



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101101974 B

(45) 授权公告日 2011. 09. 07

(21) 申请号 200710127178. 2

CN 1370034 A, 2002. 09. 18,

(22) 申请日 2007. 07. 04

Hirotake KAJII et al. Study of

(30) 优先权数据

2006-184653 2006. 07. 04 JP

2006-327610 2006. 12. 04 JP

2007-073089 2007. 03. 20 JP

Transient Electroluminescence Process

Using Organic Light-Emitting Diode with

Partial Doping Layer. Japanese Journal of

Applied Physics. Japan Society of Applied

Physics, 2006, 45(4B), 3721-3724.

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

审查员 许晓昕

地址 日本神奈川

(72) 发明人 铃木恒德 濑尾哲史 野村亮二

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 陈季壮

(51) Int. Cl.

H01L 51/50 (2006. 01)

H01L 51/54 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1168217 A, 1997. 12. 17,

CN 1370034 A, 2002. 09. 18,

权利要求书 3 页 说明书 44 页 附图 37 页

(54) 发明名称

发光元件、发光装置和电子装置

(57) 摘要

发光元件包括：发光层和在第一电极和第二电极之间的控制载流子移动的层。所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和第二有机化合物，并且提供在所述发光层和第二电极之间。所述第一有机化合物具有电子迁移性能，第二有机化合物具有电子俘获性能。第一有机化合物的重量百分率高于第二有机化合物的重量百分率。当按第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时，所述发光层发光。具有电子迁移性能的第一有机化合物可以被具有空穴迁移性能的有机化合物替代，具有电子俘获性能的第二有机化合物可以被具有空穴俘获性能的有机化合物替代。

1. 发光装置,包括:
第一电极;
第二电极;
在所述第一电极和第二电极之间形成的发光层;和
在所述发光层和第二电极之间形成的控制载流子移动的层,
其中所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和添加到第一有机化合物中的第二有机化合物;
其中所述第一有机化合物具有电子迁移性能;
其中所述第二有机化合物具有电子俘获性能;
其中在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重量百分率高;和
其中当按第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时,所述发光层发光。
2. 根据权利要求1的发光装置,其中第二有机化合物的最低未占分子轨道能级比第一有机化合物的最低未占分子轨道能级低 0.3eV 或更多。
3. 根据权利要求1的发光装置,其中控制载流子移动的层的厚度为 5nm-20nm。
4. 根据权利要求1的发光装置,其中第二有机化合物的浓度为 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol%。
5. 根据权利要求1的发光装置,其中所述发光层具有电子迁移性能。
6. 根据权利要求1的发光装置,其中所述发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物;
其中第三有机化合物的重量百分率比第四有机化合物的重量百分率高;和
其中所述第三有机化合物具有电子迁移性能。
7. 根据权利要求6的发光装置,其中所述第一有机化合物和第三有机化合物是不同的有机化合物。
8. 根据权利要求1的发光装置,其中所述第一有机化合物是金属配合物。
9. 根据权利要求1的发光装置,其中所述第二有机化合物是香豆素衍生物。
10. 根据权利要求1的发光装置,其中所述发光装置是照明装置。
11. 包括根据权利要求1的发光装置的电子装置。
12. 根据权利要求11的电子装置,其中在显示器部分提供所述发光装置。
13. 发光装置,包括:
阳极;
阴极;
在所述阳极和阴极之间形成的发光层;和
在所述发光层和阴极之间形成的控制载流子移动的层,
其中所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和添加到第一有机化合物中的第二有机化合物;
其中所述第一有机化合物具有电子迁移性能;
其中所述第二有机化合物具有电子俘获性能;和
其中在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重

量百分率高。

14. 根据权利要求 13 的发光装置,其中第二有机化合物的最低未占分子轨道能级比第一有机化合物的最低未占分子轨道能级低 0.3eV 或更多。

15. 根据权利要求 13 的发光装置,其中控制载流子移动的层的厚度为 5nm-20nm。

16. 根据权利要求 13 的发光装置,其中第二有机化合物的浓度为 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol%。

17. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述发光层具有电子迁移性能。

18. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物;

其中第三有机化合物的重量百分率比第四有机化合物的重量百分率高;和

其中所述第三有机化合物具有电子迁移性能。

19. 根据权利要求 18 的发光装置,其中所述第一有机化合物和第三有机化合物是不同的有机化合物。

20. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述第一有机化合物是金属配合物。

21. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述第二有机化合物是香豆素衍生物。

22. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述控制载流子移动的层与所述发光层接触。

23. 根据权利要求 13 的发光装置,其中所述发光装置是照明装置。

24. 包括根据权利要求 13 的发光装置的电子装置。

25. 根据权利要求 24 的电子装置,其中在显示器部分提供所述发光装置。

26. 发光装置,包括:

第一电极;

第二电极;

在所述第一电极和第二电极之间形成的发光层;和

在所述发光层和第一电极之间形成的控制载流子移动的层,

其中所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和添加到第一有机化合物中的第二有机化合物;

其中所述第一有机化合物具有空穴迁移性能;

其中所述第二有机化合物具有空穴俘获性能;

其中在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重量百分率高;和

其中当按第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时,所述发光层发光。

27. 根据权利要求 26 的发光装置,其中第二有机化合物的最高占据分子轨道能级比第一有机化合物的最高占据分子轨道能级高 0.3eV 或更多。

28. 根据权利要求 26 的发光装置,其中控制载流子移动的层的厚度为 5nm-20nm。

29. 根据权利要求 26 的发光装置,其中第二有机化合物的浓度为 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol%。

30. 根据权利要求 26 的发光装置,其中所述发光层具有空穴迁移性能。

31. 根据权利要求 26 的发光装置,其中所述发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物;

其中第三有机化合物的重量百分率比第四有机化合物的重量百分率高 ;和
其中所述第三有机化合物具有空穴迁移性能。

32. 根据权利要求 31 的发光装置,其中所述第一有机化合物和第三有机化合物是不同的有机化合物。

33. 根据权利要求 26 的发光装置,其中所述第一有机化合物是芳族胺化合物。

34. 根据权利要求 26 的发光装置,其中所述发光装置是照明装置。

35. 包括根据权利要求 26 的发光装置的电子装置。

36. 根据权利要求 35 的电子装置,其中在显示器部分提供所述发光装置。

37. 发光装置,包括:

阳极;

阴极;

在所述阳极和阴极之间形成的发光层 ;和

在所述发光层和阳极之间形成的控制载流子移动的层,

其中所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和添加到第一有机化合物中的第二有机化合物 ;

其中所述第一有机化合物具有空穴迁移性能 ;

其中所述第二有机化合物具有空穴俘获性能 ;和

其中在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重量百分率高。

38. 根据权利要求 37 的发光装置,其中第二有机化合物的最高占据分子轨道能级比第一有机化合物的最高占据分子轨道能级高 0.3eV 或更多。

39. 根据权利要求 37 的发光装置,其中控制载流子移动的层的厚度为 5nm-20nm。

40. 根据权利要求 37 的发光装置,其中第二有机化合物的浓度为 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol%。

41. 根据权利要求 37 的发光装置,其中所述发光层具有空穴迁移性能。

42. 根据权利要求 37 的发光装置,其中所述发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物 ;

其中第三有机化合物的重量百分率比第四有机化合物的重量百分率高 ;和

其中所述第三有机化合物具有空穴迁移性能 ;

43. 根据权利要求 42 的发光装置,其中所述第一有机化合物和第三有机化合物是不同的有机化合物。

44. 根据权利要求 37 的发光装置,其中所述第一有机化合物是芳族胺化合物。

45. 根据权利要求 37 的发光装置,其中所述控制载流子移动的层与所述发光层接触。

46. 根据权利要求 37 的发光装置,其中所述发光装置是照明装置。

47. 包括根据权利要求 37 的发光装置的电子装置。

48. 根据权利要求 47 的电子装置,其中在显示器部分提供所述发光装置。

发光元件、发光装置和电子装置

[0001] 发明背景

[0002] 1. 发明领域

[0003] 本发明涉及电流激励型发光元件,还涉及具有此类发光元件的发光装置和电子装置。

[0004] 2. 相关技术描述

[0005] 近年来,已经对使用电荧光的发光元件进行了积极研究和开发。这种发光元件的基本结构满足发光化合物夹在一对电极之间。通过给这种元件施加电压,可以由所述发光化合物获得光发射。

[0006] 此类自发光型发光元件具有的优点是它具有比液晶显示器高的像素可见性,并且不必使用背灯。因此,此类发光元件认为是适合平板显示元件的。此外,此类发光元件具有的有点在于它可以形成得薄又轻质,并且具有相当快的响应速度。

[0007] 另外,因为此类发光元件可以按薄膜形式形成,所以通过形成大面积的元件就能容易地获得平面光发射。采用以白炽灯或LED为代表的点光源或采用以荧光灯为代表的线光源不可能容易地达到这一点。因此,所述发光元件具有作为可以应用于照明的平面光源的高利用价值。

[0008] 使用电荧光的发光元件可以大致分为其发光化合物是有机化合物的发光元件和其发光化合物是无机化合物的发光元件。本发明涉及其发光化合物是有机化合物的前一种发光元件。在这种情况下,当将电压施加到发光元件上时,电子和空穴从一对电极注入包含发光有机化合物的层,藉此电流流到那里。然后,载流子(电子和空穴)重新结合并且发光有机化合物达到激发态。当所述有机化合物从激发态返回到基态时,获得光发射。

[0009] 由于这种机理,该发光元件称作电流激励型发光元件。作为由有机化合物获得的激发态类型,存在单激发态和三激发态。从单激发态发射的光称为荧光,从三激发态发射的光称为磷光。

[0010] 为了改进元件特性,此类发光元件具有许多材料依赖性问题,并且为了克服所述问题,已进行了元件结构、材料开发等方面的改进。例如,在参考文献1(Tetsuo TSUTSUI, and eight others, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504(1999))中,通过提供空穴阻挡层改进使用发磷光材料的发光元件的发光效率。

[0011] 然而,因为参考文献1中公开的空穴阻挡层不持久,所以发光元件具有短的寿命。因此,希望改进发光元件的寿命。鉴于上文所述,本发明的目的是提供具有长寿命的发光元件。本发明的另一个目的是提供具有长寿命的发光装置和电子装置。

[0012] 发明概述

[0013] 由于深入研究,本发明人发现,通过提供控制载流子移动的层,即控制电子或空穴移动的层,可以抑制随着时间载流子平衡的改变。本发明人也发现通过提供此种层可以获得长寿命的发光元件。

[0014] 因此,本发明的发光元件的一个方面包括:第一电极,第二电极,发光层,和控制载流子移动的层。发光层和控制载流子移动的层夹在第一电极和第二电极之间,所述控制载

流子移动的层包含第一有机化合物和第二有机化合物,在所述发光层和第二电极之间提供这种控制载流子移动的层,所述第一有机化合物是具有电子迁移性能的有机化合物,所述第二有机化合物是具有电子俘获性能的有机化合物,在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重量百分率高,和当按第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时,所述发光层发光。

[0015] 在上述结构中,第二有机化合物的最低未占分子轨道能级优选比第一有机化合物的最低未占分子轨道能级低 0.3eV 或更多。此外,所述发光层优选具有电子迁移性能。例如,优选发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物,第三有机化合物的重量百分率高于第四有机化合物的重量百分率,第三有机化合物具有电子迁移性能。此外,所述第一有机化合物和第三有机化合物优选是不同的有机化合物。在上述结构中,第一有机化合物优选是金属配合物。此外,第二有机化合物优选按 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol% 包含在所述控制载流子移动的层中。此外,在上述结构中,第二有机化合物优选是香豆素衍生物。

[0016] 本发明的发光元件的一个方面包括:第一电极,第二电极,发光层,和控制载流子移动的层。发光层和控制载流子移动的层夹在第一电极和第二电极之间,所述控制载流子移动的层包含第一有机化合物和第二有机化合物,在所述发光层和第一电极之间提供这种控制载流子移动的层,所述第一有机化合物是具有空穴迁移性能的有机化合物,所述第二有机化合物是具有空穴俘获性能的有机化合物,在控制载流子移动的层中第一有机化合物的重量百分率比第二有机化合物的重量百分率高,和当按第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时,所述发光层发光。

[0017] 在上述结构中,第二有机化合物的最高占据分子轨道能级优选比第一有机化合物的最高占据分子轨道能级高 0.3eV 或更多。此外,所述发光层优选具有空穴迁移性能。例如,优选发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物,第三有机化合物的重量百分率高于第四有机化合物的重量百分率,第三有机化合物具有空穴迁移性能。此外,所述第一有机化合物和第三有机化合物优选是不同的有机化合物。第二有机化合物优选按 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol% 包含在所述控制载流子移动的层中。因此,受俘获的载流子的量可以适当地加以控制。此外,在上述结构中,第一有机化合物优选是芳族胺化合物。

[0018] 在上述结构中,控制载流子移动的层的厚度优选为 5-20nm。即,不管具有载流子输送性能的第一有机化合物是否具有电子迁移性能或空穴迁移性能或者不管具有载流子俘获性能的化合物是否具有电子俘获性能或空穴俘获性能,所述控制载流子移动的层的厚度优选为 5-20nm。无论如何,优选提供所述控制载流子移动的层与所述发光层接触。

[0019] 此外,本发明包括发光装置,它包括上述发光元件。本说明书中的发光装置包括所有图像显示装置、发光装置和光源(包括照明装置)。此外,本发明还包括以下组件:其中连接器如 FPC(挠性印刷电路)、TAB(带自动连接)带或 TCP(带载流子包装)附着于其上形成了发光元件的面板的组件、其中印刷线路板与 TAB 带或 TCP 的末端连接的组件,和其中通过 COG(玻璃覆晶)方法直接地将 IC(集成电路)安装在发光元件上的组件。

[0020] 此外,本发明还包括具有显示器部分的电子装置,该显示器部分包括本发明的发光元件。因此,本发明的电子装置包括显示器部分,该显示器部分包括上述发光元件和控制所述发光元件发光的控制器。

[0021] 如上所述,在本发明中,通过将具有载流子迁移性能(即,电子迁移性能或空穴迁移性能)的第一有机化合物和具有载流子俘获性能(即,电子俘获性能或空穴俘获性能)的第二有机化合物结合而形成控制载流子移动的层。本说明书中涉及的载流子俘获性能不是绝对性能,而是相对于载流子迁移性能的相对性能。即,载流子俘获性能具有的功用是降低在控制载流子移动的层中在预定范围内使用的第一有机化合物的载流子迁移性能。

[0022] 为了测定性能,当第一有机化合物具有电子俘获性能时,可以借鉴最低未占分子轨道能级,而当第一有机化合物具有空穴迁移性能时,可以借鉴使用最高未占分子轨道能级。例如,当第一有机化合物具有电子迁移性能时,优选具有电子俘获性能的第二有机化合物的最低未占分子轨道能级比第一有机化合物的小 0.3eV 或更多。同时,当第一有机化合物具有空穴迁移性能时,优选具有空穴俘获性能的第二有机化合物的最高未占分子轨道能级比第一有机化合物的高 0.3eV 或更多。

[0023] 本发明的发光元件具有控制载流子移动的层,藉此可以抑制随着时间载流子平衡的改变。因此,可以获得长寿命的发光元件。此外,当本发明的发光元件应用于发光装置和电子装置时,有可能提供具有高发光效率和降低功耗的发光装置和电子装置。此外,可以获得具有长寿命的发光装置和电子装置。

[0024] 附图简述

[0025] 在附图中:

[0026] 图 1A 和 1B 说明实施方案模式 1 所示的本发明的发光元件;

[0027] 图 2A 和 2B 说明具有与实施方案模式 1 的图 1A 和 1B 中的那些不同结构的本发明发光元件;

[0028] 图 3A-3C 说明实施方案模式 1 所示的本发明发光元件的光发射的实例;

[0029] 图 4 说明图 1A 所示的本发明发光元件的能带图的实例;

[0030] 图 5A 和 5B 说明实施方案模式 2 所示的本发明的发光元件;

[0031] 图 6A 和 6B 说明具有与实施方案模式 2 的图 5A 和 5B 中的那些不同结构的本发明发光元件;

[0032] 图 7A-7C 说明实施方案模式 2 所示的本发明发光元件的光发射的实例;

[0033] 图 8 说明图 5A 所示的本发明发光元件的能带图的实例;

[0034] 图 9 说明其中将实施方案模式 3 中的多个发光单元堆叠的发光元件;

[0035] 图 10A 和 10B 说明实施方案模式 4 所示的本发明的有源矩阵发光装置;

[0036] 图 11A 和 11B 说明实施方案模式 4 所示的本发明的无源矩阵发光装置;

[0037] 图 12A-12D 说明本发明的电子装置;

[0038] 图 13 说明使用本发明的发光装置作为背灯的电子装置;

[0039] 图 14 说明使用本发明的照明装置的台灯;

[0040] 图 15 说明使用本发明的照明装置的室内照明装置;

[0041] 图 16 说明实施方案的发光元件。

[0042] 图 17 示出了发光元件 1 的电流密度对亮度特性;

[0043] 图 18 示出了发光元件 1 的电压对亮度特性;

[0044] 图 19 示出了发光元件 1 的亮度对电流效率特性;

[0045] 图 20 示出了发光元件 1 的发射光谱;

- [0046] 图 21 示出了连续照明试验的结果,其中通过恒定电流驱动让发光元件 1 和参考发光元件 2 连续地发光;
- [0047] 图 22 示出了发光元件 3 的电流密度对亮度特性;
- [0048] 图 23 示出了发光元件 3 的电压对亮度特性;
- [0049] 图 24 示出了发光元件 3 的亮度对电流效率特性;
- [0050] 图 25 示出了发光元件 3 的发射光谱;
- [0051] 图 26 示出了连续照明试验的结果,其中通过恒定电流驱动让发光元件 3、发光元件 4、发光元件 5 和参考发光元件 6 连续地发光;
- [0052] 图 27 示出了发光元件 4 的电流密度对亮度特性;
- [0053] 图 28 示出了发光元件 4 的电压对亮度特性;
- [0054] 图 29 示出了发光元件 4 的亮度对电流效率特性;
- [0055] 图 30 示出了发光元件 4 的发射光谱;
- [0056] 图 31 示出了发光元件 5 的电流密度对亮度特性;
- [0057] 图 32 示出了发光元件 5 的电压对亮度特性;
- [0058] 图 33 示出了发光元件 5 的亮度对电流效率特性;
- [0059] 图 34 示出了发光元件 5 的发射光谱;
- [0060] 图 35 示出了 Alq 的还原反应特性;
- [0061] 图 36 示出了 DPQd 的还原反应特性;
- [0062] 图 37 示出了香豆素 6 的还原反应特性;
- [0063] 图 38 示出了发光元件 7 的电流密度对亮度特性;
- [0064] 图 39 示出了发光元件 7 的电压对亮度特性;
- [0065] 图 40 示出了发光元件 7 的亮度对电流效率特性;
- [0066] 图 41 示出了发光元件 7 的发射光谱;
- [0067] 图 42 示出了连续照明试验的结果,其中通过恒定电流驱动让发光元件 7 连续地发光;
- [0068] 图 43 示出了发光元件 8 的电流密度对亮度特性;
- [0069] 图 44 示出了发光元件 8 的电压对亮度特性;
- [0070] 图 45 示出了发光元件 8 的亮度对电流效率特性;
- [0071] 图 46 示出了发光元件 8 的发射光谱;
- [0072] 图 47 示出了连续照明试验的结果,其中通过恒定电流驱动让发光元件 8 连续地发光;
- [0073] 图 48 说明实施方案的发光元件;
- [0074] 图 49 示出了发光元件 9 的电流密度对亮度特性;
- [0075] 图 50 示出了发光元件 9 的电压对亮度特性;
- [0076] 图 51 示出了发光元件 9 的亮度对电流效率特性;
- [0077] 图 52 示出了发光元件 9 的发射光谱;
- [0078] 图 53 示出了连续照明试验的结果,其中通过恒定电流驱动让发光元件 9 连续地发光;
- [0079] 图 54 示出了发光元件 10 的电流密度对亮度特性;

- [0080] 图 55 示出了发光元件 10 的电压对亮度特性；
- [0081] 图 56 示出了发光元件 10 的亮度对电流效率特性；
- [0082] 图 57 示出了发光元件 10 的发射光谱；
- [0083] 图 58 示出了连续照明试验的结果，其中通过恒定电流驱动让发光元件 10 连续地发光；
- [0084] 图 59 示出了发光元件 11 的电流密度对亮度特性；
- [0085] 图 60 示出了发光元件 11 的电压对亮度特性；
- [0086] 图 61 示出了发光元件 11 的亮度对电流效率特性；
- [0087] 图 62 示出了发光元件 11 的发射光谱；
- [0088] 图 63 示出了连续照明试验的结果，其中通过恒定电流驱动让发光元件 11 连续地发光；
- [0089] 图 64 示出了 BPAPQ 的还原反应特性；和
- [0090] 图 65 示出了 DNTPD 的还原反应特性。
- [0091] 发明详述

[0092] 下面将参照附图详细地描述本发明的实施方案模式，它们包括实施本发明的最佳模式。应指出本发明不限于以下描述，本领域技术人员将容易理解的是，在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以作出各种改变和修改。因此，本发明不应理解为限于以下实施方案模式中的描述。

[0093] 首先，将描述发光元件的亮度衰减因素。发光元件一般且通常地由恒定电流驱动。在那种情况下，亮度衰减是指电流效率的降低。电流效率是指输出光相对于电流的比例。因此，电流效率显著地受到以下因素影响：正在发光元件中流动的载流子中的多少可以在发光层中再结合（载流子平衡），或已经在发光层中再结合的载流子（即，激发子）中的多少可以导致发光（量子效率）。

[0094] 因此，认为随着时间载流子平衡的变化或随着时间量子效率的降低是亮度衰减的主要因素。鉴于上文所述，已经通过研究随着时间载流子平衡的变化作出了本发明。因此，可能开发出其中随着时间载流子平衡的变化可以得到抑制的发光元件。

[0095] （实施方案模式 1）

[0096] 将参照图 1A 描述本发明发光元件的一个实例。这一实施方案模式说明包括控制电子移动的层作为控制载流子移动的层的发光元件。即，在本发明中，通过使用控制载流子移动的层抑制随着时间载流子平衡的改变，以致载流子在离开电极的位置再结合，藉此延长发光元件的寿命。

[0097] 本发明的发光元件具有在一对电极之间的多个层。通过将由具有高载流子注入性能的化合物和具有高载流子迁移性能的化合物制成的层结合而将所述多个层堆叠，以致在离开电极的位置形成发光区域，即以致载流子在离开电极的位置再结合。

[0098] 在这个实施方案模式中，发光元件包括第一电极 202、第二电极 204 和在第一电极 202 和第二电极 204 之间提供的 EL 层 203。应指出，在这个实施方案模式中，将在假设第一电极 202 起阳极作用，第二电极 204 起阴极作用的情况下进行描述。即，当在满足第一电极 202 的电势高于第二电极 204 的电势情况下将电压施加到第一电极 202 和第二电极 204 上时，获得光发射。

[0099] 基材 201 用作发光元件的支撑体。基材 201 可以由例如玻璃、塑料等制成。应指出,本发明发光元件的基材 201 可以保留在发光装置或电子装置中,所述发光装置或电子装置是使用该发光元件的制品。或者,基材 201 可以仅用作形成发光元件过程中的支撑体。在那种情况下,基材 201 不保留在成品中。

[0100] 第一电极 202 优选使用具有高功函(即,4.0eV 或更高)的材料形成,例如金属、合金、导电化合物或它们的混合物。特别地,可以给出氧化铟锡(ITO)、含硅或氧化硅的 ITO、氧化铟锌(IZO)、含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO)等。

[0101] 此类导电性金属氧化物薄膜一般通过溅镀形成,但是也可以通过喷墨法、旋涂法等等或通过应用溶胶-凝胶法等等形成。例如,可以通过使用靶材的溅镀方法沉积氧化铟锌(IZO),其中将 1-20wt% 氧化锌添加到氧化铟中。此外,可以通过使用靶材的溅镀方法沉积含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO),其中将 0.5-5wt% 氧化钨和 0.1-1wt% 氧化锌添加到氧化铟中。此外,可以使用金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)、金属材料的氮化物(例如,氮化钛)等。

[0102] 当使用将描述的含复合材料的层作为与第一电极接触的层时,该第一电极可以使用各种金属、合金、导电性化合物、它们的混合物等形成,这与它们的功函无关。例如,可以使用铝(Al)、银(Ag)、铝合金(AlSi)等。应指出,在本说明书中,术语“复合”是指电荷可以在材料之间迁移的状态,所述材料不单单是两种材料的简单混合物而且是许多材料的混合物。

[0103] 此外,也可以使用具有低功函的属于元素周期表第 1 或 2 族的元素,即碱金属如锂(Li)和铯(Cs)和碱土金属如镁(Mg)、钙(Ca)和锶(Sr);它们的合金(例如 MgAg 和 AlLi);稀土金属如铕(Eu)和镱(Yb);它们的合金等。由碱金属、碱土金属、或它们的合金制成的薄膜可以通过真空沉积法形成。此外,由碱金属或碱土金属的合金制成的薄膜可以通过溅镀法形成。也可能通过喷墨法等沉积银糊剂等。

[0104] 所述 EL 层 203 包括第一层 211、第二层 212、第三层 213、第四层 214、第五层 215 和第六层 216。在 EL 层 203 中,第三层 213 是发光层,第四层 214 是控制载流子移动的层。应指出,只要所述 EL 层 203 包括在这个实施方案模式中示出的控制载流子移动的层和发光层,就是可接受的。因此,其它堆叠层的结构不受特别限制。例如,EL 层 203 可以通过将空穴注入层、空穴迁移层、发光层、控制载流子移动的层、电子迁移层、电子注入层等适当地结合而形成。

[0105] 第一层 211 是包含具有高空穴注入性能的化合物的层。作为具有高空穴注入性能的化合物,可以使用氧化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钨、氧化锰等。此外,作为低分子有机化合物,还可以给出酞菁化合物如酞菁(简称:H₂PC)、酞菁铜(II)(简称:CuPc)和氧钒基(IV)酞菁(VOPc)。

[0106] 此外,可以使用以下低分子有机化合物:芳族胺化合物如 4,4',4''-三(N,N-二苯基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、4,4'-双[N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基]联苯(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔

唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2)、和3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)。

[0107] 或者,第一层211可以使用复合材料形成,其中将具有受体性能的化合物混入具有高空穴迁移性能的化合物中。应指出,当使用其中具有受体性能的化合物混入具有高空穴迁移性能的化合物的复合材料时,可以选择形成电极的材料而不考虑其功函。即,不但可以将具有高功函的材料,而且可以将具有低功函的材料用于第一电极202。此种复合材料可以通过将具有高空穴迁移性能的化合物和具有受体性能的化合物共沉积而形成。

[0108] 作为用于复合材料的有机化合物,可以使用各种化合物如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳族烃和聚合物(例如,低聚物、枝状体或聚合物)。用于复合材料的有机化合物优选是所有高空穴迁移性能的有机化合物。特别地,优选使用空穴迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的化合物。然而,也可以使用其它化合物,只要它们的空穴迁移性能比它们的电子迁移性能高。可以用于复合材料的具体有机化合物描述如下。

[0109] 例如,以下有机化合物可以用于复合材料:芳族胺化合物如MTDATA、TDATA、DPAB、DNTPD、DPA3B、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、和N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD);和咪唑衍生物如4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咪唑(简称:CzPA)和1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯。

[0110] 或者,也可以使用以下芳族烃化合物:2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA)、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基-蒽、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽等。

[0111] 此外,也可以使用以下芳族烃化合物:2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-联蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联蒽、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽、蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、并五苯、六苯并苯、4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0112] 作为具有受体性能的化合物,可以给出有机化合物如7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟对苯醌二甲烷(简称: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$)和四氯化苯醌和过渡金属氧化物。此外,还可以给出属于元素周期表第4-8族金属的氧化物。特别地,优选使用具有高电子接受性能的氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱。特别是,氧化钼是尤其优选的,因为它即使在大气中也是稳定的,具有低的吸湿性并且易于处理。

[0113] 对于第一层211,可以使用高分子化合物(例如,低聚物、枝状体或聚合物)。例如,可以使用以下高分子化合物:聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)和聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺

(简称:Poly-TPD)。此外,也可以使用混有酸的高分子化合物如聚(3,4-亚乙二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸盐)(PEDOT/PSS)和聚苯胺/聚(苯乙烯磺酸盐)(PAni/PSS)。应指出,还可能使用复合材料形成第一层 211,所述复合材料由上述高分子化合物如 PVK、PVTAP、PTPDMA 或 Poly-TPD 和上述具有受体性能的化合物形成。

[0114] 第二层 212 是包含具有高空穴迁移性能的化合物的层。作为具有高空穴迁移性能的化合物,可以使用以下低分子有机化合物:芳族胺化合物如 NPB(或 α -NPD)、TPD、4,4'-双[N-(9,9-二甲基芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DFLDPBi)和 4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)。在此描述的化合物主要是空穴迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的化合物。

[0115] 此外,也可以将其它化合物用于第二层 212,只要它们的空穴迁移性能比它们的电子迁移性能高。应指出,所述含具有高空穴迁移性能的化合物的层不限于单一层,也可以具有由上述化合物制成的两个或更多个层的堆叠结构。此外,第二层 212 也可以用高分子化合物如 PVK、PVTAP、PTPDMA 和 Poly-TPD 形成。

[0116] 第三层 213 是含高发光化合物的层,其相应于本发明的发光层。第三层 213 可以使用各种材料如低分子有机化合物形成。特别地,作为显示蓝光的发光材料,可以使用以下物质:N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:(YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺(简称:YGAPA)等。

[0117] 作为显示绿发射光的发光材料,可以使用以下物质:N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-亚苯基二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-亚苯基二胺(简称:2DPABPhA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)]-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)等。

[0118] 作为显示发黄光的发光材料,可以使用红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)等。此外,作为显示红发射光的发光材料,可以使用 N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD);7,13-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)蒽基[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)等。或者,也可以使用发磷光物质如双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]乙酰丙酮合铱(III)(简称:Ir(btp)₂(acac))。

[0119] 应指出,在这个实施方案模式中,将控制载流子移动的层设置在发光层和用作阴极的第二电极之间。因此,所述发光层优选具有电子迁移性能。通常,当发光层具有电子迁移性能时,为了防止电子穿透发光层,在发光层和阳极之间提供电子阻挡层。然而,当电子阻挡层随着时间而劣化时,再结合区域扩大到电子阻挡层的内部(或保持迁移层的内部),这可能导致电流效率的显著降低(即,亮度衰减)。同时,在本发明中,在电子到达发光层之前(在发光层和阴极之间),将电子的移动加以控制。因此,即使当电子的平衡(例如,电子相对于空穴的迁移率或量)稍微损失时,在发光层中的再结合的比例几乎不变,这是有利的,因为亮度不容易衰减。

[0120] 应指出,发光层也可以具有其中上述高度发光的化合物分散在另一种化合物中的

结构。对于其中分散了发光化合物的材料,可以使用各种化合物。具体来说,优选使用其最低未占分子轨道(LUMO)能级高于发光化合物且其最高已占分子轨道(HOMO)能级低于发光化合物的化合物。

[0121] 应指出,在这个实施方案模式中,发光层优选具有电子迁移性能,原因在于控制载流子移动的层设置在该发光层和用作阴极的第二电极之间。即,发光层的电子迁移性能优选高于其空穴迁移性能。因此,上述其中分散了高度发光性化合物的材料优选是具有电子迁移性能的有机化合物。

[0122] 特别地,可以使用以下金属配合物:三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]-喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚氧基)铝(III)(BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚氧基]锌(II)(简称:ZnPBO)和双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚氧基]锌(II)(简称:Zn(BTZ)₂)。

[0123] 此外,也可以使用以下杂环化合物:2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)-三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、4,7-二苯基-二苯基-1,10-菲绕啉(简称:BPhen)和2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲(简称:BCP)。

[0124] 或者,也可以使用以下缩合的芳族化合物:9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS 2)和3,3',3''-(苯-1,3,5-三基)三芘(简称:DPB3)。

[0125] 作为其中分散了发光性化合物的材料,可以使用许多种类的材料。例如,为了控制结晶,可以进一步添加控制红荧烯等的结晶的化合物。此外,为了有效地将能量转移到发光化合物,可以进一步添加NPB、Alq等。当使用其中高度发光性化合物分散在另一种化合物中的结构时,可以抑制第三层213的结晶。此外,也可以抑制由于发光性化合物的高浓度产生的浓缩猝灭。

[0126] 此外,可以将高分子化合物用于第三层213,即发光层。特别地,作为显示蓝发射光的发光材料,可以使用以下物质:聚(9,9-二辛基芴-2,7-二基)(简称:POF)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基-共聚-(2,5-二甲氧苯-1,4-二基))](简称:RF-DMOP)、聚{(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-[N,N'-二(对-丁基苯基)-1,4-苯二胺]}(简称:TAB-PFH)等。

[0127] 作为显示绿发射光的发光材料,可以使用以下物质:聚(对亚苯基亚乙烯基)(简称:PPV)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-交替-共聚-(苯并[2,1,3]噻二唑-4,7-二基)](简称:PFBT)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二亚乙烯基亚芴基)-交替-共聚-(2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-亚苯基)]等。

[0128] 作为显示橙至红发射光的发光材料,可以使用以下物质:聚[2-甲氧基-5-(2'-乙基己氧基)-1,4-亚苯基亚乙烯基](简称:MEH-PPV)、聚(3-丁基噻吩-2,

5-二基)、聚{9,9-二己基-2,7-双(1-氰基亚乙烯基)亚苄基}-交替-共聚-[2,5-双(N,N'-二苯基氨基)-1,4-亚苯基]}、聚{[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-双(1-氰基亚乙烯基亚苄基)]-交替-共聚-[2,5-双(N,N'-二苯基氨基)-1,4-亚苯基]}(简称:CN-PPV-DPD)等。

[0129] 第四层 214 是控制载流子移动的层,和至少含有两种化合物。本发明最重要的特征是提供了控制载流子移动的层,此外,该层包括第一有机化合物和第二有机化合物,所述第一有机化合物是具有载流子迁移性能的有机化合物,所述第二有机化合物具有载流子俘获性能。具有载流子迁移性能的有机化合物分为具有电子迁移性能的化合物或具有空穴迁移性能的化合物。类似地,具有载流子迁移性能的有机化合物分为具有电子俘获性能的化合物或具有空穴俘获性能的化合物。

[0130] 在这个实施方案模式中的第四层 214 包含比第二有机化合物的重量百分率更高重量百分率的第一有机化合物。这一实施方案模式将描述此种情形,与具有发光功用的层(即,发光层)相比,将控制载流子移动的层提供在更接近用作阴极的第二电极的位置。即,将描述将控制载流子移动的层提供在具有发光功用的第三层 213 和第二电极 204 之间的情形。

[0131] 当将控制载流子移动的层提供在比发光层更接近用作阴极的第二电极的位置时,第一有机化合物优选是具有电子迁移性能的有机化合物。即,第一有机化合物优选是其电子迁移性能高于空穴迁移性能的化合物。此外,第二有机化合物优选是具有俘获电子的功用的有机化合物。即,第二有机化合物优选是其最低未占分子轨道(LUMO)能级比第一有机化合物的低 0.3eV 或更多的有机化合物。当控制载流子移动的层包括第二有机化合物,该层作为整体的电子迁移速度可能比该层仅由第一有机化合物制成的情形低。即,添加第二有机化合物使得有可能控制载流子的移动。此外,控制第二有机化合物的浓度使得有可能控制载流子的移动速度。第二的浓度优选为 0.1wt%-5wt%或 0.1mol%-5mol%。

[0132] 优选发光层和第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色。例如,当包含在发光层中的有机化合物是显示蓝发射光的有机化合物如 YGA2S 或 YGAPA 时,第二有机化合物优选是显示蓝至蓝绿发射光的化合物如吡啶酮、香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D 或香豆素 30。这样,即使第二有机化合物不希望地发光,发射光的色纯度也可能处于良好状态。

[0133] 此外,当包含在发光层中的有机化合物是显示绿发射光的有机化合物如 2PCAPA、2PCABPhA、2DPAPA、2DPABPhA、2YGABPhA 或 DPhAPhA 时,第二有机化合物优选是显示蓝绿至黄绿发射光的化合物如 N,N'-二甲基喹吡啶酮(简称:DMQd)、N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)、9,18-二氢-苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-1)、9,18-二氢-9,18-二甲基-苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-2)、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 或香豆素 153。

[0134] 此外,当包含在发光层中的有机化合物是显示发黄光的有机化合物如红荧烯或 BPT 时,第二有机化合物优选是显示黄绿至金发黄光的化合物如 DMQd 或 (2-{2-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]乙烯基}-6-[2-(4-二甲基氨基苯基)乙烯基]-4H-吡喃-4-叉基)丙二腈(简称:DCMCz)。

[0135] 此外,当包含在发光层中的有机化合物是显示红发射光的有机化合物如 p-mPhTD 或 p-mPhAFD 时,第二有机化合物优选是显示橙至红发射光的化合物如 2-{2-[4-(二甲

基氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-叉基)丙二腈(简称:DCM1)、{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢化-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-叉基}丙二腈(简称:DCM2)、{2-(1,1-二甲基乙基)-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1,1,7,7-四甲基-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-叉基}丙二腈(简称:DCJTB)或 Nile 红。

[0136] 此外,当包含在发光层中的发光材料是发磷光的物质时,第二有机化合物还优选是发磷光的材料。例如,当发光材料是上述显示红发射光的 $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$ 时,第二有机化合物可以红发磷光的物质如(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟代苯基)喹啉]铱(III)(简称: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$)。应指出,在用于发光元件的化合物之中,上述化合物是具有尤其低 LUMO 能级的化合物。因此,当将此类化合物添加到后面将描述的第一有机化合物中时,可以获得优异的俘获性能。

[0137] 应指出,在上述为第二有机化合物示例性说明的化合物之中,喹吖啶酮衍生物如 DMQd、DPQd、DMNQd-1 和 DMNQd-2 是化学稳定的并因此是优选的。即,当使用喹吖啶酮衍生物时,可以尤其延长发光元件的寿命。此外,因为喹吖啶酮衍生物显示绿发射光,所以本发明发光元件的元件结构对绿色的发光元件是尤其有效的。在形成完色显示器中,绿色要求最高的亮度水平,并且存在绿发光元件的噁化速度比其它发光元件更快的情形。然而,此种问题可以通过应用本发明而改善。

[0138] 此外,包含在第四层 214 中的第一有机化合物是具有电子迁移性能的有机化合物。即,第一有机化合物是其电子迁移性能高于空穴迁移性能的化合物。特别地,可以使用以下物质:金属配合物如 Alq、Almq₃、BeBq₂、BA1q、Znq、BA1q、ZnPBO 和 ZnBTZ;杂环化合物如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 和 BCP;和缩合芳族化合物如 CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2 和 TPB3。

[0139] 此外,也可以使用以下高分子化合物:聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)和聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)。特别是,优选使用对电子稳定的金属配合物。

[0140] 此外,如前述,第二有机化合物的 LUMO 能级优选比第一有机化合物的低 0.3eV 或更多。因此,只要根据用于第二有机化合物的化合物的种类适当地选择第一有机化合物使得满足上述条件,就是可接受的。例如,当将 DPQ 或香豆素 6 用于后面将在实施方案中描述的第二有机化合物时,可以通过将 Alq 用于第一有机化合物而满足上述条件。

[0141] 应指出,优选包含在第三层 213 中的高度发光性化合物和包含在第四层 214 中的第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色。因此,优选该高度发光性化合物的发射光谱和第二有机化合物的发射光谱之间的峰值差异在 30nm 的范围之内。当峰值差异在 30nm 的范围之内时,高度发光性化合物和第二有机化合物的发射颜色可能是相似的颜色。因此,即使当第二有机化合物由于电压等变化发光时,发射颜色的变化可能得到抑制。

[0142] 应指出,第二有机化合物不一定必须发光。例如,当高度发光性化合物具有比第二有机化合物高的发光效率时,优选控制第二有机化合物在第四层 214 中的浓度以致仅可以实质上获得高度发光性化合物的光发射(通过将第二有机化合物的浓度设置到略低于高度发光性化合物的浓度以致可以抑制第二有机化合物的光发射)。在那种情况下,高度发光性化合物和第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色(即,它们具有几乎相同水平的能带

宽度)。因此,几乎不存在能量将从高度发光性化合物转移到第二有机化合物的可能性,并且因此可以获得高的发光效率。

[0143] 应指出,第二有机化合物优选是香豆素衍生物如香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 和香豆素 153。香豆素衍生物具有低的电子俘获性能。因此,添加到第一有机化合物中的第二有机化合物的浓度可能较高。即,第二有机化合物的浓度可以容易地加以控制,因此可以容易地获得具有所需性能的控制载流子移动的层。此外,因为香豆素衍生物具有高的发光效率,所以即使当第二有机化合物发光时也可能抑制整个发光元件的发光效率的降低。

[0144] 图 4 作为模范地说明了图 1A 所示的本发明发光元件的能带图。在图 4 中,从第一电极 202 注射的空穴穿过第一层 211 并进一步穿过第二层 212,所述第一层 211 包含具有高空穴注入性能的化合物,所述第二层 212 包含具有高空穴迁移性能的化合物。然后,将空穴注入包含高度发光性化合物的第三层 213。另一方面,从第二电极 204 注射的电子穿过第六层 216 并进一步穿过第五层 215,所述第六层 216 包含具有高电子注入性能的化合物,所述第五层 215 包含具有高电子迁移性能的化合物。然后,将电子注入第四层 214,即控制载流子移动的层。注入控制载流子移动的层的电子的移动速度被具有电子俘获性能的第二有机化合物阻滞。移动速度受阻的电子注入包含高度发光性化合物的第三层 213,然后与空穴再结合。因此,获得光发射。

[0145] 当第三层 213 具有电子迁移性能时,例如,从第二层 212 注入第三层 213 的空穴的移动速度受到阻滞。此外,从第四层 214 注入第三层 213 的电子的移动速度甚至在第三层 213 中也较慢,原因在于它已在第四层 214 中受到阻滞。因此,缓慢移动速度的空穴和缓慢移动速度的电子在第三层 213 中再结合,藉此再结合概率获得增加并且发光效率得到改进。

[0146] 在不包括第四层 214 的常规发光元件的情况下,不阻滞电子的移动速度而是将电子直接地注入第三层 213。因此,电子到达第二层 212 和第三层 213 之间的界面附近。因此,在第二层 212 和第三层 213 之间的界面附近形成发光区域。在那种情况下,存在电子可能到达第二层 212 并使该层劣化的可能性。此外,当已经到达第二层 212 的电子的量随着时间增加时,发光层中的再结合概率随着时间减少,这导致元件的寿命更短(随着时间亮度衰减)。

[0147] 在本发明的发光元件中,从第二电极 204 注射的电子穿过第六层 216 并进一步穿过第五层 215,所述第六层 216 包含具有高电子注入性能的化合物,所述第五层 215 包含具有高电子迁移性能的化合物。然后,将电子注入第四层 214,即控制载流子移动的层。在此,第四层 214 具有此种结构,即其中将具有俘获电子功用的第二有机化合物添加到具有电子迁移性能的第一有机化合物中。因此,注入第四层 214 的电子的移动速度受到阻滞并控制了向第三层 213 的电子注入。

[0148] 结果,从第三层 213 到第三层 213 和第四层 214 之间的界面附近的区域周围形成了发光区域,该发光区域曾经通常在第二层 212 和第三层 213 之间的界面附近形成,所述第二层 212 包含具有高空穴迁移性能的化合物。因此,存在低的电子可能到达包含高空穴迁移性能的化合物的第二层 212 并使该第二层 212 劣化的可能性。类似地,至于空穴,还存在低的空穴可能到达包含高电子迁移性能的化合物的第五层 215 并使该层劣化的可能性,原

因在于第四层 214 包含具有电子迁移性能的第一有机化合物。

[0149] 此外,本发明的要点是不只将具有低电子迁移率的化合物应用于第四层 214,而且还将具有俘获电子功用的有机化合物,即具有载流子俘获性能的有机化合物添加到具有电子迁移性能的有机化合物,即具有载流子迁移性能的有机化合物中。采用此种结构,不但可能控制向第三层 213 的电子注入而且可能抑制随着时间电子注入的控制量的变化。因此,本发明的发光元件可以防止随着时间载流子平衡损失的现象,这种现象可能另外降低再结合概率。因此,可以改进元件的寿命(可以抑制随着时间亮度衰减)。

[0150] 在本发明的发光元件中,不在发光层和空穴迁移层之间的界面或发光层和电子迁移层之间的界面处形成发光区域。因此,不存在如果发光区域位于接近空穴迁移层或电子迁移层位置而将另外引起的不利的噁化影响。此外,可以抑制随着时间载流子平衡的变化(具体来说,随着时间电子注入量的变化)。因此,可以获得不容易劣化的长寿命发光元件。

[0151] 此外,优选包含在第四层 214 中的第二有机化合物和包含在第三层 213 中的高度发光性化合物的发射颜色是相似的颜色。特别地,优选第二有机化合物和高度发光性化合物的发射光谱之间的峰值差异在 30nm 的范围之内。当峰值差异在 30nm 的范围之内时,第二有机化合物和高度发光性化合物的发射颜色可能是相似的颜色。因此,即使当第二有机化合物由于电压等变化发光时,发射颜色的变化可能得到抑制。应指出,第二有机化合物不一定必须发光。

[0152] 此外,第四层 214 的厚度优选为 5-20nm。当第四层 214 过厚时,载流子的移动速度变得太慢,这可能导致高的驱动电压。另一方面,当第四层 214 过薄时,不可能实现控制载流子移动的功用。因此,第四层 214 的厚度优选为 5-20nm。

[0153] 第五层 215 是包含具有高电子迁移性能的化合物的层。例如,作为低分子有机化合物,可以使用金属配合物如 Alq、Almq₃、BeBq₂、BA1q、ZnPBO 和 ZnBTZ。此外,除金属配合物之外,还可以使用杂环化合物如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 和 BCP。在此描述的化合物主要是电子迁移率为 10⁻⁶cm²/Vs 或更高的化合物。此外,除上述化合物以外的化合物也可以用于电子迁移层,只要其电子迁移性能比其空穴迁移性能高。另外,电子迁移层不限于单个层,还可以具有由上述化合物制成的两个或更多个层的堆叠结构。

[0154] 此外,也可以使用高分子化合物形成第五层 215。例如,可以使用以下化合物:

[0155] 聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等。

[0156] 第六层 216 是包含具有高电子注入性能的化合物的层。作为具有高电子注入性能的化合物,可以使用碱金属、碱土金属或它们化合物如氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)和氟化钙(CaF₂)。例如,有可能使用由具有电子迁移性能的化合物制成的层,该化合物中混有碱土金属,碱土金属或它们的化合物,如 Alq 和镁(Mg)的混合物。应指出,当使用由具有电子迁移性能的化合物制成的层,且该化合物中混有碱土金属,碱土金属或它们的化合物时,电子可以有效地从第二电极 204 注射,这是优选的。

[0157] 第二电极 204 优选使用具有低功函(即,3.8eV 或更低)的化合物形成,如金属、合金、导电化合物或它们混合物。此类阴极材料的具体实例包括属于元素周期表第 1 或 2 族的元素,即碱金属如锂(Li)和铯(Cs)和碱土金属如镁(Mg)、钙(Ca)和锶(Sr);它们的合金(例如, MgAg 和 AlLi);稀土金属如铕(Eu)和镱(Yb);它们的合金等。由碱金属、碱土

金属、或它们的合金制成的薄膜可以通过真空沉积法形成。此外，由碱金属或碱土金属的合金制成的薄膜可以通过溅镀法形成。也可能通过喷墨法等沉积银糊剂等。

[0158] 当在第二电极 204 和第五层 215 之间提供具有促进电子注入功用的第六层 216 时，可以使用各种导电性材料如 Al、Ag、ITO 和含硅或氧化硅的 ITO 形成第二电极 204，不需要考虑这些材料的功函。此外，可以通过溅镀法、喷墨法、旋涂法等沉积这些导电性材料。

[0159] 作为形成 EL 层的方法，可以使用各种方法，无需考虑干法或湿法。例如，可以使用真空沉积法、喷墨法、旋涂法等。此外，对于不同的电极或不同的层，可以使用不同的沉积方法。例如，在上述材料之中，可以选择高分子化合物通过湿法形成 EL 层。或者，可以选择低分子有机化合物通过湿法形成 EL 层。此外，也可能通过选择低分子有机化合物和使用干法如真空沉积法形成 EL 层。类似地，可以通过湿法如溶胶凝胶法或通过采用金属材料的糊剂的湿法形成所述电极。或者，可以通过干法如溅镀法或蒸汽沉积法形成所述电极。

[0160] 形成发光元件的具体方法将在下面进行描述。当将本发明的发光元件应用于显示装置并且根据各种颜色选择性地沉积其发光层时，优选通过湿法形成发光层。当通过喷墨法形成发光层时，即使当使用大基材时也可以容易地对各种颜色进行发光层的选择性沉积。

[0161] 例如，图 1A 所示的结构可以通过以下步骤获得：

[0162] 通过是干法的溅镀方法形成第一电极，通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第一层，通过是干法的真空沉积法形成第二层，通过是湿法的喷墨法形成第三层，通过是干法的共沉积法形成第四层，通过是干法的真空沉积法形成第五层和第六层，和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极。

[0163] 或者，图 1A 所示的结构可以通过以下步骤获得：

[0164] 通过是湿法的喷墨法形成第一电极，通过是干法的真空沉积法形成第一层，通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二层，通过是湿法的喷墨法形成第三层，通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第四层，通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第五层和第六层，和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极。应指出，沉积方法不限于上述方法，视情况可以将湿法和干法结合。

[0165] 例如，图 1A 所示的结构可以通过以下步骤获得：

[0166] 通过是干法的溅镀方法形成第一电极，通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第一和第二层，通过是湿法的喷墨法形成是发光层的第三层，通过是干法的共沉积法形成第四层，通过是干法的真空沉积法形成第五层和第六层，和通过是干法的真空沉积法形成第二电极。

[0167] 即，有可能在具有预先按所需形状形成的第一电极的基材上通过湿法形成第一层至第三层，并在其上通过干法形成第四层至第二电极。通过这一方法，可以在常压下形成第一层至第三层并且可以选择性地根据各种颜色容易地沉积第三层。此外，可以在真空中连续地形成第四层至第二电极。因此，可以简化所述方法并且可以改进生产率。

[0168] 下面将示例性地描述所述方法。首先，在第一电极上沉积作为第一层的 PEDOT/PSS。因为 PEDOT/PSS 可溶于水，所以可以通过旋涂法、喷墨法等将它作为水溶液沉积。不提供第二层，但是在第一层上提供作为发光层的第三层。可以通过喷墨法使用其中发光性化合物溶于溶剂（例如，甲苯、十二烷基苯或十二烷基苯和萘满的混合溶剂）的溶液形成发光

层,已经形成的第一层 (PEDOT/PSS) 不会溶于该溶剂中。接下来,在第三层上形成第四层。当通过湿法形成第四层时,应使用已经形成的第一层和第三层不会溶解于其中的溶剂形成第四层。在那种情况下,溶剂的选择范围受限制。因此,为了形成第四层,使用干法是更容易的。因此,通过是干法的真空沉积在真空中连续地形成第四层至第二电极,该方法可以得到简化。

[0169] 同时,图 2A 中所示的结构可以按上述步骤的反向次序形成:通过是干法的溅镀法或真空沉积法形成第二电极,通过是干法的真空沉积法形成第六层和第五层,通过是干法的共沉积法形成第四层,通过是湿法的喷墨法形成第三层,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二层和第一层,和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第一电极。通过这一方法,可以通过干法在真空中连续地形成第二电极至第四层,可以在常压下形成第三层至第一电极。因此,可以简化方法并且可以改进生产率。

[0170] 在具有上述结构的本发明的发光元件中,电流由于第一电极 202 和第二电极 204 之间产生的电位差而流动,藉此空穴和电子在 EL 层 203 中再结合并且获得光发射。发射光通过第一电极 202 和第二电极 204 中之一或两者射出。因此,第一电极 202 和第二电极 204 中之一或两者是光透射性电极。

[0171] 当仅第一电极 202 是光透射性电极时,如图 3A 所示,发射光通过第一电极 202 从基材一侧射出。同时,当仅第二电极 204 是光透射性电极时,如图 3B 所示,发射光通过第二电极 204 从与基材一侧相反的那侧射出。当第一电极 202 和第二电极 204 都是光透射性电极时,如图 3C 所示,发射光通过第一电极 202 和第二电极 204 从基材一侧和与基材一侧相反的那侧射出。

[0172] 应指出,在第一电极 202 和第二电极 204 之间提供的层的结构不限于上述结构。可以使用除上述结构以外的任何结构,只要空穴和电子再结合的发光区域位于离开第一电极 202 和第二电极 204 的位置,此外,提供控制载流子移动的层从而防止猝灭,所述猝灭将另外地由发光区域接近金属而引起。

[0173] 即,层的堆叠结构不受特别限制。只要由具有高电子迁移性能的化合物、具有高空穴迁移性能的化合物、具有高电子注入性能的化合物、具有高空穴注入性能的化合物和具有双极性的化合物(同时具有高电子迁移性能和空穴迁移性能的化合物)制成的层适当地与这个实施方案模式中示出的控制载流子移动的层和发光层结合,则就是可接受的。

[0174] 应指出,在这个实施方案模式中示出的控制载流子移动的层是控制电子移动的层。因此,它优选比发光层提供在更接近用作阴极的电极的位置。例如,如图 1B 所示,可以在具有发光功用的第三层 213 和是控制载流子移动的层的第四层 214 之间提供含有具有高电子迁移性能的化合物的第七层 217。

[0175] 更优选,所述控制载流子移动的层令人希望地经提供与所述发光层接触。当控制载流子移动的层经提供与发光层接触时,可以直接地控制向发光层的电子注入。因此,可以更加有效地控制发光层中随着时间载流子平衡的变化,藉此可以更加有效地延长元件的寿命。此外,因为不需要含有具有高电子迁移性能的化合物的第七层 217,所以该方法可以得到简化。

[0176] 应指出,当控制载流子移动的层经提供与发光层接触时,优选包含在控制载流子移动的层中的第一有机化合物与大量包含在发光层中的有机化合物不同。具体来说,当发

光层含有高度发光性化合物分散于其中的化合物（第三有机化合物）和高度发光性化合物（第四有机化合物）时，该第三有机化合物和第一有机化合物是不同的有机化合物是合乎需要的。采用此种结构，从控制载流子移动的层移动到发光层的载流子（在这个实施方案模式中，电子）的移动可以甚至在第一有机化合物和第三有机化合物之间加以控制。因此，提供控制载流子移动的层的有利效果可以进一步提高。

[0177] 此外，图 2A 中所示的发光元件具有其中用作阴极的第二电极 204、EL 层 203 和用作阳极的第一电极 202 顺序地堆叠在基材 201 上的结构。所述 EL 层 203 包括第一层 211、第二层 212、第三层 213、第四层 214、第五层 215 和第六层 216。第四层 214 提供在比第三层 213 更接近用作阴极的第二电极的位置。

[0178] 在这个实施方案模式中，在由玻璃、塑料等制成的基材上形成发光元件。当在一个基材上形成许多此类发光元件时，可以形成无源矩阵发光装置。此外，还可能在由玻璃、塑料等制成的基材上形成，例如，薄膜晶体管（TFT）和在与该 TFT 电连接的电极上形成发光元件。因此，可以形成其中用 TFT 控制发光元件的驱动的有源矩阵发光装置。

[0179] 应指出，TFT 的结构不受特别限制。可以使用交错的 TFT 或反交错的 TFT。此外，在 TFT 基材上形成的驱动器电路可以同时由 n 型沟道和 p 型沟道 TFT 构成或由 n 型沟道和 p 型沟道 TFT 中之一构成。此外，用于形成 TFT 的半导体薄膜的结晶度不受特别限制。可以使用无定形半导体薄膜或结晶半导体薄膜。

[0180] 本发明的发光元件包括控制载流子移动的层。该控制载流子移动的层包含至少两种化合物。因此，通过控制化合物的相容性、它们的混合比例、层厚度等，可以精确地控制载流子平衡。此外，因为可以通过控制化合物的相容性、它们的混合比例、层厚度等控制载流子平衡，所以比在常规发光元件中更加容易地控制载流子平衡。即，载流子的移动可以不通过改变材料的物理性能而通过控制混合比例、层厚度等加以控制。

[0181] 当通过使用控制载流子移动的层改进载流子平衡时，发光元件的发光效率可以得到改进。此外，使用控制载流子移动的层使得防止过多的电子被注射以及防止电子穿透发光层到达空穴迁移层或空穴注入层成为可能。当电子到达了空穴迁移层或空穴注入层时，发光层中的再结合概率减小（即，载流子平衡损失），这可能导致发光效率随着时间降低。即，发光元件的寿命变得更短。

[0182] 然而，通过如这一实施方案模式所示使用控制载流子移动的层，变得可能防止过多的电子被注射以及防止电子穿透发光层到达空穴迁移层或空穴注入层。因此，可以抑制发光效率随着时间的降低。即，可以获得长寿命的发光元件。更具体地，在包含在控制载流子移动的层中的两种或更多种化合物之间，使用具有比第一有机化合物的重量百分率更低重量百分率的第二有机化合物控制载流子的移动。因此，可以采用包含在控制载流子移动的层中的所有组分的最低重量百分率的组分控制载流子的移动。因此，可以获得不容易随着时间而劣化的长寿命发光元件。

[0183] 即，与其中采用单一化合物控制载流子平衡的情况相比，载流子平衡更不容易改变。例如，当通过由单一化合物制成的层控制载流子的移动时，整个层的平衡由于形态的部分变化或由于部分结晶而改变。因此，此种发光元件将容易地随着时间而劣化。然而，如这一实施方案模式所示，当采用包含在控制载流子移动的层中的所有组分的最低重量百分率的组分控制载流子的移动时，有可能降低形态变化、结晶、聚集等的影响，藉此可以抑制随

着时间的噁化。因此,可以获得发光效率不容易随着时间而降低的长寿命发光元件。

[0184] 如这一实施方案模式所示,其中在发光层和用作阴极的第二电极之间提供控制载流子移动的层的结构对于具有过多电子的发光元件是尤其有效的。例如,在这个实施方案模式中所示的结构对于以下情形是尤其有效的:即发光层具有电子迁移性能并且从第二电极注射的会穿透该发光层的电子的比例可能地随着时间而增加。应指出,视情况而定,这一实施方案模式可以与其它实施方案模式结合。

[0185] (实施方案模式 2)

[0186] 这一实施方案模式将描述本发明的不同于实施方案模式 1 所示的发光元件的一个实例,参照图 5A。这一实施方案模式说明包括控制空穴移动的层作为控制载流子移动的层的发光元件。本发明的发光元件具有在一对电极之间的多个层。通过将由具有高载流子注入性能的化合物和具有高载流子迁移性能的化合物制成的层结合而将所述多个层堆叠,以致在离开电极的位置形成发光区域,即以致载流子在离开电极的位置再结合。

[0187] 在这个实施方案模式中,发光元件包括第一电极 402、第二电极 404 和在第一电极 402 和第二电极 404 之间提供的 EL 层 403。应指出,在这个实施方案模式中,将在假设第一电极 402 起阳极作用,第二电极 404 起阴极作用的情况下进行描述。即,当在满足第一电极 402 的电势高于第二电极 404 的电势情况下将电压施加到第一电极 402 和第二电极 404 上时,获得光发射。

[0188] 基材 401 可以与实施方案模式 1 中描述的相似。第一电极 402 优选使用具有高功函(即,4.0eV 或更高)的材料形成,例如金属、合金、导电化合物或它们的混合物。因此,可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的材料。

[0189] 所述 EL 层 403 包括第一层 411、第二层 412、第三层 413、第四层 414、第五层 415 和第六层 416。应指出,只要所述 EL 层 403 包括在这个实施方案模式中示出的控制载流子移动的层和发光层,就是可接受的。因此,其它堆叠层的结构不受特别限制。例如,EL 层 403 可以通过将空穴注入层、空穴迁移层、发光层、控制载流子移动的层、电子迁移层、电子注入层等适当地结合而形成。

[0190] 第一层 411 是包含具有高空穴注入性能的化合物的层,并且可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的材料。第二层 412 是包含具有高空穴迁移性能的化合物的层,并且可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的材料。

[0191] 第三层 413 是控制载流子移动的层。第三层 413 包含至少两种化合物。在第三层 413 中,第一有机化合物的重量百分率高于第二有机化合物的重量百分率。这一实施方案模式将描述以下情形,即在比发光层更接近用作阳极的第一电极的位置提供控制载流子移动的层。即,将描述其中在具有发光功用的第四层 414 和第一电极 402 之间提供控制载流子移动的层的情形。

[0192] 当将控制载流子移动的层提供在比发光层更接近用作阳极的第二电极的位置时,第一有机化合物优选是具有空穴迁移性能的有机化合物。即,第一有机化合物优选是其空穴迁移性能高于电子迁移性能的化合物。此外,第二有机化合物优选是具有俘获空穴的功用的有机化合物。即,第二有机化合物优选是其最高已占分子轨道(HOMO)能级比第一有机化合物的高 0.3eV 或更多的有机化合物。当控制载流子移动的层包括第二有机化合物,该层作为整体的电子迁移速度可能比该层仅由第一有机化合物制成的情形低。即,添加第二

有机化合物使得有可能控制载流子的移动。此外,控制第二有机化合物的浓度使得有可能控制载流子的移动速度。第二的浓度优选为 0.1wt% -5wt% 或 0.1mol% -5mol%。

[0193] 第二有机化合物的实例包括 CuPC、DNTPD、DPAB、双 [2- 苯基吡啶 -N, C^{2'}] 乙酰丙酮合铱 (III) (简称: Ir(ppy)₂acac)、(乙酰丙酮) 双 [10-(2- 吡啶基) 吩噻嗪] 铱 (III) (简称: Ir(ppx)₂(acac))、三 (2- 苯基吡啶 -N, C^{2'}) 铱 (III) (简称: Ir(ppy)₃)、双 [2-(2' - 苯并 [4,5-a] 噻吩基) 吡啶 -N, C^{3'}] 乙酰丙酮合铱 (III) (简称: Ir(btp)₂(acac))、N, N'' - (2- 叔丁基蒽 -9,10- 二基二 -4,1- 亚苯基) 双 [N, N', N' - 三苯基 -1,4- 亚苯基二胺] (简称: DPABPA) 等。

[0194] 应指出,在用于发光元件的化合物之中,上述化合物是具有尤其高的 HOMO 能级的化合物。因此,当将此类化合物添加到后面将描述的第一有机化合物中时,可以获得优异的空穴俘获性能。第二有机化合物可以发光。在那种情况下,优选发光层和第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色以保持发光元件的色纯度。

[0195] 此外,包含在第三层 413 中的第一有机化合物是具有空穴迁移性能的有机化合物。即,第一有机化合物是其空穴迁移性能高于电子迁移性能的化合物。特别地,可以使用缩合芳族烃如 9,10- 二苯基蒽 (简称: DPAnth) 和 6,12- 二甲氧基 -5,11- 二苯基屈。

[0196] 或者,可以使用以下芳族胺化合物: N, N- 二苯基 -9-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基] -9H- 咔唑 -3- 胺 (简称: CzA1PA)、4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 三苯胺 (简称: DPhPA)、N, 9- 二苯基 -N-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基] -9H- 咔唑 -3- 胺 (简称: PCAPA)、N, 9- 二苯基 -N-[4-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基] 苯基] -9H- 咔唑 -3- 胺 (简称: PCAPBA)、N-(9, 10- 二苯基 -2- 蒽基) -N, 9- 二苯基 -9H- 咔唑 -3- 胺 (简称: 2PCAPA)、NPB (或 α -NPD)、TPD、DFLDPBi、BSPB 和 2,3- 双 {4-[N-(4- 联苯基) -N- 苯基氨基] 苯基} 喹啉 (简称: BPAPQ)。此外,也可以使用高分子化合物如 PVK、PVTPA、PTPDMA 和 Poly-TPD。

[0197] 特别是,优选使用对空穴稳定的芳族胺化合物。此外,如前述,在实施方案模式 2 中,第二有机化合物应该是具有空穴俘获性能的化合物。因此,第二有机化合物的 HOMO 能级优选比第一有机化合物的高 0.3eV 或更多。因此,只要根据用于第二有机化合物的化合物的种类适当地选择第一有机化合物使得满足上述条件,就是可接受的。

[0198] 应指出,优选包含在第四层 414 中的高度发光性化合物和包含在第三层 413 中的第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色。因此,优选该高度发光性化合物的发射光谱和第二有机化合物的发射光谱之间的峰值差异在 30nm 的范围之内。当峰值差异在 30nm 的范围之内时,高度发光性化合物和第二有机化合物的发射颜色可能是相似的颜色。因此,即使当第二有机化合物由于电压等变化不希望地发光时,发射颜色的变化可能得到抑制。

[0199] 例如,当高度发光性化合物具有比第二有机化合物高的发光效率时,优选控制第二有机化合物在第三层 413 中的浓度以致仅可以实质上获得高度发光性化合物的光发射 (通过将第二有机化合物的浓度设置到略低于高度发光性化合物的浓度以致可以抑制第二有机化合物的光发射)。在那种情况下,高度发光性化合物和第二有机化合物的发射颜色是相似的颜色 (即,它们具有几乎相同水平的能带宽度)。因此,几乎不存在能量将从高度发光性化合物转移到第二有机化合物的可能性,并且因此可以获得高的发光效率。

[0200] 图 8 示例性地说明了图 5A 所示的本发明发光元件的能带图。在图 8 中,从第二电极 404 注射的电子穿过第六层 416 并进一步穿过第五层 415,所述第六层 416 包含具有高电

子注入性能的化合物,所述第五层 415 包含具有高电子迁移性能的化合物。然后,将电子注入包含高度发光性化合物的第四层 414。另一方面,从第一电极 402 注射的空穴穿过第一层 411 并进一步穿过第二层 412,所述第一层 411 包含具有高空穴注入性能的化合物,所述第二层 412 包含具有高空穴迁移性能的化合物。然后,将空穴注入是控制载流子移动的层的第三层 413。注入控制载流子移动的层的空穴的移动速度受到具有空穴俘获性能的第二有机化合物阻滞。移动速度受阻的电子注入包含高度发光性化合物的第四层 414,然后与空穴再结合。因此,获得光发射。

[0201] 当第四层 414 具有空穴迁移性能时,例如,从第五层 415 注入第四层 414 的电子的移动速度受到阻滞。此外,从第三层 413 注入第四层 414 的空穴的移动速度甚至在第四层 414 中也较慢,原因在于它已在第三层 413 中受到阻滞。因此,缓慢移动速度的空穴和缓慢移动速度的电子在第四层 414 中再结合,藉此再结合概率获得增加并且发光效率得到改进。

[0202] 在不包括第三层 413 的常规发光元件的情况下,不阻滞空穴的移动速度而是将空穴直接地注入第四层 414。因此,空穴到达第四层 414 和第五层 415 之间的界面附近。在那种情况下,存在空穴可能到达第五层 415 并使该层劣化的可能性。此外,当已经到达第五层 415 的空穴的量随着时间增加时,发光层中的再结合概率随着时间减少,这导致元件的寿命更短(随着时间亮度衰减)。

[0203] 在本发明的发光元件中,从第一电极 402 注射的空穴穿过第一层 411 并进一步穿过第二层 412,所述第一层 411 包含具有高空穴注入性能的化合物,所述第二层 412 包含具有高空穴迁移性能的化合物。然后,将空穴注入是控制载流子移动的层的第三层 413。在此,第三层 413 具有此种结构,即其中将具有俘获空穴功用的第二有机化合物添加到具有空穴迁移性能的第一有机化合物中。因此,注入第四层 413 的空穴的移动速度受到阻滞并控制了向第四层 414 的空穴注入。

[0204] 结果,从第四层 414 到第四层 414 和第三层 413 之间的界面附近的区域周围形成了发光区域,该发光区域曾经通常在第五层 415 和第四层 414 之间的界面附近形成,所述第五层 415 包含具有高电子迁移性能的化合物。因此,存在低的电子可能到达包含高电子迁移性能的化合物的第五层 415 并使该第五层 415 劣化的可能性。类似地,至于电子,还存在低的电子可能到达包含高空穴迁移性能的化合物的第二层 412 并使该层劣化的可能性,原因在于第三层 413 包含具有空穴迁移性能的第一有机化合物。

[0205] 此外,本发明的要点是不是仅将具有低空穴迁移率的化合物应用于第三层 413 而是将具有俘获空穴功用的有机化合物添加到具有空穴迁移性能的有机化合物中。采用此种结构,不但可能控制向第四层 414 的空穴注入而且可能抑制随着时间空穴注入的控制量的变化。因此,本发明的发光元件可以防止随着时间载流子平衡损失的现象,这种现象可能另外降低再结合概率。因此,可以改进元件的寿命(可以抑制随着时间亮度衰减)。

[0206] 在本发明的发光元件中,不在发光层和空穴迁移层之间的界面或发光层和电子迁移层之间的界面处形成发光区域。因此,不存在如果发光区域位于接近空穴迁移层或电子迁移层位置而将另外引起的不利的噁化影响。此外,可以抑制随着时间载流子平衡的变化(具体来说,随着时间电子注入量的变化)。因此,可以获得不容易劣化的长寿命发光元件。

[0207] 此外,优选包含在第三层 413 中的第二有机化合物和包含在第四层 414 中的高度发光性化合物的发射颜色是相似的颜色。特别地,优选第二有机化合物和高度发光性化合物的发射光谱之间的峰值差异在 30nm 的范围之内。当峰值差异在 30nm 的范围之内时,第二有机化合物和高度发光性化合物的发射颜色可能是相似的颜色。因此,即使当第二有机化合物由于电压等变化不希望地发光时,发射颜色的变化可能得到抑制。

[0208] 此外,第三层 413 即控制载流子移动的层的厚度优选为 5-20nm。当第三层 413 过厚时,载流子的移动速度变得太慢,这可能导致高的驱动电压。另一方面,当第三层 413 过薄时,不可能实现控制载流子移动的功用。因此,第三层 413 的厚度优选为 5-20nm。第四层 414 是包含具有高空穴迁移性能的化合物的层,并且可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的材料。此外,也可以使用发磷光的物质如(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))。

[0209] 当发磷光的材料用作高度发光性化合物时,包含在第三层 413 中的第二有机化合物也优选是发磷光的材料如 Ir(ppy)₂(acac)、Ir(ppx)₂(acac)、Ir(ppy)₃ 或 Ir(btp)₂(acac)。例如,当将显示红发射光的 Ir(Fdpq)₂(acac) 用于高度发光性化合物时,优选将显示相似的红颜色的发射光的 Ir(btp)₂(acac) 用于包含在第三层 413 中的第二有机化合物。此外,如实施方案模式 1 中所述那样,发光层也可以具有其中高度发光的化合物分散在另一种化合物中的结构。

[0210] 应指出,在这个实施方案模式中,在发光层和用作阳极的第一电极之间提供控制载流子移动的层。因此,所述发光层优选具有空穴迁移性能。即,发光层的电子迁移性能优选高于其电子迁移性能。通常,当发光层具有空穴迁移性能时,为了防止空穴穿透发光层,已在该发光层和阴极之间提供了空穴阻挡层。然而,当空穴阻挡层随着时间而劣化时,再结合区域扩大到空穴阻挡层的内部(或电子迁移层的内部),这可能导致电流效率的显著降低(即,亮度衰减)。同时,在本发明中,在空穴到达发光层之前(在发光层和阳极之间),将空穴的移动加以控制。因此,即使当空穴的平衡(例如,空穴相对于电子的迁移率或量)稍微损失时,在发光层中的再结合的比例几乎不变,这是有利的,因为亮度不容易衰减。

[0211] 因此,优选使用具有空穴迁移性能的有机化合物作为高度发光性化合物分散于其中的材料,该材料在实施方案模式 1 中进行了描述。特别地,可以使用以下化合物:缩合芳族烃如 DPAnth 和 6,12-二甲氧基-5,11-二苯基屈,或芳族胺化合物如 CzAIPAA、DPhPA、PCAPA、PCAPBa、2PCAPA、NPB(或 α -NPD)、TPD、DFLDPBi 和 BSPB。

[0212] 第五层 415 是包含具有高电子迁移性能的化合物的层,并且可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的化合物。第六层 416 是包含具有高电子注入性能的化合物的层,并且可以使用与实施方案模式 1 中描述的相似的化合物。

[0213] 作为形成 EL 层的方法,可以使用各种方法,无需考虑干法或湿法。例如,可以使用真空沉积法、喷墨法、旋涂法等。此外,对于不同的电极或不同的层,可以使用不同的沉积方法。例如,在上述材料之中,可以选择高分子化合物通过湿法形成 EL 层。或者,可以选择低分子有机化合物通过湿法形成 EL 层。此外,也可能通过选择低分子有机化合物和使用干法如真空沉积法形成 EL 层。类似地,可以通过湿法如溶胶凝胶法或通过采用金属材料的糊剂的湿法形成电极。或者,可以通过干法如溅镀法或蒸汽沉积法形成电极。

[0214] 形成发光元件的具体方法将在下面进行描述。当将本发明的发光元件应用于显

示装置并且根据各种颜色选择性地沉积其发光层时,优选通过湿法形成发光层。当通过喷墨法形成发光层时,即使当使用大基材时也可以容易地对各种颜色进行发光层的选择性沉积。

[0215] 例如,图 5A 所示的结构可以通过以下步骤获得:

[0216] 通过是干法的溅镀方法形成第一电极,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第一层,通过是干法的真空沉积法形成第二层,通过是湿法的喷墨法形成第三层,通过是干法的共沉积法形成第四层,通过是干法的真空沉积法形成第五层和第六层,和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极。

[0217] 或者,图 5A 所示的结构可以通过以下步骤获得:

[0218] 通过是湿法的喷墨法形成第一电极,通过是干法的真空沉积法形成第一层,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二层,通过是湿法的喷墨法形成第三层,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第四层,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第五层和第六层,和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极。应指出,沉积方法不限于上述方法,视情况可以将湿法和干法结合。

[0219] 更具体地,图 5A 所示的结构可以通过以下步骤获得:通过是干法的溅镀方法形成第一电极,通过是干法的真空沉积法形成第一层和第二层,通过是干法的共沉积法形成第三层,通过是湿法的喷墨法形成是发光层的第四层,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第五层,不形成第六层,和通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极。

[0220] 即,第一电极至第三层可以通过干法形成,而第四层至第二电极可以通过湿法形成。通过这一方法,可以在真空中连续地形成第一电极至第三层,可以在常压下形成第四层至第二电极。此外,可以容易地进行第四层对于各种颜色的选择性沉积。因此,可以简化方法并且可以改进生产率。

[0221] 同时,图 6A 中所示的结构可以按上述步骤的反向次序形成:通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第二电极,通过是湿法的喷墨法或旋涂法形成第六层和第五层,通过是湿法的喷墨法形成第四层,通过是干法的共沉积法形成第三层,通过是干法的真空沉积法形成第二层和第一层,和通过是干法的真空沉积法形成第一电极。通过这一方法,可以在常压下形成第二电极至第四层,可以在真空中通过干法连续地形成第三层至第一电极。因此,可以简化方法并且可以改进生产率。

[0222] 在具有上述结构的本发明的发光元件中,电流由于第一电极 402 和第二电极 404 之间产生的电位差而流动,藉此空穴和电子在 EL 层 403 中再结合并且获得光发射。发射光通过第一电极 402 和第二电极 404 中之一或两者提取出来。因此,第一电极 402 和第二电极 404 中之一或两者是光透射性电极。

[0223] 当仅第一电极 402 是光透射性电极时,如图 7A 所示,发射光通过第一电极 402 从基材一侧射出。同时,当仅第二电极 404 是光透射性电极时,如图 7B 所示,发射光通过第二电极 404 从与基材一侧相反的那侧射出。当第一电极 402 和第二电极 404 都是光透射性电极时,如图 7C 所示,发射光通过第一电极 402 和第二电极 404 从基材一侧和与基材一侧相反的那侧射出。

[0224] 应指出,在第一电极 402 和第二电极 404 之间提供的层的结构不限于上述结构。即,在本发明和中和在这个实施方案模式中,可能使用除上述结构以外的任何结构,只要空

穴和电子再结合的发光区域位于离开第一电极 402 和第二电极 404 的位置,此外,提供控制载流子移动的层使得防止猝灭,这将另外地由发光区域接近金属而引起。

[0225] 即,层的堆叠结构不受特别限制。只要由具有高电子迁移性能的化合物、具有高空穴迁移性能的化合物、具有高电子注入性能的化合物、具有高空穴注入性能的化合物和具有双极性的化合物(同时具有高电子迁移性能和空穴迁移性能的化合物)制成的层适当地与这个实施方案模式中示出的控制载流子移动的层和发光层结合,则就是可接受的。

[0226] 应指出,在这个实施方案模式中所示的控制载流子移动的层是控制空穴移动的层。因此,它优选比发光层提供在更接近用作阳极的电极的位置。例如,如图 5B 所示,可以将包含具有高空穴迁移性能的化合物的第七层 417 提供在具有发光功用的第四层 414 和是控制载流子移动的层的第三层 413 之间。

[0227] 更优选,所述控制载流子移动的层令人希望地经提供与所述发光层接触。当控制载流子移动的层经提供与发光层接触时,可以直接地控制向发光层的空穴注入。因此,可以更加有效地控制发光层中随着时间载流子平衡的变化,藉此可以更加有效地延长元件的寿命。此外,因为不需要含有高空穴迁移性能的化合物的第七层,所以该方法可以得到简化。

[0228] 应指出,当控制载流子移动的层经提供与发光层接触时,优选包含在控制载流子移动的层中的第一有机化合物与大量包含在发光层中的有机化合物不同。具体来说,当发光层含有高度发光性化合物分散于其中的化合物(第三有机化合物)和高度发光性化合物(第四有机化合物)时,该第三有机化合物和第一有机化合物是不同的有机化合物是合乎需要的。采用此种结构,甚至可以在第一有机化合物和第三有机化合物之间控制载流子(在这个实施方案模式中,空穴)的移动。因此,提供控制载流子移动的层的有利效果可以进一步提高。

[0229] 此外,图 6A 中所示的发光元件具有其中用作阴极的第二电极 404、EL 层 203 和用作阳极的第一电极 402 顺序地堆叠在基材 401 上的结构。所述 EL 层 403 包括第一层 411、第二层 412、第三层 413、第四层 414、第五层 415 和第六层 416。第四层 413 提供在比第四层 414 更接近用作阳极的第一电极的位置。

[0230] 本发明的发光元件包括控制载流子移动的层。该控制载流子移动的层包含至少两种化合物。因此,通过控制化合物的相容性、它们的混合比例、层厚度等,可以精确地控制载流子平衡。此外,因为可以通过控制化合物的相容性、它们的混合比例、层厚度等控制载流子平衡,所以比在常规发光元件中更加容易地控制载流子平衡。即,载流子的移动可以不通过改变材料的物理性能而通过控制混合比例、层厚度等加以控制。

[0231] 当通过使用控制载流子移动的层改进载流子平衡时,发光元件的发光效率可以得到改进。此外,使用控制载流子移动的层使得防止过多的电子被注射以及防止电子穿透发光层到达电子迁移层或电子注入层成为可能。当空穴到达了电子迁移层或电子注入层时,发光层中的再结合概率减小(即,载流子平衡损失),这可能导致发光效率随着时间降低。即,发光元件的寿命变得更短。

[0232] 然而,通过如这一实施方案模式所示使用控制载流子移动的层,变得可能防止过多的电子被注射以及防止电子穿透发光层到达电子迁移层或空穴注入层。因此,可以抑制发光效率随着时间的降低。即,可以获得长寿命的发光元件。

[0233] 更具体地,在包含在控制载流子移动的层中的两种或更多种化合物之间,使用具

有比第一有机化合物的重量百分率更低重量百分率的第二有机化合物控制载流子的移动。因此,可以采用包含在控制载流子移动的层中的所有组分的最低重量百分率的组分控制载流子的移动。因此,可以获得不容易随着时间而劣化的长寿命发光元件。

[0234] 例如,当通过由单一化合物制成的层控制载流子的移动时,整个层的平衡由于形态的部分变化或由于部分结晶而改变。因此,此种发光元件将容易地随着时间而劣化。然而,如这一实施方案模式所示,当采用包含在控制载流子移动的层中的所有组分的最低重量百分率的组分控制载流子的移动时,有可能降低形态变化、结晶、聚集等的影响,藉此可以抑制随着时间的噁化。因此,可以获得发光效率不容易随着时间而降低的长寿命发光元件。

[0235] 如这一实施方案模式所示,其中在发光层和用作阳极的第一电极之间提供控制载流子移动的层的结构对于具有过多空穴的发光元件是尤其有效的。例如,在这个实施方案模式中所示的结构对于以下情形是尤其有效的:即发光层具有空穴迁移性能并且从第一电极注射的会穿透该发光层的空穴的比例可能地随着时间而增加。

[0236] 应指出,视情况而定,这一实施方案模式可以与其它实施方案模式结合。例如,可以将控制空穴移动的层提供在发光层和用作阳极的第一电极之间,此外还可以将控制电子移动的层提供在发光层和用作阴极的第二电极之间。即,当使用此种结构时,变得可能在发光层的相对侧上提供控制载流子移动的层,这是更加优选的,因为载流子可以在离开电极的位置处在发光层的相对侧上再结合。结果,在发光层的相对侧上控制载流子的移动,其中形态变化、结晶、聚集等的影响可以进一步降低,并且可以抑制随着时间的噁化。因此,可以获得发光效率不容易随着时间而降低的长寿命发光元件。

[0237] (实施方案模式 3)

[0238] 这一实施方案模式将描述其中将根据本发明的许多发光装置堆叠的发光元件,参照图 9。发光元件是堆叠型发光元件,其具有许多在第一电极和第二电极之间的发光装置。对于每个发光装置,可以使用与实施方案模式 1 中示出的 EL 层 203 的或实施方案模式 2 中示出的 EL 层 403 的结构相似的结构。换言之,在实施方案模式 1 和 2 中的每一个中描述的发光元件是具有单个发光装置的发光元件。在这个实施方案模式中,将描述具有许多发光装置的发光元件。

[0239] 在图 9 中,第一发光装置 511 和第二发光装置 512 堆叠在第一电极 501 和第二电极 502 之间。电荷产生层 513 提供在第一发光装置 511 和第二发光装置 512 之间。与实施方案模式 1 中示出的电极相似的电极可以应用于第一电极 501 和第二电极 502。第一发光装置 511 和第二发光装置 512 可以具有相同的结构或不同的结构,可以应用与实施方案模式 1 和 2 中示出的那些相似的结构。

[0240] 电荷产生层 513 包含有机化合物和金属氧化物的复合材料。有机化合物和金属氧化物的复合材料在实施方案模式 1 中进行了描述,和包括有机化合物和金属氧化物如氧化钒、氧化钼或氧化钨。作为有机化合物,可以使用各种化合物如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳族烃和分子化合物(例如,低聚物、枝状体或聚合物)。优选使用空穴迁移率大于或等于 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的有机化合物,因为这种有机化合物具有空穴迁移性能。然而,也可以使用除了这些化合物以外的其它化合物,只要它们的空穴迁移性能比它们的电子迁移性能高。有机化合物和金属氧化物的复合材料在载流子注入性能和载流子迁移性能方面是优异的,因

此,可以实现低电压驱动和低电流驱动。

[0241] 应指出,电荷产生层 513 可以用包含有机化合物和金属氧化物和其它材料的复合材料的层的组合形成。例如,电荷产生层 513 可以用以下层的组合形成:包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层,和包含一种选自供电子化合物和具有高电子迁移性能的化合物的化合物的层。此外,电荷产生层 513 可以用包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层和透明导电性薄膜的组合形成。

[0242] 无论如何,只要当将电压施加在第一电极 501 和第二电极 502 之间时 电子注入一个发光装置并且空穴注入另一个发光装置,则夹在第一发光装置 511 和第二发光装置 512 之间的电荷产生层 513 是可接受的。例如,当以满足第一电极的电势高于第二电极的电势的方式施加电压时,只要层 513 分别将电子和空穴注入第一发光装置 511 和第二发光装置 512,则用于电荷产生层 513 的任何结构是可接受的。

[0243] 虽然这一实施方案模式说明具有两个发光装置的发光元件,但是本发明可以类似地适用于其中将三个或更多发光装置堆叠的发光元件。通过在—对电极之间布置多个发光装置满足所述多个发光装置被电荷产生层分隔,可以获得具有长寿命和高亮度的发光元件虽然维持低电流密度。此外,当发光元件应用于照明时,可以抑制将由电极材料的电阻所引起的电压降。因此,在大面积上的均匀的发射光变成可能。换言之,可以获得。能够低电压驱动和低功率消耗的发光装置

[0244] 当发光装置经形成具有彼此不同的发射颜色时,所需颜色的发射光可以整体上从发光元件获得。例如,在具有两个发光装置的发光元件中,当第一发光装置的发射颜色和第三发光装置的发射颜色是互补色时,可以获得整体上发射白光的发光元件。应指出,“互补色”是指当混合时可以产生无色的颜色。即,当将从发射互补色的光的化合物的发射光混合时,可以获得白色发射。具有三个发光装置的发光元件也可以如此。例如,当第一发光装置的发射颜色是红色,第二发光装置的发射颜色是绿色,第三发光装置的发射颜色是蓝色时,可以从发光元件获得整体上的白色发射。应指出,视情况而定,这一实施方案模式可以与其它的实施方案模式结合。

[0245] (实施方案模式 4)

[0246] 这一实施方案模式将描述具有本发明发光元件的发光装置。在这个实施方案模式中,将参照图 10A 和 10B 描述具有像素部分的包括本发明的发光元件的发光装置。图 10A 是发光装置的俯视图,图 10B 是沿着图 4A 的线 A-A' 和 B-B' 取的剖视图。参考荣誉年号 601、602 和 603 分别表示驱动器电路部分(电源驱动器电路)、像素部分和驱动器电路部分(门驱动器电路),它们通过虚线表示。此外,参考编号 604 和 605 分别表示密封 基材和密封材料,被密封材料 605 围绕的部分对应于空间 607。

[0247] 导线 608 是是将信号迁移到电源驱动器电路 601 和门驱动器电路 603 的线路,该线路 608 从 FPC(挠性印刷电路)609 即外部输入端接收视频信号、时钟信号、起动信号、复位信号等。虽然在此仅示出了 FPC,但是 FPC 可以装备有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置不但包括发光装置本身而且包括具有与其连接的 FPC 或 PWB 的发光装置。

[0248] 接下来,将参照图 10B 描述横截面结构。在基材 610 上形成驱动器电路部分和像素部分。在此,示出了电源驱动器电路 601(其是驱动器电路部分)和在像素部分 602 中的一个像素。形成作为电源驱动器电路 601 的 CMOS 电路,它是 n 型沟道 TFT623 和 p 型沟道

TFT624 的组合。可以使用各种 CMOS 电路、PMOS 电路或 NMOS 电路形成驱动器电路。虽然在这个实施方案模式中示出了驱动器集成型装置,其中驱动器电路与像素部分在同一个基材上形成,但是驱动器电路不一定与像素部分在同一个基材上形成并且可以在基材的外部形成。

[0249] 像素部分 602 具有多个像素,它们中的每一个包括开关 TFT611、电流控制 TFT612 和第一电极 613,该第一电极 613 与该电流控制 TFT612 的排放口电连接。应指出,绝缘体 614 经形成以覆盖第一电极 613 的端部。在此,将正型光敏丙烯酸树脂薄膜用于绝缘体 614。

[0250] 绝缘体 614 经形成以致具有曲面,该曲面在其上端部分或下端部分具有曲度以获得有利的覆盖度。例如,在使用正型光敏丙烯酸树脂作为绝缘体 614 的材料的情况下,该绝缘体 614 优选经形成以致具有曲面,该曲面仅在其上端部分具有曲率半径 (0.2-3 μm)。可以将通过光辐射在蚀刻剂中变得不溶解的负型光致抗蚀剂或通过光辐射在蚀刻剂中变得可溶的正型光致抗蚀剂用于绝缘体 614。

[0251] 在第一电极 613 上形成 EL 层 616 和第二电极 617。对于用于形成第一电极 613 的材料,可以使用各种金属、合金、导电性化合物或它们的混合物。当第一电极 613 用作阳极时,尤其优选在这些金属、合金、导电性化合物和它们的混合物之中选择具有高功函 (功函的 4.0eV 或更高) 的材料。

[0252] 例如,第一电极 613 可以通过使用单层薄膜如由含硅的 ITO 制成的薄膜、由氧化铟锌 (IZO) 制成的薄膜、氮化钛薄膜、铬薄膜、钨薄膜、Zn 薄膜或 Pt 薄膜;氮化钛薄膜和包含铝作为其主组分的薄膜的堆叠层;氮化钛薄膜、包含铝作为其主组分的薄膜和氮化钛薄膜的三层构造等来形成。当第一电极 613 具有堆叠结构时,电极 613 显示出低到足以充当线路的电阻,从而获得良好的欧姆接触。此外,第一电极 613 可以起阳极作用。

[0253] 此外,通过各种方法如使用蒸发掩模的蒸气沉积法、喷墨法和旋涂法形成 EL 层 616。EL 层 616 包括控制载流子移动的层和在实施方案模式 1 和 2 中描述的发光层。作为形成 EL 层 616 的其它材料,还可以使用低分子化合物或高分子化合物 (例如,低聚物或枝状体)。此外,对于形成 EL 层的材料,不但可以使用有机化合物而且可以使用无机化合物。

[0254] 作为形成第二电极 617 的材料,可以使用各种金属、合金、导电性化合物或它们的混合物。当第二电极 617 用作阴极时,尤其优选在这些金属、合金、导电性化合物和它们的混合物之中选择具有低功函 (功函为 3.8eV 或更低) 的材料。例如,可以使用属于元素周期表第 1 或 2 族的元素,即碱金属如锂 (Li) 和铯 (Cs) 和碱土金属如镁 (Mg)、钙 (Ca) 和锶 (Sr);它们的合金 (例如, MgAg 和 AlLi) 等。

[0255] 当在 EL 层 616 中产生的光透过第二电极 617 时,第二电极 617 也可以使用金属薄膜和透明导电性薄膜 (例如,氧化铟锡 (ITO)、含硅或氧化硅的 ITO、氧化铟锌 (IZO) 或包含氧化钨和氧化锌的氧化铟 (IWZO)) 的堆叠层来形成。

[0256] 在这个实施方案模式的发光装置中,采用密封材料 605 将密封基材 604 附着到元件基材 610,其中在由元件基材 610、密封基材 604 和密封材料 605 围绕的空间 607 中提供发光元件 618。应指出,该空间 607 充满惰性气体 (例如,氮气或氩气)。还存在该空间 607 充满密封材料 605 的情形。

[0257] 应指出,环氧树脂优选用于密封材料 605。此类材料优选允许尽可能少的水分和氧气穿透。作为形成密封基材 604 的材料,可以使用玻璃基材或石英基材,以及由 FRP (玻纤

增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸系树脂等制成的塑料基材。

[0258] 通过上述方法,可以获得具有本发明发光元件的发光装置。本发明这样获得的发光装置具有长寿命的发光元件;因此,装置本身也具有长寿命。此外,因为本发明的发光元件是具有高发光效率的发光元件,可以达到高亮度,并且可以获得具有降低功率消耗的发光装置。

[0259] 虽然这个实施方案模式说明了其中发光元件的驱动由晶体管控制的有源矩阵发光装置,但是也可能使用无源矩阵发光装置,其中不用驱动发光元件的元件如晶体管驱动发光元件,如图 11A 和 11B 中所示的结构。图 11A 和 11B 分别示出了通过应用本发明形成的无源矩阵发光装置的透视图和剖视图。图 11A 是发光装置的剖视图,图 11B 是沿着图 11A 的线 X-Y 取的剖视图。在图 11A 和 11B 中,在基材 951 上的电极 952 和电极 956 之间提供 EL 层 955。电极 952 的边缘被绝缘层 953 覆盖。

[0260] 在绝缘层 953 上提供分隔层 954。分隔层 954 侧壁倾斜以致一个侧壁和另一个侧壁之间的距离朝着基材表面变窄。换言之,分隔层 954 在较短一侧的方向上的横截面是梯形的,并且下底(顺着绝缘层 953 的平面方向展开并且与该绝缘层 953 接触的那侧)比上底(顺着绝缘层 953 的平面方向展开并且不与该绝缘层 953 接触的那侧)短。这样提供的分隔层 954 可以防止发光元件由于静电等产生缺陷。此外,通过应用本发明的长寿命发光元件,也可以将无源矩阵发光装置形成为长寿命的发光装置。此外,通过应用本发明的具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的发光装置。

[0261] (实施方案模式 5)

[0262] 这个实施方案模式将描述包括实施方案模式 4 中描述的发光装置作为组件的本发明的电子装置。本发明的电子装置包括实施方案模式 1-3 中任一描述的发光元件,并且因此具有长寿命的显示部分。此外,因为使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的显示部分。

[0263] 使用本发明的发光装置形成的电子装置的典型实例包括照相机如摄像机和数字照相机,护目显示器,导航系统,声音再生装置((例如,汽车声频成分立体声系统和声频成分立体声系统),计算机,游戏机,便携式信息端(例如,便携式电脑、移动式电话、便携式游戏机和电子图书)和装备有记录介质的图像再生装置(特别地,能够使记录媒体如数字通用唱片(DVD)的内容再生并且装备有可以显示再生的图像的显示装置的装置)等。这些电子装置的具体实例在图 12A-12D 中示出。

[0264] 图 12A 示出了根据本发明的电视机,其包括外壳 9101、支撑底座 9102、显示部分 9103、扬声器部分 9104、视频输入端 9105 等。在该电视机中,显示部分 9103 具有按矩阵排列的与实施方案模式 1-3 中示出的那些相似的发光元件。发光元件的特征表现为长寿命。包括发光元件的显示部分 9103 具有相似的特征。因此,这一电视机也具有长寿命的特征。即,可以提供长时间耐用的电视机。此外,因为使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的显示部分的电视机。

[0265] 图 12B 示出了根据本发明的计算机,其包括主体 9201、外壳 9202、显示部分 9203、键盘 9204、外接端口 9205、定点装置 9206 等。在该计算机中,显示部分 9203 具有按矩阵排列的与实施方案模式 1-3 中示出的那些相似的发光元件。发光元件的特征表现为长寿命。包括发光元件的显示部分 9203 具有相似的特征。因此,这一计算机也具有长寿命的特征。

即,可以提供长时间耐用的计算机。此外,因为使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的显示部分的计算机。

[0266] 图 12C 示出了根据本发明的移动式电话,其包括主体 9401、外壳 9402、显示部分 9403、声音输入部分 9404、声频输出部分 9405、操作键 9406、外接端口 9407、天线 9408 等。在该移动式电话中,显示部分 9403 具有按矩阵排列的与实施方案模式 1-3 中示出的那些相似的发光元件。发光元件的特征表现为长寿命。包括发光元件的显示部分 9403 具有相似的特征。因此,这一移动式电话也具有长寿命的特征。即,可以提供长时间耐用的移动式电话。此外,因为使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的显示部分的移动式电话。

[0267] 图 12D 示出了根据本发明的摄像机,其包括主体 9501、显示部分 9502、外壳 9503、外接端口 9504、遥控接收部分 9505、图像接收部分 9506、电池 9507、声音输入部分 9508、操作键 9509、目镜部分 9510 等。在该摄像机中,显示部分 9502 具有按矩阵排列的与实施方案模式 1-3 中示出的那些相似的发光元件。发光元件的特征表现为长寿命。包括发光元件的显示部分 9502 具有相似的特征。因此,这一摄像机也具有长寿命的特征。即,可以提供长时间耐用的摄像机。此外,因为使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有降低功率消耗的显示部分的摄像机。

[0268] 如上所述,本发明的发光装置的可应用范围非常宽以致该发光装置可以应用于各种领域中的电子装置。通过使用本发明的发光装置,可以提供具有长时间耐用的长寿命显示部分的电子装置。此外,可以获得具有降低功率消耗的显示部分的电子装置。

[0269] 本发明的发光装置也可以用作照明装置。将参照图 13 描述使用本发明发光元件用于照明装置的实例。图 13 示出了使用本发明的发光装置作为背灯的液晶显示器。图 13 所示的液晶显示器包括外壳 901、液晶层 902、背灯 903 和外壳 904,并且该液晶层 902 与驱动器 I C905 连接。本发明的发光装置用于背灯 903,并且通过端子 906 供给电流。

[0270] 通过使用本发明的发光装置作为液晶显示器的背灯,可以获得具有长寿命的背灯。本发明的发光装置是具有平面发射光的照明装置,并且可以具有较大面积。因此,该背灯可以具有较大面积,并且可以获得具有较大面积的液晶显示器。另外,本发明的发光装置具有薄的形状,并且具有较低功耗;因此,还可以获得显示装置的较薄形状和较低功耗。此外,由于使用具有高发光效率的发光元件,可以获得具有高亮度的发光装置。另外,由于本发明的发光装置具有长的寿命,可以获得具有长寿命的液晶显示器。

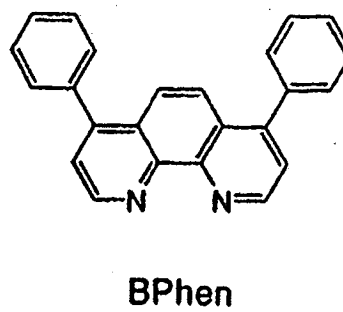
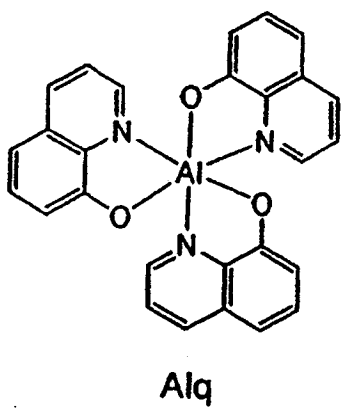
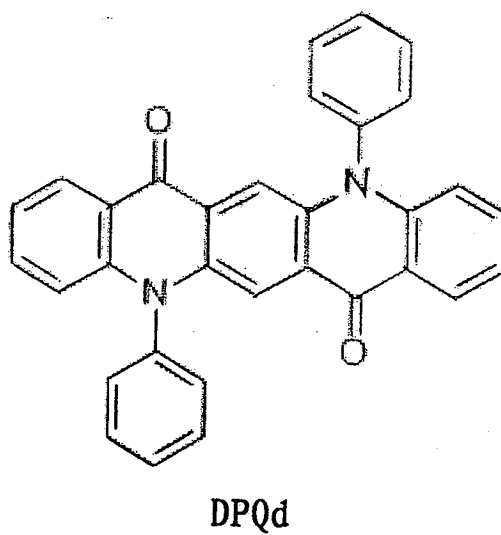
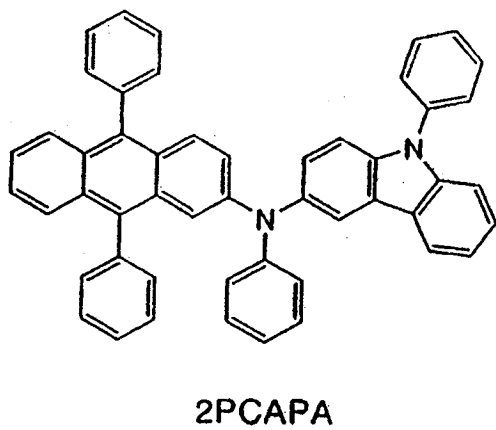
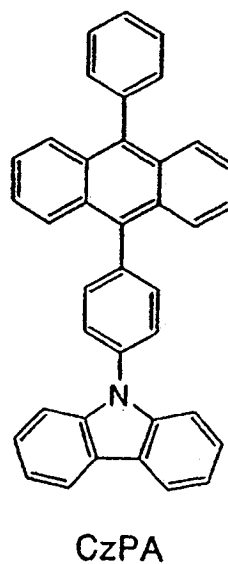
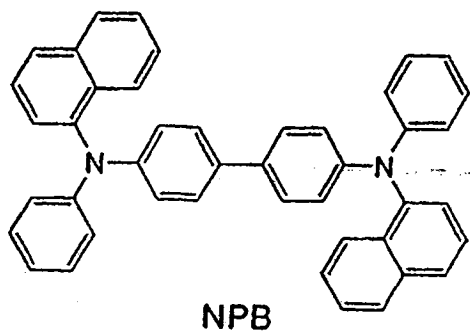
[0271] 图 14 示出了将本发明的发光装置用于属于照明装置的台灯的一个实施例。图 14 中示出的台灯具有外壳 2001 和光源 2002,并且本发明的发光装置用作该光源 2002。本发明的发光装置具有长的寿命;因此,台灯也具有长的寿命。图 15 示出了将本发明的发光装置用于室内照明装置 3001 的一个实施例。因为本发明的发光装置可以具有较大面积,因此本发明的发光装置可以用作具有较大发光面积的照明装置。另外,由于本发明的发光装置具有长的寿命,可以获得具有长寿命的照明装置。

[0272] 当将图 12A 中所示的那样的根据本发明的电视机 3002 放入其中将本发明的发光装置用作室内照明装置 3001 的室内时,可以观看公众电视广播和电影。在这种情况下,由于这两种装置均具有长的寿命,可以降低照明装置和电视机的置换频率,并且可以降低对环境造成的破坏。

[0273] (实施方案 1)

[0274] 这个实施方案将参照图 16 中的堆叠结构具体地描述本发明的发光元件的制造实施例和所制造的发光元件的特征。此外,将参照显示测量结果的曲线图对特征进行具体的描述。在实施方案 1 中使用的有机化合物的结构通式在以下示出。

[0275]



[0276] (发光元件 1 的制造)

[0277] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一

电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 110nm,电极面积是 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并满足该第一电极的表面朝下,然后将压力降低至大约 10^{-4}Pa 。

[0278] 接下来,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。应指出,共同沉积方法是其中在一个处理室中同时使用多个蒸发源进行沉积的沉积方法。

[0279] 接下来,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2212。然后,在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至 30nm 的厚度形成该发光层 2213。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0280] 此外,通过在该发光层 2213 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)和 N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)共同沉积至 10nm 的厚度形成用于控制载流子移动的层 2214。在此,控制沉积速率以便 Alq 与 DPQd 的重量比可以为 1:0.003(=Alq:DPQd)。

[0281] 接下来,通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层 2215。然后,通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂(LiF)沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层 2216。最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极 2204。因此,形成了发光元件 1。

[0282] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 1 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量该发光元件 1 的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在 25°C)进行。图 17 示出了发光元件 1 的电流密度对亮度特性。

[0283] 图 18 示出了发光元件 1 的电压对亮度特性;图 19 示出了发光元件 1 的亮度对电流效率特性;图 20 示出了在 1mA 的供电下该发光元件 1 的发射光谱。

[0284] 图 21 示出了连续照明试验的结果,在该试验中,在初始亮度设置在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的情况下,通过恒定电流驱动使发光元件 1 连续地发光(纵轴表示在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 为 100%的假定下的相对亮度)。在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下,发光元件 1 的发光颜色位于 CIE 色度座标的($x=0.30, y=0.64$),并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外,在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下发光元件 1 的电流效率和驱动电压分别为 $14\text{cd}/\text{A}$ 和 8.1V。此外,当进行其中初始亮度设置在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$,通过恒定电流驱动让发光元件 1 连续地发光的连续照明试验时,甚至在 740 小时之后,仍保留 93%的初始亮度。因此,证明了该发光元件 1 具有长的寿命。

[0285] (参考发光元件 2 的制造)

[0286] 接下来,为了进行对比,形成了没有上述发光元件 1 具有的控制载流子移动的层的参考发光元件 2。将在以下描述制造方法。首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材上,从而形成了第一电极。应指出,该第一电极的厚度是 110nm,电极面积是 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0287] 接下来,将具有该第一电极的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并满足第一电极的表面朝下,然后将压力降低至大约 10^{-4} Pa。然后,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极上,从而形成了含复合材料的层。控制沉积速率以便该含复合材料的层的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。

[0288] 接下来,通过用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层。然后,在该空穴迁移层上形成发光层。通过将 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至 40nm 的厚度形成该发光层。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0289] 接下来,通过用电阻加热的沉积方法在该发光层上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层。即,与发光元件 1 不同,在该发光层上形成该电子迁移层,而在它们之间没有设置控制载流子移动的层。然后,通过在该电子迁移层上将氟化锂(LiF)沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层。最后,通过用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极。因此,形成了参考发光元件 2。

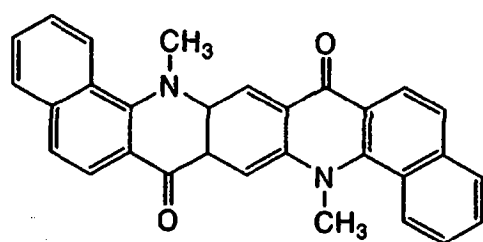
[0290] 将通过上述方法获得的参考发光元件 2 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量该参考发光元件 2 的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在 25°C)进行。在亮度为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 下,该参考发光元件 2 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 ($x = 0.29, y = 0.62$);参考发光元件 2 的电流效率为 $13\text{cd}/\text{A}$;并且它显示类似于发光元件 1 的来源于 2PCAPA 的绿色发射光。

[0291] 然而,当进行其中初始亮度设置在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$,通过恒定电流驱动让参考光元件 2 连续地发光的连续照明试验时,在 740 小时之后,亮度已经降低至初始亮度的 73%。因此,发现参考发光元件 2 具有比发光元件 1 短的寿命。因此,证明通过应用本发明可以获得长寿命的发光元件。

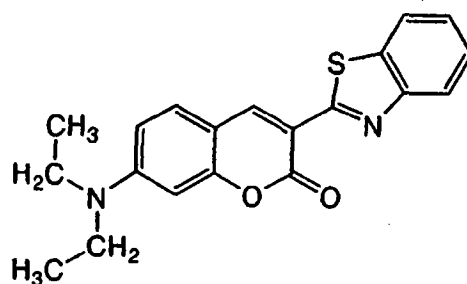
[0292] (实施方案 2)

[0293] 这个实施方案将参照图 16 中的堆叠结构具体地描述本发明的发光元件的制造实施例和所制造的发光元件的特征。此外,将参照显示测量结果的曲线图对特征进行具体的描述。在实施方案 2 中使用的有机化合物的结构通式在以下示出。应指出,省略了在实施方案 1 中已经描述过的有机化合物。

[0294]



DMNQd-2



香豆素6

[0295] (发光元件 3 的制造)

[0296] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 110nm,电极面积是 2mm×2mm。接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并满足该第一电极 2202 的表面朝下,然后将压力降低至大约 10^{-4} Pa。

[0297] 接下来,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。然后,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2212。

[0298] 接下来,在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至 30nm 的厚度形成该发光层 2213。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0299] 此外,通过在该发光层 2213 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)和 N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)共同沉积至 10nm 的厚度形成用于控制载流子移动的层 2214。在此,控制沉积速率以便 Alq 与 DPQd 的重量比可以为 1:0.005(=Alq:DPQd)。

[0300] 然后,通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将 4,7-二苯基-二苯基-1,10-菲绕啉(简称:BPhen)沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层 2215。然后,通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂(LiF)沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层 2216。最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极 2204。因此,形成了发光元件 3。

[0301] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 3 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量发光元件 3 的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在 25℃)进行。图 22 示出了发光元件 3 的电流密度对亮度特性。图 23 示出了发光元件 3 的电压对亮度特性。图 24 示出了发光元件 3 的亮度对电流效率特性。图 25 示出了在 1mA 的供电下该发光元件 3 的发射光谱。

[0302] 图 26 示出了连续照明试验的结果,在该试验中,在初始亮度设置在 5000cd/m^2 的情况下,通过恒定电流驱动使发光元件 3 连续地发光(纵轴表示在 5000cd/m^2 为 100%的假定下的相对亮度)。在 5000cd/m^2 的亮度下,发光元件 3 的发光颜色位于 CIE 色度坐标的($x=0.30$, $y=0.63$),并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外,在 5000cd/m^2 的亮度下,发光元件 3 的电流效率和驱动电压分别为 13cd/A 和 5.5V。此外,当进行其中初始亮度设置在 5000cd/m^2 ,通过恒定电流驱动让发光元件 3 连续地发光的连续照明试验时,甚至在 570 小时之后,仍保留 83%的初始亮度。因此,证明发光元件 3 具有长寿命。

[0303] (发光元件 4 的制造)

[0304] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 110nm,电极面积是 2mm×2mm。接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并且让该第一电极 2202 的表面朝下,然后将压力降低至大约 10^{-4} Pa。

[0305] 接下来,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。然后,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2212。

[0306] 接下来,在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至 30nm 的厚度形成该发光层 2213。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0307] 此外,通过在发光层 2213 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)和 9,18-二氢-9,18-二甲基-苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-2)共同沉积至 10nm 的厚度形成控制载流子移动的层 2214。在此,控制沉积速率以便 Alq 与 DMNQd-2 的重量比可以为 1:0.005(=Alq:DMNQd-2)。

[0308] 然后,通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将 4,7-二苯基-二苯基-1,10-菲绕啉(简称:BPhen)沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层 2215。然后,通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂(LiF)沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层 2216。最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极 2204。因此,形成了发光元件 4。

[0309] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 4 放入含氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量发光元件 4 的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在 25℃)进行。图 27 示出了发光元件 4 的电流密度对亮度特性。图 28 示出了发光元件 4 的电压对亮度特性。图 29 示出了发光元件 4 的亮度对电流效率特性。图 30 示出了在 1mA 的供电下该发光元件 4 的发射光谱。

[0310] 图 26 示出了连续照明试验的结果,在该试验中,在初始亮度设置在 5000cd/m² 的情况下,通过恒定电流驱动使发光元件 4 连续地发光(纵轴表示在 5000cd/m² 为 100%的假定下的相对亮度)。在 5000cd/m² 的亮度下,发光元件 4 的发光颜色位于 CIE 色度座标的(x=0.30, y=0.64),并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外,在 5000cd/m² 的亮度下,发光元件 4 的电流效率和驱动电压分别为 17cd/A 和 4.2V。此外,当进行其中初始亮度设置在 5000cd/m²,通过恒定电流驱动让发光元件 4 连续地发光的连续照明试验时,甚至在 570 小时之后,仍保留 87%的初始亮度。因此,证明发光元件 4 具有长寿命。

[0311] (发光元件 5 的制造)

[0312] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 110nm,电极面积是 2mm×2mm。接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并且让该第一电极 2202 的表面朝下,然后将压力降低至大约 10⁻⁴Pa。

[0313] 接下来,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。然后,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]

联苯（简称：NPB）沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2212。

[0314] 接下来，在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基]-9H- 咔唑（简称：CzPA）和 N-(9,10- 二苯基 -2- 蒽基)-N,9- 二苯基 -9H- 咔唑 -3- 胺（简称：2PCAPA）共同沉积至 30nm 的厚度形成该发光层 2213。在此，控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1 : 0.05 (= CzPA : 2PCAPA)。

[0315] 此外，通过在该发光层 2213 上将三 (8- 羟基喹啉) 铝 (III) (简称：Alq) 和香豆素 6 共同沉积至 10nm 的厚度形成用于控制载流子移动的层 2214。在此，控制沉积速率以便 Alq 与香豆素 6 的重量比可以为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。

[0316] 然后，通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将 4,7- 二苯基 - 二苯基 -1,10- 菲绕啉（简称：BPhen）沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层 2215。然后，通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂 (LiF) 沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层 2216。最后，通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极 2204。因此，形成了发光元件 5。

[0317] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 5 放入含氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封，与大气隔绝。然后，测量发光元件 5 的工作特性。应指出，该测量在室温下（大气保持在 25℃）进行。图 31 示出了发光元件 5 的电流密度对亮度特性。图 32 示出了发光元件 5 的电压对亮度特性。图 33 示出了发光元件 5 的亮度对电流效率特性。图 34 示出了在 1mA 的供电下该发光元件 5 的发射光谱。

[0318] 图 26 示出了连续照明试验的结果，在该试验中，在初始亮度设置在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的情况下，通过恒定电流驱动使发光元件 5 连续地发光（纵轴表示在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 为 100% 的假定下的相对亮度）。在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下，发光元件 5 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 ($x = 0.30$, $y = 0.63$)，并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外，在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下，发光元件 5 的电流效率和驱动电压分别为 $16\text{cd}/\text{A}$ 和 4.5V。此外，当进行其中初始亮度设置在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ ，通过恒定电流驱动让发光元件 5 连续地发光的连续照明试验时，甚至在 150 小时之后，仍保留 93% 的初始亮度。因此，证明发光元件 5 具有长寿命。

[0319] （参考发光元件 6 的制造）

[0320] 接下来，为了比较，形成参考发光元件 6，它与上述发光元件 3-5 的唯一区别在于不使用具有电子俘获性能的有机化合物形成控制载流子移动的层 2214（即，仅使用 Alq 形成层 2214）。因此，按与发光元件 3-5 相似的方式形成参考发光元件 6 除了那一点之外。将在以下描述制造方法。首先，通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材上，从而形成了第一电极。应指出，该第一电极的厚度是 110nm，电极面积是 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0321] 接下来，将具有该第一电极的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上，并满足第一电极的表面朝下，然后将压力降低至大约 10^{-4}Pa 。然后，将 4,4'- 双 [N-(1- 萘基)-N- 苯基氨基] 联苯（简称：NPB）和氧化钼 (VI) 共同沉积在该第一电极上，从而形成了含复合材料的层。控制沉积速率以便该含复合材料的层的厚度可以为 50nm，并且 NPB 与氧化钼 (VI) 的重量比可以为 4 : 1 (= NPB : 氧化钼)。

[0322] 接下来，通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'- 双 [N-(1- 萘基)-N- 苯基氨基] 联苯（简称：NPB）沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层。然后，在该空穴迁移层上形成发光层。通过将 9-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基]-9H- 咔唑（简称：CzPA）和 N-(9,10- 二

苯基-2-萘基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至30nm的厚度形成该发光层。在此,控制沉积速率以便CzPA与2PCAPA的重量比可以为1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0323] 接下来,在发光层上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)至10nm的厚度。即,与发光元件3-5不同,形成仅由Alq制成的层。然后,通过使用电阻加热的沉积方法在仅由Alq制成的层上将4,7-二苯基-二苯基-1,10-菲绕啉(简称:BPhen)沉积至30nm的厚度而形成电子迁移层。此外,通过在该电子迁移层上将氟化锂(LiF)沉积至1nm的厚度形成电子注入层。

[0324] 最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至200nm的厚度形成第二电极。因此,形成了参考发射光元件6。将通过上述方法获得的参考发光元件6放入含氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量参考发光元件6的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在25℃)进行。

[0325] 在5000cd/m²的亮度下,该参考发光元件6的发射颜色位于CIE色度座标的(x=0.28,y=0.64);该参考发光元件6的电流效率为18cd/A;并且它显示来源于2PCAPA的类似于发光元件3-5的绿色发射光。然而,当进行其中初始亮度设置在5000cd/m²,通过恒定电流驱动让参考光元件6连续地发射光的连续照明试验时,在260小时之后,亮度已经降低至初始亮度的75%。因此,发现该参考发射光元件6具有比发光元件3-5短的寿命。因此,证明通过应用本发明可以获得长寿命的发光元件。

[0326] (实施方案3)

[0327] 在这个实施方案中,通过循环伏安法(CV)测量观察三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)和香豆素6的还原反应特征,它们用于实施方案1和2中制造的发光元件1、3和5中的控制载流子移动的层。此外,根据测量结果测定Alq、DPQd和香豆素6的LUMO能级。应指出,使用电化学分析器(ALS model 600A或600C, BAS Inc. 的产品)进行测量。

[0328] 至于在CV测量中使用的溶液,将去水二甲基甲酰胺(DMF, Sigma-Aldrich Inc. 的产品,99.8%,目录No.22705-6)用于溶剂,将高氯酸四正丁基铵(n-Bu₄NC10₄, Tokyo Chemical Industry Co.,Ltd. 的产品,目录号T0836)(其是协助电解质)溶于该溶剂中满足高氯酸四正丁基铵的浓度为100mmol/L。此外,还将待测量的对象溶于该溶剂中满足其浓度为1mmol/L。此外,将铂电极(PTE铂电极, BAS Inc. 的产品)用作工作电极;将铂电极(VC-3Pt平衡电极(5cm), BAS Inc. 的产品)用作辅助电极;并且将Ag/Ag⁺电极(RE5非水性溶剂参考电极, BAS Inc. 的产品)用作参考电极。应指出,该测量在室温下(20-25℃)进行。

[0329] [计算参考电极相对于真空能级的势能]

[0330] 首先,计算在实施方案3中使用的参考电极(Ag/Ag⁺电极)相对于真空能级的势能(eV)。即,计算Ag/Ag⁺电极的费密能级(Fermi level)。众所周知,二聚环戊二烯铁在甲醇中的氧化还原电势相对于标准氢电极为+0.610V[对SHE](参考文献:Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol.124, No.1, pp.83-96,2002)。另一方面,当使用实施方案3中使用的参考电极计算二聚环戊二烯铁在甲醇中的氧化还原电势时,结果是+0.20V[对Ag/Ag⁺]。

[0331] 因此,发现在实施方案 3 中使用的参考电极的势能比标准氢电极的低 0.41[eV]。在此,还已知的是,标准氢电极相对于真空能级的势能是 -4.44eV(参考文献:Toshihiro Ohnishi and Tamami Koyama, Highmolecular EL material, Kyoritsu shuppan, pp.64-67)。因此,实施方案 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能可以确定为 $-4.44-0.41 = -4.85$ [eV]。

[0332] (测量实施例 1:Alq)

[0333] 在测量实施例 1 中,通过循环伏安法(CV)测量观察 Alq 的还原反应特征。扫描速率设置在 0.1V/秒。图 35 示出了测量结果。应指出,还原反应特征的测量通过以下步骤进行:在 (1)-0.69V 至 -2.40V,然后 (2)-2.40V 至 -0.69V 的范围内扫描工作电极相对于参考电极的电势。

[0334] 如图 35 所示,可以看出还原峰电势 E_{pc} 是 -2.20V,氧化峰电势 E_{pa} 是 -2.12V。因此,半波电势 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电势)可以测定为 -2.16V。这表明 Alq 可以还原 -2.16V[对 Ag/Ag^+] 的电,并且这一能量相应于 LUMO 能级。在此,实施方案 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是如上所述的 -4.85[eV]。因此,Alq 的 LUMO 能级可以测定为 $-4.85-(-2.16) = -2.69$ [eV]。

[0335] (测量实施例 2:DPQd)

[0336] 在测量实施例 2 中,通过循环伏安法(CV)测量观察 DPQd 的还原反应特征。扫描速率设置在 0.1V/秒。图 36 示出了测量结果。应指出,还原反应特征的测量通过以下步骤进行:在 (1)-0.40V 至 -2.10V,然后 (2)-2.10V 至 -0.40V 的范围内扫描工作电极相对于参考电极的电势。此外,因为即使当将溶液调节到以 1mmol/L 的浓度包含 DPQd 时,具有低溶解性的 DPQd 仍不能完全地溶于溶剂,所以通过取上层清液进行测量而不溶解的部分沉淀在底部。

[0337] 如图 36 所示,可以看出还原峰电势 E_{pc} 是 -1.69V,氧化峰电势 E_{pa} 是 -1.63V。因此,半波电势 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电势)可以测定为 -1.66V。这表明 DPQd 可以还原 -1.16V[对 Ag/Ag^+] 的电,并且这一能量对应于 LUMO 能级。在此,实施方案 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是如上所述的 -4.85[eV]。因此,DPQd 的 LUMO 能级可以测定为 $-4.85-(-1.16) = -3.19$ [eV]。

[0338] 应指出,当将按上述方式计算的 Alq 和 DPQd 的 LUMO 能级进行比较时,发现 DPQd 的 LUMO 能级比 Alq 的低 0.50[eV] 之多。这意味着 DPQd 当添加到 Alq 中时可以起电子捕集剂的作用。因此,对于本发明的发光元件,使用实施方案 1 和 2 示出的元件结构是相当有利的,其中 DPQd 用作第二层的第二有机化合物并且 Alq 用作该层的第一有机化合物。

[0339] 应指出,用于发光元件 4 的 9,18-二氢-9,18-二甲基-苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-2)具有极低的溶解性,并且因此它不能通过 CV 测量。DMNQd-2 像 DPQd 一样是喹吡啶酮衍生物。因此,它在其分子骨架中具有羰基并且因此具有强的电子俘获性能。因此,DMNQd-2 可以认为与 DPQd 具有相似的物理性能。

[0340] (测量实施例 3:香豆素 6)

[0341] 在测量实施例 3 中,通过循环伏安法(CV)测量观察香豆素 6 的还原反应特征。扫描速率设置在 0.1V/秒。图 37 示出了测量结果。应指出,还原反应特征的测量通过以下步骤进行:在 (1)-0.31V 至 -2.00V,然后 (2)-2.00V 至 -0.31V 的范围内扫描工作电极相对于

参考电极的电势。

[0342] 如图 37 所示,可以看出还原峰电势 E_{pc} 是 $-1.85V$,氧化峰电势 E_{pa} 是 $-1.77V$ 。因此,半波电势 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电势)可以测定为 $-1.81V$ 。这表明香豆素 6 可以还原 $-1.81V$ [对 Ag/Ag^+] 的电势,并且这一能量对应于 LUMO 能级。在此,实施方案 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是如上所述的 $-4.85[eV]$ 。因此,香豆素 6 的 LUMO 能级可以测定为 $-4.85 - (-1.81) = -3.04[eV]$ 。

[0343] 应指出,当将按上述方式计算的 Alq 和香豆素 6 的 LUMO 能级进行比较时,发现香豆素 6 的 LUMO 能级比 Alq 的低 $0.35[eV]$ 之多。这意味着当添加到 Alq 中时香豆素 6 可以起电子捕集剂的作用。因此,对于本发明的发光元件,使用实施方案 2 示出的元件结构是相当有利的,其中将香豆素 6 用作控制载流子移动的层的第二有机化合物,并且将 Alq 用作该层的第一有机化合物。

[0344] (实施方案 4)

[0345] 这个实施方案将参照图 16 中的堆叠结构具体地描述本发明的发光元件的制造实施例和所制造的发光元件的特征。此外,将参照显示测量结果的曲线图对特征进行具体的描述。

[0346] (发光元件 7 的制造)

[0347] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 $110nm$,电极面积是 $2mm \times 2mm$ 。

[0348] 接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并满足该第一电极 2202 的表面朝下,然后将压力降低至大约 $10^{-4}Pa$ 。然后,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 $50nm$,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 $4:1$ (= NPB : 氧化钼)。应指出,共同沉积方法是其中在一个处理室中同时使用多个蒸发源进行沉积的沉积方法。

[0349] 接下来,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 $10nm$ 的厚度而形成空穴迁移层 2212。然后,在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)共同沉积至 $30nm$ 的厚度形成该发光层 2213。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 $1:0.05$ (= CzPA : 2PCAPA)。

[0350] 此外,通过在该发光层 2213 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)和 N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)共同沉积至 $10nm$ 的厚度形成用于控制载流子移动的层 2214。在此,控制沉积速率以便 Alq 与 DPQd 的重量比可以为 $1:0.002$ (= Alq : DPQd)。

[0351] 然后,通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)沉积至 $30nm$ 的厚度形成电子迁移层 2215。然后,通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂(LiF)沉积至 $1nm$ 的厚度形成电子注入层 2216。

[0352] 最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 $200nm$ 的厚度形成第二电极 2204。因此,形成了发光元件 7。将通过上述方法获得的本发明的发光元件 7 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量发光元件 7 的工作特性。应指

出,该测量在室温下 (大气保持在 25℃) 进行。图 38 示出了发光元件 7 的电流密度对亮度特性。图 39 示出了发光元件 7 的电压对亮度特性。图 40 示出了发光元件 7 的亮度对电流效率特性。图 41 示出了在 1mA 的供电下发光元件 7 的发射光谱。

[0353] 图 42 示出了连续照明试验的结果,在该试验中,在初始亮度设置为 1000cd/m² 的情况下,通过在 80℃ 下恒定电流驱动使发光元件 7 连续地发光 (纵轴表示在 1000cd/m² 为 100% 的假定下的相对亮度)。在 1040cd/m² 的亮度下,发光元件 7 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 (x = 0.28, y = 0.65), 并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外,在 1040cd/m² 的亮度下,发光元件 7 的电流效率、驱动电压和功率系数分别为 16cd/A、5.4V 和 9.11lm/W。

[0354] 此外,当进行其中初始亮度设置在 1000cd/m², 在 80℃ 下通过恒定电流驱动让发光元件 7 连续地发光的连续照明试验时,甚至在 1000 小时之后,仍保留 96% 的初始亮度,甚至在 1700 小时之后仍然维持 94% 的初始亮度。因此,甚至在 80℃ 的高温环境中也可能获得很长寿命的发光元件。因此,证明通过应用本发明可以获得长寿命的发光元件。

[0355] (实施方案 5)

[0356] 这个实施方案将参照图 16 中的堆叠结构具体地描述本发明的发光元件的制造实施例和所制造的发光元件的特征,该发光元件与实施方案 4 中示出的不同。此外,将参照显示测量结果的曲线图对特征进行具体的描述。

[0357] (发光元件 8 的制造)

[0358] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2201 上,从而形成了第一电极 2202。应指出,该第一电极 2202 的厚度是 110nm,电极面积是 2mm×2mm。

[0359] 接下来,将具有该第一电极 2202 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并且让该第一电极 2202 的表面朝下,然后将压力降低至大约 10⁻⁴Pa。然后,将 4,4' - 双 [N-(1- 萘基) -N- 苯基氨基] 联苯 (简称 :NPB) 和氧化钼 (VI) 共同沉积在该第 1 电极 2202 上,从而形成了含复合材料的层 2211。控制沉积速率以便该层 2211 的厚度可以为 50nm, 并且 NPB 与氧化钼 (VI) 的重量比可以为 4 : 1 (= NPB : 氧化钼)。

[0360] 接下来,通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4' - 双 [N-(1- 萘基) -N- 苯基氨基] 联苯 (简称 :NPB) 沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2212。此外,在该空穴迁移层 2212 上形成发光层 2213。通过将 9-[4-(10- 苯基 -9- 蒎基) 苯基] -9H- 咔唑 (简称 :CzPA) 和 N-(9,10- 二苯基 -2- 蒎基) -N,9- 二苯基 -9H- 咔唑 -3- 胺 (简称 :2PCAPA) 共同沉积至 30nm 的厚度形成该发光层 2213。在此,控制沉积速率以便 CzPA 与 2PCAPA 的重量比可以为 1 : 0.05 (= CzPA : 2PCAPA)。

[0361] 此外,通过在该发光层 2213 上将三 (8- 羟基喹啉) 铝 (III) (简称 :Alq) 和 N, N' - 二苯基喹吖啶酮 (简称 :DPQd) 共同沉积至 10nm 的厚度形成用于控制载流子移动的层 2214。在此,控制沉积速率以便 Alq 与 DPQd 的重量比可以为 1 : 0.002 (= Alq : DPQd)。

[0362] 然后,通过使用电阻加热的沉积方法在用于控制载流子移动的层 2214 上将 4,7- 二苯基 - 二苯基 -1,10- 菲绕啉 (简称 :BPhen) 沉积至 30nm 的厚度形成电子迁移层 2215。然后,通过在该电子迁移层 2215 上将氟化锂 (LiF) 沉积至 1nm 的厚度形成电子注入层 2216。最后,通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极 2204。因此,形成了发光元件 8。

[0363] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 8 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封,与大气隔绝。然后,测量发光元件 8 的工作特性。应指出,该测量在室温下(大气保持在 25℃)进行。图 43 示出了发光元件 8 的电流密度和亮度。图 44 示出了发光元件 8 的电压对亮度特性。图 45 示出了发光元件 8 的亮度对电流效率特性。图 46 示出了在 1mA 的供电下发光元件 8 的发射光谱。

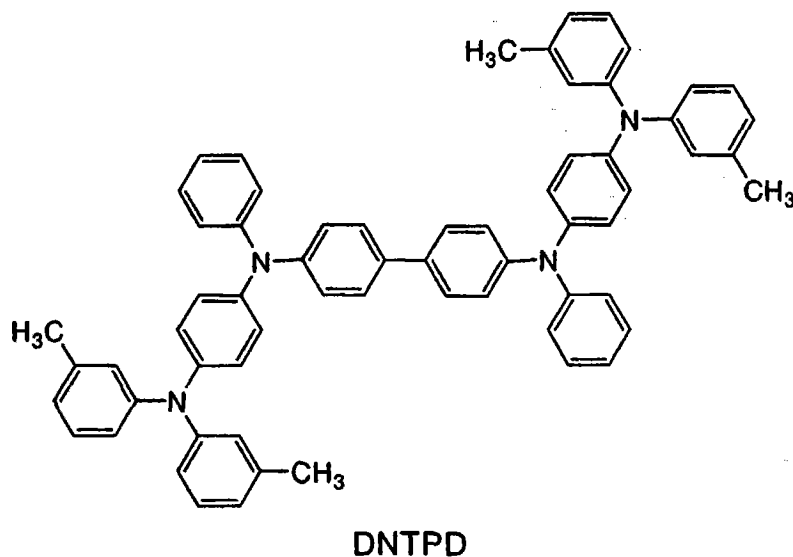
[0364] 此外,图 47 示出了连续照明试验的结果,在该试验中,在初始亮度设置在 1000cd/m² 的情况下,通过恒定电流驱动使发光元件 8 连续地发光(纵轴表示在 1000cd/m² 为 100% 的假定下的相对亮度)。在 1440cd/m² 的亮度下,发光元件 8 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 (x = 0.27, y = 0.65), 并且获得了来源于 2PCAPA 的绿色发射光。此外,在 1440cd/m² 的亮度下,发光元件 8 的电流效率、驱动电压和功率系数分别为 17cd/A、3.8V 和 14lm/W。

[0365] 此外,当进行其中初始亮度设置在 1000cd/m²,通过恒定电流驱动让发光元件 8 连续地发光的连续照明试验时,甚至在 3300 小时之后,仍保留 99% 的初始亮度。因此,发现发光元件 8 具有长寿命。因此,证明通过应用本发明可以获得长寿命的发光元件。

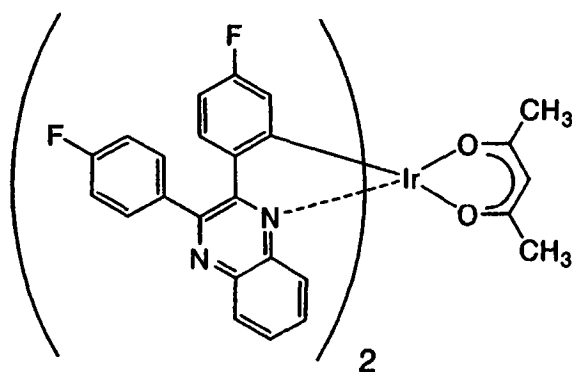
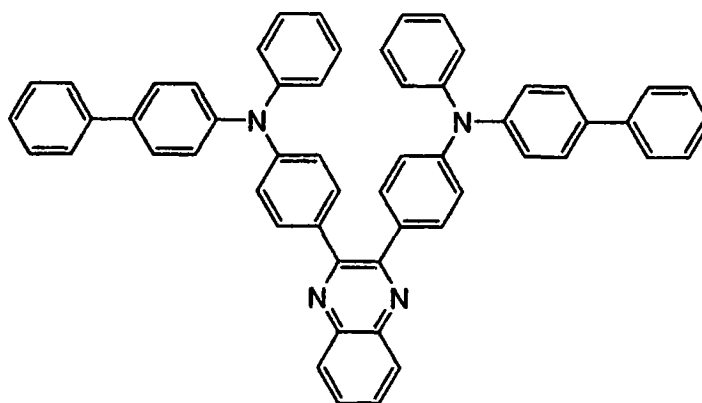
[0366] (实施方案 6)

[0367] 这个实施方案将参照图 48 中的堆叠结构具体地描述本发明的发光元件的制造实施例和所制造的发光元件的特征,该发光元件与实施方案 4 和 5 中示出的不同。此外,将参照显示测量结果的曲线图对特征进行具体的描述。在实施方案 6 中使用的有机化合物的结构通式在下面示出。应指出,省略了在上述实施方案中已经描述过的有机化合物。

[0368]



[0369]

Ir(Fdpq)₂(acac)

BPAPQ

[0370] (发光元件 9 的制造)

[0371] 首先,通过溅镀方法将含氧化硅的 ITO 沉积于玻璃基材 2401 上,从而形成了第一电极 2402。应指出,该第一电极 2402 的厚度是 110nm,电极面积是 2mm×2mm。接下来,将具有该第一电极 2402 的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上,并满足该第一电极 2402 的表面朝下,然后将压力降低至大约 10^{-4} Pa。

[0372] 然后,将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极 2402 上,从而形成了含复合材料的层 2411。控制沉积速率以便该层 2411 的厚度可以为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 4:1(=NPB:氧化钼)。

[0373] 接下来,通过用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层 2412。此外,通过在空穴迁移层 2412 上将 2,3-双{4-[N-(4-联苯基)-N-苯基氨基]苯基}喹啉(简称:BPAPQ)和 4,4'-双(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)联苯(简称:DNTPD)共同沉积至 10nm 的厚度而形成控制载流子移动的层 2413。

[0374] 在此,控制沉积速率以便 BPAPQ 与 DNTPD 的重量比可以为 1:0.1(=BPAPQ:DNTPD)。

[0375] 然后,在控制载流子移动的层 2413 上形成发光层 2414。通过将 2,3-双{4-[N-(4-联苯基)-N-苯基氨基]苯基}喹啉(简称:BPAPQ)和(乙酰丙酮)双[2,3-双

(4- 氟苯基) 喹喔啉] 铱 (III) (简称 :Ir(Fdpq)₂(acac)) 共同沉积至 20nm 的厚度形成了发光层 2414。在此, 将沉积速率加以控制使得 BPAPQ 与 Ir(Fdpq)₂(acac) 的重量比可以为 1 : 0.07 (= BPAPQ : Ir(Fdpq)₂(acac))。

[0376] 然后, 通过在该发光层 2414 上将三 (8- 羟基喹啉) 铝 (III) (简称 :Alq) 沉积至 10nm 的厚度形成电子迁移层 2415。然后, 通过在该电子迁移层 2415 上将三 (8- 羟基喹啉) 铝 (III) (简称 :Alq) 和锂 (Li) 共同沉积至 50nm 的厚度形成了电子注入层 2416。在此, 将沉积速率加以控制使得 Alq 与 Li 的重量比可以为 1 : 0.01 (= Alq : Li)。

[0377] 最后, 通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成了第二电极 2404。因此, 形成了发光元件 9。将通过上述方法获得的本发明的发光元件 9 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封, 与大气隔绝。然后, 测量发光元件 9 的工作特性。应指出, 该测量在室温下 (大气保持在 25℃) 进行。

[0378] 图 49 示出了发光元件 9 的电流密度对亮度特性。图 50 示出了发光元件 9 的电压对亮度特性。图 51 示出了发光元件 9 的亮度对电流效率特性。图 52 示出了在 1mA 的供电下发光元件 9 的发射光谱。此外, 图 53 示出了连续照明试验的结果, 在该试验中, 在初始亮度设置在 1000cd/m² 的情况下, 通过恒定电流驱动使发光元件 9 连续地发光 (纵轴表示在 1000cd/m² 为 100% 的假定下的相对亮度)。

[0379] 在 1060cd/m² 的亮度下, 发光元件 9 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 (x = 0.70, y = 0.30), 并且获得了来源于 Ir(Fdpq)₂(acac) 的红色发射光。此外, 在 1060cd/m² 的亮度下, 发光元件 9 的电流效率、驱动电压和功率系数分别为 4.7cd/A、6.2V 和 2.4lm/W。此外, 当进行其中初始亮度设置在 1000cd/m², 通过恒定电流驱动让发光元件 9 连续地发光的连续照明试验时, 甚至在 2400 小时之后, 仍保留 74% 的初始亮度。因此, 证明发光元件 9 具有长寿命。

[0380] (发光元件 10 的制造)

[0381] 通过将 2,3- 双 {4-[N-(4- 联苯基)-N- 苯基氨基] 苯基} 喹啉 (简称 :BPAPQ) 和 4,4',4''- 三 [N-(1- 萘基)-N- 苯基氨基] 三苯胺 (简称 :1-TNATA) 用于发光元件 9 的控制载流子移动的层 2413 形成发光元件 10。

[0382] 即, 通过在空穴迁移层 2412 上将 2,3- 双 {4-[N-(4- 联苯基)-N- 苯基氨基] 苯基} 喹啉 (简称 :BPAPQ) 和 4,4',4''- 三 [N-(1- 萘基)-N- 苯基氨基] 三苯胺 (简称 :1-TNATA) 共同沉积至 10nm 的厚度形成控制载流子移动的层 2413。在此, 将沉积速率加以控制使得 BPAPQ 与 1-TNATA 的重量比可以为 1 : 0.1 (= BPAPQ : 1-TNATA)。应指出, 按与发光元件 9 的那些类似的方式形成除控制载流子移动的层 2413 以外的层。

[0383] 将通过上述方法获得的本发明的发光元件 10 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发光元件密封, 与大气隔绝。然后, 测量发光元件 10 的工作特性。应指出, 该测量在室温下 (大气保持在 25℃) 进行。图 54 示出了发光元件 10 的电流密度对亮度特性。图 55 示出了发光元件 10 的电压对亮度特性。图 56 示出了发光元件 10 的亮度对电流效率特性。图 57 示出了在 1mA 的供电下发光元件 10 的发射光谱。此外, 图 58 示出了连续照明试验的结果, 在该试验中, 在初始亮度设置在 1000cd/m² 的情况下, 通过恒定电流驱动使发光元件 10 连续地发光 (纵轴表示在 1000cd/m² 为 100% 的假定下的相对亮度)。

[0384] 在 960cd/m² 的亮度下, 发光元件 10 的发光颜色位于 CIE 色度座标的 (x = 0.70, y

$= 0.30$), 并且获得了来源于 $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ 的红色发射光。此外, 在 $960\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下, 发光元件 10 的电流效率、驱动电压和功率系数分别为 $5.1\text{cd}/\text{A}$ 、 7.0V 和 $2.31\text{lm}/\text{W}$ 。此外, 当进行其中初始亮度设置在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$, 通过恒定电流驱动让发光元件 10 连续地发光的连续照明试验时, 甚至在 1100 小时之后, 仍保留 84% 的初始亮度。因此, 证明发光元件 10 具有长寿命。

[0385] (参考发光元件 11 的制造)

[0386] 接下来, 为了比较, 形成参考发光元件 11, 与上述发光元件 9 和 10 不同, 其不包括控制载流子移动的层 2413。首先, 通过溅镀方法将含氧化硅的 IT0 沉积于玻璃基材上, 从而形成了第一电极。应指出, 该第一电极的厚度是 110nm , 电极面积是 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0387] 接下来, 将具有该第一电极的基材固定到设置于真空沉积装置中的基片座上, 并满足第一电极的表面朝下, 然后将压力降低至大约 10^{-4}Pa 。然后, 将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI)共同沉积在该第一电极上, 从而形成了含复合材料的层。控制沉积速率以便该含复合材料的层的厚度可以为 50nm , 并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比可以为 $4:1$ (=NPB:氧化钼)。然后, 通过使用电阻加热的沉积方法将 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)沉积至 10nm 的厚度而形成空穴迁移层。

[0388] 接下来, 在该空穴迁移层上形成发光层。通过将 2,3-双{4-[N-(4-联苯基)-N-苯基氨基]苯基}喹啉(简称:BPAPQ)和(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉]铱(III)(简称: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$)共同沉积至 30nm 的厚度形成了发光层。在此, 将沉积速率加以控制使得 BPAPQ 与 $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ 的重量比可以为 $1:0.07$ (=BPAPQ: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$)。即, 与发光元件 9 和 10 不同, 在空穴迁移层上形成发光层, 而不在它们之间提供控制载流子移动的层。

[0389] 然后, 通过使用电阻加热的沉积方法在该发光层上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)沉积至 10nm 的厚度形成电子迁移层。然后, 通过在该电子迁移层上将三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)和锂(Li)共同沉积至 50nm 的厚度形成了电子注入层。在此, 将沉积速率加以控制使得 Alq 与 Li 的重量比可以为 $1:0.01$ (=Alq:Li)。

[0390] 最后, 通过使用电阻加热的沉积方法将铝沉积至 200nm 的厚度形成第二电极。因此, 形成了参考发射光元件 11。将通过上述方法获得的参考发光元件 11 放入氮气气氛的手套箱中以便将该发射参考光元件密封, 与大气隔绝。然后, 测量发光元件 11 的工作特性。应指出, 该测量在室温下(大气保持在 25°C)进行。

[0391] 图 59 示出了发光元件 11 的电流密度对亮度特性。图 60 示出了发光元件 11 的电压对亮度特性。图 61 示出了发光元件 11 的亮度对电流效率特性。图 62 示出了在 1mA 的供电下发光元件 11 的发射光谱。此外, 图 63 示出了连续照明试验的结果, 在该试验中, 在初始亮度设置在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的情况下, 通过恒定电流驱动使发光元件 11 连续地发光(纵轴表示在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 为 100%的假定下的相对亮度)。

[0392] 在 $1140\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下, 参考发光元件 11 的发射颜色位于 CIE 色度座标的($x = 0.65, y = 0.34$), 并且获得了来源于 $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ 的红色发射光。然而, 从图 62 可以看出, 还看到与发光层接触的 Alq 的发射, 这意味着参考发光元件 11 的色纯度低于发光元件 9 和 10 的色纯度。即, 可以说参考发光元件 11 具有比发光元件 9 和 10 差的载流子平衡。

[0393] 此外,在 $1140\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下,参考发光元件 11 的电流效率、驱动电压和功率系数分别为 $2.9\text{cd}/\text{A}$ 、 4.8V 和 $1.91\text{m}/\text{W}$ 。此外,当进行其中初始亮度设置在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$,通过恒定电流驱动让参考发光元件 11 连续地发光的连续照明试验时,在 1300 小时之后,亮度已经降低至初始亮度的 73%。因此,发现参考发光元件 11 具有比发光元件 9 和 10 短的寿命。因此,证明通过应用本发明可以获得长寿命的发光元件。

[0394] (实施方案 7)

[0395] 在这个实施方案中,通过循环伏安法 (CV) 测量观察 2,3-双{4-[N-(4-联苯基)-N-苯基氨基]苯基}喹啉(简称:BPAPQ)和 4,4'-双(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)联苯(简称:DNTPD)的氧化反应特征,它们用于实施方案 6 中形成的发光元件 9 中的控制载流子移动的层。此外,根据该测量结果测定 BPAPQ 和 DNTPD 的 HOMO 能级。应指出,使用电化学分析器(ALS model 600A 或 600C, BAS Inc. 的产品)进行测量。

[0396] 按与实施方案 4 类似的方式进行 CV 测量。至于在 CV 测量中使用的溶液,将去水二甲基甲酰胺(DMF, Sigma-Aldrich Co. 的产品, 99.8%, 目录 No. 22705-6)用于溶剂,将高氯酸四正丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, TokyoChemical Industry Co., Ltd. 的产品, 目录号 T0836)(其是协助电解质)溶于该溶剂中满足高氯酸四正丁基铵的浓度为 $100\text{mmol}/\text{L}$ 。此外,还将待测量的对象溶于该溶剂中满足其浓度为 $1\text{mmol}/\text{L}$ 。此外,将铂电极(PTE 铂电极, BAS Inc. 的产品)用作工作电极;将铂电极(VC-3Pt 平衡电极(5cm), BA5 Inc. 的产品)用作辅助电极;并且将 Ag/Ag^+ 电极(RE5 非水性溶剂参考电极, BAS Inc. 的产品)用作参考电极。应指出,该测量在室温下($20\text{--}25^\circ\text{C}$)进行。

[0397] [计算参考电极相对于真空能级的势能]

[0398] 首先,通过实施方案 3 中描述的方法计算在实施方案 7 中使用的参考电极(Ag/Ag^+ 电极)相对于真空能级的势能(eV)。结果,实施方案 7 中使用的参考电极相对于真空能级的势能可以测定为 $-4.44 - 0.41 = -4.85[\text{eV}]$ 。

[0399] (测量实施例 4:BPAPQ)

[0400] 在测量实施例 4 中,通过循环伏安法(CV)测量观察 BPAPQ 的氧化反应特征。扫描速率设置在 $0.1\text{V}/\text{秒}$ 。图 64 示出了测量结果。应指出,氧化反应特征的测量通过以下步骤进行:在(1) -0.16V 至 1.00V ,然后(2) 1.00V 至 -0.16V 的范围内扫描工作电极相对于参考电极的电势。

[0401] 如图 64 所示,可以看出氧化峰电势 E_{pa} 是 0.78V ,还原峰电势 E_{pc} 是 0.60V 。因此,半波电势(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电势)可以测定为 0.69V 。这表明 BPAPQ 可以氧化 0.69V [对 Ag/Ag^+] 的电势,并且这一能量对应于 HOMO 能级。在此,实施方案 7 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是如上所述的 $-4.85[\text{eV}]$ 。因此, BPAPQ 的 HOMO 能级可以测定为 $-4.85 - 0.69 = -5.54[\text{eV}]$ 。

[0402] (测量实施例 5:DNTPD)

[0403] 在测量实施例 5 中,通过循环伏安法(CV)测量观察 DNTPD 的氧化反应特征。扫描速率设置在 $0.1\text{V}/\text{秒}$ 。图 65 示出了测量结果。应指出,氧化反应特征的测量通过以下步骤进行:在(1) -0.05V 至 1.20V ,然后(2) 1.20V 至 -0.05V 的范围内扫描工作电极相对于参考电极的电势。

[0404] 如图 65 所示,可以看出氧化峰电势 E_{pa} 是 0.16V,还原峰电势 E_{pc} 是 0.26V。因此,半波电势 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电势) 可以测定为 0.21V。这表明 DPQd 可以氧化 0.21V[对 Ag/Ag⁺] 的电位,并且这一能量对应于 HOMO 能级。在此,实施方案 7 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是如上所述的 -4.85[eV]。因此,DPQd 的 HOMO 能级可以测定为 $-4.85-0.21 = -5.06$ [eV]。

[0405] 应指出,当将按上述方式计算 BPAPQ 和 DNTPD 的 HOMO 能级进行比较时,可以发现 DNTPD 的 HOMO 能级比 BPAPQ 的低 0.48[eV] 之多。这意味着 DNTPD 当添加到 BPAPQ 中时可以起空穴捕集剂的作用。因此,对于本发明的发光元件,使用实施方案 6 示出的元件结构是相当有利的,其中 DNTPD 用作第二层的第二有机化合物并且 BPAPQ 用作该层的第一有机化合物。

[0406] 本申请基于向日本专利局提交的日本优先权申请 No. 2006-184653(于 2006 年 7 月 4 日提交);No. 2006-327610(于 2006 年 12 月 4 日提交) 和 No. 2007-073089(于 2007 年 3 月 20 日提交),它们的全部内容在此引入供参考。

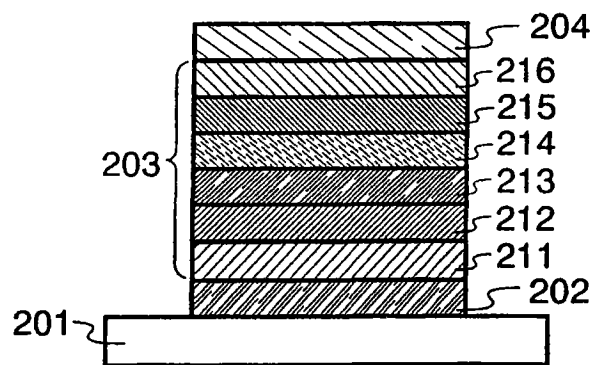


图 1A

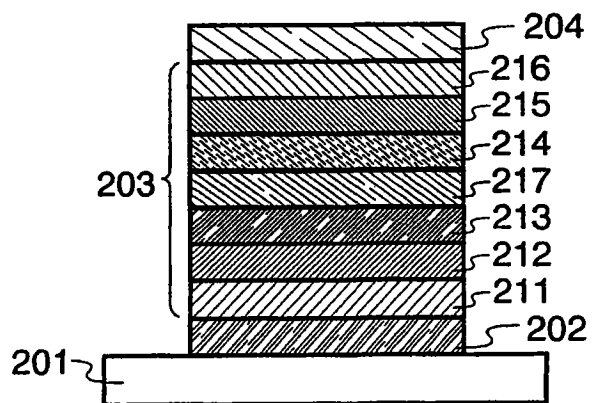


图 1B

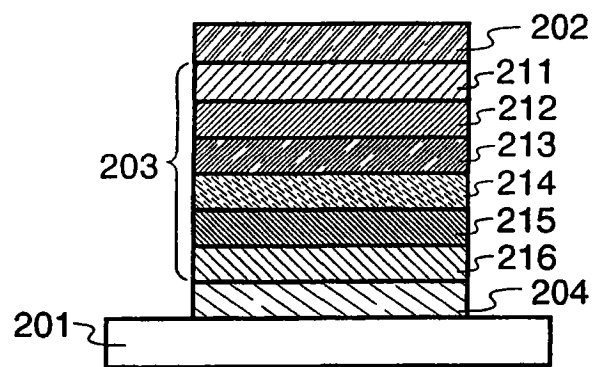


图 2A

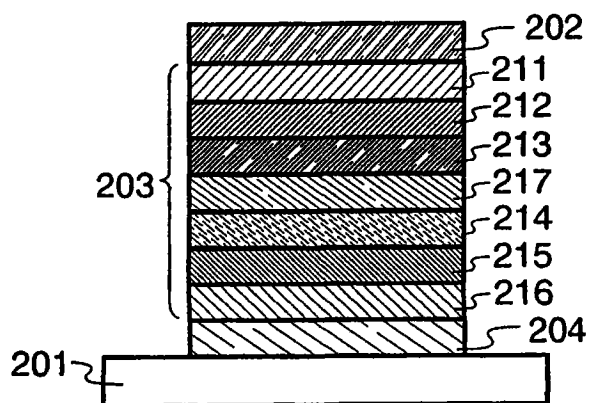


图 2B

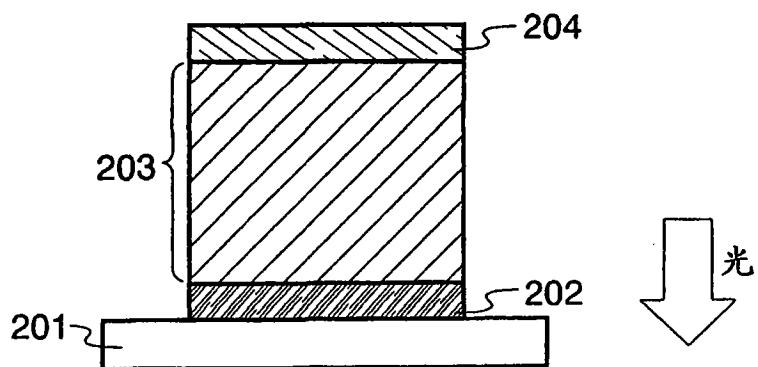


图 3A

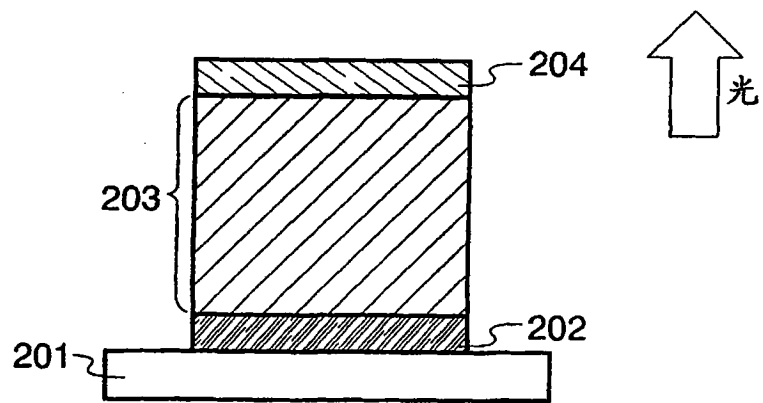


图 3B

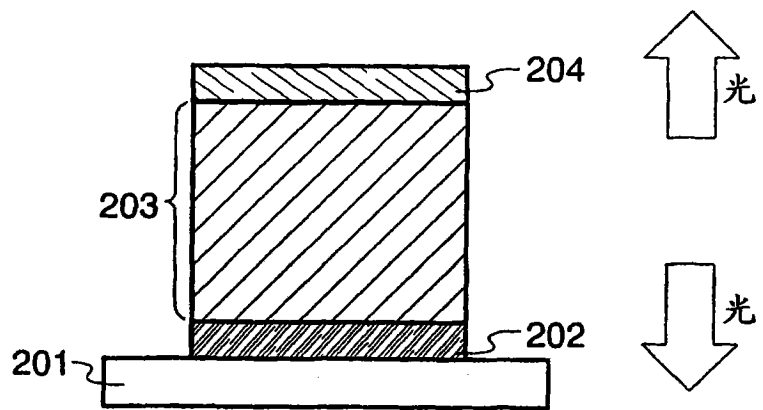


图 3C

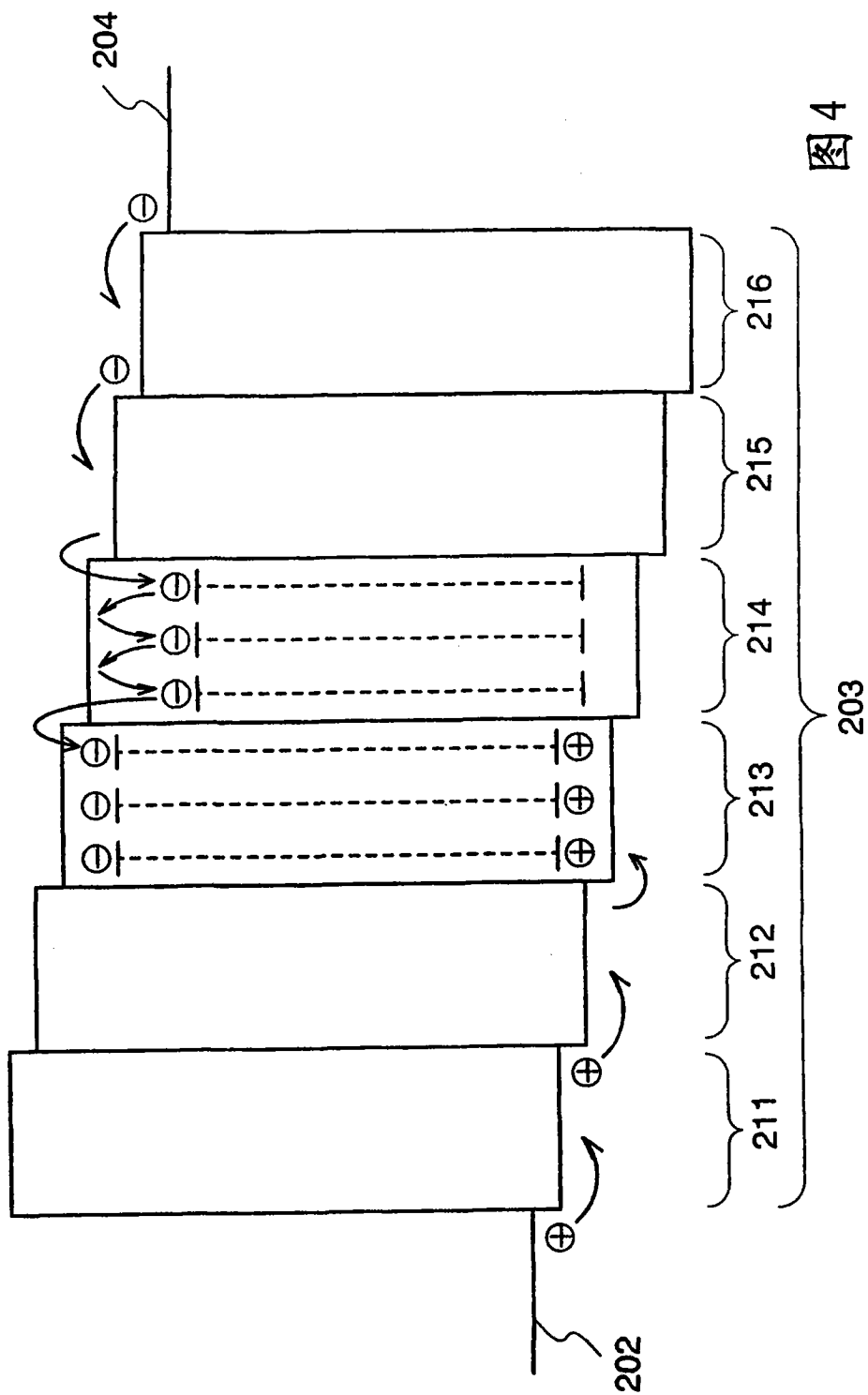


图 4

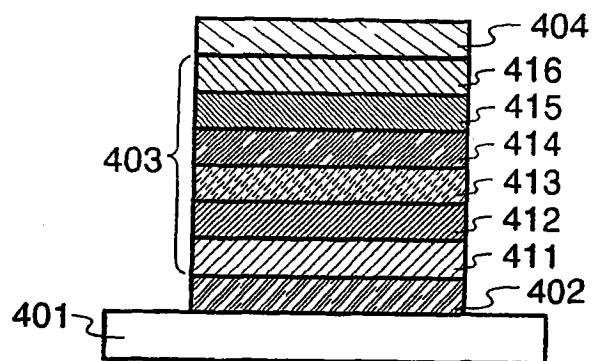


图 5A

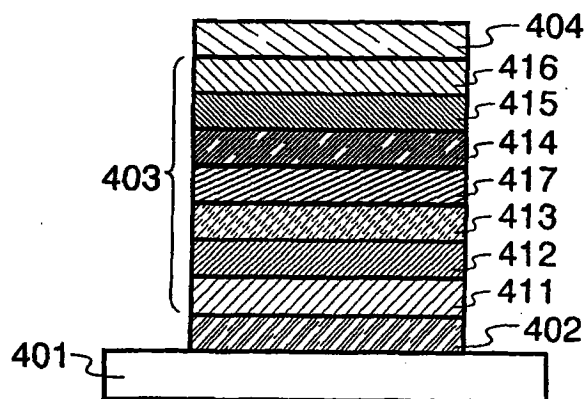


图 5B

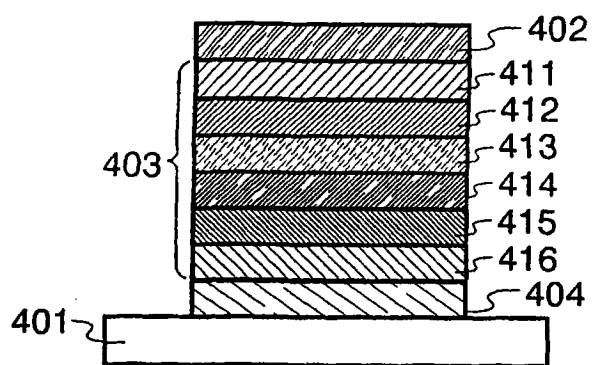


图 6A

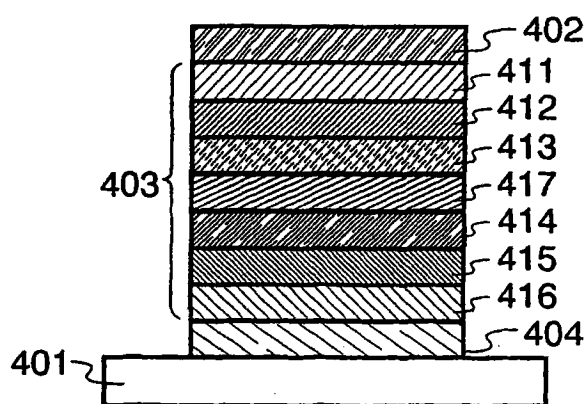


图 6B

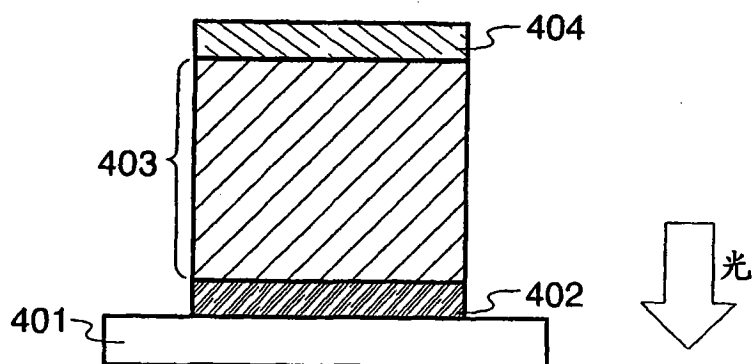


图 7A

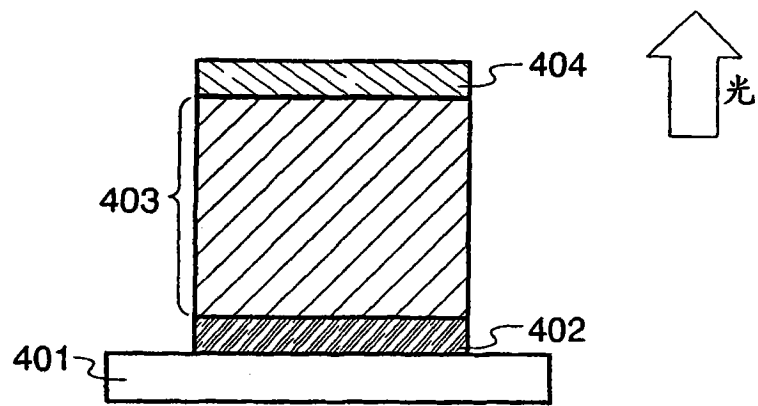


图 7B

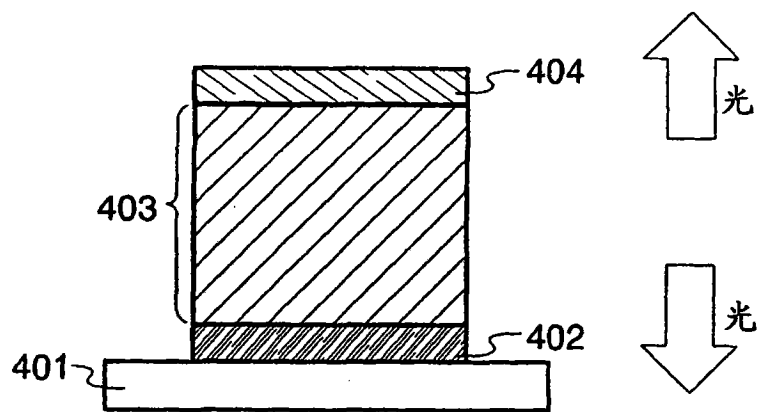
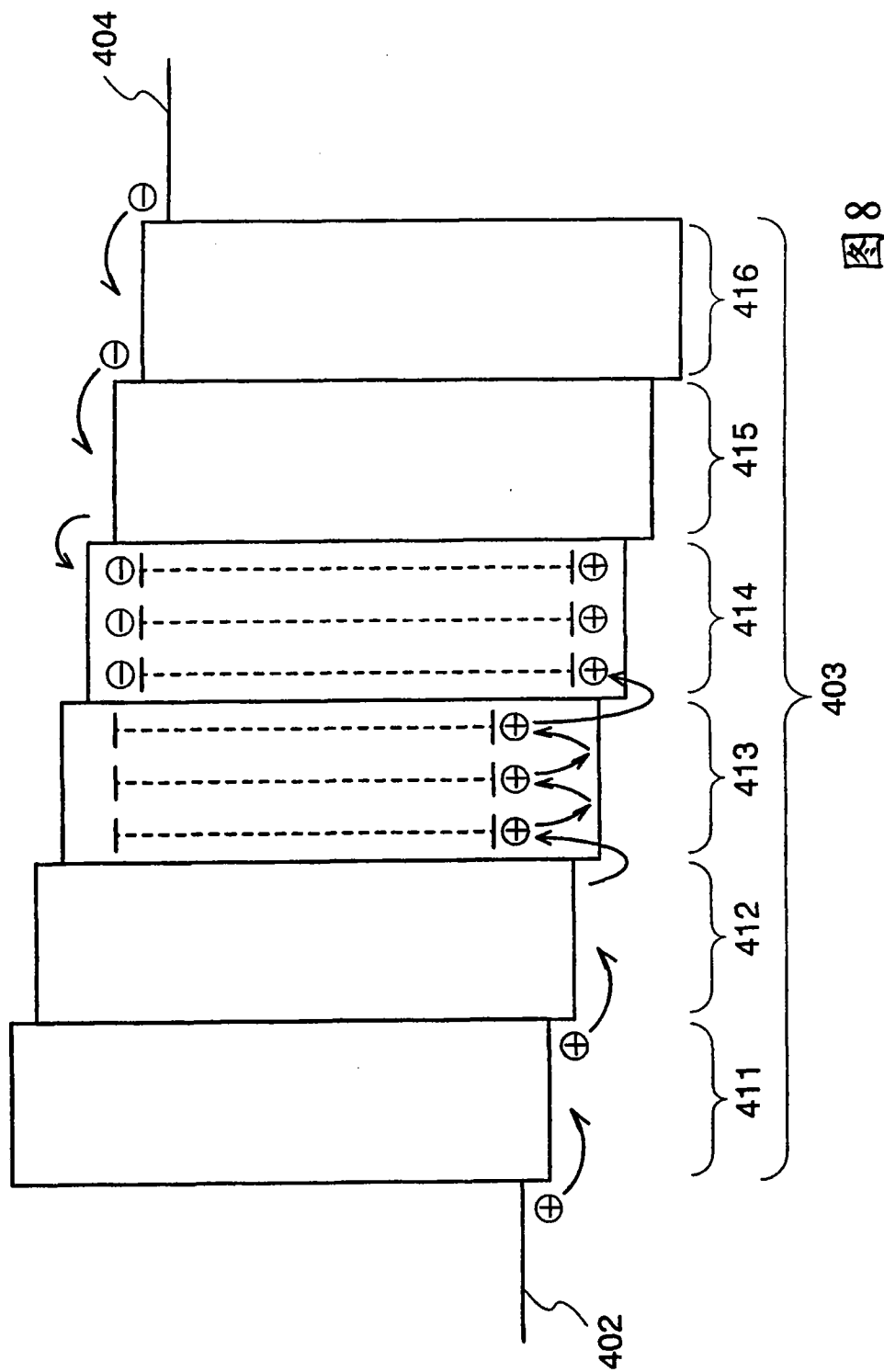


图 7C



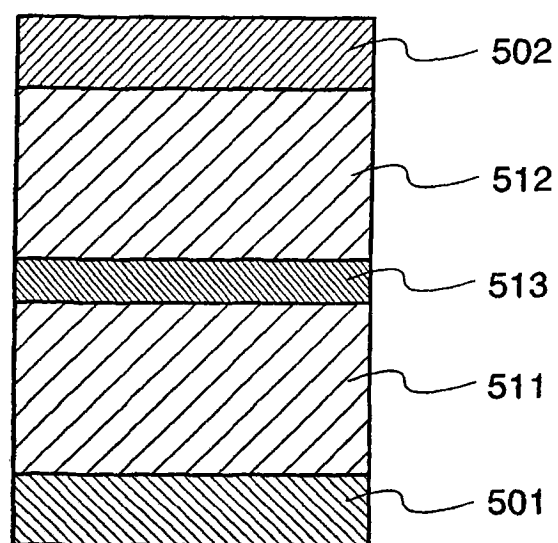


图 9

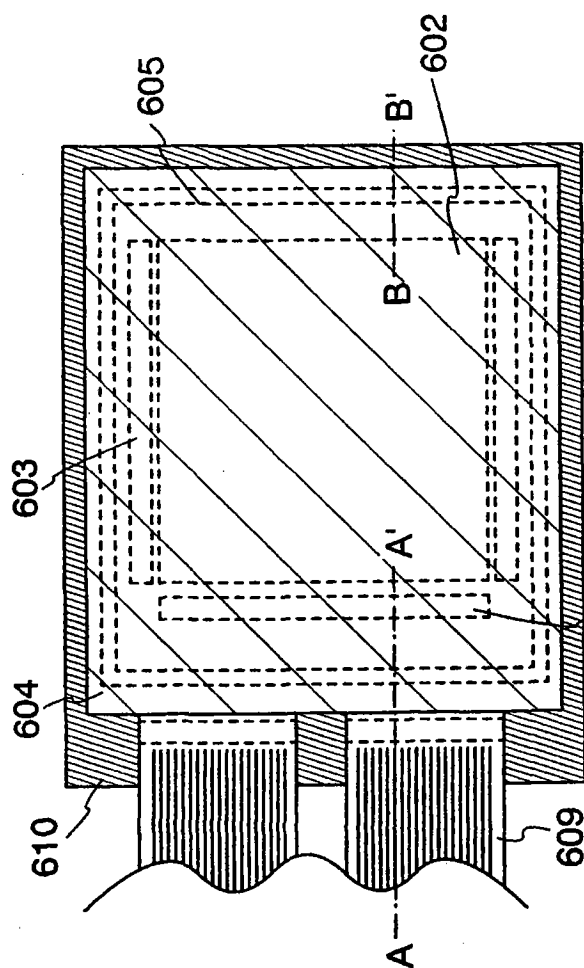


图 10A

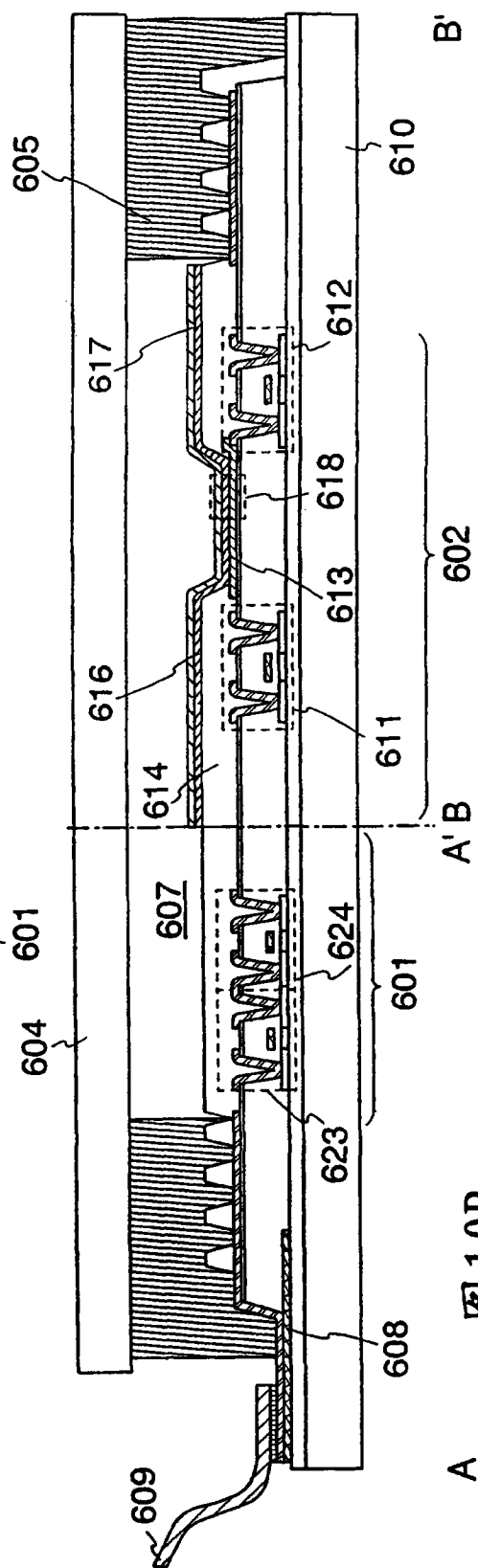


图 10B

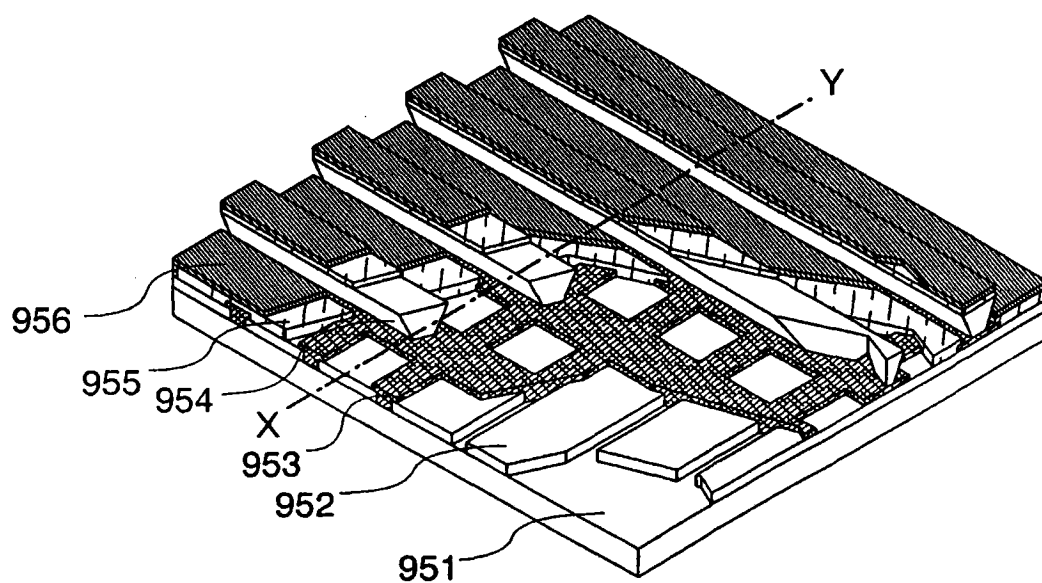


图 11A

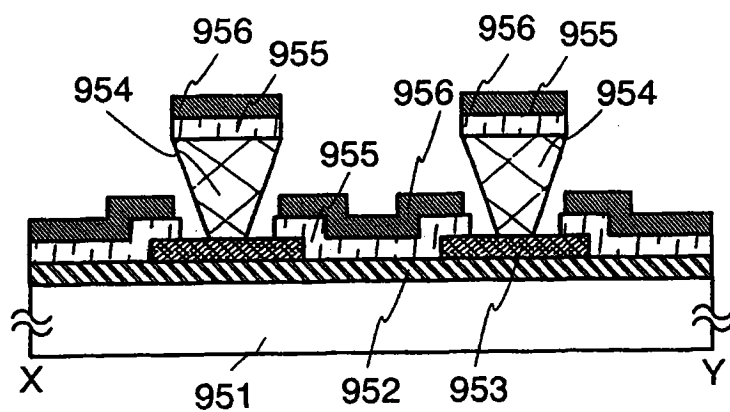
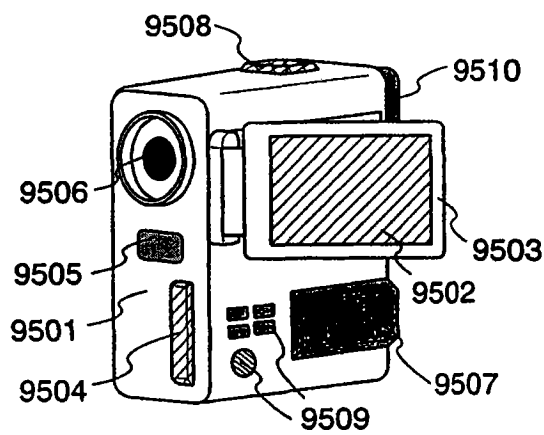
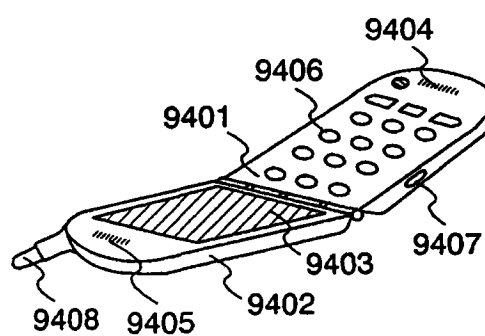
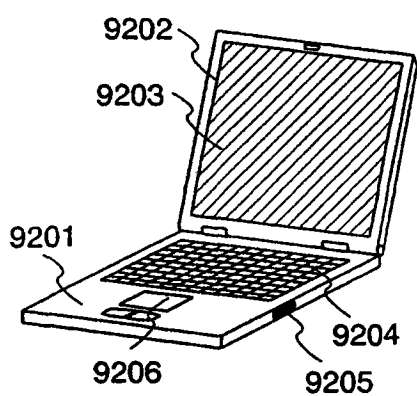
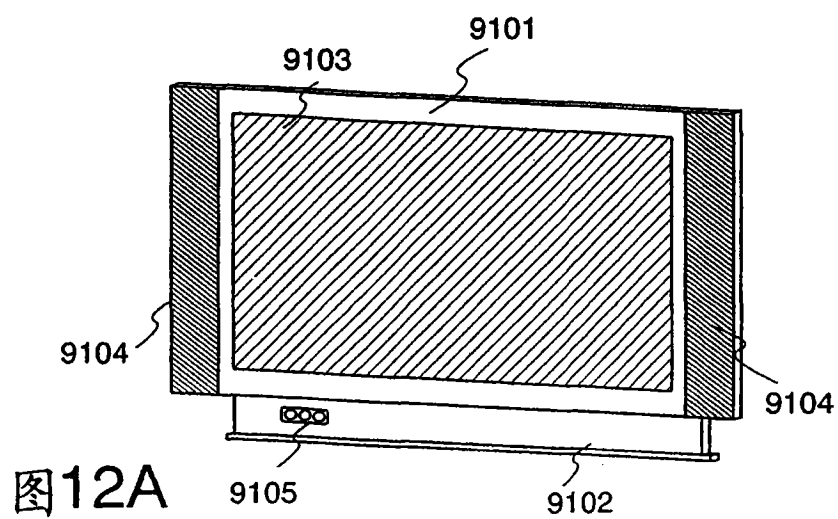


图 11B



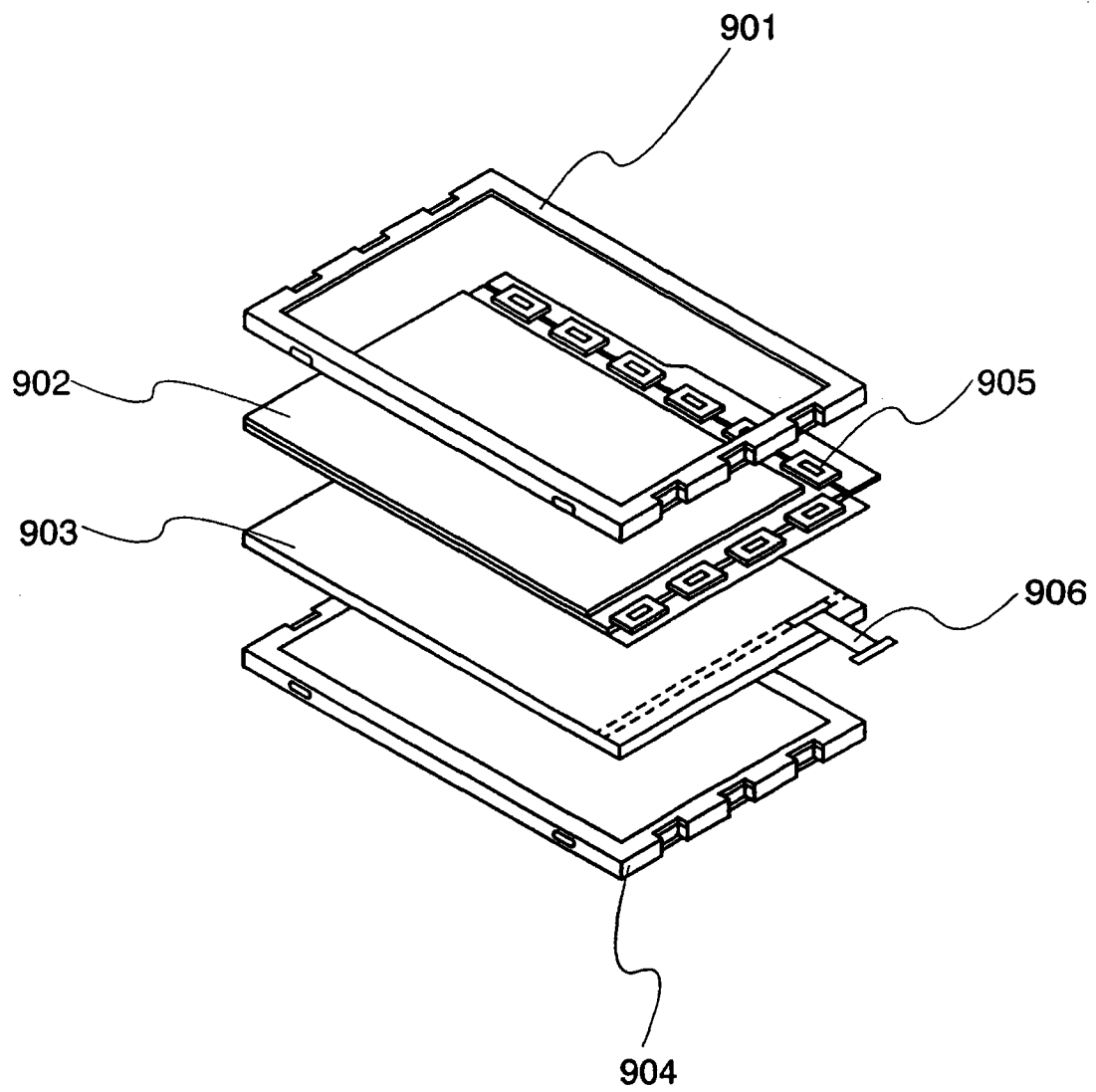


图 13

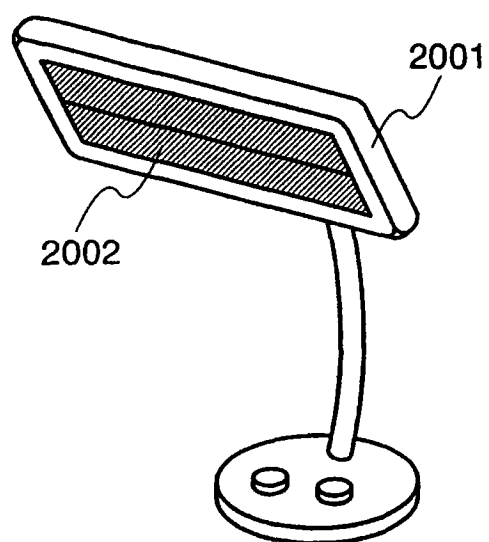


图 14

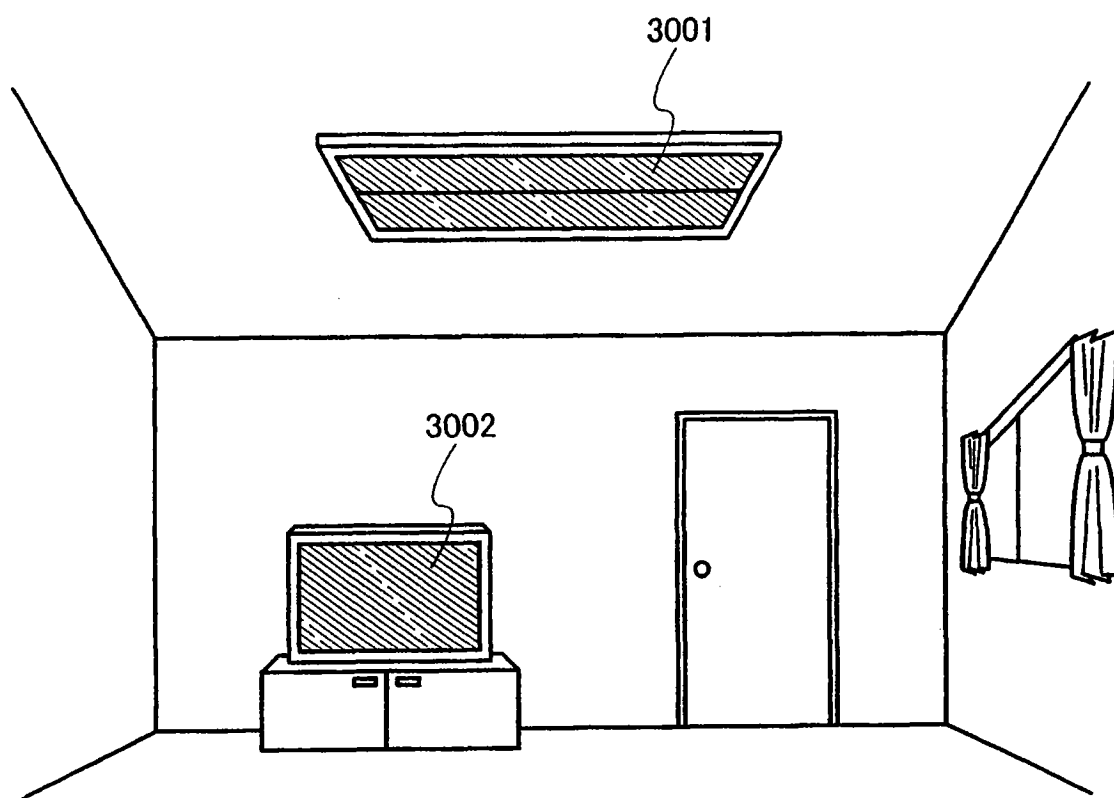


图 15

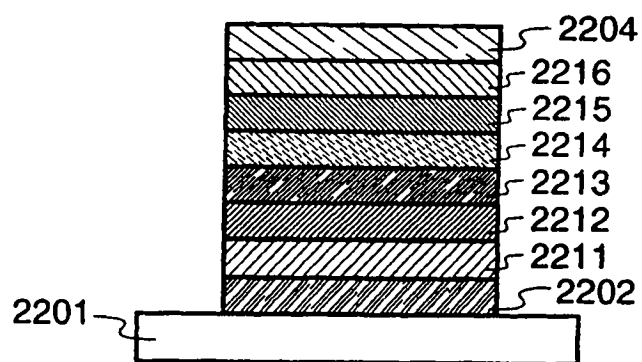


图 16

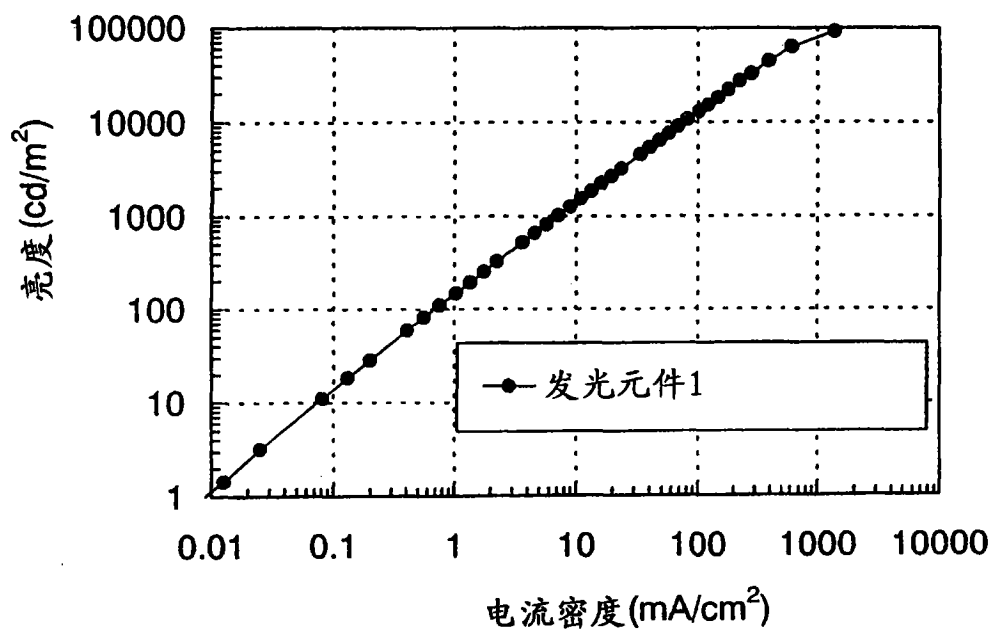


图 17

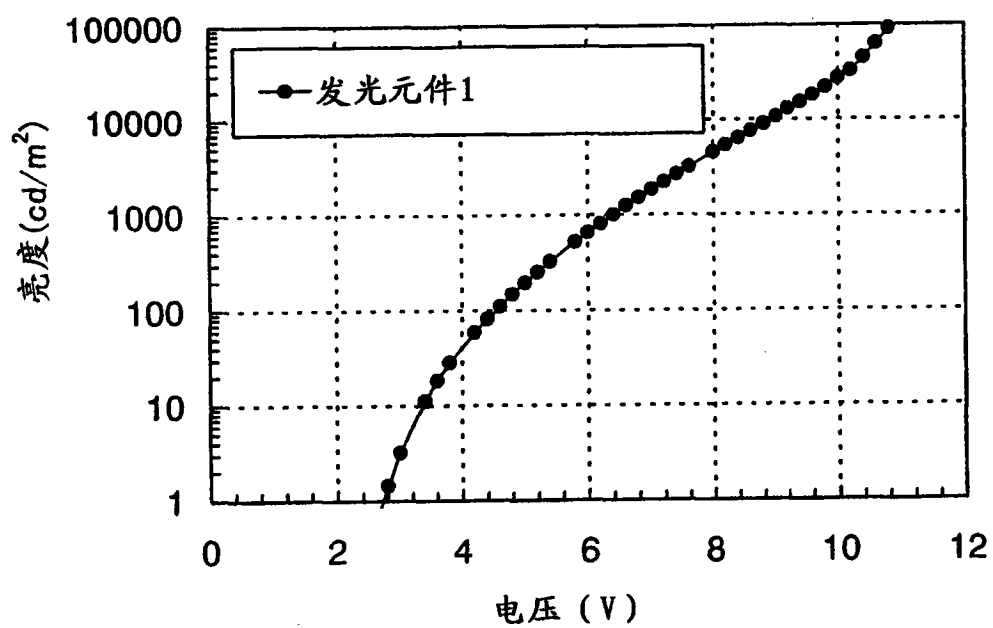


图 18

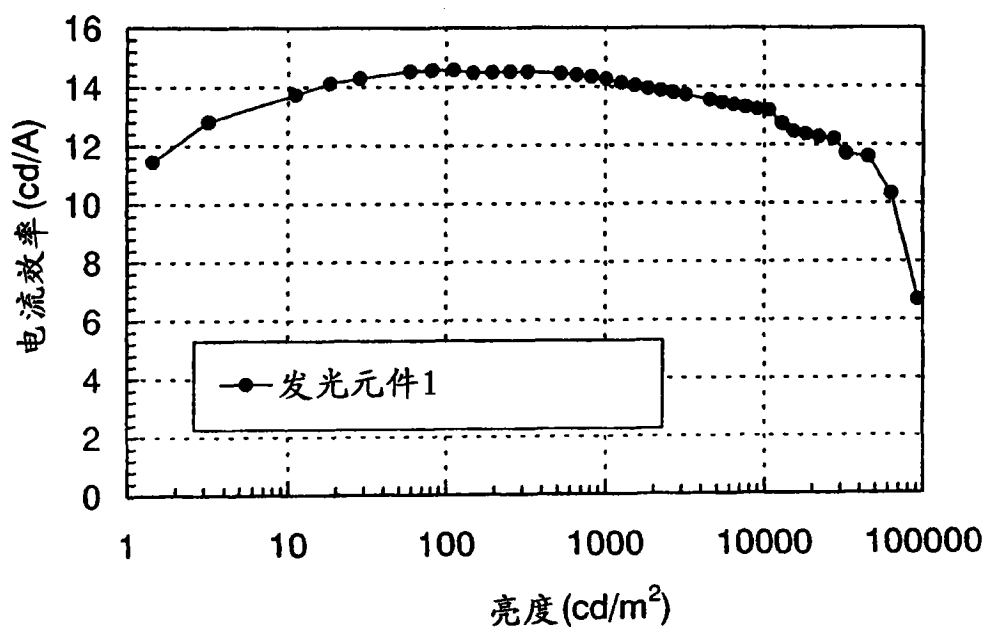


图 19

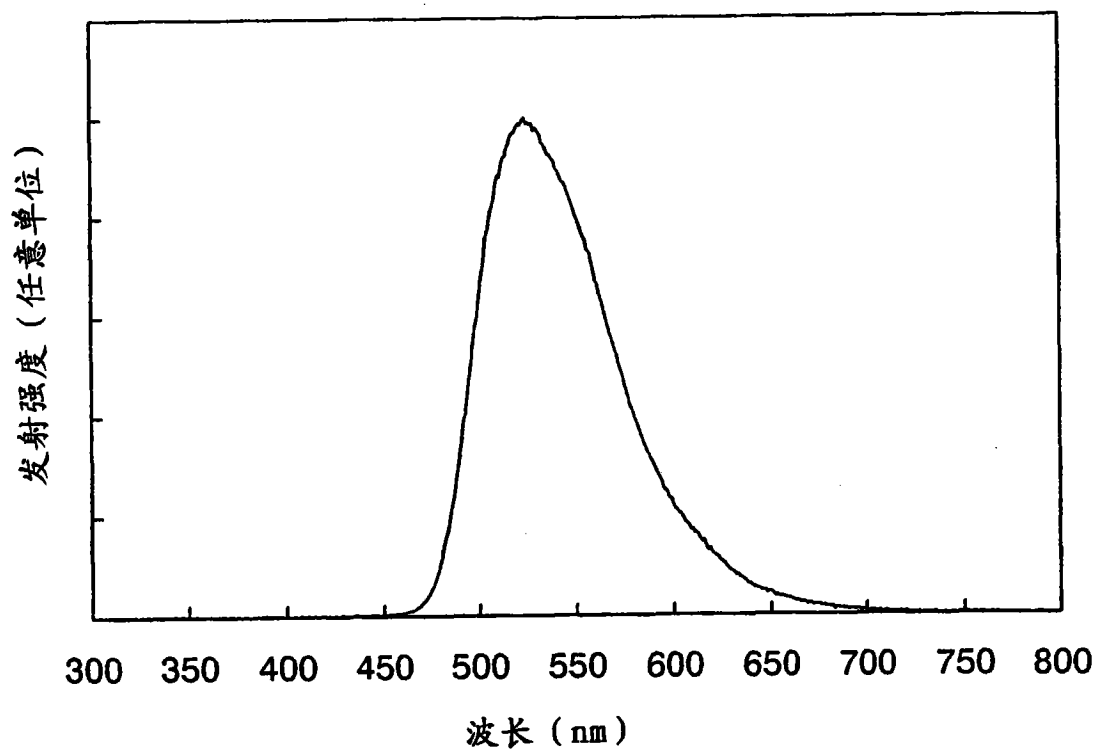


图 20

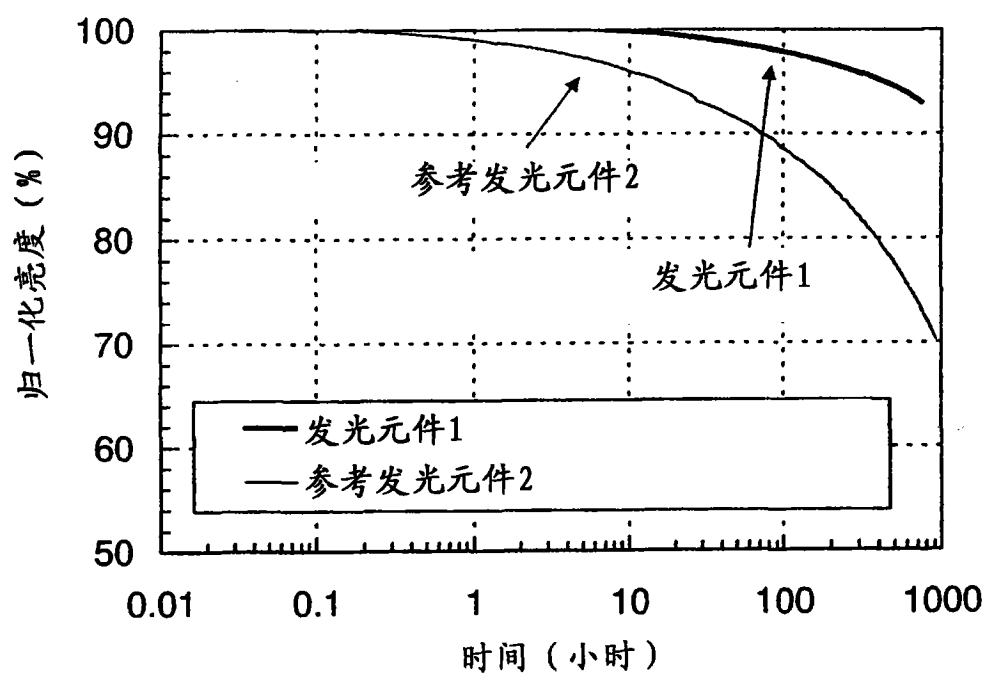


图 21

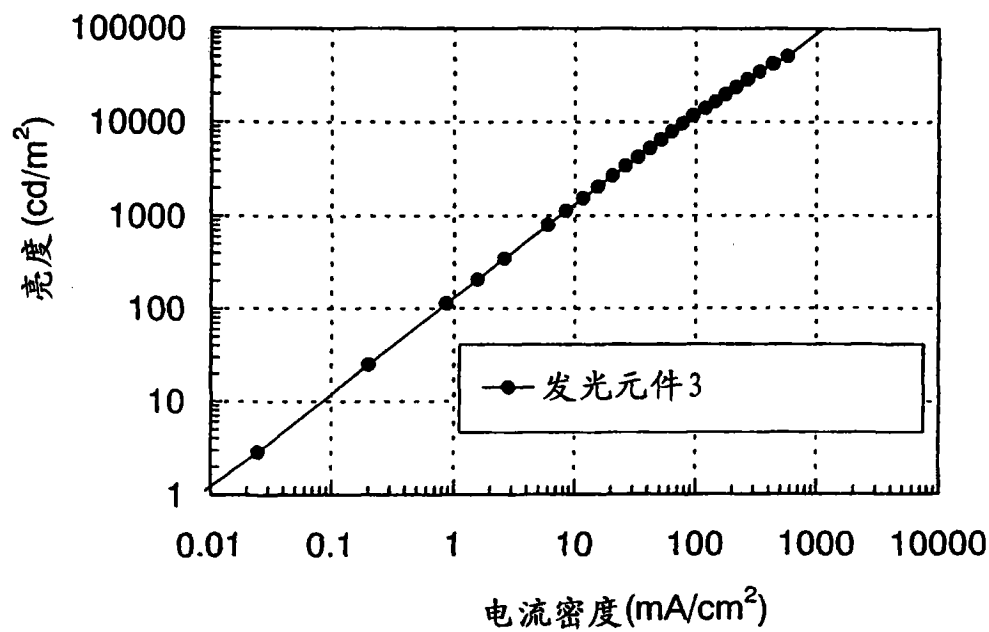


图 22

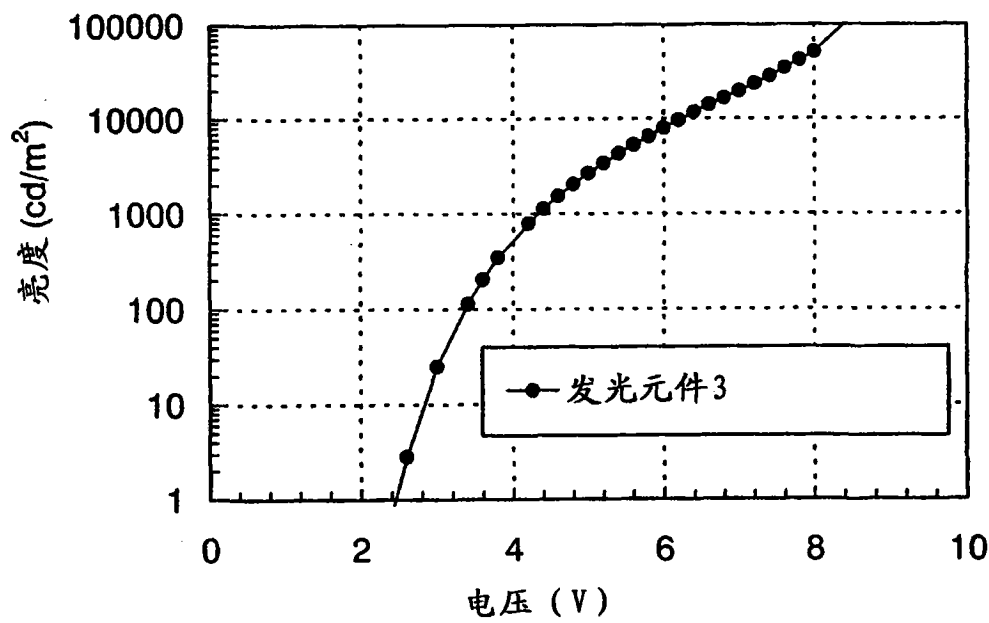


图 23

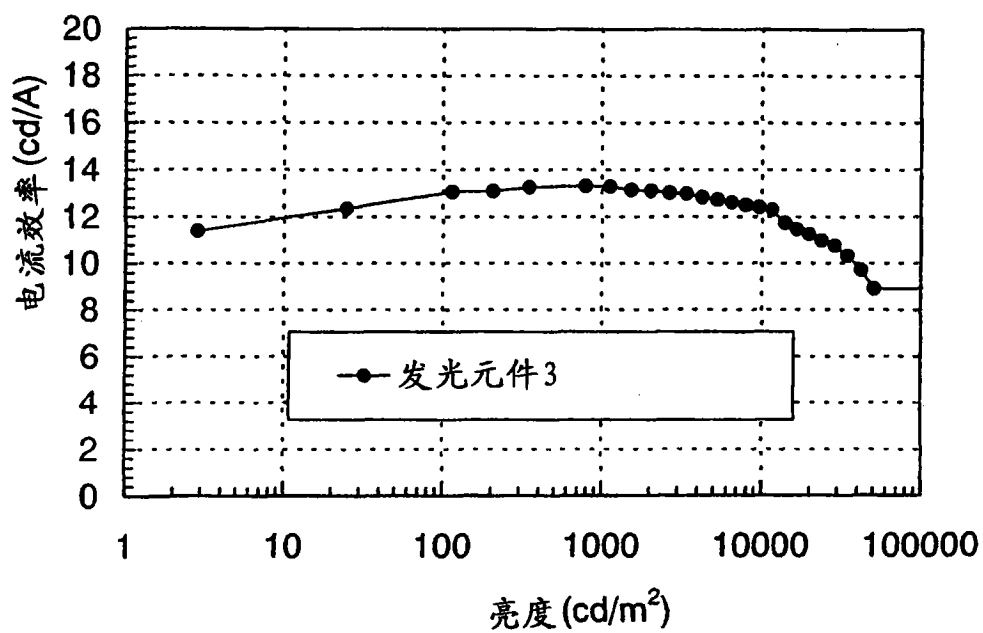


图 24

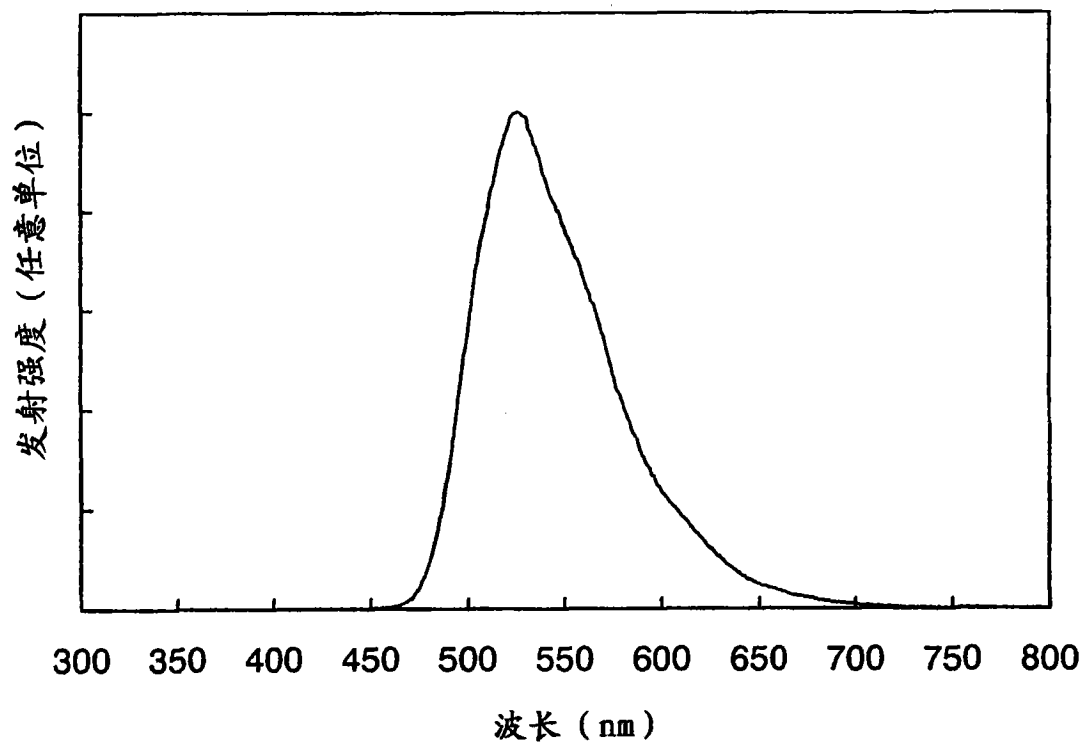


图 25

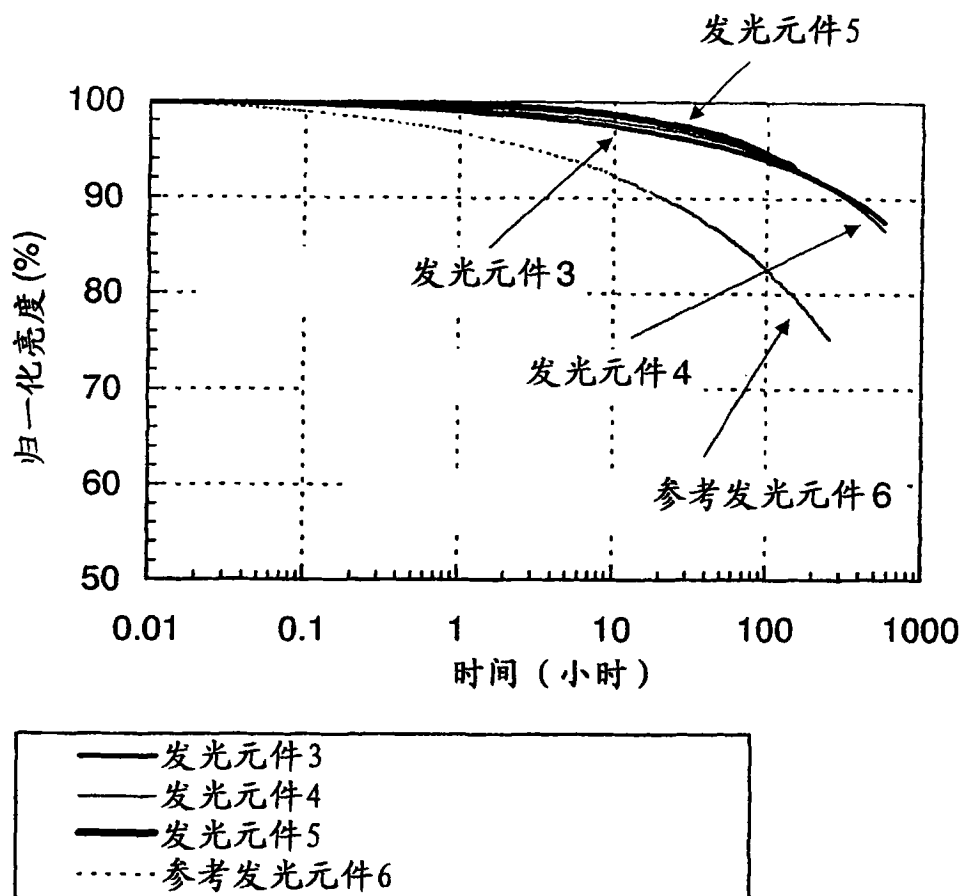


图 26

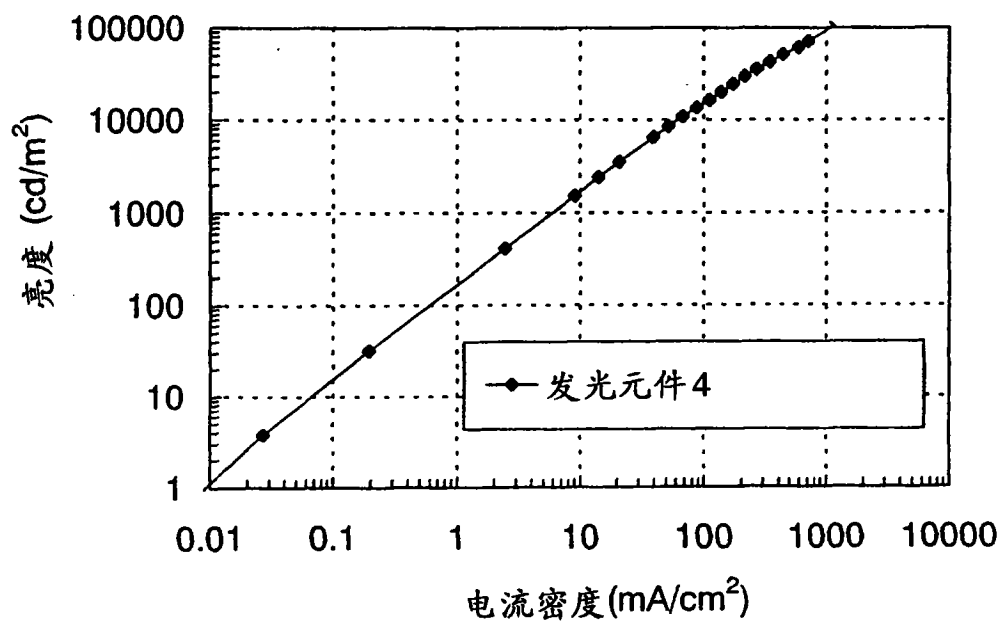


图 27

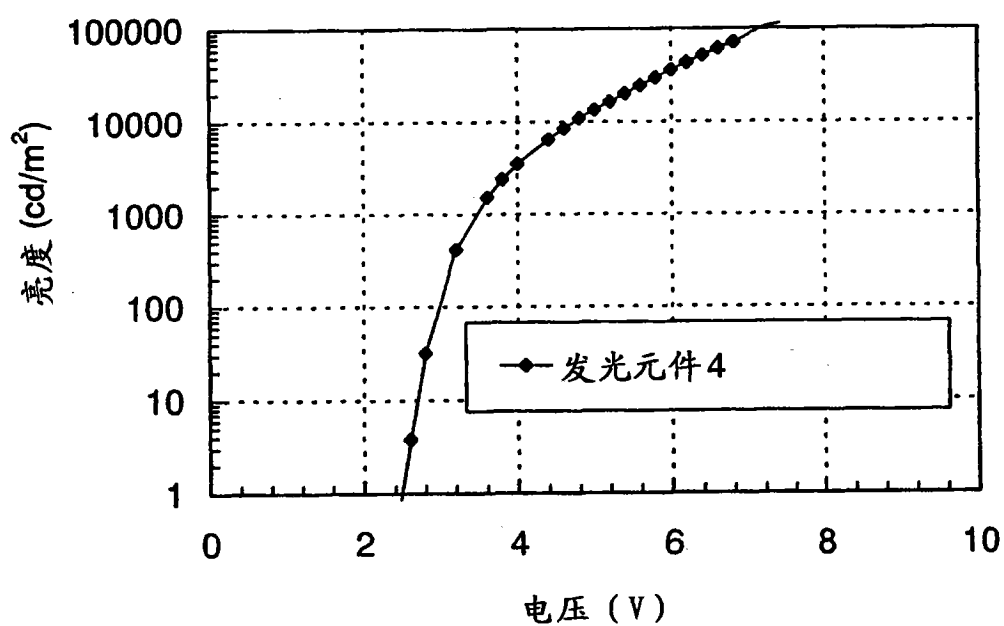


图 28

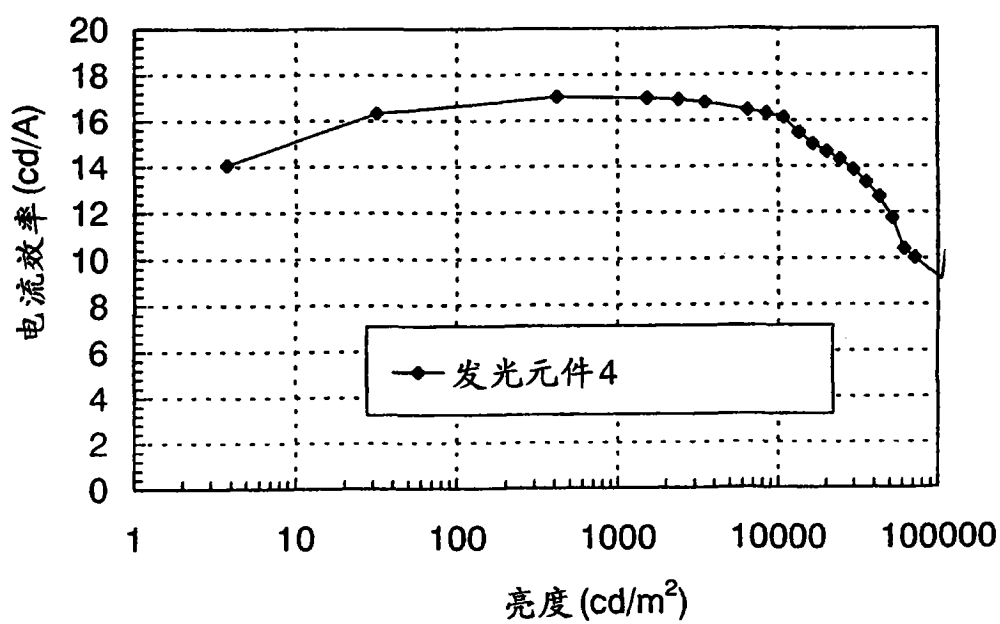


图 29

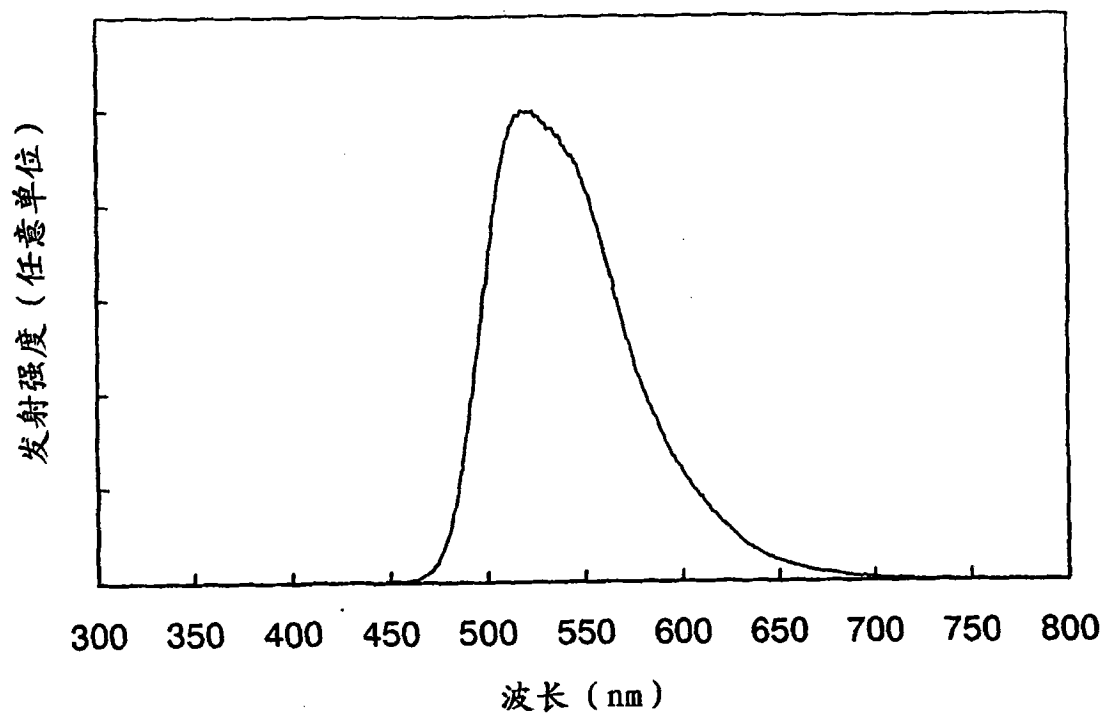


图 30

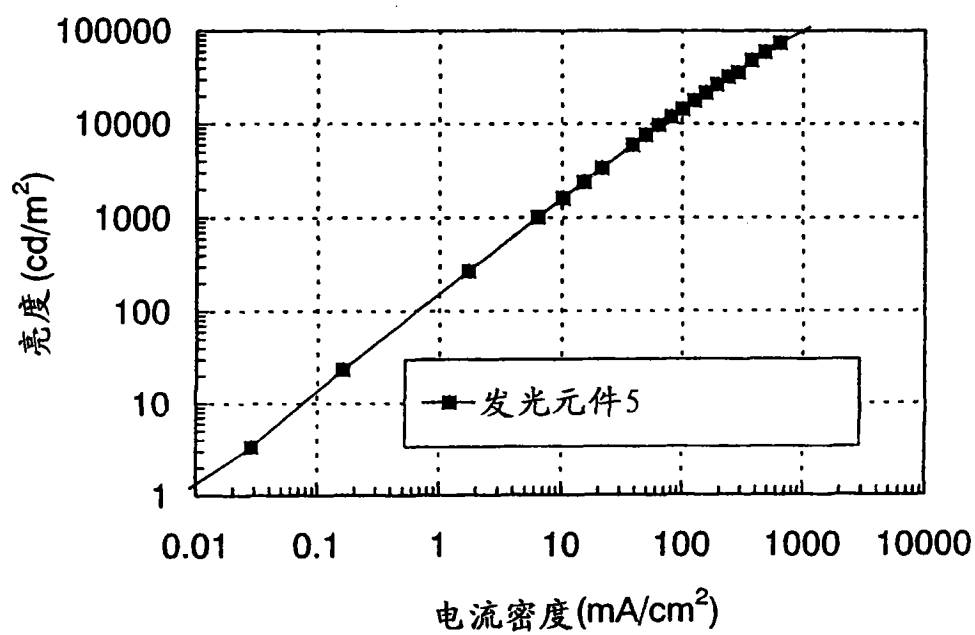


图 31

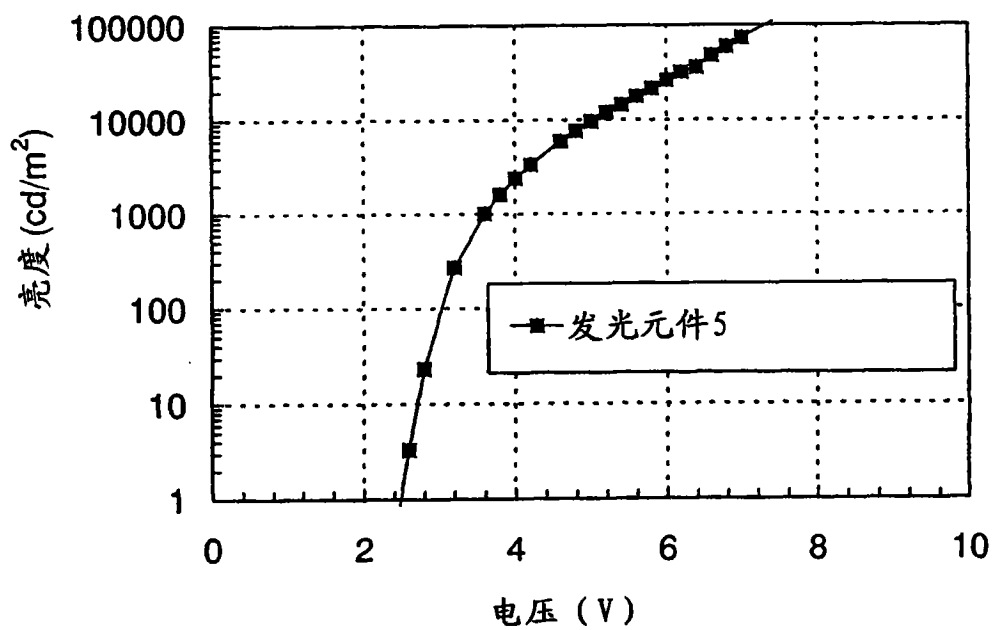


图 32

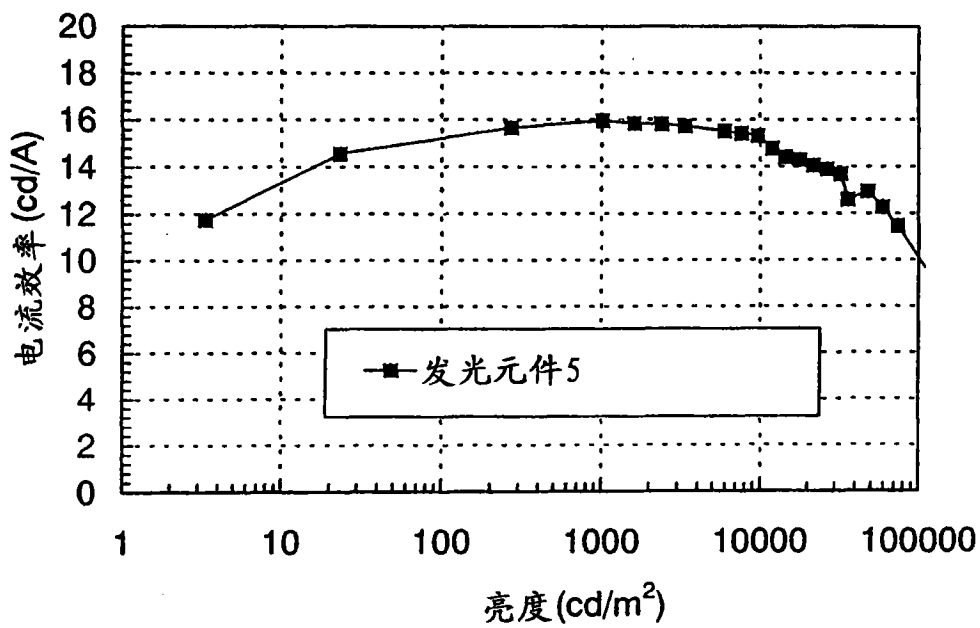


图 33

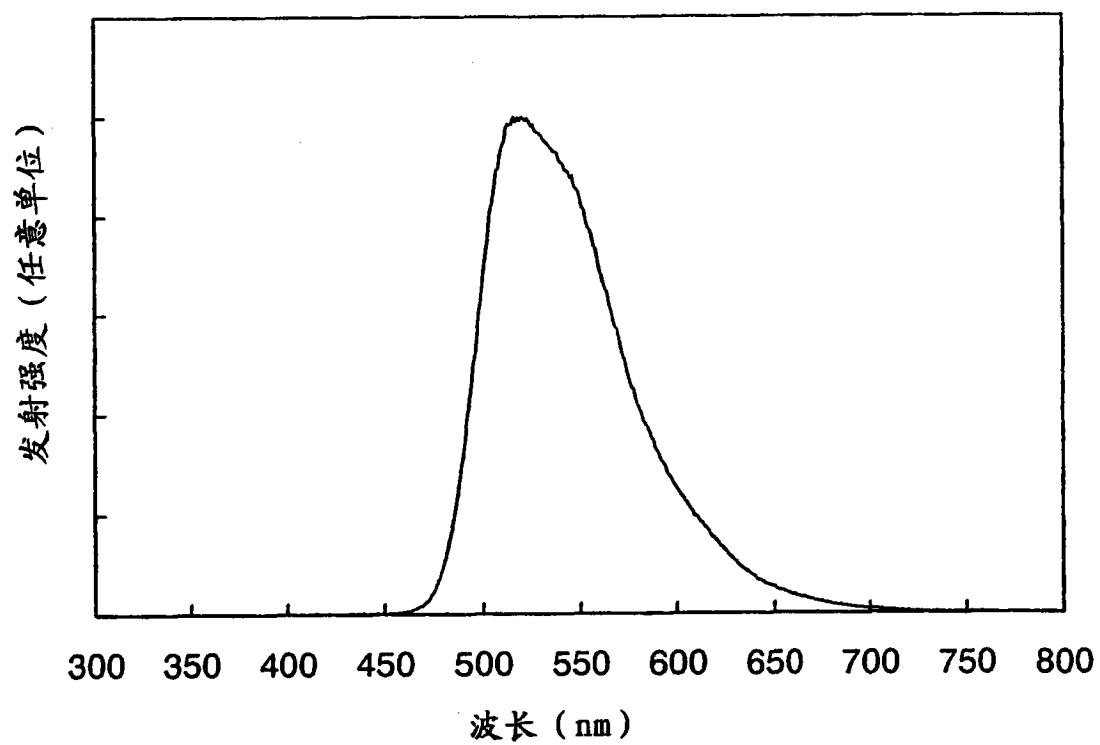


图 34

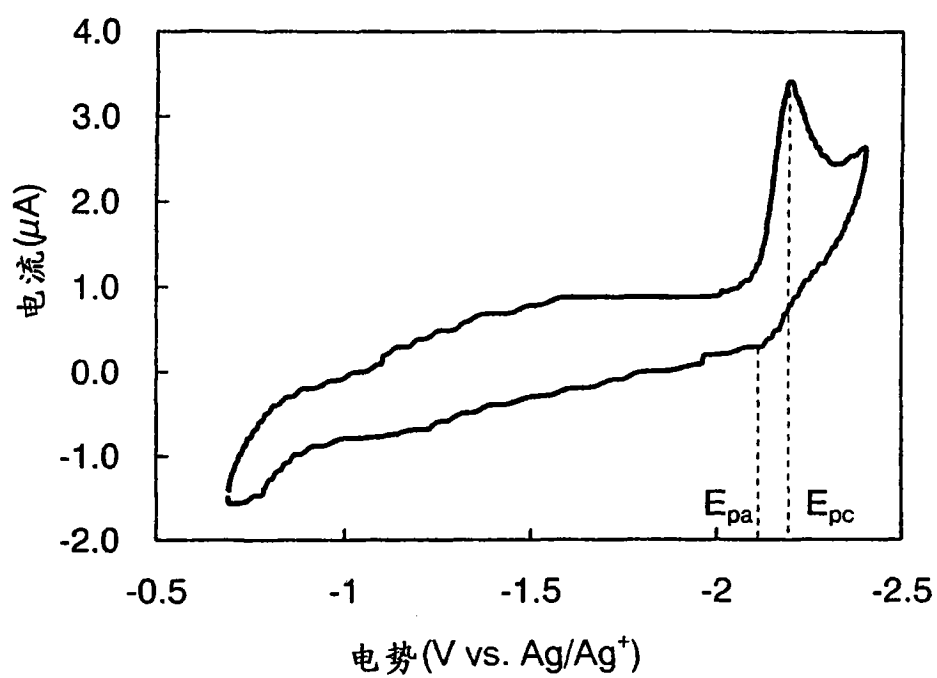


图 35

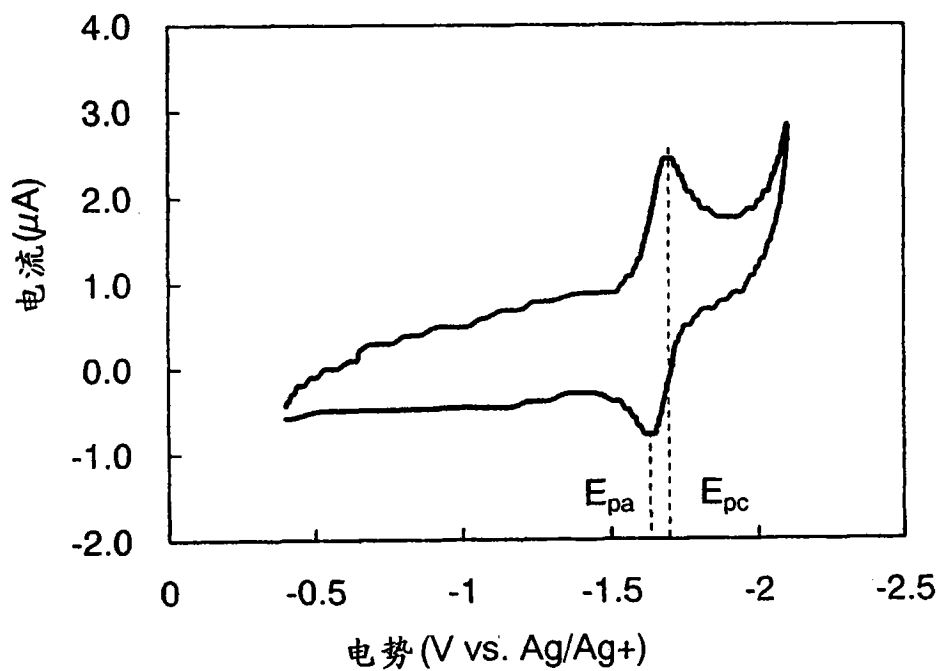


图 36

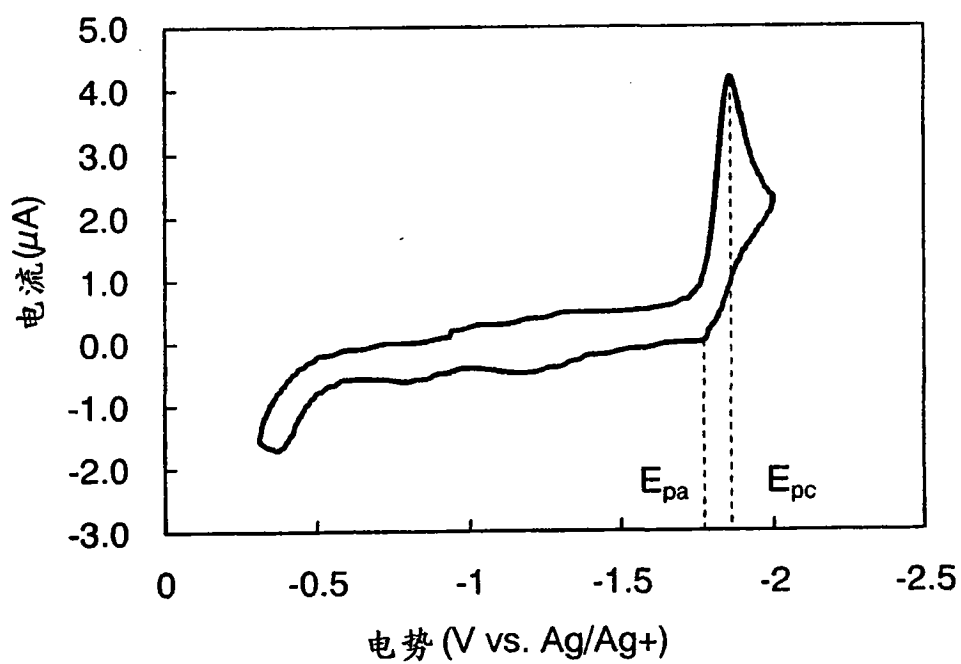


图 37

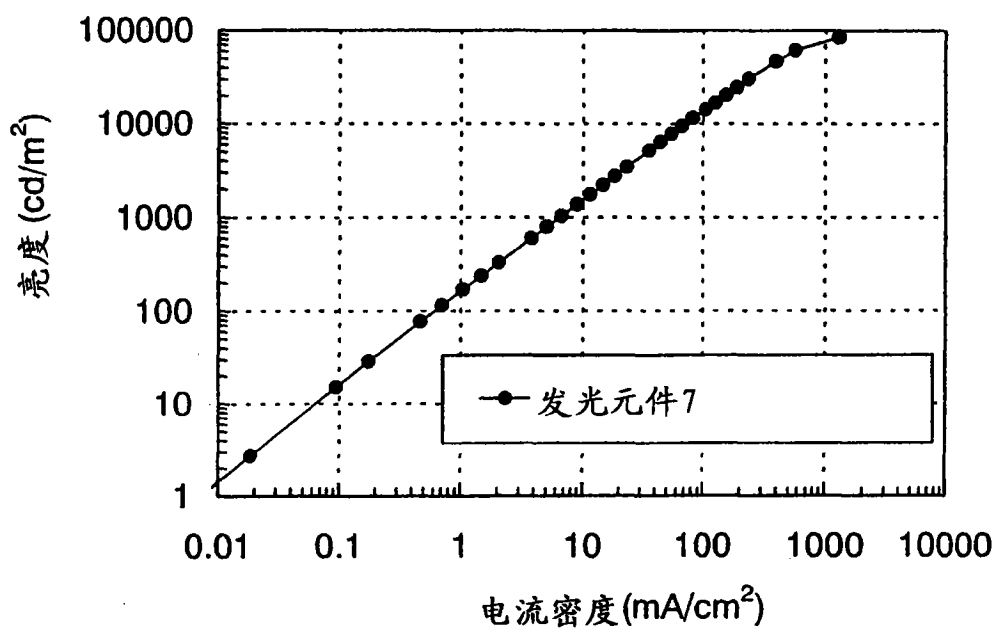


图 38

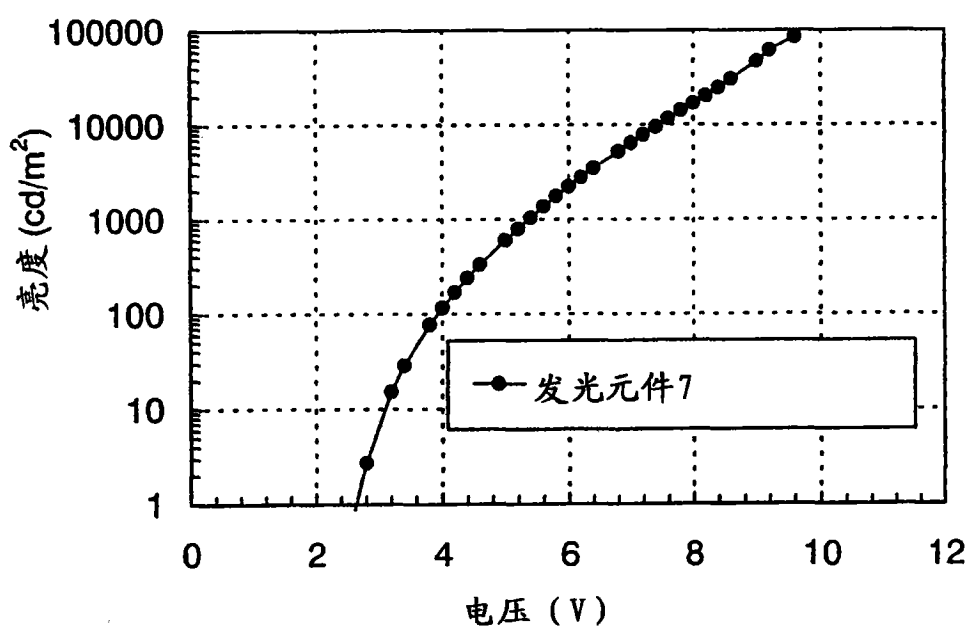


图 39

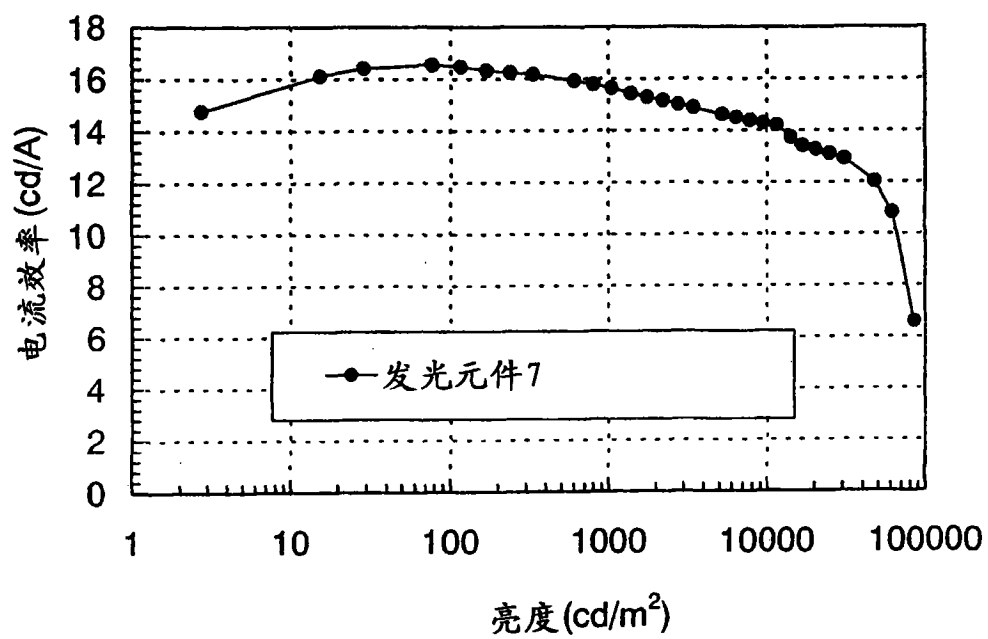


图 40

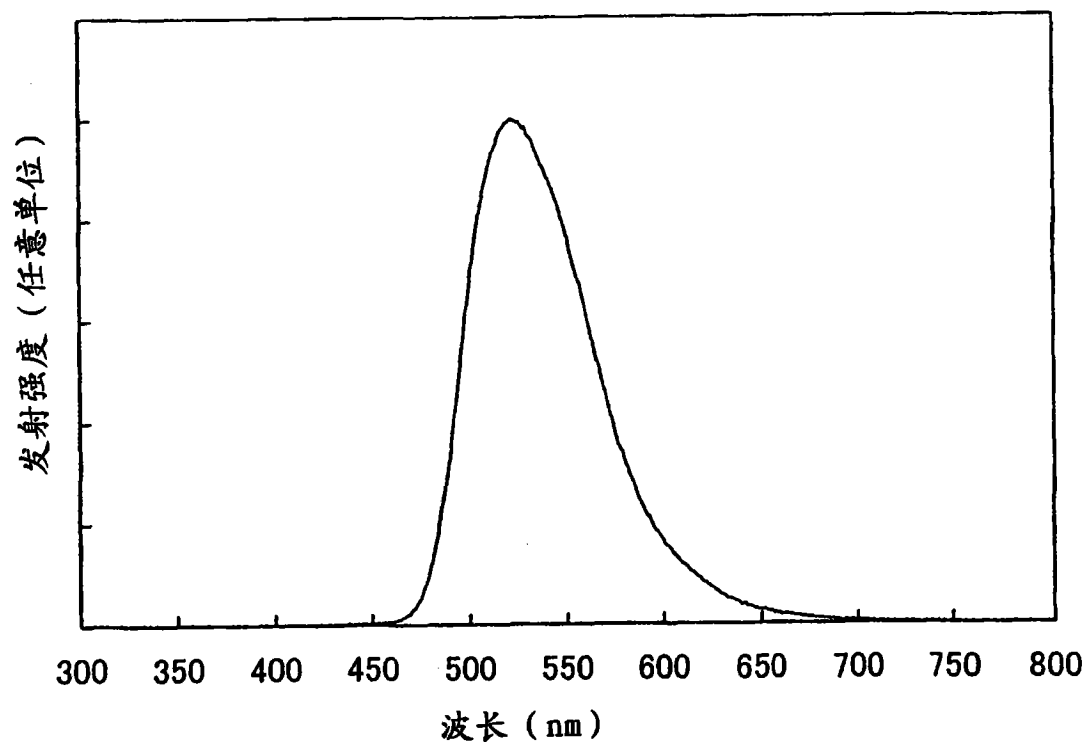


图 41

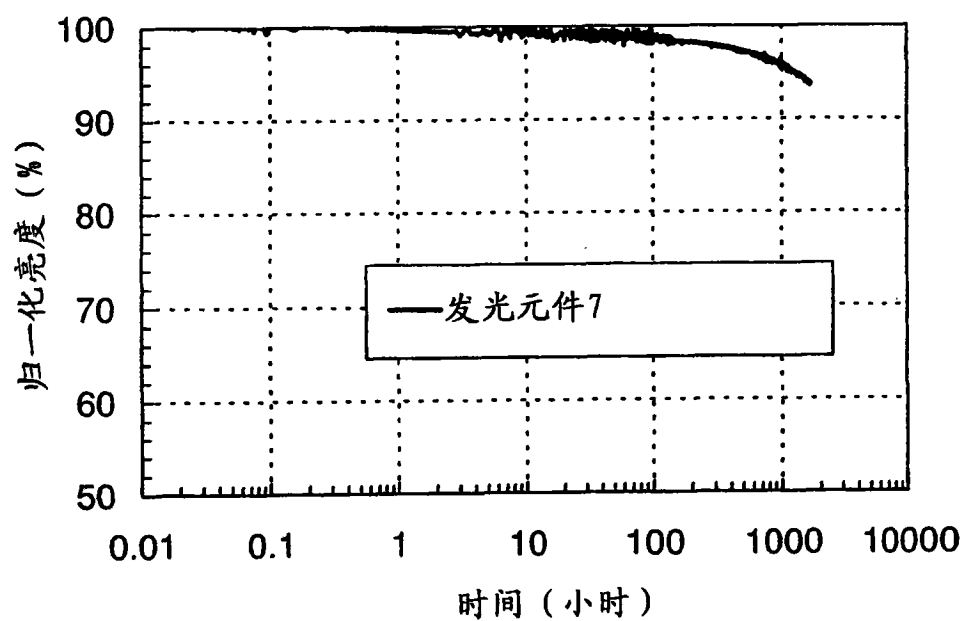


图 42

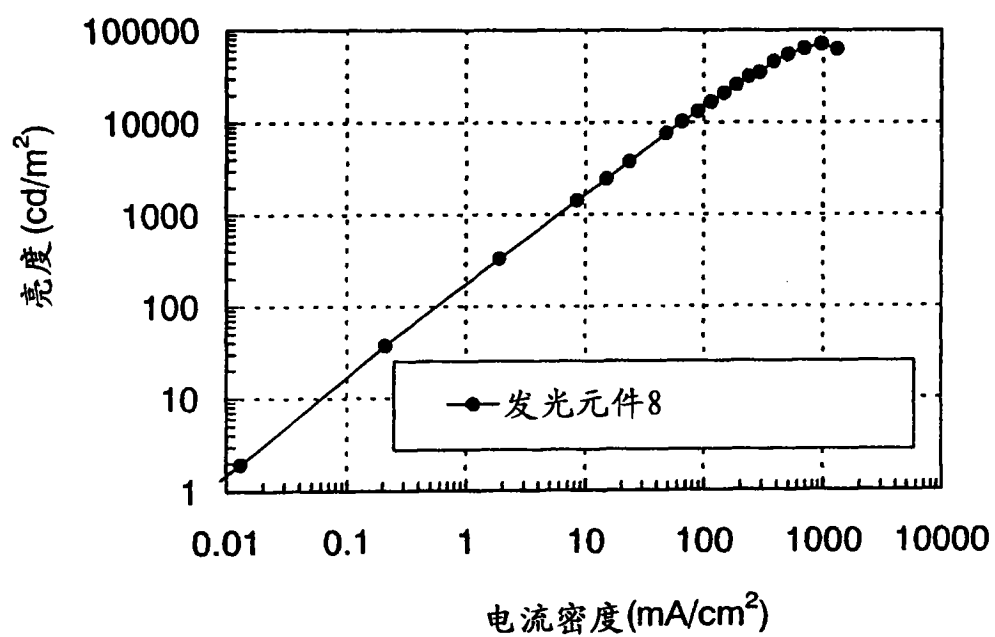


图 43

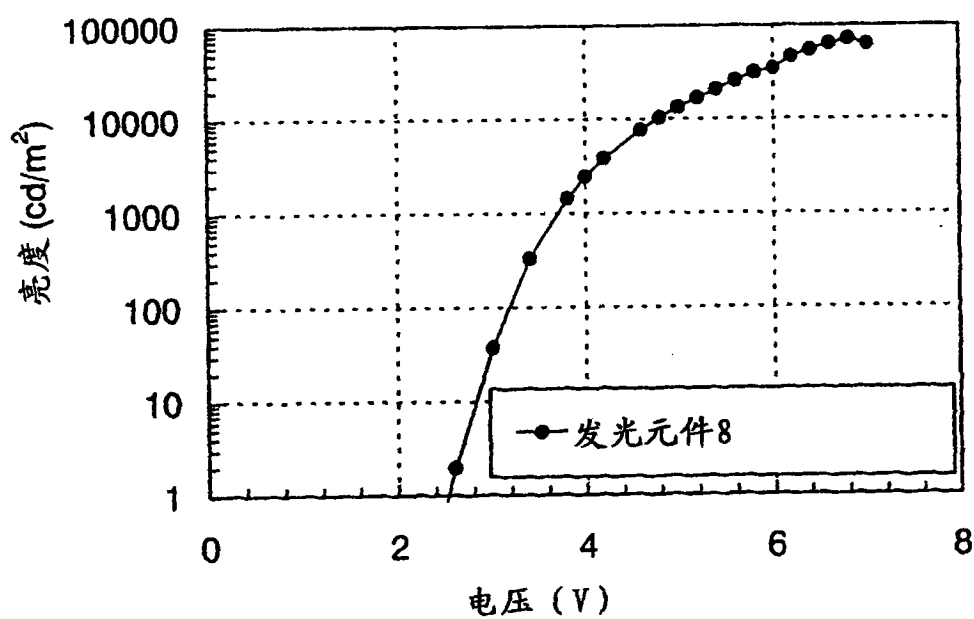


图 44

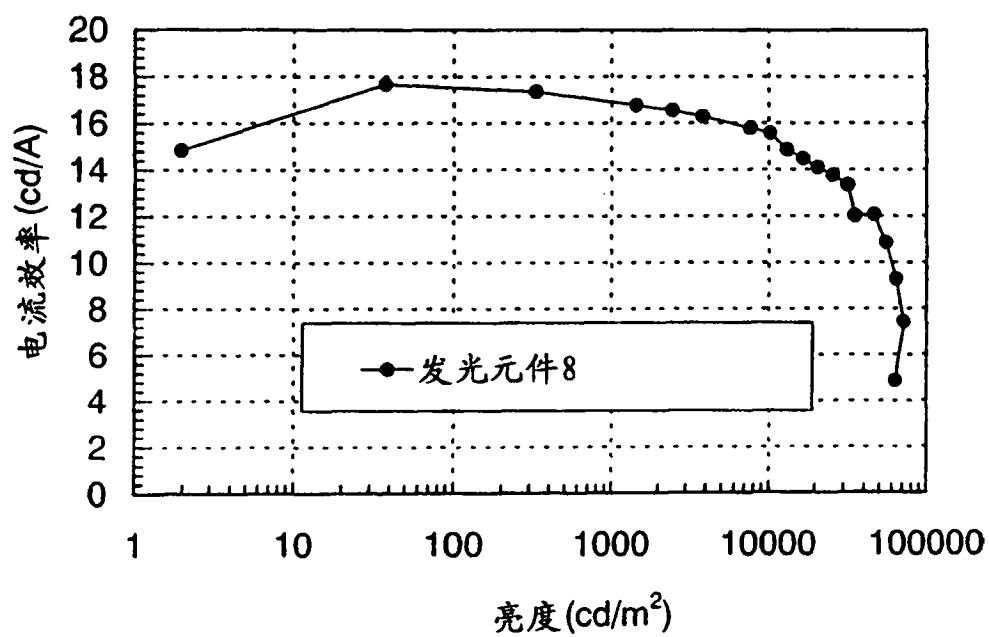


图 45

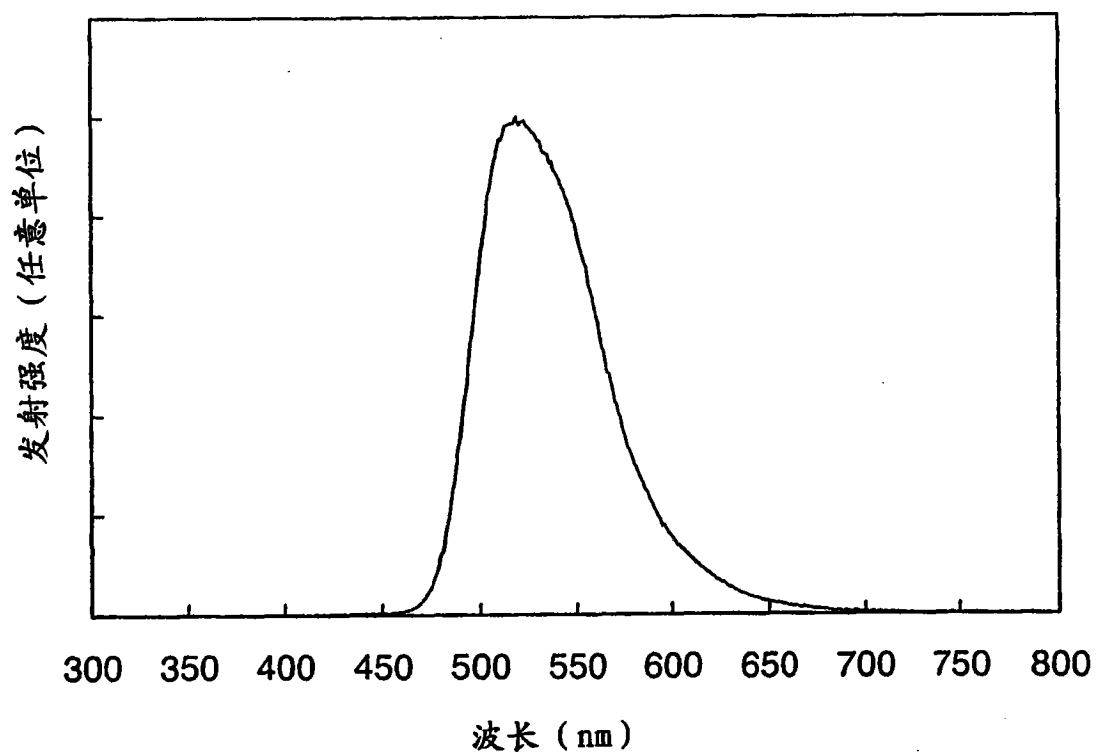


图 46

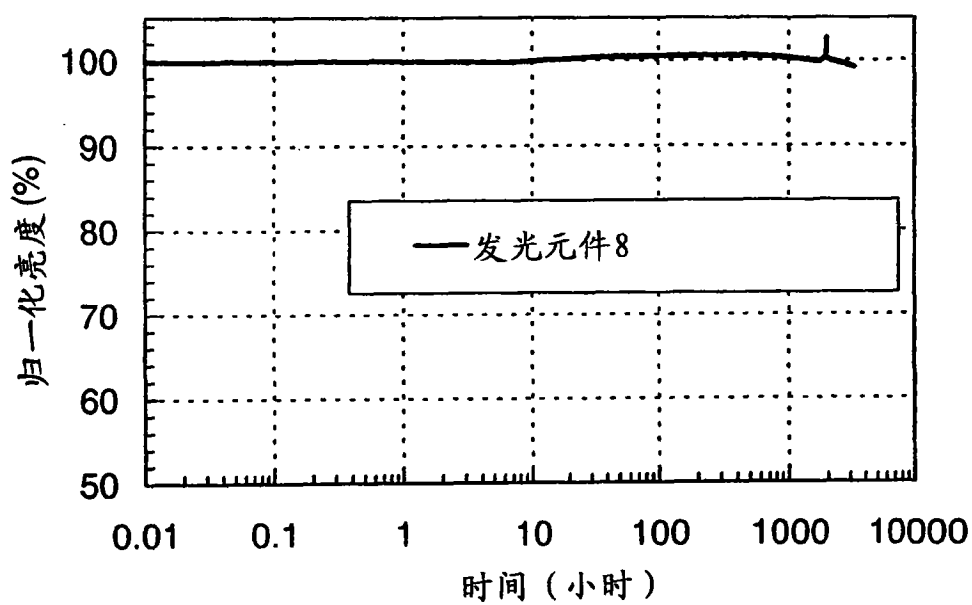


图 47

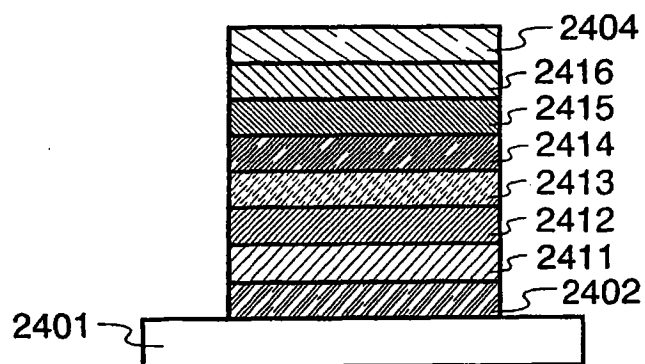


图 48

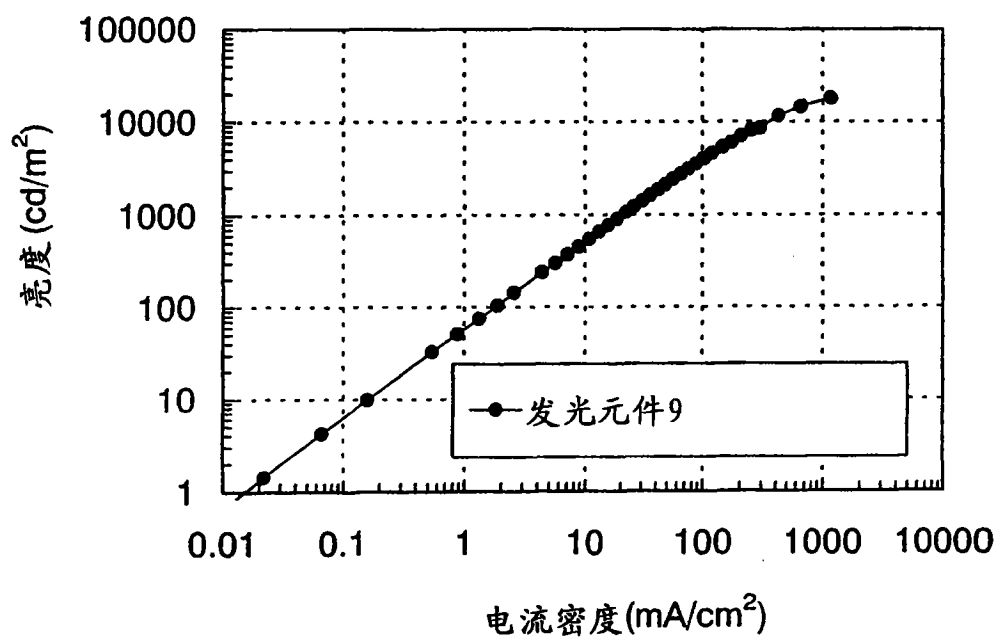


图 49

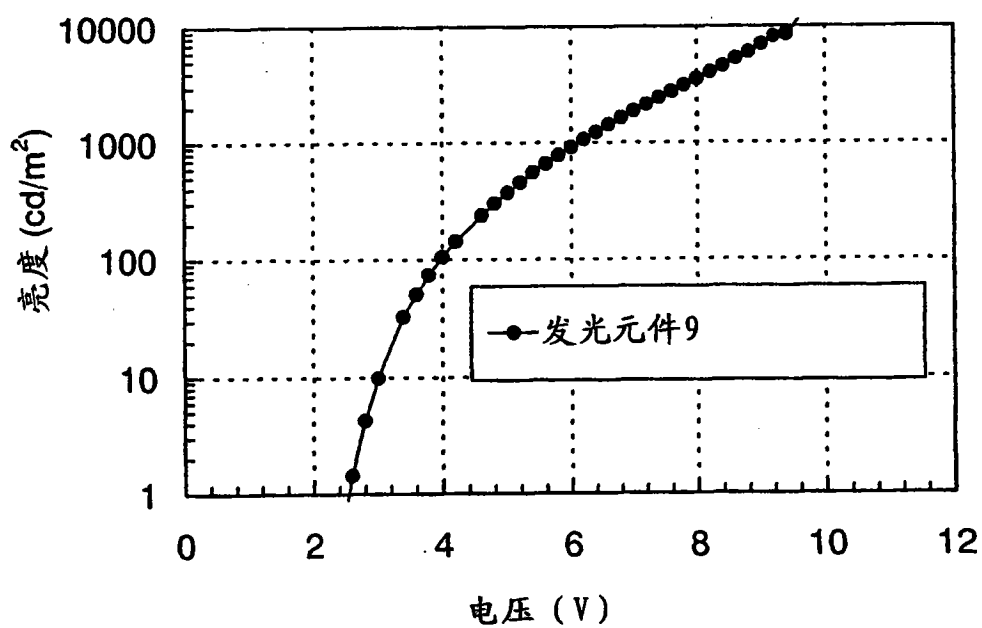


图 50

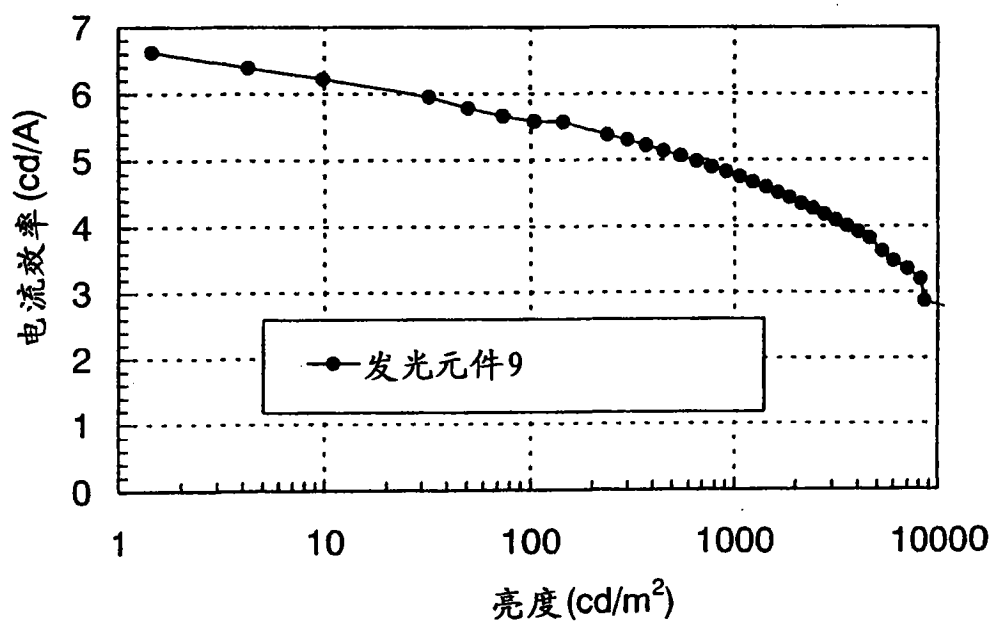


图 51

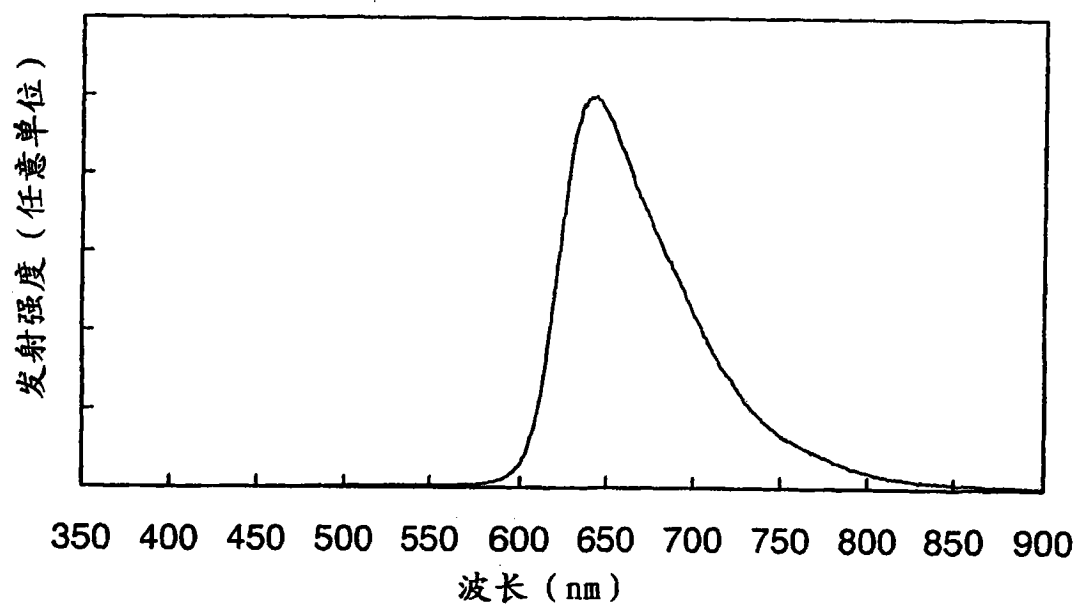


图 52

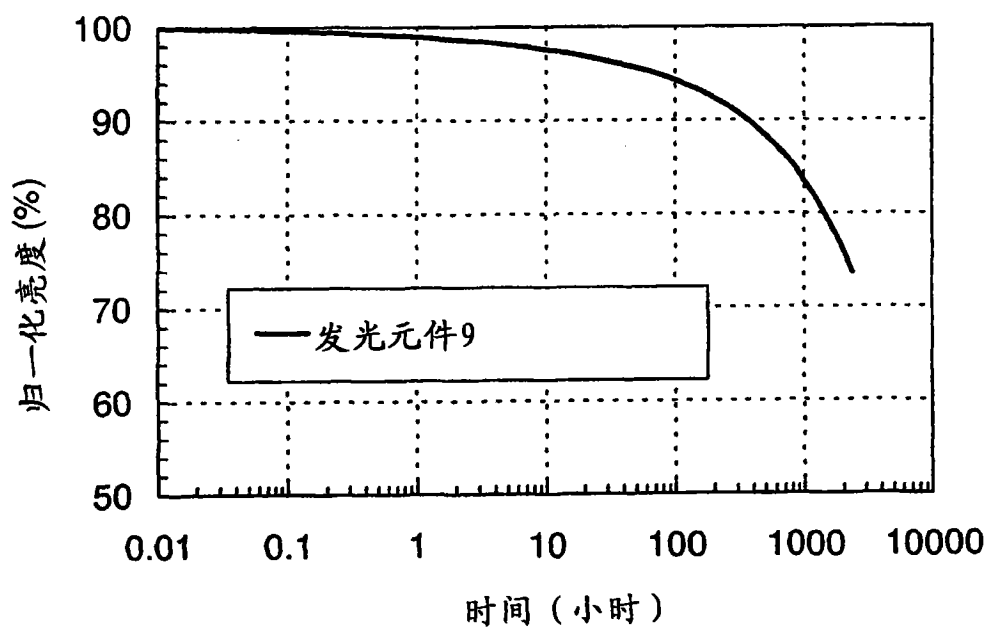


图 53

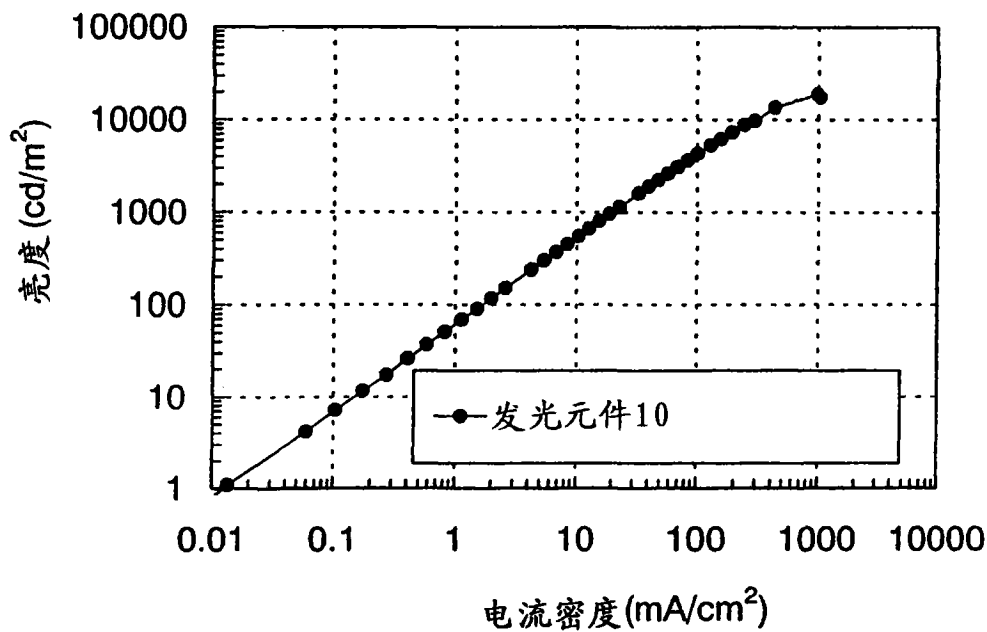


图 54

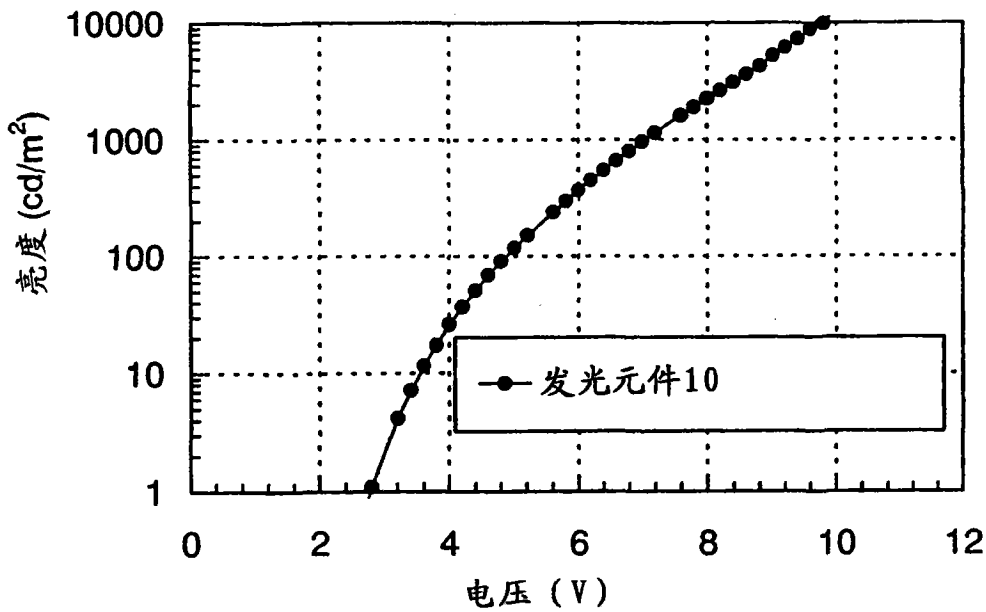


图 55

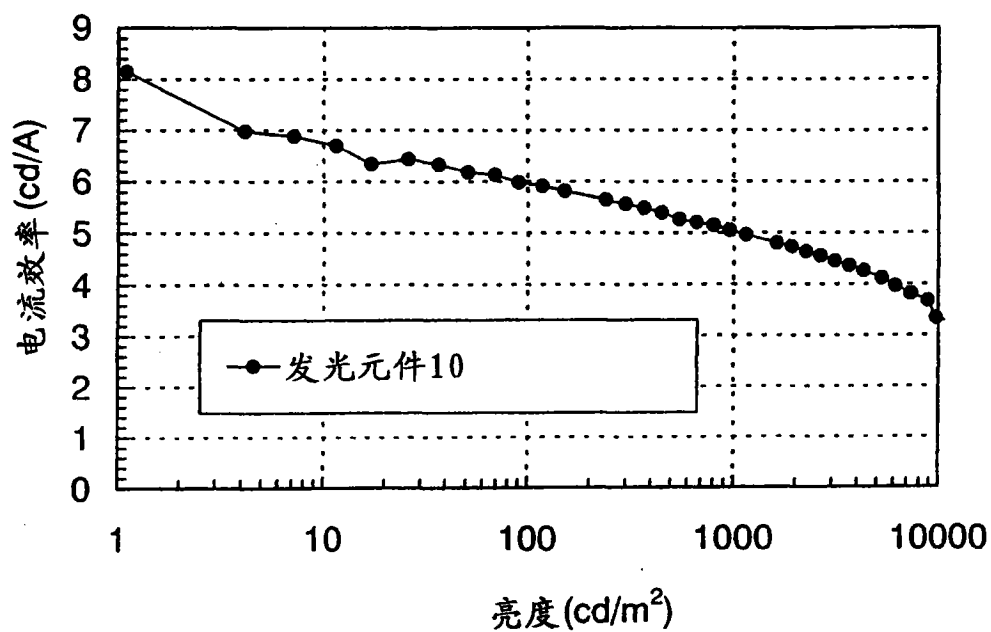


图 56

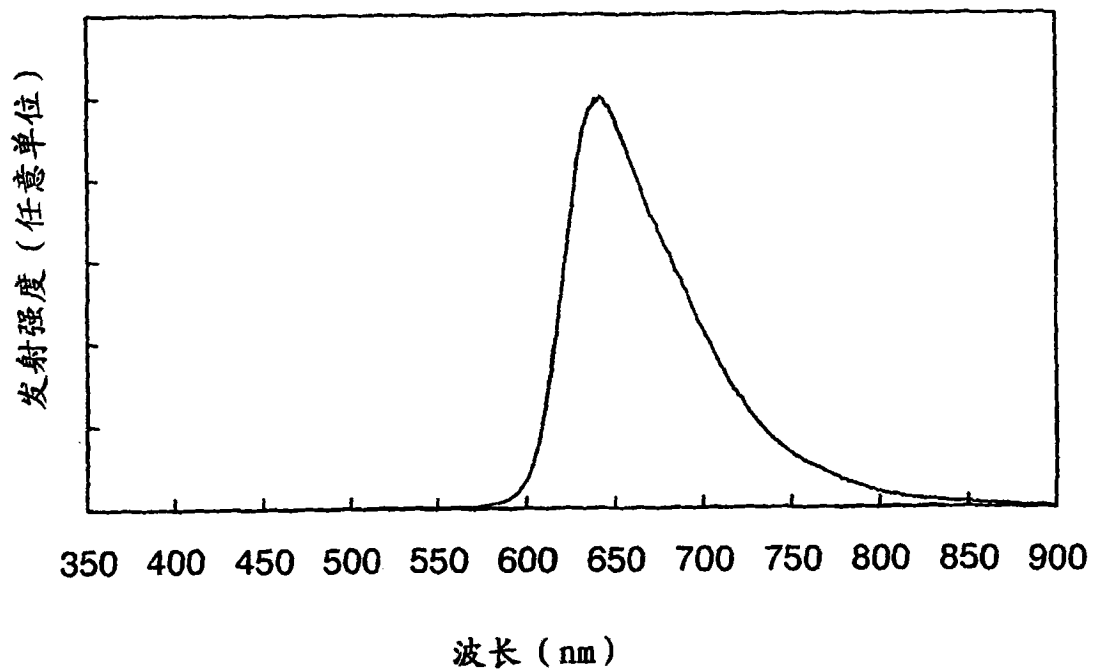


图 57

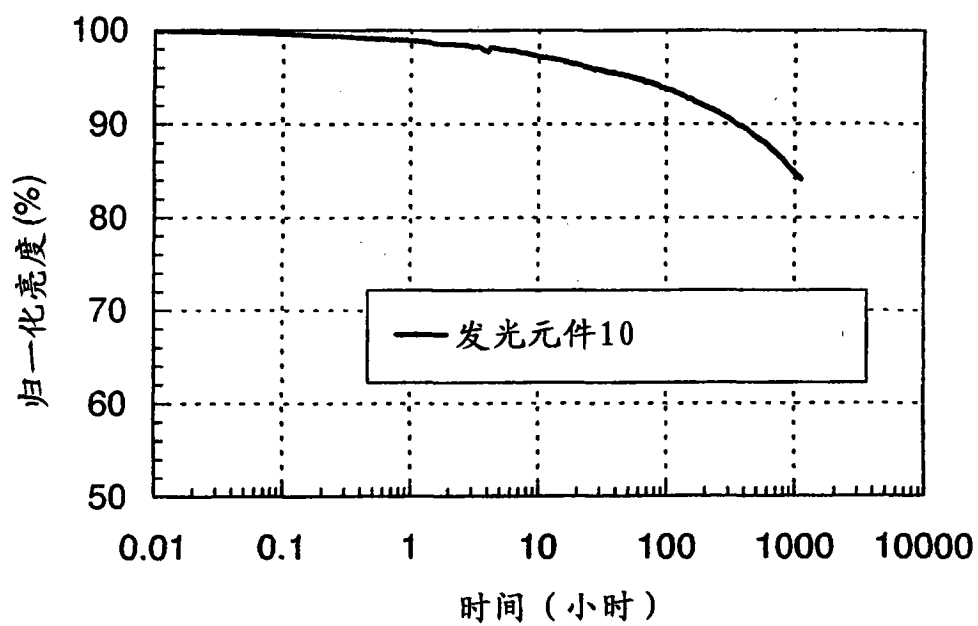


图 58

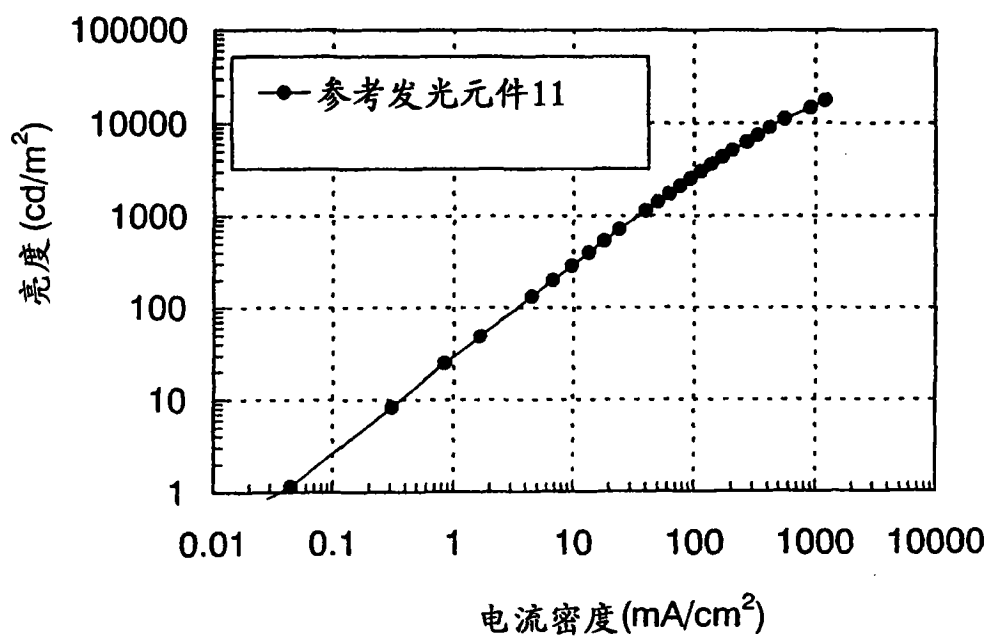


图 59

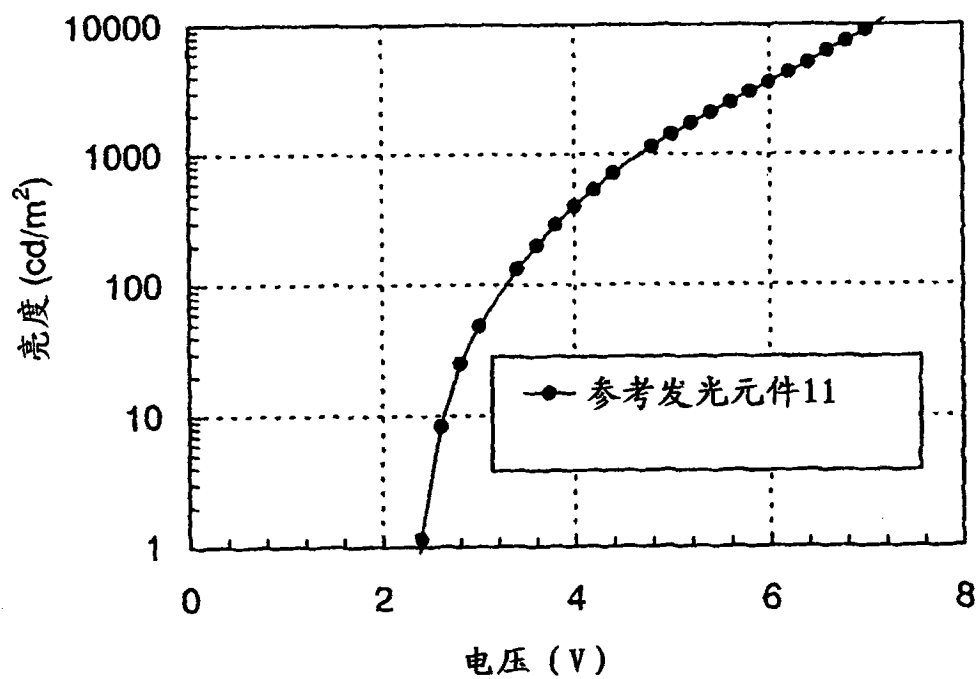


图 60

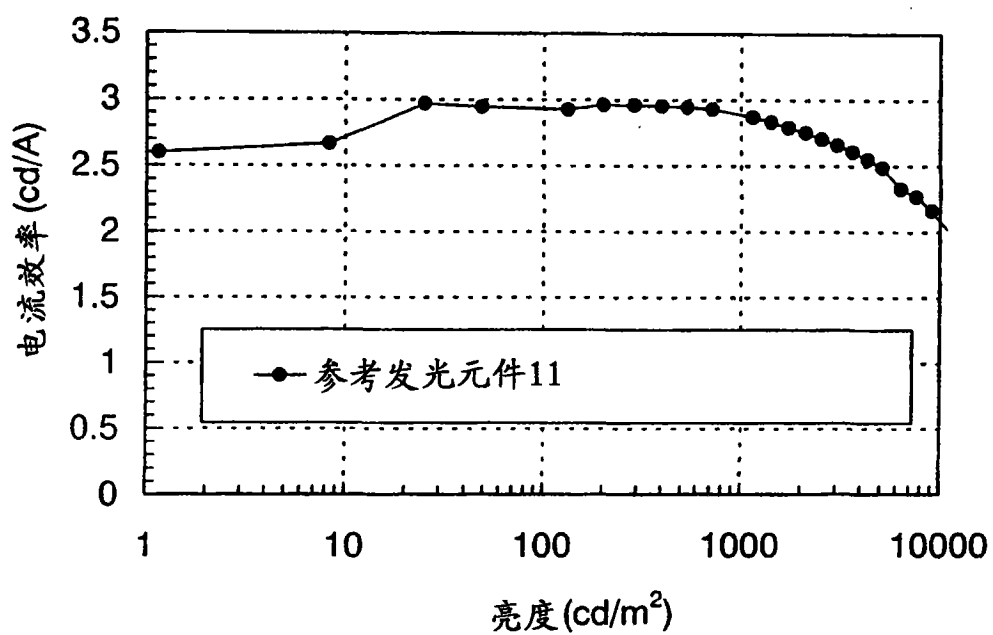


图 61

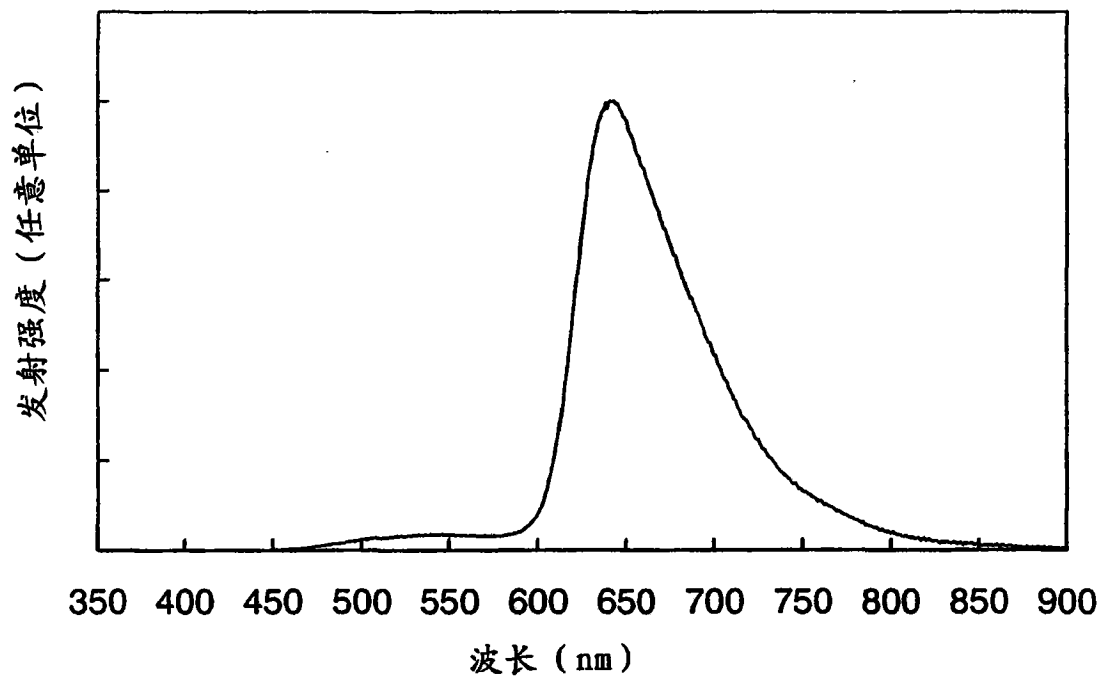


图 62

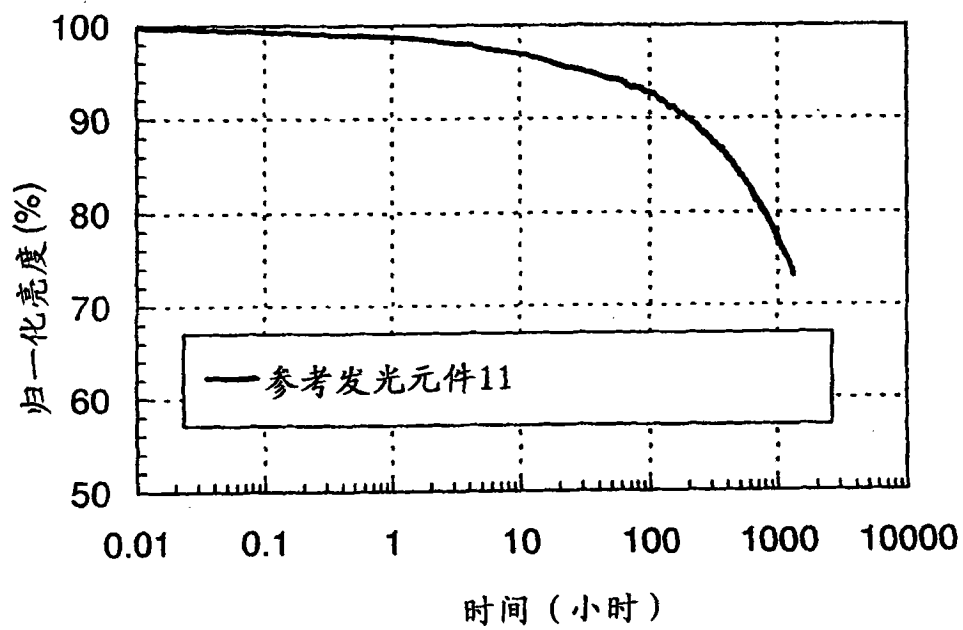


图 63

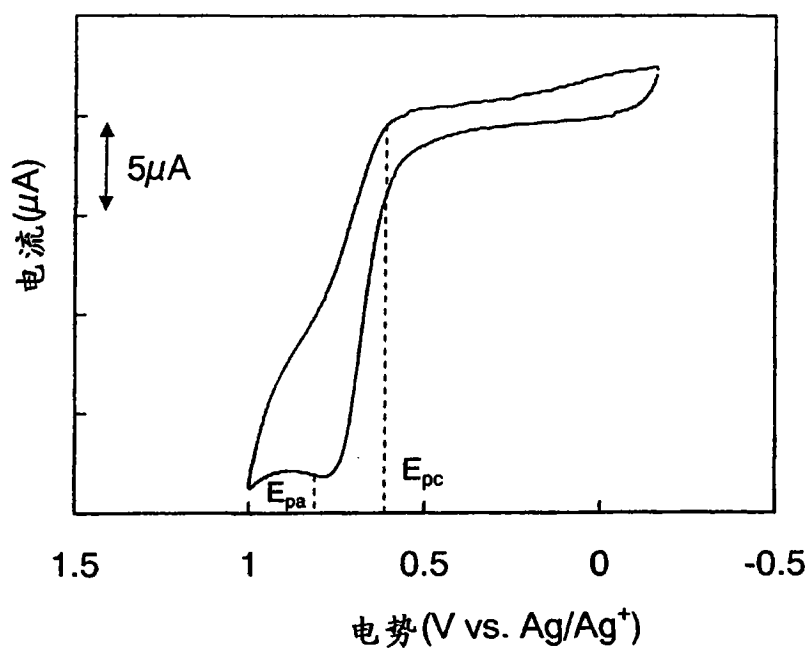


图 64

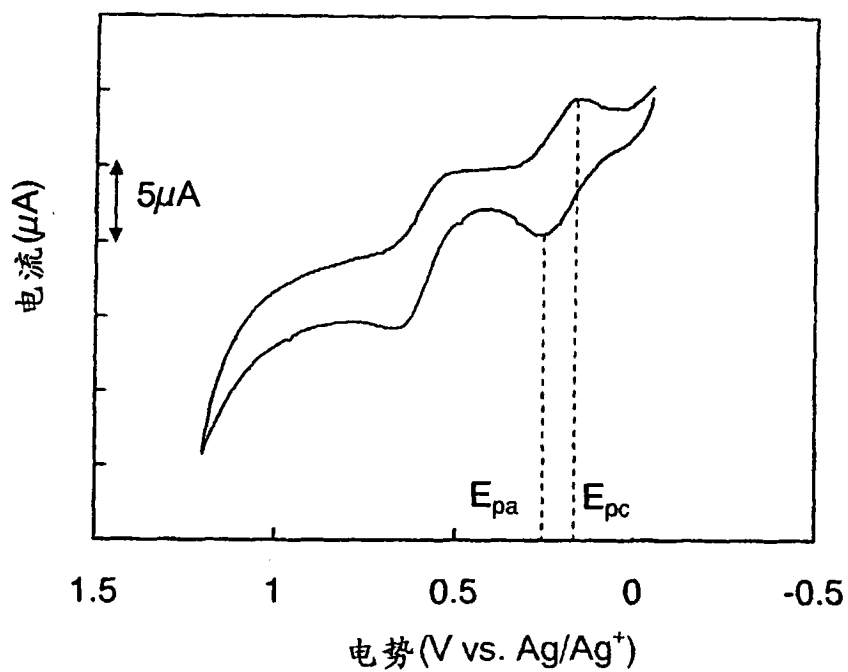


图 65