



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105940508 A

(43)申请公布日 2016.09.14

(21)申请号 201480073154.1

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2014.08.22

代理人 陈建全

(30)优先权数据

2014-037992 2014.02.28 JP

2014-154112 2014.07.29 JP

(51)Int.Cl.

H01L 33/50(2006.01)

H01L 33/58(2006.01)

(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/JP2014/004324 2014.08.22

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/128909 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 稻田安寿 平泽拓 新田充

桥谷享 山木健之

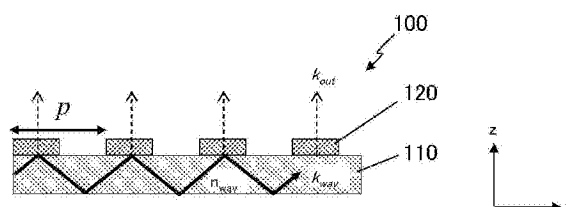
权利要求书3页 说明书27页 附图32页

(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(100)具有:光致发光层(110);透光层(120),该透光层(120)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,其中,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} 、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、将光致发光层(110)对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。



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} 、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、将所述光致发光层对所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。

2. 根据权利要求1所述的发光器件,其中,所述第一光是光致发光层所发出的光中除了峰值波长以外的波长的光。

3. 根据权利要求1或2所述的发光器件,其中,所述透光层对所述第一光的折射率 n_{t-a} 小于所述光致发光层对所述第一光的折射率 n_{wav-a} 。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的发光器件,其中,所述第一光在由所述亚微米结构预先确定的第一方向上强度最大。

5. 根据权利要求4所述的发光器件,其中,所述第一方向为所述光致发光层的法线方向。

6. 根据权利要求4或5所述的发光器件,其中,向所述第一方向射出的所述第一光为直线偏振光。

7. 根据权利要求4~6中任一项所述的发光器件,其中,以所述第一光的所述第一方向为基准时的指向角小于 15° 。

8. 根据权利要求4~7中任一项所述的发光器件,其中,具有与所述第一光的波长 λ_a 不同的波长 λ_b 的第二光在与所述第一方向不同的第二方向上强度最大。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的发光器件,其中,所述透光层具有所述亚微米结构。

10. 根据权利要求1~9中任一项所述的发光器件,其中,所述光致发光层具有所述亚微米结构。

11. 根据权利要求1~8中任一项所述的发光器件,其中,所述光致发光层具有平坦的主面,

所述透光层形成在所述光致发光层的所述平坦的主面上,并且具有所述亚微米结构。

12. 根据权利要求11所述的发光器件,其中,所述光致发光层被透明基板支撑。

13. 根据权利要求1~8中任一项所述的发光器件,其中,所述透光层为在一个主面上具有所述亚微米结构的透明基板,

所述光致发光层被形成在所述亚微米结构之上。

14. 根据权利要求1或2所述的发光器件,其中,所述透光层对所述第一光的折射率 n_{t-a} 为所述光致发光层对所述第一光的折射率 n_{wav-a} 以上,所述亚微米结构所具有的所述多个凸部的高度或所述多个凹部的深度为150nm以下。

15. 根据权利要求1~14中任一项所述的发光器件,其中,所述亚微米结构包含由所述多个凸部或所述多个凹部形成的至少一个周期结构,所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。

16. 根据权利要求1~14中任一项所述的发光器件, 其中, 所述亚微米结构包含由所述多个凸部或所述多个凹部形成的至少一个周期结构, 所述至少一个周期结构包含当将周期设定为 p_a 时成立 $\lambda_a/n_{\text{wav-a}} < p_a < \lambda_a$ 的关系的第一周期结构,

所述第一周期结构为一维周期结构。

17. 根据权利要求16所述的发光器件, 其中, 所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,

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

所述第二周期结构为一维周期结构。

18. 根据权利要求1~14中任一项所述的发光器件, 其中, 所述亚微米结构包含具有由所述多个凸部或所述多个凹部形成的至少两个周期结构的二维周期结构, 所述至少两个周期结构在互相不同的方向具有周期性。

19. 根据权利要求1~14中任一项所述的发光器件, 其中, 所述亚微米结构包含由所述多个凸部或所述多个凹部形成的多个周期结构,

所述多个周期结构包含以矩阵状排列的多个周期结构。

20. 根据权利要求1~14中任一项所述的发光器件, 其中, 所述亚微米结构包含由所述多个凸部或所述多个凹部形成的多个周期结构,

当将所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} 、将所述光致发光层对所述激发光的折射率设定为 $n_{\text{wav-ex}}$ 时, 所述多个周期结构包含周期 p_{ex} 成立 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < p_{\text{ex}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系的周期结构。

21. 一种发光器件, 其具有多个光致发光层和多个透光层,

其中, 所述多个光致发光层中的至少两个和所述多个透光层中的至少两个各自独立地分别相当于权利要求1~20中任一项所述的所述光致发光层和所述透光层。

22. 根据权利要求21所述的发光器件, 其中, 所述多个光致发光层与所述多个透光层层叠。

23. 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,

所述发光器件射出在所述光致发光层和所述透光层的内部形成模拟导波模式的光。

24. 一种发光器件, 其具备:

光能够导波的导波层; 以及

周期结构, 该周期结构以与所述导波层接近的方式配置,

其中, 所述导波层具有光致发光材料,

在所述导波层中, 由所述光致发光材料发出的光存在一边与所述周期结构作用一边导波的模拟导波模式。

25. 一种发光装置, 其具备:

权利要求1~24中任一项所述的发光器件; 以及

向所述光致发光层照射激发光的激发光源。

26. 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,

所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} 、将所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} 、将在到达所述光致发光层或所述透光层的光路中所存在的介质之中对所述激发光的折射率最大的介质对所述激发光的折射率设定为 $n_{\text{wav-ex}}$ 时, 成立 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < D_{\text{int}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系。

27. 根据权利要求26所述的发光器件, 其中, 所述亚微米结构包含由所述多个凸部或所述多个凹部形成的至少一个周期结构, 所述至少一个周期结构包含当将周期设定为 p_{ex} 时成立 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < p_{\text{ex}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系的第一周期结构。

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,特别涉及使用了光致发光材料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,使用了反射器、透镜等光学部件。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] 对于光学设备而言,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材料的发光效率、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] 本申请的某个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;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。

[0011] 在某个实施方式中,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。

[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 $t=238\text{nm}$ 时计算向 x 方向导波(引导光(to guide light))的模式电场分布的结果的图。
- [0022] 图5B是表示厚度 $t=539\text{nm}$ 时计算向 x 方向导波的模式电场分布的结果的图。
- [0023] 图5C是表示厚度 $t=300\text{nm}$ 时计算向 x 方向导波的模式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是图式(13)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是用于对通过使激发光与模拟导波模式结合而使光高效地射出的构成进行说明的图;(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是用于说明在光致发光层110上具有周期结构120的发光器件中的受到发光增强效果的光的波长与出射方向的关系的示意图。
- [0054] 图32A(a)~(c)是表示将显示发光增强效果的波长不同的多个周期结构排列而成的构成的例子的俯视示意图。
- [0055] 图32B是具备微透镜的发光器件的剖视示意图。
- [0056] 图33(a)和(b)是具有发光波长不同的多个光致发光层的发光器件的剖视示意图。
- [0057] 图34(a)~(d)是在光致发光层之下具有防扩散层(阻隔层)的发光器件的剖视示意图。
- [0058] 图35(a)~(c)是在光致发光层之下具有晶体生长层(籽晶层)的发光器件的剖视示意图。
- [0059] 图36(a)和(b)是具有用于保护周期结构的表面保护层的发光器件的剖视示意图。
- [0060] 图37(a)~(d)是具有透明高热传导层的发光器件的剖视示意图。
- [0061] 图38(a)~(d)是改善了散热特性的发光装置的剖视示意图。
- [0062] 图39(a)~(d)是具有高热传导构件的发光器件的示意图。
- [0063] 图40(a)和(b)是表示敷设(tiling)后的多个发光器件中的高热传导构件的配置的例子的示意图。
- [0064] 图41(a)和(b)是表示具备连锁电路的发光装置的例子的示意图。
- [0065] 图42(a)~(f)是用于说明使用了珠子的亚微米结构的形成方法的图。
- [0066] 图43是表示具备本申请的发光器件作为屏幕的透明显示器的构成的示意图。

具体实施方式

[0067] 本申请包括以下项目所述的发光器件以及发光装置。

[0068] [项目1]

[0069] 一种发光器件,其具有:

[0070] 光致发光层;

[0071] 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

[0072] 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,

[0073] 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、将上述第一光的上述光致发光层和上述透光层的内部的波长设定为 $\lambda_{\text{wav-a}}$ 时,成立 $\lambda_{\text{wav-a}} < D_{\text{int}} < \lambda_a$ 的关系。波长 λ_a 例如在可见光的波长范围内(例如380nm以上且780nm以下)。

[0074] [项目2]

[0075] 根据项目1所述的发光器件,其中,上述第一光是光致发光层所发出的光中除了峰值波长以外的波长的光。

[0076] 通常来说,光致发光层所发出的光为包括峰值波长的波长带域的光,第一光的波长 λ_a 只要是发光波长带域内的波长就行,可以不为峰值波长。通过将除了峰值波长以外的波长的光设定为第一光,能够增强比峰值波长的光弱的光。因此,根据项目2所述的发光器件,能够在不改变光致发光层的材料的情况下适当地变更发光光谱来得到所期望的光。

[0077] [项目3]

[0078] 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 $n_{\text{wav-a}}$ 。

[0079] [项目4]

[0080] 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。

[0081] [项目5]

[0082] 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。

[0083] [项目6]

[0084] 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。

[0085] [项目7]

[0086] 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° 。

[0087] [项目8]

[0088] 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。

[0089] [项目9]

[0090] 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。

[0091] [项目10]

[0092] 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。

[0093] [项目11]

[0094] 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,

[0095] 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。

[0096] [项目12]

[0097] 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。

[0098] [项目13]

[0099] 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,

[0100] 上述光致发光层被形成在上述亚微米结构之上。

[0101] [项目14]

[0102] 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。

[0103] [项目15]

[0104] 根据项目1~14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。

[0105] [项目16]

[0106] 根据项目1~14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,

[0107] 上述第一周期结构为一维周期结构。

[0108] [项目17]

[0109] 根据项目16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,

[0110] 在将上述光致发光层对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,

[0111] 上述第二周期结构为一维周期结构。

[0112] [项目18]

[0113] 根据项目1~14中任一项所述的发光器件,其中,上述亚微米结构包含具有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的二维周期结构,上述至少两个周期结构在互相不同的方向具有周期性。

[0114] [项目19]

[0115] 根据项目1~14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,

- [0116] 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。
- [0117] [项目20]
- [0118] 根据项目1~14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,
- [0119] 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 $n_{\text{wav-ex}}$ 时,上述多个周期结构包含周期 p_{ex} 成立 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < p_{\text{ex}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系的周期结构。
- [0120] [项目21]
- [0121] 一种发光器件,其具有多个光致发光层和多个透光层,
- [0122] 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1~20中任一项所述的上述光致发光层和上述透光层。
- [0123] [项目22]
- [0124] 根据项目21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。
- [0125] [项目23]
- [0126] 一种发光器件,其具有:
- [0127] 光致发光层;
- [0128] 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
- [0129] 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,
- [0130] 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。
- [0131] [项目24]
- [0132] 一种发光器件,其具备:
- [0133] 光能够导波的导波层;以及
- [0134] 周期结构,该周期结构以与上述导波层接近的方式配置,
- [0135] 其中,上述导波层具有光致发光材料,
- [0136] 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。
- [0137] [项目25]
- [0138] 一种发光装置,其具备项目1~24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。
- [0139] [项目26]
- [0140] 一种发光器件,其具有:
- [0141] 光致发光层;
- [0142] 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
- [0143] 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,
- [0144] 其中,上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部,
- [0145] 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对上述激发光的折射率最大的介质对上述激发光的折射率设定为 $n_{\text{wav-ex}}$ 时,成立 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < D_{\text{int}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系。

[0146] [项目27]

[0147] 根据项目26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 $\lambda_{\text{ex}}/n_{\text{wav-ex}} < p_{\text{ex}} < \lambda_{\text{ex}}$ 的关系的第一周期结构。

[0148] 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;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 $n_{\text{wav-a}}$ 时,成立 $\lambda_a/n_{\text{wav-a}} < D_{\text{int}} < \lambda_a$ 的关系。波长 λ_a 例如在可见光的波长范围内(例如380nm以上且780nm以下)。

[0149] 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。

[0150] 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。

[0151] 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,通过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,也可以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。

[0152] 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(中心间距离)设定为 D_{int} 时,满足 $\lambda_a/n_{\text{wav-a}} < D_{\text{int}} < \lambda_a$ 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 $n_{\text{wav-a}}$,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。

[0153] 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 $n_a < n_{\text{eff}} < n_{\text{wav}}$ 。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 $n_{\text{eff}} = n_{\text{wav}} \sin \theta$ 。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。

[0154] 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。另外,也可以是光致发光层不具有亚微米结构、以与光致发光层接近的方式配置的透光层具有亚微米结构。这里,透光层的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。

[0155] 亚微米结构如上所述由于满足 $\lambda_a / n_{\text{wav-a}} < D_{\text{int}} < \lambda_a$ 的关系,因此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实施的发光器件中那样,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 $\lambda_a / n_{\text{wav-a}} < p_a < \lambda_a$ 的关系。即,亚微米结构具有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。

[0156] 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。另外,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 $n_{\text{eff}} (= n_{\text{wav}} \sin \theta)$ 不同,因此还能够同时得到高的偏振光的选择性。例如,如实验例所示,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,指向角为以正面方向为 0° 时的单侧的角度。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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} 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 λ_{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。

[0160] [1.作为本申请的基础的认识]

[0161] 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,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,因此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,对光致发光层的构成进行了详细研究。

[0162] 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。

$$[0163] \quad \Gamma(\mathbf{r}) = \frac{2\pi}{\hbar} \langle (\mathbf{d} \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r})) \rangle^2 \rho(\lambda) \quad (1)$$

[0164] 式(1)中, $\mathbf{r}$ 是表示位置的矢量, λ 为光的波长, $\mathbf{d}$ 为偶极矢量, $\mathbf{E}$ 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 $\mathbf{d}$ 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 $\mathbf{E}$ 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, $\langle (\mathbf{d} \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r})) \rangle^2$ 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。

[0165] 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 $\mathbf{d}$ 汇集在特定方向或者增强电场矢量的特定方向的分量中的任意一种。通过进行它们中的任意一种,能够实现指向性发光。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。

[0166] [2.仅增强特定方向的电场的构成]

[0167] 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(由凸部或凹部形成)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。

[0168] 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,使产生的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。

[0169] 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。

[0170] 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。

[0171] 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。

[0172] 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(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(光致发光层)110和周期结构(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(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。

$$[0173] \quad k_{\text{out}} = k_{\text{wav}} - m \frac{2\pi}{p} \quad (2)$$

[0174] 式(2)中的m为整数,表示衍射的次数。

[0175] 这里,为了简化起见,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)。

$$[0176] \quad \frac{k_{\text{wav}} \lambda_0}{2\pi} = n_{\text{wav}} \sin \theta_{\text{wav}} \quad (3)$$

$$[0177] \quad \frac{k_{\text{out}} \lambda_0}{2\pi} = n_{\text{out}} \sin \theta_{\text{out}} \quad (4)$$

[0178] 在这些式子之中, 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。

$$[0179] \quad n_{\text{out}} \sin \theta_{\text{out}} = n_{\text{wav}} \sin \theta_{\text{wav}} - m \lambda_0 / p \quad (5)$$

[0180] 根据式(5)可知,在 $n_{\text{wav}} \sin \theta_{\text{wav}} = m \lambda_0 / p$ 成立时, $\theta_{\text{out}} = 0$,能够使光向与波导的面垂直的方向(即,正面)射出。

[0181] 根据如上的原理,可以认为通过使发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。

[0182] 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。

$$[0183] \quad n_{\text{out}} < n_{\text{wav}} \sin \theta_{\text{wav}} \quad (6)$$

[0184] 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 $-1 < \sin \theta_{\text{out}} < 1$ 。因此,需要满足以下的式(7)。

$$[0185] \quad -1 < \frac{n_{\text{wav}}}{n_{\text{out}}} \sin \theta_{\text{wav}} - \frac{m \lambda_0}{n_{\text{out}} p} < 1 \quad (7)$$

[0186] 对此,如果考虑式(6),可知只要成立以下的式(8)就行。

$$[0187] \quad \frac{m \lambda_0}{2 n_{\text{out}}} < p \quad (8)$$

[0188] 进而,为了使得由波导110射出的光的方向为正面方向($\theta_{\text{out}} = 0$),由式(5)可知需要以下的式(9)。

$$[0189] \quad p = m \lambda_0 / (n_{\text{wav}} \sin \theta_{\text{wav}}) \quad (9)$$

[0190] 由式(9)和式(6)可知,必要条件为以下的式(10)。

$$[0191] \quad \frac{m \lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < \frac{m \lambda_0}{n_{\text{out}}} \quad (10)$$

[0192] 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 。

$$[0193] \quad \frac{\lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < \frac{\lambda_0}{n_{\text{out}}} \quad (11)$$

[0194] 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。

$$[0195] \quad \frac{\lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < \lambda_0 \quad (12)$$

[0196] 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 $n_{\text{out}} = n_s$ 得到的下式(13)的方式确定周期 p 就行。

$$[0197] \quad \frac{\lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < \frac{\lambda_0}{n_s} \quad (13)$$

[0198] 此外,式(12)、(13)考虑了式(10)中 $m=1$ 的情况,但也可以 $m \geq 2$ 。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。

$$[0199] \quad \frac{m\lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < m\lambda_0 \quad (14)$$

[0200] 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。

$$[0201] \quad \frac{m\lambda_0}{n_{\text{wav}}} < p < \frac{m\lambda_0}{n_s} \quad (15)$$

[0202] 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。

[0203] [3.通过计算进行的验证]

[0204] [3-1.周期、波长依赖性]

[0205] 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。

[0206] 将光致发光层的膜厚设定为 $1\mu\text{m}$,将光致发光层的折射率设定为 $n_{\text{wav}}=1.8$,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。

[0207] 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。

[0208] 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。

[0209] [3-2.厚度依赖性]

[0210] 图4是表示将光致发光层的折射率设定为 $n_{\text{wav}}=1.8$ 、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。

[0211] 将在图4中存在峰的波长为600nm、厚度 $t=238\text{nm}$ 、 539nm 时对向x方向导波的模式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 $t=300\text{nm}$ 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 $t=238\text{nm}$ 、 539nm 时有高的电场强度分布,而在 $t=300\text{nm}$ 时整体上电场强度低。这是因为,在 $t=238\text{nm}$ 、 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 $t=238\text{nm}$ 的情况和 $t=539\text{nm}$ 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。

[0212] [3-3. 偏振依赖性]

[0213] 接着,为了确认偏振依赖性,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。

[0214] [3-4. 二维周期结构]

[0215] 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。

[0216] 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。

[0217] 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。

[0218] [4. 周期结构和光致发光层的构成的研究]

[0219] 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。

[0220] [4-1. 周期结构的折射率]

[0221] 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 $n_{\text{wav}}=1.8$,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。

[0222] 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(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。

[0223] 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(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。

[0224] [4-2. 周期结构的高度]

[0225] 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 $n_{\text{wav}}=1.8$,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。

[0226] [4-3. 偏振方向]

[0227] 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。

[0228] [4-4.光致发光层的折射率]

[0229] 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), $\lambda_0 < n_{wav} \times p/m = 1.5 \times 400\text{nm}/1 = 600\text{nm}$ 。

[0230] 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。

[0231] [5.变形例]

[0232] 以下,对本实施方式的变形例进行说明。

[0233] [5-1.具有基板的构成]

[0234] 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 。

[0235] 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。

[0236] 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。

[0237] [5-2.具有激发光源的发光装置]

[0238] 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。

[0239] 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。

$$[0240] \quad \frac{m\lambda_{ex}}{n_{out}} < p_y < \frac{m\lambda_{ex}}{n_{out}} \quad (16)$$

[0241] 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)。

[0242] 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。

$$[0243] \quad \frac{\lambda_{ex}}{n_{out}} < p_y < \frac{\lambda_{ex}}{n_{out}} \quad (17)$$

[0244] 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。

[0245] 图17(c)、(d)分别是表示相对于图17(a)、(b)所示的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 $p_x=365\text{nm}$ 、 $p_y=265\text{nm}$,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。

[0246] 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。

[0247] [5-3.透明基板上的周期结构]

[0248] 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。

[0249] 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 $n_{\text{wav}}=1.8$,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。

[0250] [5-4. 粉体]

[0251] 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,如果使用以宽波长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。

[0252] 在如图1A、1B所示那样的单体的构成中,仅能够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。

[0253] [5-5. 排列周期不同的结构]

[0254] 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。

[0255] [5-6. 层叠结构]

[0256] 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。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。

[0257] 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。

[0258] [5-7.具有保护层的构成]

[0259] 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,从而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,即使在这种情况下,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”)的大部分也可以得到大的光输出,因此在这种情况下,还是优选保护层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。优选透光层120的折射率比光致发光层110的折射率小。

[0260] [6.材料和制造方法]

[0261] 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。

[0262] 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:MgF₂(氟化镁)、LiF(氟化锂)、CaF₂(氟化钙)、SiO₂(石英)、玻璃、树脂、MgO(氧化镁)、ITO(氧化铟锡)、TiO₂(氧化钛)、SiN(氮化硅)、Ta₂O₅(五氧化钽)、ZrO₂(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MgF₂、LiF、CaF₂、SiO₂、玻璃、树脂。

[0263] 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(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,可以使用例如M₁₀(PO₄)₆Cl₂:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、BaMgAl₁₀O₁₇:Eu²⁺、M₃MgSi₂O₈:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、M₅SiO₄Cl₆:Eu²⁺(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M₂MgSi₂O₇:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、SrSi₅AlO₂N₇:Eu²⁺、SrSi₂O₂N₂:Eu²⁺、BaAl₂O₄:Eu²⁺、BaZrSi₃O₉:Eu²⁺、M₂SiO₄:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、BaSi₃O₄N₂:Eu²⁺、Ca₈Mg(SiO₄)₄Cl₂:Eu²⁺、Ca₃SiO₄Cl₂:Eu²⁺、CaSi_{12-(m+n)}Al_(m+n)O_nN_{16-n}:Ce³⁺、β-SiAlON:Eu²⁺。作为以红色发光的荧光材料,可以使用例如CaAlSiN₃:Eu²⁺、SrAlSi₄O₇:Eu²⁺、M₂Si₅N₈:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、MSiN₂:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、MSi₂O₂N₂:Yb²⁺(M=选自Sr和Ca中的至少一种)、Y₂O₂S:Eu³⁺、Sm³⁺、La₂O₂S:Eu³⁺、Sm³⁺、CaWO₄:Li¹⁺、Eu³⁺、Sm³⁺、M₂Si₄:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、M₃SiO₅:Eu²⁺(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Y₃Al₅O₁₂:Ce³⁺、CaSi₂O₂N₂:Eu²⁺、Ca₃Sc₂Si₃O₁₂:Ce³⁺、CaSc₂O₄:Ce³⁺、α-SiAlON:Eu²⁺、MSi₂O₂N₂:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)、M₇(SiO₃)₆Cl₂:Eu²⁺(M=选自Ba、Sr和Ca中的至少一种)。

[0264] 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。

[0265] 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)、CaF₂(氟化钙)、SiO₂(石英)、玻璃、树脂。

[0266] 接着,对制造方法的一个例子进行说明。

[0267] 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就由与光致发光层110相同的材料形成。

[0268] 图1A、1B所示的发光器件100例如能够通过制作图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。

[0269] 图19A所示的构成例如能够通过透明基板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。

[0270] 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。

[0271] [实验例]

[0272] 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。

[0273] 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。

[0274] 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。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。

[0275] 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(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,对于波长为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。

[0276] 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的图为图29。可以观察到: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,如上所述,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。

[0277] 用于以上的验证的实验使用在广带域的波长带发光的YAG:Ce来进行。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,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。

[0278] 接着,对本申请的发光器件和发光装置的变形例进行说明。

[0279] 如上所述,通过本申请的发光器件所具有的亚微米结构,受到发光增强效果的光的波长和出射方向依赖于亚微米结构的构成。考虑图31所示的在光致发光层110上具有周期结构120的发光器件。这里,例示了周期结构120由与光致发光层110相同的材料形成、具有图1A所示的一维周期结构120的情况。对于通过一维周期结构120受到发光增强的光而言,当设定为一维周期结构120的周期 $p(\text{nm})$ 、光致发光层110的折射率 n_{wav} 、射出光的外部的介质的折射率 n_{out} 、将向一维周期结构120的入射角设定为 θ_{wav} 、由一维周期结构120向外部介质的出射角设定为 θ_{out} 时,满足 $p \times n_{\text{wav}} \times \sin \theta_{\text{wav}} - p \times n_{\text{out}} \times \sin \theta_{\text{out}} = m\lambda$ 的关系(参照上述的式(5))。其中, λ 为光在空气中的波长, m 为整数。

[0280] 由上述式可以得到 $\theta_{\text{out}} = \arcsin[(n_{\text{wav}} \times \sin \theta_{\text{wav}} - m\lambda/p)/n_{\text{out}}]$ 。因此,通常如果波长 λ 不同,则受到发光增强的光的出射角 θ_{out} 也不同。其结果是,如图31所示意性地表示那样,根据观察的方向,所能看到的光的颜色不同。

[0281] 为了降低该视角依赖性,只要以 $(n_{\text{wav}} \times \sin \theta_{\text{wav}} - m\lambda/p)/n_{\text{out}}$ 不依赖于波长 λ 而固定的方式选择 n_{wav} 和 n_{out} 就行。由于物质的折射率具有波长分散(波长依赖性),因此只要选择 $(n_{\text{wav}} \times \sin \theta_{\text{wav}} - m\lambda/p)/n_{\text{out}}$ 不依赖于波长 λ 这样的具有 n_{wav} 和 n_{out} 的波长分散性的材料就行。例如,在外部的介质为空气时, n_{out} 不依赖于波长基本为1.0,因此作为形成光致发光层110和一维周期结构120的材料,优选选择折射率 n_{wav} 的波长分散小的材料。进而,优选折射率 n_{wav} 为相对于更短波长的光而言折射率变低那样的逆分散材料。

[0282] 另外,如图32A(a)所示,通过排列显示发光增强效果的波长互相不同的多个周期结构,能够射出白色光。在图32A(a)所示的例子中,能够增强红色光(R)的周期结构120r、能够增强绿色光(G)的周期结构120g和能够增强蓝色光(B)的周期结构120b以矩阵状排列。周期结构120r、120g和120b例如为一维周期结构且各自的凸部互相平行地排列。因此,偏振特性对于全部颜色的光都相同。通过周期结构120r、120g和120b,受到发光增强的三原色的光被射出、混色,从而可以得到白色光且直线偏振光。

[0283] 当将以矩阵状排列而成的各周期结构120r、120g和120b称为单位周期结构(或像素)时,单位周期结构的大小例如为周期的三倍以上。另外,为了获得混色的效果,优选不能用人眼识别出单位周期结构,例如优选一边的长度小于1mm。这里,以正方形绘制各单位周期结构,但不限于此,例如相互相邻的周期结构120r、120g和120b可以为长方形、三角形、六边形等除了正方形以外的形状。

[0284] 另外,设置在周期结构120r、120g和120b之下的光致发光层既可以对周期结构120r、120g和120b而言都相同,也可以设置具有根据各种颜色的光而不同的光致发光材料

的光致发光层。

[0285] 如图32A(b)所示,可以排列一维周期结构的凸部延伸的方位不同的多个周期结构(包括周期结构120h、120i和120j)。多个周期结构发光增强的光的波长可以相同也可以不同。例如,如果将相同的周期结构如图32A(b)所示排列,则能够得到不偏振的光。另外,对于图32A(a)中的周期结构120r、120g和120b而言,如果分别适用图32A(b)的排列,则作为整体能够得到不偏振的白色光。

[0286] 当然,周期结构不限于一维周期结构,也可以如图32A(c)所示,排列多个二维周期结构(包括周期结构120k、120m和120n)。此时,周期结构120k、120m和120n的周期、方位如上所述,既可以相同也可以不同,可以根据需要适当设定。

[0287] 另外,如图32B所示,例如可以在发光器件的出射侧配置微透镜130,将向倾斜方向射出的光弯曲到法线方向,由此能够得到混色的效果。

[0288] 图32B所示的发光器件具有分别具有图32A(a)中的周期结构120r、120g和120b的区域R1、R2和R3。在区域R1中,通过周期结构120r,红色光R向法线方向射出,例如绿色光G向倾斜方向射出。根据微透镜130的折射作用,向倾斜方向射出的绿色光G弯曲到法线方向。其结果是,在法线方向上,红色光R和绿色光G被混色,从而被观察到。这样,通过设置微透镜130,所射出的光的波长根据角度不同而不同的现象得到抑制。这里,例示了将与多个周期结构相对应的多个微透镜一体化而成的微透镜阵列,但不限于此。当然,敷设的周期结构不限于上述的例子,在敷设相同的周期结构的情况下也能够适用,还能够适用于图32(b)或(c)所示的构成。

[0289] 另外,具有将向倾斜方向射出的光弯曲的作用的光学器件也可以使用双凸透镜来代替微透镜阵列。另外,不仅可以使使用透镜,还可以使用棱镜。棱镜也可以设定为阵列,还可以与周期结构相对应地分别配置。棱镜的形状没有特别限制,例如可以使用三角棱镜或金字塔型棱镜。

[0290] 得到白色光(或者具有宽光谱宽度的光)的方法除了利用上述的周期结构的方法以外,例如还有如图33(a)和(b)所示利用光致发光层的方法。如图33(a)所示,通过层叠发光波长不同的多个光致发光层110b、110g、110r,能够得到白色光。层叠顺序不限于图示的例子。另外,也可以如图33(b)所示,在发出蓝色光的光致发光层110b之上,层叠发出黄色光的光致发光层110y。光致发光层110y例如可以使用YAG来形成。

[0291] 此外,在使用与荧光色素等基体(主体)材料混合来使用的光致发光材料的情况下,能够将发光波长不同的多个光致发光材料与基质材料混合,以单一的光致发光层发出白色光。这样的能够发出白色光的光致发光层可以用于参照图32A(a)~(c)进行了说明的敷设了单位周期结构的构成。

[0292] 在使用无机材料(例如YAG)作为形成光致发光层110的材料的情况下,在其制造过程中有时会经过超过1000℃的热处理。此时,杂质由基底(典型地为基板)扩散,有时会使光致发光层110的发光特性降低。为了防止杂质扩散到光致发光层,例如如图34(a)~(d)所示,可以在光致发光层之下设置防扩散层(阻隔层)108。如图34(a)~(d)所示,防扩散层108在目前为止例示的各种构成中,形成在光致发光层110的下层。

[0293] 例如,如图34(a)所示,在基板140与光致发光层110之间形成防扩散层108。另外,如图34(b)所示,在具有多个光致发光层110a和110b的情况下,在光致发光层110a和110b各

自的下层形成防扩散层108a或108b。

[0294] 在基板140的折射率比光致发光层110的折射率大的情况下,如图34(c)、图34(d)所示,只要在基板140上形成低折射率层107就行。如图34(c)所示,在基板140之上设置低折射率层107的情况下,形成低折射率层107与光致发光层110之间的防扩散层108。进而,如图34(d)所示,在具有多个光致发光层110a和110b的情况下,在光致发光层110a和110b各自的下层形成防扩散层108a或108b。

[0295] 此外,低折射率层107在基板140的折射率与光致发光层110的折射率同等或比其大的情况下形成。低折射率层107的折射率比光致发光层110的折射率低。低折射率层107例如使用 MgF_2 、 LiF 、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、石英、树脂、HSQ·SOG等常温固化玻璃形成。低折射率层107的厚度优选比光的波长小。基板140例如使用 MgF_2 、 LiF 、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、玻璃、树脂、 MgO 、 MgAl_2O_4 、蓝宝石(Al_2O_3)、 SrTiO_3 、 LaAlO_3 、 TiO_2 、 $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 、 LaSrAlO_4 、 LaSrGaO_4 、 LaTaO_3 、 SrO 、YSZ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$)、YAG、 $\text{Tb}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 来形成。

[0296] 防扩散层108、108a、108b只要根据防止扩散的对象元素来适当选择就行,例如可以使用共价键合性强的氧化物晶体、氮化物晶体来形成。防扩散层108、108a、108b的厚度例如为50nm以下。

[0297] 此外,在具有防扩散层108或后述的晶体生长层106这样的与光致发光层110相邻的层的构成中,当相邻的层的折射率比光致发光层的折射率大时,将该折射率大的层的折射率和光致发光层的折射率分别以体积比率加权而得到的平均折射率设定为 n_{wav} 。这是因为,这种情况在光学上与光致发光层由多个不同材料的层构成的情况是等价的。

[0298] 另外,在使用无机材料形成的光致发光层110中,由于无机材料的结晶性低,因此有时光致发光层110的发光特性低。为了提高构成光致发光层110的无机材料的结晶性,也可以如图35(a)所示,在光致发光层110的基底形成晶体生长层(有时也称为“籽晶层”)106。晶体生长层106利用与形成在其之上的光致发光层110的晶体晶格匹配的材料来形成。晶格匹配例如优选在 $\pm 5\%$ 以内。在基板140的折射率比光致发光层110的折射率大的情况下,优选晶体生长层106或106a的折射率比光致发光层110的折射率小。

[0299] 在基板140的折射率大于光致发光层110的折射率的情况下,如图35(b)所示,只要在基板140上形成低折射率层107就行。由于晶体生长层106与光致发光层110相接触,因此在基板140上形成低折射率层107的情况下,在低折射率层107上形成晶体生长层106。另外,如图35(c)所示,在具有多个光致发光层110a和110b的构成中,优选形成与多个光致发光层110a和110b各自相对应的晶体生长层106a或106b。晶体生长层106、106a和106b的厚度例如为50nm以下。

[0300] 如图36(a)和(b)所示,为了保护周期结构120,也可以设置表面保护层132。

[0301] 表面保护层132可以如图36(a)所示为不具有基板的类型,也可以如图36(b)所示设置为具有基板140的类型。另外,在图36(a)所示的不具有基板的类型的发光器件中,可以在光致发光层110的下层也设置表面保护层。这样,表面保护层132可以设置在上述任意一种发光器件的表面上。周期结构120不限于图36(a)和图36(b)所例示的结构,可以为上述任意一种类型。

[0302] 表面保护层132例如可以利用树脂、硬涂材料、 SiO_2 、 Al_2O_3 (氧化铝)、 SiOC 、DLC来形成。表面保护层132的厚度例如为100nm~10 μm 。

[0303] 通过设置表面保护层132,能够保护发光器件不受外部环境影响,抑制发光器件的劣化。表面保护层132保护发光器件的表面不受伤、水分、氧、酸、碱或热的影响。表面保护层132的材料、厚度可以根据用途来适当设定。

[0304] 另外,光致发光材料有时会因为热而劣化。热主要由光致发光层110的非辐射损失、斯托克斯损失而产生。例如,石英的热传导率($1.6\text{W/m}\cdot\text{K}$)比YAG的热传导率($11.4\text{W/m}\cdot\text{K}$)约小一个数量级。因此,在光致发光层(例如YAG层)110处产生的热难以从基板(例如石英基板)140通过而热传导至外部来散热,光致发光层110的温度上升,有时引起热劣化。

[0305] 因此,如图37(a)所示,通过在光致发光层110与基板140之间形成透明高热传导层105,能够使光致发光层110的热高效地传导至外部,防止温度上升。此时,优选透明高热传导层105的折射率比光致发光层110的折射率低。此外,在基板140的折射率比光致发光层110的折射率低的情况下,透明高热传导层105的折射率也可以高于光致发光层110的折射率。但是,在这种情况下,透明高热传导层105与光致发光层110一起形成导波层,因此优选为50nm以下。如果如图37(b)所示在光致发光层110与透明高热传导层105之间形成低折射率层107,则可以利用厚的透明高热传导层105。

[0306] 另外,如图37(c)所示,也可以将周期结构120用具有高的热传导率的低折射率层107覆盖。进而,也可以如图37(d)所示,将周期结构120用低折射率层107覆盖,再形成透明高热传导层105。在该构成中,低折射率层107不需要具有高的热传导率。

[0307] 作为透明高热传导层105的材料,例如可以列举: Al_2O_3 、 MgO 、 Si_3N_4 、 ZnO 、 AlN 、 Y_2O_3 、金刚石、石墨烯、 CaF_2 、 BaF_2 。这些之中,由于 CaF_2 、 BaF_2 的折射率低,因此能够作为低折射率层107来利用。

[0308] 接着,参照图38(a)~(d),对提高了具备发光器件100和光源180的发光装置的散热特性的结构进行说明。

[0309] 图38(a)所示的发光装置具有作为光源180的LED芯片180和发光器件100。发光器件100可以为上述任意一种类型。LED芯片180安装在支撑基板190上,发光器件100与LED芯片隔开规定间隔配置。发光器件100受到由LED芯片射出的激发光而发光。在支撑基板190上,LED芯片180和发光器件100被密封部142覆盖。

[0310] 密封部142具备高热传导性和透光性。形成密封部142的材料(有时称为“密封材料”)例如为包含高热传导性填料和树脂材料的复合材料。作为高热传导性填料,可以例示 Al_2O_3 、 ZnO 、 Y_2O_3 、石墨烯和 AlN 。另外,作为树脂材料,可以例示环氧树脂和硅树脂。特别是,作为密封材料,可以采用高热传导性填料的尺寸使用了纳米尺寸(亚微米尺寸)的纳米复合材料。使用纳米复合材料时,能够抑制光的扩散反射(或散射)。作为纳米复合材料,可以例示使用 ZnO 或 Al_2O_3 作为填料、使用环氧树脂或硅树脂作为树脂的材料。

[0311] 此外,在发光器件100如图38(a)所例示的那样为周期结构露出在表面的类型的情况下,优选周期结构周围的介质的折射率低于周期结构的折射率。即,密封部142的折射率优选的是:在周期结构由透光层形成的情况下低于透光层的折射率,在周期结构由与光致发光层相同的材料形成的情况下低于光致发光层的折射率。

[0312] 封止部142如图38(b)所示的那样也可以以将发光器件100的表面附近(例如具有周期结构的透光层或光致发光层)露出的方式设置。此时,密封部142的折射率没有特别限制。

[0313] 另外,如图38(c)所示,在使用周期结构被低折射率层107(参照图37(c))覆盖的类型的器件作为发光器件100的情况下,密封部142的折射率也可以比周期结构的折射率高。通过采用这样的构成,密封部142的材料的选择范围变宽。

[0314] 此外,如图38(d)所示,也可以将发光器件100的周边固定在具有高热传导性的固定器152中。固定器152例如可以由金属形成。例如,在使用激光二极管182作为光源的情况下,当在发光器件100与光源之间无法填充密封材料时,可以适合使用上述的结构。例如,具有图37(a)~(d)中所例示的构成的发光器件100具有透明高热传导层105或具有高热传导率的低折射率层107,因此器件的面内的热传导性高,从而能够有效地隔着固定器152散热。

[0315] 如图39(a)~39(d)所示,也可以在发光器件100的表面配置高热传导构件144。高热传导构件144例如由金属形成。

[0316] 例如,可以如图39(a)中表示的剖视图、图39(b)中表示的俯视图那样,以覆盖发光器件100的周期结构120的一部分的方式配置高热传导构件144。图39(a)和(b)中表示仅覆盖形成一维周期结构的多个凸部中的一个的线状高热传导构件144,但不限于此。

[0317] 另外,也可以如图39(c)中表示的剖视图、图39(d)中表示的俯视图那样,以覆盖发光器件100的周期结构120的两端的凸部和光致发光层110的端面的方式,形成高热传导构件146。在任何一种情况下,如果周期结构和光致发光层被高热传导构件146覆盖的部分的面积变大,则有可能会影响发光器件100的特性,因此形成在发光器件100的表面上的高热传导构件146的面积优选较小。

[0318] 另外,也可以如图40(a)中表示的剖视图、图40(b)中表示的俯视图那样,在敷设具有不同结构的多个发光器件100r、100g和100b的情况下,以在相邻的发光器件之间覆盖各个发光器件的端部的方式,配置高热传导构件148。例如,如这里所例示的那样,在排列增强红色光的发光器件100r、增强绿色光的100g以及增强蓝色光的100b的情况下,例如在将由金属形成的高热传导构件148配置在相邻的发光器件之间时,由于高热传导构件148具有遮光性,因此能够抑制混色。这样,也能够如显示面板中的黑矩阵那样使用高热传导构件148。

[0319] 图41表示具备联锁电路185的发光装置的例子。图41(a)是表示发光器件100的背面的示意图;图41(b)是包括发光器件100的剖视图在内的发光装置的示意图。如图41(a)和图41(b)所示,在发光器件100所具有的基板140的背面形成有环状配线172。环状配线172形成在发光器件100的背面的外周附近,其被形成为在基板140破损后断线。环状配线172例如由金属材料形成。环状配线172的两个端部与联锁电路185的继电器电路电连接。在环状配线172发生断线的情况下,继电器电路切断向光源182的电力供给。从像激光二极管那样发出强度强的光时的安全性等观点考虑,光源182特别优选设置联锁电路185。

[0320] 上述实施方式的发光器件所具有的亚微米结构例如为周期结构,可以利用光刻技术或纳米印刷技术来形成。参照图42(a)~(f),对亚微米结构的其他形成方法进行说明。

[0321] 如图42(a)所示,在被基板140支撑的光致发光层110的表面上配置珠子122。通过将珠子122的一部分均等地埋入光致发光层110,能够将珠子122固定在光致发光层110。这样,在大量的珠子122各自的一部分被均等地埋入光致发光层110而剩余部分由光致发光层110突出的情况下,珠子122的折射率既可以与光致发光层110的折射率相等,也可以比其小。例如,在珠子122的折射率小于光致发光层110的折射率的情况下,由大量的珠子122形成的层(由光致发光层110突出的部分和被埋入的部分这两部分)作为具有亚微米结构的透

光层120发挥功能。另外,在珠子122的折射率与光致发光层110的折射率相等的情况下,珠子122与光致发光层110实质上成为一体,由光致发光层110突出的部分作为具有亚微米结构的透光层120发挥功能。

[0322] 或者,如图42(b)所示,也可以在基板140上配置大量的珠子122,然后再形成光致发光层110。此时,优选珠子122的折射率低于光致发光层110的折射率。

[0323] 这里,珠子122的直径例如与上述的 D_{int} 相等或比其小。在珠子122致密地充填的情况下,珠子122的直径与 D_{int} 基本一致。在相邻的珠子122之间形成间隙的情况下,珠子122的直径加上间隙所得到的长度与 D_{int} 相对应。

[0324] 另外,作为珠子122,既可以为中空珠子,也可以为中实珠子。

[0325] 图42(c)~(f)是示意性地表示各种珠子的充填状态的图和由各个充填状态的珠子得到的光散射图案的图。在图42(c)~(f)中,黑色部分表示中实珠子或中空珠子内的中实部分,白色部分表示中空珠子或中空珠子内的空隙部分。

[0326] 图42(c)表示具有卵形的外形的中空珠子密集充填的状态和其光散射图案。该中空珠子的空隙部分为大致球形且形成在卵底位置。图42(d)表示具有大致球形的外形的中空珠子密集充填的状态和其光散射图案。该中空珠子的空隙部分为大致球形且以与外形的球相接触的方式形成。图42(e)表示具有大致球形的外形的中空珠子密集充填的状态和其光散射图案。该中空珠子的空隙部分包含两个大致球形的空隙,两个球形空隙沿着外形的球的直径排列。图42(f)表示具有大致球形的外形的中空珠子及具有大致球形的外形的中实珠子密集充填的状态和其光散射图案。中空珠子与中实珠子具有基本相同的直径,以基本相同的体积比率混合。另外,中空珠子和中实珠子的配置没有规律性,基本为随机。

[0327] 就中空珠子、中实珠子而言,由各种玻璃或树脂形成的珠子在市面上有售。这里所例示的珠子例如使用作为研磨材料广泛市售的氧化铝的粉体、日铁矿业株式会社的中空二氧化硅等,向所得到的珠子添加分散剂,分散在溶剂(例如水、醇类等)中,将该分散液施于基板140上或光致发光层110上,进行干燥,由此能够形成大量的珠子密集地充填的层。

[0328] 如上所述,本申请的发光器件和具备该发光器件的发光装置由于具有各种优点,因此通过应用于各种光学设备,可以发挥有利的效果。以下,列举应用例。

[0329] 本申请的发光器件能够向特定方向射出指向性高的光。该高指向性例如适合作为利用液晶显示装置的导光板的边光型背光源来使用。例如,在使用了现有的指向性低的光源的情况下,将由光源射出的光通过反射板和/或扩散材料向导光板导入光。在特定方向的指向性高的光源的情况下,即使将这些光学部件省略也能够高效地向导光板导入光。

[0330] 另外,在各种光学设备中,需要将来自光源的光高效地导向规定的方向。为此,使用了例如透镜、棱镜或反射板。例如,在投影仪中,为了将来自光源的光导向显示面板,已知有使用光导的构成(例如日本特开2010-156929号公报)。通过将本申请的发光器件用于光源,能够省略光导。

[0331] 另外,在照明器具中为了将各向同性地发出的光导向所期望的方向,也使用了包括透镜和/或反射板的光学部件,但通过使用本申请的发光器件,能够将它们省略。或者,能够将对于各向同性的光的复杂设计改换为对于指向性高的光的单纯设计。其结果是,能够使照明器具小型化或者使设计工序简化。

[0332] 本申请的发光器件能够仅增强特定波长的光。因此,能够容易地实现仅射出所需

要的波长的光源。另外,不改变光致发光层的材料,仅变更周期结构,就能够改变所射出的光的波长。进而,通过相对于周期结构的角度,也能够射出不同波长的光。这样的波长选择性例如可以适合用于窄带成像(narrow band imaging:NBI;注册商标)这一技术。另外,也能够适合用于可见光通信。

[0333] 另外,在照明的领域,开发了彩光色照明和美光色照明之类的技术。这些技术是使照明的对象的颜色看起来更美的技术,彩光色照明例如具有使蔬菜等食品看起来更可口的效果,美光色照明具有使肌肤看起来更美的效果。这些技术均通过根据对象物控制光源的光谱(所发出的光的波长的强度分布)来进行。以往,通过使用光学滤波器使由光源射出的光选择透过,控制照明中所使用的光的光谱。即,由于不必要的光被光学滤波器吸收,因此使光的利用效率降低。与此相对,本申请的发光器件由于能够增强特定波长的光,因此不需要光学滤波器,从而能够使光的利用效率提高。

[0334] 本申请的发光器件能够射出偏振光(直线偏振光)。以往,直线偏振光通过使用偏振滤波器(也被称为“偏振片”)来吸收构成由光源射出的不偏振光的正交的两个直线偏振光内的一个来制作。因此,光的利用效率为50%以下。如果使用本申请的发光器件作为偏振光源,则由于不需要使用偏振滤波器,因此能够提高光的利用效率。偏振光照明例如用于橱窗、展望餐厅的窗玻璃等想要降低反射光的情况。另外,用于利用了皮肤表面的反射特性依赖于偏振光这一认识的洗漱化妆用照明,进而用于使通过内窥镜观察病变部变得容易。

[0335] 偏振光源除了适合用于液晶表示装置的背光源以外,还适合用于液晶投影仪的光源。在用作液晶投影仪的光源的情况下,能够与上述的波长选择性组合,构成能够射出三原色的偏振光的光源。例如,将射出红色的直线偏振光的发光器件、射出绿色的直线偏振光的发光器件和射出蓝色的直线偏振光的发光器件连接起来形成圆盘,一边对该圆盘照射激发光,一边使圆盘旋转,由此能够实现以时间序列射出红、绿、蓝这三原色的偏振光的光源。

[0336] 另外,本申请的发光器件如图43示意性地所示,也能够作为透明显示装置的屏幕100S来使用。

[0337] 屏幕100S是例如由增强红色光(R)的发光器件、增强绿色光(G)的发光器件和增强蓝色光(B)的发光器件构成的像素以矩阵状排列。这些发光器件仅在由激发光源180S1照射对应的激发光(例如紫外线)时发出规定颜色的光,能够显示图像。各发光器件由于透过可见光,因此观察者隔着屏幕100S能够观察背景。在不对屏幕100S照射激发光时,看起来就像透明的窗。作为激发光源180S1,使用激光二极管配合图像数据,一边改变输出一边扫描,由此能够进行高分辨率的显示。另外,由于激光为相干光,因此通过使其与周期结构进行干涉,也能够提高激发效率。此外,在使用紫外线等不优选的波长的光作为激发光时,通过将激发光源设置在屏幕100S的与观察者相反一侧,并在屏幕100S的观察者侧设置截止激发光的滤波器,由此能够防止不必要的光泄露。

[0338] 屏幕100S可以具有高指向性,因此例如能够构成为仅从规定方向观察的人能够观察到图像。

[0339] 也可以使用激发光源180S2来代替激发光源180S1。此时,在屏幕100S的背面(与观察者侧相反一侧)配置导光片S,由激发光源180S2对导光片S照射激发光。射入导光片S的激发光一边在导光片S内传播,一边从背面照射屏幕100S。此时,如果配合想要显示的图像部分来配置发光器件,则能够构成为如下的显示设备:虽然不能主动地显示任意图像,但在未

照射激发光的情况下,如窗户般透明,仅在照射激发光时,显示图像或者图形、文字等。

[0340] 另外,在本申请的发光器件中,例如参照图8和图9如上所述,如果周期结构的折射率变化,则所增强的光的波长变化,所增强的光的出射方向也变化。根据光致发光层的折射率,所增强的光的波长和出射方向也会变化。因此,能够容易且灵敏度良好地探测发光器件附近的介质的折射率变化。

[0341] 例如,能够如下操作,使用本申请的发光器件来构成检测各种物质的传感器。

[0342] 预先将与测定对象的物质(蛋白质或气味分子、病毒等)选择性结合的物质(酶等)以接近本申请的发光器件的周期结构的方式配置。如果结合测定对象的物质,则发光器件附近的介质的折射率变化。通过根据上述被增强的光的波长或出射方向的变化检测该折射率的变化,能够探测各种物质的存在。

[0343] 本申请的发光器件的应用例不限于上述内容,能够适用于各种光学设备。

[0344] 产业上的可利用性

[0345] 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。

[0346] 符号说明

[0347] 100、100a 发光器件

[0348] 110 光致发光层(波导)

[0349] 120、120'、120a、120b、120c 透光层(周期结构、亚微米结构)

[0350] 140 透明基板

[0351] 150 保护层

[0352] 180 光源

[0353] 200 发光装置

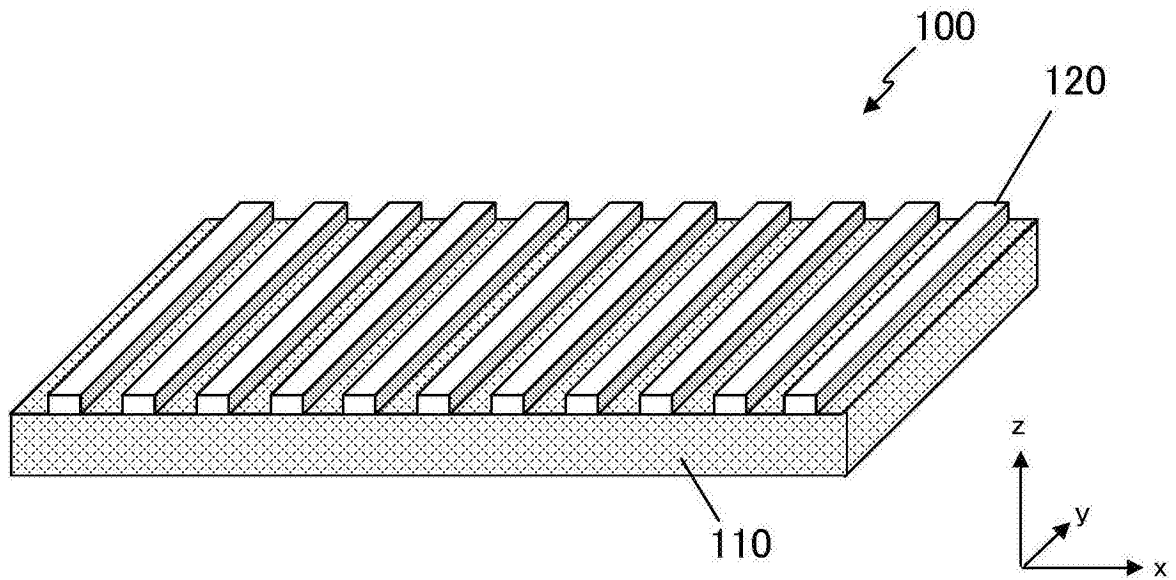


图1A

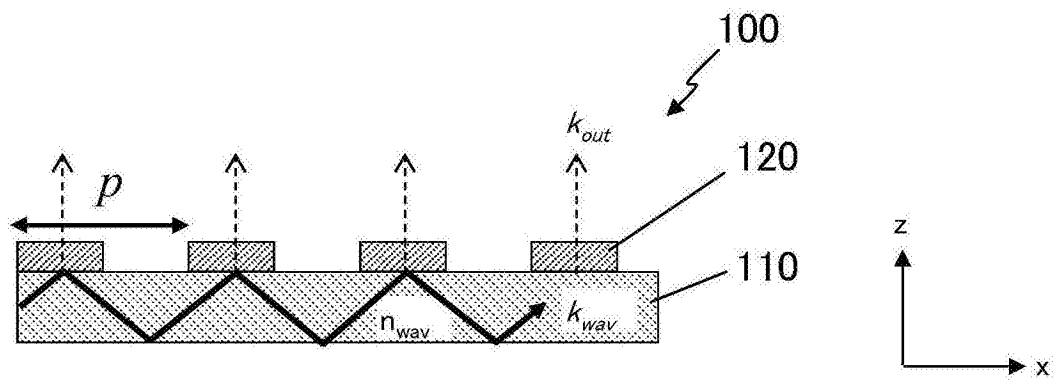


图1B

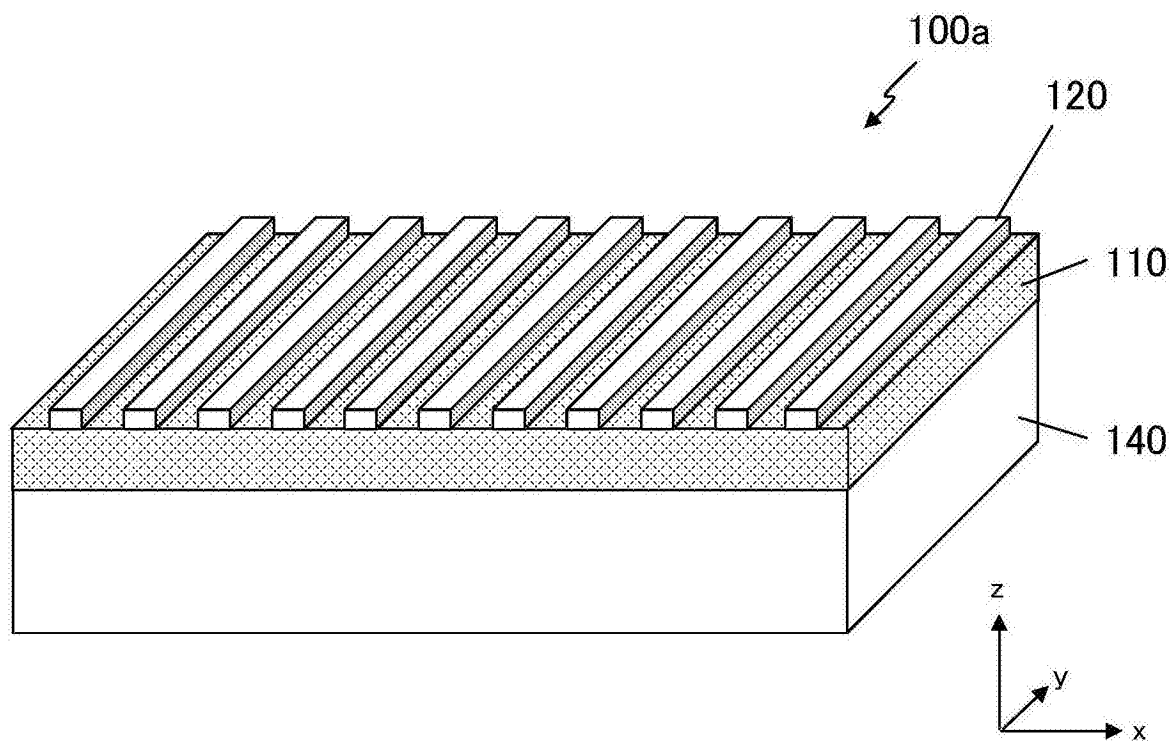


图1C

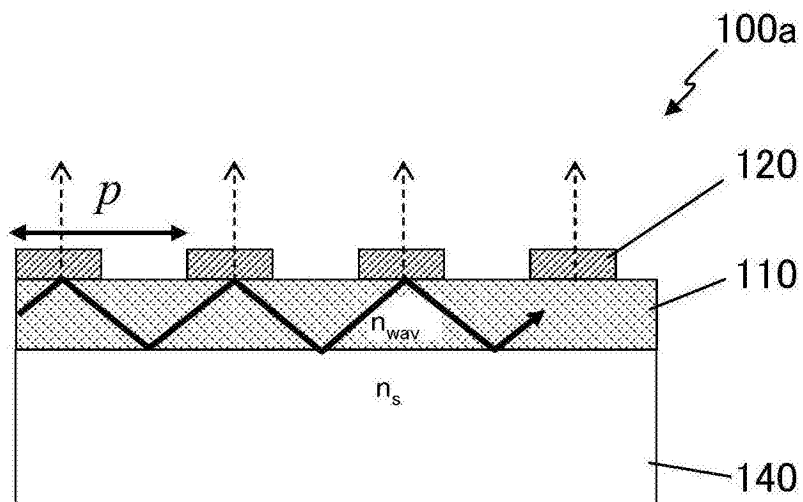


图1D

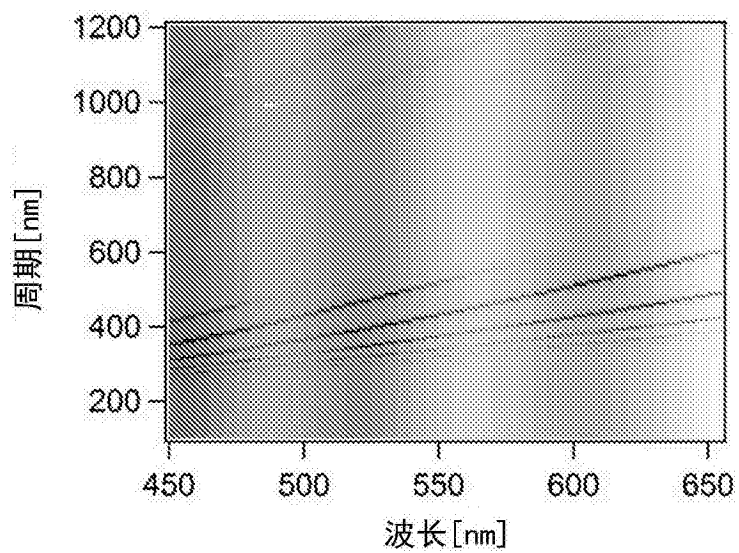


图2

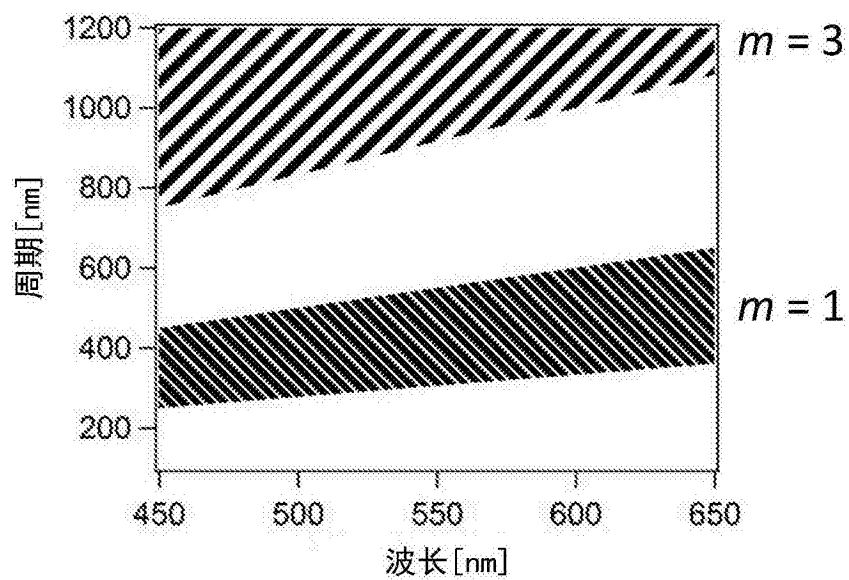


图3

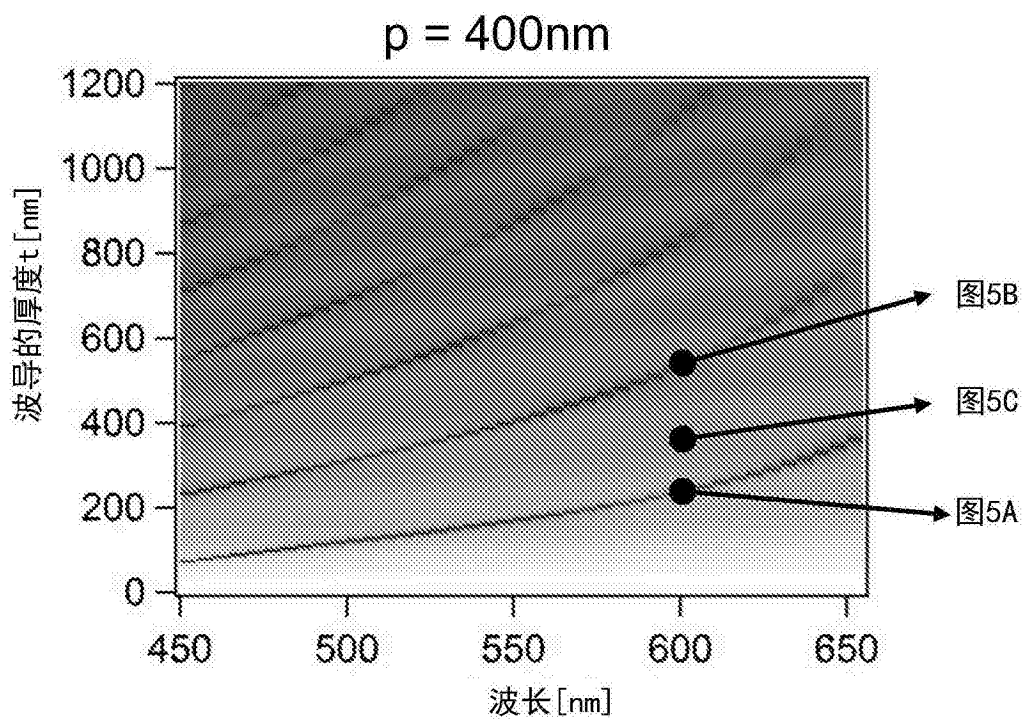


图4

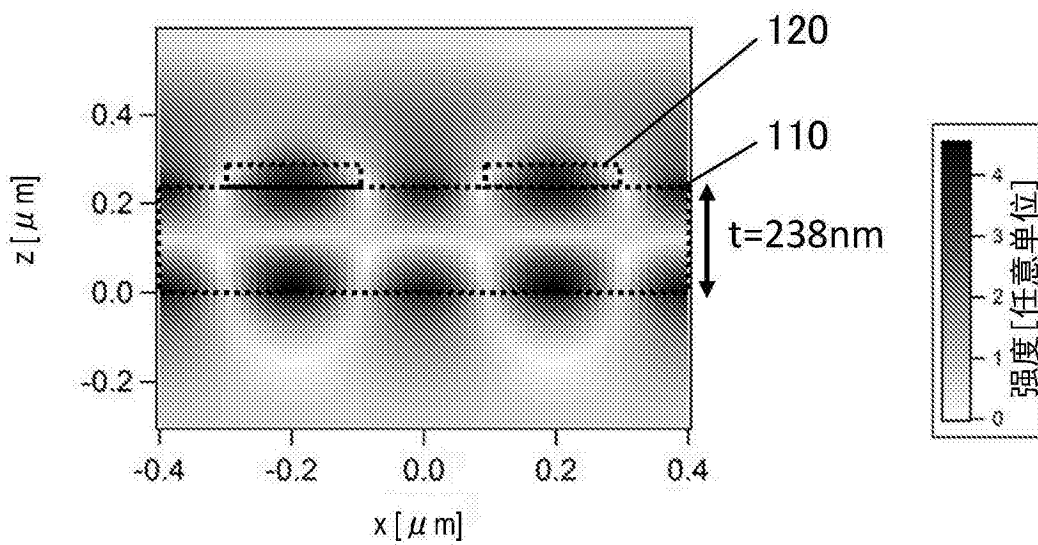


图5A

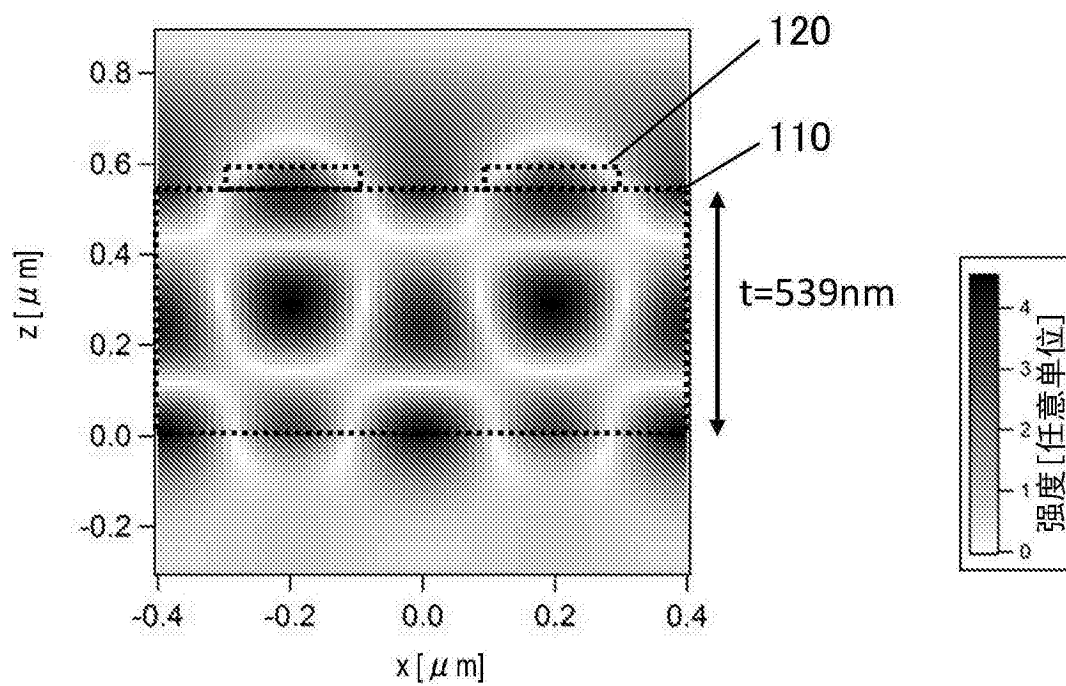


图5B

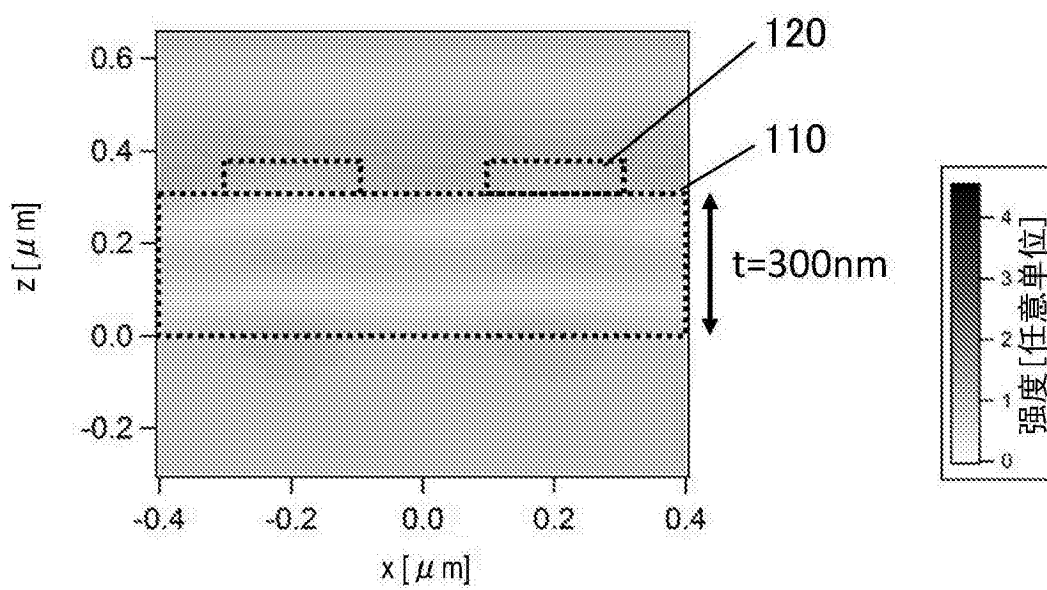


图5C

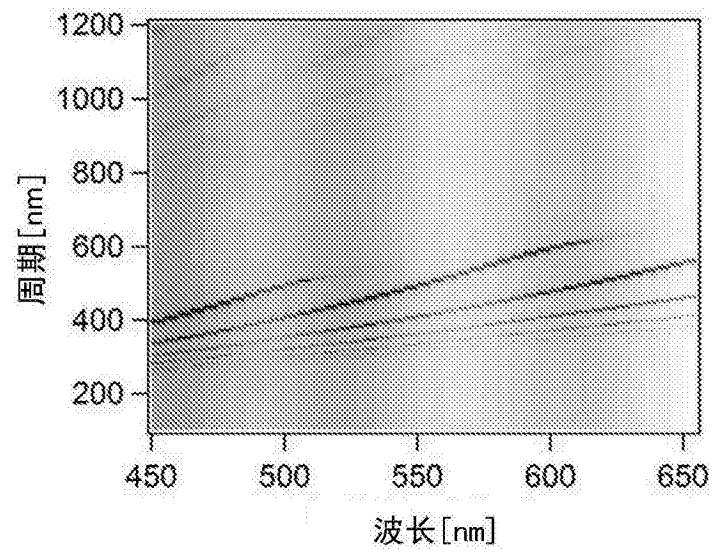


图6

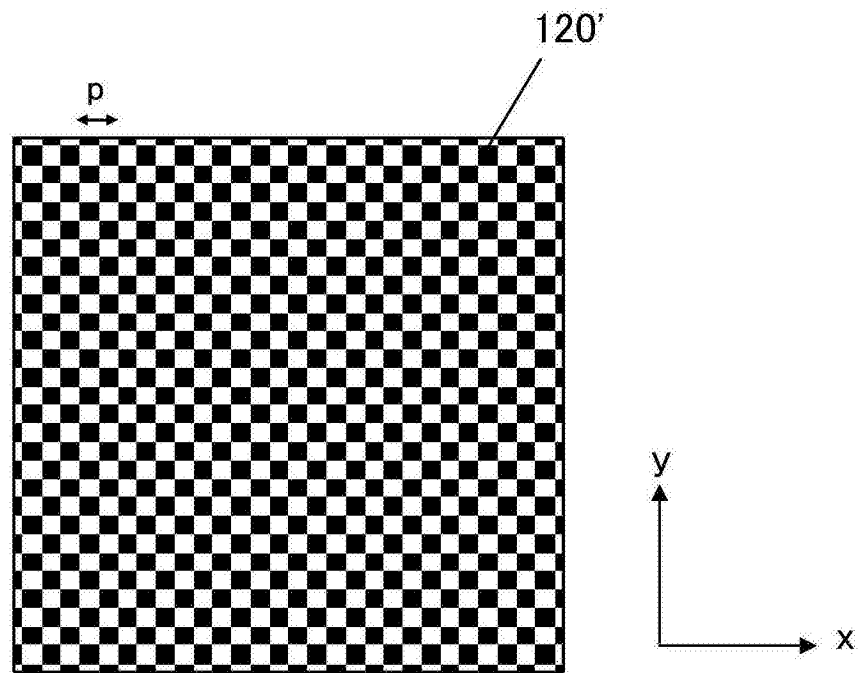


图7A

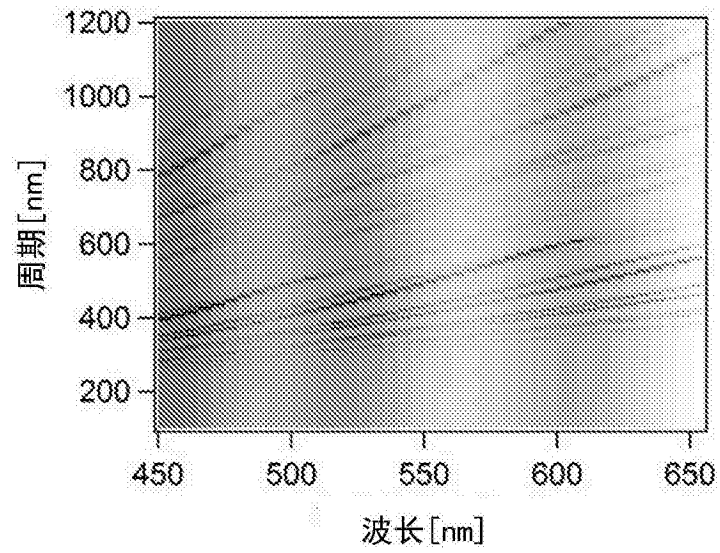


图7B

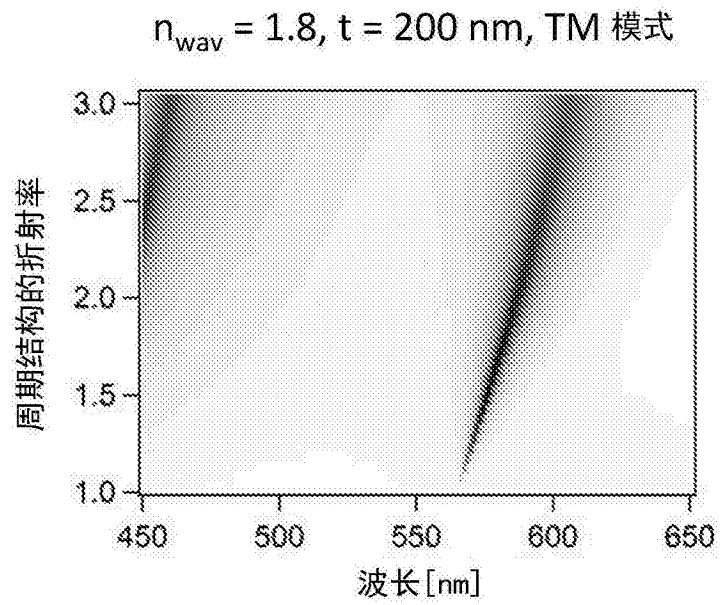


图8

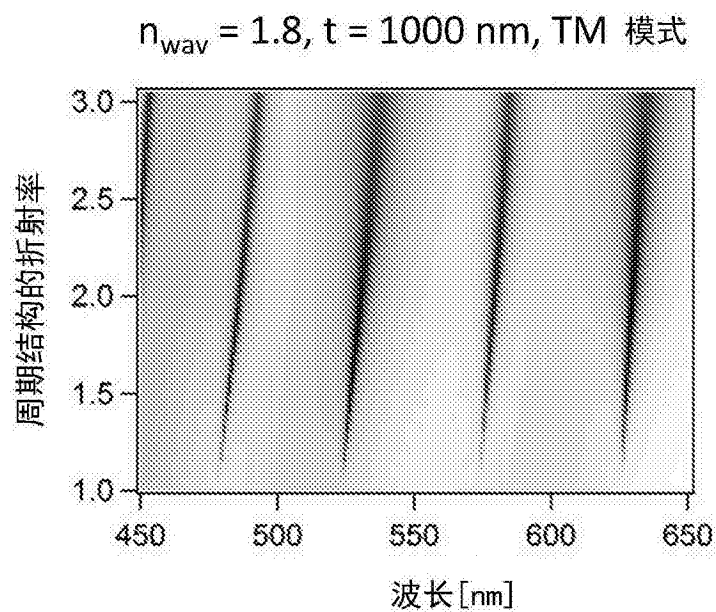


图9

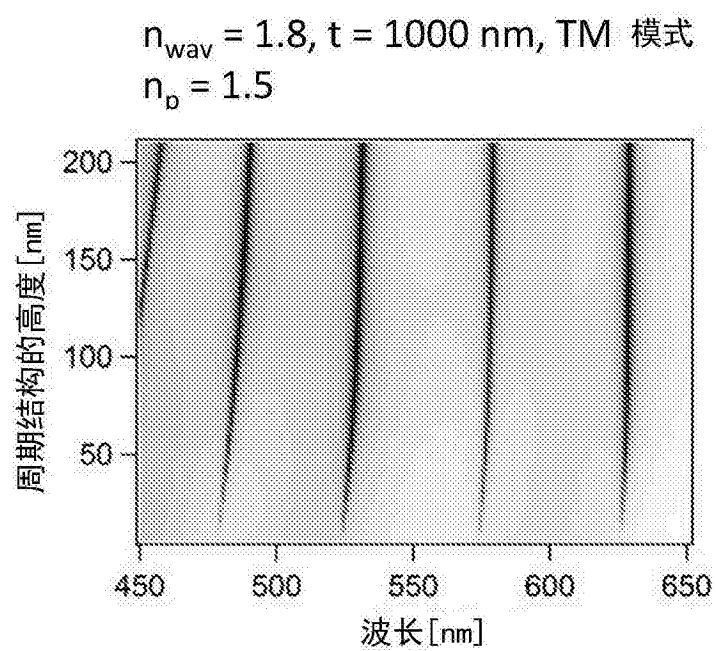


图10

$n_{\text{wav}} = 1.8$, $t = 1000 \text{ nm}$, TM 模式
 $n_o = 2.0$

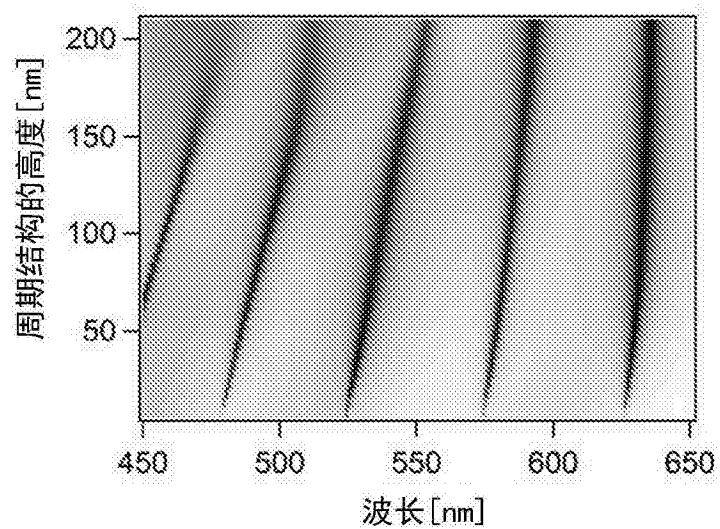


图11

$n_{\text{wav}} = 1.8$, $t = 1000 \text{ nm}$, TE 模式

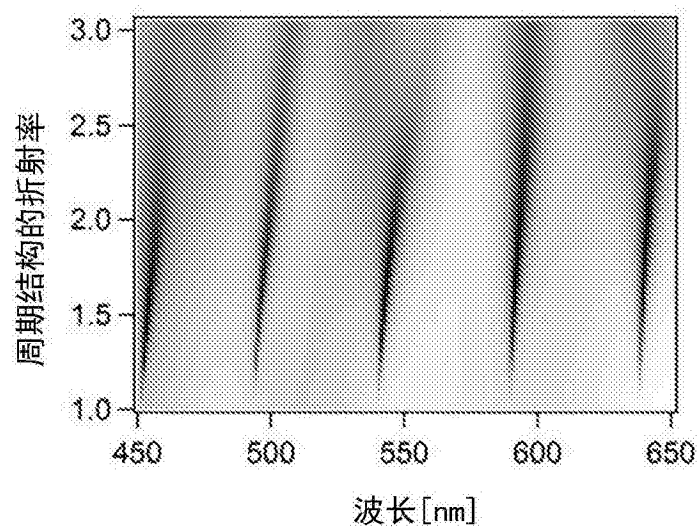


图12

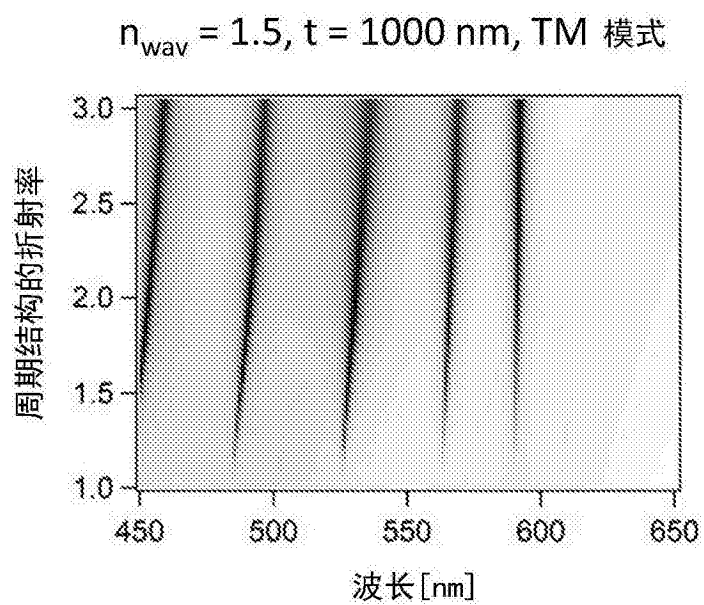


图13

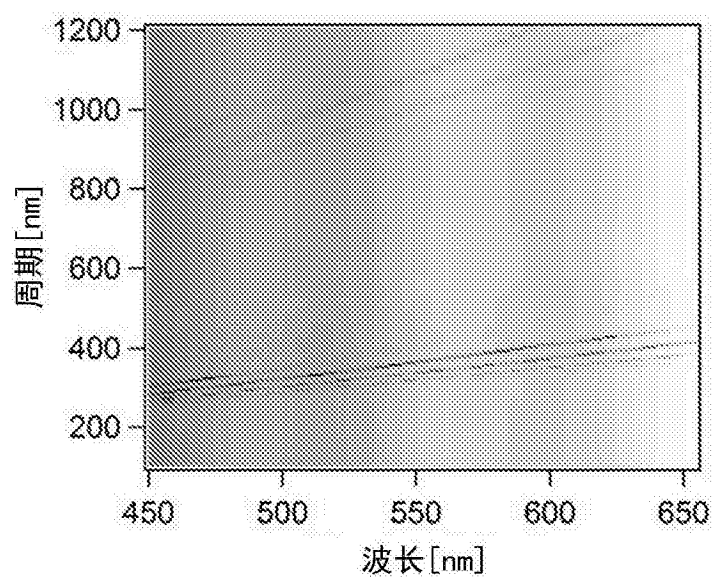


图14

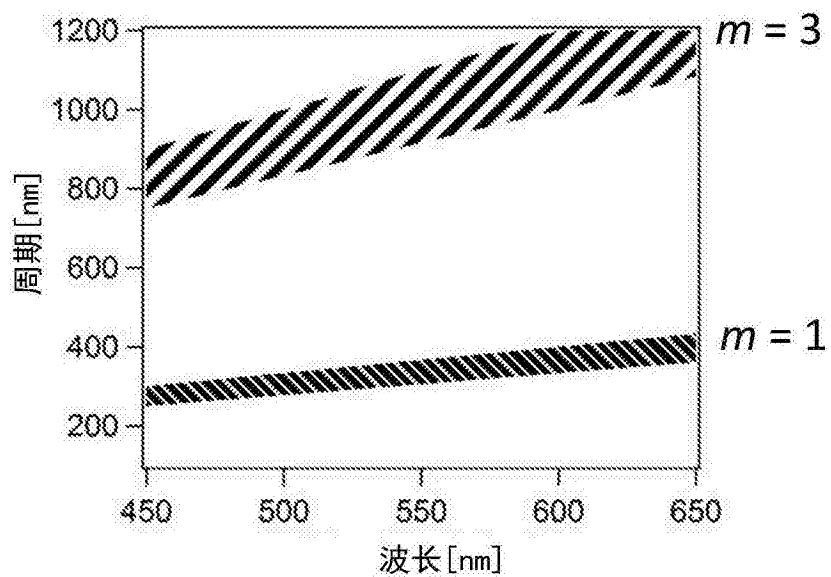


图15

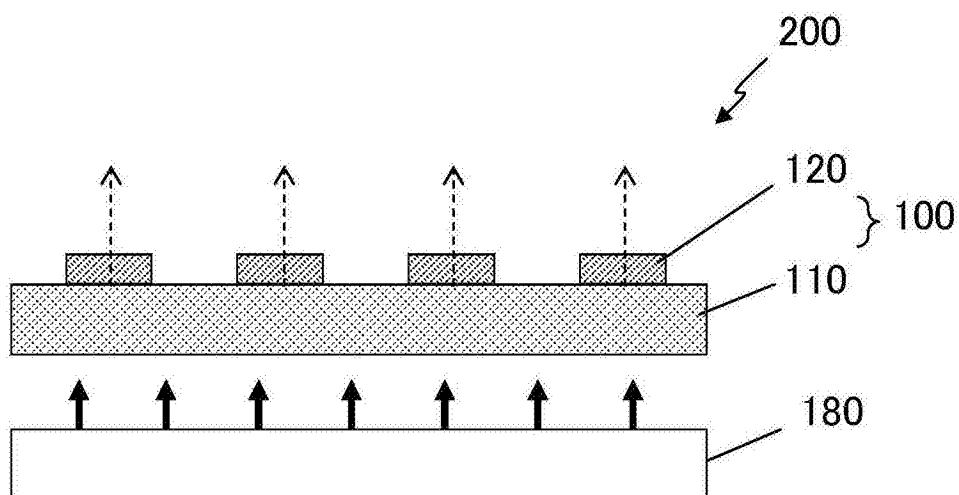


图16

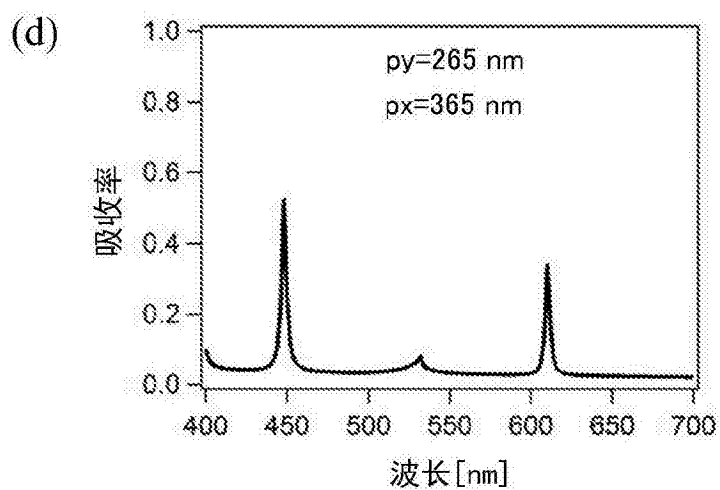
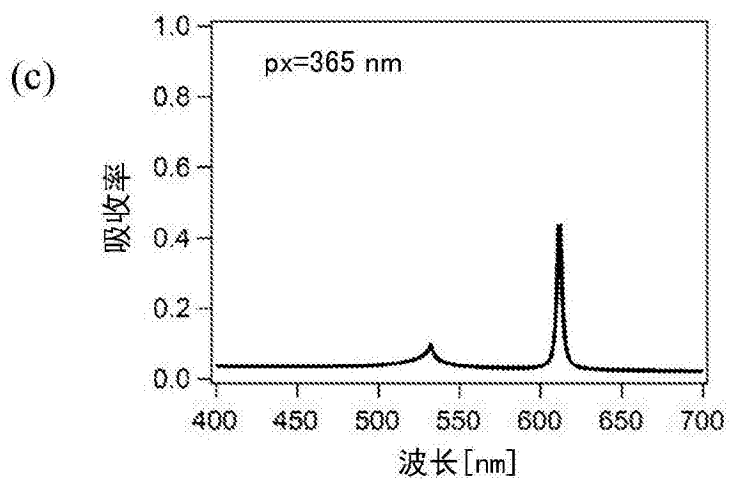
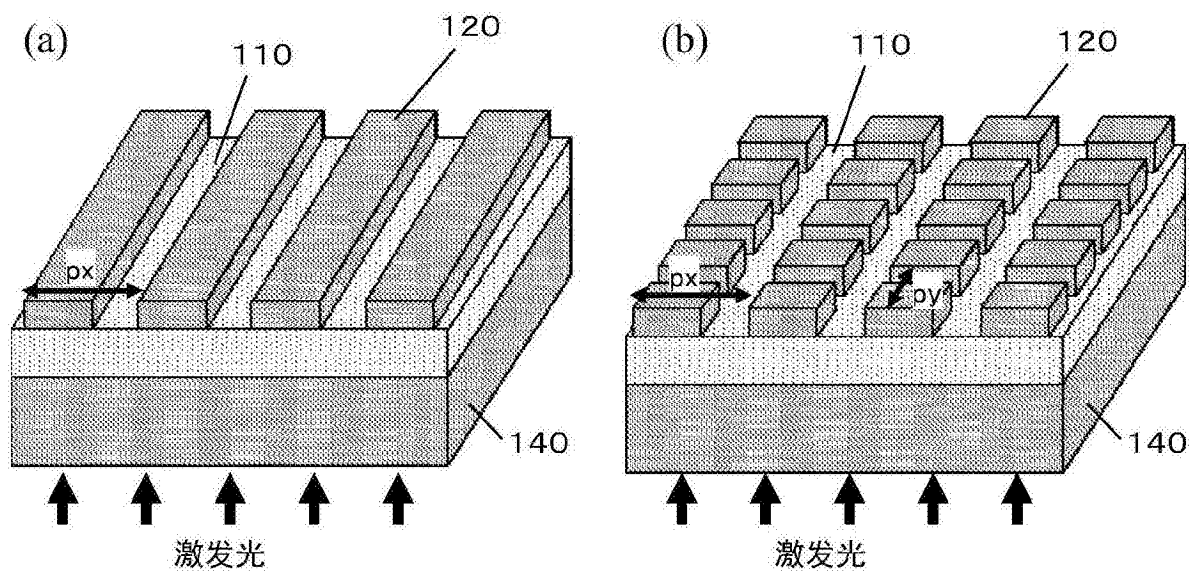


图17

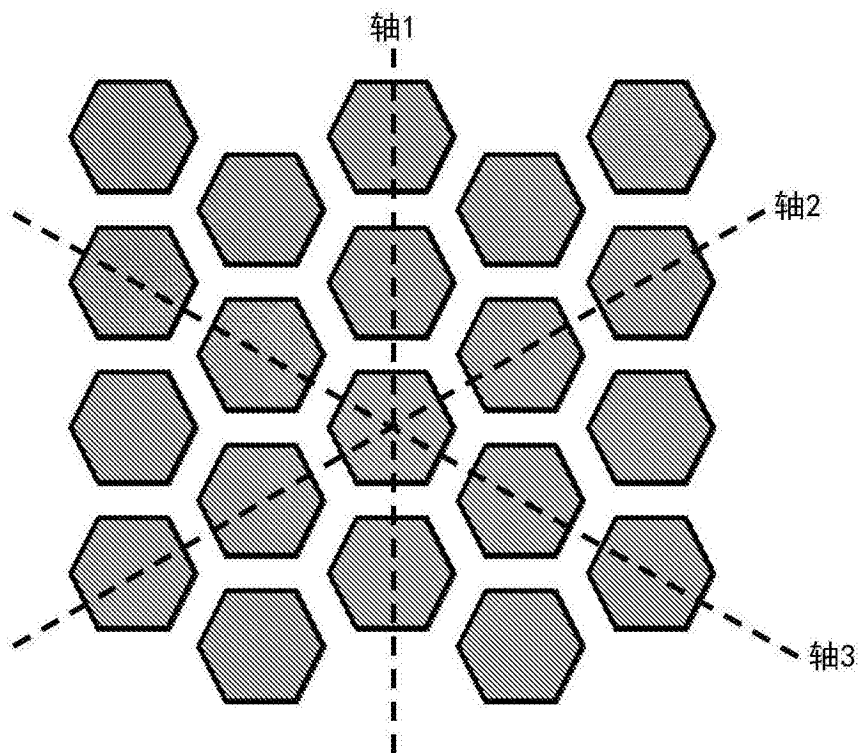


图18A

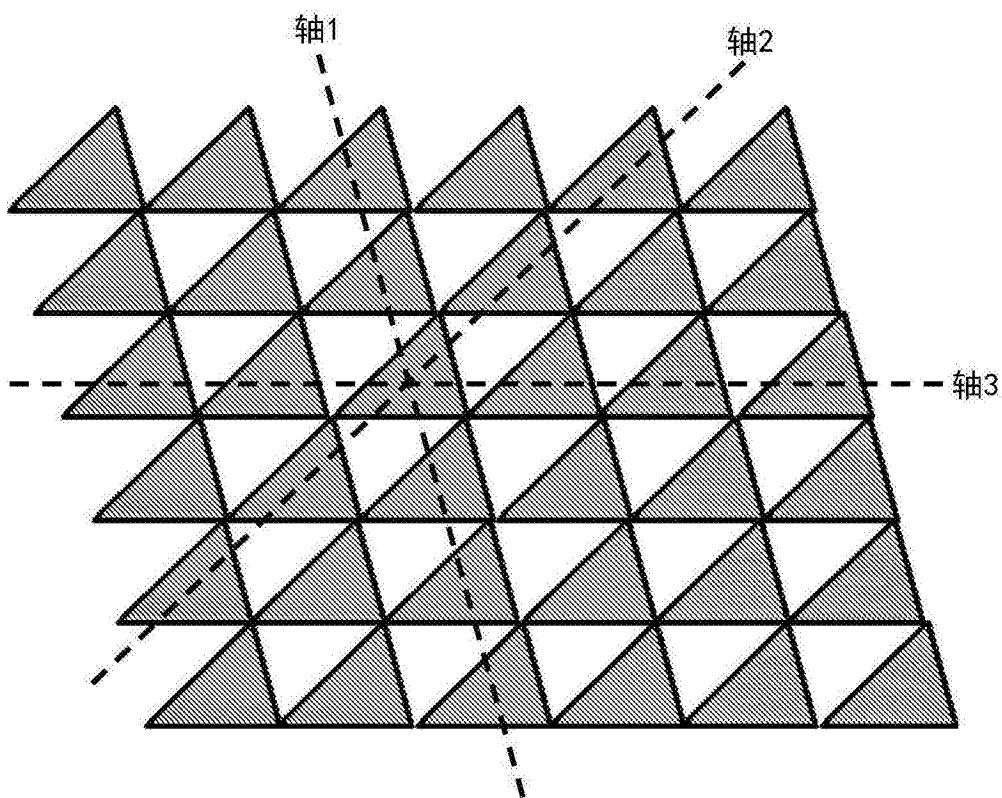


图18B

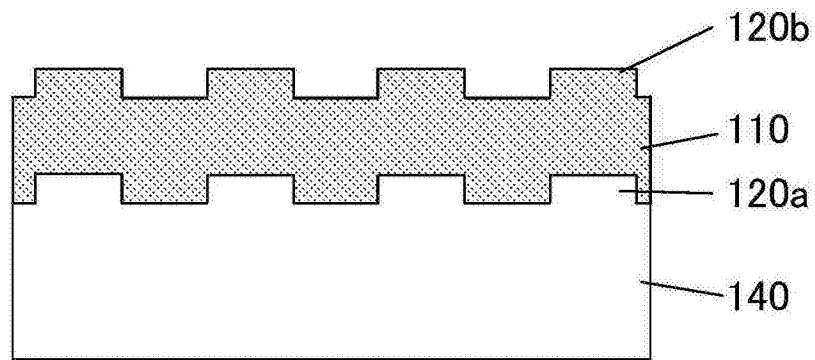


图19A

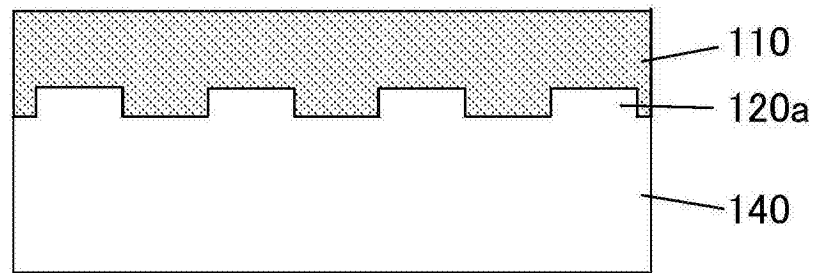


图19B

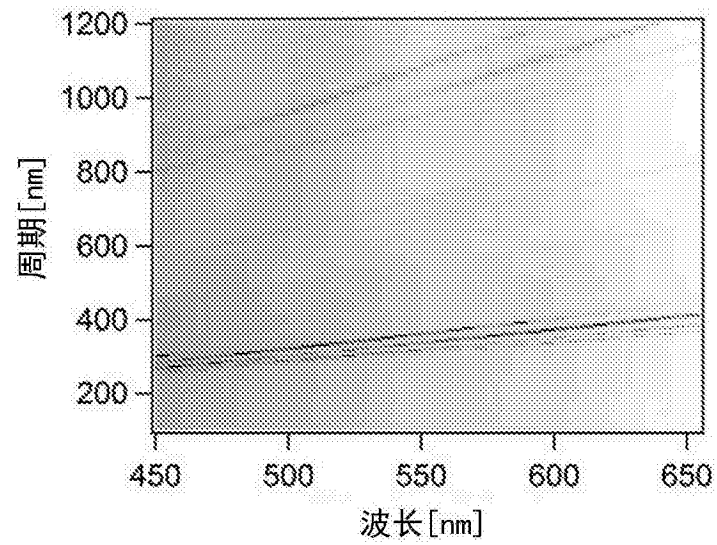


图19C

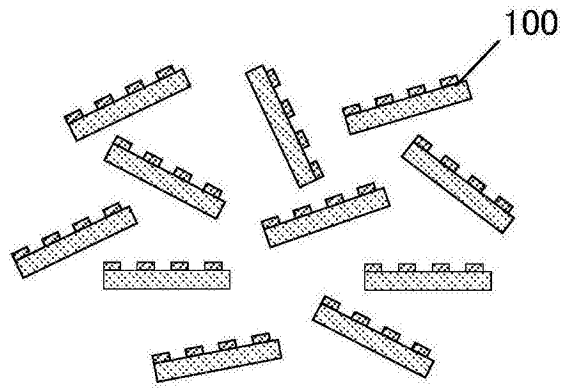


图20

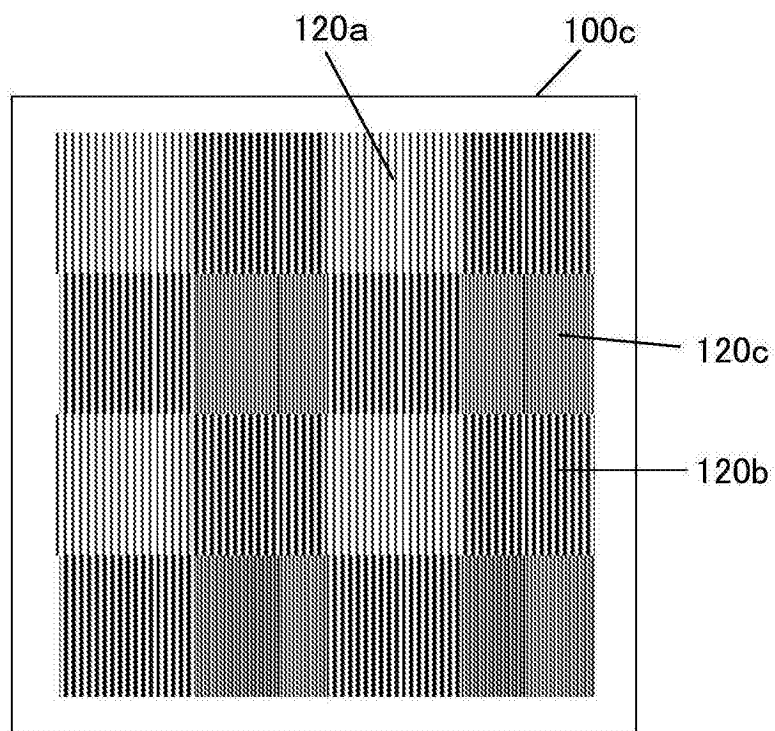


图21

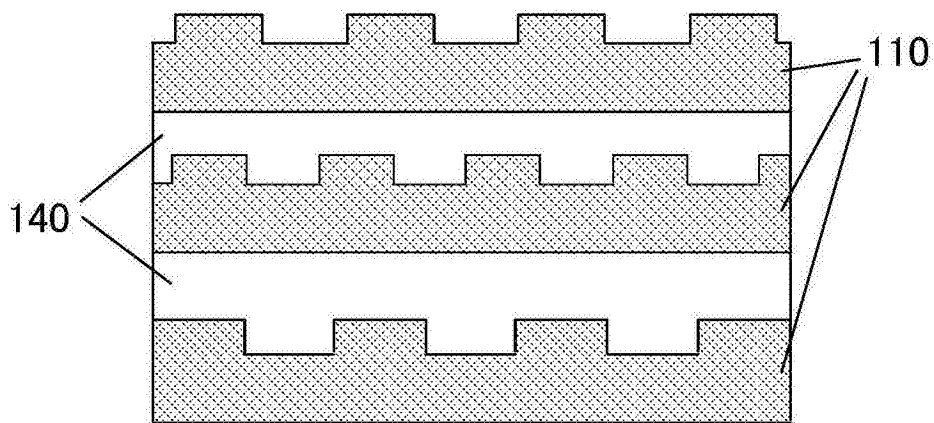


图22

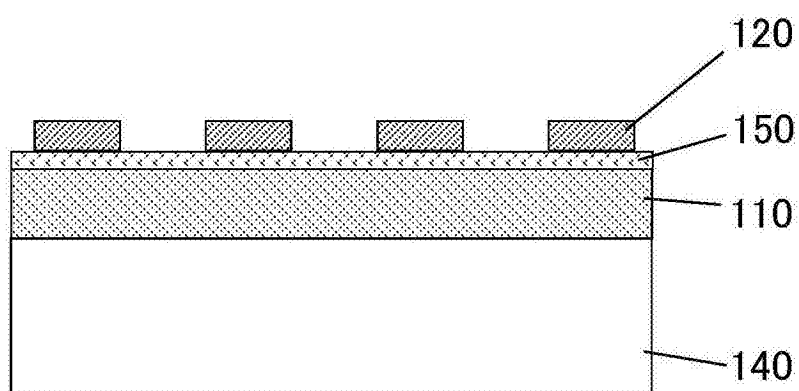


图23

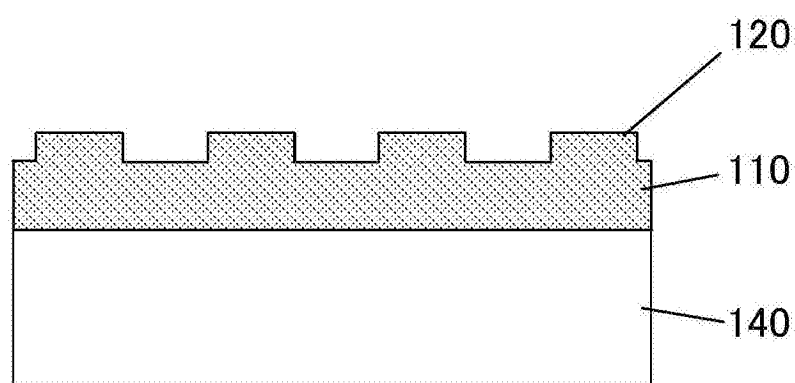


图24

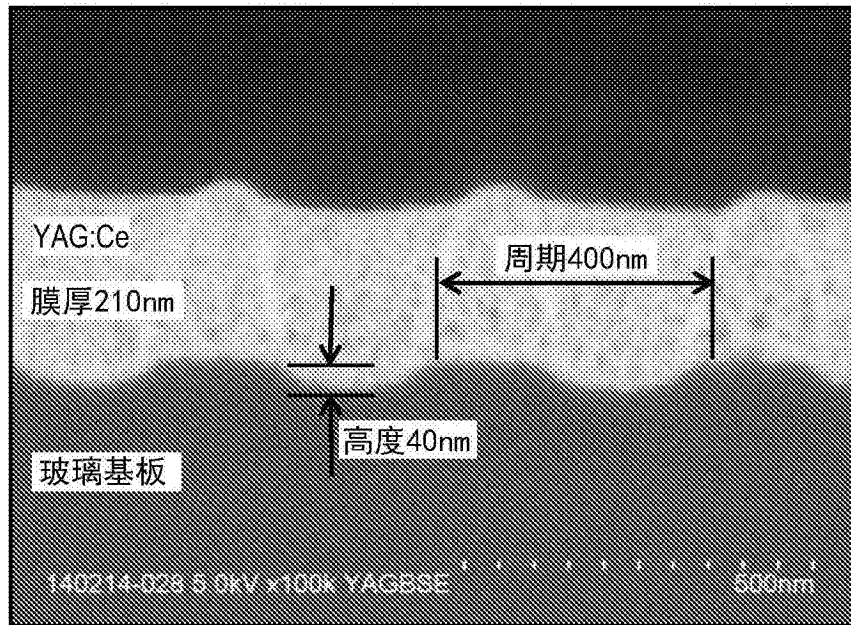


图25

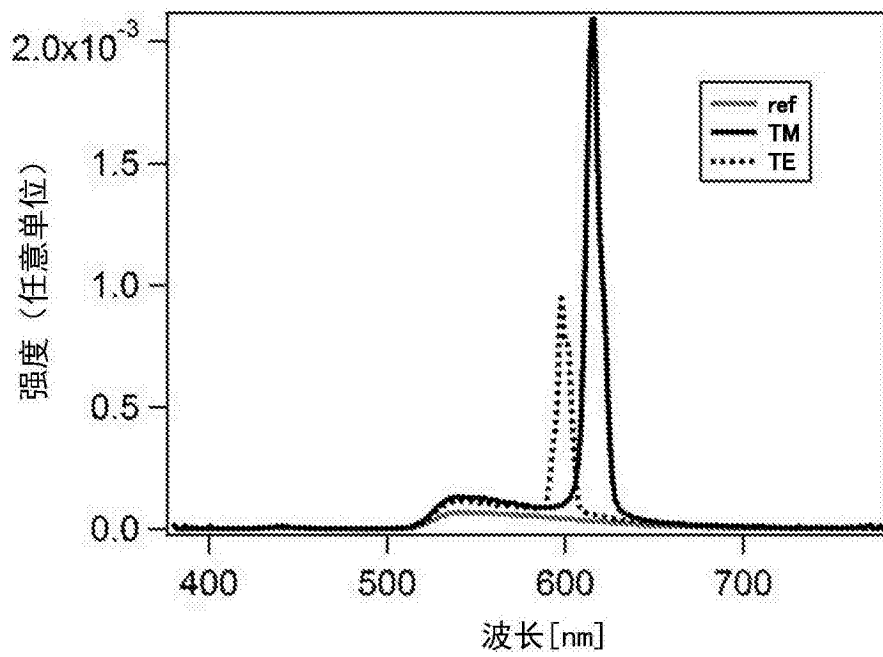


图26

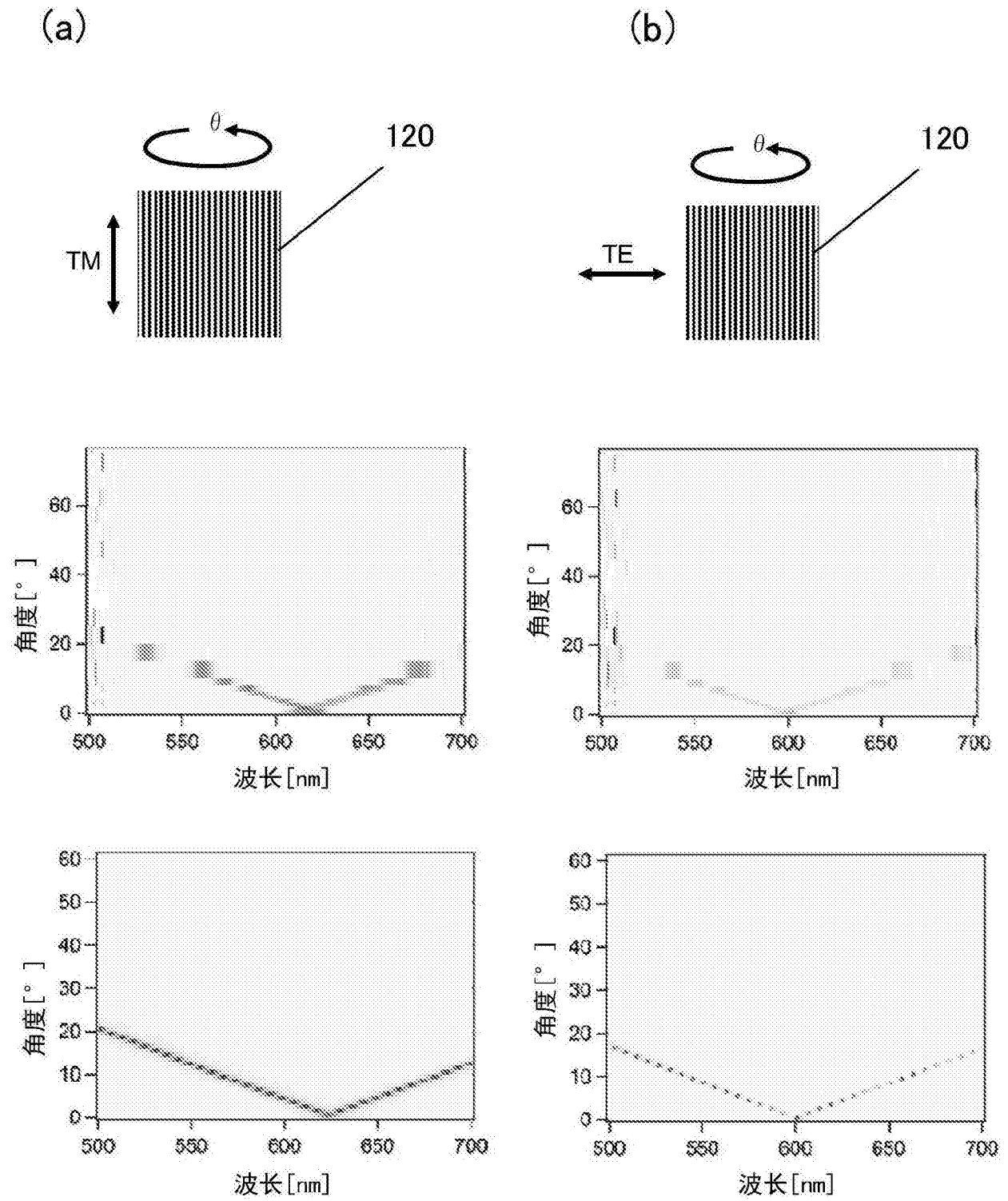


图27

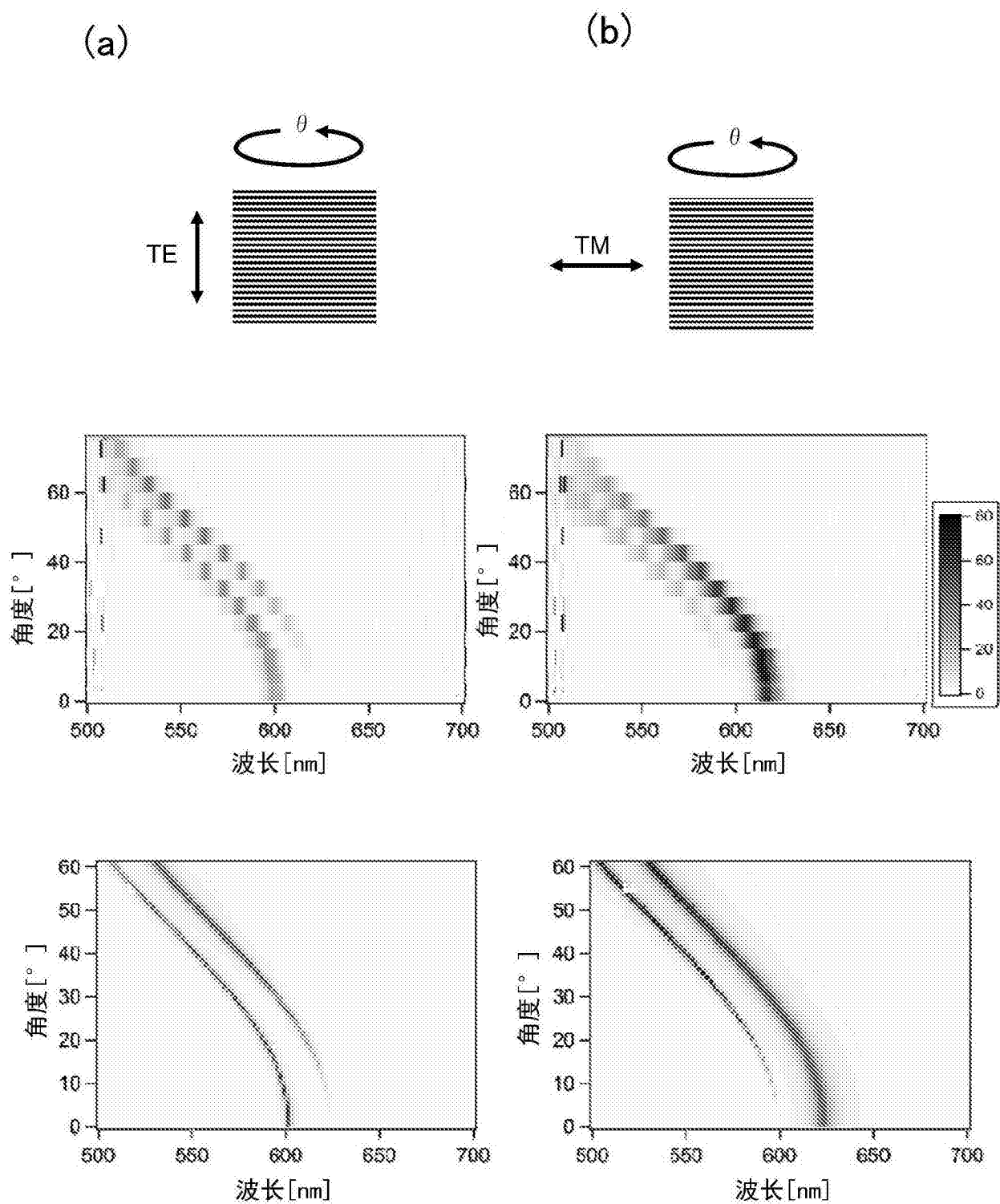


图28

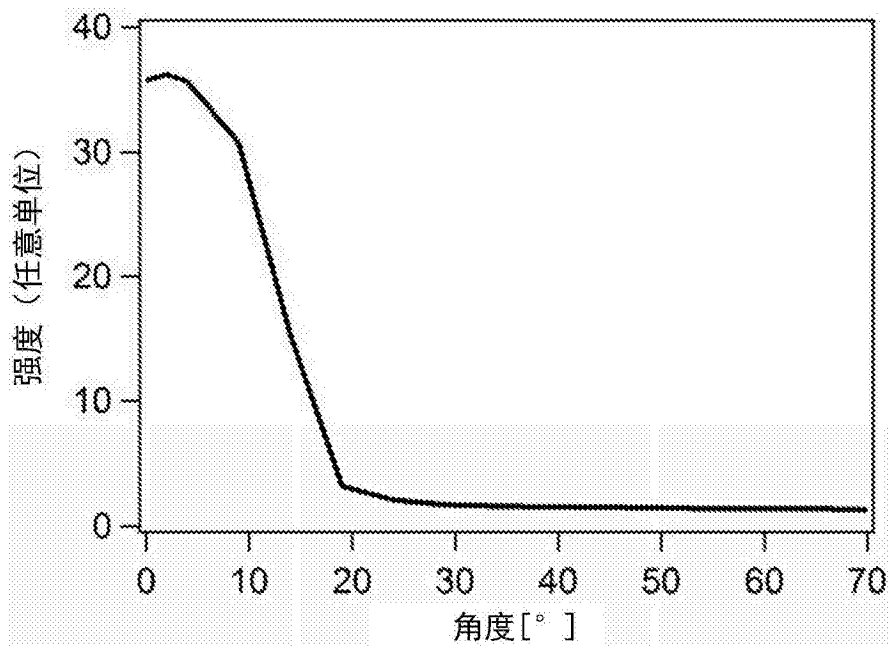


图29

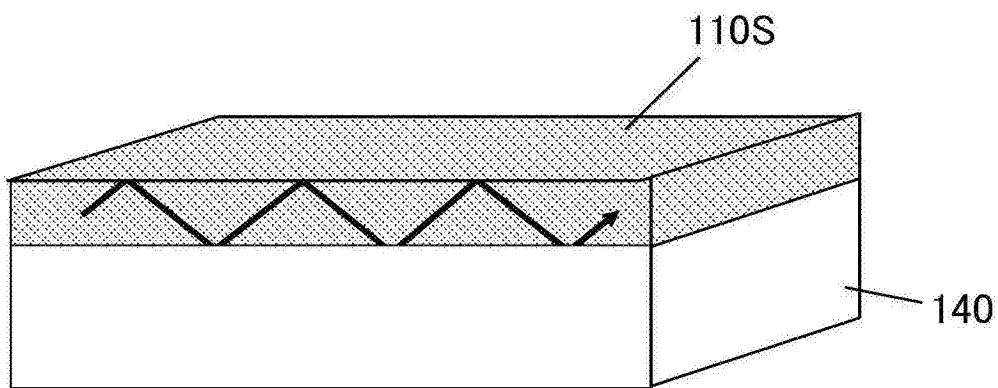


图30

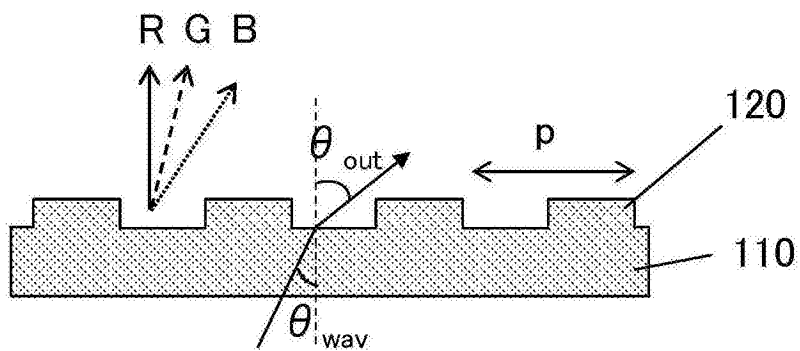


图31

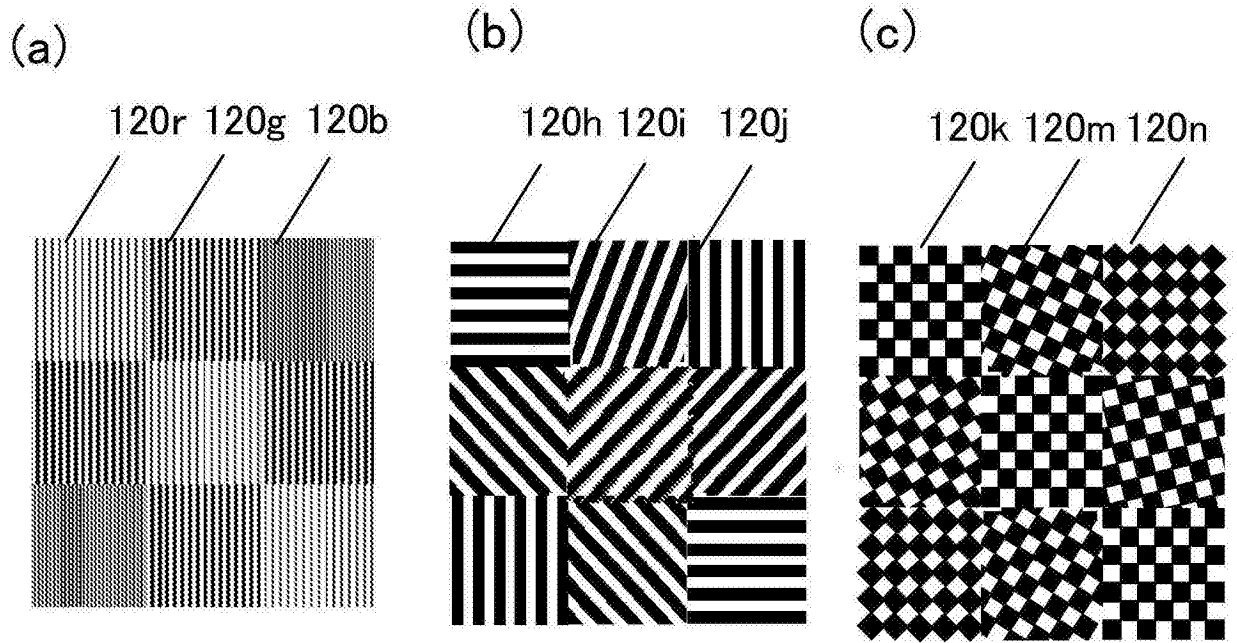


图32A

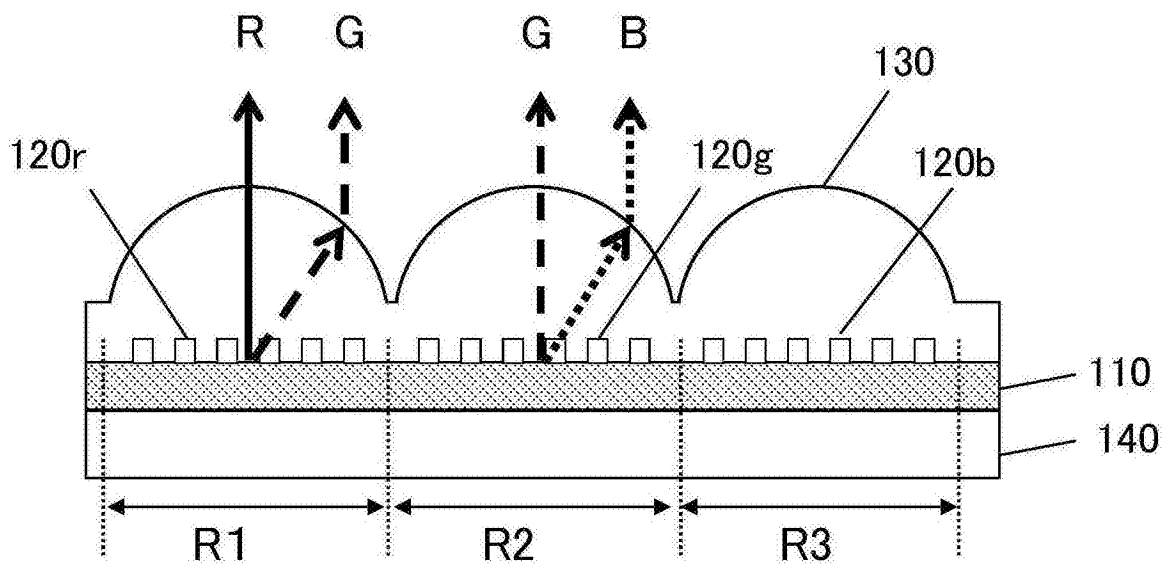
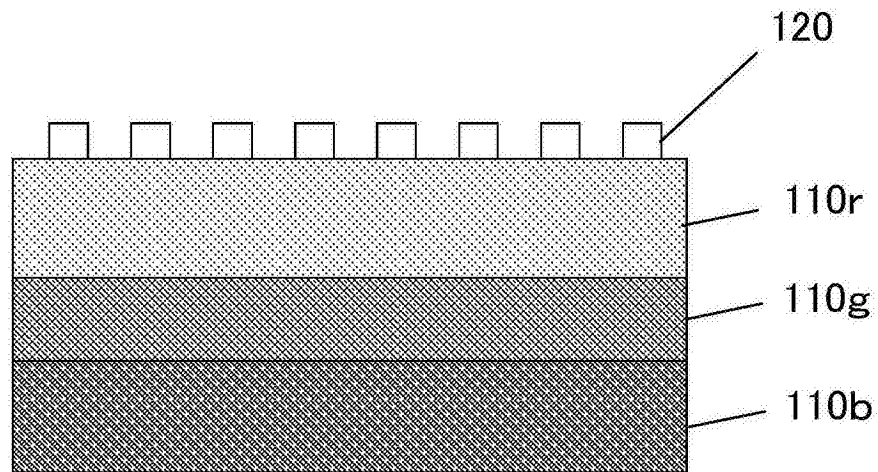


图32B

(a)



(b)

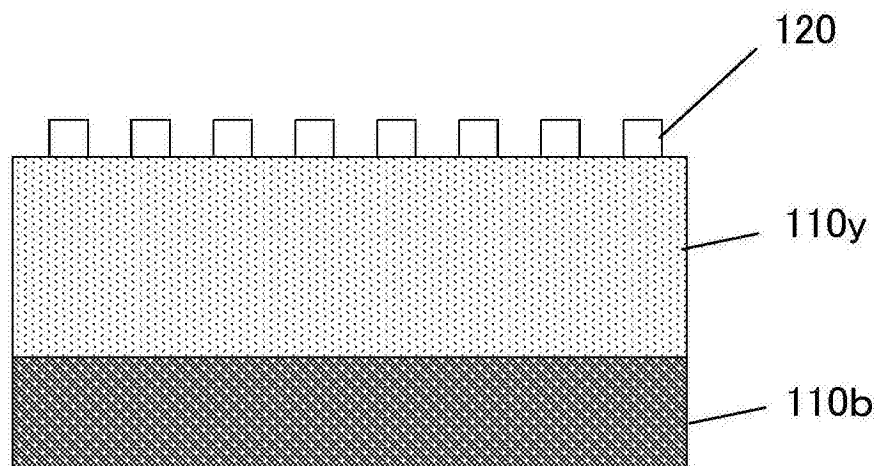


图33

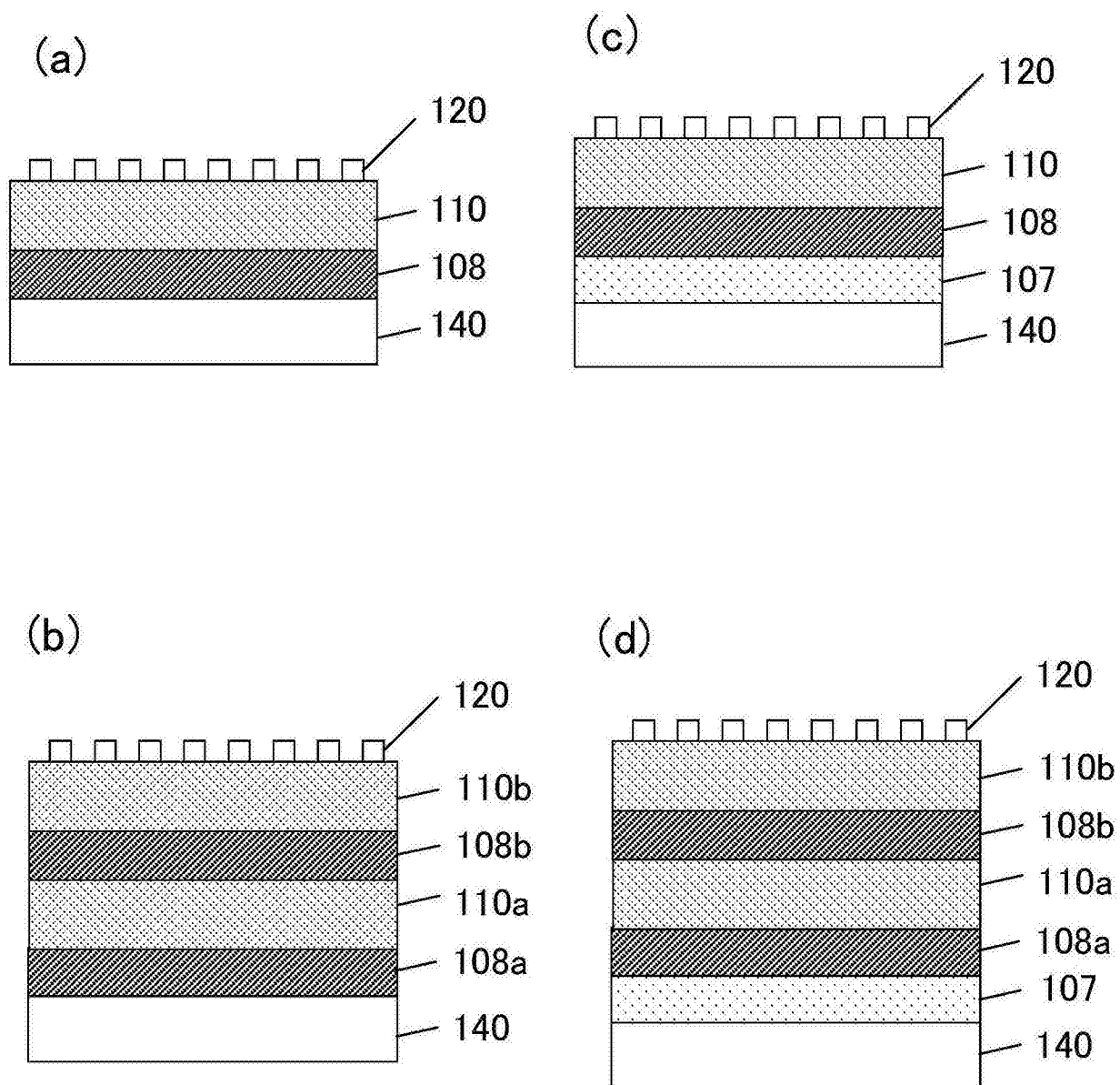


图34

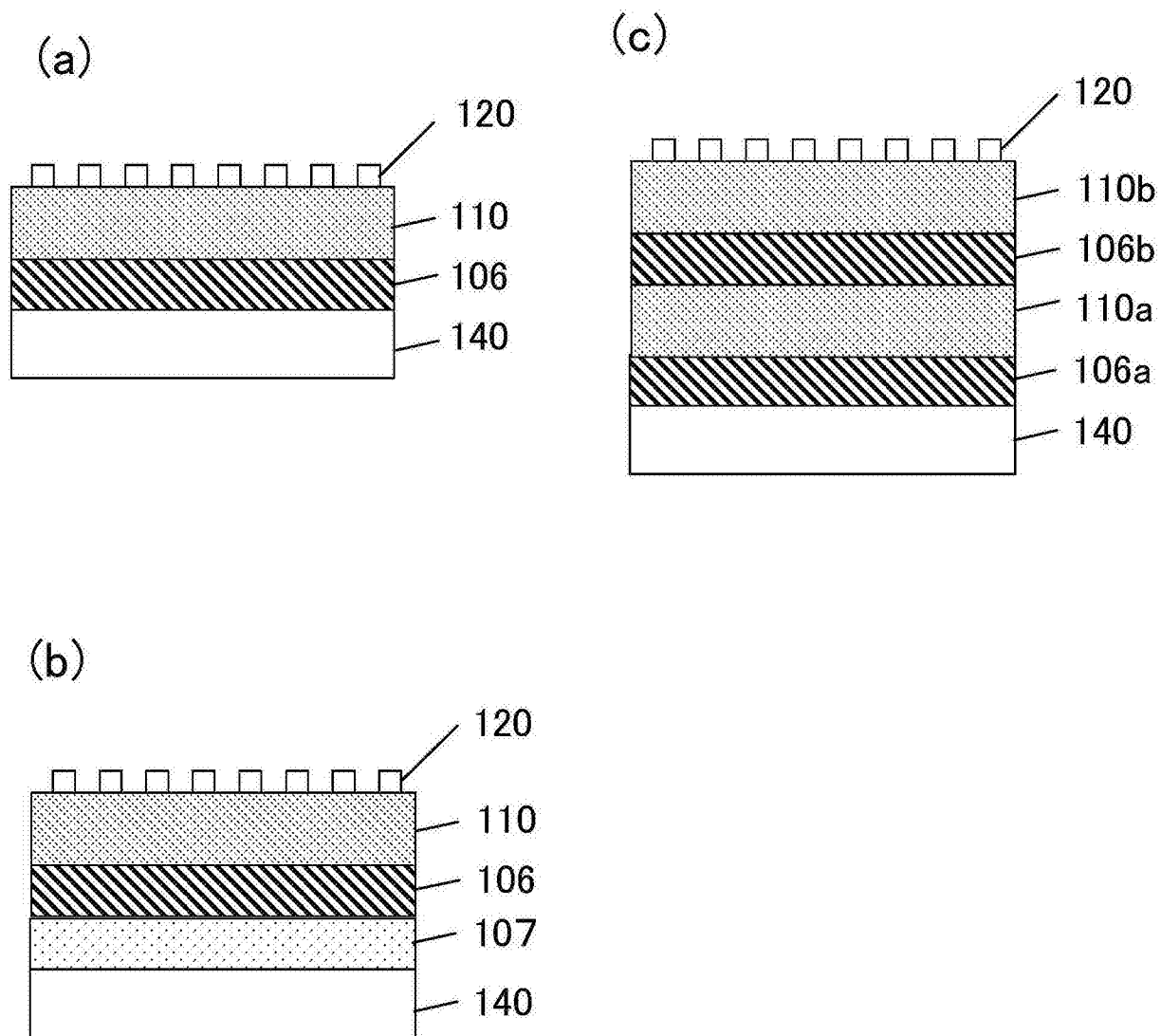


图35

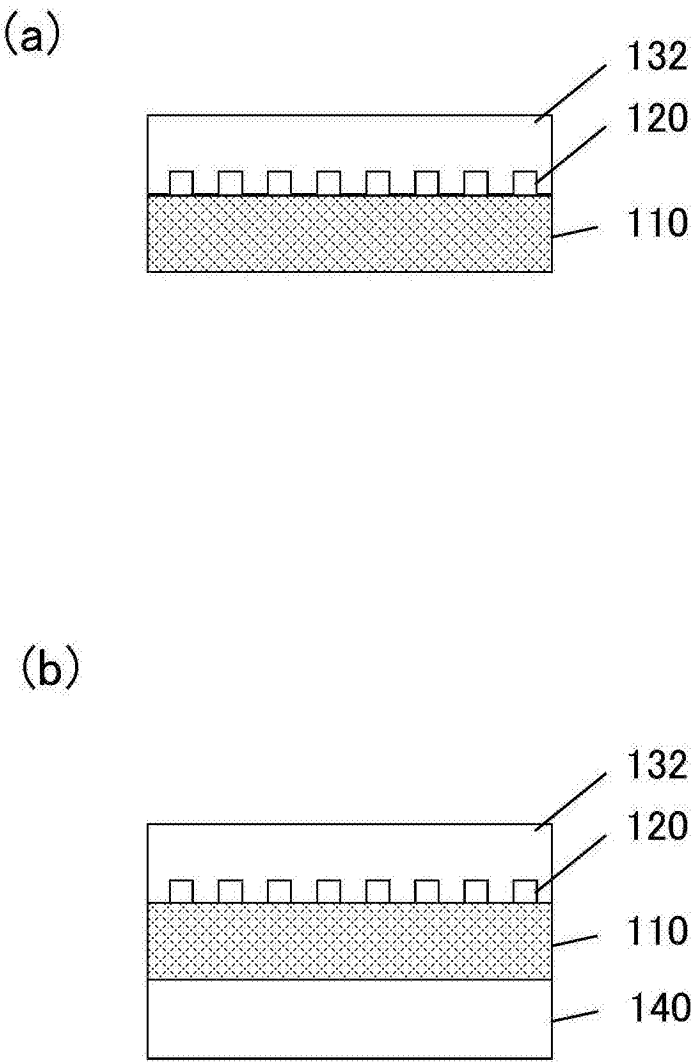
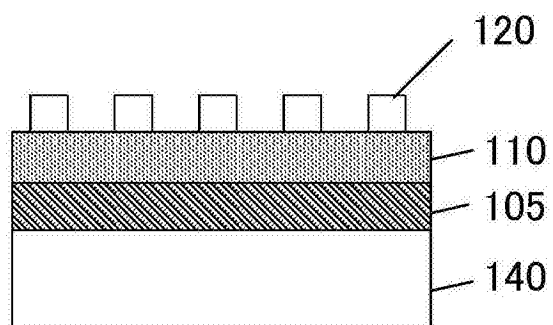
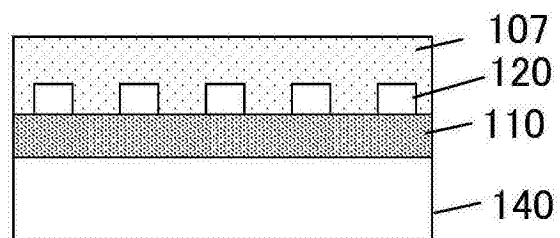


图36

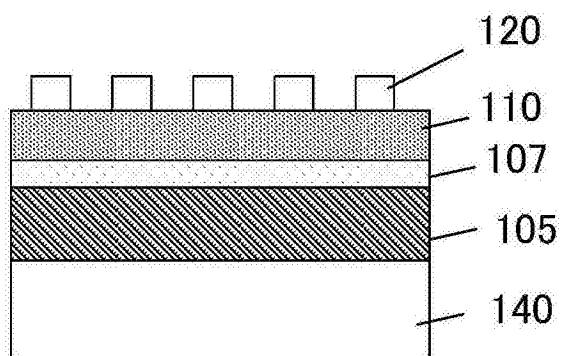
(a)



(c)



(b)



(d)

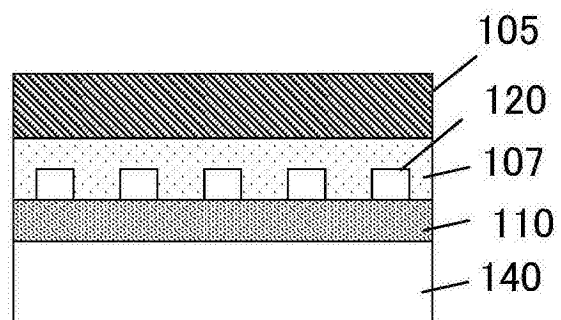


图37

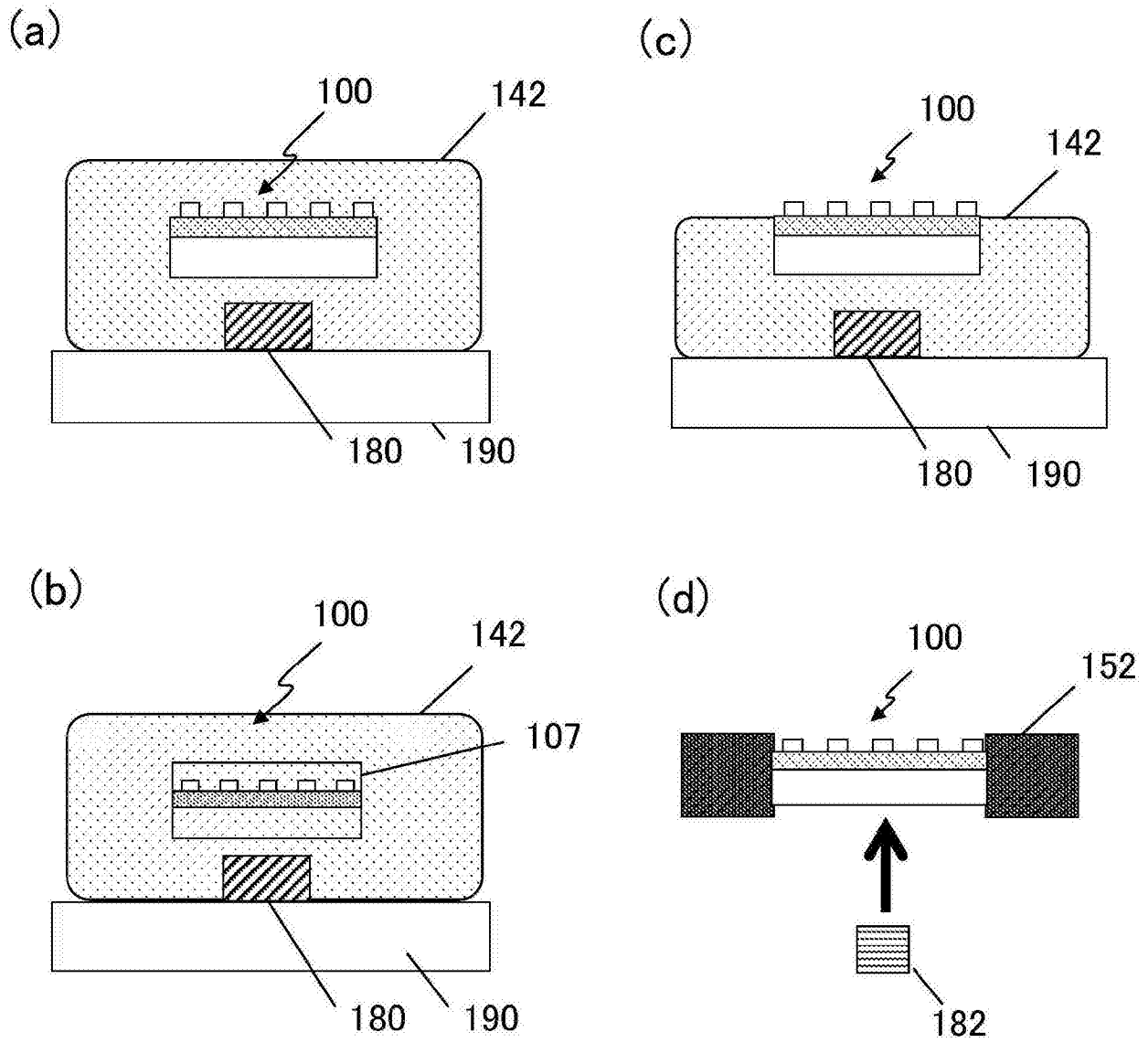


图38

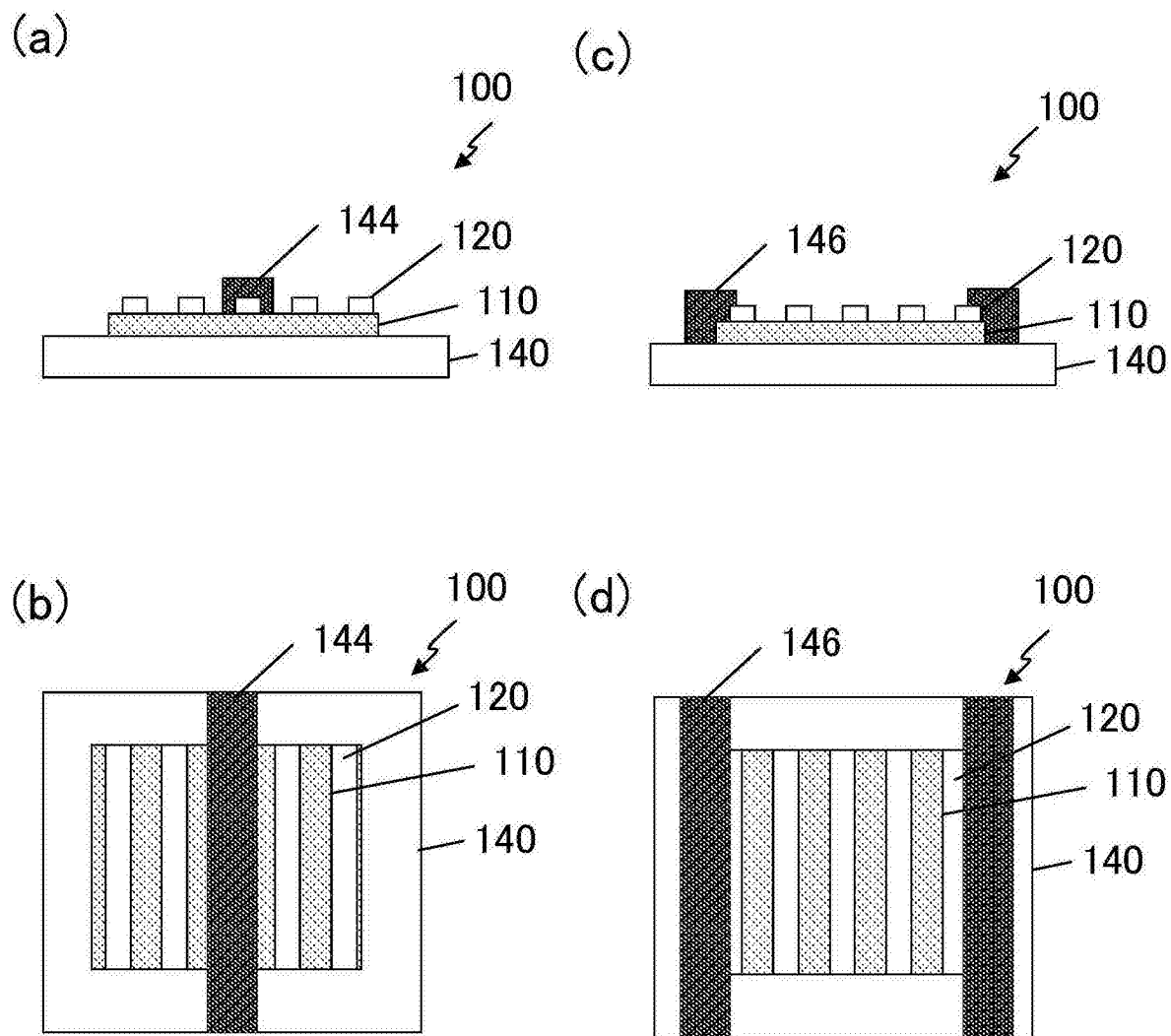


图39

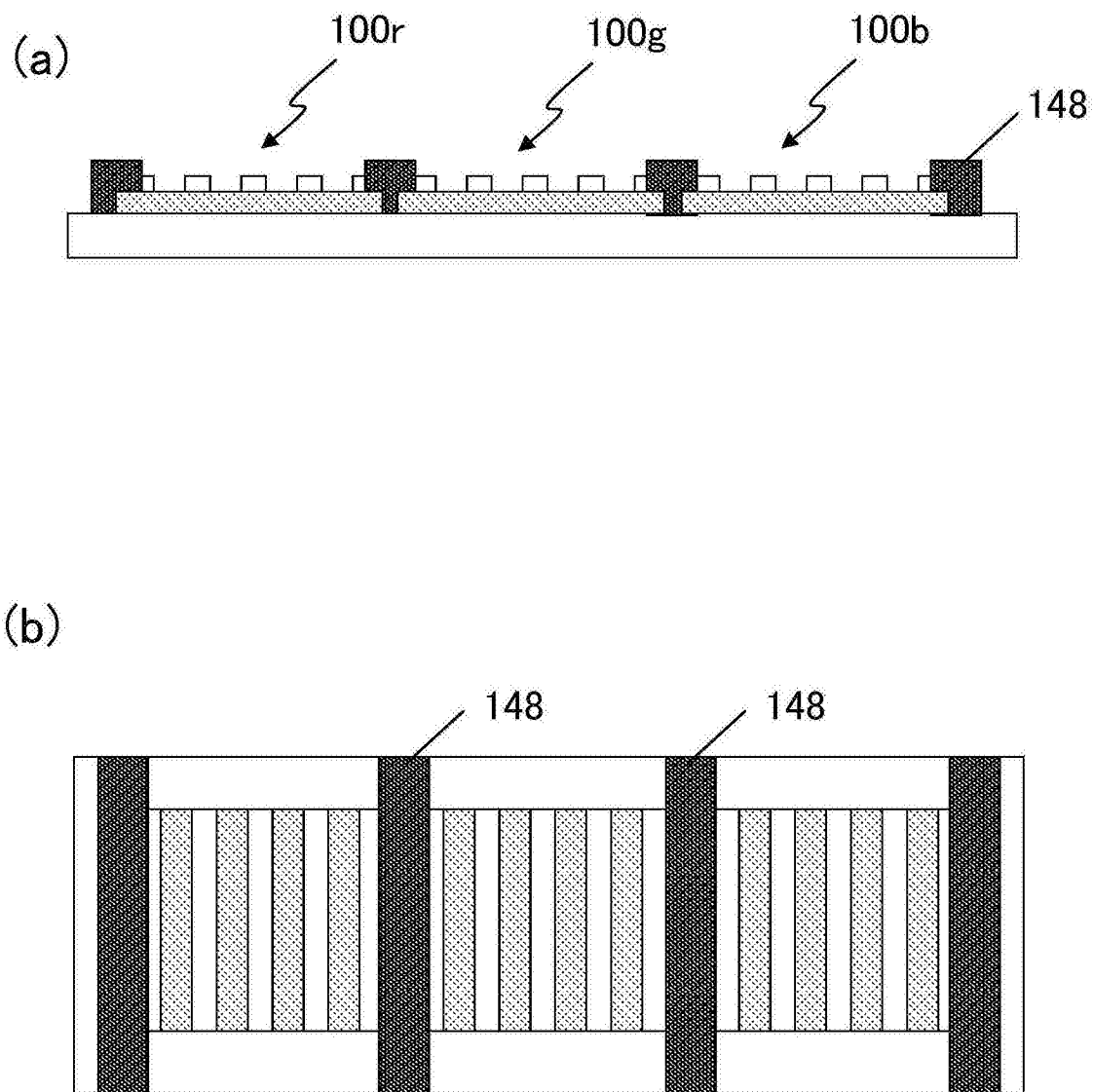


图40

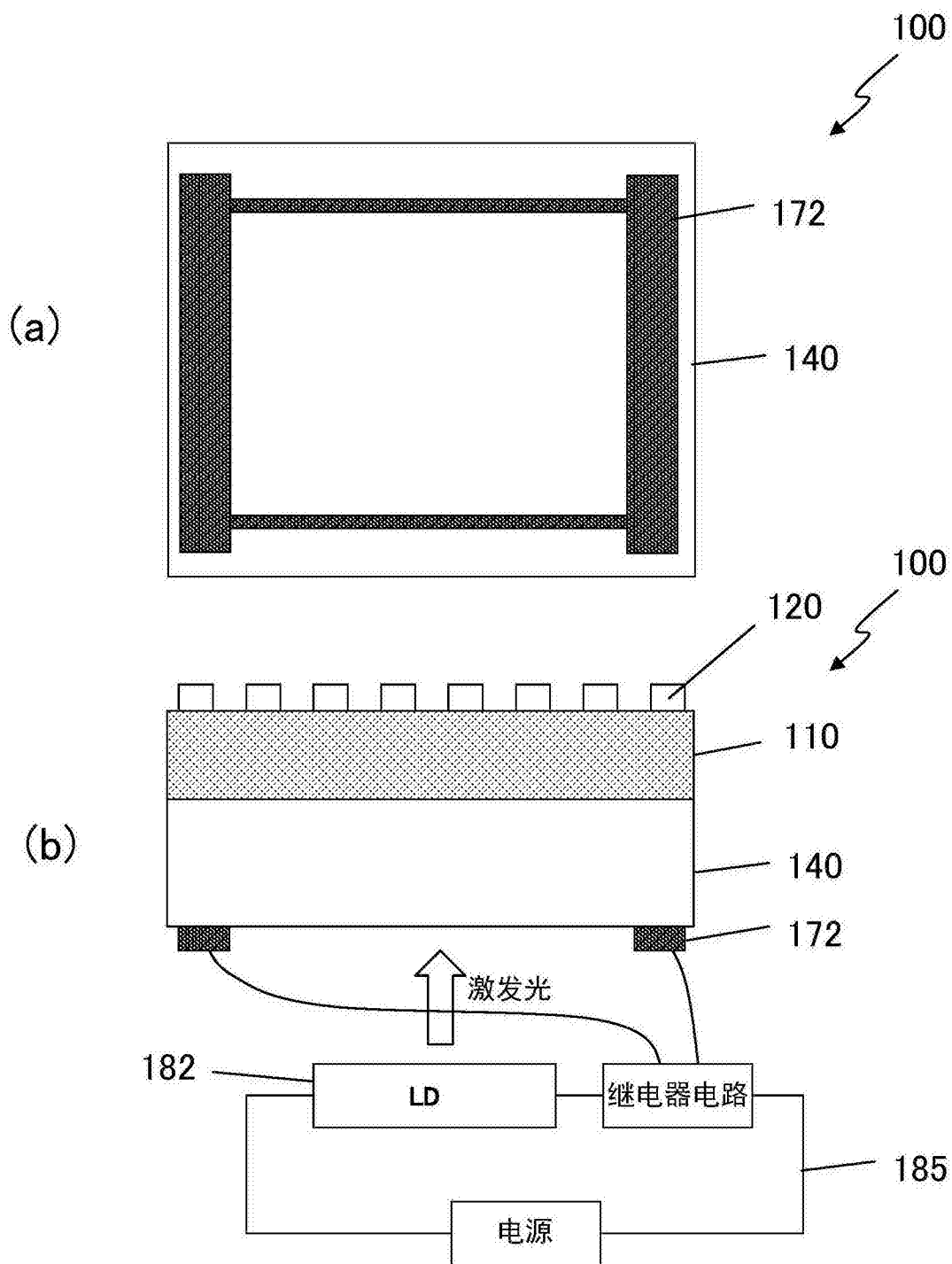


图41

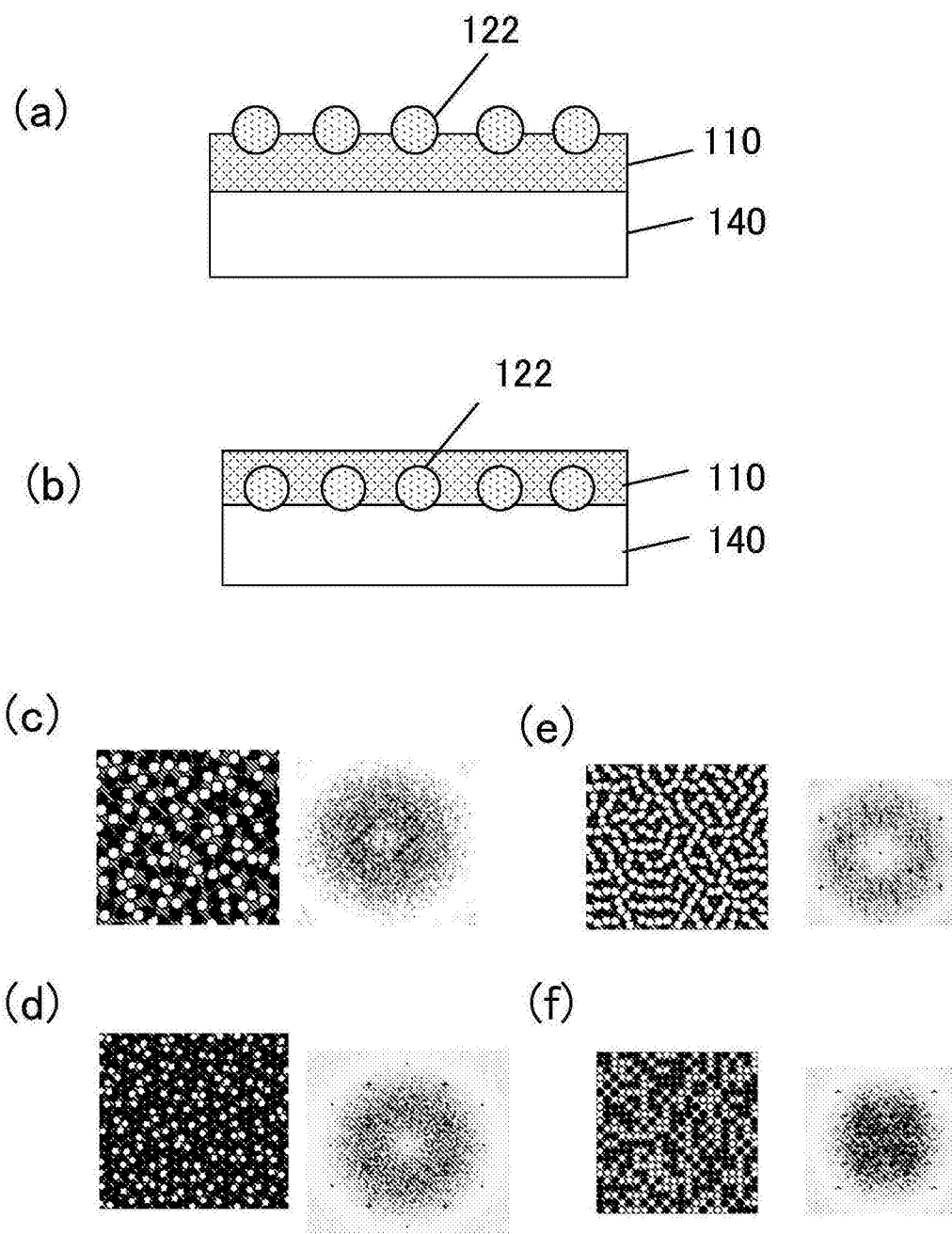


图42

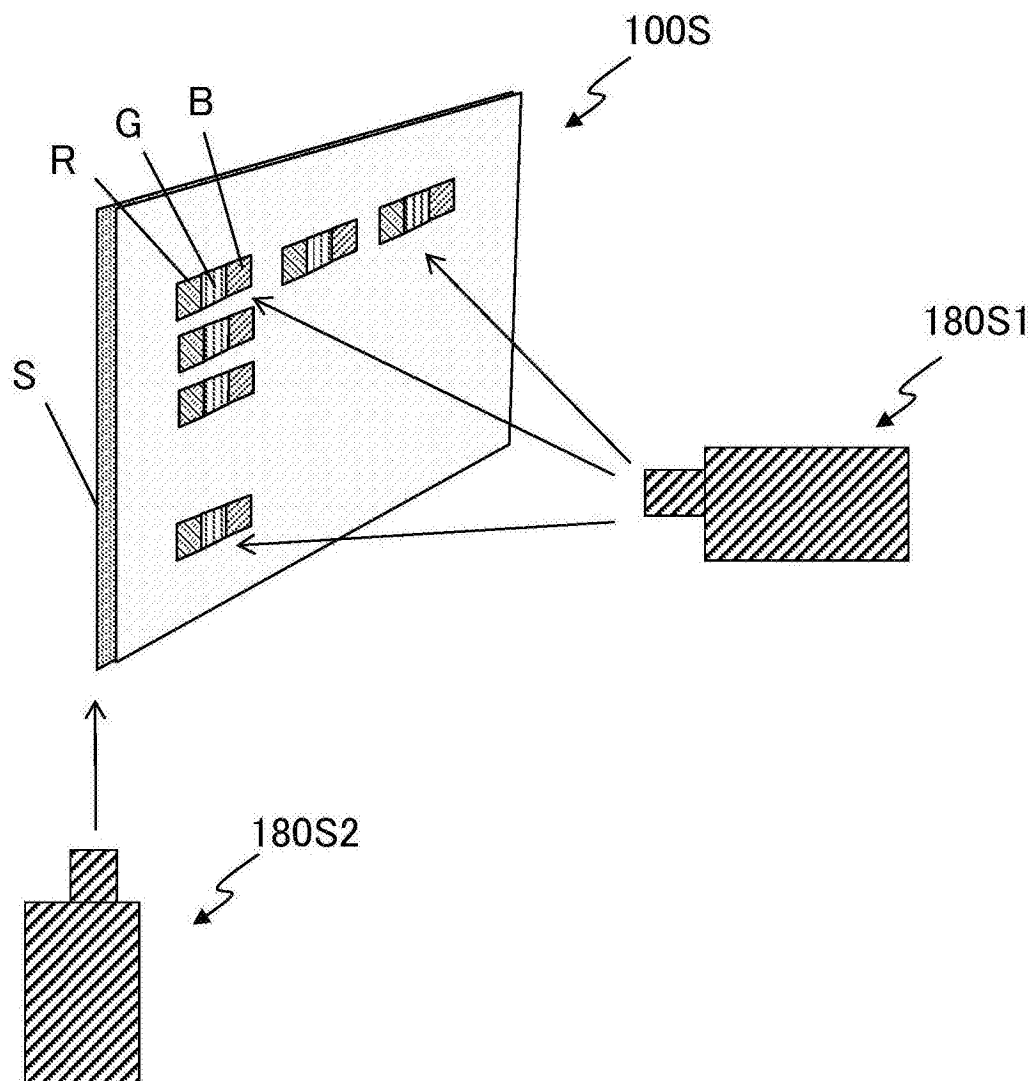


图43