



(21)申请号 201410379685.5

(22)申请日 2014.08.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104348085 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据

2013-164884 2013.08.08 JP

(73)专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72)发明人 藤井贤太郎 大野智辉

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 王玉双

(51)Int.Cl.

H01S 5/22(2006.01)

H01S 5/028(2006.01)

(56)对比文件

CN 101814698 A, 2010.08.25,

CN 102420387 A, 2012.04.18,

US 6167074 A, 2000.12.26,

CN 1767286 A, 2006.05.03,

JP 特开2009-88425 A, 2009.04.23,

US 2010/0025712 A1, 2010.02.04,

US 6426967 B1, 2002.07.30,

US 6018539 A, 2000.01.25,

审查员 陆顺开

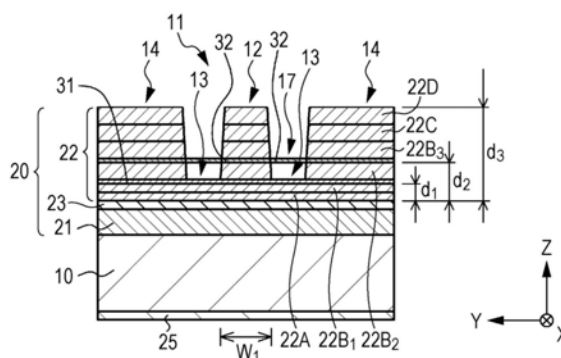
权利要求书4页 说明书21页 附图20页

(54)发明名称

发光元件、其制造方法和显示设备

(57)摘要

公开了一种发光元件、其制造方法和显示设备。发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域。发光区域由波脊峰纹结构部和位于波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,并且当波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$ 。



1. 一种发光元件,包括:

发光区域,其由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体形成;和

光传播区域,其由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面,

其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,

当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$,以及

当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$ 。

2. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 2 \times 10^{-5}$ 。

3. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,光传播区域的长度为 $40\mu\text{m}$ 或更大。

4. 根据权利要求3所述的发光元件,其中,光传播区域的长度为 $40\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,当发光区域和光传播区域之间的界面处的有源层的宽度被设置为 W_1 ,光传播区域的长度被设置为 L_2 时,满足 $20 \leq L_2/W_1 \leq 60$ 。

6. 根据权利要求1所述的发光元件,

其中,波脊峰纹结构部中被注入电流,以及

光传播区域中不被注入电流。

7. 根据权利要求6所述的发光元件,

其中,第一化合物半导体层电连接至第一电极,以及

在至少构成波脊峰纹结构部的叠层结构体的顶面上形成第二电极。

8. 根据权利要求1所述的发光元件,

其中,在构成波脊峰纹结构部的叠层结构体内形成第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层,

第一蚀刻停止层形成在构成光传播区域的叠层结构体内,并且构成光传播区域的叠层结构体的顶面由第二蚀刻停止层构成,以及

构成波脊峰纹邻接部的叠层结构体的顶面由第一蚀刻停止层构成。

9. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,在波脊峰纹结构部的至少一个侧面以及波脊峰纹邻接部的顶面上形成第一电介质膜,以及

在光传播区域的顶面上形成第二电介质膜,所述第二电介质膜由与构成第一电介质膜的材料不同的材料制成。

10. 根据权利要求1所述的发光元件,

其中,波脊峰纹结构部以直线形状延伸。

11. 根据权利要求10所述的发光元件,

其中,当波脊峰纹结构部延伸的方向被设置为X方向,有源层的宽度方向被设置为Y方向,有源层的厚度方向被设置为Z方向的时候,在包含有源层的虚拟XY平面上切割光传播区域时的光射出端面的切割面是沿Y方向延伸的直线。

12. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,从光射出端面射出的光的发光光谱的半宽

度是1nm或更大。

13. 根据权利要求12所述的发光元件,其中,从光射出端面射出的光的发光光谱的半宽度是4nm或更大。

14. 根据权利要求1所述的发光元件,其中,发光元件由超发光二极管形成。

15. 一种发光元件,包括:

发光区域,其由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体形成;和

光传播区域,其由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面,

其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,所述光传播区域的顶面是平坦的且不具有所述波脊峰纹结构部和所述波脊峰纹邻接部,以及

当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$ 。

16. 根据权利要求15所述的发光元件,其中,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 2 \times 10^{-5}$ 。

17. 根据权利要求15所述的发光元件,其中,发光区域包括光反射端面,光反射端面上的光反射率为99%或更多,并且光射出端面上的光反射率为1%或者更小。

18. 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当所述波脊峰纹邻接部中的所述第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的所述第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的所述第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$,以及当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,所述方法包括如下步骤:

(a) 依次形成所述第一化合物半导体层、所述有源层、所述第二化合物半导体层的第一层、所述第二化合物半导体层的第二层和所述第二化合物半导体层的第三层;然后

(b) 去除用于形成所述光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层,并去除用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层和所述第二化合物半导体层的所述第二层。

19. 根据权利要求18所述的发光元件的制造方法,

其中,在所述步骤(a)中,依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第2A层、第一蚀刻停止层、第二化合物半导体层的第2B层、第二蚀刻停止层、第二化合物半导体层的第2C层和第二化合物半导体层的第三层,

在所述步骤(b)中,去除用于形成光传播区域的区域中的第二化合物半导体层的第三层和第二化合物半导体层的第2C层,并去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的第二化合物半导体层的第三层、第二化合物半导体层的第2C层、第二蚀刻停止层、和第二化合物半导体层的第2B层。

20. 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域以及由所述叠层结构体形成、

从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,以及当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,且所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,所述方法包括如下步骤:

(a) 依次形成所述第一化合物半导体层、所述有源层、所述第二化合物半导体层的第一层、所述第二化合物半导体层的第二层和所述第二化合物半导体层的第三层;然后

(b) 去除用于形成所述光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层,并去除用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层和所述第二化合物半导体层的所述第二层。

21. 根据权利要求20所述的发光元件的制造方法,

其中,在所述步骤(a)中,依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第2A层、第一蚀刻停止层、第二化合物半导体层的第2B层、第二蚀刻停止层、第二化合物半导体层的第2C层和第二化合物半导体层的第三层,

在所述步骤(b)中,去除用于形成光传播区域的区域中的第二化合物半导体层的第三层和第二化合物半导体层的第2C层,并去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的第二化合物半导体层的第三层、第二化合物半导体层的第2C层、第二蚀刻停止层、和第二化合物半导体层的第2B层。

22. 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$,以及当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,所述方法包括如下步骤:

(a) 依次形成所述第一化合物半导体层、所述有源层、所述第二化合物半导体层的第一层和所述第二化合物半导体层的第二层;

(b) 在用于形成所述光传播区域的区域中在所述第二化合物半导体层的所述第二层上形成掩模层;

(c) 在用于形成所述发光区域的区域中在所述第二化合物半导体层的所述第二层上形成所述第二化合物半导体层的第三层;以及

(d) 去除用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层和所述第二化合物半导体层的所述第二层。

23. 根据权利要求22所述的发光元件的制造方法,其中,在所述步骤(a)中,形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第2A层、蚀刻停止层和和第二化合物半导体层的第2B层。

24. 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹

结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,以及当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-1}$,且所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-2}$ 时,满足 $|n_{\text{eff}-1}-n_{\text{eff}-2}|\leq 8\times 10^{-4}$,所述方法包括如下步骤:

(a) 依次形成所述第一化合物半导体层、所述有源层、所述第二化合物半导体层的第一层以及所述第二化合物半导体层的第二层;

(b) 在用于形成所述光传播区域的区域中在所述第二化合物半导体层的所述第二层上形成掩模层;

(c) 在用于形成所述发光区域的区域中在所述第二化合物半导体层的所述第二层上形成所述第二化合物半导体层的第三层;以及

(d) 去除用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的所述第三层和所述第二化合物半导体层的所述第二层。

25. 根据权利要求24所述的发光元件的制造方法,其中,在所述步骤(a)中,形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第2A层、蚀刻停止层和和第二化合物半导体层的第2B层。

26. 一种显示设备,包括根据权利要求1至17中任一条所述的发光元件。

发光元件、其制造方法和显示设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有2013年8月8日提交的日本优先权专利申请JP2013-164884的权益,该专利申请的全部内容并入本文以供参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种发光元件、其制造方法和包括所述发光元件的显示设备。

背景技术

[0004] 例如,包括以半导体激光器元件制成的发光元件作为光源的所谓激光显示设备(即被称为投影仪的显示设备)例如可从日本未审专利申请公开文本第2009-025462号中获知。激光显示设备除了高亮度和高清晰度之外,还具有小型、轻重量和低功耗的特征,因此广受关注。然而,在激光显示设备中,斑点噪声成为降低图像和视频的图像质量的因素。斑点噪声是由于激光束的高相干性而在诸如屏幕、墙壁等等显示图像和视频的激光照射表面上由散射光的干扰引起的现象,并且是由于激光照射表面上存在细微凹凸而导致的。

[0005] 具有与半导体激光器元件类似的结构、通过抑制激光振荡而扩展光谱宽度、并降低相干性的超发光二极管(SLD)正在受到关注。超发光二极管在与激光束相同的电平级别具有高方向性,而且是能够具有与一般发光二极管(LED)一样宽的光谱的发光元件。

[0006] 例如,在日本未审专利申请公开文本第2-310975号中,在图3中作为现有技术公开了一种超发光二极管,其中通过使波导管延伸的方向垂直于光射出端面而在光射出端面附近形成端面嵌入区域和非激励区域;在图4中公开了一种具有倾斜波导管的超发光二极管;此外,还指出了具有这些结构的超发光二极管的问题。然后,为了解决这些问题,通过使波导管弯曲,抑制了光对于波导管的耦合系数,并抑制了感应发光,由此扩展了光谱宽度。

[0007] 然而,日本未审专利申请公开文本第2-310975号公开了具有以下问题的技术:因为波导管是相对于光射出端面倾斜的,因此由于光射出端面上的光折射而改变了发射光的方向。此外,存在这样的问题:从光射出端面发出的光的半径形状是弯曲的(参看图21B)。此外,为了在显示应用中利用透镜聚集光,需要对透镜和光学系统进行研究。为了解决这些问题,正如现有技术,波导管延伸的方向例如可以垂直于光射出端面。然而,当采用这种结构的时候,光对于波导管的耦合系数增加,因此难以抑制感应发光。结果,光谱宽度变窄,而且不再降低斑点噪声。此外,包括电流注入区域、电流非注入区域和电流注入端部的超发光二极管可从日本未审专利申请公开文本第2000-068553号获知,其中在所述电流注入端部中,注入的电流在所述电流注入区域和所述电流非注入区域之间逐渐减少;然而,存在这样的问题:所述超发光二极管具有复杂的结构。

发明内容

[0008] 因此,期望的是提供一种能够以简单结构可靠地降低斑点噪声的发光元件、其制造方法和包括这种发光元件的显示设备。

[0009] 根据本发明的第一实施例或者第二实施例,提供了一种发光元件,包括:由通过第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域;以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部、和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成。

[0010] 在根据本发明第一实施例的发光元件中,当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$ 。此外,所述第二化合物半导体层的所述厚度指的是从所述有源层和所述第二化合物半导体层之间的界面、直至所述第二化合物半导体层的预定区域的顶面的平均厚度。

[0011] 此外,在根据本发明第二实施例的发光元件中,当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,优选满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 2 \times 10^{-5}$ 。

[0012] 根据本发明的第一实施例或者第三实施例,提供了一种制造发光元件的方法,该方法是制造根据本发明第一实施例的发光元件的方法。此外,根据本发明的第二实施例或者第四实施例,提供了一种制造发光元件的方法,该方法是制造根据本发明第二实施例的发光元件的方法。

[0013] 于是,根据本发明第一实施例或者第二实施例的制造发光元件的方法包括:

[0014] (a) 依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第二层和第二化合物半导体层的第三层;以及

[0015] (b) 在用于形成光传播区域的区域中去除所述第二化合物半导体层的第三层,并在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中去除所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0016] 此外,根据本发明第三实施例和第四实施例的制造发光元件的方法包括:

[0017] (a) 依次形成第一化合物半导体层,有源层,第二化合物半导体层的第一层,以及第二化合物半导体层的第二层;

[0018] (b) 在用于形成光传播区域的区域中在所述第二化合物半导体层的第二层上形成掩模层;

[0019] (c) 在用于形成发光区域的区域中在所述第二化合物半导体层的第二层上形成所述第二化合物半导体层的第三层;以及

[0020] (d) 在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中去除所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0021] 根据本发明的另一实施例,提供了一种显示设备,包括根据本发明第一实施例或者第二实施例的发光元件。

[0022] 根据本发明第一实施例或者第二实施例的发光元件包括发光区域和从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域。因此,来自所述发光区域的有源层的光穿过所述光传播区域,并且大部分的光从所述光射出端面发射到所述系统的外部。此外,到达光射出端面的其余光返回到光传播区域;然而返回到发光区域的有源层的光量极小。也就是说,光对于发光区域的有源层的耦合系数很低。顺便说来,即使在发光区域和光传播区域之

间的界面处,也会反射来自发光区域的有源层的光。于是,由于发光区域的有效折射率 $n_{\text{eff}-1}$ 与光传播区域的有效折射率 $n_{\text{eff}-2}$ 之间的差 Δn_{eff} 变大,在发光区域和光传播区域之间的界面处反射更多的光。在根据本发明第一实施例的发光元件中,定义了波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度 d_1 、光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度 d_2 、波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度 d_3 之间的关系。此外,在根据本发明第二实施例的发光元件中,定义了发光区域的有效折射率 $n_{\text{eff}-1}$ 和光传播区域的有效折射率 $n_{\text{eff}-2}$ 之间的关系。因此,可以抑制发光区域和光传播区域之间的界面处的光的反射。从而,可以以简单结构进一步降低光对于发光区域的有源层的耦合系数,并且可靠地抑制感应发光。结果,可以扩展光谱宽度,并且减少斑点噪声。此外,本说明书中描述的效果仅仅是示例而不是限制,还可能存在额外的效果。

附图说明

[0023] 图1A、1B和1C分别是构成示例1的发光元件的叠层结构体的示意平面图,沿图1A中箭头IB-IB获得的叠层结构体及类似物的示意剖视图,和沿图1A中箭头IC-IC获得的叠层结构体及类似物的示意剖视图;

[0024] 图2A和2B分别是示例1的发光元件的叠层结构体及类似物的透视图,和沿图1A的箭头IIB-IIB获得的示意剖视图;

[0025] 图3是示例1的发光元件的发光区域的示意部分剖视图;

[0026] 图4是示例1的发光元件的光传播区域的示意部分剖视图;

[0027] 图5是用于描述制造示例1的发光元件的方法的叠层结构体及类似物的示意部分剖视图;

[0028] 图6A、6B和6C是继图5之后,用于描述制造示例1的发光元件的方法的叠层结构体及类似物的示意部分剖面图;

[0029] 图7A、7B和7C是继图6A、6B和6C之后,用于描述制造示例1的发光元件的方法的叠层结构体及类似物的示意部分剖面图;

[0030] 图8A、8B和8C是用于描述制造示例2的发光元件的方法的叠层结构体及类似物的示意部分剖面图;

[0031] 图9是示例3的发光元件的光传播区域的示意部分剖视图;

[0032] 图10是示例5的显示设备的示意图;

[0033] 图11是示例5中的另一显示设备的示意图;

[0034] 图12是示例1的发光元件的变型例的叠层结构体及类似物的示意剖视图,其与沿图1A的箭头IIB-IIB获得的视图相同;

[0035] 图13A、13B、13C和13D是示出具有喇叭口结构的波脊峰纹结构部的轮廓线;

[0036] 图14是示例1的变型例的发光元件的发光区域的示意部分剖视图;

[0037] 图15是用于描述可以降低本发明的发光元件中的耦合系数的发光元件的叠层结构体的示意平面图;

[0038] 图16是示出光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度 d_2 、发光区域和光传播区域之间的有效折射率差、以及发光区域和光传播区域之间的界面处的反射率获得结果;

[0039] 图17是示出发光区域与光传播区域之间的有效折射率差、与耦合系数之间的关系

的图表；

[0040] 图18A和18B分别是示出示例1的发光元件的驱动电流与光输出和施加电压之间关系的图表，和示出从示例1的发光元件发出的光的光谱的图表；

[0041] 图19是对比示例1的发光元件的示意剖视图，其与沿图1A中的箭头IIB-IIB获得的视图相同。

[0042] 图20A和20B分别是示出对比示例1的发光元件的驱动电流与光输出和施加电压之间关系的图表，和示出从对比示例1的发光元件发出的光的光谱的图表；和

[0043] 图21A和21B分别是捕获从示例1的发光元件发出的光的半径形状的照片，和捕获从现有技术的其中波导管倾斜于光射出端面的发光元件发出的光的半径形状的照片。

具体实施方式

[0044] 下文中将说明的实施例是本发明的优选具体示例，对其施加了技术上优选的各种限制。然而，在下文说明中，除非特别限制本发明的语句，否则本发明的范围并不局限于这些实施例。下文将按以下顺序作出说明。

[0045] 1. 根据本发明第一实施例和第二实施例的整个发光元件、根据本发明第一实施例至第四实施例的制造发光元件的方法、和本发明的显示设备的说明。

[0046] 2. 示例1 (根据本发明第一实施例和第二实施例的发光元件，和根据本发明第一实施例和第三实施例的制造发光元件的方法)

[0047] 3. 示例2 (根据本发明第二实施例和第四实施例的制造发光元件的方法) 等等。

[0048] [根据本发明第一实施例和第二实施例的整个发光元件、根据本发明第一实施例至第四实施例的制造发光元件的方法、本发明的显示设备的说明]

[0049] 一种根据本发明的第一实施例或者第二实施例的制造发光元件的方法优选以以下形式实现，其中，

[0050] 在工艺 (a) 中，依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、和所述第二化合物半导体层的第2A层、第一蚀刻停止层、所述第二化合物半导体层的第2B层、第二蚀刻停止层、所述第二化合物半导体层的第2C层、和所述第二化合物半导体层的第三层，和

[0051] 在工艺 (b) 中，去除在用于形成光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第2C层，去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层、所述第二化合物半导体层的第2C层、所述第二蚀刻停止层、和所述第二化合物半导体层的第2B层。

[0052] 此外，根据本发明第三实施例或者第四实施例的制造发光元件的方法优选的是以以下形式实现，其中，

[0053] 在工艺 (a) 中，形成第一化合物半导体层、有源层、所述第二化合物半导体层的第一层、蚀刻停止层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0054] 根据本发明的第一实施例的发光元件、或者通过根据本发明第一实施例或者第三实施例的包括上述优选形式的制造发光元件的方法获得的发光元件，在下文中有时被统称为“根据本发明第一实施例的发光元件及类似物”。此外，根据本发明第二实施例的发光元件、或者通过根据本发明第二实施例或者第四实施例的包括上述优选形式的制造发光元件

的方法获得的发光元件,在下文中有时被统称为“根据本发明的第二实施例的发光元件及类似物”。此外,根据本发明第一实施例的发光元件及类似物和根据本发明第二实施例的发光元件及类似物有时被统称为“本发明的发光元件及类似物”。此外,波脊峰纹结构部延伸的方向被设置为X方向,有源层的宽度方向被设置为Y方向,有源层的厚度方向被设置为Z方向。

[0055] 根据本发明第一实施例的发光元件优选的是以以下形式实现,其中,当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-1}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-2}$ 时,可满足 $|n_{\text{eff}-1}-n_{\text{eff}-2}| \leq 8 \times 10^{-4}$,优选 $|n_{\text{eff}-1}-n_{\text{eff}-2}| \leq 2 \times 10^{-5}$ 。

[0056] 以XY平面切割波脊峰纹结构部时的横截面形状可包括矩形形状和等腰梯形形状,或者还可实现为多阶形状(阶梯形状)。当横截面形状实现为多阶形状,更具体地说,例如其中第二化合物半导体层的厚度为 d_2 的部分的宽度可以比第二化合物半导体层的顶面的宽度宽,其中第二化合物半导体层的厚度为 d_2 的部分可以实现为在Y方向上从所述第二化合物半导体层的位置高于所述部分的部分突出的形式。

[0057] 包括上述优选形式的本发明的发光元件及类似物优选的是以以下形式实现:光传播区域的长度 L_2 是 $40\mu\text{m}$ 或更多,优选的是 $40\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 。通过将光传播区域的长度 L_2 设置为 $40\mu\text{m}$ 或更多,根据光传播区域中的高斯光束传播计算、以及发光区域和光传播区域之间的界面处的反射率而获得的耦合系数与当波导管相对于光射出端面倾斜5度时的耦合系数(=大约 1×10^{-7})大致相同,并且可以进一步抑制激光振荡。这里,“耦合系数”指的是当从有源层发射到光射出端面的光在发光区域和光传播区域之间的界面处以及光射出端面上发射、并返回到有源层时,(返回到有源层的光)/(从有源层发出的光)的比率。

[0058] 包括上述不同优选形式的本发明的发光元件及类似物优选的是以以下形式实现,当发光区域和光传播区域之间的界面处的有源层的宽度被设置为 W_1 、并且光传播区域的长度被设置为 L_2 时,从进一步降低耦合系数来讲,满足 $20 \leq L_2/W_1 \leq 60$ 。有源层的宽度 W_1 不受限制;然而,例如可以为 $1\mu\text{m}$ 至 $2\mu\text{m}$ 。

[0059] 此外,包括如上所述的各种优选形式的本发明的发光元件及类似物优选以以下形式实现,其中,发光区域包括光反射端面,光反射端面上的光反射率为99%或更多,并且光射出端面上的光反射率为1%或者更小。当如下文中将说明的,发光元件由超发光二极管构成时,有源层中产生的光在光反射端面上反射,并且从光射出端面发射,而无需在发光元件中设置共振器。在光射出端面上,形成无反射涂层(AR)或者低反射涂层。此外,在光反射端面上,形成高反射涂层(HR)。无反射涂层(低反射涂层)和高反射涂层可以包括从以下组中选出来的至少两种层的叠层结构体,所述组包括氧化钛层、氧化钽层、氧化锆层、氧化硅层、氧化铝层、氮化铝层和氮化硅层,并且无反射涂层(低反射涂层)和高反射涂层可以基于诸如溅射法和真空沉积法之类的PVD方法形成。

[0060] 此外,包括如上所述的各种优选形式的本发明的发光元件及类似物优选以以下形式实现,其中,电流注入到波脊峰纹结构部,而不把电流注入到光传播区域。然后,在该情况下,第一化合物半导体层可以电连接至第一电极,并且第二电极至少在构成所述波脊峰纹结构部的叠层结构体的顶面上形成。第二电极可以在构成光传播区域的叠层结构体的顶面上形成;然而,可以在构成光传播区域的叠层结构体的顶面与第二电极之间形成绝缘材料层,以便不把电流注入到光传播区域。

[0061] 包括如上所述的各种优选形式的本发明的发光元件及类似物可以按以下构成实现,其中由基于AlGaInN的化合物半导体制成化合物半导体,并且在该情况下,可以使发光元件发出蓝色光或者绿色光。替代地,包括如上所述的各种优选形式的本发明的发光元件及类似物可以按以下构成实现,其中在构成波脊峰纹结构部的叠层结构体中形成第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层,所述第一蚀刻停止层在构成光传播区域的叠层结构体中形成,构成光传播区域的叠层结构体的顶面由所述第二蚀刻停止层构成,构成波脊峰纹邻接部的叠层结构体的顶面由第一蚀刻停止层构成。在该情况下,化合物半导体可以由基于AlGaInP的化合物半导体构成,并且在该情况下,可以使发光元件发出红色光。

[0062] 包括如上所述的各种优选形式和构成的本发明的发光元件及类似物可以按以下构成实现,至少在波脊峰纹结构部的侧面以及波脊峰纹邻接部的顶面上形成第一电介质膜,在光传播区域的顶面上形成第二电介质膜,所述第二电介质膜是通过与构成第一电介质膜的材料不同的材料制成。以这样的方式,通过使得构成第一电介质膜的材料与构成第二电介质膜的材料彼此不同,可以增加设置有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 和 $n_{\text{eff-2}}$ 的值的自由度以及设置 d_1 、 d_2 和 d_3 的值的自由度。第一电介质膜和第二电介质膜可以由单层或者沉积膜构成。

[0063] 在包括如上所述的各种优选形式和构成的本发明的发光元件及类似物中,波脊峰纹结构部可以实现为以直线形状延伸的形式。于是,在该情况下,如上所述,当波脊峰纹结构部延伸的方向被设置为X方向、有源层的宽度方向被设置为Y方向、有源层的厚度方向被设置为Z方向的时候,当在包括有源层的虚拟XY平面上切割光传播区域时的光射出端面的切割面可以实现为沿Y方向延伸的直线的形式。也就是说,光射出端面可以实现为与波脊峰纹结构部延伸的X方向正交(平行于YZ面)的形式,或者形成为绕着平行于Y方向的轴旋转的状态。依据发光元件的形式来形成光射出端面 and 光反射端面,但是并不一定通过劈开来形成。

[0064] 在包括如上所述的各种优选形式及构成的本发明的发光元件及类似物中,优选的是从光射出端面发出的光的发光光谱的半宽是1nm或更多,优选为4nm或更多。发光光谱的半宽可以通过延长发光区域的长度来扩大,并且特定发光光谱的半宽可以通过适当地设计发光区域的长度而获得。

[0065] 在包括如上所述的各种优选形式和构成的本发明的发光元件及类似物中,发光元件可以实现为由超发光二极管(SLD)制成的形式。

[0066] 此外,本发明的显示设备的示例可以包括具有发光元件作为光源的投影仪或者图像显示设备,监控设备,具有发光元件作为光源的反射型液晶显示设备,头戴式显示器(HMD),平视显示器(HUD),以及各种照明。此外,可以使用本发明的发光元件的作为显微镜的光源。

[0067] 在包括如上所述的各种优选形式及构成的本发明的发光元件及类似物中,如上所述,由第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体可以实现为由基于AlGaInP的化合物半导体制成的形式。在该情况下,有源层可以实现为包括量子阱结构的形式,在量子阱结构中,由GaInP层或者AlGaInP层制成的阱层与由AlGaInP层制成的屏障层叠置而成。替代地,由第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层构成的叠层结构体可以实现为由基于AlGaInN的化合物半导体制成的形式,包括GaInN和AlGaInN。在该情况下,有源层可以实现为包括量子阱结构的形式,在量子阱结构中,由AlGaInN层制成的阱层

与由In组成不同的AlGaInN层制成的屏障层叠置而成。所述叠层结构体的构成可以按照公知的构成。叠层结构体是在基板上形成,并且具有以下结构,其中从基板侧面开始,叠置第一化合物半导体层、有源层和第二化合物半导体层。第一电极与第一化合物半导体层或者基板连接,第二电极与第二化合物半导体层连接。

[0068] 在下文说明中,为了方便起见,将在发光区域和光传播区域之间的界面附近的波脊峰纹结构部的区域称为“第一区域”,将在波脊峰纹结构部的光反射端面附近的区域称为“第三区域”,并且将所述第一区域和第三区域所夹持的波脊峰纹结构部的区域称为“第二区域”。

[0069] 波脊峰纹结构部可以延伸恒定的宽度,或者可以具有所谓的喇叭口结构。更具体地说,依据发光元件的所需技术规格,波脊峰纹结构部的宽度 W_R 可以在发光区域和光传播区域之间的界面处最宽,或者可以在发光区域和光传播区域之间的界面处最窄。在这些情况下,在第一区域中,可以采用如下形式:

[0070] (a-1) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄。

[0071] (a-2) 宽度 W_R 是恒定的。

[0072] (a-3) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀。

[0073] 在第三区域中,可以采用如下形式:

[0074] (b-1) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄。

[0075] (b-2) 宽度 W_R 是恒定的。

[0076] (b-3) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀。

[0077] 在第二区域中,可以采用如下形式:

[0078] (c-1) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄。

[0079] (c-2) 宽度 W_R 是恒定的。

[0080] (c-3) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀。

[0081] (c-4) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄,随后变为恒定。

[0082] (c-5) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄,随后朝着光反射端面逐渐膨胀。

[0083] (c-6) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐变窄,随后变为恒定。然后,宽度朝着光反射端面逐渐膨胀。

[0084] (c-7) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀,随后变为恒定。

[0085] (c-8) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀,随后朝着光反射端面逐渐变窄。

[0086] (c-9) 宽度 W_R 朝着光反射端面逐渐膨胀,随后变为恒定。然后,宽度朝着光反射端面逐渐变窄。第一区域、第二区域和第三区域的这些形式可以适当地组合。

[0087] 基板的示例可以包括GaN基板、GaAs基板、GaP基板、AlN基板、AlP基板、InN基板、InP基板、AlGaInN基板、AlGaN基板、AlInN基板、AlGaInP基板、AlGaP基板、AlInP基板、GaInP基板、ZnS基板、蓝宝石基板、SiC基板、氧化铝基板、ZnO基板、LiMgO基板、LiGaO₂基板、MgAl₂O₄基板、Si基板和Ge基板。此外,可以使用其中在这些基板的表面(主表面)上形成缓冲层和中间层的基板作为基板。此外,对于这些基板的主表面,可以使用晶体取向表面,所述晶体取向表面按照晶体结构(例如,立方晶型、六角型等等)而被称为所谓的A表面、B表面、C表面、R表面、M表面、N表面、S表面等名称,或者是其中这些表面在特定方向断开的表面等等。此外,可以使用包括结晶表面作为主表面的基板,其可以在绕着平行于上述Y方向的

轴旋转的虚拟平面上,将光反射端面 and 光射出端面中的至少一个端面劈开。

[0088] 添加到构成叠层结构体的化合物半导体层中的N型杂质例如可以包括硅(Si),锗(Ge),硒(Se),锡(Sn),碳(C),碲(Te),硫(S),氧(O)和钯(Pd)。P型杂质可以包括锌(Zn)、镁(Mg)、铍(Be)、镉(Cd)、钙(Ca)和钡(Ba)。有源层可以具有单量子阱结构“QW结构”,或者可以具有多量子阱结构“MQW结构”。形成叠层结构体的方法(沉积方法)可以包括金属有机化学气相沉积方法(MOCVD方法,MOVPE方法),金属有机分子束外延方法(MOMBE方法),其中卤素有助于转移或者反应的卤化氢气相外延方法(HVPE方法),和等离子辅助的物理气相沉积方法(PPD方法)。蚀刻叠层结构体以形成波脊峰纹结构部的方法可以包括光刻技术和湿蚀刻技术的组合,以及光刻技术和干蚀刻技术的组合。

[0089] 作为(构成第一电介质膜的材料和构成第二电介质膜的材料)的组合,例如可以是($\text{TiO}_2, \text{SiO}_2$), ($\text{TiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$), (AlN, SiO_2), ($\text{AlN}, \text{Al}_2\text{O}_3$), ($\text{Ta}_2\text{O}_5, \text{SiO}_2$), 和 ($\text{Ta}_2\text{O}_5, \text{Al}_2\text{O}_3$)。

[0090] 第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层例如可以由能够耐受通过氨-过氧化氢及类似物进行湿蚀刻的材料构成,这种材料例如可以是 $\text{Ga}_w\text{In}_{1-w}\text{P}$ 。第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层可以由相同材料构成,或者可以由不同的材料构成。作为一个例子,第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层的厚度可以是5nm。第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层可以由单个层构成,并且可以由沉积膜构成。

[0091] 掩模层(选择性生长掩模层)的特定构成可以包括氧化硅层(SiO_x 层)、氮化硅层(SiN_y 层)、 SiON 层、 Ta_2O_5 层、 ZrO_2 层、 AlN 层、 Al_2O_3 层、被称为这些层的叠层结构体(例如,从底部开始,氧化硅层和氮化硅层的叠层结构体)的氧化物半导体层或者氮化物半导体层;高熔点金属层,诸如镍层或者钨层、钛层、金层和铂层;由在适当合成物中调整这些金属的合金(例如, TiW 、 TiWCr 、 TiWNi 、 NiCr 、 TiNiCr ,或者这些合金和金的合金,或者这些合金和Pt的合金)构成的层;多种高熔点金属(合金)氧化物层;多种高熔点金属(合金)氮化物层;其中组合了合金或者这些不同的金属、合金氧化物和合金氮化物的多层膜;光致抗蚀剂材料层。掩模层可以基于化学气相沉积工艺(CVD法)、或者诸如真空沉积法或者溅射法之类的物理气相沉积方法(PVD法)、以及涂敷法与通过光刻技术和蚀刻技术构图的组合来形成。依据构成掩模层的材料,可以留下或者去除掩模层。依据构成掩模层的材料,作为去除掩模层的方法,可以采用湿蚀刻法,可以采用干蚀刻法,或者可以使用灰化技术。

[0092] 叠层结构体与第一电极和第二电极连接。当在基板或者具有P型导电性的化合物半导体层上形成第一电极或者第二电极时,这种电极(p-侧电极)可以包括 Au/AuZn 、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{Ti}(\text{Au})/\text{AuZn}$ 、 Au/AuPd 、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{Ti}(\text{Au})/\text{AuPd}$ 、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{TiW}(\text{Ti})/\text{AuPd}$ 、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{Ti}$ 和 Au/Ti 。此外,当在基板或者具有N型导电性的化合物半导体层上形成第一电极或者第二电极时,这种电极(N侧电极)可以包括 $\text{Au}/\text{Ni}/\text{AuGe}$ 、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{Ti}(\text{Au})/\text{Ni}/\text{AuGe}$,和 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{TiW}(\text{Ti})/\text{Ni}/\text{AuGe}$ 。“/”前的层被设置在较电气远离有源层的位置。第一电极电连接至第一化合物半导体层。然而,包括在第一化合物半导体层上形成的第一电极的形式,以及通过导电材料层和导电基板将第一电极连接至第一化合物半导体层的形式。可以通过诸如真空沉积法和溅射法之类的各种PVD法在第一电极和第二电极上形成膜。可以在第一电极和第二电极上提供焊垫电极,以便电连接至外部电极或者电路。焊垫电极优选具有单层结构或者多层结构,包括从包括钛(Ti)、铝(Al)、铂(Pt)、金(Au)和镍(Ni)的组中选择出的至少一种金属。替代地,焊垫电极可以是多层构成,例如 $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ 的多层构成和 Ti/Au 的多层构成。

[0093] 此外,当在具有P型导电性的化合物半导体层上形成电极的时候,可以在电极和具有P型导电性的化合物半导体层之间形成透明导电材料层。作为构成透明导电材料层的透明导电材料,例如可以是氧化铟锡(ITO;其包括Sn掺杂的 In_2O_3 、结晶ITO和非结晶ITO)、氧化铟锌(IZO)、F掺杂的 In_2O_3 (IFO)、氧化锡(SnO_2)、Sb掺杂的 SnO_2 、F掺杂的 SnO_2 (FTO)、氧化锌(ZnO ;其包括Al掺杂的 ZnO 和B掺杂的 ZnO)。

[0094] 示例1

[0095] 示例1涉及根据本发明的第一实施例和第二实施例的发光元件,和根据本发明示例1和第三实施例的制造发光元件的方法。图1A示出构成第一实施例的发光元件的叠层结构体的示意平面图,图1B示出沿图1A中箭头IB-IB获得的叠层结构体等等的示意剖视图,图1C示出沿图1A中箭头IC-IC获得的叠层结构体等等的示意剖视图。此外,图2A示出示例1的发光元件的叠层结构体等等的透视图,图2B示出沿图1A中箭头IIB-IIB获得的叠层结构体的示意剖视图,图3示出发光区域的示意部分剖视图,以及图4示出光传播区域的示意部分剖视图。

[0096] 更具体地说,示例1的由超发光二极管(SLD)形成且发出红色光的发光元件(半导体发光元件)包括由第一化合物半导体层21、有源层23和第二化合物半导体层22构成的叠层结构体20所形成的发光区域11,和由叠层结构体20形成、从发光区域11延伸出、且具有光射出端面18的光传播区域17。发光区域11由波脊峰纹结构部12和位于波脊峰纹结构部12两侧的波脊峰纹邻接部13构成。更具体地说,叠层结构体20由基于AlGaInP的化合物半导体形成。此外,附图标记14表示所述叠层结构体的位于波脊峰纹邻接部13外部的部分。

[0097] 然后,当波脊峰纹邻接部13中的第二化合物半导体层22的厚度被设置为 d_1 ,光传播区域17中的第二化合物半导体层22的厚度被设置为 d_2 ,波脊峰纹结构部12中的第二化合物半导体层22的厚度被设置为 d_3 ,满足 $d_3 > d_2 > d_1$ 。当发光区域11的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域17的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,优选满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 2 \times 10^{-5}$ 。

[0098] 然后,在构成波脊峰纹结构部12的叠层结构体20中,形成第一蚀刻停止层31和第二蚀刻停止层32。此外,在构成光传播区域17的叠层结构体20中,形成第一蚀刻停止层31。此外,构成光传播区域17的叠层结构体20的顶面由第二蚀刻停止层32构成。构成波脊峰纹邻接部13的叠层结构体20的顶面由第一蚀刻停止层31构成。更具体地说,第二化合物半导体层22由第一层22A、第2A层22B₁、第2B层22B₂、和第2C层22B₃构成。

[0099] 然后,构成波脊峰纹结构部12的叠层结构体20由第一化合物半导体层21、有源层23、以及第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、第2B层22B₂、第2C层22B₃和第三层22C和22D构成。第一蚀刻停止层31形成在第二化合物半导体层的第2A层22B₁和第2B层22B₂之间,第二蚀刻停止层32形成在第二化合物半导体层的第2B层22B₂和第2C层22B₃之间。这里,波脊峰纹结构部12中的第二化合物半导体层22的厚度 d_3 是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、第一蚀刻停止层31、第2B层22B₂、第二蚀刻停止层32、第2C层22B₃、和第三层22C和22D的厚度的总和。

[0100] 此外,构成光传播区域17的叠层结构体20由第一化合物半导体层21、有源层23、以及第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁和第2B层22B₂构成。第一蚀刻停止层31形成在第二化合物半导体层的第2A层22B₁和第2B层22B₂之间,第二蚀刻停止层32位于第二

化合物半导体层的第2B层22B₂的顶面上。这里,光传播区域17中的第二化合物半导体层的厚度d₂是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、第一蚀刻停止层31、第2B层22B₂和第二蚀刻停止层32的厚度的总和。

[0101] 此外,构成波脊峰纹邻接部13的叠层结构体20由第一化合物半导体层21、有源层23、以及第二化合物半导体层22的第一层22A构成。第一蚀刻停止层31位于第二化合物半导体层的第2A层22B₁的顶面上。这里,波脊峰纹邻接部13中的第二化合物半导体层的厚度d₁是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁和第一蚀刻停止层31的厚度的总和。

[0102] 第一蚀刻停止层31和第二蚀刻停止层32由能够耐受使用氨-过氧化氢及类似物的湿蚀刻的材料构成,更具体来讲由Ga_wIn_{1-w}P制成。

[0103] 具体来讲,第一化合物半导体层21由从基板侧面开始的第一覆盖层和第一导光层构成,并且在基板10和第一化合物半导体层21之间形成缓冲层。此外,未示出所述缓冲层,并且第一化合物半导体层21被示为一个层。有源层23具有多量子阱结构,并且具有其中由Ga_sIn_{1-s}P层或者(Al_sGa_{1-s})_{0.5}In_{0.5}P层制成的阱层和由(Al_tGa_{1-t})_{0.5}In_{0.5}P层制成的屏障层叠置而成的量子阱结构。更具体地说,所述屏障层被设置为四个层,所述阱层被设置为三个层;然而,实施例不局限于此。第二化合物半导体层的第一层22A构成第二导光层,第二化合物半导体层的第二层22构成第二覆盖层,第二化合物半导体层的第三层22C构成电流扩布层,第二化合物半导体层的第三层22D构成接触层。

[0104] 波脊峰纹结构部12以直线形状,以恒定的宽度(W_R=1.7μm)沿X方向延伸。当在包括有源层23的虚拟XY平面上切割光传播区域17时的光射出端面18的切割面是沿Y方向延伸的直线。也就是说,光射出端面18与波脊峰纹结构部12延伸的X方向正交。换言之,光射出端面18垂直于波脊峰纹结构部12延伸的X方向(平行于YZ面)。在XY平面上切割波脊峰纹结构部12的横截面形状例如是等腰梯形。

[0105] 发光区域11包括光反射端面15,光反射端面15上的光反射是99%或更多,更具体地说是99.9%或更多。另一方面,光射出端面18上的光反射是1%或者更小,更具体地说是0.3%或者更小。在光射出端面18上形成无反射涂层(AR)或者低反射涂层,在光反射端面15上形成高反射涂层(HR)。然而,这些涂层并没有示出。

[0106] 把电流注入到波脊峰纹结构部12,但是没有把电流注入到光传播区域17。更具体地说,第一化合物半导体层21电连接至第一电极25(更具体地说,第一电极25是在由具有导电性的n-GaAs基板制成的基板10的背表面上形成的),并在叠层结构体20的构成波脊峰纹结构部12的顶面和叠层结构体20的构成光传播区域17的顶面上形成第二电极26。具体来讲,第二电极26由从第二化合物半导体层侧面开始的厚度为0.05μm的Ti层、厚度为0.1μm的Pt层和厚度为0.3μm的Au层形成。在构成光传播区域17的叠层结构体20的顶面和第二电极之间形成由SiO₂制成且膜厚度为0.17μm的绝缘材料层(电介质膜24),以便不把电流注入到光传播区域17。此外,所述绝缘材料层(电介质膜24)还在构成发光区域11的叠层结构体20上形成。在位于第二化合物半导体层22的顶面上的电介质膜24中形成开口,通过该开口,第二电极26与第二化合物半导体层22的顶面(更具体地说,与接触层相对应的第二化合物半导体层的第三层22D)接触。此外,第二电极26在电介质膜24上延伸。第二电极未在图1B、1C、2A和2B中示出,第一电极未在图2A和2B中示出。

[0107] 在下面的表1中示出了在发出红色光的发光元件(半导体发光元件)中由基于

AlGaInP的化合物半导体形成的叠层结构体20的构成。实质上描述的化合物半导体层是在基板10上形成。

[0108] 表1

[0109]

	厚度	合成物
第二化合物半导体层 22		
第三层（接触层） 22D		p-GaAs:Mg
第三层 22C		p-Ga _y In _{1-y} P:Mg
第二层（第二覆盖层） 22B	约 1.5 μm	p-Al _{0.5} In _{0.5} P:Mg
第一层（第二导光层） 20A	约 40 nm	Ga _u In _{1-u} P
有源层 23		
阱层 / 屏障层		GaInP(厚度: 8 nm) / AlGaInP
第一化合物半导体层 21		
第一导光层	约 20 nm	Ga _y In _{1-y} P
第一覆盖层	约 3 μm	n-(Al _x Ga _{1-x}) _{0.5} In _{0.5} P:Si
缓冲层		n-GaInP

[0110] 下面在表2中示出示例1的发光元件中的各种参数。此外,表2中示出有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 和 $n_{\text{eff-2}}$ 的值。这里,所述有效折射率可以基于在由Yasuo Kokubu撰写的“Light Wave Engineering(Advanced Light Electronics Series 6)”(Kyoritsu Publication Co.,第5章,第160至162页)以及R.Ulrich和R.J.Martin:Appl.Opt.(第10卷,第9号,第2077-2085页,1971)中描述的等效折射率方法获得。也就是说,当发光元件中的叠层结构体20的构成或者结构和厚度,电介质膜24的材料或者构成和厚度,第二电极25的材料或者构成和厚度,波脊峰纹结构部12的宽度等等被确定,则可以通过形成各个层和构成元件的材料的折射率(利用文献值)计算光线分布,来计算厚度为 d_3 的第二化合物半导体层的波脊峰纹结构部12、厚度为 d_1 的第二化合物半导体层的波脊峰纹邻接部13、厚度为 d_2 的第二化合物半导体层的光传播区域17中的折射率。然后,可以基于波脊峰纹结构部12和波脊峰纹邻接部13在宽度方向上的尺寸(距离)、以及波脊峰纹结构部12和波脊峰纹邻接部13的折射率,获得发光区域11中的有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 。光传播区域17在宽度方向上的构成和结构是相同的,使得光传播区域17的折射率是光传播区域17中的有效折射率 $n_{\text{eff-2}}$ 。图16示出当将光传播区域17中的第二化合物半导体层的厚度 d_1 固定为495nm、而改变波脊峰纹结构部12中的第二化合物半导体层的厚度 d_2 时的有效折射率差(参看图16中以菱形(A)示出的图),以及发光区域11

和光传播区域17之间的界面16处的反射率(参看图16中以正方形(B)示出的图)。

[0111] 表2

[0112] $d_1=0.225\mu\text{m}$

[0113] $d_2=0.280\mu\text{m}$

[0114] $d_3=1.52\mu\text{m}$

[0115] $W_1=1.7\mu\text{m}$

[0116] $L_2=40\mu\text{m}$

[0117] $n_{\text{eff-1}}=3.2272614$

[0118] $n_{\text{eff-2}}=3.2272690$

[0119] $n_{\text{eff-2}}-n_{\text{eff-1}}=7.6\times 10^{-6}$

[0120] 如图15中的示例1的发光元件的叠层结构体的示意平面图中所示,大部分从发光区域11发出的光是从光射出端面18发出的;然而,剩余的光,即使很微小,也会在光射出端面18上反射。然后,由于存在光传播区域17,仅仅在光射出端面18上反射的一部分光返回到发光区域11,如图15所示。因此,可以降低耦合系数。

[0121] 发光区域11和光传播区域17之间的有效折射率差非常小,使得基于所述参数的耦合系数是 2×10^{-6} 。此外,界面16处的反射率大约为 $6\times 10^{-4}\%$ 。图17的图中示出发光区域11和光传播区域17之间的有效折射率差之间的关系以及耦合系数。此外,图18A示出当对所获得的示例1的发光元件执行连续振荡驱动直到200毫安为止时的光输出(参看图18A的“A”)和电压(参看图18A的“B”)。此外,图18B中示出当以光输出成为15毫瓦时的电流值对所获得的示例1的发光元件执行恒定电流驱动时的光谱。在该情况下,获得光谱宽度为2nm。此外,如图21A所示,与图21B中示出的现有技术不同,从光射出端面发出的光的半径形状不弯曲。

[0122] 对其中使光传播区域17中的叠层结构体的结构与发光区域11中的叠层结构体的结构相同的发光元件进行试验,并将其作为对比示例1的发光元件。在图19中示出对比示例1的发光元件的示意剖视图,其与沿图1A中的箭头IIB-IIB获得的视图相同。对比示例1的发光元件的光传播区域17中的有效折射率 $n'_{\text{eff-2}}$ 是 $n'_{\text{eff-2}}=3.2285759$ 。对比示例1的发光元件的发光区域11的有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 与示例1的发光元件的发光区域11的有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 相同。因此, $n'_{\text{eff-2}}-n_{\text{eff-1}}=1.3145\times 10^{-3}$,界面处的反射率大约为 $4\times 10^{-2}\%$,与示例1相比增加了 10^2 的数量级,从而难以抑制激光振荡。图20A示出当对所获得的对比示例1的发光元件执行连续振荡驱动时的光输出(参看图20A的“A”)和电压(参看图20A的“B”)。此外,图20B中示出当以光输出成为15毫瓦时的电流值对所获得的对比示例1的发光元件执行恒定电流驱动时的光谱。然而,光谱宽度大约为0.1nm。

[0123] 在下文中,将参考作为叠层结构体及类似物的示意部分剖面图的图5、6A、6B、6C、7A、7B和7C,描述示例1的制造发光元件的方法。

[0124] 工艺100

[0125] 首先,基于公知的MOCVD法,在由n-GaAs基板制成的基板10上,依次形成缓冲层,第一化合物半导体层21,有源层23和第二化合物半导体层22(第二化合物半导体层的第一层22A,第二化合物半导体层的第二层22B,第二化合物半导体层的第三层22C和22D)。更具体地说,依次形成第一化合物半导体层21,有源层23,第二化合物半导体层的第一层22A,第二化合物半导体层的第2A层22B₁,第一蚀刻停止层31,第二化合物半导体层的第2B层22B₂,第

二蚀刻停止层32,第二化合物半导体层的第2C层22B₃,第二化合物半导体层的第三层22C和22D(参看图5)。然后,利用现有方法执行热处理等等。对于合成物及类似物,参看表1和表2。

[0126] 然后,去除用于形成光传播区域17的区域中的第二化合物半导体层的第三层22C和22D,去除用于形成波脊峰纹邻接部13的区域中的第二化合物半导体层的第三层22C和22D和第二化合物半导体层的第二层22B。具体来讲,去除用于形成光传播区域17的区域中的第二化合物半导体层的第三层22C和22D和第二化合物半导体层的第2C层22B₃,去除用于形成波脊峰纹邻接部13的区域中的第二化合物半导体层的第2C层22B₃、第二蚀刻停止层32和第二化合物半导体层的第2B层22B₂。

[0127] 工艺110

[0128] 更具体地说,在整个表面上形成抗蚀剂层33,基于光刻技术在用于形成波脊峰纹邻接部13的区域中的一部分抗蚀剂层33上形成开口。因此,可以获得图6A、6B和6C中示出的结构。下文中将说明的图6A或者图7A是与沿图1A中的箭头IIB-IIB获得的视图相同的示意剖视图,下文中将说明的图6B或者图7B是与沿图1A中的箭头IB-IB获得的视图相同的示意剖视图,下文中将说明的图6C或者图7C是与沿图1A中的箭头IC-IC获得的视图相同的示意剖视图。然后,通过对叠层结构体20执行湿蚀刻,去除波脊峰纹邻接部13中的叠层结构体20。具体来讲,通过对构成叠层结构体20的第二化合物半导体层的第三层22D和22C、第二化合物半导体层的第2C层22B₃、第二蚀刻停止层32和第二化合物半导体层的第2B层22B₂执行湿蚀刻,第一蚀刻停止层31中的蚀刻停止。其后,去除抗蚀剂层33。

[0129] 工艺120

[0130] 接下来,覆盖发光区域11,形成在用于形成光传播区域17的区域部分处具有开口的抗蚀剂层。然后,通过对叠层结构体20执行湿蚀刻,去除光传播区域17中的叠层结构体20。具体来讲,通过在构成叠层结构体20的第二化合物半导体层的第三层22D和22C上执行湿蚀刻直至第二化合物半导体层的第2C层22B₃,在第二蚀刻停止层32上的蚀刻停止。其后,去除抗蚀剂层。因此,可以获得图7A、7B和7C中示出的结构。

[0131] 工艺130

[0132] 其后,基于例如CVD法在整个表面上形成绝缘材料层(电介质膜)24,并去除位于第二化合物半导体层22的顶面上的一部分绝缘材料层24。然后,在整个表面上形成第二电极26。接下来,将基板10减薄至预定厚度,并在基板10的表面上形成由例如Au/Ni/AuGe(AuGe与基板10接触)制成的第一电极25,然后,可以通过执行元件分离获得示例1的发光元件。

[0133] 如上所述,示例1的发光元件包括发光区域,和从所述发光区域延伸出并具有光射出端面的光传播区域。因此,到达光射出端面的一部分光返回到光传播区域;然而返回到发光区域的有源层的光量非常小,因此可以降低耦合系数。此外,由于限定了波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度 d_1 、光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度 d_2 、和波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度 d_3 之间的关系,并且限定了发光区域中的有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 和光传播区域中的有效折射率 $n_{\text{eff-2}}$ 之间的关系,因此可以抑制光在发光区域和光传播区域之间的界面处的反射,并且进一步降低耦合系数。作为上述的结果,尽管结构简单,却可以抑制感应发光,因此可以扩展光谱宽度,并且可以降低斑点噪声。此外,光射出端面18与波脊峰纹结构部12延伸的X方向正交。换言之,光射出端面18垂直于波脊峰纹结构部12延伸的X方向(平行于YZ面)。因此,辐射强度分布在发光元件的水平方向和垂直方向上

成为高斯分布,并且容易通过透镜聚集光,因此光学系统的设计变得容易。此外,从光射出端面发出的光的半径形状弯曲的问题不再发生。作为上述的结果,可以非常容易地将示例1的发光元件应用于例如显示设备。

[0134] 示例2

[0135] 示例2是示例1的变型,涉及根据本发明的第二实施例和第四实施例的制造发光元件的方法。通过示例2的制造发光元件的方法获得的发光元件具有与示例1中描述的发光元件基本上相同的构成和结构。在下文中,将参考图8A、8B和8C描述示例2的制造发光元件的方法,图8A、8B和8C是与图1A中沿箭头IIB-IIB获得的视图相同的叠层结构体及类似物的示意部分剖面图。

[0136] 工艺200

[0137] 首先,基于公知的MOCVD法,在由n-GaAs基板制成的基板10上,依次形成缓冲层,第一化合物半导体层21,有源层23,第二化合物半导体层的第一层22A和第二化合物半导体层的第二层22B。更具体地说,依次形成第一化合物半导体层21,有源层23,第二化合物半导体层的第一层22A,第二化合物半导体层的第2A层22B₁,蚀刻停止层31,和第二化合物半导体层的第2B层22B₂(参看图8A)。

[0138] 工艺210

[0139] 接下来,在用于形成光传播区域17的区域中的第二化合物半导体层的第二层22B上形成掩模层(选择性生长掩模层)34。具体来讲,通过基于CVD法在整个表面上形成由SiO₂制成的掩模层,并基于光刻技术和蚀刻技术对所述掩模层构图,可以形成掩模层(选择性生长掩模层)34。

[0140] 工艺220

[0141] 其后,在用于形成发光区域11的区域中的第二化合物半导体层的第二层22B上形成第二化合物半导体层的第三层22C和22D。更具体地说,基于MOCVD法在未被掩模层34覆盖的用于形成发光区域11的区域中的第二化合物半导体层的第2B层22B₂上形成第二化合物半导体层的第三层22C和22D(参看图8C)。工艺230

[0142] 接下来,去除在用于形成波脊峰纹邻接部13的和第二化合物半导体层的第二层22B的区域中的第二化合物半导体层的第三层22C和22D。更具体地说,通过在整个表面上形成抗蚀剂层,基于光刻技术在用于形成波脊峰纹邻接部13的区域的一部分抗蚀剂层上形成开口。然后,通过对叠层结构体20执行湿蚀刻,去除波脊峰纹邻接部13中的叠层结构体20。具体来讲,通过在构成叠层结构体20的第二化合物半导体层的第三层22D和22C、以及第二化合物半导体层的第2B层22B₂上执行湿蚀刻,在蚀刻停止层31中的蚀刻停止。其后,去除抗蚀剂层,此外还去除掩模层34。

[0143] 工艺240

[0144] 接下来,可以通过执行与示例1的“工艺120”和“工艺130”相同的工艺获得示例2的发光元件。

[0145] 此外,在示例2中,波脊峰纹结构部12中的第二化合物半导体层22的厚度d₃是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、蚀刻停止层31、第2B层22B₂和第三层22C和22D的厚度的总和。此外,光传播区域17中的第二化合物半导体层22的厚度d₂是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、蚀刻停止层31和第2B层22B₂的厚度的总和。此外,波脊

峰纹邻接部13中的第二化合物半导体层22的厚度 d_1 是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁和蚀刻停止层31的厚度的总和。

[0146] 示例3

[0147] 示例3是示例1和2的变型。如作为示例3的发光元件的光传播区域17的示意部分剖视图的图9所示,在示例3中,在波脊峰纹结构部12的至少一个侧面和波脊峰纹邻接部13的顶面上形成第一电介质膜24(参看图3),并在光传播区域17的顶面上形成第二电介质膜24A,第二电介质膜24A由与第一电介质膜24不同的材料制成。具体来讲,第一电介质膜24由Ta₂O₅制成,第二电介质膜24A由SiO₂制成。

[0148] 除上述几点之外,示例3的发光元件的构成和结构可以与示例1和2的构成和结构相同,因此不再提供详细说明。如上所述,通过使第一电介质膜24的材料不同于第二电介质膜24A的材料,可以增加设置有效折射率 $n_{\text{eff-1}}$ 和 $n_{\text{eff-2}}$ 的值的自由度以及设置 d_1 、 d_2 和 d_3 的值的自由度。

[0149] 示例4

[0150] 示例4是示例1至3的变型。在示例1至3中,发光元件被设置为发出红色的发光元件,并且叠层结构体由基于AlGaInP的化合物半导体构成。而另一方面,在示例4的发光元件中,发光元件被设置为发出蓝色或者绿色的发光元件,并且叠层结构体由基于AlGaInN的化合物半导体构成。此外,可以通过干蚀刻执行基于AlGaInN的化合物半导体层的蚀刻,并且通常不需要形成蚀刻停止层。可以通过蚀刻时间来控制蚀刻量(蚀刻深度)。替代地,通过以激光束照射叠层结构体,并且利用激光束的反射率由于通过蚀刻改变叠层结构体的厚度而周期性地变化的现象,可以检测蚀刻的停止位置。

[0151] 在下面的表3中示出在发出蓝色或者绿色的发光元件(半导体发光元件)中的由基于AlGaInN的化合物半导体制成的叠层结构体20的构成。然而,实质上描述的化合物半导体层是在由n-GaN基板制成的基板10上形成的。

[0152] 表3

[0153]			合成物
	第二化合物半导体层 22		
	第三层 (接触层)		p-GaN:Mg
	第二层 (第二覆盖层)22B		p-AlGaN:Mg
	第一层 (第二导光层)20A		GaInN
	有源层 23		
	阱层 / 屏障层		GaInN/GaN
	第一化合物半导体层 21		
	第一导光层		GaInN
	第一覆盖层		n-AlGaN:Si
缓冲层			n-GaN

[0154] 除上述几点之外,示例4的发光元件或者制造发光元件的方法可以与示例1至3中描述的发光元件或者制造发光元件的方法相同,因此不再提供详细说明。

[0155] 此外,在示例4中,波脊峰纹结构部12中的第二化合物半导体层22的厚度 d_3 是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、第2B层22B₂、第2C层22B₃、和第三层22C和22D的厚度的总和。此外,光传播区域17中的第二化合物半导体层22的厚度 d_2 是第二化合物半导体层22的第一层22A、第2A层22B₁、和第2B层22B₂的厚度的总和。此外,波脊峰纹邻接部13中的第二化合物半导体层22的厚度 d_1 是第二化合物半导体层22的第一层22A和第2A层22B₁的厚度的总和。

[0156] 示例5

[0157] 示例5涉及本发明的显示设备。在示例5中,如作为示意图的图10所示,所述显示设备被设置为包括发光元件(半导体发光元件)作为光源的光栅扫描型投影仪。所述投影仪以由SLD制成的发光元件作为光源对光线执行光栅扫描,并通过根据待显示的图像控制光的亮度来显示图像。具体来讲,来自发出红光的发光元件101R、发出绿光的发光元件101G和发出蓝光的发光元件101B的各个光线通过二向色棱镜102R、102G和102B而组合成一道光束,通过水平扫描仪103和垂直扫描仪104扫描所述光束,并将所述光束投射到用于显示图像或者视频的诸如屏幕、墙壁等等之类的照射表面105上,因此获得图像。水平扫描仪103和垂直扫描仪104例如可以组合多角镜和电流计扫描仪。替代地,所述水平扫描仪和垂直扫描仪例如可以包括利用MEMS技术制造的多个数字微镜设备(DMD)与多角镜或者电流计扫描仪的组合,并且还可以通过其中水平扫描仪和垂直扫描仪彼此集成的结构来构成,即,由以二维矩阵形状布置DMD而制成的二维空间调制元件构成,或者由以单个DMD执行二维扫描的二维

MEMS扫描仪构成。此外,还可以使用折射率调制型扫描仪,比如声光效应扫描仪和电光效应扫描仪。

[0158] 替代地,还可以包括作为一维空间调制元件的多个栅状光阀 (GLV) 元件与多角镜或者电流计扫描仪的组合。也就是说,如图11的示意图所示,所述显示设备包括由GLV元件203R和光源(红光发射元件)202R构成的图像生成设备201R,由GLV元件203G和光源(绿光发射元件)202G构成的图像生成设备201G,和由GLV元件203B和光源(蓝光发射元件)202B构成的图像生成设备201B。此外,从光源(红光发射元件)202R发出的红光由点线表示,从光源(绿光发射元件)202G发出的绿光由实线表示,从光源(蓝光发射元件)202B发出的蓝光由短划线表示。所述显示设备由聚光透镜(未示出)、L形棱镜204、透镜205和空间滤波器206、成像透镜(未示出)、扫描镜(电流计扫描仪)207和屏幕(照射表面)208构成,所述聚光透镜聚集从这些光源202R、202G和202B发出的光并使所述光入射到GLV元件203R、203G和203B,从GLV元件203R、203G和203B发出的光入射穿过所述L形棱镜204并组合成一道光束,组合而成的三原色光穿过所述透镜205和空间滤波器206,所述成像透镜对穿过空间滤波器206的一道光束执行成像,所述扫描镜扫描穿过所述成像透镜的一道光束,所述屏幕208投射由扫描镜207扫描的光。

[0159] 本发明是基于优选实施例描述的;然而,本发明不局限于这些实施例。实施例中描述的发光元件和显示设备以及制造发光元件的方法的构成和结构仅仅是示例,并且可以作出适当地修改。可以在第二电极和第二化合物半导体层之间形成透明导电材料层。依据在一些情况下使用的材料,以围绕平行于Y方向的轴旋转的形状形成光射出端面。

[0160] 在一些情况下,并不是在用于形成光传播区域的区域中形成第二化合物半导体层的第二层上的掩模层,而是在形成第一化合物半导体层的中间形成掩模层。在图12中示出了以这样的方式获得的发光元件的部分剖视图,其与沿图1A中的箭头IIB-IIB获得的视图相同。除了形成掩模层的形成顺序和形成叠层结构体的工序之外,图12中示出的发光元件可以是基于与示例2中描述的制造发光元件的方法基本上相同的制造方法来制造。

[0161] 波脊峰纹结构部可以具有喇叭口结构。具体来讲,例如,如通过图13A中的波脊峰纹结构部的轮廓线所表示的,波脊峰纹结构部12的宽度 W_R 在发光区域11和光传播区域17之间的界面16处最宽,并在第一区域、第二区域和第三区域中朝着光反射端面15而逐渐变窄。替代地,如通过图13B中的波脊峰纹结构部的轮廓线所表示的,波脊峰纹结构部12的宽度 W_R 在发光区域11和光传播区域17之间的界面16处最宽,在第一区域中恒定,并在第二区域和第三区域中朝着光反射端面15而逐渐变窄。替代地,如通过图13C中的波脊峰纹结构部的轮廓线所表示的,波脊峰纹结构部12的宽度 W_R 在发光区域11和光传播区域17之间的界面16处最宽,在第一区域中恒定,在第二区域中朝着光反射端面逐渐变窄并随后变为恒定,并且在第三区域中宽度恒定。替代地,如通过图13D中的波脊峰纹结构部的轮廓线所表示的,波脊峰纹结构部12的宽度 W_R 在发光区域11和光传播区域17之间的界面16处最宽,在第一区域中恒定,在第二区域中朝着光反射端面而逐渐变窄、变为恒定宽度、并且随后朝着光反射端面而逐渐变宽,并在第三区域中宽度恒定。

[0162] 在实施例中,在XY平面上切割波脊峰纹结构部12的横截面形状被设置为等腰梯形;然而,不局限于此,也可以是矩形。替代地,如图14的示意部分剖视图所示,所述截面形状可以是多阶形状(阶梯形状)。具体来讲,例如其中第二化合物半导体层的厚度为 d_2 的部

分的宽度比第二化合物半导体层的顶面的宽度宽,其中第二化合物半导体层的厚度为 d_2 的部分具有在Y方向上从所述第二化合物半导体层的高于所述部分的部分突出的形状。也就是说,第二化合物半导体层22的第2B层22B₂的宽度比第二化合物半导体层22的第三层22C和22D的宽度宽,并且第二化合物半导体层22的第2B层22B₂在Y方向上从第二化合物半导体层的第2C层22B₃突出。然后,第二蚀刻停止层32被留在第二化合物半导体层22的第2B层22B₂的突起部分22B₂上。然而,所述多阶形状(阶梯形状)不局限于这种形状,也可以是更多的多阶形状。

[0163] 此外,本发明可以获得以下构成。

[0164] [A01]发光元件…第一形式

[0165] 一种发光元件,包括由通过第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$ 。

[0166] [A02]根据[A01]所述的发光元件,其中当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$ 。

[0167] [A03]发光元件…第二形式

[0168] 一种发光元件,包括由通过第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由叠层结构体形成、从发光区域延伸、并具有光射出端面的光传播区域,其中,发光区域由波脊峰纹结构部和位于波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$ 。

[0169] [A04]在[A01]至[A03]的任一项中描述的发光元件,其中所述光传播区域的长度为40 μm 或更多。

[0170] [A05]在[A01]至[A04]的任一项中描述的发光元件,其中当所述发光区域和光传播区域之间的界面处的有源层的宽度被设置为 W_1 ,所述光传播区域的长度被设置为 L_2 ,满足 $20 \leq L_2/W_1 \leq 60$ 。

[0171] [A06]在[A01]至[A05]的任一项中描述的发光元件,其中所述发光区域包括光反射端面,所述光反射端面上的光反射是99%或更多,并且所述光射出端面上的光反射是1%或者更小。

[0172] [A07]在[A01]至[A06]的任一项中描述的发光元件,其中把电流注入到所述波脊峰纹结构部,不把电流注入到所述光传播区域。

[0173] [A08]在[A07]描述中的发光元件,其中所述第一化合物半导体层电连接至第一电极,以及在构成至少波脊峰纹结构部的叠层结构体的顶面上形成第二电极。

[0174] [A09]在[A01]至[A07]的任一项中描述的发光元件,其中化合物半导体由基于AlGaInN的化合物半导体形成。

[0175] [A10]在[A01]至[A08]的任一项中描述的发光元件,其中在构成所述波脊峰纹结构部的叠层结构体中形成第一蚀刻停止层和第二蚀刻停止层,

[0176] 所述第一蚀刻停止层是在构成光传播区域的叠层结构体中形成,构成光传播区域的叠层结构体的顶面由第二蚀刻停止层构成,构成波脊峰纹邻接部的叠层结构体的顶面由第一蚀刻停止层构成。

[0177] [A11]在[A01]至[A08]的任一项中描述的发光元件,其中化合物半导体由基于AlGaInP的化合物半导体形成。

[0178] [A12]在[A01]至[A11]的任一项中描述的发光元件,其中至少在波脊峰纹结构部的侧表面以及波脊峰纹邻接部的顶面上形成第一电介质膜,在光传播区域的顶面上形成第二电介质膜,所述第二电介质膜通过与构成第一电介质膜的材料不同的材料制成。

[0179] [A13]在[A01]至[A12]的任一项中描述的发光元件,其中波脊峰纹结构部以直线形状延伸。

[0180] [A14]在[A01]至[A13]的任一项中描述的发光元件,其中当所述波脊峰纹结构部延伸的方向被设置为X方向,所述有源层的宽度方向被设置为Y方向,所述有源层的厚度方向被设置为Z方向的时候,当在包括所述有源层的虚拟XY平面上切割所述光传播区域时的光射出端面的切割面是沿Y方向延伸的直线。

[0181] [A15]在[A01]至[A14]的任一项中描述的发光元件,其中从所述光射出端面发出的光的发光光谱的半宽度是1nm或更多。

[0182] [A16]在[A01]至[A15]的任一项中描述的发光元件,其中所述发光元件由超发光二极管形成。

[0183] [B01]发光元件的制造方法…第一形式

[0184] 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部、和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,以及当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$,所述方法包括:

[0185] (a) 依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二化合物半导体层的第二层和第二化合物半导体层的第三层;以及

[0186] (b) 去除在用于形成所述光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层,并去除在用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0187] [B02]发光元件的制造方法…第二形式

[0188] 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层有源层第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部、和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-1}}$,所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff-2}}$ 时,满足 $|n_{\text{eff-1}} - n_{\text{eff-2}}| \leq 8 \times 10^{-4}$,所述方法包括:

[0189] (a) 依次形成第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层的第一层、第二

化合物半导体层的第二层和第二化合物半导体层的第三层;以及

[0190] (b) 去除在用于形成光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层,并去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0191] [B03] 发光元件的制造方法…第三形式

[0192] 在[B01]或者[B02]中描述的发光元件的制造方法,其中,在工艺(a)中,依次形成所述第一化合物半导体层,所述有源层,所述第二化合物半导体层的第一层,所述第二化合物半导体层的第2A层,第一蚀刻停止层,所述第二化合物半导体层的第2B层,第二蚀刻停止层,所述第二化合物半导体层的第2C层,和所述第二化合物半导体层的第三层,以及,在所述工艺(b)中,去除在用于形成所述光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第2C层,去除在用于形成所述波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层、所述第二化合物半导体层的第2C层、所述第二蚀刻停止层、和所述第二化合物半导体层的第2B层。

[0193] [B04] 发光元件的制造方法…第四形式

[0194] 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层有源层第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部、和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,以及当所述波脊峰纹邻接部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_1 ,所述光传播区域中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_2 ,所述波脊峰纹结构部中的第二化合物半导体层的厚度被设置为 d_3 时,满足 $d_3 > d_2 > d_1$,所述方法包括:

[0195] (a) 依次形成第一化合物半导体层,有源层,第二化合物半导体层的第一层,以及第二化合物半导体层的第二层;

[0196] (b) 在用于形成光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第二层上形成掩模层;

[0197] (c) 在用于形成发光区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第二层上形成所述第二化合物半导体层的第三层;以及

[0198] (d) 去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0199] [B05] 一种发光元件的制造方法,所述发光元件包括由通过第一化合物半导体层、有源层、第二化合物半导体层构成的叠层结构体所形成的发光区域,以及由所述叠层结构体形成、从所述发光区域延伸出、并具有光射出端面的光传播区域,其中,所述发光区域由波脊峰纹结构部、和位于所述波脊峰纹结构部两侧的波脊峰纹邻接部构成,当所述发光区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-1}$,所述光传播区域的有效折射率被设置为 $n_{\text{eff}-2}$ 时,满足 $|n_{\text{eff}-1} - n_{\text{eff}-2}| \leq 8 \times 10^{-4}$,所述方法包括:

[0200] (a) 依次形成第一化合物半导体层,有源层,第二化合物半导体层的第一层,以及第二化合物半导体层的第二层;

[0201] (b) 在用于形成光传播区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第二层上形成掩模层;

[0202] (c) 在用于形成发光区域的区域中的所述第二化合物半导体层的第二层上形成所述第二化合物半导体层的第三层;以及

[0203] (d) 去除在用于形成波脊峰纹邻接部的区域中的所述第二化合物半导体层的第三层和所述第二化合物半导体层的第二层。

[0204] [B06]在[B04]或者[B05]中描述的发光元件的制造方法,其中,在工艺(a)中,形成所述第一化合物半导体层、所述有源层、所述第二化合物半导体层的第一层、所述第二化合物半导体层的第2A层、蚀刻停止层和和所述第二化合物半导体层的第2B层。

[0205] [C01]显示设备

[0206] 包括在[A01]至[A13]的任一项中描述的发光元件的显示设备。

[0207] 本领域技术人员应理解的是,可根据设计要求及其他因素作出各种修改、组合、子组合和变化,只要它们涵盖在所述权利要求及其等效物的范围之内。

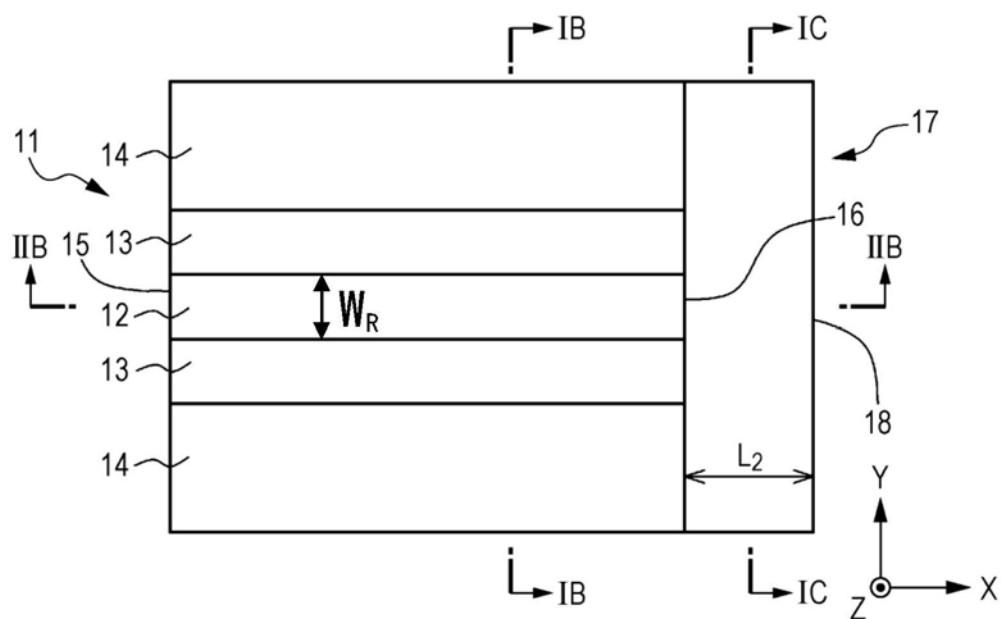


图1A

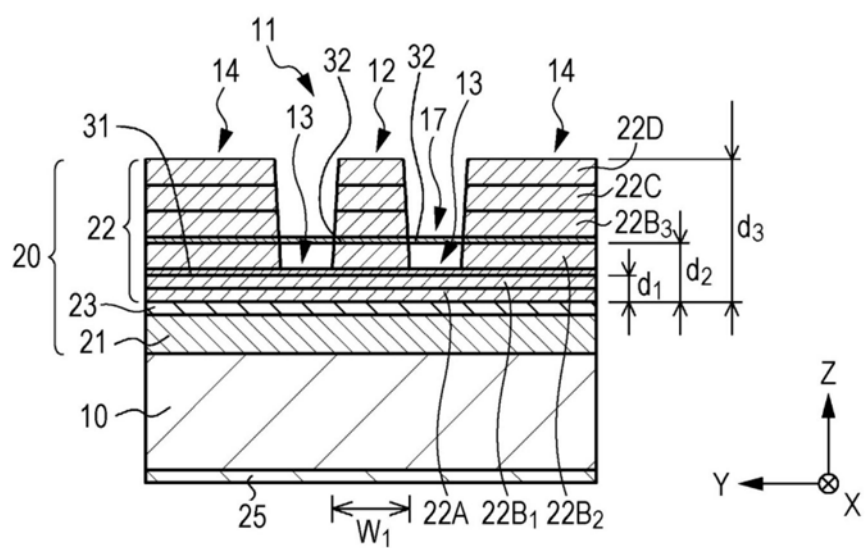


图1B

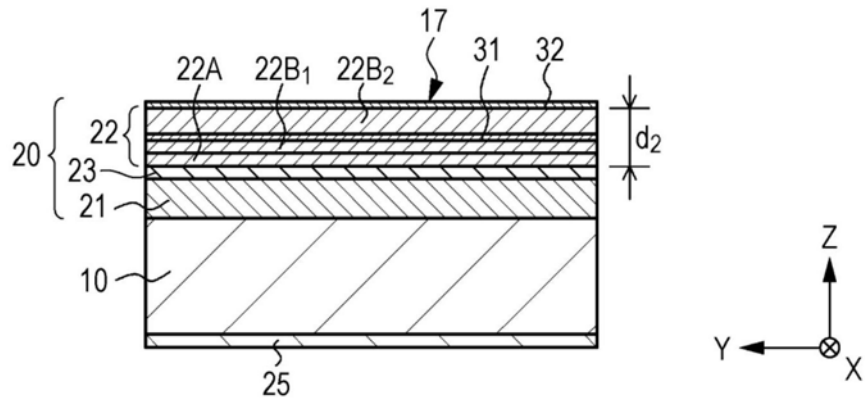


图1C

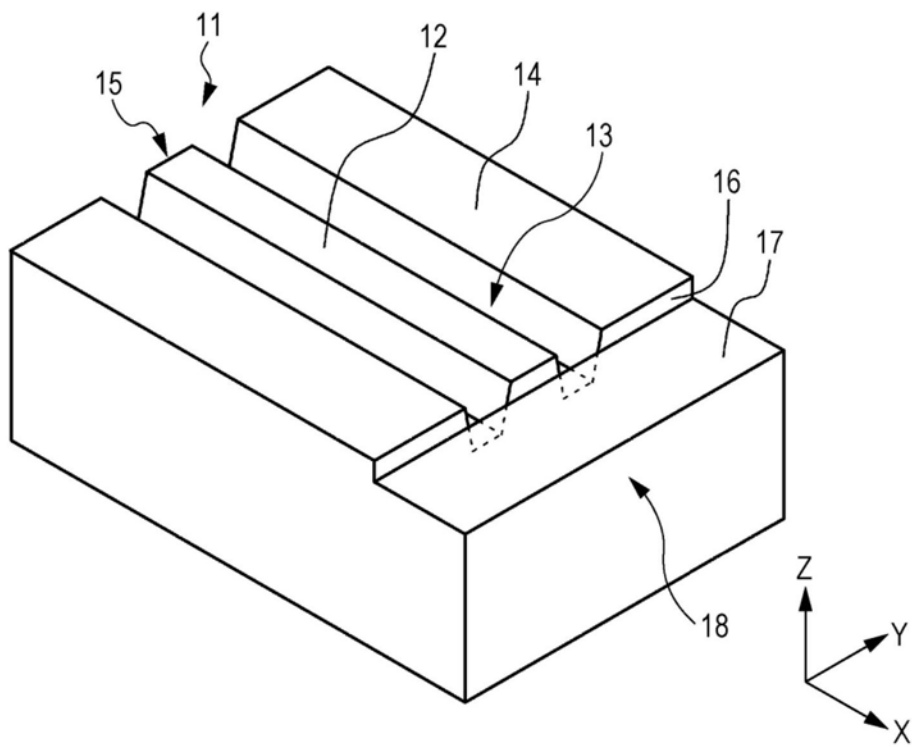


图2A

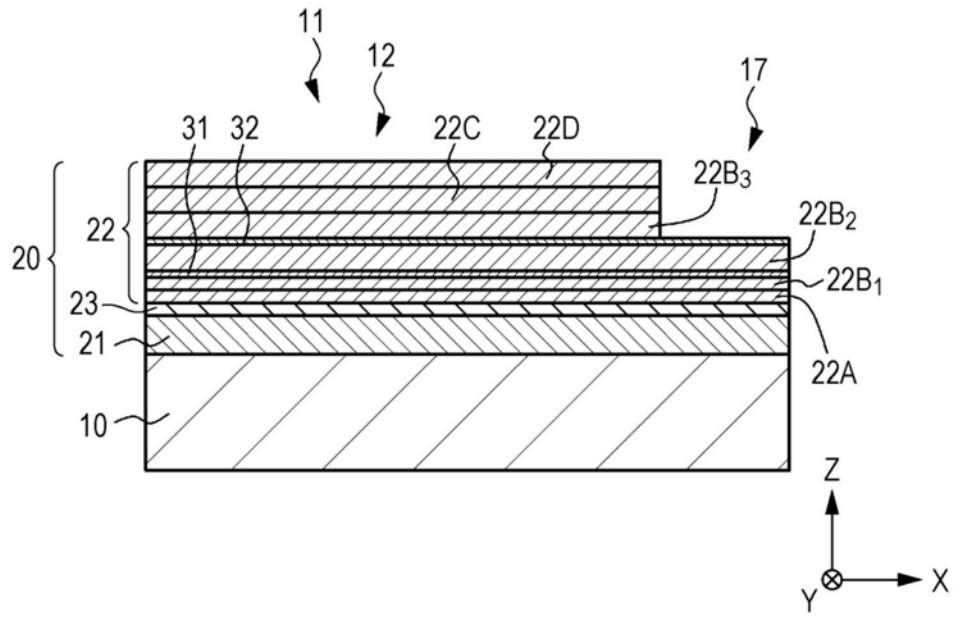


图2B

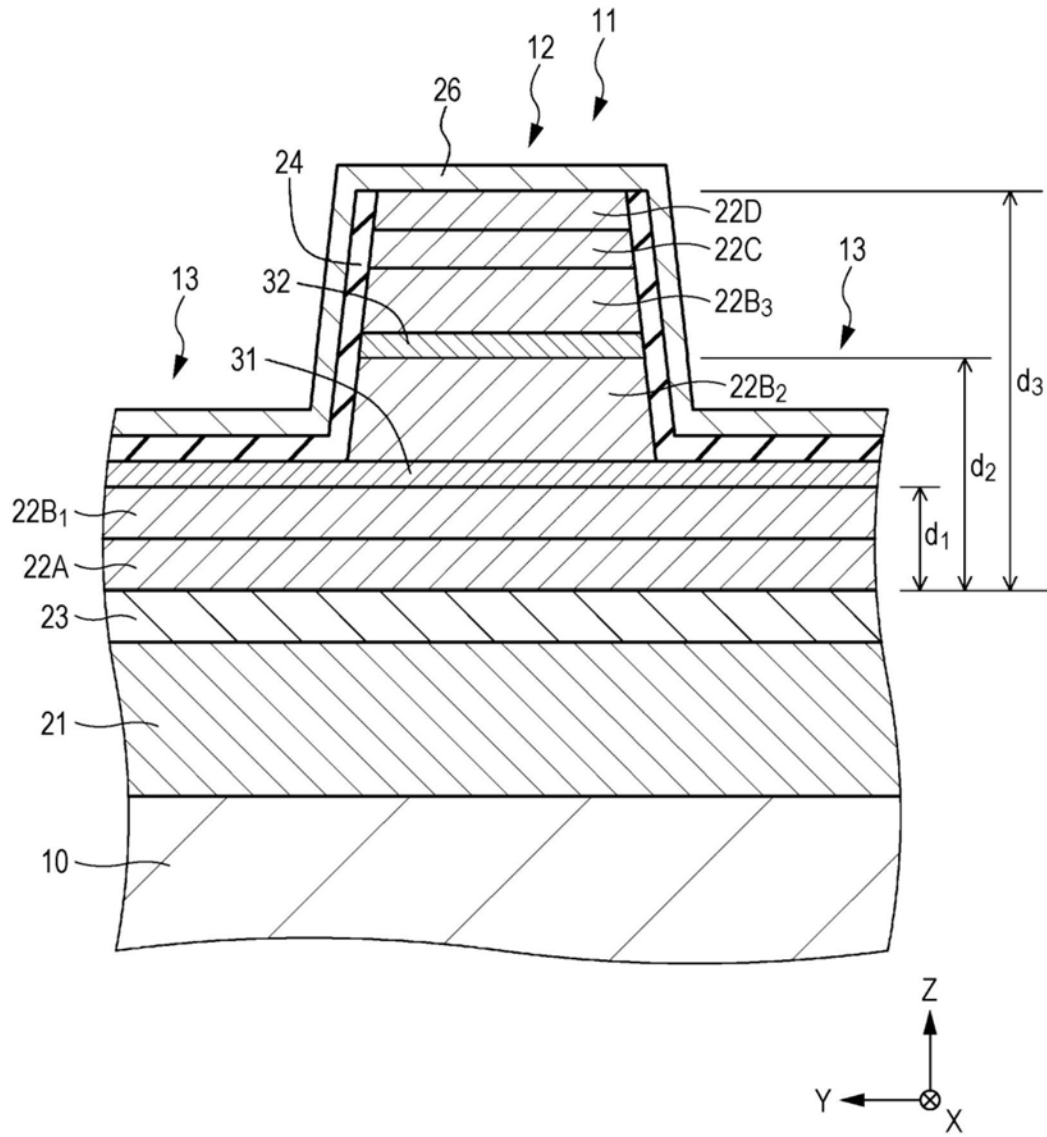


图3

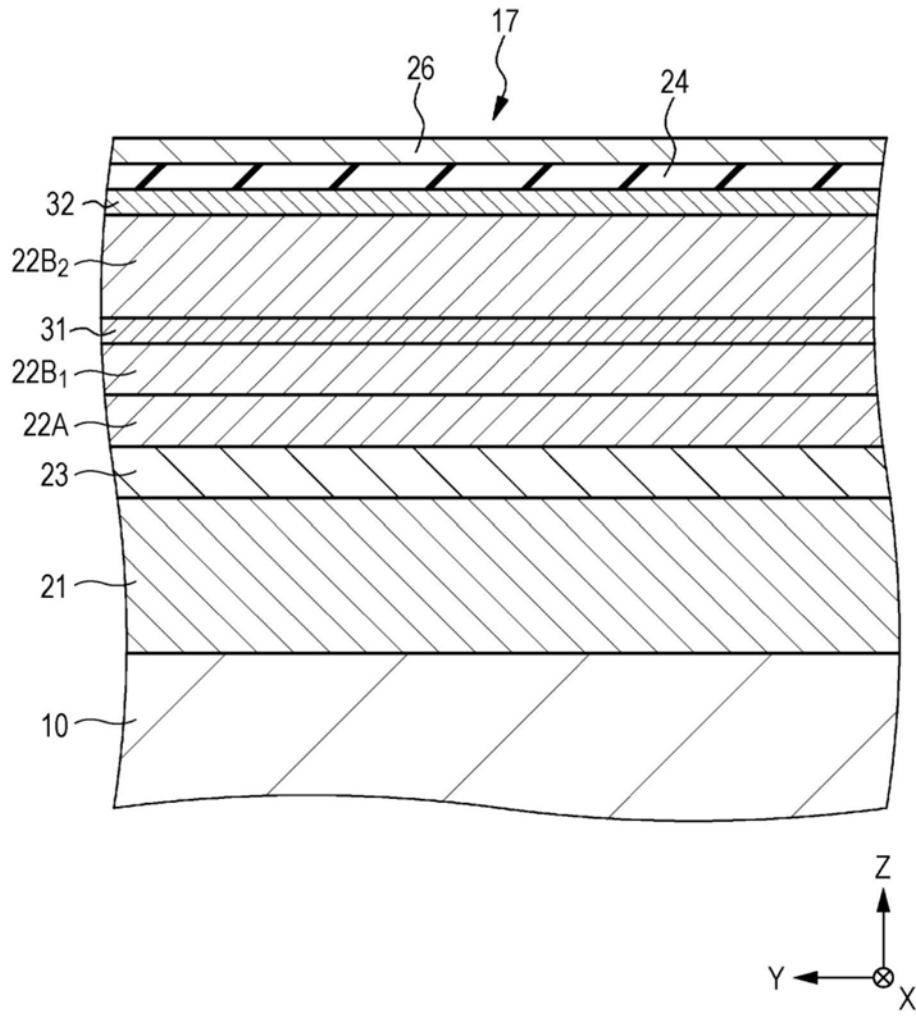


图4

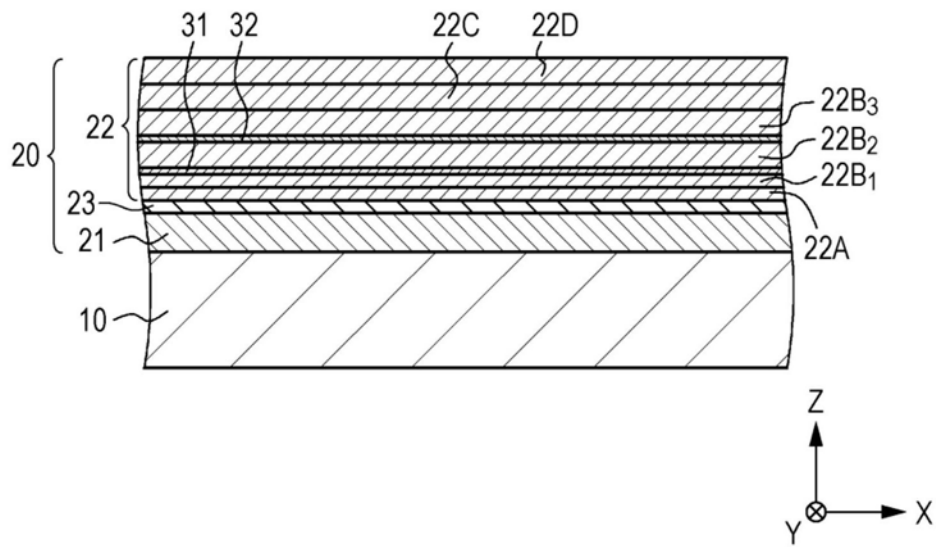


图5

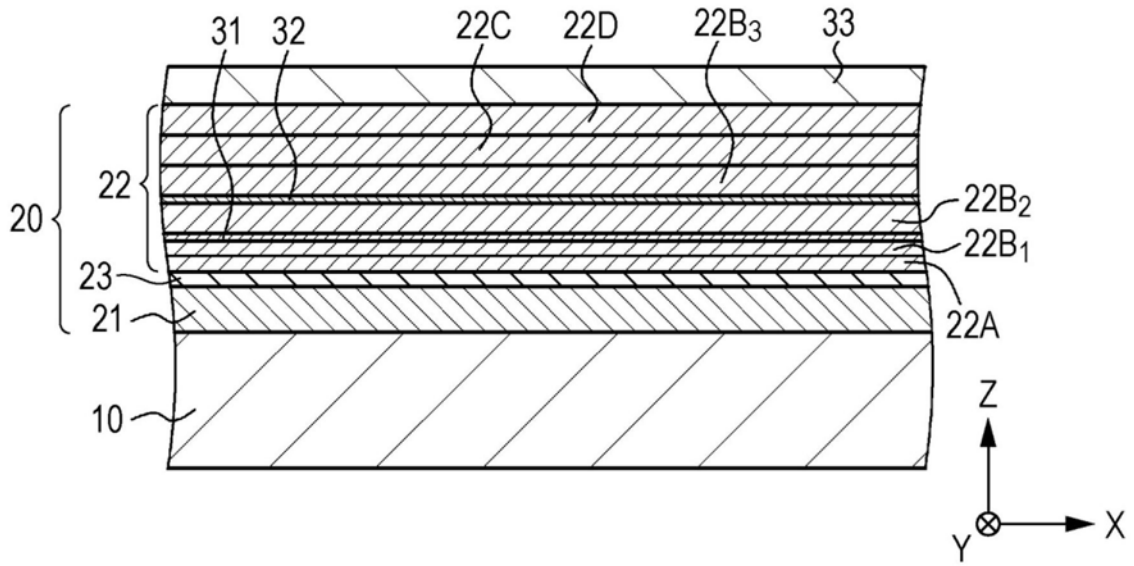


图6A

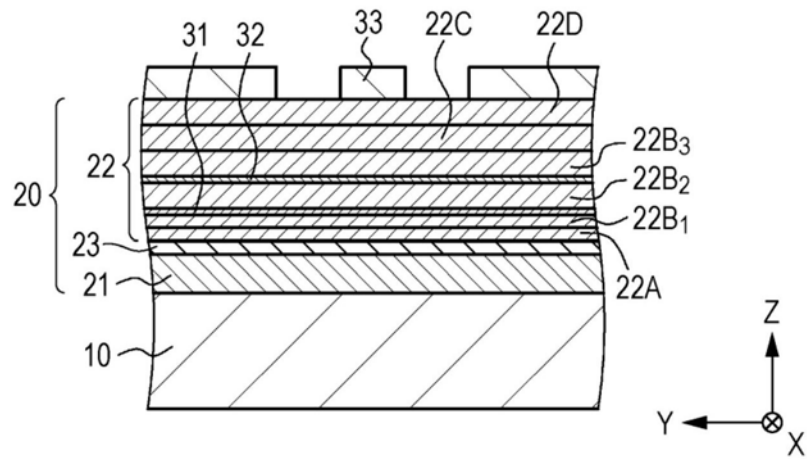


图6B

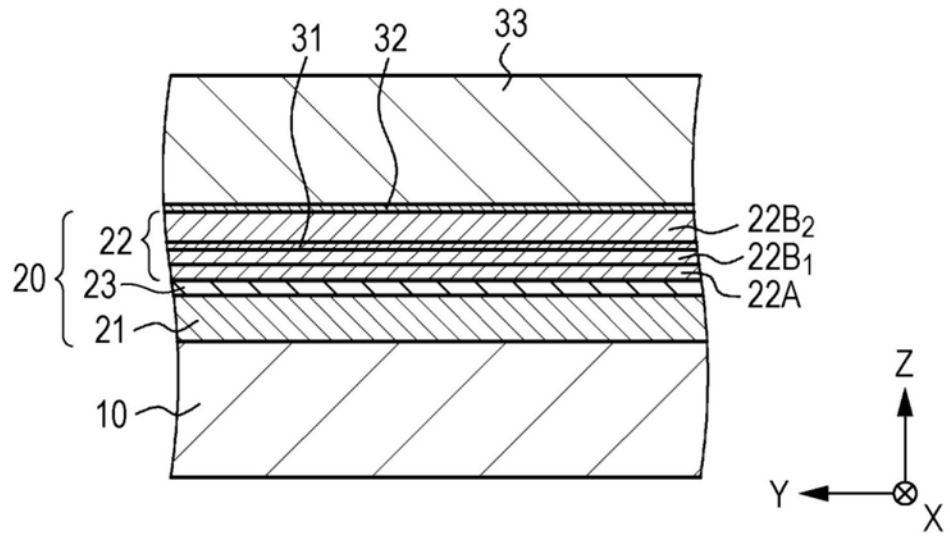


图6C

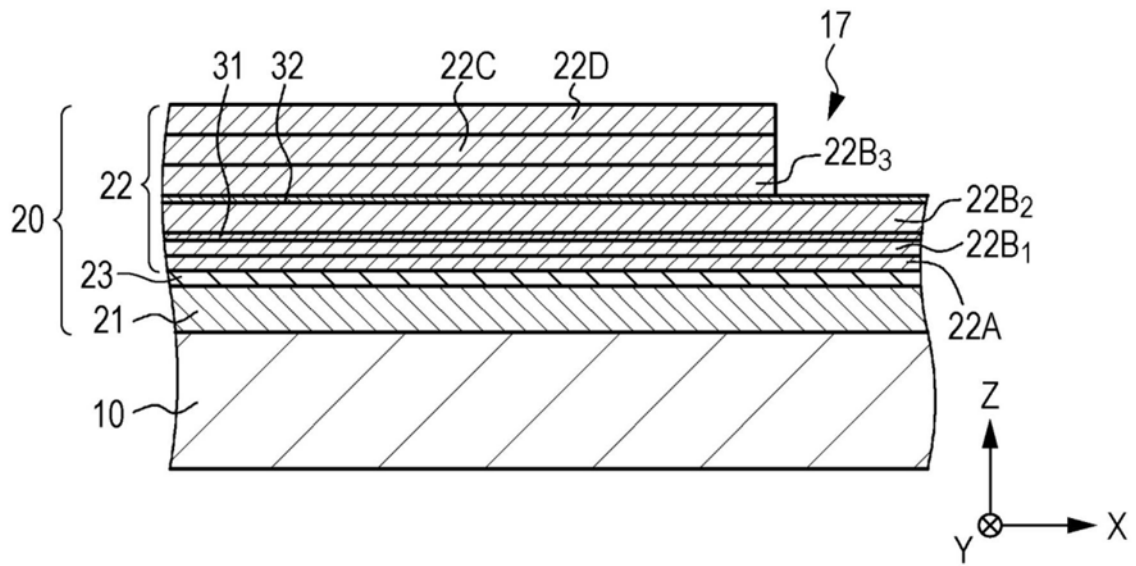


图7A

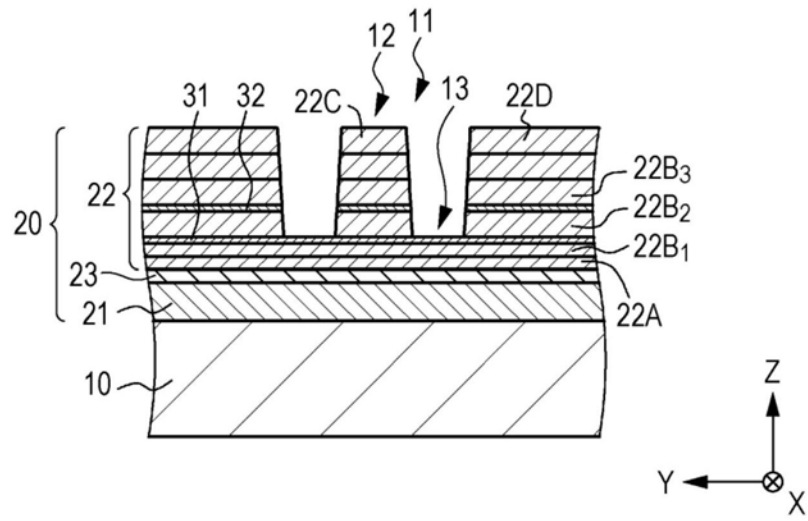


图7B

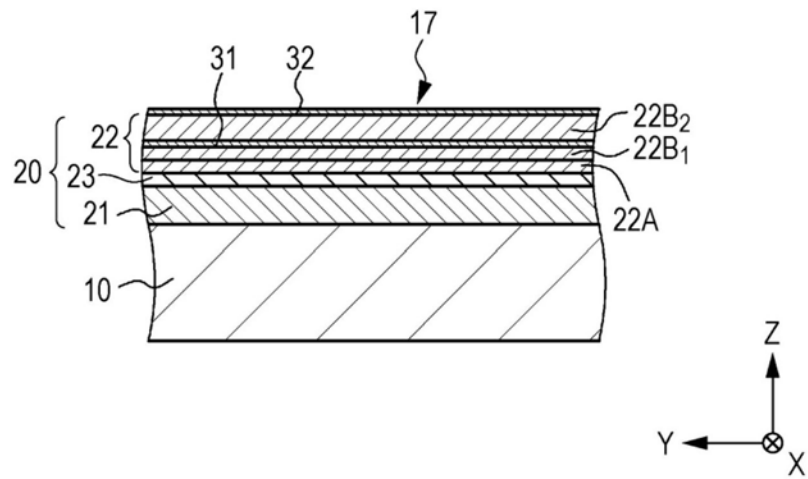


图7C

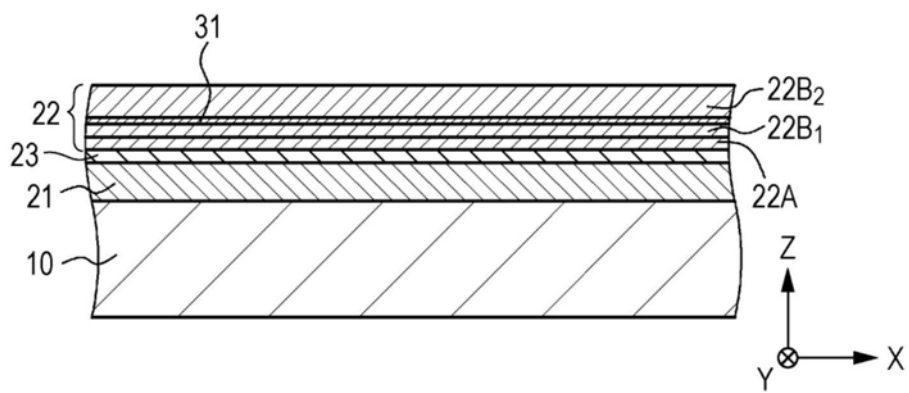


图8A

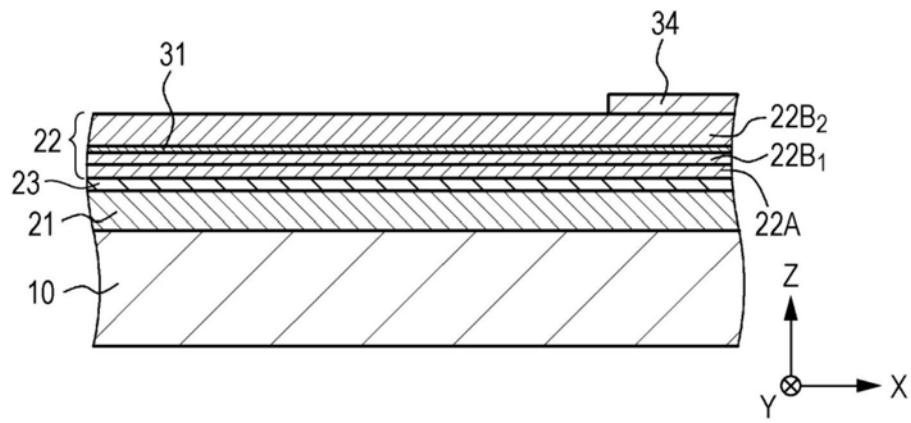


图8B

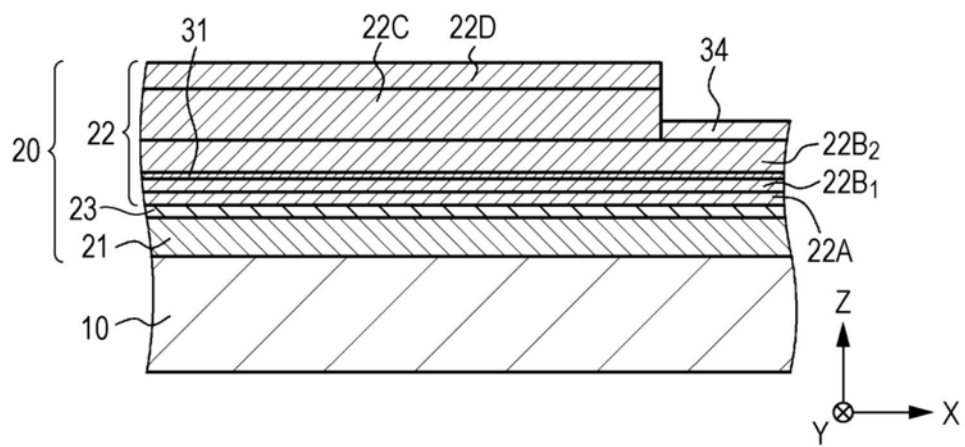


图8C

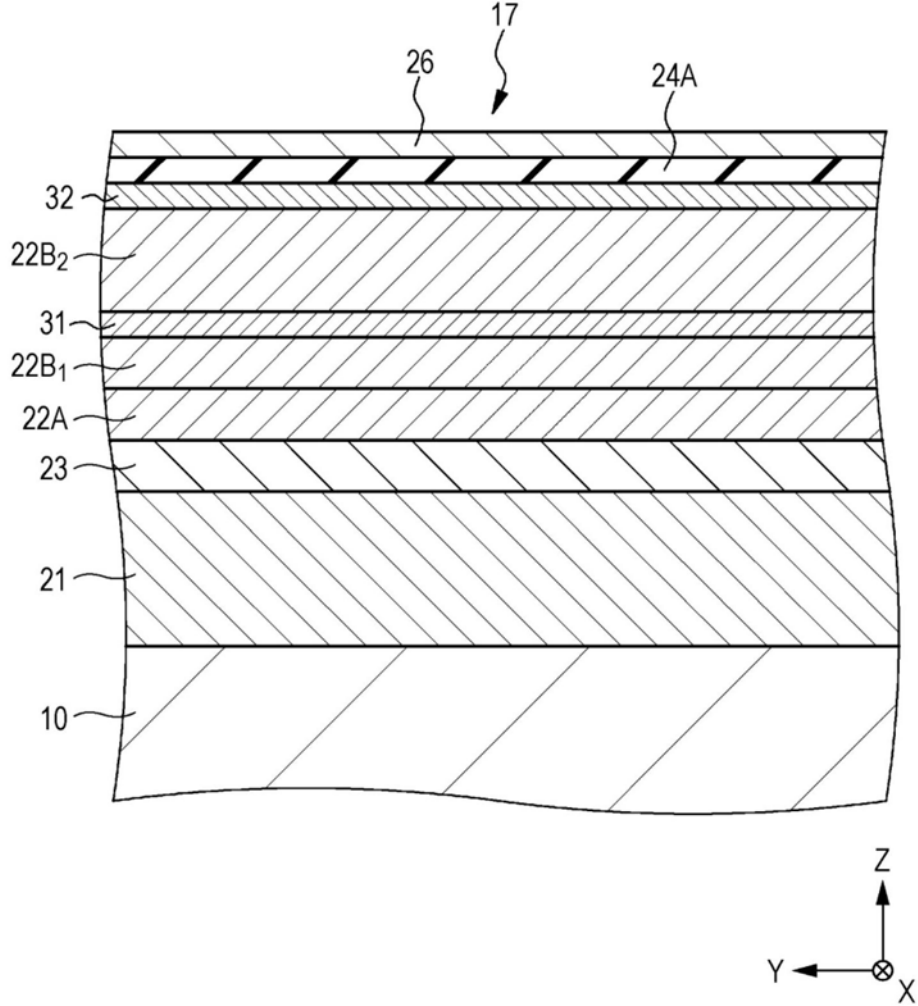


图9

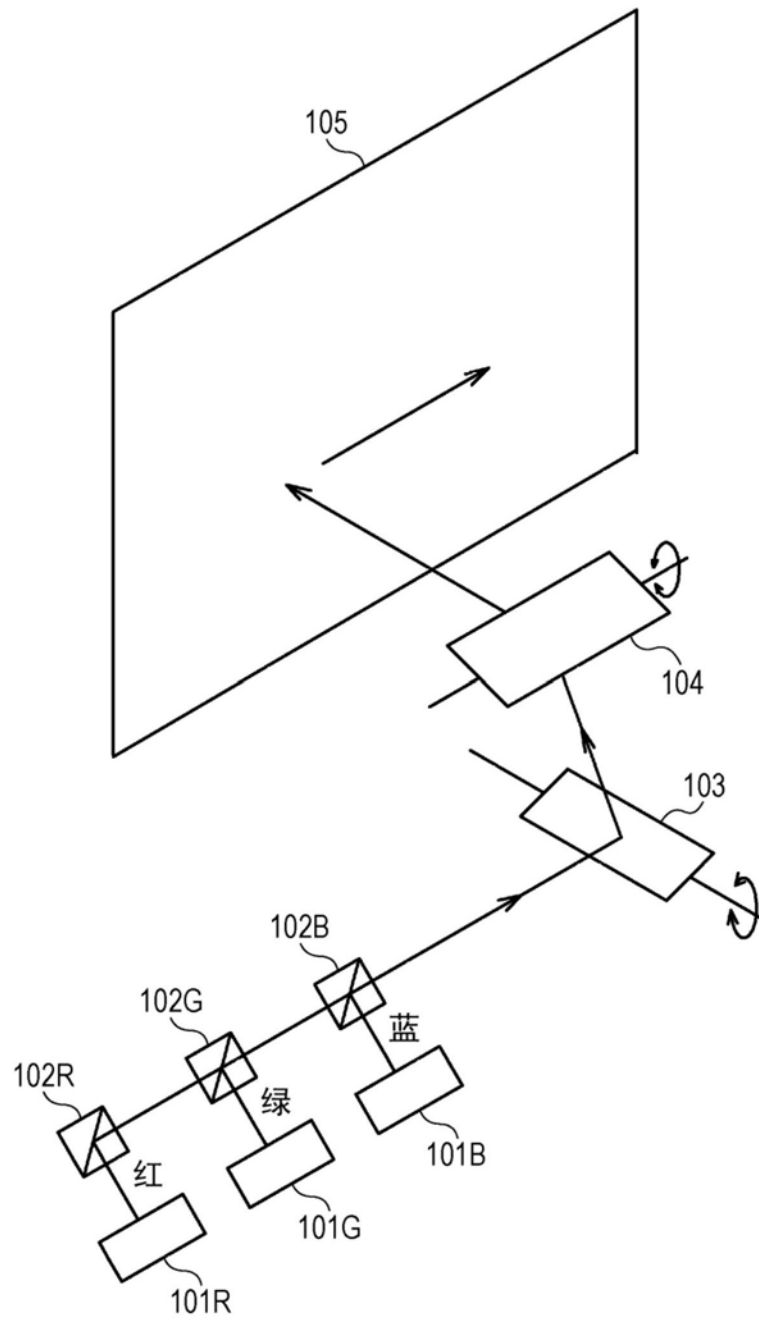


图10

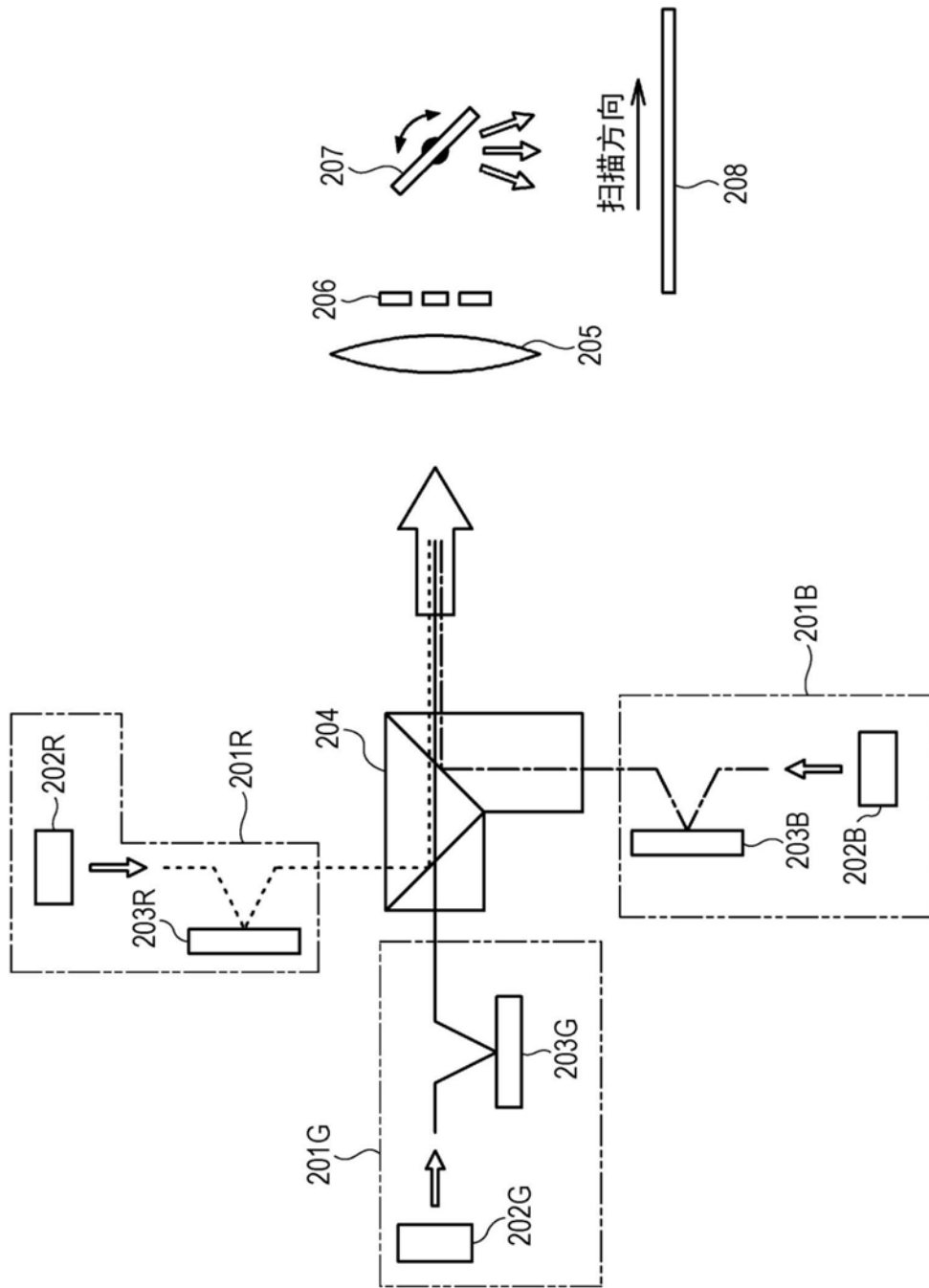


图11

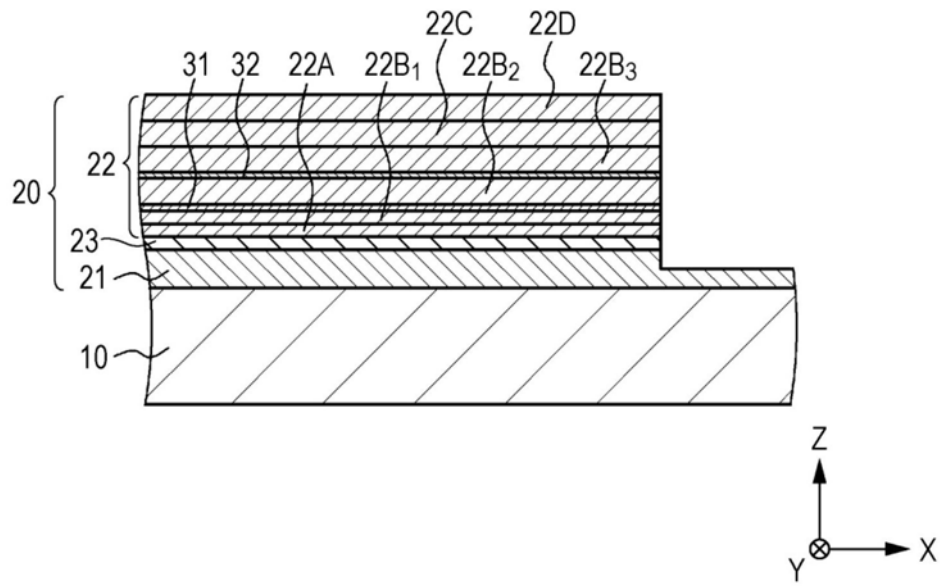


图12

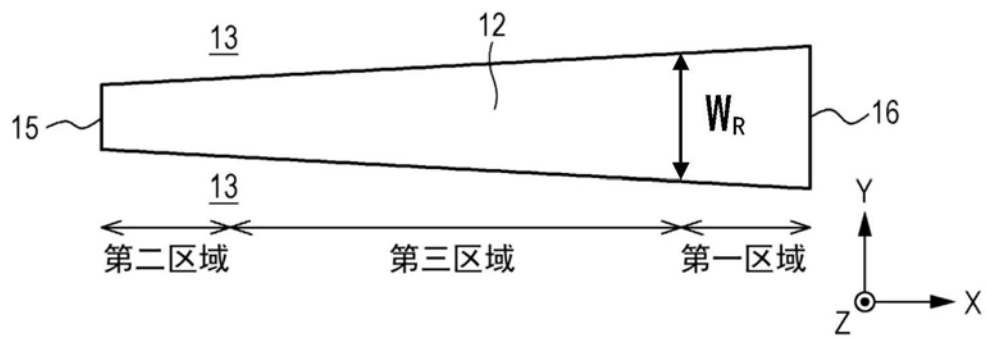


图13A

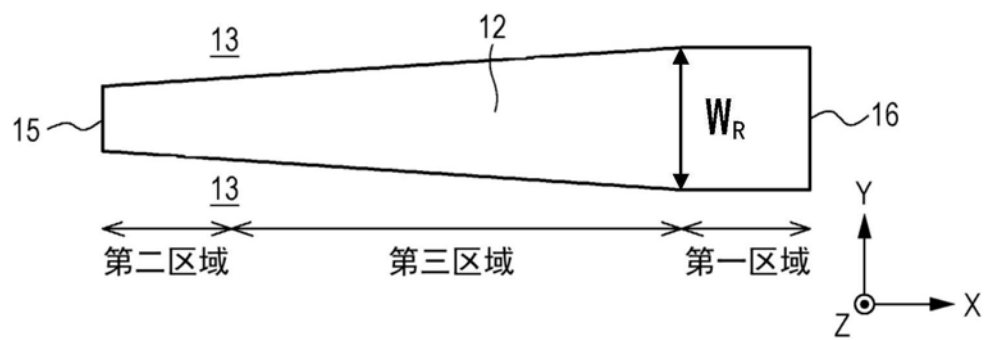


图13B

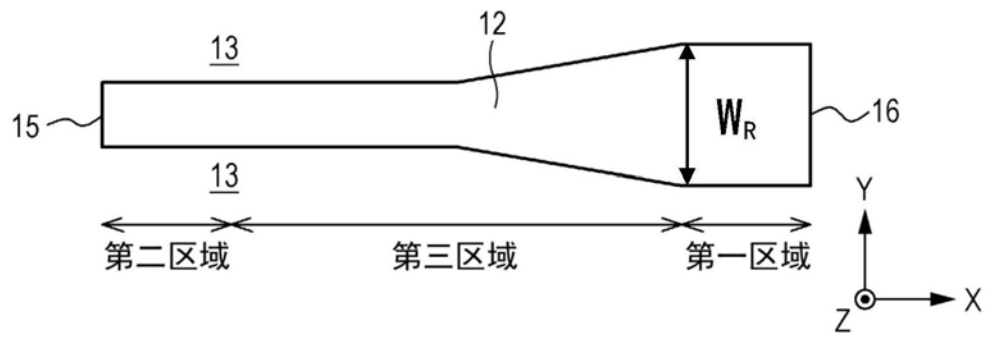


图13C

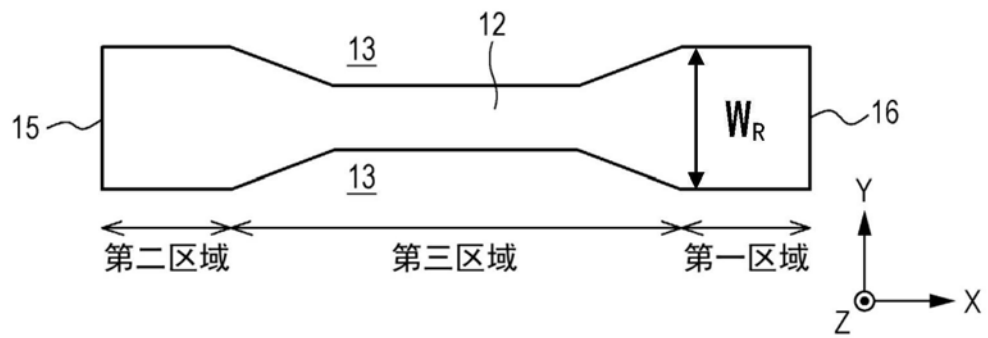


图13D

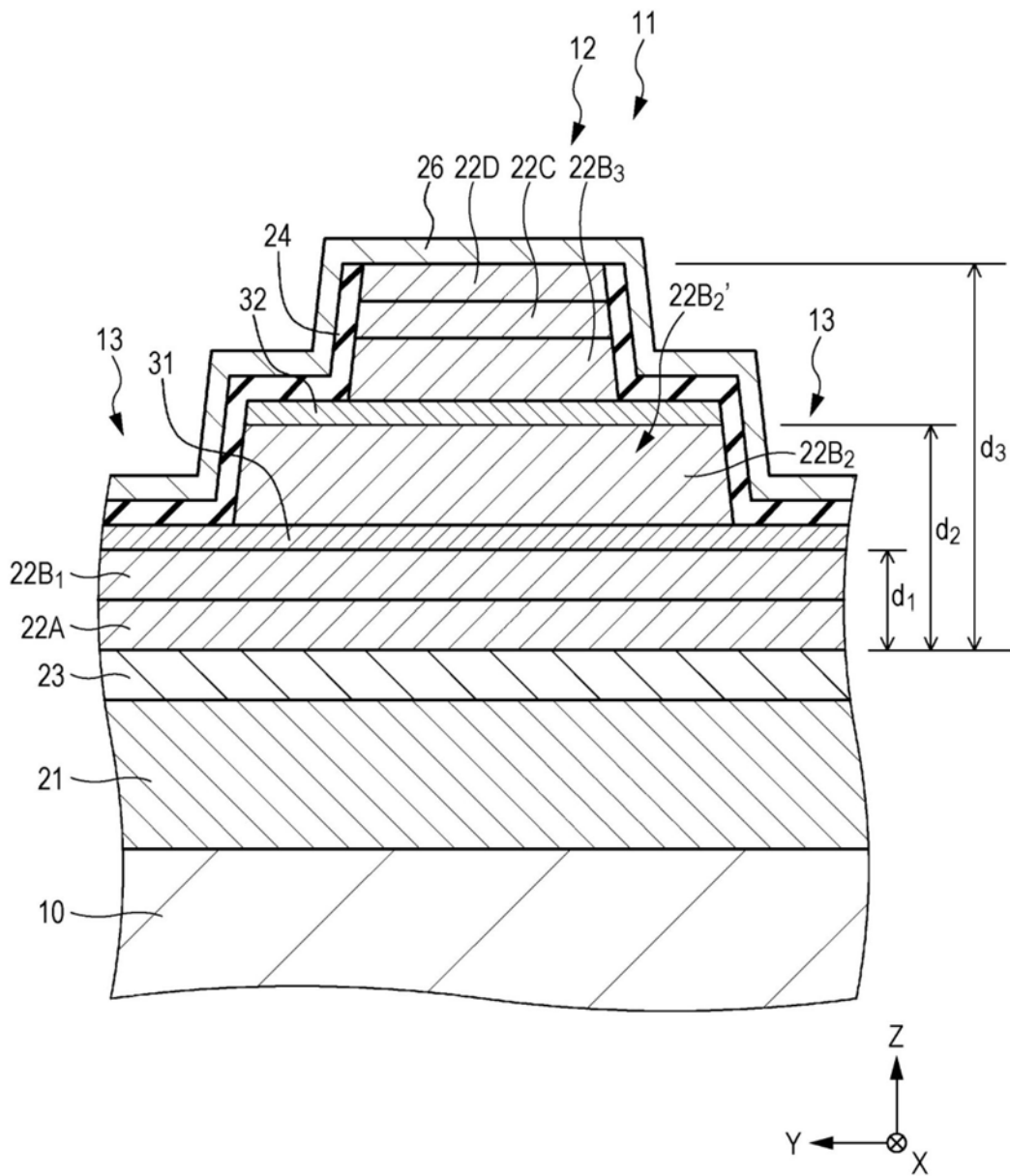


图14

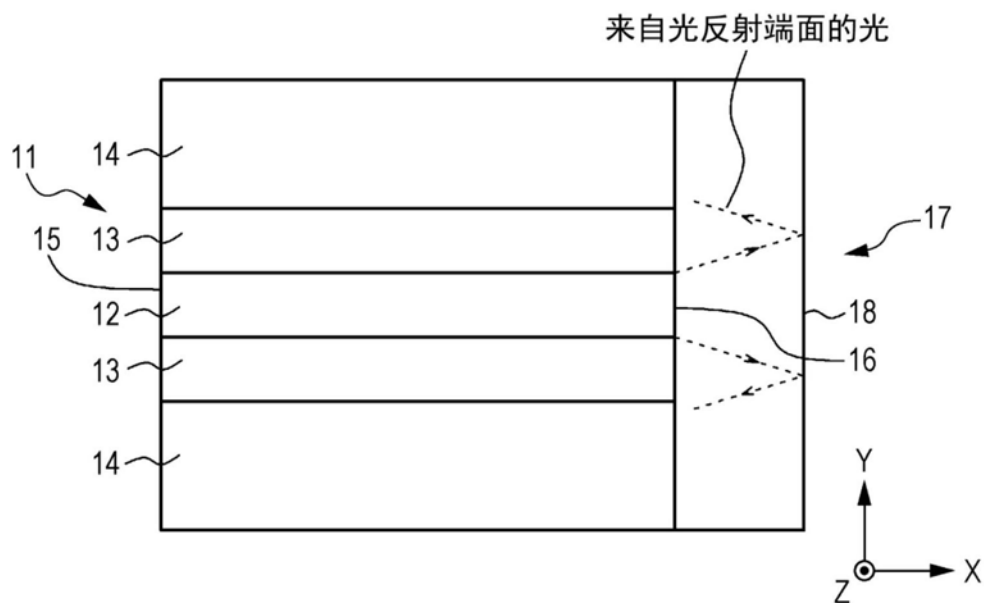


图15

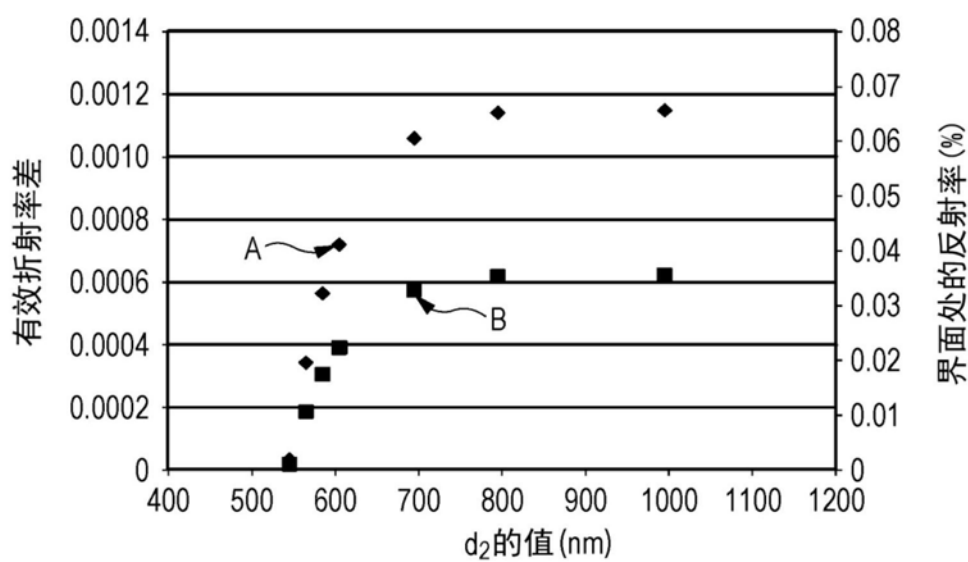


图16

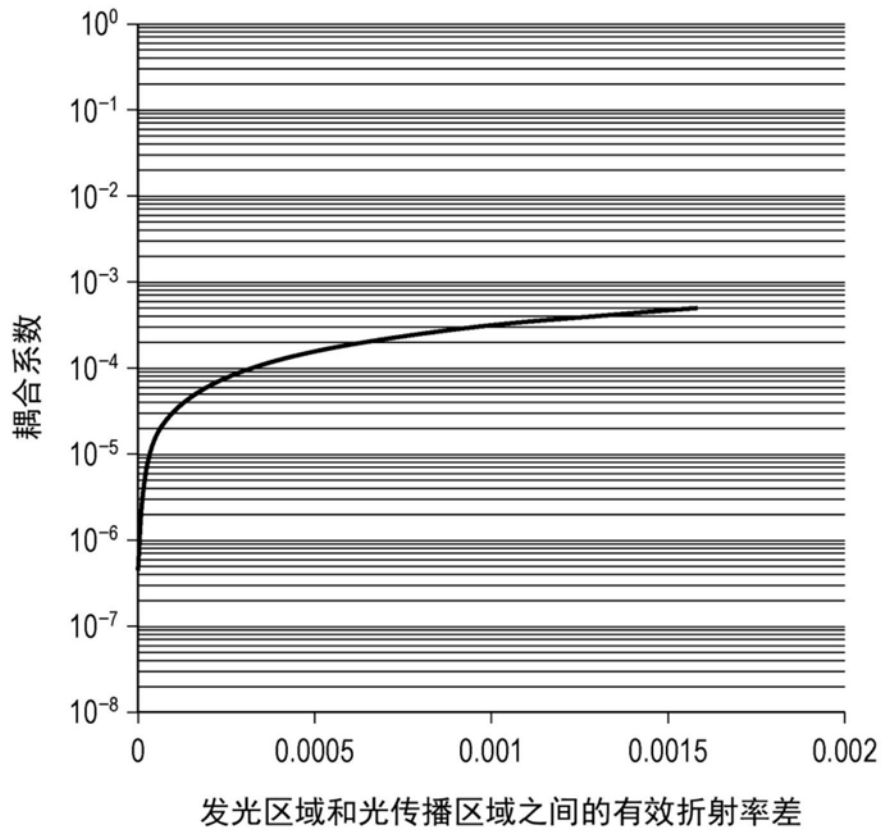


图17

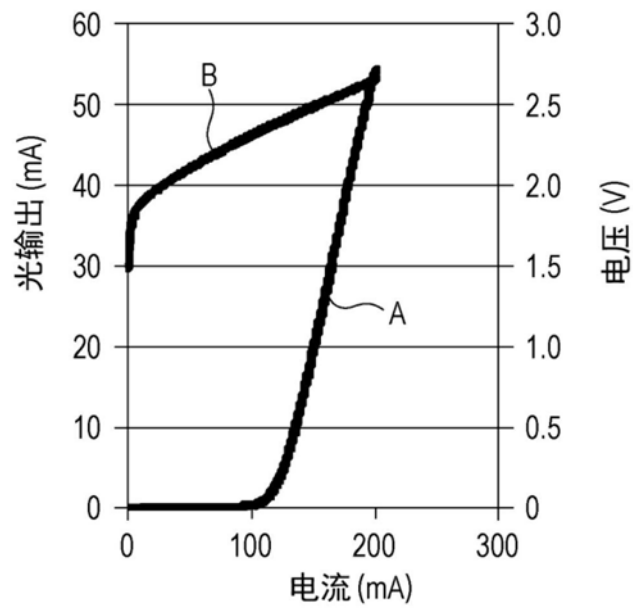


图18A

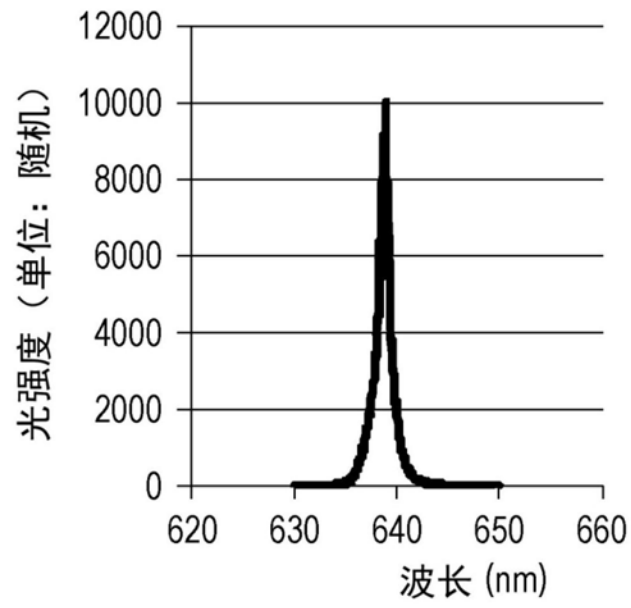


图18B

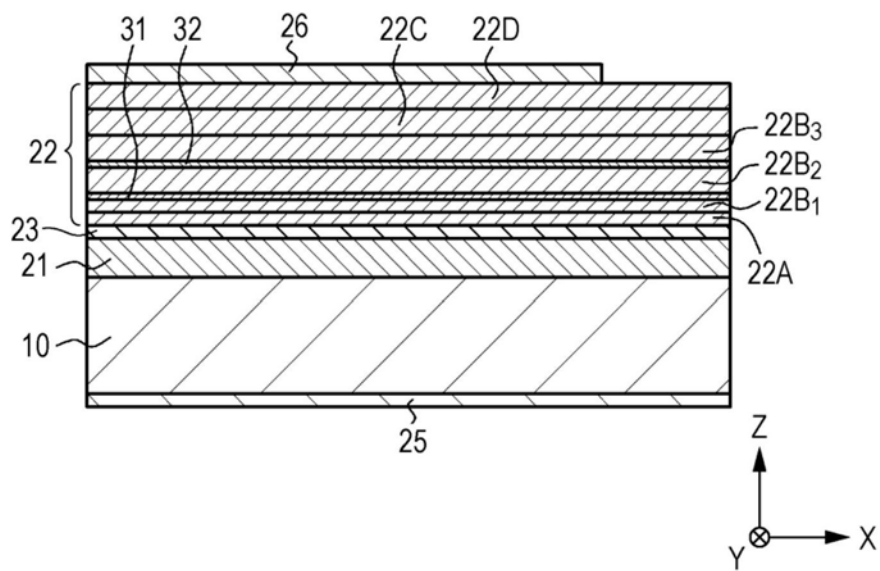


图19

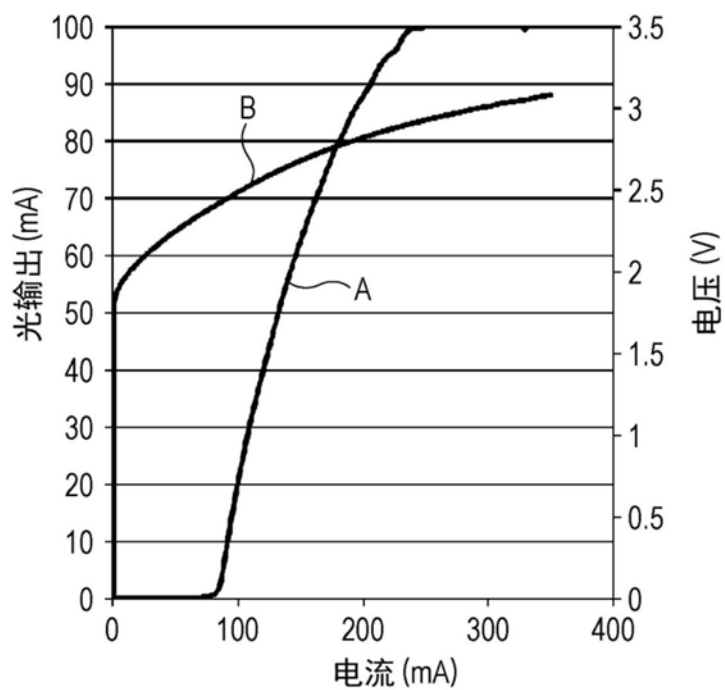


图20A

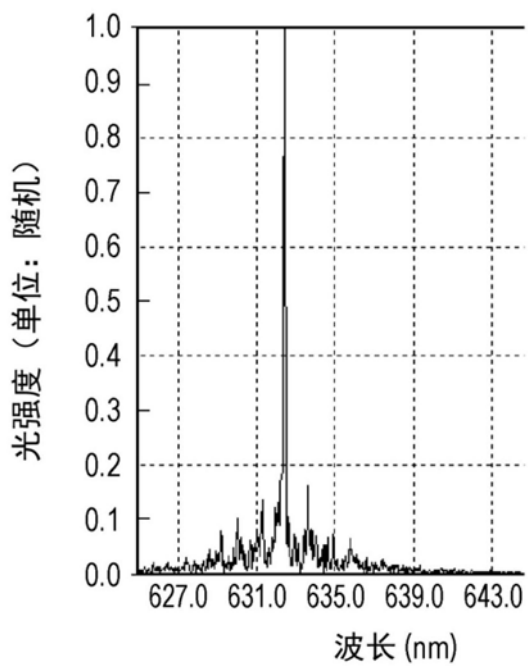


图20B

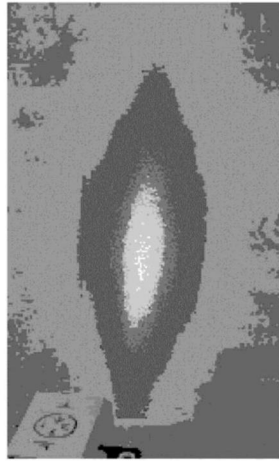


图21A

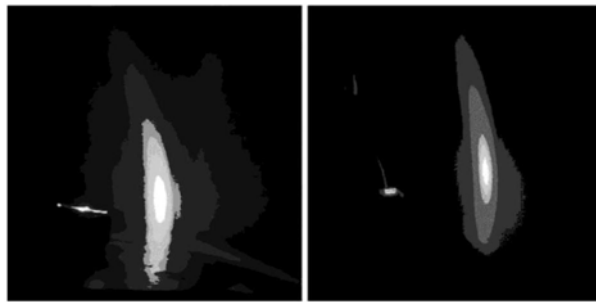


图21B