(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105917477 A
(43)申请公布日 2016.08.31

(21)申请号 201580004556.0

(22)申请日 2015.02.20

(30)优先权数据
2014-037992 2014.02.28 JP
2014-154121 2014.07.29 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.07.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/000811 2015.02.20

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/129220 JA 2015.09.03

(71)申请人 松下知识产权经营株式会社
地址 日本大阪府

(72)发明人 平泽拓 稻田安寿 中村嘉孝
桥谷享 新田充 山木健之

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 陈建全

(51)Int.Cl.
H01L 33/22(2010.01)
G02B 5/18(2006.01)
G02B 6/00(2006.01)

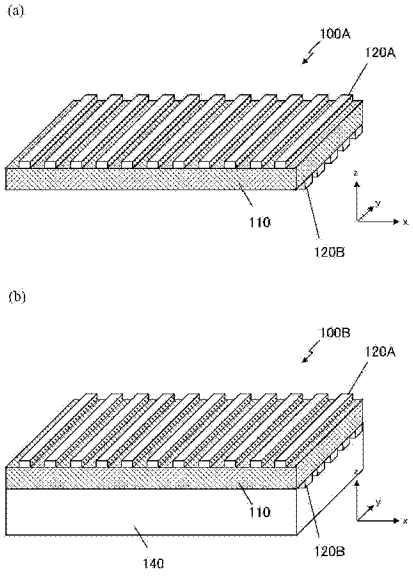
权利要求书3页 说明书29页 附图27页

(54)发明名称

发光器件以及发光装置

(57)摘要

本发明的发光器件具有光致发光层、透光层和向光致发光层或透光层的面内扩散的亚微米结构。亚微米结构包含至少两个周期结构，光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，当将光致发光层对第一光和第二光的折射率分别设定为$n_{wav\ a}$和$n_{wav\ b}$、将第一周期设定为p_a，将第二周期设定为p_b时，至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav\ a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav\ b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。



CN 105917477 A

1.一种发光器件，其具有：

光致发光层；

透光层，该透光层以与所述光致发光层接近的方式配置；以及

亚微米结构，该亚微米结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的至少一者上，并向所述光致发光层或所述透光层的面内扩散，

其中，所述亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

所述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

当将所述光致发光层对所述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，所述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

2.根据权利要求1所述的发光器件，其中，所述第一光和第二光的波长λ_a和λ_b相等，并且所述第一周期p_a和所述第二周期p_b互相相等，而且所述第一周期结构和所述第二周期结构的具有周期性的方向互相不同。

3.根据权利要求1所述的发光器件，其中，所述第一周期p_a和所述第二周期p_b互相不同，并且所述第一周期结构和所述第二周期结构的具有周期性的方向相同。

4.根据权利要求1～3中任一项所述的发光器件，其中，所述第一周期结构和所述第二周期结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的所述至少一者的同一面。

5.根据权利要求1～3中任一项所述的发光器件，其中，所述第一周期结构和所述第二周期结构中的一者形成在所述光致发光层的上表面，另一者形成在所述光致发光层的下表面。

6.根据权利要求1～3中任一项所述的发光器件，其还具有以与所述光致发光层的下表面接触的方式形成的其他光致发光层，

其中，所述第一周期结构和所述第二周期结构中的一者形成在所述光致发光层的上表面，另一者形成在所述其他光致发光层的下表面。

7.根据权利要求1～3中任一项所述的发光器件，其还具有以与所述光致发光层的下表面接触的方式形成的其他光致发光层，

其中，所述第一周期结构和所述第二周期结构中的一者形成在所述光致发光层的上表面，另一者形成在所述其他光致发光层的上表面。

8.根据权利要求1～3中任一项所述的发光器件，其还具有支撑所述光致发光层的基板以及形成在所述基板的下表面的其他光致发光层，

其中，所述第一周期结构和所述第二周期结构中的一者形成在所述基板的上表面，另一者形成在所述基板的所述下表面。

9.一种发光器件，其具有：

光致发光层；

透光层，该透光层以与所述光致发光层接近的方式配置；

亚微米结构，该亚微米结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的至少一者上，并向所述光致发光层或所述透光层的面内扩散，

其中，所述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，通过对由所述多个凸部或所述多个

凹部形成的二维图案进行傅里叶变换而得到的空间频率的强度分布具有至少两个由存在于相对于中心点点对称的位置处的两个点构成的对，

所述至少两个对包含从所述中心点到所述两个点的距离为$1/p_a$的对和从所述中心点到所述两个点的距离为$1/p_b$的对，

所述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

当将所述光致发光层对所述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$和$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系。

10.根据权利要求9所述的发光器件，其中，所述至少两个对包含距中心的距离相同的两个对。

11.根据权利要求9或10所述的发光器件，其中，所述至少两个对包含距中心的距离互相不同的两个对。

12.根据权利要求9～11中任一项所述的发光器件，其中，所述亚微米结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的所述至少一者的同一面。

13.一种发光器件，其具有：

透光层；

亚微米结构，该亚微米结构形成在所述透光层上，并向所述透光层的面内扩散；以及

光致发光层，该光致发光层以与所述亚微米结构接近的方式配置，

其中，所述亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

所述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

当将所述光致发光层对所述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，所述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

14.一种发光器件，其具有：

光致发光层；

透光层，该透光层具有比所述光致发光层高的折射率；以及

亚微米结构，该亚微米结构形成在所述透光层上，并向所述透光层的面内扩散，

其中，所述亚微米结构包含分别由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

所述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

当将所述光致发光层对所述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，所述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

15.根据权利要求1～14中任一项所述的发光器件，其中，所述光致发光层与所述透光层互相接触。

16.一种发光器件，其具有：

光致发光层；以及

亚微米结构，该亚微米结构形成在所述光致发光层上，并向所述光致发光层的面内扩

散，

其中，所述亚微米结构包含分别由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

所述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

当将所述光致发光层对所述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，所述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

17.根据权利要求1～16中任一项所述的发光器件，其中，所述亚微米结构包含所述多个凸部和所述多个凹部这两者。

18.一种发光装置，其具备权利要求1～17中任一项所述的发光器件和向所述光致发光层照射激发光的激发光源。

发光器件以及发光装置

技术领域

[0001] 本申请涉及发光器件以及发光装置，特别涉及具有光致发光层的发光器件以及发光装置。

背景技术

[0002] 对于照明器具、显示器、投影仪之类的光学设备而言，在多种用途中需要向所需的方向射出光。荧光灯、白色LED等所使用的光致发光材料各向同性地发光。因此，为了使光仅向特定方向射出，这种材料与反射器、透镜等光学部件一起使用。例如，专利文献1公开了使用布光板和辅助反射板来确保指向性的照明系统。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1：日本特开2010-231941号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的问题

[0007] 在光学设备中，当配置反射器、透镜等光学部件时，需要增大光学设备自身的尺寸来确保它们的空间，优选不用这些光学部件，或者至少使它们小型化。

[0008] 本申请提供能够对光致发光层的发光效率、指向性或偏振特性进行控制的具有新型结构的发光器件以及具备该发光器件的发光装置。

[0009] 用于解决问题的手段

[0010] 本申请的方案具有：光致发光层；透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，其中，上述亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，上述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

[0011] 上述总的方案或具体的方案可以通过器件、装置、系统、方法或它们的任意组合来实现。

[0012] 发明效果

[0013] 本申请的某些实施方式的发光器件以及发光装置具有新型构成，能够根据新的机理对亮度、指向性或偏振特性进行控制。

附图说明

[0014] 图1A是表示某个实施方式的发光器件的构成的立体图。

[0015] 图1B是图1A所示的发光器件的局部剖视图。

[0016] 图1C是表示另一个实施方式的发光器件的构成的立体图。

[0017] 图1D是图1C所示的发光器件的局部剖视图。

[0018] 图2是表示分别改变发光波长和周期结构的高度来计算向正面方向射出的光的增强度的结果的图。

[0019] 图3是图示式(10)中的m＝1和m＝3的条件的图表。

[0020] 图4是表示改变发光波长和光致发光层的厚度t来计算向正面方向输出的光的增强度的结果的图。

[0021] 图5A是表示厚度t＝238nm时计算向x方向导波(引导光(to guide light))的模式的电场分布的结果的图。

[0022] 图5B是表示厚度t＝539nm时计算向x方向导波的模式的电场分布的结果的图。

[0023] 图5C是表示厚度t＝300nm时计算向x方向导波的模式的电场分布的结果的图。

[0024] 图6是表示以与图2的计算相同的条件就光的偏振为具有与y方向垂直的电场成分的TE模式时计算光的增强度的结果的图。

[0025] 图7A是表示二维周期结构的例子的俯视图。

[0026] 图7B是表示就二维周期结构进行与图2相同的计算的结果的图。

[0027] 图8是表示改变发光波长和周期结构的折射率来计算向正面方向输出的光的增强度的结果的图。

[0028] 图9是表示以与图8相同的条件将光致发光层的膜厚设定为1000nm时的结果的图。

[0029] 图10是表示改变发光波长和周期结构的高度来计算向正面方向输出的光的增强度的结果的图。

[0030] 图11是表示以与图10相同的条件将周期结构的折射率设定为n_p＝2.0时的计算结果的图。

[0031] 图12是表示设定为光的偏振为具有与y方向垂直的电场成分的TE模式来进行与图9所示的计算相同的计算的结果的图。

[0032] 图13是表示以与图9所示的计算相同的条件将光致发光层的折射率n_{wav}变更为1.5时的结果的图。

[0033] 图14是表示在折射率为1.5的透明基板之上设置有与图2所示的计算相同的条件的光致发光层和周期结构时的计算结果的图。

[0034] 图15是图示式(15)的条件的图表。

[0035] 图16是表示具备图1A、1B所示的发光器件100和使激发光射入光致发光层110的光源180的发光装置200的构成例的图。

[0036] 图17是用于说明通过使激发光与模拟导波模式结合来高效地射出光的构成的图；(a)表示具有x方向的周期p_x的一维周期结构；(b)表示具有x方向的周期p_x、y方向的周期p_y的二维周期结构；(c)表示(a)的构成中的光的吸收率的波长依赖性；(d)表示(b)的构成中的光的吸收率的波长依赖性。

[0037] 图18A是表示二维周期结构的一个例子的图。

[0038] 图18B是表示二维周期结构的另一个例子的图。

[0039] 图19A是表示在透明基板上形成了周期结构的变形例的图。

[0040] 图19B是表示在透明基板上形成了周期结构的另一个变形例的图。

[0041] 图19C是表示在图19A的构成中改变发光波长和周期结构的周期来计算向正面方向输出的光的增强度的结果的图。

[0042] 图20是表示混合了多个粉末状发光器件的构成的图。

[0043] 图21是表示在光致发光层之上二维地排列周期不同的多个周期结构的例子的俯视图。

[0044] 图22是表示具有表面上形成有凹凸结构的多个光致发光层110层叠而成的结构的发光器件的一个例子的图。

[0045] 图23是表示在光致发光层110与周期结构120之间设置了保护层150的构成例的剖视图。

[0046] 图24是表示通过仅加工光致发光层110的一部分来形成周期结构120的例子的图。

[0047] 图25是表示形成在具有周期结构的玻璃基板上的光致发光层的截面TEM图像的图。

[0048] 图26是表示测定试制的发光器件的出射光的正面方向的光谱的结果的图表。

[0049] 图27(a)和(b)是表示测定试制的发光器件的出射光的角度依赖性的结果(上段)以及计算结果(下段)的图表。

[0050] 图28(a)和(b)是表示测定试制的发光器件的出射光的角度依赖性的结果(上段)以及计算结果(下段)的图表。

[0051] 图29是表示测定试制的发光器件的出射光(波长610nm)的角度依赖性的结果的图表。

[0052] 图30是示意性地表示平板型波导的一个例子的立体图。

[0053] 图31(a)是发光器件100A的立体示意图;(b)是发光器件100B的立体示意图。

[0054] 图32(a)是表示二维周期结构的四方点阵图案的俯视图;(b)是表示二维周期结构的格子图案(方格图案)的俯视图;(c)是表示通过对(a)的图案进行傅里叶变换而得到的空间频率的强度(振幅的绝对值的二次方)分布的图。

[0055] 图33(a)是表示包含具有周期性的方向互相不同的多个周期结构的二维周期结构的图案的俯视图;(b)是表示通过对(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率的强度分布的图;(c)是表示具备具有(a)所示的图案的透光层(周期结构)120的发光器件100C的立体示意图。

[0056] 图34(a)和(b)分别是表示具备具有周期性的方向互相不同的多个周期结构的二维周期结构的图案的俯视图。

[0057] 图35(a)是表示由图34(a)和(b)所示的图案的逻辑和(也称为逻辑与)得到的图案的俯视图;图35(b)是表示通过对(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率的强度分布的图。

[0058] 图36(a)～(e)是示意性地表示具有多个周期结构的发光器件100D～100H的结构的剖视图。

[0059] 图37(a)是表示包含周期互相不同的多个周期结构的二维周期结构的图案的俯视图;(b)是表示通过对(a)的图案进行傅里叶变换而得到的空间频率的强度分布的图。

具体实施方式

[0060] 本申请包括以下项目所述的发光器件以及发光装置。

[0061] [项目1]

[0062] 一种发光器件，其具有：

[0063] 光致发光层；

[0064] 透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及

[0065] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，

[0066] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0067] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光，

[0068] 当将相邻的凸部之间或凹部之间的距离设定为D_{int}、将上述光致发光层对上述第一光的折射率设定为n_{wav-a}时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系。

[0069] [项目2]

[0070] 根据项目1所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，上述至少一个周期结构包含当将周期设定为p_a时成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构。

[0071] [项目3]

[0072] 根据项目1或2所述的发光器件，其中，上述透光层对上述第一光的折射率n_{t-a}小于上述光致发光层对上述第一光的折射率n_{wav-a}。

[0073] [项目4]

[0074] 根据项目1～3中任一项所述的发光器件，其中，上述第一光在由上述亚微米结构预先确定的第一方向上强度最大。

[0075] [项目5]

[0076] 根据项目4所述的发光器件，其中，上述第一方向为上述光致发光层的法线方向。

[0077] [项目6]

[0078] 根据项目4或5所述的发光器件，其中，向上述第一方向射出的上述第一光为直线偏振光。

[0079] [项目7]

[0080] 根据项目4～6中任一项所述的发光器件，其中，以上述第一光的上述第一方向为基准时的指向角小于15°。

[0081] [项目8]

[0082] 根据项目4～7中任一项所述的发光器件，其中，具有与上述第一光的波长λ_a不同的波长λ_b的第二光在与上述第一方向不同的第二方向上强度最大。

[0083] [项目9]

[0084] 根据项目1～8中任一项所述的发光器件，其中，上述透光层具有上述亚微米结构。

[0085] [项目10]

[0086] 根据项目1～9中任一项所述的发光器件，其中，上述光致发光层具有上述亚微米结构。

[0087] [项目11]

[0088] 根据项目1～8中任一项所述的发光器件，其中，上述光致发光层具有平坦的主面，

[0089] 上述透光层形成在上述光致发光层的上述平坦的主面上，并且具有上述亚微米结构。

[0090] [项目12]

[0091] 根据项目11所述的发光器件，其中，上述光致发光层被透明基板支撑。

[0092] [项目13]

[0093] 根据项目1～8中任一项所述的发光器件，其中，上述透光层为在一个主面上具有上述亚微米结构的透明基板，

[0094] 上述光致发光层被形成在上述亚微米结构之上。

[0095] [项目14]

[0096] 根据项目1或2所述的发光器件，其中，上述透光层对上述第一光的折射率n_{t-a}为上述光致发光层对上述第一光的折射率n_{wav-a}以上，上述亚微米结构所具有的上述多个凸部的高度或上述多个凹部的深度为150nm以下。

[0097] [项目15]

[0098] 根据项目1和3～14中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，上述至少一个周期结构包含当将周期设定为p_a时成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构，

[0099] 上述第一周期结构为一维周期结构。

[0100] [项目16]

[0101] 根据项目15所述的发光器件，其中，上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为与λ_a不同的λ_b的第二光，

[0102] 在将上述光致发光层对上述第二光上述第二光的折射率设定为n_{wav-b}的情况下，上述至少一个周期结构还包含当将周期设定为p_b时成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构，

[0103] 上述第二周期结构为一维周期结构。

[0104] [项目17]

[0105] 根据项目1和3～14中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少两个周期结构，上述至少两个周期结构包含在互相不同的方向具有周期性的二维周期结构。

[0106] [项目18]

[0107] 根据项目1和3～14中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的多个周期结构，

[0108] 上述多个周期结构包含以矩阵状排列而成的多个周期结构。

[0109] [项目19]

[0110] 根据项目1和3～14中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的多个周期结构，

[0111] 当将上述光致发光层所具有的光致发光材料的激发光在空气中的波长设定为λ_{ex}、将上述光致发光层对上述激发光的折射率设定为n_{wav-ex}时，上述多个周期结构包含周期p_{ex}

成立$\lambda_{ex}/n_{wav-ex}<p_{ex}<\lambda_{ex}$的关系的周期结构。

[0112] [项目20]

[0113] 一种发光器件，其具有多个光致发光层和多个透光层，

[0114] 其中，上述多个光致发光层中的至少两个和上述多个透光层中的至少两个各自独立地分别相当于项目1～19中任一项所述的上述光致发光层和上述透光层。

[0115] [项目21]

[0116] 根据项目20所述的发光器件，其中，上述多个光致发光层与上述多个透光层层叠。

[0117] [项目22]

[0118] 一种发光器件，其具有：

[0119] 光致发光层；

[0120] 透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及

[0121] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，

[0122] 上述发光器件射出在上述光致发光层和上述透光层的内部形成模拟导波模式的光。

[0123] [项目23]

[0124] 一种发光器件，其具备：

[0125] 光能够导波的导波层；以及

[0126] 周期结构，该周期结构以与上述导波层接近的方式配置，

[0127] 其中，上述导波层具有光致发光材料，

[0128] 在上述导波层中，由上述光致发光材料发出的光存在一边与上述周期结构作用一边导波的模拟导波模式。

[0129] [项目24]

[0130] 一种发光器件，其具有：

[0131] 光致发光层；

[0132] 透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及

[0133] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，

[0134] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0135] 当将相邻的凸部之间或凹部之间的距离设定为D_{int}、将上述光致发光层所具有的光致发光材料的激发光在空气中的波长设定为λ_{ex}、将在到达上述光致发光层或上述透光层的光路中所存在的介质之中折射率最大的介质对上述激发光的折射率设定为n_{wav-ex}时，成立$\lambda_{ex}/n_{wav-ex}<D_{int}<\lambda_{ex}$的关系。

[0136] [项目25]

[0137] 根据项目24所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，上述至少一个周期结构包含当将周期设定为p_{ex}时成立$\lambda_{ex}/n_{wav-ex}<p_{ex}<\lambda_{ex}$的关系的第一周期结构。

[0138] [项目26]

[0139] 一种发光器件，其具有：

[0140] 透光层；

[0141] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述透光层上，并向上述透光层的面内扩散；以及

[0142] 光致发光层，该光致发光层以与上述亚微米结构接近的方式配置，

[0143] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0144] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光，

[0145] 上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，

[0146] 当将上述光致发光层对上述第一光的折射率设定为n_{wav-a}、将上述至少一个周期结构的周期设定为p_a时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。

[0147] [项目27]

[0148] 一种发光器件，其具有：

[0149] 光致发光层；

[0150] 透光层，该透光层具有比上述光致发光层高的折射率；以及

[0151] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述透光层上，并向上述透光层的面内扩散，

[0152] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0153] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光，

[0154] 上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，

[0155] 当将上述光致发光层对上述第一光的折射率设定为n_{wav-a}、将上述至少一个周期结构的周期设定为p_a时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。

[0156] [项目28]

[0157] 一种发光器件，其具有：

[0158] 光致发光层；以及

[0159] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层上，并向上述光致发光层的面内扩散，

[0160] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0161] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光，

[0162] 上述亚微米结构包含由上述多个凸部或上述多个凹部形成的至少一个周期结构，

[0163] 当将上述光致发光层对上述第一光的折射率设定为n_{wav-a}、将上述至少一个周期结构的周期设定为p_a时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。

[0164] [项目29]

[0165] 根据项目1～21和24～28中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含上述多个凸部和上述多个凹部这两者。

[0166] [项目30]

[0167] 根据项目1～22和24～27中任一项所述的发光器件，其中，上述光致发光层与上述透光层互相接触。

[0168] [项目31]

[0169] 根据项目23所述的发光器件，其中，上述导波层与上述周期结构互相接触。

[0170] [项目32]

[0171] 一种发光装置，其具备项目1～31中任一项所述的发光器件和向上述光致发光层

照射激发光的激发光源。

[0172] [项目33]

[0173] 一种发光器件，其具有：

[0174] 光致发光层；

[0175] 透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及

[0176] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，

[0177] 其中，上述亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

[0178] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

[0179] 当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，上述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

[0180] [项目34]

[0181] 根据项目1所述的发光器件，其中，上述第一光和第二光的波长λ_a和λ_b相等，并且上述第一周期p_a和上述第二周期p_b互相相等，而且上述第一周期结构和上述第二周期结构的具有周期性的方向互相不同。

[0182] [项目35]

[0183] 根据项目33所述的发光器件，其中，上述第一周期p_a和上述第二周期p_b互相不同，并且上述第一周期结构和上述第二周期结构的具有周期性的方向相同。

[0184] [项目36]

[0185] 根据项目33～35中任一项所述的发光器件，其中，上述第一周期结构和上述第二周期结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的上述至少一者的同一面。

[0186] [项目37]

[0187] 根据项目33～35中任一项所述的发光器件，其中，上述第一周期结构和上述第二周期结构中的一者形成在上述光致发光层的上表面，另一者形成在上述光致发光层的下表面。

[0188] [项目38]

[0189] 根据项目33～35中任一项所述的发光器件，其还具有以与上述光致发光层的下表面接触的方式形成的其他光致发光层，

[0190] 其中，上述第一周期结构和上述第二周期结构中的一者形成在上述光致发光层的上表面，另一者形成在上述其他光致发光层的下表面。

[0191] [项目39]

[0192] 根据项目33～35中任一项所述的发光器件，其还具有以与上述光致发光层的下表面接触的方式形成的其他光致发光层，

[0193] 其中，上述第一周期结构和上述第二周期结构中的一者形成在上述光致发光层的上表面，另一者形成在上述其他光致发光层的上表面。

[0194] [项目40]

[0195] 根据项目33～35中任一项所述的发光器件，其还具有支撑上述光致发光层的基板

以及形成在上述基板的下表面的其他光致发光层，

[0196] 其中，上述第一周期结构和上述第二周期结构中的一者形成在上述基板的上表面，另一者形成在上述基板的上述下表面。

[0197] [项目41]

[0198] 一种发光器件，其具有：

[0199] 光致发光层；

[0200] 透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及

[0201] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，

[0202] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，通过对由上述多个凸部或上述多个凹部形成的二维图案进行傅里叶变换而得到的空间频率的强度分布具有至少两个由存在于相对于中心点点对称的位置处的两个点构成的对，

[0203] 上述至少两个对包含从上述中心点到上述两个点的距离为$1/p_a$的对和从上述中心点到上述两个点的距离为$1/p_b$的对，

[0204] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

[0205] 当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$和$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系。

[0206] [项目42]

[0207] 根据项目41所述的发光器件，其中，上述至少两个对包含距中心的距离相同的两个对。

[0208] [项目43]

[0209] 根据项目41或42所述的发光器件，其中，上述至少两个对包含距中心的距离互相不同的两个对。

[0210] [项目44]

[0211] 根据项目41～43中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的上述至少一者的同一面。

[0212] [项目45]

[0213] 一种发光器件，其具有：

[0214] 透光层；

[0215] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述透光层上，并向上述透光层的面内扩散；以及

[0216] 光致发光层，该光致发光层以与上述亚微米结构接近的方式配置，

[0217] 其中，上述亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

[0218] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

[0219] 当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，上述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

[0220] [项目46]

[0221] 一种发光器件，其具有：

[0222] 光致发光层；

[0223] 透光层，该透光层具有比上述光致发光层高的折射率；

[0224] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述透光层上，并向上述透光层的面内扩散，

[0225] 其中，上述亚微米结构包含分别由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

[0226] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

[0227] 当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，上述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

[0228] [项目47]

[0229] 根据项目33～46中任一项所述的发光器件，其中，上述光致发光层与上述透光层互相接触。

[0230] [项目48]

[0231] 一种发光器件，其具有：

[0232] 光致发光层；以及

[0233] 亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层上，并向上述光致发光层的面内扩散，

[0234] 其中，上述亚微米结构包含分别由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构，

[0235] 上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光，

[0236] 当将上述光致发光层对上述第一光和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}、将第一周期设定为p_a、将第二周期设定为p_b时，上述至少两个周期结构包含成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。

[0237] [项目49]

[0238] 根据项目33～48中任一项所述的发光器件，其中，上述亚微米结构包含上述多个凸部和上述多个凹部这两者。

[0239] [项目50]

[0240] 一种发光装置，其具备项目33～49中任一项所述的发光器件和向上述光致发光层照射激发光的激发光源。

[0241] 本申请的实施方式的发光器件具有：光致发光层；透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；亚微米结构，该亚微米结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者上，并向上述光致发光层或上述透光层的面内扩散，其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，当将相邻的凸部之间或凹部之间的距离设定为D_{int}、上述光致发光层所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光、将上述光致发光层对上述第一光的折射率设定为n_{wav-a}时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系。波长$\lambda_a$例如在可见光的波长范围内(例如

380nm以上且780nm以下)。

[0242] 光致发光层包含光致发光材料。光致发光材料是指接受激发光而发光的材料。光致发光材料包括狭义的荧光材料和磷光材料,不仅包括无机材料,也包括有机材料(例如色素),还包括量子点(即,半导体微粒)。光致发光层除了光致发光材料以外,还可以包含基质材料(即,主体材料)。基质材料例如为玻璃、氧化物等无机材料、树脂。

[0243] 以与光致发光层接近的方式配置的透光层由对于光致发光层所发出的光透射率高的材料形成,例如由无机材料、树脂形成。透光层例如优选由电介质(特别是光的吸收少的绝缘体)形成。透光层例如可以为支撑光致发光层的基板。另外,在光致发光层的空气侧的表面具有亚微米结构的情况下,空气层可以为透光层。

[0244] 对于本申请的实施方式的发光器件而言,如后面参照计算结果和实验结果所详述的那样,由于形成在光致发光层和透光层中的至少一者上的亚微米结构(例如周期结构),在光致发光层和透光层的内部形成独特的电场分布。这是导波光与亚微米结构相互作用形成的,可以将其表示为模拟导波模式。通过利用该模拟导波模式,如以下所说明的那样,能够得到光致发光的发光效率增大、指向性提高、偏振光的选择性效果。此外,以下的说明中,有时使用模拟导波模式这一用语来对本申请的发明者们发现的新型构成和/或新的机理进行说明,但其不过是一种例示性的说明,任何意义上来说都不是要限定本申请。

[0245] 亚微米结构例如包含多个凸部,当将相邻的凸部之间的距离(即,中心间距离)设定为D_{int}时,满足$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系。亚微米结构也可以包含多个凹部来代替多个凸部。以下,为了简化起见,以亚微米结构具有多个凸部的情况进行说明。λ表示光的波长,λ_a表示空气中的光的波长。n_{wav}为光致发光层的折射率。在光致发光层为混合有多种材料的介质的情况下,将各材料的折射率以各自的体积比率加权而得到的平均折射率设定为n_{wav}。通常折射率n依赖于波长,因此优选将对λ_a的光的折射率表示为n_{wav-a},但有时为了简化起见会省略。n_{wav}基本上是光致发光层的折射率,但在与光致发光层相邻的层的折射率大于光致发光层的折射率的情况下,将该折射率大的层的折射率和光致发光层的折射率以各自的体积比率加权而得到的平均折射率设定为n_{wav}。这是因为,这种情况光学上与光致发光层由多个不同材料的层构成的情况等价。

[0246] 当将介质对模拟导波模式的光的有效折射率设定为n_{eff}时,满足$n_a<n_{eff}<n_{wav}$。这里,n_a为空气的折射率。如果认为模拟导波模式的光为在光致发光层的内部一边以入射角θ全反射一边传播的光,则有效折射率n_{eff}可写作$n_{eff}=n_{wav}\sin\theta$。另外,有效折射率$n_{eff}$由存在于模拟导波模式的电场分布的区域中的介质的折射率确定,因此例如在透光层形成了亚微米结构的情况下,不仅依赖于光致发光层的折射率,还依赖于透光层的折射率。另外,由于根据模拟导波模式的偏振方向(TE模式和TM模式)的不同,电场的分布不同,因此在TE模式和TM模式中,有效折射率n_{eff}可以不同。

[0247] 亚微米结构形成在光致发光层和透光层中的至少一者上。在光致发光层与透光层互相接触时,也可以在光致发光层与透光层的界面上形成亚微米结构。此时,光致发光层和透光层具有亚微米结构。光致发光层也可以不具有亚微米结构。此时,具有亚微米结构的透光层以与光致发光层接近的方式配置。这里,透光层(或其亚微米结构)与光致发光层接近典型而言是指:它们之间的距离为波长λ_a的一半以下。由此,导波模式的电场达到亚微米结构,形成模拟导波模式。但是,在透光层的折射率比光致发光层的折射率大时,即使不满足

上述的关系，光也到达透光层，因此透光层的亚微米结构与光致发光层之间的距离也可以超过波长λ_a的一半。本说明书中，在光致发光层与透光层处于导波模式的电场到达亚微米结构、形成模拟导波模式那样的配置关系的情况下，有时表示两者互相关联。

[0248] 亚微米结构如上所述由于满足$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系，所以具有大小为亚微米量级的特征。亚微米结构例如如以下详细说明的实施方式的发光器件中那样，包含至少一个周期结构。至少一个周期结构当将周期设定为p_a时，成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。即，亚微米结构可以包含相邻的凸部之间的距离D_{int}为p_a且固定的周期结构。如果亚微米结构包含周期结构，则模拟导波模式的光通过一边传播一边与周期结构反复相互作用，被亚微米结构衍射。这与在自由空间传播的光通过周期结构而衍射的现象不同，而是光一边导波(即，一边反复全反射)一边与周期结构作用的现象。因此，即使由周期结构引起的相移小(即，即使周期结构的高度小)，也能够高效地引起光的衍射。

[0249] 如果利用如上所述的机理，则通过由模拟导波模式增强电场的效果，光致发光的发光效率增大，并且产生的光与模拟导波模式结合。模拟导波模式的光的前进角度仅弯曲被周期结构规定的衍射角度。通过利用该现象，能够向特定方向射出特定波长的光(指向性显著提高)。进而，由于在TE模式和TM模式中，有效折射率n_{eff}($=n_{wav}\sin\theta$)不同，因此还能够同时得到高偏振光的选择性。例如，如后面实验例所示，能够得到向正面方向射出强的特定波长(例如610nm)的直线偏振光(例如TM模式)的发光器件。此时，向正面方向射出的光的指向角例如低于15°。其中，指向角是指将正面方向设定为0°的单侧的角度。

[0250] 相反，如果亚微米结构的周期性降低，则指向性、发光效率、偏振度以及波长选择性变弱。只要根据需要调整亚微米结构的周期性就行。周期结构既可以为偏振光的选择性高的一维周期结构，也可以是能够减小偏振度的二维周期结构。

[0251] 另外，亚微米结构可以包含多个周期结构。多个周期结构例如周期(间距)互相不同。或者，多个周期结构例如具有周期性的方向(轴)互相不同。多个周期结构既可以形成在同一个面内，也可以层叠。当然，发光器件可以具有多个光致发光层和多个透光层，它们也可以具有多个亚微米结构。

[0252] 亚微米结构不仅能够用于控制光致发光层所发出的光，而且还能够用于将激发光高效地导向光致发光层。即，激发光被亚微米结构衍射，与将光致发光层和透光层导波的模拟导波模式结合，由此能够高效地激发光致发光层。只要使用当将激发光致发光材料的光在空气中的波长设定为λ_{ex}、将光致发光层对该激发光的折射率设定为n_{wav-ex}时成立$\lambda_{ex}/n_{wav-ex}<D_{int}<\lambda_{ex}$的关系的亚微米结构就行。$n_{wav-ex}$为光致发光材料对激发波长的折射率。可以使用具有当将周期设定为p_{ex}时成立$\lambda_{ex}/n_{wav-ex}<p_{ex}<\lambda_{ex}$的关系的周期结构的亚微米结构。激发光的波长$\lambda_{ex}$例如为450nm，但也可以为比可见光短的波长。在激发光的波长处于可见光的范围内的情况下，也可以设定为与光致发光层所发出的光一起射出激发光。

[0253] [1.作为本申请的基础的认识]

[0254] 在说明本申请的具体实施方式之前，首先，对作为本申请的基础的认识进行说明。如上所述，由于荧光灯、白色LED等所使用的光致发光材料各向同性地发光，所以为了用光照射特定方向，需要反射器、透镜等光学部件。然而，如果光致发光层自身以指向性地发光，就不需要(或者能够减小)如上所述的光学部件，从而能够大幅缩小光学设备或器具的大小。本申请的发明者们根据这样的设想，为了得到指向性发光，详细研究了光致发光层的构

成。

[0255] 本申请的发明者们首先认为:为了使来自光致发光层的光偏向特定方向,要使发光本身具有特定方向性。作为表征发光的指标的发光率Γ根据费米的黄金法则,由以下的式(1)表示。

[0256] $$\Gamma(\mathbf{r})=\frac{2\pi}{\hbar}\left\langle\left(\mathbf{d}\cdot\mathbf{E}(\mathbf{r})\right)^{2}\right\rangle\rho(\lambda) \quad (1)$$

[0257] 式(1)中,r是表示位置的矢量,λ为光的波长,d为偶极矢量,E为电场矢量,ρ为状态密度。就除了一部分结晶性物质以外的多种物质而言,偶极矢量d具有随机的方向性。另外,在光致发光层的尺寸和厚度比光的波长足够大的情况下,电场E的大小也不依赖于朝向而基本固定。因此,在绝大多数情况下,$\langle(d\cdot E(r))\rangle^2$的值不依赖于方向。即,发光率Γ不依赖于方向而固定。因此,在绝大多数情况下,光致发光层各向同性地发光。

[0258] 另一方面,为了由式(1)得到各向异性的发光,需要花工夫进行使偶极矢量d汇集在特定方向或者增强电场矢量的特定方向的成分中的任意一种。通过花工夫进行它们中的任意一种,能够实现指向性发光。在本申请中,利用通过将光封闭在光致发光层中的效果将特定方向的电场成分增强的模拟导波模式,对于用于此的构成进行了研究,以下说明详细分析的结果。

[0259] [2.仅增强特定方向的电场的构成]

[0260] 本申请的发明者们认为要使用电场强的导波模式对发光进行控制。通过设定为导波结构本身含有光致发光材料的构成,能够使得发光与导波模式结合。但是,如果仅使用光致发光材料形成导波结构,则由于发出的光成为导波模式,因此向正面方向几乎出不来光。于是,本申请的发明者们认为要对包含光致发光材料的波导和周期结构(形成在多个凸部和多个凹部中的至少一者上)进行组合。在周期结构与波导接近、光的电场一边与周期结构重叠一边导波的情况下,通过周期结构的作用,存在模拟导波模式。即,该模拟导波模式是被周期结构所限制的导波模式,其特征在于,电场振幅的波腹以与周期结构的周期相同的周期产生。该模式是通过光被封闭在导波结构中从而电场向特定方向被增强的模式。进而,由于通过该模式与周期结构进行相互作用,通过衍射效果转换为特定方向的传播光,因此能够向波导外部射出光。另外,由于除了模拟导波模式以外的光被封闭在波导内的效果小,因此电场不被增强。所以,大多数发光与具有大的电场成分的模拟导波模式结合。

[0261] 即,本申请的发明者们认为通过将包含光致发光材料的光致发光层(或者具有光致发光层的导波层)设定为以周期结构接近的方式设置的波导,使发光与转换为特定方向的传播光的模拟导波模式结合,实现具有指向性的光源。

[0262] 作为导波结构的简便构成,着眼于平板型波导。平板型波导是指光的导波部分具有平板结构的波导。图30是示意性地表示平板型波导110S的一个例子的立体图。在波导110S的折射率比支撑波导110S的透明基板140的折射率高时,存在在波导110S内传播的光的模式。通过将这样的平板型波导设定为包含光致发光层的构成,由于由发光点产生的光的电场与导波模式的电场大幅重合,因此能够使光致发光层中产生的光的大部分与导波模式结合。进而,通过将光致发光层的厚度设定为光的波长程度,能够作出仅存在电场振幅大的导波模式的状况。

[0263] 进而,在周期结构与光致发光层接近的情况下,通过导波模式的电场与周期结构

相互作用而形成模拟导波模式。即使在光致发光层由多个层构成的情况下，只要导波模式的电场达到周期结构，就会形成模拟导波模式。不需要光致发光层全部都为光致发光材料，只要其至少一部分区域具有发光的功能就行。

[0264] 另外，在由金属形成周期结构的情况下，形成导波模式和基于等离子体共振效应的模式，该模式具有与上面所述的模拟导波模式不同的性质。此外，该模式由于由金属导致的吸收多，因此损失变大，发光增强的效果变小。所以，作为周期结构，优选使用吸收少的电介质。

[0265] 本申请的发明者们首先研究了使发光与通过在这样的波导(例如光致发光层)的表面形成周期结构而能够作为特定角度方向的传播光射出的模拟导波模式结合。图1A是示意性地表示具有这样的波导(例如光致发光层)110和周期结构(例如透光层)120的发光器件100的一个例子的立体图。以下，在透光层120形成有周期结构的情况下(即，在透光层120形成有周期性的亚微米结构的情况下)，有时将透光层120称为周期结构120。在该例子中，周期结构120是分别在y方向延伸的条纹状的多个凸部在x方向上等间隔排列的一维周期结构。图1B是将该发光器件100用与xz面平行的平面切断时的剖视图。如果以与波导110接触的方式设置周期p的周期结构120，则面内方向的具有波数k_{wav}的模拟导波模式被转换为波导外的传播光，该波数k_{out}能够用以下的式(2)表示。

[0266] $$k_{out} = k_{wav} - m\frac{2\pi}{p} \quad (2)$$

[0267] 式(2)中的m为整数，表示衍射的次数。

[0268] 这里，为了简化起见，可以近似地将在波导内导波的光看作是以角度θ_{wav}传播的光线，成立以下的式(3)和(4)。

[0269] $$\frac{k_{wav}\lambda_0}{2\pi} = n_{wav}\sin\theta_{wav} \quad (3)$$

[0270] $$\frac{k_{out}\lambda_0}{2\pi} = n_{out}\sin\theta_{out} \quad (4)$$

[0271] 在这些式子中，λ_0为光在空气中的波长，n_{wav}为波导的折射率，n_{out}为出射侧的介质的折射率，θ_{out}为光射出到波导外的基板或空气时的出射角度。由式(2)～(4)可知，出射角度θ_{out}能够用以下的式(5)表示。

[0272] $n_{out}\sin\theta_{out} = n_{wav}\sin\theta_{wav} - m\lambda_0/p$ (5)

[0273] 根据式(5)可知，在$n_{wav}\sin\theta_{wav} = m\lambda_0/p$成立时，$\theta_{out} = 0$，能够使光向与波导的面垂直的方向(即，正面)射出。

[0274] 根据如上的原理，可以认为通过使所发光光与特定模拟导波模式结合，进而利用周期结构转换为特定出射角度的光，能够使强的光向该方向射出。

[0275] 为了实现如上所述的状况，有几个制约条件。首先，为了使模拟导波模式存在，需要在波导内传播的光全反射。用于此的条件用以下的式(6)表示。

[0276] $n_{out} < n_{wav}\sin\theta_{wav}$ (6)

[0277] 为了使该模拟导波模式通过周期结构衍射并使光射出到波导外，式(5)中需要$-1 < \sin\theta_{out} < 1$。因此，需要满足以下的式(7)。

[0278] $$-1<\frac{n_{wav}}{n_{out}}\sin\theta_{wav}-\frac{m\lambda_0}{n_{out}p}<1 \quad (7)$$

[0279] 对此，如果考虑式(6)，可知只要成立以下的式(8)就行。

[0280] $$\frac{m\lambda_0}{2n_{out}}<p \quad (8)$$

[0281] 进而，为了使得由波导110射出的光的方向为正面方向($\theta_{out}=0$)，由式(5)可知需要以下的式(9)。

[0282] $p=m\lambda_0/(n_{wav}\sin\theta_{wav})$ (9)

[0283] 由式(9)和式(6)可知，必要条件为以下的式(10)。

[0284] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{m\lambda_0}{n_{out}} \quad (10)$$

[0285] 此外，在设置如图1A和图1B所示的周期结构的情况下，由于m为2以上的高次的衍射效率低，所以只要以m=1的一次衍射光为重点进行设计就行。因此，在本实施方式的周期结构中，设定为m=1，以满足将式(10)变形得到的以下的式(11)的方式，确定周期p。

[0286] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{\lambda_0}{n_{out}} \quad (11)$$

[0287] 如图1A和图1B所示，在波导(光致发光层)110不与透明基板接触的情况下，n_{out}为空气的折射率(约1.0)，因此只要以满足以下的式(12)的方式确定周期p就行。

[0288] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\lambda_0 \quad (12)$$

[0289] 另一方面，可以采用如图1C和图1D所例示的那样在透明基板140上形成有光致发光层110和周期结构120的结构。在这种情况下，由于透明基板140的折射率n_s比空气的折射率大，因此只要以满足在式(11)中设定为$n_{out}=n_s$得到的下式(13)的方式确定周期p就行。

[0290] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{\lambda_0}{n_s} \quad (13)$$

[0291] 此外，式(12)、(13)考虑了式(10)中m=1的情况，但也可以m≥2。即，在如图1A和图1B所示发光器件100的两面与空气层接触的情况下，只要将m设定为1以上的整数并以满足以下的式(14)的方式设定周期p就行。

[0292] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}}<p<m\lambda_0 \quad (14)$$

[0293] 同样地，在如图1C和图1D所示的发光器件100a那样将光致发光层110形成在透明基板140上的情况下，只要以满足以下的式(15)的方式设定周期p就行。

[0294] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{m\lambda_0}{n_s} \quad (15)$$

[0295] 通过以满足以上的不等式的方式确定周期结构的周期p，能够使由光致发光层110产生的光向正面方向射出，因此能够实现具有指向性的发光装置。

[0296] [3.通过计算进行的验证]

[0297] [3-1.周期、波长依赖性]

[0298] 本申请的发明者们利用光学解析验证了如上那样向特定方向射出光实际上是否可能。光学解析通过使用了Cybernet公司的DiffractMOD的计算来进行。这些计算中，在对发光器件由外部垂直地射入光时，通过计算光致发光层中的光吸收的增减，求出向外部垂直地射出的光的增强度。由外部射入的光与模拟导波模式结合而被光致发光层吸收的过程对应于：对与光致发光层中的发光和模拟导波模式结合而转换为向外部垂直地射出的传播光的过程相反的过程进行计算。另外，在模拟导波模式的电场分布的计算中，也同样计算由外部射入光时的电场。

[0299] 将光致发光层的膜厚设定为1μm，将光致发光层的折射率设定为n_{wav}＝1.8，将周期结构的高度设定为50nm，将周期结构的折射率设定为1.5，分别改变发光波长和周期结构的周期，计算向正面方向射出的光的增强度，将其结果表示在图2中。计算模型如图1A所示，设定为在y方向上为均匀的一维周期结构、光的偏振为具有与y方向平行的电场成分的TM模式，由此进行计算。由图2的结果可知，增强度的峰在某个特定波长和周期的组合中存在。此外，在图2中，增强度的大小用颜色的深浅来表示，深(即黑)的增强度大，浅(即白)的增强度小。

[0300] 在上述的计算中，周期结构的截面设定为如图1B所示的矩形。图3表示图示式(10)中的m＝1和m＝3的条件的图表。比较图2和图3可知，图2中的峰位置存在于与m＝1和m＝3相对应的地方。m＝1的强度强是因为，相比于三次以上的高次衍射光，一次衍射光的衍射效率高。不存在m＝2的峰是因为，周期结构中的衍射效率低。

[0301] 在图3所示的分别与m＝1和m＝3相对应的区域内，图2中能够确认存在多个线。可以认为这是因为存在多个模拟导波模式。

[0302] [3-2.厚度依赖性]

[0303] 图4是表示将光致发光层的折射率设定为n_{wav}＝1.8、将周期结构的周期设定为400nm、将高度设定为50nm、将折射率设定为1.5并改变发光波长和光致发光层的厚度t来计算向正面方向输出的光的增强度的结果的图。可知当光致发光层的厚度t为特定值时，光的增强度达到峰值。

[0304] 将在图4中存在峰的波长为600nm、厚度t＝238nm、539nm时对向x方向导波的模式的电场分布进行计算的结果分别表示在图5A和图5B中。为了比较，对于不存在峰的t＝300nm的情况进行了相同的计算，将其结果表示在图5C中。计算模型与上述同样，设定为在y方向为均匀的一维周期结构。在各图中，越黑的区域，表示电场强度越高；越白的区域，表示电场强度越低。在t＝238nm、539nm时有高的电场强度分布，而在t＝300nm时整体上电场强度低。这是因为，在t＝238nm、539nm的情况下，存在导波模式，光被较强地封闭。进而，可以观察出如下特征：在凸部或凸部的正下方，必然存在电场最强的部分(波腹)，产生与周期结构120相关的电场。即，可知根据周期结构120的配置，可以得到导波的模式。另外，比较t＝238nm的情况和t＝539nm的情况，可知是z方向的电场的波节(白色部分)的数目仅差一个的模式。

[0305] [3-3.偏振光依赖性]

[0306] 接着，为了确认偏振光依赖性，以与图2的计算相同的条件，对于光的偏振为具有

与y方向垂直的电场成分的TE模式时进行了光的增强度的计算。本计算的结果表示在图6中。与TM模式时(图2)相比，尽管峰位置多少有变化，但峰位置仍旧处于图3所示的区域内。因此，确认了本实施方式的构成对于TM模式、TE模式中的任意一种偏振光都有效。

[0307] [3-4.二维周期结构]

[0308] 进而，进行了基于二维周期结构的效果的研究。图7A是表示凹部和凸部在x方向和y方向这两方向排列而成的二维周期结构120'的一部分的俯视图。图中的黑色区域表示凸部，白色区域表示凹部。在这样的二维周期结构中，需要考虑x方向和y方向这两方向的衍射。就仅x方向或者仅y方向的衍射而言，与一维时相同，但也存在具有x、y两方向的成分的方向(例如倾斜45°方向)的衍射，因此能够期待得到与一维时不同的结果。将对于这样的二维周期结构计算光的增强度计算得到的结果表示在图7B中。除了周期结构以外的计算条件与图2的条件相同。如图7B所示，除了图2所示的TM模式的峰位置以外，还观测到了与图6所示的TE模式中的峰位置一致的峰位置。该结果表示：基于二维周期结构，TE模式也通过衍射被转换而输出。另外，对于二维周期结构而言，还需要考虑x方向和y方向这两方向同时满足一次衍射条件的衍射。这样的衍射光向与周期p的$\sqrt{2}$倍(即，$2^{1/2}$倍)的周期相对应的角度的方向射出。因此，除了一维周期结构时的峰以外，还可以考虑在周期p的$\sqrt{2}$倍的周期也产生峰。图7B中，也能够确认到这样的峰。

[0309] 作为二维周期结构，不限于如图7A所示的x方向和y方向的周期相等的四方点阵的结构，也可以是如图18A和图18B所示的排列六边形或三角形的点阵结构。另外，根据方位方向也可以为(例如四方点阵时x方向和y方向)的周期不同的结构。

[0310] 如上所述，本实施方式确认了：利用基于周期结构的衍射现象，能够将通过周期结构和光致发光层所形成的特征性的模拟导波模式的光仅向正面方向选择性地射出。通过这样的构成，用紫外线或蓝色光等激发光使光致发光层激发，可以得到具有指向性的发光。

[0311] [4.周期结构和光致发光层的构成的研究]

[0312] 接着，对于改变周期结构和光致发光层的构成、折射率等各种条件时的效果进行说明。

[0313] [4-1.周期结构的折射率]

[0314] 首先，对于周期结构的折射率进行研究。将光致发光层的膜厚设定为200nm，将光致发光层的折射率设定为$n_{wav}=1.8$，将周期结构设定为如图1A所示那样的在y方向上均匀的一维周期结构，将高度设定为50nm，将周期设定为400nm，光的偏振为具有与y方向平行的电场成分的TM模式，由此进行计算。将改变发光波长和周期结构的折射率计算向正面方向输出的光的增强度得到的结果表示在图8中。另外，将以相同的条件将光致发光层的膜厚设定为1000nm时的结果表示在图9中。

[0315] 首先，着眼于光致发光层的膜厚，可知与膜厚为200nm时(图8)相比，膜厚为1000nm时(图9)相对于周期结构的折射率变化的光强度达到峰值的波长(称为峰值波长)的位移更小。这是因为，光致发光层的膜厚越小，模拟导波模式越容易受到周期结构的折射率的影响。即，周期结构的折射率越高，有效折射率越大，相应地峰值波长越向长波长侧位移，但该影响在膜厚越小时越明显。此外，有效折射率由存在于模拟导波模式的电场分布的区域中的介质的折射率决定。

[0316] 接着，着眼于相对于周期结构的折射率变化的峰的变化，可知折射率越高，则峰越

宽，强度越降低。这是因为周期结构的折射率越高，则模拟导波模式的光放出到外部的速率越高，因此封闭光的效果减少，即，Q值变低。为了保持高的峰强度，只要设定为利用封闭光的效果高(即Q值高)的模拟导波模式适度地将光放出到外部的构成就行。可知为了实现该构成，不优选将折射率与光致发光层的折射率相比过大的材料用于周期结构。因此，为了将峰强度和Q值提高一定程度，只要将构成周期结构的电介质(即，透光层)的折射率设定为光致发光层的折射率的同等以下就行。光致发光层包含除了光致发光材料以外的材料时也是同样的。

[0317] [4-2.周期结构的高度]

[0318] 接着，对于周期结构的高度进行研究。将光致发光层的膜厚设定为1000nm，将光致发光层的折射率设定为$n_{wav}=1.8$，周期结构为如图1A所示那样的在y方向上均匀的一维周期结构，并且将折射率设定为$n_p=1.5$，将周期设定为400nm，光的偏振为具有与y方向平行的电场成分的TM模式，由此进行计算。将改变发光波长和周期结构的高度计算向正面方向输出的光的增强度的结果表示在图10中。将以相同的条件将周期结构的折射率设定为$n_p=2.0$时的计算结果表示在图11中。可知在图10所示的结果中，在一定程度以上的高度，峰强度、Q值(即，峰的线宽)不变化，而在图11所示的结果中，周期结构的高度越大，峰强度和Q值越低。这是因为，在光致发光层的折射率n_{wav}比周期结构的折射率n_p高的情况(图10)下，光进行全反射，所以仅模拟导波模式的电场的溢出(瞬逝)部分与周期结构相互作用。在周期结构的高度足够大的情况下，即使高度变化到更高，电场的瞬逝部分与周期结构的相互作用的影响也是固定的。另一方面，在光致发光层的折射率n_{wav}比周期结构的折射率n_p低的情况(图11)下，由于光不全反射而到达周期结构的表面，因此周期结构的高度越大，越受其影响。仅观察图11，可知高度为100nm左右就足够，在超过150nm的区域，峰强度和Q值降低。因此，在光致发光层的折射率n_{wav}比周期结构的折射率n_p低的情况下，为了使峰强度和Q值一定程度提高，只要将周期结构的高度设定为150nm以下就行。

[0319] [4-3.偏振方向]

[0320] 接着，对于偏振方向进行研究。将以与图9所示的计算相同的条件设定为光的偏振为具有与y方向垂直的电场成分的TE模式进行计算得到的结果表示在图12中。在TE模式时，由于模拟导波模式的电场溢出比TM模式大，因此容易受到由周期结构产生的影响。所以，在周期结构的折射率n_p大于光致发光层的折射率n_{wav}的区域，峰强度和Q值的降低比TM模式明显。

[0321] [4-4.光致发光层的折射率]

[0322] 接着，对于光致发光层的折射率进行研究。将以与图9所示的计算相同的条件将光致发光层的折射率n_{wav}变更为1.5时的结果表示在图13中。可知即使是光致发光层的折射率n_{wav}为1.5的情况下，也可以得到大致与图9同样的效果。但是，可知波长为600nm以上的光没有向正面方向射出。这是因为，根据式(10)，$\lambda_0<n_{wav}\times p/m=1.5\times 400nm/1=600nm$。

[0323] 由以上的分析可知，在将周期结构的折射率设定为与光致发光层的折射率同等以下或者周期结构的折射率为光致发光层的折射率以上的情况下，只要将高度设定为150nm以下就能够提高峰强度和Q值。

[0324] [5.变形例]

[0325] 以下，对本实施方式的变形例进行说明。

[0326] [5-1.具有基板的构成]

[0327] 如上所述，如图1C和图1D所示，发光器件也可以具有在透明基板140之上形成有光致发光层110和周期结构120的结构。为了制作这样的发光器件100a，可以考虑如下的方法：首先，在透明基板140上由构成光致发光层110的光致发光材料(根据需要包含基质材料；以下同)形成薄膜，在其之上形成周期结构120。在这样的构成中，为了通过光致发光层110和周期结构120而使其具有将光向特定方向射出的功能，透明基板140的折射率n_s需要设定为光致发光层的折射率n_{wav}以下。在将透明基板140以与光致发光层110相接触的方式设置的情况下，需要以满足将式(10)中的出射介质的折射率n_{out}设定为n_s的式(15)的方式来设定周期p。

[0328] 为了确认上述内容，进行了在折射率为1.5的透明基板140之上设置有与图2所示的计算相同条件的光致发光层110和周期结构120时的计算。本计算的结果表示在图14中。与图2的结果同样地，能够确认对于每个波长以特定周期出现光强度的峰，但可知峰出现的周期的范围与图2的结果不同。对此，将式(10)的条件设定为$n_{out}=n_s$得到的式(15)的条件表示在图15中。图14中可知在与图15所示的范围相对应的区域内，出现光强度的峰。

[0329] 因此，对于在透明基板140上设置有光致发光层110和周期结构120的发光器件100a而言，在满足式(15)的周期p的范围可以获得效果，在满足式(13)的周期p的范围可以得到特别显著的效果。

[0330] [5-2.具有激发光源的发光装置]

[0331] 图16是表示具备图1A、1B所示的发光器件100和使激发光射入光致发光层110的光源180的发光装置200的构成例的图。如上所述，本申请的构成通过使光致发光层被紫外线或蓝色光等激发光激发，得到具有指向性的发光。通过设置以射出这样的激发光的方式构成的光源180，能够实现具有指向性的发光装置200。由光源180射出的激发光的波长典型地为紫外或蓝色区域的波长，但不限于这些，可以根据构成光致发光层110的光致发光材料适当确定。此外，在图16中，光源180被配置为由光致发光层110的下表面射入激发光，但不限于这样的例子，例如也可以由光致发光层110的上表面射入激发光。

[0332] 也有通过使激发光与模拟导波模式结合来使光高效地射出的方法。图17是用于说明这样的方法的图。在该例子中，与图1C、1D所示的构成同样地，在透明基板140上形成有光致发光层110和周期结构120。首先，如图17(a)所示，为了增强发光，确定x方向的周期p_x；接着，如图17(b)所示，为了使激发光与模拟导波模式结合，确定y方向的周期p_y。周期p_x以满足在式(10)中将p置换为p_x后的条件的方式确定。另一方面，周期p_y以将m设定为1以上的整数、将激发光的波长设定为λ_{ex}、将与光致发光层110接触的介质中除了周期结构120以外折射率最高的介质的折射率设定为n_{out}并满足以下的式(16)的方式确定。

[0333] $$\frac{m\lambda_{ex}}{n_{wav}} < p_y < \frac{m\lambda_{ex}}{n_{out}} \qquad (16)$$

[0334] 这里，n_{out}在图17的例子中为透明基板140的n_s，但在如图16所示不设置透明基板140的构成中，为空气的折射率(约1.0)。

[0335] 特别是，如果设定为m=1以满足下式(17)的方式确定周期p_y，则能够进一步提高将激发光转换为模拟导波模式的效果。

[0336] $$\frac{\lambda_{ex}}{n_{wav}} < p_y < \frac{\lambda_{ex}}{n_{out}} \quad (17)$$

[0337] 这样，通过以满足式(16)的条件(特别是式(17)的条件)的方式设定周期p_y，能够将激发光转换为模拟导波模式。其结果是，能够使光致发光层110有效地吸收波长λ_{ex}的激发光。

[0338] 图17(c)、(d)分别是表示相对于图17(a)、(b)所示结构射入光时对每个波长计算光被吸收的比例的结果的图。在该计算中，设定为p_x＝365nm、p_y＝265nm，将来自光致发光层110的发光波长λ设定为约600nm，将激发光的波长λ_{ex}设定为约450nm，将光致发光层110的消光系数设定为0.003。如图17(d)所示，不仅对由光致发光层110产生的光，而且对于作为激发光的约450nm的光也显示高的吸收率。这是因为，通过将射入的光有效地转换为模拟导波模式，能够使光致发光层所吸收的比例增大。另外，虽然即使对作为发光波长的约600nm，吸收率也增大，但这如果在约600nm的波长的光射入该结构的情况下，则同样被有效地转换为模拟导波模式。这样，图17(b)所示的周期结构120所示的周期结构120为在x方向和y方向分别具有周期不同的结构(周期成分)的二维周期结构。这样，通过使用具有多个周期成分的二维周期结构，能够提高激发效率，并且提高出射强度。此外，图17中是使激发光由基板侧射入，但即使由周期结构侧射入也可以得到相同效果。

[0339] 进而，作为具有多个周期成分的二维周期结构，也可以采用如图18A或图18B所示的构成。通过设定为如图18A所示将具有六边形的平面形状的多个凸部或凹部周期性地排列而成的构成或如图18B所示将具有三角形的平面形状的多个凸部或凹部周期性地排列而成的构成，能够确定可视为周期的多个主轴(图的例子中为轴1～3)。因此，能够对于各个轴向分配不同的周期。可以为了提高多个波长的光的指向性分别设定这些周期，也可以为了高效地吸收激发光而分别设定这些周期。在任何一种情况下，都以满足相当于式(10)的条件的方式设定各周期。

[0340] [5-3.透明基板上的周期结构]

[0341] 如图19A和图19B所示，可以在透明基板140上形成周期结构120a，在其之上设置光致发光层110。在图19A的构成例中，以追随基板140上的由凹凸构成的周期结构120a的方式形成光致发光层110，结果在光致发光层110的表面也形成有相同周期的周期结构120b。另一方面，在图19B的构成例中，进行了使光致发光层110的表面变得平坦的处理。在这些构成例中，通过以周期结构120a的周期p满足式(15)的方式进行设定，也能够实现指向性发光。

[0342] 为了验证该效果，在图19A的构成中，改变发光波长和周期结构的周期来计算向正面方向输出的光的增强度。这里，将光致发光层110的膜厚设定为1000nm，将光致发光层110的折射率设定为n_{wav}＝1.8，周期结构120a为在y方向均匀的一维周期结构且高度为50nm，折射率n_p＝1.5，周期为400nm，光的偏振为具有与y方向平行的电场成分的TM模式。本计算的结果表示在图19C中。本计算中，也以满足式(15)的条件的周期观测到了光强度的峰。

[0343] [5-4.粉体]

[0344] 根据以上的实施方式，能够通过调整周期结构的周期、光致发光层的膜厚，突出任意波长的发光。例如，如果使用以宽带域发光的光致发光材料并设定为如图1A、1B所示的构成，则能够仅突出某个波长的光。因此，也可以将如图1A、1B所示那样的发光器件100的构成设定为粉末状，并制成荧光材料进行利用。另外，也可以将如图1A、1B所示那样的发光器件

100埋入树脂、玻璃等进行利用。

[0345] 在如图1A、1B所示那样的单体的构成中，制成仅向特定方向射出某个特定波长，因此难以实现例如具有宽波长区域的光谱的白色等的发光。因此，通过使用如图20所示混合了周期结构的周期、光致发光层的膜厚等条件不同的多个粉末状发光器件100的构成，能够实现具有宽波长区域的光谱的发光装置。此时，各个发光器件100的一个方向的尺寸例如为数μm～数mm左右；其中，例如可以包含数周期～数百周期的一维或二维周期结构。

[0346] [5-5.排列周期不同的结构]

[0347] 图21是表示在光致发光层之上将周期不同的多个周期结构以二维排列而成的例子的俯视图。在该例子中，三种周期结构120a、120b、120c没有间隙地排列。周期结构120a、120b、120c例如以分别将红、绿、蓝的波长区域的光向正面射出的方式设定周期。这样，也能够通过在光致发光层之上排列周期不同的多个结构，对于宽波长区域的光谱发挥指向性。此外，多个周期结构的构成不限于上述的构成，可以任意设定。

[0348] [5-6.层叠结构]

[0349] 图22表示具有表面上形成有凹凸结构的多个光致发光层110层叠而成的结构的发光器件的一个例子。多个光致发光层110之间设置有透明基板140，形成在各层的光致发光层110的表面上的凹凸结构相当于上述的周期结构或亚微米结构。在图22所示的例子中，形成了三层的周期不同的周期结构，分别以将红、蓝、绿的波长区域的光向正面射出的方式设定周期。另外，以发出与各周期结构的周期相对应的颜色的光的方式选择各层的光致发光层110的材料。这样，即使通过层叠周期不同的多个周期结构，也能够对于宽波长区域的光谱发挥指向性。

[0350] 此外，层数、各层的光致发光层110和周期结构的构成不限于上述的构成，可以任意设定。例如，在两层的构成中，隔着透光性的基板，第一光致发光层与第二光致发光层以相对置的方式形成，在第一和第二光致发光层的表面分别形成第一和第二周期结构。此时，只要第一光致发光层与第一周期结构这一对和第二光致发光层与第二周期结构这一对分别满足相当于式(15)的条件就行。在三层以上的构成中也同样地，只要各层中的光致发光层和周期结构满足相当于式(15)的条件就行。光致发光层和周期结构的位置关系可以与图22所示的关系相反。虽然在图22所示的例子中，各层的周期不同，但也可以将它们全部设定为相同周期。此时，虽然不能使光谱变宽，但能够增大发光强度。

[0351] [5-7.具有保护层的构成]

[0352] 图23是表示在光致发光层110与周期结构120之间设置有保护层150的构成例的剖视图。这样，也可以设置用于保护光致发光层110的保护层150。但是，在保护层150的折射率低于光致发光层110的折射率的情况下，在保护层150的内部，光的电场只能溢出波长的一半左右。因此，在保护层150比波长厚的情况下，光达不到周期结构120。因此，不存在模拟导波模式，得不到向特定方向放出光的功能。在保护层150的折射率为与光致发光层110的折射率相同程度或者其以上的情况下，光到达保护层150的内部。因此，对保护层150没有厚度的制约。但是，在这种情况下，由光致发光材料形成光导波的部分(以下将该部分称为“导波层”)的大部分可以得到大的光输出。因此，在这种情况下，也优选保护层150较薄者。此外，也可以使用与周期结构(透光层)120相同的材料形成保护层150。此时，具有周期结构的透光层兼为保护层。透光层120的折射率优选比光致发光层110的折射率小。

[0353] [6.材料和制造方法]

[0354] 如果用满足如上所述的条件的材料构成光致发光层(或者导波层)和周期结构,则能够实现指向性发光。周期结构可以使用任意材料。然而,如果形成光致发光层(或者导波层)、周期结构的介质的光吸收性高,则封闭光的效果下降,峰强度和Q值降低。因此,作为形成光致发光层(或者导波层)和周期结构的介质,可以使用光吸收性较低的材料。

[0355] 作为周期结构的材料,例如可以使用光吸收性低的电介质。作为周期结构的材料的候补,例如可以列举:MgF_2(氟化镁)、LiF(氟化锂)、CaF_2(氟化钙)、SiO_2(石英)、玻璃、树脂、MgO(氧化镁)、ITO(氧化铟锡)、TiO_2(氧化钛)、SiN(氮化硅)、Ta_2O_5(五氧化钽)、ZrO_2(氧化锆)、ZnSe(硒化锌)、ZnS(硫化锌)等。但是,在如上所述使周期结构的折射率低于光致发光层的折射率的情况下,可以使用折射率为1.3～1.5左右的MgF_2、LiF、CaF_2、SiO_2、玻璃、树脂。

[0356] 光致发光材料包括狭义的荧光材料和磷光材料,不仅包括无机材料,也包括有机材料(例如色素),还包括量子点(即,半导体微粒)。通常以无机材料为主体的荧光材料存在折射率高的倾向。作为以蓝色发光的荧光材料,可使用例如$M_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$、$M_3MgSi_2O_8:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$M_5SiO_4Cl_6:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)。作为以绿色发光的荧光材料,可以使用例如$M_2MgSi_2O_7:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$SrSi_5AlO_2N_7:Eu^{2+}$、$SrSi_2O_2N_2:Eu^{2+}$、$BaAl_2O_4:Eu^{2+}$、$BaZrSi_3O_9:Eu^{2+}$、$M_2SiO_4:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$BaSi_3O_4N_2:Eu^{2+}$、$Ca_8Mg(SiO_4)_4Cl_2:Eu^{2+}$、$Ca_3SiO_4Cl_2:Eu^{2+}$、$CaSi_{12-(m+n)}Al_{(m+n)}O_n\ N_{16-n}:Ce^{3+}$、β-SiAlON:$Eu^{2+}$。作为以红色发光的荧光材料,可以使用例如$Ca\ AlSiN_3:Eu^{2+}$、$SrAlSi_4O_7:Eu^{2+}$、$M_2Si_5N_8:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$MSiN_2:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$MSi_2O_2N_2:Yb^{2+}$(M=选自Sr和Ca中的至少一种)、$Y_2O_2S:Eu^{3+},Sm^{3+}$、$La_2O_2S:Eu^{3+},S\ m^{3+}$、$CaWO_4:Li^{1+},Eu^{3+},Sm^{3+}$、$M_2SiS_4:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$M_3SiO_5:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)。作为以黄色发光的荧光材料,可以使用例如$Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$、$CaSi_2O_2N_2:Eu^{2+}$、$Ca_3Sc_2Si_3O_{12}:Ce^{3+}$、$CaSc_2O_4:Ce^{3+}$、α-SiAlON:$Eu^{2+}$、$MSi_2O_2N_2:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、$M_7(SiO_3)_6Cl_2:Eu^{2+}$(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)。

[0357] 量子点可以使用例如CdS、CdSe、核壳型CdSe/ZnS、合金型CdSSe/ZnS等材料,根据材质能够得到各种发光波长。作为量子点的基质,例如可以使用玻璃、树脂。

[0358] 图1C、1D等所示的透明基板140由比光致发光层110的折射率低的透光性材料构成。作为这样的材料,例如可以列举:MgF(氟化镁)、LiF(氟化锂)、CaF_2(氟化钙)、SiO_2(石英)、玻璃、树脂。

[0359] 接着,说明制造方法的一个例子。

[0360] 作为实现图1C、1D所示的构成的方法,例如有如下方法:在透明基板140上通过蒸镀、溅射、涂布等工序将荧光材料形成光致发光层110的薄膜,然后形成电介质膜,通过光刻等方法进行图案化(布图)来形成周期结构120。也可以代替上述方法,通过纳米压印来形成周期结构120。另外,如图24所示,也可以通过仅加工光致发光层110的一部分来形成周期结构120。此时,周期结构120由与光致发光层110相同的材料形成。

[0361] 图1A、1B所示的发光器件100例如能够通过在制作图1C、1D所示的发光器件100a后,进行从基板140剥除光致发光层110和周期结构120的部分的工序来实现。

[0362] 图19A所示的构成例如能够通过在透明基板140上以半导体工艺或纳米压印等方法形成周期结构120a，然后在其之上通过蒸镀、溅射等方法将构成材料形成光致发光层110来实现。或者，也能够通过利用涂布等方法将周期结构120a的凹部嵌入光致发光层110来实现图19B所示的构成。

[0363] 此外，上述的制造方法为一个例子，本申请的发光器件不限于上述的制造方法。

[0364] [实验例]

[0365] 以下，对制作本申请的实施方式的发光器件的例子进行说明。

[0366] 试制具有与图19A同样构成的发光器件的样品，评价特性。发光器件如下操作来制作。

[0367] 在玻璃基板上设置周期为400nm、高度为40nm的一维周期结构(条纹状的凸部)，从其之上形成210nm光致发光材料YAG:Ce膜。将其剖视图的TEM图像表示在图25中，通过将其用450nm的LED激发而使YAG:Ce发光时，测定其正面方向的光谱，将得到的结果表示在图26中。在图26中示出了测定没有周期结构时的测定结果(ref)、具有与一维周期结构平行的偏振光成分的TM模式和具有与一维周期结构垂直的偏振光成分的TE模式的结果。在存在周期结构时，与没有周期结构时相比，可以观察到特定波长的光显著增加。另外，可知具有与一维周期结构平行的偏振光成分的TM模式的光的增强效果大。

[0368] 此外，将在相同的样品中出射光强度的角度依赖性的测定结果和计算结果表示在图27和图28中。图27表示以与一维周期结构(周期结构120)的线方向平行的轴为旋转轴旋转时的测定结果(上段)和计算结果(下段)；图28表示以与一维周期结构(即，周期结构120)的线方向垂直的方向为旋转轴旋转时的测定结果(上段)和计算结果(下段)。另外，图27和图28分别表示与TM模式和TE模式的直线偏振光有关的结果；图27(a)表示与TM模式的直线偏振光有关的结果；图27(b)表示与TE模式的直线偏振光有关的结果；图28(a)表示与TE模式的直线偏振光有关的结果；图28(b)表示与TM模式的直线偏振光有关的结果。由图27和图28可知：TM模式的增强效果更高，而且被增强的波长随着角度不同而发生位移。例如，对于610nm的光而言，由于为TM模式且仅在正面方向存在光，因此可知指向性且偏振发光。另外，由于各图的上段和下段一致，因此上述计算的正确性得到了实验证实。

[0369] 图29表示了由上述测定结果例如使610nm的光以与线方向垂直的方向为旋转轴旋转时的强度的角度依赖性。可以观察出：在正面方向上产生了强的发光增强，对于其他角度而言，光几乎没有被增强的情况。可知向正面方向射出的光的指向角小于15°。此外，指向角是强度为最大强度的50％的角度，用以最大强度的方向为中心的单侧的角度表示。即，可知实现了指向性发光。此外，由于所射出的光全都为TM模式的成分，因此可知同时也实现了偏振发光。

[0370] 以上的验证使用在广带域的波长带发光的YAG:Ce来进行实验，但即使使用发光为窄带域的光致发光材料以同样的构成进行实验，对于该波长的光也能够实现指向性和偏振发光。此外，在这样的情况下，由于不产生其他波长的光，因此能够实现不产生其他方向和偏振状态的光的光源。

[0371] 接着，说明本申请的发光器件和发光装置的变形例。以下，对具有多个周期结构、使不同波长的光增强和/或射出在不同方向被增强后的光的发光器件进行说明。已经参照图22对具有多个周期结构的发光器件的结构的例子和工作的特征进行了说明，以下对其他

变化进行说明。

[0372] 以下说明的发光器件与上述的发光器件同样地具有：光致发光层110；透光层120，该透光层以与光致发光层110接近的方式配置；以及亚微米结构，该亚微米结构形成在光致发光层110和透光层120中的至少一者上，并向光致发光层110或透光层120的面内扩散。亚微米结构包含由多个凸部或多个凹部形成的至少两个周期结构。光致发光层110所发出的光包括空气中的波长为λ_a的第一光和空气中的波长为λ_b的第二光。在将光致发光层110对第一和第二光的折射率分别设定为n_{wav-a}和n_{wav-b}的情况下，至少两个周期结构包含当将第一周期设定为p_a时成立$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系的第一周期结构和当将第二周期设定为$p_b$时成立$\lambda_b/n_{wav-b}<p_b<\lambda_b$的关系的第二周期结构。第一光(波长$\lambda_a$)和第二光(波长$\lambda_b$)可以相同，也可以不同。另外，第一周期$p_a$和第二周期$p_b$可以相同也可以不同。这里，代表两个周期结构(即，第一周期结构和第二周期结构)的两个周期(即，第一周期和第二周期)为具有各个周期结构所含的周期中的最小值的周期。

[0373] [周期相同结构的层叠]

[0374] 图22对具有将分别形成了周期结构的多个光致发光层层叠而成的结构的发光器件的结构例进行了说明，但如图31所示，也可以相对于一个光致发光层形成多个周期结构。

[0375] 图31(a)所示的发光器件100A具有形成在光致发光层110的上表面的第一周期结构120A以及形成在光致发光层110的下表面的第二周期结构120B。这里，示出了两个周期结构120A和120B被形成为透光层的例子，但周期结构120A和120B也可以分别独立地由与光致发光层110相同的材料形成。透光层的折射率优选小于光致发光层110的折射率。

[0376] 这里，第一周期结构120A的第一周期p_a与第二周期结构120B的第二周期p_b互相相等($p_a=p_b$)。因此，第一周期结构120A和第二周期结构120B对于相同波长的光($\lambda_a=\lambda_b$)，发挥使指向性提高的效果。另一方面，第一周期结构120A具有周期性的方向和第二周期结构120B具有周期性的方向互相不同。因此，通过第一周期结构120A使指向性提高的方向与通过第二周期结构120A使指向性提高的方向互相不同。即，如发光器件100A那样，通过使周期相等而具有周期性的方向互相不同的多个周期结构组合起来，得到使指向性提高效果的方向变成多个。其结果是，能够得到使指向性提高效果的方向的依赖性更小的发光器件。另外，如这里所例示的那样，如果以使第一周期结构120A具有周期性的方向与第二周期结构120B具有周期性的方向互相正交的方式配置，则通过第一周期结构120A使指向性提高的直线偏振光的偏振方向与通过第二周期结构120B使指向性提高的直线偏振光的偏振方向互相正交。因此，能够射出非偏振的光。

[0377] 如图31(b)所示的发光器件100B那样，形成在光致发光层110的下表面的周期结构120B可以形成在基板140上，也可以与基板140形成为一体。

[0378] 作为维持这样的周期性的结构，也能够设定为如图32所示的二维排列而成的图案。图32(a)是表示在附图的纵向(y方向)和横向(x方向)具有周期性的二维周期结构的四方点阵图案的俯视图。图32(b)是表示在使图32(a)旋转45度后的方向上具有周期性的二维周期结构的格子图案(方格图案)的俯视图。图32(b)的格子图案中的周期P_b(倾斜45度方向)与图32(a)的四方点阵图案中的周期P_a(纵和横相等)一致。各图案由具有俯视为正方形的四棱柱的形状的凸部(图中黑的部分)形成。因此，能够增加具有周期性的方向，从而能够得到使指向性提高效果的方向的依赖性更小的发光器件。

[0379] [图案合成]

[0380] 以上述的实施例对在光致发光层的上下形成周期结构的情况进行了说明，但多个周期结构也可以通过与一个面重合来形成。多个周期结构可以形成在光致发光层110和透光层120中的至少一者的同一个面。这对应于：形成使多个周期结构的图案重合而成的一个图案。多个周期结构的图案的重合能够通过逻辑演算来进行。

[0381] [合成的图案的分析方法]

[0382] 首先，参照图32(a)和图32(c)。图32(a)是表示二维周期结构的四方点阵图案的俯视图。图32(a)所示的二维周期结构的四方点阵图案在四方点阵的各点阵点配置有具有俯视为正方形的四棱柱的形状的凸部(图中的黑色部分)。图中的白色部分为凹部。图32(c)是表示通过对图32(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率成分的强度(即，振幅的绝对值的二次方)分布的图。在图32(c)中，中心点310z表示空间频率为0的成分，表示空间频率随着向外侧去而高的成分。另外，空间频率成分的强度用深浅来表示，深(黑色)的表示强度大，淡(白色)的表示强度小。图32(c)已知通常作为由图32(a)的周期结构得到的衍射图案。图32(c)的中心与0次光相对应。图32(c)并不是表示由本申请的发光器件射出的光的强度分布。为了对本申请的发光器件所具有的周期结构进行评价，使用图32(c)所示的周期结构的空间频率的强度的分布。

[0383] 在图32(c)中，中心点310z表示空间频率为0的偏移(offset)成分。中心点310z与没有周期性的结构相对应，因此与本申请的发光器件的指向性的提高效果没有关系。对本申请的发光器件的指向性的提高效果有贡献的结构是与在图32(c)中的周边区域观察的点310f(对应于衍射图案的1次光)相对应的周期结构。

[0384] 图32(c)中的四个点310f在图32(a)的四方点阵具有周期性的方向(即，纵和横)上，出现在与四方点阵的周期(间距、纵和横相等)相对应的位置。四个点的位置为偏离中心点310z仅$1/P_a$的位置，相对于中心点310z具有点对称性。即，与横向(即x方向)上具有周期性的周期结构相对应的点作为从中心点310z向+x方向仅偏离$1/P_a$的点和向-x方向仅偏离$1/P_a$的点的对出现。另外，与纵向(即y方向)上具有周期性的周期结构相对应的点作为从中心点310z向+y方向仅偏离$1/P_a$的点和向-y方向仅偏离$1/P_a$的点的对出现。

[0385] 这样，能够由空间频率的强度的分布判断二维周期结构中的周期性强的方向(即，二维图案的面内的方位)和周期。即，可知图32(c)中的四个点310f作为从中心点310z向纵向等距离($1/P_a$)的位置的两个点的对和从中心点310z向横向等距离($1/P_a$)的位置的两个点的对出现，因此在纵向和横向上具有周期性，并且其周期为P_a且在纵向和横向上相等。另一方面，在图32(c)的倾斜方向上没有出现空间频率的强度大的点，因此可知图32(a)所示的二维周期结构中的倾斜方向的周期性低。

[0386] 由上述可知：具有图32(a)所示的二维周期结构的本申请的发光器件在图32(a)中的纵向和横向上能够提高出射光的指向性，但在倾斜方向上不能提高出射光的指向性。

[0387] [合成图案的分析]

[0388] 接着，参照图33(a)和(b)。图33(a)是表示包含具有周期性的方向互相不同的多个周期结构的二维周期结构的图案的俯视图。图33(b)是表示通过对图33(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率的强度分布的图。

[0389] 图33(a)所示的图案是通过使图32(a)所示的第一周期性图案与图32(b)所示的第

二周期性图案重合并进行逻辑演算而得到的。例如，在各图案中，将凸部设定为“1(真)”，将凹部设定为“0(伪)”，对平面上的各点进行1+0＝1、1+1＝1、0+0＝0来得到。这样，基于使具有互相基本相同的周期的第一周期性图案与第二周期性图案以周期方向互相不同的状态重合并进行逻辑演算得到的结果，可以得到图33(a)所示的图案。

[0390] 就具有图33(a)所示的图案的二维周期结构的空间频率的强度的分布而言，如图33(b)所示可知：除了基于空间频率为0的成分的中心点以外，来自第一周期性图案和第二周期性图案的点出现在距离中心等距离(1/P_a)的位置。这是由于将具有相同周期(P_a)的两个周期性图案合成而造成的。进而，可知来自第一周期性图案和第二周期性图案的点从基于空间频率为0的成分的中心点等间隔地出现在同心圆(半径为1/P_a)上。图32(a)所示的四方点阵的周期性图案如上所述，生成由从中心点向纵向等距离(1/P_a)的位置的两个点的对和从中心点向横向等距离(1/P_a)的位置的两个点的对构成的四个点(两个对)。图32(b)所示的图案同样生成四个点。如果以+x方向为0度并以逆时针增加的角度来表示，则生成从中心点向45度方向和225度方向等距离(1/P_a)的位置的两个点的对和从中心点向135度方向和315度方向等距离(1/P_a)的位置的两个点的对。因此，通过使图32(a)所示的图案和图32(b)所示的图案重叠并进行逻辑演算而得到图33(a)所示的图案，其如图33(b)所示在同心圆上生成八个点。

[0391] 通过将具有这样生成的图案的透光层(周期结构)120如图33(c)所示那样设置在光致发光层110的单个面，能够增加具有周期性的方向。因此，能够得到获得使指向性提高效果的方向的依赖更小的发光器件，并且能够整合形成周期结构的工序，从而能够减少工时。

[0392] 通过逻辑演算重合的图案并不需要限于上述内容，能够适用于任意的图案。例如，参照图34和图35。图34(a)和(b)是表示具有各个具有周期性的方向互相不同的多个周期结构的二维周期结构的图案Pa1和Pa2的俯视图。图35(a)是表示由图34(a)和(b)所示的图案的逻辑和得到的图案的俯视图。图35(b)是表示通过对图35(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率的强度分布的图。

[0393] 图35(a)所示的图案是通过使图34(a)所示的第一周期性图案Pa1与图34(b)所示的第二周期性图案Pa2重合并进行逻辑演算而得到的。图34(a)所示的第一周期性图案Pa1具有在第一凹部(白色所示的区域)G1中的三角点阵T的点阵点配置圆形的第一凸部R1的构成。图34(b)所示的第二周期性图案Pa2具有在第二凹部(白色所示的区域)G2中的三角点阵T的点阵点配置圆形的第二凸部R2的构成。

[0394] 第一凸部R1沿着互相呈60度的角度的周期方向P1、P2、P3周期性地配置。另一方面，第二凸部R2沿着互相呈60度的角度的周期方向P4、P5、P6周期性地配置。配置第一凸部R1的周期与配置第二凸部R2的周期相等。周期方向P1、P2、P3分别与周期方向P4、P5、P6各自呈30+60n度(n为0以上的整数)的角度。

[0395] 这样，基于使具有互相基本相同周期的第一周期性图案Pa1与第二周期性图案Pa2以使周期方向互相不同的状态重合并进行逻辑演算而得到的结果，得到图35(a)所示的图案。

[0396] 就具有图35(a)所示的图案的二维周期结构的空间频率的强度分布而言，如图35(b)所示可知：除了基于空间频率为0的成分的中心点，来自第一周期性图案Pa1和第二周期

性图案Pa2的点出现在距离中心等距离的位置。这是由将具有相同周期的两个周期性图案合成而造成的。进而，可知来自第一周期性图案Pa1和第二周期性图案Pa2的点从基于空间频率为0的成分的中心点等间隔地配置在同心圆上。在将正三角形作为单位点阵的三角点阵的点阵点上配置相同结构而成的周期性图案从中心点在互相呈60度的角度的六个方向上生成合计六个点。可以认为：由于将这样的周期性的图案以使周期方向互相差30度的状态进行逻辑演算，因此以同心圆状出现12个点。这样，能够增加具有周期性的方向，因此能够获得得到使指向性提高效果的方向的依赖更小的发光器件。

[0397] 上述对通过逻辑演算使多个图案重合的方法进行了说明，但不限于该方法。例如，在以光刻工艺形成亚微米结构的情况下，准备与重合的各个图案相对应的光掩模，依次反复进行感光性抗蚀剂的曝光工序、显像工序和以抗蚀剂层作为掩模的蚀刻工序，由此最终能够得到多个图案重合而成的图案。不需要限于由感光性抗蚀剂进行的图案的重合，也可以在蚀刻第一图案之后，再次涂布感光性抗蚀剂，进行曝光、显像和以抗蚀剂层为掩模的蚀刻。此外，如果增加掩模的片数，则会导致对准误差的增大和成本的增大，因此优选以逻辑演算等方法预先求出合成后的图案。

[0398] 另外，多个周期结构可以形成在不同层(光致发光层和/或透光层(基板))，也可以与上述的重合图案组合。例如，在组合三个以上的图案的情况下，可以将两个作为重合图案形成在一个层上，将另一个图案形成在其他层上。

[0399] 根据由本申请的发光器件所具有的多个凸部或凹部形成的亚微米结构的图案(即，重合的多个周期结构)，有时在空间频率的强度分布中会生成显示高次的周期结构的点。但是，有助于提高指向性的周期结构为位于距中心点近的距离的与强度大的点相对应的周期结构。

[0400] [周期不同的结构的层叠]

[0401] 接着，参照图36(a)～(e)，对光致发光层的第一光的发光波长λ_a与第二光的发光波长λ_b互相不同、第一周期p_a与第二周期p_b互相不同的发光器件100D～100H的结构进行说明。当然，本申请的实施方式的发光器件不限于这些。

[0402] 如图36(a)所示的发光器件100D那样，可以使用使发光波长不同的多个光致发光材料分散在基质中的光致发光层110，在光致发光层110的上表面设置第一周期结构120A，在下表面设置第二周期结构120B。

[0403] 如图36(b)所示的发光器件100E那样，由具有第一光的发光波长的光致发光层110A和以与其下表面接触的方式形成的具有第二光的发光波长的光致发光层110B构成光致发光层，还可以设置形成在光致发光层110A的上表面的周期结构120A和形成在其他光致发光层110B的下表面的周期结构120B。此外，周期结构120A和120B可以分别独立地由与光致发光层110A和110B相同的材料形成，也可以形成为透光层。透光层的折射率优选小于光致发光层110A或110B的折射率。

[0404] 另外，如图36(c)所示的发光器件100F那样，在还具有以与光致发光层110A的下表面接触的方式形成的其他光致发光层110B的情况下，可以将周期结构中的一者形成在光致发光层110A与110B之间。此外，周期结构120A可以由与光致发光层110A相同的材料形成，也可以形成为透光层。透光层的折射率优选小于光致发光层110A的折射率。另外，周期结构120B可以由与光致发光层110B相同的材料形成，也可以形成为透光层。

[0405] 此外，如图36(d)所示的发光器件100G那样，在光致发光层之间还具有支撑光致发光层110A的基板140以及形成在基板140的下表面的其他光致发光层110B的情况下，也可以设定为包含形成在基板140的上表面的周期结构120A和形成在基板140的下表面的周期结构120B的构成。周期结构120A和120B分别独立地可以与基板140形成为一体，也可以形成为透光层。

[0406] 另外，如图36(e)所示的发光器件100H那样，可以通过逻辑演算合成第一周期结构和第二周期结构，形成为周期结构120。此外，合成图案的方法能够与上述构成组合。

[0407] [基于逻辑合成的周期不同的结构的合成]

[0408] 接着，参照图37(a)和(b)。图37(a)表示合成包含周期不同的多个周期结构的二维周期结构的图案而成的图案的俯视图。图37(b)是表示通过对图37(a)的图案进行傅里叶变换而得到的周期结构的空间频率的强度分布的图。

[0409] 图37(a)所示的二维周期结构的图案是将具有三个不同的周期(间距)P_a、P_b和P_c的四方点阵图案以具有周期性的方向(x方向和y方向)一致的状态重合而成的。形成了各点阵点的凸部为圆形(圆柱状)。图37(a)所示的图案通过求出三个四方点阵图案的逻辑和来得到。例如，在各图案中，将凸部设定为“1(真)”，将凹部设定为“0(伪)”，对平面上的各点进行1+0＝1、1+1＝1、0+0＝0来得到。当然，用于得到将多个周期结构重合而成的图案的逻辑演算不限于逻辑和，可以为逻辑积也可以为逻辑差。另外，由于只要具有周期性就行，因此只要具有周期性的方向一致就行，不需要调整点阵的位置。

[0410] 图37(b)表示从具有图37(a)的图案的二维周期结构得到的周期结构的空间频率的强度分布。在与三个周期结构(周期为P_a、P_b和P_c)相对应的位置(即，从各个中心仅离开$1/P_a$、$1/P_b$和$1/P_c$的位置)形成了点。例如，通过将三个周期设定为使红色光、绿色光和蓝色光分别在相同方向上提高指向性的周期，能够以形成在一个层上的亚微米结构使三个不同波长的光向特定方向射出。通过重合这三种颜色的光，能够向特定方向射出白色的光。

[0411] 这里，对于红色光、绿色光和蓝色光，例示了使各自的指向性提高的情况，但波长也可以任意选择。另外，也可以使其与激发光干涉而能够有效地激发光致发光材料。

[0412] 这样的具有多个周期结构的亚微米结构例如可以形成在光致发光层上，也可以形成在透光层上，还可以形成在光致发光层与透光层的界面(两方的层)上。进而，在具有基板的构成中，也可以在基板上形成亚微米结构。

[0413] 构成光致发光层的材料可以是发出白色光的材料，例如也可以将发出蓝色光的光致发光层与发出黄色光的光致发光层层叠。或者，还可以使用将发出不同颜色的光的光致发光材料混合而成的光致发光层。

[0414] 产业上的可利用性

[0415] 本申请的发光器件和发光装置能够适用于以照明器具、显示器、投影仪为代表的各种光学设备。

[0416] 符号说明

[0417] 100、100a 发光器件

[0418] 110 光致发光层(导波层)

[0419] 120、120’、120a、120b、120c 透光层(周期结构、亚微米结构)

[0420] 140 透明基板

[0421] 150 保护层

[0422] 180 光源

[0423] 200 发光装置

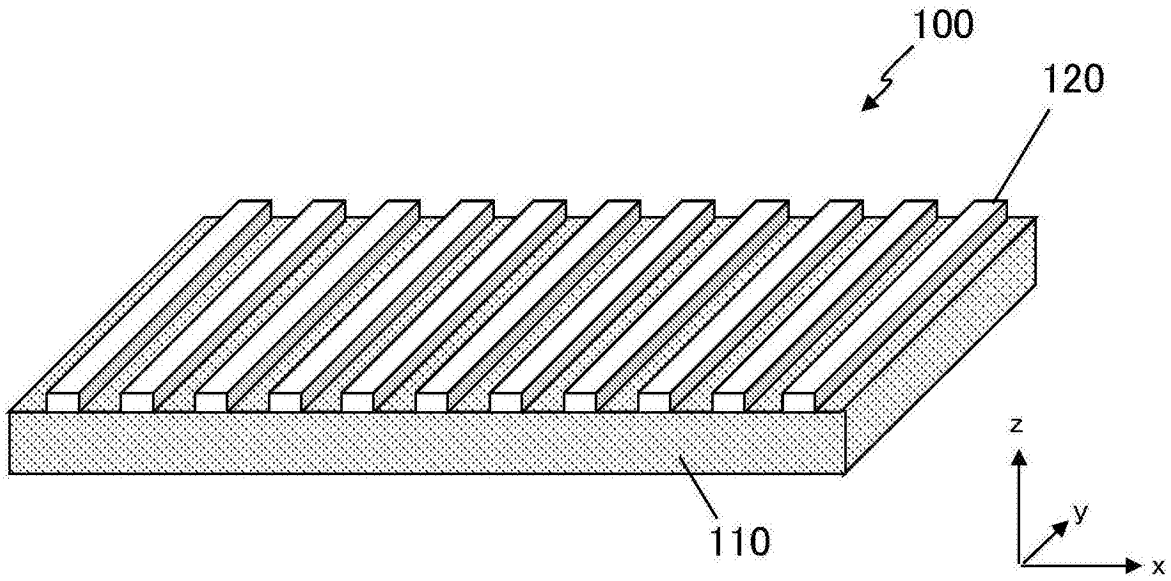


图1A

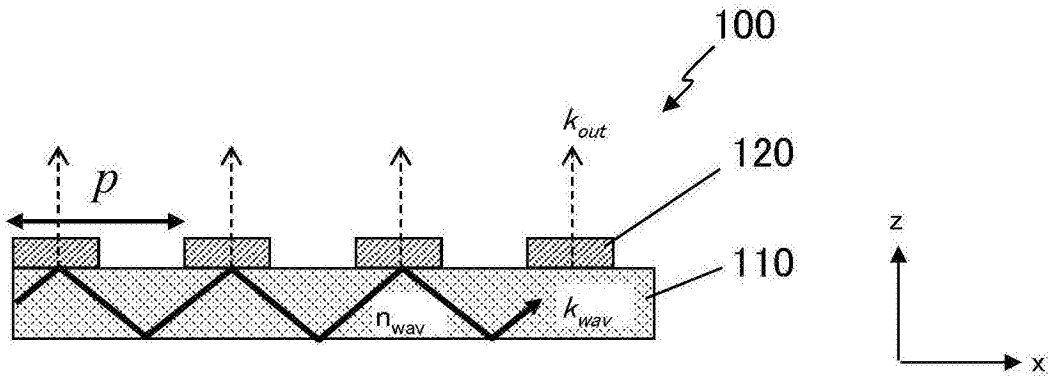


图1B

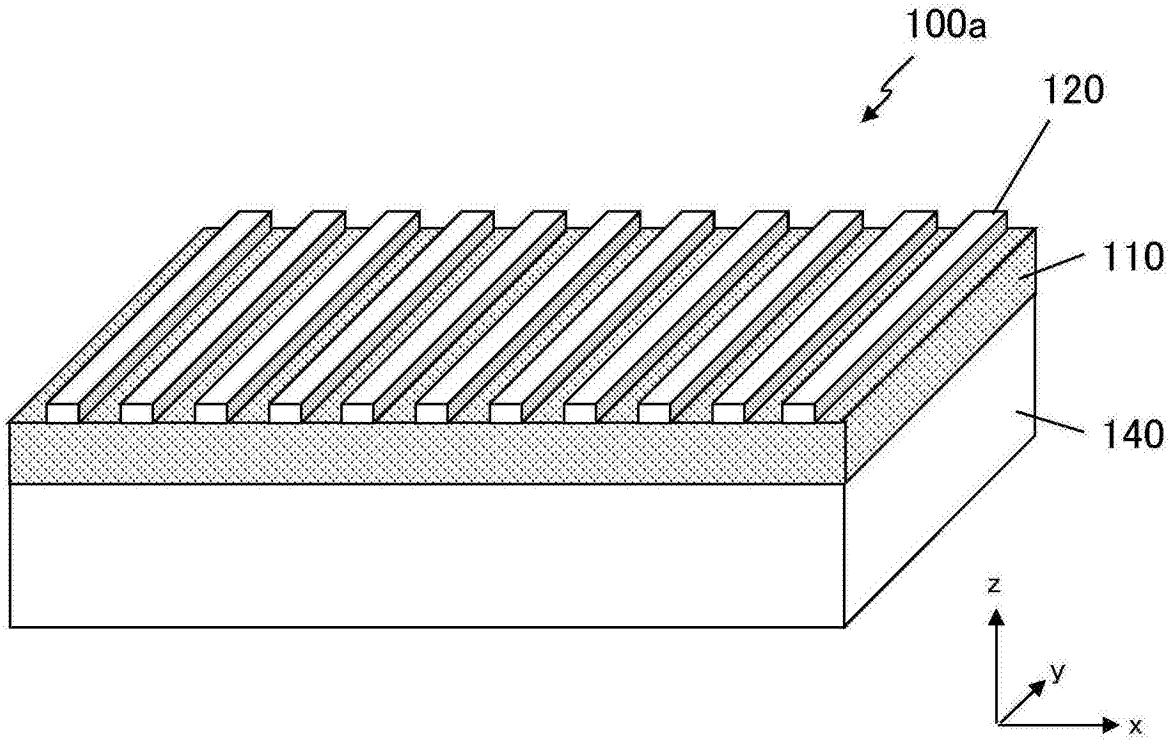


图1C

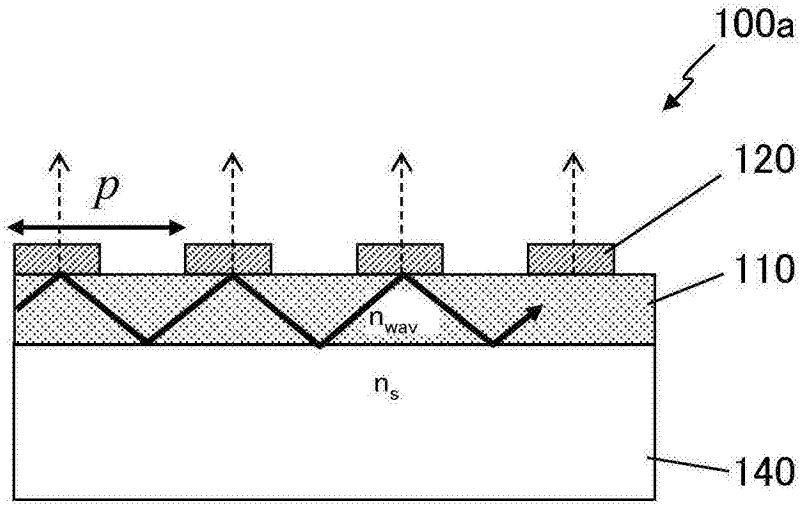


图1D

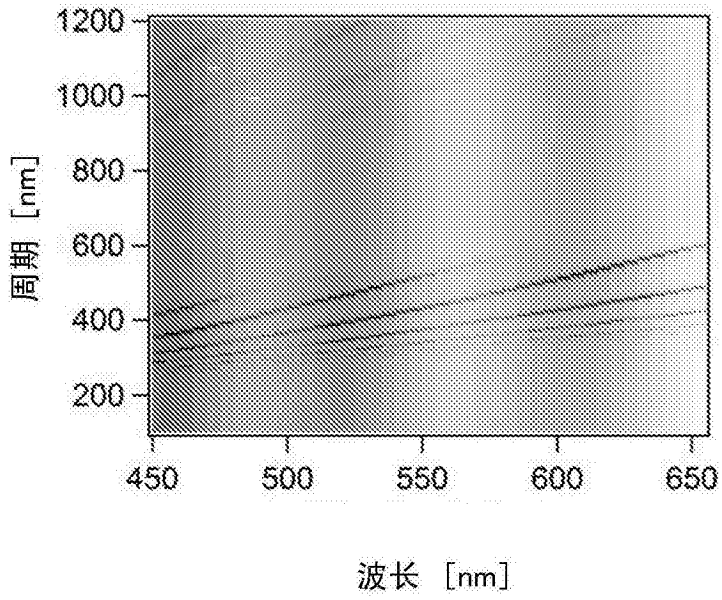

1200
1000
800
600
400
200
周期 [nm]
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图2

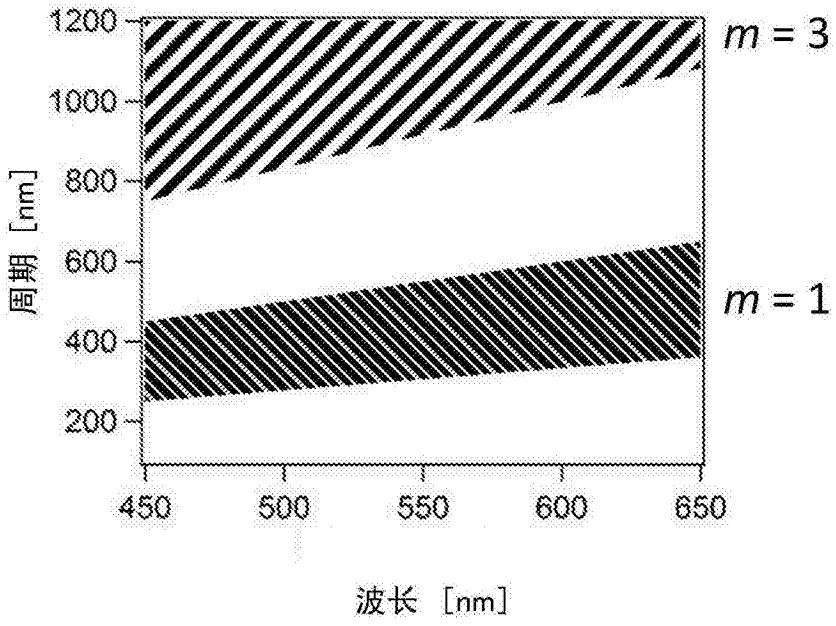

1200
1000
800
600
400
200
周期 [nm]
m = 3
m = 1
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图3

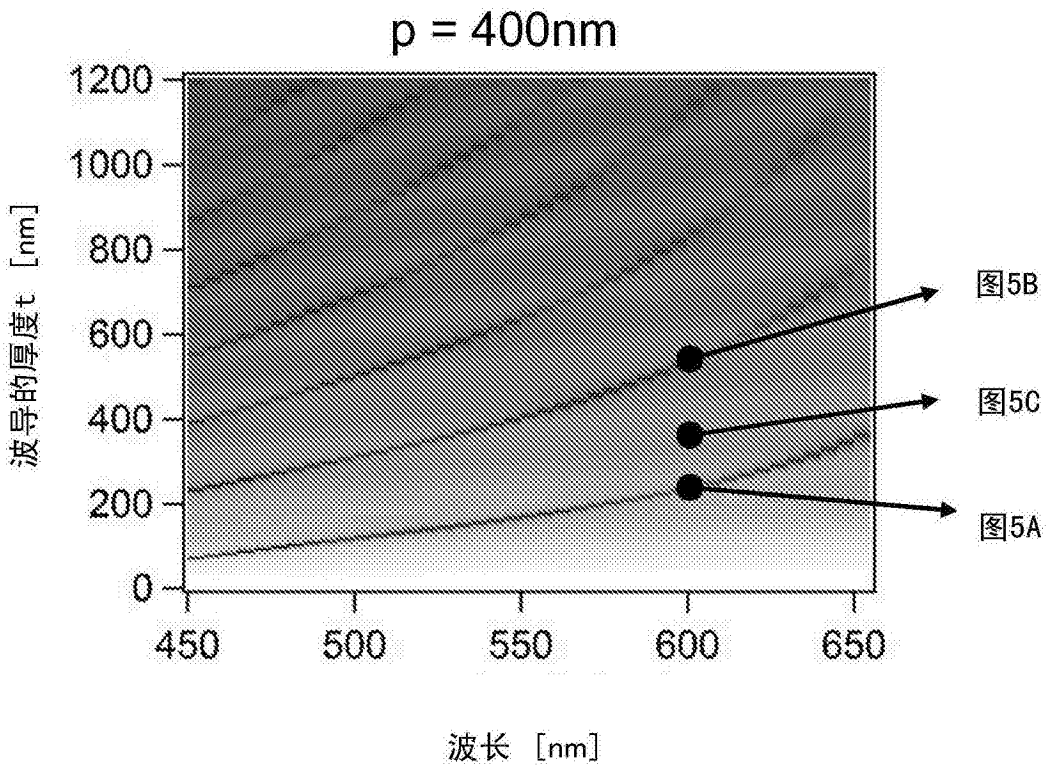

p = 400nm
1200
1000
800
600
400
200
0
波导的厚度t [nm]
450
500
550
600
650
波长 [nm]
图5B
图5C
图5A

图4

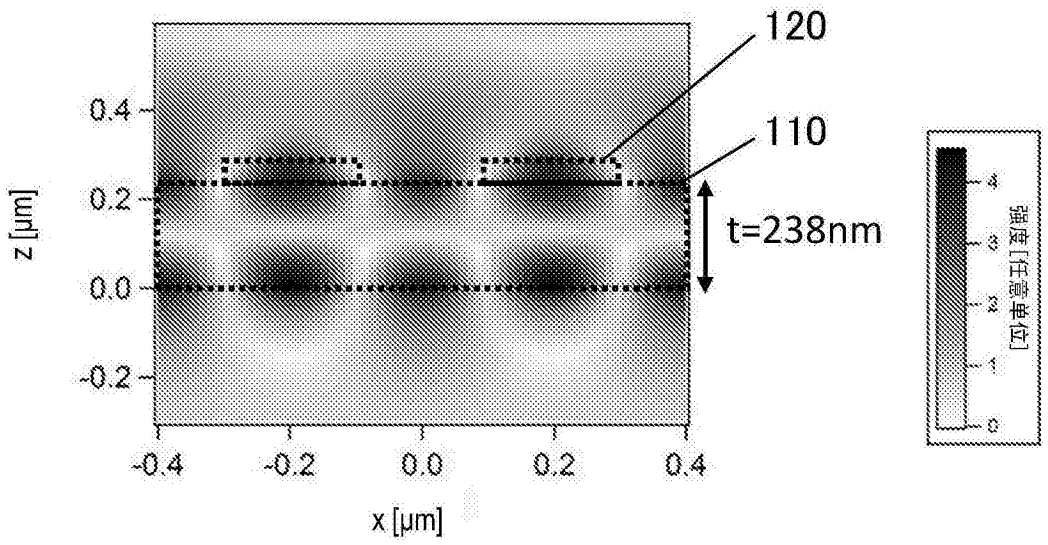

120
110
t=238nm
0.4
0.2
0.0
-0.2
z [μm]
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
x [μm]
强度[任意单位]

图5A

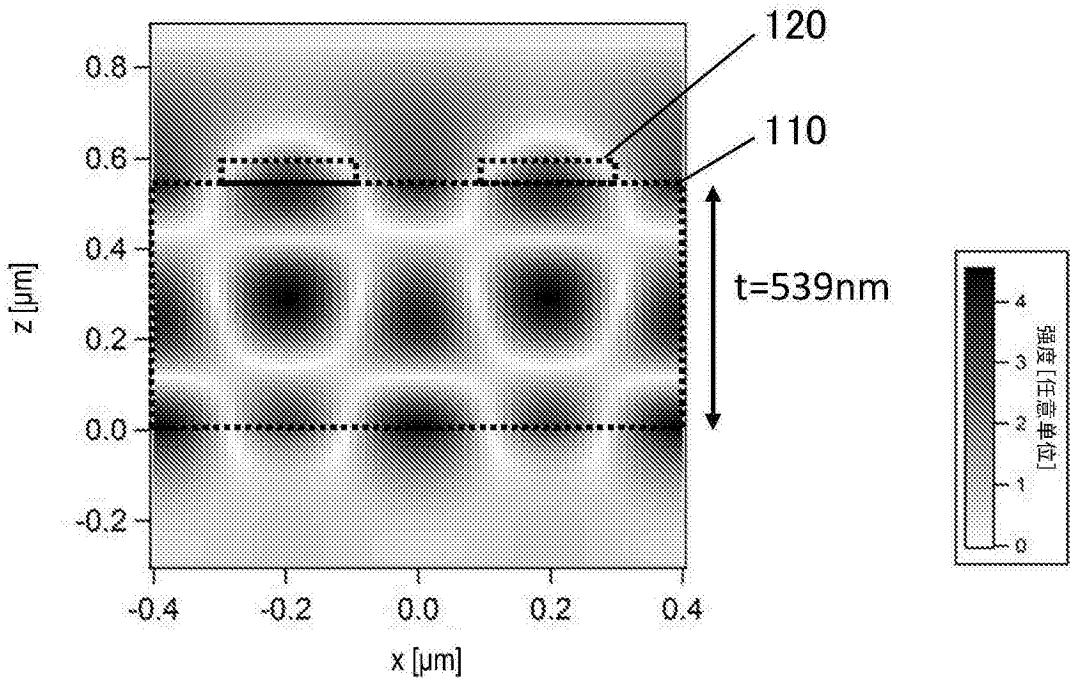

120
110
t=539nm
z [μm]
x [μm]
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
强度[任意单位]
4
3
2
1
0

图5B

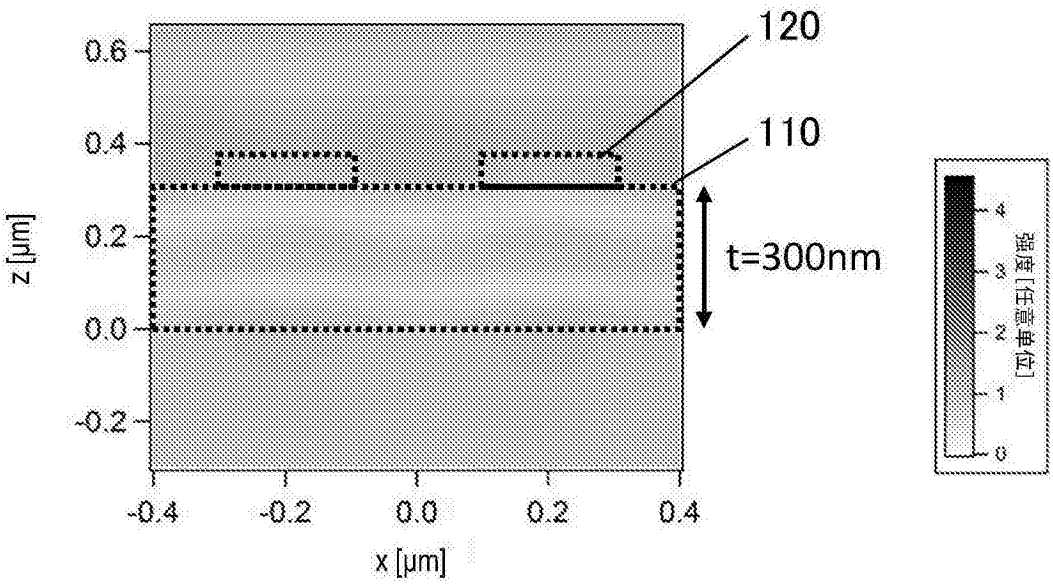

120
110
t=300nm
z [μm]
x [μm]
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
强度[任意单位]
4
3
2
1
0

图5C

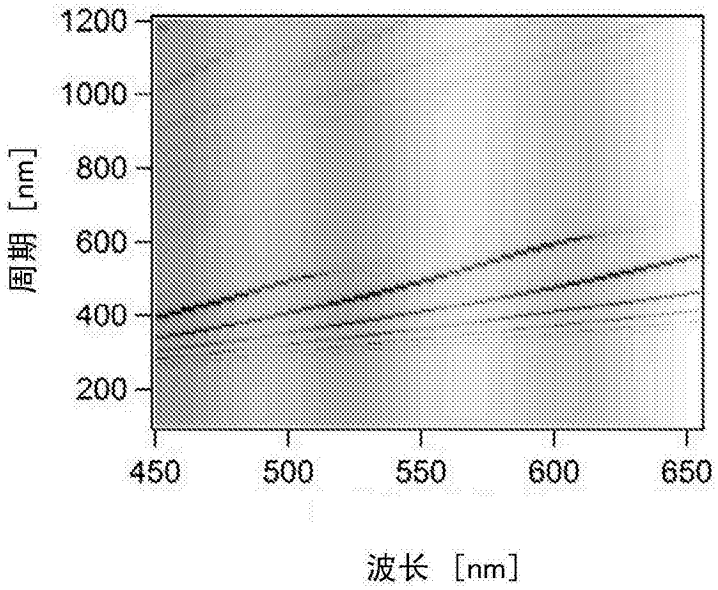


图6

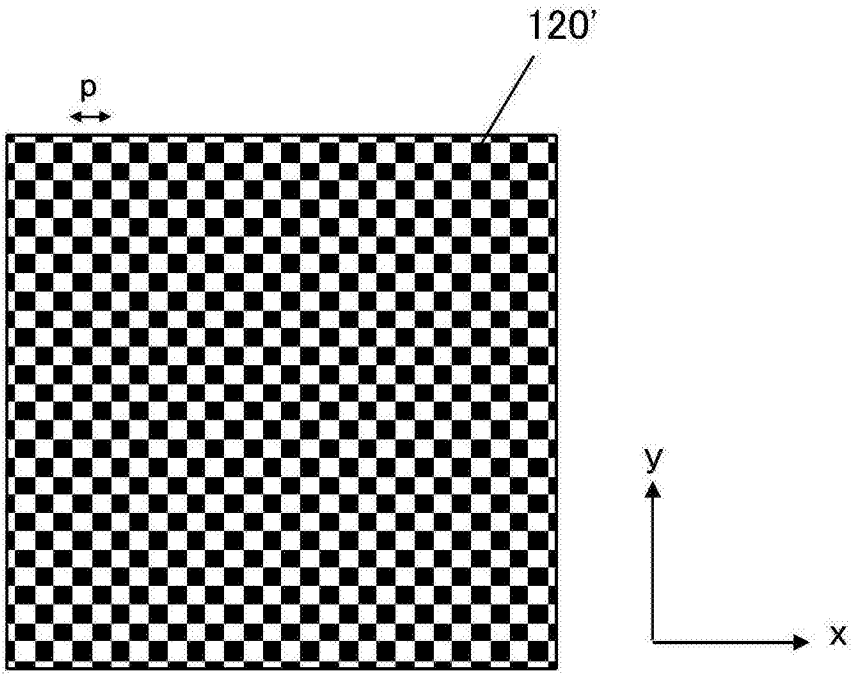


图7A

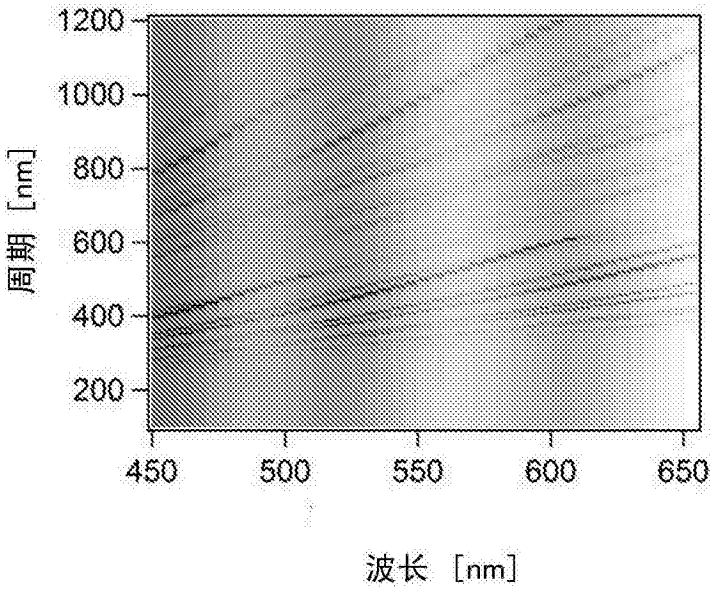

1200
1000
800
600
400
200
周期 [nm]
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图7B

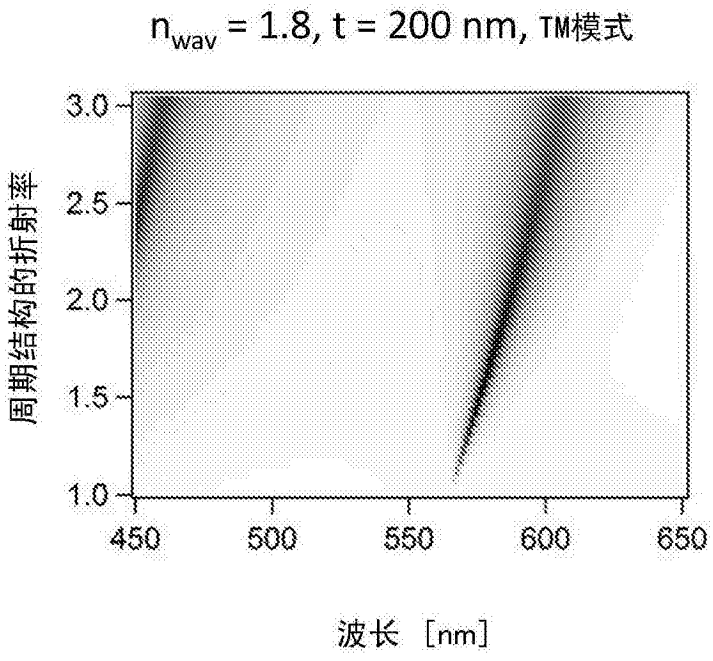

n_{wav} = 1.8, t = 200 nm, TM模式
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
周期结构的折射率
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图8

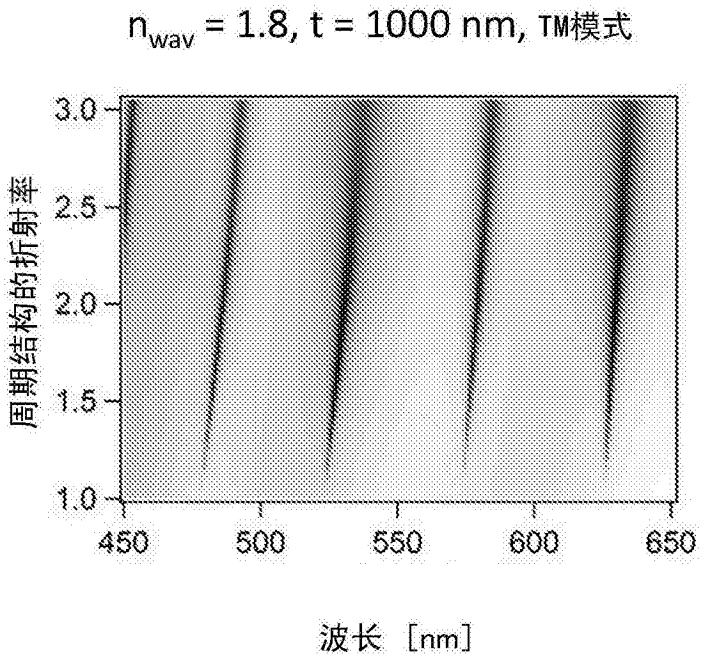

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图9

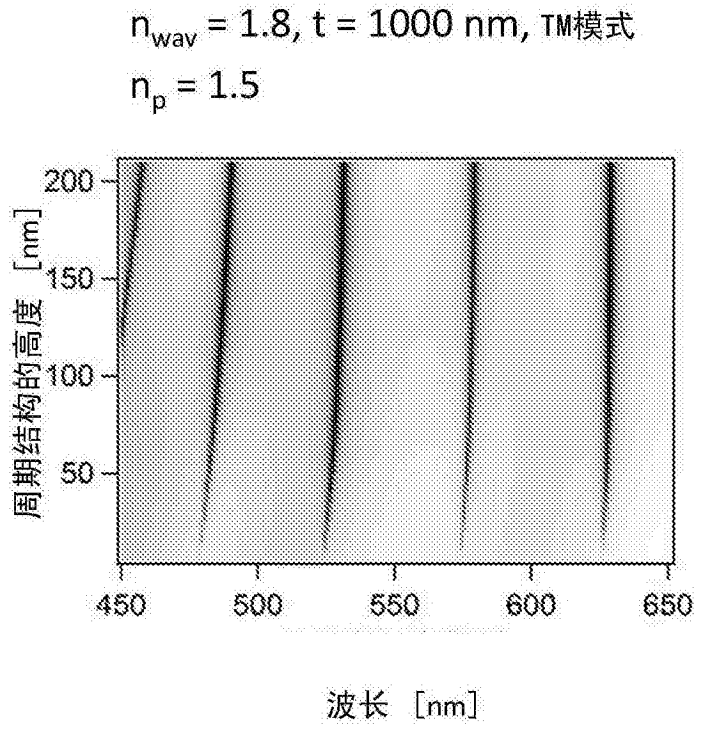

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
n_p = 1.5
周期结构的高度 [nm]
200
150
100
50
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图10

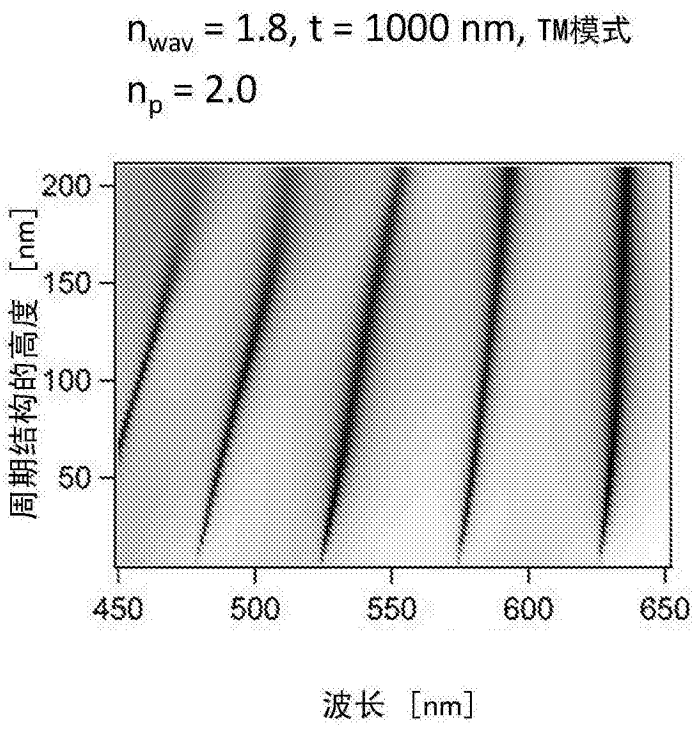

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
n_p = 2.0
周期结构的高度 [nm]
200
150
100
50
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图11

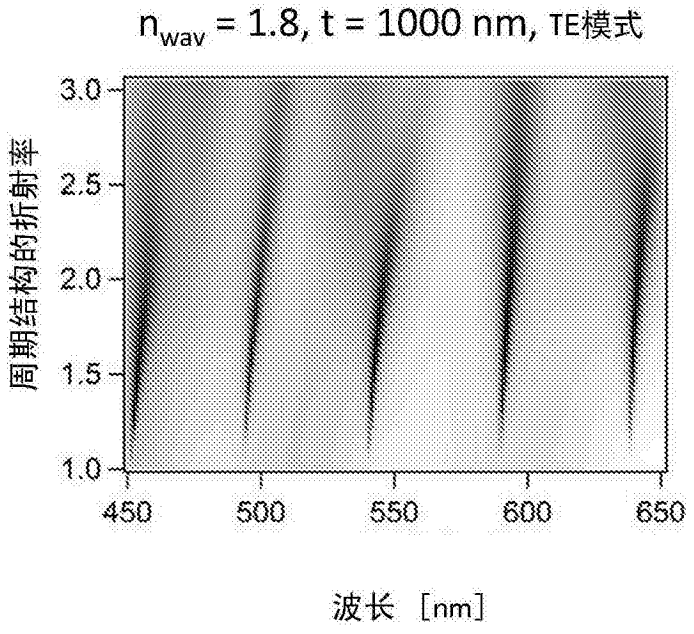

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TE模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图12

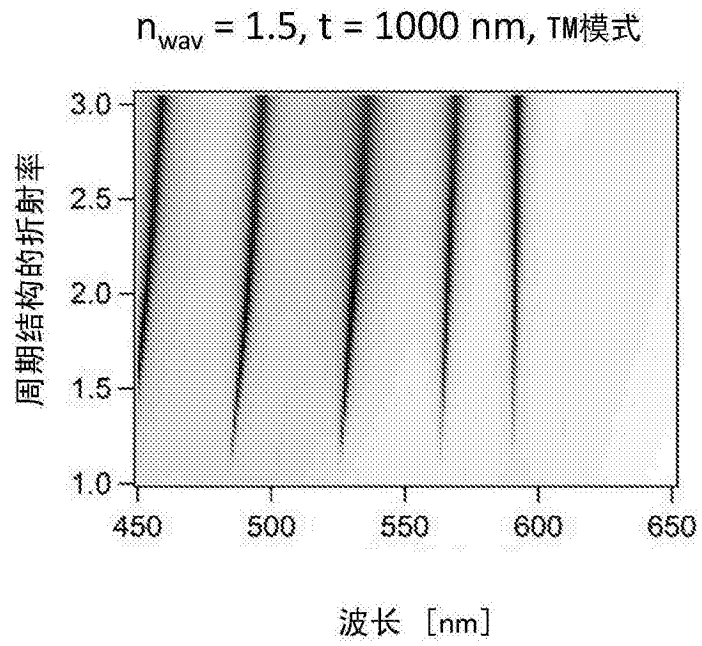

n_{wav} = 1.5, t = 1000 nm, TM模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图13

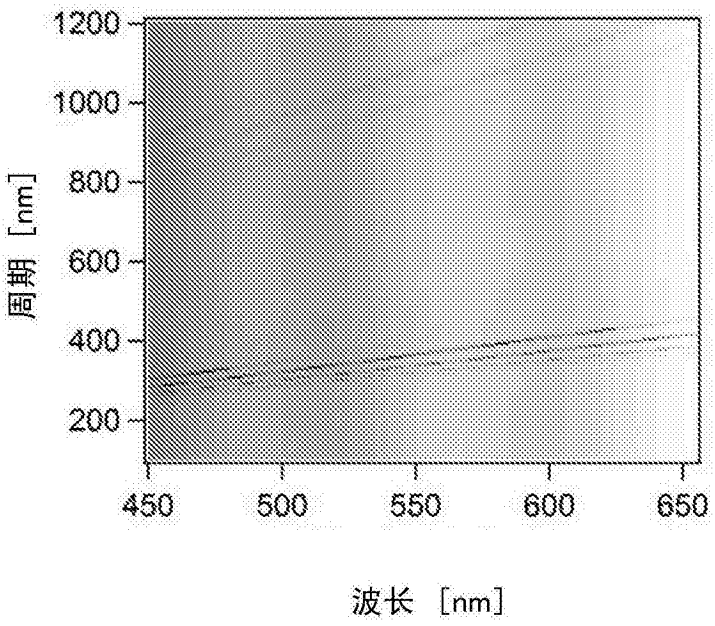

周期 [nm]
1200
1000
800
600
400
200
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图14

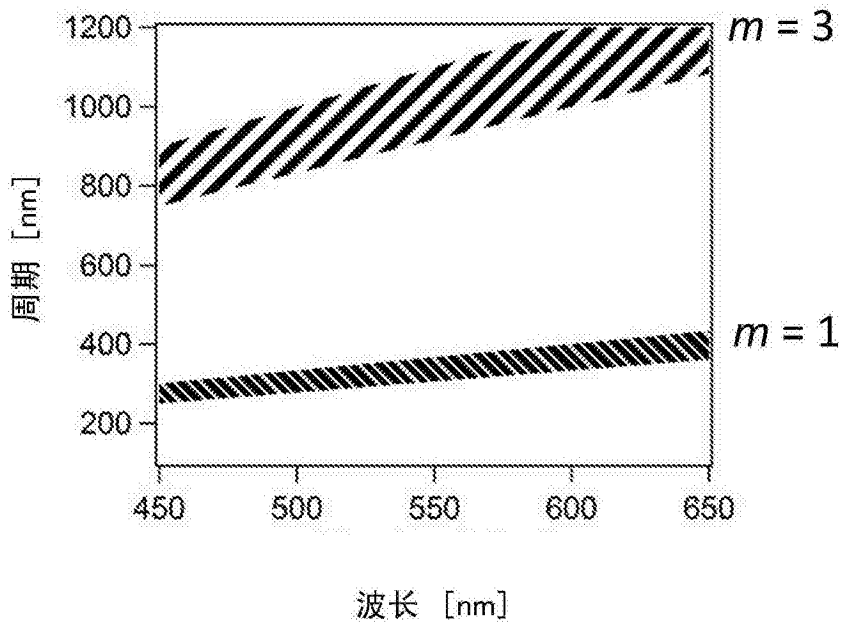

1200
1000
800
600
400
200
周期 [nm]
m = 3
m = 1
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图15

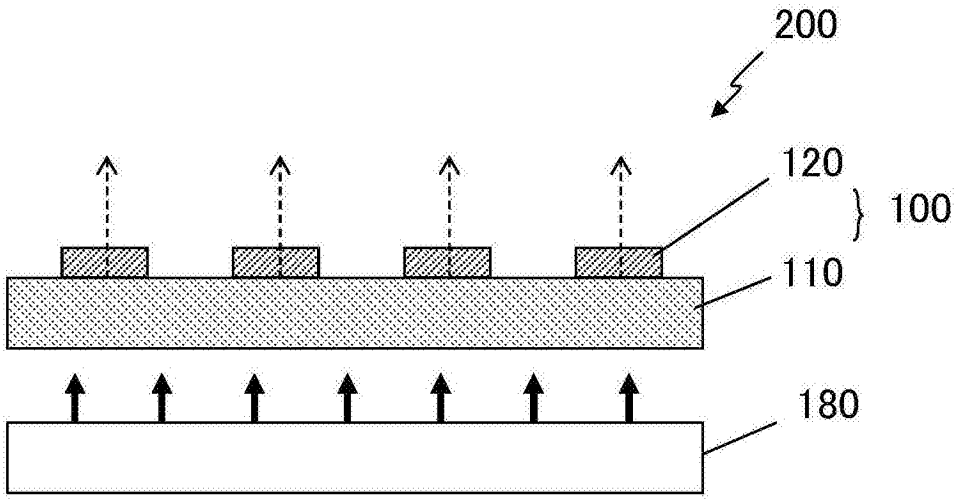
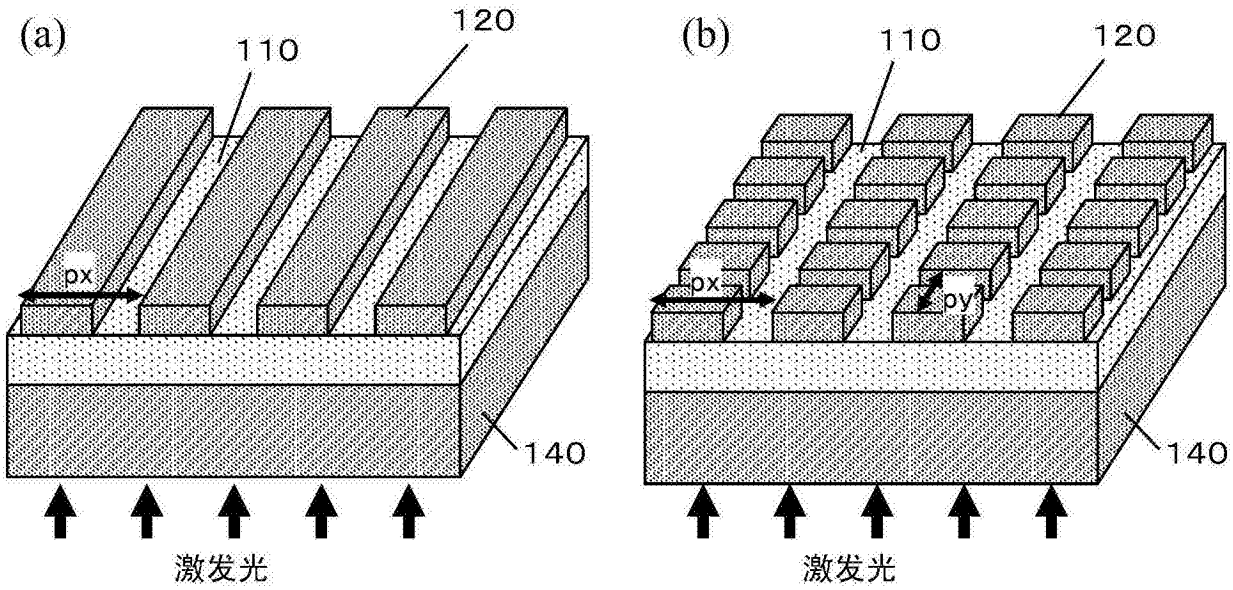
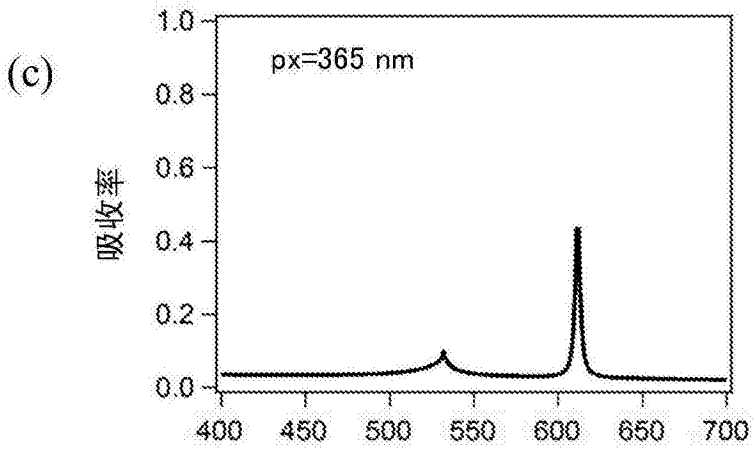

200
120
100
110
180

图16


(a)
110
120
px
140
激发光
(b)
110
120
px
py
140
激发光


(c)
px=365 nm
吸收率
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
400
450
500
550
600
650
700
波长 [nm]

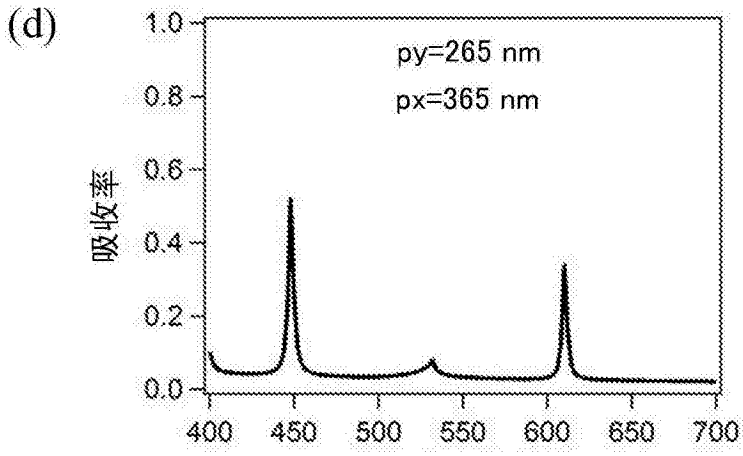

(d)
py=265 nm
px=365 nm
吸收率
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
400
450
500
550
600
650
700
波长 [nm]

图17

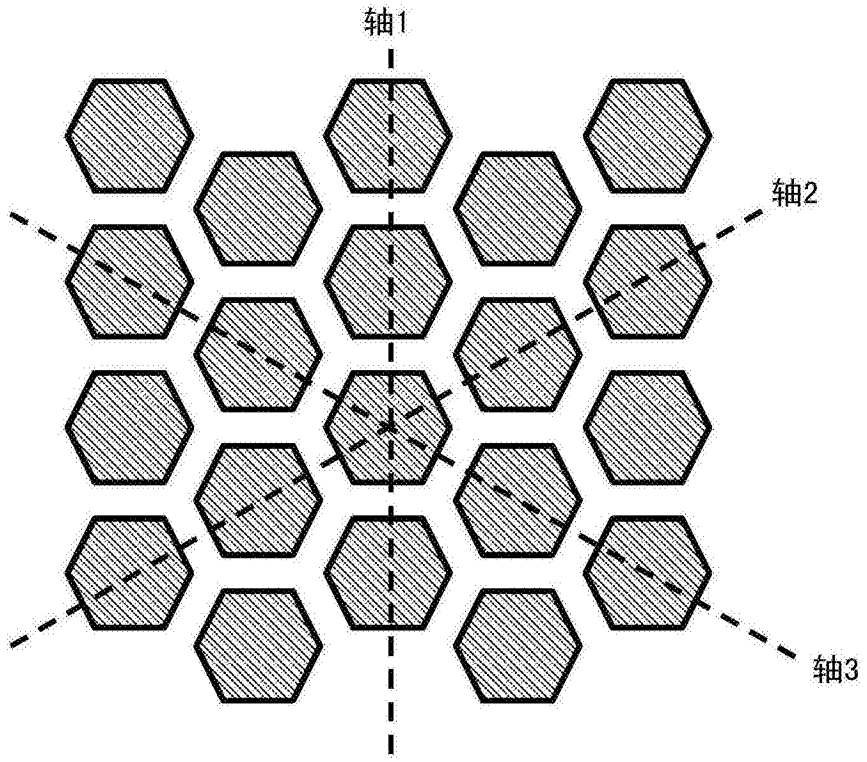


图18A

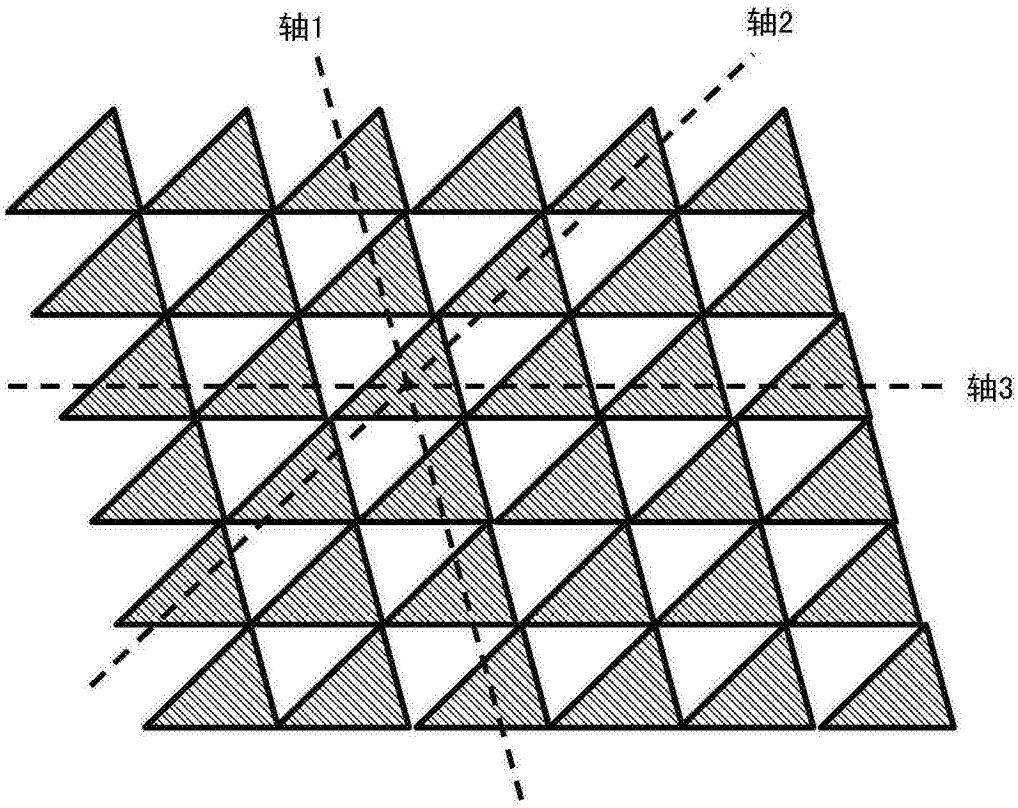


图18B

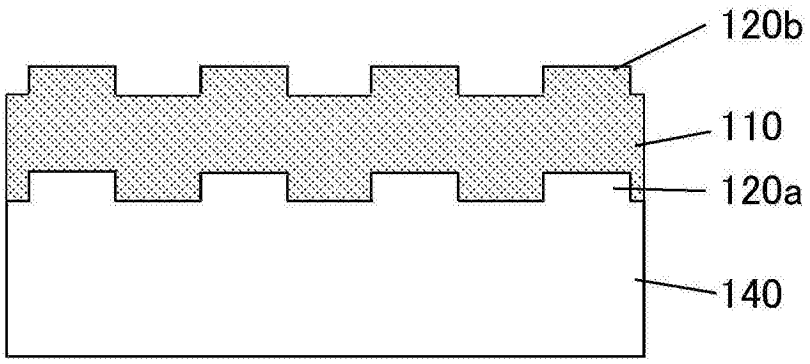


图19A

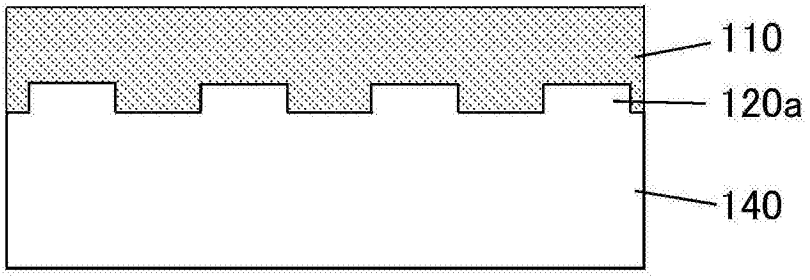


图19B

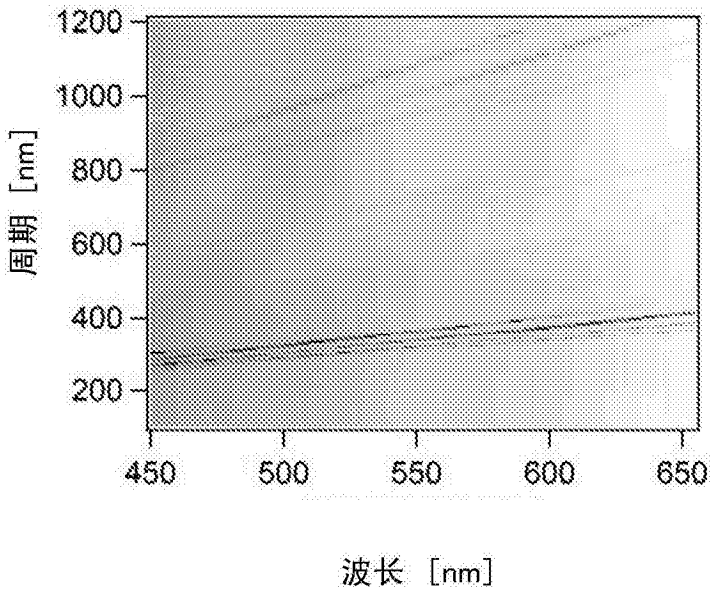


图19C

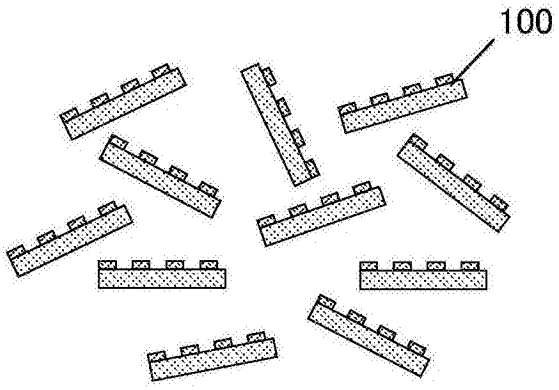


图20

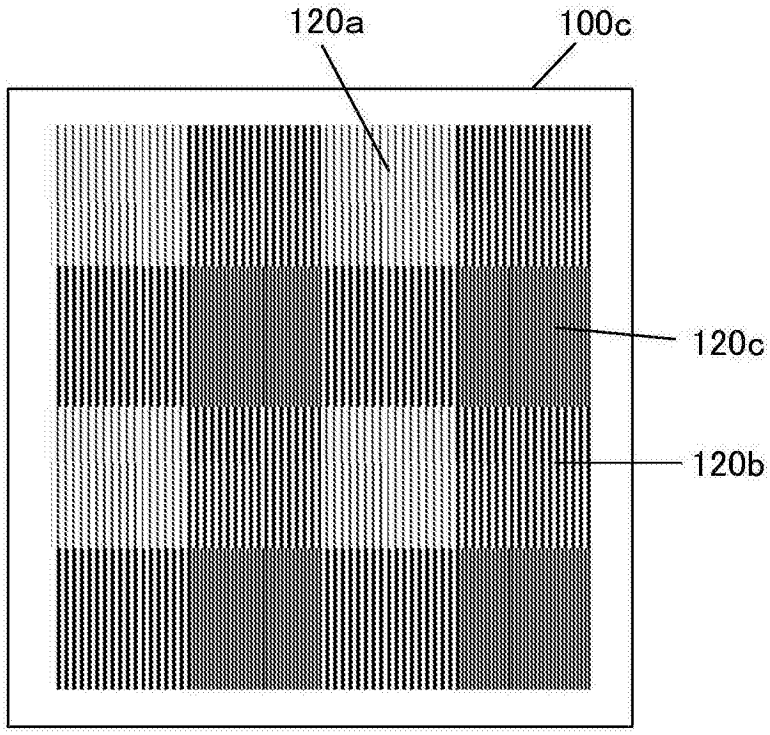


图21

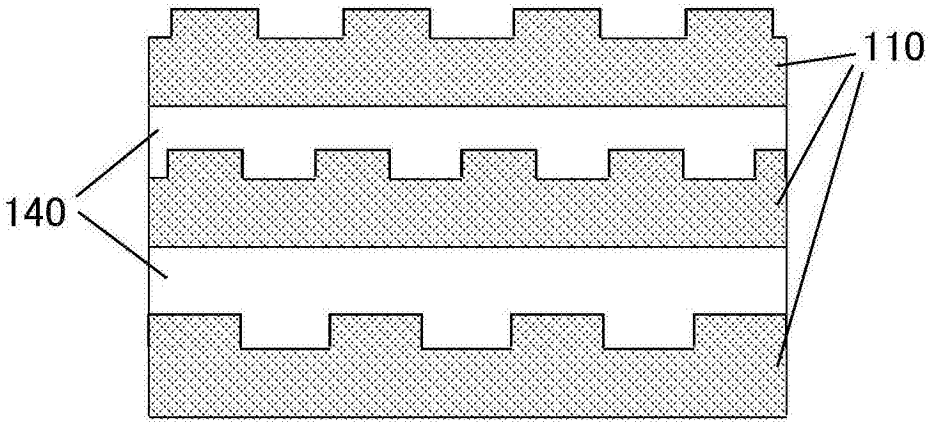


图22

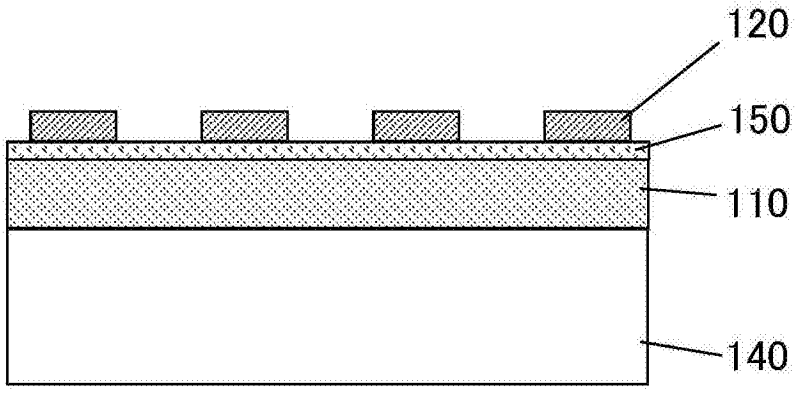


图23

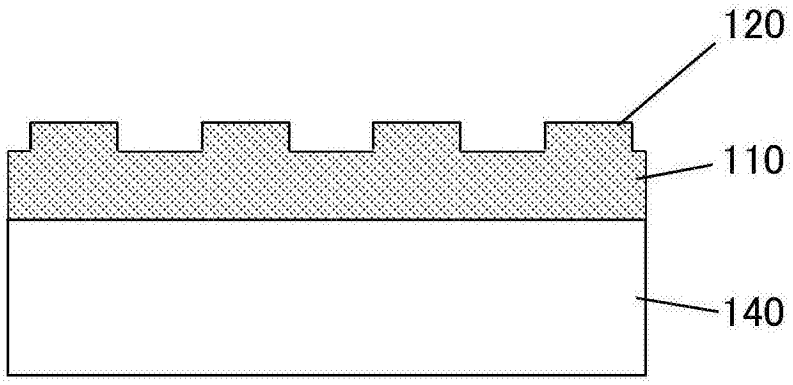


图24

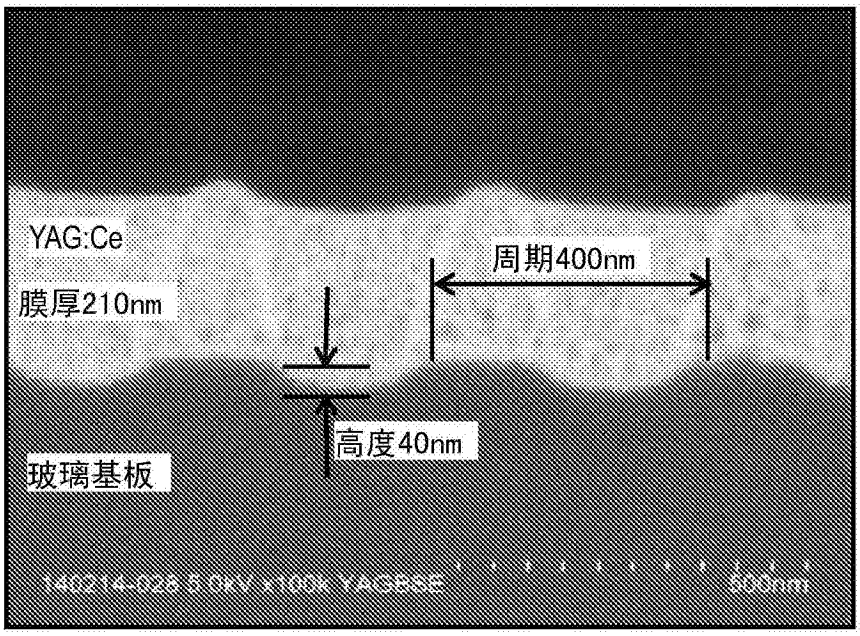

YAG:Ce
膜厚210nm
周期400nm
高度40nm
玻璃基板

图25

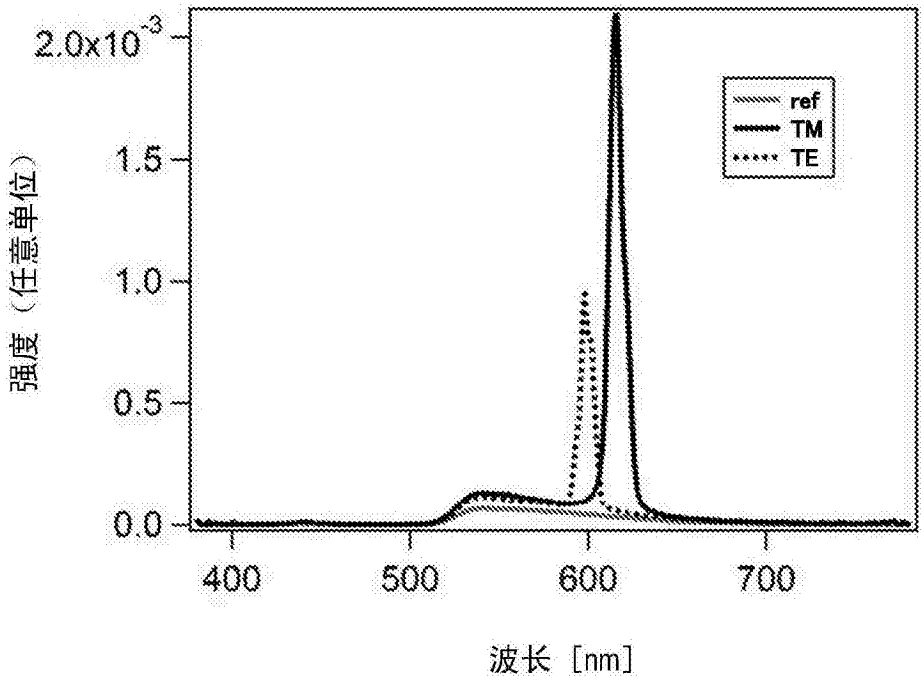

2.0x10-3
1.5
1.0
0.5
0.0
强度（任意单位）
400
500
600
700
波长［nm］
ref
TM
TE

图26

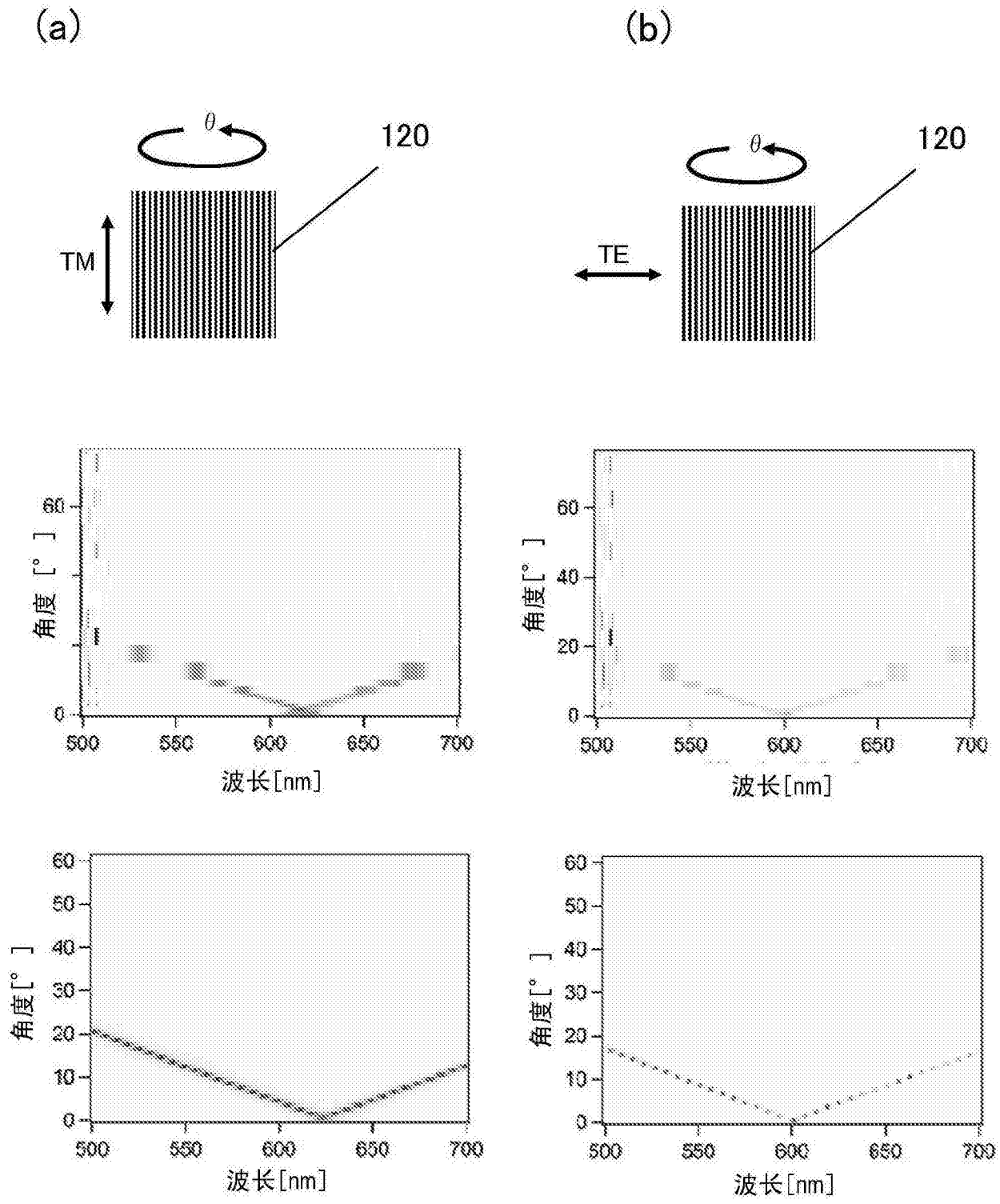


图27

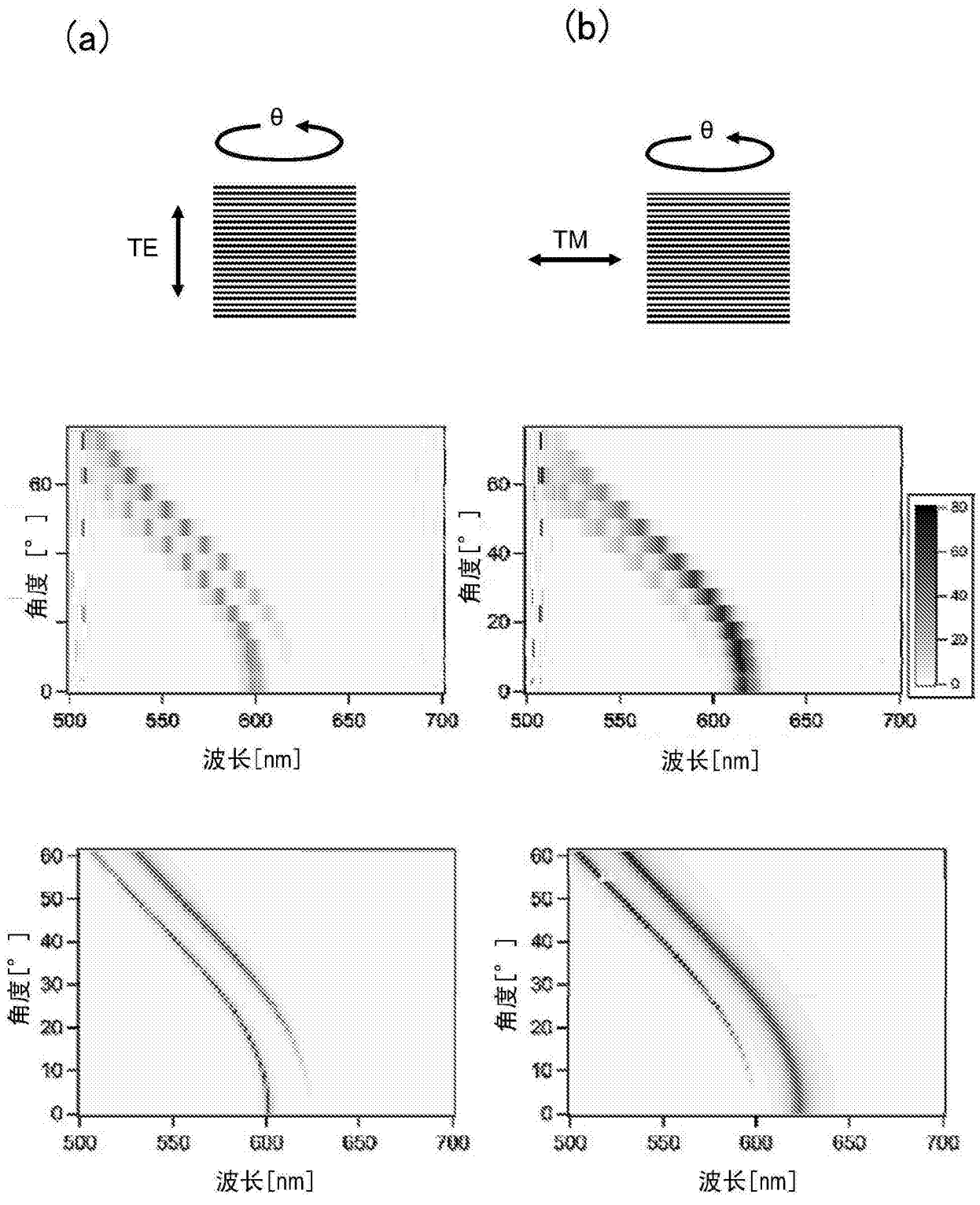


图28

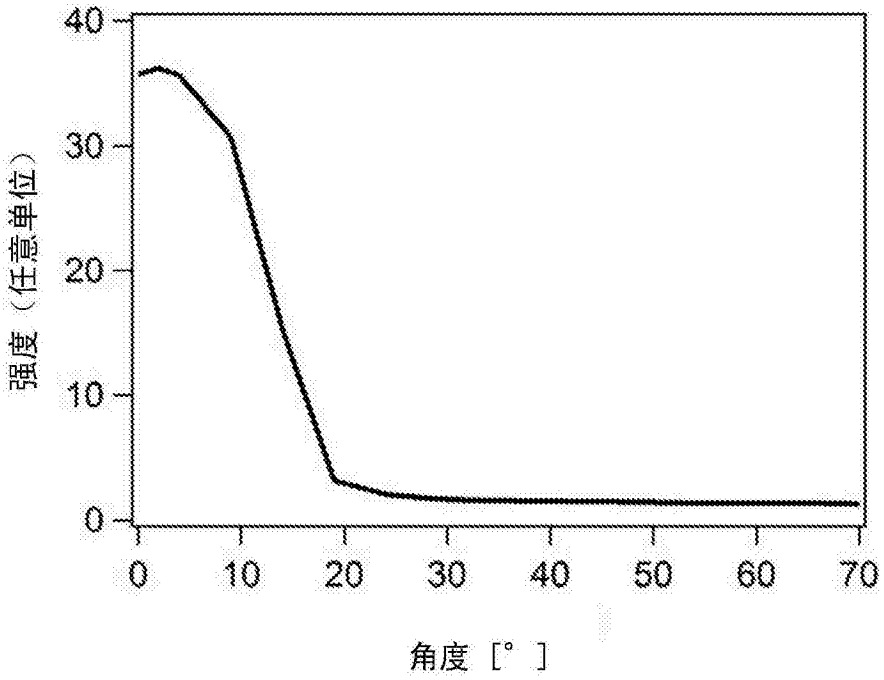


图29

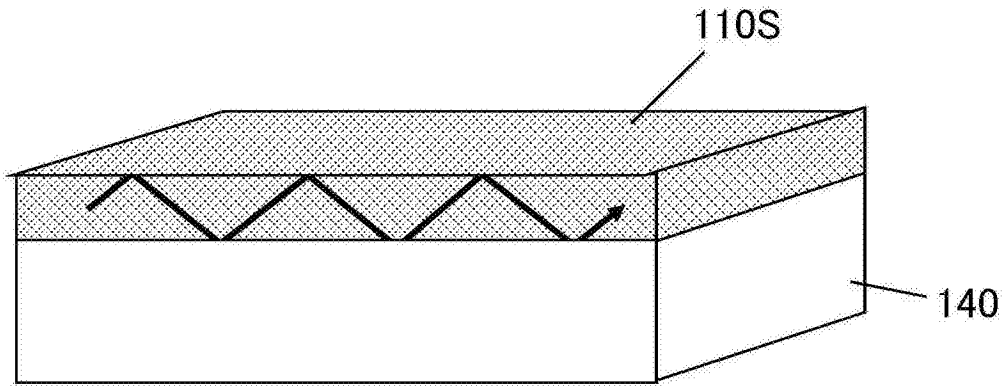


图30

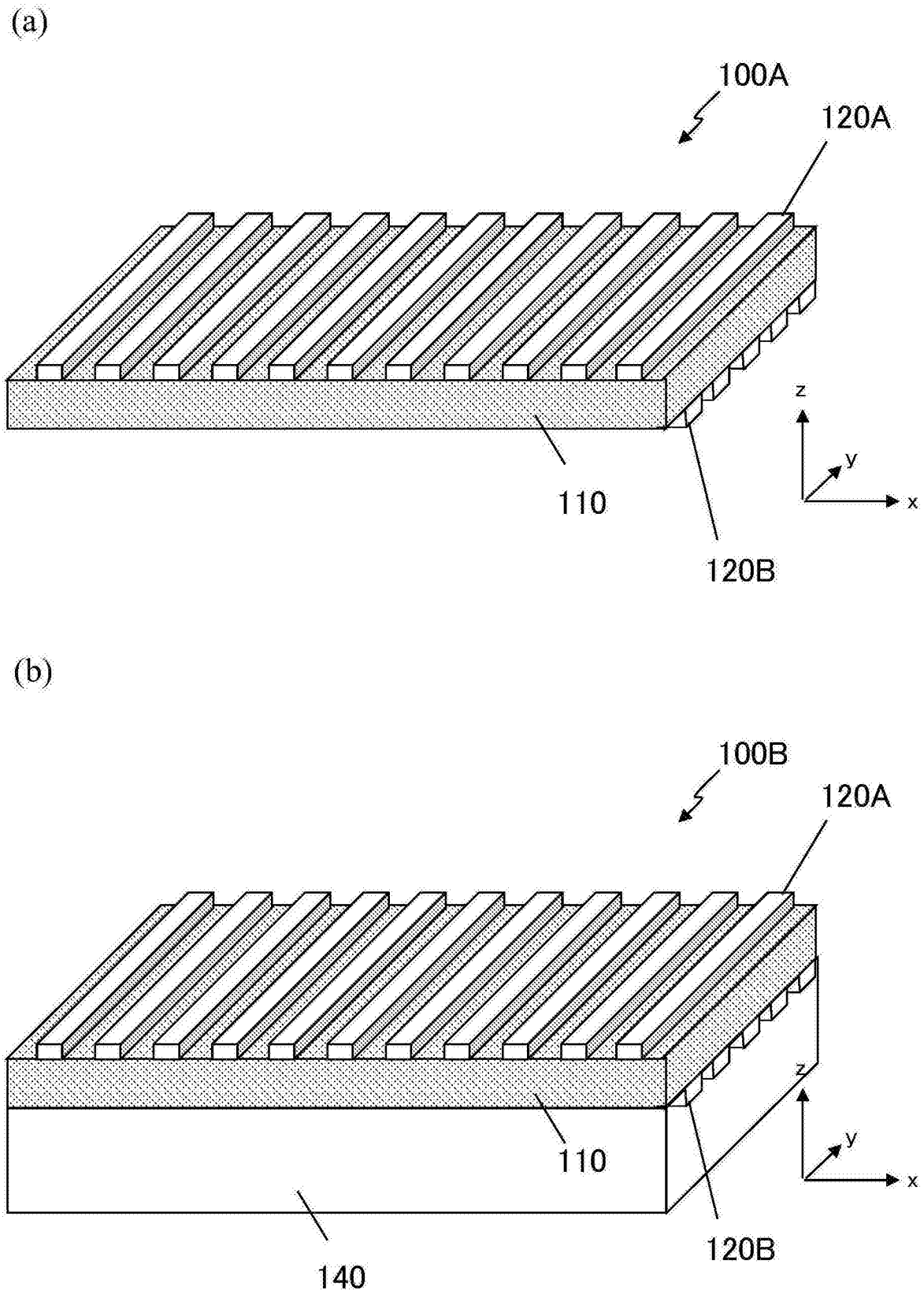


图31

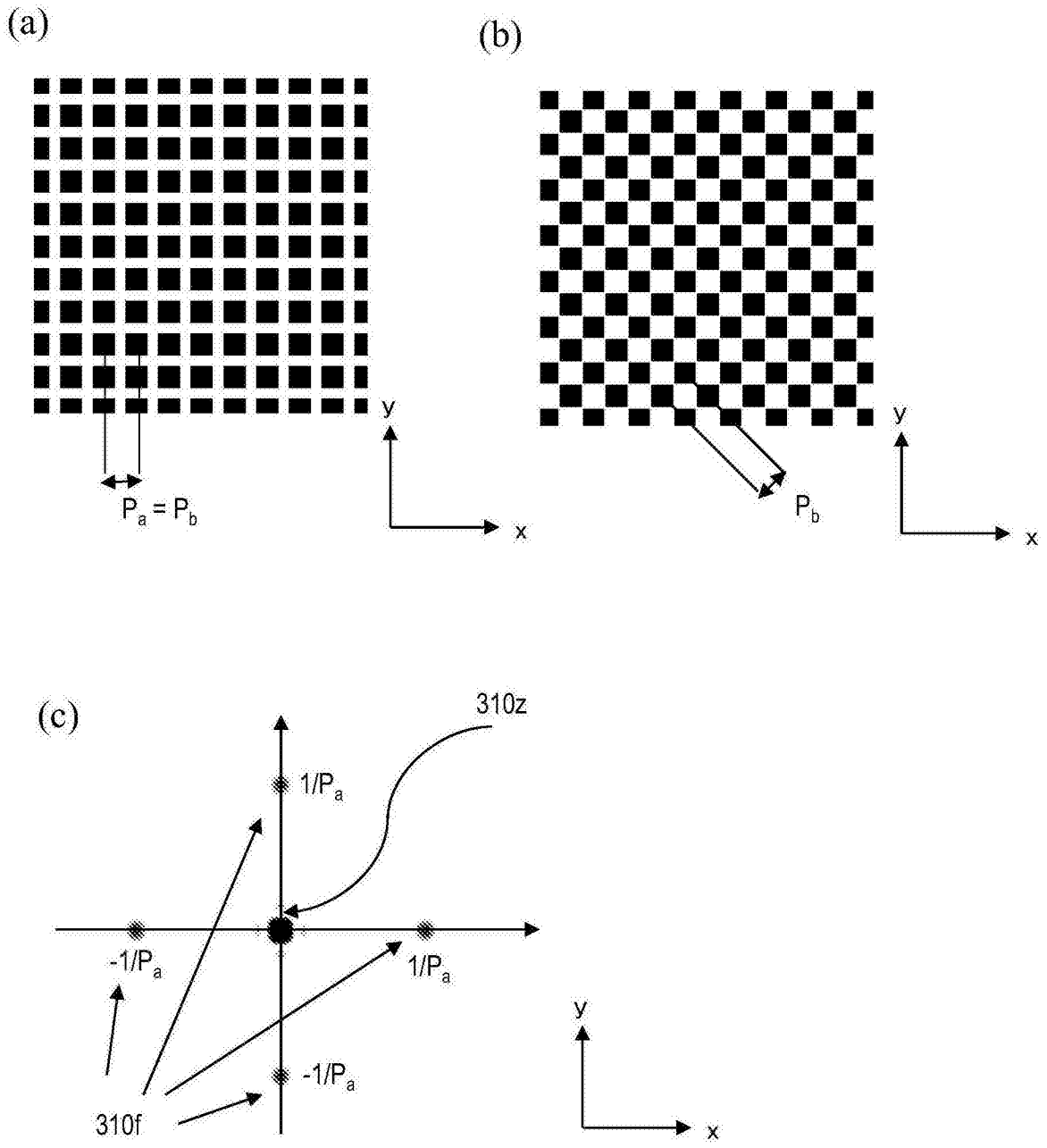


图32

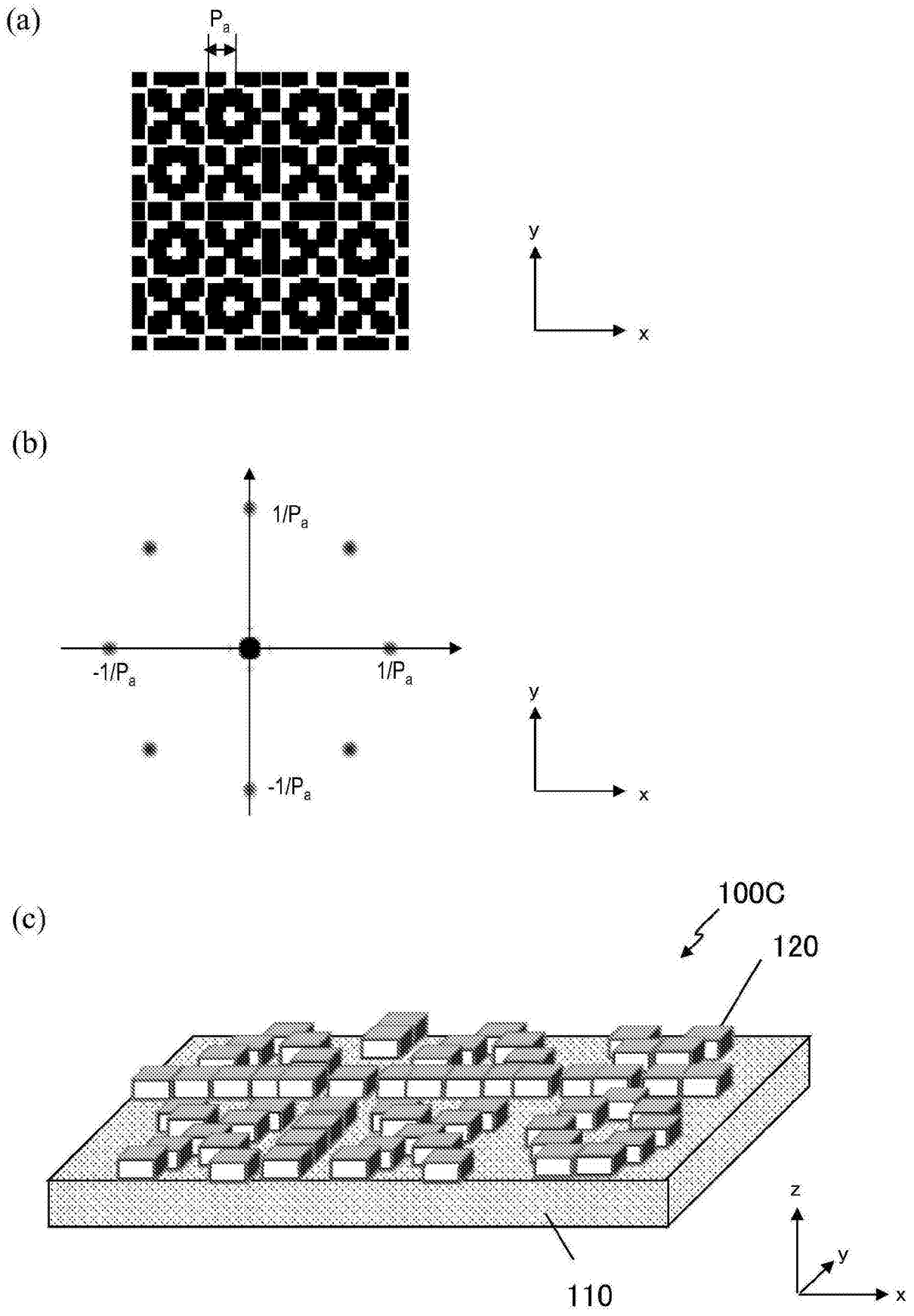


图33

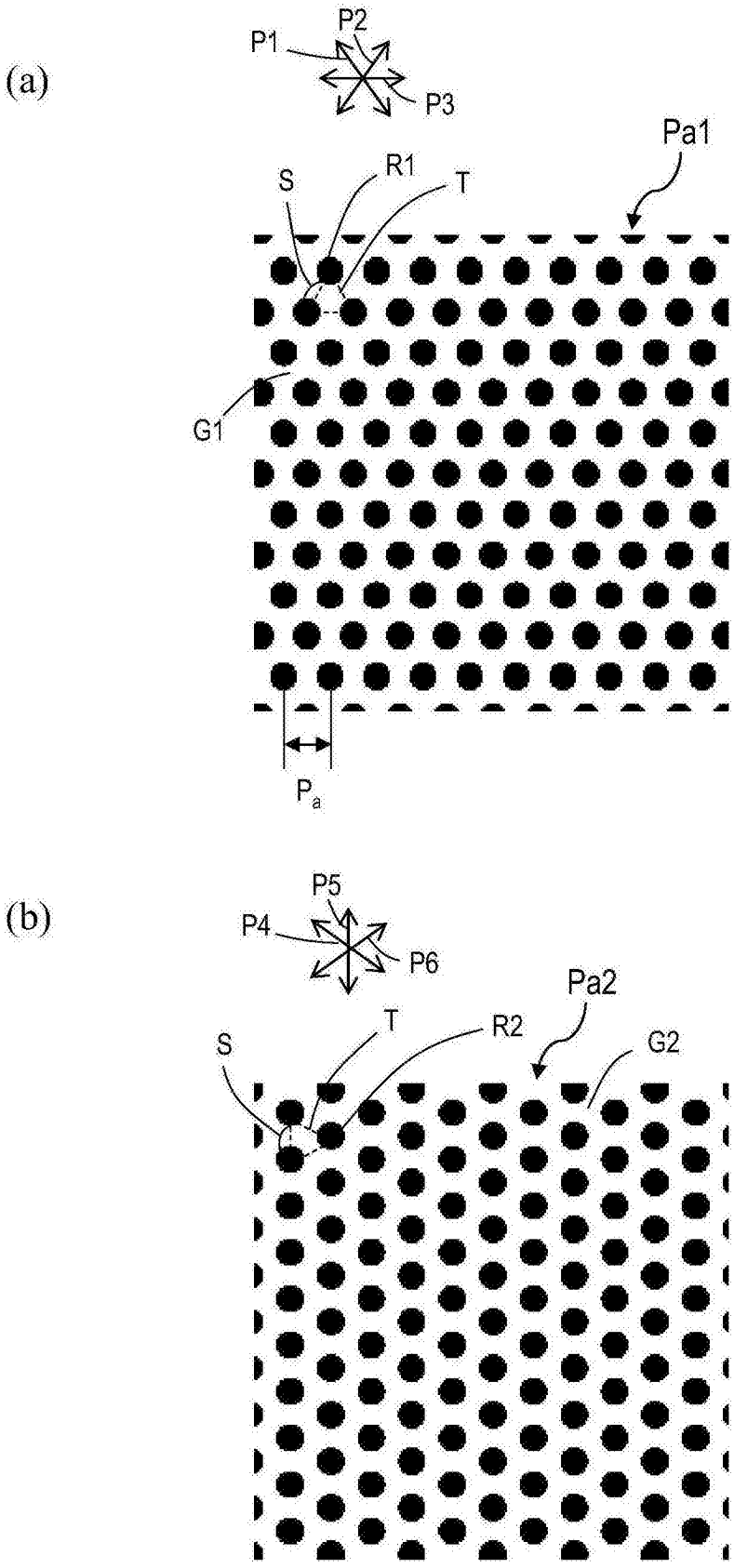
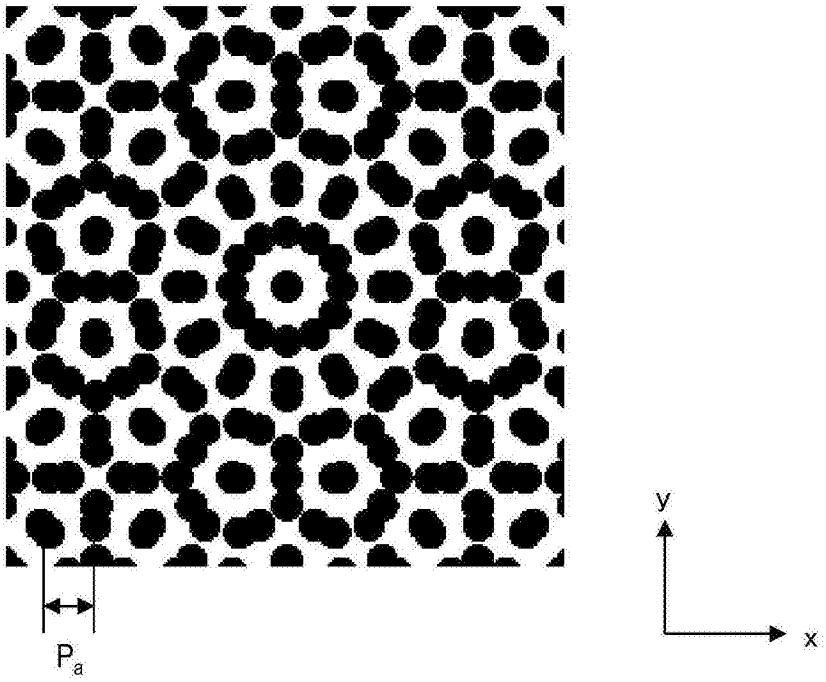


图34

(a)



(b)

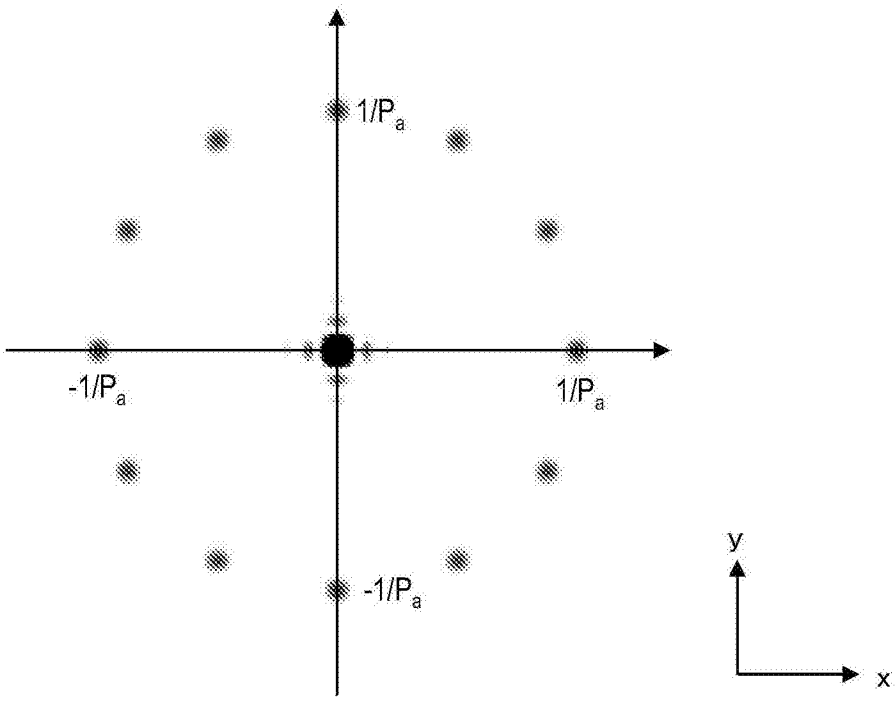


图35

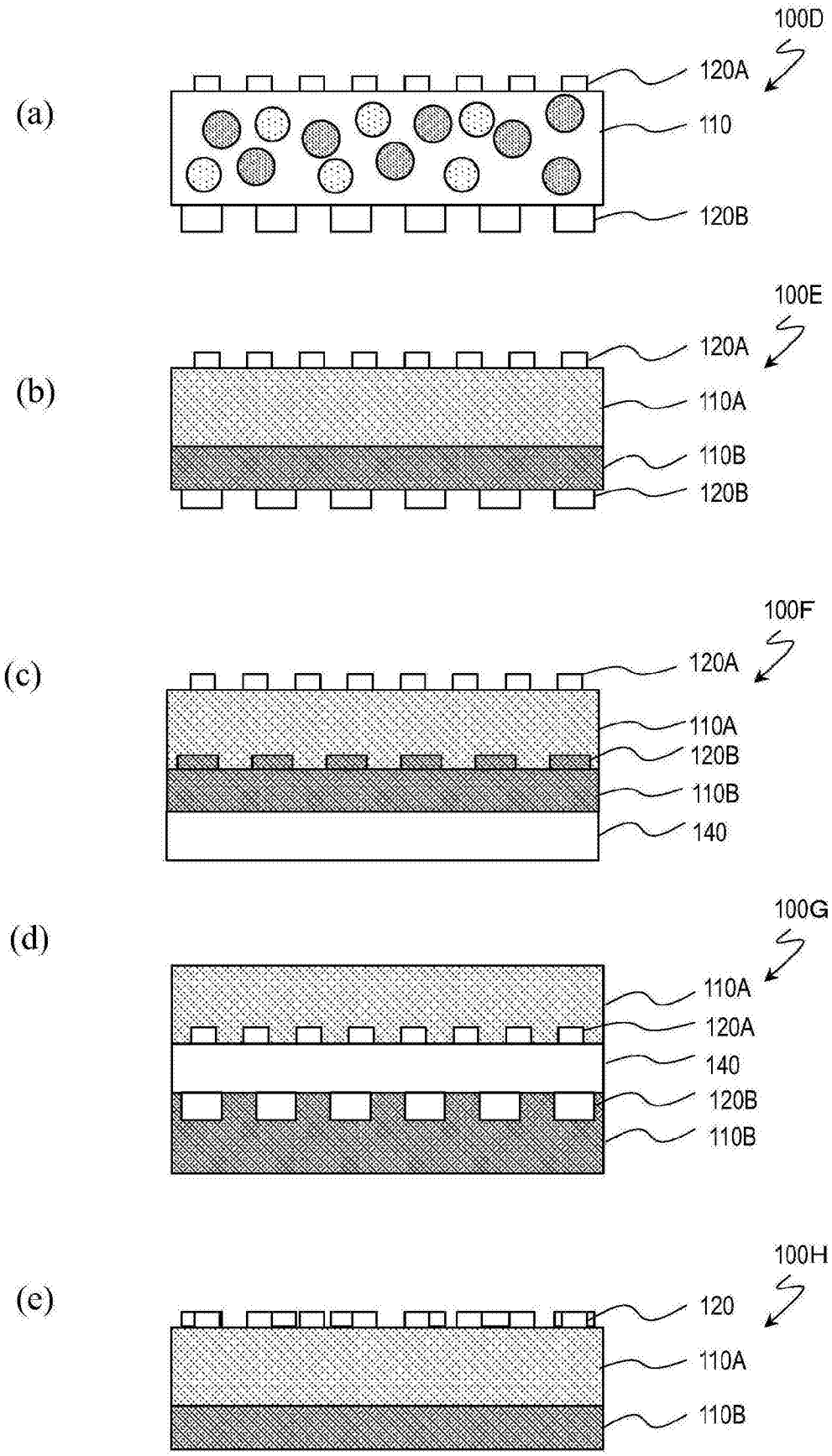

(a)
100D
120A
110
120B
(b)
100E
120A
110A
110B
120B
(c)
100F
120A
110A
120B
110B
140
(d)
100G
110A
120A
140
120B
110B
(e)
100H
120
110A
110B

图36

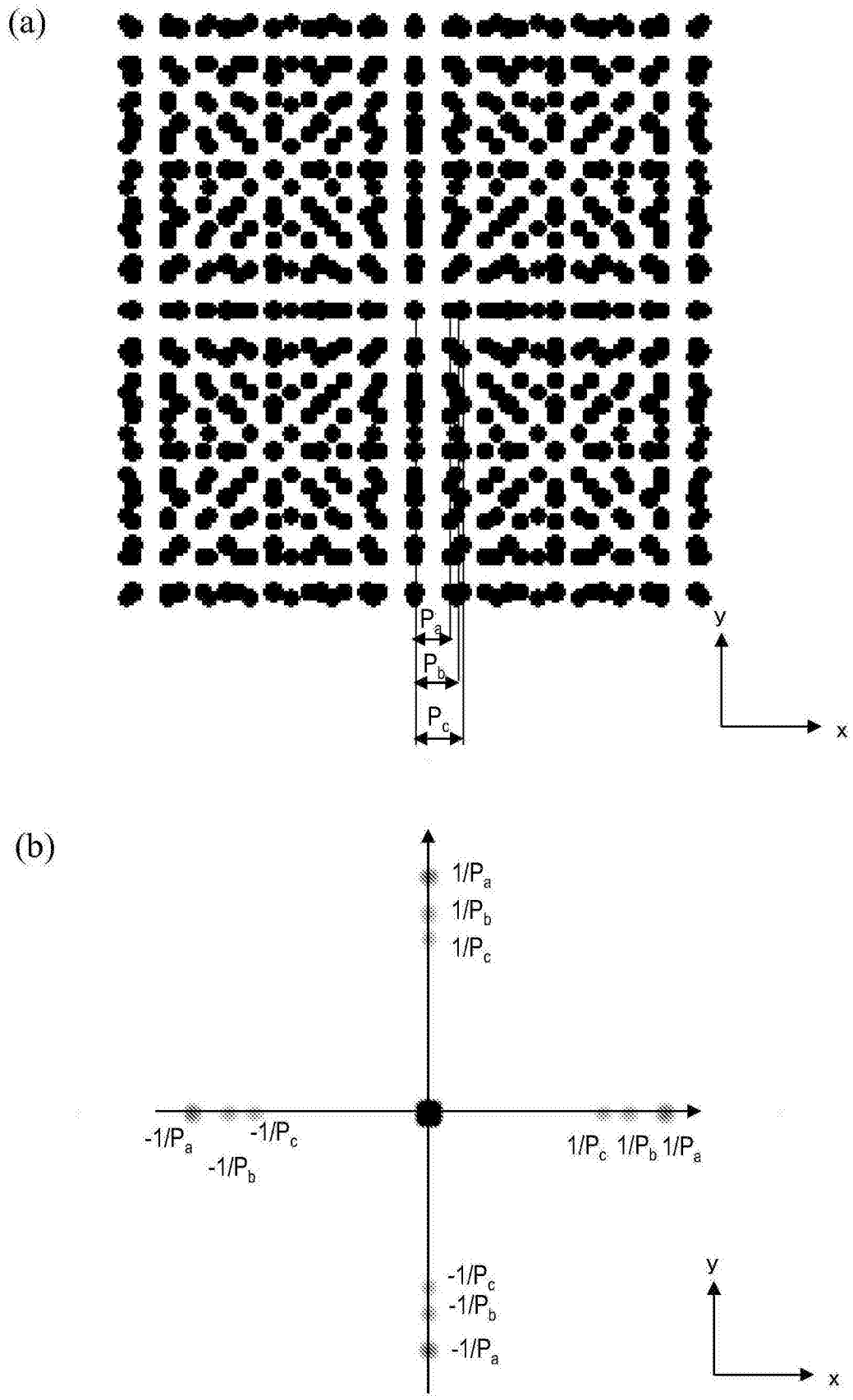


图37