[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G02B 13/18
G02B 27/42
G02B 3/08

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02120595.7

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1222804C

[22] 申请日 2002.3.6 [21] 申请号 02120595.7
[30] 优先权
[32] 2001. 3. 6 [33] JP [31] 062028/2001
[71] 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京
[72] 发明人 小林秀一
审查员 何 芳

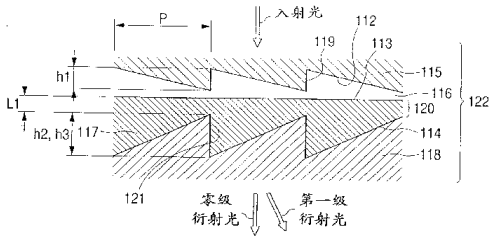
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 王永刚

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 10 页

[54] 发明名称 衍射光学元件和具有相同组成的光学系统及光学设备

[57] 摘要

一衍射光学元件具有这样的结构，其中，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠。 衍射光学元件包括在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的两层，以及凹凸模式的高度不同于所述两层的另一层。 形成所述三层的材料在色散上互不相同。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种衍射光学元件，其中，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠，该衍射光学元件包括:

第一层，它的凹凸模式在与一个空气层的交界处上形成;

第二层，通过空气层而不接触所述第一层，与所述第一层接近地安置;

第三层，所述第三层的凹凸模式的最大高度与所述第一层的不同，而与所述第二层的相等，所述第三层中凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向与所述第一层的相同而与所述第二层的相反，形成所述第三层的材料与形成所述第二层的材料具有不同的色散，

其中所述第一层的凹凸模式的最大高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的最大高度。

2. 根据权利要求 1 的衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层被相互接近或紧密接触地放置，并且与所述第一层相邻的第二层和第三层的表面不具有凹凸模式。

3. 根据权利要求 1 的衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层被相互接近或紧密接触地放置，并且形成所述第一层的材料在色散上大于形成所述第二层和第三层的材料。

4. 根据权利要求 1 的衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层中的由色散较小的材料形成的一层，与所述第一层在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上相同。

5. 一种衍射光学元件，其中，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠，该衍射光学元件包括:

第一层，它的凹凸模式在与一个空气层的交界处上形成;

第二层，通过空气层而不接触所述第一层，与所述第一层接近地安置;

第三层，所述第三层的凹凸模式的最大高度与所述第一层的不同，而与所述第二层的相等，所述第三层中凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向与所述第一层的相同而与所述第二层的相反，

其中形成所述第一层的材料具有的色散大于形成所述第二层的材料和形成所述第三层的材料的色散，形成所述第三层的材料具有的色散小于形成所述第二层的材料的色散，

6. 根据权利要求5的衍射光学元件，其中，所述第一层的凹凸模式的高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的高度。

7. 根据权利要求5的衍射光学元件，其中，与所述第二层和第三层中的一层的具有凹凸模式的表面相反的表面不具有凹凸模式，并且，所述第一层的凹凸模式和所述第二层和第三层中的一层的不具有凹凸模式的表面相互对立且之间有一个空气层。

8. 根据权利要求7的衍射光学元件，其中，所述第一层的凹凸模式的高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的高度。

9. 一种包含根据权利要求1所述的衍射光学元件的光学系统。

10. 一种包含根据权利要求5所述的衍射光学元件的光学系统。

11. 一种包含根据权利要求1所述的衍射光学元件的光学设备

12. 一种包含根据权利要求5所述的衍射光学元件的光学设备。

衍射光学元件和具有相同组成的光学系统及光学设备

技术领域

本发明涉及一衍射光学元件，以及含有该衍射光学元件的光学系统、照相设备和观测设备，更具体地说涉及一应用于具有某一带宽的特定波长区域如可见光区域的衍射光学元件。

背景技术

对衍射光学元件的特征，可从如下几方面加以论述：

(1) 对比于具有相同符号的放大率的折射光学系统，色差出现在其中的方式是相反的。

(2) 通过改变构成衍射光学元件的一衍射光栅的凹凸模式的间距，能够控制波前。

(3) 凹凸模式在结构上非常薄，因此所占体积很小。

特别地，关于上述条款(1)，如果将该衍射光学元件引入到通常由诸如相机镜头的折射光学系统组成的装置中去，色像差将有极大改善。

进一步，通过上述(2)，也能获得将一种所谓的消球差透镜引进到一种光学系统的效果。

更进一步，通过上述(3)，能够获得一种光学性能较好的紧凑的光学系统。

该技术公开在一些文献中，如 SPIE Vol. 1354，国际镜头设计会议(Intenational Lens Design Conference)(1990)，日本专利申请公开文本No.4-213421(相应于美国专利5044706)，日本专利申请公开文本No.6-324262(相应于美国专利57900321)，等等。

附图 1 说明传统的最流行的衍射光学元件的范例。如图 1 所示，一种凹凸模式 101 形成于空气层 102 和具有折射率 Nd=1.497 及阿贝数 vd=57.44 的树脂

材料层103之界面。这种凹凸模式101的高度由h表示，其间距由P表示。这一由衍射光栅组成的衍射光学元件在下文中被称为单层衍射光学元件。

当P=150μm和h=1.05μm时，这种衍射光学元件105的衍射效率的计算结果如附图2所示。在图2中，横坐标轴表示可见光区400nm-700nm的波长范围，纵坐标轴表示+第一级衍射光的衍射效率。这种衍射光学元件使得在所用的400nm-700nm 波长区域中，+第一级被选作衍射光的衍射效率最高的设计级。衍射光学元件的凸纹的高度也可能在设计时改变，因此+第一级外的其它级的衍射效率可能变得最高。但是在下文的情况中，+第一级被选作设计级，+第一级衍射光的衍射效率成为最高的。

根据图2，在可见光区，衍射效率在短波侧和长波侧波长区域大大地降低。在这些波长区，除+第一级之外的其它的不必要的级(没有显示)的衍射效率变得较高。当将这一衍射光学元件用于一光学系统，如用于可见光区的照相机镜头，不必要的级可能引起光斑。

当衍射光学元件的高度被定义为h及它在特定波长λ处的折射率被定义为n(λ)，则出现在它和空气(折射率为1)间的光程差OPD为

$$OPD=(n(\lambda)-1)\cdot h。$$

这时衍射效率为

$$\eta = \left[\frac{\sin(\pi \cdot x)}{\pi \cdot x}\right]^2$$

这里

$$x=(OPD/\lambda)-m$$

当前设计级为+第一级，因此m=1。当

$$x=0。$$

衍射效率η变得最高，

附图3显示图1(m=1)中衍射光学元件的x值(相位特性)。x值在短波侧和长波侧大大地偏离0，因此认为其特性如图2所示。

消除这一衍射光学元件衍射效率的波长依赖性及阻止光斑等的出现的技术

公开在申请人的(或受让人的)日本专利申请公开文本 No.11-223717(相应于美国申请公开文本2001015848)或日本专利申请公开文本No.9-325203(相应于美国专利公开文本 6157488)或日本专利申请公开文本 No.9-127322(相应于美国专利6157488)。目的在于通过结合两种或更多种具有不同光学特性的材料来构造一种衍射光学元件，以减少衍射效率的波长依赖性。

附图 4 显示一个描述在在日本专利申请公开文本 No.11-223717 中的一个具体实施例中的一衍射光学元件构造的一个例子。一种叠层型的衍射光学元件将在下文通过这一结构的应用例子来描述。如图 4 所示，通过一构造于 Nd=1.635 及 vd=22.99 的光学材料层 109 和空气层 108 之间的凹凸模式 106 及一构造于 Nd=1.5129 及 vd=51.00 的光学材料层 110 和空气层 108 之间的凹凸模式 107 形成了一种叠层型的衍射光学元件 111。凹凸模式 106 和凹凸模式 107 的高度 h1 和 h2 分别为 h1=7.88 μm 和 h2=10.95 μm。h1 给负号的原因是形成衍射光学元件的光栅结构的方向同 h2 的光栅结构方向相反。

在这种构的例子中，上述的 x 和波长之间的关系显示在附图 5 中。而且，附图 6 显示了图 4 所示的叠层类型衍射光学元件的第一级光的衍射效率的波长依赖性，对比图 2，在图 6 中，短波侧和长波侧的衍射效率有极大地提高。但是，要看到在短波侧区域，衍射效率有一降低。

附图 7 显示形成图 4 所示的衍射光学元件的两种光学材料的折射率。在附图 7 中，虚线和实线分别表示形成层 109 和 110 的材料的折射率。形成层 109 的材料的折射率在短波侧的变化大，因此图 5 所示的 x 在短波侧的变化大。这就是衍射效率在短波侧有一降低的原因。

如前所述，与单层型衍射光学元件相比较，这种叠层型衍射光学元件的衍射效率有极大地提高，但是，衍射效率在短波侧仍然有一降低。这可能引发斑，因此，期望制造出衍射效率在整个所采用的波长范围内都高的衍射光学元件。

发明内容

本发明的目的在于提供一衍射光学元件，它能在所采用的诸如可见光区的宽的波长谱带内广泛地维持好的衍射效率。

为达到上述目的，本发明的一种形式的衍射光学元件是这样一种衍射光学元件，其中，将具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层相互接近或紧密接触地层叠，其特征在于，包括在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的两层，以及凹凸模式的高度不同于所述两层的另一层，其特征还在于，形成这三层的材料在色散上互不相同。

而且，本发明的另一种形式的衍射光学元件是这样一种衍射光学元件，其中，同样，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠，其特征在于，包括由在色散上互不相同的材料形成的、并且在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的两层，以及与这两层中的由色散较小的材料形成的一层在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上相同的另一层，其特征还在于，形成所述另一层的材料在色散上大于形成这两层的材料。

概括地所，本发明提供一种衍射光学元件，其中，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠，该衍射光学元件包括：第一层，它的凹凸模式在与一个空气层的交界处上形成；第二层，通过空气层而不接触所述第一层，与所述第一层接近地安置，第三层，所述第三层的凹凸模式的最大高度与所述第一层的不同，而与所述第二层的相等，所述第三层中凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向与所述第一层的相同而与所述第二层的相反，形成所述第三层的材料与形成所述第二层的材料具有不同的色散，其中所述第一层的凹凸模式的最大高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的最大高度。

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层被相互接近或紧密接触地放置，并且与所述第一层相邻的第二层和第三层的表面不具有凹凸模式。

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层被相互接近或紧密接触地放置，并且形成所述第一层的材料在色散上大于形成所述

第二层和第三层的材料。

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，所述在凹凸模式的高度上相等并在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上彼此相反的第二层和第三层中的由色散较小的材料形成的一层，与所述第一层在凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向上相同。

本发明还提供一种衍射光学元件，其中，具有高度在一个周期内变化的周期性凹凸模式的多个层被相互接近或紧密接触地层叠，该衍射光学元件包括：第一层，它的凹凸模式在与一个空气层的交界处上形成；第二层，通过空气层而不接触所述第一层，与所述第一层接近地安置，第三层，所述第三层的凹凸模式的最大高度与所述第一层的不同，而与所述第二层的相等，所述第三层中凹凸模式的高度在一个周期内变化的方向与所述第一层的相同而与所述第二层的相反，其中形成所述第一层的材料具有的色散大于形成所述第二层的材料和形成所述第三层的材料的色散，形成所述第三层的材料具有的色散小于形成所述第二层的材料的色散，

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，所述第一层的凹凸模式的高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的高度。

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，与所述第二层和第三层中的一层的具有凹凸模式的表面相反的表面不具有凹凸模式，并且，所述第一层的凹凸模式和所述第二层和第三层中的一层的不具有凹凸模式的表面相互对立且之间有一个空气层。

根据本发明的上述衍射光学元件，其中，所述第一层的凹凸模式的高度小于所述第二层和第三层的凹凸模式的高度。

本发明还提供包含上述的衍射光学元件的光学系统和光学设备。

附图说明

图 1 显示根据现有技术的单层型衍射光学元件。

图 2 显示根据现有技术的单层型衍射光学元件的衍射效率。

图 3 显示根据现有技术的单层型衍射光学元件的相位特性。

图 4 显示根据现有技术的叠层型衍射光学元件。

图 5 显示根据现有技术的叠层型衍射光学元件的相位特性。

图 6 显示根据现有技术的叠层型衍射光学元件的衍射效率。

图 7 显示根据现有技术的叠层型衍射光学元件的形成材料的特性。

图 8 显示根据实施例 1 的衍射光学元件。

图 9 显示根据实施例 1 的衍射光学元件的相位特性。

图 10 显示根据实施例 1 的衍射光学元件的衍射效率。

图 11 显示根据实施例 1 的衍射光学元件的形成材料的特性。

图 12 显示根据实施例 1 的衍射光学元件。

图 13 显示根据实施例 2 的衍射光学元件的相位特性。

图 14 显示根据实施例 2 的衍射光学元件的衍射效率。

图 15 显示根据实施例 2 的衍射光学元件的形成材料的特性。

图 16A 和 16B 显示根据实施例 3 的衍射光学元件。

图 17 是装备有衍射光学元件的光学系统的示意图。

图 18 是装备有衍射光学元件的光学设备的示意图。

具体实施方式

下文将描述本发明的一些实施例。

(实施例 1)

图 8 是根据本发明的实施例 1 的一衍射光学元件 122 的主要结构的横截面图。光从上部的箭头方向进入元件，依次经过第一材料层(第一层)115、空气层(折射率为 1 的层)116、第二材料层(第二层)117 和第三材料层(第三层)118 进行传输，并从衍射光学元件中出来。一个微小的高度周期性变化的凹凸模式 112 形成于第一材料层 115 和空气层 116 之间，一个微小的高度周期性变化的凹凸模式 114 形成于第二材料层 117 和第三材料层 118 之间。第二材料层和第三材料层的凹凸模式在一个周期内高度的变化方向上彼此相反并在高度上相等，因此，两个凹凸模式具有相互正好适合的结构。材料层 115 由 Nd=1.636 及 vd=22.80 的树脂材料形成，材料层 117 由 Nd=1.598 及 vd=27.99 的树脂材料形成，材料层 118

由 Nd=1.513 及 vd=51.00 的树脂材料形成。这样，各层在可见光谱带有互不相同的色散。第一材料层 115 凹凸模式的高度(深度)为 h1=3.538μm，第二凹凸模式的高度为 h2=-19.5μm，第三凹凸模式的高度为 h3=-h2=19.5μm。h2 给负号的原因是在横截面形状中高度的变化方向与 h1 和 h3 的高度变化方向相反。在图 8 中，第一层和第三层的光栅有如此的形状以致一个周期的光栅部分的高度为从右到左越来越小，这从图中可看出，但是，第二层和这相反。

图 9 显示了这种结构中上述的 x(OPD/λ-1)。图 10 显示本实施例的衍射效率的波长依赖性。比较图 9 和示出现有技术的一个例子的图 5，可以看出本实施例的衍射光学元件的 OPD/λ-1 随波长的变化更小，结果，可能获得如图 10 所示的特性，衍射效率大于传统叠层结构的衍射光学元件的衍射效率，特别是在短波区有高的衍射效率。

图 11 显示材料层 115、117 和 118 各自的折射率。图 11 中各曲线图旁标注的数字分别相应于各材料层。关于标注为 115 和 118 的材料层，所要指出的是，材料层 115 和 118 分别由高度为 h1 和 h3 的凹凸模式组成，但这里假定它们以(h1+h3)的高度形成，与这两种凹凸模式相等效的折射率已计算出。即，实施例 1 的具有三层结构的叠层光学元件可被看作由两种材料，即材料 115&118 和材料 117 形成的叠层型衍射光学元件。

通过利用象 115 那样的折射率随波在短波侧有大的变化的材料，等效折射率的色散特性能被适当地控制。可通过建立如下关系式来修正，

$$v1 < v2 < v3$$

其中，材料层 115、117 和 118 的阿贝数分别定义 v1，v2 和 v3。进而，当从图 11 计算出一局部色散特性及材料层 115、117 和 188 的局部散射率 θ_{gF} 分别被定义为 θ1，θ2，θ3，θ1=0.697，θ2=0.595，θ3=0.560，从而

$$\theta 1 > \theta 2 > \theta 3$$

通过这样来选择材料的布局，尽管光栅高度较小，在短波区的色散也能被控制，特别是能提高在短波区的衍射效率。局部色散率 θ_{gF} 由(ng-nF)/(nF-nC)表示，ng、nF 和 nC 分别是材料相对 g 线、F 线和 C 线的折射率。

而且，在本实施例中，与空气层相接触的凹凸模式 112 的高度小到 4μm 或

更小，因此，这可能减轻对图中用 119 标注的光栅面的散射影响。更进一步，可以使材料层 117 和 118 的凹凸模式 114 的高度的绝对值彼此相等，因此，这可以使得与图 8 的空气层 116 相接触的表面 113 是平坦的，并且可以很简单地制造由材料层 117 和 118 构成的部分。而且，材料层 117 和 118 间材料的折射率的差异较小，因此，对凹凸模式 114 的高度可以减少光栅面 121 上的散射。

如图 10 所示，根据本实施例的衍射光学元件，其衍射效率的波长的依赖性很小，因此对于用于在象可见光区这样的宽的谱带的光学系统是有效的。而且，虽然在本实施例中仅仅显示根据本发明的衍射光学元件的主结构，因此正如图 8 所示，具有用来构成衍射光学元件的多个凹凸模式的材料层被提供于一平坦表面上，这不是限制性的，但也可将它们用到曲面或类似面上。

而且，虽然在根据本实施例的衍射光学元件中，其中未形成光栅的材料层 120 位于第二材料层 117 的凹凸模式 114 和空气层 116 之间，但其厚度 L1 尽可能小是所期望的。

在本实施例中，显示了这样的一个情况，光从材料层 115 的一侧进入，但是即使光从相对侧进入也能获得上述效果。

进一步，在本实施例中，形成衍射光学元件的材料是树脂材料，因此在入射侧或出射侧可自由设定基底，但对这个基底不加特别限制。而且，凹凸模式可由这种基底材料本身形成。

(实施例 2)

图 12 是根据本发明的实施例 2 的一衍射光学元件 133 的主要结构的横截面图。光从上部的箭头方向进入元件，依次经过第一材料层(第一层)126、空气层 127、第二材料层(第二层)128 和第三材料层(第三层)129 进行传输，并从衍射光学元件中出来。一个微小的凹凸模式 123 形成于第一材料层 126 和空气层 127 之间，一个微小的凹凸模式 125 形成于第二材料层 128 和第三材料层 129 之间。材料层 126 由 Nd=1.679 及 vd=19.17 的树脂材料形成，材料层 128 由 Nd=1.635 及 vd=22.80 的树脂材料形成，材料层 129 由 Nd=1.513 及 vd=51.00 的树脂材料形成。这样，各层在可见光谱带有互不相同的色散。第一材料层 126 的凹凸模式的高度为 h1=2.784 μm，第二凹凸模式的高度为 h2=-10.5 μm，第三凹凸模

式的高度为 h3=-h2=10.5μm。

图 13 显示了这种结构的上面描述的 x(OPD/λ-1)。图 14 显示本实施例的衍射效率的波长依赖性。比较图 13 和图 5，可以看出本实施例的衍射光学元件的 OPD/λ-1 随波长的变化也较小，结果，可能获得如图 14 所示的特性，其中，衍射效率的波长依赖性小于传统叠层结构的衍射光学元件的衍射效率的波长依赖性，因此光斑也小。而且，能够实现非常薄的衍射光学元件。

图 15 显示各材料层 126、128 和 129 的折射率。标注在图 15 中各曲线图旁的数字相应于各材料层。关于标注为 126&129 的材料，这里假定形成高度为 (h1+h3)，虽然材料层 126 和 128 分别由高度为 h1 和 h3 的凹凸模式形成，但已计算了这两种凹凸模式的等效折射率。即，实施例 2 的具有三层结构的叠层光学元件可被看作由两种材料，即材料 126&129 和材料 128 形成的叠层型衍射光学元件。

通过利用象 126 那样的折射率随波长在短波侧有大的变化的材料，可以适当地控制等效折射率的色散特性。

可通过建立如下关系式来修正，

$v1 < v2 < v3$

此时，材料层 126，128 和 129 的阿贝数分别定义为 v1，v2 和 v3。进而，从图 11 中可计算一局部色散特性当材料层 126、128 和 129 的局部色散率 θ_{gF} 被定义为 θ1，θ2 和 θ3 时，θ1=0.70，θ2=0.697，θ3=0.560，由此

$\theta 1 > \theta 2 > \theta 3$

因此，尽管如材料层 126 那样凹凸模式的高度很小，但是可以将等效折射率的特性在短波侧处理得非常适当。

而且，在本实施例中，与空气层相接触的凹凸模式 123 的高度为 2.784μm，也就是尽可能小于 4μm，因此，这可能减轻光栅面 130 上的散射影响。更进一步，能使材料层 128 和 129 的凹凸模式 125 的高度的绝对值彼此相等，因此，这可以使得与图 12 的空气层 127 相接触的表面 124 是平坦的，并且能非常简单地制造。而且，材料层 128 和 129 间材料的折射率的差异很小，因此，对凹凸模式 125 的高度这可能减少光栅面 132 上的散射。

如图14所示，根据本实施例的衍射光学元件，其衍射效率对波长的依赖性很小，因此对于用在象可见光区这样的宽的谱带的光学系统是有效的。而且，虽然在本实施例中，仅仅显示根据本发明的衍射光学元件的主结构，因此，正如图8所示，每个凹凸模式被提供于平坦表面上，但这不是限制性的，它们也能被用于曲面或相类似面上。

而且，虽然在根据本实施例的衍射光学元件中，其中无光栅形成的材料层131位于第二材料层128的凹凸模式125和空气层127之间，但期望其厚度L1尽可能小。

(实施例3)

这里以根据本发明的实施例3的一衍射光学元件135为例子，其中多层凹凸模式形成于作为基底的相对的透镜面136和137之间，图16A是它的一横截面图，图16B是它的一前视图。图中将衍射光学元件135的凹凸模式放大地显示以便使它易理解。

标号138a、138b和138c指示对应于实施例1或实施例2的三层结构的材料层的构造。

标号138表示一个用于确定材料层138a和材料层138b、138c间的间隔的组件，它位于衍射光学元件138的外围设备部分(有效直径之外)。如上所述，衍射部分形成于相对的两透镜面之间，由此获得，凹凸模式和边界表面受到保护的效果。进一步，在本实施例中，将每一凹凸模式形成在平坦表面上，但这不是限制性的，它们也能形成在曲面上。更进一步，虽然在本实施例中，凹凸模式显示为完全对称旋转，但这不是限制性的。

进一步，虽然在上述实施例中，已显示了在可见光区有两个波长的，衍射光学元件，该波长满足

$(OPD/\lambda)-m=0$ (m=1，2，3，...)

此时，衍射设计级(绝对值)被定义为m及一束波长为λ的衍射光的最大光程长度被定义为OPD，依据形成各材料层的材料的结合也可采用在可见光区有三个或更多个波长满足此条件的构造。

而且，虽然在实施例1到3中，注意力仅仅集中在形成衍射光学元件的材

料的折射率和由凹凸结构引发的相位差，如果诸如涂敷的反射保护措施用空气层和凹凸模式间的界面或虑及到的光学材料或其它类似材料间的界面的菲涅耳反射来形成，这将是有效的，但是衍射效率的特性由本发明的结构来决定，因此也能获得类似的效果。而且，涂敷也可滤及到的树脂材料的紧密接触特性或基底的紧密接触特性来完成。在这种情况，涂层处于界面之间，但是这种结构并不限制本发明。

(实施例 4)

图 17 概略地显示一个具有描述在实施例 1 到 3 的衍射光学元件 201 的光学系统 200 的结构。根据上述的实施例的衍射光学元件能使设计级的衍射光的衍射效率在所应用的整个波长范围都高，因此能在使用白光的光学系统中显示出好的光学性能。

(实施例 5)

图 18 是单镜头反射式照相机的基本部分的示意图。在图 18 中，标号 10 代表一个照相镜头，标号 20 代表照相机主体，照相镜头 10 可拆卸地安装在照相机的主体 20 上。照相镜头 10 有这样的结构，即它用镜头筒 2 来容纳照相光学系统 1。照相机主体 20 包括一个用来把来自照相镜头 10 的光束向上反射的快速反光镜 3、一个安置在照相镜头 10 的图像形成位置的聚焦板 4、一个把形成于聚焦板 4 上的颠倒图像转换成直立图像的五角棱镜 5、一个通过其观察直立图像的目镜 6，等等。标号 7 指的是一个感光面，在其上放有固态图像获取元件(光电转换元件)如 CCD 或 CMOS、或银卤化物胶片或类似物的光接收面。在拍照期间，快速反光镜 3 从光路撤销，通过照相镜头 10 在感光面 7 上形成一个图像。

实施例 1 到 3 所描述的衍射光学元件可用于照相光学系统或探测器光学系统的任何位置。如上所述，本发明的衍射光学元件被用于光学设备如照相机的光学系统，从而光学设备的光性能能够得到改善。

通过将上面实施例所描述的结构应用于叠层型衍射光学元件，能使凹凸模式的高度的绝对值，例如，在至少两层中互等且凹凸模式的方向相反，从而可以使高度相等的层紧密接触或或制做得相互接近，并且可以减少在其中凹凸模

式的垂直面(光栅面)或者其它类似面和空气接触的层。

而且，凹凸模式的高度相等的层可以处理成紧密接触或相互接近，从而这可能形成一个没有凹凸模式的表面，这样可以形成构造上更简单并易于制造的衍射光学元件。

而且，相对于凹凸模式的高度相等的两层的凹凸模式的高度而言，其它层的凹凸模式的高度做得很小，从而衍射光学元件的高度能做得很小。

而且，通过设计可以使空气层位于没有凹凸模式的面和上面提到的凹凸模式的高度做得很小的其它层之间，从而对衍射光学元件的凹凸模式的保护成为可能且更进一步，光学材料的选择范围更宽。

而且，使上文提到的凹凸模式的高度做得很小的其它层的光学色散比凹凸模式的高度的绝对值相等的两层的色散大，进而，可以设计为使得在这一其它层与使光学色散更小的、凹凸模式的高度的绝对值相等的两层中的一层中，其横截面的光栅形状对于同一方向在高度上变小，并且对于预先设定波长，光在同一方向衍射，从而可以减少衍射效率对波长的依赖性。

而且，通过构造在两相对表面间具有凸纹模式的衍射光学元件，可能采用一种结构来保护衍射光学元件的凹凸模式。进而，通过构造具有这一光学元件的光学系统，由于该衍射光学元件的色像差修正效应或非球面效应，有可能获得一非常小巧且性能良好的光学系统。

图 1 现有技术

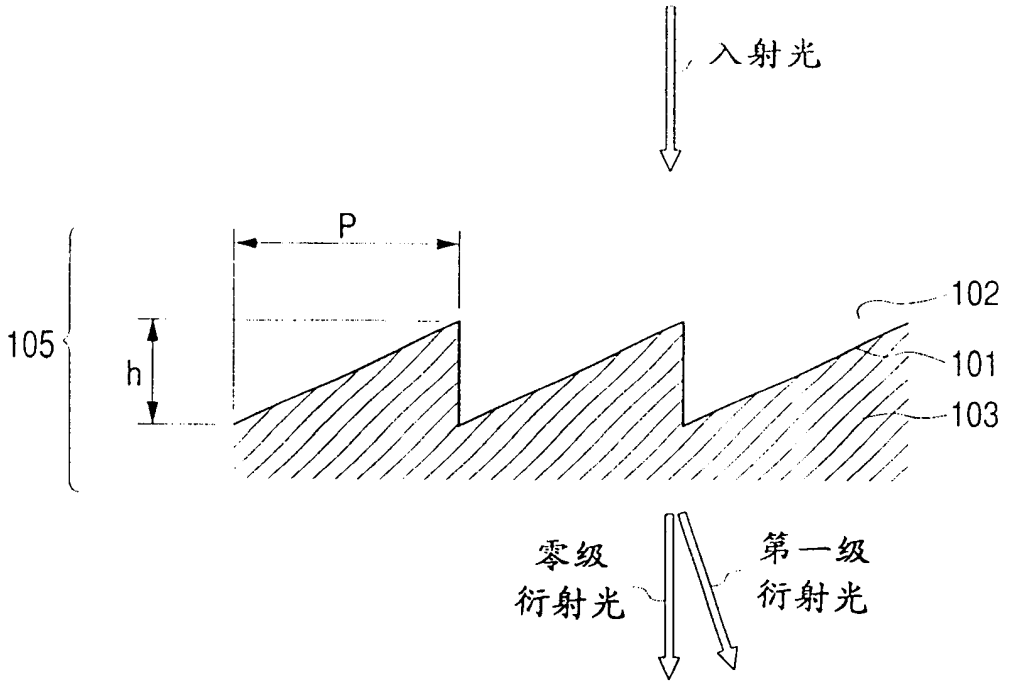


图 2 现有技术

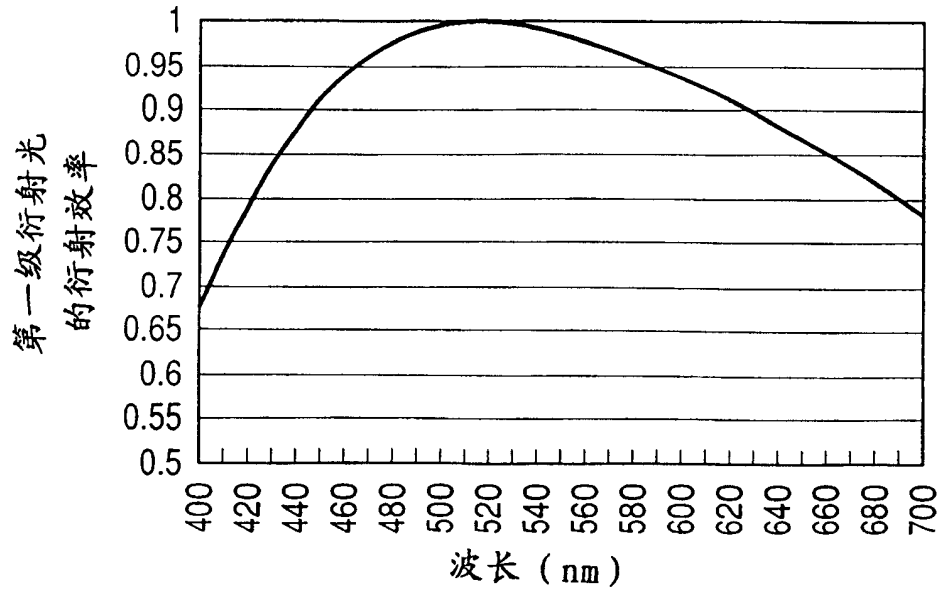


图 3 现有技术

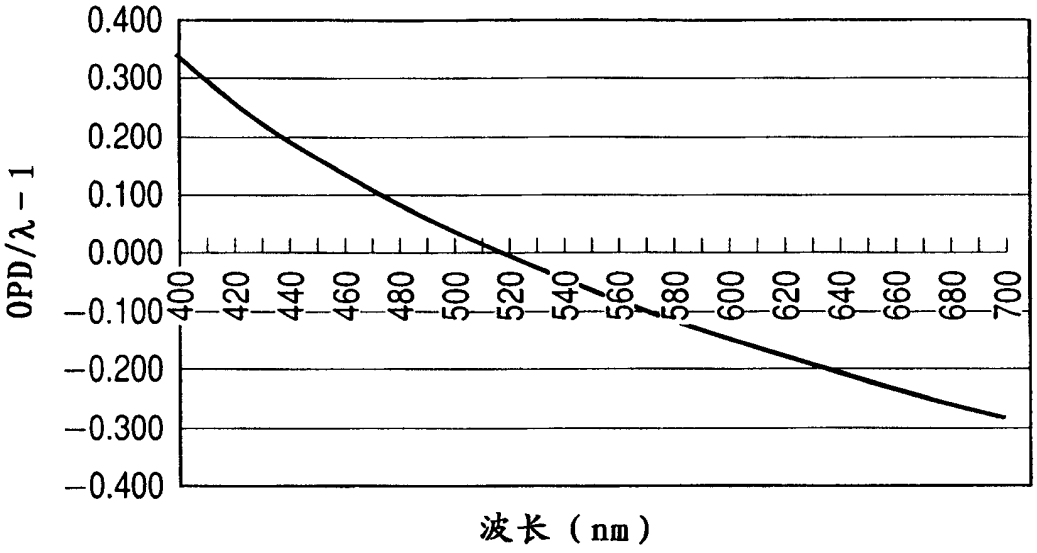


图 4 现有技术

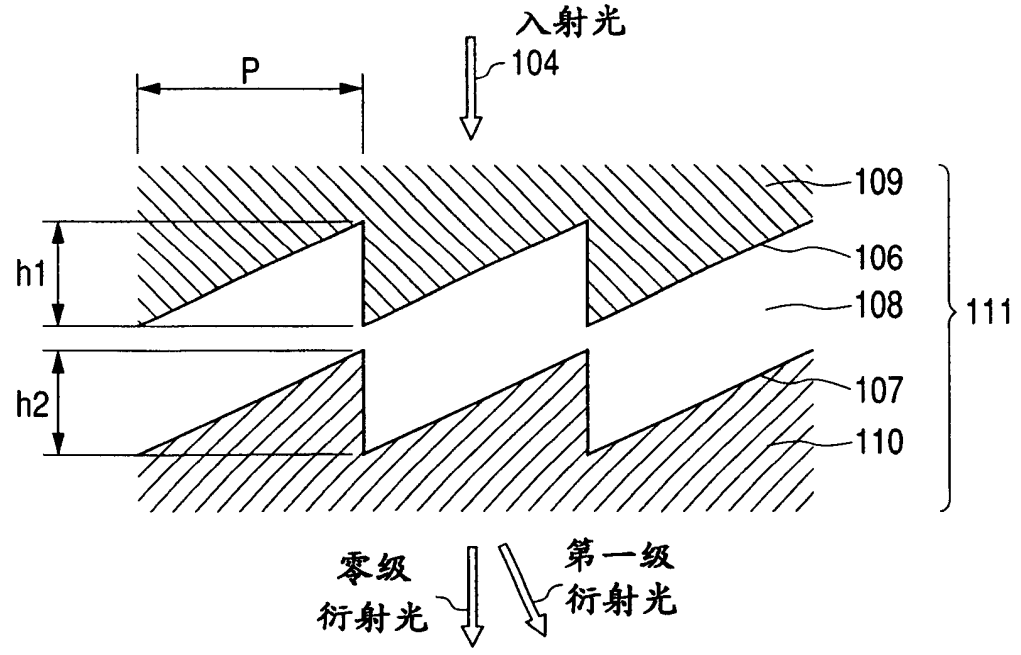


图 5 现有技术

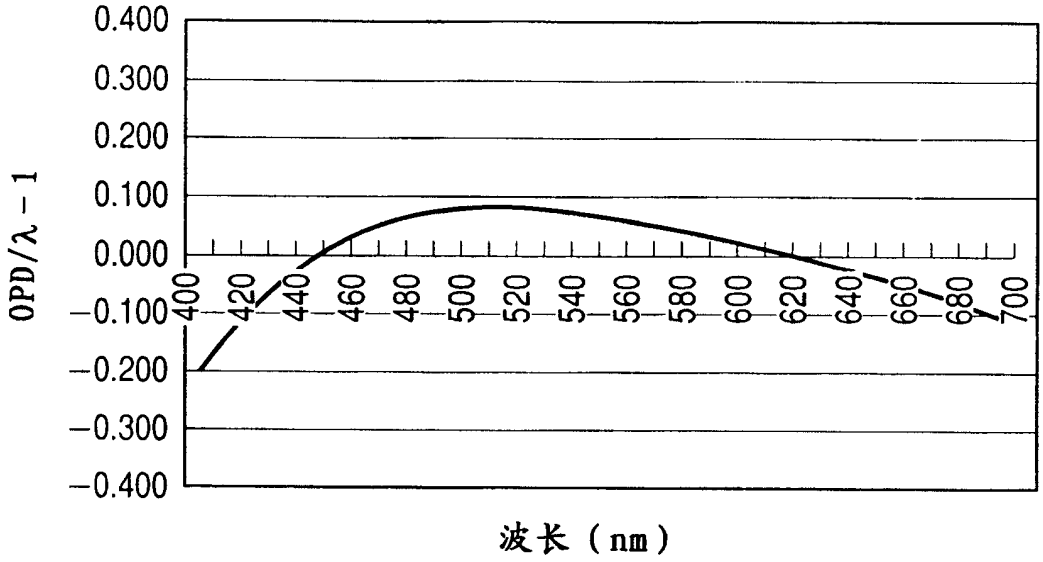


图 6 现有技术

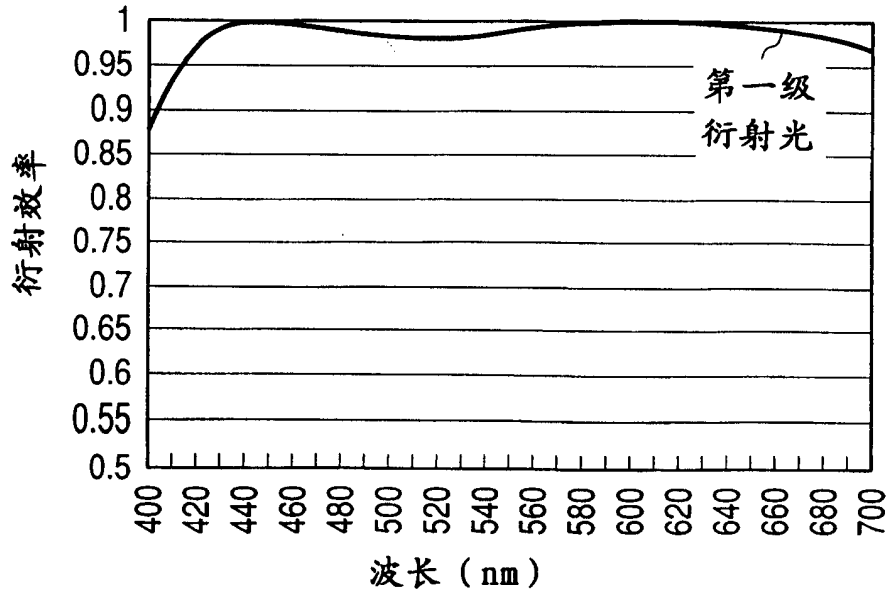


图 7 现有技术

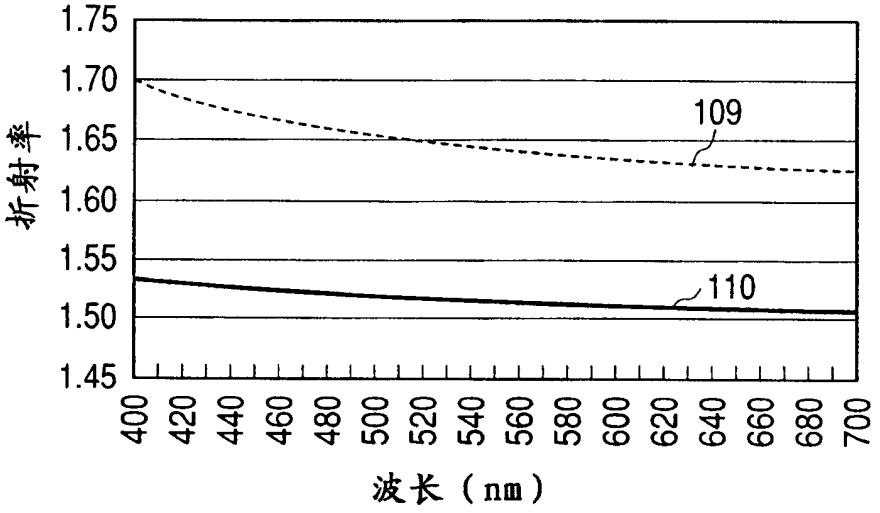

1.75
1.70
1.65
1.60
1.55
1.50
1.45
折射率
109
110
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 8

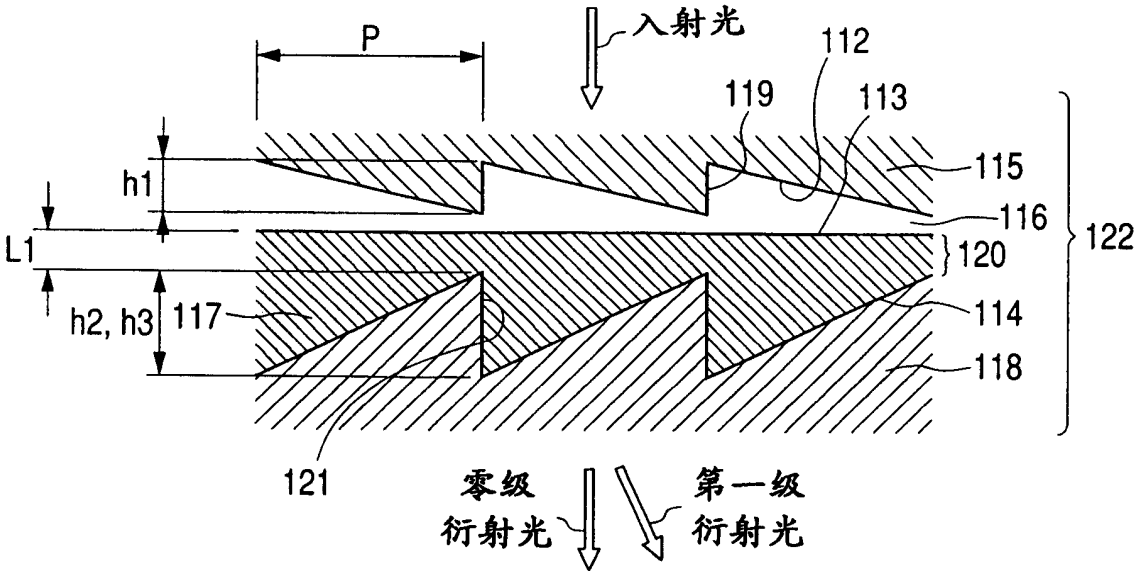

P
入射光
112
119
113
115
116
122
h1
L1
120
h2, h3
117
114
118
121
零级
衍射光
第一级
衍射光

图 9

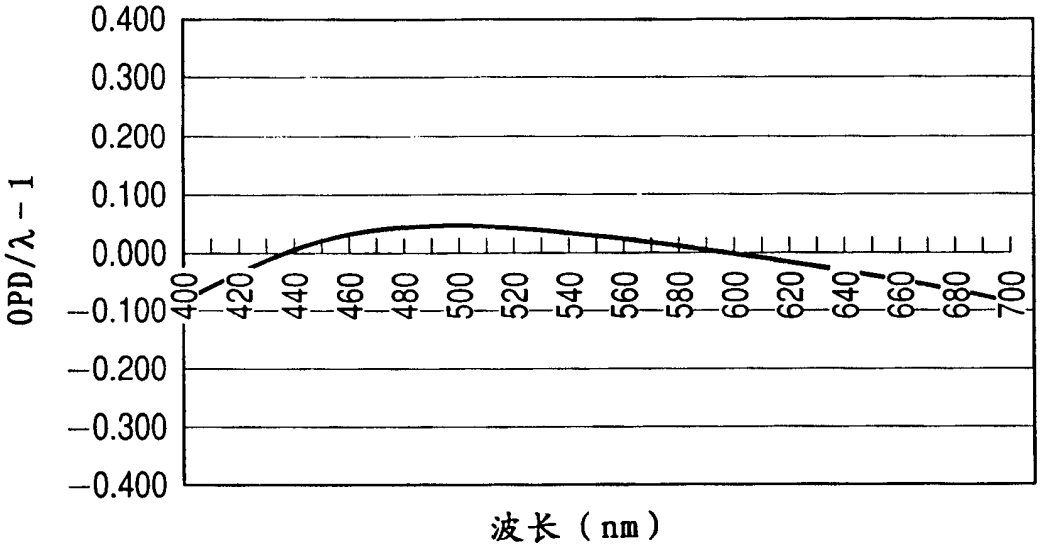

0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
−0.100
−0.200
−0.300
−0.400
OPD/λ－1
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 10

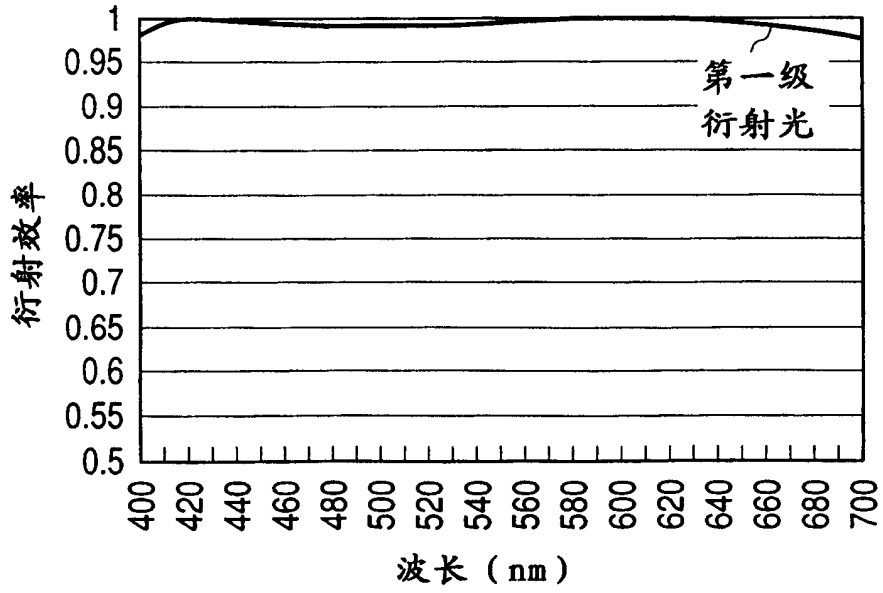

1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
衍射效率
第一级
衍射光
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 11

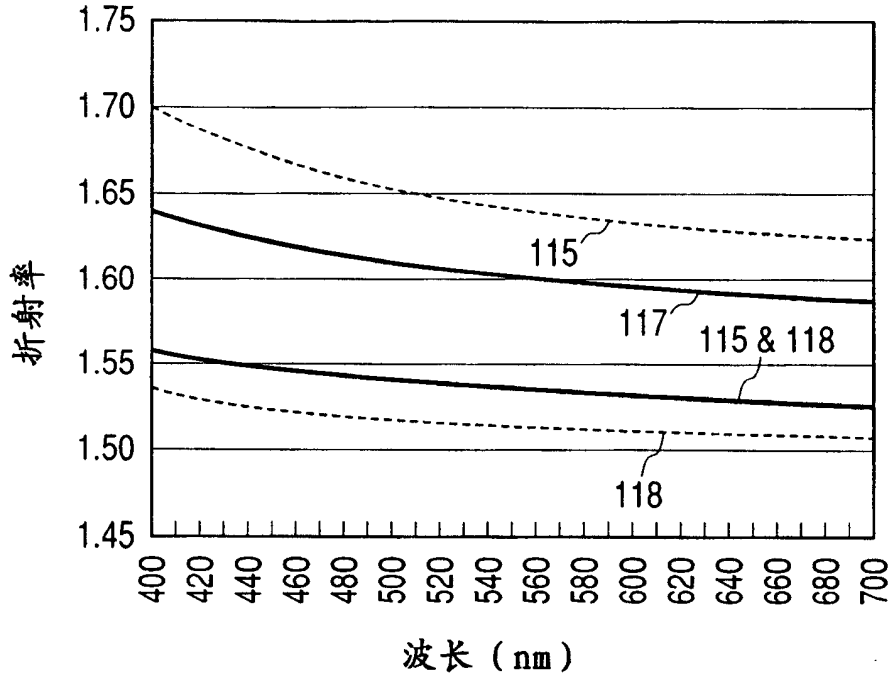

1.75
1.70
1.65
1.60
1.55
1.50
1.45
折射率
115
117
115 & 118
118
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 12

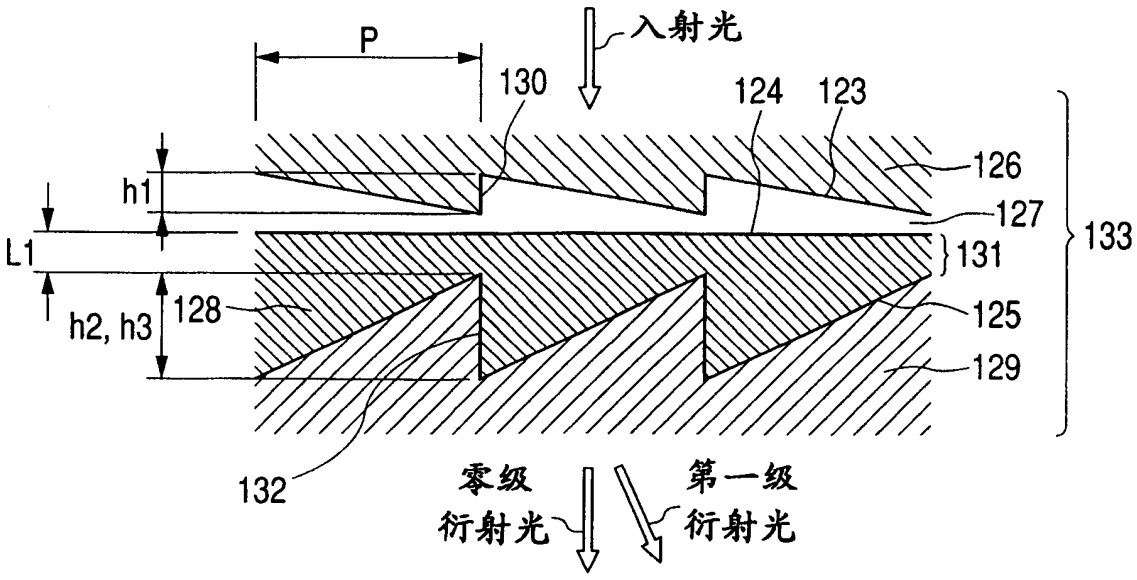

P
入射光
130
124
123
126
127
133
h1
L1
131
h2, h3
128
125
129
132
零级
衍射光
第一级
衍射光

图 13

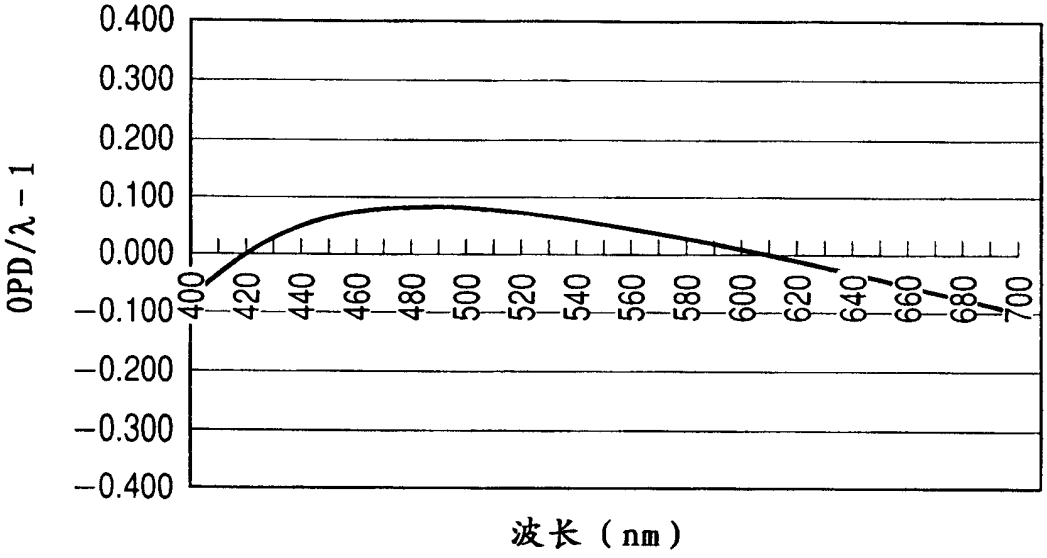

0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
−0.100
−0.200
−0.300
−0.400
OPD/λ－1
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 14

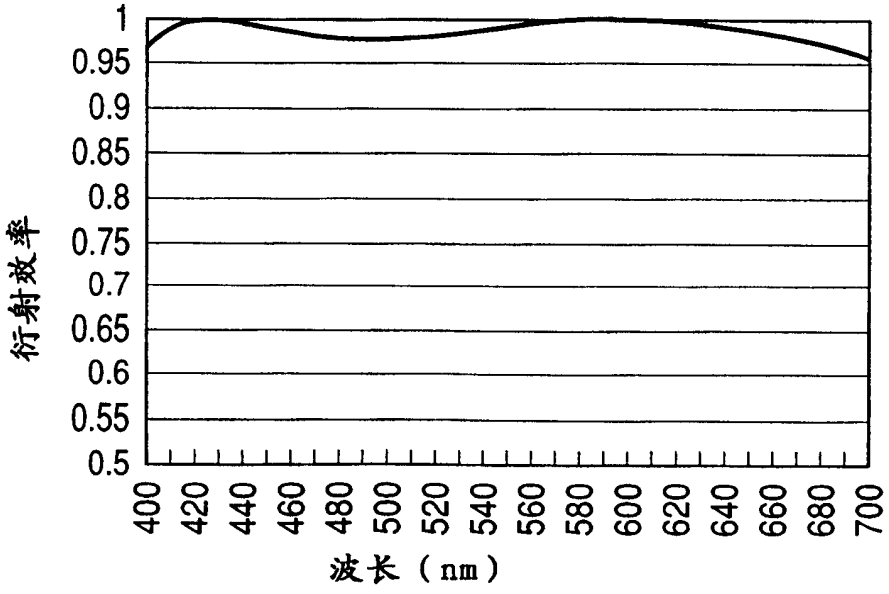

1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
衍射效率
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 15

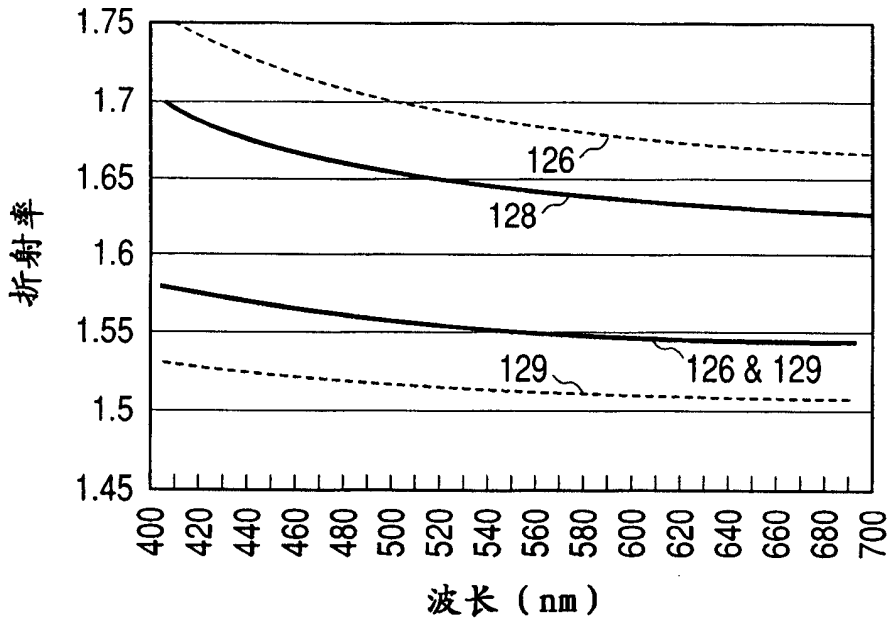

1.75
1.7
1.65
1.6
1.55
1.5
1.45
折射率
126
128
129
126 & 129
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
波长（nm）

图 16A

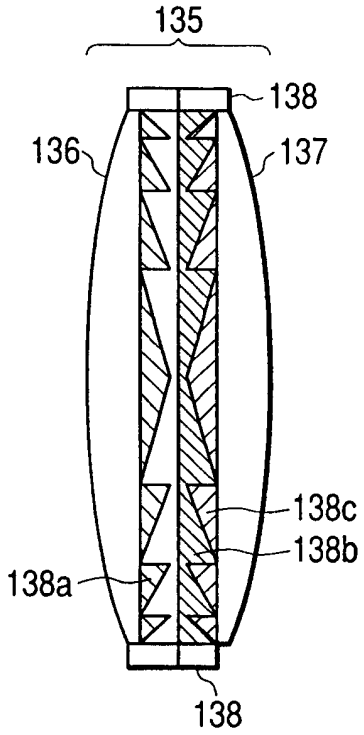


图 16B

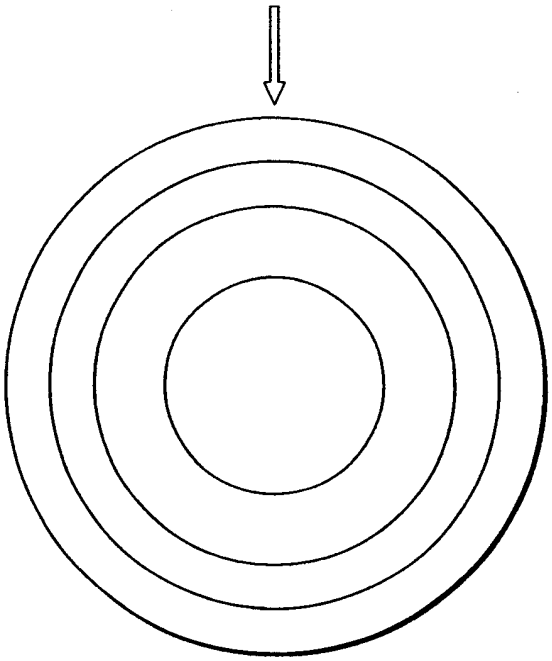


图 17

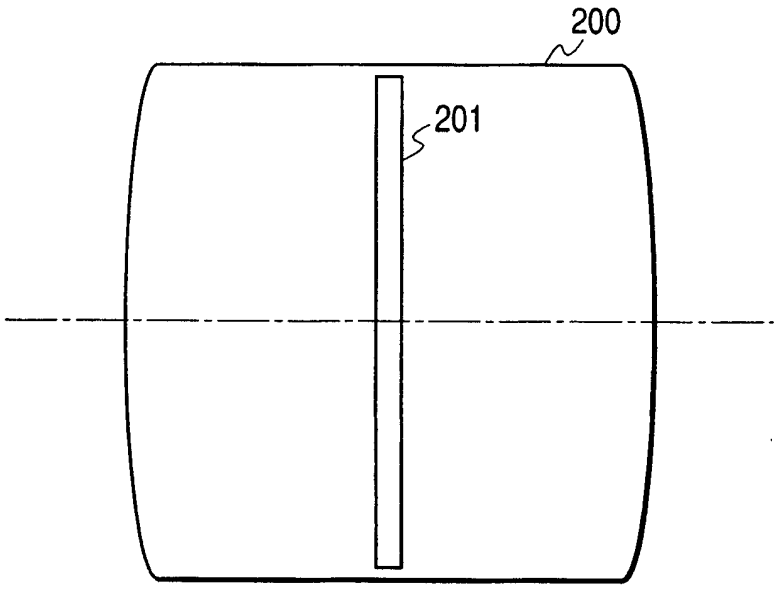


图 18

