

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

G01J 3/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480005691.9

[43] 公开日 2006年4月5日

[11] 公开号 CN 1756972A

[22] 申请日 2004.3.12

[21] 申请号 200480005691.9

[30] 优先权

[32] 2003.3.13 [33] JP [31] 068214/2003

[32] 2003.3.20 [33] JP [31] 078133/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/003305 2004.3.12

[87] 国际公布 WO2004/081620 日 2004.9.23

[85] 进入国家阶段日期 2005.9.1

[71] 申请人 旭硝子株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 佐藤弘昌 梨子公贵

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 沈昭坤

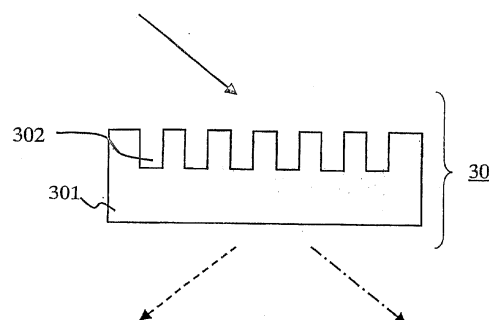
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 7 页

[54] 发明名称

衍射元件以及光学装置

[57] 摘要

本发明目的在于：得到具有简单的工艺、良好的批量性同时具有高的衍射效率和大的波长分离效果的衍射元件。对于具有在透明基板 301 的表面形成的截面呈凹凸状且凸部为对称的矩形光栅 302 的衍射元件 30，其光栅的一个周期小于或等于入射光的波长，并且光斜向入射衍射元件 30 的光栅形成面。



1. 一种衍射元件，其特征在于：包含

在基板的表面形成的或者是在基板上形成的膜层所形成的光栅，是其截面为凹凸状，并且凸部的上表面实质上是平坦的、凸部对称的光栅，所述衍射元件这样使用，即衍射元件的光栅的一个周期实质上等于入射光的波长，并且光斜向入射衍射元件的光栅形成面。

2. 如权利要求 1 所述的衍射元件，其特征在于：

在一个周期之内凸部和凹部所占的比例中，凸部的比例大于等于凹部的比例。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的衍射元件，其特征在于：

形成所述光栅的凸部的壁面倾斜，在一个周期之内光栅凸部上端所占的比例小于等于光栅凸部底部所占的比例。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的衍射元件，其特征在于：

所述的衍射元件至少在凸部和凹部层叠凸部不同的一层及一层以上的光学材料。

5. 如权利要求 4 所述的衍射元件，其特征在于：

所述光学材料是从 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 中选择材料。

6. 如权利要求 1 至 5 任意一项所述的衍射元件，其特征在于：

使用透明基板作为所述基板，在透明基板上的成膜层形成光栅的凸部，并且光栅的凸部的折射率高于透明基板的折射率。

7. 如权利要求 6 所述的衍射元件，其特征在于：

在透明基板上形成的膜层，是从 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Si_3O_4 、 Si 这一类材料中选择一种作为主要成分的膜层或者是这些物质的混合物构成的膜层。

8. 一种衍射元件，其特征在于：

是在权利要求 1 至 7 任意一项所述的衍射元件的一个面上与其他光学元件层叠，形成一体化。

9. 一种衍射元件的使用方法，其特征在于：

所述的衍射元件包含在基板的表面形成的或者是在基板上形成的膜层所

形成的光栅，是其截面为凹凸状并且凸部的上面实质上是平坦的、凸部对称的光栅，衍射元件的使用方法为：光栅的一个周期实质上等于入射光的波长，光斜向入射衍射元件的光栅形成面。

10. 如权利要求 9 所述的衍射元件的使用方法，其特征在于：

相对衍射元件表面垂直的法线，所述光在斜向入射时的入射角度在 $15\sim 80^\circ$ 的范围内。

11. 一种光学装置，其特征在于：

使用了如权利要求 1 至 8 的任意一项所述的衍射元件。

12. 一种分光装置，其特征在于：

如权利要求 11 所述的光学装置是分光装置，用透明基板作为所述衍射元件的基板，所述衍射元件用作为透射型元件。

衍射元件以及光学装置

技术区域

本发明关于：衍射元件以及光学装置、特别是分光装置，具体为用于光复用通信及分光测定等的、因波长的缘故而改变光的出射方向的衍射元件以及使用该元件的分光装置。

背景技术

有一种方法为：由于各种波长的光向不同的方向衍射对应于各种波长使光分离，并对分离的测量各自的强度，通过这样来测量入射光中所包含的不同波长的各种光的强度。这时，为了高效率地利用分离的光，最好衍射光高效率地集中在特定的衍射级数，作为波长分离的方法。

为了取得较大的入射光和衍射光所成角度，提高光学配置的自由度，最好使用透射型的衍射光栅。图7表示以前的用树脂制成的透射型衍射光栅的一个例子。关于该衍射元件，是将精密地形成直线状的锯齿状衍射光栅的未图示的金属模，紧压在透明基板701即玻璃基板的表面形成薄膜的感光性树脂702上，经过紫外光的硬化后，进行脱模，就形成了锯齿状的衍射光栅703，构成了透射型锯齿状的衍射元件70。

另外，图8表示以阶梯近似锯齿形状近似阶梯的透射型类锯齿状衍射光栅的一个例子。在透明基板801即玻璃基板的表面，反复使用光刻法和刻蚀法，形成类锯齿状的衍射光栅802，该衍射光栅作为透射型类锯齿状的衍射元件80。

这里，在图7以及图8中，实线的箭头表示入射光，点划线表示透射光，虚线表示-1级衍射光。

上述的以前的例子中，为了使透射型锯齿状衍射光栅有高的衍射效率，需要使光栅材料和空气等出射侧介质的折射率差与光栅深度的乘积所定义的相位差为近似波长程度。另一方面，为了使相应于波长的分离的角度变大，光栅的周期越小越好。因此，需要使锯齿状衍射光栅的形状为光栅的周期小、并且以光栅的深度 D 相对应于光栅的周期 T 的比例所定义的纵横比 (D/T) 大的形状。

发明内容

但是，纵横比大的锯齿状的光栅在制作上难度很高，在用树脂制作的过程中，会存在金属模加工上的限制以及树脂的转印性、起模性等问题。因此，出现的问题是，对应所要求的波长具有大的分离能力、并对光有高的利用效率的衍射光栅的生产率低，价格高等问题。

另外，在使用树脂材料时，具有在高温以及高温高湿下元件会出现劣化等可靠性方面的问题，具有只能在限制的环境中使用元件的问题。

另一方面，关于类锯齿状的衍射光栅，虽能够大量生产可靠性好以及生产率高的廉价元件，但需要进行将光栅的周期更进一步细分化的加工，作为类锯齿状的衍射光栅，具有周期小的元件的制作困难的问题。而且，由于制作时的误差导致的形状变形大，使特性恶化，存在对光有高利用效率的衍射光栅生产成品率不高的问题。

对于无论哪个以前的例子，当在0度入射（光垂直元件的表面入射）的时候，由于已知当光栅的周期约为波长的2倍的时候衍射效率显著降低，这样同时还存在难以兼顾高衍射效率和利用小周期化（约2倍等）而对应光的波长实现大的分离问题。

本发明鉴于上述的实际情况，目的在于：提供对光有高的利用效率的、并对应波长实现大的分离、有良好的光学系统的配置自由度、可大量生产、并且有良好的可靠性以及温度特性的衍射元件。

本发明提供一种衍射元件，该衍射元件具有以下特征：包含在基板的表面形成的或在基板上形成的薄膜层所形成的光栅，是其截面为凹凸状的并且凸部的上表面实质上是平坦的、凸部对称的光栅，该衍射元件这样使用，即光栅的一个周期实质上等于入射光的波长，并且光斜向入射衍射元件的光栅形成面。

另外，上述提供的衍射元件，其特征在于：在上述光栅的一个周期之内凸部和凹部所占的比例中，凸部的比例大于等于凹部的比例。

另外，上述提供的衍射元件，其特征在于：形成上述光栅的凸部的壁面倾斜，在一个周期之内光栅凸部上端所占的比例小于光栅凸部底部所占的比例。

另外，上述提供的衍射元件，其特征在于：在上述衍射元件的至少凸部层叠和凹部不同的一层或一层以上的光学材料。

上述提供的衍射元件，其特征在于：上述光学材料是从 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、

Al₂O₃ 中选择材料。

另外，上述提供的衍射元件，其特征在于：使用透明基板作为上述基板，在透明基板上的膜层形成光栅的凸部，并且光栅的凸部的折射率高于透明基板的折射率。。

上述提供的衍射元件，其特征在于：在透明基板上形成的薄膜层，是从 SiO₂、TiO₂、Ta₂O₅、Si₃N₄、Si 这一类材料中选择一种作为主要成分的膜层，或者是这类物质的混合物构成的膜层。

提供一种衍射元件，其特征在于：在上述的衍射元件的一个面上与其他的光学元件，层叠形成一体化。

另外，所提供的衍射元件的使用方法，其特征在于：上述衍射元件包含在基板表面上形成的或者基板上形成的薄膜层上所形成的光栅，是其截面呈凹凸状且凸部的上表面实质上平坦的，凸部对称的光栅，使用方法为光栅的一个周期与入射光的波长实质上相等，光斜向入射衍射元件的光栅形成面。

另外，所提供的上述衍射元件的使用方法，其特征在于：相对垂直于衍射元件表面的法线，上述光斜向入射时的入射角度在 15~80° 的范围内。

另外，所提供的光学装置，其特征在于：使用了上述衍射元件。

并且，所提供的分光装置，其特征在于：上述光学装置是一种分光装置，用透明基板作为上述衍射元件的基板，上述衍射元件作为透射型元件使用。

附图说明

图 1 表示本发明的衍射元件的一种构造例子的侧视图。

图 2 表示本发明的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 3 表示本发明的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 4 表示本发明的衍射元件在凸部形成有多层膜时和没有形成多层膜时的不同衍射特性的图形。

图 5 表示关于本发明的衍射元件由于入射光不同的偏振方向而产生的衍射特性的图形。

图 6 表示关于本发明的衍射元件由于不同的凹部和凸部的比例而产生的衍射特性的图形。

图 7 表示以前的衍射元件的一种构造例子的侧视图。

图 8 表示以前的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 9 表示本发明的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 10 表示关于本发明的衍射元件由于入射光不同的偏振方向的衍射特性的图形。

图 11 表示本发明的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 12 表示本发明的衍射元件的另一种构造例子的侧视图。

图 13 表示本发明的衍射元件由于光栅凸部壁面的锥角变化而产生的衍射特性例子的图形。

图 14 表示另本发明的衍射元件由于光栅凸部壁面的锥角变化而产生的衍射特性其他例子的图形。

具体实施方式

本发明是关于具有基板的表面形成的截面为凹凸状、凸部为对称的光栅的衍射元件，光栅的周期等于或者小于入射光的波长。另外，是对于光栅的形成面光是斜向入射而使用的衍射元件。

另外，截面是凹凸状的光栅，也可以形成在基板上的薄膜层上表面。作为基板上的薄膜层的材料，最好要有良好的刻蚀特性，可以采用 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Si_3N_4 、 Si 等作为主要成分的材料、或它们的混合物。由于衍射元件有这样的结构，可以实现简易的工艺以及良好的生产率、具有高的衍射效率且大的波长分离效果的衍射元件。为了具有大的波长分离效果，使用作为分光用的衍射光栅较理想。

这里，所谓光栅的周期与入射光的波长实质上相等，是指周期在入射波长的 $\pm 45\%$ 以内。也就是说，周期在波长的 $0.55 \sim 1.45$ 倍的范围之内。如果在这 $\pm 45\%$ 以内，则适当地选择入射角度就只产生特定的衍射光，不会有损本发明的效果。另外，所谓光对于光栅的形成面斜向入射，是指对于垂直于元件表面的法线，所成角度在 15 到 80° 之间，特别是在 25 到 65° 的情况下，可以完全达到本发明的效果。

关于衍射光栅的凹凸部的对称的凸部的截面形状，只要是矩形或梯形等都可以，无论是哪种形状都虽有本发明的效果，但近似矩形的在制作上较理想。

关于衍射元件用的基板，作为透明的基板，可以用石英玻璃、玻璃、硅、聚碳酸酯等制成的基板。这些类型中，石英玻璃、玻璃制成的基板在耐久性这方面上较理想。另外，在作为反射型衍射元件的结构中，在衍射光栅上形成由

金属或多层膜构成的反射膜较为理想，除了上述的透明基板以外，也可以用不透明的基板即例如用晶化玻璃、陶瓷等。

以下是参照图面说明凸部的形状为矩形的本发明。

图3表示本发明的透射型衍射元件的一种结构例子的侧视图。在透明基板301上面，用光刻法以及干法刻蚀的方法形成的光栅的周期小于入射光波长的矩形衍射光栅302，构成了衍射光栅30。对于光栅的周期为P的衍射光栅（正确来说是其长度方向），以与法线方向成角度为i的波长为λ的入射光，在由（式1）所定义的衍射角度为θ的方向产生m级的衍射光。由（式1）可知，当光对应衍射光栅302为垂直入射时，不存在周期小于波长的衍射光栅的衍射光。但是，在保持有限的角度，也即当光从斜的方向入射时，即使是周期小长的衍射光栅的情况下，也存在有级数的衍射光。因此可知，即使结构上凸部具有对称性的形状，但可表示非对称的衍射特性。

$$\sin(\theta) + \sin(i) = m \cdot \lambda / P \quad \dots \text{ (式 1)}$$

利用该斜向入射的效果，即使是制作上容易的对称的矩形衍射光栅，也可以得到足够高的衍射效率和大的衍射角度。现举一例：对于光栅的周期为1000nm（凹部和凸部的宽度均为500nm）、光栅的深度为2300nm的衍射光栅，在法线入射角度约为50°时，根据计算，-1级衍射效率与波长的相关性如图4中用实线连接的黑圆点所示。可知对与光栅平行偏振的直线偏振的入射光，在大于光栅的周期的1520nm到1620nm的范围内，光强度集中在-1级衍射光，表示有高衍射效率。

为了进一步提高衍射效率，降低波长的相关性，在光栅的凸部形成适当的多层膜结构可以达到该效果。现举一例：用高折射率材料的TiO₂和低折射率材料的SiO₂在光栅的凸部的上部形成四层膜时，其衍射效率与波长的相关性如图4中用虚线连接的白圆点所示。由图4可知在全波段区域有一样的高衍射效率。

也就是说，最好在光栅的凸部和凹部层叠不同的一层以上的光学材料，这可以提高衍射效率。光学材料除了上述的TiO₂、SiO₂以外，还可以举出Ta₂O₅、Al₂O₃等。

另外一个例子：对于光栅的周期为1500nm、深度为3000nm的衍射光栅，

在入射角度约为 30 度时，衍射效率与波长的相关性如图 5 所示。图 5 中由实线连接黑圆点所成的曲线，表示了对与光栅平行偏振的直线偏振光的衍射效率，由虚线连接的白圆点表示与光栅垂直偏振的直线偏振光的衍射效率。由图 5 可知，对于无论哪一种偏振光都有高的衍射效率。

图 5 所示的例子中，虽对于无论哪一种正交直线偏振光都有高的衍射效率，但越接近在短波长区域 1520nm 附近以及长波长区域 1620nm，则有衍射效率之越增大的趋向。要使该差异减小，调整形成光栅的凹部和凸部的比例可以达到该效果。图 6 表示的是光栅的一个周期内凸部所占的不同比例而将深度优化的衍射光栅在波长从 1520nm 到 1620nm 的范围内的、两个正交偏振光的衍射效率的差。由图 6 可知，两个正交偏振光的衍射效率的差，当凸部所占的比例值在一半以上的时候显著地受到抑制。这样也可以通过调整光栅内的凸部在一个周期中所占的比例，得到入射偏振光的相关性很小的衍射光栅。

要减小对于正交直线偏振光的衍射效率的差值，在保持光栅上端的凸部和凹部的比例约为 1 的基础上，通过调整光栅凸部壁面对基板表面的垂线所成的角度（以下称为锥角）也可以达到该效果。图 13 表示的是在与图 6 相同的石英玻璃基板的表面形成的光栅周期为 1500nm、衍射光栅深度为 3600nm 的衍射光栅，在波长从 1520nm 到 1570nm 的范围内，两个正交偏振光的衍射效率的差。

由图 13 可知，两个正交偏振光的衍射效率的差值因上述锥角而变化，采用 3 度以上的锥角，理想约为 4 度的锥角时，可以显著改善。这样，通过调整光栅侧壁的锥角，也可以得到与入射偏振光的相关性很小的衍射光栅。

这样的调整抑制了与偏振光的相关性，也抑制了由于光栅的深度而造成的衍射特性的差异，因而同时还有在制作过程中提高成品率的效果。

也就是说，对于衍射光栅的一个周期内的凸部和凹部所占的比例凸部的比例大于等于凹部的比例，也即在 0.5 及以上，则能够缩小两个正交偏振光的衍射效率的差，所以比较理想。另外，若使形成衍射光栅的凸部的壁面有倾斜，当在一个周期内光栅上端的凸部所占的比例小于等于光栅底部的凸部的所占的比例时，能够缩小两个正交偏振光的衍射效率的差，所以比较理想。

进一步减小衍射光栅的周期，对应波长的分离角度的变化变大，虽然有提高

波长分解率的效果，但光栅的周期如上述例子那样从 1500nm 减小到 1000nm 时，入射偏振光方向而产生的衍射效率的差有更加明显的倾向。

因此，即使调整光栅凸部在光栅的周期内所占的比例，虽有一定的效果但还不够。在光栅的周期为 1000nm 的情况下，要降低入射偏振光方向而产生的衍射效率之差，用比在透明基板上成膜的透明基板的折射率要高的材料作为光栅凸部的构成材料，可以达到该效果。

图 10 表示对应各种入射偏振光方向的衍射效率与波长的相关性。在石英玻璃基板上光栅的凸部和凹部的比例相等进行加工情况下时的特性如白圆点所示。图 10 中用实线连接白圆点所成的曲线以及用虚线连接白圆点所成的曲线，表示对应各种光栅的方向、也即光栅的长度方向的对平行以及垂直的偏振光的特性。

另一方面，图 10 中，在透明基板上成膜的具有折射率约为 2 的材料的光栅凸部的情况下的特性如黑圆点所示，图 10 中用实线连接黑圆点所成的曲线以及用虚线连接黑圆点所成的曲线，表示对光栅的方向分别平行以及垂直的偏振光的特性。由图 10 可知，减少了对入射偏振光方向的衍射效率的差。

图 13 表示的与上述例子相同，在透明基板上成膜的具有折射率约为 2 的材料的光栅凸部的情况下，光栅上端的凸部和凹部的比例保持在大致为 1 不变，通过调整光栅凸部的锥角，可以降低对偏振光方向的衍射效率的差。图 14 表示了透明基板上成膜的折射率约为 2 的材料的光栅凸部，在波长从 1520nm 到 1570nm 的范围内，两个正交的偏振光方向的衍射效率的差。由图 14 可知：在具有折射率近似为 2 的材料的光栅凸部的情况下，在锥角大约为 6 度时，也可以显著地改善两个正交偏振光方向的衍射效率的差。

另外，从上述所有的例子可知，入射光线和衍射光对透射型的衍射光栅平面来说大致呈镜像的关系的情况下，也即入射角度和衍射角度大致相等的情况下，就可以得到高的衍射效率。这种配置可以称为用反射型衍射光栅的所谓利特罗配置、入射光线和衍射光线重叠配置的透射型的衍射光栅的情况下的配置。

另外，一般对于光学零件来说，为了减少界面的反射，可以利用光学多层

膜形成包覆层。在如上述例子所示的纵横比很大的衍射光栅的情况下，由于凹部和凸部的成膜特性不同而导致的形状恶化等弊端很多，结果多数情况下导致光的利用效率降低。通过在预先加上低反射包覆层的基板上制成的衍射光栅，可以提高透射率。此时，光栅的侧部以及底部虽没有加上低反射的包覆层，但光栅的形状没有恶化，可在光栅的上部加上了低反射的包覆层。

通过采用本发明的结构，可以利用将入射光和衍射光充分分离的透射型衍射光栅可以实现具有简便的加工工艺和大的波长分离效果、并且对光有高利用效率的分光衍射光栅。利用这种结构，可以实现可靠性好，生产率高的分光衍射元件，而且还可以实现廉价的分光系统。另外，由于可以使用透射配置，对分光系统的设计有了很大的自由度。

关于本发明的衍射元件的衍射光栅图形，由于可以使用光掩模等来制作，使衍射光栅图形不仅限于直线形状还可以是例如曲线形状。利用这种曲线形状，还可以附加了在光检测器上聚焦衍射光那样的透镜功能。另外，通过使用大面积的晶片工艺，可以使相位板等具有其他功能的光学元件层叠在衍射元件上，可以更进一步地提高功能，进行复合化。

作为层叠的其他的光学元件，可以举出有具有孔径限制、像差修正、透镜效果、光束整形、偏振光变换、相位调整、强度调整等功能的光学元件。层叠的光学元件，最好能够适用于衍射元件、液晶元件、多层膜元件等的大面积晶片工艺。

也就是说，最好在上述的衍射元件的一个面上层叠其它的光学元件，形成一体化，能够将其它的光学功能附加在衍射元件上，以提高功能。

关于本发明的衍射光栅，是对基板例如是玻璃基板本身或者是在玻璃基板上成膜的无机材料进行加工制成。特别是从可以省略成膜工序、以及不存在薄膜和基板之间的界面的观点来看，最好是在基板上直接形成光栅。也就是说，可以非常理想地在具有高速且均匀刻蚀特性的石英系玻璃基板上直接加工，而且从可靠性以及批量性的观点来看，最好是石英系的玻璃板。

另外，为了抑制由于温度的变化而导致的衍射方向的变化，重要的是要对所使用的基板的线膨胀系数加以控制。最好使用最适合的线膨胀系数的透明基

板，这样可以得到具有良好温度特性的元件。在这种情况下，可以在最适合的线膨胀系数的透明基板的表面直接加工，还可以在最适合的线膨胀系数的透明基板上将具有良好刻蚀特性的无机材料形成膜层。

作为一个例子就是抑制了线膨胀系数的玻璃基板材料，它可以使用以参杂了 Ti 的石英玻璃、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-LiO}_3\text{-SiO}_2$ 等为主要成分的玻璃等，但特别是最好对工艺流程中的基板温度变化过程产生的影响很少以及参杂了具有良好刻蚀性的 Ti 的石英玻璃进行直接基板加工。

另外，如上述例子所述的在纵横比大的光栅形成时，元件的外围部还没有加工，这对于防止在加工中的光致抗蚀剂掩膜和光栅材料的破损是比较理想的。

关于本发明的衍射元件，如果是通过特别增大衍射角度来够提高波长分解率的小周期的衍射光栅，可以取得显著的效果，特别是衍射光栅的周期与中心波长大致相等的元件，或者是周期（间距）在小于中心波长的范围内的元件，则有很大的效果。

使用上述本发明的衍射元件可以构成多种不同的光学装置。该光学装置如果是用到本发明的衍射元件的分光特性等特性，则无论哪种光学装置都可以。

另外，上述衍射元件的基板是采用透明基板，衍射元件是用作透射型元件而构成分光装置，但由于本发明的衍射元件具有大的波长分离效果，入射光和透射的衍射光的分离角度很大，因此在配置上没有制约。

所谓本发明的分光装置，例如有用在光通信上作为波分复用通信的检测器。在 1520nm 到 1620nm 的不同波长的信号光通过同一根传送光纤的情况下，就必须分离为各波长并测定每个不同波长光的信号强度。从传送光纤出射的光利用本发明的衍射元件的作用，对应不同波长向不同的方向衍射传送，向不同的接收光的元件入射，就可以测定各波长的信号强度。而且，由于对应各波长有不同的传送途径，因此可以对各个波长的不同的强度和相位进行调整。在使用反射型的元件的情况下，为了得到高的光的利用效率，一般的是采用入射光和反射衍射光接近的称为利特罗配置。对入射光纤和检测器的配置的制约，而本发明的透射型的衍射元件，不仅可以实现与反射利特罗配置相同的对光有高

的利用效率，而且还具有使入射光和衍射光所成角度较大、配置上的制约较少等优点。

以下是具体的实施例。

实施例 1

图 1 表示本实施例的分光衍射光栅结构的侧视图。在本实施例中，将厚度为 2.0mm 的石英玻璃基板作为透明基板 101，透明基板的一面用 TiO_2 以及 SiO_2 制成对入射角度为 50 度的光的反射率最低的四层反射防止膜 102。然后用光刻蚀以及干法刻蚀技术将其形成矩形状的衍射光栅。也就是说，首先在对应于光栅凹部的反射防止膜的部分由刻蚀去除以后，实施石英玻璃的加工深度为 900nm 的刻蚀，形成了在石英玻璃的凸部上面有多层膜的光栅周期为 1000nm 的矩形的衍射光栅 103。凹部和凸部的宽度比为 1 : 1。

另外，在透明基板 101 的与形成矩形衍射光栅 103 的面相反的一面，形成与上述同样的对 50 度的入射光的四层反射防止膜 104。然后，用切割锯将透明基板 101 切成 15mm×10mm 的长方形，即是衍射元件 10。

从衍射元件 10 的矩形衍射光栅 103 的一侧，相对光栅为平行偏振光，波长为 1520、1570 以及 1620nm 的光以外入射角为 50° 入射时，分别对应各个波长有 92、93 以及 91% 的高的衍射效率。另外，由于入射光的波长不同，衍射光的出射方向分别变为 49、54 以及 59 度，三种波长的光就可以充分地分离。图 1 中分别用实线箭头表示入射光，点划线表示透射光，虚线表示 -1 级衍射光。

实施例 2

图 2 表示本实施例的分光衍射元件结构的侧视图。在本实施例中，将厚度为 2.0mm 的石英玻璃基板作为透明基板 201。透明基板 201 上涂有光致抗蚀剂，采用开口部为光栅周期的 1/3 图中未表示的光掩膜的光刻法，形成了凸部和凹部宽度比为 2 : 1 的光致抗蚀剂掩膜。然后，用干法刻蚀技术形成深度为 3400nm 的矩形衍射光栅。也就是说，形成了光栅的周期为 1500nm、凸部宽度为 1000nm、凹部宽度为 500nm、石英玻璃的加工深度为 3600nm 的矩形衍射光栅 202。

其次，在与透明基板 201 的与矩形衍射光栅 202 的形成面相反的另一面，

形成对 30 度的入射光的反射防止膜 203。然后，用切割锯将透明基板 201 切成 10mm×6mm 的长方形，即是衍射元件 20。

从衍射元件 20 的矩形衍射光栅 202 的一侧面，波长为 1520、1570 以及 1620nm 的光以外入射角为 30° 入射时，相对光栅为平行偏振光，对各波长的衍射效率分别为 92、92 以及 92%。另一方面对于相对光栅为垂直偏振光，分别为 95、92 以及 89%，对无论是入射光波长的变化还是入射光的偏振方向的变化均有高的衍射效率。而且，由于入射光波长不同，衍射光的出射方向分别变为 31、33、35 度，三种波长的光就可以充分地分离。图 2 中分别用实线箭头表示入射光，点划线表示透射光，虚线表示 1 级衍射光。

实施例 3

图 9 表示本实施例的分光衍射元件结构的侧视图。在本实施例中，将厚度为 2.0mm 的无色透明平板玻璃基板作为透明基板 901。透明基板的一面用溅射法形成厚度为 1.3 μm 的 Ta₂O₅膜层以及 0.35 μm 的 SiO₂膜层。然后用光刻以及干法刻蚀技术选择性地将膜层除去，形成由 Ta₂O₅膜层 903 和 SiO₂膜层 902 构成的矩形状的衍射光栅 904。此时，通过优化曝光用的图未表示的光掩膜开口，来调整透光部分和不透光部分的比例，使光栅凹凸部相对于的光栅周期的比例为 6：4，也即形成 600nm 的凸部对应 400nm 的凹部的情况下。

其次，在透明基板 901 的与矩形衍射光栅 904 的形成面相反的另一面，与上述例子同样地形成对 50 度的入射光的反射防止膜 905。然后，用切割锯将透明基板 901 切成 5mm×10mm 的长方形，即是衍射元件 90。

从衍射元件 90 的矩形衍射光栅 904 的一侧，相对光栅为平行偏振光的波长为 1520、1570 以及 1620nm 的光以外入射角为 50° 入射时，对应各波长分别有 93、94 以及 92%的高衍射效率。另外，对于相对光栅为垂直偏振的同样 1520、1570 以及 1620nm 的光，也分别有 91、92 以及 91%的高衍射效率。

另外，由于入射光波长不同，衍射光的出射方向分别变为 49、54 以及 59 度，三种波长的光就可以充分地分离。图 9 中分别用实线箭头表示入射光，点划线表示透射光，虚线表示-1 级衍射光。

实施例 4

图 11 表示本实施例的分光衍射元件结构的侧视图。在本实施例中，将厚度为 2.0mm 的石英玻璃基板作为透明基板 1101。透明基板的一面用溅射法形成厚度为 1300nm 的 Ta_2O_5 膜层以及 450nm 的 SiO_2 膜层。然后用光刻以及干法刻蚀技术选择性地将膜层除去，形成由 Ta_2O_5 膜层 1103 和 SiO_2 膜层 1102 构成的矩形状的衍射光栅 110。此时，通过优化透光用的图未表示的光掩膜开口以及刻蚀条件，使衍射光栅凸部的壁面倾斜，从而形成周期为 1000nm 的有锥角的光栅 1104。制作的衍射光栅的光栅上端的凸部和凹部的宽度比例大约为 1:1，光栅凸部的壁面锥角约为 6 度。

其次，在透明基板 1101 的与矩形衍射光栅 1104 的形成面相反的另一面，与上述例子同样地形成对 50 度的入射光的反射防止膜 1105。然后，用切割锯将透明基板 1101 切成 15mm×10mm 的长方形，即是衍射元件 110。

从衍射元件 110 的矩形衍射光栅 1104 的一侧，相对光栅为平行偏振光的波长为 1520、1545 以及 1570nm 的光以外入射角为 50° 入射时，对应各波长分别有 94、95 以及 94% 的高衍射效率。另外，对于相对光栅为垂直偏振光的同样 1520、1545 以及 1570nm 的光，也分别有 95、95 以及 95% 的高衍射效率。

实施例 5

图 12 表示本实施例的分光衍射元件结构的侧视图。在本实施例中，将厚度为 2.0mm 的石英玻璃基板作为透明基板 1201。透明基板 1201 上涂布光致抗蚀剂，使用了图中未表示的光掩膜，采用光刻法，形成了光致抗蚀剂掩膜。然后，用干法刻蚀技术形成深度为 3600nm、光栅的周期为 1500nm 的衍射光栅 1202。此时，通过优化透光用的图未表示的光掩膜开口以及刻蚀条件，为衍射光栅凸部的壁面有倾斜、有锥角的光栅 1202。制作的衍射光栅的光栅上端的凸部和凹部的宽度比例大约为 1:1，光栅凸部的壁面锥角 θ 约为 4 度。

其次，在透明基板 1201 的与矩形衍射光栅 1202 的形成面相反的另一面，形成对 30 度的入射光的反射防止膜 1203。然后，用切割锯将透明基板 1201 切成 10mm×6mm 的长方形，即是衍射元件 120。

从衍射元件 120 的矩形衍射光栅 1202 一侧，相对光栅为平行偏振光的波长为 1520、1545 以及 1570nm 的光以外入射角为 30° 入射时，对应各波长分别有 95、96 以及 95%的高衍射效率。另外，对于相对光栅为垂直偏振光的同样 1520、1545 以及 1570nm 的光，也分别有 95、95 以及 94%的高衍射效率。

工业上的实用性

如以上说明，本发明的衍射元件是具有简单的工艺、良好的批量性同时具有高的衍射效率和大的波长分离效果的分光衍射元件。而且，本发明的衍射元件可实现具有良好的可靠性、偏振光特性等的衍射元件。

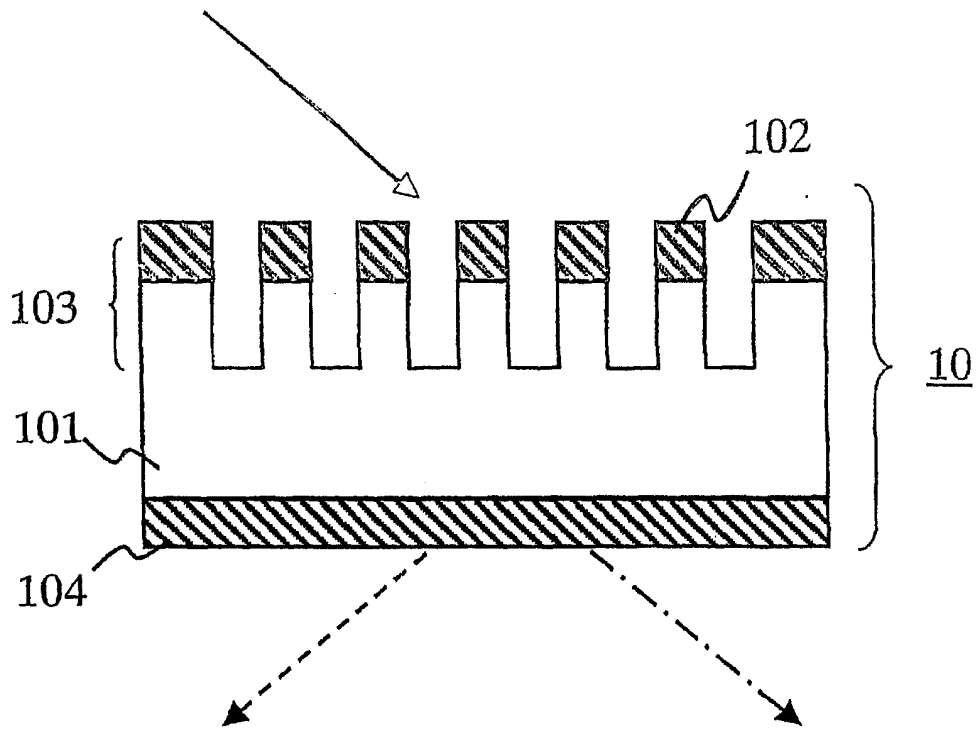


图 1

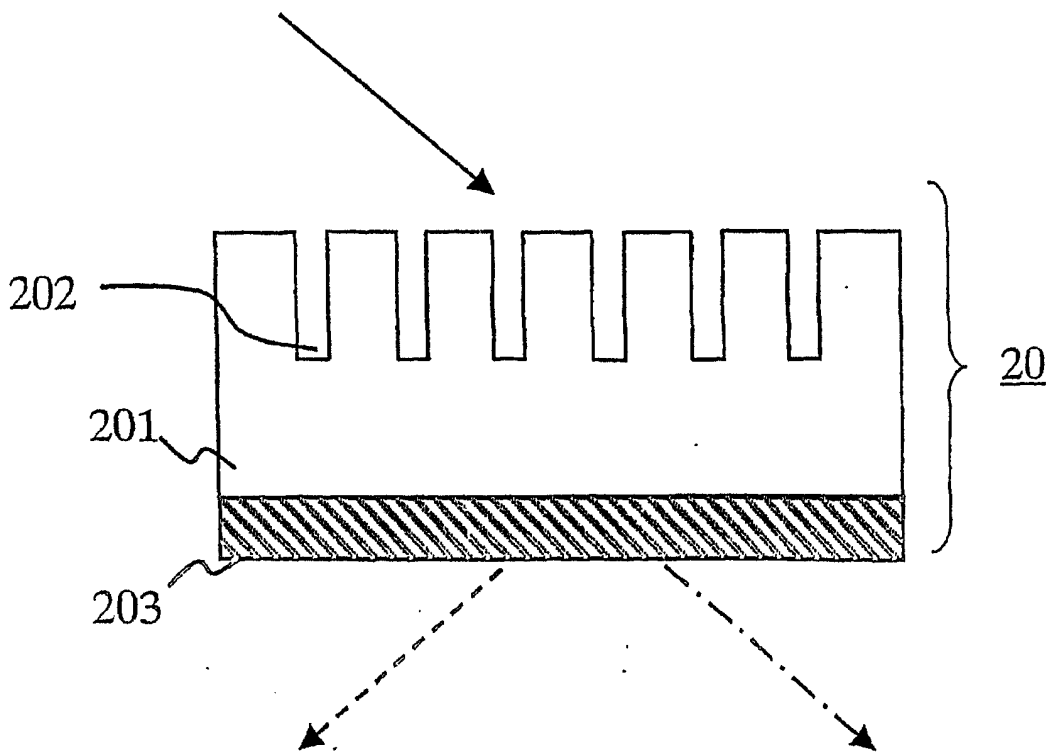


图 2

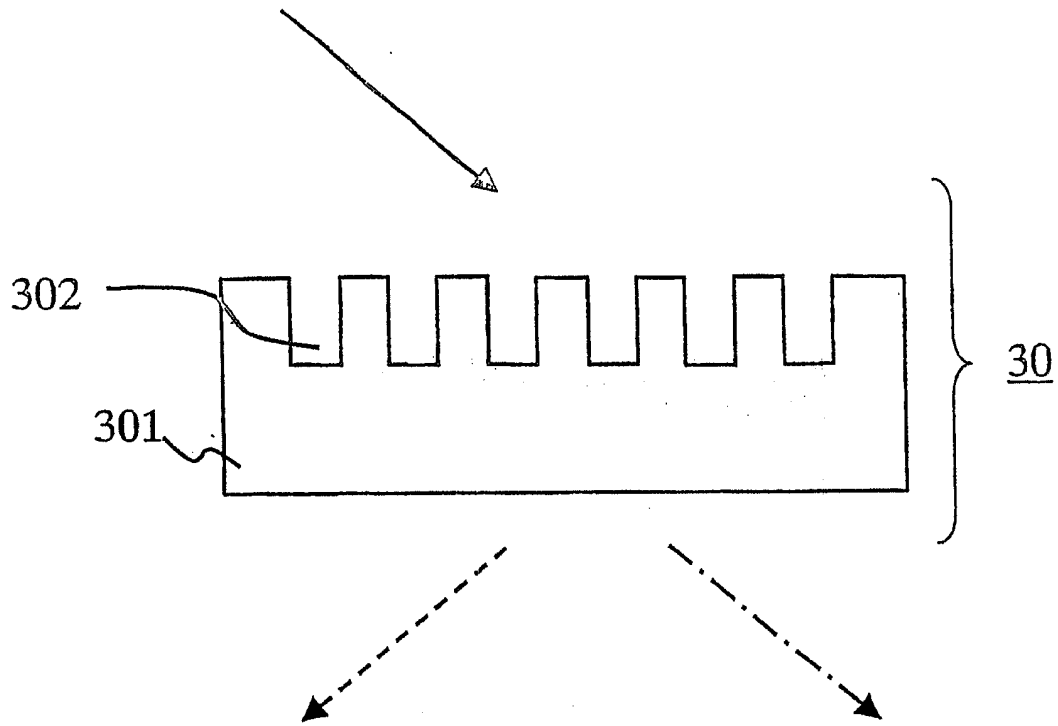


图 3

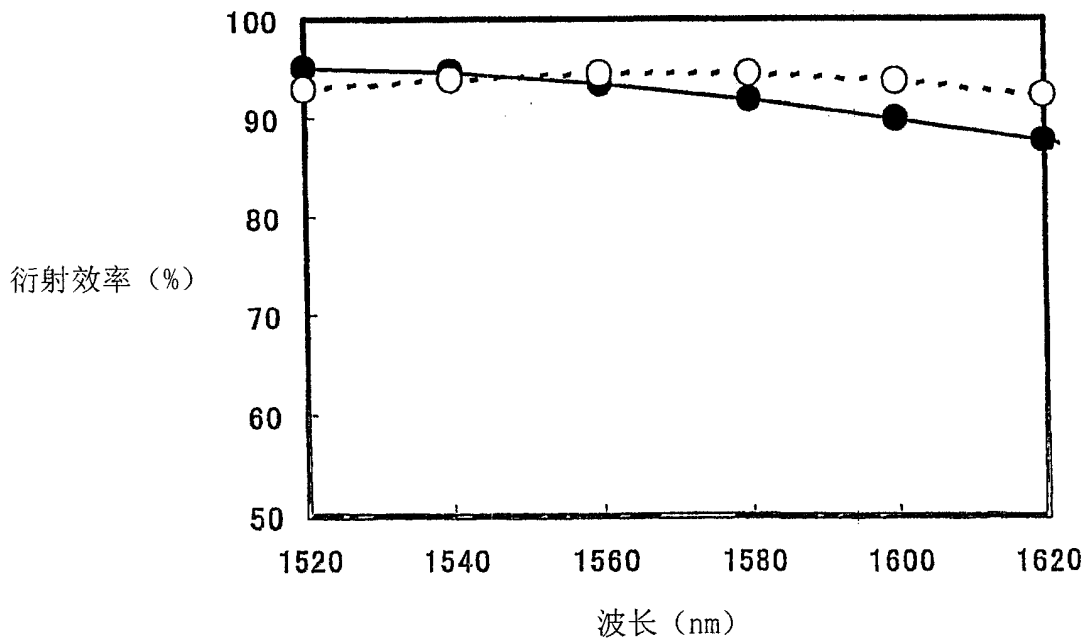


图 4

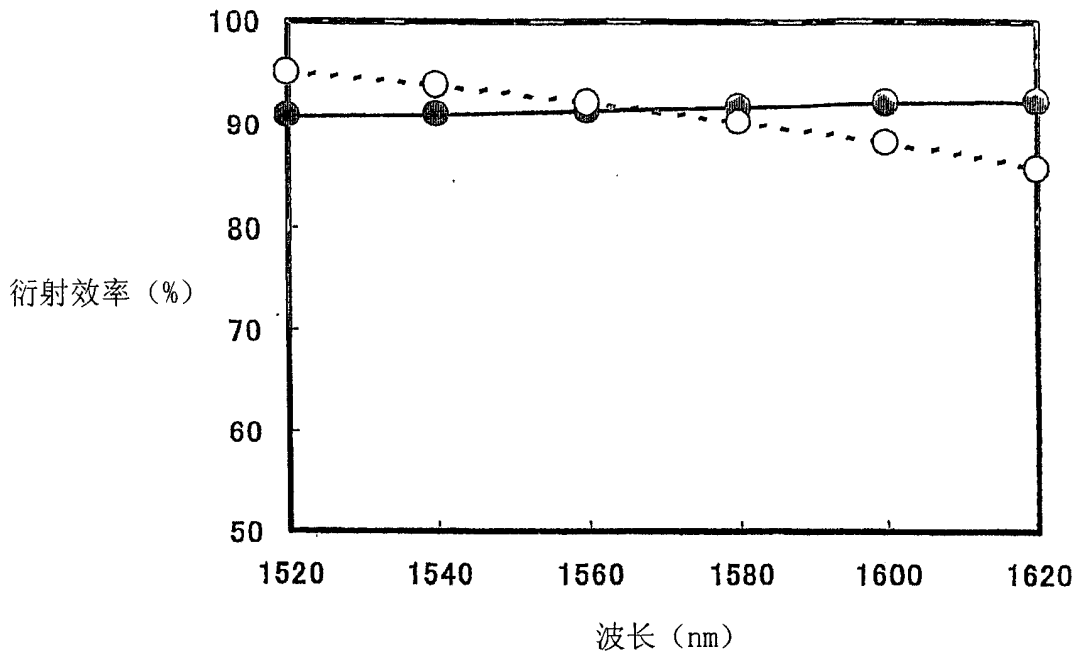


图 5

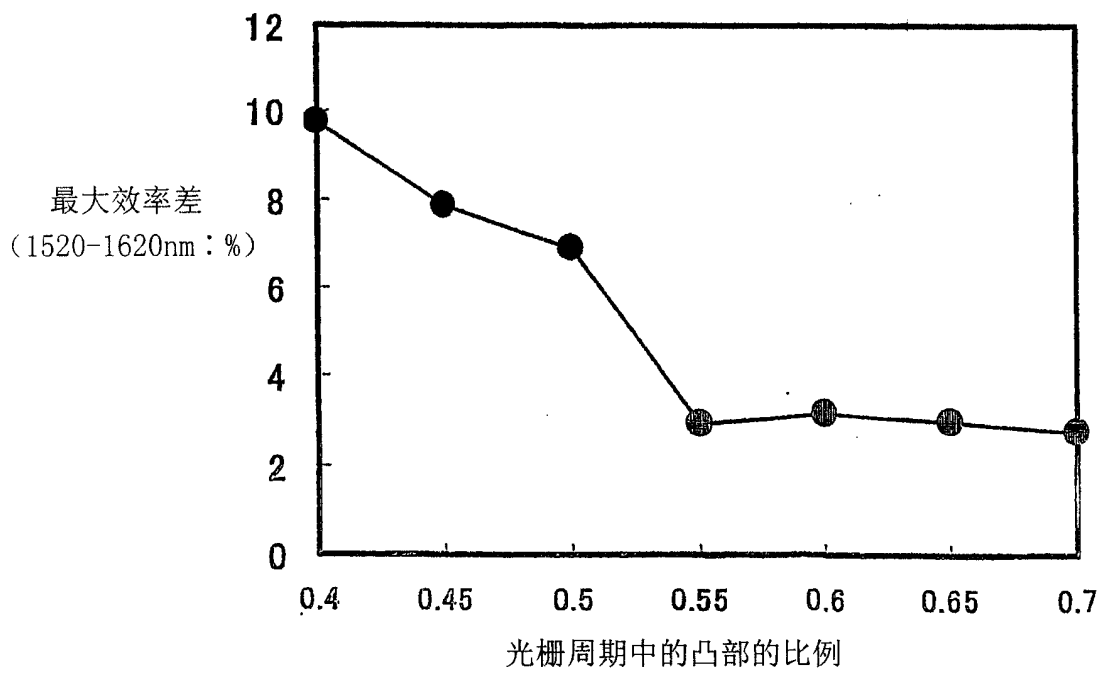


图 6

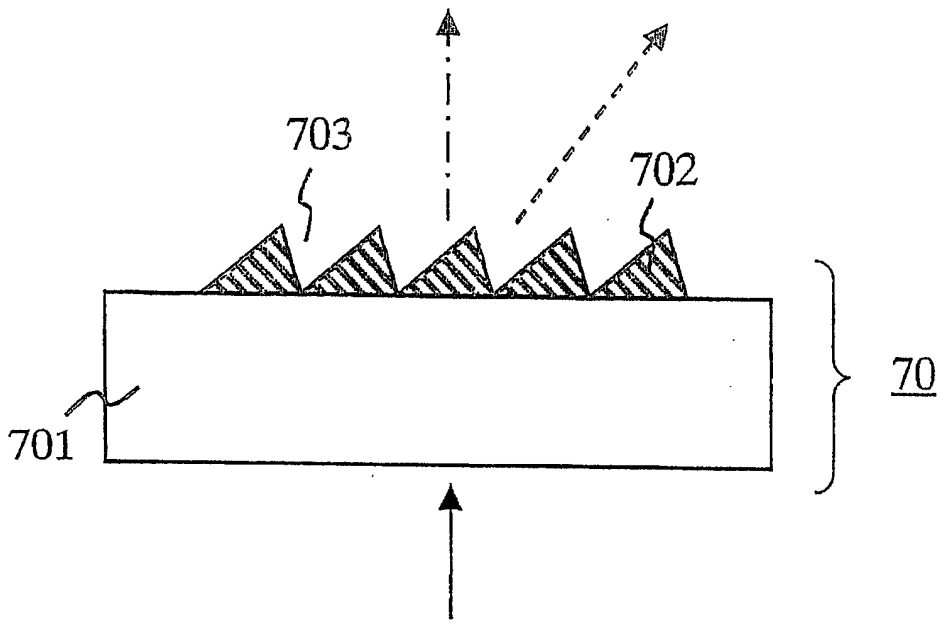


图 7

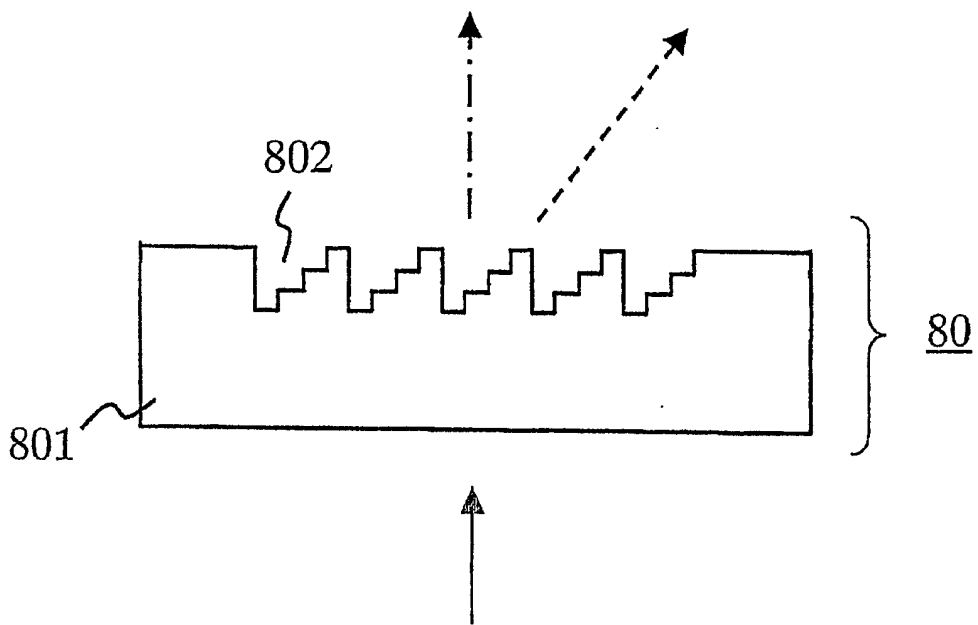


图 8

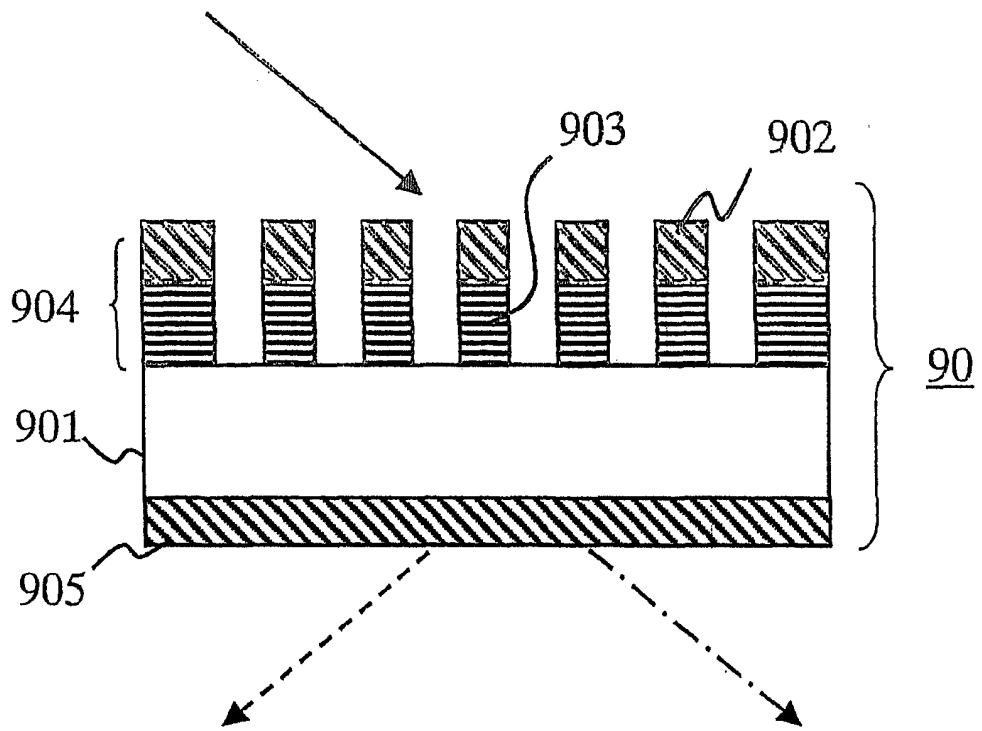


图 9

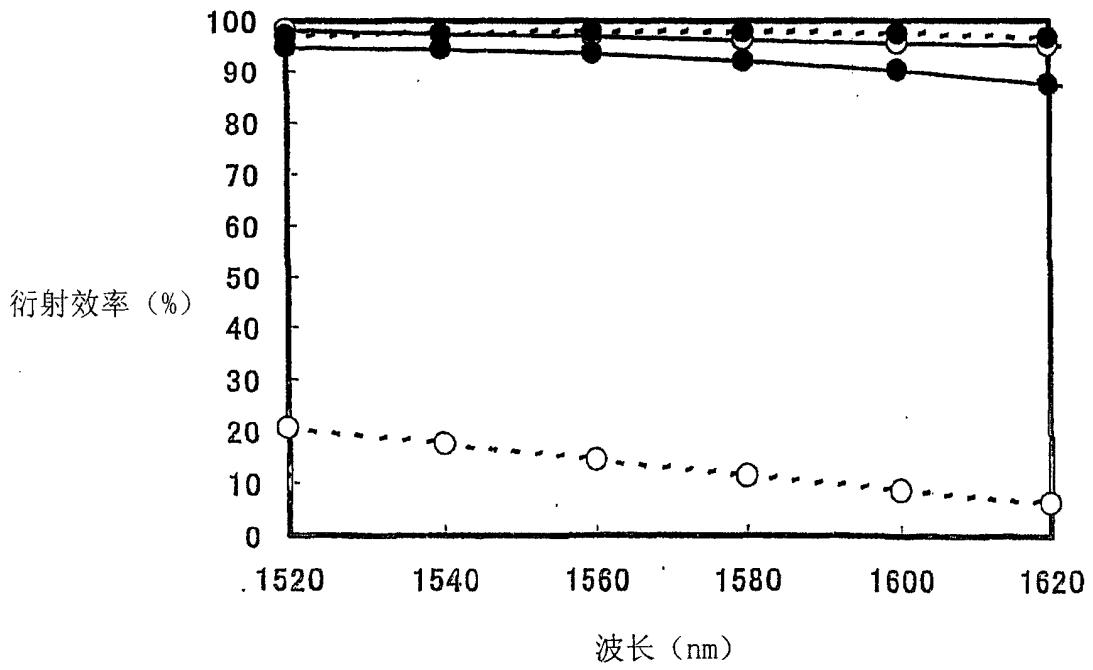


图 10

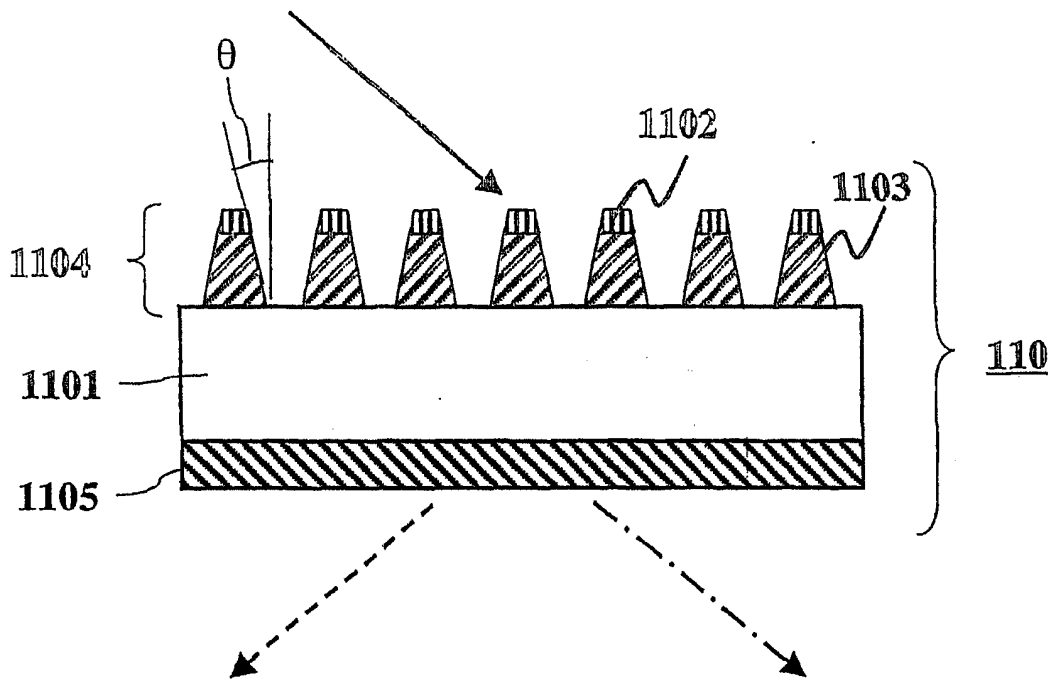


图 11

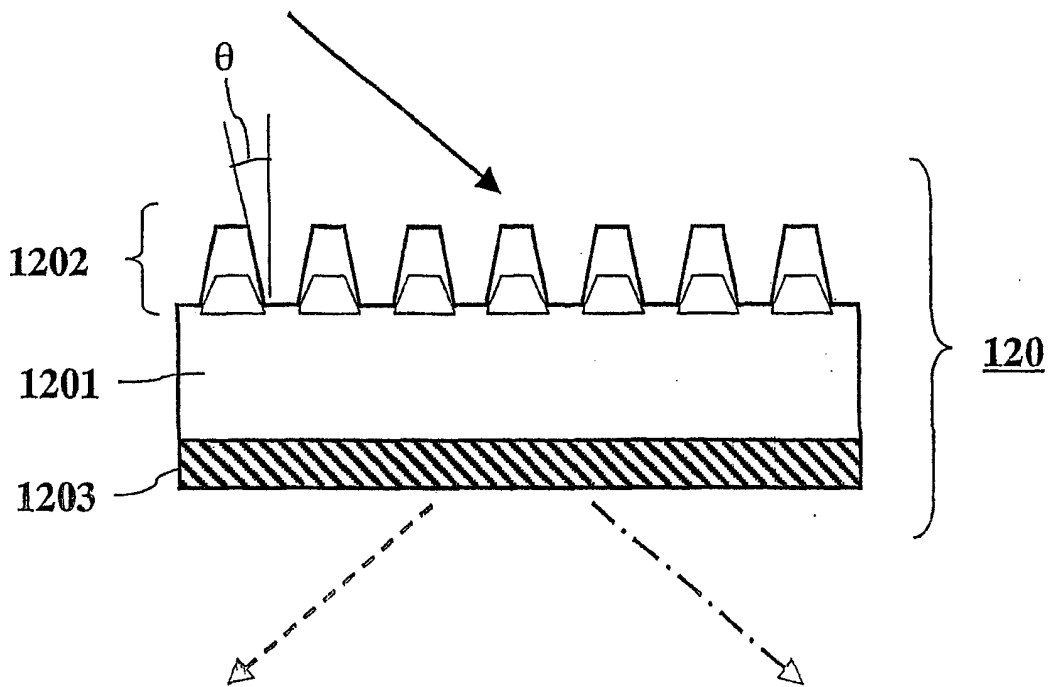


图 12

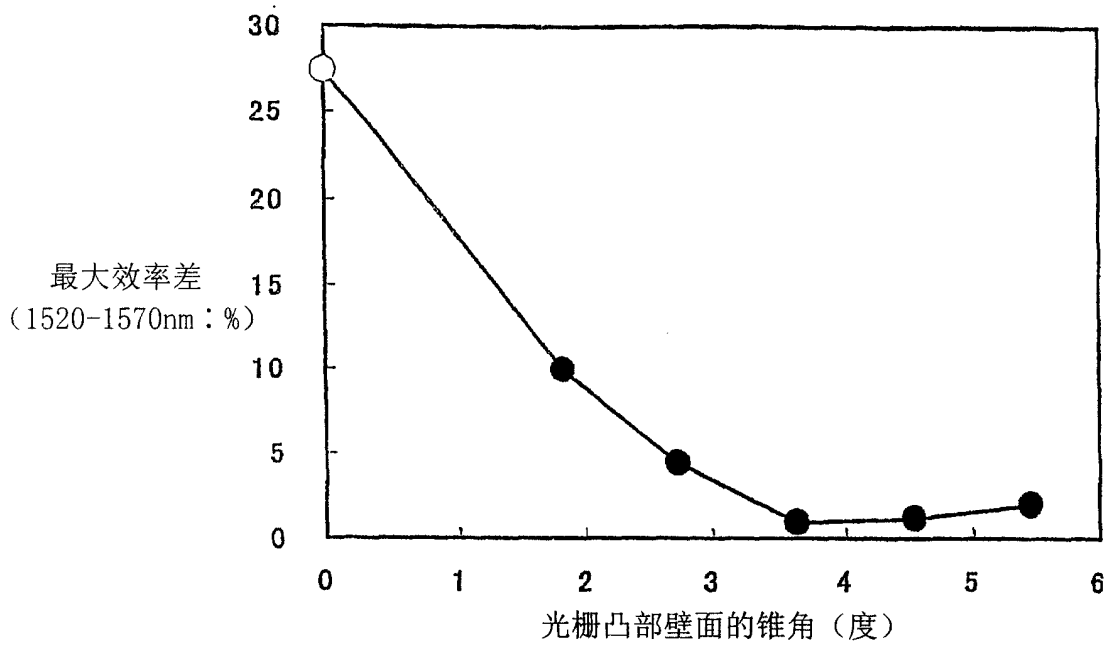


图 13

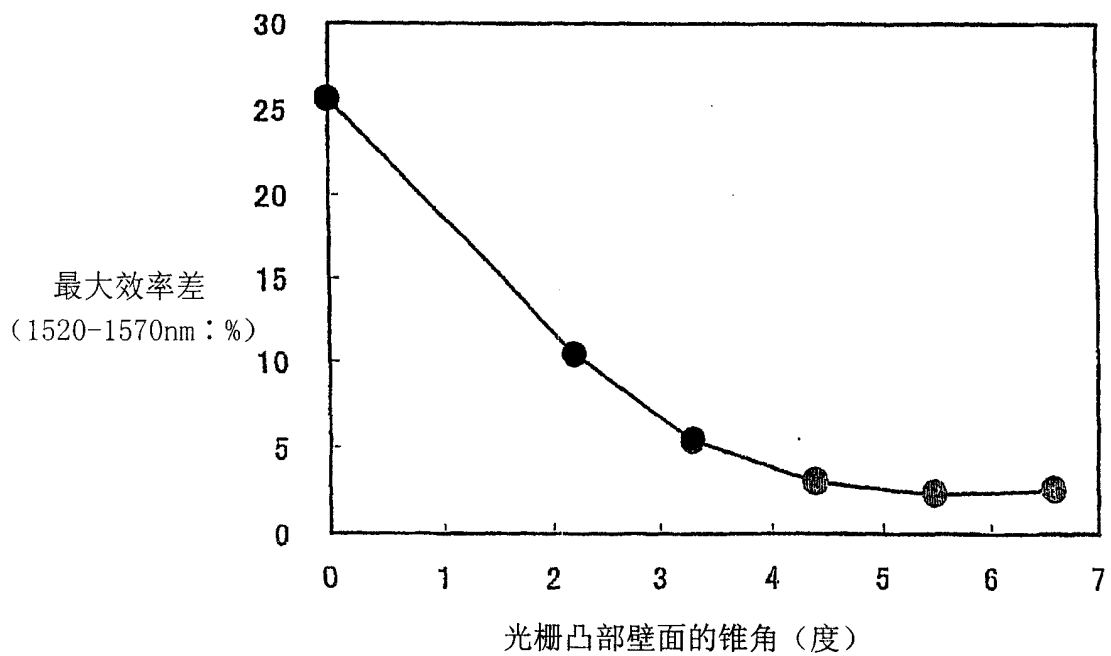


图 14