



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102393541 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201110370053. 9

(22) 申请日 2008. 11. 12

(30) 优先权数据

2007-294849 2007. 11. 13 JP

(62) 分案原申请数据

200880001505. 2 2008. 11. 12

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 西胁青儿

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

G02B 5/02(2006. 01)

G02B 5/18(2006. 01)

B32B 3/30(2006. 01)

H01L 51/52(2006. 01)

H05B 33/22(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1366618 A, 2002. 08. 28, 全文.

JP 2003262505 A, 2003. 09. 19, 全文.

JP 2005266188 A, 2005. 09. 29, 全文.

JP 52011937 A, 1977. 01. 29, 全文.

US 2002180348 A1, 2002. 12. 05, 全文.

审查员 史敏峰

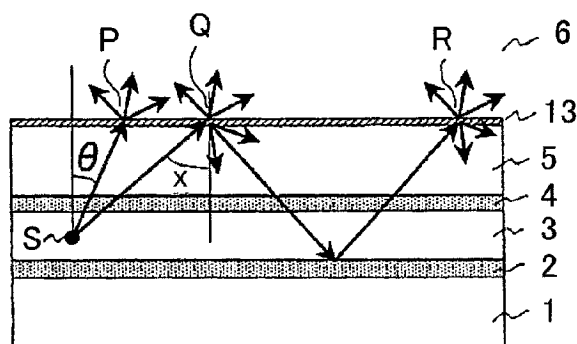
权利要求书4页 说明书23页 附图23页

(54) 发明名称

薄膜及发光装置

(57) 摘要

本发明公开了一种薄膜及发光装置。发光装置具有在透明基板(5)表面的表面结构(13),用最大内切圆的直径在 $0.2\mu\text{m}$ 以上且 $1.5\mu\text{m}$ 以下的微小区域假想地无间隙地对该透明基板(5)进行分割,各个微小区域在透明基板(5)的表面上呈凸形状或凹形状,是凸还是凹的比率分别为P、 $1-P$ ,P在从0.4到0.98的范围内。因此,本发明提供一种薄膜及发光装置,让临界角以上的对透明基板的入射光射出,实现取光效率的大幅度提高,同时,防止外来光映入,抑制方位不同产生光强度的强弱分布,色彩失去平衡等。



1. 一种薄膜,使用时让该薄膜的一个面与发光体相邻接,该薄膜是透明的薄膜,其特征在于:

该薄膜的另一个面假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围,

所述多个微小区域  $\delta$  由以 40% 以上且 98% 以下的比率从该多个微小区域  $\delta$  中随机选出的多个微小区域  $\delta_1$ 、和除了该多个微小区域  $\delta_1$  以外的多个微小区域  $\delta_2$  构成,

所述微小区域  $\delta_1$ ,相对于与所述另一个面平行的规定的基准面朝着所述另一个面的上方突出,突出高度是  $d/2$ ,

所述微小区域  $\delta_2$ ,相对于所述规定的基准面朝着所述另一个面的下方凹陷,凹陷深度是  $d/2$ ,

所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$  的在与所述另一个面垂直的方向上的中间位置,

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光,所述透明的薄膜的折射率是  $n_1$ ,所述透明的薄膜在所述另一个面接触的介质的折射率是  $n_0$ , $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ ,

所述  $d$  在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.4\mu\text{m}$  以下。

2. 一种薄膜,使用时让该薄膜的一个面与发光体相邻接,该薄膜是透明的薄膜,其特征在于:

该薄膜的另一个面假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它该多个微小区域  $\delta$  包围,

所述多个微小区域  $\delta$  中的每一个微小区域  $\delta$ ,以相对于与所述另一个面平行的规定的基准面而言范围在 0 以上且  $d/2$  以下的随机高度位于上方或者范围在 0 以上且  $d/2$  以下的随机深度位于下方,

所述规定的基准面,在存在于与所述另一个面垂直的方向上的最高位置的所述微小区域  $\delta$  和存在于最低位置的所述微小区域  $\delta$  的中间位置上,

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光,所述透明的薄膜的折射率是  $n_1$ ,所述透明的薄膜在所述另一个面接触的介质的折射率是  $n_0$ , $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ ,

所述  $d$  在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.4\mu\text{m}$  以下。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的薄膜,其特征在于,

所述最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.5\mu\text{m}$  以下。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的薄膜,其特征在于:

所述微小区域  $\delta$  是多角形且该多角形的形状互相完全相同。

5. 一种发光装置,包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层,其中:

所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面,具有由多个微小区域  $\delta_1$  及多个微小区域  $\delta_2$  构成的多个微小区域  $\delta$  所得到的形状,

所述多个微小区域  $\delta_1$ ,占有多个微小区域  $\delta$  中的 40% 以上且 98% 以下的比率,且随

机地配置；并且所述多个微小区域  $\delta$  是其最大内切圆的直径为  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$ 、且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围，

所述微小区域  $\delta 1$ ，相对于与所述相反一侧的面平行的规定的基准面朝着所述相反一侧的面的上方突出，突出高度是  $d/2$ ，

所述微小区域  $\delta 2$ ，相对于所述规定的基准面朝着所述相反一侧的面的下方凹陷，凹陷深度是  $d/2$ ，

所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta 1$  和所述微小区域  $\delta 2$  的在与所述相反一侧的面垂直的方向上的中间位置，

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光，

所述保护层的折射率是  $n1$ ，所述保护层在所述相反一侧的面接触的介质的折射率是  $n0$ ， $n0$  比  $n1$  小， $\lambda/6(n1-n0) < d < \lambda/(n1-n0)$ ，

所述保护层于所述相反一侧的面与介质接触，所述保护层的折射率比所述介质的折射率大  $0.1$  以上。

6. 一种发光装置，是顺次具有第一电极、发光层、第二电极、调整层、透明材料的发光装置，其特征在于：

所述调整层与所述透明材料相互邻接，

所述调整层的与所述透明材料相邻一侧的面、以及所述透明材料的与所述调整层接触的面的相反一侧的面，分别具有由多个微小区域  $\delta 1$  及多个微小区域  $\delta 2$  构成的多个微小区域  $\delta$  所得到的形状，

所述多个微小区域  $\delta 1$ ，占有多个微小区域  $\delta$  中的  $40\%$  以上且  $98\%$  以下的比率，且随机地配置；并且所述多个微小区域  $\delta$  是其最大内切圆的直径为  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$ 、且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围，

所述调整层的与所述透明材料相邻一侧的面中，

所述微小区域  $\delta 1$ ，相对于与所述透明材料相邻的面平行的规定的第二基准面朝着与所述透明材料相邻的面的上方突出，突出高度是  $d/2$ ，

所述微小区域  $\delta 2$ ，相对于所述规定的第二基准面朝着与所述透明材料相邻的面的下方凹陷，凹陷深度是  $d/2$ ，

在此，所述规定的第二基准面位于所述微小区域  $\delta 1$  和所述微小区域  $\delta 2$  的在与所述透明材料相邻的面相垂直的方向上的中间位置，

所述透明材料的与所述调整层接触的面的相反一侧的面中，

所述微小区域  $\delta 1$ ，相对于与所述透明材料相邻的面平行的规定的第二基准面朝着与所述调整层接触的面的相反一侧的面的上方突出，突出高度是  $d/2$ ，

所述微小区域  $\delta 2$ ，相对于所述规定的第二基准面朝着与所述调整层接触的面的相反一侧的面的下方凹陷，凹陷深度是  $d/2$ ，

在此，所述规定的第二基准面位于所述微小区域  $\delta 1$  和所述微小区域  $\delta 2$  的在与所述调整层接触的面的相反一侧的面相垂直的方向上的中间位置，

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光，

所述调整层的折射率是  $n_1$ , 所述透明材料的折射率是  $n_0$ ,  $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ 。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的发光装置, 其中,

所述相邻的一侧的面或所述相反一侧的面的表面结构的凸部的表面垂直的截面是梯形、或凸部的斜面是曲线。

8. 根据权利要求 5 或 6 所述的发光装置, 其中,

所述多个微小区域  $\delta$  是能够无间隙地用同样的图形进行面积分割的任意的多角形, 所述多角形的角部变圆。

9. 一种发光装置, 包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层, 其中,

所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面, 具有由多个微小区域  $\delta_1$  及多个微小区域  $\delta_2$  构成的多个微小区域  $\delta$  所得到的形状,

所述多个微小区域  $\delta_1$ , 占有多个微小区域  $\delta$  中的 40% 以上且 98% 以下的比率, 且随机地配置; 并且所述多个微小区域  $\delta$  是其最大内切圆的直径为  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$ 、且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围,

所述微小区域  $\delta_1$ , 相对于与所述相反一侧的面平行的规定的基准面朝着所述相反一侧的面的上方突出, 突出高度是  $d/2$ ,

所述微小区域  $\delta_2$ , 相对于所述规定的基准面朝着所述相反一侧的面的下方凹陷, 凹陷深度是  $d/2$ ,

所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$  的在与所述相反一侧的面垂直的方向上的中间位置,

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光,

所述保护层的折射率是  $n_1$ , 所述保护层在所述相反一侧的面接触的介质的折射率是  $n_0$ ,  $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ ,

并且, 在所述保护层的与所述发光面相邻的面, 形成有衍射光栅。

10. 一种发光装置, 包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层, 其中,

所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面, 具有由多个微小区域  $\delta_1$  及多个微小区域  $\delta_2$  构成的多个微小区域  $\delta$  所得到的形状,

所述多个微小区域  $\delta_1$ , 占有多个微小区域  $\delta$  中的 40% 以上且 98% 以下的比率, 且随机地配置; 并且所述多个微小区域  $\delta$  是其最大内切圆的直径为  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $8.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$ 、且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围,

所述多个微小区域  $\delta$  是能够无间隙地用同样的图形进行面积分割的任意的多角形, 且所述多角形的角部变圆,

所述微小区域  $\delta_1$ , 相对于与所述相反一侧的面平行的规定的基准面朝着所述相反一侧的面的上方突出, 突出高度是  $d/2$ ,

所述微小区域  $\delta_2$ , 相对于所述规定的基准面朝着所述相反一侧的面的下方凹陷, 凹陷深度是  $d/2$ ,

所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$  的在与所述相反一侧的

面垂直的方向上的中间位置，

所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光，

所述保护层的折射率是  $n_1$ ，所述保护层在所述相反一侧的面接触的介质的折射率是  $n_0$ ， $n_0$  比  $n_1$  小， $\lambda / 6 (n_1 - n_0) < d < \lambda / (n_1 - n_0)$ 。

## 薄膜及发光装置

[0001] 本申请是申请人于 2008 年 11 月 12 日提出的申请号为 200880001505.2 (国际申请号 PCT/JP2008/003299) 的、发明名称为薄膜及发光装置的国际申请的分案申请,该申请进入国家阶段的日期为 2009 年 06 月 26 日。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种它的一个面与发光体相邻而用的透明薄膜及使用了透明薄膜的发光装置。

### 背景技术

[0003] 现有技术例如有专利文献 1、2 中所公开的技术。

[0004] 图 14 表示使用了普通的有机 EL (电致发光) 元件的发光装置的剖面结构和光的传播情况。电极 102、发光层 103 和透明电极 104 按此顺序叠层在基板 101 上,透明电极 104 上载有透明基板 105。将电压施加在电极 102、透明电极 104 之间,就会在发光层 103 的内部的点 S 发光,该光直接或者在电极 102 反射后透过透明电极 104,与透明基板 105 的表面的法线成角度  $\theta$  地入射到透明基板 105 的表面上的点 P,在该点折射后,射出到空气层 106 一侧。

[0005] 若设透明基板 105 的折射率为  $n'1$ ,则当入射角  $\theta$  大于临界角  $\theta_c = \sin^{-1}(1/n'1)$  时就发生全反射。例如,以  $\theta_c$  以上的角度入射到透明基板 105 的表面上的点 Q 的光发生全反射,而不会射出到空气层 106 一侧。

[0006] 图 16(a) 和图 16(b) 是说明图,说明的是假定透明基板 105 是多层结构的情况下上述发光装置的取光效率。在图 16(a) 中,设发光层 103 的折射率是  $n'k$ ,空气层 106 的折射率是  $n_0$ ,从靠近发光层 103 一侧算起,存在于发光层 103 和空气层 106 之间的多个透明层的折射率分别是  $n'k-1$ 、 $n'k-2$ 、 $\cdots$ 、 $n'1$ ,从发光层 103 内的点 S 发出的光的传播方位 (与折射面的法线所成的角度)  $\theta'k$ ,在各个折射面的折射角依次是  $\theta'k-1$ 、 $\theta'k-2$ 、 $\theta'1$ 、 $\theta_0$ ,则根据斯内尔定律下式成立。

[0007]  $n'k \times \sin \theta'k = n'k-1 \times \sin \theta'k-1 \cdots = n'1 \times \sin$

[0008]  $\theta'1 = n_0 \times \sin \theta_0$  (式 1)

[0009] 因此,下式成立。

[0010]  $\sin \theta'k = \sin \theta_0 \times n_0/n'k$  (式 2)

[0011] 结果, (式 2) 就是发光层 103 直接接触空气层 106 的情况下的斯内尔定律, (式 2) 表明:与存在于其间的透明层的折射率无关,满足  $\theta'k \geq \theta_c = \sin^{-1}(n_0/n'k)$  就发生全反射。

[0012] 图 16(b) 示意地示出了能够从发光层 103 取出的光的范围。能够取出的光包含在以发光点 S 为顶点、以临界角  $\theta_c$  的 2 倍的角度为顶角、以沿着折射面的法线的 Z 轴为中心轴的一对圆锥体 107、107' 的内部。假定从点 S 发出的光全方位地放射强度相等的光,在临界角以内的入射角下在折射面的透光率是 100%,则从发光层 103 取光的取出效率  $\eta$  就与

被圆锥体 107、107' 切割的球面 108 的面积与球面 108 的表面积之比相等,由下式给出,

[0013]  $\eta = 1 - \cos \theta_c$ 。(式 3)

[0014] 此外,因为临界角以内的透光率不会达到 100%,所以,实际的取出效率  $\eta$  比  $1 - \cos \theta_c$  小。而且,发光元件的总效率将成为发光层的发光效率乘以所述取出效率  $\eta$  后所得到的值。

[0015] 与上述机理相比,专利文献 1 中公开的发明是基于以下原理做出的。即,为抑制光从透明基板出来到大气时在透明基板表面发生全反射,在有机 EL 元件中,在基板界面、内部面或者反射面形成衍射光栅,并改变光相对于取光面的入射角,从而使光的取出效率提高。

[0016] 专利文献 2 中公开了以下内容。即,为提供光的取出效率较好的平面发光装置,在有机 EL 元件中透明基板的表面形成多个透明突起物,便能够防止光在透明基板与空气的界面发生反射。

[0017] 专利文献 1:日本公开特许公报特开平 11-283751 号公报

[0018] 专利文献 2:日本公开特许公报特开 2005-276581 号公报

[0019] - 发明要解决的技术问题 -

[0020] 但上述现有发光装置存在以下问题。

[0021] 在图 14 所示的现有的使用了有机 EL 元件的发光装置中,从发光层 103 取出光的取光效率  $\eta$  最大也不会超过  $1 - \cos \theta_c$ ,发光层 103 的折射率决定了,取光效率的最大值就决定了,但该值的大小受限。例如,设(式 2)中的  $n_0 = 1.0$ ,  $n'k = 1.457$ ,则临界角  $\theta_c = \sin^{-1}(n_0/n'k) = 43.34$  度,取光效率的最大值  $1 - \cos \theta_c = 0.273$  左右,很小。当  $n'k = 1.70$  时,取光效率的最大值下降到 0.191 左右。

[0022] 专利文献 1 所公开的技术确实能够将本来应该成为全反射的光取出来,但也会存在相反的情况,即不能够将不会成为全反射的光取出。也就是说,在假定没有衍射光栅层时,从发光层内的点射出的光,有时候就会在透明基板的折射面(射出面)以小于临界角的角度入射后,透过、折射。而在假定存在衍射光栅且在那里发生衍射时,相对折射面的入射角会超过临界角,发生全反射,这种事情有时会发生。因此,专利文献 1 中所公开的技术并不能够保证取光效率提高。而且,在专利文献 1 所公开的技术下,所有的光线都位移一个规定量的方位而成为衍射光。含有这样的衍射光的光,方位不同而产生光强度的强弱分布,规定量的位移幅度依赖于射出光的波长,所以色彩会由于方位失去平衡。

[0023] 在专利文献 1 所公开的发光装置中,从外界(空气层一侧)入射的光在透明基板的表面有规律地反射,会干扰被从发光层取出的光(即外来光映入),所以需要透明基板的表面进行光学处理,例如在它的表面加上反射防止膜等。这就导致了产品成本增加。

[0024] 另一方面,专利文献 2 中所公开的发光装置以防止光在折射面发生反射为目的,该结构对取光效率的改善在 10%、20%左右,很小。

## 发明内容

[0025] 本发明正是为解决上述技术问题而研究开发出来的。其目的在于提供一种薄膜及发光装置,让临界角以上的对透明基板的入射光射出,实现取光效率的大幅度提高,同时,防止外来光映入,抑制方位不同而产生光强度的强弱分布,色彩失去平衡等。

[0026] - 用以解决技术问题的技术方案 -

[0027] 为解决上述技术问题,本发明的第一种薄膜的结构特征如下:

[0028] 使用时让该薄膜的一个面与发光体相邻接,该薄膜透明。该薄膜的另一个面假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.5\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围,所述多个微小区域  $\delta$  由以 40% 以上且 98% 以下的比率从该多个微小区域  $\delta$  中选出的多个微小区域  $\delta_1$ 、和除了该多个微小区域  $\delta_1$  以外的多个微小区域  $\delta_2$  构成,所述微小区域  $\delta_1$ ,相对于与所述另一个面平行的规定的基准面朝着所述另一个面的上方突出,突出高度是  $d/2$ ,所述微小区域  $\delta_2$ ,相对于所述规定的基准面朝着所述另一个面的下方凹陷,凹陷深度是  $d/2$ ,所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$  的在与所述另一个面垂直的方向上的中间位置,所述  $d$  在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.4\mu\text{m}$  以下。

[0029] 在这样的结构下,即使从发光体通过薄膜内部入射到薄膜的另一个面的光以与另一个面的法线所成的角度在临界角以上的角度入射,设置在另一个面上的由微小区域构成的表面结构也能够防止发生全反射,将该光的一部分射出到外部,而且,若在另一个面反射到发光体的光也会借助在发光体内的反射再次入射到薄膜的另一个面,也不发生全反射,有一部分射出到外部。

[0030] 本发明中的第二种薄膜的结构特征如下:使用时让该薄膜的一个面与发光体相邻接,该薄膜透明。该薄膜的另一个面假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.5\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它该多个微小区域  $\delta$  包围,所述多个微小区域  $\delta$  中的每一个微小区域  $\delta$ ,以相对于与所述另一个面平行的规定的基准面而言范围在 0 以上且  $d/2$  以下的随机高度位于上方或者范围在 0 以上且  $d/2$  以下的随机深度位于下方,所述规定的基准面,在存在于与所述另一个面垂直的方向上的最高位置的所述微小区域  $\delta$  和存在于最低位置的所述微小区域  $\delta$  的中间位置上,所述  $d$  在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.4\mu\text{m}$  以下。

[0031] 本发明中的第三种薄膜的结构特征如下:使用时让该薄膜的一个面与发光体相邻接,该薄膜透明。该薄膜的另一个面假想地被最大内切圆的直径在  $0.4\mu\text{m}$  以上且  $1.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它该多个微小区域  $\delta$  包围,所述多个微小区域  $\delta$  由多个微小区域  $\delta_1$  和除了该多个微小区域  $\delta_1$  以外的多个微小区域  $\delta_2$  构成,所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$ ,使垂直于所述另一个面入射的光中透过所述微小区域  $\delta_1$  的光和透过所述微小区域  $\delta_2$  的光之间产生 180 度的相位差。

[0032] 能够使所述微小区域  $\delta$  为多角形且该多角形的形状相互完全相同。

[0033] 本发明中的第一种发光装置的结构如下:该发光装置包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层。所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面,假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.5\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割,且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它多个该微小区域  $\delta$  包围,所述多个微小区域  $\delta$  由以 40% 以上且 98% 以下的比率从该多个微小区域  $\delta$  中选出的多个微小区域  $\delta_1$ 、和除了该多个微小区域  $\delta_1$  以外的多个微小区域  $\delta_2$  构成,所述微小区域  $\delta_1$ ,相对于与所述另一个面平行的规定的基准面朝着所述另一个面的上方突出,突出高度是  $d/2$ ,所述微小

区域  $\delta_2$ , 相对于所述规定的基准面朝着所述另一个面的下方凹陷, 凹陷深度是  $d/2$ , 所述规定的基准面位于所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$  的在与所述另一个面垂直的方向上的中间位置, 所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光, 所述保护层的折射率是  $n_1$ , 所述保护层在所述相反一侧的面接触的介质的折射率比是  $n_0$ ,  $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ 。

[0034] 本发明中的第二种发光装置的结构如下: 该发光装置包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层。所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面, 假想地被最大内切圆的直径在  $0.2\mu\text{m}$  以上且  $1.5\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割, 且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它该多个微小区域  $\delta$  包围, 所述多个微小区域  $\delta$  中的每一个微小区域  $\delta$ , 以相对于与所述另一个面平行的规定的基准面而言范围在  $0$  以上且  $d/2$  以下的随机高度位于上方或者范围在  $0$  以上且  $d/2$  以下的随机深度位于下方, 所述规定的基准面, 在存在于与所述另一个面垂直的方向上的最高位置的所述微小区域  $\delta$  和存在于最低位置的所述微小区域  $\delta$  的中间位置上, 所述发光体发出光谱的中心波长是  $\lambda$  的光, 所述保护层的折射率是  $n_1$ , 所述保护层在所述相反一侧的面接触的介质的折射率比是  $n_0$ ,  $n_0$  比  $n_1$  小,  $\lambda/6(n_1-n_0) < d < \lambda/(n_1-n_0)$ 。

[0035] 本发明中的第三种发光装置的结构如下: 该发光装置包括发光体和设置在该发光体的发光面上的透明保护层, 所述保护层的与所述发光面相邻的面的相反一侧的面, 假想地被最大内切圆的直径在  $0.4\mu\text{m}$  以上且  $1.0\mu\text{m}$  以下的多个微小区域  $\delta$  分割, 且一个该微小区域  $\delta$  与其它多个该微小区域  $\delta$  相邻且被其它该多个微小区域  $\delta$  包围, 所述多个微小区域  $\delta$  由多个微小区域  $\delta_1$  和除了该多个微小区域  $\delta_1$  以外的多个微小区域  $\delta_2$  构成, 所述微小区域  $\delta_1$  和所述微小区域  $\delta_2$ , 使从所述发光体垂直入射到所述保护层的与所述发光面相邻的面的光中透过所述微小区域  $\delta_1$  的光和透过所述微小区域  $\delta_2$  的光之间产生  $180$  度的相位差。

[0036] 能够使所述介质是空气。

[0037] 能够使所述介质是气凝胶。

[0038] 当所述发光体的发光部分的折射率是  $n_2$  时, 能够使  $n_2-n_1 < 0.1$ 。

[0039] - 发明的效果 -

[0040] 如上所述, 因为能够重复取出超过临界角的光, 所以取光效率大幅度地改善; 由于成为在随机结构下的衍射, 所以衍射方位位失去了规律性, 而能够抑制外来光映入、方位不同光的强度就不同而产生光强度的强弱分布、色彩失去平衡等。

## 附图说明

[0041] 图 1 是示出第一实施方式中有机 EL 元件的剖面结构和光的传播情况的图。

[0042] 2(a) 是第一实施方式中表面结构的一部分的放大图。图 2(b) 是更广范围内的图案图。

[0043] 图 3 是说明第一实施方式中表面结构的透光率  $t$  对入射角的依赖性的说明图, 图 3(a) 是说明第一次的透光率对入射角的依赖性的说明图, 图 3(b) 是说明第二次的透光率对入射角的依赖性的说明图。

[0044] 图 4 是说明第一实施方式中从表面结构取出的光的量对入射角的依赖性的说明

图,图 4(a) 是说明第一次取出的光的量对入射角的依赖性的说明图,图 4(b) 是说明第二次取出的光的量对入射角的依赖性的说明图。

[0045] 图 5 是说明第一实施方式中表面结构的取光效率的说明图。

[0046] 图 6(a) 是说明第二实施方式中表面结构的取光效率的说明图,图 6(b) 是说明第三实施方式中表面结构的取光效率的说明图。

[0047] 图 7(a) 到图 7(e) 是说明到决定出第四实施方式中的表面结构的图案为止的说明图。

[0048] 图 8(a) 是表示第六实施方式中第一表面结构的图,图 8(b) 是表示第六实施方式中第二表面结构的图。

[0049] 图 9(a)、图 9(b) 是说明其它实施方式中有机 EL 元件的剖面结构和光的传播情况的说明图。

[0050] 图 10 是表面结构呈方格形状的模式图。

[0051] 图 11 是说明图 10 所示的表面结构的透光率  $t$  对入射角的依赖性的说明图。

[0052] 图 12(a) 到图 12(c) 是说明突起物的随机布置方法的说明图。

[0053] 图 13(a) 到图 13(h) 是说明折射面的 1 光场 (field of light) 边界条件的说明图。

[0054] 图 14 是说明有机 EL 元件的剖面结构和光的传播情况的说明图。

[0055] 图 15(a) 是表示折射率的阶梯状变化情况的图,图 15(b) 是表示折射率的平缓变化情况的图,图 15(c) 是表示折射面的入射角与透光率的关系的图,图 15(d) 是表示折射面的图。

[0056] 图 16(a) 是说明多层结构的透明基板的图,图 16(b) 是说明能够取出的光的范围的图。

[0057] 图 17(a) 是在界面处具有周期结构的衍射光栅的发光装置的剖视图,图 17(b) 是表示图 17(a) 中的上表面的图。

[0058] 图 18 是说明衍射光栅带来的衍射方位的说明图。

[0059] 图 19(a) 是表示在表面包括随机设置的突起的发光装置的剖视图,图 19(b) 是表示图 19(a) 中的上表面的图。

[0060] 图 20(a) 是配置有针孔之例的图,图 20(b) 是配置有移相器之例的图。

[0061] 图 21 是表示随机地配置有 180 度移相器的折射面的透光率与入射角之间的关系图。

[0062] 图 22 是表示具有调整层的发光装置的剖视图。

[0063] 图 23 是表示在与调整层的边界处也设置有表面结构的发光装置的剖视图。

[0064] 图 24 是表示第一实施方式中表面结构的透光率  $t$  对入射角的依赖性的实验说明图。

[0065] 图 25 是表示随机地配置有 180 度移相器的折射面的透光率与入射角之间的关系图的实验说明图。

[0066] 图 26 是用以测量相对于入射角的透光率的实验装置的结构图。

[0067] 图 27 是说明第二实施方式的取光效率的说明图。

[0068] 图 28 是说明从第一实施方式的表面结构射出的光对视角的依赖性的说明图。

[0069] 图 29 是说明从第一实施方式的表面结构射出的光对视角的依赖性的说明图。

[0070] 图 30 是说明从方格图案的表面结构射出的光对视角的依赖性的说明图。

[0071] - 符号说明 -

[0072] 1- 基板, 2- 电极, 3- 发光层, 4- 透明电极, 5- 透明基板, 6- 空气, 13- 表面结构, S- 发光点。

### 具体实施方式

[0073] 在说明本申请发明的实施方式以前, 以专利文献 1、专利文献 2 等已有例为本, 对到做出本申请发明为止的研究历程进行一下说明。

[0074] 图 15 是说明在折射面 (透明层表面与空气层的界面) 的透光率的说明图。从折射率为 1.5 的透明层 107 的内部沿着纸面方向以角度  $\theta$  入射到透明层 107 的折射面 107a, 再在空气一侧 (折射率 1.0) 折射的光的透光率与光的偏振状态有关。通常情况下, 沿着折射面 107a 附近的法线分布的折射率分布呈图 15(a) 所示的阶梯形状。P 偏振光 (电场矢量平行于纸面的振动成分) 显示出曲线 108a 那样的透光率特性, S 偏振光 (电场矢量垂直于纸面的振动成分) 显示出曲线 108b 那样的透光率特性。入射角在临界角 ( $= 41.8^\circ$ ) 以下时, P 偏振光和 S 偏振光所显示的特性有所不同, 但入射角一超过临界角, P 偏振光和 S 偏振光的透光率就都成为 0。

[0075] 另一方面, 若假定透明层 107 的表层部分为多层结构, 折射率分布成为图 15(b) 所示那样的楔形形状。P 偏振光显示出曲线 108A 那样的透光率特性, S 偏振光显示出曲线 108B 那样的透光率特性。一超过临界角, P 偏振光和 S 偏振光的透光率就都成为 0 这一点没有变化, 但在临界角以下的透光率接近 100%, 近似于以临界角为界的阶梯函数的形状。图 15(b) 示出的是针对以下结构计算得出的结果, 该结构是叠层 50 层折射率从 1.5 到 1.0 偏差 0.01、厚度  $0.01 \mu\text{m}$  的膜得到的, 但折射率在厚度方向上的变化梯度越平缓, P 偏振光和 S 偏振光之差就会消失, 结果就是透光率相对于入射角的关系曲线就都接近阶梯函数。

[0076] 为了不发生全反射, 就需要在使入射到折射面的光的入射角小于等于临界角这一方面下工夫。所下的工夫之一是: 以专利文献 1 为例, 研究探讨了使用了图 17 所示的在透明基板 205 和透明电极 204 的界面设置有衍射光栅 209 的有机 EL 元件的发光装置。

[0077] 如图 17(a) 所示, 电极 202、发光层 203、透明电极 204 以及衍射光栅层 209 按此顺序叠层在基板 201 上, 在衍射光栅层 209 上设置有透明基板 205。衍射光栅层 209 在它和透明基板 205 之间在 X 方向和 Y 方向上都呈现间距  $\Lambda$  的凹凸周期结构, 凸部的形状是图 17(b) 所示那样的宽度 W 的正方形, 让该凸部呈锯齿状排列。将电压施加在电极 202 与透明电极 204 之间, 就会在发光层 203 的内部的一点 S 发光, 该光直接或者在电极 202 反射后, 透过透明电极 204, 透过衍射光栅层 209 并在衍射光栅层 209 发生衍射。例如, 若假定从点 S 射出的光 210a 在衍射光栅层 209 不发生衍射, 而直线传播, 则光 210a 会象光 210b 那样, 以临界角以上的角度入射到透明基板 205 的折射面 205a 并进行全反射, 但实际上光 210a 在衍射光栅层 209 发生衍射, 所以光 210a 就象光 210c 那样, 对折射面 205a 的入射角变得比临界角小, 能够透过该折射面 205a。

[0078] 参考图 18 说明由上述衍射光栅带来的衍射方位。考虑的是以角度  $\theta$  从折射率  $n_A$  的透明层 207 内部沿着纸面方向入射到透明层 207 的折射面 207a 上的点 O, 在折射率  $n_B$  的透明层 206 一侧衍射的波长  $\lambda$  的光。在折射面 207a 形成有沿着纸面呈间距为  $\Lambda$  的衍射光

栅。纸面上描绘出以点 O 为中心、半径  $n_A$  的圆 211 和半径  $n_B$  的圆 212。将入射矢量 210i (始点落在圆 211 的圆周上,以角度  $\theta$  指向点 O 的矢量) 在折射面 207a 上的正投影矢量 (从垂线与折射面 207a 的交点 A 指向点 O 的矢量) 定为 210I, 描绘出以点 O 为起始点、终点落在圆 212 的圆周上的矢量 210r, 保证正投影矢量 210R 与矢量 210I 成为同一个矢量。考虑以垂线与折射面 207a 的交点 C 为始点, 大小为  $q\lambda/\Lambda$  的矢量 (光栅矢量)。其中,  $q$  是衍射级数 (整数)。图中, 描绘出了  $q=1$  时的矢量 210D, 终点 B 是垂线与折射面 207a 的交点; 也描绘出了以点 O 为始点、终点落在圆 212 的圆周上的矢量 210d。从作图的方法来看, 矢量 210r 的方位角  $\phi$  (与折射法线所成的角度) 由下式给出。

$$[0079] \quad n_B \times \sin \phi = n_A \times \sin \theta \quad (\text{式 4})$$

[0080] 这正是斯内尔定律。另一方面, 给出了衍射光线的方位的矢量 210d 的方位角  $\phi'$  (与折射法线所成的角度) 由下式给出。

$$[0081] \quad n_B \times \sin \phi' = n_A \times \sin \theta - q\lambda/\Lambda \quad (\text{式 5})$$

[0082] 其中, 因为图 18 所示的情况下的  $\phi'$  跨越  $z$  轴 (通过点 O 的折射法线), 所以将  $\phi'$  定义为负角。

[0083] 也就是说, 衍射光线的方位从折射光线偏离了  $q\lambda/\Lambda$  那么多。在图 17 中, 假定不发生衍射的光线 210b 相当于折射光线, 发生衍射的光线 210c 的方位从光线 210b 偏离了  $q\lambda/\Lambda$  那么多, 由此而避免了在折射面 205a 发生全反射。结果是, 由于能够取出应该成为全反射的光, 所以与不具有衍射光栅层的有机 EL 元件相比, 完全能够预见到取光效率会提高。

[0084] 但是, 在考虑图 17(a) 中从点 S 射出的光 210A 的时候, 若假定光 210A 在衍射光栅层 209 不衍射而直线传播, 则光 210A 会象光 210B 那样, 以临界角以下的角度入射到透明基板 205 的折射面 205a, 在折射面 205a 折射并透过折射面 205a。但因为光 210A 实际上是在衍射光栅层 209 衍射, 所以光 210A 会象光 210C 那样, 对折射面 205a 的入射角变得大于临界角, 以临界角以上的角度入射到折射面 205a, 并发生全反射。因此即使设置衍射光栅层 209, 也并非一定能够确保取光效率提高。

[0085] 在利用了图 17 所示的有机 EL 元件的发光装置中, 所有的光线的方位一律位移了  $q\lambda/\Lambda$  而成为衍射光。由于含有这样的衍射光的光的方位引起光强度分布, 位移幅度  $q\lambda/\Lambda$  又依赖于射出光的波长  $\lambda$ , 所以颜色会由于光射出的方位不同而失去平衡。也就是说, 看去的方向不同, 所看到的光的颜色就不同, 作显示屏用当然不合适, 作光源用也不合适。

[0086] 其次, 以专利文献 2 为例, 对使用了图 19 所示的、在透明基板 305 的表面上设置有突起物 315 的有机 EL 元件的发光装置进行了研究。如图 19(a) 所示, 电极 302、发光层 303、透明电极 304 以及透明基板 305 按此顺序叠层在基板 301 上, 在透明基板 305 的表面 305a 形成有多个突起物 315。如图 19(b) 所示, 在透明基板表面 305a 上随机的位置上布置有该多个突起物 315, 每一个突起物 315 都是宽度  $w$ 、高度  $h$  的四棱柱状物体。 $w$  的大小在  $0.4\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$  的范围内,  $h$  的大小在  $0.4\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$  的范围内, 以范围在  $5000\text{--}1000000$  个/ $\text{mm}^2$  的密度形成这样的突起物 315。将电压施加在电极 302 和透明电极 304 之间, 就会在发光层 303 的内部点 S 发光, 该光 310d 直接或者在电极 302 反射后, 透过透明电极 304, 该光 310d 有一部分通过突起物 315 象 310f 那样被取出到外面。实际的突起物 315 能够利用侧向蚀刻加工为越靠近顶端越细的形状, 即使不进行侧向蚀刻加工, 实效折射率所取的值也

是透明基板 305 和空气的中间附近的值,所以等效于使折射率分布缓慢地变化。因此,由于分布接近图 15(b) 所示的折射率分布,所以利用突起物 315 能够部分防止 310e 所示的光发生反射。结果是,能够使取光效率提高。即使将突起物 315 的尺寸设定在波长以上,也会因为突起物 315 是随机排列着的,而能够抑制被取出的光之间相互干涉。

[0087] 但是,假定结构如图 19 所示的发光装置中,突起物具有专利文献 2 中所主张的反射防止效果,则从对图 15(c) 的曲线 108a、108b 和曲线 108A、108B 的比较可知,透光率的提高仅仅归功于临界角以下的光,对取光效率的改善停留在 10%、20% 左右,没有希望会得到很大的改善。

[0088] 本申请发明人进行了以上的研讨,并根据这些研讨进一步研究探讨了:如何减少在折射面被全反射的光量,以增加能够取出的光量。所做的进一步研究探讨是从光在折射面的边界条件入手的。

[0089] 图 13 示意地显示在折射面的光场的边界条件,考虑的是宽  $W$  的光入射到折射面  $T$  的情况。由麦克斯韦尔方程式可知,电场矢量或者磁场矢量沿夹着折射面  $T$  绕了一周的路径  $A$  的积分是 0。但前提条件是,一周回路内部没有电荷、光源,沿折射面  $T$  的电场矢量或者磁场矢量的强度、相位连续。

[0090] 如图 13(a) 所示,在宽度  $W$  充分大的情况下,与沿折射面的宽度  $s$  相比,能够使与折射面正交的宽度  $t$  小到可以忽视的程度,闭合路的积分中只有沿折射面的成分剩下。由该关系能够求出电场矢量或者磁场矢量夹着折射面连续。利用该连续性关系导出的是菲涅耳方程式,该方程式对折射定律、全反射现象做出了非常完美的解释。

[0091] 如图 13(b) 所示,若光的宽度  $W$  小到波长的几十倍以下,就不能够忽视宽度  $t$  了。此时,若将闭合路的积分  $A$  分为  $B$  和  $C$  (参考图 13(c)),则闭合路的积分  $B$  因为包括在光束内而成为 0。因为在光束外的电场矢量或者磁场矢量是 0,所以剩下的闭合线积分  $C$  仅有在光束内的路径  $PQ$  的积分值剩下 (参考图 13(d))。因此,闭合路的积分  $C$  不会是 0,从计算结果来看等效于光在闭合路内发光。而且,若光的宽度  $W$  小到波长  $1/10$  左右,则如图 13(e) 所示,闭合路的积分  $C$  和  $C'$  接近,路径  $PQ$  和  $Q'P'$  重叠,因此将闭合路的积分  $C$  和  $C'$  之和成为 0,光就不会在闭合路内发光了。

[0092] 另一方面,如图 13(f) 所示,考虑的是在具有相位差  $\pi$  的光沿折射面排列的情况下,跨越这些光束的闭合路的积分  $A$ 。在该情况下,也是若光的宽度  $W$  小到波长的几十倍以下,就不能够忽视宽度  $t$  了。此时,若将闭合路的积分  $A$  分为  $B$ 、 $C$  和  $B'$  (参考图 13(g)),其中的闭合路的积分  $B$ 、 $B'$  就会因为包括在该光束内而成为 0。剩下的闭合路的积分  $C$  的沿折射面的成分能够忽视,最后剩下的仅是沿两个光束的边界的路径  $PQ$  和  $Q'P'$  的积分值 (参考图 13(h))。因为在光束的相位是  $\pi$  的场的路径  $Q'P'$  的积分与在光束的相位是 0 的场的路径  $P'Q'$  的积分相等,所以闭合路的积分  $C$  的大小成为在路径  $PQ$  的积分的 2 倍,从计算结果来看等效于光在闭合路内发光。因此,就是在不仅排列有宽度较窄的光,相位不同的光也夹着宽度窄的光排列的情况下,光也会产生在宽度的边界附近 (是一种并非实际上产生了光,而是采取了实效与发光一样的举动现象。因为该现象与衍射理论成立以前杨氏所提倡的边界衍射现象相似,所以称为边界衍射效果)。

[0093] 不管在折射面  $T$  的入射条件如何,只要在折射面上有发光,该光就会在夹着折射面的两介质中传播。也就是说,一般认为:只要从计算结果来看会在折射面发光,即使是临

界角以上的入射光也不发生全反射,而出现透过光。因此,本申请发明人利用这些考察结果对折射面的结构做了下述的研究探讨。该折射面用以让即使超过临界角光也透过的现象实际发生。

[0094] 边界衍射效果较强之例如下。如图 20 所示,在安装在发光体上的透明基板与空气的边界面,(a) 设置针孔,将除此以外的地方遮光,发出针孔光(□光仅存在于  $w$  内)之例,(b) 在以宽度  $w$  划分好的棋盘的目上随机地配置 180 度的移相器 18 之例。此外,最初用针孔进行了研究探讨,但因为靠针孔几乎无法取出具有现实意义的光,所以对所认为的取光特性与针孔一样的随机布置移相器也进行了研究探讨。

[0095] 图 21 是说明在图 20 所示的结构下折射面的透光率  $t$  对入射角的依赖性的说明图。设光的波长为  $0.635\mu\text{m}$ ,在折射率 1.457 的透明基板内光量为 1 的光以角  $\theta$ (与折射法线所成的角度)入射到与空气的边界面,以宽度  $w$  为参数( $w = 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、2.0、4.0、20.0\mu\text{m}$ )表示有多少射出到空气一侧(因为针孔光与 180 度移相器所显示的特性完全相同,所以代用 180 度移相器)。当超过临界角(43.34 度)时,接近图 13(a)所示的条件  $w = 20\mu\text{m}$  的特性就是透光率几乎成为 0。若  $w$  小到  $0.4-1.0\mu\text{m}$ ,即使超过临界角,也会由于在图 13(d)、图 13(h) 所说明的边界衍射效果而存在很大的透光率。若进一步减小  $w$ ( $w = 0.1、0.2\mu\text{m}$ ),则如以图 13(e) 所做的说明那样,在任一入射角下透光率都接近 0。此外,图 21 是根据亥姆霍兹(Helmholtz)波动方程式(所谓的标量波动方程式)得到的解析结果,P 偏振光和 S 偏振光之差尚未出现。

[0096] 图 25 是表示 P 偏振光入射时第一次的透光率  $t$  对入射角的依赖性的实验结果。因为微细的移相器 18 实际上是很难制造的,所以代为使用让相位 0 度的部分透过,让相位 180 的部分被遮光膜(Cr 膜)覆盖的掩模(所谓的将遮光膜随机地设置在以宽度  $w$  划分的棋盘的目上之例,与随机地布置针孔光之例相同),进行了实验。实际上制作出来的掩模图案,其宽度  $w$  是  $0.6、0.8、1.0、2.0、5.0\mu\text{m}$ 。如图 26 所示,实验装置包括:半导体激光(波长  $0.635\mu\text{m}$ )、三角棱镜 58(BK7)、掩模基板 59(合成石英、折射率 1.457、背面形成有掩模图案)、聚光物镜系统 50、光检测器 51。夹着折射率为 1.51 的匹配液 52 让三角棱镜与掩模基板的表面紧密接触,一边从三角棱镜一侧测量方位角,一边使激光入射,在聚光透镜系统 50 将从背面一侧漏出来的透过光会聚起来,用光检测器 51 测量透过的光量。在使用掩模的情况下,相当于总面积的 1/2 的遮光膜部分被遮光,透过光量就成为使用移相器情况下的 1/2。所以,是用入射到没有遮光膜的部分的光量(总光量的 1/2)将透光率  $t$  标准化的。实验结果与图 21 所示的解析结果完全相同,由实验结果可知:即使超过临界角(43.34 度)也存在较大的透光率,且  $w$  越小,这一倾向就越强烈。

[0097] 本申请发明人根据这样的结果进一步进行了研究探讨,实现了至今所未曾有的发光装置,该发光装置防止了全反射,使取光效率有了飞跃性的提高。

[0098] 下面,参考附图对本发明的实施方式做详细的说明。在以下各图中,为简化说明,用同一参考符号表示实质上具有同一功能的构成要素。

[0099] (第一实施方式)

[0100] 根据图 1 到图 5(a)、图 5(b)、图 28 以及图 29 对第一实施方式进行说明。

[0101] 图 1 示出了使用了第一实施方式中的有机 EL 元件的发光装置的剖面结构和光的传播情况。电极 2、发光层 3 以及透明电极 4 按此顺序叠层在基板 1 上,透明基板(透明的

保护层)5 形成在透明电极 4 上。由基板 1、电极 2、发光层 3 以及透明电极 4 构成发光体。在透明基板 5 的表面形成有被划分为微小区域且具有微细的凹凸的表面结构 13。

[0102] 将电压施加在电极 2、透明电极 4 之间,就会在发光层 3 的内部的点 S 发光,该光直接或者在电极 2 反射后,透过透明电极 4,与表面的法线成角度  $\theta$  地入射到透明基板 5 的表面的表面结构 13 上的点 P,在该点由于表面结构 13 的作用折射,射出到空气 6 层一侧。

[0103] 若设空气 6 层的折射率是  $n_0$ ,透明基板 5 的折射率为  $n_1$ ,则当入射角  $\theta$  大于临界角  $\theta_c = \sin^{-1}(n_0/n_1)$  时,就应该发生全反射。但是,因为在透明基板 5 的表面具有表面结构 13,所以即使光以临界角  $\theta_c$  以上的角度入射到点 Q,该光也不会点 Q 发生全反射,而是发生折射,并射出到空气 6 层一侧(第一次取光)。此外,在点 Q,有一部分光反射,但该反射成分在电极 2 反射后,再次入射到表面结构 13 上的点 R,有一部分射出到空气 6 层一侧(第二次取光),剩下的反射。无限地重复进行以上过程。

[0104] 这里,考虑使用了没有表面结构 13 的现有有机 EL 元件的发光装置,因为以临界角以上的角度从透明基板一侧入射到透明基板与空气层的界面的光发生全反射,该光即使在电极发生反射,也会再次以临界角以上的角度再次入射到透明基板与空气层的界面,所以取光不会出现两次或两次以上,这一点与该实施方式不同。

[0105] 下面,对该实施方式的特征即表面结构 13 进行详细的说明。

[0106] 图 2 示出了第一实施方式中表面结构 13 的图案图。图 2(a) 中左边的图是俯视图,右边的图是俯视图中的 A-A 线的剖视图。如图 2(a) 所示,假想地将透明基板 5 的表面无间隙地分割为宽度  $w$ (边界宽度)的棋盘的目(正方形的微小区域  $\delta$ ),一个一个的目(微小区域  $\delta$ )为凸(图中的 13a(微小区域  $\delta_1$ 、灰色的目)、还是相对于该凸为凹((图中的 13b(微小区域  $\delta_2$ 、白色的目)以各为 50%的比率随机地分配,即形成表面结构 13。图 2(b) 示出的是  $w = 0.4 \mu\text{m}$  时的例子(黑色表示凸,白表示凹)。从凹的底部开始算起凸的突出高度是  $d$ 。也就是说,一个微小区域  $\delta$  与其它多个微小区域  $\delta$  相邻,且被其它的多个微小区域  $\delta$  包围。微小区域  $\delta_1$  比微小区域  $\delta_2$  还突向透明基板 5 的表面的上方。若将微小区域  $\delta_1$  和微小区域  $\delta_2$  在与透明基板 5 的表面垂直的方向上的中间位置决定为与透明基板 5 的表面平行的基准面,则微小区域  $\delta_1$  从基准面朝上方突出  $d/2$ ,微小区域  $\delta_2$  从基准面朝下方凹进  $d/2$ 。或者说,在透明基板 5 的与空气 6 层的界面存在多个凹陷(白色部分),凹陷以外的部分的上部位于同一个面上,凹陷的深度实质上分别是同一个  $d$ ,若以该凹陷的底面为第一基准面,则第一基准面被具有  $1.5 \times 1.5 \mu\text{m}^2$  以下的相等面积的多个微小区域  $\delta$  假想地分割开,凹陷的底面成为两个以上的微小区域  $\delta$  连接在一起的形状,或者仅为一个微小区域  $\delta$  的形状。也可以说凹陷随机地布置在第一基准面上,此外,第一基准面是与上述基准面不同的面。

[0107] 可以采用以下方法形成表面结构 13。制作已靠蚀刻形成了凹凸的模具,再通过挤压将该形状转印到薄膜状的树脂上,然后以该薄膜作透明基板 5,夹着粘接层将该透明基板 5 贴合到透明电极 4 上。此时,透明基板 5 就是透明薄膜。还可以采用以下方法形成表面结构 13。即,对薄膜的表面或者作为保护层形成的透明基板 5 的表面直接蚀刻等来形成凹凸。

[0108] 因为由于这样的随机图案而发生衍射的光其传播方位也是随机的,所以不会专利文献 1 所公开的发光装置那样存在方位不同而产生的光强度强弱分布,色彩也就不会受方

位的影响而失去平衡。从外界（空气层一侧）入射的光在透明基板 5 表面的表面结构 13 发生反射，但是因为该反射光衍射的方位是随机的，所以外界的像不会映入进来，也就不需要进行形成反射防止膜等的光学处理，从而能够将产品成本抑制得较低。图 28 和图 29 是说明图，表示从第一实施方式表面结构射出的第一次取出光对视角的依赖性的解析结果。示出的是高度差  $d = 0.7 \mu\text{m}$ ，波长  $\lambda$  和边界宽度  $w$  是参数的情况。以下是各图的条件。图 28(a) 中， $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$ ， $w = 0.5 \mu\text{m}$ ；图 28(b) 中， $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ， $w = 0.5 \mu\text{m}$ ；图 28(c) 中， $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$ ， $w = 1.0 \mu\text{m}$ ；图 28(d) 中， $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ， $w = 1.0 \mu\text{m}$ 。图 29(a) 中， $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$ ， $w = 1.5 \mu\text{m}$ ；图 29(b) 中， $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ， $w = 1.5 \mu\text{m}$ ；图 29(c) 中， $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$ ， $w = 2.0 \mu\text{m}$ ；图 29(d) 中， $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ， $w = 2.0 \mu\text{m}$ 。将原点与曲线上的点连接起来的矢量表示射出光的光强度和射出方位。矢量的长度对应于光强度，矢量的方位对应于射出方位。纵轴对应于法线轴的方位，横轴对应于面内轴的方位。实线表示在沿着图 2(b) 中的  $x$  轴或  $y$  轴的剖面（0 度、90 度的经度方位）的特性；虚线表示在沿着面内轴是  $y = x$  或  $y = -x$  的直线的剖面（45 度、135 度的经度方位）的特性（因为 90 度方位的结果和 0 度方位的结果一致，135 度方位的结果和 45 度方位的结果一致，所以省略图示 90 度方位和 135 度方位的结果）。边界宽度  $w = 0.5, 1.0 \mu\text{m}$  时，实线、虚线都表示相对偏角（纬度）具有平缓的变动（亦即伴随视差的强度差很小）且二者一致。若使  $w$  增大， $w = 2.0 \mu\text{m}$ ，则相对于在法线方向附近的偏角的强度变动大， $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$  时，实线与虚线间的乖离也变大。 $w = 1.5 \mu\text{m}$  是开始出现强度变动的最低条件。因此，在边界宽度  $w$  在  $1.5 \mu\text{m}$  以下的条件下视角依赖性如下：经度方向的光强度差小，法线方向的光强度高，相对于偏角（纬度）的变动缓慢。

[0109] 图 3 是说明第一实施方式中表面结构 13 的透光率  $t$  对入射角的依赖性的说明图，图 3(a) 示出了在透明基板 5 内光量为 1 的光以角  $\theta$ （与折射法线所成的角度）入射，第一次有多少射出到空气 6 层一侧。图 3(b) 示出了在表面结构 13 反射，在电极 2 发生反射后，再次入射到表面结构 13 的情况。也就是说，第二次透光率对入射角的依赖性。任一幅图中的条件都是，透明基板 5 的折射率  $n_1 = 1.457$ ，空气 6 的折射率  $n_0 = 1.0$ ，光的波长  $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ，微小区域  $\delta_1$  相对微小区域  $\delta_2$  的突出高度  $d = 0.70 \mu\text{m}$ ，微小区域  $\delta_1$  的面积比率（亦即是凸的比率） $P = 0.5$ ，表面结构的宽度  $w$  为参数（ $w = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 4.0 \mu\text{m}$ ）。此外，突出高度  $d = 0.70 \mu\text{m}$  相当于让垂直入射时在凹部的透过光与在凸部的透过光产生 180 度的相位差。

[0110] 图 3(a) 中，除了在  $w = 0.1, 0.2 \mu\text{m}$  时的结果不同以外，其它宽度下的结果都接近在 180 度移相器的结果（图 21），即使超过临界角，也存在较大的透光率。图 24 是表示 P 偏振光入射时透光率  $t$  对入射角的依赖性的实验结果。实际利用电子束法在石英基板上形成深度  $d = 0.70$ 、边界宽度  $w = 0.4$  的凹凸随机图案，用图 26 所示的测量装置进行了实验。实验结果与图 3(a) 所示的解析结果非常一致，由实验结果可知：即使超过临界角（43.34 度）也存在较大的透光率。如在该实施方式之前所说明的那样，不管在折射面入射条件如何，若在折射面上具有等效的发光（所谓的边界衍射效果），该光就在夹着折射面的双方的介质内传播。因为以在折射面上产生等效的发光为条件，所以能够说明图 3 所示那样的即使入射的光超过临界角它也会透过的现象。

[0111] 假定光由于点发光而在透明基板 5 内成为球面波，均匀地扩散，则从发光方位角

$\theta$  (与上述入射角  $\theta$  一致) 到  $\theta + d\theta$  之间的光量的总和就与  $\sin \theta d\theta$  成正比。因此, 取出的光量就与对图 3(a)、图 3(b) 所示的透光率  $t$  乘以  $\sin \theta$  后所得到的值成正比。图 4(a) 和图 4(b) 是说明在第一实施方式的表面结构下取出光量对入射角的依赖性的说明图。也就是说, 图 4(a) 示出的是: 在透明基板 5 内的一点 (实际上是发光层内的点) 发光的光量为 1 的光以角  $\theta$  (与折射法线所成的角度) 入射到表面结构上, 第一次有多少射出到空气 6 层一侧; 图 4(b) 示出了在表面结构 13 反射一次, 在电极 2 发生反射后, 再次入射到表面结构 13 的情况。也就是说, 第二次取出的光量对入射角的依赖性。

[0112] 用入射角  $\theta$  对取出光量进行积分, 就能够得到取光效率。图 5(a)、图 5(b) 是说明第一实施方式中表面结构 13 的取光效率的说明图。在与图 3 相同的条件下, 横轴是表面结构 13 的边界宽度  $w$ 。在图 5(a) 中, 示出了表面结构 13 的突出高度  $d = 0.07 \mu\text{m}$  时的取光效率, 还示出了  $d = 0.1, 0.30, 0.50, 1.40 \mu\text{m}$  时的取光效率 (第一次的取光效率  $\eta_1$ ), 又示出了下述情况的取光效率 (第二次取光效率  $\eta_2$ )。即, 假定往返过程中无光衰减, 例如在透明电极 4 无吸收, 在电极 2 无反射损失等, 在表面结构 13 反射, 再在电极 2 发生反射后, 再次入射到表面结构 13 的情况。曲线 5a、5A 分别表示  $d = 0.70 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率, 曲线 5b、5B 分别表示  $d = 0.50 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率, 曲线 5c、5C 分别表示  $d = 0.30 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率, 曲线 5g、5G 分别表示  $d = 0.10 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率, 因为与其它深度时的取光效率相比,  $d = 0.10 \mu\text{m}$  时取光效率变小, 所以突出高度  $d$  需要在  $0.20 \mu\text{m}$  以上。如曲线 5h 所示, 当突出高度  $d$  成为可见光波长的两倍以上 ( $d \geq 1.4 \mu\text{m}$ ) 时, 在宽度  $w$  在  $0.5 \mu\text{m}$  以下的区域第一次取光效率大大恶化, 所以优选突出高度  $d$  在  $1.4 \mu\text{m}$  以下。因此,  $d$  的推荐值在  $0.2-1.4 \mu\text{m}$  的范围内。一般而言, 高度差的推荐值满足条件  $\lambda / (n_1 - n_0) \geq d \geq \lambda / 6 (n_1 - n_0)$ , 其中  $n_1$  表示透明基板 5 的折射率是,  $n_0$  表示空气 6 的折射率,  $\lambda$  表示光谱的中心波长。

[0113] 边界宽度  $w$  在  $0.4-2 \mu\text{m}$  时,  $d \leq 0.70 \mu\text{m}$  时的第一次取光效率都成为极大值。若减小  $w$  或者增大  $w$ , 则第一次取光效率就渐进线地接近 0.27 (由 (式 3) 给出的值, 也就是使表面为镜面时的取光效率)。边界宽度  $w = 0.10$  到  $2.0 \mu\text{m}$  之间时, 第二次取光效率都成为极大值, 若增大  $w$ , 第二次取光效率便渐进线地接近 0.00 (在图 5 所示的范围内未出现); 当  $w \leq 0.10 \mu\text{m}$  时, 随着  $w$  变小, 收敛于 0.00。

[0114] 作为参考, 图 5(b) 的曲线 5d、5D 示出了不是表面结构 13, 而在微小区域  $\delta_1$  设置为了让光的相位转换了 180 度的移相器时的第一次及第二次取光效率。在该实施方式中的表面结构 13 下, 凹部和凸部的传播光在传播距离相当于二者的高度差的期间内产生相位差。相对于此, 在移相器下, 假想传播距离是 0 时就产生相位差。在设置了移相器的情况下, 若使边界宽度  $w$  增大, 则第一次、第二次取光效率就会分别渐进线地接近 0.27、0.00, 这一点与表面结构 13 一样。但是, 若使边界宽度  $w$  减小到在  $0.3 \mu\text{m}$  以下, 则不仅第二次取光效率成为 0, 第一次取光效率也成为 0 (理由已经参考图 13(e) 做了说明)。可以认为: 该实施方式中的表面结构 13 在边界宽度  $w$  在  $0.4 \mu\text{m}$  以下的条件下取光效率比移相器高的理由, 是因为凸部起到了光波导的作用。

[0115] 设从透明基板 5 看到的在透明基板 5 的表面与电极 2 之间往返的光的透光率为  $\tau$ , 则考虑了往返过程中的光衰减的第二次取光效率就成为  $\tau \times \eta_2$ 。取光并不是停留在第一次、第二次, 而是无限地重复下去。假定能够用等比级数表达该关系, 第一次取光效率

是  $\eta_1$ , 第二次是取光效率是  $\eta_2$ , 则能够预想得到第  $n$  次取光效率就会成为  $\eta_2 \times (\tau \times \eta_2 / \eta_1)_{n-1}$ 。因此, 到第  $n$  次的取光效率的合计就成为

[0116] (数学式 1)

$$[0117] \quad \eta_1 \times \sum_{k=1}^n (\tau \times \eta_2 / \eta_1)^{k-1} \quad (\text{式 6})$$

[0118] 无限次以后, 取光效率就渐进线地接近  $\eta_1 / (1 - \tau \times \eta_2 / \eta_1)$ 。

[0119] 观察以下图 5(a) 中的曲线 5a、5A ( $d = 0.70 \mu\text{m}$ ),  $w = 0.60 \mu\text{m}$  时,  $\eta_1 = 0.318$ ,  $\eta_2 = 0.093$ , 若设  $\tau = 0.88$ , 则所得到的取光效率就是 0.428。 $w = 1.00 \mu\text{m}$  时,  $\eta_1 = 0.319$ ,  $\eta_2 = 0.102$ , 所得到的取光效率就是 0.444。另一方面, 图 14、图 15(a) 所示的现有发光装置,  $\eta_1 = 0.274$ ,  $\eta_2 = 0$ , 第二次以后全部成为 0, 合计就是 0.274。因此可知: 在  $w = 0.60 \mu\text{m}$  的条件下, 该实施方式中的发光装置实现了图 15(a) 所示的发光装置的 1.56 倍的取光效率; 在  $w = 1.00 \mu\text{m}$  的条件下, 该实施方式中的发光装置实现了图 15(a) 所示的发光装置的 1.62 倍。若这样使  $w$  大于  $0.2 \mu\text{m}$  (一般而言, 就是使与微小区域  $\delta$  最大内切圆的直径在  $0.2 \mu\text{m}$  以上), 就能够实现取光效率的大幅度提高。

[0120] 接下来, 考察一下该实施方式的表面结构 13 的取光效率是如何依赖波长的。

[0121] 图 5(a) 中的曲线 5a'、5A'、5h'、5H' 示出的是在波长  $0.45 \mu\text{m}$  的条件下, 对  $d = 0.70$ 、 $1.40 \mu\text{m}$  的第一次及第二次取光效率。这些特性大致与波长在  $0.635 \mu\text{m}$  时的结果一致, 由此可知: 能够使取光效率伴随可见光内的波长差所产生的变化减小。

[0122] 因此, 即使该实施方式中的表面结构 13 是单一的形状 ( $d$  和  $w$ ), 也能够得到相对于可见光内的全部波长都是接近最佳值的取光效率。结果是, 在该结构应用于显示装置的显示面的情况下, 就无需分别针对 RGB 三种像素改变表面结构 13 的形状, 也就能够大幅度地简化结构, 大幅度地简化组装时所要做的调整。

[0123] 在有机 EL 元件中, 有时会在透明电极 4 上放置透明的调整层, 对光在透明基板 5 和电极 2 之间往返过程中的透光率进行调整。在该情况下, 透明基板 5 被放置在调整层之上 (也就是说, 可以称包括到调整层为止的有机 EL 元件是发光体), 但在透明基板 5 的折射率  $n_1$  小于调整层的折射率  $n_1'$  的情况下, 在透明基板 5 和调整层之间就会存在发生全反射的边界面, 特别是在  $n_1' - n_1 > 0.1$  的情况下, 该边界面的影响就是不可忽视的了。图 22 示出了此时的光的传播情况。

[0124] 在图 22 中, 折射率为  $n_2$  的发光层 3 的内部点 S 发出的光直接或者在电极 2 反射后, 透过透明电极 4, 透过折射率  $n_1'$  调整层 15, 在边界面 15a 上的点 P' 折射, 透过折射率为  $n_1$  的透明基板 5, 经由透明基板 5 与空气 6 层的边界面上的点 P 射出到空气 6 层一侧。这里,  $n_1' \geq n_2 > n_1 > 1.0$ 。此外,  $n_1'$  小于  $n_2$  也无妨, 在该情况下, 会在透明电极 4 与调整层 15 之间发生全反射。因为在透明基板 5 的与空气 6 层的边界面上形成有该实施方式所涉及的表面结构 13, 所以即使是超过临界角的光, 也能够取出到空气 6 层一侧。但是, 因为有  $n_1' > n_1$  的关系, 所以也会在边界面 15a 发生全反射。也就是说, 当朝着点 Q' 以朝着点 P' 入射的入射角还大的入射角入射时, 会发生全反射, 该光在与电极 2 之间重复进行该全反射, 也就不能够取出到空气 6 层一侧。

[0125] 如图 23 所示, 在这样的情况下, 在调整层 15 与透明基板 5 的边界面上也形成该实施方式所涉及的表面结构 13', 就能够将超过了在该面的临界角的入射光取出到空气 6 层

一侧。也就是说,由于表面结构 13' 的存在,即使超过了临界角的光朝着点 Q' 入射,该光也不发生全反射,在该面反射的成分在电极 2 反射后,再次入射到表面结构 13' 上的点 R', 其一部分能够经由表面结构 13 射出到空气 6 层一侧,无限地重复以上的过程。图 23 中的结构双重地形成了具有凹凸的表面结构 13、13', 较复杂,但有利之处是:能够使用折射率较低的材料形成透明基板 5,选材幅度加宽了。

[0126] 此外,由(式 6)得到的在透明基板 5 与电极 2 之间往返的光的透光率  $\tau$  越大,取光效率就越大。实际的发光层 3 除了被电极 2、透明电极 4 包围起来以外,还被所述调整层 15 等多个透明层等包围。对这些膜的设计(决定包括发光层 3 的膜的折射率、厚度等)应该保证所述透光率  $\tau$  成为最大。此时,因为在表面结构 13 的反射其相位的分布是随机的,反射光的重合就成为非相干处理(不是振幅相加,而是强度相加)。也就是说,能够忽视透明基板 5 表面对反射的影响,也就可以假想成反射率 0%、透光率 100% 的情况加以处理。在假想成反射率 0%、透光率 100% 的条件下,让光从透明基板 5 发出,再让该光多重地在包括发光层 3 的多层膜之间往返,使返回到透明基板 5 的复数光振幅的重叠光量成为最大,以此作为决定各层膜的折射率、厚度等的条件。

[0127] (第二实施方式)

[0128] 参考图 6、图 27 对第二实施方式进行说明。此外,第二实施方式仅有表面结构 13 的图案与第一实施方式不同,其它结构都与第一实施方式相同,省略对共同结构的说明。

[0129] 第二实施方式中,不是将表面结构中的凸的比率 P,凹的比率 1-P 固定在 0.5,而是使  $P = 0.4-0.98$ 。也就是说,微小区域  $\delta_1$ (朝上方突出的区域)占 40-98%,微小区域  $\delta_2$ (凹陷)占 60-2%。

[0130] 图 6(a) 是说明该实施方式中表面结构的取光效率的说明图。该图中,设透明基板 5 的折射率  $n_1 = 1.457$ ,空气 6 的折射率  $n_0 = 1.0$ ,光的波长  $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ ,表面结构的突出高度  $d = 0.70 \mu\text{m}$ ,横轴表示表面结构的边界宽度  $w$ ,该图示出的是比率  $P = 0.2、0.4、0.6、0.8、0.9$  时的取光效率(第一次和第二次)。曲线 6a、6b、6c、6d、6e 以及曲线 6A、6B、6C、6D、6E 分别表示在  $P = 0.2、0.4、0.6、0.8、0.9$  下的取光效率。图 27 中的曲线 27a、27A 描绘出的是在上述条件下设边界宽度  $w = 1.0 \mu\text{m}$ ,以凸的比率 P 为横轴的取光效率(第一次和第二次)。

[0131] 由图 6(a) 可以看出:在第一次取光效率特性下,在  $w$  的所有区域都是比率  $P = 0.2$  时第一次取光效率最小,当  $w \leq 2 \mu\text{m}$  时,比率  $P = 0.6$  时,第一次取光效率给出最大值。在第二次取光效率特性下,在  $w \leq 4 \mu\text{m}$  的范围内,比率  $P = 0.9$  的第二次取光效率最大, $P = 0.2$  时的第二次取光效率最小。由图 27 中的曲线 27a 可以看出:在第一次取光时,将支配凹凸的面积比率的比率 P 设定在以 0.6 为中心的 0.4-0.8 的范围内,取光效率就得到了进一步的提高。可以认为:这是因为凸部在该范围内起到了光波导的作用(当  $p \leq 0.2$  时,形成波导的凸部的面积比小;而当  $\geq 0.8$  时,凸部相互间过于接近,波导效果变小)所导致的。另一方面,由图 27 中的曲线 27A 可以看出:在第二次取光时,将比率 P 设定在以 0.9 为中心的 0.5-0.98 的范围内,取光效率就得到了进一步的提高。因此,在包括第一次、第二次的合计取光效率下,优选将比率 P 设定在 0.4-0.98 的范围内。

[0132] 这样,在该实施方式中使比率 P 偏离 0.5,就能够得到高于第一实施方式的取光效率;还收到了与第一实施方式一样的效果:不会因方位不同而产生光强度的强弱分布,色

彩也就不会失去平衡,且能够实现取光效率的大幅度提高,还能够抑制外界像的映入等。

[0133] (第三实施方式)

[0134] 参考图 6(b) 说明第三实施方式。此外,第三实施方式仅有表面结构 13 的高度差条件与第一实施方式不同,其它结构都和第一、第二实施方式一样,省略对共同结构做说明。

[0135] 第三实施方式是使第一、第二实施方式中表面结构中的相邻的两个微小区域  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  间的高度差的量为随机值的情况。使其为随机值的方法如下:在图 2(a) 中,假想地将透明基板 5 的表面无间隙地分割为宽度  $w$  (称为边界宽度) 的棋盘的目 (正方形的微小区域  $\delta$ ), 针对一个基准面根据随机函数对一个一个的目随机地设定从  $-d_m/2$  到  $d_m/2$  之间的任意一个高度 (或者深度)。一个基准面是:在平行于透明基板 5 的表面的法线的方向上,存在于位于最高位置的微小区域  $\delta$  和位于最低位置的微小区域  $\delta$  中间且平行于透明基板 5 的表面的面。 $d_m$  是位于最高位置的微小区域  $\delta$  和位于最低位置的微小区域  $\delta$  在高度方向的位置差。

[0136] 图 6(b) 是说明该实施方式中表面结构的取光效率的说明图。该图中,设透明基板 5 的折射率  $n_1 = 1.457$ , 空气 6 的折射率  $n_0 = 1.0$ , 光的波长  $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ , 横轴是表面结构的边界宽度 (微小区域  $\delta$  的宽度)  $w$ , 该图示出的是最大高度差  $d_m = 1.4, 0.9, 0.7, 0.3 \mu\text{m}$  时的第一次取光效率  $\eta_1$ 、第二次取光效率  $\eta_2$ 。从便于计算的角度来考虑,作为从基准面算起的高度差的量的随机性分以下几种情况:当  $d_m = 1.4 \mu\text{m}$  时,从  $-0.7 \mu\text{m}$  到  $0.7 \mu\text{m}$  以  $0.467 \mu\text{m}$  为一个间隔值 (step), 随机地选择了四种高度差 (条件是出现概率分别为 25%); 当  $d_m = 0.9 \mu\text{m}$  时,从  $-0.45 \mu\text{m}$  到  $0.45 \mu\text{m}$  以  $0.3 \mu\text{m}$  为一个间隔值, 随机地选择了四种高度差 (条件是出现概率分别为 25%); 当  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$  时,从  $-0.35 \mu\text{m}$  到  $0.35 \mu\text{m}$  以  $0.233 \mu\text{m}$  为一个间隔值, 随机地选择了四种高度差 (条件是出现概率分别为 25%); 当  $d_m = 0.3 \mu\text{m}$  时,从  $-0.15 \mu\text{m}$  到  $0.15 \mu\text{m}$  以  $0.1 \mu\text{m}$  为一个间隔值, 随机地选择了四种高度差 (条件是出现概率分别为 25%)。此外,各个间隔值的出现概率无需均等。例如:可以使低 (深) 位置的间隔值的出现概率较小,高 (浅) 位置的间隔值的出现概率较大。

[0137] 曲线 6i、6I 分别表示  $d_m = 1.4 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率;曲线 6h、6H 分别表示  $d_m = 0.9 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率;曲线 6g、6G 分别表示  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率;曲线 6f、6F 分别表示  $d_m = 0.3 \mu\text{m}$  时的第一次及第二次取光效率。与第一实施方式一样,当边界宽度  $w$  在  $0.2-2 \mu\text{m}$  这一范围时,第一次取光效率都成为极大值,若使  $w$  减小或者增加,第一次取光效率就渐进线地接近 0.27 (所谓的 (式 3) 给出的值即使表面为镜面时的取光效率)。当边界宽度  $\leq 0.20 \mu\text{m}$  时,第二次取光效率都成为极大值,随着  $w$  变小,第二次取光效率便收敛于 0, 图中未出现,当使  $w$  大于  $8 \mu\text{m}$  时,第二次取光效率就渐进线地接近 0.00。因此,需要将边界宽度  $w$  设定在  $0.2 \mu\text{m}$  以上。而且,如对第一实施方式的图 28、图 29 中所进行的讨论那样,从视角依赖性的关系来看,优选边界宽度  $w$  在  $1.5 \mu\text{m}$  以下。在图 6(b) 中,在  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$ 、边界宽度  $w = 0.6 \mu\text{m}$  的条件下计算得出的第一次及第二次取光效率 ( $\eta_1$ 、 $\eta_2$ ) 分别成为 0.331、0.141。因此,与在第一实施方式所得到的特性 (曲线 5A)、在第二实施方式所得到的特性 (曲线 6B、6C) 相比,在  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$  时所得到的特性下,第二次取光效率提高了。可以认为第二次取光效率提高的理由如下:因为凸部顶端不一致,图案的随机性增加,在表面结构反射的光的传播方位的随机性质也就因此而增加,反射光的扩散性也就提高。因此,就是在第二次取光时,光也能够以接

近第一次取光的状态（全方位光强度均匀的状态）入射。

[0138] 此外，在  $w \geq 0.4 \mu\text{m}$  的范围内，与  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$  时的特性相比， $d_m = 0.3 \mu\text{m}$  时的第一次的特性恶化了，所以优选  $d_m$  在  $d_m \geq 0.2-0.3 \mu\text{m}$  的范围内（该范围与第一实施方式相同）；在  $w \geq 1.0 \mu\text{m}$  的范围内， $d_m = 1.4 \mu\text{m}$  时的第一次的特性比  $d_m = 0.7 \mu\text{m}$  时的特性稍有改善，但若  $d_m$  过大，则不仅加工困难，而且在  $w \geq 1.5 \mu\text{m}$  的条件下视角特性会恶化（参看图 28、图 29），因此，可以说  $1.40 \mu\text{m}$  是  $d_m$  的上限的参考值。这些范围与第一实施方式的范围（ $\lambda / (n_1 - n_0) \geq d_m \geq \lambda / 6 (n_1 - n_0)$ ）相同。

[0139] 就这样，第三实施方式靠随机地设定高度差的量，而得到了比第一、第二实施方式高的取光效率；还收到了与第一实施方式一样的效果：不会因方位不同而产生光强度的强弱分布，色彩也就不会失去平衡，而且，能够实现取光效率的大幅度提高，还能够抑制外界像的映入等。

[0140] 此外，能够想到的随机地设定高度差的量的条件有两个：(1) 取从 0 到最大高度差的量  $d_m$  的所有值的情况、(2) 取含有 0 和最大高度差的量  $d_m$  的三级以上的高度差中任一个的情况。考虑一下 (2) 之一例取 0、 $d_m/3$ 、 $d_m \times 2/3$ 、 $d_m$  这四种高度差的情况。在该情况下，经过两次曝光、蚀刻工序（第一次：曝光使用边界宽度  $w_1$  的掩模图案，蚀刻深度  $d_m/3$ 、第二次：曝光变为使用边界宽度  $w_2$  的掩模图案，蚀刻深度  $d_m \times 2/3$ ）就能够制作出用以将这样的表面结构形成在薄膜表面上的形状转印用模具。此时，为使不连续的边界线的出现频率最大的条件是  $w_2 = w_1$ 。

[0141] 进一步考虑取 0、 $d_m/6$ 、 $d_m \times 2/6$ 、 $d_m \times 3/6$ 、 $d_m \times 4/6$ 、 $d_m \times 5/6$ 、 $d_m$  这七种高度（高度差）的情况。在该情况下，经过三次曝光、蚀刻工序（第一次：曝光使用边界宽度  $w_1$  的掩模图案，蚀刻深度  $d_m/6$ 、第二次：曝光变为使用边界宽度  $w_2$  的掩模图案，蚀刻深度  $d_m \times 2/6$ 、第三次：曝光变为使用边界宽度  $w_3$  的掩模图案，蚀刻深度  $d_m \times 3/6$ ）就能够制作出用以将这样的表面结构形成在薄膜表面上的形状转印用模具。此时，为使不连续的边界线的出现频率最大的条件是  $w_1 = w_2 = w_3$ 。

[0142] （第四实施方式）

[0143] 参考图 7 说明第四实施方式。此外，第四实施方式仅表面结构的图案与第一实施方式不同，其它结构都和第一实施方式一样，省略对共同结构做说明。

[0144] 图 7 示出了到决定出第四实施方式中的表面结构的图案为止的过程。图 7(a) 示出的是：将透明基板 5 的表面无间隙地分割为宽度  $w_1$  的棋盘的目（正方形的微小区域  $\alpha$ ），以一个一个是黑色、是白色的比率各为 50%，随机地分配了白色与黑色后得到的图案。该图中显示的是  $w_1 = 1 \mu\text{m}$  之例（ $w_1$  的最佳值更小，但若使其为更小的值，在图中无法看清楚，因此用该值进行说明）。分配给黑色的微小区域  $\alpha$  是微小区域  $\alpha_1$ ，分配给白色的微小区域  $\alpha$  是微小区域  $\alpha_2$ 。

[0145] 图 7(b) 示出的是：将透明基板 5 的表面分割为  $w_1$  的整数倍的宽度  $w_2$  的棋盘的目（正方形的微小区域  $\beta$ ），以一个一个是黑色的比率为  $P_2$ ，是白色的比率为  $1-P_2$ ，且  $P_2 = 0.5$ ，随机地分配了白色与黑色后得到的图案。该图中显示的是  $w_2 = 2 \mu\text{m}$  之例。分配给黑色的微小区域  $\beta$  是微小区域  $\beta_1$ ，分配给白色的微小区域  $\beta$  是微小区域  $\beta_2$ 。

[0146] 图 7(c) 示出的是按照以下规则得到的图案。该规则是：使棋盘的目相互对齐地将图 7(a)、图 7(b) 中的图案重叠起来，黑色（ $\alpha_1$ ）与黑色（ $\beta_1$ ）重叠成为白色，白色（ $\alpha_2$ ）与

白色 ( $\beta_2$ ) 重叠成为白色, 白色 ( $\alpha_2$ ) 与黑色 ( $\beta_1$ ) 或黑色 ( $\alpha_1$ ) 与白色 ( $\beta_2$ ) 重叠成为黑色。结果是, 图 7(c) 所示的图案的生成规则与图 7(a) 的图案的生成规则一样, 让黑色作凸, 相对于此让白色作凹的表面结构的图案与第一实施方式中所介绍的图案相同。

[0147] 另一方面, 图 7(d) 示出的是: 将透明基板 5 的表面分割为宽度  $w_1$  的棋盘的目 (正方形的微小区域  $\alpha$ ), 以一个一个的目是黑色的比率为  $P_1$ , 是白色的比率为  $1-P_1$ , 随机地分配后得到的图案。该图中, 显示的是  $w_1 = 1 \mu\text{m}$ 、 $P_1 = 0.1$  时的例子。与图 7(a) 一样, 黑色是微小区域  $\alpha_1$ , 白色是微小区域  $\alpha_2$ 。

[0148] 图 7(e) 示出的是按照以下规则得到的图案。该规则是: 使棋盘的目相互对齐地将图 7(d)、图 7(b) 中的图案重叠起来, 黑色 ( $\alpha_1$ ) 与黑色 ( $\beta_1$ ) 重叠成为白色, 白色 ( $\alpha_2$ ) 与白色 ( $\beta_2$ ) 重叠成为白色, 白色 ( $\alpha_2$ ) 与黑色 ( $\beta_1$ ) 或黑色 ( $\alpha_1$ ) 与白色 ( $\beta_2$ ) 重叠成为黑色。结果是, 图 7(e) 所示的图案具有与图 7(c) 所示的图案相似的特征, 这些特征是: 是黑色白色的面积比率是 1 : 1, 黑色标记、白色标记的最小尺寸相同等。图 7(e) 所示的图案与图 7(c) 示出的图案的不同之处是最小尺寸的出现比率较低。最终的黑色与白色的比率 (凹凸的面积比率) 由比率  $P_1$ 、 $P_2$  决定, 黑色的比率  $P$  (成为凸的比率) 由  $P = P_1 + P_2 - 2P_1P_2$  给出。图 27 中, 附带示出的曲线 27b、27B 示出了在表面结构的凸部的突出高度  $d = 0.70 \mu\text{m}$ 、 $w_1 = 0.2 \mu\text{m}$ 、 $w_2 = 1 \mu\text{m}$ 、 $P_1 = 0.1$  的条件下, 以成为凸的比率  $P$  为横轴计算得出的第一次、第二次取光效率 ( $\eta_1$ 、 $\eta_2$ ) 的特性。

[0149] 由图 27 中的曲线 27b 可知: 尽管图案的凹凸分布与第一实施方式不同, 但在第一次取光时, 将支配凹凸的面积比率的比率  $P$  设定在以 0.6 为中心的 0.4-0.8 的范围内, 取光效率得到了进一步的提高。另一方面, 从曲线 27B 可知: 在第二次取光时, 将比率  $P$  设定在 0.5-0.9 的范围内 (因为设定为  $P_1 = 0.1$ , 所以在 0.1 以下、0.9 以上描绘不出曲线 27b、27B), 取光效率得到了进一步的提高。因此, 与第一实施方式一样, 对比率  $P_1$ 、 $P_2$  进行组合, 将最终成为凸的比率  $P$  设定在 0.5-0.98 的范围内, 就能够使包括第一次、第二次取光效率的合计取光效率提高。此外, 图 27 中的曲线 27c、27C 示出的是在  $w_1 = 0.1 \mu\text{m}$ 、 $P_1 = 0.1$  的条件下的第一次、第二次取光效率的特性; 图 27 中的曲线 27d、27D 示出的是在  $w_1 = 0.1 \mu\text{m}$ 、 $P_1 = 0.2$  的条件下的第一次、第二次取光效率的特性。因为若使  $w_1$  小于  $0.2 \mu\text{m}$  效率就会大幅度地恶化, 所以需要使边界宽度  $w_1$  的大小在  $0.2 \mu\text{m}$  以上。而且, 如对第一实施方式的图 28、图 29 中所进行的讨论那样, 从视角依赖性关系来看, 优选边界宽度  $w_1$  在  $1.5 \mu\text{m}$  以下。

[0150] 第四实施方式是对第一实施方式中的表面结构的形成条件稍微做了一些改变后得到的。在某些条件下, 取光效率会比第一实施方式稍有恶化, 但仍然能够实现比图 14、图 15(a) 所示的现有发光装置更大的取光效率; 与第一实施方式一样, 第四实施方式还具有以下效果: 不会因方位不同而产生光强度的强弱分布, 色彩也就不会失去平衡, 而且, 能够实现取光效率的大幅度提高, 还能够抑制外界像的映入等; 与第一实施方式相比, 第四实施方式对有关表面结构的形状的制约条件较宽, 所以误差容限可以取得较宽, 因此而容易进行加工, 这是第四实施方式的有利之处。例如, 在第一实施方式的条件下, 因为凹部与凹部或凹部与凸部的间隔很小, 所以很难加工出微细的凹凸形状。但在第四实施方式中, 因为微细的凹部或者凸部的出现比率较低 (参考图 7(c) 和图 7(e)), 所以凹部与凹部或凹部与凸部的实效间隔增加了, 加工难度减小了。此外, 不言而喻, 将第四实施方式应用到第二实施方式中, 也能够获得与第二实施方式一样的效果。

[0151] (第五实施方式)

[0152] 将第四实施方式和第三实施方式组合在一起,即构成该第五实施方式。在该实施方式中,为便于理解区域的设定,用不同的颜色来区分、说明各个区域。在第五实施方式中,首先,将透明基板 5 的表面分割为宽度  $w_1$  的棋盘的目(正方形的微小区域  $\alpha$ ),以一个一个的目是黑色的比率为  $P_1$ ,是白色的比率为  $1-P_1$ ,随机地分配黑色、白色后,利用蚀刻等方法将分配给了白色的区域(微小区域  $\alpha_2$ )刻入一深度  $d_1 (> 0)$ 。此外,分配给了黑色的区域是微小区域  $\alpha_1$ 。

[0153] 接下来,将透明基板 5 的表面分割为宽度  $w_2$  的棋盘的目(正方形的微小区域  $\beta$ ),以一个一个的目(微小区域  $\beta$ )是蓝色的比率为  $P_2$ ,是赤色的比率为  $1-P_2$ ,随机地分配了蓝色与赤色,利用蚀刻等方法将分配给了赤色的区域(微小区域  $\beta_2$ )刻入一深度  $d_2 (> 0)$ 。此外,分配给了蓝色的区域是微小区域  $\beta_1$ 。其中, $w_2$  是  $w_1$  的整数倍(优选  $w_2 = w_1$ ),边界线对齐地将棋盘的各个目重叠在一起。

[0154] 于是,当以白色与赤色重叠的部分的面为基准面时,就能够使黑色与蓝色重叠后的高度相对于该基准面成为  $d_1+d_2$ ,使白色与蓝色重叠后的高度相对于该基准面成为  $d_2$ ,黑色与赤色重叠后的高度相对于该基准面成为  $d_1$ 。因此,由于高度差能够随机地获取在 0 到  $d_1+d_2$  之间的四种值(0、 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_1+d_2$ ),所以能够收到与第三实施方式一样的效果。

[0155] 而且,若设定为  $d_1 = d_m \times 1/3$ 、 $d_2 = d_m \times 2/3$ ,就能够将因结构微细而难以制作的宽度  $w_1$  的图案的深度加工得较浅,因此有利之处就是加工容易。在  $d_1 = d_m \times 1/3$ 、 $d_2 = d_m \times 2/3$  的情况下,因为率  $P_2$  对应于刻入深度较深的一侧(实际上比率  $P_2$  一侧为 2,比率  $P_1$  一侧为 1 的加权与平均深度有关),所以比率  $P_2$  与决定凹凸的面积比率,亦即深度的平均大小的第四实施方式的比率  $P_2$  意思相近。另一方面,因为比率  $P_1$  与微细结构(宽度  $w_1$ )的出现比率有关,所以比率  $P_1$  与第四实施方式中的比率  $P_1$  意思相近。

[0156] 此外,上述实施方式将两种曝光、蚀刻工序组合起来了,若将三种曝光、蚀刻工序组合使用,就能够随机地取得八种值的高度。在该情况下要在上述两个蚀刻工序中加上以下工序。也就是说,将透明基板 5 的表面分割为宽度  $w_3$  的棋盘的目(正方形的微小区域  $\gamma$ ),以一个一个的目是绿色的比率为  $P_3$ ,是黄色的比率为  $1-P_3$ ,随机地分配了绿色和黄色,用蚀刻等方法将分配给了黄色的区域(微小区域  $\gamma_2$ )刻下一个深度  $d_3 (> 0)$ 。此外,分配给了绿色的区域是微小区域  $\gamma_1$ 。其中, $w_3$  是  $w_2$  的整数倍(优选  $w_3 = w_2$ ),以边界线对齐地将棋盘的各个目重叠在一起。

[0157] 于是,当以白色与赤色与黄色重叠的部分的面为基准面时,就能够使黑色与蓝色与绿色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_1+d_2+d_3$ ,白色与蓝色与绿色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_2+d_3$ ,黑色与蓝色与黄色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_1+d_2$ ,黑色与赤色与绿色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_1+d_3$ ,黑色与赤色与黄色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_1$ ,白色与蓝色与黄色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_2$ ,白色与赤色与绿色的重叠相对于该基准面的高度成为  $d_3$ 。因此,由于高度能够在 0 到  $d_1+d_2+d_3$  之间随机地获取八种值(0、 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_1+d_2$ 、 $d_2+d_3$ 、 $d_3+d_1$ 、 $d_1+d_2+d_3$ ),所以能够收到与第三实施方式一样的效果。

[0158] 而且,若设定为  $d_1 = d_m \times 1/6$ 、 $d_2 = d_m \times 2/6$ 、 $d_3 = d_m \times 3/6$ ,就能够将因结构微细而难以制作的宽度  $w_1$ 、 $w_2$  的图案的深度加工得较浅,因此有利之处就是加工容易。在  $d_1 =$

$d_m \times 1/6$ 、 $d_2 = d_m \times 2/6$ 、 $d_3 = d_m \times 3/6$  的情况下,因为比率  $P_2$ 、 $P_3$  对应于刻入深度较深的一侧(实际上,以比率  $P_3$  一侧为 3、比率  $P_2$  一侧为 2、比率  $P_1$  一侧为 1 的加权与平均深度有关),所以比率  $P_2$ 、 $P_3$  与决定凹凸的面积比率,亦即深度的平均大小的第四实施方式的比率  $P_2$  意思相近。另一方面,因为比率  $P_1$  与微细结构(宽度  $w_1$ )的出现比率有关,所以比率  $P_1$  与第四实施方式中的比率  $P_1$  意思相近。

[0159] (第六实施方式)

[0160] 参考图 1 对第六实施方式进行说明。此外,第六实施方式仅有表面结构 13 的图案与第一实施方式不同,其它结构都与第一实施方式一样,省略对共同结构的说明。

[0161] 第六实施方式是用移相器构成第一实施方式中表面结构的相邻两个微小区域  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  得到的。移相器能够用例如折射率不同的多层膜构成。也就是说,能够利用多层膜的多重反射调整透过光的相位,能够通过改变多层膜的结构(膜厚、层数)随机地形成 180 度的区域和 0 度的区域。而且,即使改变透过两个区域的光的偏振光,只要利用偏振镜就能够收到同样的效果。此时所用的偏振镜,能够保证对应于 180 度区域的透过光的偏振光是 P 偏振或是右旋圆偏振光;对应于 0 度区域的透过光的偏振光是 S 偏振或是左旋圆偏振光。使用方位相差 90 度的 1/2 波长板也能够实现该第六实施方式。此外,第一实施方式那样的、折射率有差别的界面的凹凸结构也是透过光的相位在凹凸间变化,所以可以说第一实施方式中的上述结构也是移相器的一种形态。

[0162] 该实施方式中的表面结构 13 的透光率  $t$  对入射角的依赖性以及取光效率都已经显示在图 21、图 5(b)(曲线 5d、5D)中,单单是第一次取光效率,就能够超过使  $w$  在  $0.4 \mu m$  以上且  $1 \mu m$  以下的范围内使表面为镜面时的取光效率。图 5(b)示出了使相位差为 90 度的结果,第一次、第二次取光效率分别由曲线 5d'、5D' 显示出来,使相位差为 90 度的第一次、第二次取光效率都不如相位差是 180 度时(曲线 5d、5D)的好,由此可知相位差的最佳值是 180 度。

[0163] 就这样,第六实施方式由移相器构成表面结构 13,与现有技术相比所得到的取光效率就高;与第一实施方式一样,还能够收到以下效果:不会因方位不同而产生光强度的强弱分布,色彩也就不会失去平衡,而且,能够实现取光效率的大幅度提高,还能够抑制外界像的映入等。

[0164] (第七实施方式)

[0165] 参考图 8 说明第七实施方式。此外,第七实施方式仅有表面结构的图案与第一实施方式不同,其它结构都和第一实施方式一样,省略对共同结构做说明。

[0166] 图 8(a)示出了该实施方式中第一表面结构 23 的图案。如图 8(a)所示,将透明基板 5 的表面分割为一条边的边长为  $w$  的正三角形(微小区域  $\delta$ ),将一个的微小区域  $\delta$  是凸(图中的 23a(微小区域  $\delta_1$ )、灰色的图形)还是凹(图中的 23b(微小区域  $\delta_2$ )、白色的图形)的比率各自设定为 50%,随机地分配凹与凸,即得到了第一表面结构 23。 $w$  在  $2.25 \mu m$  以下。

[0167] 另一方面,图 8(b)示出了该实施方式中第二表面结构 33 的图案。如图 8(b)所示,将透明基板 5 的表面分割为一条边的边长为  $w$  的正六边形(微小区域  $\delta$ ),将一个的图形是凸(图中的 33a(微小区域  $\delta_1$ )、灰色的图形)还是凹(图中的 33b(微小区域  $\delta_2$ )、白色的图形)的比率各自设定为 50%,随机地分配凹与凸,即得到了第二表面结构 33。 $w$  在

0.93  $\mu\text{m}$  以下。

[0168] 此外,一般而言,图形大小的条件是:与该图形最大内切圆的直径在 0.2  $\mu\text{m}$  以上且 1.5  $\mu\text{m}$  以下。

[0169] 第七实施方式中,仅有表面结构 23、33 的图案形状与第一实施方式不同,原理、作用及效果都与第一实施方式一样。而且,并不限于将透明基板的表面分割为正三角形、正六角形,只要是能够无间隙地用同样的图形进行面积分割即可,可以是任意的多角形。

[0170] 此外,在从第一到第七实施方式中,实际的加工体中的表面结构 13、23、33 不是严格意义上的正方形、正三角形、正六角形,角部变圆,角度变圆的微小区域的相邻微小区域的角部也相应地产生变形,但特性不会有变化,能够收到相同的效果,这是毋庸置疑的。将第二到第六实施方式应用到第七实施方式中,也能够收到与第二到第六实施方式一样的效果。

[0171] (其它实施方式)

[0172] 上述各个实施方式是本发明的示例,本发明并不限于这些示例。在以上各个实施方式中,与表面结构的凸部的表面垂直的截面形状并不限于矩形,也可以是梯形、圆锥形状等,也可以由曲线形成凸部的斜面。

[0173] 在透明基板 5 的厚度很厚的情况下,取光的次数每增加一次,光的射出位置就从发光点 S 的位置远离一下。在该情况下,象用于显示屏的 EL 那样以 300  $\mu\text{m}$  左右的像素为单位分割的结构中,光会混入相邻的像素中,引发图像质量恶化。因此,能够想到的结构如图 9(a) 所示。即,形成有表面结构 13 的透明基板 5 构成为几微米左右,很薄,在透明基板 5 之上夹着空气层由 0.2mm 到 0.5mm 左右的保护基板 14 覆盖起来。在保护基板的表面 14a、背面 14b 不会发生全反射,但需要进行防止反射的涂敷 (AR 涂敷)。此时,在表面结构 13 的上方可以采用由气凝胶等低折射率且透明的材料形成的层代替空气层,因为此时是一体结构,所以装置的稳定性高。

[0174] 在以上各个实施方式中,仅在一个面上形成有表面结构 13,还能够在透明基板 5 的两面形成同样的结构;还可以将普通的衍射光栅 13' 布置在表面结构 13 和发光点 S 之间。此时能够想到的结构如图 9(b) 所示,使透明基板 5 成为薄膜形状,在透明基板 5 的表面形成表面结构 13,在背面形成衍射光栅 13'、不同规格的表面结构 13'', 夹着粘接层 21 将透明基板 5 粘接在发光体一侧。在透明基板 5 的折射率小,与发光层 3 之间的折射率差在 0.1 以上的情况下,若选择比发光层 3 的折射率小 0.1 或者比 0.1 小得更多的材料作粘接层 21 的材料,几乎就不会在粘接层 21 与发光层 3 的界面发生全反射,并且,也能够利用表面结构 13'' (或衍射光栅 13') 以及表面结构 13 避免在粘接层 21 与透明基板 5 之间的折射面、透明基板 5 与空气 6 之间的折射面发生全反射。此外,优选衍射光栅 13'、表面结构 13'' 的凹部的深度或者凸部的高度的条件是:在凹部的透过光和在凸部的透过光产生相位差  $\pi$ , 但凹部的深度、凸部的高度可以比上述值为小。

[0175] 此外,作为参考,图 10 中示出了表面结构呈现黑白相间的方格花纹 (方格形状) 的图案。图 10 中示出的表面结构是这样的,将透明基板 5 的表面分割为一边的长度为 w 的正方形,灰色的正方形 13a 和白色的正方形 13b 形成方格图案,灰色为凸,相对地白色为凹。

[0176] 图 11 是说明图 10 中所示的表面结构的透光率 t 对入射角的依赖性的说明图,图 11 中的条件与图 5(a) 中的相同,凹凸的高度差  $d = 0.70$ 。该图 11 中示出的是以下情况:

以表面结构的宽度  $w$  为参数 ( $w = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 4.0 \mu\text{m}$ ), 在透明基板 5 内光量为 1 的光以角  $\theta$  (与折射法线所成的角度) 入射到表面结构后, 第一次有多少射出到空气 6 层一侧。与表示随机图案的特性的图 3(a) 相比可知: 图 11 中, 除了  $w = 0.1, 0.2 \mu\text{m}$  (所谓的不产生衍射光的纳米结构的区域) 的曲线以外, 其它曲线上都存在很细的波浪。这是由于方格图案造成了衍射, 该衍射造成衍射光产生在空气层一侧或消失在空气一侧。这表明: 方位不同而产生光强度的强弱分布, 这是周期图案固有的问题。

[0177] 图 5(b) 中附带显示出呈现该方格形状的表面结构和呈现图 17(b) 所示的锯齿状排列的方格结构 ( $\square w$  部分成为凹的一侧) 的表面结构的第一次及第二次取光效率 ( $d = 0.70 \mu\text{m}$ , 分别是曲线 5e、5f、5E、5F) 沿对角线方向排列的方格状图案的第二次取光效率变与在图 27 中介绍的现象一样, 因为在沿对角线方向排列的方格图案下成为凸的比率  $P = 0.75$ 。与随机图案所显示出的特性相比, 方格图案、锯齿状图案都显示出伴随着  $w$  的变化而出现波浪的特性, 这也是周期图案固有的问题, 与光强度的强弱分布受方位的影响而存在有关。

[0178] 图 30(a)、图 30(b) 附带示出了从方格图案的表面结构射出的第一次取光对视角的依赖性的解析结果。条件是高度差  $d = 0.70 \mu\text{m}$ , 边界宽度  $w = 0.5 \mu\text{m}$ , 图 30(a) 中波长  $\lambda = 0.450 \mu\text{m}$ , 图 30(b) 中波长  $\lambda = 0.635 \mu\text{m}$ 。由图 30(a) 和图 30(b) 可知: 相对于偏角, 实线 (0 度、90 度的经度方位)、虚线 (45 度、135 度的经度方位) 变动大, 二者的乖离也大, 而且在某些波长下形状变化大。与专利文献 1 中记载的发光装置一样, 方位不同而产生光强度的强弱分布, 色彩就失去平衡是周期图案致命的缺点。这些问题在第一到第七实施方式中全部解决。

[0179] 边界衍射效果在使光的相位不连续的部分相隔一定间隔以上的情况下发生。为了使该效果成为极大值, 就需要使相位不连续的部分在有限的面积内出现的比率为极大值。若将折射面分割为无数的微小区域, 在微小区域之间的边界相位不连续, 所述出现的比率就会在下述两个条件下被极大化。第一个条件是: 尽量使各个微小区域的面积大小一样; 第二个条件是: 在相邻的微小区域之间也存在相位差。也就是说, 若一个微小区域内的面积比任何其它微小区域的面积都大, 对该大面积进行分割, 相位不连续的边界就会增多。相反, 若一个微小区域内的面积比任何其它微小区域的面积都小, 则说明其它微小区域的面积比该微小区域的面积大, 对该其它微小区域进行分割, 相位不连续的边界就会增多。作为其延长线, 尽可能地使各个微小区域的面积相等, 至少各个微小区域的面积在基准面积的 0.5-1.5 倍的范围内 (与微小区域最大内切圆的直径在基准直径的 0.7-1.3 倍的范围内), 就会使微小区域间的边界线的出现比率极大化。第一到第七实施方式遵守该条件。还有, 即使能够使对微小区域的分割极大化, 只要相邻微小区域的相位一致, 效果也会减弱。因此, 也需要在相邻微小区域之间存在相位差。也就是说, 需要分配随机的相位。第四、第五实施方式等遵守该条件。也就是说, 所述实施方式中的发光装置, 不是因为具有专利文献 2 所记载的发光装置那样的防止反射的效果而实现了取光效率的提高, 而是因为具有了使边界衍射效果极大化的效果才实现了取光效率的提高。

[0180] 此外, 第一到第七实施方式中的表面形状与毛面玻璃 (frosted glass)、粗糙表面等的表面形状、专利文献 2 中所记载的发光装置中的表面状态不同。在第一、第四以及第七实施方式中, 将表面分割为宽度  $w$  的棋盘的目 (或者多角形的目), 将凸和凹按 1 : 1 的比

率分配给每一个目。该图案中存在固有宽度  $w$  这样的尺度和固有的微小区域的形状,凸部的总面积和凹部的总面积的比率也是  $1:1$  的关系。相对于此,毛面玻璃、粗糙表面等的表面形状不存在固有的宽度,微小区域的形状也未定,凸部的总面积和凹部的总面积的比率也并非会成为  $1:1$  的关系。在第二实施方式中,让凸和凹的比率从  $50\%$  错开,凹部的总面积与凸部的总面积的比率也不是  $1:1$  了,但依然存在固有的宽度  $w$ ,凹部的总面积与凸部的总面积的比率也还是一个规定的值,与百分之百随机的图案不同。第三、第五实施方式中也存在固有的宽度  $w$ ,每一个用该宽度  $w$  定义的棋盘的目(或多角形的目)高度差都相互不同。因此,可以说,所述实施方式中的表面形状,并不是完全随机的图案,而是遵守某一规则的随机图案。

[0181] 稍微考察一下与完全随机的图案的不同。如图 12(a) 所示,宽度  $4w$  的桌子 16 上随机地排列有 8 张宽度是  $w$  的牌 17。也就是说,8 张牌 17 的总面积是桌子 16 的面积的  $1/2$ 。但假定牌 17 不从桌子 16 越出来。图 12(b) 示出的是允许牌 17 重叠着排列的情况。图 12(c) 示出的是不允许牌 17 重叠着排列的情况。在图 12(b) 中,牌的面积总和由于牌 17 有重叠而小于桌子面积的  $1/2$ 。面积比离开某一比率,取光效率就会恶化这一情况已由图 27 中的曲线 27a、27A 示出。在图 12(c) 中,面积比维持在  $1/2$ ,但在牌之间产生了比  $w$  小的微小间隙  $j$ ,这一点图 12(b) 也一样。若产生微小间隙  $j$ ,其频率变大,则能够将该  $j$  看作新的边界宽度。由图 6 可知,在  $j \leq 0.1 \mu\text{m}$  的条件下,取光效率会大大地恶化。如图 27 所示,微小凹凸结构的比率  $P_1$  增大 ( $w_1 = 0.1 \mu\text{m}$  结构的比率  $P_1$  按照曲线 277a、27c、27d 的顺序依次为  $0.0$ 、 $0.1$ 、 $0.2$  增大),即使合计的成为凸的比率相同,第一次、第二次取光效率也都会恶化。仅这样形成完全彻底的随机图案,是不可能成为使取光效率成为最大的条件的。

[0182] 所述实施方式中所用的随机图案的生成原理与图 12 所示的生成原理不同。在上述各个实施方式中,不会出现面积比被维持在某一比率上,微小间隙  $j$  等比宽度  $w$  小的尺度。于是,可以说,所述实施方式中的表面形状,并不是完全彻底的随机图案,而是遵守用以使取光效率极大化的规则的随机图案。

[0183] 第一到第七实施方式中的表面形状所引起的现象是衍射现象之一。如图 18 所示,在衍射现象下,将假想地相对使表面形状平均的平坦基准面折射的光线定为 0 级衍射光(全反射时不会出现),在以该光为方位的基准而位移后的方位产生高级衍射光。在该申请那样的随机的表面形状下,0 级以外的衍射光的传播方位随机。相对于此,毛面玻璃、粗糙表面不是衍射现象,而是折射现象之一。在凹凸不平的折射面其表法线的方位随机,折射的方位也随机,仅此而已。也就是说,在平行平板上形成第一到第七实施方式中的表面形状,透过该表面看去,能够非常清楚地看到相反一侧的像的轮廓。这是因为在该表面形状下衍射分离的光中一定存在 0 级衍射光,该 0 级衍射光维持了相反一侧的像的轮廓。相对于此,在毛面玻璃、粗糙表面下,不存在相当于 0 级衍射光的光,透过该表面看去时,相反一侧的像的轮廓是模糊不清的。专利文献 2 中仅仅有由于表面突起物的存在光“很顺从地放射到空气中”这样的描述,没有衍射这样的描述,“顺从地”这一词语能够解释为是遵守斯内尔定律(折射定律),从意思上可以理解为与毛面玻璃、粗糙表面等属于同类,能够说与本申请中的发明是绝然不同的。

[0184] 顺便提一下,专利文献 2 中所公开的技术的特征是,将多个透明的突起物完全随机地布置在透明绝缘基板上。本申请的下述特征,即凸部与凹部是形状相同的微小区域,

一个以上的该微小区域构成了一个集合体,且使凸部与凹部的存在比率为特定的比值,在该专利文献 2 中既没有任何记载,也没有任何暗示。本申请的特征是,例如,在第一实施方式中,将凹部与凸部对调后所得到的结构或者将微小区域的高度、深度对调后所得到的结构,基本上都还是原本的结构。但专利文献 2 中所记载的发光装置却不会是这样的。由这样的示例的实施方式中的特征收到了显著的取光效果是本申请发明人首次发现的,专利文献 2 中没有记载上述实施方式那样的显著效果。在专利文献 2 所记载的发光装置中,宽度  $0.4\mu\text{m}$  以上且  $20\mu\text{m}$  以下的突起物以每单位面积  $5000\text{--}10^6$  个/ $\text{mm}^2$  的个数完全随机地布置好,从形式上看上述实施方式中的发光装置有一部分包括在该发光装置中,但突起物与突起物以外的部分之间的形状关系、存在比率关系、以及由于这样的关系的存在首次收到的效果等,在专利文献 2 所记载的发光装置中既没有什么记载,也没有任何暗示。可以说,上述实施方式实质上并不包括在专利文献 2 中所公开的技术中,专利文献 2 中所公开的发明与本申请发明是完全不同的两个发明。

[0185] 此外,在第一到第六实施方式中,利用凹凸形状使光的相位位移。除了凹凸形状以外,采用下述做法也能够实现相位的位移。例如,在对应于凹部的区域和对应于凸部的区域改变多层膜的厚度、折射率条件等,即能够实现相位的位移。不言而喻,在该情况下也能收到与上述各个实施方式一样的效果;第一到第七实施方式并不是独立存在的,将各个实施方式的一部分组合起来构成一个新的实施方式,这也是能够想到的;在第一到第七实施方式中以有机 EL 元件为例进行了说明,该元件只要是在折射率大于 1 的介质内发光的元件该发明就适用。该发明对例如 LED、导光板等都适用;发光装置射出光的介质并不限于空气。所述实施方式的表面结构在以下情况适用。透明基板的折射率比透明基板所接触的介质的折射率大的情况,特别是透明基板的折射率比透明基板所接触的介质的折射率大出 0.1 以上的情况。

[0186] - 工业实用性 -

[0187] 综上所述,本发明所涉及的发光装置使取光效率大幅度地提高,而且,射出光的视角特性也良好。因此,本发明所涉及的发光装置作为显示屏、光源等用处很大。

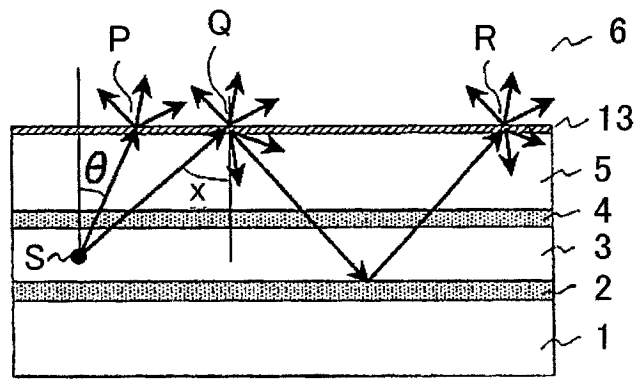


图 1

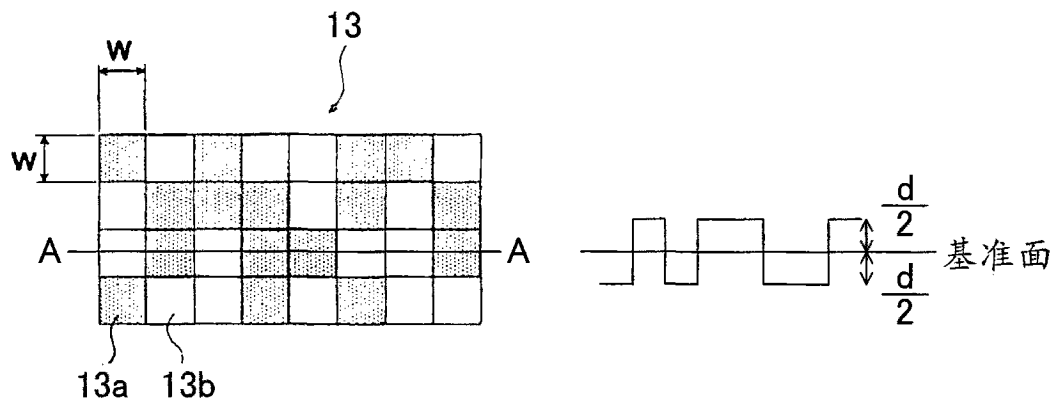


图 2(a)

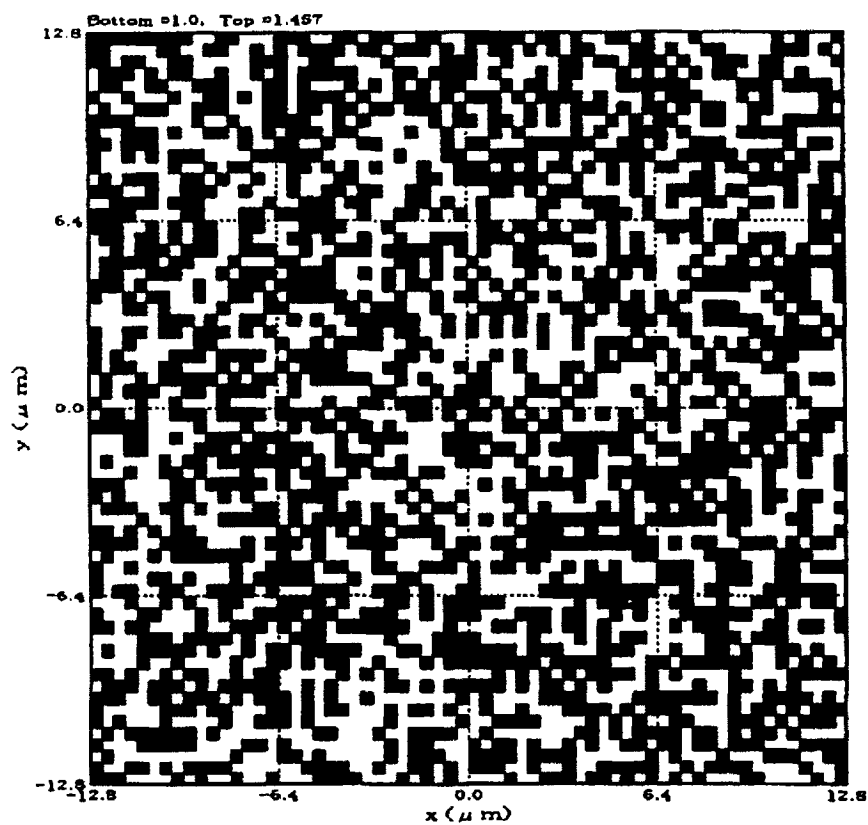


图 2(b)

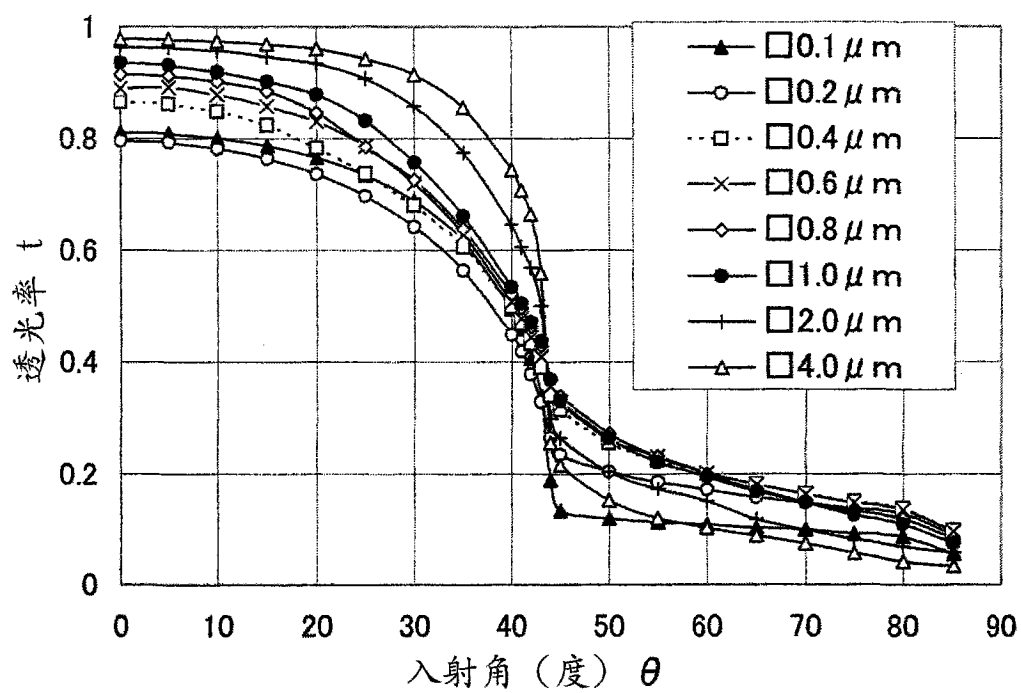


图 3(a)

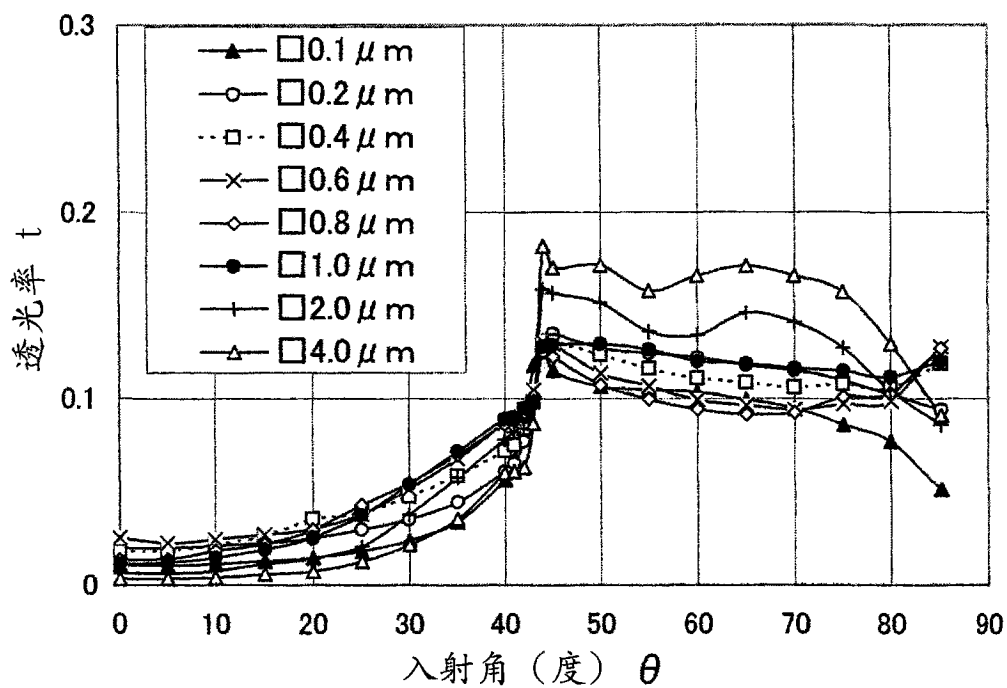


图 3(b)

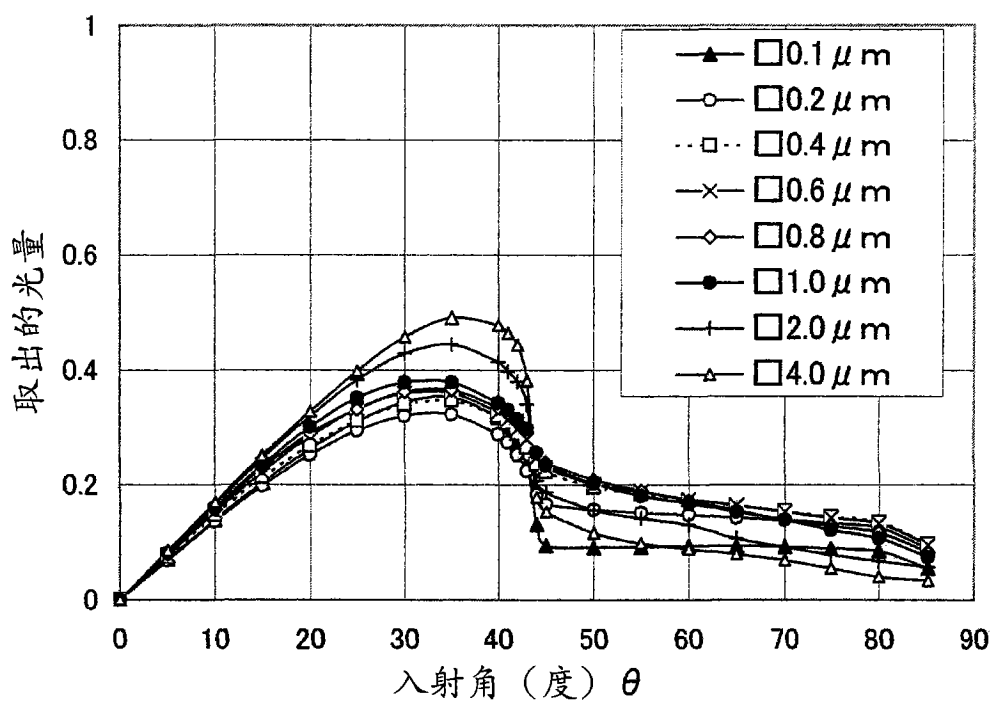


图 4(a)

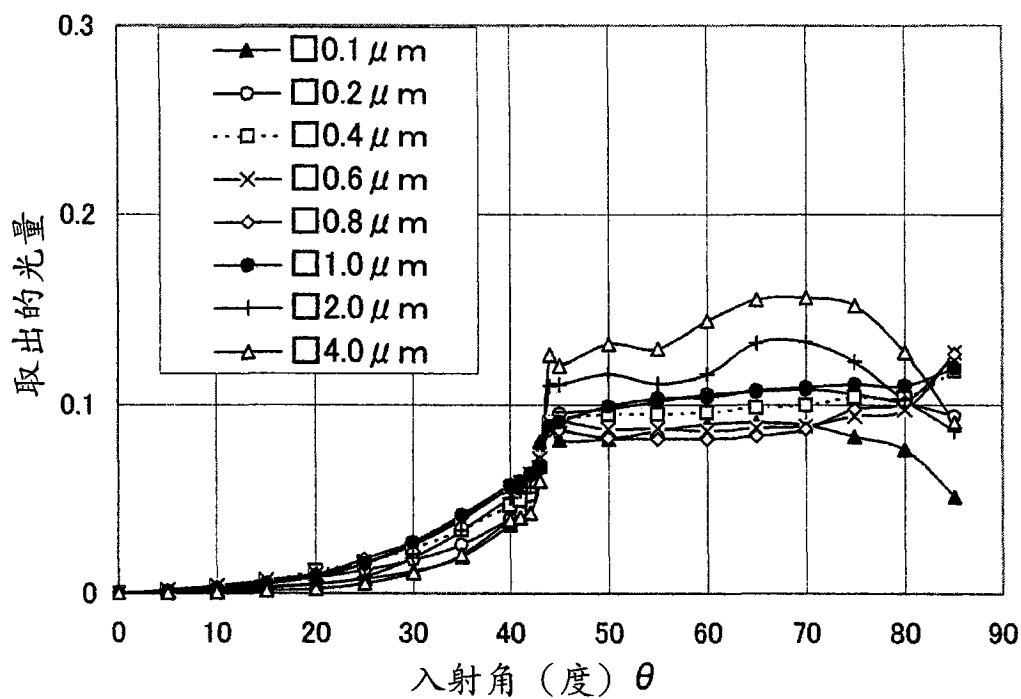


图 4(b)

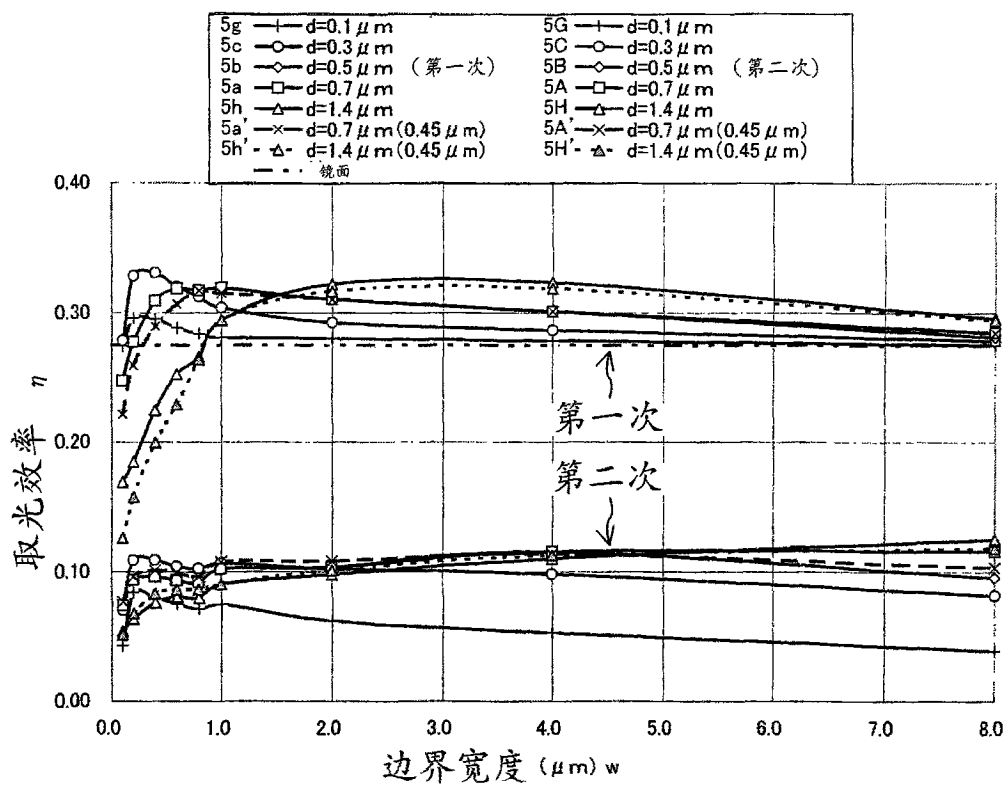


图 5(a)

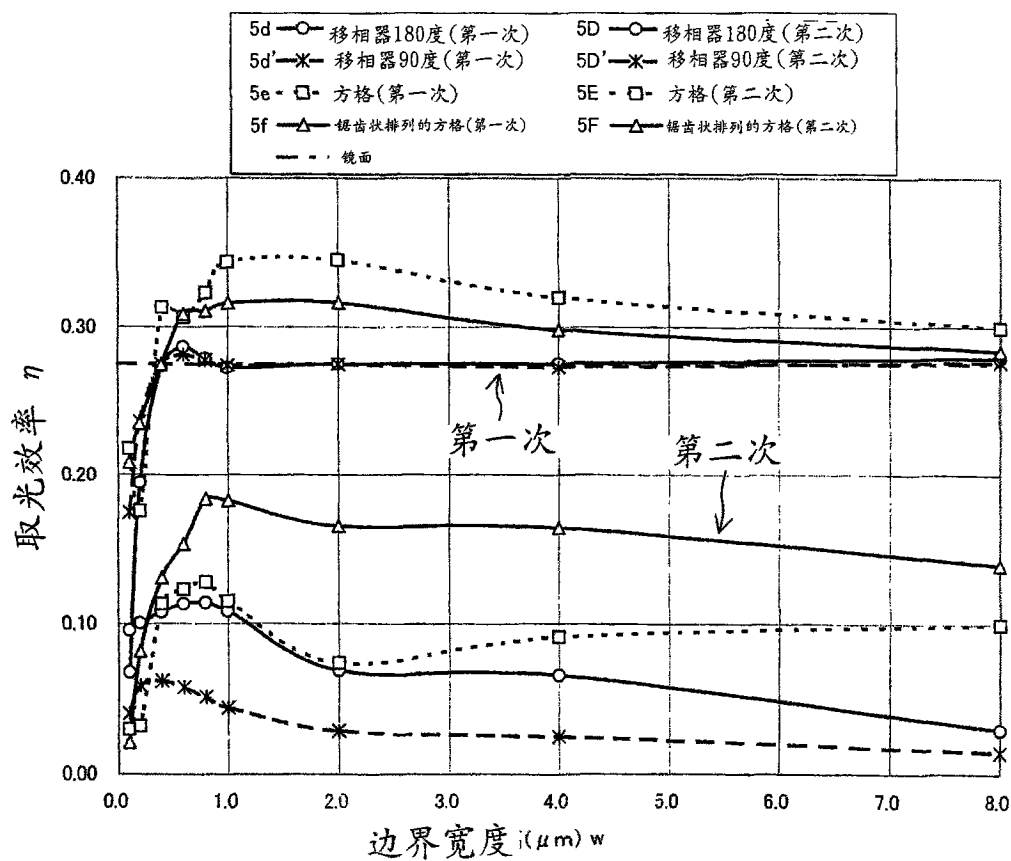


图 5(b)

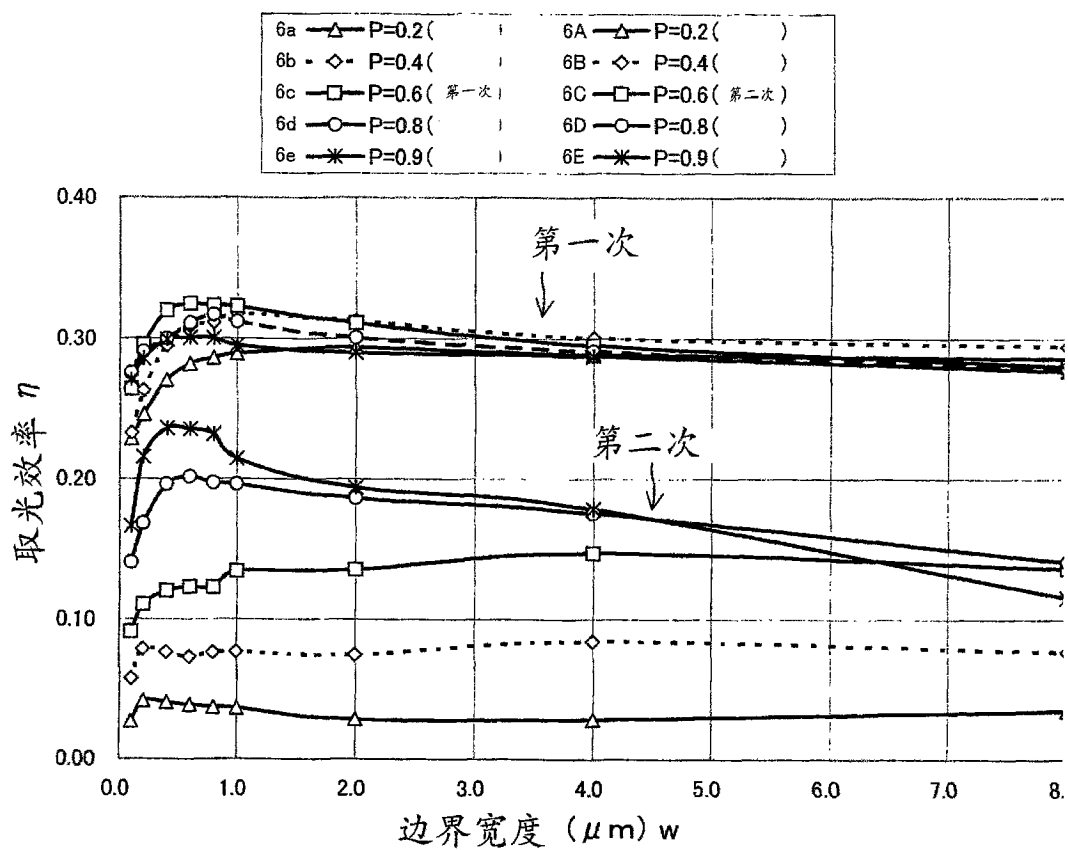


图 6(a)

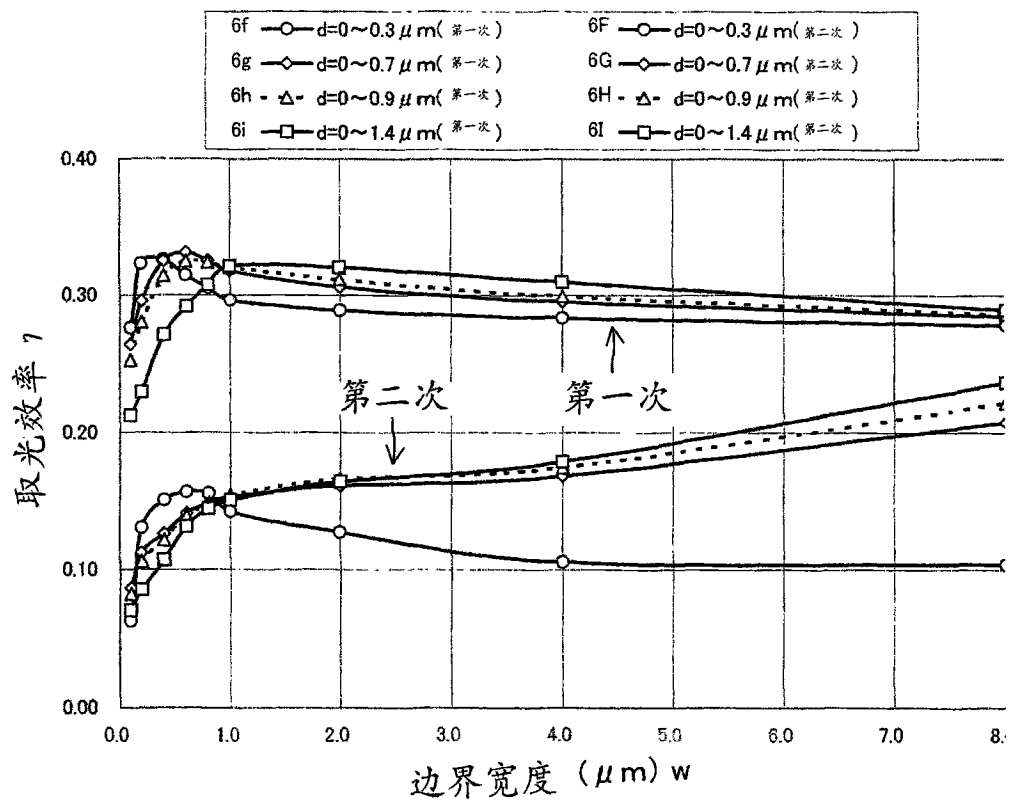


图 6(b)

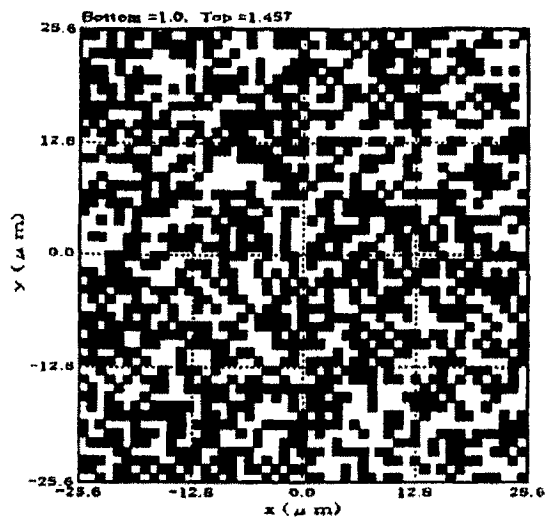


图 7(a)

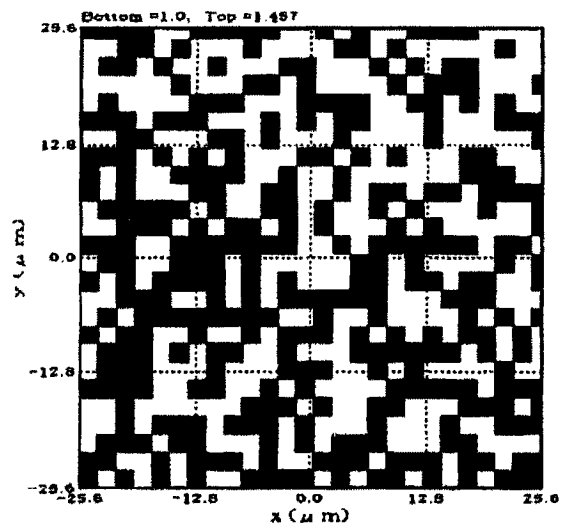


图 7(b)

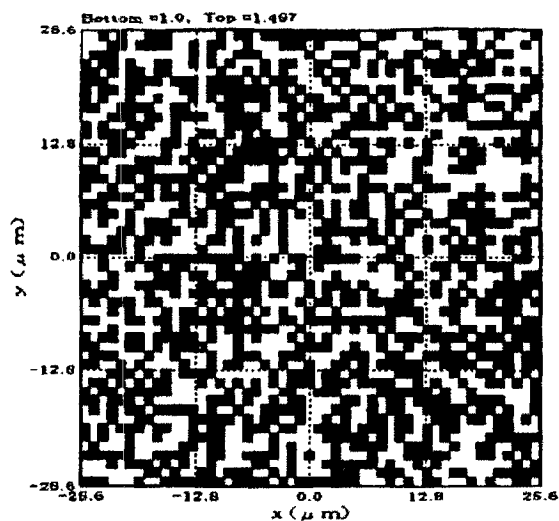


图 7(c)

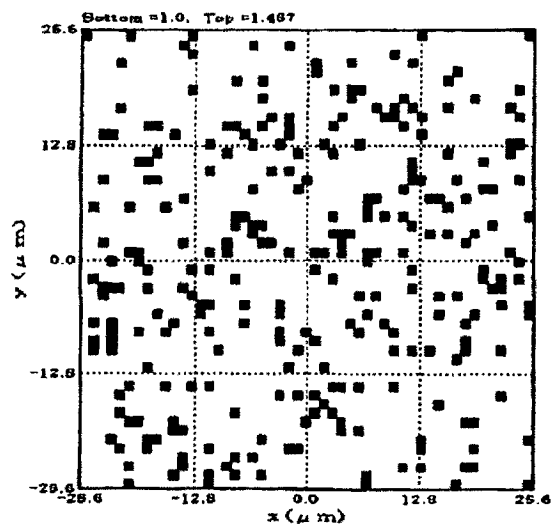


图 7(d)

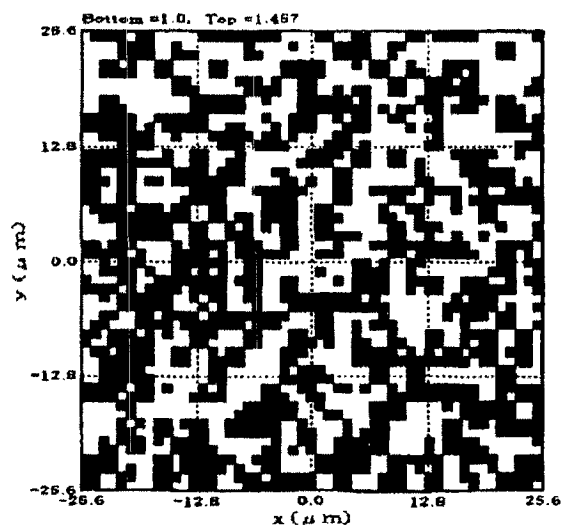


图 7(e)

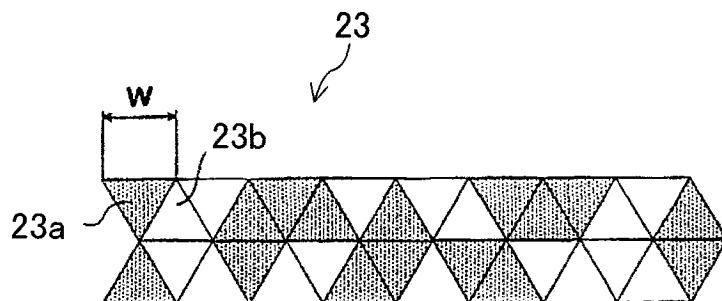


图 8(a)

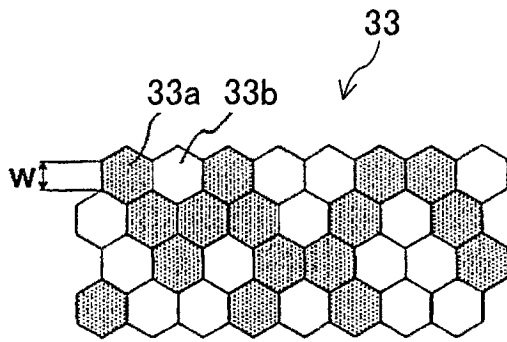


图 8(b)

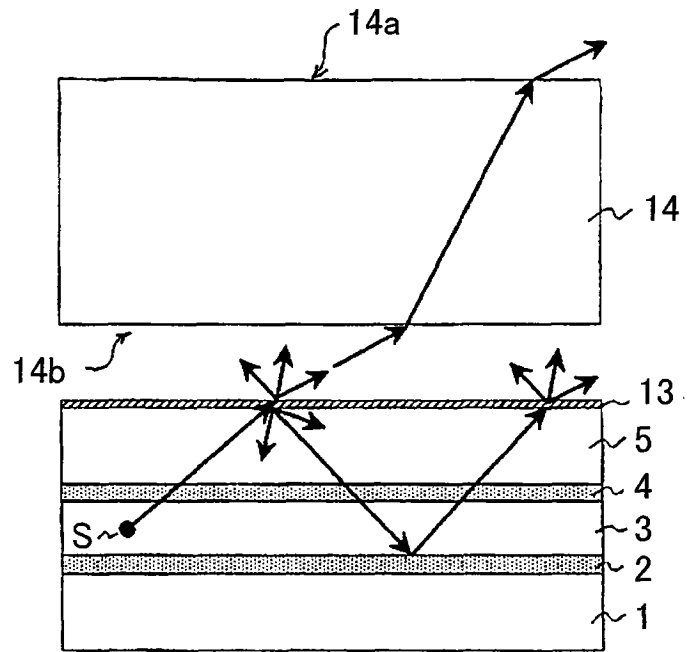


图 9(a)

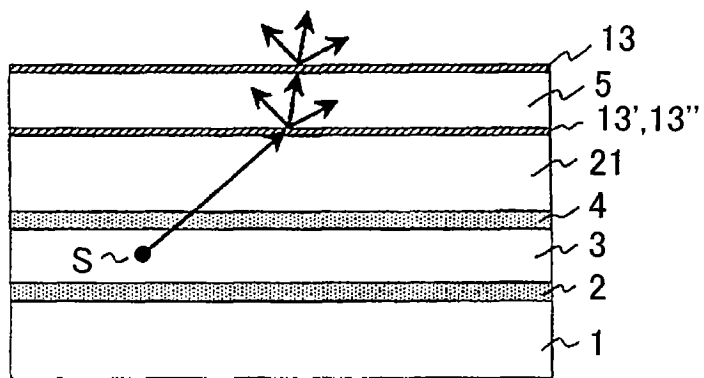


图 9(b)

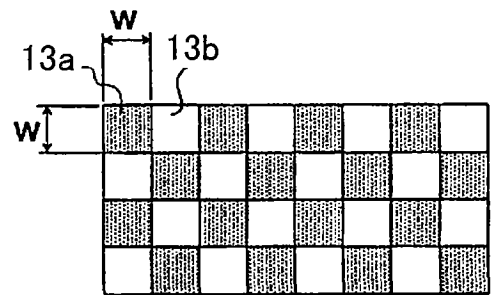


图 10

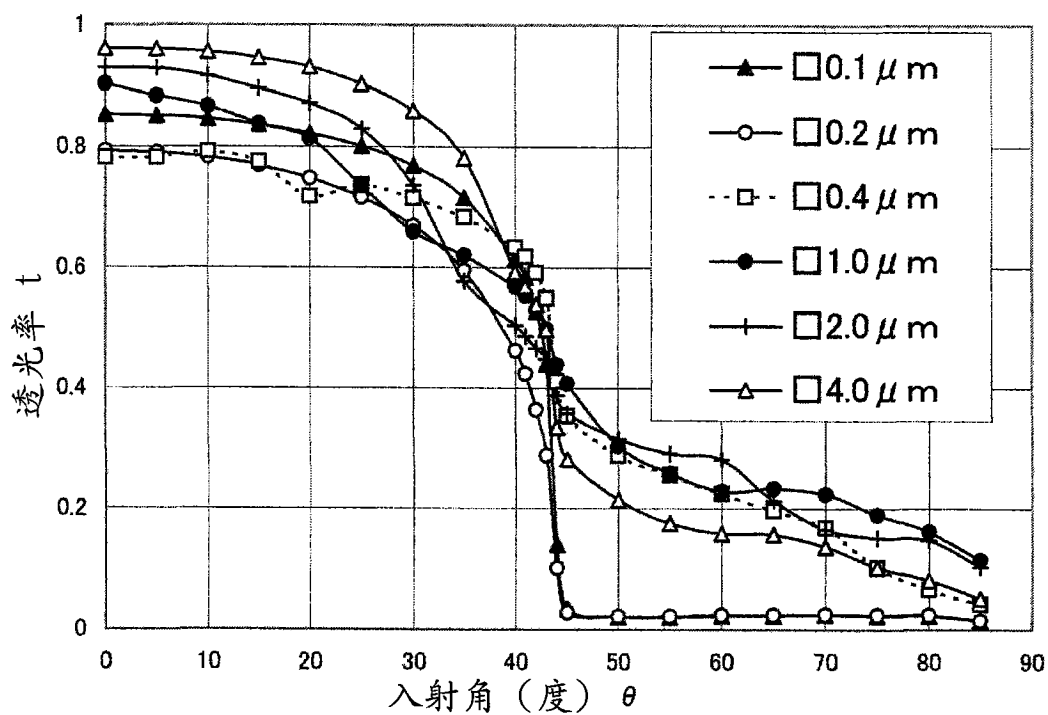


图 11

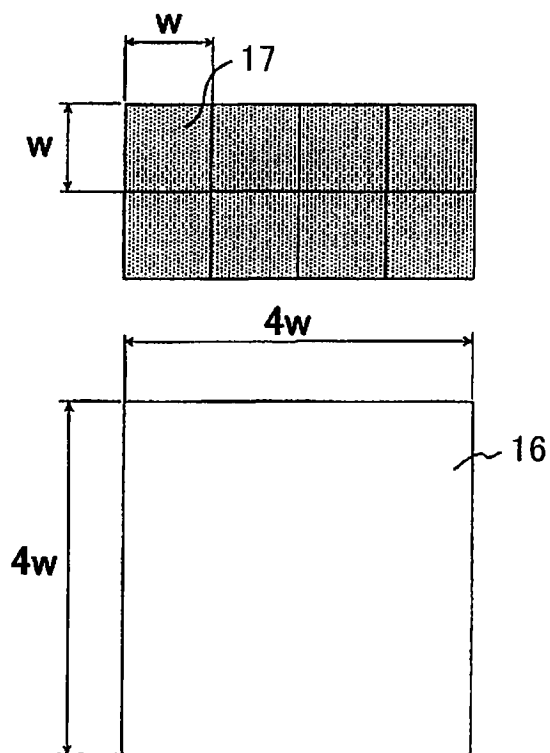


图 12(a)

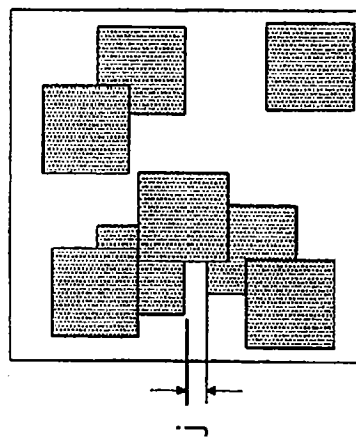


图 12(b)

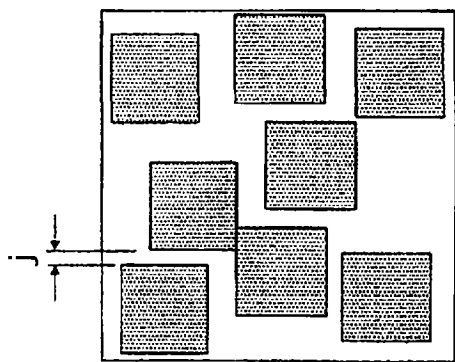


图 12(c)

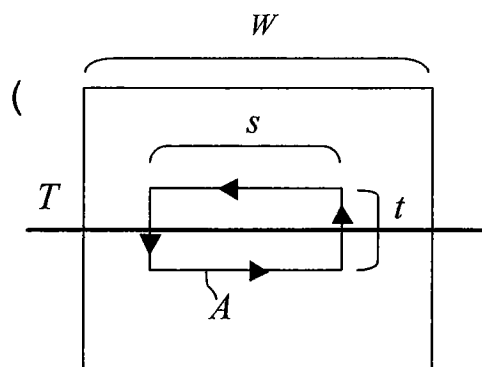


图 13(a)

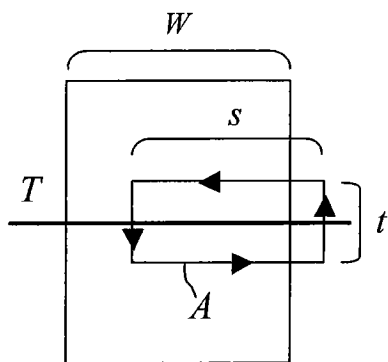


图 13(b)

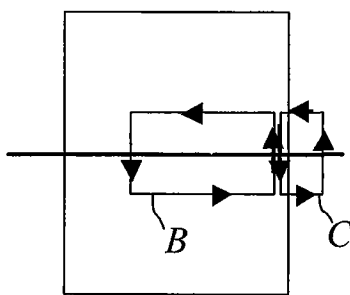


图 13(c)

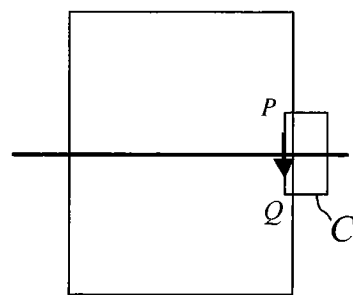


图 13(d)

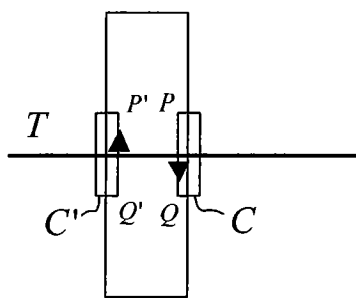


图 13(e)

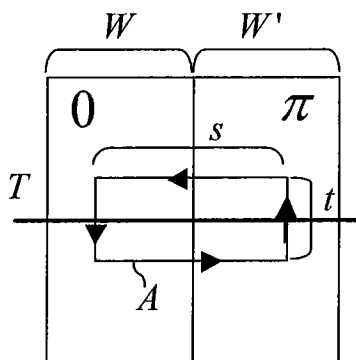


图 13(f)

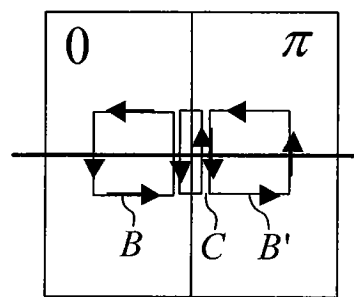


图 13(g)

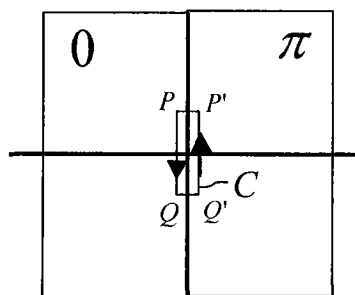


图 13(h)

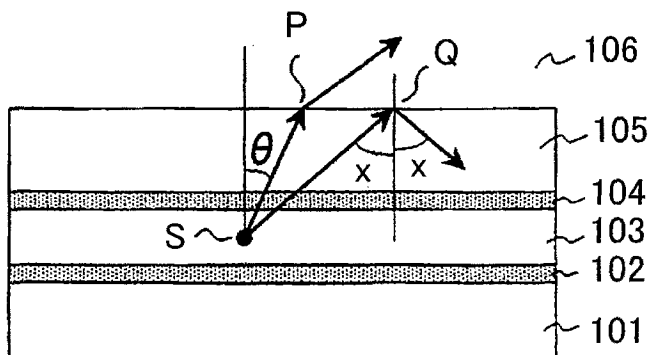


图 14

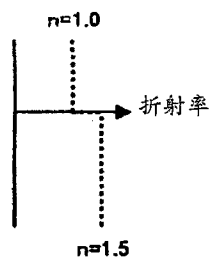


图 15(a)

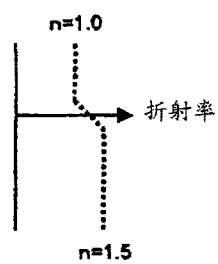


图 15(b)

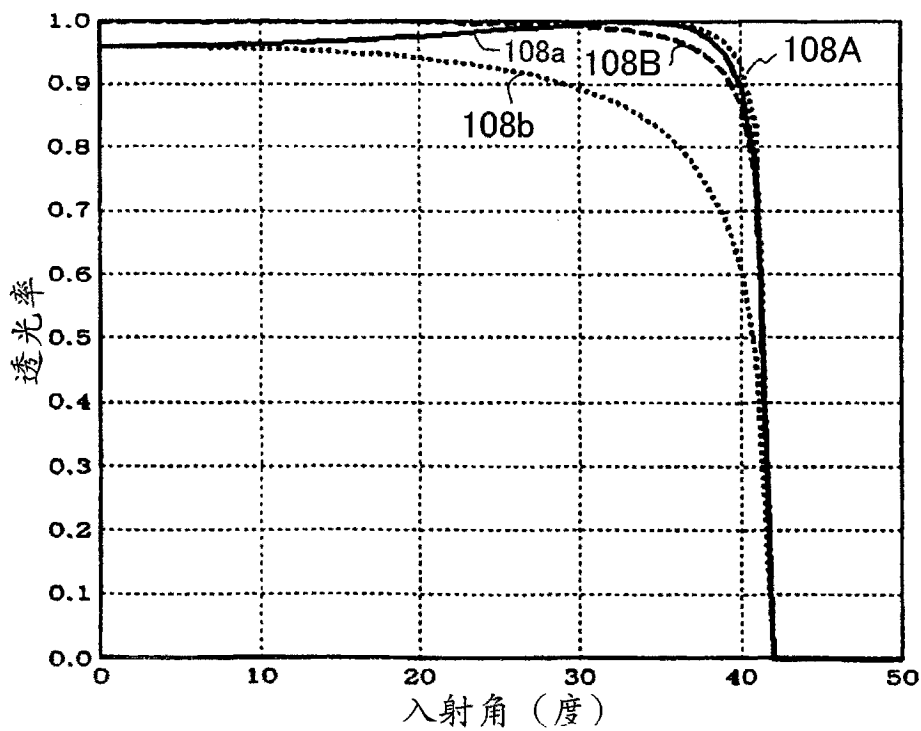


图 15(c)

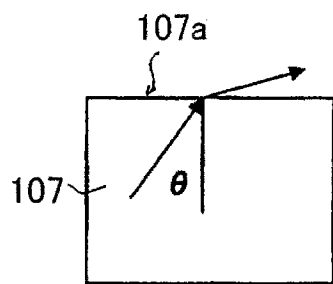


图 15(d)

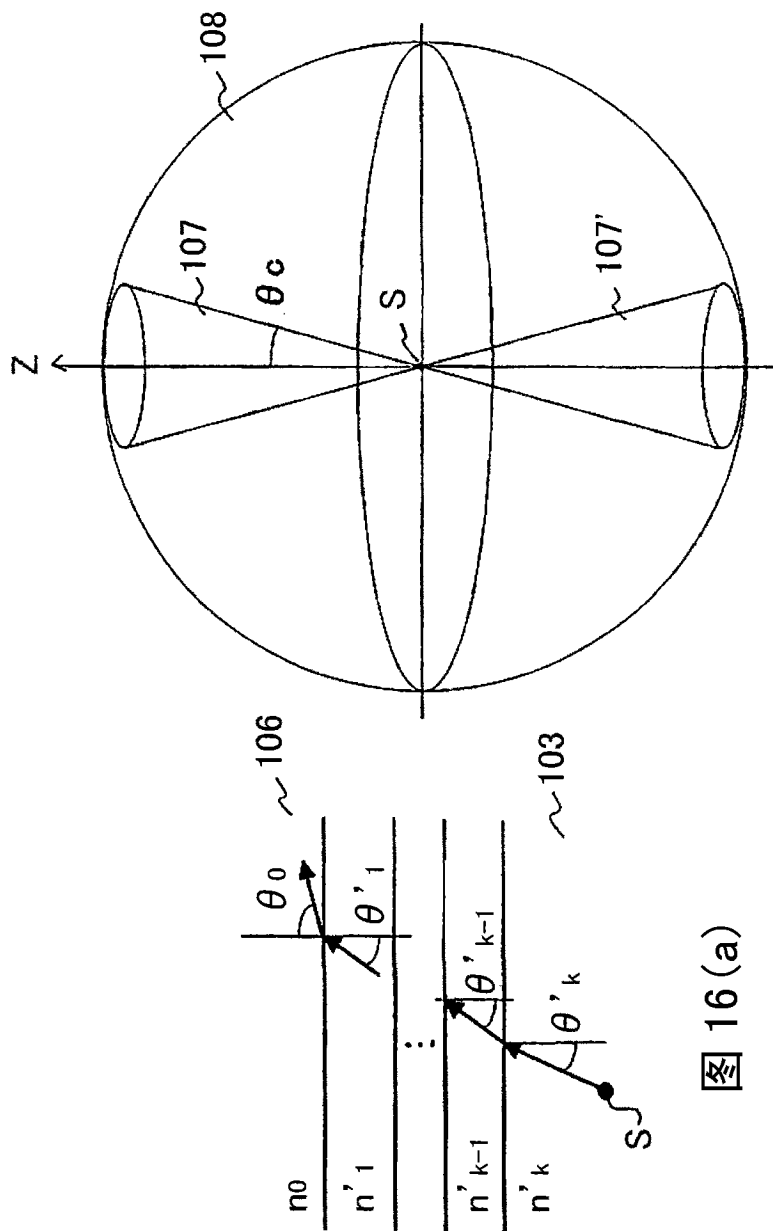


图 16(a)

图 16(b)

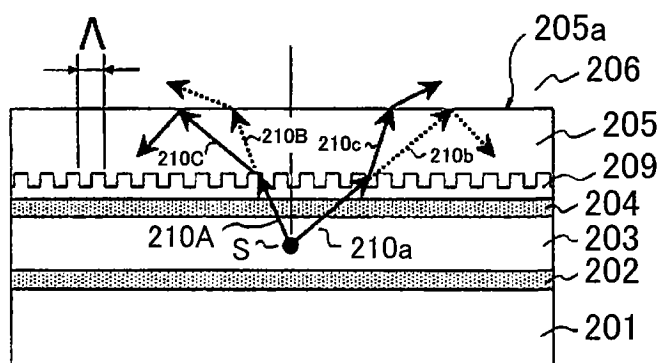


图 17(a)

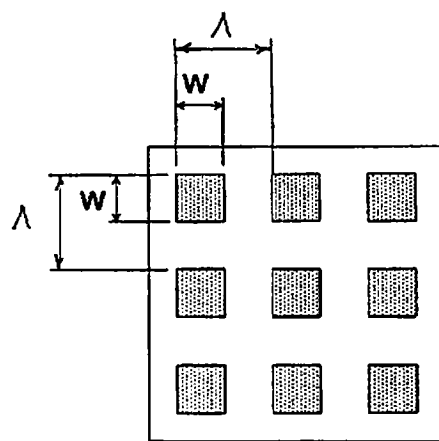


图 17(b)

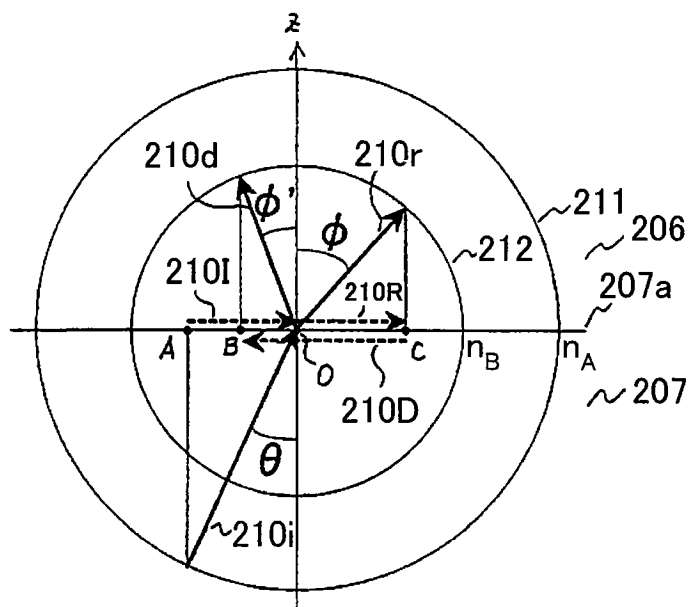


图 18

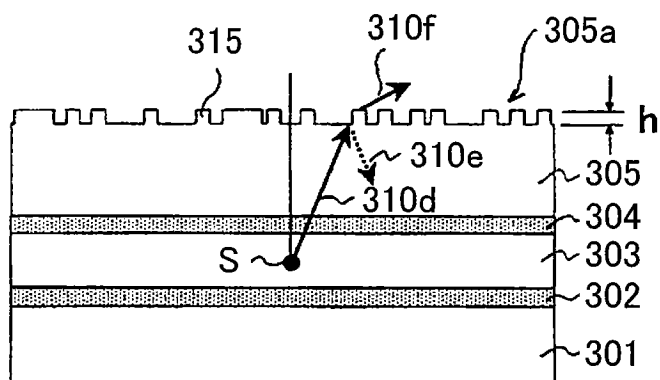


图 19(a)

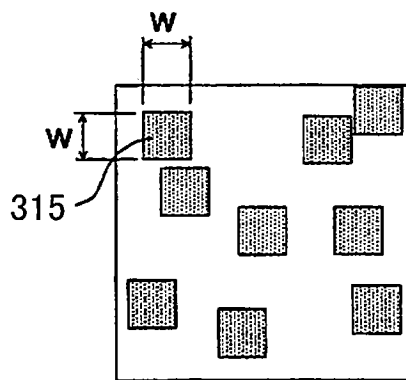


图 19(b)

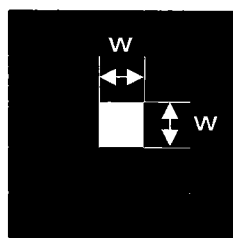


图 20(a)

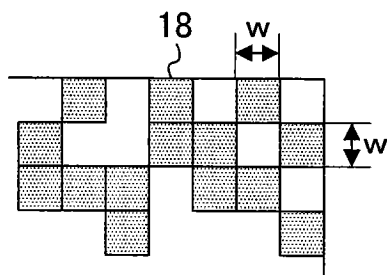


图 20(b)

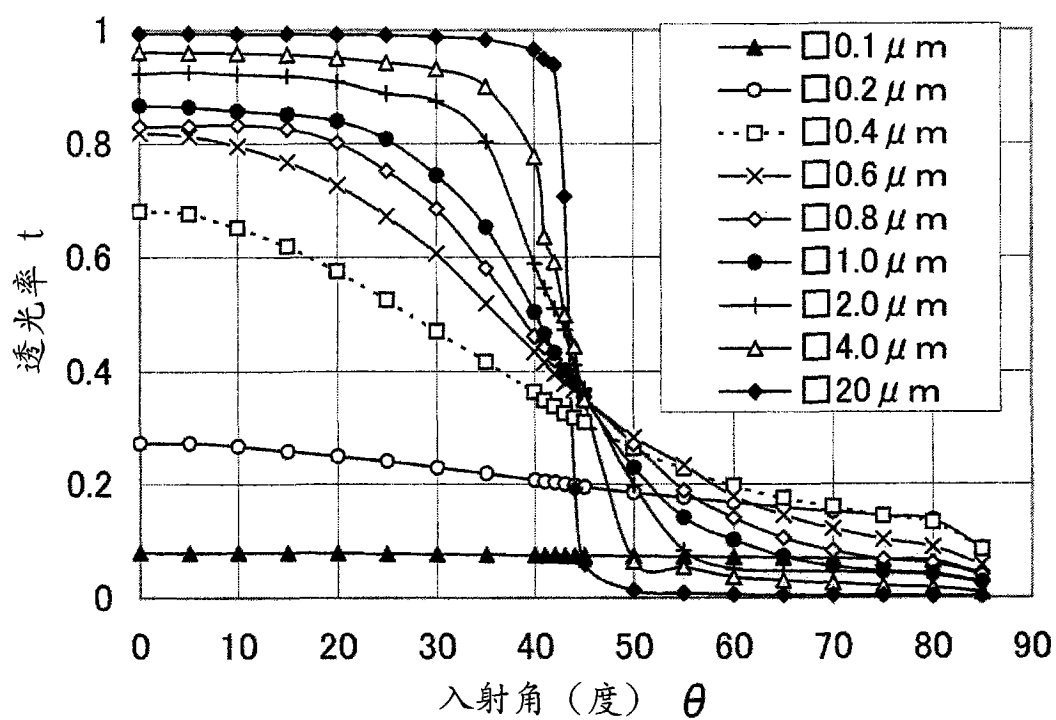


图 21

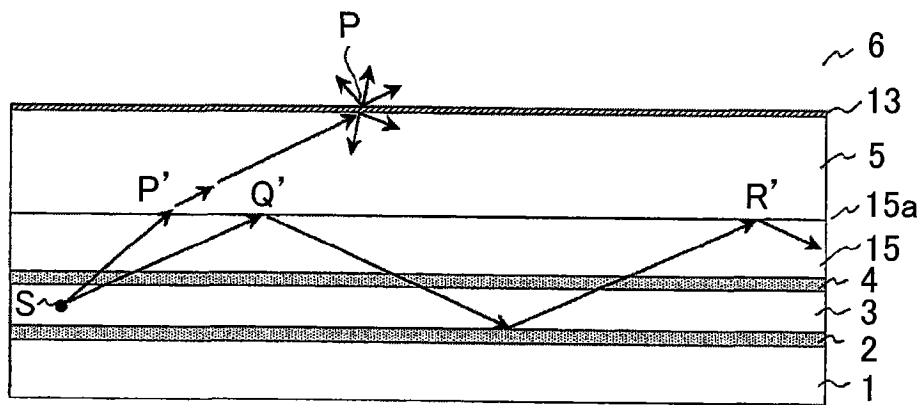


图 22

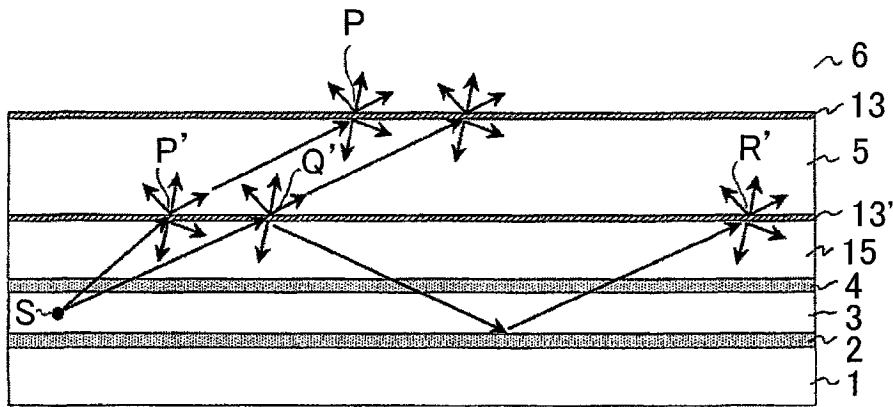


图 23

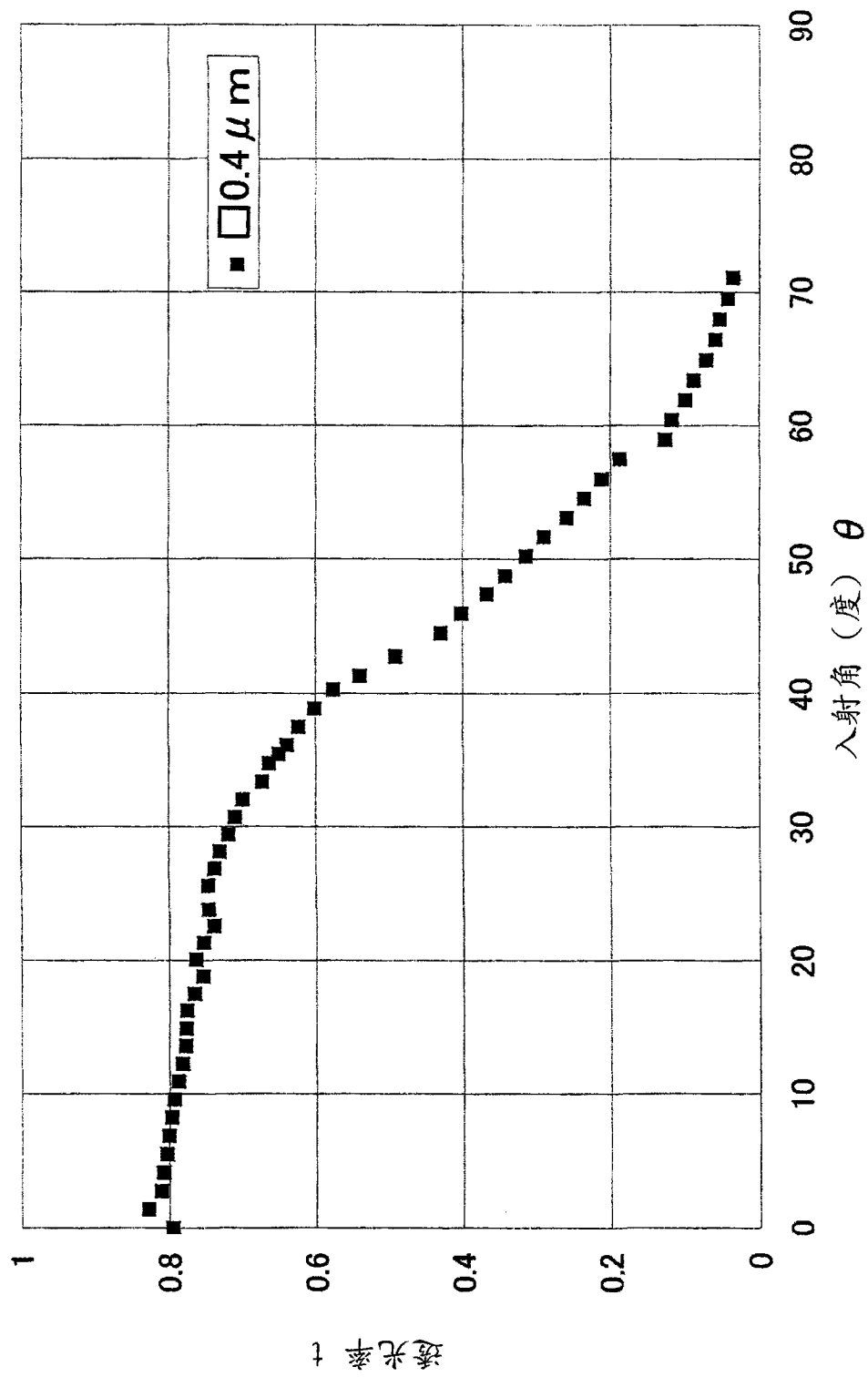


图 24

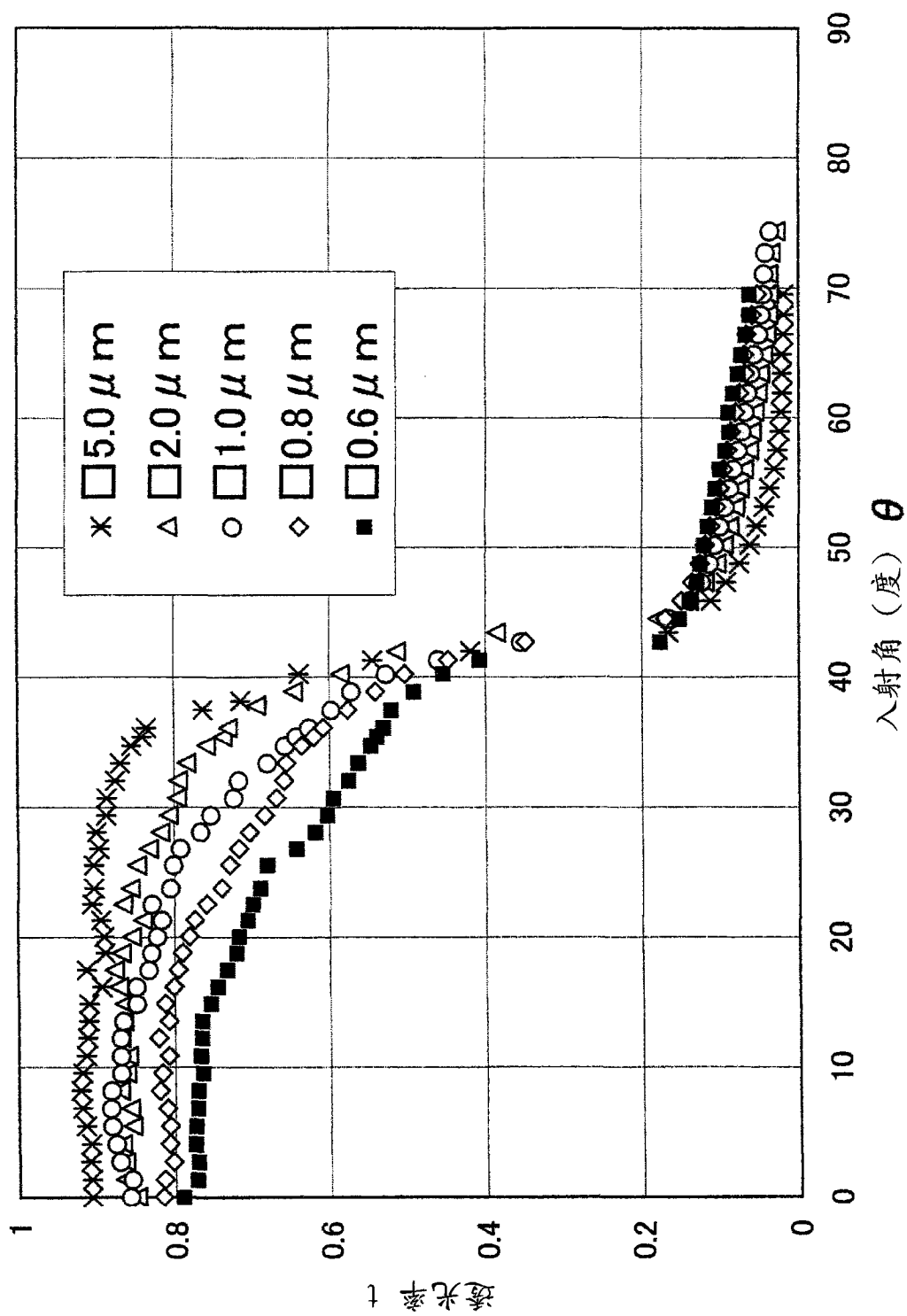


图 25

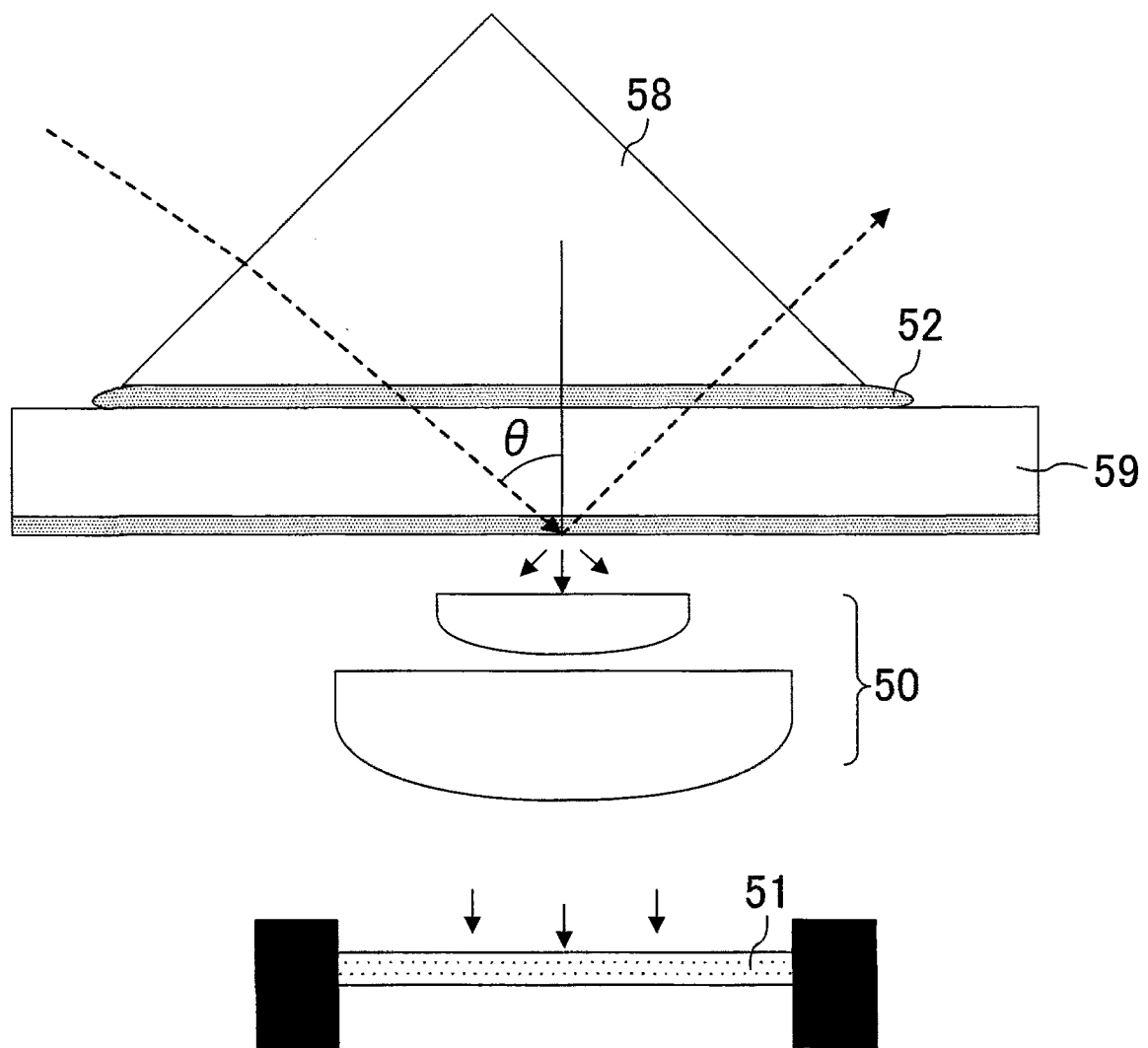


图 26

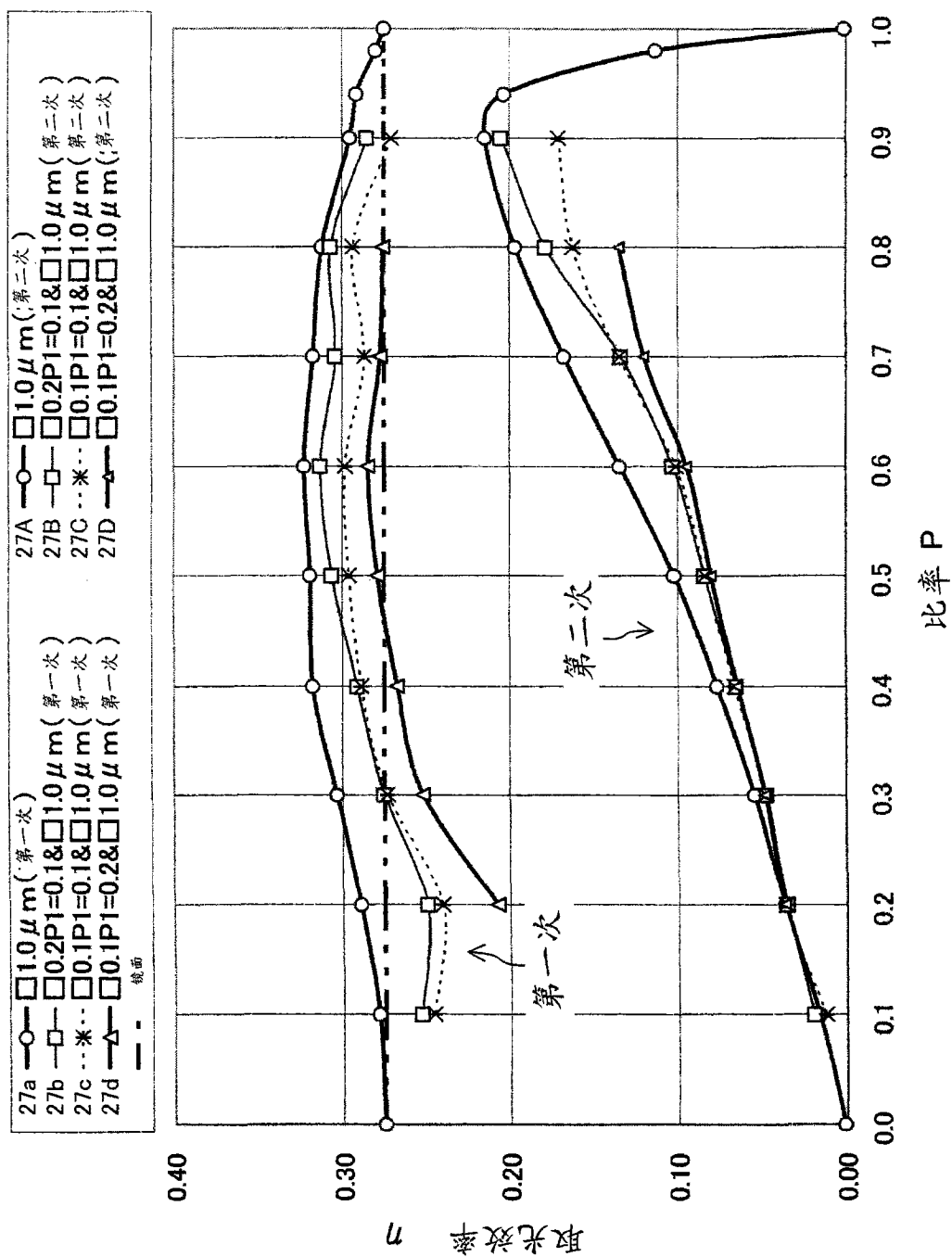


图 27

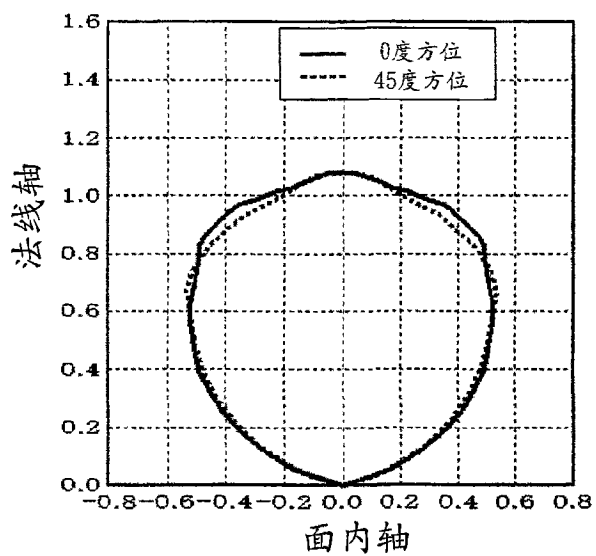


图 28(a)

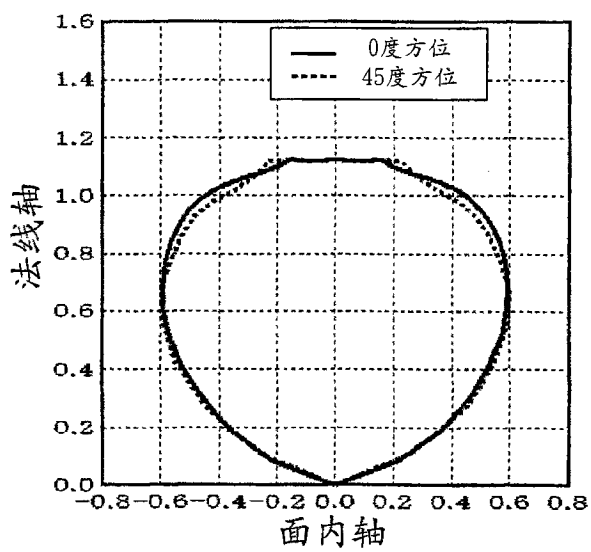


图 28(b)

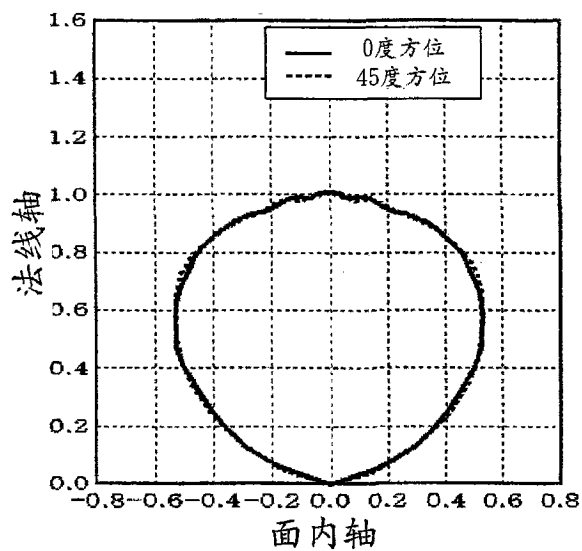


图 28(c)

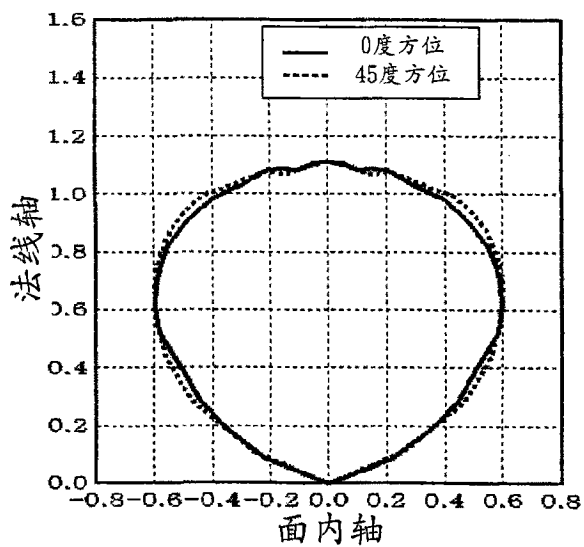


图 28(d)

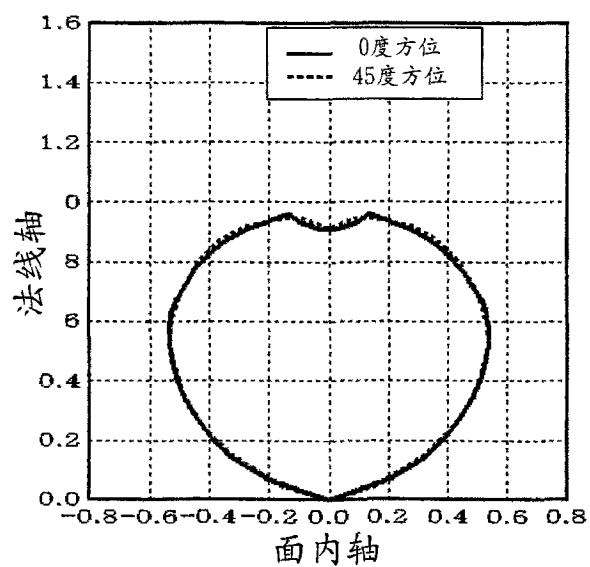


图 29(a)

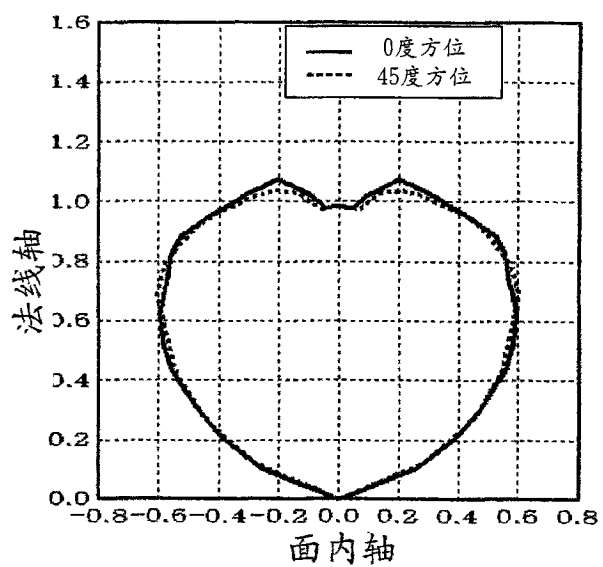


图 29(b)

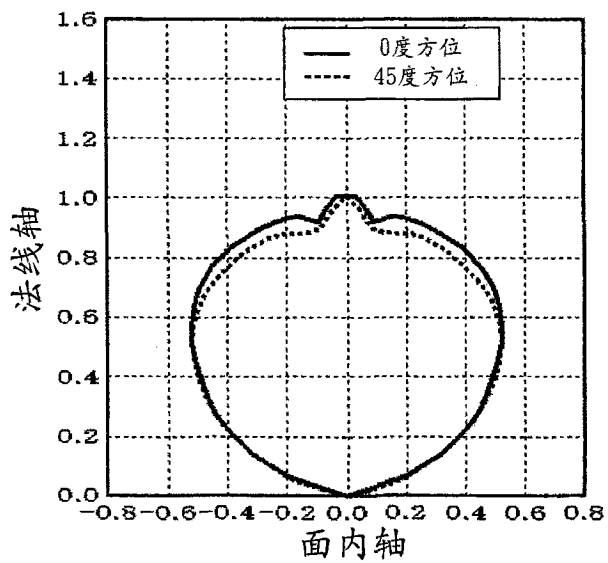


图 29(c)

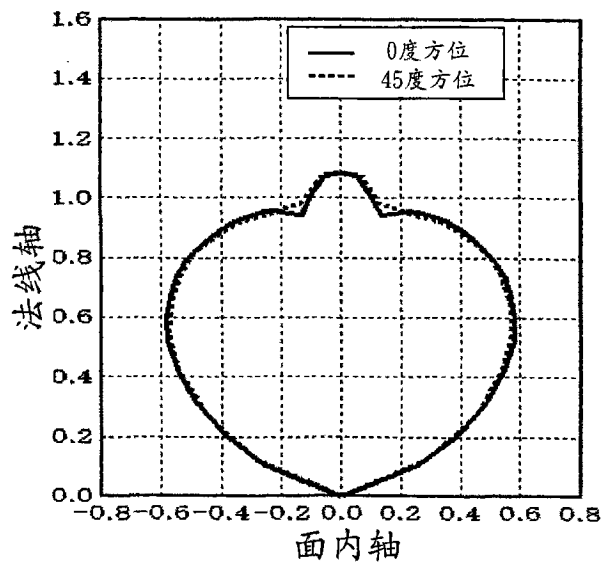


图 29(d)

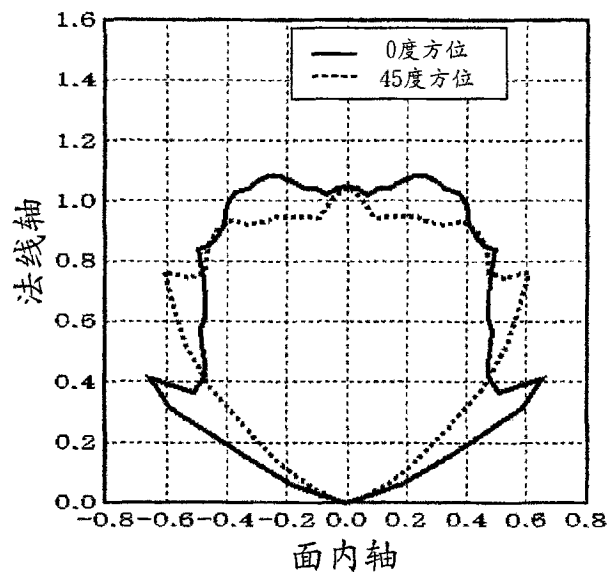


图 30(a)

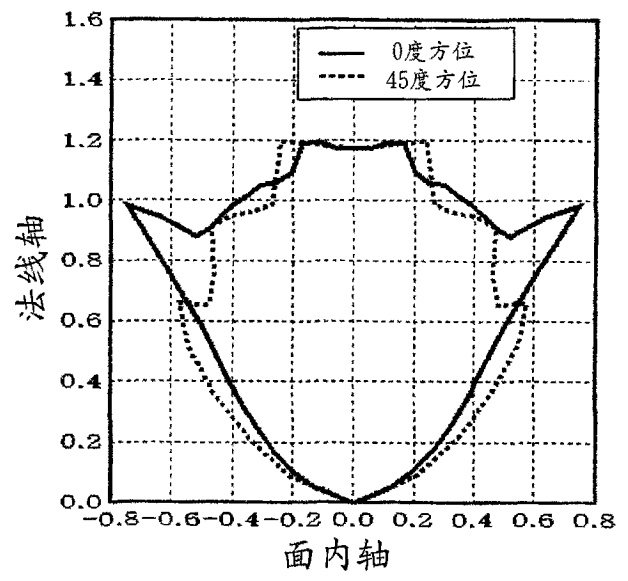


图 30(b)