



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 214067429 U

(45) 授权公告日 2021.08.27

(21) 申请号 202022674059.2

(22) 申请日 2020.11.18

(73) 专利权人 苏州科沃微电子有限公司
地址 215431 江苏省苏州市太仓市浏河镇
紫薇路1号
专利权人 上海理工大学

(72) 发明人 冯吉军 刘海鹏

(74) 专利代理机构 上海湾谷知识产权代理事务
所(普通合伙) 31289
代理人 倪继祖

(51) Int.Cl.
G02B 6/12 (2006.01)

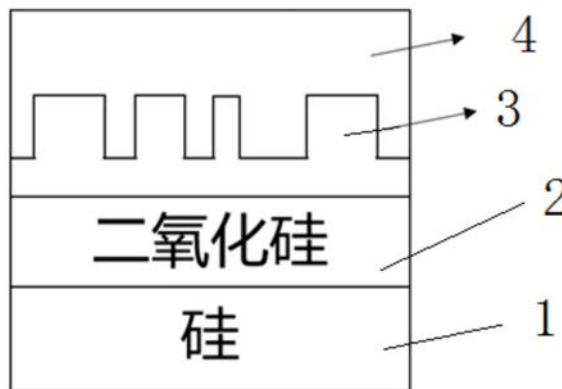
(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 实用新型名称
基于铌酸锂的波导阵列

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于铌酸锂的波导阵列,包括:硅基衬底;沉积在所述硅基衬底上的二氧化硅缓冲层;位于所述二氧化硅缓冲层上的芯层;位于所述芯层上,并包覆所述芯层的二氧化硅包层;其中,所述芯层包括:左右对称的两个铌酸锂宽波导、第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅;所述第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅位于两个所述铌酸锂宽波导之间;所述第一铌酸锂光栅位于所述第二铌酸锂光栅左边。本实用新型可实现在1550nm光波段抑制波导间串扰,实现高透过率,低插入损耗。



1. 一种基于铌酸锂的波导阵列,其特征在于,包括:
硅基衬底;
沉积在所述硅基衬底上的二氧化硅缓冲层;
位于所述二氧化硅缓冲层上的芯层;以及
位于所述芯层上,并包覆所述芯层的二氧化硅包层;
其中,所述芯层包括:左右对称的两个铌酸锂宽波导、第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅;

所述第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅位于两个所述铌酸锂宽波导之间;所述第一铌酸锂光栅位于所述第二铌酸锂光栅左边。

2. 根据权利要求1所述的基于铌酸锂的波导阵列,其特征在于,所述铌酸锂宽波导为直波导,宽度为 $0.5\mu\text{m}$,高度为 $0.3\mu\text{m}$,两个所述铌酸锂宽波导之间间隙为 $1.46\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于铌酸锂的波导阵列,其特征在于,所述芯层还包括:位于所述二氧化硅缓冲层上,并位于所述铌酸锂宽波导、第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅下方的铌酸锂薄膜,该铌酸锂薄膜厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的基于铌酸锂的波导阵列,其特征在于,所述第一铌酸锂光栅的周期为 $0.35\text{-}0.45\mu\text{m}$,占空比为 $0.85\text{-}0.95$,宽度为 $0.24\text{-}0.28\mu\text{m}$,光栅数目为250,所述第一铌酸锂光栅距离左侧铌酸锂宽波导间距为 $0\text{-}0.05\mu\text{m}$;

所述第二铌酸锂光栅的周期为 $0.8\text{-}0.9\mu\text{m}$,占空比为 $0.15\text{-}0.25$,宽度为 $0.05\text{-}0.15\mu\text{m}$,光栅数目为150,所述第二铌酸锂光栅距离右侧铌酸锂宽波导间距为 $0.4\text{-}0.45\mu\text{m}$;

所述第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅之间的间距为 $0.14\text{-}0.18\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的基于铌酸锂的波导阵列,其特征在于,还包括附着在二氧化硅包层上的金属电极。

基于铌酸锂的波导阵列

技术领域

[0001] 本实用新型涉及基于铌酸锂的波导阵列。

背景技术

[0002] 集成片上光学相控阵 (OPA) 是光探测和测距 (Lidar) 的关键部件之一, 由于其具有固态光束控制的能力, 因此在许多应用中 (例如, 无人驾驶、航空测绘和光通信) 使用了 OPA。

[0003] 随着网络流量的快速增长, OPA 的低光损耗、低驱动电压和紧凑的空间占用显得尤为重要。传统的硅光学相控阵采用热光调制, 能耗大且加工精度要求高。对比, 薄膜铌酸锂 (LN) 由于其电光效率高、光损耗小, 是实现高性能 OPA 的最佳材料之一。除此之外, 铌酸锂材料本身的二阶非线性光学系数大, 可采用电光调制技术, 具有高速、低能耗等特点且材料成本相对较低, 因此基于铌酸锂材料的集成 OPA 在高速调制方面有着明显的优势。

[0004] 对于目前的铌酸锂光学相控阵, 为了实现大角度宽视场光束扫描范围, 相邻波导间距设置很小, 且由于芯层与包层材料对比度低, 相邻波导之间极易发生耦合, 串扰大, 难以进行独立相位或振幅控制。然而, 将波导间距设置为 $3-4\mu\text{m}$ 以减轻串扰会使得光束扫描角度范围受限。因此光束的偏转角度和相邻波导间距之间有一个很强的折衷。对于小间距 OPA, 通过减小传输长度来抑制串扰, 其尺寸对于商业应用没有价值。因此, 在相邻波导窄间距、传输长度大的前提下, 研究低串扰的 OPA 具有重要价值。

实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供基于铌酸锂的波导阵列, 可实现在 1550nm 光波段抑制波导间串扰, 实现高透过率, 低插入损耗。

[0006] 实现上述目的的技术方案是:

[0007] 一种基于铌酸锂的波导阵列, 包括:

[0008] 硅基衬底;

[0009] 沉积在所述硅基衬底上的二氧化硅缓冲层;

[0010] 位于所述二氧化硅缓冲层上的芯层; 以及

[0011] 位于所述芯层上, 并包覆所述芯层的二氧化硅包层;

[0012] 其中, 所述芯层包括: 左右对称的两个铌酸锂宽波导、第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅;

[0013] 所述第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅位于两个所述铌酸锂宽波导之间; 所述第一铌酸锂光栅位于所述第二铌酸锂光栅左边。

[0014] 优选的, 所述铌酸锂宽波导为直波导, 宽度为 $0.5\mu\text{m}$, 高度为 $0.3\mu\text{m}$, 两个所述铌酸锂宽波导之间间隙为 $1.46\mu\text{m}$ 。

[0015] 优选的, 所述芯层还包括: 位于所述二氧化硅缓冲层上, 并位于所述铌酸锂宽波导、第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅下方的铌酸锂薄膜, 该铌酸锂薄膜厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 。

[0016] 优选的, 所述第一铌酸锂光栅的周期为 $0.35-0.45\mu\text{m}$, 占空比为 $0.85-0.95$, 宽度为

0.24-0.28 μm ,光栅数目为250,所述第一铌酸锂光栅距离左侧铌酸锂宽波导间距为0-0.05 μm ;

[0017] 所述第二铌酸锂光栅的周期为0.8-0.9 μm ,占空比为0.15-0.25,宽度为0.05-0.15 μm ,光栅数目为150,所述第二铌酸锂光栅距离右侧铌酸锂宽波导间距为0.4-0.45 μm ;

[0018] 所述第一铌酸锂光栅和第二铌酸锂光栅之间的间距为0.14-0.18 μm 。

[0019] 优选的,还包括附着在二氧化硅包层上的金属电极。

[0020] 本实用新型的有益效果是:1) 本实用新型结构紧凑,制作工艺与半导体加工工艺兼容。铌酸锂材料具有宽的透明窗口、低的吸收损耗、高非线性光学系数以及优良的电光调制特性,调制效率高,能耗低,可大批量低成本生产;2) 器件可扩展为8根波导排列相控阵,实现毫米级传输长度且串扰低,对于实际应用有意义;3) 本实用新型可实现在1550nm光波段抑制波导间串扰,实现高透过率,低插入损耗,这在光相控阵及光通信等领域中具有重要的应用前景;4) 本实用新型在波长为1520-1600nm范围内,依旧保持较低的插入损耗和串扰,带宽达到80nm;5) 在光束偏转方面可实现 $\pm 45^\circ$ 左右的角度。

附图说明

[0021] 图1是本实用新型的基于铌酸锂的波导阵列的截面图;

[0022] 图2是本实用新型中芯层的结构图;

[0023] 图3为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为1550nm时,TE模式光入射,光束仅在铌酸锂宽波导之间传输的场分布图;

[0024] 图4为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为1550nm时,TE模式光入射,光在铌酸锂阵列波导之间传输的场分布图;

[0025] 图5为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为1550nm时,TE模式光入射,光束仅在八根铌酸锂宽波导排列之间传输的场分布图;

[0026] 图6为为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为1550nm时,TE模式光入射,光在八根铌酸锂阵列波导之间传输的场分布图;

[0027] 图7为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件在1550nm波长处的远场光束扫描范围图;

[0028] 图8为本实用新型的基于铌酸锂的波导阵列的制作流程图。

具体实施方式

[0029] 下面将结合附图对本实用新型作进一步说明。

[0030] 请参阅图1-2,本实用新型的基于铌酸锂的波导阵列,包括:硅基衬底1、二氧化硅缓冲层2、芯层3和二氧化硅包层4。

[0031] 二氧化硅缓冲层2沉积在硅基衬底1上。芯层3位于二氧化硅缓冲层2上。二氧化硅包层4位于芯层3上,并包覆芯层3。芯层3包括:左右对称的两个铌酸锂宽波导31、第一铌酸锂光栅32和第二铌酸锂光栅33。

[0032] 第一铌酸锂光栅32和第二铌酸锂光栅33位于两个铌酸锂宽波导31之间;第一铌酸锂光栅32位于第二铌酸锂光栅33左边。

[0033] 本实用新型采用波长为1550nm时,TE偏振光源通过设计的铌酸锂直通波导到达耦

合波导(两个铌酸锂宽波导31),通过在其之间加入光栅结构(第一铌酸锂光栅32和第二铌酸锂光栅33),抑制波导间耦合,实现降低阵列波导之间的串扰的功能。

[0034] 经过试验和多次验算,本实施例中,铌酸锂宽波导31为直波导,宽度为 $0.5\mu\text{m}$,高度为 $0.3\mu\text{m}$,两个铌酸锂宽波导31之间间隙为 $1.46\mu\text{m}$ 。铌酸锂宽波导31的长度为 $100\mu\text{m}$ 。

[0035] 芯层3还包括:位于二氧化硅缓冲层2上,并位于铌酸锂宽波导31、第一铌酸锂光栅32和第二铌酸锂光栅33下方的铌酸锂薄膜,该铌酸锂薄膜厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 。

[0036] 第一铌酸锂光栅32的周期为 $0.4\mu\text{m}$,占空比为0.9,宽度为 $0.26\mu\text{m}$,光栅数目为250,第一铌酸锂光栅32距离左侧铌酸锂宽波导31间距为 $0\mu\text{m}$;第二铌酸锂光栅33的周期为 $0.85\mu\text{m}$,占空比为0.2,宽度为 $0.1\mu\text{m}$,光栅数目为150,第二铌酸锂光栅33距离右侧铌酸锂宽波导31间距为 $0.44\mu\text{m}$;第一铌酸锂光栅32和第二铌酸锂光栅33之间的间距为 $0.16\mu\text{m}$ 。加入两种不同参数的光栅结构,使波导之间产生较大的模式失配,抑制波导之间的耦合。在二氧化硅包层4上加上金属电极5。

[0037] 如图8所示,上述基于铌酸锂的波导阵列的制造方法,包括下列步骤:

[0038] 步骤一,在硅基衬底1上沉积二氧化硅缓冲层2,在二氧化硅缓冲层2上沉积铌酸锂层;二氧化硅缓冲层2厚度可以设置为 $2\mu\text{m}$ 。铌酸锂层厚度设置为 400nm 。

[0039] 步骤二,在铌酸锂层上加入光致抗蚀剂(photoresist),再上掩模版进行电子束光刻(EBL),然后氩离子体(Ar^+)轰击铌酸锂层进行等离子体刻蚀(RIE)并实时监控刻蚀深度,形成芯层3;

[0040] 步骤三,对芯层3表面进行湿化学工艺(RCA)清洗,去除铌酸锂表面杂质;

[0041] 步骤四,使用等离子体增强化学气相沉积法(PECVD)在芯层3上沉积二氧化硅包层4;

[0042] 步骤五,进行掩模版光刻,应用相应的光刻胶烘干工艺和金属剥离技术将金属电极5附着到二氧化硅包层4上。

[0043] 如图3为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为 1550nm 时,TE模式光入射,铌酸锂宽波导之间光传输的场分布图。

[0044] 如图4为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为 1550nm 时,TE模式光入射,铌酸锂阵列波导之间光传输的场分布图。

[0045] 如图5为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为 1550nm 时,TE模式光入射,光束仅在八根铌酸锂宽波导排列之间传输的场分布图。

[0046] 如图6为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件模拟在中心波长为 1550nm 时,TE模式光入射,光在八根铌酸锂阵列波导之间传输的场分布图。

[0047] 如图7为本实用新型基于时域有限差分法使用仿真软件在 1550nm 波长处的远场光束扫描范围图,光束偏转方面可实现 $\pm 45^\circ$ 的角度。

[0048] 本实用新型中,相邻铌酸锂宽波导间距小于一个波长。它只包含两个基本的重复元件,即一对基本相位不匹配的铌酸锂宽波导,其宽度完全相同,但间隙中有两个不对称放置的铌酸锂光栅。当这两个铌酸锂光栅位置正确时,模式折射率的变化会导致强烈的相位失配,从而抑制波导之间的功率传输。这些铌酸锂光栅的不对称放置也有助于扩展这种纳米结构的双波导设计,通过交替翻转两个铌酸锂光栅在波导阵列间隙中的位置来形成低串扰的铌酸锂波导阵列。本实用新型的理论研究表明,波长为 1550nm 时,对于TE(横电模)偏振

光,这种阵列在长度为200 μm 时表现出最近邻波导间的-20.96dB峰值串扰和-0.3dB的插入损耗(IL)。此外,本实用新型在光束偏转方面可实现 $\pm 45^\circ$ 的角度。这为实现宽视场扫描范围的固体激光雷达应用开辟了机会。

[0049] 以上实施例仅供说明本实用新型之用,而非对本实用新型的限制,有关技术领域的技术人员,在不脱离本实用新型的精神和范围的情况下,还可以作出各种变换或变型,因此所有等同的技术方案也应该属于本实用新型的范畴,应由各权利要求所限定。

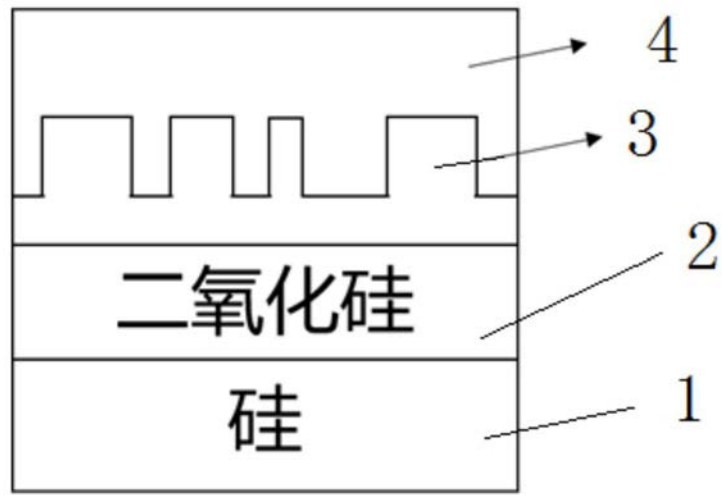


图1

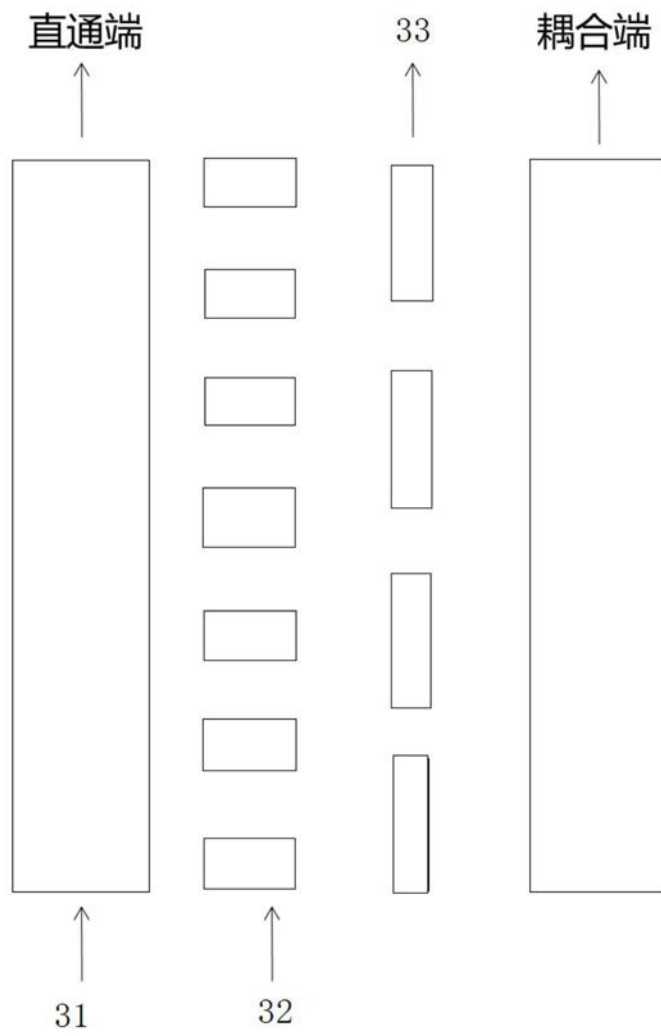


图2

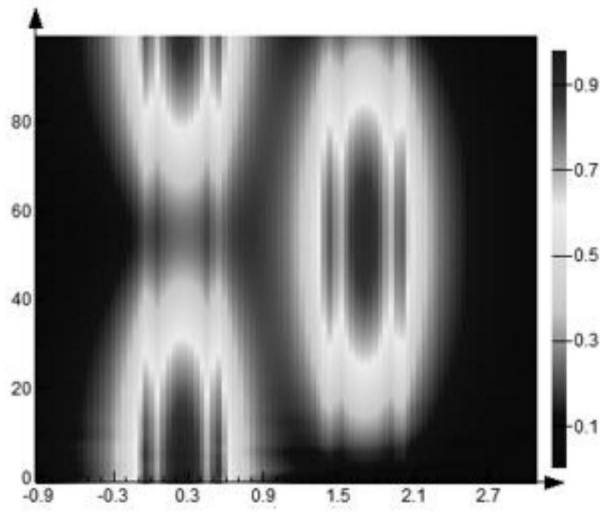


图3

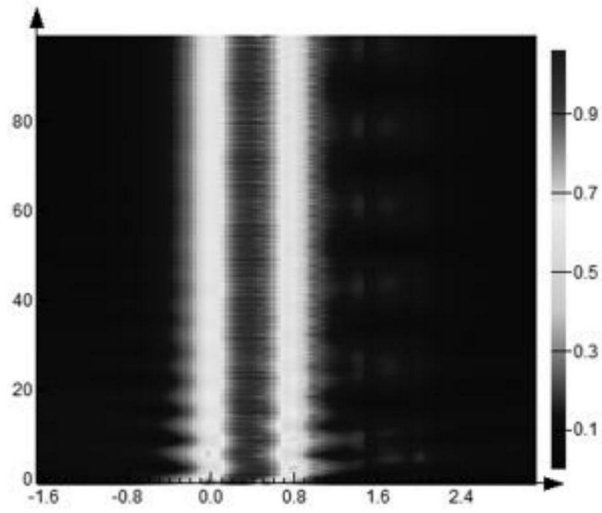


图4

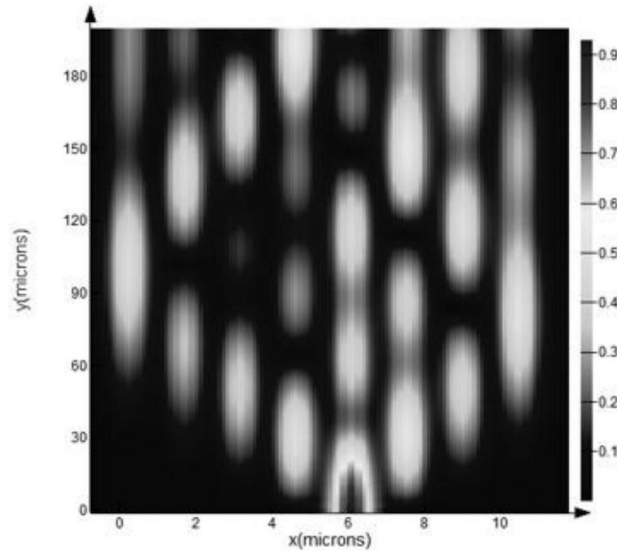


图5

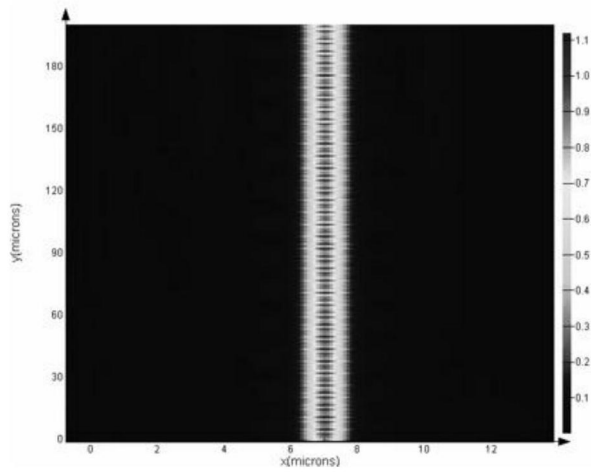


图6

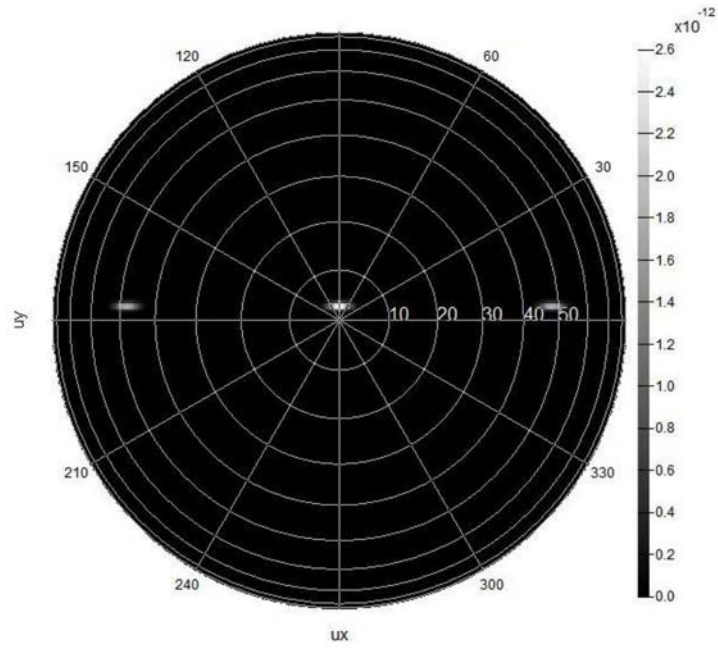


图7

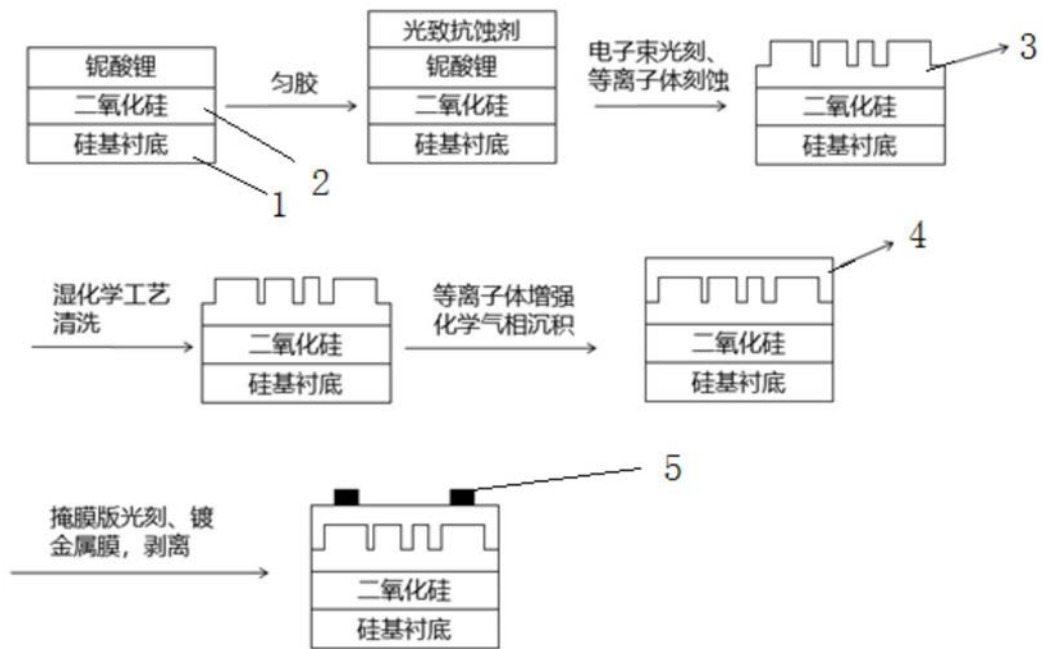


图8