(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 105974576 A
(43)申请公布日 2016.09.28

(21)申请号 201610121687.3

(22)申请日 2016.03.03

(30)优先权数据
2015-050681 2015.03.13 JP
2015-169024 2015.08.28 JP

(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 长尾宣明 平泽拓 稻田安寿
新田充 桥谷享 足立安比古

(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.
G02B 23/24(2006.01)

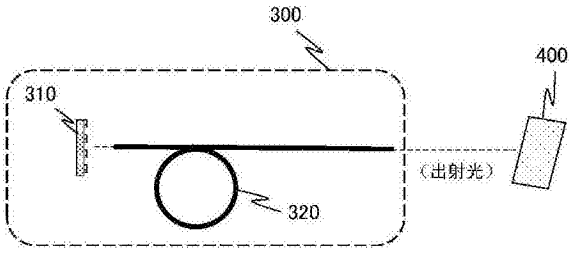
权利要求书3页 说明书49页 附图46页

(54)发明名称

发光装置以及内窥镜

(57)摘要

本发明提供利用光致发光层的具有新型结构的发光装置和内窥镜。本发明的发光装置具备发光器件和光纤。上述发光器件具有:光致发光层,该光致发光层接受激发光而发出包括空气中的波长为 λ_a的第一光在内的光;以及表面结构,该表面结构表面结构形成在上述光致发光层和透光层中的至少一者的表面上。上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者,对上述空气中的波长为 λ_a的上述第一光的指向角进行限制。



CN 105974576 A

1.一种发光装置，其具备发光器件和由一端导入来自所述发光器件的光并由另一端射出的光纤，

其中，所述发光器件具有：

光致发光层，该光致发光层接受激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

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

表面结构，该表面结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的至少一者的表面上，

所述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_a的所述第一光的指向角进行限制。

2.一种发光装置，其具备激发光源、发光器件和由一端导入来自所述激发光源的激发光并由另一端向所述发光器件射出的光纤，

其中，所述发光器件具有：

光致发光层，该光致发光层接受所述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

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

表面结构，该表面结构形成在所述光致发光层和所述透光层中的至少一者的表面上，

所述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_a的所述第一光的指向角进行限制。

3.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述发光器件包含使绿色的波长带域的光向与所述光致发光层垂直的方向射出的第一发光区域和使蓝色的波长带域的光向与所述光致发光层垂直的方向射出的第二发光区域。

4.根据权利要求3所述的发光装置，其中，所述第一发光区域具有所述光致发光层、所述透光层和所述表面结构，所述波长λ_a属于所述绿色的波长带域，

所述第二发光区域具有：

其他光致发光层，该其他光致发光层接受所述激发光而发出包括空气中的波长为λ_b的第二光在内的光；

其他透光层，该其他透光层以与所述其他光致发光层接近的方式配置；以及

其他表面结构，该其他表面结构形成在所述其他光致发光层和所述其他透光层中的至少一者的表面上，

所述波长λ_b属于蓝色的波长带域，

所述其他表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_b的所述第二光的指向角进行限制。

5.根据权利要求3所述的发光装置，其中，所述第一发光区域和所述第二发光区域排列在与所述光致发光层垂直的方向上。

6.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述发光器件具有使绿色的波长带域的光向与所述光致发光层垂直的方向射出的发光区域，

所述激发光为蓝色的波长带域的光，所述激发光的一部分垂直地射入并透过所述光致发光层。

7.根据权利要求6所述的发光装置，其中，所述发光区域具有所述光致发光层、所述透

光层和所述表面结构，所述波长λ_a属于所述绿色的波长带域。

8.根据权利要求3所述的发光装置，其中，所述蓝色的波长带域为430nm～470nm，所述绿色的波长带域为500nm～570nm。

9.一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自所述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向所述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

其中，所述发光器件具有：

透光层；

表面结构，该表面结构形成在所述透光层的表面上；以及

光致发光层，该光致发光层以与所述表面结构接近的方式配置，并接受所述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光，

所述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_a的所述第一光的指向角进行限制。

10.一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自所述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向所述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

其中，所述发光器件具有：

光致发光层，该光致发光层接受所述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

透光层，该透光层具有比所述光致发光层高的折射率；以及

表面结构，该表面结构形成在所述透光层的表面上，

所述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_a的所述第一光的指向角进行限制。

11.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述光致发光层与所述透光层互相接触。

12.一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自所述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向所述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

其中，所述发光器件具有：

光致发光层，该光致发光层接受所述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；以及

表面结构，该表面结构形成在所述光致发光层的表面上，

所述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对所述空气中的波长为λ_a的所述第一光的指向角进行限制。

13.根据权利要求1所述的发光装置，其中，当将所述表面结构中相邻的两个凸部的中心间距离或相邻的两个凹部的中心间距离设定为D_{int}、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。

14.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，当将所述周期结构的周期设定为P_a、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$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。

15.一种内窥镜，其具备：

权利要求1～14中任一项所述的发光装置；以及

摄像器件，该摄像器件接受由所述发光装置中的所述发光器件射出并被对象物反射的光，从而输出与受光量相对应的电信号。

16.根据权利要求15所述的内窥镜，其还具备长条状的插入部，

所述发光器件和所述摄像器件设置在所述插入部内。

17.根据权利要求15所述的内窥镜，其还具备以与所述摄像器件的摄像面相对置的方式配置并使来自所述对象物的反射光聚焦于所述摄像面的光学体系。

18.一种内窥镜系统，其具备：

权利要求15所述的内窥镜；

处理装置，该处理装置与所述内窥镜中的所述摄像器件电连接，并基于所述电信号生成图像信号并进行输出；以及

显示器，该显示器与所述处理装置电连接，并显示基于所述图像信号的图像。

19.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，所述至少一个周期结构的周期与所述光致发光层内部的电场振幅的最大值的周期相同。

20.根据权利要求2所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，所述至少一个周期结构的周期与所述光致发光层内部的电场振幅的最大值的周期相同。

21.根据权利要求9所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，所述至少一个周期结构的周期与所述光致发光层内部的电场振幅的最大值的周期相同。

22.根据权利要求10所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，所述至少一个周期结构的周期与所述光致发光层内部的电场振幅的最大值的周期相同。

23.根据权利要求12所述的发光装置，其中，所述表面结构包含至少一个周期结构，所述至少一个周期结构的周期与所述光致发光层内部的电场振幅的最大值的周期相同。

24.根据权利要求1所述的发光装置，其中，所述光致发光层具有使所述光致发光层内产生模拟导波模式的厚度。

25.根据权利要求2所述的发光装置，其中，所述光致发光层具有使所述光致发光层内产生模拟导波模式的厚度。

26.根据权利要求9所述的发光装置，其中，所述光致发光层具有使所述光致发光层内产生模拟导波模式的厚度。

27.根据权利要求10所述的发光装置，其中，所述光致发光层具有使所述光致发光层内产生模拟导波模式的厚度。

28.根据权利要求12所述的发光装置，其中，所述光致发光层具有使所述光致发光层内产生模拟导波模式的厚度。

发光装置以及内窥镜

技术领域

[0001] 本发明涉及具备具有光致发光层的发光器件的发光装置以及内窥镜。

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] 对于光学设备而言，当为了向特定方向射出光而配置反射器、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。本发明提供利用光致发光材料的具有新型结构的发光装置。

[0008] 用于解决问题的手段

[0009] 本发明的一个方案的发光装置具备发光器件和光纤，上述发光器件具有接受激发光而发出空气中的波长为λ_a的光的光致发光层和形成在上述光致发光层和透光层中的至少一者的表面上的表面结构，上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对空气中的波长为λ_a的上述光的指向角进行限制。

[0010] 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。

[0011] 发明效果

[0012] 根据本发明的某些实施方式，能够提供利用光致发光材料的具有新型结构的发光装置。

附图说明

[0013] 图1A是表示某个实施方式的发光器件的构成的立体图。

[0014] 图1B是图1A所示的发光器件的局部剖视图。

[0015] 图1C是表示另一个实施方式的发光器件的构成的立体图。

[0016] 图1D是图1C所示的发光器件的局部剖视图。

[0017] 图2是表示分别改变发光波长和周期结构的周期来计算向正面方向射出的光的增强度的结果的图。

[0018] 图3是图示式(10)中的m＝1和m＝3的条件的图表。

[0019] 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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 图7A是表示二维周期结构的例子的俯视图。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 图15是图示式(15)的条件的图表。

[0034] 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。

[0035] 图17A是表示具有x方向的周期p_x的一维周期结构的图。

[0036] 图17B是表示具有x方向的周期p_x、y方向的周期p_y的二维周期结构的图。

[0037] 图17C是表示图17A的构成中的光的吸收率的波长依赖性的图。

[0038] 图17D是表示图17B的构成中的光的吸收率的波长依赖性的图。

[0039] 图18A是表示二维周期结构的一个例子的图。

[0040] 图18B是表示二维周期结构的另一个例子的图。

[0041] 图19A是表示在透明基板上形成了周期结构的变形例的图。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 图20是表示混合了多个粉末状发光器件的构成的图。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 图27A是表示使射出TM模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向平行的轴为旋转轴进行旋转的状况的图。

[0052] 图27B是表示测定使试制的发光器件如图27A所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0053] 图27C是表示计算使试制的发光器件如图27A所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0054] 图27D是表示使射出TE模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向平行的轴为旋转轴进行旋转的状况的图。

[0055] 图27E是表示测定使试制的发光器件如图27D所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0056] 图27F是表示计算使试制的发光器件如图27D所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0057] 图28A是表示使射出TE模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向垂直的轴为旋转轴进行旋转的状况的图。

[0058] 图28B是表示测定使试制的发光器件如图28A所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0059] 图28C是表示计算使试制的发光器件如图28A所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0060] 图28D是表示使射出TM模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向垂直的轴为旋转轴进行旋转的状况的图。

[0061] 图28E是表示测定使试制的发光器件如图28D所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0062] 图28F是表示计算使试制的发光器件如图28D所示旋转时的出射光的角度依赖性的结果的图表。

[0063] 图29是表示测定试制的发光器件的出射光(波长为610nm)的角度依赖性的结果的图表。

[0064] 图30是示意性地表示平板型波导的一个例子的立体图。

[0065] 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。

[0066] 图32A是表示排列了显示发光增强效果的波长不同的多个周期结构的构成的例子的俯视示意图。

[0067] 图32B是表示排列了一维周期结构的凸部延伸的方位不同的多个周期结构的构成的例子的俯视示意图。

[0068] 图32C是表示排列了多个二维周期结构的构成的例子的俯视示意图。

[0069] 图33是具备微透镜的发光器件的剖视示意图。

[0070] 图34A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。

[0071] 图34B是具有发光波长不同的多个光致发光层的另一个发光器件的剖视示意图。

[0072] 图35A是表示在光致发光层之下具有防扩散层(阻隔层)的发光器件的一个例子的剖视示意图。

[0073] 图35B是表示在光致发光层之下具有防扩散层(阻隔层)的发光器件的另一个例子的剖视示意图。

[0074] 图35C是表示在光致发光层之下具有防扩散层(阻隔层)的发光器件的又一个例子的剖视示意图。

[0075] 图35D是表示在光致发光层之下具有防扩散层(阻隔层)的发光器件的再又一个例子的剖视示意图。

[0076] 图36A是表示在光致发光层之下具有晶体生长层(籽晶层)的发光器件的一个例子的剖视示意图。

[0077] 图36B是表示在光致发光层之下具有晶体生长层(籽晶层)的发光器件的另一个例子的剖视示意图。

[0078] 图36C是表示在光致发光层之下具有晶体生长层(籽晶层)的发光器件的又一个例子的剖视示意图。

[0079] 图37A是表示具有用于保护周期结构的表面保护层的发光器件的一个例子的剖视示意图。

[0080] 图37B是表示具有用于保护周期结构的表面保护层的发光器件的另一个例子的剖视示意图。

[0081] 图38A是表示具有透明高热传导层的发光器件的一个例子的剖视示意图。

[0082] 图38B是表示具有透明高热传导层的发光器件的另一个例子的剖视示意图。

[0083] 图38C是表示具有透明高热传导层的发光器件的又一个例子的剖视示意图。

[0084] 图38D是表示具有透明高热传导层的发光器件的再又一个例子的剖视示意图。

[0085] 图39A是表示改善了散热特性的发光装置的一个例子的剖视示意图。

[0086] 图39B是表示改善了散热特性的发光装置的另一个例子的剖视示意图。

[0087] 图39C是表示改善了散热特性的发光装置的又一个例子的剖视示意图。

[0088] 图39D是表示改善了散热特性的发光装置的再又一个例子的剖视示意图。

[0089] 图40A是表示具有高热传导构件的发光器件的一个例子的剖视示意图。

[0090] 图40B是图40A所示的发光器件的俯视图。

[0091] 图40C是表示具有高热传导构件的发光器件的另一个例子的剖视示意图。

[0092] 图40D是表示图40C所示的发光器件的俯视图。

[0093] 图41A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。

[0094] 图41B是图41A所示的发光器件的俯视图。

[0095] 图42A是表示具备联锁电路的发光装置的例子的示意图。

[0096] 图42B是表示具备联锁电路的发光装置的构成的示意图。

[0097] 图43A是用于说明使用了珠子的亚微米结构的形成方法的第一图。

[0098] 图43B是用于说明使用了珠子的亚微米结构的形成方法的第二图。

[0099] 图43C是示意性地表示珠子的充填状态的一个例子的图和由该充填状态的珠子得到的光散射图案的图。

[0100] 图43D是示意性地表示珠子的充填状态的另一个例子的图和由该充填状态的珠子得到的光散射图案的图。

[0101] 图43E是示意性地表示珠子的充填状态的又一个例子的图和由该充填状态的珠子得到的光散射图案的图。

[0102] 图43F是示意性地表示珠子的充填状态的再又一个例子的图和由该充填状态的珠子得到的光散射图案的图。

[0103] 图44是示意性地表示将本发明的发光器件应用于光纤照明装置的例子的图。

[0104] 图45是表示发光装置的变形例的图。

[0105] 图46是表示发光装置的另一个变形例的图。

[0106] 图47是示意性地表示利用了本发明的发光装置的内窥镜系统500的一个例子的图。

[0107] 图48是将插入部510中的前端部510a的内部结构简化表示的图。

[0108] 图49是表示从对象物400侧观察某个构成例中的前端部510a时的样子的图。

[0109] 图50是表示现有的氙灯的发光光谱的例子的图。

[0110] 图51是表示现有的常规LED白色光源的构成和发光光谱的图。

[0111] 图52是表示利用了本实施方式的发光器件310的光源的一个例子的图。

[0112] 图53A是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第一图。

[0113] 图53B是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第二图。

[0114] 图53C是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第三图。

[0115] 图53D是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第四图。

[0116] 图53E是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第五图。

[0117] 图53F是表示内窥镜中所使用的波长的例子的第六图。

[0118] 图54A是表示水中光纤照明装置的构成例的图。

[0119] 图54B是表示光源装置600的概略构成的图。

[0120] 图55是将搭载本发明的实施方式的光纤照明装置的航天器的一个例子简化表示的图。

[0121] 图56是表示体育场所使用的光纤照明装置的例子的图。

[0122] 图57是表示高速公路用照明装置的例子的图。

[0123] 图58是表示隧道用照明装置的例子的图。

[0124] 图59是用于说明光纤照明装置的更详细构成的图。

[0125] 图60是表示照明部660的结构的一个例子的图。

[0126] 图61A是表示光源装置600的更详细构成例的剖视图。

[0127] 图61B是表示光源装置600的另一个构成例的顶视图。

[0128] 图61C是表示光源装置600的又一个构成例的顶视图。

[0129] 图61D是图61C所示的光源装置600中的发光器件310的放大图。

[0130] 图61E是表示光源装置600的再又一个构成例的顶视图。

[0131] 图62是表示搭载了车辆用光纤照明装置的车辆的一个例子的图。

[0132] 图63是表示前照灯、尾灯、门用灯等中应用了发光单元810的例子的图。

[0133] 图64是与导航系统组合而在路面等投影面显示用于导航的图像。

[0134] 图65A是表示搭载了光纤传感器的汽车的例子的图。

[0135] 图65B是表示搭载了光纤传感器的飞机的例子的图。

[0136] 图66是用于说明光纤传感器的构成和工作原理的图。

[0137] 图67是表示驱动信号和受光信号的时间变化的例子的图。

[0138] 图68是表示具备本发明的发光器件作为屏幕的透明显示器的构成的示意图。

[0139] 图69是表示具有多个凸部和多个凹部中的至少一者的表面结构的一个例子的剖视示意图。

[0140] 符号说明

[0141] 100、100a 发光器件

[0142] 110 光致发光层(导波层)

[0143] 120、120’、120a、120b、120c 透光层(周期结构、亚微米结构)

[0144] 140 透明基板

[0145] 150 保护层

[0146] 180 光源

[0147] 200 发光装置

[0148] 300、300a、300b 发光装置

[0149] 310 发光器件

[0150] 320 光纤

[0151] 330 透镜

[0152] 340 激发光源

[0153] 400 对象物(检体)

[0154] 500 内窥镜系统

[0155] 510 插入部

[0156] 510a 前端部

[0157] 517 钳子插入口

[0158] 520 操作部

[0159] 530 线缆

[0160] 540 激发光源

[0161] 550 处理装置

[0162] 560 显示器

[0163] 570 摄像器件

[0164] 570a 摄像面

[0165] 580 信号线

[0166] 585 光导(光纤)

[0167] 590 观察用开口

[0168] 592 照明用开口

[0169] 594 钳子用开口

[0170] 596 给气给水喷嘴

[0171] 600 光源装置

[0172] 640 照明部

[0173] 642 照明窗

[0174] 650 航天器

[0175] 660 照明部

[0176] 670 水槽

[0177] 680 光分支装置

[0178] 690 光连接器

[0179] 710、710a 电源线缆

[0180] 720 通信线缆

[0181] 730 激光电源

[0182] 740 激光二极管(激发光源)

[0183] 750 透镜夹具

[0184] 760 光纤夹具

[0185] 770 发光器件夹具

[0186] 780 LED电源

[0187] 790 LED(激发光源)

[0188] 810 发光单元

[0189] 820 激发光源单元

[0190] 910 发光器件

[0191] 920 旋转机构

[0192] 940 光学快门

[0193] 950 半反射镜

[0194] 960 受光器

[0195] 970 控制电路

具体实施方式

[0196] [1.本发明的实施方式的概要]

[0197] 本发明包括以下项目所述的发光器件、发光装置、内窥镜、内窥镜系统、光纤照明装置以及光纤传感器。

[0198] [项目1]

[0199] 一种发光器件,其具有:

[0200] 光致发光层;

[0201] 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

[0202] 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，

[0203] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[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，

[0205] 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。

[0206] [项目2]

[0207] 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。

[0208] [项目3]

[0209] 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}。

[0210] [项目4]

[0211] 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。

[0212] [项目5]

[0213] 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。

[0214] [项目6]

[0215] 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。

[0216] [项目7]

[0217] 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°。

[0218] [项目8]

[0219] 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。

[0220] [项目9]

[0221] 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。

[0222] [项目10]

[0223] 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。

[0224] [项目11]

[0225] 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，

[0226] 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。

[0227] [项目12]

[0228] 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。

[0229] [项目13]

[0230] 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，

[0231] 上述光致发光层被形成在上述亚微米结构之上。

[0232] [项目14]

[0233] 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。

[0234] [项目15]

[0235] 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，

[0236] 上述第一周期结构为一维周期结构。

[0237] [项目16]

[0238] 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，

[0239] 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，

[0240] 上述第二周期结构为一维周期结构。

[0241] [项目17]

[0242] 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。

[0243] [项目18]

[0244] 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，

[0245] 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。

[0246] [项目19]

[0247] 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，

[0248] 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。

[0249] [项目20]

[0250] 一种发光器件，其具有多个光致发光层和多个透光层，

[0251] 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。

[0252] [项目21]

[0253] 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。

[0254] [项目22]

[0255] 一种发光器件，其具有：

[0256] 光致发光层；

[0257] 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

[0258] 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，

[0259] 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。

[0260] [项目23]

[0261] 一种发光器件，其具备：

[0262] 光能够导波的导波层；以及

[0263] 周期结构，该周期结构以与上述导波层接近的方式配置，

[0264] 其中，上述导波层具有光致发光材料，

[0265] 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。

[0266] [项目24]

[0267] 一种发光器件，其具有：

[0268] 光致发光层；

[0269] 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

[0270] 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，

[0271] 上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0272] 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}、将存在于至上述光致发光层或上述透光层的光路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。

[0273] [项目25]

[0274] 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。

[0275] [项目26]

[0276] 一种发光器件，其具有：

[0277] 透光层；

[0278] 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

[0279] 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，

[0280] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0281] 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，

[0282] 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，

[0283] 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。

[0284] [项目27]

[0285] 一种发光器件，其具有：

[0286] 光致发光层；

[0287] 透光层，该透光层具有比上述光致发光层高的折射率；以及

[0288] 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，

[0289] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0290] 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，

[0291] 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，

[0292] 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。

[0293] [项目28]

[0294] 一种发光器件，其具有：

[0295] 光致发光层；以及

[0296] 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，

[0297] 其中，上述亚微米结构包含多个凸部或多个凹部，

[0298] 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，

[0299] 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，

[0300] 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。

[0301] [项目29]

[0302] 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双者。

[0303] [项目30]

[0304] 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。

[0305] [项目31]

[0306] 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。

[0307] [项目32]

[0308] 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。

[0309] [项目33]

[0310] 一种发光装置，其具备发光器件和由一端导入来自上述发光器件的光并由另一端射出的光纤，

[0311] 其中，上述发光器件具有：

[0312] 光致发光层，该光致发光层接受激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0313] 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

[0314] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0315] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制。

[0316] [项目34]

[0317] 一种发光装置，其具备激发光源、发光器件和由一端导入来自上述激发光源的激发光并由另一端向上述发光器件射出的光纤，

[0318] 其中，上述发光器件具有：

[0319] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0320] 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

[0321] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0322] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制。

[0323] [项目35]

[0324] 根据项目33或34所述的发光装置，其中，上述发光器件包含使绿色的波长带域的光向与上述光致发光层垂直的方向射出的第一发光区域和使蓝色的波长带域的光向与上述光致发光层垂直的方向射出的第二发光区域。

[0325] [项目36]

[0326] 根据项目35所述的发光装置，其中，上述第一发光区域具有上述光致发光层、上述透光层和上述表面结构，上述波长λ_a属于上述绿色的波长带域，

[0327] 上述第二发光区域具有：

[0328] 其他光致发光层，该其他光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_b的第二光在内的光；

[0329] 其他透光层，该其他透光层以与上述其他光致发光层接近的方式配置；以及

[0330] 其他表面结构，该其他表面结构形成在上述其他光致发光层和上述其他透光层中的至少一者的表面上，

[0331] 上述波长λ_b属于蓝色的波长带域，

[0332] 上述其他表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_b的上述第二光的指向角进行限制。

[0333] [项目37]

[0334] 根据项目35或36所述的发光装置，其中，上述第一发光区域和上述第二发光区域排列在与上述光致发光层垂直的方向上。

[0335] [项目38]

[0336] 根据项目33或34所述的发光装置，其中，上述发光器件具有使绿色的波长带域的光向与上述光致发光层垂直的方向射出的发光区域，

[0337] 上述激发光为蓝色的波长带域的光，上述激发光的一部分垂直地射入并透过上述光致发光层。

[0338] [项目39]

[0339] 根据项目38所述的发光装置，其中，上述发光区域具有上述光致发光层、上述透光层和上述表面结构，上述波长λ_a属于上述绿色的波长带域。

[0340] [项目40]

[0341] 根据项目35～39中任一项所述的发光装置，其中，上述蓝色的波长带域为430nm～470nm，上述绿色的波长带域为500nm～570nm。

[0342] [项目41]

[0343] 一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自上述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向上述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

[0344] 其中，上述发光器件具有：

[0345] 透光层；

[0346] 表面结构，该表面结构形成在上述透光层的表面上；以及

[0347] 光致发光层，该光致发光层以与上述表面结构接近的方式配置，并接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光，

[0348] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述光的指向角进行限制。

[0349] [项目42]

[0350] 一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自上述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向上述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

[0351] 其中，上述发光器件具有：

[0352] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0353] 透光层，该透光层具有比上述光致发光层高的折射率；以及

[0354] 表面结构，该表面结构形成在上述透光层的表面上，

[0355] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述光的指向角进行限制。

[0356] [项目43]

[0357] 根据项目33～42中任一项所述的发光装置，其中，上述光致发光层与上述透光层互相接触。

[0358] [项目44]

[0359] 一种发光装置，其具备：发光器件；以及由一端导入来自上述发光器件的光并由另一端射出的第一光纤和由一端导入来自激发光源的激发光并由另一端向上述发光器件射出的第二光纤中的至少一者，

[0360] 其中，上述发光器件具有：

[0361] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；以及

[0362] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层的表面上，

[0363] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述光的指向角进行限制。

[0364] [项目45]

[0365] 根据项目33～44中任一项所述的发光装置，其中，当将上述表面结构中相邻的两个凸部的中心间距离或相邻的两个凹部的中心间距离设定为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。

[0366] [项目46]

[0367] 根据项目33～45中任一项所述的发光装置，其中，上述表面结构包含至少一个周期结构，当将上述周期结构的周期设定为p_a、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$\lambda_a/n_{wav-a}<p_a<\lambda_a$的关系。

[0368] [项目47]

[0369] 一种内窥镜，其具备：

[0370] 项目33～46中任一项所述的发光装置；以及

[0371] 摄像器件，该摄像器件接受由上述发光装置中的上述发光器件射出并被对象物反射的光，从而输出与受光量相对应的电信号。

[0372] [项目48]

[0373] 根据项目47所述的内窥镜，其还具备长条状的插入部，

[0374] 上述发光器件和上述摄像器件设置在上述插入部内。

[0375] [项目49]

[0376] 根据项目47或48所述的内窥镜，其还具备以与上述摄像器件的摄像面相对置的方式配置并使来自上述对象物的反射光聚焦于上述摄像面的光学体系。

[0377] [项目50]

[0378] 一种内窥镜系统，其具备：

[0379] 项目47～49中任一项所述的内窥镜；

[0380] 处理装置，该处理装置与上述内窥镜中的上述摄像器件电连接，并基于上述电信号生成图像信号并进行输出；以及

[0381] 显示器，该显示器与上述处理装置电连接，并显示基于上述图像信号的图像。

[0382] [项目51]

[0383] 一种光纤照明装置，其具备光源装置、与上述光源装置连接的光纤和与上述光纤连接并设置在水中的照明部，

[0384] 其中，上述光源装置具有：

[0385] 激发光源；

[0386] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0387] 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

[0388] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0389] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制，

[0390] 上述光纤由一端导入由上述光致发光层射出的包括上述第一光在内的光，并由另一端射出到上述照明部内，

[0391] 上述照明部向水中照射由上述光纤导入的上述光。

[0392] [项目52]

[0393] 一种光纤照明装置，其具备光源装置、与上述光源装置连接的光纤和与上述光纤连接并配置于宇宙空间的照明部，

[0394] 其中，上述光源装置具有：

[0395] 激发光源；

[0396] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0397] 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

[0398] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0399] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制，

[0400] 上述光纤由一端导入由上述光致发光层射出的包括上述第一光在内的光，并由另一端射出到上述照明部内，

[0401] 上述照明部向宇宙空间照射由上述光纤导入的上述光。

[0402] [项目53]

[0403] 一种光纤照明装置，其具备光源装置、与上述光源装置连接的光纤和与上述光纤连接并配置在比上述光源装置高的位置的照明部，

[0404] 其中，上述光源装置具有：

[0405] 激发光源；

[0406] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0407] 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

[0408] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0409] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制，

[0410] 上述光纤由一端导入由上述光致发光层射出的包括上述第一光在内的光，并由另一端射出到上述照明部内，

[0411] 上述照明部向外部照射由上述光纤导入的上述光。

[0412] [项目54]

[0413] 根据项目51～53中任一项所述的光纤照明装置，其中，上述光纤具有连接器，经由上述连接器与上述光源装置和上述照明部连接。

[0414] [项目55]

[0415] 根据项目51～54中任一项所述的光纤照明装置，其中，上述光纤包含多根光纤线缆和将上述多根光纤线缆连结的光分支装置。

[0416] [项目56]

[0417] 一种光纤传感器，其具备：

[0418] 射出激发光的激发光源；

[0419] 发光器件，该发光器件配置在上述激发光的光路上，并接受上述激发光而发光；

[0420] 光学快门，该光学快门配置在由上述发光器件产生的光的光路上，并对所输入的驱动信号进行响应来对透光状态和遮光状态进行切换；

[0421] 分束器，该分束器配置在透过了上述光学快门的上述光的光路上；

[0422] 光纤，该光纤由一端导入透过了上述分束器的上述光；

[0423] 受光器，该受光器接受被上述光纤内的变形部分反射并且被上述分束器进一步反射的光，从而输出与所接受的上述光的强度相对应的受光信号；以及

[0424] 控制电路，该控制电路向上述光学快门输入上述驱动信号，

[0425] 其中，上述控制电路基于上述受光信号相对于上述驱动信号的延迟时间，确定上述光纤内的上述变形部分的位置，

[0426] 上述发光器件具有：

[0427] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0428] 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

[0429] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0430] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制。

[0431] [项目57]

[0432] 一种光纤传感器，其具备：

[0433] 射出激发光的激发光源；

[0434] 发光器件，该发光器件配置在上述激发光的光路上，并接受上述激发光而发光；

[0435] 分束器，该分束器配置在透过了上述发光器件的上述光的光路上；

[0436] 光纤，该光纤由一端导入透过了上述分束器的上述光；

[0437] 受光器，该受光器接受被上述光纤内的变形部分反射并且被上述分束器进一步反射的光，从而输出与所接受的上述光的强度相对应的受光信号；以及

[0438] 控制电路，该控制电路向上述激发光源输入切换上述激发光的射出和停止的驱动信号，

[0439] 其中，上述控制电路基于上述受光信号相对于上述驱动信号的延迟时间，确定上述光纤内的上述变形部分的位置，

[0440] 上述发光器件具有：

[0441] 光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出包括空气中的波长为λ_a的第一光在内的光；

[0442] 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

[0443] 表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，

[0444] 上述表面结构包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，对上述空气中的波长为λ_a的上述第一光的指向角进行限制。

[0445] 本发明的实施方式的发光器件具有：光致发光层，该光致发光层接受上述激发光而发出空气中的波长为λ_a的光；透光层，该透光层以与上述光致发光层接近的方式配置；以及表面结构，该表面结构形成在上述光致发光层和上述透光层中的至少一者的表面上，并包含多个凸部和多个凹部中的至少一者，其中，上述表面结构对上述光致发光层发出的空气中的波长为λ_a的上述光的指向角进行限制。波长λ_a例如在可见光的波长范围内(例如380nm～780nm)。在利用红外线的用途中，波长λ_a有时会超过780nm。而在利用紫外线的用途中，波长λ_a有时会低于380nm。在本发明中，为了方便，将包括红外线和紫外线在内的电磁波全部表示为“光”。

[0446] 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。光致发光材料狭义地包括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。

[0447] 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例如无机材料、树脂形成。透光层例如可以由电介质(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。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。

[0448] 在光致发光层和透光层中的至少一者的表面上形成包含多个凸部和多个凹部中的至少一者的表面结构。这里，“表面”是指与其他物质接触的部分(即界面)。透光层为空气等气体的层时，该气体层与其他物质(例如光致发光层)之间的界面为透光层的表面。该表面结构也可以称为“凹凸结构”。表面结构典型地包含多个凸部或多个凹部以一维或二维周期性地排列而成的部分。这样的表面结构也可以称为“周期结构”。多个凸部和多个凹部形成在互相接触的两个折射率不同的构件(或介质)的边界。因此，“周期结构”可以说是包含折射率在某个方向上周期性地变动的部分的结构。这里，“周期性”不限于严格地为周期性的形态，包括可以说是近似周期性的形态。本说明书中，就连续的多个凸部或凹部中相邻的两个中心间的距离(以下有时称为“中心间隔”)而言，当任意两个相邻的凸部或凹部处于某个值p±15％以内的范围时，该部分可以认为是具有周期p的周期结构。

[0449] 本说明书中，“凸部”是指相对于基准的高度的部分凸出的部分。“凹部”是指相对于基准的高度的部分凹下的部分。根据凸部和凹部的形状、尺寸、分布，有时不能容易地判断出哪个是凸部哪个是凹部。例如，在图69所示的剖视图中，能够解释为构件610具有凹部、构件620具有凸部，也能够与其相反地解释。不论怎样解释，构件610和构件620分别具有多个凸部和凹部中的至少一者这一事实没有改变。

[0450] 表面结构中相邻的两个凸部或相邻的两个凹部的中心间的距离(周期结构中为周期p)典型地比光致发光层所发出的光在空气中的波长λ_a短。在由光致发光层所发出的光为可见光、短波长的近红外线或紫外线的情况下，其距离比微米的量级(即微米量级)短。因此，有时将这样的表面结构称为“亚微米结构”。“亚微米结构”也可以包含具有局部超过1微米(μm)的中心间隔或周期的部分。以下的说明中，主要是考虑发出可见光的光致发光层，作为表示表面结构的用语主要使用“亚微米结构”这一用语。但是，对于具有超过亚微米量级

的微细结构(例如,在利用红外线的用途中所使用的微米量级的微细结构)的表面结构而言,以下的论述也全部同样成立。

[0451] 对于本发明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,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(即表面结构)相互作用形成的。可以将形成这样的电场分布的光的模式表示为"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。该说明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发明。

[0452] 亚微米结构例如包含多个凸部,当将相邻的凸部之间的中心间距离设定为D_{int}时,能够满足$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$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,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,此时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。

[0453] 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。

[0454] 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,所谓的透光层(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在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。

[0455] 亚微米结构如上所述当满足$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系时,在利用可见光的用途中,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,可以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这样的周期结构，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。

[0456] 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。即，与不存在周期结构的情况相比，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°。这里，“指向角”定义为：就射出的特定波长的直线偏振光而言，强度最大的方向与强度为最大强度的50％的方向之间的角度。即，指向角为以强度最大的方向为0°时的单侧的角度。这样，本发明的实施方式的周期结构(即表面结构)对特定波长λ_a的光的指向角进行限制。换而言之，使该波长λ_a的光的布光与没有周期结构时相比为更狭角。有时将这样的与不存在周期结构时相比指向角减小的布光称为“狭角布光”。本发明的实施方式中的周期结构对波长λ_a的光的指向角进行限制，但并不是以狭角射出全部波长λ_a的光。例如，在后述的图29所示的例子中，向从强度最大的方向偏离开的角度(例如20°～70°)的方向，也略微射出波长λ_a的光。但是，整体上，波长λ_a的出射光集中在0°～20°的范围，指向角被限制。

[0457] 此外，本发明的典型的实施方式中的周期结构与常规的衍射光栅不同，具有比光的波长λ_a短的周期。常规的衍射光栅具有比光的波长λ_a足够长的周期，从而使特定波长的光分成零次光(即透过光)、±一次衍射光等多个衍射光而射出。对于这样的衍射光栅而言，高次的衍射光在零次光的两侧产生。衍射光栅中的在零次光的两侧产生的高次的衍射光难以实现狭角布光。换言之，现有的衍射光栅无法实现将光的指向角限制为规定的角度(例如15°左右)这一本发明的实施方式所特有的效果。在该点上，本发明的实施方式的周期结构具有与现有的衍射光栅明显不同的性质。

[0458] 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。

[0459] 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。

[0460] 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。

[0461] [2.作为本发明的基础的认识]

[0462] 在说明本发明的具体实施方式之前，首先，对作为本发明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。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。由此，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，详细研究了光致发光层的构成。

[0463] 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。

[0464] $$\Gamma(\mathbf{r})=\frac{2\pi}{\hbar}\left(\left(\mathbf{d}\cdot\mathbf{E}(\mathbf{r})\right)\right)^2\rho(\lambda) \quad (1)$$

[0465] 式(1)中，r是表示位置的向量，λ为光的波长，d为偶极向量，E为电场向量，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，偶极向量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。

[0466] 另一方面，为了由式(1)得到各向异性的发光，需要进行使偶极向量d汇集在特定方向或者增强电场向量的特定方向的成分中的任意一种。通过进行它们中的任意一种，能够实现指向性发光。本发明的实施方式中，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。

[0467] [3.仅增强特定方向的电场的构成]

[0468] 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，能够使得产生的光与导波模式结合。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。

[0469] 即，本申请的发明者们认为通过由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)构成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。

[0470] 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。

[0471] 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。

[0472] 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。另外，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。

[0473] 本申请的发明者们首先研究了使产生的光与通过在这样的波导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(例如透光层的一部分)120的发光器件100的一个例子的立体图。以下，在透光层具有周期结构的情况下(即，在透光层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。

[0474] $$k_{out} = k_{wav} - m\frac{2\pi}{p} \quad (2)$$

[0475] 式(2)中的m为整数，表示衍射的次数。

[0476] 这里，为了简化，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)。

[0477] $$\frac{k_{wav}\lambda_0}{2\pi} = n_{wav}\sin\theta_{wav} \quad (3)$$

[0478] $$\frac{k_{out}\lambda_0}{2\pi} = n_{out}\sin\theta_{out} \quad (4)$$

[0479] 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。

[0480] $n_{out}\sin\theta_{out} = n_{wav}\sin\theta_{wav} - m\lambda_0/p$ (5)

[0481] 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。

[0482] 根据如上的原理，可以认为通过使所产生的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。

[0483] 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。

[0484] $n_{out}<n_{wav}\sin\theta_{wav}$ (6)

[0485] 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)。

[0486] $$-1<\frac{n_{wav}}{n_{ow}}\sin\theta_{wav}-\frac{m\lambda_0}{n_{ow}p}<1 \quad (7)$$

[0487] 对此，如果考虑式(6)，可知只要成立以下的式(8)就行。

[0488] $$\frac{m\lambda_0}{2n_{ow}}<p \quad (8)$$

[0489] 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)。

[0490] $p=m\lambda_0/(n_{wav}\sin\theta_{wav})$ (9)

[0491] 由式(9)和式(6)可知，必要条件为以下的式(10)。

[0492] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{m\lambda_0}{n_{ow}} \quad (10)$$

[0493] 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。

[0494] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{\lambda_0}{n_{ow}} \quad (11)$$

[0495] 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。

[0496] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\lambda_0 \quad (12)$$

[0497] 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。

[0498] $$\frac{\lambda_0}{n_{wav}}<p<\frac{\lambda_0}{n_s} \quad (13)$$

[0499] 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。

[0500] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}} < p < m\lambda_0 \quad (14)$$

[0501] 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。

[0502] $$\frac{m\lambda_0}{n_{wav}} < p < \frac{m\lambda_0}{n_s} \quad (15)$$

[0503] 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。

[0504] [4.通过计算进行的验证]

[0505] [4-1.周期、波长依赖性]

[0506] 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。

[0507] 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。

[0508] 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。

[0509] 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。

[0510] [4-2.厚度依赖性]

[0511] 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。

[0512] 将在图4中存在峰的波长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。

[0513] [4-3.偏振光依赖性]

[0514] 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。

[0515] [4-4.二维周期结构]

[0516] 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。将就这样的二维周期结构计算光的增强度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。

[0517] 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。

[0518] 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。

[0519] [5.周期结构和光致发光层的构成的研究]

[0520] 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。

[0521] [5-1.周期结构的折射率]

[0522] 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。

[0523] 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。

[0524] 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。

[0525] [5-2.周期结构的高度]

[0526] 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值一定程度地提高，只要将周期结构的高度设定为150nm以下就行。

[0527] [5-3.偏振方向]

[0528] 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。

[0529] [5-4.光致发光层的折射率]

[0530] 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)，$\lambda_0 < n_{wav} \times p/m = 1.5 \times 400nm/1 = 600nm$。

[0531] 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。

[0532] [6.变形例]

[0533] 以下，对本实施方式的变形例进行说明。

[0534] [6-1.具有基板的构成]

[0535] 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。

[0536] 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。

[0537] 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。

[0538] [6-2.具有激发光源的发光装置]

[0539] 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，本发明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。激发光也可以由相对于与光致发光层110的主面(即，上表面或下表面)垂直的方向倾斜的方向(即，倾斜地)射入。通过使激发光以在光致发光层110内发生全反射的角度倾斜地射入，能够更有效地发光。

[0540] 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17A至图17D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17A所示，为了增强发光，确定x方向的周期p_x；接着，如图17B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。

[0541] $$\frac{m\lambda_{ex}}{n_{wav}} < p_y < \frac{m\lambda_{ex}}{n_{out}} \qquad (16)$$

[0542] 这里，n_{out}在图17B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)。

[0543] 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。

[0544] $$\frac{\lambda_{ex}}{n_{wav}} < p_y < \frac{\lambda_{ex}}{n_{out}} \qquad (17)$$

[0545] 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。

[0546] 图17C和图17D分别是表示相对于图17A和图17B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＝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17D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17B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(称为周期成分)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17A、17B中是使激发光由基板140侧射入，但即使由周期结构120侧射入也可以得到相同效果。

[0547] 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。

[0548] [6-3.透明基板上的周期结构]

[0549] 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。其结果是，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。

[0550] 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。

[0551] [6-4.粉体]

[0552] 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。

[0553] 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。

[0554] [6-5.排列周期不同的结构]

[0555] 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。

[0556] [6-6.层叠结构]

[0557] 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。

[0558] 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。

[0559] [6-7.具有保护层的构成]

[0560] 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。优选透光层120的折射率比光致发光层110的折射率小。

[0561] [7.材料]

[0562] 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。

[0563] 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。

[0564] 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，可以使用例如$M_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$(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)、$BaSi_3O_4N_2:Eu^{2+}$、$Ca_8Mg(SiO_4)_4Cl_2:Eu^{2+}$、$Ca_3SiO_4Cl_2:Eu^{2+}$、$CaSi_{12-(m+n)}Al_{(m+n)}O_nN_{16-n}:Ce^{3+}$、β-SiAlON:$Eu^{2+}$。作为以红色发光的荧光材料，可以使用例如$CaAlSiN_3:Eu^{2+}$、$SrAlSi_4O_7:Eu^{2+}$、$M_2Si_5N_8:Eu^{2+}$(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)、$Y_2O_2S:Eu^{3+},Sm^{3+}$、$La_2O_2S:Eu^{3+},Sm^{3+}$、$CaWO_4:Li^{1+},Eu^{3+},Sm^{3+}$、$M_2SiS_4:Eu^{2+}$(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)。

[0565] 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。

[0566] 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_2(氟化镁)、LiF(氟化锂)、CaF_2(氟化钙)、SiO_2(石英)、玻璃、树脂。此外，在不经由基板140使激发光射入光致发光层110的构成中，基板140并不需要是透明的。基板140可以使用例如BaF_2、SrF_2、MgO、$MgAl_2O_4$、蓝宝石(Al_2O_3)、$SrTiO_3$、$LaAlO_3$、TiO_2、$Gd_3Ga_5O_{12}$、$LaSrAlO_4$、$LaSrGaO_4$、$LaTaO_3$、SrO、YSZ($ZrO_2 \cdot Y_2O_3$)、YAG、$Tb_3Ga_5O_{12}$来形成。

[0567] [8.制造方法]

[0568] 接着，对制造方法的一个例子进行说明。

[0569] 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，通过光刻等方法进行图案化来形成周期结构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。

[0570] 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。

[0571] 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。

[0572] 此外，上述的制造方法为一个例子，本发明的发光器件不限于上述的制造方法。

[0573] [9.实验例]

[0574] 以下，对制作本发明的实施方式的发光器件的例子进行说明。

[0575] 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。

[0576] 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。

[0577] 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27A～27F和图28A～28F中。图27A表示使射出TM模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向平行的轴为旋转轴旋转的状况。图27B和图27C分别表示对于这样使其旋转时的测定结果和计算结果。另一方面，图27D表示使射出TE模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向平行的轴为旋转轴旋转的状况。图27E和图27F分别表示此时的测定结果和计算结果。图28A表示使射出TE模式的直线偏振光的发光器件以与一维周期结构120的线方向垂直的轴为旋转轴旋转的状况。图28B和图28C分别表示此时的测定结果和计算结果。另一方面，图28D表示使射出TM模式的直线偏振光的发光器件以与一维

周期结构120的线方向垂直的轴为旋转轴旋转的状况。图28E和图28F分别表示此时的测定结果和计算结果。由图27A～27F和图28A～28F可知，TM模式的增强效果更高。另外，可知被增强的光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，因此可知指向性高且偏振发光。另外，图27B和图27C、图27E和图27F、图28B和图28C、图28E和图28F各自的测定结果和计算结果一致，因此上述计算的正确性得到了实验证实。

[0578] 图29表示使波长为610nm的光如图28D所示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，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。由图29所示的结果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。

[0579] 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。即使使用发出窄带域的光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高的指向性和偏振发光。此外，在使用了这样的光致发光材料的情况下，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其他偏振状态的光的光源。

[0580] [10.其他变形例]

[0581] 接着，对本发明的发光器件和发光装置的其他变形例进行说明。

[0582] 如上所述，通过本发明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(nm)、光致发光层110的折射率n_{wav}、出射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$p\times n_{wav}\times\sin\theta_{wav}-p\times n_{out}\times\sin\theta_{out}=m\lambda$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。

[0583] 由上述式可以得到$\theta_{out}=\arcsin[(n_{wav}\times\sin\theta_{wav}-m\lambda/p)/n_{out}]$。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。

[0584] 为了降低该视角依赖性，只要以$(n_{wav}\times\sin\theta_{wav}-m\lambda/p)/n_{out}$不依赖于波长λ而固定的方式选择$n_{wav}$以及$n_{out}$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$(n_{wav}\times\sin\theta_{wav}-m\lambda/p)/n_{out}$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，优选折射率相对于折射率n_{wav}更短波长的光变低那样的逆分散材料。

[0585] 另外，如图32A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

于红、绿、蓝的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。

[0586] 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(即，一边的长度)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。

[0587] 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。

[0588] 如图32B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32B所示排列，则能够得到不偏振的光。另外，对于图32A中的周期结构120r、120g和120b而言，如果分别适用图32B的排列，则作为整体能够得到不偏振的白色光。

[0589] 当然，周期结构不限于一维周期结构，也可以如图32C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。

[0590] 如图33所示，例如可以在发光器件的光出射侧配置微透镜130的阵列。通过微透镜130的阵列，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。

[0591] 图33所示的发光器件具有分别具有图32A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32B或图32C所示的构成。

[0592] 具有将向倾斜方向射出的光弯曲的作用的光学器件可以为双凸透镜来代替微透镜阵列。另外，不仅为透镜，也可以使用棱镜。还可以使用棱镜的阵列。可以与周期结构相对应地分别配置棱镜。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。

[0593] 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34A和图34B所示利用光致发光层的方法。如图34A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34B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。

[0594] 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使用参照图32A～图32C进行了说明的敷

设了单位周期结构的构成。

[0595] 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35A～35D所示,可以在光致发光层之下设置防扩散层(阻隔层)108。如图35A～35D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。

[0596] 例如,如图35A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35B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。

[0597] 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35C、图35D所示,只要在基板140上形成低折射率层107就行。如图35C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35D所示,在具有多个光致发光层110a和100b的情况下,在光致发光层110a和110b的下层分别形成防扩散层108a和108b。

[0598] 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。优选低折射率层107的厚度比光的波长大。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、$Gd_3Ga_5O_{12}$、$LaSrAlO_4$、$LaSrGaO_4$、$LaTaO_3$、SrO、YSZ(ZrO_2·Y_2O_3)、YAG、$Tb_3Ga_5O_{12}$来形成。

[0599] 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。

[0600] 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。

[0601] 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36A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±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。

[0602] 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36B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36C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。

[0603] 如图37A和图37B所示，为了保护周期结构120，也可以设置表面保护层132。

[0604] 表面保护层132可以如图37A所示为不具有基板的类型，也可以如图37B所示设置为具有基板140的类型。另外，在图37A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37A和图37B所例示的结构，可以为上述任意一种类型。

[0605] 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～10μm。

[0606] 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。

[0607] 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(1.6W/m·K)比YAG的热传导率(11.4W/m·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。

[0608] 因此，如图38A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38B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。

[0609] 另外，如图38C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38D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。

[0610] 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。

[0611] 接着，参照图39A～39D，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。

[0612] 图39A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。

[0613] 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(即，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。

[0614] 此外，在发光器件100如图39A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。

[0615] 密封部142如图39B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。

[0616] 另外，如图39C所示，在使用周期结构被低折射率层107(参照图38C)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。

[0617] 此外，如图39D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38A～38D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。

[0618] 如图40A～40D所示，也可以在发光器件100的表面配置高热传导构件144或146。高热传导构件144或146例如由金属形成。

[0619] 例如，可以如图40A中表示的剖视图、图40B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40A和40B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。

[0620] 另外，也可以如图40C中表示的剖视图、图40D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。

[0621] 此外，也可以如图41A中表示的剖视图、图41B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、增强绿色光的发光器件100g以及增强蓝色光的发光器件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。

[0622] 图42A和42B表示具备联锁电路185的发光装置的例子。图42A是表示发光器件100的背面的示意图；图42B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42A和42B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，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。

[0623] 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43A～43F，对亚微米结构的其他形成方法进行说明。

[0624] 如图43A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。

[0625] 或者，如图43B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。

[0626] 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。

[0627] 另外，作为珠子122，既可以为中空珠子，也可以为中实珠子。

[0628] 图43C～43F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43C～43F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。

[0629] 图43C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的底部的位置。图43D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43E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43F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。

[0630] 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(例如水和/或醇类等)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。

[0631] [11.应用例]

[0632] 如上所述，本发明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。

[0633] [11-1.光纤照明装置]

[0634] 图44是示意性地表示将本发明的发光器件应用于光纤照明装置的例子的图。该光纤照明装置(即，发光装置)300具备发光器件310和由一端导入来自发光器件310的光并由另一端射出的光纤320。光纤320传播由发光器件310射出的光并向对象物400照射。发光器

件310具有已经进行了说明的任何一种结构。对象物400为检查对象物，有时也称为检体。

[0635] 在向对象物400照射白色光的用途中，发光器件310例如具有参照图32A～图33进行了说明的结构。在向对象物400照射特定波长带域的光的用途中，发光器件310被构成为向特定方向(例如正面方向)较强地射出该波长带域的光。

[0636] 本发明的发光器件能够仅增强特定波长的光。因此，能够容易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，根据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用于窄带成像(narrow band imaging:NBI;注册商标)这一技术。窄带成像是通过对粘膜照射蓝和绿这两个窄带域的波长的光，观察粘膜表层的毛细血管和微细图案的技术。通过窄带成像，能够使通过内窥镜观察病变部变得容易。

[0637] 在这样的窄带成像中利用的情况下，发光器件310具有向与光致发光层垂直的方向(以下，有时称为“法线方向”或“垂直方向”)分别射出蓝和绿的波长带域的光的两种发光区域。这些发光区域在与光致发光层垂直的方向或平行的方向上排列配置。在使用蓝色光作为激发光并使其一部分透过发光器件310进行利用的情况下，发光器件310也可以仅具有将绿色的波长带域的光向垂直的方向射出的发光区域。本说明书中，蓝色的波长带域是指400nm～480nm的波长的范围。绿色的波长带域是指490nm～580nm的波长的范围。典型地，使用波长为430nm～470nm的蓝色光和波长为500nm～570nm的绿色光。

[0638] 在现有的光纤照明装置中，使用了例如准分子灯、金属卤化物灯、卤化物灯等光源。本实施方式的发光装置300由于由发光器件310射出的光的指向性高，因此与现有的光纤照明装置相比，具有例如如下的优点。(1)能够舍弃光纤耦合器或透镜等部件的全部或一部分。(2)利用半导体发光器件作为激发光源，因此能够小型化。(3)光学损失少(例如准分子灯的约1/10)，因此能够高效率化。(4)不需要更换灯，因此容易维护。

[0639] 图45是表示发光装置的变形例的图。该例子的发光装置300a具备激发光源340和光学体系330。激发光源340例如发出蓝色的波长带域的光作为激发光。激发光源340使激发光与发光器件310的光致发光层垂直地射入。光学体系330具有使由320射出的光聚焦的至少一个透镜。光学体系330的透镜的构成可以根据用途适当设计。如该例子所示，发光装置300a可以具有光学体系330和激发光源340。或者，发光装置300a也可以仅具备它们中的一个。

[0640] 图46是表示发光装置的其他变形例的图。该发光装置300b在光纤320使由激发光源340射出的激发光在发光器件310中传播这一点上与现有例不同。光纤320由一端导入激发光，并由另一端向发光器件310射出。在图46的例子中，由背面侧(即，与设置有表面结构一侧的相反侧)向发光器件310的光致发光层射入激发光，但也可以由正面或侧面的一侧射入。在这样的形态中，也可以在光纤320的前端安装发光器件310。在该例子中，还可以省略光学体系330。

[0641] [11-2.内窥镜]

[0642] 具有上述任意一种构成的发光装置例如可以用于内窥镜。以下，对在内窥镜中的应用例进行说明。

[0643] 图47是示意性地表示利用了本发明的发光装置的内窥镜系统500的一个例子的图。内窥镜系统500具备内窥镜505、与内窥镜505连接的处理装置550和与处理装置550连接

的显示器560。这里，“连接”是指以能够进行电信号的交换的方式电连接。

[0644] 内窥镜505具有插入到体腔内的插入部510、钳子插入口517、操作部520和与处理装置550连接的线缆530。插入部510是由一定程度柔软的材料构成的长条状(或管状)的构件。插入部510的前端(前端部510a)可以被构成为能够随着操作者的操作而弯曲。

[0645] 在前端部510a的内部设置有发光器件、摄像器件和光学体系。由发光器件向对象物照射光。其反射光被光学体系聚焦，射入摄像器件的摄像面。接受该光，从而摄像器件输出与每个像素的受光量相对应的电信号。

[0646] 操作部520包括用于操作内窥镜505的各种开关、按钮等。操作部520可以包括例如电源开关、切换照明的开(ON)/关(OFF)的按钮、改变前端部510a的朝向的角度钮、用于由前端部510a喷出空气或水的按钮、用于指示摄影的开始/停止的释放按钮。

[0647] 线缆530在内部具有由一端导入来自激发光源340的激发光并由另一端射出的光导(即，光纤)和将由摄像器件输出的电信号传送至处理装置550的信号线。除了这些以外，还可以包含给水给气用管。

[0648] 处理装置550具有激发光源340、CPU等处理器、图像处理电路、存储器和输入输出界面。由激发光源340射出的激发光在线缆530内的光导内传播，射入前端部510a内的发光器件。接受该激发光，从而发光器件发光。处理装置550对由摄像器件输送来的电信号实施各种处理，由此生成图像信号并输出。该图像信号被输送至显示器560。

[0649] 图48是将插入部510的前端部510a的内部结构简化表示的图。内窥镜505在前端部510a的内部具有发光器件310、摄像器件570和光学体系575。光学体系575以与摄像器件570的摄像面570a相对置的方式配置。

[0650] 发光器件310配置在光导585的前端的附近，或者以与前端直接接触的方式配置。通过由光导585射出的激发光，光致发光材料被激发而发光。该光经由照明用开口592向外部射出。也可以在照明用开口592的附近，配置将光扩散或聚焦的光学体系。

[0651] 摄像器件570与信号线580连接。信号线580将由摄像器件570输出的电信号传送至处理装置550。摄像器件570例如为CCD(电荷耦合元件，Charge Coupled Device)或CMOS(互补金属氧化物半导体，Complementary Metal Oxide Semiconductor)传感器等图像传感器。在摄像器件570的摄像面570a排列有多个光探测单元(例如光电二极管)。各光探测单元通过光电转换，输出与接受的光的强度(也称为受光量)相对应的电信号。可以与多个光探测单元相对置，配置多个滤色器。多个滤色器以二维(典型地为四方点阵状)排列。多个滤色器的排列例如可以为常规的拜耳阵列，即，以红、两个绿、蓝这四个滤色器为一个单位，使它们重复得到的排列。各光探测单元和与其相对置的滤色器构成一个像素。此外，也可以没有滤色器。

[0652] 由发光器件310射出的光从照明用开口592通过而朝向对象物400。其光的一部分被对象物400反射，从观察用开口590通过。从观察用开口590通过后的光被包括物镜在内的光学体系575聚焦于摄像器件570的摄像面570a。其结果是，在摄像面570a形成对象物400的像。多个光探测单元输出与该像相对应的电信号。信号线580将该电信号传送至处理装置550。

[0653] 处理装置550基于所传送的电信号，生成图像信号。例如，基于所传送的电信号，进行颜色插值、白平衡调整、伽马校正、降噪、色彩转换等各种图像处理，从而生成图像信号。

这些图像处理由处理装置550内部的数字信号处理器(DSP)等图像处理电路实行。这样生成的图像信号由处理装置550被送至显示器560。显示器560显示基于该图像信号的图像。由此,操作者能够以映像观察对象物400。

[0654] 图48将前端部510a的内部结构简化表示,但典型地也可以包括钳子用开口或给水给气喷嘴等未图示的构成要素。以下,对于这些要素进行简单说明。

[0655] 图49是表示从对象物400侧观察某个构成例中的前端部510a时的样子的图。在该例子中,前端部510a具有两个照明用开口592a、592b、钳子用开口594和给水给气用喷嘴596。在多个照明用开口592a、592b各自的里面设置有上述的发光器件310和光导585。钳子用开口594为用于将从钳子插入口517插入的钳子取出到外部的孔。给水给气用喷嘴596喷出用于在血液或粘液附着在前端部510a时冲洗它们的水或空气。在该例子中,多个照明用开口592a、592b相对于中心轴对称地配置。由此,能够抑制摄影时产生影子。

[0656] 本实施方式的内窥镜505的光源的发光波长例如可以为蓝色的波长带域和绿色的波长带域。发光器件310例如具有向法线方向射出绿色的波长带域的光的第一发光区域和向法线方向射出蓝色的波长带域的光的第二发光区域。第一和第二发光区域在与光致发光层垂直或水平的方向上排列配置。在第一发光区域中,当将相邻的凸部之间或凹部之间的距离(即周期)设定为D_{int-a}、将光致发光层对绿色的波长带域所包含的波长λ_a的光的折射率设定为n_{wav-a}时,成立$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int-a}<\lambda_a$的关系。同样地,在第二发光区域中,当将相邻的凸部之间或凹部之间的距离(即周期)设定为D_{int-b}、将光致发光层对蓝色的波长带域所包含的波长λ_b的光的折射率设定为n_{wav-b}时,成立$\lambda_b/n_{wav-b}<D_{int-b}<\lambda_b$的关系。

[0657] 如果将蓝色的波长带域的激发光也用作光源,则发光器件310还可以仅具有第一发光区域。此时,发光器件310被设计为使蓝色的激发光的一部分透过。

[0658] 本实施方式的内窥镜实现容易识别癌等的微细的病变部位这一效果。血液中的血红蛋白具有吸收蓝色光的性质。因此,通过照射蓝色光,能够使表面的毛细血管显露出来。只是,如果仅利用蓝色光,则光量不足,因此本实施方式还并用绿色光。由此,能够生成易于整体观察的图像。

[0659] 本实施方式特别是由于发光器件310直接射出窄带域的蓝色光和绿色光,因此具有能够省略以往所需要的滤色器这一优点。以下,详细说明其效果。

[0660] 图50是表示现有的氙灯的发光光谱的例子的图。该发光光谱遍及可见光的波长带域的全域具有宽的强度特性。因此,为了利用蓝色的波长带域的光和绿色的波长带域的光,需要将除此以外的波长带域的光除去的滤色器。如果使用这样的滤色器,则光的损失变多,效率降低。

[0661] 图51是表示现有的常规的LED白色光源的构成和发光光谱的图。该LED白色光源通过组合接受蓝色的波长带域的激发光而发出黄色的荧光(即,红色光以及绿色光)的YAG等荧光物质与透过荧光物质的蓝色光,可以得到白色光。在该例子中,为了由黄色的发光得到窄带域的绿色光,也需要使绿色的光选择性透过的滤色器。因此,导致光的利用效率降低。

[0662] 图52是表示利用了本实施方式的发光器件310的光源的一个例子的图。该例子利用由蓝色LD射出的蓝色光作为激发光。在由石英形成的透光层与光致发光层的界面形成有周期结构。在透光层中的激发光的入射面形成有防反射膜(AR)。周期结构被设计为将绿色的波长带域的光向与光致发光层大致垂直的方向射出。即,当将相邻的凸部之间或凹部之

间的距离(即周期)设定为D_{int}、将光致发光层对绿的波长带域λ_a的光的折射率设定为n_{wav-a}时,成立$\lambda_a/n_{wav-a}<D_{int}<\lambda_a$的关系。光致发光层为包含YAG的薄膜,接受激发光而产生黄色(即,红和绿)的波长带域的光。但是,由于周期结构被设计为向垂直方向射出绿色的波长带域的光,因此由发光器件310向垂直方向射出的光的大部分为绿色光和透过发光器件310的蓝色光。

[0663] 在图52所示的例子中,窄带域的蓝色光和绿色光由发光器件310直接射出。因此,不使用滤色器就可以得到所需要的窄带域的光。因此,与现有的光源相比,能够大幅降低光的损失。

[0664] 这样,在利用窄带成像的内窥镜中适用本发明的发光器件的情况下,能够不需要滤色器,因此能够提高光的利用效率。所以,除了能够实现小型化且容易维护的上述效果以外,还能够实现高效率的内窥镜。

[0665] 此外,上述内窥镜的构成仅为例示,本发明的内窥镜不限于上述构成。例如,发光器件310和摄像器件570中的至少一个也可以配置在远离前端部510a的位置。例如,还可以配置在操作部520的附近或内部或者处理装置550的附近或内部。本发明的内窥镜可以被构成为射出白色光。此时,发光器件310例如具有参照图32A～图34B进行了说明的结构。本发明的发光器件例如能够广泛适用于日本特开2013-000175号公报等公知的内窥镜的构成。

[0666] 这里,对内窥镜中所使用的波长的例子进行说明。

[0667] 图53A～图53F是表示内窥镜中所使用的波长的例子的图。在这些例子中,设想为如下构成:激发光源340以相对于与发光器件310的光致发光层垂直的方向倾斜的角度射入激发光,由发光器件310产生的光经由透镜330导入光纤320。

[0668] 图53A表示使用波长为415nm的光和波长为540nm的光作为内窥镜的照明光的例子。波长为415nm的光例如为由包括激光二极管在内的激发光源340射出的激发光的一部分。波长为540nm的光例如为由包括YAG在内的光致发光层产生的黄色光的一部分。透镜330将透过了发光器件310的波长为415nm的光和由发光器件310向正面方向射出的波长为540nm的光聚焦并导入光纤320。所使用的波长不限于此例子,也可以为其他波长。例如,可以使用选自400～430nm、优选波长为410～420nm中的波长的光和选自波长为520～560nm、优选波长为530～550nm中的波长的光。

[0669] 本发明的实施方式的内窥镜也可以使用用于荧光观察(自体荧光成像:AFI)即对来自胶原蛋白等荧光物质的自体荧光进行观察的波长(390～470nm)以及血液中的血红蛋白所吸收的波长(540～560nm)。通过使用这两个波长带域所包含的光,能够进行以不同色调突出显示肿瘤性病变和正常粘膜的特殊光观察。

[0670] 图53B和图53C是表示能够在这样的用途中使用的内窥镜的构成例的图。图53B表示使用波长为430nm的光和波长为550nm的光作为内窥镜的照明光的例子。波长为430nm的光例如为由包括激光二极管在内的激发光源340射出的激发光的一部分。波长为550nm的光例如为由包括YAG在内的光致发光层产生的黄色光的一部分。透镜330将透过了发光器件310的波长为430nm的光和由发光器件310向正面方向射出的波长为550nm的光聚焦并导入光纤320。另一方面,图53C在使用波长为430nm的光和波长为550nm的光作为内窥镜的照明光这一点上是相同的,但在这两种光由发光器件310射出这一点上与图53B所示的例子是不同的。在该例子中,激发光源340使波长为405nm的光射入发光器件310。发光器件310具有将

波长为550nm的光向正面方向射出的周期结构与将波长为430nm的光向正面方向射出的周期结构的层叠结构。所使用的发光材料例如为发出包括波长为550nm在内的光的光的YAG等材料和发出包括波长为430nm的光在内的光的BAM(钡-铝氧化物)等材料。在该例子中,透镜330将由发光器件310向正面方向射出的波长为430nm和550nm的光导入光纤320。透过了发光器件310的波长为405nm的激发光由于不射入透镜330,因此不被导入光纤320。

[0671] 本发明的实施方式的内窥镜也能够用于红外光观察(红外成像,Infra Red Imaging:IRI)。在将容易吸收红外光的红外指标药剂注射到静脉后,照射两个波长带域(790～820nm和905～970nm)的红外光,由此能够进行将以使用了常规光的观察难以辨认的粘膜深部的血管、血流的信息突出显示的特殊光观察。

[0672] 图53D和图53E是表示能够在这样的红外光观察中使用的内窥镜的构成例的图。图53D表示使用波长为805nm的光和波长为940nm的光作为内窥镜的照明光的例子。波长为805nm的光为由例如包括激光二极管在内的激发光源340射出的激发光的一部分。波长为940nm的光例如为由包括量子点在内的光致发光层产生的光。透镜330将透过了发光器件310的波长为805nm的光和由发光器件310向正面方向射出的波长为940nm的光聚焦并导入光纤320。另一方面,图53E在使用波长为805nm的光和波长为940nm的光作为内窥镜的照明光这一点上是相同的,但在这两种光由发光器件310射出这一点上与图53D所示的例子是不同的。在该例子中,激发光源340使波长为650nm的光射入发光器件310。发光器件310具有将波长805nm的光向正面方向射出的周期结构与将波长940nm的光向正面方向射出的周期结构的层叠结构。所使用的发光材料例如可以为发出波长为805nm的光的GGG(钆-镓-石榴石)荧光体和发出波长为940nm的光的量子点。在该例子中,透镜330将由发光器件310向正面方向射出的波长为805nm和940nm的近红外光导入光纤320。透过了发光器件310的波长为650nm的激发光由于不射入透镜330,因此不被导入光纤320。

[0673] 本发明的实施方式的内窥镜也可以用于吲哚菁绿(ICG)荧光法。ICG是被固定波长的近红外线(例如波长为774nm)激发而发出其他波长的近红外线(例如805nm)的荧光的物质。ICG荧光法是以红外线相机检测通过向被注入到体内的ICG照射例如波长为774nm的激发光而产生的波长为805nm的荧光的方法。由此,能够微创且简便地观察组织表面下的血管、淋巴管等生物体组织。

[0674] 图53F是表示能够在这样的ICG荧光法中使用的内窥镜或摄像系统的构成例的图。图53F表示使用波长为774nm的光作为照明光的例子。波长为774nm的光例如为由包括接受650nm的激发光而发光的GGG在内的光致发光层产生的光。透镜330将由发光器件310向正面方向射出的波长为774nm的光导入光纤320。透过了发光器件310的波长为650nm的激发光由于不射入透镜330,因此不被导入光纤320。虽然图53F中没有表示,但ICG荧光法所使用的摄像系统还具备检测由ICG产生的荧光(近红外线)的摄像器件。

[0675] [11-3.水中光纤照明]

[0676] 本发明的发光装置也能够用于水中光纤照明。以下,对这种应用例进行说明。

[0677] 图54A是表示水中光纤照明装置的构成例的图。该照明装置具备光源装置600、照明部640以及连接光源装置600与照明部640的光纤320。照明部640配置在水槽670内的水中,光源装置600配置在水槽670的外侧。由光源装置600发出的光在光纤320内传播,由照明部640的照明窗642射出,照在水中。

[0678] 图54B是表示光源装置600的概略构成的图。光源装置600具有发光器件310和激发光源340。发光器件310具有与上述的任意一种实施方式的发光器件相同的结构。由激发光源340射出的激发光射入发光器件310，使发光器件310内的光致发光材料激发而发光。由发光器件310产生的光被导入光纤320，传达到照明部640。此外，光源装置600也可以在发光器件310与光纤320之间具有使由发光器件310产生的光聚焦于光纤320的透镜。

[0679] 在这样的水中光纤照明中，也可以像以往例如日本特开平1-262959号公报所公开的那样，使用灯光源。由此，由于与光纤的耦合效率低，因此光的损失大，消耗电力大。另外，例如如日本特开2003-257204号公报所公开的那样，将冷阴极管和电源线缆沉在水中来使用的水槽用照明装置存在漏电的危险性大这一问题。

[0680] 根据本应用例的构成，使用了指向性高的发光器件310，因此能够提高发光器件310与光纤320的耦合效率。另外，通过使用光纤320，能够将光源装置600和电源配置在水槽670的外侧，因此没有漏电的危险性。这样，能够实现兼顾了效率和安全性的水中光纤照明装置。

[0681] 此外，水中光纤照明装置不限于图54A和图54B所示的构成，能够进行多种变形。例如，如上述的日本特开平1-262959号公报所公开的例子那样，通过在喷水喷嘴的附近配置照明部，能够实现喷水用光纤照明。另外，例如如日本特开昭56-72637号公报所公开的例子那样，也能够实现由船上的光源装置使用多个光纤照射海中的鱼网附近的光纤照明。在这样的构成中，通过向水中照射与要捕获的鱼的习性相对应的适当波长带域的光，能够高效地捕获鱼。通过使用本发明的发光器件，也能够降低光的损失和消耗电力，因此能够有助于提高渔船的燃油效率。此外，例如如日本特开平4-95864号公报所公开的例子那样，也能够在检测水中结构物的缺陷的装置中适用本发明的构成。例如，能够适用于原子炉内的冷却水池的损伤检查。由配置在冷却水池外的光源使用光纤向冷却水池内的结构物照射光，利用摄像器件检测其反射光，由此能够检查结构物的缺陷。由于光源配置在水之外，因此在由于电池耗尽等而造成故障时，能够容易地进行电池、光源的更换。

[0682] [11-4.航天器用光纤照明]

[0683] 接着，对将本发明的发光装置用于航天器用照明装置的例子进行说明。

[0684] 图55是表示搭载了本发明的实施方式的光纤照明装置的航天器650的一个例子的图。此外，图55简化表示了航天器650的主体的结构，但具体结构例如可以与David S.F.Prtree,“Mir Hardware Heritage”,NASA Reference Publication 1357,Johnson Space Center Reference Series,March 1995(http://ston.jsc.nasa.gov/collections/TRS/#techrep/RP1357.pdf)所公开的任意一种航天器相同。该例子中的照明装置具备配置在航天器650内的光源装置600、包括设置在航天器650外侧的透镜330在内的照明部640以及连接光源装置600与照明部640的光纤320。光源装置600具有与图54B所示的光源装置600相同的构成。由光源装置600的发光器件310产生的光经由光纤320和透镜330射出到航天器650的外侧。此外，也可以省略透镜330。

[0685] 通过这样的构成，能够实现小型且高效率、低消耗电力的航天器用照明。现有的航天器或宇宙船用照明装置例如如日本实开昭61-157098号公报所公开的那样，通常使用灯光源。因此，存在照明装置大型且效率低、消耗电力大这一问题。如果消耗电力大，则导致电池寿命的短缩化，对宇宙探查来说会成为致命的问题。通过使用本发明的发光器件，能够降

低光的损失和消耗电力，因此能够延长电池寿命。

[0686] 另外，对宇宙空间所使用的照明装置要求以下的条件。(1)破损时尽量不产生垃圾。(2)真空中也能够散热。(3)使用在真空中也能够耐受的可靠性高的结构和材料。(4)耐受超低温和超高温。

[0687] 根据本应用例，能够全部满足以上的条件。关于(1)，由于仅将光纤320的前端或包括透镜330在内的照明部取出到船外，而将光源装置600配置在船内，因此破损的可能性低，也不产生伴随光源装置600破损的垃圾。关于(2)，在船内配置光源装置600，将不发热的光纤320取出到船外，由此能够在船内进行光源装置600的散热。关于(3)，由于粘接剂等树脂材料产生气体，因此必须避免配置在船外。密封时如果空气残留其中，则在真空中有可能会破损。在本应用例中，由于在船内配置光源装置600，因此没有这种担忧。另外，光纤320由于基本上仅由玻璃和保护该玻璃的树脂套构成，因此在真空中也不易劣化。关于(4)，在地上可以耐受-40℃～100℃左右的温度范围就足够，但在宇宙中照射不到光的地方更为低温，照射到光的地方更为高温。在利用树脂材料的情况下，有时无法耐受宇宙空间中的低温或高温环境。本应用例中，通过使用以玻璃为主成分的光纤320，能够耐受低温和高温这两种环境。

[0688] [11-5.高处照明用光纤照明]

[0689] 将本发明的发光器件与光纤组合而成的发光装置也适用于设置在高处的照明用途。设置在高处的照明装置例如有体育场、高速公路、隧道、桥梁用照明装置。

[0690] 图56是作为高处照明用发光装置的一个例子表示体育场所使用的光纤照明装置的图。该照明装置具备光源装置600、光纤320和多个照明部660。光源装置600具有与图54B所示的光源装置同样的构成，设置在地上(即低处)。光纤320在中途分支成多个光纤，将光源装置600和多个照明部660之间连接。多个照明部660分别设置在光纤320的前端的附近，并设置在高处。照明部660也可以包含透镜或扩散板。在光纤320内传播的光由照明部660向外部射出。

[0691] 通过这样的构成，能够实现小型且效率以及维护性优异的体育场用照明装置。现有的体育场照明由于在高处设置大量灯光源，因此存在难以设置和维护(灯的更换等)这一问题。另外，需要与耐受高处的高风压相对应的大型壳体。如本应用例这样，使用光纤将光由地上的光源装置600传送至高处的照明部660，由此能够实现容易设置和维护且小型的照明装置。

[0692] 图57是作为高处照明用发光装置的其他例子表示高速公路用照明装置的图。该照明装置具备多个光源装置600、多个光纤320、多个光分支装置680和多个照明部660。在该例子中，光源装置600也与具有与图54B所示的光源装置相同的构成，设置在地上(即低处)。光源装置600与光纤320连接，该光纤320经由光分支装置680与延伸到高处的其他光纤320连接。在延伸到高处的多个光纤320各自的前端设置有射出光的照明部660。照明部660与之前的例子同样地，可以包含透镜或扩散板。

[0693] 通过这样的构成，与在高处设置有大量灯的现有的高速公路用照明装置相比，能够实现维护性优异且小型的高速公路用照明装置。

[0694] 此外，同样的构成不限于高速公路，也能够适用于桥梁。桥梁位于河上、海上或山间，在高处且强风下设置照明。由于照明的设置和维护伴随莫大的危险，因此特别适合本应

用例的光纤照明。

[0695] 图58是作为高处照明用发光装置的其他例子表示隧道用照明装置的图。该照明装置与上述的例子同样地，具备光源装置600、光纤320和多个照明部660。光源装置600设置在隧道的入口附近，经由设置在隧道内的多个照明部660与光纤320(和光分支装置)连接。光源装置600、光纤320和照明部660的结构与上述的例子相同。

[0696] 通过这样的构成，与大量的灯在高处而且跨越长距离配置的现有的隧道用照明相比，能够实现维护性优异且小型的隧道用照明装置。

[0697] 这里，对本应用例的光纤照明装置的构成更详细地进行说明。

[0698] 图59是用于说明上述各例子中的光纤照明装置的更详细构成的图。如图所示，光源装置600和光纤320具有连接器690，经由连接器690互相连接。光源装置600与电源线缆710和通信线缆720连接。经由电源线缆710由电源接受电力的供给，经由通信线缆720与其他设备(例如远程计算机)进行通信。光纤320经由光分支装置680与其他光纤连接。配置在高处等难以设置的场所的照明部660经由一根以上的光纤320和光分支装置680与光源装置600连接。这样，将来自一个光源装置600的光在光纤320中分支，导入多个照明部660，由此能够大幅减轻维护负担。此外，如该例子这样，在通过光分支装置680连接多根光纤320(即多根光纤线缆)而将光由光源装置600传送至照明部660的构成中，也可以将光源装置600与照明部660之间的多根光纤320视为一根光纤。此时，该光纤包括多根光纤线缆和将它们连结的光分支装置。

[0699] 图60是表示照明部660的结构的一个例子的图。该例子的照明部660具有配置在光纤320的前端附近的透镜330。透镜330不限于图示的透镜，例如可以为非球面透镜、单透镜、双合透镜和三合透镜中的任意透镜。通过调整透镜，能够自由调整照射角度。此外，照明部660也可以不包括透镜330。可以包括光扩散板来代替透镜330。

[0700] 图61A是表示光源装置600的更详细构成例的剖视图。该光源装置600具备射出激发光的多个激光二极管740(激发光源)、接受激发光而发光的发光器件730和将由发光器件730射出的光聚焦并导入光纤320a的透镜330。光纤320a经由光连接器690与外部的光纤320连接。光纤320a被光纤夹具760固定，透镜330被透镜夹具750固定。透镜330例如可以为非球面透镜、单透镜、双合透镜和三合透镜中的任意透镜。发光器件310被夹具770固定。多个激光二极管740与发光器件310的光致发光层平行地排列。由此，能够在发光器件310中的光致发光层的多个部位产生发光。各激光二极管740由激光电源730获得电力。激光电源730经由电源线缆710由外部电源获得电力。激光电源730可以包括二次电池。该例子中的激光电源730也与通信线缆720连接。经由通信线缆720，可以由位于远离光源装置600的位置的计算机输入控制各激光二极管740的输出的控制信号。由此，激光电源730能够控制来自发光器件310的发光。此外，在该例子中，激光电源730包含控制各激光二极管740的输出的控制电路和进行信息的发送接收的通信电路。在该例子中，激发光源使用了激光二极管740，但也可以使用LED来代替。

[0701] 图61B是表示光源装置600的另一构成例的顶视图。该光源装置600在仅具有一个激光二极管740、由激光二极管740将激发光经由光纤320b输送到发光器件310的侧面这一点上与图61A的例子是不同的。即使通过这样的构成，也能够实现与图61A的例子同样的功能。

[0702] 图61C是表示光源装置600的又一个构成例的顶视图。该光源装置600在激发光源未使用激光二极管而是使用发光二极管(LED)790这一点上与上述的例子是不同的。如图61D的放大图所示，多个LED790设置在发光器件310的周围。多个LED790经由电源线缆710a由LED电源780接受电力的供给。LED电源780与通信线缆720连接。经由通信线缆720，可以由位于远离光源装置600的位置的计算机输入控制各LED790的输出的控制信号。由此，LED电源780能够控制来自发光器件310的发光。此外，在该例子中，LED电源780包含控制各LED790的输出的控制电路和进行信息的发送接收的通信电路。这样，激发光源即使使用LED，也能够实现同样的功能。

[0703] 图61E是表示光源装置600的再又一个构成例的顶视图。该光源装置600具备一个激光二极管740和使由激光二极管740射出的激发光聚光并倾斜射入发光器件310的透镜330a。除此以外，与图61A所示的例子相同。在该例子中，激发光以相对于发光器件310的光致发光层的法线方向倾斜的角度射入发光器件310。该角度被设定为激发光在光致发光层内全反射。通过这样的构成，也能够实现与上述的各例同样的功能。

[0704] 如上所述，光源装置600能够进行各种变形。这样的光源装置600的构成不限于高处用光纤照明装置，对于本发明的其他用途的照明装置也同样能够适用。

[0705] [11-6.车辆用光纤照明]

[0706] 接着，对利用了本发明的发光器件的车辆用光纤照明装置的例子进行说明。

[0707] 图62是表示搭载了本应用例的照明装置的车辆的一个例子的图。本应用例的照明装置具备设置在车内的激发光源单元820、多个光纤320和设置在车外的多个发光单元810。多个发光单元810通过多个光纤320与激发光源单元820连接。激发光源单元820具备激发光源和连接光纤320的光连接器。各发光单元810具备上述任意一个实施方式的发光器件和连接光纤320的光连接器。

[0708] 通过将多个发光单元810安装在车体的周围，与光纤320的前端(光出射口)连接，能够照射从车内难以看见的车辆后方或上方等任意方向。另外，如图63所示，也能够在前照灯、尾灯、门用灯等中适用发光单元810。

[0709] 此外，发光器件可以设置在激发光源单元820的内部而不设置在发光单元810上。此时，激发光源单元820具有与上述的“光源装置600”相同的构成，发光单元810具有与上述的“照明部660”相同的构成。

[0710] 图64是表示车辆中的另一个应用例的图。在该例子中，与导航系统组合而能够在路面等投影面显示用于导航的图像。为了实现这样的功能，在车辆上搭载投影仪。这样的投影仪可以为以本发明的发光器件为光源的新型结构的投影仪。这样的投影仪的构成可以为将公知的投影仪(例如日本特开2012-8177号公报和特开2014-191003号公报中公开)的荧光体轮中的荧光体置换成本发明中的指向性高的发光器件的构成。例如，可以利用将日本特开2014-191003号公报所公开的荧光体轮中的红色荧光体层和绿色荧光体层置换成将红色的光与光致发光层大致垂直地射出的发光器件和将绿色的光与光致发光层大致垂直地射出的发光器件的结构。

[0711] 在本应用例中，发光单元810不仅发挥作为照明的功能，而且还发挥作为显示用于向目的地导航的图像的显示装置的功能。由此，能够实现以往没有的便利性高的汽车导航系统。

[0712] [11-7.光纤传感器]

[0713] 本发明的发光器件也能够适合用于检测车辆、航空器等位移或变形的光纤传感器。检测车辆的位移、变形的光纤传感器的例子例如公开在日本特开2006-282114号公报中。但是，现有的光纤传感器存在由于瑞利散射而造成后方散射光弱从而光源、检测器以及电路变得大型这一问题。在车载用途中，要求系统的小型化，因此需要解决该问题。通过使用本发明的发光器件，能够实现小型且灵敏度高的光纤传感器。以下，对这种光纤传感器的例子进行说明。

[0714] 本实施方式的光纤传感器将单端光纤遍布汽车或航空器的机身，利用TOF(飞行时间;Time of Flight)的原理来检测机身变形或损伤的部位。通过向光纤输入脉冲光，解析脉冲光的(群)延迟时间，检测变形部位或位移。

[0715] 图65A是表示搭载了本实施方式的光纤传感器的汽车的例子的图。图65B是表示搭载了本实施方式的光纤传感器的飞机的例子的图。在任何一个例子中，均遍及机身的大范围遍布有光纤320。

[0716] 图66是用于说明光纤传感器的构成和工作原理的图。光纤传感器具备激发光源340、发光器件310、光学快门940、半反射镜950、受光器960、控制电路970和光纤320。发光器件310具有与上述任意一个实施方式的发光器件相同的构成。发光器件310接受来自激发光源340的激发光，将光以狭角射出。光学快门940配置在由发光器件310射出的光的路径上。光学快门940例如包括液晶层和其两侧的两个电极层。光学快门940对由控制电路970输入的驱动信号进行响应，对使由发光器件310射出的光透过的状态(称为透光状态)和将该光进行遮蔽的状态(称为遮光状态)进行切换。半反射镜950配置在透过了光学快门的光的路径上。透过了半反射镜950的光被导入光纤320。被半反射镜950反射的光射入受光器960。受光器960例如包括光电二极管，输出与所接受的光的量相对应的电信号(称为受光信号)。控制电路970将切换光学快门940的透光状态和遮光状态的驱动信号输入光学快门940。由此，能够使脉冲光由光学快门940射出。控制电路970还对由受光器960输出来的电信号进行解析。控制电路970例如可以通过包括微控制器(微型计算机)等处理器在内的集成电路来实现。此外，图66为了简单而将光纤320绘制为具有直线状形状的光纤。

[0717] 也可以在发光器件310与光学快门940之间和光学快门940与半反射镜950之间设置透镜。通过在来自发光器件310的光由透镜成像的位置配置光学快门940，能够使光学快门940小型化，能够更高速地切换透光状态和遮光状态。这样的小型的快门例如可以通过MEMS(微电子机械系统;Micro Electro Mechanical Systems)来实现。另外，半反射镜950不需要透射率和反射率完全相同，也可以是它们不同的分束器。

[0718] 通过这样的构成，由被激发光激发的发光器件310射出的光被接受了驱动信号的光学快门940调制成脉冲光，透过半反射镜950而射入光纤320。该入射光在遍布机身的光纤320内传播，在光纤变形了的部分中，至少一部分被反射。该反射光由半反射镜950导入受光器960。受光器960将与该反射光的强度相对应的受光信号送至控制电路970。

[0719] 图67是表示驱动信号和受光信号的时间变化的例子的图。控制电路970基于驱动信号与受光信号之间的延迟时间Δt，测定从光纤320中的端部到变形部分的距离L。距离L根据下式计算。

[0720] L＝光纤320内的光速×延迟时间Δt/2＝(光速c/光纤320的折射率n)×延迟时间

Δt/2

[0721] 由到该变形部分的距离L，能够确定在遍布机身的光纤320中的变形部分的位置。因此，能够确定事故等中变形了的部位。

[0722] 本实施方式的发光器件310由于出射光束的发散角非常狭，因此与光纤320的耦合效率高，光损失非常少。所以，能够检测出光纤320内的非常弱的反射光，能够使检测器和电源电路小型且轻量。

[0723] 此外，本实施方式通过控制光学快门940生成脉冲光，但本发明不限于这样的方式。例如，也可以代替光学快门940的控制，通过控制激发光源340的开和关的状态来生成脉冲光。

[0724] 本实施方式设定为变形部位为一个部位，但即使在变形部位为多个的情况下也能够确定变形部位。在存在多个变形部位的情况下，反射光成为相位和振幅不同的多个脉冲光所合成的光。此时，将受光信号所包含的合成波例如能够通过FFT分析器进行傅里叶变换等处理来确定各个反射光。由此，能够对各个反射光求出延迟时间Δt，计算到各变形部分的距离L。

[0725] [11-8.其他应用例]

[0726] 接着，对本发明的发光器件的其他应用例进行说明。

[0727] 本发明的发光器件能够向特定方向射出指向性高的光。该高指向性例如优选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，由光源射出的光是利用反射板和/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，省略这些光学部件也能够高效地向导光板导入光。

[0728] 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。因此，例如使用了透镜、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)。通过将本发明的发光器件用于光源，能够省略光导。

[0729] 现有的照明器具为了将各向异性地发出的光导向所期望的方向，使用包含透镜和/或反射板在内的光学部件。与此相对，通过使用本发明的发光器件，可以省略这些光学部件。或者，能够将对于各向同性的光的复杂设计置换成对于指向性高的光的单纯设计。其结果是，能够将照明器具小型化，或者将设计工序简化。

[0730] 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(即，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，由于不需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，本发明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。

[0731] 本发明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。如果使用本发明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。

[0732] 偏振光源除了适合作为液晶显示装置的背光源来使用以外，也适合用于液晶投影仪的光源。在作为液晶投影仪的光源使用的情况下，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。

[0733] 本发明的发光器件如图68示意性地所示，也能够作为透明显示装置的屏幕100S来使用。

[0734] 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，由此能够防止不需要的光泄露。

[0735] 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。

[0736] 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(即，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。

[0737] 另外，在本发明的发光器件中，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。

[0738] 例如，能够如下操作，使用本发明的发光器件来构成检测各种物质的传感器。

[0739] 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)以接近本发明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。

[0740] 本发明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。

[0741] 产业上的可利用性

[0742] 本发明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。

[0743] 以上说明中所引用的全部文献的公开内容被整体援引至本申请的说明书中。

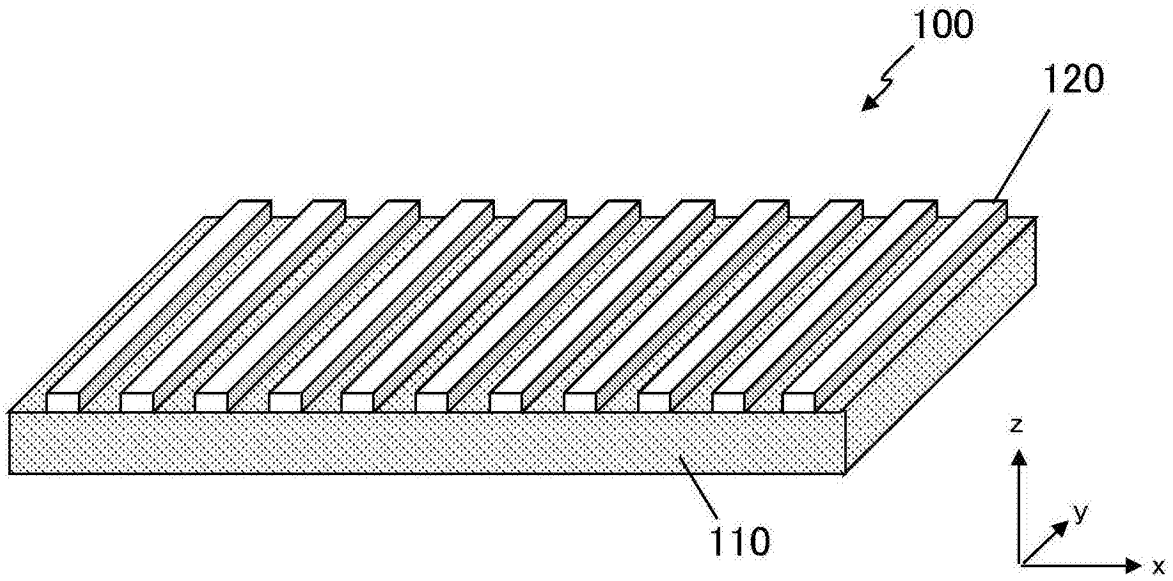


图1A

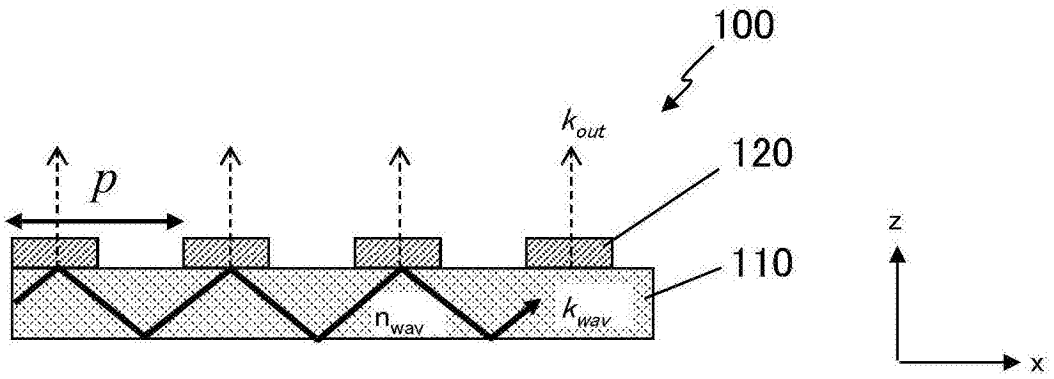


图1B

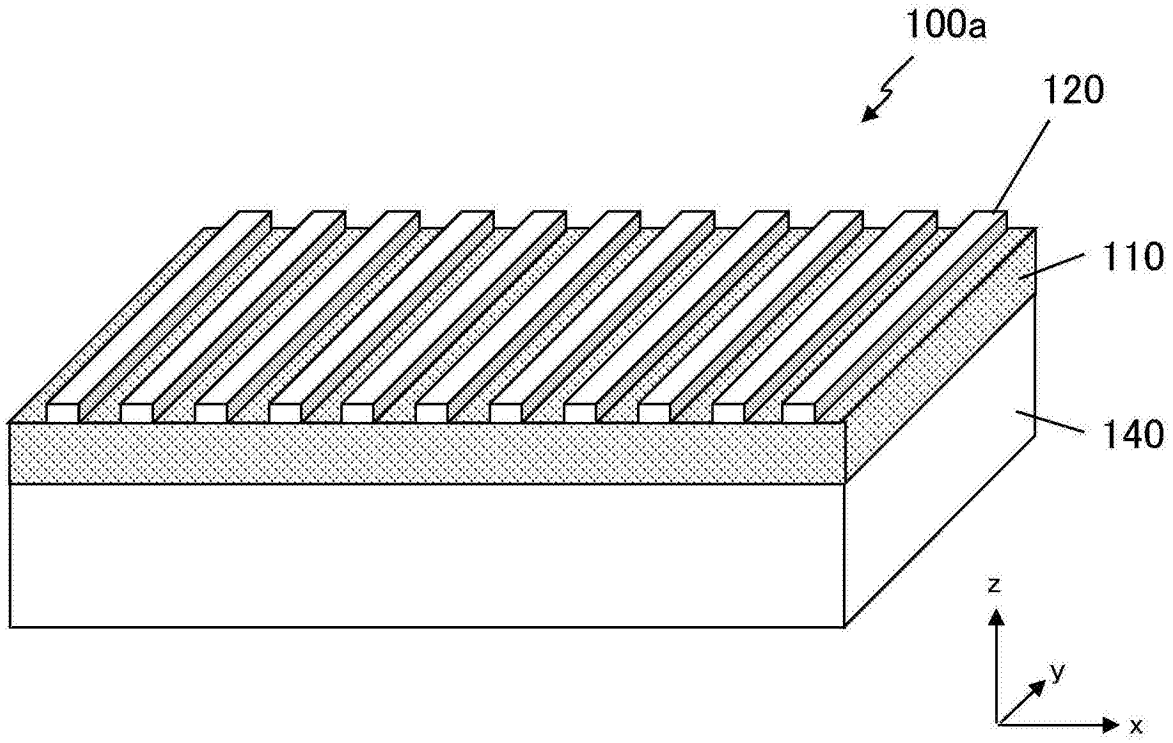


图1C

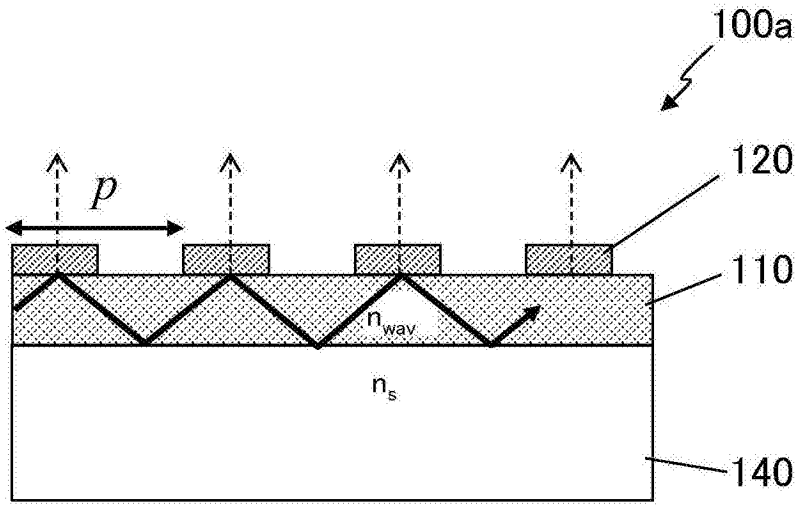


图1D

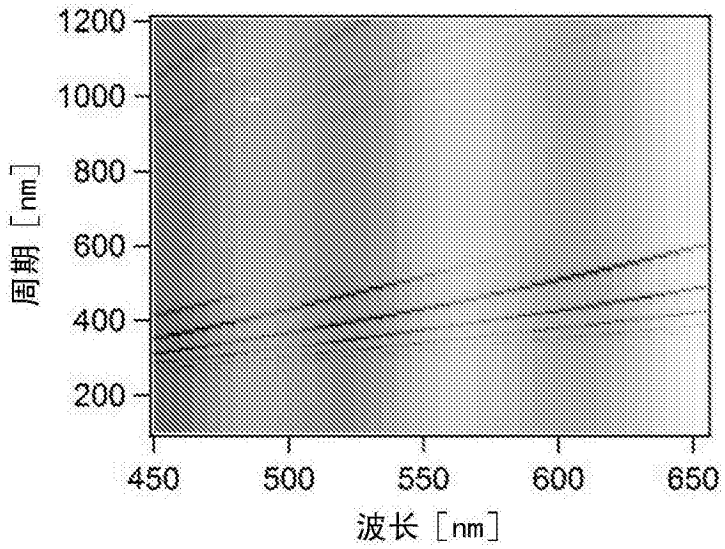

1200
1000
800
600
400
200
周期［nm］
450
500
550
600
650
波长［nm］

图2

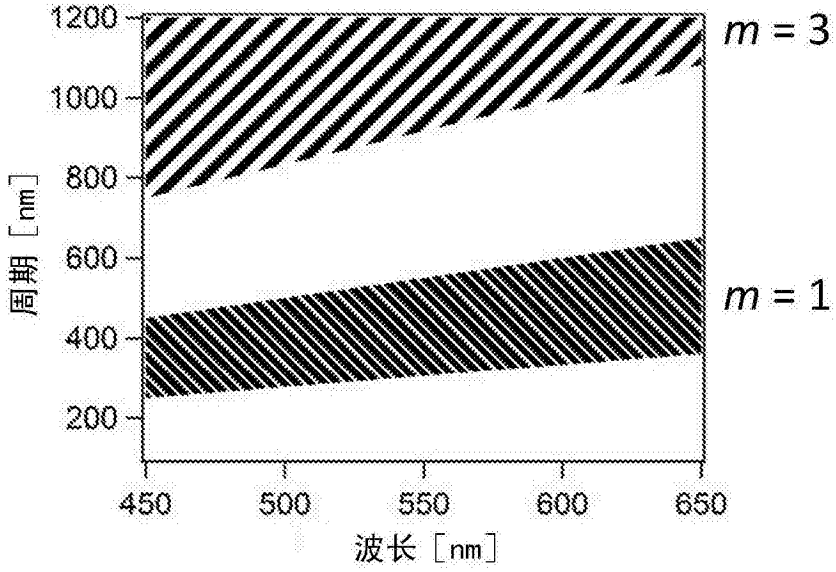

1200
1000
800
600
400
200
周期［nm］
m = 3
m = 1
450
500
550
600
650
波长［nm］

图3

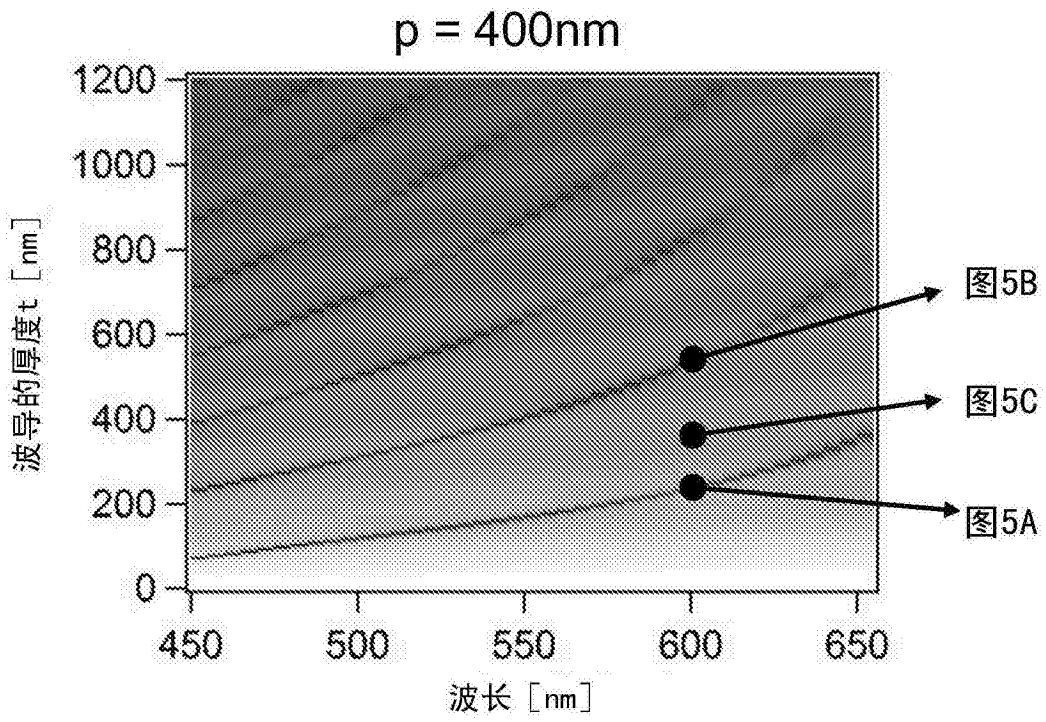

p = 400nm
1200
1000
800
600
400
200
0
波导的厚度t［nm］
450
500
550
600
650
波长［nm］
图5B
图5C
图5A

图4

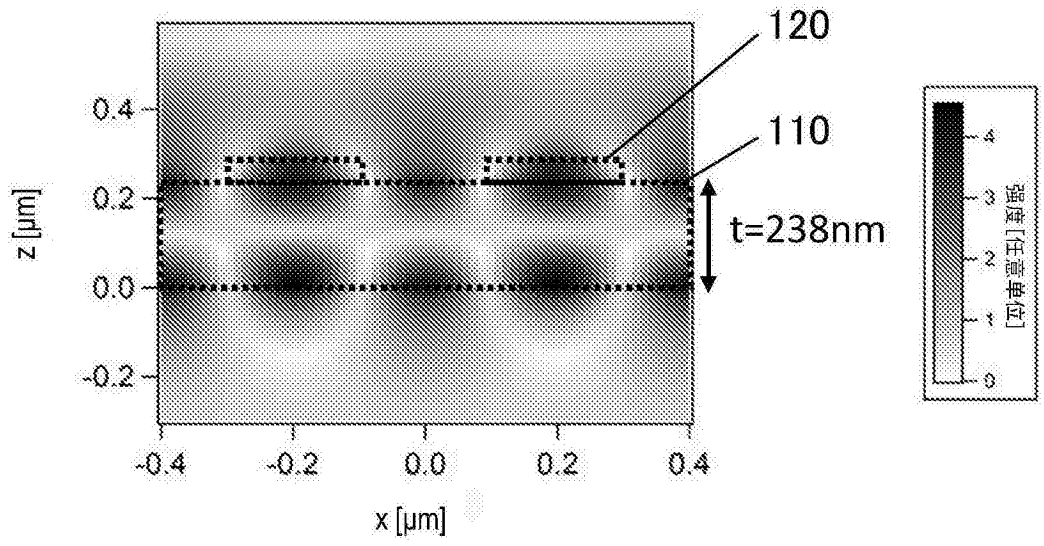

120
110
t=238nm
0.4
0.2
0.0
-0.2
z [μm]
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
x [μm]
强度［任意单位］
4
3
2
1
0

图5A

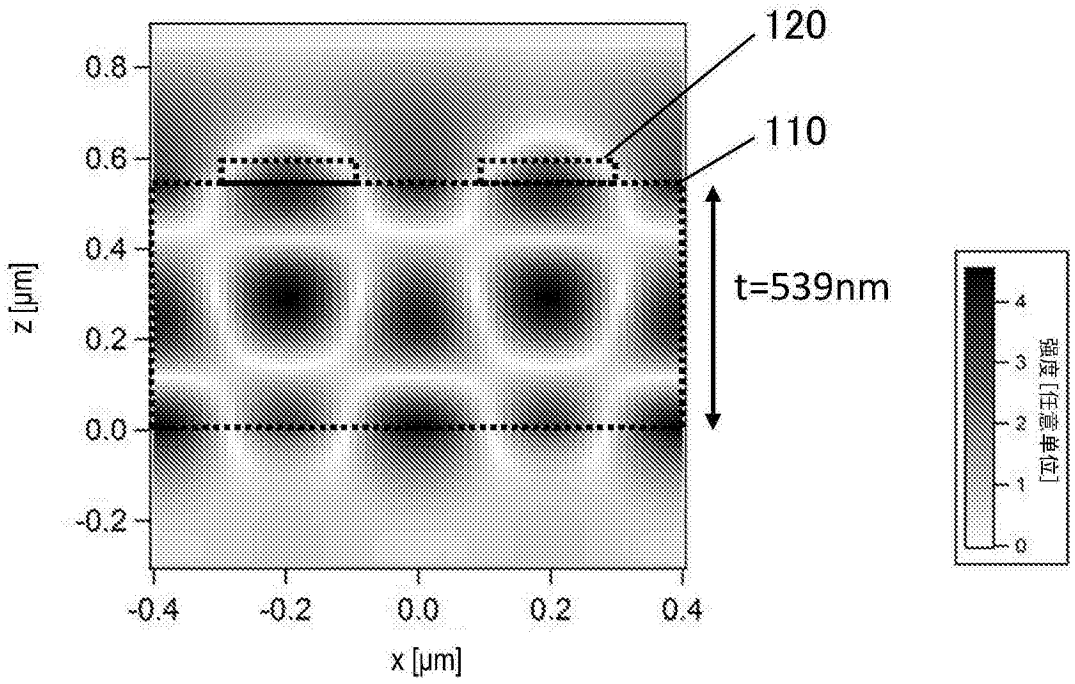

120
110
t=539nm
z [μm]
x [μm]
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
强度[任意单位]
0
1
2
3
4

图5B

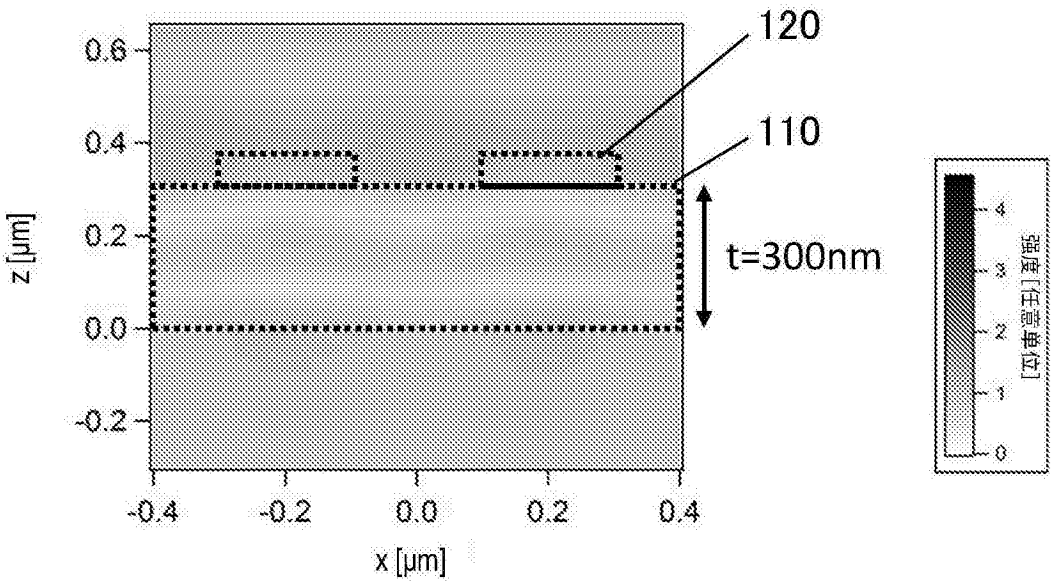

120
110
t=300nm
z [μm]
x [μm]
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
强度[任意单位]
0
1
2
3
4

图5C

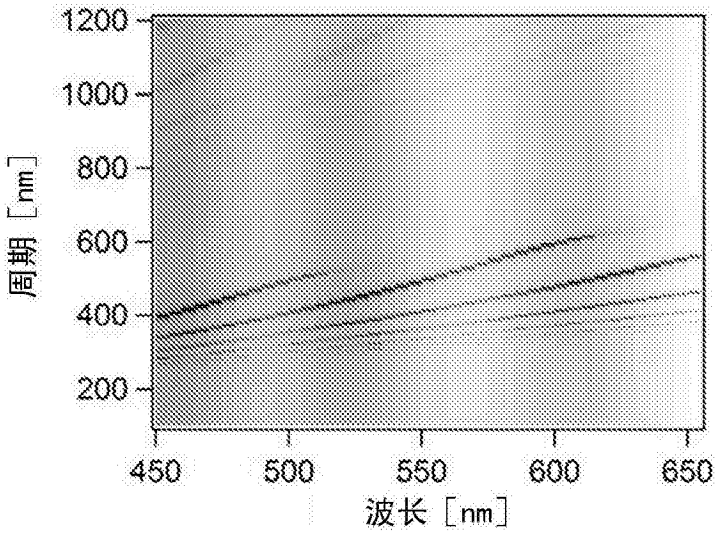


图6

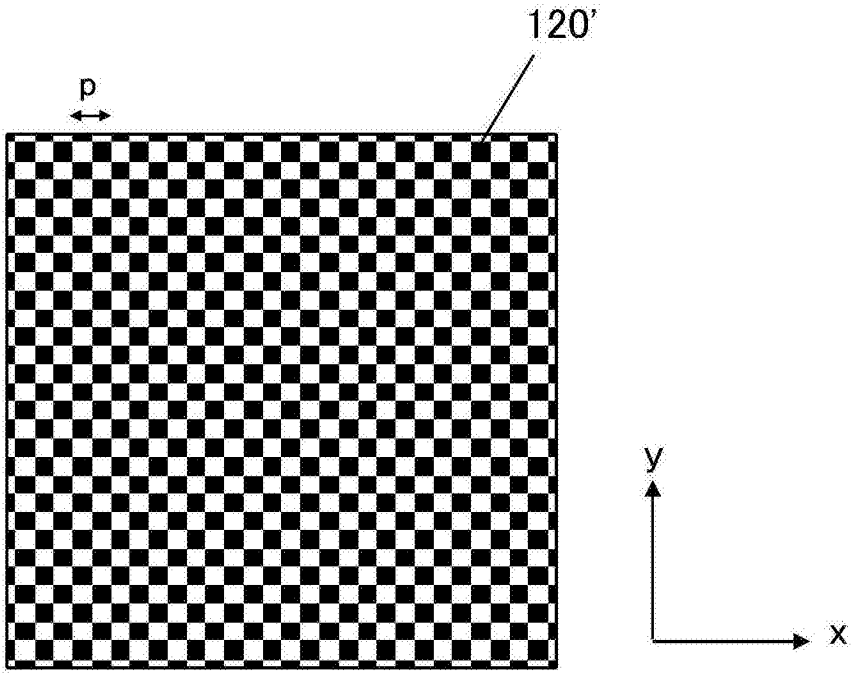


图7A

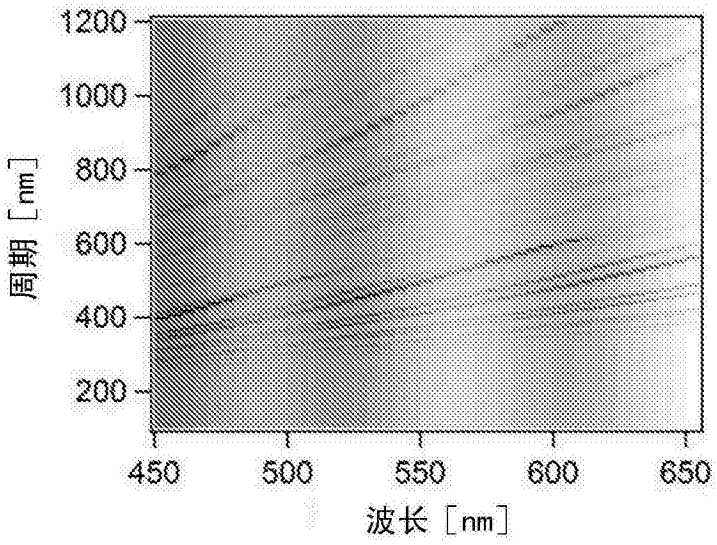

1200
1000
800
600
400
200
周期［nm］
450
500
550
600
650
波长［nm］

图7B

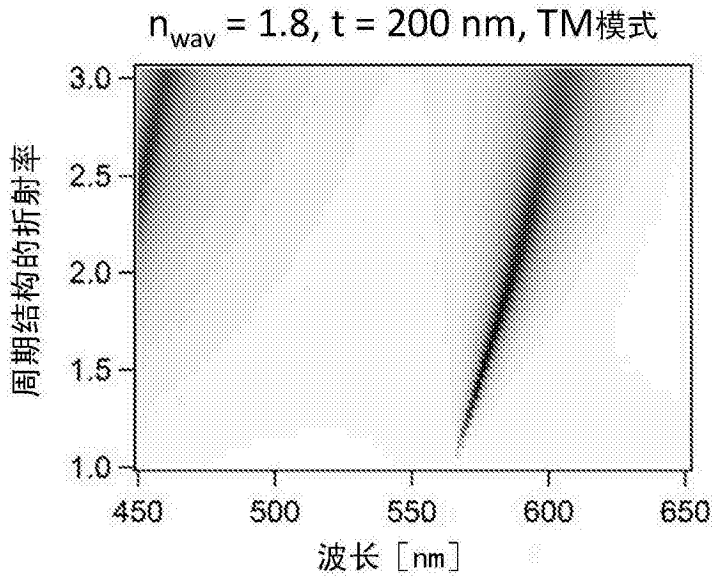

n_{wav} = 1.8, t = 200 nm, TM模式
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
周期结构的折射率
450
500
550
600
650
波长［nm］

图8

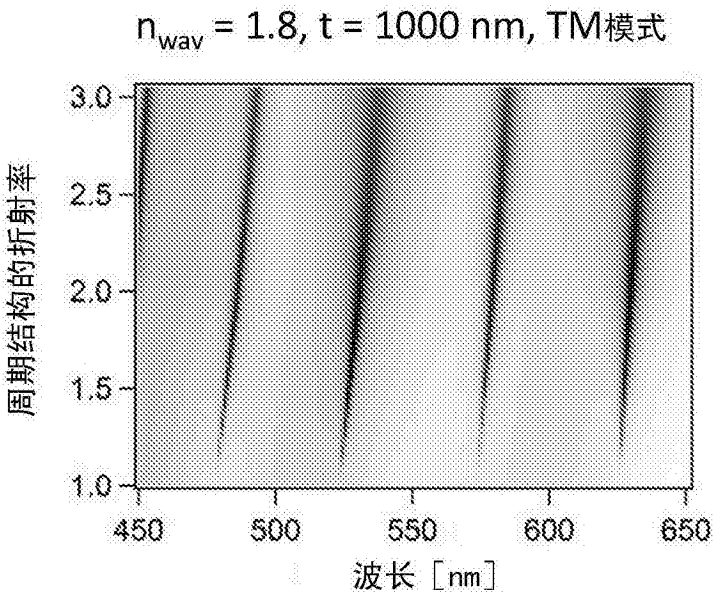

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长［nm］

图9

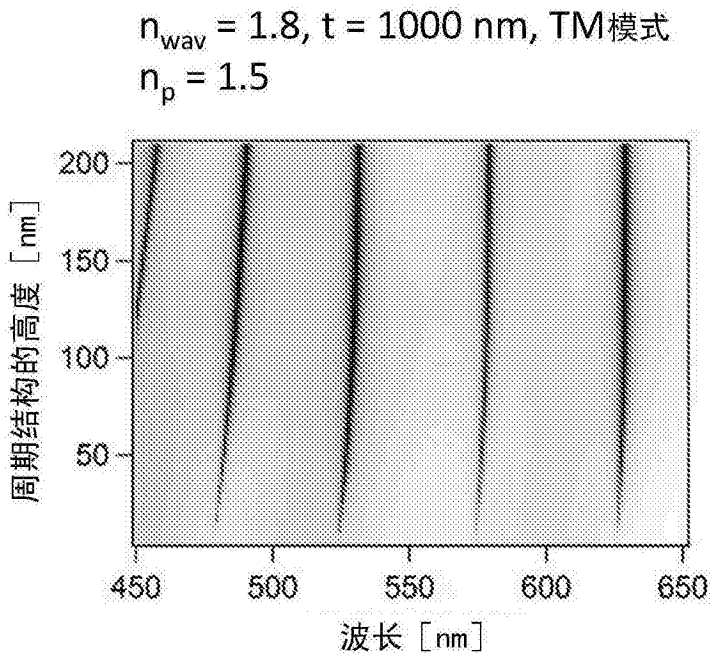

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
n_p = 1.5
周期结构的高度［nm］
200
150
100
50
450
500
550
600
650
波长［nm］

图10

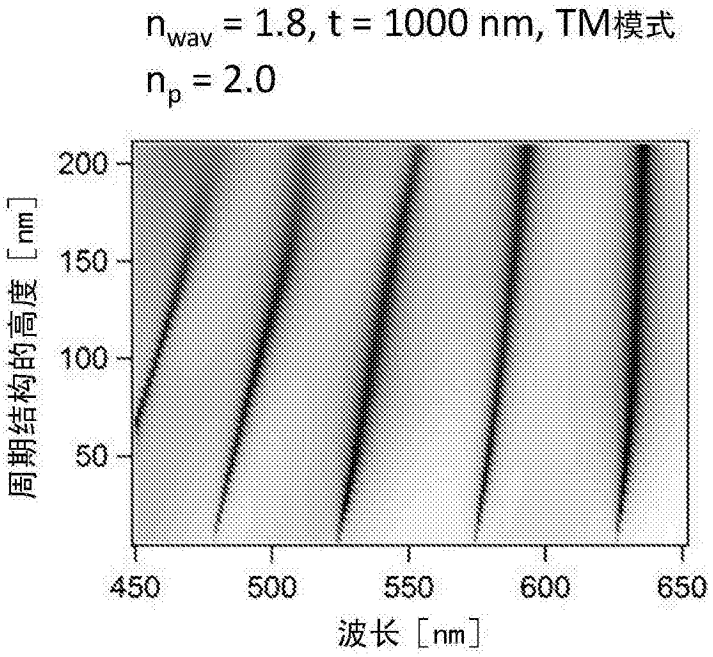

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TM模式
n_p = 2.0
周期结构的高度［nm］
200
150
100
50
450
500
550
600
650
波长［nm］

图11

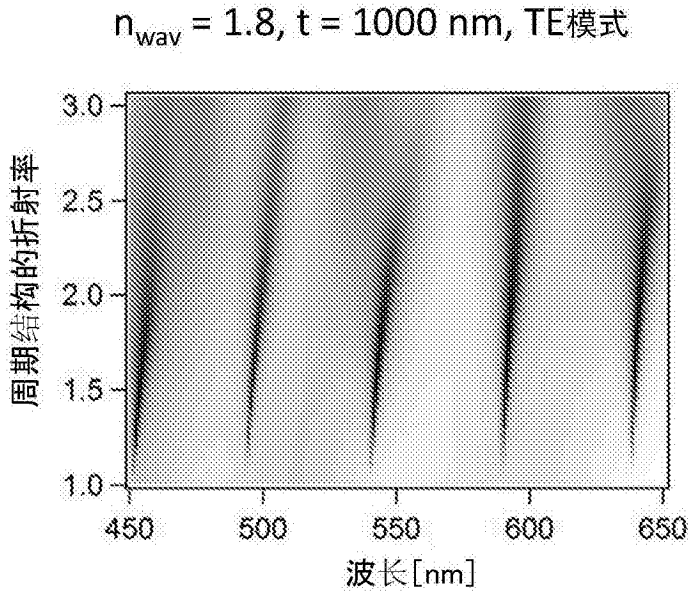

n_{wav} = 1.8, t = 1000 nm, TE模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长[nm]

图12

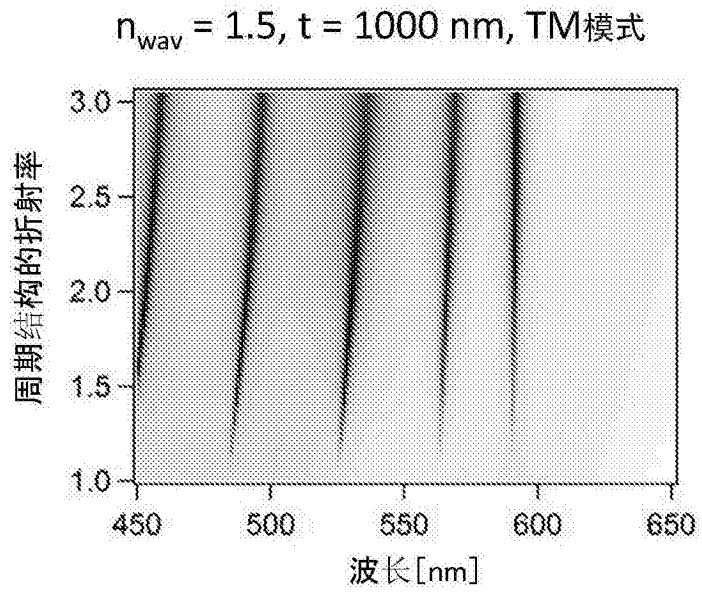

n_{wav} = 1.5, t = 1000 nm, TM模式
周期结构的折射率
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
450
500
550
600
650
波长[nm]

图13

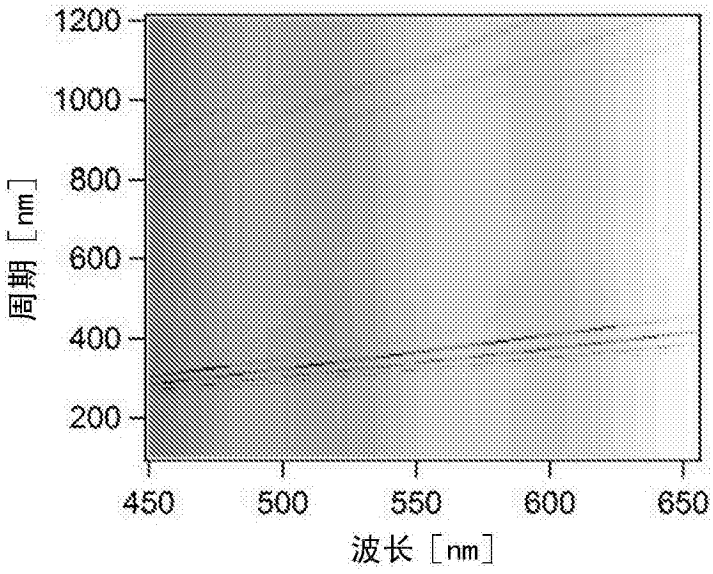

周期 [nm]
1200
1000
800
600
400
200
450
500
550
600
650
波长 [nm]

图14

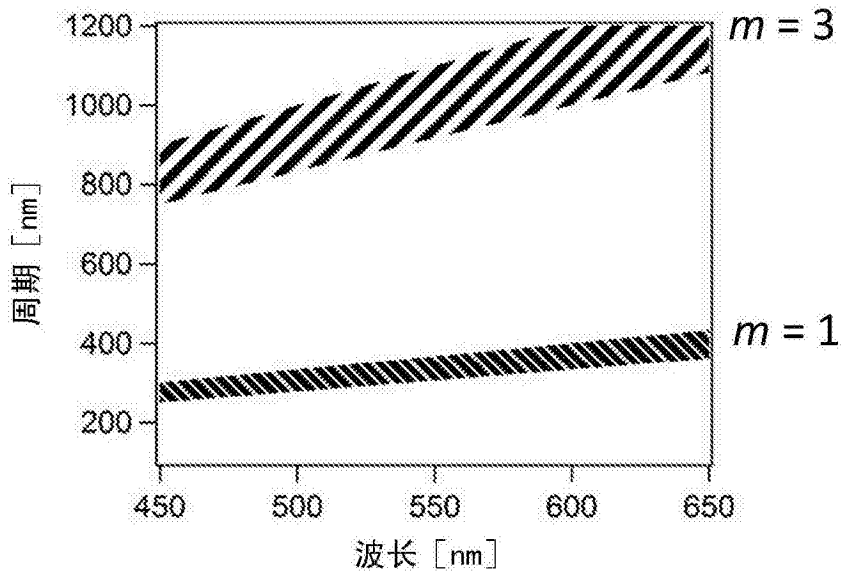

1200
1000
800
600
400
200
周期［nm］
m = 3
m = 1
450
500
550
600
650
波长［nm］

图15

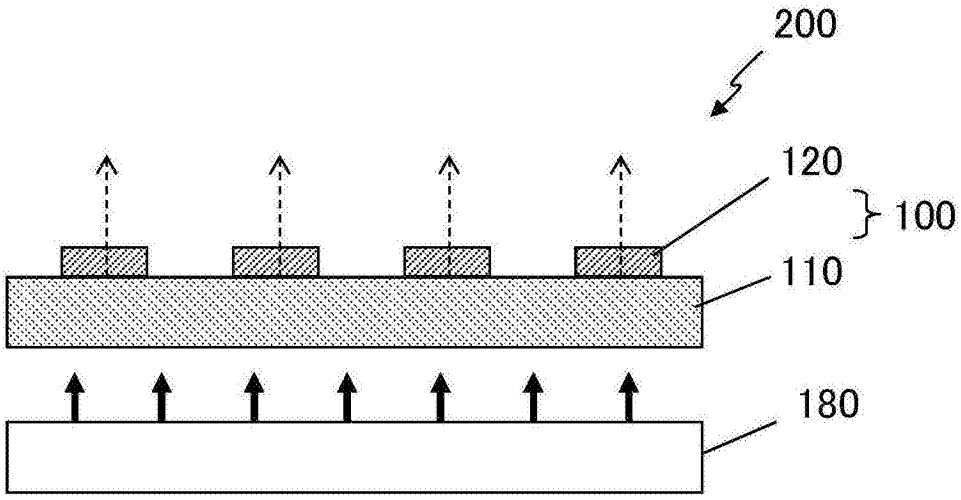

200
120
100
110
180

图16

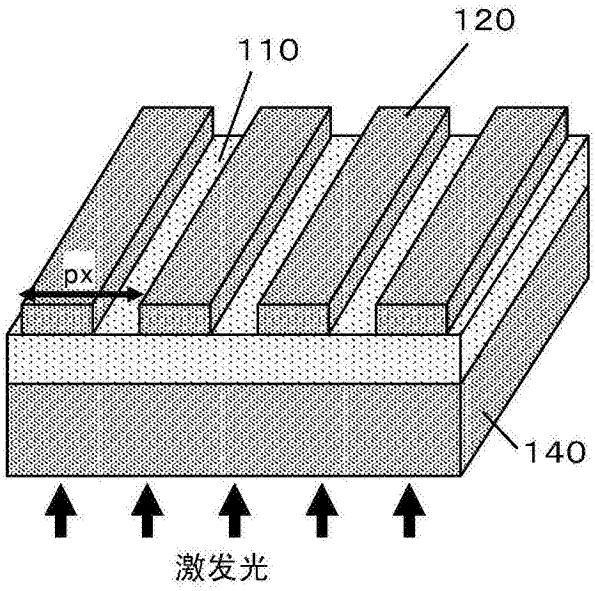


图17A

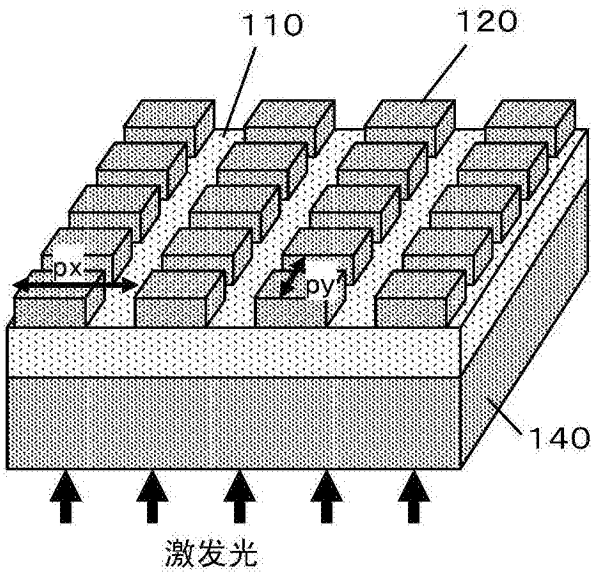


图17B

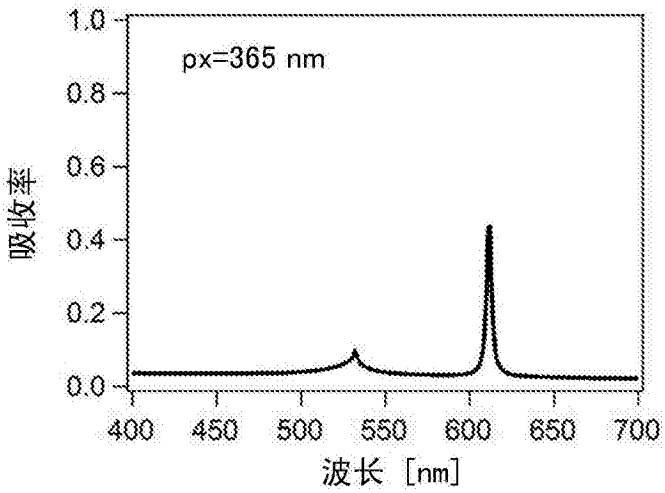


图17C

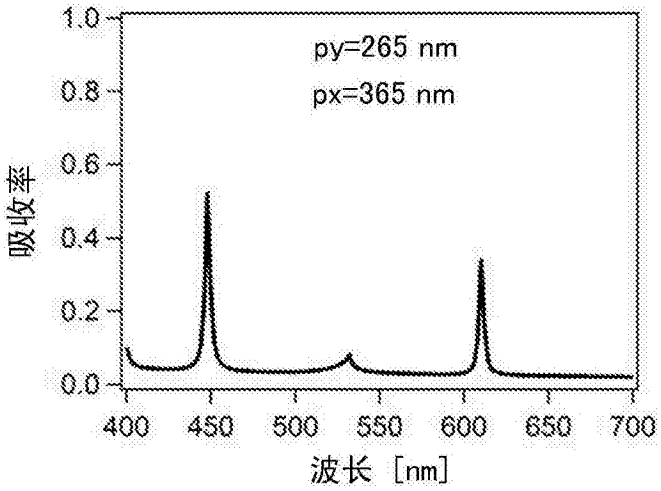

py=265 nm
px=365 nm
吸收率
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
400
450
500
550
600
650
700
波长 [nm]

图17D

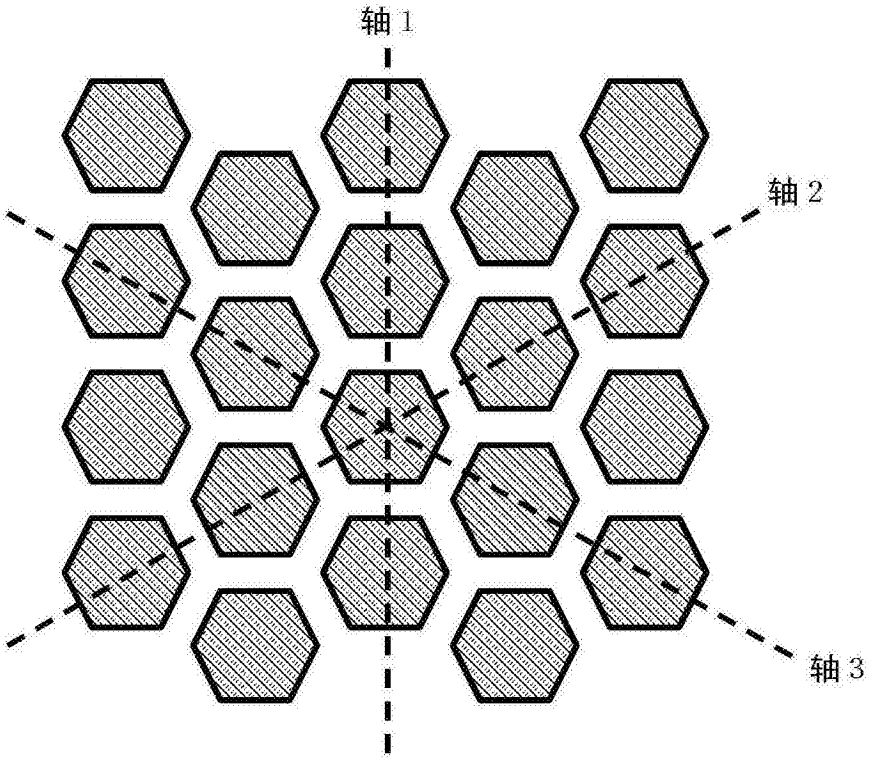

轴 1
轴 2
轴 3

图18A

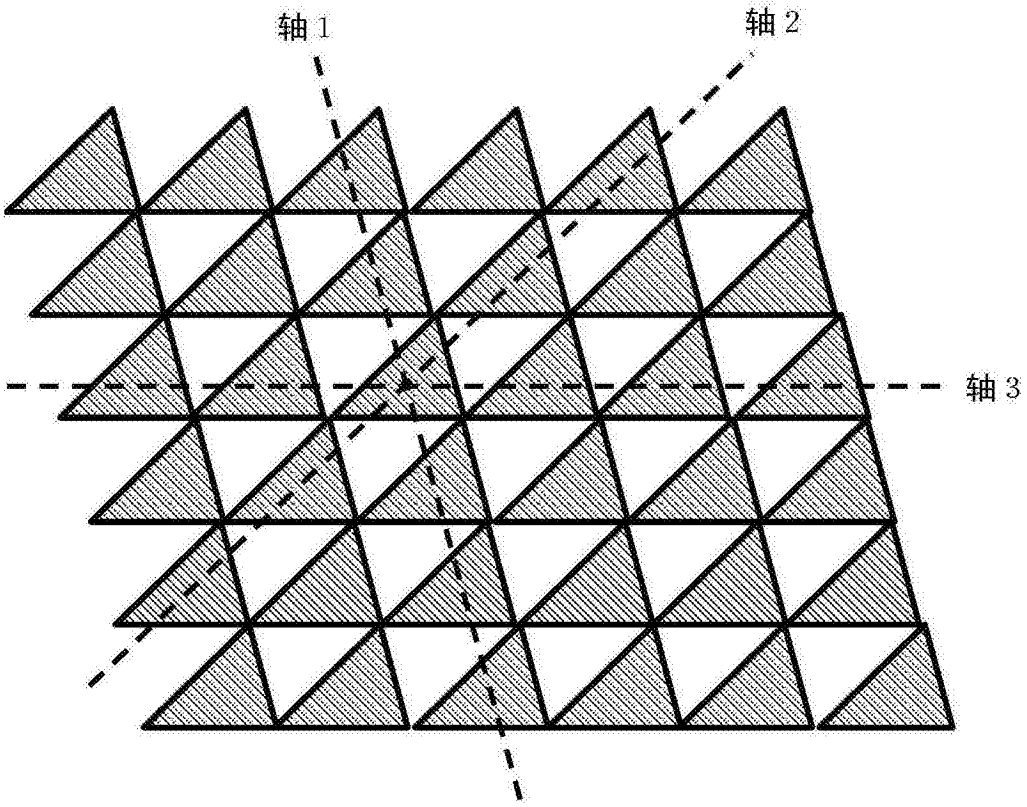


图18B

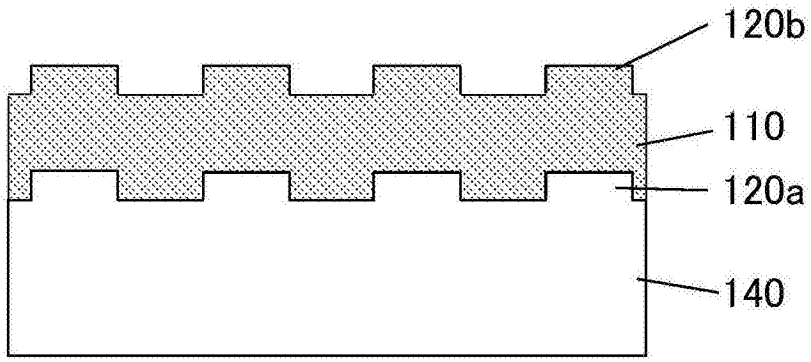


图19A

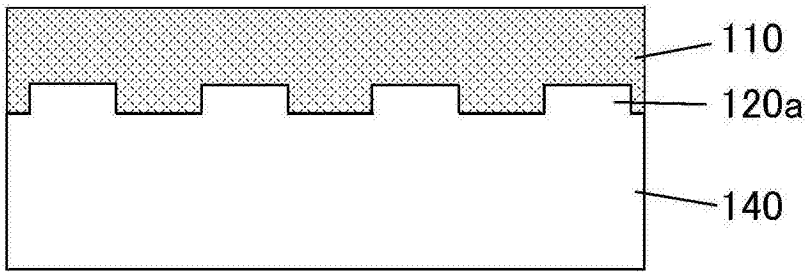


图19B

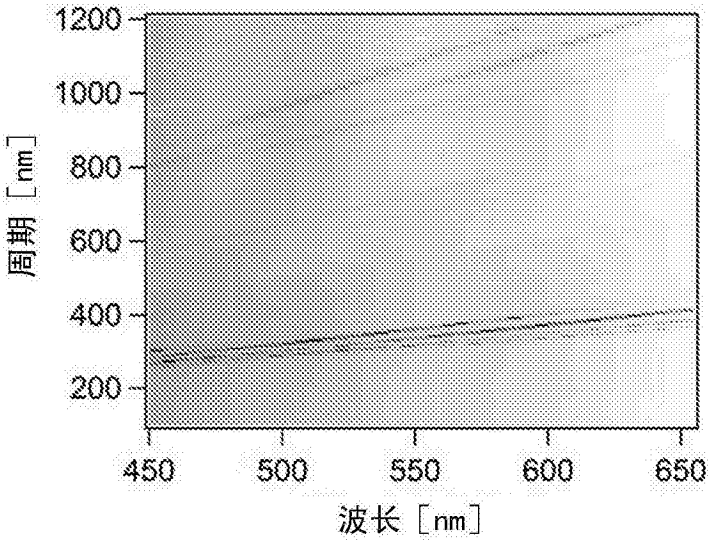


图19C

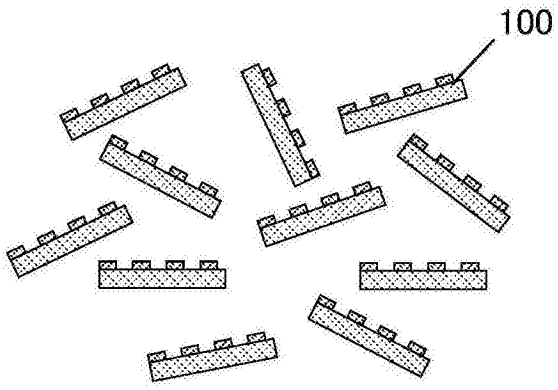


图20

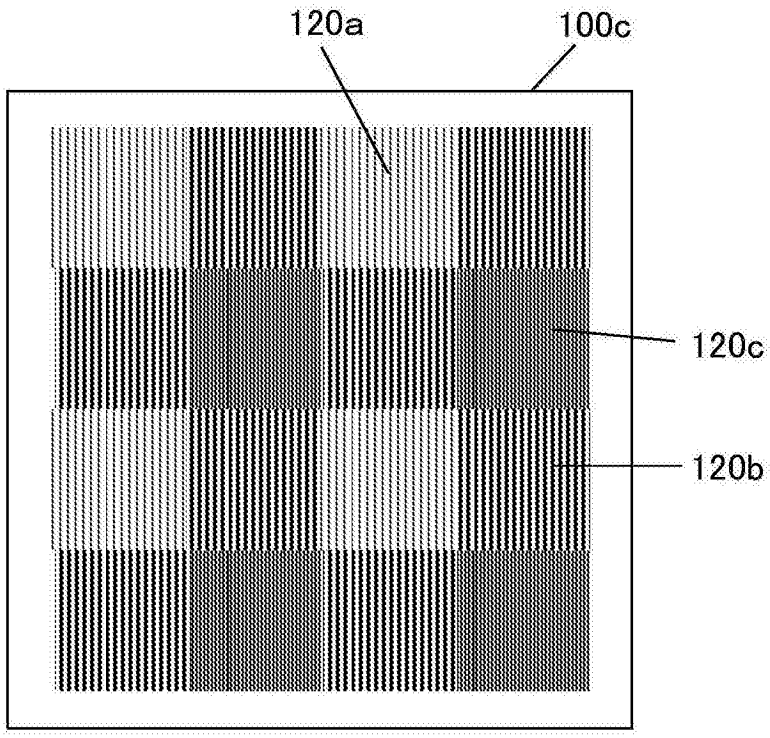


图21

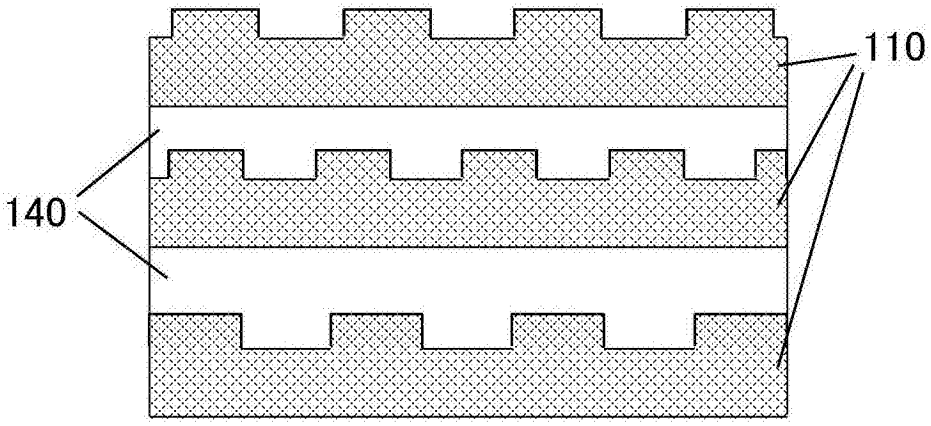


图22

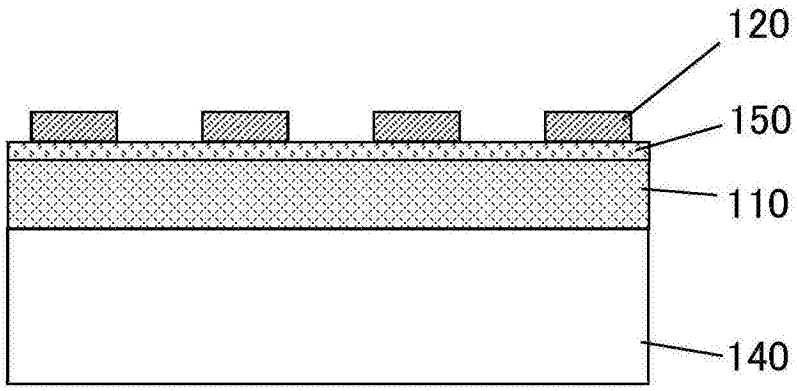

120
150
110
140

图23

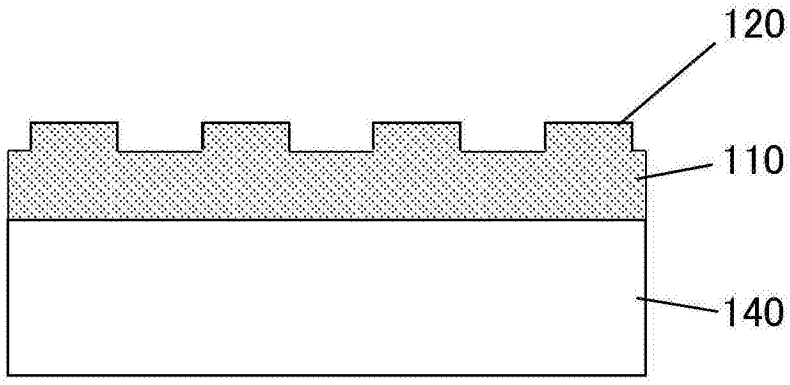

120
110
140

图24

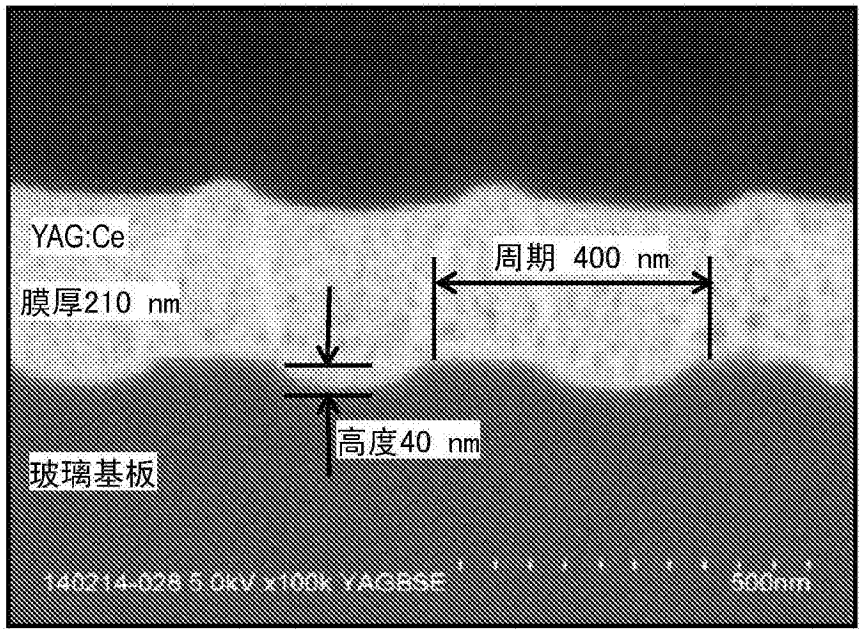

YAG:Ce
膜厚210 nm
周期 400 nm
高度40 nm
玻璃基板

图25

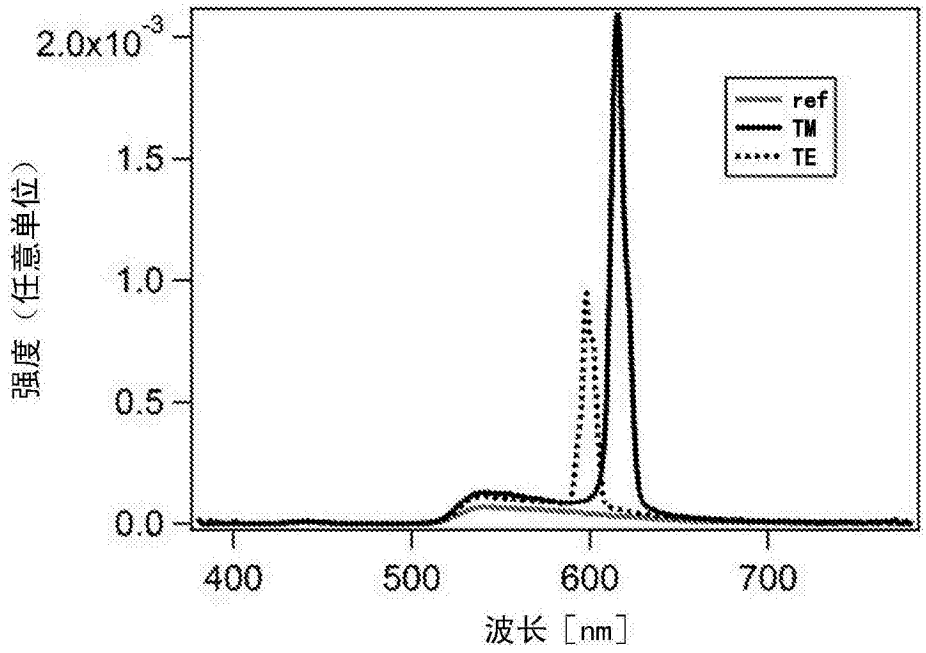


图26

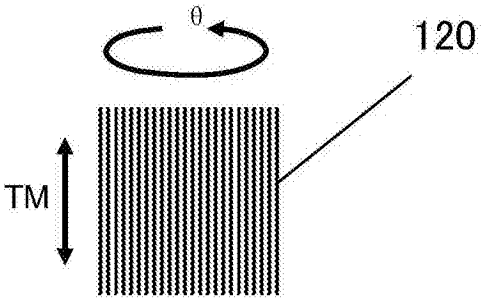


图27A

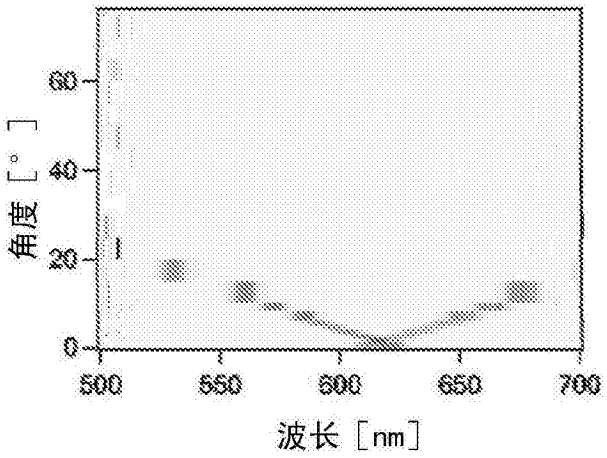
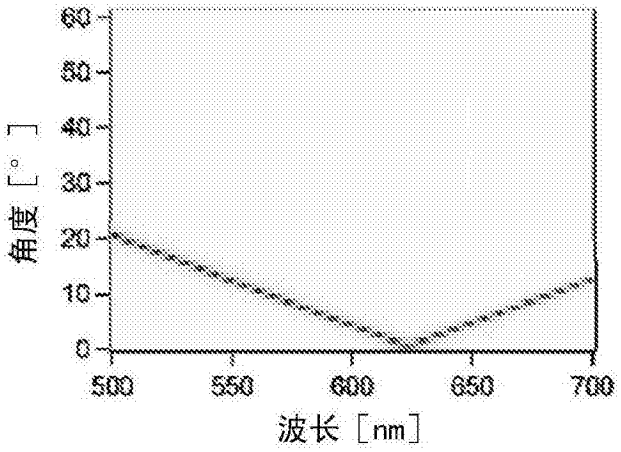


图27B



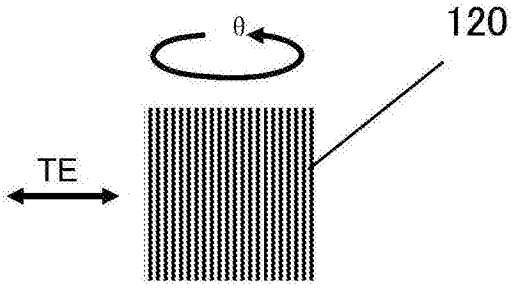


图27D

图27C

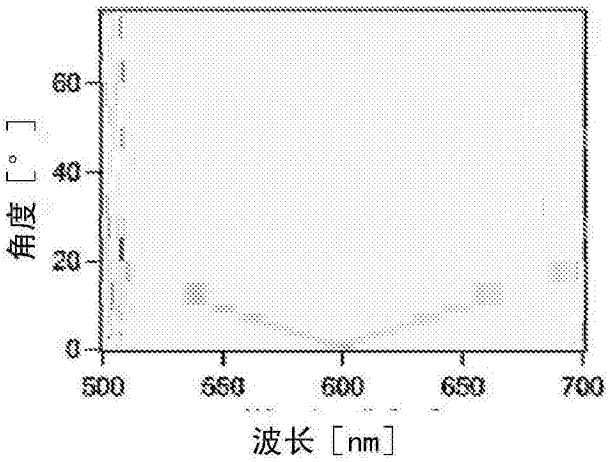
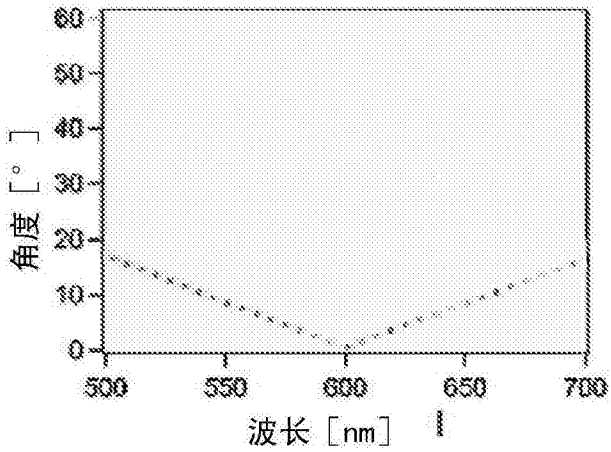


图27E



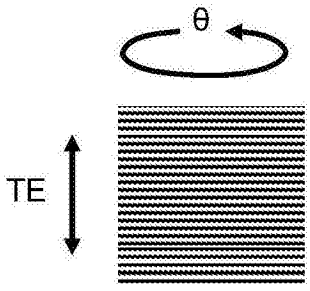


图28A

图27F

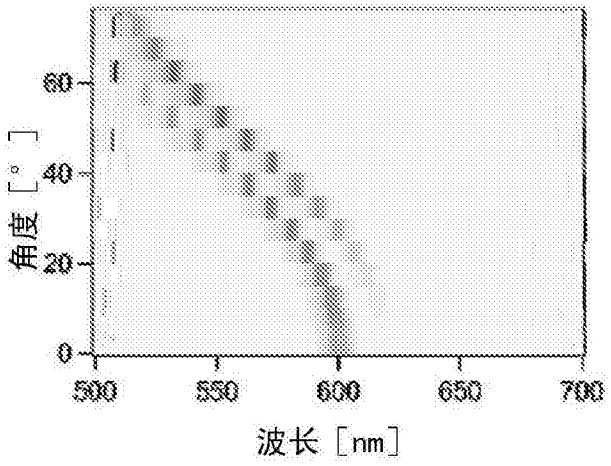


图28B

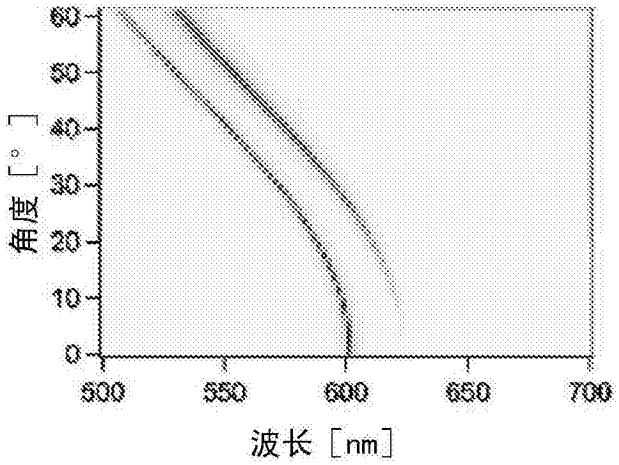


图28C

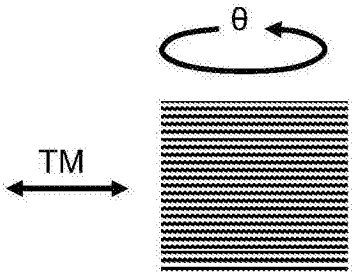


图28D

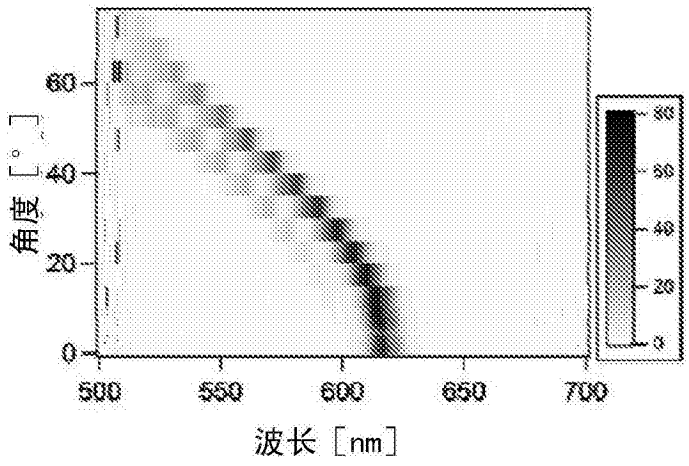


图28E

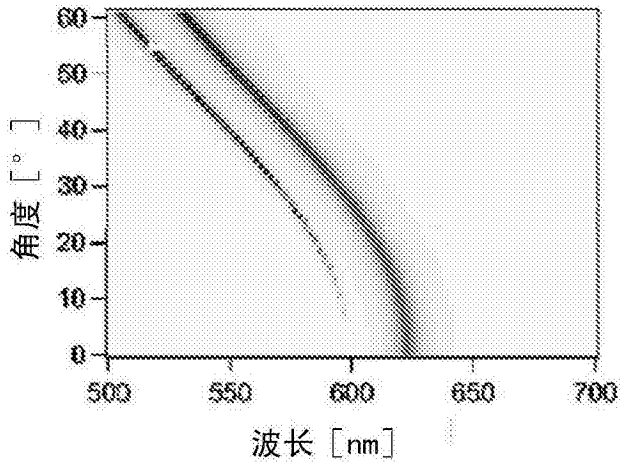

角度［°］
0
10
20
30
40
50
60
500
550
600
650
700
波长［nm］

图28F

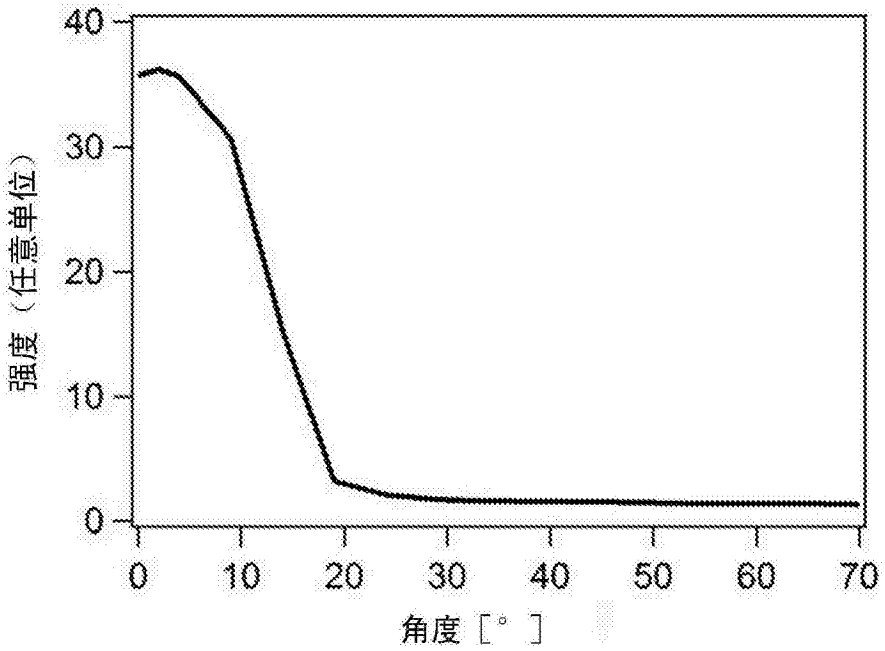

强度（任意单位）
0
10
20
30
40
0
10
20
30
40
50
60
70
角度［°］

图29

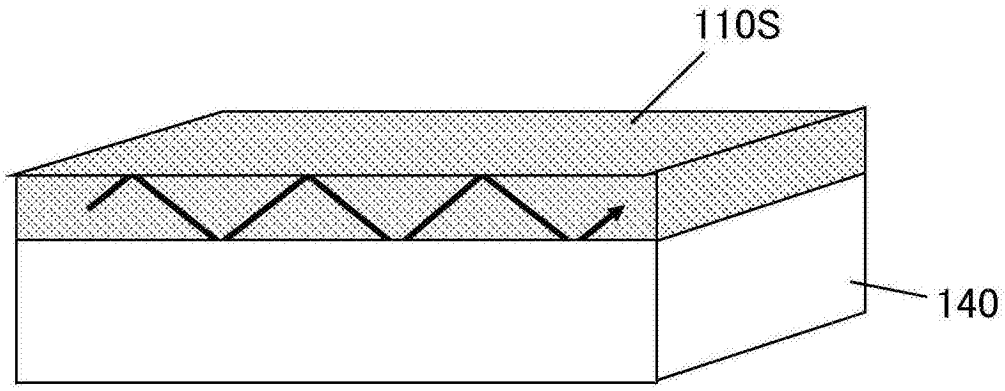


图30

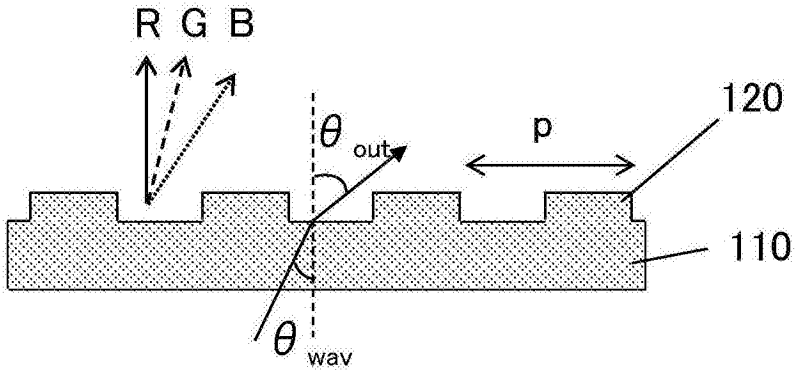


图31

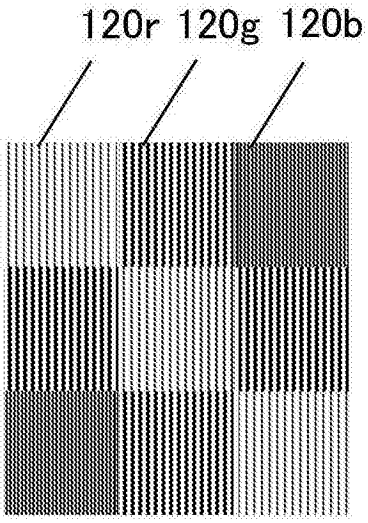


图32A

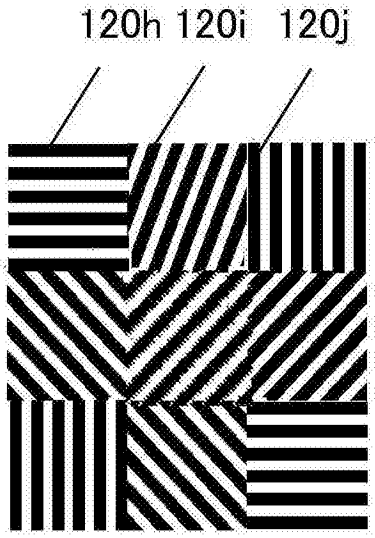


图32B

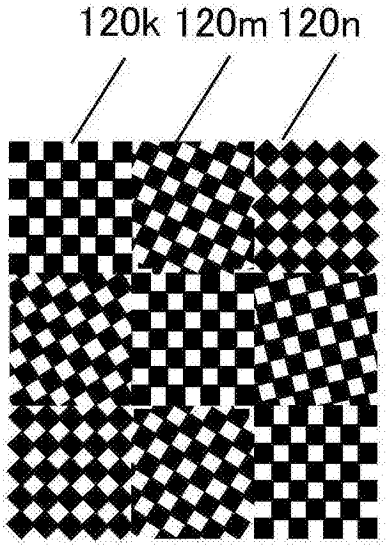


图32C

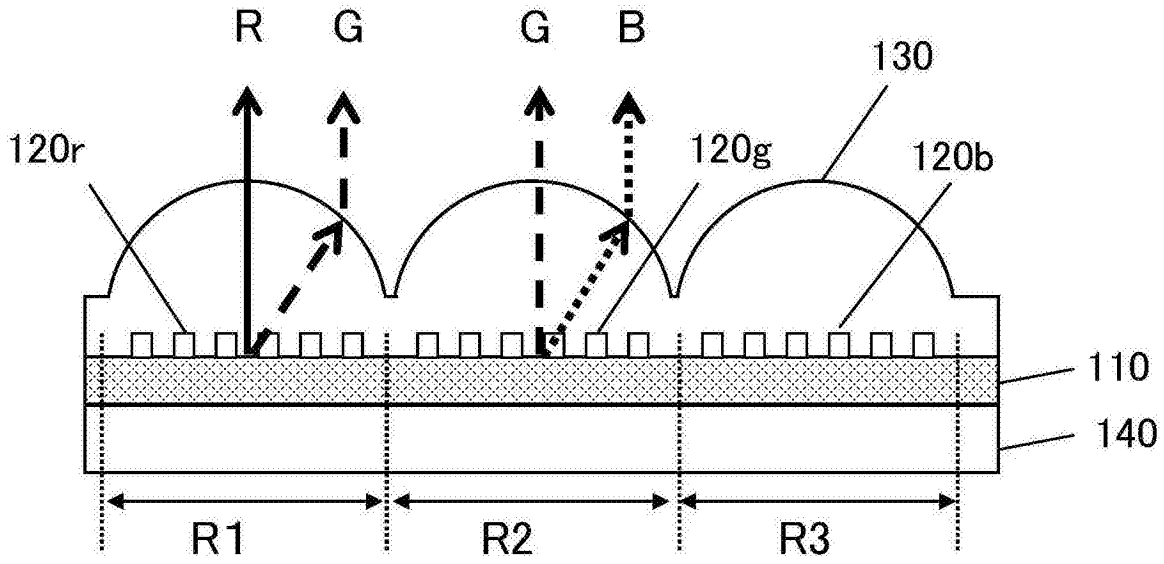


图33

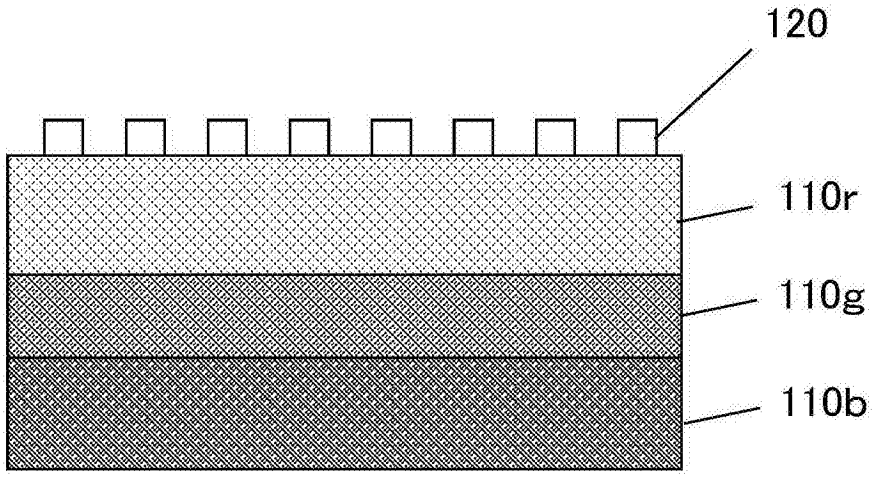


图34A

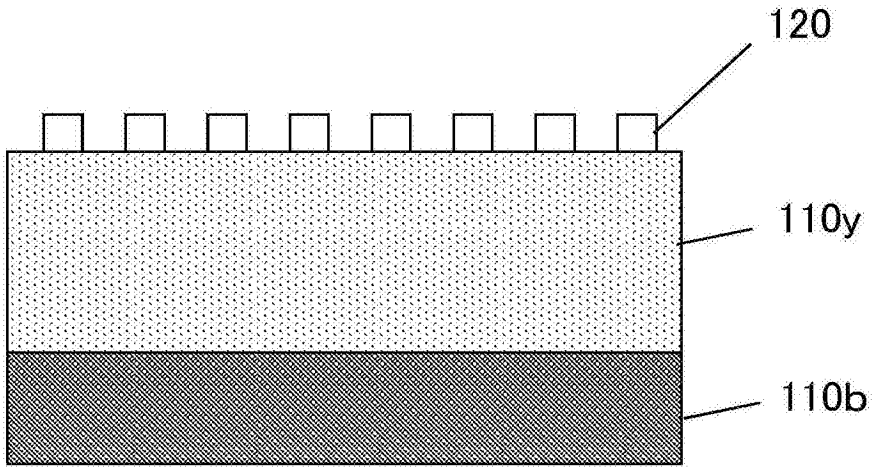


图34B

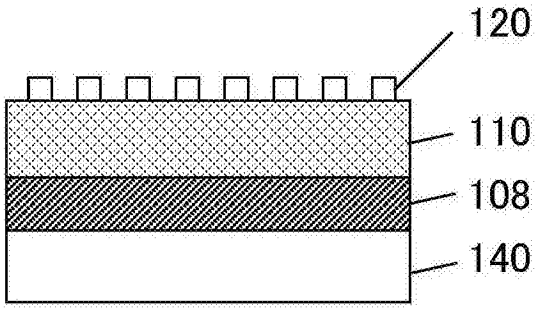


图35A

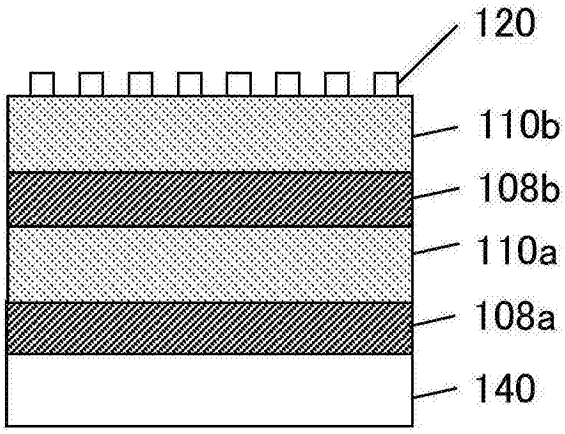


图35B

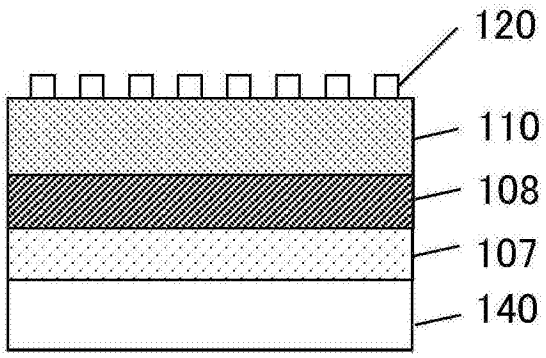


图35C

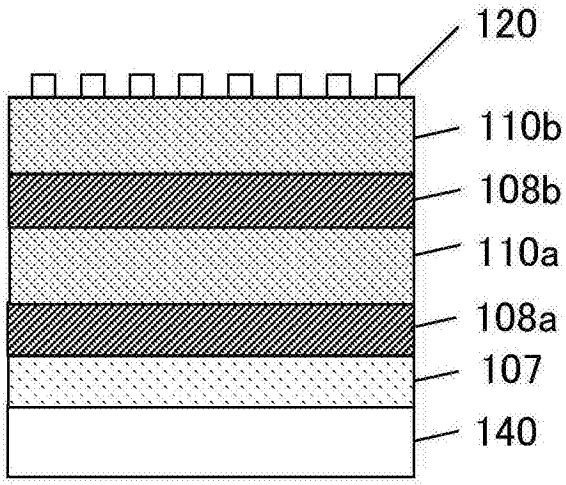


图35D

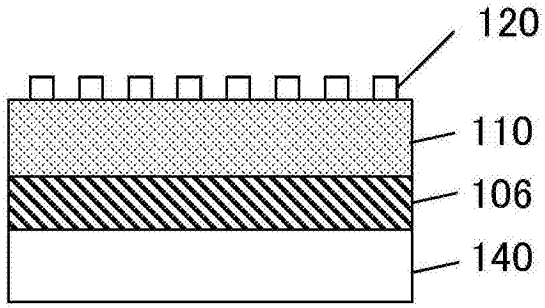


图36A

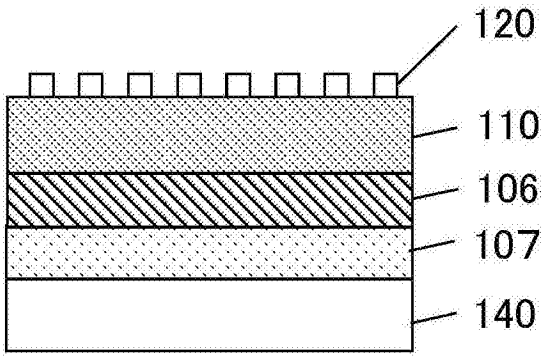


图36B

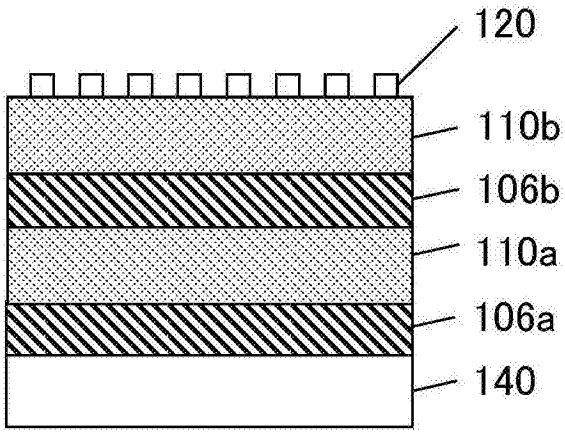


图36C

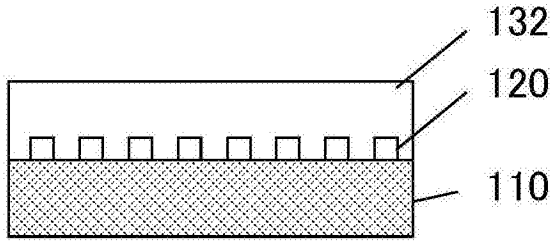


图37A

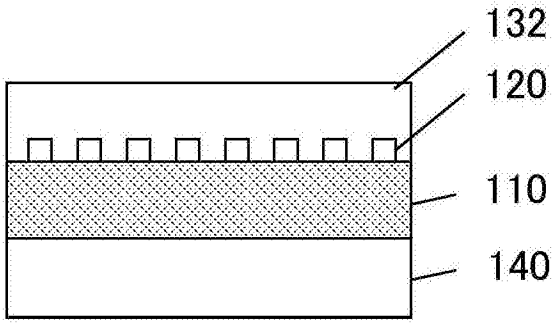


图37B

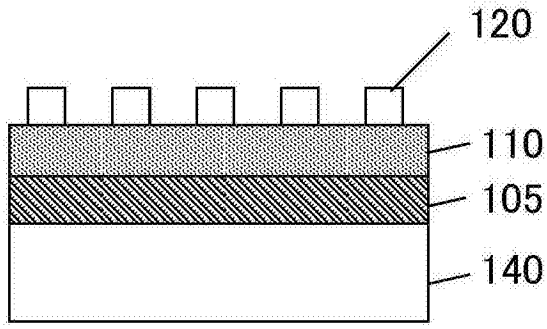


图38A

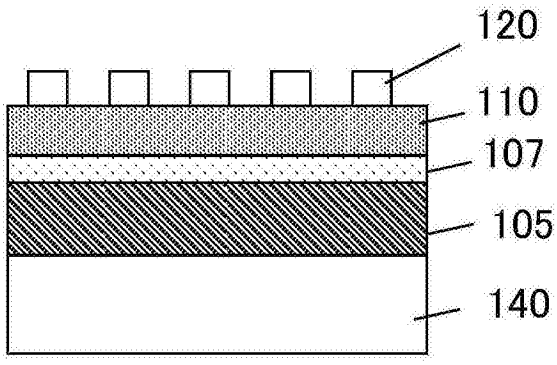


图38B

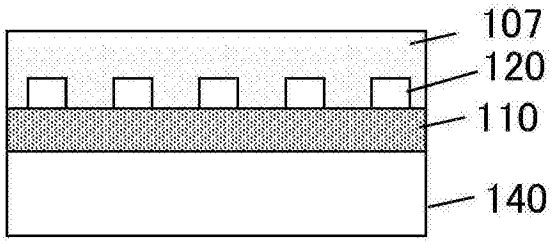


图38C

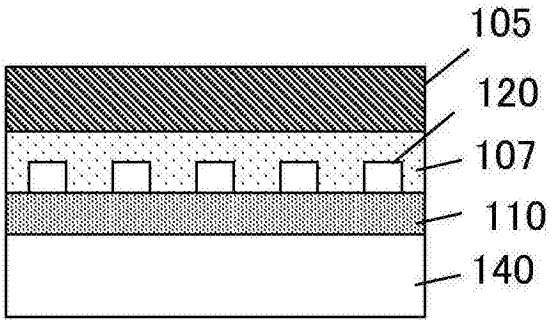


图38D

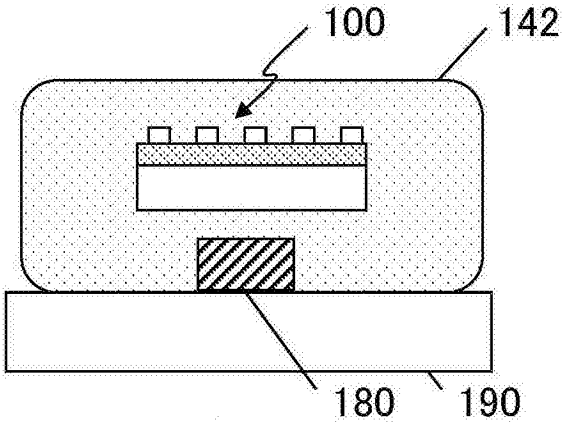


图39A

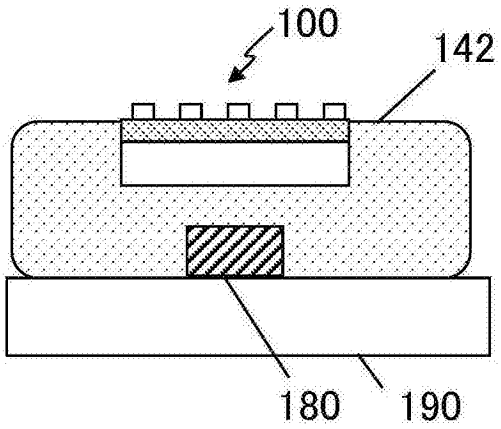


图39B

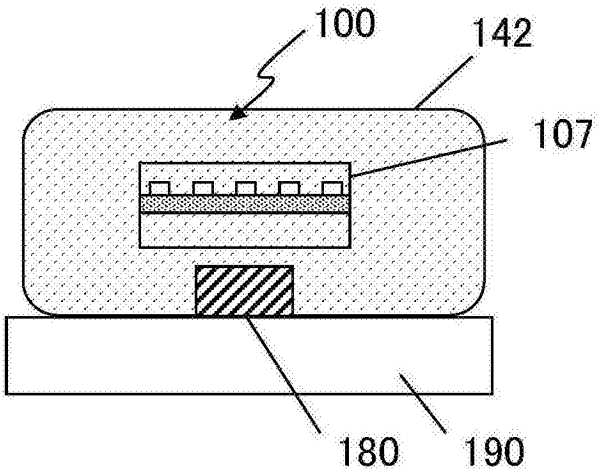


图39C

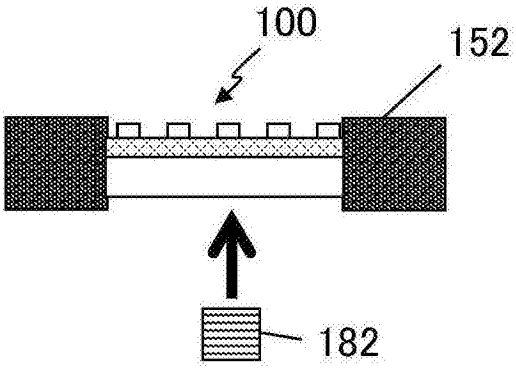


图39D

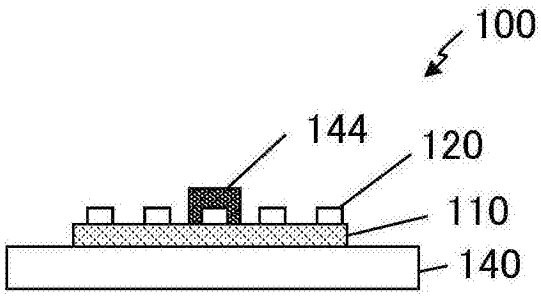


图40A

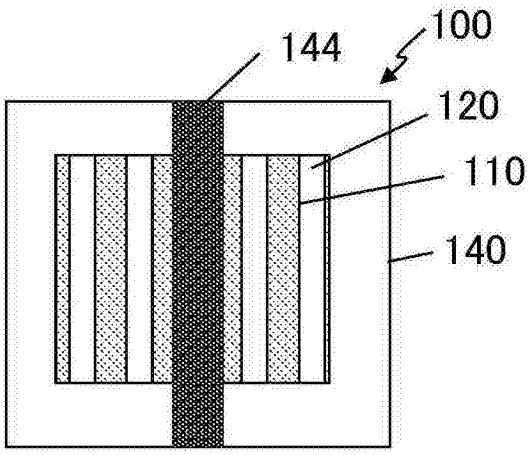


图40B

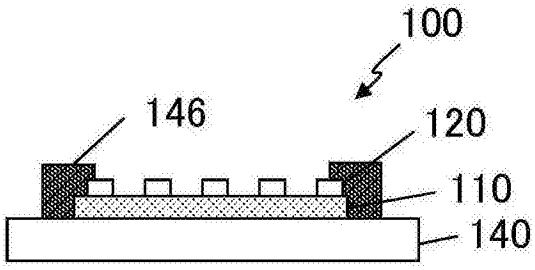


图40C

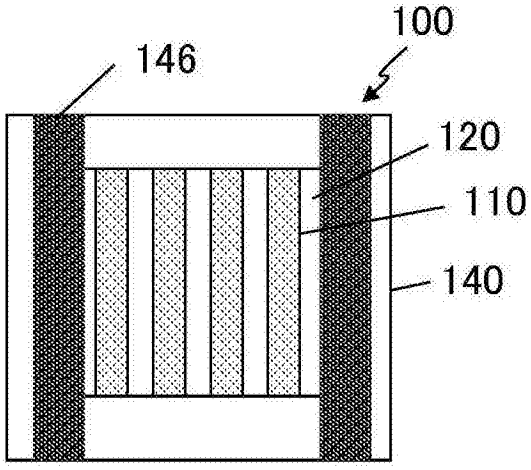


图40D

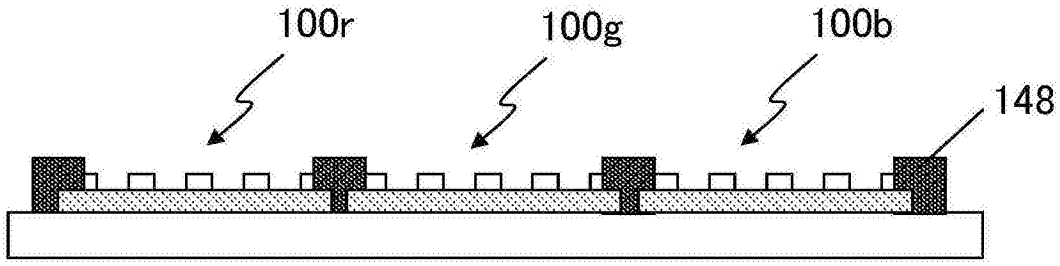


图41A

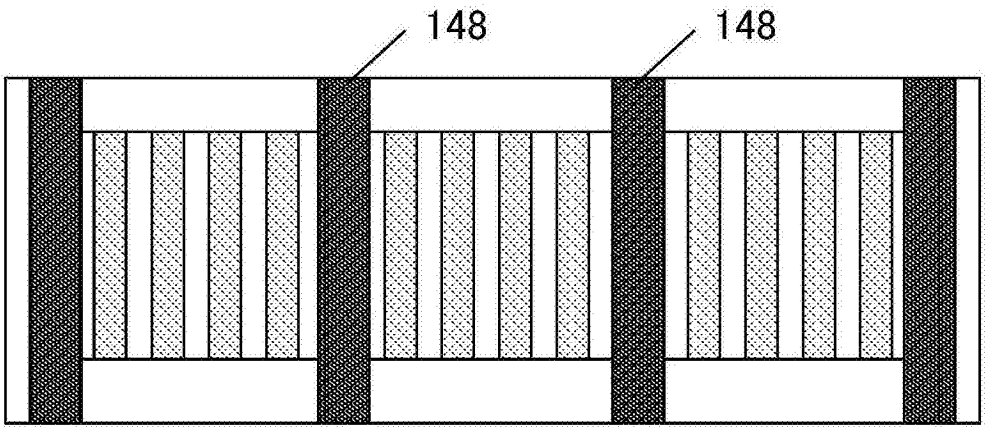


图41B

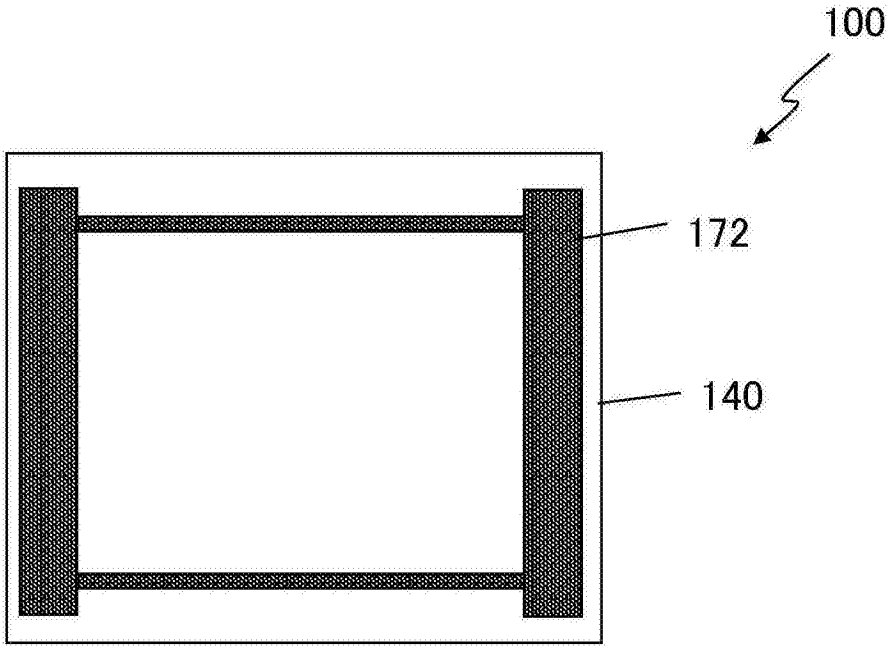


图42A

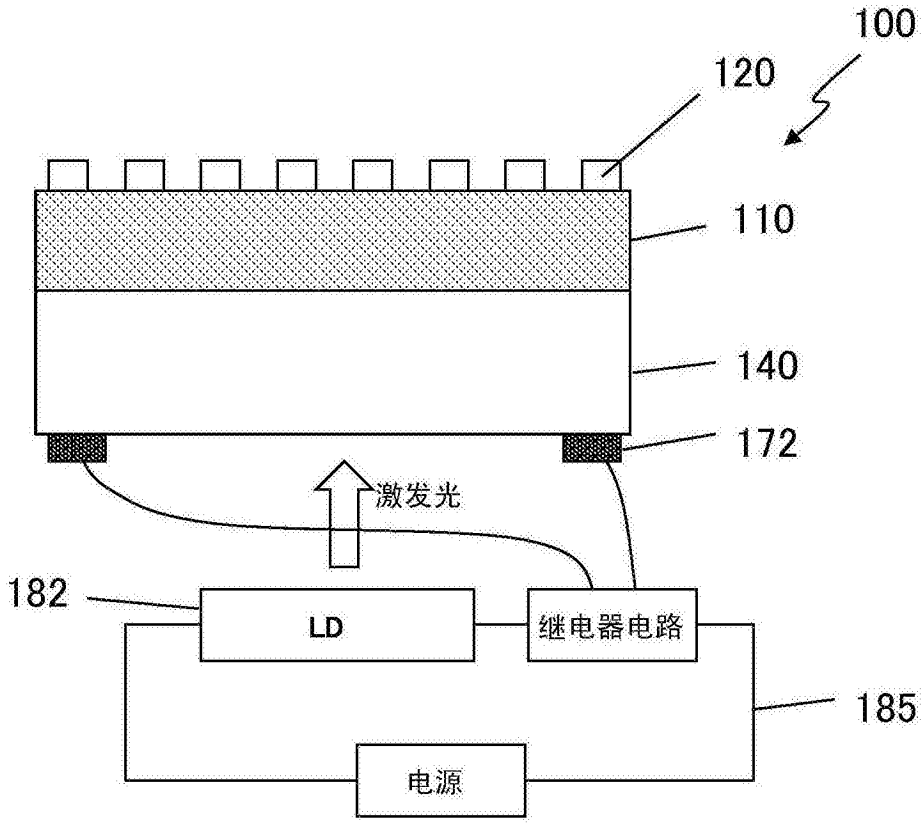


图42B

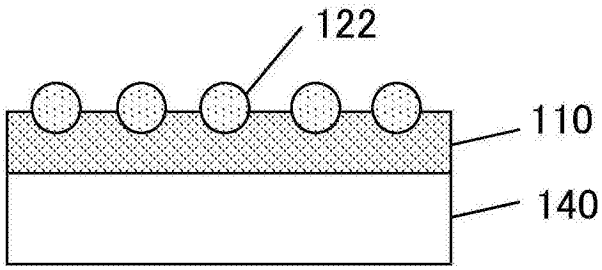


图43A

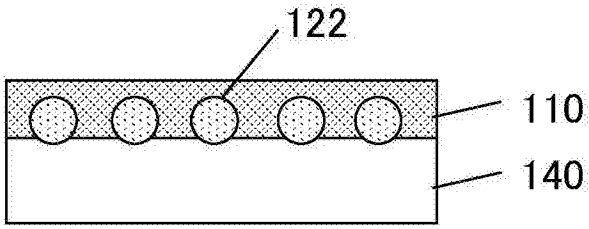


图43B

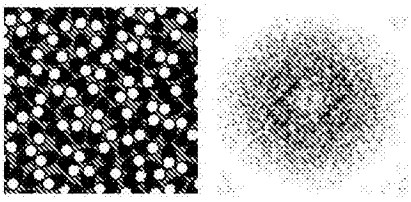


图43C

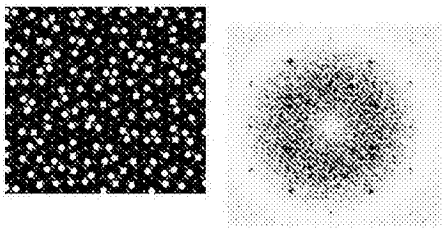


图43D

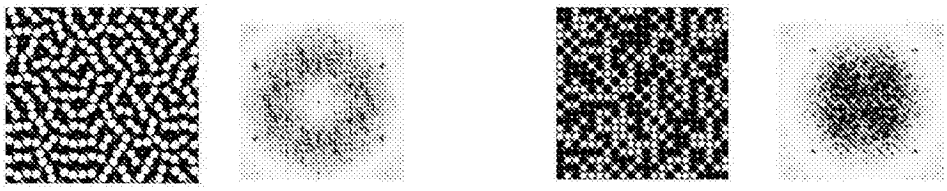


图43E

图43F

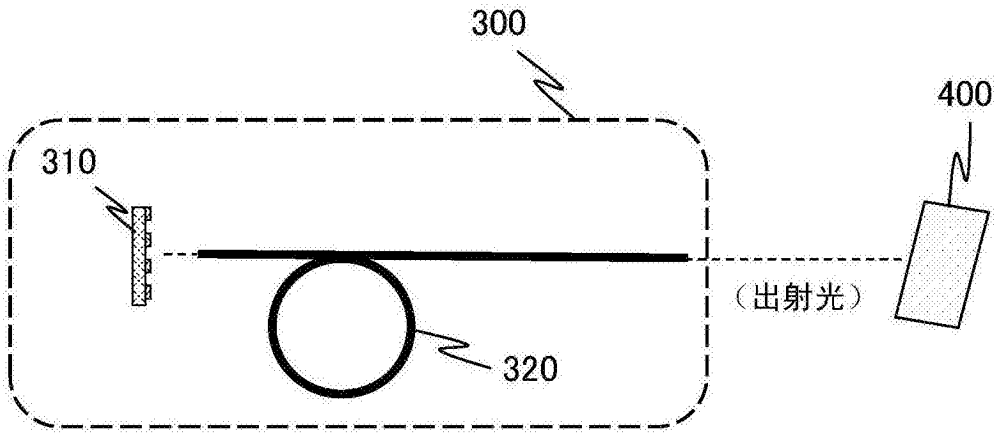


图44

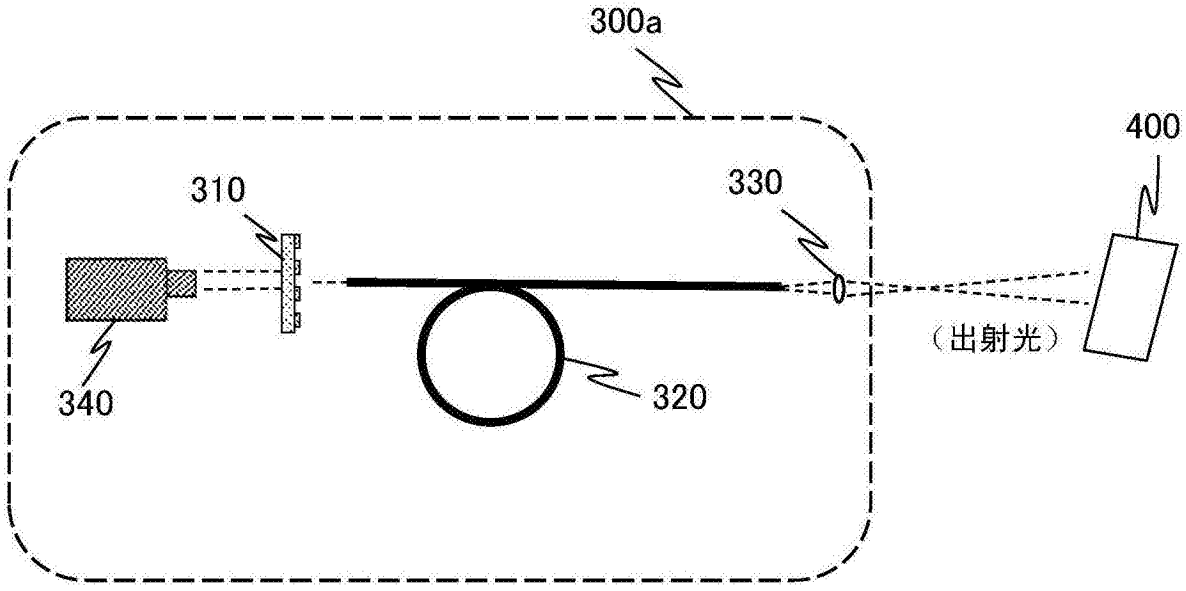


图45

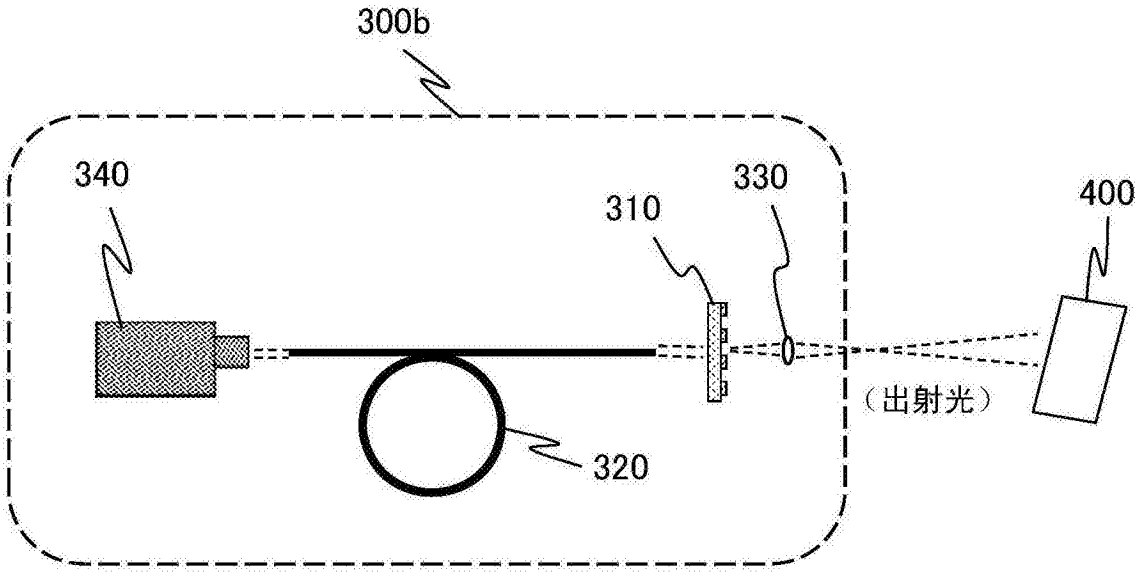

300b
340
330
310
400
（出射光）
320

图46

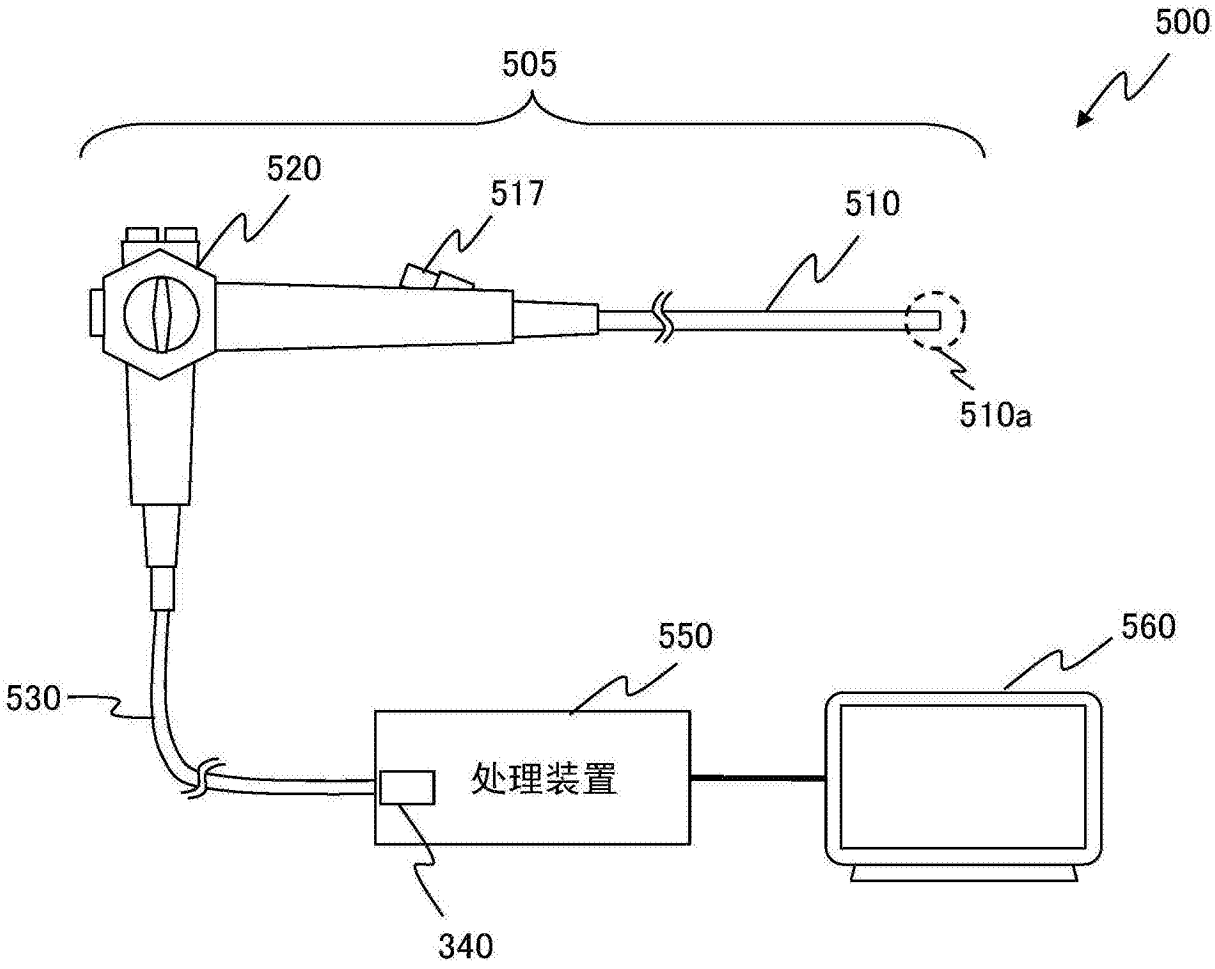

500
505
520
517
510
510a
550
560
530
处理装置
340

图47

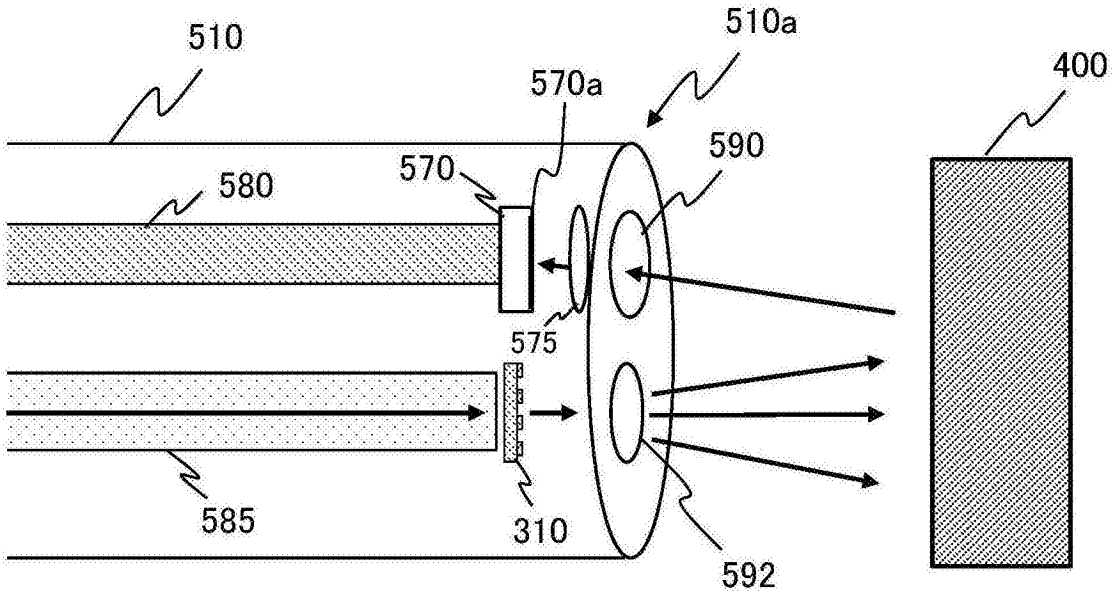

510
510a
570a
400
590
580
570
575
585
310
592

图48

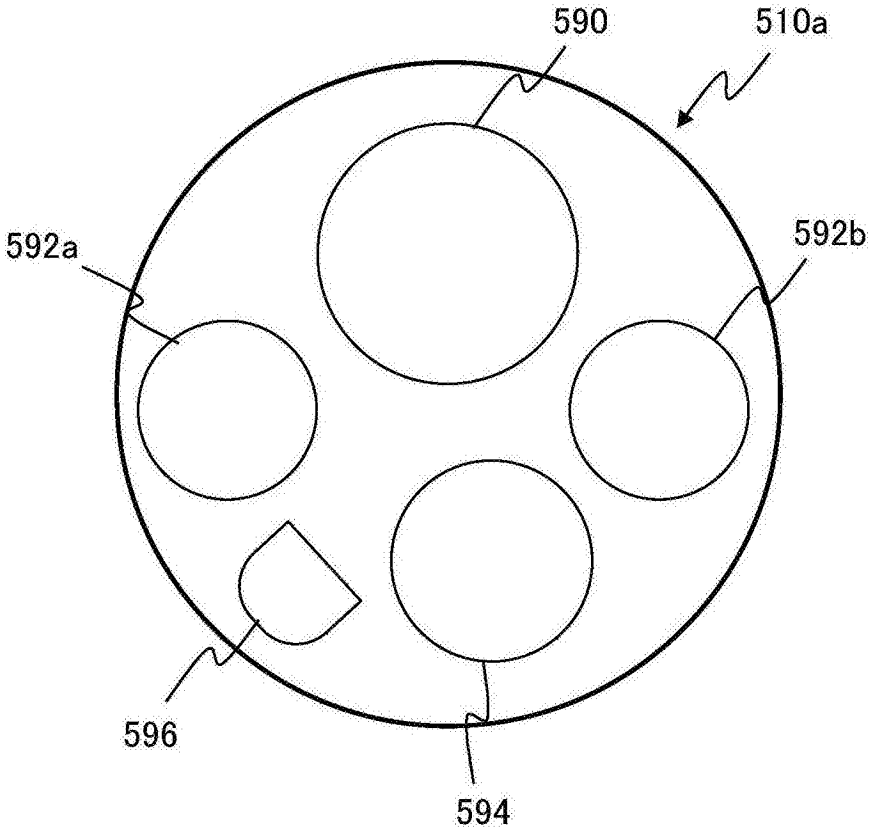

590
510a
592a
592b
596
594

图49

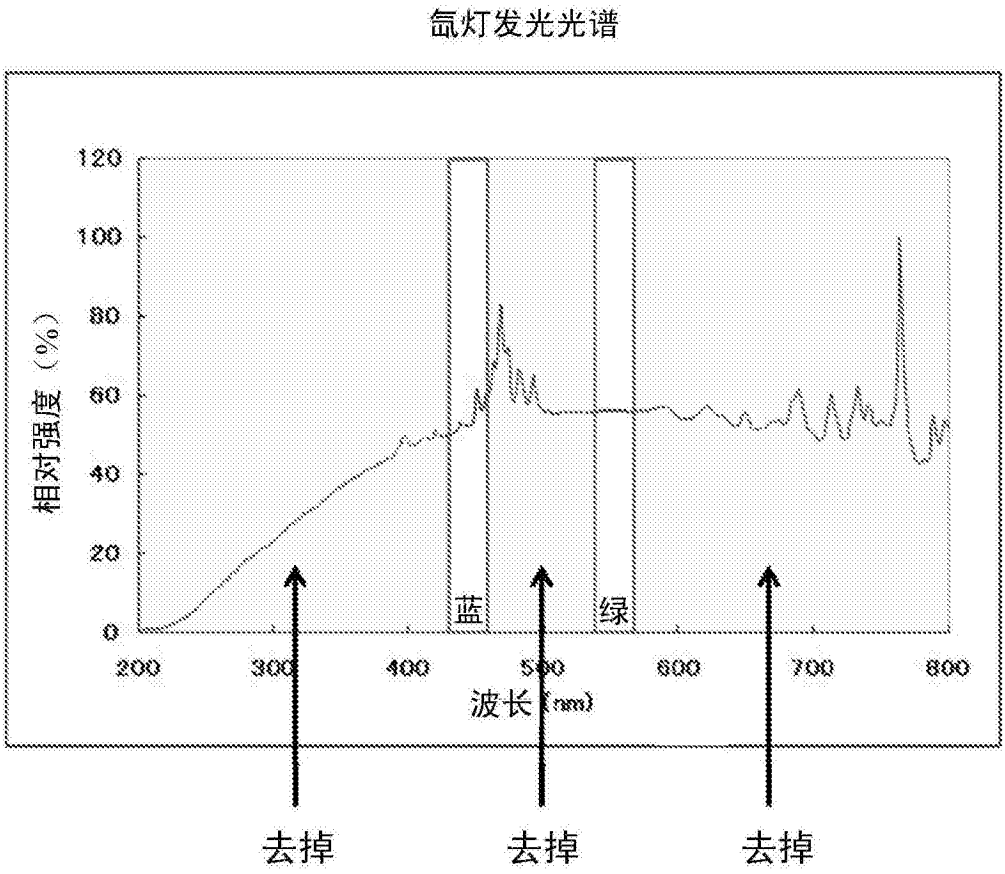

氙灯发光光谱
120
100
80
60
40
20
0
相对强度（%）
蓝
绿
200
300
400
500
600
700
800
波长（nm）
去掉
去掉
去掉

图50

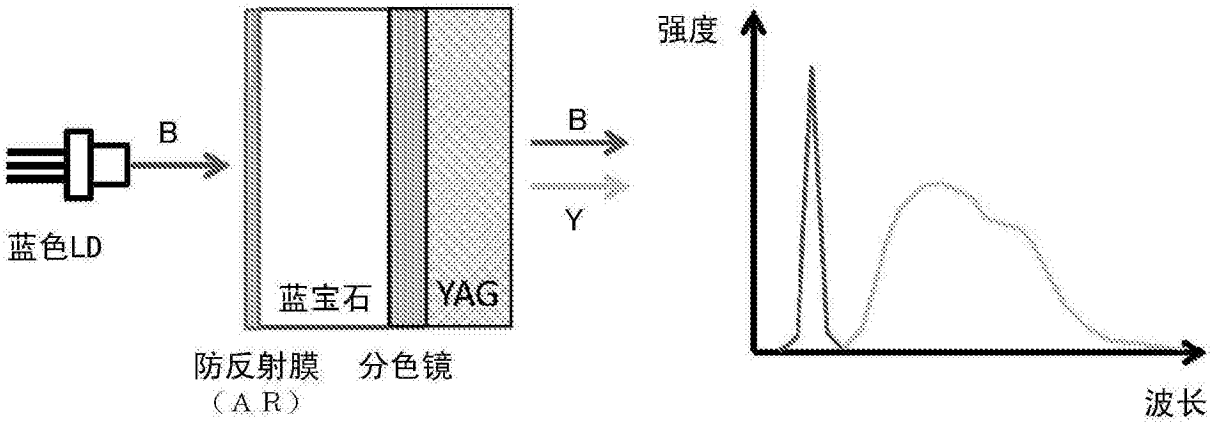

B
蓝色LD
蓝宝石
YAG
防反射膜
（AR）
分色镜
B
Y
强度
波长

图51

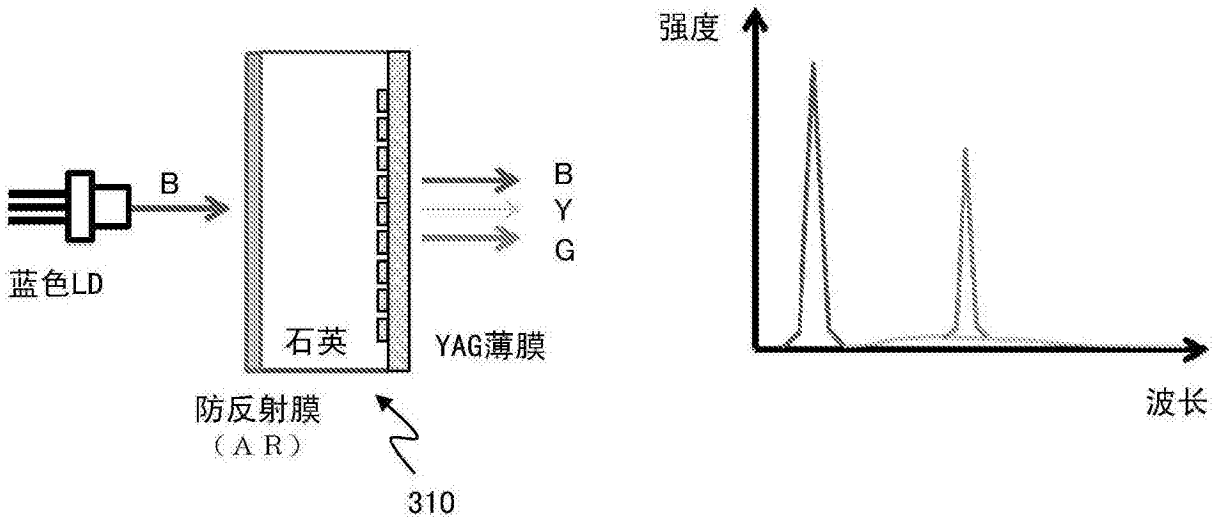


图52

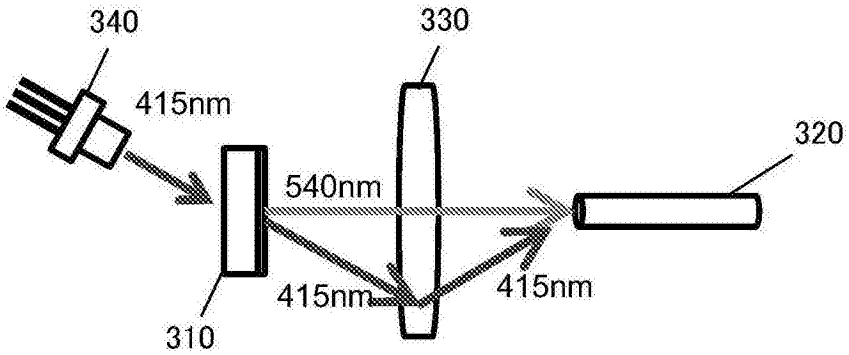


图53A

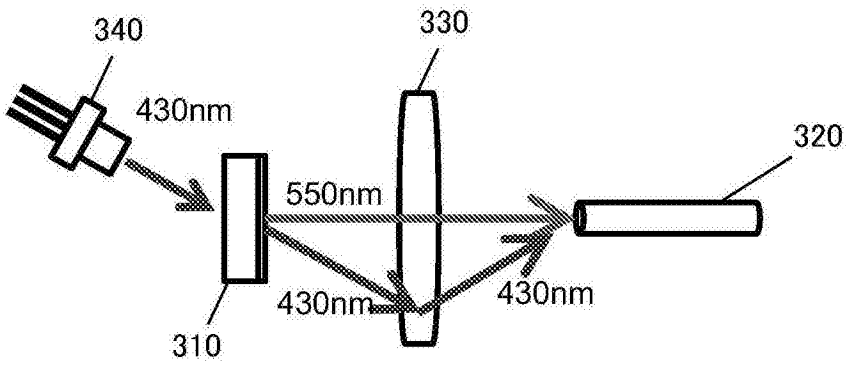


图53B

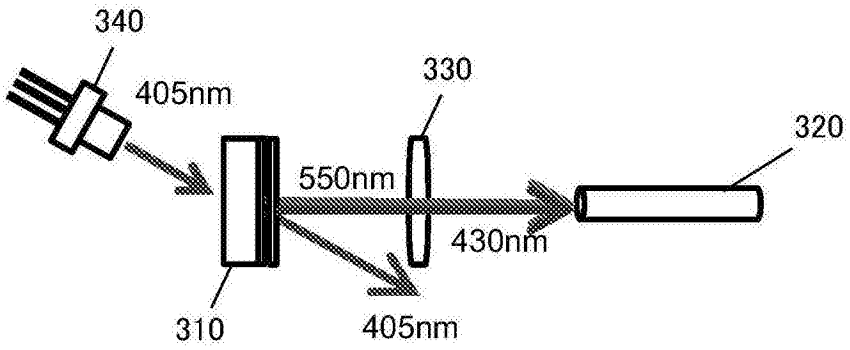


图53C

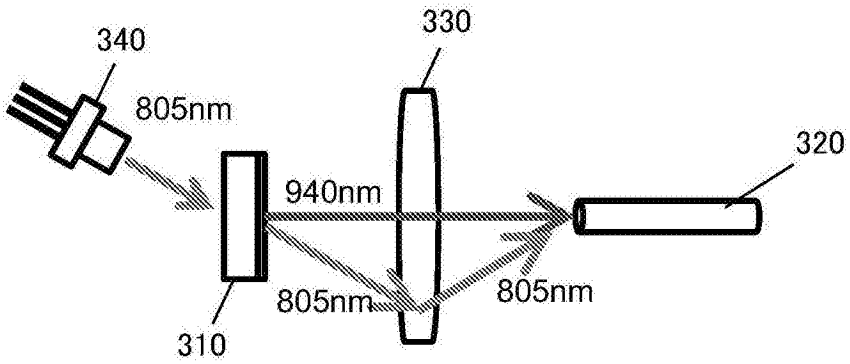


图53D

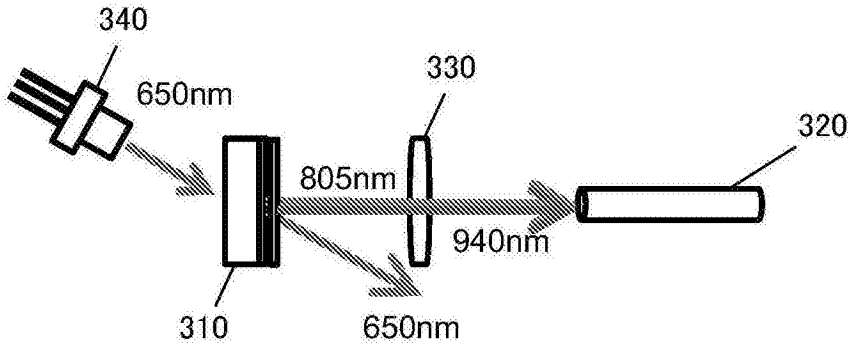


图53E

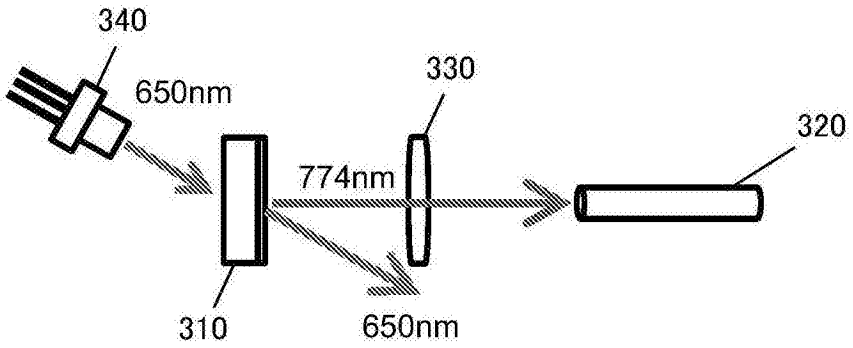


图53F

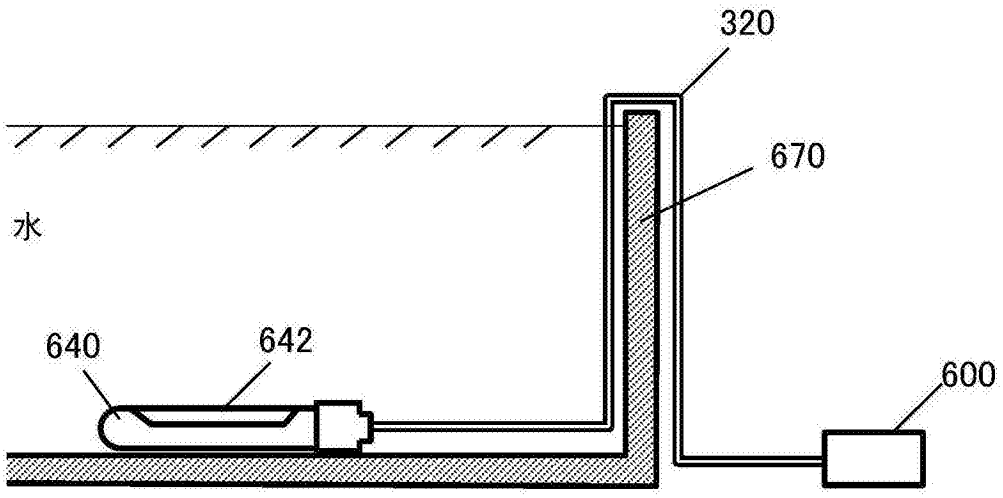


图54A

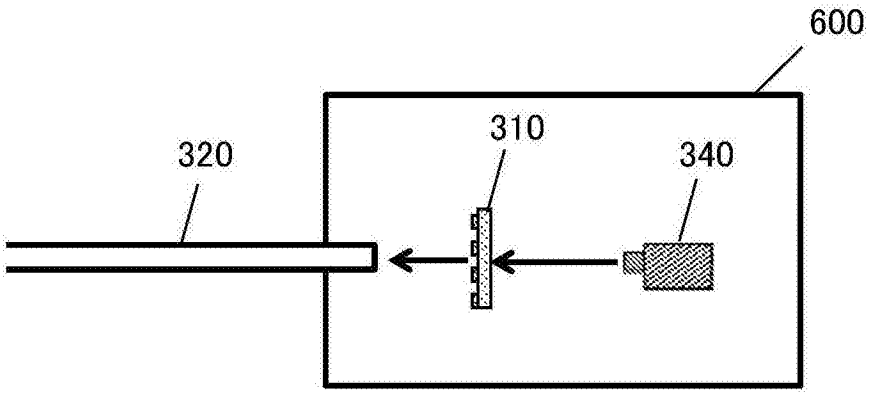


图54B

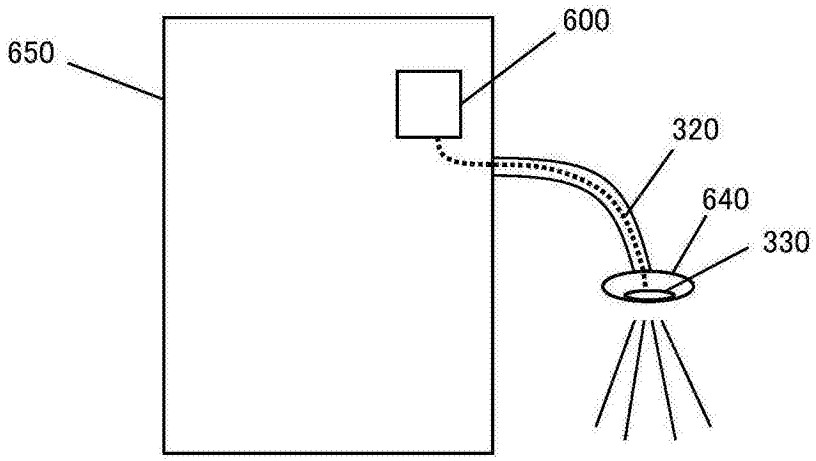


图55

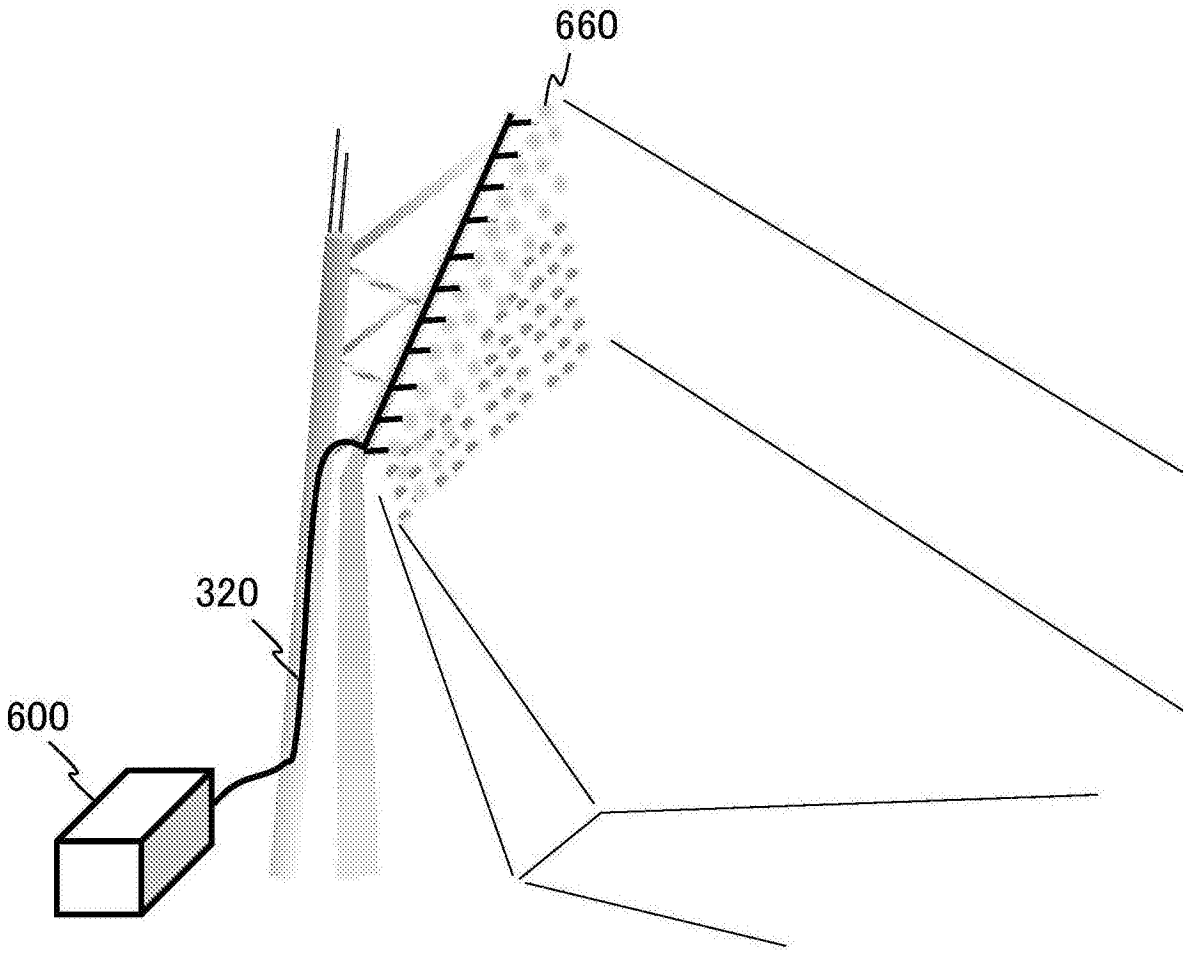


图56

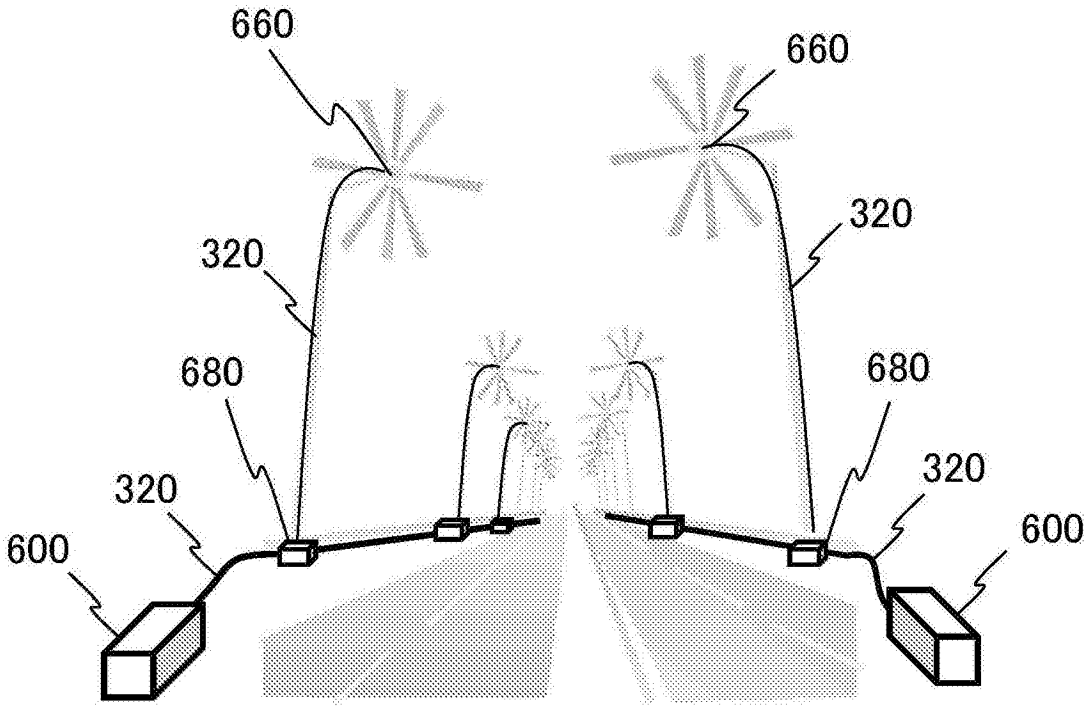


图57

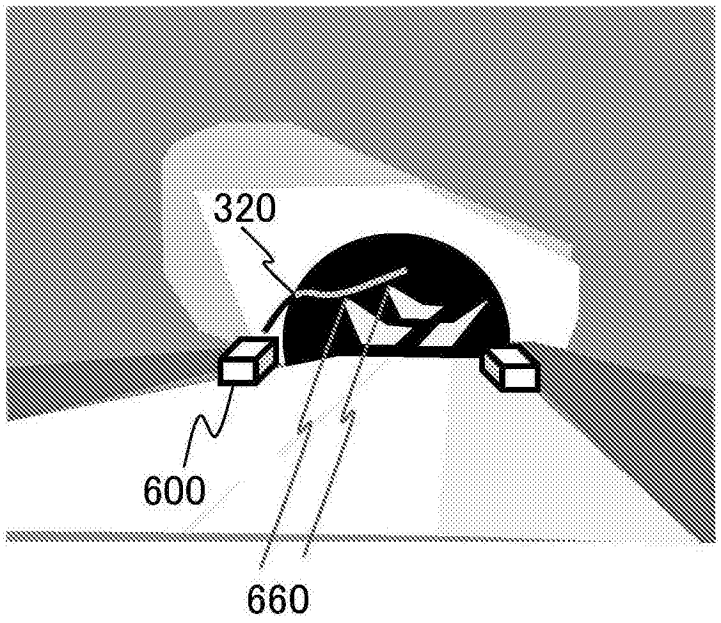


图58

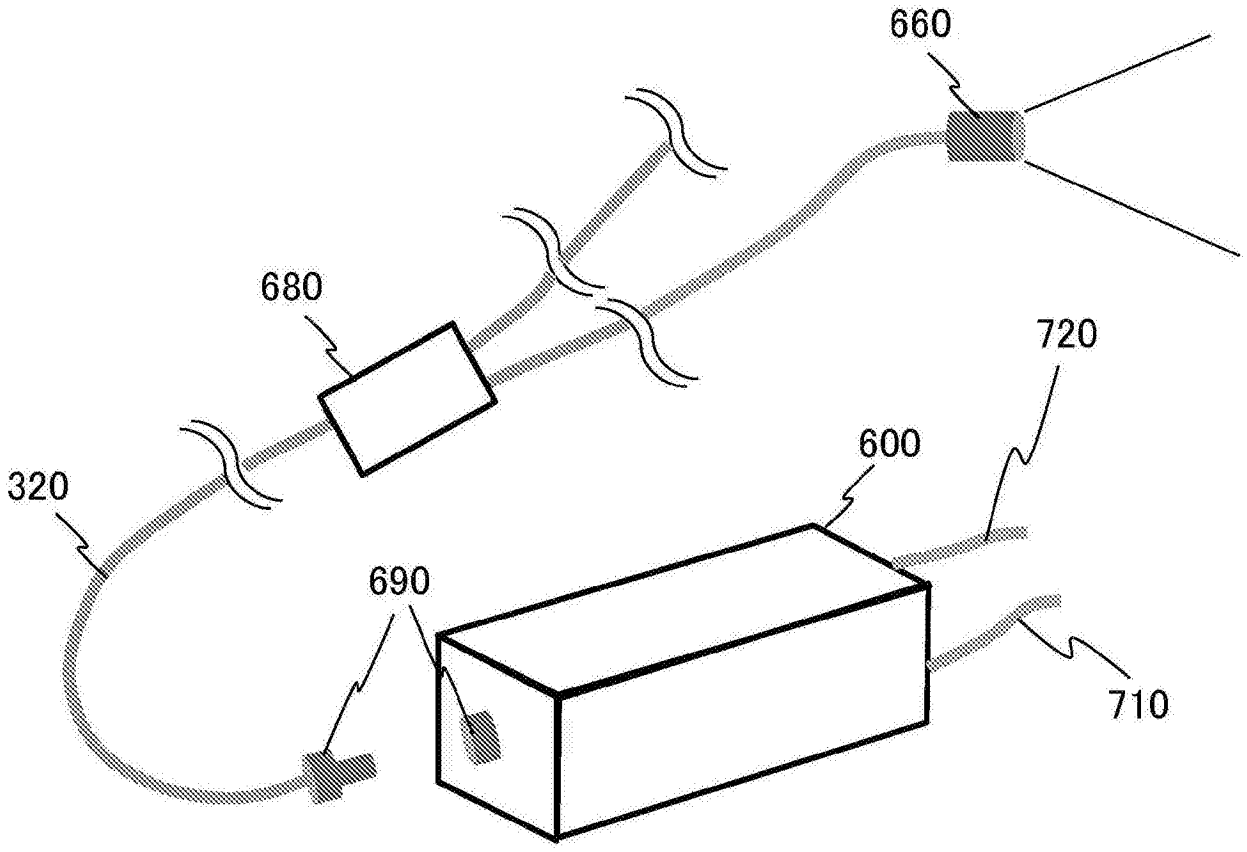


图59

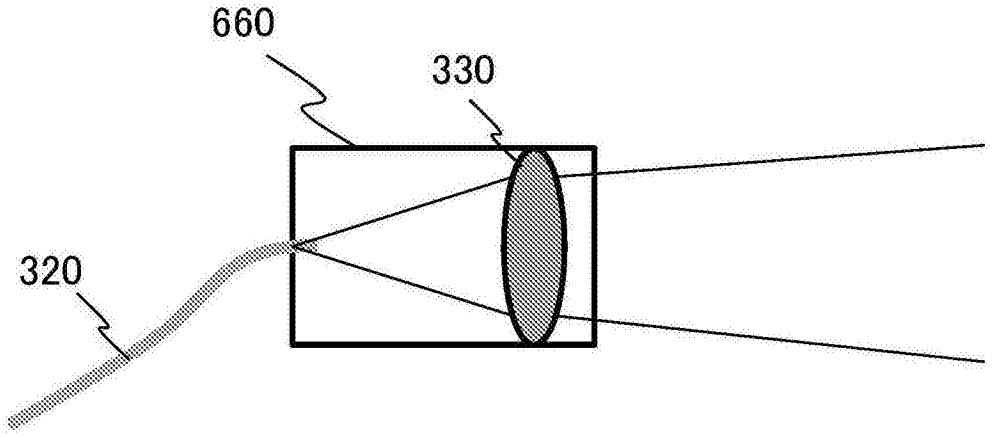


图60

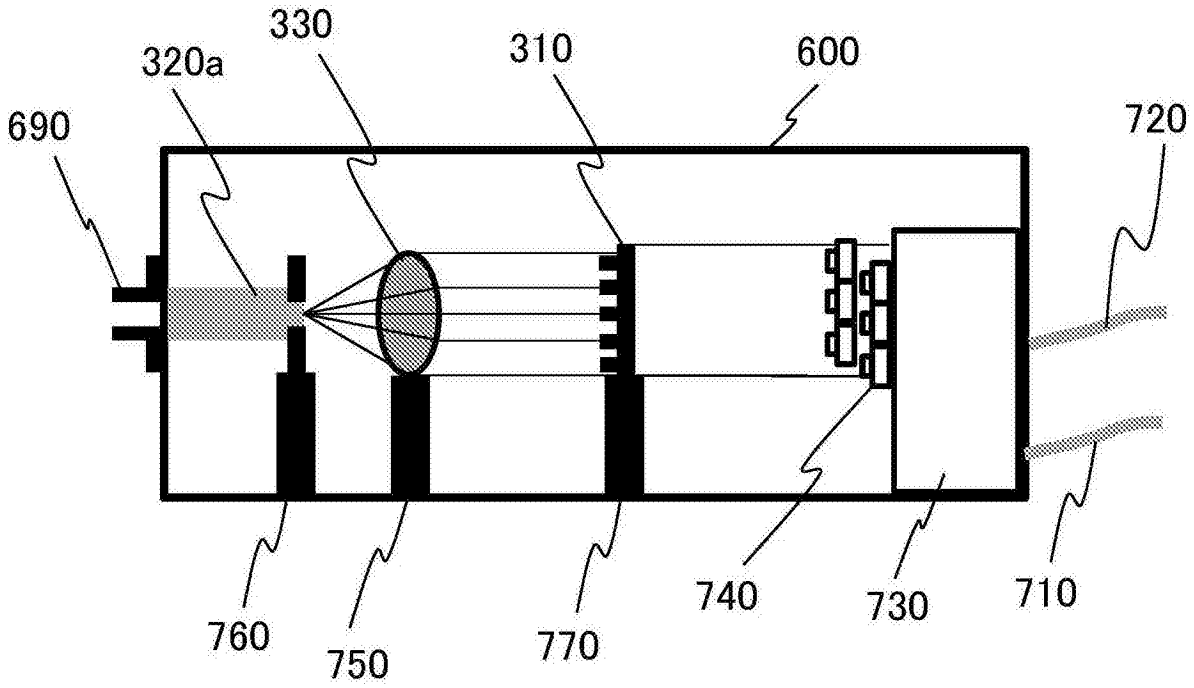

330
320a
310
600
690
720
760
750
770
740
730
710

图61A

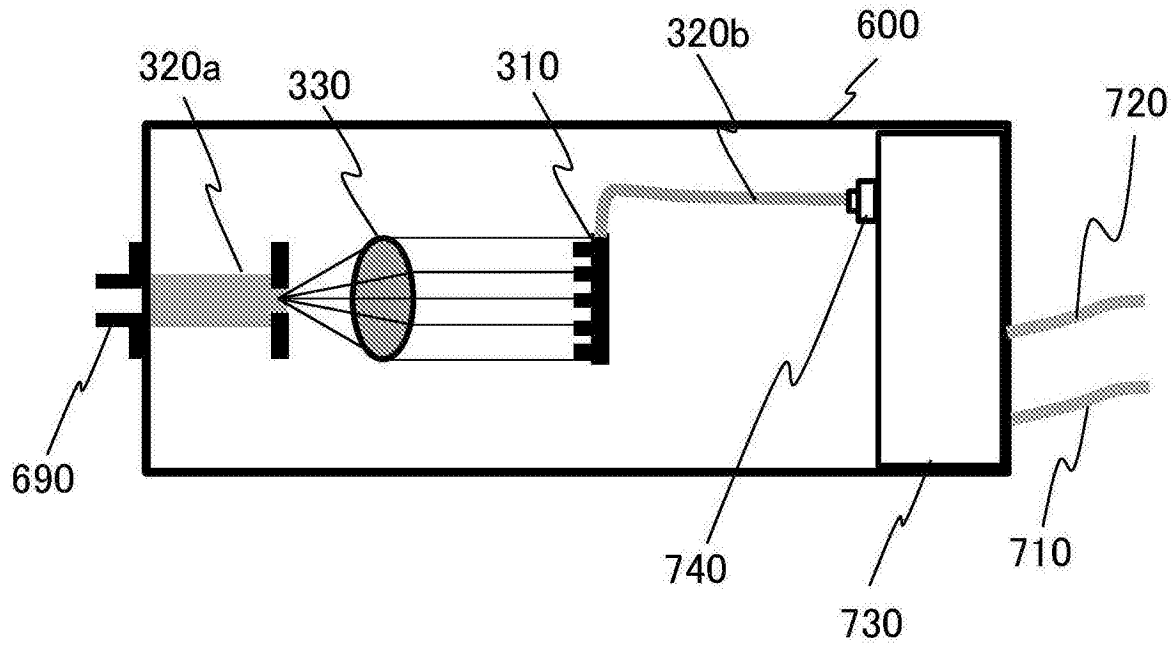

320b
600
320a
330
310
720
690
740
730
710

图61B

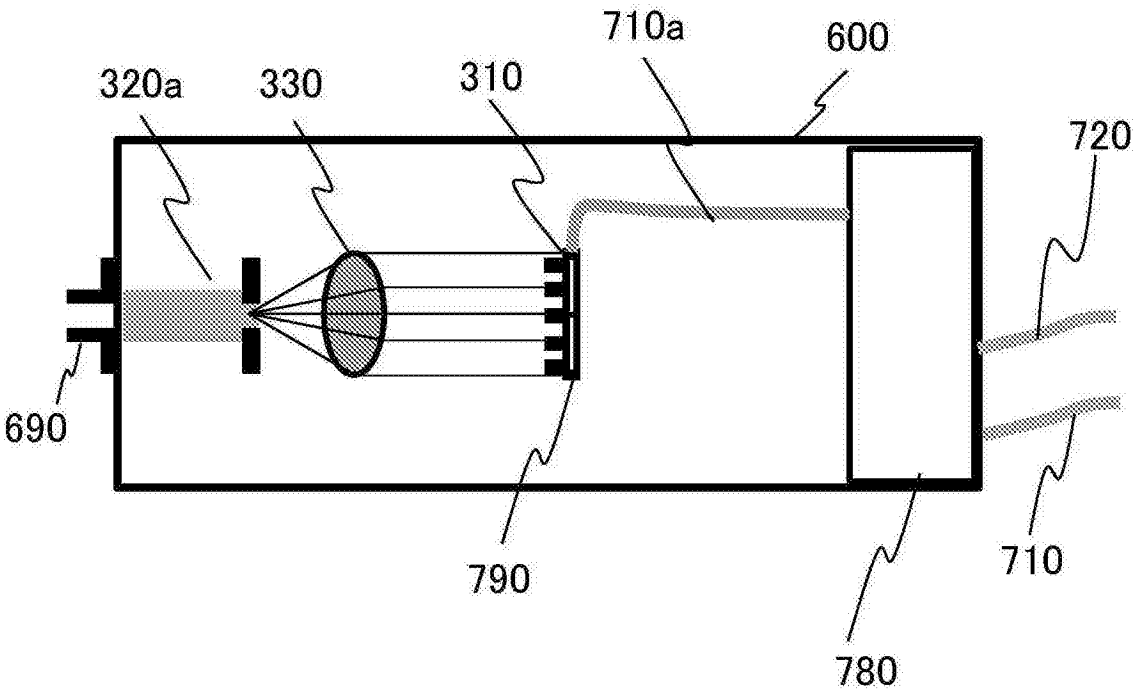


图61C

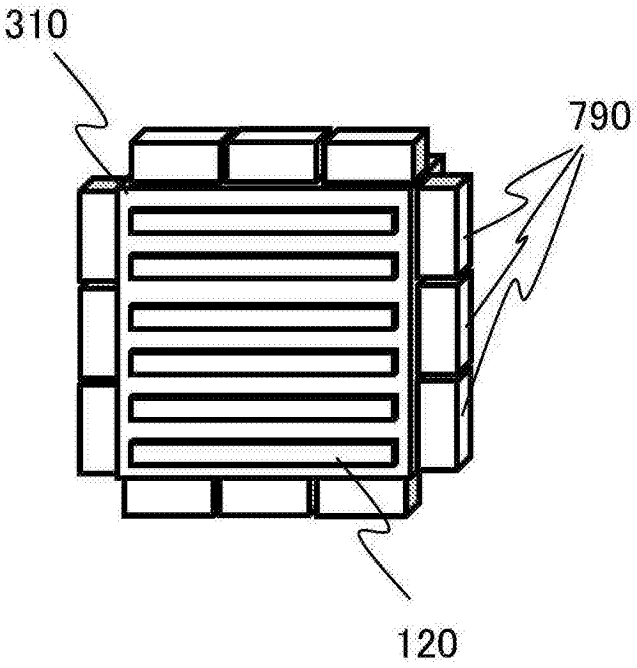


图61D

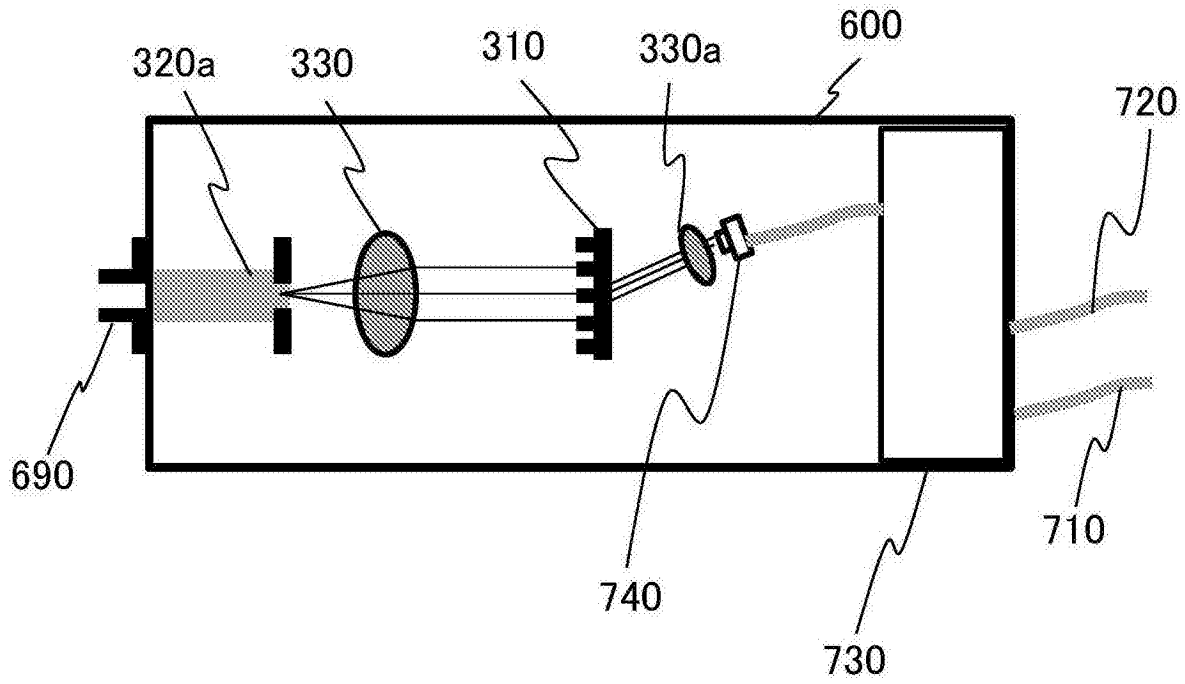


图61E

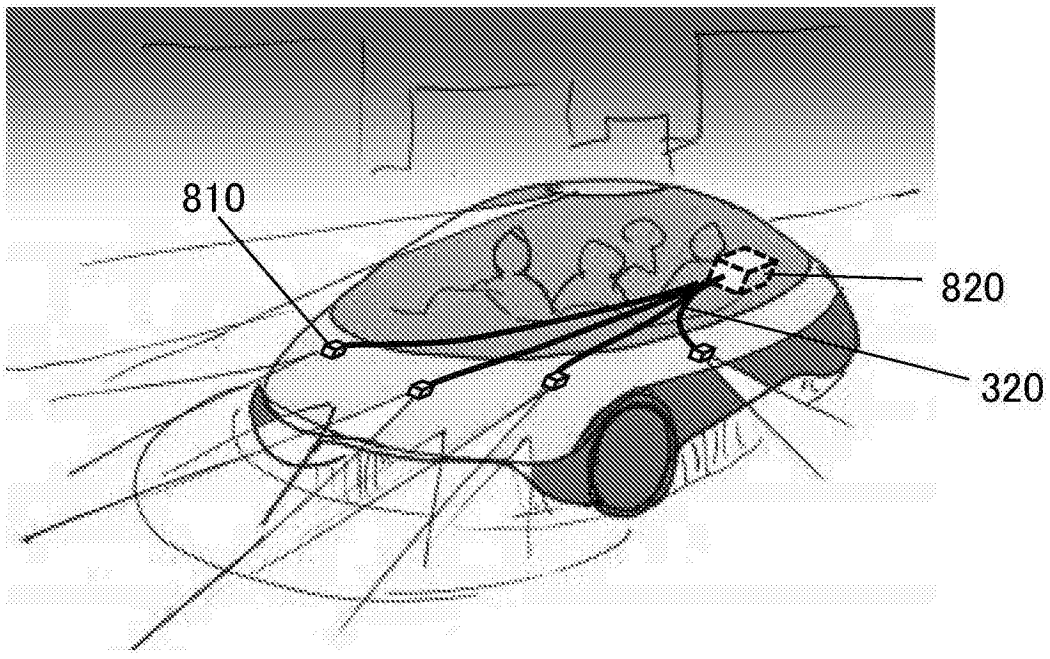


图62

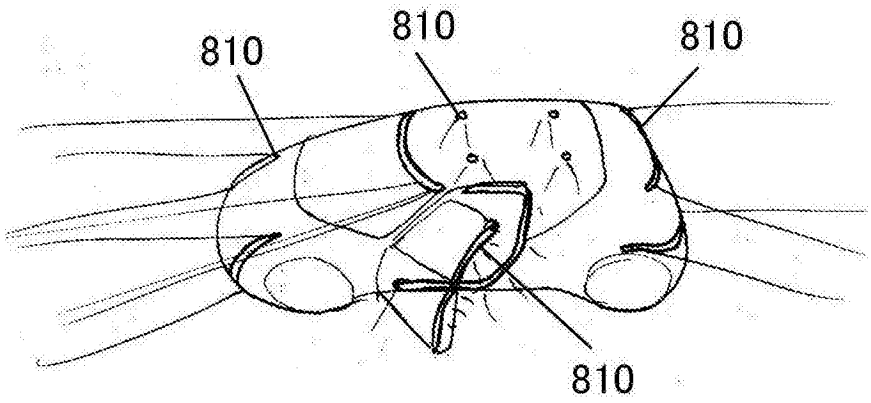


图63

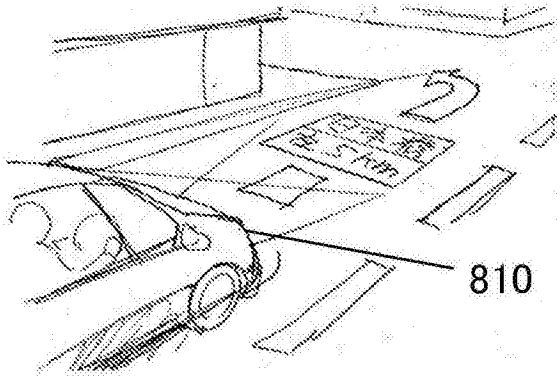


图64

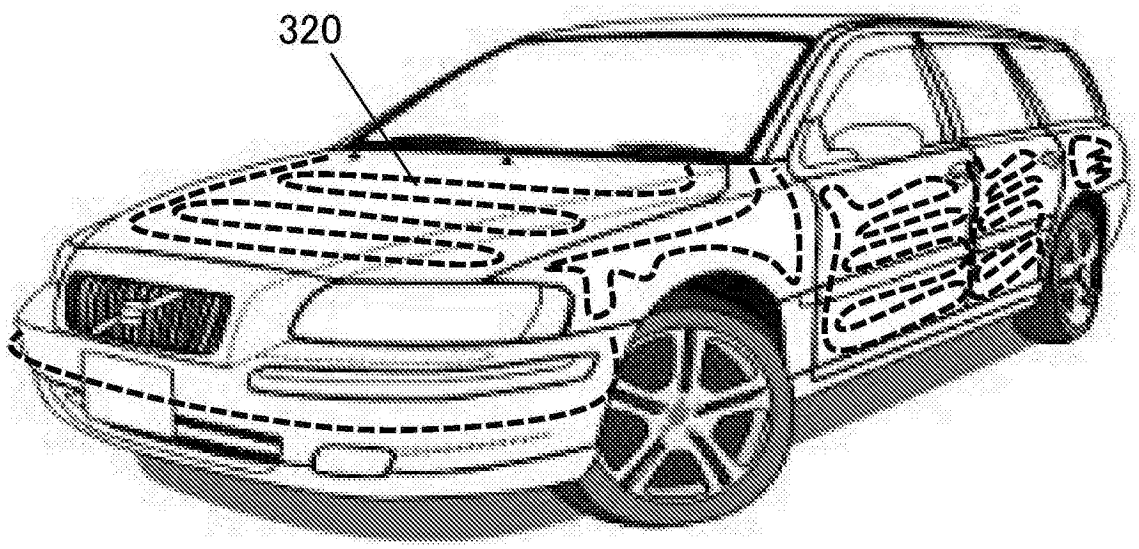


图65A

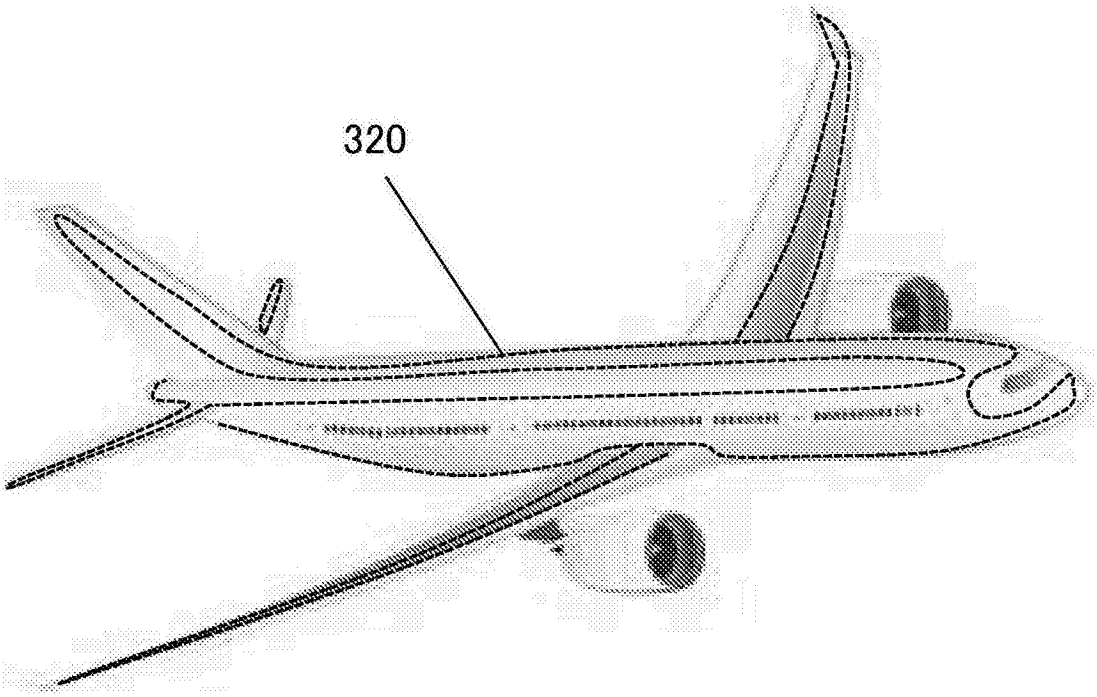

320

图65B

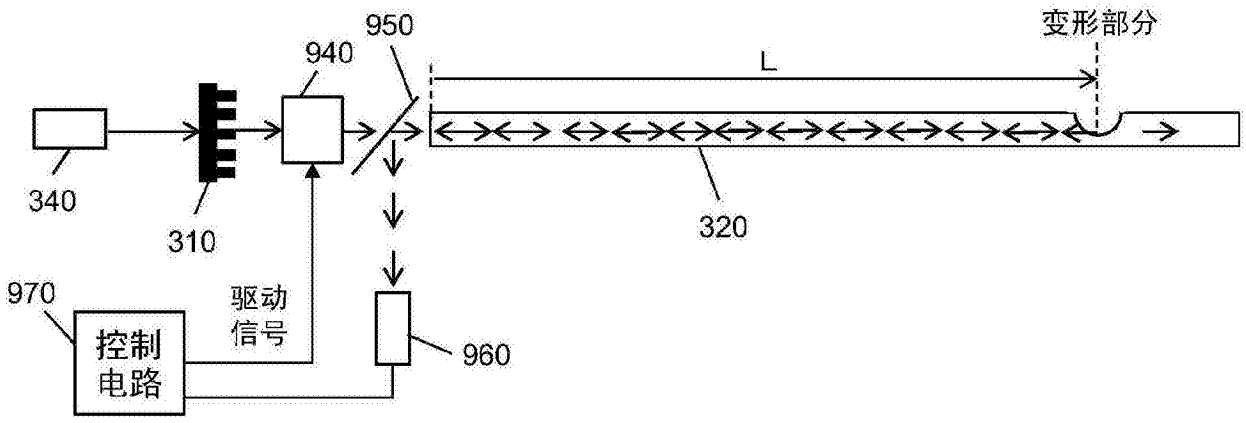

950
940
变形部分
L
340
310
320
970
驱动
信号
控制
电路
960

图66

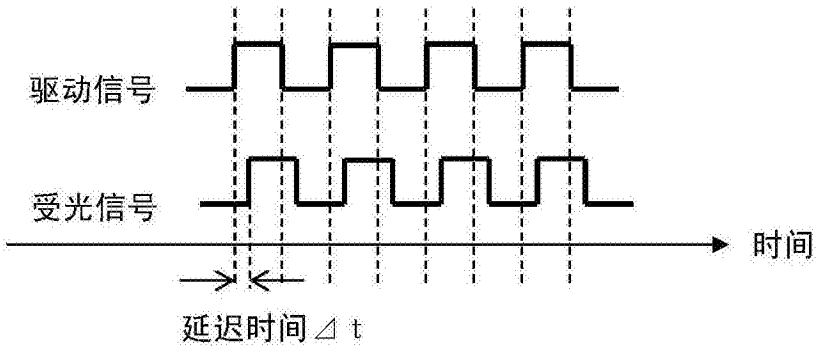

驱动信号
受光信号
时间
延迟时间⊿ t

图67

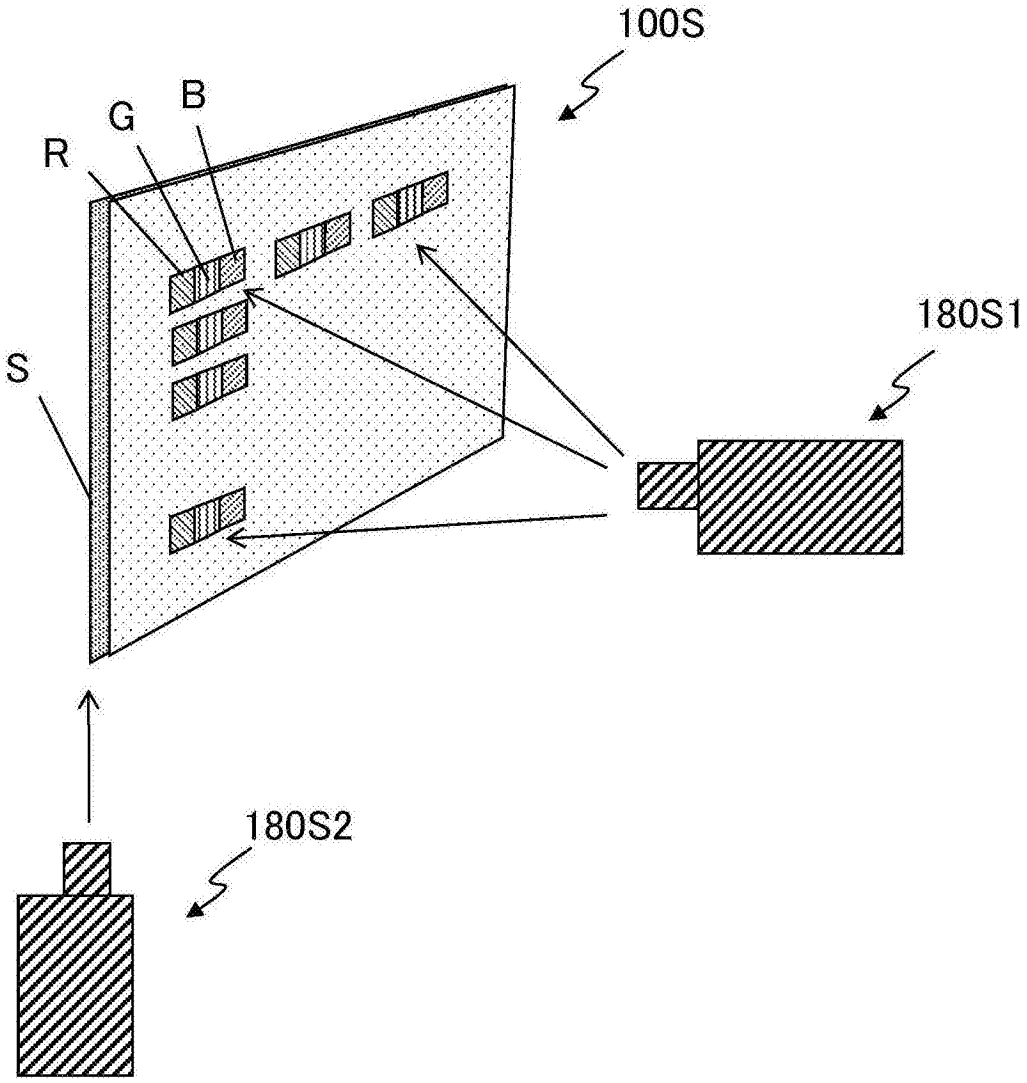


图68

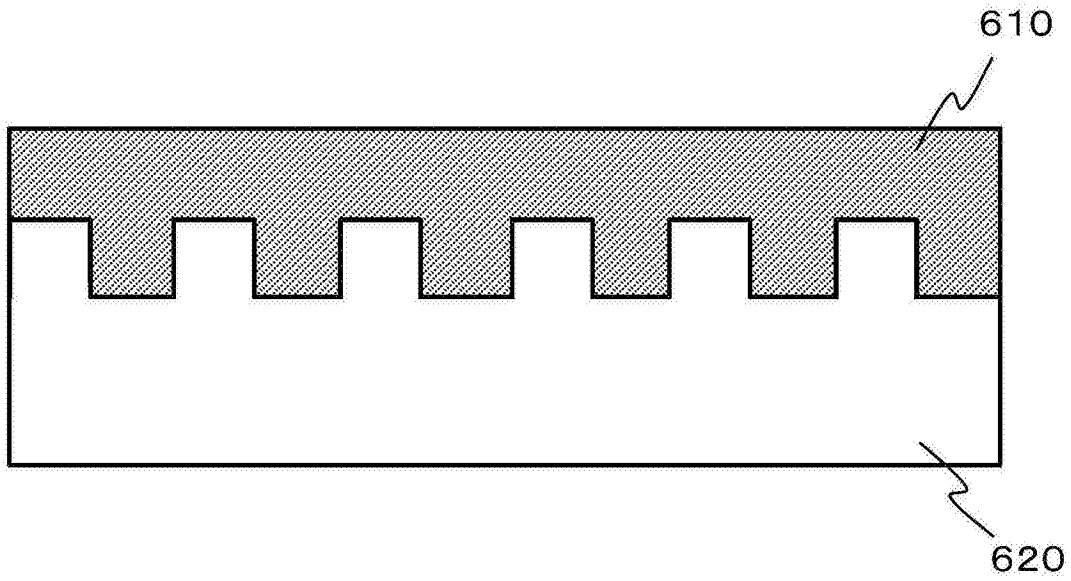


图69