



国家知识产权局

526238

广东省肇庆市高新区广东工商职业技术大学大旺校区
余瑞武(18998591670)

发文日:

2021 年 07 月 01 日



申请号或专利号: 202110736504.X

发文序号: 2021070100046240

专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 202110736504. X
申请日: 2021 年 06 月 30 日
申请人: 广东国腾量子科技有限公司, 上海交通大学
发明创造名称: 一种产生超宽带双光子态的直波导结构

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份
说明书 每份页数:4 页 文件份数:1 份
发明专利请求书 每份页数:5 页 文件份数:1 份
权利要求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份 权利要求项数: 10 项
说明书附图 每份页数:2 页 文件份数:1 份
实质审查请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份

提示:

- 1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
- 2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。
- 3. 国家知识产权局收到向外国申请专利保密审查请求书后, 依据专利法实施细则第 9 条予以审查。

审 查 员: 自动受理

审查部门: 专利局初审及流程管理部





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113589615 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 02

(21) 申请号 202110736504.X

(22) 申请日 2021.06.30

(71) 申请人 广东国腾量子科技有限公司

地址 526238 广东省肇庆市高新区北江大道18号富民大厦1319室

申请人 上海交通大学

(72) 发明人 何广强 姜震 息朝祥 胡敏
郭邦红

(51) Int. Cl.

G02F 1/35 (2006.01)

G02F 1/355 (2006.01)

G02F 1/365 (2006.01)

G02F 1/377 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种产生超宽带双光子态的直波导结构

(57) 摘要

本发明公开了一种产生超宽带双光子态的直波导结构,包括衬底层,所述衬底层上设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层掺杂3%-10% MgO ;所述衬底的长度 L 为6.5-10mm,高度 D 为1.8-2.2 μm ;所述衬底的上表面设置有厚度 d_2 为180-220nm的 LiNbO_3 晶体薄膜层,在 LiNbO_3 晶体薄膜层的中部设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起的横截面为等腰梯形,等腰梯形的高度 d_1 为380-420nm,上底的长度 W 为1500-1700nm,腰与下底的夹角 θ 的角度为65-80度。本发明提供的非线性直波导的横截面为梯形,该截面结构可以调整直波导的色散关系,改变泵浦光、信号光和闲置光空间模式匹配,实现更宽的信号光与闲置光光谱。



1. 一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,包括衬底层,所述衬底层上设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层掺杂3%-10% MgO ;

所述衬底的长度 L 为6-10mm,高度 D 为1.5-2.5 μm ;

所述 LiNbO_3 晶体薄膜层的中部设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起的横截面为等腰梯形,等腰梯形的高度 d_1 为350-450nm,上底的长度 W 为1400-1800nm,腰与下底的夹角 θ 为60-80度。

2. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述衬底层的材质为 SiO_2 。

3. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于, LiNbO_3 晶体薄膜层掺杂5% MgO 。

4. 如权利要求2所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述衬底的长度 L 为8mm,高度 D 为2 μm 。

5. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层的厚度 d_2 为160-220nm。

6. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述等腰梯形的高度 d_1 为400nm,上底的长度 W 为1600nm,腰与下底的夹角 θ 为75度。

7. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层设置有准周期极化结构。

8. 如权利要求7所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述准周期极化结构为: LiNbO_3 晶体薄膜层的二阶非线性极化系数 $x^{(2)}$ 沿光子传播方向周期性反转,实现二阶非线性极化系数 $x^{(2)}=+1$ 的晶畴和二阶非线性极化系数 $x^{(2)}=-1$ 的晶畴规律交替出现。

9. 如权利要求1所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,采取啁啾的形式改变二阶非线性极化系数 $x^{(2)}$ 的翻转周期。

10. 如权利要求8所述的一种产生超宽带双光子态的直波导结构,其特征在于,所述二阶非线性极化系数 $x^{(2)}$ 的翻转周期 Λ 表示为: $\Lambda=2\pi/\Delta k$ 。

一种产生超宽带双光子态的直波导结构

技术领域

[0001] 本发明涉及的量子纠缠源制备领域,具体涉及一种产生超宽带双光子态的直波导结构。

背景技术

[0002] 量子纠缠描述的是粒子或粒子组之间的一种关联特性。量子纠缠源是量子通信系统中不可或缺的部分。基于非线性材料的二阶非线性极化系数的作用下发生自发参量下转换 (Spontaneous parametric down-conversion, SPDC) 过程,是一种产生能量-时间纠缠的有效方案。自发参量下转换是指二阶非线性晶体中泵浦光(频率为 ω_p)和非线性晶体相互作用生成信号光(频率为 ω_s)和闲置光(频率为 ω_l)的非线性参量过程。该过程需要满足能量守恒条件($\omega_p = \omega_s + \omega_l$),而动量守恒条件($\vec{k}_p = \vec{k}_s + \vec{k}_l$)一般不满足。对于LiNbO₃直波导,通常采用准相位匹配技术来补偿非线性过程中的波矢失配量 $\Delta\vec{k}$ ($\Delta\vec{k} = \vec{k}_p - \vec{k}_s - \vec{k}_l$)。

[0003] 然而,准相位匹配技术通常只能匹配一个波矢失配量 $\Delta\vec{k}$,所以产生的信号光闲置光光谱较窄,难以产生超宽带的纠缠光子对,因此需要对现有技术进行进一步的改进。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术中存在的上述不足,提供了一种非线性直波导及超宽带能量-时间双光子纠缠的产生方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取的技术方案如下:一种产生超宽带双光子态的直波导结构,包括衬底层,所述衬底层上设置有LiNbO₃晶体薄膜层,所述LiNbO₃晶体薄膜层掺杂3%-10%MgO;

[0006] 所述衬底的长度L为6.5-10mm,高度D为1.8-2.2 μ m;

[0007] 在LiNbO₃晶体薄膜层的中部设置有LiNbO₃晶体薄膜层凸起,所述LiNbO₃晶体薄膜层凸起的横截面为等腰梯形,等腰梯形的高度d1为380-420nm,上底的长度W为1500-1700nm,腰与下底的夹角 θ 的角度为65-80度。

[0008] 优选地,所述衬底层的材质为SiO₂。

[0009] 优选地,LiNbO₃晶体薄膜层掺杂5%MgO。

[0010] 优选地,所述衬底的长度L为8mm,高度D为2 μ m。

[0011] 优选地,所述LiNbO₃晶体薄膜层的厚度d2为180-220nm,具体地,所述d2的厚度优选值为200nm。

[0012] 优选地,所述等腰梯形的高度d1为400nm,上底的长度W为1600nm,腰与下底的夹角 θ 的角度为75度。

[0013] 优选地,所述LiNbO₃晶体薄膜层设置了准周期极化结构。

[0014] 优选地,所述准周期极化结构为:LiNbO₃晶体薄膜层的二阶非线性极化系数 $x^{(2)}$ 沿光子传播方向在波导中周期性反转,实现二阶非线性极化系数 $x^{(2)} = +1$ 的晶畴和二阶非线性极化系数 $x^{(2)} = -1$ 的晶畴规律交替出现。

[0015] 优选地,采取啁啾的形式改变二阶非线性极化系数 $\chi^{(2)}$ 的翻转周期。

[0016] 优选地,所述二阶非线性极化系数 $\chi^{(2)}$ 的翻转空间频率可以表示为: $\Lambda = 2\pi / \Delta k$ 。

[0017] 其中波矢失配量 $\Delta \vec{k}$ 为: $\Delta \vec{k} = \vec{k}_p - \vec{k}_s - \vec{k}_l$ 。

[0018] 本发明有益的技术效果:

[0019] 1、本发明提供的非线性直波导凸起的横截面为梯形,该截面结构可以调整直波导的色散关系,改变泵浦光、信号光和闲置光空间模式匹配,实现更宽带的信号光与闲置光光谱。

[0020] 2、本发明采用准相位匹配技术来补偿非线性过程中的波矢失配量。通过改变铌酸锂晶体的二阶非线性系数 $\chi^{(2)}$,能够同时补偿多个自发参量下转换过程的相位失配量。

[0021] 3、发明提供可以产生超宽带的信号光和闲置光光谱,可以用于制备能量-时间纠缠的双光子对。

附图说明

[0022] 图1为本发明一种产生超宽带双光子态的直波导结构整体结构示意图。

[0023] 图2为本发明一种产生超宽带双光子态的直波导结构横截面示意图。

[0024] 图3为本发明一种产生超宽带双光子态的直波导结构的结构色散波形图。

[0025] 图4为本发明中准周期晶格结构示意图。

[0026] 图5为本发明中每个准周期对应的极化长度示意图。

具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例对本发明进行进一步详细说明,但本发明要求保护的范围并不局限于下述具体实施例。

[0028] 如图1-5所示一种产生超宽带双光子态的直波导结构,包括衬底层1,所述衬底层1上设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层2,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层2掺杂3%-10% MgO ,优选地,本实施例中 MgO 的配比为5%, LiNbO_3 薄膜容易在强激光下受到损伤,掺杂5% MgO 可以提高 LiNbO_3 薄膜的抗激光损伤阈值。

[0029] 所述衬底层1采用 SiO_2 衬底,所述衬底层1的长度 L 为6.5-10mm,高度 D 为1.8-2.2 μm ,本实施例中,优选值为 L 为8mm,厚度 D 为2 μm 。

[0030] LiNbO_3 晶体薄膜层2的厚度 d_2 为180-220nm,在 LiNbO_3 晶体薄膜层的中部设置有 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起3,所述 LiNbO_3 晶体薄膜层凸起3的横截面为等腰梯形,等腰梯形的高度 d_1 为380-420nm,上底的长度 W 为1500-1700nm,腰与下底的夹角 θ 为65-80度。本实施例中,各参数的优选值为所述 d_2 的厚度为200nm。所述等腰梯形的高度 d_1 为400nm,上底的长度 W 为1600nm,腰与下底的夹角 θ 为75度。

[0031] 本发明的结构色散如图3所示,通过优化设计截面结构可以改变直波导的结构色散,根据不同的结构色散,可以调整自发参量下转换过程中的波矢失配量,提高自发参量下转换过程的非线性转换效率。

[0032] 通过外加电压改变 LiNbO_3 晶体的二阶非线性系数 $\chi^{(2)}$ 的正负系数, LiNbO_3 晶体加电压的区域与不加电压的区域的二阶非线性系数分别为 $\chi^{(2)} = -1$, $\chi^{(2)} = +1$,分别对应图4中白色与黑色区域,它们交替排列出现,每一个白色与黑色区域的宽度 Λ 随着直波导的位置在

变化,即准周期极化结构。利用准周期极化结构可以补偿自发参量下转换过程的波矢失配量,实现更高的非线性转换效率。

[0033] 非线性直波导的长度为8mm,泵浦光波长优选为775nm,泵浦光从波导截面梯形部分正入射到直波导中,由于LiNbO₃晶体的二阶非线性系数,在直波导结构内发生自发参量下转换过程,一个频率为 ω_p 的泵浦光光子被非线性光子晶体转化为一个频率为 ω_s 的信号光光子和一个频率为 ω_i 的闲置光光子。产生的信号光和闲置光的波长位于1550nm的两侧。该过程满足能量守恒条件,但不满足动量守恒条件 $\vec{k}_p=\vec{k}_s+\vec{k}_i$ 。

[0034] 为了实现动量守恒条件 $\vec{k}_p=\vec{k}_s+\vec{k}_i$,采用准周期极化结构来补偿非线性过程中的波矢失配量,通过改变LiNbO₃晶体的二阶非线性系数 $x^{(2)}$,能够同时补偿多个自发参量下转换过程的失配量。二阶非线性系数的变化周期随着晶体的坐标而改变,以同时补偿多个自发参量下转换过程。我们采取啁啾的形式改变 $x^{(2)}$ 的翻转周期。 $x^{(2)}$ 的翻转周期为: $\Lambda=2\pi/\Delta k$ 。

[0035] 使用LiNbO₃薄膜结构的有效折射率,并选取信号光和闲置光的光谱宽度为10THz,非线性直波导的长度为8mm,用以上参数可以设计得到 $x^{(2)}$ 的空间分布如图4所示。该图展示了部分波导的 $x^{(2)}$ 分布,其中黑色表示 $x^{(2)}=+1$,白色表示 $x^{(2)}=-1$ 。其中每一个准周期的宽度如图5所示。基于该实施案例的非线性直波导,可以产生带宽达10THz的超宽带能量-时间双光子纠缠。通过优化参数及准周期结构,可以实现更大的带宽。

[0036] 根据上述说明书的揭示和教导,本发明所属领域的技术人员还可以对上述实施方式进行变更和修改。因此,本发明并不局限于上面揭示和描述的具体实施方式,对发明的一些修改和变更也应当落入本发明的权利要求的保护范围内。此外,尽管本说明书中使用了一些特定的术语,但这些术语只是为了方便说明,并不对发明构成任何限制。

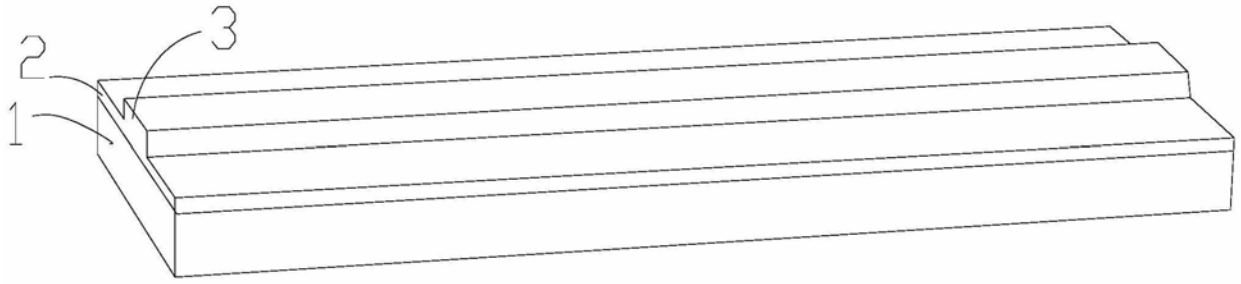


图1

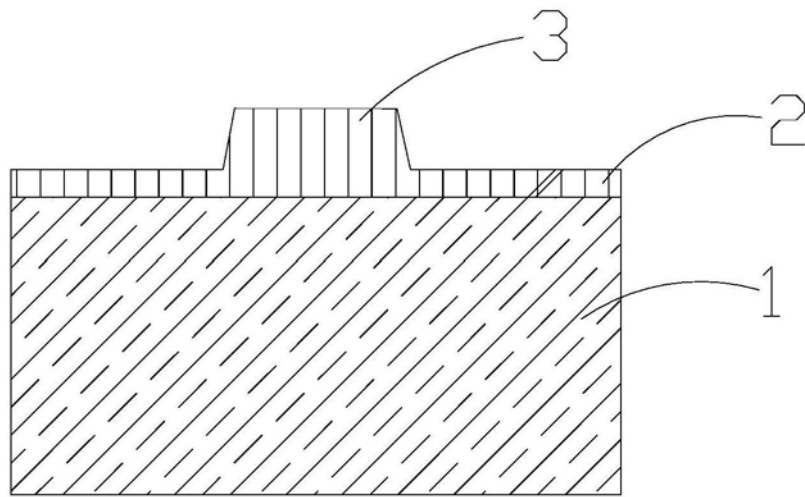


图2

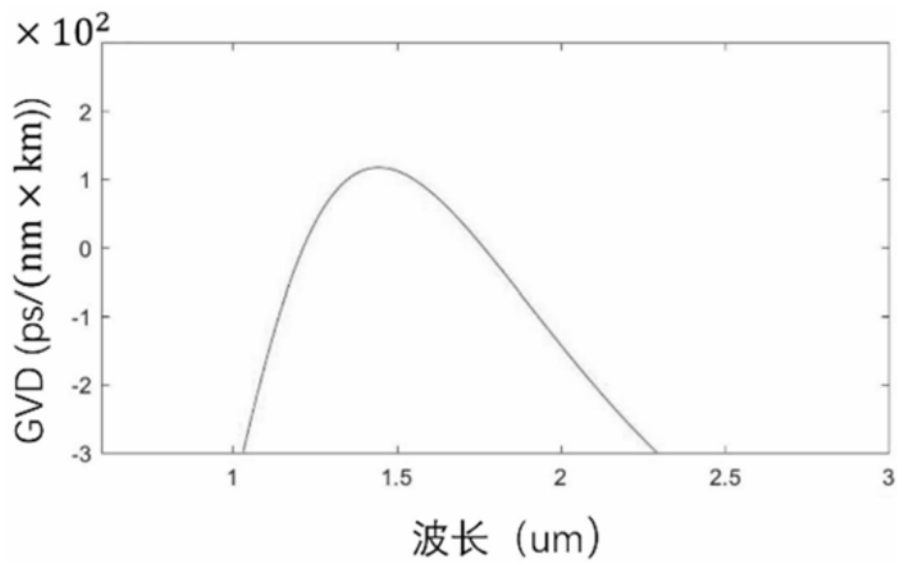


图3

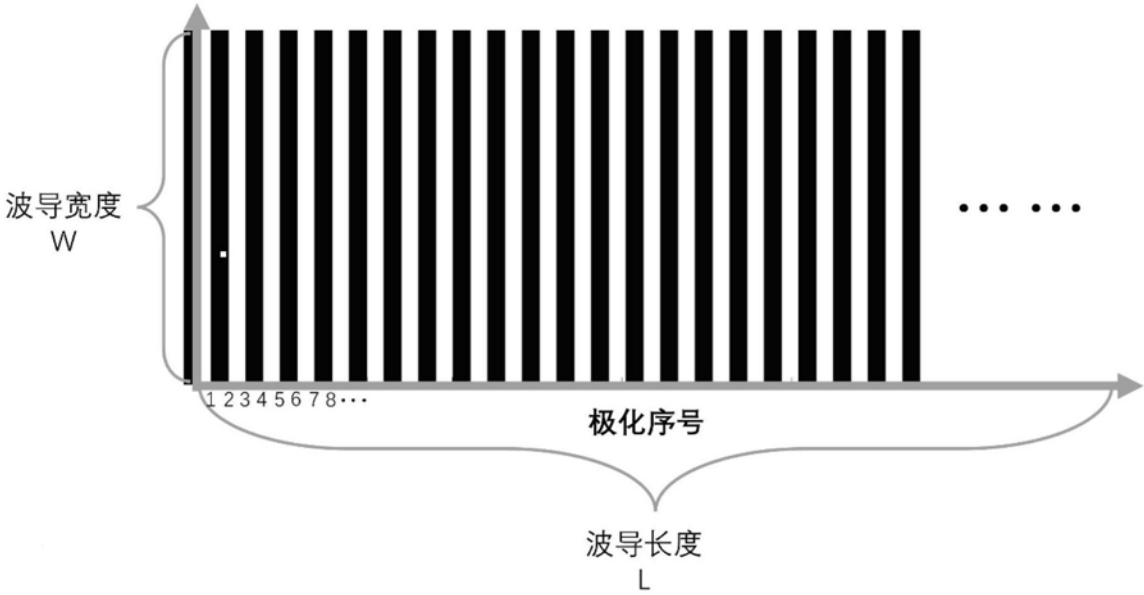


图4

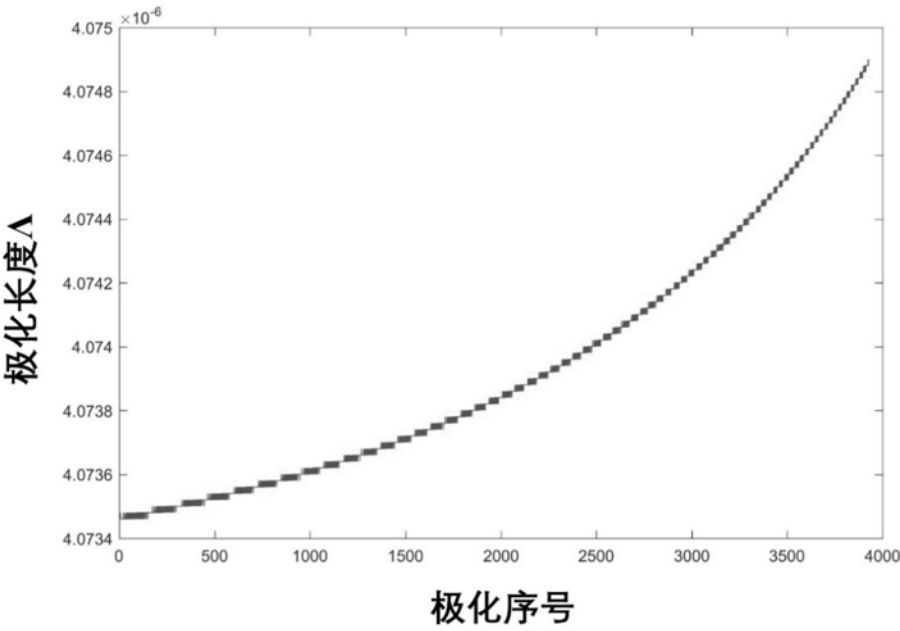


图5