

证书号第 5457430 号



发明专利证书

发明名称：基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片及其加工方法

发明人：黄鑫;息朝祥;何广强

专利号：ZL 2021 1 0883583.7

专利申请日：2021 年 08 月 03 日

专利权人：上海交通大学

地址：200240 上海市闵行区东川路 800 号

授权公告日：2022 年 09 月 16 日

授权公告号：CN 113687466 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



证书号第 5457430 号

专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 08 月 03 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

申请日时本专利记载的申请人、发明人信息如下：

申请人：

上海交通大学

发明人：

黄鑫；息朝祥；何广强



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113687466 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 23

(21) 申请号 202110883583.7

(22) 申请日 2021.08.03

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 黄鑫 息朝祥 何广强

(74) 专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31317

代理人 徐红银

(51) Int. Cl.

G02B 6/136 (2006.01)

G02B 6/132 (2006.01)

G02B 6/122 (2006.01)

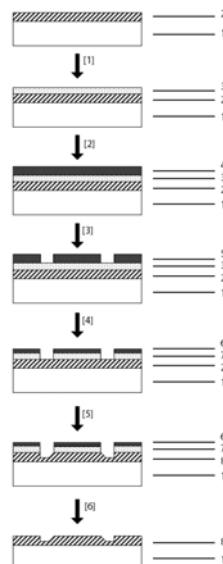
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片及其加工方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片及其加工方法,该方法包括:S1,利用真空磁控溅射技术在铌酸锂薄膜表面沉积一层金属铬层;S2,在所述金属铬层上旋涂一层电子束抗蚀剂,通过电子束直写光刻将待加工的图案转移到所述电子束抗蚀剂上;S3,采用基于氯气的金属刻蚀工艺刻蚀所述金属铬层,形成金属硬掩模;S4,在所述金属硬掩模和电子束抗蚀剂双重保护下,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,实现微米量级光子芯片的加工。本发明具有加工精度高、刻蚀选择比高、结构深宽比好、结构表面污染水平低等优势,可用于铌酸锂薄膜上高精度、高光滑度的脊形波导、微环谐振腔等光子芯片的制造。



1. 一种基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,包括:
 - S1,利用真空磁控溅射技术在铌酸锂薄膜表面沉积一层金属铬层;
 - S2,在所述金属铬层上旋涂一层电子束抗蚀剂,通过电子束直写光刻将待加工的图案转移到所述电子束抗蚀剂上;
 - S3,采用基于氯气的金属刻蚀工艺刻蚀所述金属铬层,将预设图案转移到所述金属铬层上,形成金属硬掩模;
 - S4,在所述金属硬掩模和电子束抗蚀剂双重保护下,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,实现微米量级光子芯片的加工。
2. 根据权利要求1所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,S1中,所述金属铬层,其厚度为60nm到100nm。
3. 根据权利要求1所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述电子束抗蚀剂采用正性抗蚀剂AR-P 6200或Zep520A,旋涂后烘温度为120℃~160℃热板加热55s~70s。
4. 根据权利要求1所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述基于氯气的金属刻蚀工艺刻蚀所述金属铬层,其中:氯气和氧气流量比为1:5~1:7.5,反应时间117s~135s。
5. 根据权利要求1所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述在所述金属硬掩模保护下使用氩和氟基气体,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,其中反应离子刻蚀工艺分为两阶段:
 - 第一阶段的工艺参数为流量80sccm~100sccm的氩,反应时间400s~450s,初始反应温度为-10℃及以下;
 - 第二阶段的工艺参数为流量15sccm~40sccm的氩和15~40sccm的CHF₃,反应时间为400s~480s,初始反应温度为-10℃以下。
6. 根据权利要求5所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述反应离子刻蚀工艺,其中:
 - 第一阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为35nm/min~42nm/min;
 - 第二阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为8nm/min~12nm/min。
7. 根据权利要求1所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述在所述金属硬掩模保护下使用氩和氟基气体,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,其中:
 - 通过控制反应变量,实现对铌酸锂表面形貌和刻蚀效果的控制;
 - 所述反应变量包括金属硬掩模厚度、反应气体流量、反应温度、ICP功率、RIE功率、反应腔压力参数中一种或多种。
8. 根据权利要求7所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述通过控制反应变量,实现对铌酸锂表面形貌和刻蚀效果的控制,其中:
 - 增加金属硬掩模厚度,能增加铌酸锂薄膜的刻蚀深度;
 - 增大氩气的流量,利于侧壁角增大;
 - 增大氟基气体的流量,利于侧壁角减小,但是会增加氟化锂附着;
 - 提高反应温度,能加快刻蚀速度,但会降低表面粗糙度和刻蚀选择比;

提高ICP和RIE功率,降低侧壁角,但不利于表面粗糙度的提高;
降低反应腔压力,能改善表面粗糙度。

9.根据权利要求7所述的基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,其特征在于,所述的控制反应变量,其中:

在60nm的铬硬掩模保护下,在氧化硅衬底上的厚度为600nm的Z切单晶铌酸锂薄膜上,加工得到的脊形波导、微环谐振腔、倒锥形波导之一的光学结构,高度为400nm。

10.一种采用权利要求1-9任一项所述方法制备得到的铌酸锂薄膜光子芯片,其特征在于,所述芯片为铌酸锂薄膜脊形波导或微环谐振腔或倒锥形波导。

基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片及其加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光子芯片加工领域的铌酸锂薄膜光子芯片,具体地,涉及的是一种基于金属硬掩模在铌酸锂薄膜上实现多种不特定微纳结构的光子芯片及其制造方法。

背景技术

[0002] 铌酸锂 (LiNbO_3) 是一种具有优秀的电光和声光性能效应的光学材料,具有良好的物理、化学性能和较宽的低损耗光学窗口,电光系数较大、二阶非线性效应好等优势,主要用于调制器、微波光子学、非线性光学等应用领域。同时,也具有折射率差小、模式限制弱、刻蚀工艺与硅基芯片差异较大、刻蚀残留物较多等不利因素,既有工艺存在一定的不足。

[0003] 现有的铌酸锂薄膜微纳芯片加工技术,主要有湿法和干法两种技术路线。湿法使用的刻蚀液毒性和腐蚀性较强,且受反应温度等多种因素影响,刻蚀的精确性、稳定性上有一定不足。干法刻蚀主要是反应离子刻蚀等,一般需要抗蚀剂/光刻胶等软掩模或氧化硅等硬掩模材料,软掩模的存在刻蚀选择比过低、精细结构和大尺寸结构的刻蚀速率差异等不足,难以实现高精度和高深宽比结构的制备;基于氧化硅的硬掩模虽然选择性较高,但是无论是湿法还是干法都很难在不损坏铌酸锂表面的条件下彻底将掩模去除,引入污染,且不利于将金属集成到芯片特定位置。无掩模的聚焦离子束的刻蚀技术刻蚀精度较高,但是加工效率过低,不利于晶圆级芯片的制造。

[0004] 经检索,中国公开号为CN102738339A的发明专利,其公开一种具有图形化结构的铌酸锂衬底及其制造方法,其中:步骤1:提供一表面平坦的铌酸锂衬底,在所述铌酸锂衬底表面制作一掩膜图形;步骤2:以所述掩膜图形为掩膜,采用氟基等离子体对掩膜图形及所述铌酸锂衬底进行同步刻蚀;步骤3:采用氧等离子体对所述铌酸锂衬底进行刻蚀,以清除形成在所述铌酸锂衬底上的氟化锂颗粒;步骤4:多次重复步骤2至步骤3,直至所述掩膜图形全部消失;步骤5:继续采用氟基等离子体刻蚀所述铌酸锂衬底,在所述铌酸锂衬底表面形成氟化锂颗粒,以形成具有图形化结构的铌酸锂衬底,所述图形化结构的表面具有纳米粗糙结构。但是:该工艺会形成较多的氟化锂沉积,且使用氟基等离子体同时刻蚀掩模和结构,会造成消耗较快,不利于对侧壁光滑度要求高、铌酸锂刻蚀深度要求大的结构制备。

[0005] 因此,开发新型铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,实现高加工效率、高选择比和低污染的制造技术,是实现铌酸锂光子芯片领域的关键问题。

发明内容

[0006] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片及其加工方法,可以实现高加工效率、高选择比和低污染的制造技术,刻蚀铌酸锂的环节对掩模小号较低、刻蚀铌酸锂时除了氟基等离子体还有氩等离子体,有利于氟化锂沉积物的脱落,降低表面粗糙度。

[0007] 根据本发明的一个方面,提供一种基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,包括:

[0008] S1,利用真空磁控溅射技术在铌酸锂薄膜表面沉积一层金属铬层;

[0009] S2,在所述金属铬层上旋涂一层电子束抗蚀剂,通过电子束直写光刻将待加工的图案转移到所述电子束抗蚀剂上;

[0010] S3,采用基于氯气的金属刻蚀工艺刻蚀所述金属铬层,形成金属硬掩模;

[0011] S4,在所述金属硬掩模保护下使用氩和氟基气体,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,实现微米量级光子芯片的加工。

[0012] 可选地,所述在所述金属硬掩模保护下使用氩和氟基气体,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,其中反应离子刻蚀工艺分为两阶段:

[0013] 第一阶段的工艺参数为流量80sccm~100sccm的氩,反应时间400s~450s,初始反应温度为-10℃以下;

[0014] 第二阶段的工艺参数为流量15sccm~40sccm的氩和15~40sccm的 CHF_3 ,反应时间为400s~480s,初始反应温度为-10℃以下。

[0015] 可选地,所述反应离子刻蚀工艺,其中:

[0016] 第一阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为35nm/min~42nm/min;

[0017] 第二阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为8nm/min~12nm/min。

[0018] 可选地,所述在所述金属硬掩模保护下使用氩和氟基气体,通过反应离子刻蚀所述铌酸锂薄膜,其中:通过控制反应变量,包括金属硬掩模厚度、反应气体流量、反应温度、ICP功率、RIE功率、反应腔压力参数,实现对铌酸锂表面形貌和刻蚀效果的控制。具体的,增加金属硬掩模厚度,可以增加铌酸锂薄膜的刻蚀深度;增大氩气的流量,利于侧壁角增大;增大氟基气体的流量,利于侧壁角减小,但是会增加氟化锂附着;提高反应温度,可以加快刻蚀速度,但是会降低表面粗糙度和刻蚀选择比;提高ICP和RIE功率,降低了侧壁角,但是不利于表面粗糙度的提高;降低反应腔压力,可以改善表面粗糙度。

[0019] 本发明的第二方面,提供一种上述方法制备得到的铌酸锂薄膜光子芯片,所述芯片为铌酸锂薄膜脊形波导或微环谐振腔或倒锥形波导。

[0020] 与现有技术相比,本发明解决了亚微米级别铌酸锂薄膜光子芯片的高精度、高效率、低污染加工技术问题。相比既往工艺优势在于以下至少一种:

[0021] 1.采用真空磁控溅射沉积铬薄膜,相比蒸镀等工艺具有致密度高、薄膜均一性好的优势;

[0022] 2.采用电子束直写光刻代替紫外光刻,具有加工线宽低的优势,可以实现300nm级别的加工精度,可以实现更加精细的芯片结构;

[0023] 3.使用铬金属硬掩模代替抗蚀剂/光刻胶或氧化硅,相比导电胶等措施,能够增加导电性改善电子束直写光刻的精准度和图案稳定性。由于刻蚀金属和刻蚀铌酸锂介质的反应条件差异显著,可以有效地避免制备掩模时破坏铌酸锂薄膜,以及降低刻蚀铌酸锂时掩模的损耗,提高刻蚀选择比和结构的深宽比。此外,加工结束后铌酸锂薄膜上的掩模可以完全移除,有利于后端键合、封装等工艺;

[0024] 4.反应离子刻蚀中,基于氩的物理刻蚀和基于氩和氟基气体的物理化学刻蚀分阶段进行,结合了物理刻蚀的高刻蚀速率、低残留物的优势,以及物理化学刻蚀精细度高、刻蚀选择比高的优势,有利于增加结构的深宽比、减少刻蚀副产品沉积、改善侧壁光滑度;

[0025] 5.通过精细控制反应过程中的压力、温度、气体流量、射频功率、离子功率、反应时

间等指标,可以实现不同深度、侧壁角度的器件的设计制造。

附图说明

[0026] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0027] 图1为本发明一实施例的方法流程图;

[0028] 图2是本发明一较优实施例的加工示意图;

[0029] 图中:1为氧化硅衬底;2为单晶铌酸锂薄膜;3为真空磁控溅射沉积的铬;4为电子束抗蚀剂;5为电子束直写光刻后的电子束抗蚀剂图案;6为金属刻蚀后剩余的电子束抗蚀剂;7为金属刻蚀后形成的金属硬掩模;8为反应离子刻蚀并移除掩模之后形成的铌酸锂结构。

具体实施方式

[0030] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0031] 为了实现铌酸锂光子芯片领域的高加工效率、高选择比和低污染的制造技术,本发明实施例提出了一种新型铌酸锂薄膜光子芯片加工方法。具体的:

[0032] 图1为本发明一实施例的方法流程图,参照图1所示,本实施例中基于金属硬掩模的铌酸锂薄膜光子芯片加工方法,包括:

[0033] S1,利用真空磁控溅射技术在铌酸锂薄膜上形成一层保护波导的致密金属铬层,起到保护铌酸锂薄膜光子图案,以及增强表面导电性能改善电子束直写光刻的功能;当然在进行真空磁控溅射之前,可以先对铌酸锂薄膜进行充分清洗。采用真空磁控溅射沉积铬薄膜,致密度高、薄膜均一性。

[0034] S2,在铬层上旋涂电子束抗蚀胶,并进行电子束直写光刻,将预设图案转移到电子束抗蚀胶层。采用电子束直写光刻,加工线宽低,可以实现更高级别的加工精度,可以实现更加精细的芯片结构。

[0035] S3,使用基于氯气的干法刻蚀工艺刻蚀金属铬,将预设图案转移到铬层上,形成铬金属硬掩模。使用铬金属硬掩模能够增加导电性改善电子束直写光刻的精准度和图案稳定性,可以有效地避免制备掩模时破坏铌酸锂薄膜,以及降低刻蚀铌酸锂时掩模的损耗,提高刻蚀选择比和结构的深宽比。

[0036] S4,在抗蚀胶和金属硬掩模的双重保护下,采用反应离子刻蚀工艺刻蚀铬金属硬掩模保护的铌酸锂薄膜,实现薄膜光子结构刻蚀。进一步的,本步骤中,可以使用氩和氟基气体进行离子体反应离子刻蚀工艺刻蚀,离子体反应离子可以使用电感耦合等离子体工艺。

[0037] 在上述完成后,还可以进一步洗去残留的铬金属硬掩模,得到铌酸锂薄膜光子结构。

[0038] 本发明上述实施例具有加工精度高、刻蚀选择比高、结构深宽比好、结构表面污染

水平低等优势,可用于铌酸锂薄膜上高精度、高光滑度的脊形波导、微环谐振腔等光子芯片的制造。此外,加工结束后铌酸锂薄膜上的掩模可以完全移除,有利于后端键合、封装等工艺。

[0039] 上述实施例中,铌酸锂薄膜是氧化硅衬底上沉积的Z切单晶铌酸锂薄膜,使用丙酮和异丙醇充分清洗,并使用氧离子进行表面活化。

[0040] 上述实施例中,金属铬硬掩模厚度可以为60nm到100nm。

[0041] 上述实施例中,电子抗蚀剂是正性抗蚀剂AR-P 6200或Zep520A,旋涂后烘温度为130℃热板加热60s。

[0042] 上述实施例中,基于氯气的金属刻蚀工艺,反应中氯气和氧气流量比为1:7,反应时间125s。

[0043] 上述实施例中,使用氩和氟基气体通过反应离子刻蚀铌酸锂薄膜的工艺,反应离子刻蚀工艺分为两阶段。第一阶段为物理刻蚀,工艺参数为80sccm的氩,反应时间450s,初始反应温度为-10℃。第二阶段为物理-化学刻蚀,工艺参数为20sccm的氩,20sccm的CHF₃,反应时间为400s,初始反应温度为-10℃。第一阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为40nm/min级别,第二阶段铌酸锂的平均刻蚀速率为12nm/min。通过采用基于氩和氟基气体的物理化学刻蚀分阶段进行,结合了物理刻蚀的高刻蚀速率、低残留物的优势,以及物理化学刻蚀精细度高、刻蚀选择比高的优势,有利于增加结构的深宽比、减少刻蚀副产品沉积、改善侧壁光滑度。

[0044] 上述实施例中,使用氩和氟基气体通过反应离子刻蚀铌酸锂薄膜的工艺,通过控制反应变量,包括金属硬掩模厚度、反应气体流量、反应温度、ICP功率、RIE功率、反应腔压力等参数,可以实现对铌酸锂表面形貌和刻蚀效果的控制。比如,在60nm的铬硬掩模保护下,在氧化硅衬底上的厚度为600nm的Z切单晶铌酸锂薄膜上,加工得到的脊形波导、微环谐振腔、倒锥形波导等光学结构高度为400nm级别。

[0045] 为了更好地说明上述的技术方案,以下结合具体产品制备来进行说明,但是以下实施例不用于限定本发明。

[0046] 如图2所示,本发明一实施例中,涉及一种基于金属硬掩模在铌酸锂薄膜上实现多种不特定微纳结构的光子芯片的制造方法,具体实施步骤如下:

[0047] 准备过程:取尺寸为10mm×12mm的500um铌酸锂(未绘出)和2μm氧化硅1衬底上600nm厚度Z切单晶铌酸锂薄膜2,依次使用丙酮、异丙醇和去离子水清洗。充分烘干后使用氧等离子体处理薄膜,清除有机残留并提高表面附着力。

[0048] 步骤1:使用真空磁控溅射设备在铌酸锂表面沉积一层70nm厚的铬薄膜3。

[0049] 步骤2:使用旋涂设备在铬层表面旋涂一层400nm的正性抗蚀剂AR-P 6200层4,随即在150℃热板上前烘120s固化抗蚀剂。

[0050] 步骤3:使用电子束直写光刻设备进行曝光,并在甲基异丁甲酮(MIBK)中显影75s,在异丙醇中定影30s,此时图案转移到抗蚀剂层4上。在130℃热板后烘烤60s,提高抗蚀剂层4的附着力。

[0051] 步骤4:使用金属刻蚀机,设置氯气和氧气的气体流量比为1:7,射频功率设为50W,在抗蚀剂层4的保护下刻蚀125s,形成图案化的金属硬掩模7。之后使用100sccm的Ar吹除冷却样品。

[0052] 步骤5:在剩余抗蚀剂层6和金属硬掩模7的保护下,执行第一阶段物理刻蚀,参数为氩流量80sccm,反应时间450s,ICP功率600W,初始反应温度为-10℃并使用氦吹除冷却。反应结束,降温至-10℃,执行第二阶段物理化学刻蚀,参数为氩流量20sccm,CHF₃流量20sccm,ICP功率100W,反应时间400s,反应结束后形刻蚀后的铌酸锂薄膜8,其厚度400nm。

[0053] 步骤6:依次使用N-甲基吡咯烷酮、丙酮和异丙醇清洗芯片,洗去有机抗蚀剂残留物。使用硝酸铈铵-硝酸配制的铬清洗液,洗去残留的铬金属掩模并用去离子水洗净,得到高精度(100nm级别分辨率)、低污染(无显著掩模残留)、低侧壁粗糙度(10nm级别)、高深宽比(400nm:300nm)的铌酸锂光子芯片结构。

[0054] 本发明另一实施例中,提供一种制造铌酸锂薄膜脊形波导的方法,具体过程如下:

[0055] 准备过程:待加工的铌酸锂薄膜脊形波导最小线宽为300nm。取尺寸为10mm×12mm的500μm铌酸锂(未绘出)和2μm氧化硅1衬底上600nm厚度Z切单晶铌酸锂薄膜2,依次使用丙酮、异丙醇和去离子水清洗。充分烘干后使用氧等离子体处理薄膜,清除有机残留并提高表面附着力。

[0056] 步骤1:使用真空磁控溅射设备在铌酸锂表面沉积一层60nm厚的铬薄膜3。

[0057] 步骤2:使用旋涂设备在铬层表面旋涂一层400nm的正性抗蚀剂AR-P 6200层4,随即在150℃热板上前烘120s固化抗蚀剂。

[0058] 步骤3:使用电子束直写光刻设备进行曝光,并在甲基异丁甲酮(MIBK)中显影75s,在异丙醇中定影30s,此时图案转移到抗蚀剂层4上。在125℃热板后烘60s,提高抗蚀剂层4的附着力。

[0059] 步骤4:使用金属刻蚀机,设置氯气和氧气的气体流量比为1:6,射频功率设为50W,在抗蚀剂层4的保护下刻蚀120s,形成图案化的金属硬掩模7。之后使用100sccm的Ar吹除冷却样品。

[0060] 步骤5:在剩余抗蚀剂层6和金属硬掩模7的保护下,执行第一阶段物理刻蚀,参数为氩流量80sccm,反应时间400s,ICP功率600W,初始反应温度为-10℃并使用氦吹除冷却。反应结束,降温至-10℃,执行第二阶段物理化学刻蚀,参数为氩流量30sccm,CHF₃流量30sccm,ICP功率100W,反应时间375s,反应结束后形刻蚀后的铌酸锂薄膜8,其厚度300nm。

[0061] 步骤6:依次使用N-甲基吡咯烷酮、丙酮和异丙醇清洗芯片,洗去有机抗蚀剂残留物。使用硝酸铈铵-硝酸配制的铬清洗液,洗去残留的铬金属掩模并用去离子水洗净,得到高精度(100nm级别分辨率)、低污染(无显著掩模残留)、低侧壁粗糙度(10nm级别)、高深宽比(300nm:300nm)的铌酸锂脊形波导结构。

[0062] 本发明另一实施例中,提供一种制造铌酸锂薄膜微环谐振腔的方法,具体过程如下:

[0063] 准备过程:待加工的铌酸锂薄膜微环谐振腔最小线宽为2000nm。取尺寸为10mm×12mm的500μm铌酸锂(未绘出)和2μm氧化硅1衬底上600nm厚度Z切单晶铌酸锂薄膜2,依次使用丙酮、异丙醇和去离子水清洗。充分烘干后使用氧等离子体处理薄膜,清除有机残留并提高表面附着力。

[0064] 步骤1:使用真空磁控溅射设备在铌酸锂表面沉积一层60nm厚的铬薄膜3。

[0065] 步骤2:使用旋涂设备在铬层表面旋涂一层400nm的正性抗蚀剂AR-P 6200层4,随即在150℃热板上前烘120s固化抗蚀剂。

[0066] 步骤3:使用电子束直写光刻设备进行曝光,并在甲基异丁甲酮(MIBK)中显影75s,在异丙醇中定影30s,此时图案转移到抗蚀剂层4上。在125℃热板后烘60s,提高抗蚀剂层4的附着力。

[0067] 步骤4:使用金属刻蚀机,设置氯气和氧气的气体流量比为1:7.5,射频功率设为50W,在抗蚀剂层4的保护下刻蚀120s,形成图案化的金属硬掩模7。之后使用100sccm的Ar吹除冷却样品。

[0068] 步骤5:在剩余抗蚀剂层6和金属硬掩模7的保护下,执行第一阶段物理刻蚀,参数为氩流量86sccm,反应时间440s,ICP功率600W,初始反应温度为-10℃并使用氦吹除冷却。反应结束,降温至-10℃,执行第二阶段物理化学刻蚀,参数为氩流量20sccm,CHF₃流量25sccm,ICP功率100W,反应时间375s,反应结束后形成刻蚀后的铌酸锂薄膜8,其厚度300nm。

[0069] 步骤6:依次使用N-甲基吡咯烷酮、丙酮和异丙醇清洗芯片,洗去有机抗蚀剂残留物。使用硝酸铈铵-硝酸配制的铬清洗液,洗去残留的铬金属掩模并用去离子水洗净,得到高精度(100nm级别分辨率)、低污染(无显著掩模残留)、低侧壁粗糙度(10nm级别)、高深宽比(300nm:300nm)的铌酸锂微环谐振腔结构。

[0070] 本发明另一实施例中,提供一种制造铌酸锂薄膜倒锥形波导的方法,具体过程如下:

[0071] 准备过程:待加工的铌酸锂薄膜倒锥形波导最小线宽为1600nm。取尺寸为10mm×12mm的500um铌酸锂(未绘出)和2μm氧化硅1衬底上600nm厚度Z切单晶铌酸锂薄膜2,依次使用丙酮、异丙醇和去离子水清洗。充分烘干后使用氧等离子体处理薄膜,清除有机残留并提高表面附着力。

[0072] 步骤1:使用真空磁控溅射设备在铌酸锂表面沉积一层60nm厚的铬薄膜3。

[0073] 步骤2:使用旋涂设备在铬层表面旋涂一层400nm的正性抗蚀剂AR-P 6200层4,随即在150℃热板上烘120s固化抗蚀剂。

[0074] 步骤3:使用电子束直写光刻设备进行曝光,并在甲基异丁甲酮(MIBK)中显影75s,在异丙醇中定影30s,此时图案转移到抗蚀剂层4上。在125℃热板后烘60s,提高抗蚀剂层4的附着力。

[0075] 步骤4:使用金属刻蚀机,设置氯气和氧气的气体流量比为1:6,射频功率设为50W,在抗蚀剂层4的保护下刻蚀130s,形成图案化的金属硬掩模7。之后使用100sccm的Ar吹除冷却样品。

[0076] 步骤5:在剩余抗蚀剂层6和金属硬掩模7的保护下,执行第一阶段物理刻蚀,参数为氩流量80sccm,反应时间400s,ICP功率600W,初始反应温度为-10℃并使用氦吹除冷却。反应结束,降温至-10℃,执行第二阶段物理化学刻蚀,参数为氩流量30sccm,CHF₃流量35sccm,ICP功率100W,反应时间375s,反应结束后形成刻蚀后的铌酸锂薄膜8,其厚度300nm。

[0077] 步骤6:依次使用N-甲基吡咯烷酮、丙酮和异丙醇清洗芯片,洗去有机抗蚀剂残留物。使用硝酸铈铵-硝酸配制的铬清洗液,洗去残留的铬金属掩模并用去离子水洗净,得到高精度(100nm级别分辨率)、低污染(无显著掩模残留)、低侧壁粗糙度(10nm级别)的铌酸锂倒锥形波导结构。

[0078] 综上,本发明上述实施例刻蚀铌酸锂的环节对掩模小号较低、刻蚀铌酸锂时除了氟基等离子体还有氩等离子体,有利于氟化锂沉积物的脱落,降低表面粗糙度,具有加工精

度高、刻蚀选择比高、结构深宽比好、结构表面污染水平低等优势,可用于砷酸锂薄膜上包括高精度、低粗糙度、高光约束力的脊形波导、微环谐振腔等结构的光子芯片制造。

[0079] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。上述各优选特征在互不冲突的情况下,可以任意组合使用。

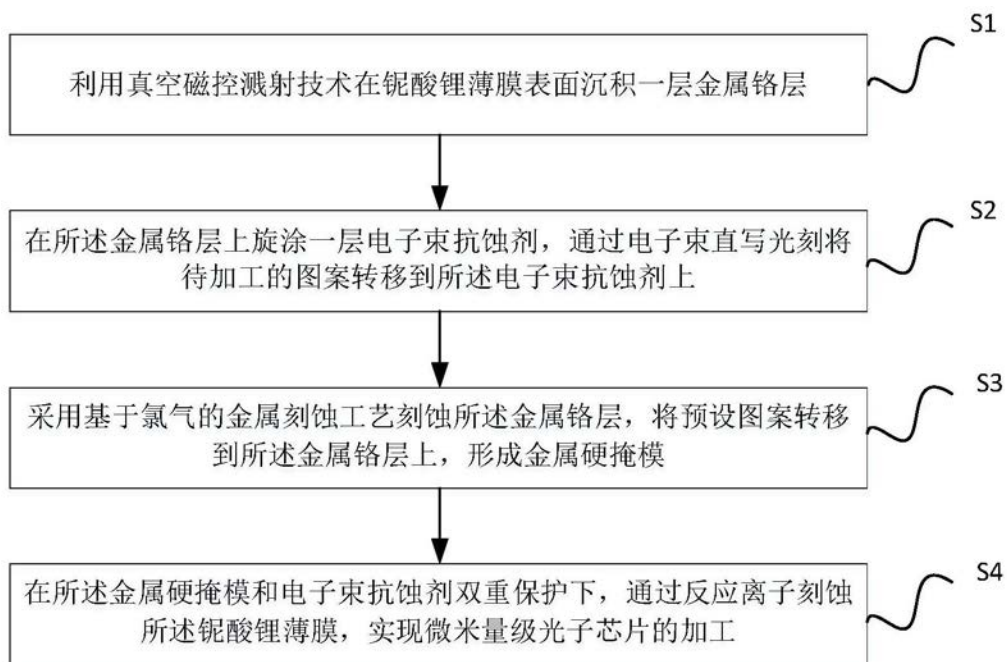


图1

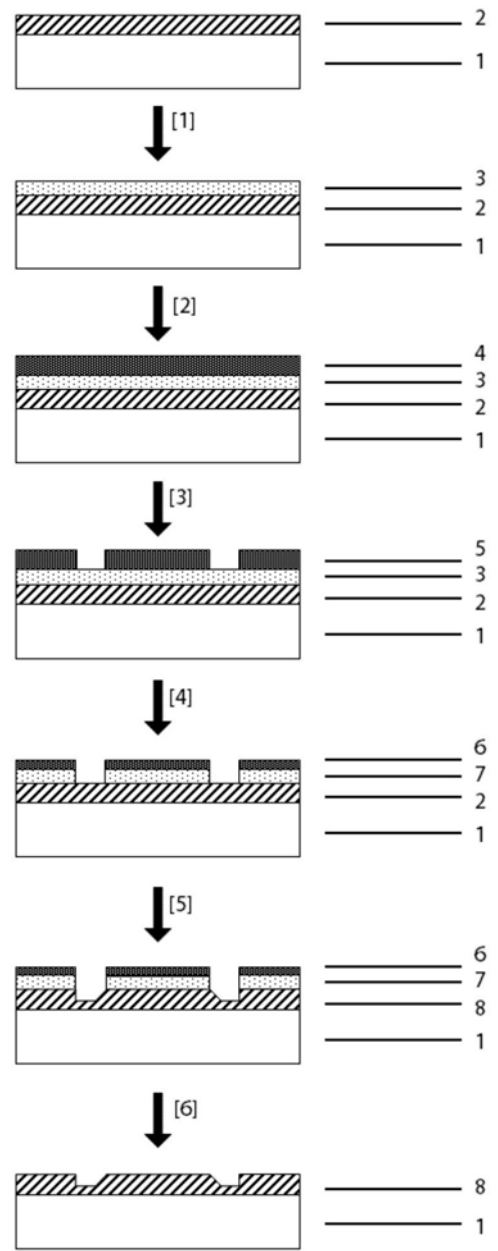


图2