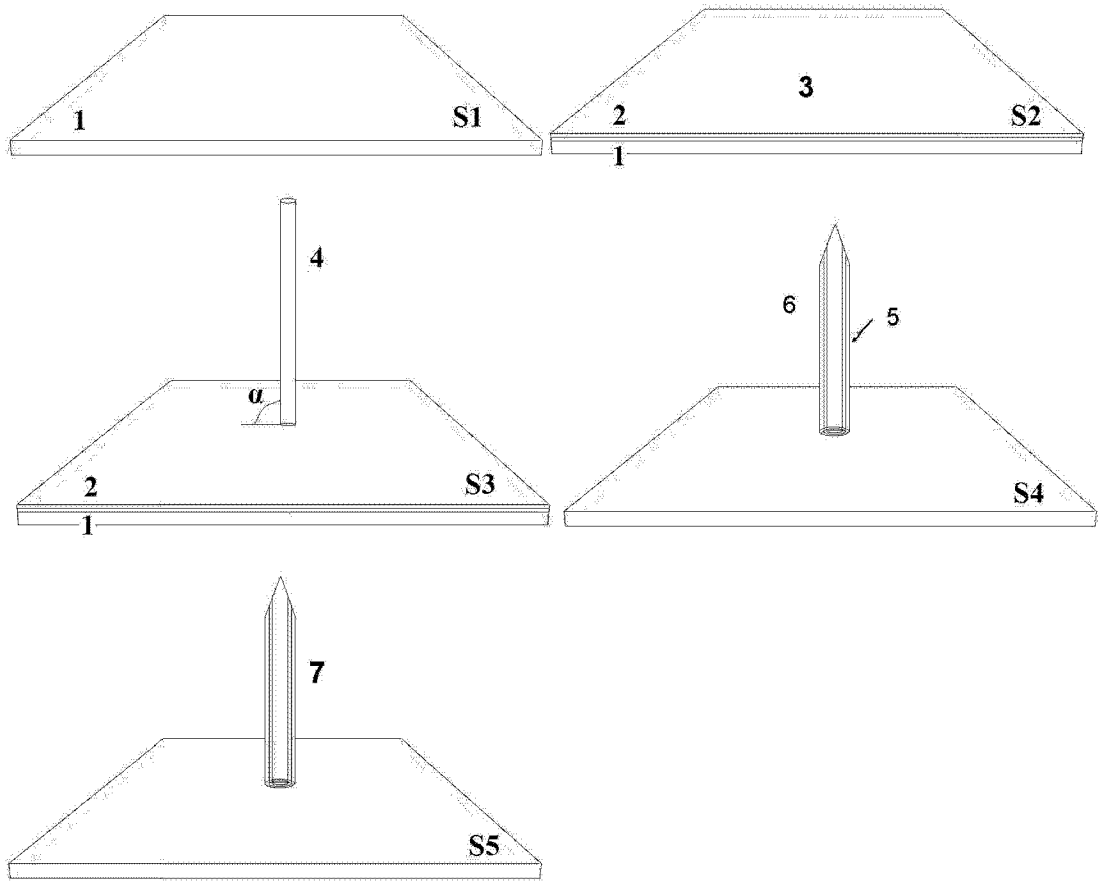


图 1

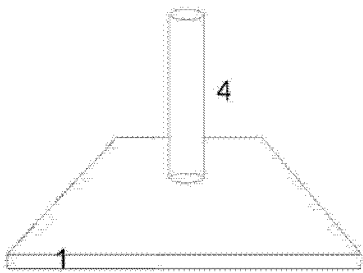


图 2a

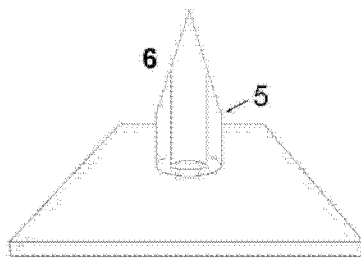


图 2b

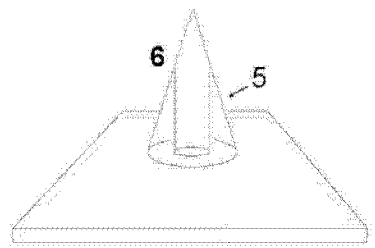


图 2c