



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108707970 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 26

(21) 申请号 201810890775.9

(22) 申请日 2018.08.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108707970 A

(43) 申请公布日 2018.10.26

(73) 专利权人 济南晶正电子科技有限公司
地址 250101 山东省济南市高新区港兴三路
路北段1号济南药谷研发平台区1号楼
B座1806室

(72) 发明人 张秀全 朱厚彬 胡文 罗具廷
胡卉 李洋洋

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限
公司 11286
专利代理师 王慧敏 韩芳

(51) Int. Cl.

G30B 33/06 (2006.01)

B32B 33/00 (2006.01)

B32B 9/00 (2006.01)

B32B 9/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105420674 A, 2016.03.23

JP 2017188550 A, 2017.10.12

US 2010289115 A1, 2010.11.18

CN 107059128 A, 2017.08.18

CN 107636801 A, 2018.01.26

CN 104078407 A, 2014.10.01

CN 105321806 A, 2016.02.10

CN 102361061 A, 2012.02.22

审查员 张娜

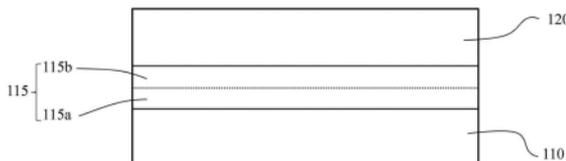
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

微米级单晶薄膜

(57) 摘要

本发明提供了一种微米级单晶薄膜。所述微米级单晶薄膜包括：衬底层；以及微米单晶薄膜层，位于衬底层上，其中，在衬底层与微米单晶薄膜层之间可以包括过渡层，所述过渡层可以包括与衬底层相邻设置的第一过渡层以及与微米单晶薄膜层相邻设置的第二过渡层，其中，过渡层可以包括H以及在对衬底层和微米单晶薄膜层进行等离子体键合时使用的至少一种等离子体气体的元素。



1. 一种微米级单晶薄膜,所述微米级单晶薄膜由衬底层和微米单晶薄膜层组成,微米单晶薄膜层位于衬底层上,衬底层和微米单晶薄膜层通过等离子体键合方法键合在一起,

其中,在衬底层与微米单晶薄膜层之间包括过渡层,所述过渡层包括与衬底层相邻设置的第一过渡层以及与微米单晶薄膜层相邻设置的第二过渡层,第一过渡层和第二过渡层的厚度均为0.5nm至10nm,

其中,衬底层与第一过渡层之间、第一过渡层与第二过渡层之间、第二过渡层与微米单晶薄膜层之间均具有平整的分界线,

其中,过渡层包括在对衬底层和微米单晶薄膜层进行等离子体键合时产生的H以及在对衬底层和微米单晶薄膜层进行等离子体键合时使用的至少一种等离子体气体的元素,

其中,过渡层中的H的浓度为 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc,

其中,H的浓度在过渡层中具有最大值,并且H的浓度从浓度最大值处分别朝向微米单晶薄膜层和衬底层逐渐降低,并且

其中,微米单晶薄膜层为铌酸锂单晶薄膜、钽酸锂单晶薄膜或石英单晶薄膜。

2. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,等离子体气体包括Ar、O₂和N₂中的至少一种。

3. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,微米单晶薄膜层的厚度为5μm至50μm。

4. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,衬底层的厚度为0.1mm至1mm。

5. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,衬底层为硅衬底、铌酸锂衬底、钽酸锂衬底、石英衬底、碳化硅衬底或蓝宝石衬底。

6. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,微米单晶薄膜层和衬底层的材料彼此相同或不同。

7. 根据权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,从第一过渡层到第二过渡层,衬底层的元素的含量逐渐降低,微米单晶薄膜层的元素的含量逐渐升高。

8. 权利要求1所述的微米级单晶薄膜,其中,微米单晶薄膜层的表面为抛光表面或者为具有微米级或亚微米级粗糙度的粗糙表面。

微米级单晶薄膜

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微米级单晶薄膜。

背景技术

[0002] 以硅材料作为衬底制备的钽酸锂/铌酸锂单晶薄膜,可被应用于制作滤波器、光波导调制器、光波导开关、空间光调制器、光学倍频器、表面声波发生器、红外探测器和铁电体存储器等方面,带来极大的经济效益和社会效益。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种能够减少声波损耗和滤波器的插入损耗的包括微米单晶薄膜层的微米级单晶薄膜。

[0004] 根据本发明的示例性实施例,所述微米级单晶薄膜包括:衬底层;以及微米单晶薄膜层,位于衬底层上,其中,在衬底层与微米单晶薄膜层之间可以包括过渡层,所述过渡层可以包括与衬底层相邻设置的第一过渡层以及与微米单晶薄膜层相邻设置的第二过渡层,其中,过渡层可以包括H以及在对衬底层和微米单晶薄膜层进行等离子体键合时使用的至少一种等离子体气体的元素。

[0005] 根据本发明的示例性实施例,等离子体气体可以Ar、O₂和N₂中的至少一种。

[0006] 根据本发明的示例性实施例,微米单晶薄膜层的厚度可以为5μm至50μm。

[0007] 根据本发明的示例性实施例,过渡层中的H的浓度可以为 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc,H的浓度在过渡层中可以具有最大值,并且H的浓度可以从浓度最大值处分别朝向微米单晶薄膜层和衬底层逐渐降低。

[0008] 根据本发明的示例性实施例,第一过渡层和第二过渡层的厚度可以均为0.5nm至10nm。

[0009] 根据本发明的示例性实施例,衬底层的厚度可以为0.1mm至1mm。

[0010] 根据本发明的示例性实施例,微米单晶薄膜层可以为铌酸锂单晶薄膜、钽酸锂单晶薄膜或石英单晶薄膜。

[0011] 根据本发明的示例性实施例,衬底层可以为硅衬底、铌酸锂衬底、钽酸锂衬底、石英衬底、碳化硅衬底或蓝宝石衬底。

[0012] 根据本发明的示例性实施例,微米单晶薄膜层和衬底层的材料可以彼此相同或不同。

[0013] 根据本发明的示例性实施例,从第一过渡层到第二过渡层,衬底层的元素的含量可以逐渐降低,微米单晶薄膜层的元素的含量可以逐渐升高。

[0014] 根据本发明的示例性实施例,微米单晶薄膜层的表面可以为抛光表面或者可以为具有微米级或亚微米级粗糙度的粗糙表面。

附图说明

[0015] 通过以下结合附图对实施例的描述,这些和/或其它方面将变得清楚且更容易理解,在附图中:

[0016] 图1是示出了根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜的结构示意图;

[0017] 图2是示出了根据本发明的实施例1的微米级单晶薄膜的透射电子显微镜(TEM)图;

[0018] 图3是示出了图2中示出的过渡层中的元素分布图;

[0019] 图4是示出了图2中示出的微米级单晶薄膜的二次离子质谱(SIMS)图;

[0020] 图5是示出了根据本发明的实施例3的微米级单晶薄膜的透射电子显微镜(TEM)图;

[0021] 图6是示出了图5中示出的过渡层中的元素分布图;以及

[0022] 图7是示出了图5中示出的微米级单晶薄膜的二次离子质谱图(SIMS)图。

具体实施方式

[0023] 现在将参照附图更充分地描述本发明的实施例,在附图中示出了本发明的实施例。然而,本发明可以以许多不同的形式实施,而不应被解释为局限于在此阐述的实施例;相反,提供这些实施例使得本公开将是彻底的和完整的,并且这些实施例将向本领域的普通技术人员充分地传达本发明的实施例的构思。在下面详细的描述中,通过示例的方式阐述了多处具体的细节,以提供对相关教导的充分理解。然而,本领域技术人员应该清楚的是,可以实践本教导而无需这样的细节。在其它情况下,以相对高的层次而没有细节地描述了公知的方法、步骤和组件,以避免使本教导的多个方面不必要地变得模糊。附图中的同样的标号表示同样的元件,因此将不重复对它们的描述。在附图中,为了清晰起见,可能会夸大层和区域的尺寸和相对尺寸。

[0024] 现在将在下文中参照附图更充分地描述本发明。

[0025] 图1是示出了根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜的结构示意图。

[0026] 参照图1,根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜可以包括:衬底层110;以及微米单晶薄膜层120,位于衬底层110上,其中,在衬底层110与微米单晶薄膜层120之间包括过渡层115,过渡层115包括与衬底层110相邻设置的第一过渡层115a以及与微米单晶薄膜层120相邻设置的第二过渡层115b。

[0027] 根据本发明的实施例,微米级单晶薄膜可以制备为晶圆,其直径可以为2英寸~12英寸。

[0028] 根据本发明的实施例,微米级单晶薄膜的衬底层110可主要起到支撑作用。根据本发明的实施例,衬底层110可以为硅衬底、铌酸锂衬底、钽酸锂衬底、石英衬底、碳化硅衬底或蓝宝石衬底,但是本发明不限于此,而是可以选用其它适合的材料制成。此外,根据本发明的实施例的衬底层110的厚度可以为0.1mm~1mm。优选地,衬底层110的厚度可以为0.1mm~0.2mm、0.3mm~0.5mm或0.2mm~0.5mm。

[0029] 根据本发明的实施例,微米级单晶薄膜的微米单晶薄膜层120可以为铌酸锂单晶薄膜、钽酸锂单晶薄膜或石英单晶薄膜,但是本发明不限于此。根据本发明的实施例的微米单晶薄膜层120和衬底层110的材料可以彼此相同或不同。此外,根据本发明的实施例的微

米单晶薄膜层120的厚度可以为 $5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 。优选地,微米单晶薄膜层120的厚度可以为 $5\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 或 $35\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 。另外,微米单晶薄膜层120的与衬底层110相对的表面可以为抛光表面或者为具有微米级或亚微米级粗糙度的粗糙表面,但是本发明不限于此。

[0030] 根据本发明的实施例,衬底层110与微米单晶薄膜层120可以通过等离子体键合方法键合在一起,但是本发明不限于此。

[0031] 根据本发明的实施例,在微米级单晶薄膜的衬底层110与微米单晶薄膜层120之间可以包括过渡层115,过渡层115可以包括与衬底层110相邻设置的第一过渡层115a以及与微米单晶薄膜层120相邻设置的第二过渡层115b。

[0032] 根据本发明的实施例,第一过渡层115a和第二过渡层115b的厚度均可以为 $0.5\text{nm}\sim 10\text{nm}$ 。优选地,第一过渡层115a和第二过渡层115b的厚度均可以为 $0.5\text{nm}\sim 5\text{nm}$ 、 $5.5\text{nm}\sim 7\text{nm}$ 或 $7.5\text{nm}\sim 10\text{nm}$ 。

[0033] 根据本发明的实施例,第一过渡层115a和第二过渡层115b可以包含衬底层110和微米单晶薄膜层120中的固有元素。从第一过渡层115a到第二过渡层115b,衬底层110的元素的含量逐渐降低,微米单晶薄膜层120的元素的含量逐渐升高。

[0034] 此外,根据本发明的实施例,过渡层115还可以包括H和在对衬底层和微米单晶薄膜层进行等离子体处理时使用的至少一种等离子体气体的元素。根据本发明的实施例的等离子体气体可以包括Ar、 O_2 和 N_2 中的至少一种,但是本发明不限于此。等离子体处理时使用的气体的元素来源于对衬底层110与微米单晶薄膜层120进行等离子体键合时所使用的等离子体。第一过渡层115a和第二过渡层115b可以具有H元素的原因是:采用等离子体对衬底层110与微米单晶薄膜层120的表面进行处理时,等离子体对其表面的轰击会改变其表面情况,使表面形成大量的活性化学键,从而使表面具有较高的活性。因此当等离子体处理之后暴露在空气中或用水冲洗时,会吸附大量的水分子或氢氧根,这些水分子或氢氧根可以增强键合力,因此衬底层110与微米单晶薄膜层120键合之后,在它们的键合界面具有一定浓度的H元素。

[0035] 根据本发明的实施例,过渡层115中的H的浓度可以为 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc。此外,H的浓度可以在过渡层115中具有最大值,并且H的浓度可以从浓度最大值处分别朝向微米单晶薄膜层120和衬底层110逐渐降低。

[0036] 根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜的第一过渡层115a和第二过渡层115b可分散衬底层110与微米单晶薄膜层120之间的应力,应力的分散可减少微米单晶薄膜层120的缺陷,提高微米单晶薄膜层120的质量,从而起到减少传输损耗的作用。此外,衬底层110与第一过渡层115a之间、第一过渡层115a与第二过渡层115b之间、第二过渡层115b与微米单晶薄膜层120之间均具有平整的分界线,这样的结构可以减少声波的损耗,从而减少滤波器的插入损耗。

[0037] 根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜的过渡层包括H以及至少一种等离子体气体的元素可以增强衬底层110与微米单晶薄膜层120之间的键合力。当H的浓度在 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc时,键合力最强。

[0038] 下面的示例更详细地示出了本发明。然而,这些示例不应在任何意义上被解释为限制本发明的范围。

[0039] 微米级单晶薄膜的制造

[0040] 实施例1:表面为抛光面的微米级钽酸锂单晶薄膜

[0041] 准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的钽酸锂单晶晶圆,并准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的单晶硅衬底晶圆;

[0042] 对钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行清洗;

[0043] 使用Ar等离子体对清洗后的钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行处理,随后在室温下将经过等离子体处理后的钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆直接键合,得到钽酸锂单晶晶圆与硅单晶晶圆的键合体;

[0044] 在130℃温度下加热所得键合体,以提高键合体的键合力;

[0045] 将所得键合体的钽酸锂单晶晶圆研磨至厚度为22μm,然后将钽酸锂单晶晶圆的研磨面抛光至厚度为20μm;

[0046] 最后在240℃下加热所得键合体,以提高键合体的键合力,从而得到表面为抛光面的具有微米级厚度的钽酸锂单晶薄膜。

[0047] 实施例2:表面为亚微米级粗糙度的微米级钽酸锂单晶薄膜

[0048] 准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的钽酸锂单晶晶圆,并准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的硅单晶晶圆;

[0049] 对钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行清洗;

[0050] 使用O等离子体对清洗后的钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行处理,然后在室温下将经过等离子体处理后的钽酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆直接键合,从而得到钽酸锂单晶晶圆与硅单晶晶圆的键合体;

[0051] 在120℃温度下加热所得键合体,以提高键合体的键合力;

[0052] 将所得键合体中的钽酸锂单晶晶圆研磨至厚度为20μm;

[0053] 最后在250℃下加热所得键合体,以提高键合体的键合力,从而得到表面为亚微米级粗糙度的具有微米级厚度的钽酸锂单晶薄膜。

[0054] 实施例3:表面为抛光面的微米级铌酸锂单晶薄膜

[0055] 准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的铌酸锂单晶晶圆,并准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的硅单晶晶圆;

[0056] 对铌酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行清洗;

[0057] 使用Ar等离子体和O等离子体对清洗后的铌酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆进行处理,然后在室温下将经过等离子体处理后的铌酸锂单晶晶圆和硅单晶晶圆直接键合,从而得到铌酸锂单晶晶圆与硅单晶晶圆的键合体;

[0058] 在140℃温度下加热所得键合体,以提高键合体的键合力;

[0059] 将所得键合体的铌酸锂单晶晶圆研磨至厚度为22μm,然后再将铌酸锂单晶晶圆的研磨面抛光至厚度20μm;

[0060] 最后将在220℃下加热所得键合体,以提高键合体的键合力,从而得到表面为抛光面的具有微米级厚度的铌酸锂单晶薄膜。

[0061] 实施例4:表面为抛光面的微米级石英单晶薄膜

[0062] 准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的石英单晶晶圆,并准备一片尺寸为4英寸、厚度为0.5mm、至少有一面为抛光面的硅单晶晶圆;

[0063] 对石英单晶晶圆和硅单晶晶圆进行清洗;

[0064] 使用Ar等离子体和N等离子体对清洗后的石英单晶晶圆和硅单晶晶圆进行处理,然后在室温下将经过等离子体处理后的石英单晶晶圆和硅单晶晶圆直接键合,从而得到石英单晶晶圆与硅单晶晶圆的键合体;

[0065] 在100℃温度下加热所得键合体,以提高键合体的键合力;

[0066] 将所得键合体的石英单晶晶圆研磨至厚度为22μm,然后再将石英单晶晶圆的研磨面抛光至厚度20μm;

[0067] 最后在250℃下加热键合体,以提高键合体的键合力,从而得到表面为抛光面的微米级厚度的石英单晶薄膜。

[0068] 图2是示出了根据本发明的实施例1的微米级单晶薄膜的透射电子显微镜(TEM)图。

[0069] 参照图2,根据本发明的实施例1的微米级单晶薄膜的衬底层110为硅衬底,微米单晶薄膜层120为微米钽酸锂单晶薄膜,且表面为抛光面。从图2中可以看出,根据本发明的实施例1的微米级单晶薄膜具有明显的四层结构,并且包括位于衬底层110与微米单晶薄膜层120之间的第一过渡层115a和第二过渡层115b,并且第一过渡层115a与衬底层110相邻设置,第二过渡层115b与微米单晶薄膜层120相邻设置。根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜中的每层结构之间均具有明显的分界线,且分界线较为平整。

[0070] 图3是示出了图2中示出的过渡层中的元素分布图。从图3中可以看出,从微米单晶薄膜层120朝向硅衬底层110的方向,微米单晶薄膜层120中的Ta和O的含量均逐渐降低,硅衬底层110中的Si的含量逐渐升高。此外,第一过渡层115a和第二过渡层115b中含有少量的Ar元素,Ar元素来源于键合时对衬底层110和微米单晶薄膜层120处理时所使用的等离子体。

[0071] 图4是示出了图2中示出的微米级单晶薄膜的二次离子质谱(SIMS)图。从图4中可以看出,在第一过渡层115a和第二过渡层115b中含有较高浓度的H,H的浓度为 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc。此外,H的浓度可以在第一过渡层115a或第二过渡层115b中具有最大浓度值,并且H的浓度可以从浓度最大值处分别朝向微米单晶薄膜层120和衬底层110逐渐降低。

[0072] 图5是示出了根据本发明的实施例3的微米级单晶薄膜的透射电子显微镜(TEM)图;图6是示出了图5中示出的过渡层中的元素分布图;图7是示出了图5中示出的微米级单晶薄膜的二次离子质谱(SIMS)图。

[0073] 除了微米单晶薄膜层220为微米钽酸锂单晶薄膜之外,图5至图7中的微米级单晶薄膜与图2至图4中的微米级单晶薄膜基本上相同,以下将主要描述不同之处。

[0074] 参照图5,根据本发明的实施例3的微米级单晶薄膜具有明显的四层结构,微米单晶薄膜层220的表面为抛光面。实施例3的微米级单晶薄膜包括位于衬底层210与微米单晶薄膜层220之间的第一过渡层215a和第二过渡层215b,并且第一过渡层215a与衬底层210相邻设置,第二过渡层215b与微米单晶薄膜层220相邻设置。根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜中的每层结构之间均具有明显的分界线,且分界线较为平整。

[0075] 参照图6,从微米单晶薄膜层220朝向硅衬底层210的方向,微米单晶薄膜层220中的Nb和O的含量均逐渐降低,硅衬底层210中的Si的含量逐渐升高。此外,第一过渡层215a和第二过渡层215b中含有少量的Ar元素,Ar元素来源于键合时对微米单晶薄膜层220处理时

所使用的等离子体。

[0076] 参照图7,在第一过渡层215a和第二过渡层215b中含有较高浓度的H,H的浓度为 1×10^{20} 原子/cc至 1×10^{22} 原子/cc。此外,H的浓度可以在第一过渡层215a或第二过渡层215b中具有最大浓度值,并且H的浓度可以从浓度最大值处分别朝向微米单晶薄膜层220和衬底层210逐渐降低。

[0077] 本发明提供了一种包括微米单晶薄膜层的微米级单晶薄膜。所述微米级单晶薄膜的衬底层与微米单晶薄膜层之间具有表面较为平整的两层过渡层,可以减少声波的损耗,从而减少滤波器的插入损耗。此外,根据本发明的实施例的微米级单晶薄膜的过渡层包括H以及至少一种等离子体气体的元素可以增强衬底层与微米单晶薄膜层之间的键合力。

[0078] 虽然已经参照本发明的示例性实施例具体地示出并描述了本发明,但是本领域普通技术人员将理解,在不脱离如所附权利要求和它们的等同物所限定的本发明的精神和范围的情况下,可以在此做出形式和细节上的各种改变。应当仅仅在描述性的意义上而不是出于限制的目的来考虑实施例。因此,本发明的范围不是由本发明的具体实施方式来限定,而是由权利要求书来限定,该范围内的所有差异将被解释为包括在本发明中。

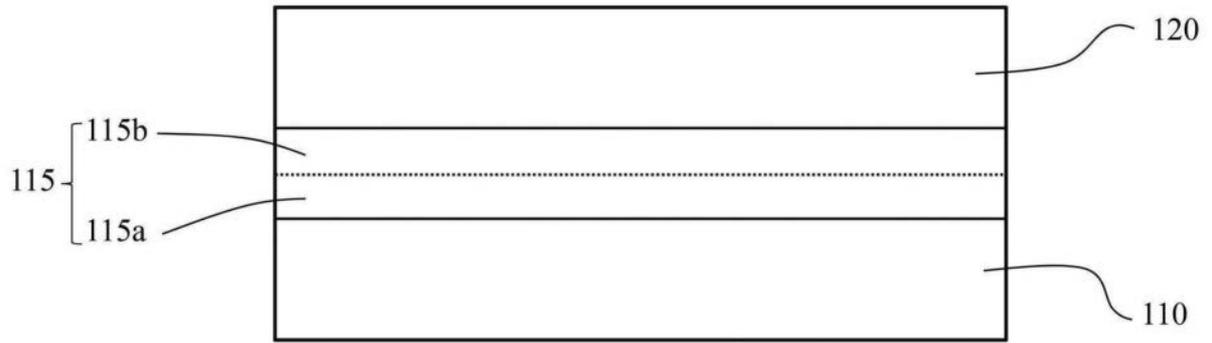


图1

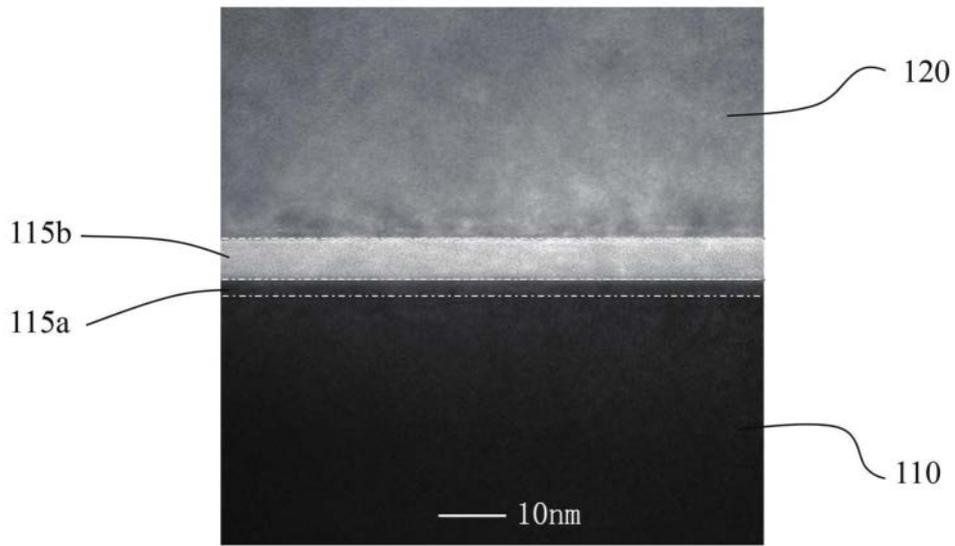


图2

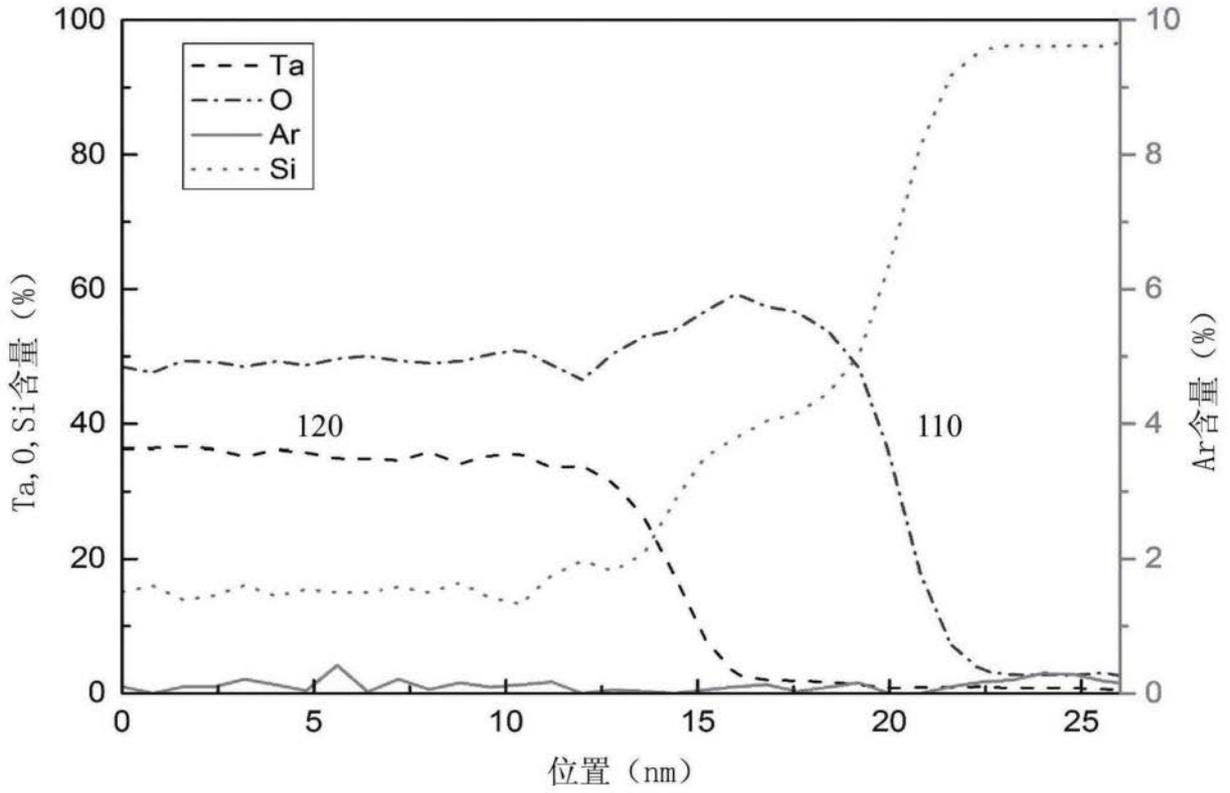


图3

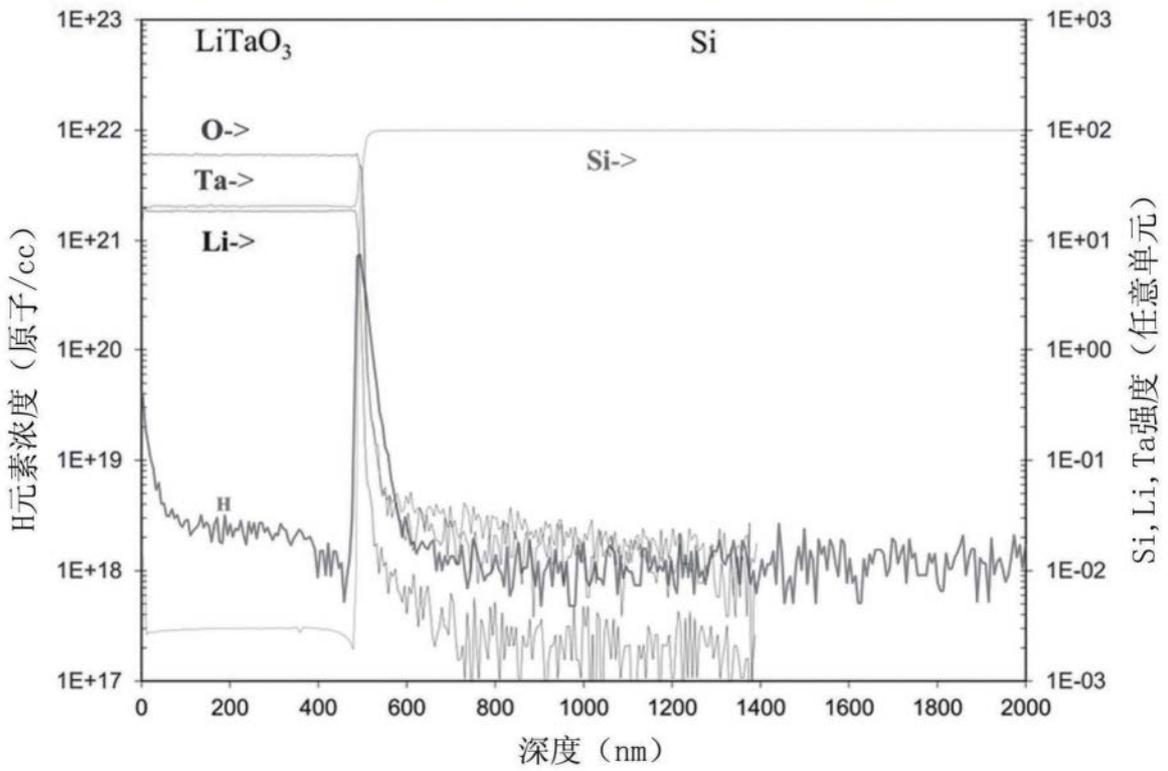


图4

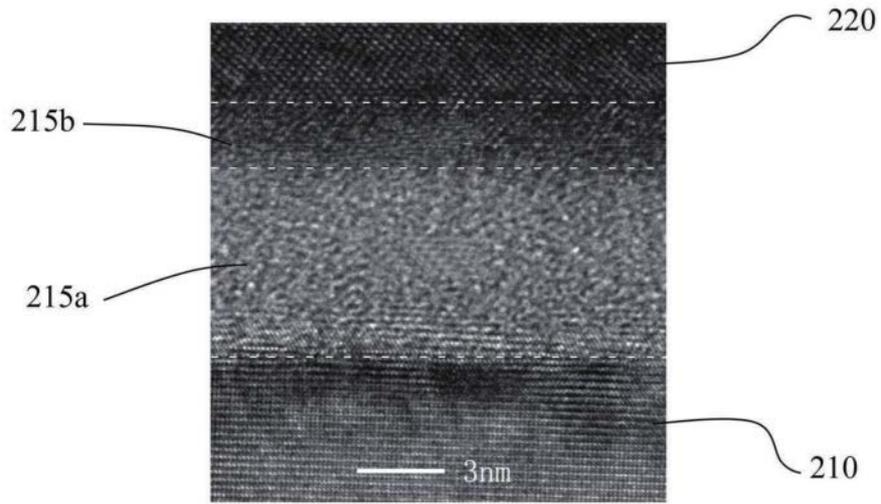


图5

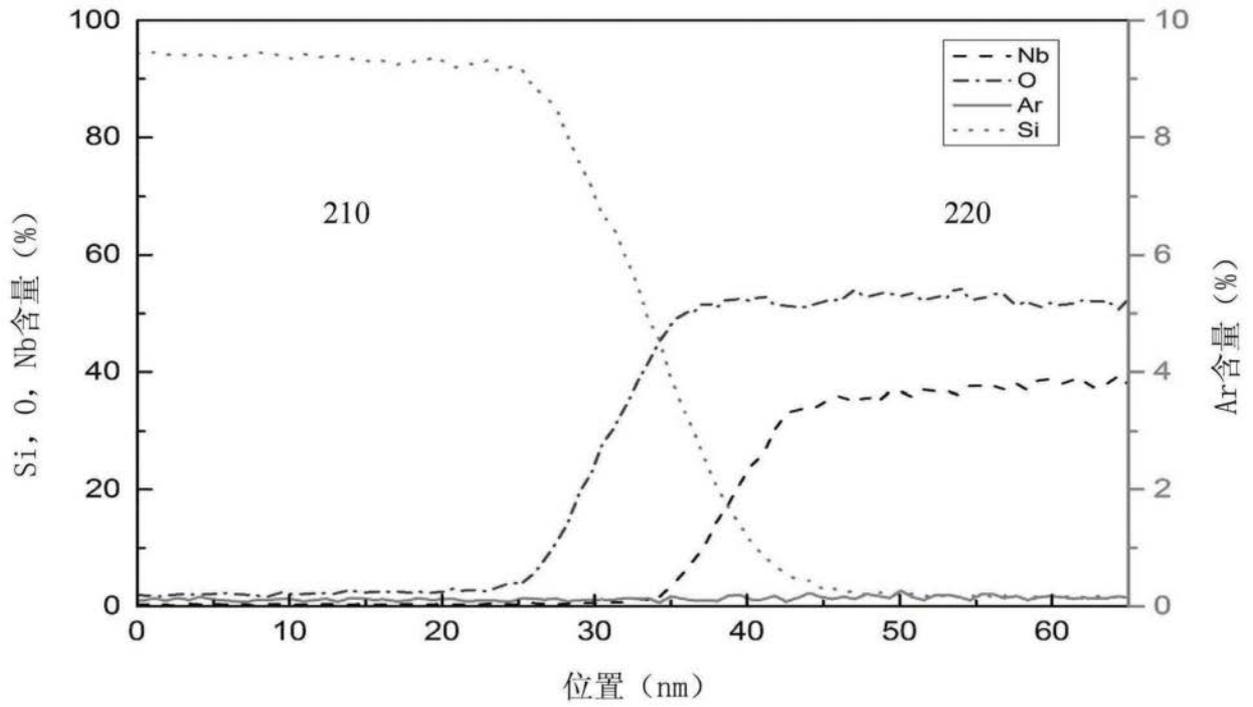


图6

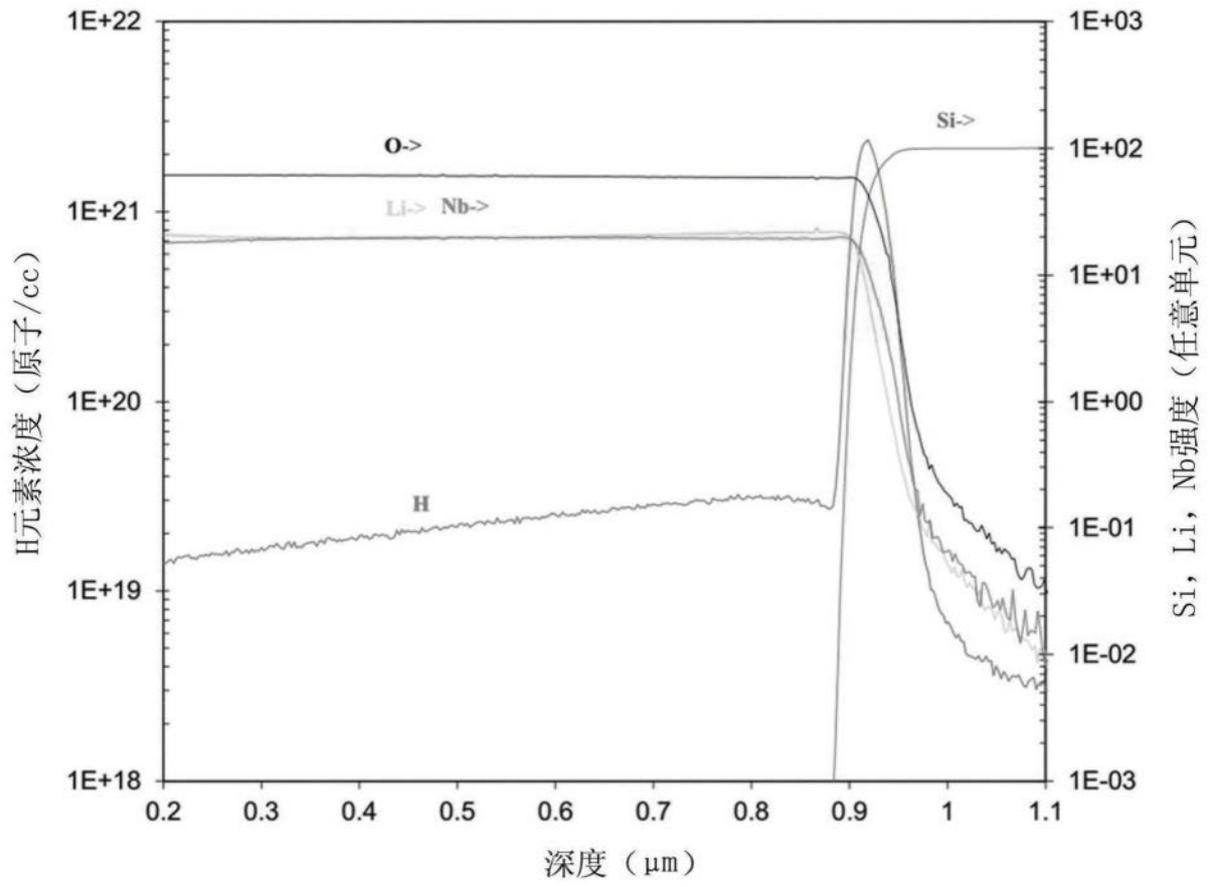


图7