



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113904213 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 01

(21) 申请号 202111492667.4

(22) 申请日 2021.12.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113904213 A

(43) 申请公布日 2022.01.07

(73) 专利权人 杭州拓致光电科技有限公司
地址 311400 浙江省杭州市富阳区春江街
道江南路68号第23幢303室

(72) 发明人 胡红雷 晋帅 宋学智 嵇舒豪

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事
务所(普通合伙) 44268

代理人 徐凯凯

(51) Int. Cl.

H01S 5/06 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2001/0036207 A1, 2001.11.01

US 5238785 A, 1993.08.24

李民康等. 基于超精密激光直写系统制作二
维光栅.《光学学报》.2019,第39卷(第9期),第1-
9页.

审查员 郜慧斌

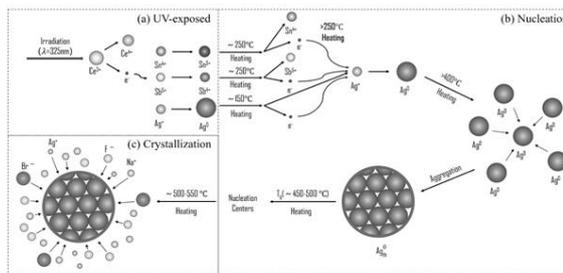
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器及
其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于光热折变玻璃的多
波长锁波器及其制备方法,其中,方法包括步骤:
采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一
次曝光量对光热折变玻璃进行曝光,曝光角度为
 θ_1 ,则对应写入光栅的周期为 Λ_1 ,对应的中心
波长为 λ_1 ;调整曝光角度至 θ_2 ,采用第二次曝
光量对所述光热折变玻璃进行曝光,则对应写入
光栅的周期为 Λ_2 ,对应的中心波长为 λ_2 ;依次
调整曝光角度至 θ_n ,采用第n次曝光量对所述光
热折变玻璃进行曝光,则对应写入光栅的周期为
 Λ_n ,对应的中心波长为 λ_n ;对曝光后的光热折
变玻璃进行热显影,然后进行切割、精抛处理,最
后在光热折变玻璃上镀制减反膜,制得同时实现
对多种波长的半导体激光器进行波长锁定和光
谱带宽压窄的多波长锁波器。



1. 一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其特征在于,包括步骤:

根据多波长锁波器所需中心波长的数量 n ,计算 n 个不同大小的中心波长相应的光栅周期 Λ 和曝光角度 θ ,所述 n 为大于等于2的整数;

采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应写入光栅的周期为 Λ_1 ,对应的中心波长为 λ_1 ,所述双束紫外平行光的波长为325nm;

调整曝光角度至 θ_2 ,采用第二次曝光量对所述光热折变玻璃第二通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_2 ,对应的中心波长为 λ_2 ;

依次调整曝光角度至 θ_n ,采用第 n 次曝光量对所述光热折变玻璃第 n 通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_n ,对应的中心波长为 λ_n ,所述第一次曝光量与第二次曝光量以及第 n 次曝光量的大小各不相同,第一次曝光量 $<$ 第二次曝光量 $< \dots <$ 第 n 次曝光量, n 个通道的折射率调制度之和不能大于光热折变玻璃的最大折射率调制度;

将曝光后的所述光热折变玻璃进行热显影,根据光谱半宽的要求对所述光热折变玻璃进行切割、精抛处理,最后在所述光热折变玻璃上镀制减反膜,制得所述多波长锁波器。

2. 根据权利要求1所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其特征在于,所述光栅周期 $\Lambda = \lambda_{\text{使}}/2n_{\text{av}}$,曝光角度 $\theta = \arcsin(n_{\text{av}}\lambda_{\text{曝}}/\lambda_{\text{使}})$,其中 $\lambda_{\text{曝}}$ 为紫外平行光的波长, $\lambda_{\text{使}}$ 为对应的中心波长, n_{av} 为光热折变玻璃的平均折射率,曝光角度 θ 是双束紫外平行光分别与法线的夹角。

3. 根据权利要求1所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其特征在于,采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光之前,还包括步骤:

对光热折变玻璃的表面进行抛光,使所述光热折变玻璃的曝光入射面与出射面的表面均方根粗糙度RMS均小于1nm。

4. 根据权利要求1所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其特征在于,将曝光后的所述光热折变玻璃进行热显影的步骤具体包括:

将曝光后的所述光热折变玻璃放置于高温炉中,采用450-550℃的温度进行热显影30-120min。

5. 一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器,其特征在于,采用权利要求1-4任一所述的制备方法制得。

一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及波长锁波器技术领域,尤其涉及一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器及其制备方法。

背景技术

[0002] 半导体激光器具有效率高、寿命长以及便于集成等优势,在激光通信、激光打印、测距以及泵浦源等方面得到了广泛的应用。但半导体激光器的输出光谱线宽较宽,而且随着温度的变化中心波长会产生漂移,因此业界目前大多采用反射式体光栅作为锁波器件对半导体激光器的光谱进行波长锁定和光谱带宽压窄。

[0003] 公开号为CN110879433B的专利公开了一种基于光热折变玻璃的反射式体光栅制备方法,其具体介绍了反射式体光栅的制备方法,但该专利只是针对目前业界所用的通用产品进行描述,即该类反射式体光栅仅对一种波长进行波长锁定与光谱带宽压窄,其无法对多种波长的光实现波长锁定和光谱带宽压窄,使得其无法适应半导体激光器不同场景的应用需求。

[0004] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

发明内容

[0005] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器及其制备方法,旨在解决波长锁波器无法实现对多种波长的光实现波长锁定和光谱带宽压窄,使得其适应半导体激光器不同场景的应用需求的问题。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其中,包括步骤:

[0008] 根据多波长锁波器所需中心波长通道的数量 n ,计算 n 个不同大小的中心波长相应的光栅周期 Λ 和曝光角度 θ ,所述 n 为大于等于2的整数;

[0009] 采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应写入光栅的周期为 Λ_1 ,对应的中心波长为 λ_1 ;

[0010] 调整曝光角度至 θ_2 ,采用第二次曝光量对所述光热折变玻璃第二通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_2 ,对应的中心波长为 λ_2 ;

[0011] 依次调整曝光角度至 θ_n ,采用第 n 次曝光量对所述光热折变玻璃第 n 通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_n ,对应的中心波长为 λ_n ;

[0012] 将曝光后的所述光热折变玻璃进行热显影,根据光谱半宽的要求对所述光热折变玻璃进行切割、精抛处理,最后再在所述光热折变玻璃上镀制减反膜,制得所述多波长锁波器。

[0013] 所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其中,所述光栅周期 $\Lambda = \lambda_{\text{使}} / 2n_{\text{av}}$,曝光角度 $\theta = \arcsin(n_{\text{av}} \lambda_{\text{曝}} / \lambda_{\text{使}})$,其中 $\lambda_{\text{曝}}$ 为紫外平行光的波长, $\lambda_{\text{使}}$ 为对应的中心波长, n_{av} 为光热折变玻璃的平均折射率,曝光角度 θ 是双束紫外平行光分别与法线的夹角。

[0014] 所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其中,所述第一次曝光量与第二次曝光量以及第n次曝光量的大小各不相同,第一次曝光量<第二次曝光量<...<第n次曝光量。

[0015] 所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其中,采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光之前,还包括步骤:

[0016] 对光热折变玻璃的表面进行抛光,使所述光热折变玻璃的曝光入射面与出射面的表面均方根粗糙度RMS均小于1nm。

[0017] 所述基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,其中,将曝光后的所述光热折变玻璃进行热显影的步骤具体包括:

[0018] 将曝光后的所述光热折变玻璃放置于高温炉中,采用450-550℃的温度进行热显影30-120min。

[0019] 一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器,其中,采用本发明所述的制备方法制得。

[0020] 有益效果:本发明提供了一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,本发明制备的多波长锁波器可以同时实现对多种波长的半导体激光器进行波长锁定和光谱带宽压窄,以适应半导体激光器不同应用场景的需求。

附图说明

[0021] 图1为体光栅的热定影原理示意图。

[0022] 图2为本发明一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法流程图。

[0023] 图3为本发明实施例1制备的四通道锁波器件的结构示意图。

[0024] 图4为本发明实施例1制备的四通道锁波器件的反射率谱线图。

[0025] 图5为本发明实施例2制备的四通道锁波器件的反射率谱线图。

具体实施方式

[0026] 本发明提供一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器及其制备方法,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0027] 光热折变(Photo-Thermo-Refractive)玻璃是一种硅酸盐玻璃($\text{Na}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$),包含了少量氟(F)和溴(Br),添加铈(Ce)、银(Ag)、锑(Sb)、锡(Sn)等元素,其通过紫外曝光和热处理的方式可以实现材料内部永久性的折射率改变。与传统的全息记录材料相比,光热折变玻璃材料的独特优势是其折射率随温度的变化非常小(dn/dT 约为 $5 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$),可以看作绝热性光学材料,能够经受住高强度激光的辐射。

[0028] 光热折变玻璃是一种特殊的稀土掺杂氧卤化物硅酸盐玻璃,通过玻璃组分设计和稀土离子选择掺杂,可实现特定光敏和热敏性能。其主要机理是利用 Ce^{3+} 在300-350nm的吸收特性,通过紫外曝光使得 Ce^{3+} 发生价态变化,给出一个电子被 Ag^+ 吸收,实现 Ag^+ 到Ag的变化,在一定温度热处理后形成Ag原子核团簇,之后进一步升高温度以控制玻璃的诱导析晶,玻璃材料中的NaF即可围绕银胶团生长形成微晶,如图1所示,最后在玻璃转变温度以下进行退火,稳定结构,释放应力。由于NaF晶体的折射率小于光热敏折变玻璃材料本身的折射

率,从而引起相对折射率变化,形成相位型光栅,从而可制备成光热性能稳定、衍射效率高、布拉格选择性可控的体光栅。

[0029] 基于此,本发明提供了一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法,如图2所示,其包括步骤:

[0030] S10、根据多波长锁波器所需中心波长的数量 n ,计算 n 个不同大小的中心波长相应的光栅周期 Λ 和曝光角度 θ ,所述 n 为大于等于2的整数;

[0031] S20、采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应写入光栅的周期为 Λ_1 ,对应的中心波长为 λ_1 ;

[0032] S30、调整曝光角度至 θ_2 ,采用第二次曝光量对所述光热折变玻璃第二通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_2 ,对应的中心波长为 λ_2 ;

[0033] S40、依次调整曝光角度至 θ_n ,采用第 n 次曝光量对所述光热折变玻璃第 n 通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_n ,对应的中心波长为 λ_n ;

[0034] S50、将曝光后的所述光热折变玻璃进行热显影,根据光谱半宽的要求对所述光热折边玻璃进行切割、精抛处理,最后在所述光热折变玻璃上镀制减反膜,制得所述多波长锁波器。

[0035] 具体来讲,本发明在对光热折变玻璃进行曝光处理前,需要先对光热折变玻璃的表面进行抛光,使所述光热折变玻璃的曝光入射面与出射面的表面均方根粗糙度RMS均小于1nm;之后根据多波长锁波器所需中心波长的数量 n ,计算 n 个不同大小的中心波长相应的光栅周期 Λ 和曝光角度 θ ,所述 n 为大于等于2的整数,其中,所述光栅周期 $\Lambda = \lambda_{\text{使}}/2n_{\text{av}}$,曝光角度 $\theta = \arcsin(n_{\text{av}}\lambda_{\text{曝}}/\lambda_{\text{使}})$,其中 $\lambda_{\text{曝}}$ 为紫外平行光的波长, $\lambda_{\text{使}}$ 为对应的中心波长, n_{av} 为光热折变玻璃的平均折射率,曝光角度 θ 是双束紫外平行光分别与法线的夹角;接着,采用双束紫外平行光形成的干涉条纹以及第一次曝光量对光热折变玻璃的第一通道区域进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应写入光栅的周期为 Λ_1 ,对应的中心波长为 λ_1 ;调整曝光角度至 θ_2 ,采用第二次曝光量对所述光热折变玻璃第二通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_2 ,对应的中心波长为 λ_2 ;依次调整曝光角度至 θ_n ,采用第 n 次曝光量对所述光热折变玻璃第 n 通道区域进行曝光,则对应写入光栅的周期为 Λ_n ,对应的中心波长为 λ_n ;再之后,将曝光后的所述光热折变玻璃放置于高温炉中,采用450-550℃的温度进行热显影30-120min,根据光谱半宽的要求对所述光热折变玻璃进行切割、精抛处理,最后在所述光热折变玻璃上镀制减反膜,制得所述多波长锁波器。

[0036] 在本实施例中,为了保证制备得到的多波长锁波器中各波长通道的反射效率差异较小,需要对各波长通道区域的曝光量进行调整,具体来讲所述第一次曝光量与第二次曝光量以及第 n 次曝光量的大小各不相同,第一次曝光量<第二次曝光量<...<第 n 次曝光量。

[0037] 下面通过具体实施例对本发明一种基于光热折变玻璃的多波长锁波器的制备方法做进一步的解释说明:

[0038] 实施例1

[0039] 以制备四通道锁波器件为例描述其制造过程,具体步骤如下:

[0040] 1、当多波长锁波器所需中心波长的数量为4,且各中心波长分别为 $\lambda_1=975\text{nm}$, $\lambda_2=$

976nm, $\lambda_3=977\text{nm}$ 和 $\lambda_4=978\text{nm}$ 时,则根据光栅方程 $\theta=\arcsin(n_{\text{av}}\lambda_e/\lambda_c)$,其中, $\lambda_e=325\text{nm}$ 为用于曝光的紫外光波长, λ_c 为上述中心波长, n_{av} 为光热折变玻璃的平均折射率,计算其对应的曝光角度分别为: $\theta_1=29.90742^\circ$, $\theta_2=29.87366^\circ$, $\theta_3=29.83998^\circ$, $\theta_4=29.80638^\circ$;

[0041] 2、采用双束紫外平行光形成的干涉条纹、曝光量50mJ对光热折变玻璃进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应的中心波长为 $\lambda_1=975\text{nm}$;

[0042] 3、调整曝光角度至 θ_2 ,采用相同的曝光量对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_2=976\text{nm}$;

[0043] 4、调整曝光角度至 θ_3 ,采用相同的曝光量对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_3=977\text{nm}$;

[0044] 5、调整曝光角度至 θ_4 ,采用相同的曝光量对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_4=978\text{nm}$;

[0045] 6、用500℃,恒温50分钟的条件对曝光后的光热折变玻璃进行热退火;切割、精抛到1.5mm的厚度后,对其两个通光面进行减反膜镀制,制得如图3所示的四通道波长锁波器。对图3所示四通道波长锁波器的反射率谱线进行测试,结果如图4所示,从图4可以看出四个通道的波长分别为975.05nm,976nm,9776.95nm,978.01nm,四个通道的光谱半高宽大致为0.2nm左右,这与单一中心波长的锁波器件半高宽一致;然而,四个通道的反射效率依次为28%,26%,23.5%,18.2%,说明以同一曝光量出来的各通道反射效率差异性较大,这会导致半导体锁波时芯片输出功率的一致性差,且较高的反射效率会导致芯片锁死甚至烧坏。

[0046] 实施例2

[0047] 以制备四通道锁波器件为例描述其制造过程,具体步骤如下:

[0048] 1、当多波长锁波器所需中心波长的数量为4,且各中心波长分别为 $\lambda_1=975\text{nm}$, $\lambda_2=976\text{nm}$, $\lambda_3=977\text{nm}$ 和 $\lambda_4=978\text{nm}$ 时,则根据光栅方程 $\theta=\arcsin(n_{\text{av}}\lambda_e/\lambda_c)$,其中, $\lambda_e=325\text{nm}$ 为用于曝光的紫外光波长, λ_c 为上述中心波长, n_{av} 为光热折变玻璃的平均折射率,计算其对应的曝光角度分别为: $\theta_1=29.90742^\circ$, $\theta_2=29.87366^\circ$, $\theta_3=29.83998^\circ$, $\theta_4=29.80638^\circ$;

[0049] 2、采用双束紫外平行光形成的干涉条纹、曝光量40mJ对光热折变玻璃进行曝光,曝光角度为 θ_1 ,则对应的中心波长为 $\lambda_1=975\text{nm}$;

[0050] 3、调整曝光角度至 θ_2 ,曝光量48mJ对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_2=976\text{nm}$;

[0051] 4、调整曝光角度至 θ_3 ,曝光量57mJ对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_3=977\text{nm}$;

[0052] 5、调整曝光角度至 θ_4 ,曝光量66mJ对光热折变玻璃进行曝光,则对应的中心波长为 $\lambda_4=978\text{nm}$;

[0053] 6、用500℃,恒温50分钟的条件对曝光后的光热折变玻璃进行热退火;切割、精抛到1.5mm的厚度后,对其两个通光面进行减反膜镀制,制得四通道波长锁波器。对所述四通道波长锁波器的反射率谱线进行测试,结果如图5所示,从图5可以看出四个通道的波长分别为975.04nm,975.96nm,977nm,978nm,四个通道的光谱半高宽大致为0.2nm左右,这与单一中心波长的锁波器件半高宽一致;并且,这四个通道的反射效率依次为20.3%,19.6%,20.6%,19.5%,反射效率一致性较好,说明本实施例通过调节曝光量可对四通道波长锁波器的反射效率一致性进行调整。

[0054] 综上所述,本发明通过在一块光热折变玻璃中写入更多波长制得多波长锁波器,其中心波长可以根据曝光角度的不同而变化,效率一致性可通过调节曝光量来进行调整,以对多种不同波长的半导体激光器输出的光进行一次性锁定,满足半导体激光器的不同应用场景的需求。值得一提的是,本发明中多波长锁波器所有通道的折射率调制度之和不能超过光热折变玻璃的最大折射率调制度。

[0055] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

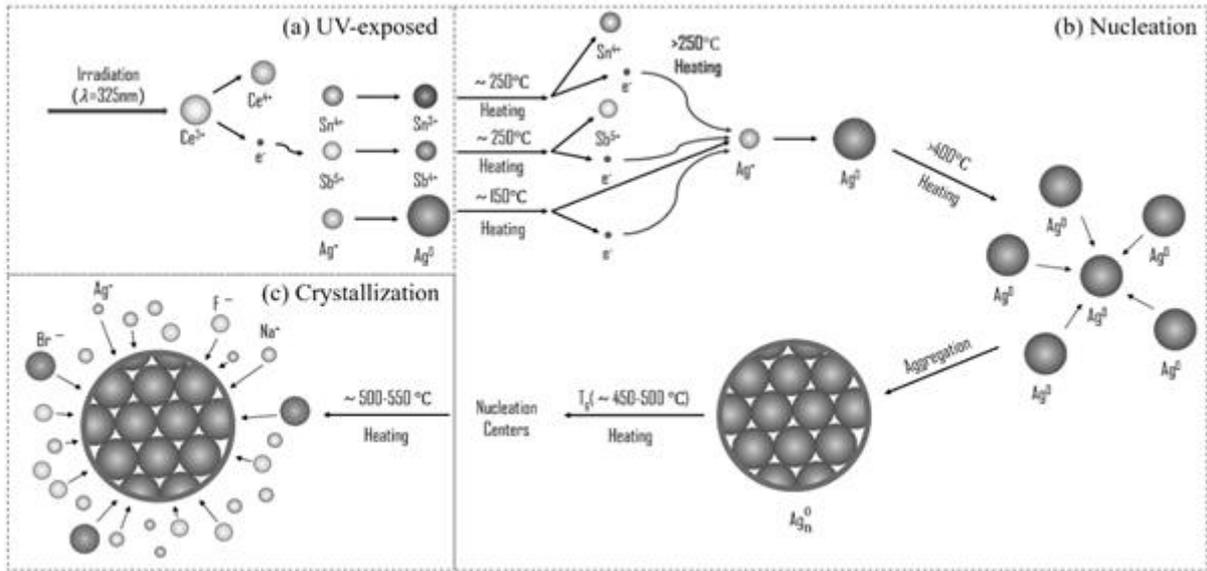


图1

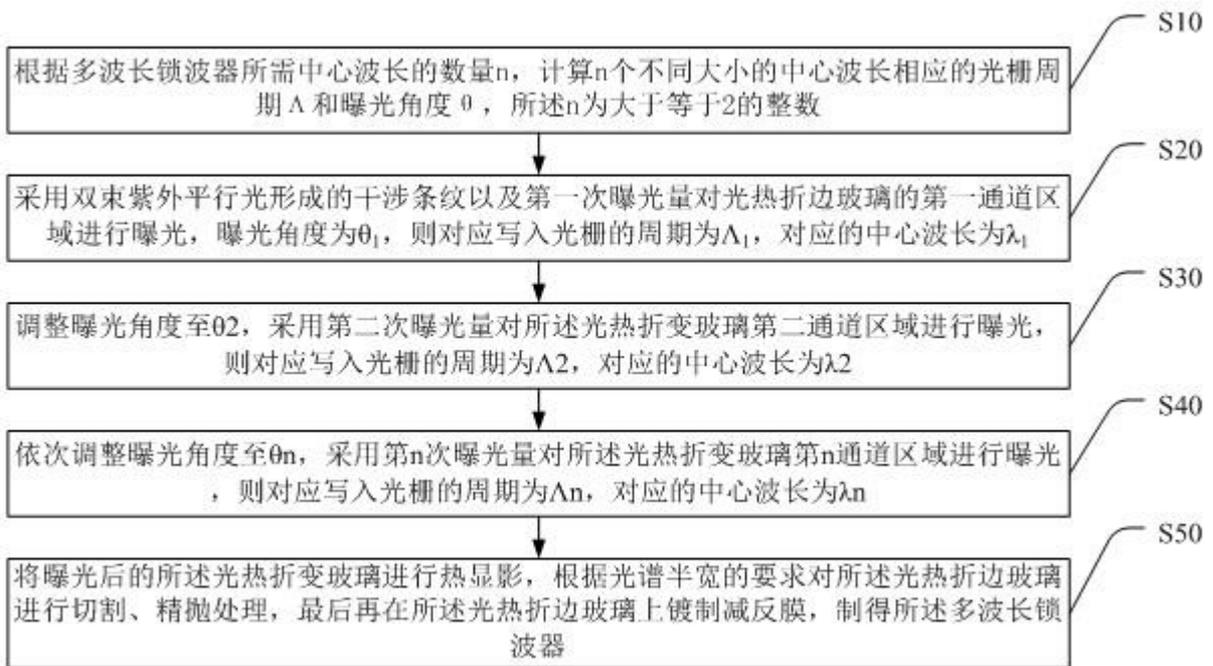


图2

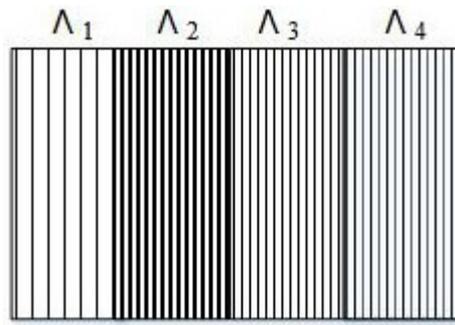


图3

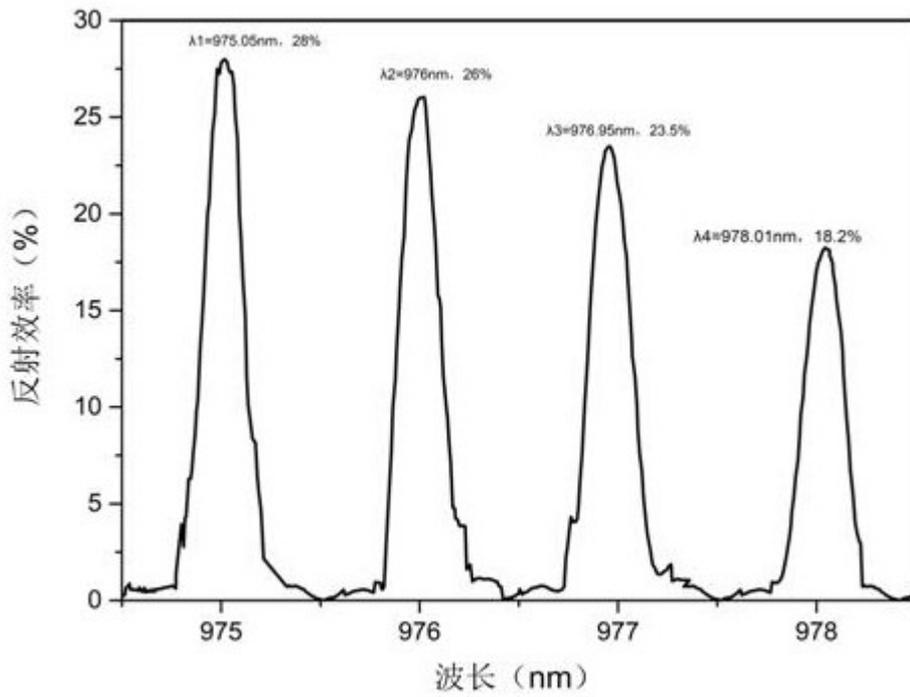


图4

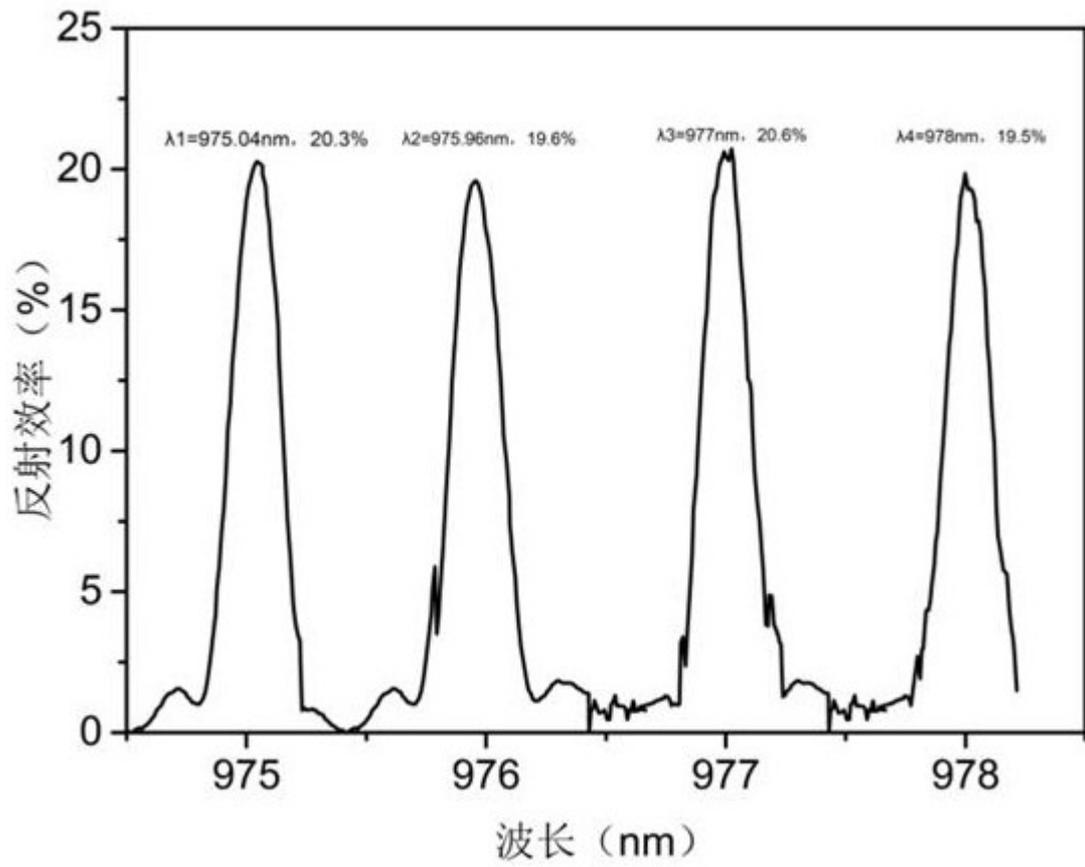


图5