



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 00803665.9

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1223020C

[22] 申请日 2000.2.14 [21] 申请号 00803665.9

[30] 优先权

[32] 1999.2.12 [33] GB [31] 9903251.8

[86] 国际申请 PCT/GB2000/000476 2000.2.14

[87] 国际公布 WO2000/048257 英 2000.8.17

[85] 进入国家阶段日期 2001.8.10

[71] 专利权人 剑桥显示技术有限公司

地址 英国剑桥

[72] 发明人 J·H·伯鲁吉斯 J·C·卡特

A·G·古纳 S·K·希克斯

I·S·米拉德

审查员 吴晓达

[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

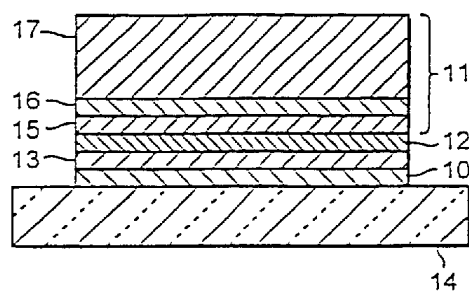
代理人 段承恩

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称 光电器件

[57] 摘要

光电器件, 包括: 阳极(10); 阴极(11); 和位于电极之间的光电有源区(12); 阴极包括: 第一层(15), 包括功函数低于 3.5eV 的材料; 组分与第一层不同的第二层(16), 包括功函数低于 3.5eV 的另一材料, 第二层比第一层更远离光电有源区; 以及第三层(17), 包括功函数大于 3.5eV 的材料, 第三层比第一层更远离光电有源区。



1.光电器件，包括：

阳极；

阴极；和

位于电极之间的光电有源区；

所述阴极包括：

第一层，为功函数低于 3.5eV 的金属材料层；

第二层，其组成与第一层不同，为功函数低于 3.5eV 的另一金属材料或金属化合物或配合物层，该第二层比第一层更远离光电有源区，和

第三层，为功函数大于 3.5eV 的材料层，该第三层比第一层和第二层更远离光电有源区。

2.按照权利要求 1 的光电器件，其中第二层为族 1 或族 2 或过渡金属的化合物层。

3.按照权利要求 2 的光电器件，其中所述化合物是卤化物。

4.按照权利要求 3 的光电器件，其中所述化合物是氟化物。

5.按照权利要求 2 的光电器件，其中所述金属是族 1 或 2 的金属。

6.按照权利要求 5 的光电器件，其中所述金属是锂。

7.按照权利要求 1 的光电器件，其中第一层为选自如下的金属层：Li、Ba、Mg、Ca、Ce、Cs、Eu、Rb、K、Y、Sm、Na、Sr、Tb 或 Yb。

8.按照权利要求 1 的光电器件，其中第二层比第一层要厚。

9.按照权利要求 1 的光电器件，其中第二层厚度为 100-1000 埃。

10. 按照权利要求 1 的光电器件，其中第一层的功函数高于第二层的功函数。

11.按照权利要求 1 的光电器件，其中第三层厚度为 1000-10000 埃。

12.按照权利要求 1 的光电器件，其中功函数大于 3.5eV 的所述材料的导电率大于 $10^5 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ 。

13.按照权利要求 1 的光电器件，其中功函数大于 3.5eV 的所述材料是铝、金或铟-锡氧化物。

- 14.按照权利要求 1 的光电器件, 其中所述阴极是透明的。
- 15.按照权利要求 1 的光电器件, 其中所述光电有源区是发光的。
- 16.按照权利要求 1 的光电器件, 其中所述光电有源区为发光有机材料层。
- 17.按照权利要求 16 的光电器件, 其中所述发光有机材料是聚合物材料。
- 18.按照权利要求 17 的光电器件, 其中所述发光有机材料是共轭聚合物材料。
- 19.按照权利要求 16-18 中任一项的光电器件, 其在发光有机材料和电极之一之间包括电荷输运层。
- 20.形成光电器件的方法, 包括:
 - 淀积阳极;
 - 在阳极上淀积光电有源材料区;
 - 在光电有源材料区上淀积功函数低于 3.5eV 的金属材料, 形成第一阴极层;
 - 在第一阴极层上淀积功函数低于 3.5eV 的另一金属材料或金属化合物或配合物, 形成与第一阴极层组成不同的第二阴极层; 和
 - 在第二阴极层上淀积功函数高于 3.5eV 的材料, 形成第三阴极层。

光电器件

发明领域

本发明涉及光电器件，例如用于发射或检测光的器件。

背景技术

光电器件的一种特定类型是使用用于光发射或检测的有机材料的那些。在 PCT/WO90/13148 和 US4539507 中公开了发光有机材料，其内容在此引用供参考。这些器件的基本结构是发光有机层，例如夹在两个电极之间的聚（对亚苯基亚乙烯基）（“PPV”）膜。一个电极（阴极）注入负电荷载流子（电子），另一电极（阳极）注入正电荷载流子（空穴）。电子和空穴在有机层中复合产生光子。PCT/WO90/13148 中有机发光材料是聚合物。US4539507 中有机发光材料是公知的小分子材料类型，例如（8-羟基喹啉）铝（“Alq3”）。在实际器件中，电极之一通常是透明的，使得光子能逸出器件。

图 1 表示该有机发光器件（“OLED”）的典型横截面结构。一般在用形成阳极 2 的透明材料例如铟锡氧化物（“ITO”）涂覆过的玻璃或塑料衬底 1 上制备 OLED。该涂覆衬底有市售。ITO 涂覆的衬底至少覆盖电致发光有机材料薄膜 3 和通常为金属或合金的最后阴极层 4。

该器件的一些特别有吸引力的应用是作为电池供电装置例如便携式计算机和移动电话的显示器。因此，为延长该装置的电池寿命，强烈要求提高发光器件的效率。改善效率的一种途径是对发光材料本身的仔细选择和设计。另一种是优化显示器的物理布置。第三种是改善发光层中电荷注入和电荷复合的条件。

为改善发光层中电荷注入和电荷复合的条件，公知在电极之一或两个与发光层之间包括有机材料例如聚苯乙烯磺酸掺杂的聚亚乙基二氧噻吩（“PEDOT-PSS”）的电荷输运层。适当选择的电荷输运层可增强电荷注入发光层，并阻挡电荷载流子的逆向流动，有助于电荷复合。也公知由功函数有助于电荷载流子理想流动的材料来形成电极。例如，优选低

功函数材料例如钙或锂作为阴极。PCT/WO97/08919 公开了镁：锂合金形成的阴极。

发明内容

按照本发明的一个方面，提供一种光电器件，包括：阳极；阴极；以及位于电极之间的光电有源区；阴极包括：第一层，包含功函数低于 3.5eV 的材料；与第一层组成不同的第二层，包含功函数低于 3.5eV 的另一种材料，第二层比第一层更远离光电有源区；以及第三层，包含功函数大于 3.5eV 的材料，第三层比第一层更远离光电有源区。

按照本发明的第二方面，提供形成光电器件的方法，包括：淀积阳极；在阳极上淀积光电有源材料区；在光电有源材料区上淀积功函数低于 3.5eV 的材料，形成第一阴极层；在第一阴极层上淀积功函数低于 3.5eV 的另一种材料，形成与第一阴极层组成不同的第二阴极层；以及第二阴极层上淀积功函数大于 3.5eV 的材料，形成第三阴极层。

第一层可与光电有源区相邻，或在第一层和光电有源区之间有一个或多个其它层（优选导电层）。光电有源区适合呈层状，优选为光电有源材料层。适当激活光电有源区以发射光或响应入射光产生电场。优选该器件是电致发光器件。

一般而言，第一层厚度范围是 10 埃-140 埃。第一层的适当厚度是小于 50 埃，任选小于 30 埃或小于 25 埃或小于 20 埃。第一层厚度亦可小于 15 埃。优选地，第一层厚度范围是 10 埃-20 埃，可能大约为 15 埃左右。第一层最好，但并非必须比第二层薄。

第二层的适当厚度小于 1000 埃，优选小于 500 埃。第二层的适当厚度大于 40 埃或 100 埃，任意地大于 150 埃或 200 埃。优选第二层厚度范围是 40 埃-500 埃。

构成第一层的、功函数低于 3.5eV 的所述材料（“第一低功函数材料”）的功函数优选高于构成第二层的、功函数低于 3.5eV 的所述材料（“第二低功函数材料”），或另一方面，其功函数要低一些。这里提及的材料功函数优选是器件中的其有效功函数，可能与其本体功函数不同。因此，优选第一低功函数材料在器件中具有低于 3.5eV 的有效功函数，和/或第二低功函数材料在器件中具有低于 3.5eV 的有效功函数。

优选第一和第二低功函数材料是族 1、族 2 或过渡金属的化合物或配合物。优选该材料是化合物—例如卤化物（例如氟化物）、氧化物、碳化物或氮化物。优选该材料是金属例如 Mg、Li、Cs 或 Y 的化合物。

第一和第二低功函数材料均可以是如下所列中选择出的金属：Li、Ba、Mg、Ca、Ce、Cs、Eu、Rb、K、Sm、Y、Na、Sr、Tb、或 Yb；或该类金属的两种或多种的合金；或该类金属的一种或多种与另一种类金属例如 Al、Zr、Si、Sb、Sn、Zn、Mn、Ti、Cu、Co、W、Pb、In 或 Ag 一起的合金。

优选第一和第二低功函数材料是不同材料。在一个优选实施例中，第一低功函数材料是钙而第二低功函数材料是氟化锂。在另一优选实施例中，第二低功函数材料是钙而第一低功函数材料是氟化锂。

第一低功函数材料适当地具有小于 3.4eV、或小于 3.3eV 或小于 3.2eV、或小于 3.2eV 或小于 3.1eV 或小于 3.0eV 的（有效）功函数。第二低功函数材料适当地具有小于 3.4eV、或小于 3.3eV 或小于 3.2eV、或小于 3.2eV 或小于 3.1eV 或小于 3.0eV 的（有效）功函数。

当第一低功函数材料与有源区材料接触时，优选第一低功函数材料不导致有源区材料的明显退化。第二低功函数材料可以是当第二低功函数材料与有源区材料接触时能导致有源区材料退化的材料。第一低功函数材料当与有源区材料接触时可形成介于有源区材料与第二层之间的中间态。

优选第三层材料的功函数大于 4.0eV。更高功函数的材料适当地是金属或氧化物。更高功函数材料和/或第三层本身优选具有大于 $10^5 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ 的导电率。更高功函数材料优选是 Al、Cu、Ag、Au 或 Pt；或这些金属的两种或多种的合金；或这些金属的一种或多种与另一金属一起的合金；或氧化物例如锡氧化物或铟-锡氧化物（ITO）。优选第三层厚度范围是 1000 埃-10000 埃，更优选范围 2000 埃-6000 埃，最佳在 4000 埃左右。

适当地，大于 50%、大于 80%、大于 90%或大于 95%的第一层由第一低功函数材料组成。优选第一层基本上全部包括第一低功函数材料。更优选第一层由第一低功函数材料与任何杂质一起构成。适当地，大于 50%、大于 80%、大于 90%或大于 95%的第二层由第二低功函数材料组

成。优选第二层基本上全部包括第二低功函数材料。更优选第二层由第二低功函数材料与任何杂质一起构成。适当地，大于 50%、大于 80%、大于 90%或大于 95%的第三层由更高功函数的材料组成。优选第三层基本上全部包括所述更高功函数的材料。更优选第三层由更高功函数的材料与任何杂质一起构成。

优选第二层与第一层相邻。优选第三层与第二层相邻。另一方面，阴极还可包括位于第一、第二和/或第三层之间的层。优选阴极是无机的，更优选是金属性的。

优选电极之一透光，更优选透明。优选但并非必须是阳极，阳极由锡氧化物 (TO)、铟-锡氧化物 (ITO) 或金形成。

光电有源区可以发光 (通过对其施加适当电场时) 或可以是光敏的 (响应入射光, 适当产生电场)。光电有源区适当地包括发光材料或光敏材料。该发光材料适当是有机材料, 优选是聚合物材料。优选发光材料是半导体和/或共轭聚合物材料。另一方面, 发光材料可以是其它类型, 例如升华小分子膜或无机发光材料。所述或每种有机发光材料可包括一种或多种单个有机材料、适当的聚合物, 优选完全或部分共轭聚合物。材料例子包括如下的一种或多种的任何组合: 聚对亚苯基亚乙烯基 ("PPV")、聚 (2-甲氧基-5 (2'-乙基) 己氧基亚苯基亚乙烯基) ("MEH-PPV")、PPV 衍生物的一种或多种 (例如二烷氧基或二烷基衍生物)、聚茈和/或含有聚茈链段的共聚物、PPV 和相关共聚物、聚 (2, 7-(9, 9-双正辛基茈) - (1, 4-亚苯基-((4-仲丁基苯基) 亚氨基) -1, 4-亚苯基)) ("TFB")、聚 (2, 7-(9, 9-双正辛基茈) - (1, 4-亚苯基-((4-甲基苯基) 亚氨基) -1, 4-亚苯基-((4-甲基苯基) 亚氨基) -1, 4-亚苯基)) ("PFM")、聚 (2, 7-(9, 9-双正辛基茈) - (1, 4-亚苯基-((4-甲氧基苯基) 亚氨基) -1, 4-亚苯基-((4-甲氧基苯基) 亚氨基) -1, 4-亚苯基)) ("PFMO")、聚 (2, 7-(9, 9-双正辛基茈) ("F8") 或聚 (2, 7-(9, 9-双正辛基茈) -3, 6-苯并噻二唑) ("F8BT")。替代性材料包括例如 Alq3 的小分子材料。

器件中可有一个或多个其它层。在有源区与电极的一个或另一个之间可有一个或多个电荷输运层 (优选由一种或多种有机材料形成)。每个电荷输运层可适当地包括一种或多种聚合物例如聚苯乙烯磺酸掺杂的聚

亚乙基二氧噻吩 (“PEDOT-PSS”)、聚(2, 7-(9, 9-双正辛基芴)-(1, 4-亚苯基-(4-亚氨基(苯甲酸)))-1, 4-亚苯基-(4-亚氨基(苯甲酸)))-1, 4-亚苯基)) (“BFA”)、聚苯胺和 PPV。

附图说明

参考附图，通过例子描述本发明，其中：

图 1 表示有机发光器件的典型横截面结构；

图 2 是发光器件的横截面；

图 3-4 表示与多个发光器件性能有关的数据；和

图 5 和 6 表示具有不同组成的阴极的一组器件的实验数据；

图 7 表示具有不同结构的阴极的一组器件的实验数据；

图 8 和 9 表示具有不同厚度的阴极层的器件的实验数据。

具体实施方式

图 2 中所示层的厚度未按比例。

图 2 的器件包括阳极 10 和阴极 11。位于电极层之间的是发光材料的有源层 12。PEDOT : PSS 的电荷输运层 13 位于阳极 10 与发光层 12 之间。在玻璃衬底 14 上形成所述器件。

金属阴极 11 包括三层。邻近发光层 12 是第一层 15，为钙。在这之上是第二层 16，为锂。在这之上是第三层 17，为铝。如下所述，已发现该结构使器件效率极大提高。

为形成图 2 的器件，形成阳极 10 的 ITO 透明层可首先淀积在玻璃片 14 上。玻璃片可以是厚度例如 1mm 的钠钙玻璃或硼硅酸盐玻璃片。适当的 ITO 涂层厚度约 100-150nm，ITO 适当地具有在 10-30Ω/□之间的薄层电阻。该种涂覆 ITO 的玻璃衬底有市售。至于玻璃的替代品，片 14 可由有机玻璃形成。至于 ITO 的替代品，金或 TO 可用作阳极。

在 ITO 阳极上淀积空穴输运层或注入层 13。空穴输运层由含有 PEDOT : PSS 的溶液形成，PEDOT 与 PSS 比例约 1 : 5.5。空穴输运层的适当厚度约 500 埃。空穴输运层通过溶液旋涂，然后氮气气氛下约 200℃下焙烧 1 小时。

然后，淀积电致发光层 12。该例子中，电致发光层由 5BTF8 中 20%TFB 形成。术语 5BTF8 表示掺有 5%聚-(2, 7-(9, 9-双正辛基芴)-3, 6-苯并噻二唑) (“F8BT”) 的聚(2, 7-(9, 9-双正辛基芴) (“F8”)。术语

TFB 指聚-(2, 7-(9, 9-双正辛基芴)-(1, 4-亚苯基-((4-仲丁基苯基)亚氨基)-1, 4-亚苯基))。通过旋涂法在空穴输运层上涂覆该混合物, 厚度一般约 750 埃。其它材料例如 PPV 可用于发光层。通过其它途径例如刮板或液面涂覆也能形成发光层, 并且如果需要, 能以前体形式淀积发光层。

然后, 淀积阴极。在小于 10^{-8} mbar 的基础压力下在真空中通过连续热蒸发步骤淀积阴极的三个不同层。优选连续步骤之间不中断真空, 以降低层之间的界面污染的可能性。替代热蒸发的一种方法是溅射, 但这至少要与发光层相邻地淀积层 15 会导致对发光层 12 的损害, 因而不优选。在第一热蒸发步骤中, 淀积层 15。层 15 是钙, 厚度约 5-25 埃, 优选约 15 埃。在第二热蒸发步骤中, 淀积层 16。层 16 是锂, 厚度约 100-500 埃。在第三热蒸发步骤中, 淀积层 17。层 17 是铝, 厚度约 4000 埃。

最后, 接触连附于层 10 与 17, 尽管铝层 16 某种程度上可起到密封剂的作用, 但对于环保来说, 优选器件在环氧树脂中密封。

使用中, 当阳极与阴极之间施加适当电压时, 激发发光层发光。这通过透明阳极和玻璃覆盖板传到观察者。

本申请人发现这种器件极大提高了效率。图 3-4 表示与图 2 类似器件(器件 E-H)和两个比较器件设计(器件 A-D 和器件 J-P)的性能数据。

器件的共同结构如下:

- 衬底: 玻璃
- 阳极: ITO
- 电荷输运层: 1 : 5.5 PEDOT : PSS; 厚度 500 埃
- 发光层: 4 : 1 5BTF8 : TFB; 厚度 750 埃

器件的阴极如下:

器件 A-D:

- 与发光层相邻的、厚度 500 埃的钙层; 以及
- 厚度 4000 埃的铝盖层

器件 E-H:

- 与发光层相邻的、厚度 500 埃的锂层; 然后

- 厚度 1000 埃的钙层； 和

- 厚度 4000 埃的铝盖层

器件 J-P:

- 与发光层相邻的、厚度 25 埃的锂层； 和

- 厚度 4000 埃的铝盖层

图 3 用 Lm/W 和 Cd/A 表示器件的峰值测量效率。图 4 表示在亮度 0.01、100 和 1000Cd/m^2 下的器件驱动电压。图 3 表明器件 E-H 的峰值效率远远大于其它器件。图 4 表明器件 E-H 的驱动电压没有明显提高，并且比器件 J-P 的驱动电压低许多。

图 5-9 表示其它类似器件的数据。图 5 表示器件的实验数据，该器件包括 ITO 阳极、80nm PEDOT:PSS 层、63nm 发蓝光材料层（手套箱（glovebox）中旋涂）和阴极，阴极由邻近发光层的、其成分由各个曲线图所示的第一层、第二 10nm Ca 层和最后 Al 层形成。图 6 表示器件的实验数据，该器件包括 ITO 阳极、80nm PEDOT:PSS 层、70nm 发绿光材料层（手套箱中 F8:TFB:F8BT 旋涂的）和阴极，阴极由邻近发光层的、其成分由各个曲线图所示的第一层、第二 10nm Ca 层和最后 Al 层形成。实验数据是：电致发光光谱、相对于电压的发光效率、相对于电压的电流密度、相对于电压的亮度和相对于时间的亮度。效率数据概括如下：

第一阴极层材料	蓝：最大 Lm/W	绿：最大 Lm/W
MgF_2	0.30	8.5
MgI_2	0.01	0.12
LiF	2.0	15
LiCl	0.18	10
LiBr	0.05	12
LiI	0.35	13
CsCl	0.60	0.9
CsBr	0.75	4.5
CsI	0.80	8.0
YF	1.25	14
CaAl	0.73	16

蓝光发射器的 EL 光谱只略微与所用的阴极材料相关，更高电流密度

的 EL 光谱显示典型的聚集特征。绿光光谱相对而言与所用的阴极材料无关。器件性能似乎主要取决于第一阴极层的金属组分。对于两种发光聚合物, Mg 基器件的性能最差, 具有相对低的效率和电流。Cs 基器件的性能在中间。而 LiF 得到最高性能的器件。其它 Li 卤化物, 对于发蓝光来说具有相对差的性能, 而对于发绿光来说, 效率变化。

图 7 表示具有 ITO 阳极、PEDOT:PSS 层、能发蓝光、绿光或红光(如各个图所示)的发光层和电极的类似器件的效率数据, 电极具有以下结构:

- (a) 与发光器相邻的 Ca 层和 Al 上层;
- (b) 与发光器相邻的 LiF 层(6nm 厚), 然后是 Ca 层(10nm 厚)和 Al 上层;
- (c) 与发光器相邻的 Ca 层(5nm 厚), 然后是 Li F 层(6nm 厚)和 Al 上层。

图 8 表示对于 Ca/LiF/Al 结构中具有 LiF 层厚度范围的相似蓝光、绿光和红光器件, 作为最大 L_m/W 曲线的效率数据。图 9 表示对于 LiF / Ca /Al 结构中具有 LiF 层厚度范围的器件, 作为最大 L_m/W 曲线的效率数据。

通过用相似的 Yb 或 Ba 层来替代该器件中的 Ca 层, 本申请人也能得到优良结果。其它材料例如 Sm、Y 和 Mg 产生类似效果。

大多数上述器件在其阴极中包括族 1 或族 2 的金属卤化物层例如 LiF 层。本申请人研究其它族 1 和 2 金属的化合物和配合物如 LiO, 发现效果优良。过渡金属卤化物、化合物和配合物例如 YF(参见上述)也可产生优良效果。族 1、族 2 或过渡金属的有机配合物也可实现优良效果。这些材料包括通过提供势垒效应(例如 LiO)或通过该情形下由于其低有效功函数而引起的另一效应而利用电势工作的材料。

认为当与发光层 12 相邻的阴极层 15 足够薄, 以致于叠加其上的阴极层 16 的性能可影响电荷由阴极注入到发光层时, 有机会选择层 15 和 16 的材料, 从而通过其性能结合来提高器件的性能。认为该改进的机理可能包括: (a) 通过层 15 防止在器件的有机层(例如层 15)与层 16 的材料之间的有害相互作用, 而至少保留层 16 的材料的某些注入性能; 和 (b)

通过层 15 (例如用有机层如层 15) 形成中间态, 有助于电子从层 16 的注入。层 15 应足够薄, 使得所述效应发生, 但也应足够厚, 以便可重复而均匀淀积 (没有过多缺陷)。为利用可能的机理 (a), 层 16 可由比层 15 反应性更强的材料形成, 但功函数更低。也应注意到, 当适当材料 (例如 LiF) 层与发光层略微隔开时, 正如图 7 和 8 的 Ca/LiF/Al 器件中, 也能得到高度优良的性能。通常, 可能机理包括表面感应偶极子、改进的功函数、化学稳定化合物的电荷转移结构、以及形成掺杂注入层的阴极化合物层的离解。

应注意到, 在实验评估上述类型的器件中, 阴极的上层 (例如 Al) 提供重要保护效果。替代 Al, 其它适当材料包括 Ag 或 ITO, 具有能提供透明层的优点, 从而整个阴极透明或至少半透明。这对于器件用于通过阴极发光时是有利的。

上述类型的器件可形成多像素显示器件的像素。

可在本发明范围内以多种方式改变上述器件。例如, 盖层 17 省略; 各层由不同材料形成; 在阴极或器件的其它处可存在附加层; 或在发光层与电极之一或两个之间提供一个或多个附加电荷输运层, 在各个电极和发光层之间促使电荷输运和/或阻挡电荷反方向的输运。发光材料可以是升华分子膜的类型, 如 C. W. Tang 和 S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 51, 913-915 (1987) 的“有机电致发光二极管”中所述。电极的位置可以颠倒, 从而阴极位于显示器的前部 (离观察者最近), 而阳极位于背部。

同一原理可应用于检测器件而非发光的器件。通过利用响应光而能产生电场的材料来替代 (如果需要) 发光材料, 如上所述改进电极的性能增强可用于提高检测电压和/或效率。

本申请人注意到如下事实, 本发明可包括这里隐含或明确公开的任何发明特征或特征组合或其引伸, 而不限定于本发明任一权利要求的范围。鉴于上述, 本领域技术人员显然可进行各种变形, 而仍处于本发明范围。

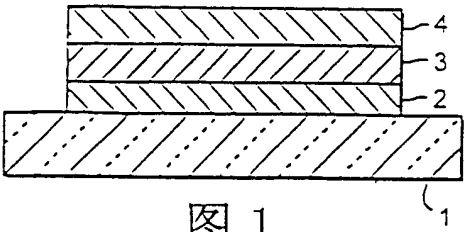


图 1

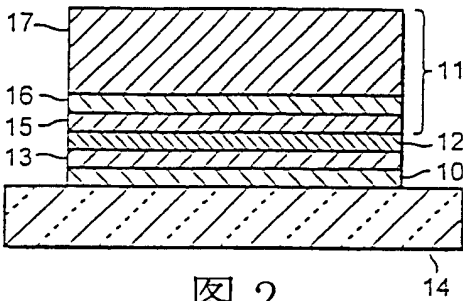


图 2

具有 Li/Ca/Al 的不同阴极层结构
PEDOT=Ba/PEDT/6:Sp/PSS/1 (1:5.5 PEDT:PSS) 500Å
发光体 =R/5BTF8/1:R/TFB/1 (4:1) 750Å

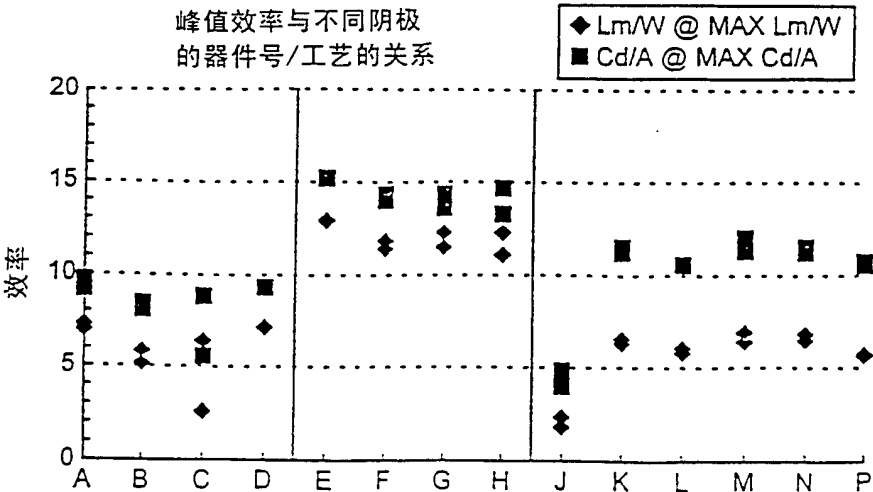


图 3

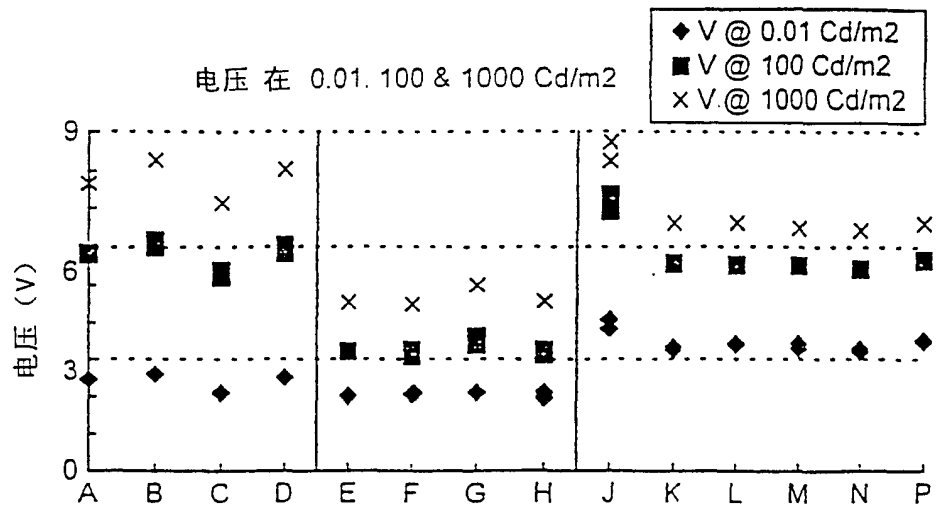
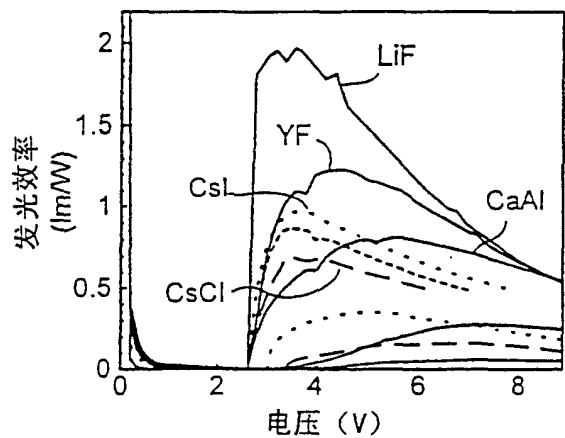


图 4

蓝光器件



23691-23719: EL 光谱
- xx/Ca/Al 阴极

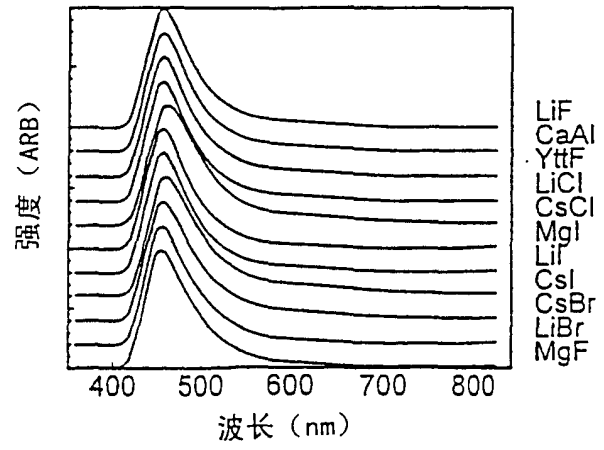


图 5

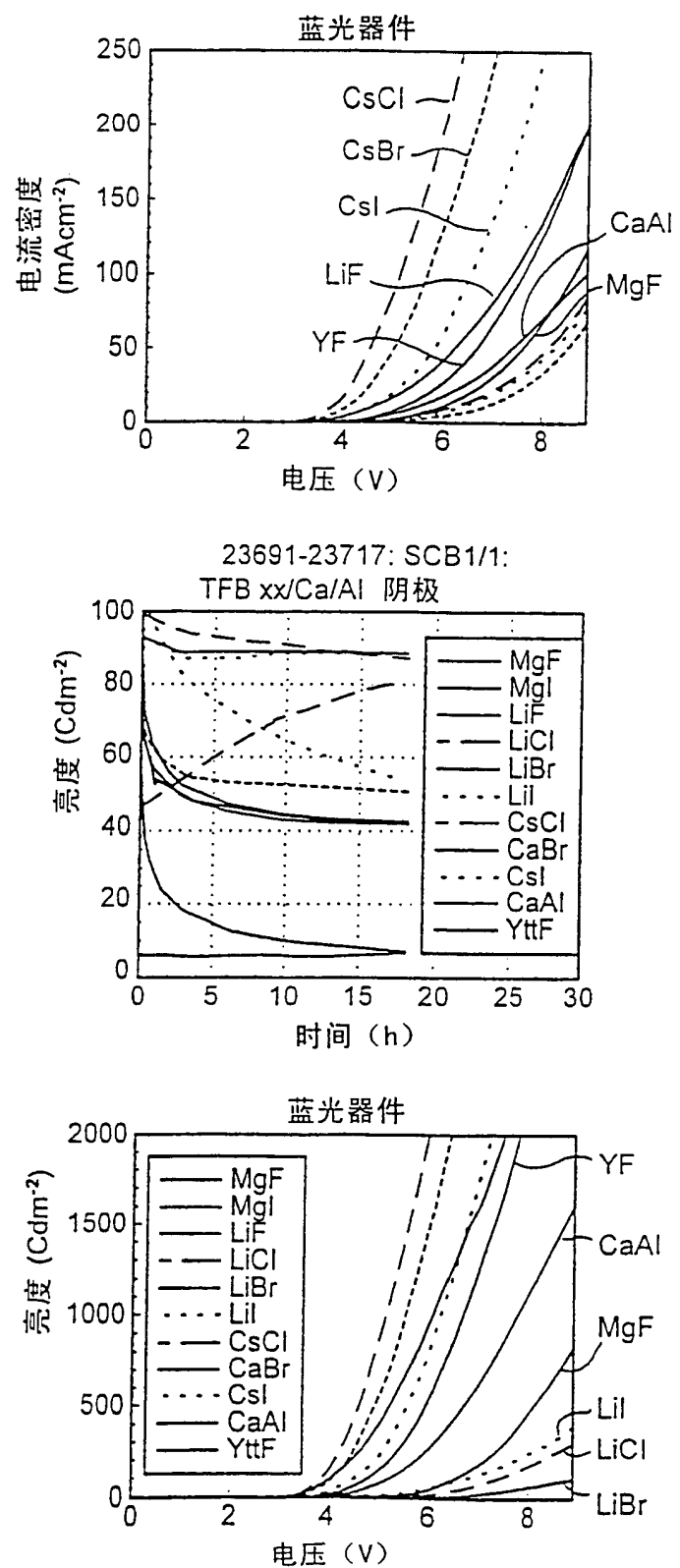


图 5 续

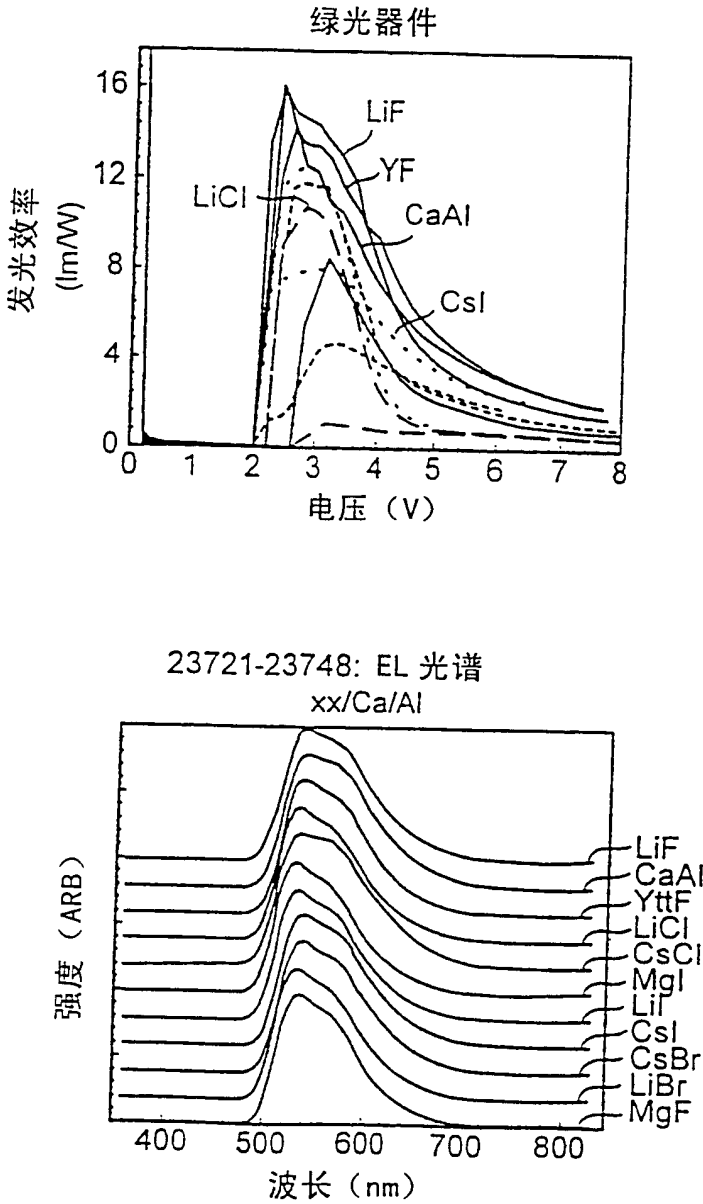


图 6

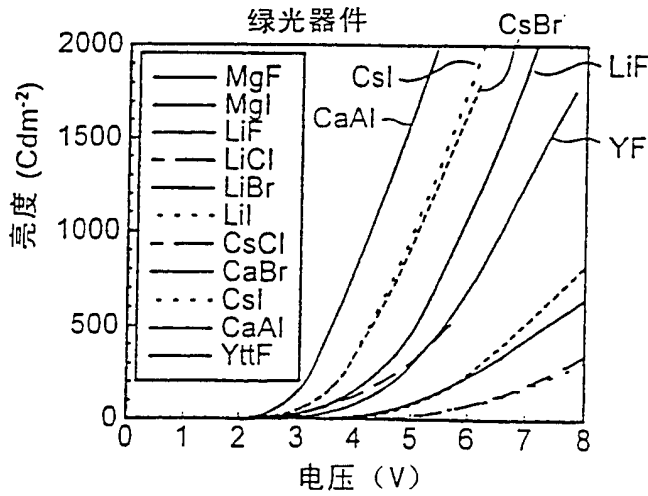
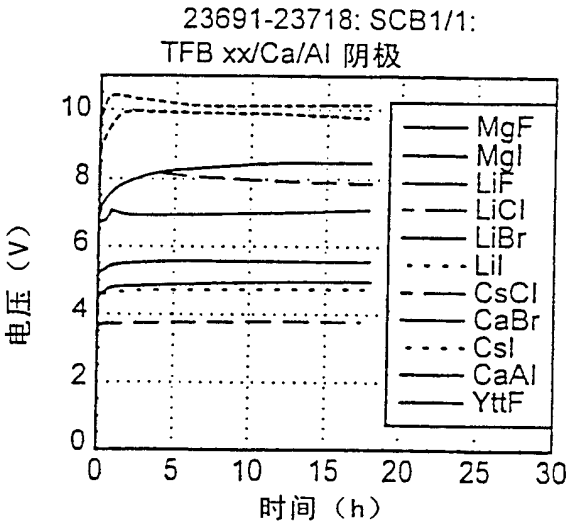
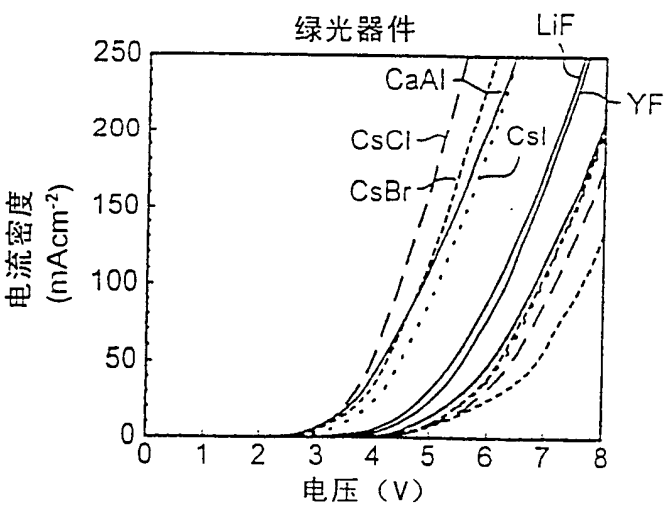


图 6 续

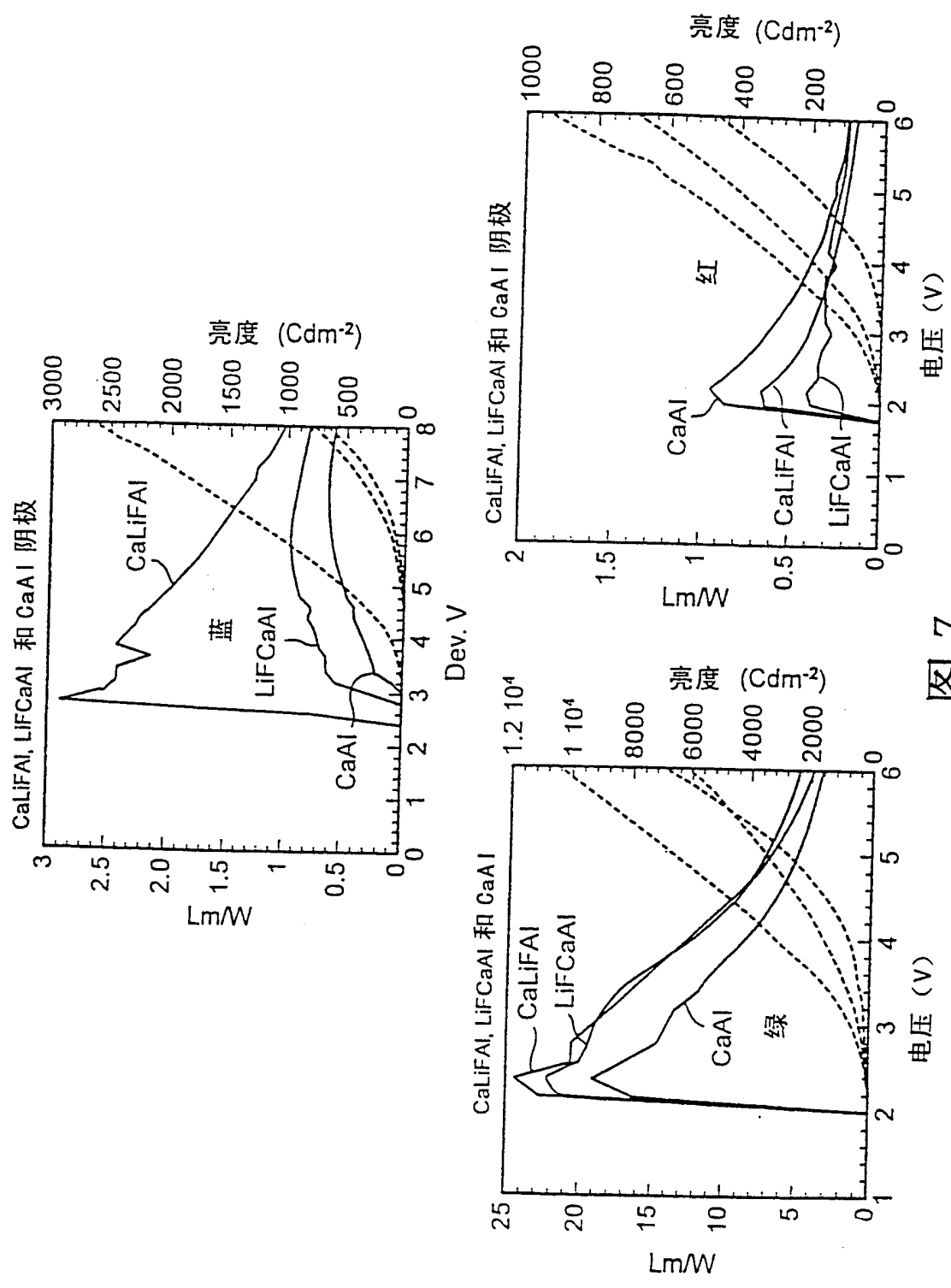


图 7

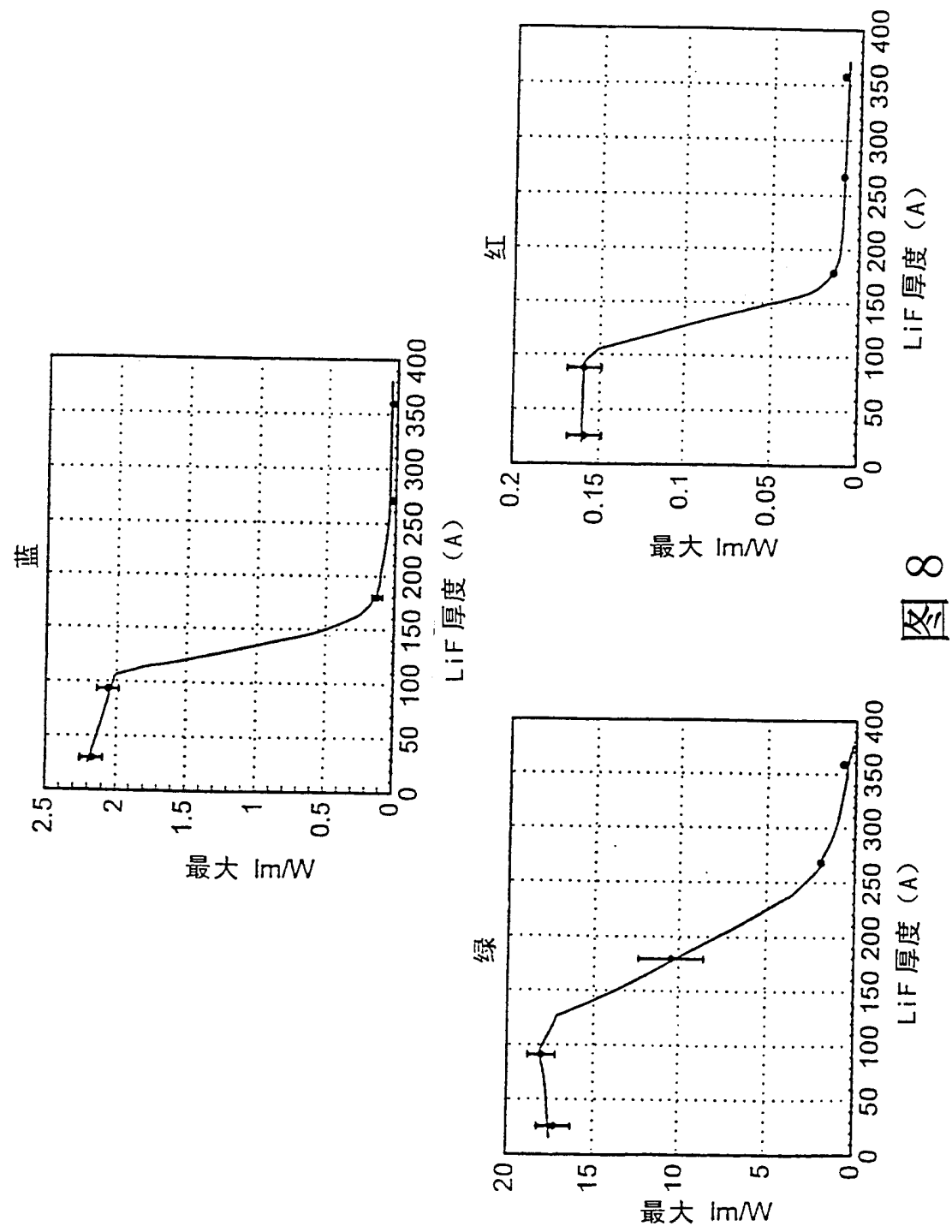


图 8

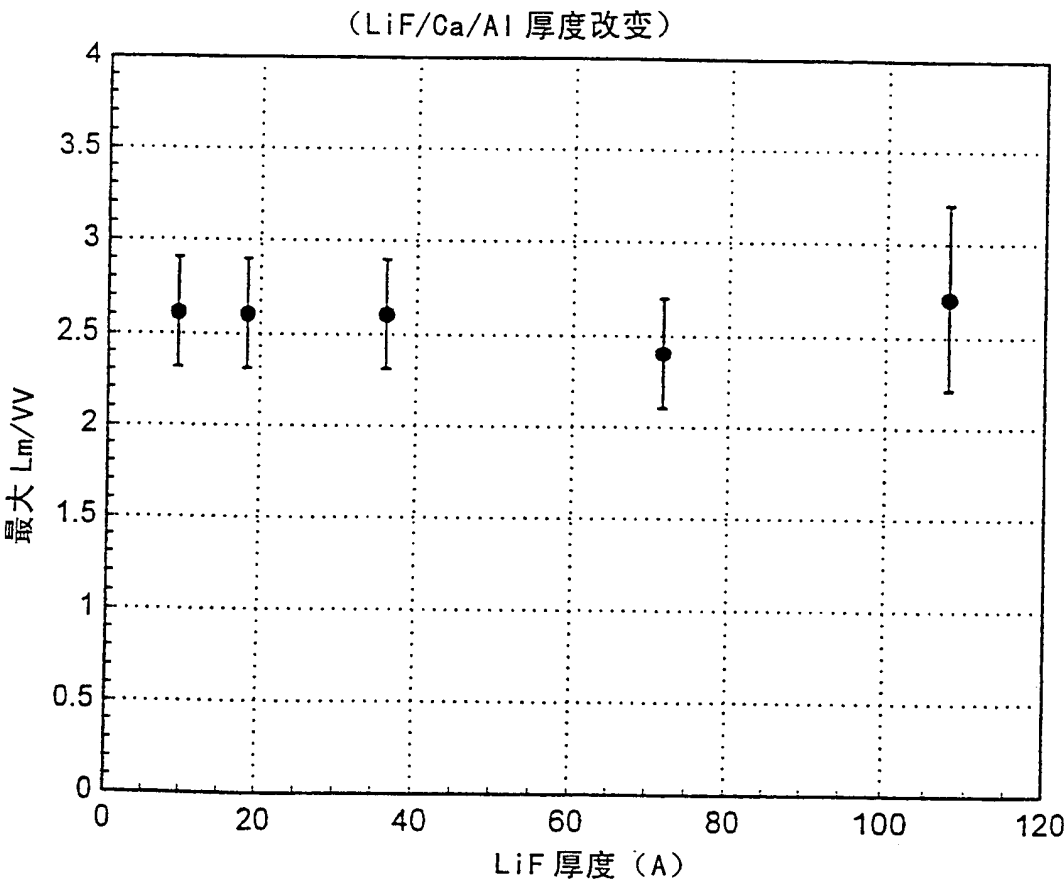


图 9