



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580028790.3

[43] 公开日 2007年11月7日

[11] 公开号 CN 101069298A

[22] 申请日 2005.8.26
 [21] 申请号 200580028790.3
 [30] 优先权
 [32] 2004. 8. 30 [33] JP [31] 250600/2004
 [86] 国际申请 PCT/JP2005/015525 2005. 8. 26
 [87] 国际公布 WO2006/025274 日 2006. 3. 9
 [85] 进入国家阶段日期 2007. 2. 26
 [71] 申请人 国立大学法人京都大学
 地址 日本国京都府
 共同申请人 日本先锋公司
 株式会社日立制作所
 罗姆股份有限公司
 [72] 发明人 小山田崇人 内生藏广幸
 安达千波矢

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
 代理人 李贵亮

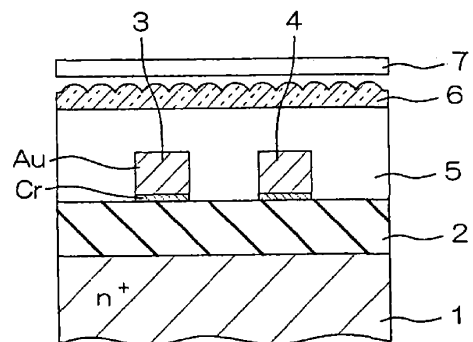
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 15 页

[54] 发明名称

有机半导体发光装置以及使用了该发光装置的显示装置

[57] 摘要

本发明提供一种具有场效应型晶体管的形式有机半导体发光装置、以及利用了该发光装置的显示装置。该有机半导体装置包括：有机半导体发光层，其可输送空穴和电子，通过空穴和电子的再结合而产生发光；空穴注入电极，其向该有机半导体发光层注入空穴；电子注入电极，其向有机半导体发光层注入电子；和栅电极，其与这些电极之间的有机半导体发光层对置。通过对栅电极赋予控制电压，控制有机半导体发光层内的载流子的分布，可进行发光的接通/断开、或调制发光强度。



1. 一种有机半导体发光装置，包括：
有机半导体发光层，其可输送空穴和电子，通过空穴和电子的再结合而产生发光；
空穴注入电极，其向该有机半导体发光层注入空穴；
电子注入电极，其配置为相对于该空穴注入电极保持规定间隔，向所述有机半导体发光层注入电子；和
栅电极，其与所述空穴注入电极和所述电子注入电极之间的所述有机半导体发光层对置，控制所述有机半导体发光层内的载流子的分布。
2. 根据权利要求1所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层包括作为空穴输送材料的P型有机半导体材料、和作为电子输送材料的N型有机半导体材料。
3. 根据权利要求2所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层由P型有机半导体材料以及N型有机半导体材料的混合物构成。
4. 根据权利要求3所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层通过P型有机半导体材料以及N型有机半导体材料的共同蒸镀而制作。
5. 根据权利要求3所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层还包括形成发光中心的发光材料。
6. 根据权利要求5所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层通过P型有机半导体材料、N型有机半导体材料以及发光材料的共同蒸镀而制作。
7. 根据权利要求5或6所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述发光材料是HOMO能级与LUMO能级之差比所述P型半导体材料和N型有机半导体材料中至少任意一方小的材料。
8. 根据权利要求2所述的有机半导体发光装置，其特征在于，
所述有机半导体发光层具有层叠构造，所述层叠构造层叠了由P型有

机半导体材料构成的P型有机半导体层、和由N型有机半导体材料构成的N型有机半导体层。

9. 根据权利要求2~8中任意一项所述的有机半导体发光装置，其特征在于，

所述P型有机半导体材料包括噻吩和亚苯基的共聚低聚物。

10. 根据权利要求2~9中任意一项所述的有机半导体发光装置，其特征在于，所述N型有机半导体材料包括萘酸酐。

11. 一种有机半导体发光装置，包括：

有机半导体发光层，其可注入空穴和电子中至少任意一方，通过空穴和电子的再结合而产生发光；

空穴注入电极，其向该有机半导体发光层注入空穴；

电子注入电极，其配置为相对于该空穴注入电极保持 $1.0\mu\text{m}$ 以下的间隔，向所述有机半导体发光层注入电子；和

栅电极，其与所述空穴注入电极和所述电子注入电极之间的所述有机半导体发光层对置，控制所述有机半导体发光层内的载流子的分布。

12. 根据权利要求11所述的有机半导体发光装置，其特征在于，所述有机半导体发光层还包括形成发光中心的发光材料。

13. 根据权利要求11或12所述的有机半导体发光装置，其特征在于，所述有机半导体发光层包括噻吩和亚苯基的共聚低聚物。

14. 根据权利要求1~13中任意一项所述的有机半导体发光装置，其特征在于，

所述空穴注入电极和所述电子注入电极分别具有按照保持间隔并相互啮合的方式而配置的梳齿形状部。

15. 一种显示装置，其将权利要求1~14中任意一项所述的有机半导体发光装置在基板上排列多个而构成。

有机半导体发光装置以及使用了该发光装置的显示装置

技术领域

本发明涉及具备有机半导体发光层的有机半导体发光装置以及使用了该发光装置的显示装置。

背景技术

作为有机半导体装置的典型例的有机场致发光元件，是利用了有机半导体层中的电子和空穴的再结合所伴随的发光现象的发光元件。具体而言，有机场致发光元件具备：有机半导体发光元件、向该有机半导体发光层注入电子的电子注入电极、和向所述有机半导体发光层注入空穴的空穴注入电极（专利文献1）。

这样的有机场致发光元件中的发光的接通/断开，通过施加到空穴注入电极与电子注入电极之间的电压的接通/断开而进行。而且，发光强度的调制通过对施加到空穴注入电极与电子注入电极之间的电压进行可变控制而实现。

专利文献1：特开平5-315078号公报

但是，若考虑对多个发光像素进行二维排列（矩阵排列）来制作二维显示器件的情况，则在如上所述的现有有机场致发光元件中驱动困难，优选采用场效应型晶体管的方式。

可是，在采用了有机半导体的场效应型晶体管中，还未发现发光成功的实例的报告，场效应型晶体管方式的有机半导体发光装置尚未实现。

发明内容

因此，本发明的目的在于，提供一种具有场效应型晶体管的形式有机半导体发光装置、以及利用了该发光装置的显示装置。

本发明的一个方案所涉及的有机半导体发光装置包括：有机半导体发

光层，其可输送空穴和电子，通过空穴和电子的再结合而产生发光；空穴注入电极，其向该有机半导体发光层注入空穴；电子注入电极，其配置为相对于该空穴注入电极保持规定间隔，向所述有机半导体发光层注入电子；和栅电极，其与所述空穴注入电极和所述电子注入电极之间的所述有机半导体发光层对置，控制所述有机半导体发光层内的载流子的分布。

根据该结构，通过使用可输送空穴和电子的双极性有机半导体发光层，从而在该有机半导体发光层内，发生从空穴注入电极注入的空穴与从电子注入电极注入的电子的再结合，由此可产生发光。并且，按照与空穴注入电极和电子注入电极之间的有机半导体发光层对置的方式配置栅电极，由此，该有机半导体发光装置具有作为场效应型晶体管的基本形式。因此，通过对栅电极赋予控制电压，控制有机半导体发光层内的载流子的分布，从而可进行发光的接通/断开、或调制发光强度。

所述有机半导体发光层可包括作为空穴输送材料的P型有机半导体材料、和作为电子输送材料的N型有机半导体材料。在该结构中，由于有机半导体发光层包括P型有机半导体材料和N型有机半导体材料，因此可良好地输送空穴和电子双方。由此，可有效地引起有机半导体发光层内的空穴和电子的再结合。

而且，所述有机半导体发光层也可由P型有机半导体材料以及N型有机半导体材料的混合物构成。根据该结构，由P型有机半导体材料以及N型有机半导体材料的混合物形成有机半导体发光层，因此可有效地产生该有机半导体发光层内的空穴和电子的再结合。在该情况下，通过适当设定P型有机半导体材料与N型有机半导体材料的混合比，可调整分别从空穴注入电极和电子注入电极注入的空穴以及电子的注入量的平衡。由此，能更有效地发光。

所述有机半导体发光层可通过P型有机半导体材料以及N型有机半导体材料的共同蒸镀而制作。

并且，优选所述有机半导体发光层还包括形成发光中心的发光材料。由此，能更有效地发光。发光材料在该情况下为有机物，是指不具有电子、空穴输送功能的材料。

在该情况下，优选所述有机半导体发光层通过P型有机半导体材料、

N型有机半导体材料以及发光材料的共同蒸镀而制作。

优选所述发光材料是 HOMO (highest occupied molecular orbital) 能级与 LUMO (lowest unoccupied molecular orbital) 能级之差比所述 P 型有机半导体材料和 N 型有机半导体材料中的至少任意一方小的材料。

所述有机半导体发光层可具有层叠构造, 所述层叠构造层叠了由 P 型有机半导体材料构成的 P 型有机半导体层、和由 N 型有机半导体材料构成的 N 型有机半导体层。在该结构中, 由层叠了 P 型有机半导体层和 N 型有机半导体层的层叠构造来构成可输送空穴和电子双方的有机半导体发光层。根据该构造, 也可在层叠构造的有机半导体发光层内产生空穴与电子的再结合, 从而可实现具有作为场效应型晶体管的基本形式的有机半导体发光装置。

优选所述 P 型有机半导体材料包括噻吩和亚苯基的共聚低聚物。噻吩和亚苯基的共聚低聚物是指噻吩环与苯环一维连接的 π 电子共轭系材料。作为该 (噻吩/亚苯基) 共聚低聚物的例子, 可举出 TPTPT (2,5-bis(4-(2'thiophene-yl)phenyl)thiophene)。

而且, 优选所述 N 型有机半导体材料包括萘酸酐。作为萘酸酐化合物的例子, 可枚举 NTCDA (萘四羧酸二酐)。

作为所述 P 型有机半导体材料, 除 (噻吩/亚苯基) 共聚低聚物以外, 还可应用并苯衍生物、茈衍生物、二萘嵌苯衍生物、和茈衍生物, 此外, 还可使用在这些构造中包含茈的材料。当然优选发光量子产额高的材料。

并且, 作为所述 N 型有机半导体材料, 除萘酸酐以外, 还可使用二萘嵌苯衍生物、富勒烯 (フラーレン) 衍生物等。此外, 使上述 P 型材料氟化后的材料也是有用的。

本发明的另一方案所涉及的有机半导体发光装置包括: 有机半导体发光层, 其可注入空穴和电子中的至少任意一方, 通过空穴和电子的再结合而产生发光; 空穴注入电极, 其向该有机半导体发光层注入空穴; 电子注入电极, 其配置为相对于该空穴注入电极保持 $1.0\mu\text{m}$ 以下的间隔, 向所述有机半导体发光层注入电子; 和栅电极, 其与所述空穴注入电极和所述电子注入电极之间的所述有机半导体发光层对置, 控制所述有机半导体发光层内的载流子的分布。

根据该结构,可实现将能够输送空穴或电子任意一方的有机半导体发光层用作活性层的、具有作为场效应型晶体管形式的有机半导体发光装置。在本发明中,使空穴注入电极与电子注入电极之间的间隔为 $1.0\mu\text{m}$ 以下的间隔。即,沟道长被确定在 $1.0\mu\text{m}$ 的微小距离。

根据这样的结构,若对栅电极赋予适当的电压,则在有机半导体发光层的栅电极侧表面感应的载流子的夹断点会位于非常靠近空穴注入电极和电子注入电极中任意一方的位置。并且,在该夹断点与电极之间形成强电场,超过电极与有机半导体发光层之间的电位势垒,载流子会产生移动。

由此,在夹断点附近发生空穴和电子的再结合,可观测到由此引起的发光。这样,即使是只能输送空穴或电子任意一方的有机半导体发光层,也可通过设定微小的沟道长来实现有效的发光。

所述有机半导体发光层还可包括形成发光中心的发光材料。根据该结构,通过在有机半导体发光层内形成发光中心,可实现更有效的发光。

所述有机半导体发光层可包括噻吩和亚苯基的共聚低聚物。

所述空穴注入电极和所述电子注入电极可分别具有按照保持间隔并相互啮合的方式而配置的梳齿形状部,根据该结构,由于空穴注入电极与电子注入电极具有保持间隔(微小间隔)并相互啮合的梳齿形状部,因此可加长空穴注入电极与电子注入电极的对置部的全长。换言之,可加宽沟道宽度。由此,由于可有效地产生空穴与电子的再结合,因此可实现低电压驱动,而且可实现高的发光效率。并且,若预先使梳齿部分形成为较宽的宽度,从而以面发光状态对其进行视觉辨认,则可实现实质上的面发光光源。

通过将如上所述的有机半导体装置在基板上进行一维或二维排列,可构成一维或二维的显示装置(由有机半导体发光装置构成各图像)。

本发明上述的或其他目的、特征及效果,通过参照附图可更加明确在下面进行描述的实施方式的说明。

附图说明

图1是用于说明本发明第一实施方式的有机半导体发光装置的构造的图解剖视图;

图 2 是用于说明源电极和漏电极的结构图解俯视图；

图 3 (A) ~ 图 3 (D) 是表示有机半导体发光装置 (含有 TPTPT60 摩尔%) 的特性的图；

图 4 (A) ~ 图 4 (D) 是表示有机半导体发光装置 (含有 TPTPT50 摩尔%) 的特性的图；

图 5 (A) ~ 图 5 (D) 是表示有机半导体发光装置 (含有 TPTPT40 摩尔%) 的特性的图；

图 6 (A) ~ 图 6 (D) 是表示有机半导体发光装置 (含有 TPTPT33 摩尔%) 的特性的图；

图 7 (A) ~ 图 7 (D) 是表示在 P 型驱动时针对漏极电流的量子效率的测定结果的图, 图 7 (A) 表示 TPTPT 的含有量为 60 摩尔%时的特性, 图 7 (B) 表示 TPTPT 的含有量为 50 摩尔%时的特性, 图 7 (C) 表示 TPTPT 的含有量为 40 摩尔%时的特性, 图 7 (D) 表示 TPTPT 的含有量为 33 摩尔%时的特性；

图 8 (A) ~ 图 8 (D) 是表示在 N 型驱动时针对漏极电流的量子效率的测定结果的图, 图 8 (A) 表示 TPTPT 的含有量为 60 摩尔%时的特性, 图 8 (B) 表示 TPTPT 的含有量为 50 摩尔%时的特性, 图 8 (C) 表示 TPTPT 的含有量为 40 摩尔%时的特性, 图 8 (D) 表示 TPTPT 的含有量为 33 摩尔%时的特性；

图 9 是表示量子效率相对于 TPTPT 含有量的变动的图；

图 10 是用于说明本发明第二实施方式的有机半导体发光装置的结构图解剖视图；

图 11 是用于说明本发明第三实施方式的有机半导体发光装置的结构图解剖视图；

图 12 (A) 是表示图 11 的有机半导体发光装置 (沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$) 中的漏极电流相对于漏极电压的变动的特性图, 图 12 (B) 表示沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 的有机半导体发光装置的同样的特性；

图 13 (A) 表示沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 时的亮度相对于漏极电压的特性, 图 13 (B) 表示沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 时的亮度相对于漏极电压的特性；

图 14 (A) 是表示沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 时的量子效率相对于漏极电压的

特性图，图 14 (B) 是表示沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 时的同样的特性图；

图 15 (A) ~ 图 15 (C) 是用于说明有机半导体发光层中的发光的机理的图解图；

图 16 是用于说明有机半导体发光层中的发光的其它机理的图解图；

图 17 是用于说明本发明第四实施方式的有机半导体发光装置的结构图解剖视图；

图 18 是在基板上二维排列有机半导体发光装置而构成的显示装置的电路图。

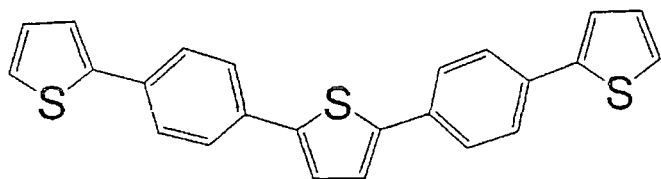
具体实施方式

图 1 是用于说明本发明第一实施方式的有机半导体发光装置的构造的图解剖视图。该有机半导体发光装置是具有作为 FET (场效应型晶体管) 的基本构造的元件。该有机半导体装置具备：由高浓度地导入了杂质的 N^+ 硅基板构成的栅电极 1；层叠在该栅电极 1 上作为绝缘膜的氧化硅膜 2 (例如膜厚 300nm)；在该氧化硅膜 2 上保持间隔而形成的一对电极 3、4；和覆盖这一对电极 3、4 并进入到它们之间而形成的有机半导体发光层 5。栅电极 1 也可由在硅基板表层部形成的杂质扩散层所构成的导电层来构成。

按照与有机半导体发光层 5 对置的方式，配置有用于提高光取出效率的由塑料透镜等构成的透镜 6，并且，按照覆盖该透镜 6 的方式配置有用于提高视觉辨认性的偏振板 7。

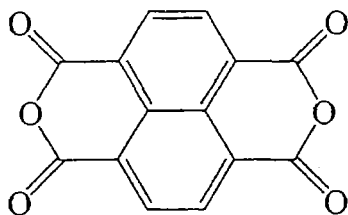
有机半导体发光层 5 由通过下述化学式 (1) 表示的 P 型有机半导体材料，即 TPTPT、和通过下述化学式 (2) 表示的 N 型有机半导体材料，即 NTCDA 的混合物构成。TPTPT 是载流子移动度为 $5.1 \times 10^{-3} \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、HOMO 能级为 5.0eV、LUMO 能级为 1.3eV 的空穴输送性材料。而且，NTCDA 是载流子移动度为 $3.4 \times 10^{-4} \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、HOMO 能级小于 6.8eV、LUMO 能级约为 3.6eV 的电子输送性材料。

[化学式 1]



..... (1)

[化学式 2]



..... (2)

具体而言,有机半导体发光层 5 通过将 TPTPT 和 NTCDA 共同蒸镀而形成,其膜厚例如为 70nm。对有机半导体发光层 5,还优选掺杂 HOMO-LUMO 能级差比 TPTPT 或 NTCDA 小的发光材料(形成发光中心的材料)。该情况下,可共同蒸镀 TPTPT、NTCDA 以及发光材料来形成有机半导体发光层 5。作为发光材料,优选 Rubrene、DCM、芴化合物、含芪的化合物、并苯(アセン)衍生物等发光量子产额在 90% 以上的材料。而且,作为磷光材料的 PtOEP 等铂配位化合物或铱配位化合物等金属配位化合物也是有用的。

一对电极 3、4 例如通过在氧化硅膜 2 侧配置薄的铬层(例如膜厚 1nm)作为密接层,并在该铬层上层叠金层(例如膜厚 30nm)而构成。这一对电极 3、4 按照沿着氧化硅膜 2 的表面(即沿着作为基板的栅电极 1 的表面)保持微小间隔(例如 1 μ m)而对置的方式形成。在这一对电极 3、4 之间的区域存在有机半导体发光层 5,栅电极 1 在隔着氧化硅膜 2 的状态下与该区域的有机半导体发光层 5 对置。

由于有机半导体发光层 5 由 P 型有机半导体材料以及 N 型有机半导体材料的混合物构成,因此,若向一对电极 3、4 之间施加电压,则在其内部空穴和电子双方会移动。并且,通过这些空穴和电子在有机半导体发光层 5 内再结合,从而产生发光。此时,通过有机半导体发光层 5 在电极 3、4 之间移动的载流子(空穴和电子)的量依赖于施加到栅电极 1 的电压。因此,通过对栅电极 1 施加阶梯式变化或连续变化的电压,可控制一对电

极 3、4（源、漏电极）之间的导通状态（接通/断开或电流量）。

由于有机半导体发光层 5 是可输送空穴和电子双方的双极性有机半导体层，因此该有机半导体装置可进行 P 型驱动和 N 型驱动中的任意一种方式的驱动。

例如，在进行 P 型驱动时，将一方电极 3 作为源电极，将另一方电极 4 作为漏电极，以源电极 3 为基准，对漏电极 4 施加负的电压。在该状态下，对栅电极 1 以源电极 3 为基准施加负的控制电压。由此，有机半导体发光层 5 内的空穴被吸引到栅电极 1 侧，变为氧化硅膜 2 的表面附近的空穴密度高的状态。若预先适当确定源电极 3 和漏电极 4 之间的电压，则根据赋予给栅电极 1 的控制电压的大小，可达到从源电极 3 向有机半导体发光层注入空穴、从漏电极 4 向有机半导体发光层 5 注入电子的状态。即，源电极 3 作为空穴注入电极而发挥功能，漏电极 4 作为电子注入电极发挥功能。由此，在有机半导体发光层 5 中，空穴和电子发生再结合，将观测到伴随于此的发光。该发光状态可通过改变赋予给栅电极 1 的控制电压来接通/断开或调制发光强度。

另一方面，在进行 N 型驱动时，将一方电极 3 作为源电极，将另一方电极 4 作为漏电极，以源电极 3 为基准对该漏电极 4 施加正的电压。而且，对栅电极 1 以源电极 3 为基准施加正的控制电压。由此，在有机半导体发光层 5 内，在其与氧化硅膜 2 的界面附近电子被感应。从而，能使源电极 3 和漏电极 4 之间导通。因此，若预先对源电极 3 和漏电极 4 之间施加适当的电压，则从源电极 3 向有机半导体发光层注入电子，并且从漏电极 4 向有机半导体发光层 5 注入空穴。即，源电极 3 作为电子注入电极发挥功能，漏电极 4 作为空穴注入电极发挥功能。而且，被注入的空穴和电子在有机半导体发光层 5 内再结合。由此产生发光。该发光状态可通过改变赋予给栅电极 1 的控制电压来接通/断开或调制发光强度。

如图 2 的俯视图所示，源电极 3 和漏电极 4 分别具有主体部 3A 和 4A、以及从该主体部 3A 和 4A 相互平行地突出的多根（在图 2 的例子中各 10 根。共计 20 根）梳齿部 3B、4B。并且，梳齿部 3B、4B 相互保持微小的间隔（例如 $1\mu\text{m}$ ）以啮合的方式配置在氧化硅膜 2 上。由于源电极 3 的各梳齿部 3B 在其两侧与漏电极 4 的梳齿部 4B 对置，因此源电极 3 和漏电极

4 的实际对置部的全长变长，由此，向有机半导体发光层 5 注入电子和注入空穴的各效率提高，能够以低电压驱动。源电极 3 和漏电极 4 的对置部的全长成为沟道宽度，优选例如在 4mm 左右。

各梳齿部 3B、4B 形成为微小宽度（例如在 $1\mu\text{m}$ 以下），栅电极 1 对置于梳齿部 3B、4B 重合的整个矩形区域 8，因此，在发光时该矩形区域 8 被视为面发光光源。

图 3 (A) ~ 3 (D)、图 4 (A) ~ 4 (D)、图 5 (A) ~ 5 (D) 以及图 6 (A) ~ 6 (D) 是表示所述有机半导体发光装置的特性的图。图 3 (A) ~ 3 (D) 是使 TPTPT 与 NTCDA 的混合比为 3 比 2（即，TPTPT 的含有量为 60 摩尔%）时的特性图，图 4 (A) ~ 4 (D) 是表示使该混合比为 1 比 1（即，TPTPT 的含有量为 50 摩尔%）时的特性图，图 5 (A) ~ 5 (D) 是表示使该混合比为 2 比 3（即，TPTPT 的含有量为 40 摩尔%）时的特性图，图 6 (A) ~ 6 (D) 是表示使该混合比为 1 比 2（即，TPTPT 的含有量为 33 摩尔%）时的特性图。各图的 (A) 表示进行 P 型驱动时相对于漏极电压 (Drain Voltage: 施加到漏电极 4 的电压) 的漏极电流 (Drain Current: 在电极 3、4 之间流动的电流)。而且，各图的 (B) 表示进行 N 型驱动时漏极电流相对于漏极电压的变化。并且，各图的 (C) 表示进行 P 型驱动时亮度 (Luminance) 相对于漏极电压的变化。此外，各图的 (D) 表示进行 N 型驱动时亮度相对于漏极电压的变化。在各特性图中，针对 P 型驱动的情况表示了使栅电压 V_g （施加到栅电极 1 的电压）为 0V、-20V、-40V、-60V、-80V、-100V 时的特性，针对 N 型驱动表示了使栅电压 V_g 为 0V、20V、40V、60V、80V、100V 时的特性。

例如，当关注图 3 (A) 中栅电压 $V_g = -100\text{V}$ 的情况时，漏极电流相对于漏极电压的特性曲线具有：随着漏极电压的增加（绝对值增加）而漏极电流单调增加（绝对值单调增加）的线性区域 RA；与该线性区域 RA 相接的、漏极电流饱和的饱和区域 RB；和与该饱和区域 RB 相接、随着漏极电压的增加而漏极电流增加并发散的发散区域 RC。

在线性区域 RA、饱和区域 RB 和发散区域 RC 中，发生从源电极 3 向有机半导体发光层 5 的空穴的注入。在饱和区域 RB 和发散区域 RC 中，发生从漏电极 4 向有机半导体发光层 5 的有助于发光的电子的注入，在该

区域，发生有机半导体发光层 5 内的空穴和电子的再结合、以及伴随于此的发光。

当关注图 4 (B) 中栅电压 $V_g=20V$ 的情况时，漏极电流相对于漏极电压的特性曲线具有：漏极电流饱和的饱和区域 RB；与该饱和区域 RB 相接、随着漏极电压的增加而漏极电流增加并发散的发散区域 RC。该情况下，由于是 N 型驱动，因此在饱和区域 RB 和发散区域 RC 中，发生从源电极 3 向有机半导体发光层 5 的电子的注入。当到达发散区域 RC 时，从漏电极 4 向有机半导体发光层 5 注入有助于发光的空穴，它们在有机半导体发光层 5 内再结合，并产生伴随于此的发光。

这样，能够产生来自作为场效应晶体管的活性层而发挥功能的有机半导体发光层 5 的发光。

图 7 (A) ~图 7 (D) 是表示在 P 型驱动时针对漏极电流的量子效率 (Quantum efficiency) 的测定结果的图，图 7 (A) 表示 TPTPT 的含有量为 60 摩尔%时的特性，图 7 (B) 表示 TPTPT 的含有量为 50 摩尔%时的特性，图 7 (C) 表示 TPTPT 的含有量为 40 摩尔%时的特性，图 7 (D) 表示 TPTPT 的含有量为 33 摩尔%时的特性。

在量子效率的变化相对于漏极电流的变化大时，通过漏极电流的控制而进行光量的控制变得复杂。相对于此，若量子效率的变动相对于漏极电流的变动少，则伴随漏极电流的增加能使发光光量增加，因此发光光量的控制变得简单。从该观点来看，可以说量子效率相对于漏极电流的变动少的特性是优选的特性。从图 7 (A) ~图 7 (D) 可知，通过使 TPTPT 的含有量在 50 摩尔%以下 (更优选在 40 摩尔%以下，进一步优选在 33 摩尔%以下)，可获得优选的量子效率相对于漏极电流的特性。

图 8 (A) ~图 8 (D) 表示在 N 型驱动时的同样的特性，图 8 (A) 表示 TPTPT 的含有量为 60 摩尔%时的特性，图 8 (B) 表示 TPTPT 的含有量为 50 摩尔%时的特性，图 8 (C) 表示 TPTPT 的含有量为 40 摩尔%时的特性，图 8 (D) 表示 TPTPT 的含有量为 33 摩尔%时的特性。

当进行与图 7 (A) ~图 7 (D) 的情况同样的考察时可知，在 N 型驱动的情况下，当 TPTPT 的含有量在 50 摩尔%以上 (更优选在 60 摩尔%以上) 时，可获得良好的量子效率相对于漏极电流的特性。

图 9 是表示量子效率相对于 TPTPT 含有量的变动的图。从该图可知，在 P 型驱动的情况下，通过增加 TPTPT 的含有量，可提高量子效率。相对于此，在 N 型驱动的情况下，量子效率在 TPTPT 的含有量为 70 摩尔%左右时达到饱和。另外，在图 9 中，针对 P 型驱动的情况表示了使漏极电压 V_d 为 -100V、使栅电压 $V_g = -100V$ 时的测定结果，针对 N 型驱动表示了使漏极电压 $V_d = 100V$ 、使栅电压 $V_g = 0V$ 时的特性。

图 10 是用于说明本发明第二实施方式的有机半导体发光装置的结构图解剖视图。在该图 10 中，对相当于上述图 1 所示的各部的部分标注与图 1 中相同的参照标记。

在该实施方式中，有机半导体发光层 5 由层叠构造膜构成，该层叠构造膜层叠有：由 TPTPT 构成的 P 型有机半导体层 5P、和由 NTCDA 构成的 N 型有机半导体层 5N。在图 10 中，P 型有机半导体层 5P 层叠在 N 型有机半导体层 5N 上，但这两层有机半导体层 5P、5N 的配置也可与图 10 的配置相反。源电极 3 和漏电极 4 保持规定的微小距离（例如 25nm）间隔而配置在有机半导体发光层 5 上。

在该实施方式中，通过层叠以单层表现晶体管特性的 P 型有机半导体材料所构成的 P 型有机半导体层 5P、和以单层表现晶体管特性的 N 型材料所构成的 N 型有机半导体层 5N，由此作为整体构成了可双极性驱动的有机半导体发光层 5。进行 P 型驱动时成为电子注入电极的漏电极 4 未与 N 型有机半导体层 5N 接触，但即使在该状态下，漏电极 4 也能穿过 P 型有机半导体层 5P，与 N 型有机半导体层 5N 之间进行载流子（电子）的授受。而且，进行 N 型驱动时成为电子注入电极的源电极 3 未与 N 型有机半导体层 5N 接触，但该源电极 3 能够穿过 P 型有机半导体层 5P，与 N 型有机半导体层 5N 之间进行载流子（电子）的授受。

为了进行载流子的授受，优选 P 型有机半导体层 5P 的厚度在 200nm 以下。本实施方式的 P 型有机半导体层 5P 的厚度为 100nm。

根据这样的结构，与所述第一实施方式的情况相同，通过进行 P 型驱动或 N 型驱动，在有机半导体层 5 内使空穴和电子再结合，可发生伴随于此的发光。

图 11 是用于说明本发明第三实施方式的有机半导体发光装置的结构

的图解剖视图。在该图 11 中，对与上述图 1 所示的各部对应的部分标注与图 1 中相同的参照标记。而且，在该实施方式的说明中再次参照上述的图 2。

在该实施方式中，对作为场效应型晶体管的活性层而发挥功能的有机半导体发光层 50 应用了作为 P 型半导体材料的 TPTPT，在该有机半导体发光层 50 中实质上未混入 N 型有机半导体材料。即，该实施方式的有机半导体发光层 50 由 P 型有机半导体材料的单层构成。

在该实施方式中，源电极 3 与漏电极 4 之间的距离即沟道长 L 在 $1\mu\text{m}$ 以下，更具体为 $0.8\mu\text{m}$ 。源电极 3 的梳齿部 3B 与漏电极 4 的梳齿部 4B 的对置部的全长，即沟道宽度例如为 1mm 。

图 12 (A) 是表示图 11 的有机半导体发光装置 (沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$) 中的漏极电流 (Drain current) 相对于漏极电压 (Drain voltage) 的变动的特性图，表示了使栅电压 V_g 为 0V 、 -20V 、 -40V 、 -60V 、 -80V 、 -100V 时的各特性。而且，图 12 (B) 表示了沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 的有机半导体发光装置的同样特性。当使沟道长 L 为 $9.8\mu\text{m}$ 时，如参照标记 S1 所示，在 P 型驱动的情况下表现典型的饱和特性。即，有机半导体层中仅流动空穴电流，不发生向该有机半导体层的电子的注入。

相对于此，当使沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 时如参照标记 S2 所示，表现出发散区域。这表示对有机半导体发光层 50 发生了来自漏电极 4 的电子的注入。即，在使沟道长 L 为 $1\mu\text{m}$ 以下 (具体为 $0.8\mu\text{m}$) 的本实施方式的结构中，对于本来只能输送空穴的 P 型有机半导体材料的单层所构成的有机半导体发光层 50，同时发生从源电极 3 注入空穴和从漏电极 4 注入电子，从而将发生伴随它们的再结合的发光。

图 13 (A) 表示了沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 时的亮度 (Luminance) 相对于漏极电压的特性，图 13 (B) 表示了沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 时的亮度相对于漏极电压的特性。根据这些比较可理解为，通过使沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 的本实施方式的结构，可获得沟道长为 $9.8\mu\text{m}$ 时的约 5 倍的亮度。

图 14 (A) 是表示设沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 的本实施方式的有机半导体发光装置中的量子效率 (Quantum efficiency) 相对于漏极电压的特性图，图 14 (B) 表示了沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 时的同样特性。根据这些比较可知，通过

使沟道长 $L=0.8\mu\text{m}$ 的本实施方式的结构，可获得沟道长 $L=9.8\mu\text{m}$ 时的约 10 倍的量子效率。

图 15 (A) ~ 图 15 (C) 是用于说明由 P 型有机半导体材料构成的有机半导体发光层 50 中的发光的机理的图解图。图 15 (A) 对应于使沟道长 L 为 $1\mu\text{m}$ 以下的情况，图 15 (B) 对应于使沟道长 L 为 $10\mu\text{m}$ 左右的情况。图 15 (C) 是与图 15 (A) 对应的带结构 (band structure) 图。

当对栅电极 1 施加了负电压 V_g 时，有机半导体发光层 50 中在氧化硅膜 2 的界面附近形成空穴的沟道 51，其夹断 (pinch off) 点 52 到达漏电极 4 的附近。

但是，如图 15 (B) 所示，当沟道长 L 长时，在夹断点 52 与漏电极 4 之间形成的电场强度不是足够高，漏电极 4 内的电子不能容易地穿过该漏电极 4 与有机半导体发光层 50 之间的电位势垒。

相对于此，如图 15 (A) 的情况所示，当沟道长 L 非常短时，在夹断点 52 与漏电极 4 之间形成高电场，能带较大程度地弯曲。由此，漏电极 4 内的电子穿过该漏电极 4 与有机半导体发光层 50 之间的电位势垒，注入到有机半导体层 5 内，与空穴再结合。

而且，根据图 15 (A) 与图 15 (B) 的比较可理解，通过缩短沟道长 L ，在从夹断点到漏电极之间产生高电场，由此，来自漏电极 4 的电子的注入效率提高，并且空穴与电子的再结合效率也提高。从而发光效率提高。

从漏电极 4 向有机半导体发光层 5 的电子注入的机理不过是推断，除了穿过如上所述的电位势垒的 FN (Fowler-Nordheim) 隧道效应之外，还要考虑因夹断点 52 与漏电极 4 之间产生的高电场所引起的 P 型有机半导体材料 (TPTPT) 的激发。

即，如图 16 所示，P 型有机半导体材料中的 HOMO 能级的电子通过高电场而激发到 LUMO 能级，其在有机半导体发光层 5 内与空穴再结合。并且，对于因激发到 LUMO 能级而变为空位的 HOMO 能级，从漏电极 4 注入电子进行补充。

优选对由 P 型半导体材料构成的有机半导体发光层 50 掺杂发光材料。由此可进一步提高发光效率。

所掺杂的发光材料优选是 HOMO 能级与 LUMO 能级的能级差比作为

P型有机半导体材料的 TPTPT 小的有机半导体材料。作为这样的发光材料，优选 Rubrene、DCM、芴化合物、含芴的化合物、并苯衍生物等发光量子产额在 90% 以上的材料。而且，作为磷光材料的 PtOEP 等铂配位化合物或铱配位化合物等金属配位化合物也是有用的。并且，通过选择化合物的取代基，扩展共轭系，可调整 HOMO 能级和 LUMO 能级。

发光材料向有机半导体发光层 50 的掺杂，例如可通过共同蒸镀 TPTPT 和发光材料来形成有机半导体发光层 50 而进行。

而且，为了提高空穴和电子向有机半导体发光层 50 的注入效率，可由 MgAu 合金层与 Au 层的层叠构造膜构成源电极 3 和漏电极 4。并且，也可分别由 MgAu 合金构成源电极 3 和漏电极 4 的整体。

图 17 是用于说明本发明第四实施方式的有机半导体发光装置的结构图解剖视图。在该图 17 中，对与上述图 1 所示的各部对应的部分标注与图 1 中相同的参照标记。

该实施方式的有机半导体发光装置结构如下：在作为透明基板的玻璃基板 11 上形成由透明导电膜构成的栅电极 1，在该栅电极 1 上隔着氧化硅膜 2 配置有源电极 3 和漏电极 4。并且，按照覆盖源电极 3 和漏电极 4、且在源电极 3 与漏电极 4 之间的区域隔着氧化硅膜 2 与栅电极 1 对置的方式，配置了有机半导体发光层 5。也可取代该有机半导体发光层 5，而配置上述图 11 所示的由 P 型有机半导体材料的单层构成的有机半导体发光层 50，但在该情况下，优选使源电极 3 与漏电极 4 之间的间隔，即沟道长 L 在 $1.0\mu\text{m}$ 以下。

在有机半导体发光层 5 的表面配置了用于防止该有机半导体发光层 5 吸湿的干燥剂层 12，此外，在该干燥剂层 12 上配置了玻璃基板 13 作为用于保持干燥剂层 12 的保持基板。在玻璃基板 11、13 之间配置有粘接层 15，用于使二者相互固定，并密封配置了有机半导体发光层 5 和干燥剂层 12 的空间，从而形成密闭空间 14。而且，在玻璃基板 11 中与有机半导体发光层 5 相反一侧的表面，即光取出侧表面 11A，配置有用于改善视觉辨认性的偏振板 16。

构成栅电极 1 的透明导电膜，例如由 ITO（氧化铟锡）、IZO（氧化铟锌）或 ZnO（氧化锌）等透明的导电材料构成。而且，上述粘接层 15 例

如由环氧树脂构成。此外，干燥剂层 12 例如由氧化钡等构成。

在该结构中，光被取出到作为透明基板的玻璃基板 11 侧，成为隔着偏振板 16 观察该光。由于有机半导体发光层 5 被密封在配置有干燥剂层 12 的密闭空间 14 内，因此可抑制或防止伴随吸湿的变质，从而可实现有机半导体发光装置的长寿命化。

另外，在该图 17 的结构中，可在玻璃基板 11 与偏振板 16 之间配置用于提高光取出效率的透镜（与图 1 的透镜 6 相同的透镜）。

图 18 是在基板 20 上二维排列具有图 1、图 10、图 11 或图 17 所示的结构的有机半导体发光装置 10 而构成的显示装置 60 的电路图。即，该显示装置 60 在矩阵排列的像素 P11、P12、……、P21、P22、……内分别配置如上所述的有机半导体发光装置 10，通过使这些像素的有机半导体发光装置 10 选择性发光、且控制各像素的有机半导体发光装置 10 的发光强度（亮度），从而可进行二维显示。在采用图 1、图 10 或图 11 的结构的情况下，基板 20 例如可以是与栅电极 1 一体化的硅基板。即，栅电极 1 由导电层构成即可，该导电层由图案形成于硅基板表面的杂质扩散层构成。而且，在应用图 17 的结构的情况下，使用玻璃基板 11 作为基板 20 即可。

当对各有机半导体发光装置 10 进行 P 型驱动时，对其漏电极 4 (D) 赋予偏置电压 $V_d (< 0)$ ，使其源电极 3 (S) 为接地电位 ($= 0$)。对栅电极 1 (G) 并联连接用于选择各像素的选择晶体管 T_s 、和数据保持用的电容器 C。

沿着行方向排列的像素 P11、P12、……；P21、P22、……的选择晶体管 T_s 的栅极分别与各行的公共扫描线 LS1、LS2、……连接。而且，沿着列方向排列的像素 P11、P21、……；P12、P22、……的选择晶体管 T_s ，分别在有机半导体发光装置 10 的相反侧和各列的公共数据线 LD1、LD2、……连接。

从通过控制器 63 控制的扫描线驱动电路 61 向扫描线 LS1、LS2、……赋予扫描驱动信号，该扫描驱动信号用于循环地依次选择各行的像素 P11、P12、……；P21、P22、……（行内的多个像素的一并选择）。即，扫描线驱动电路 61 将各行依次作为选择行，并产生扫描驱动信号，该扫描驱动信号用于使选择行的多个像素的选择晶体管 T_s 一并导通，使非选择行的

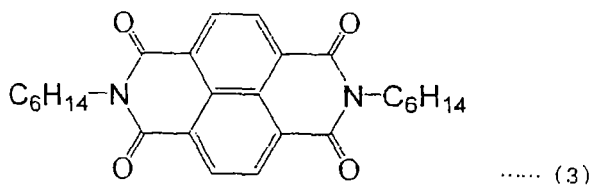
多个像素的选择晶体管 T_s 一并遮断。

另一方面，对数据线 LD1、LD2、……输入来自数据线驱动电路 62 的信号。从控制器 63 对该数据线驱动电路 62 输入与图像数据对应的控制信号。在通过扫描线驱动电路 61 一并选择各行的多个像素的时刻，数据线驱动电路 62 向数据线 LD1、LD2、……并行提供与对应选择行的各像素的各像素的发光灰度相对应的发光控制信号。

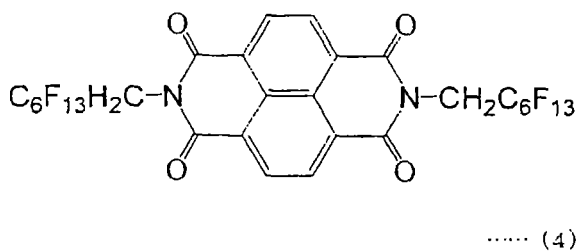
由此，在选择行的各像素中，由于经由选择晶体管 T_s 向栅电极 1 (G) 赋予发光控制信号，因此对应像素的有机半导体发光装置 10 以发光控制信号所对应的灰度发光（或熄灭）。由于发光控制信号被保持在电容器 C 中，因此即使由扫描线驱动电路 61 选择的选择行移动为其它行之后，栅电极 G 的电位也被保持，从而保持有机半导体发光装置 10 的发光状态。这样，可进行二维显示。

以上，对本发明的四个实施方式进行了说明，但本发明也可通过其它方式实施。例如，可取代所述第一和第二实施方式等中采用的 NTCDA，而采用 C_6 -NTC（下述化学式 (3)）、或 $CH_2C_6F_{13}$ -NTC（下述化学式 (4)）等作为 N 型有机半导体材料。这些材料的受体（acceptor）性比 NTCDA 弱，可期待提高量子产额。

[化学式 3]



[化学式 4]



而且，作为源电极 3 和漏电极 4 的材料，除金以外，还可应用镁、铂、铝、ITO、IZO 等。此外，作为栅绝缘膜，除氧化硅膜以外，还可应用氮

化硅膜或 PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯）膜、氧化铝膜、氧化钽膜等。

有机半导体发光层的膜厚并未特别限定，但优选根据干涉效应按照使光取出效率最大的方式确定。具体而言，在设有机半导体发光层的折射率为 n 、发光波长为 λ 时，膜厚 $t = (2k + 1) \cdot (\lambda / 4n)$ （其中， $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ ）即可。

此外，在所述的图 18 中，表示了可进行二维显示的显示装置，但也可将像素一维排列来构成一维的显示装置。

对本发明的实施方式详细地进行了说明，但这些只是为了便于理解本发明的技术内容而采用的具体例，本发明并非限定于这些具体例进行解释，本发明的精神和范围仅由所附的权利要求限定。

该申请对应于 2004 年 8 月 30 日向日本专利局提出的特愿 2004-250600 号，此申请的所有公开内容通过在此引用而添加到本说明书中。

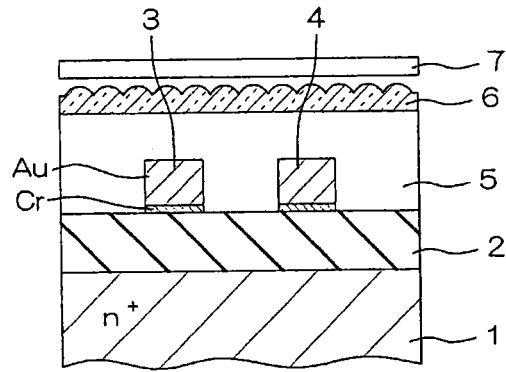


图 1

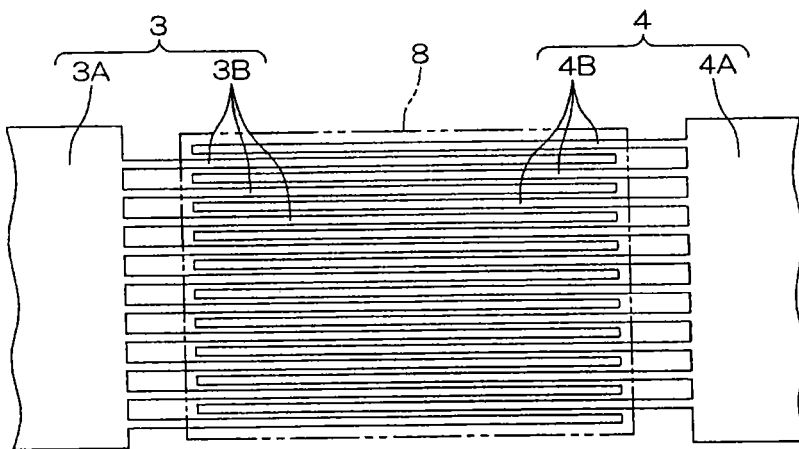


图 2

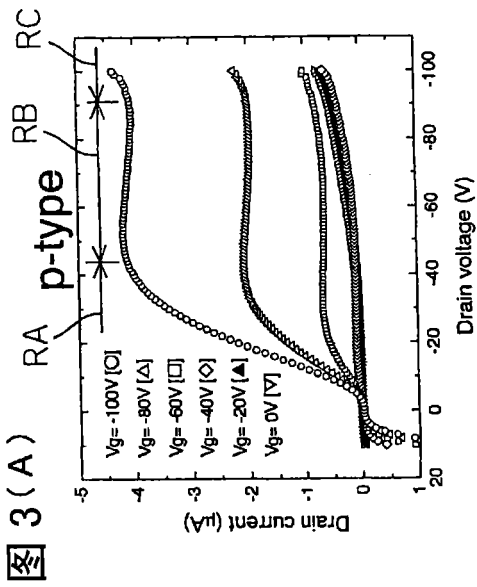


图 3(C)

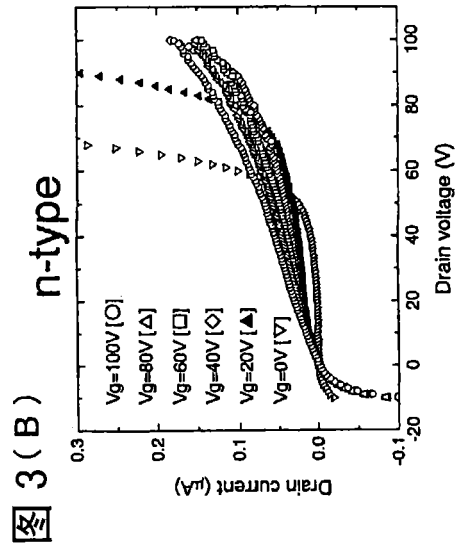
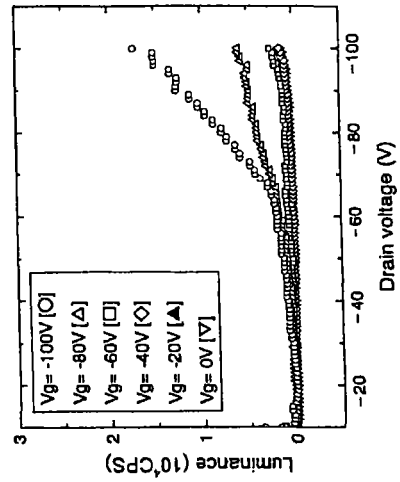
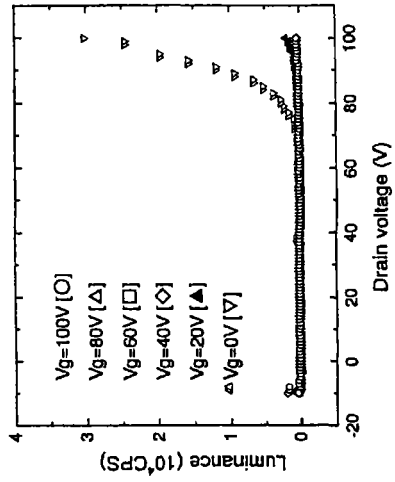


图 3(D)



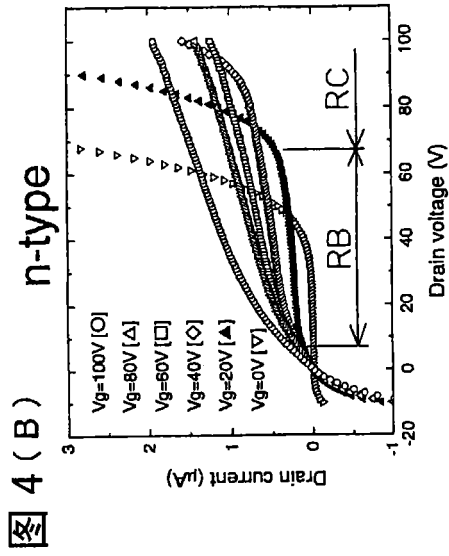


图 4 (B)

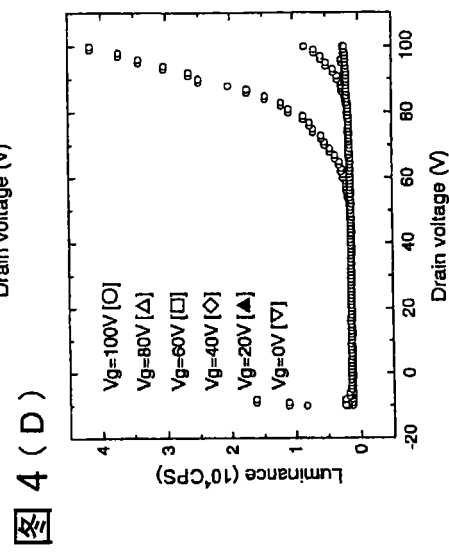


图 4 (D)

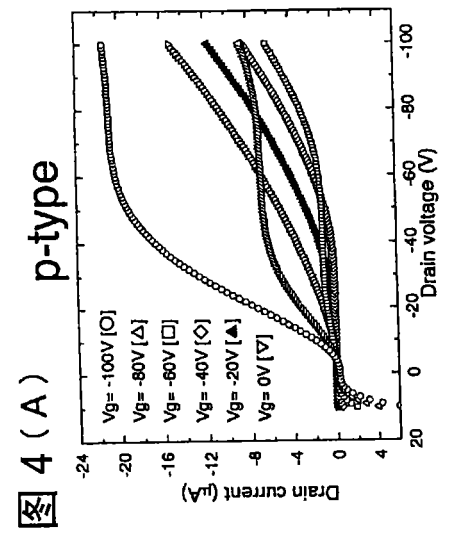


图 4 (A)

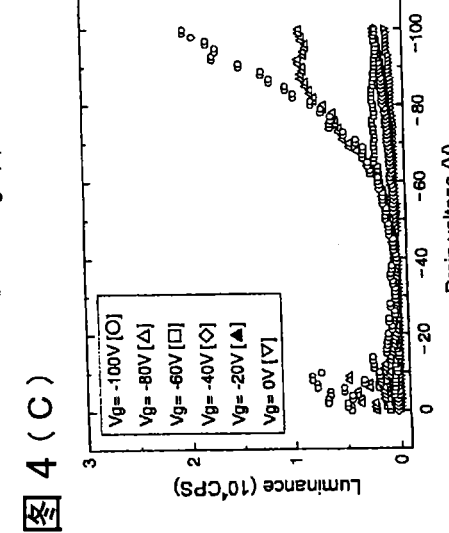
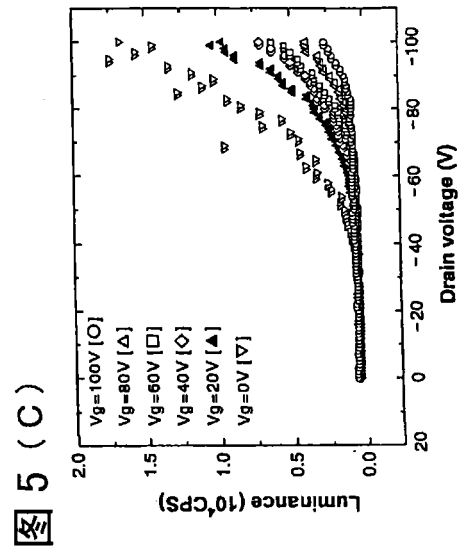
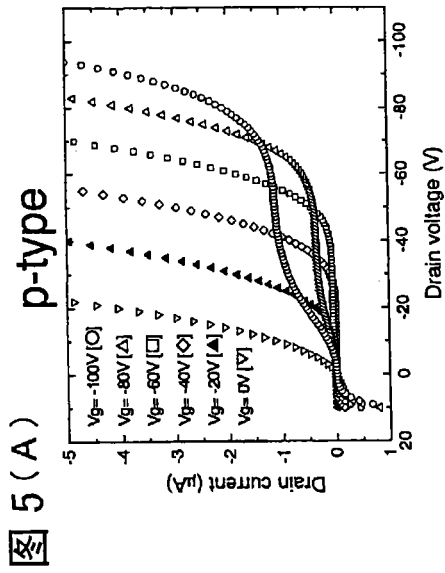
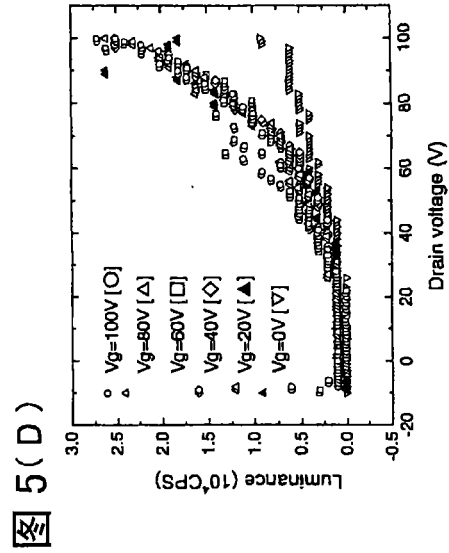
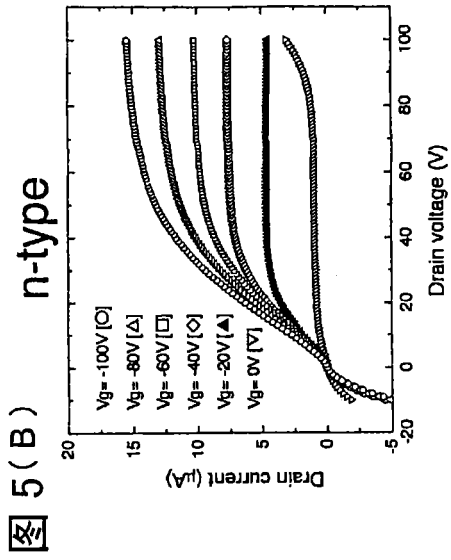
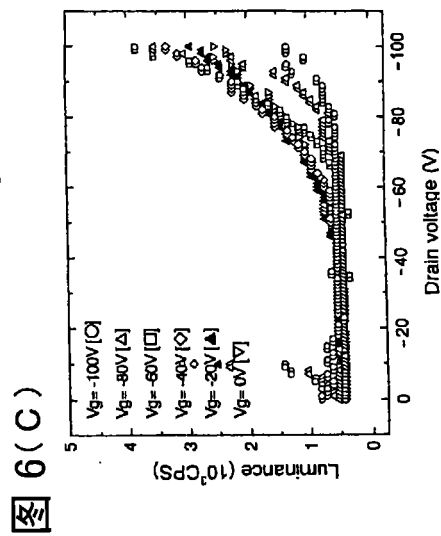
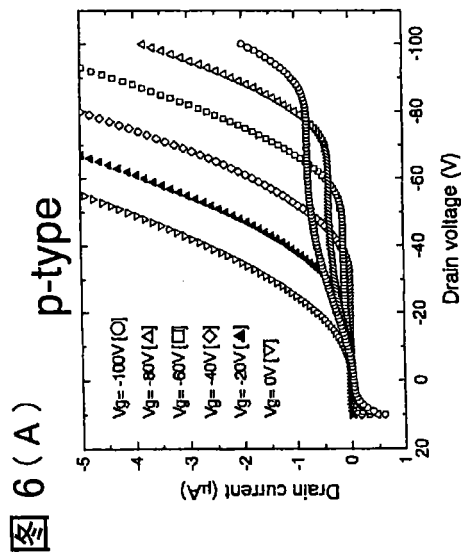
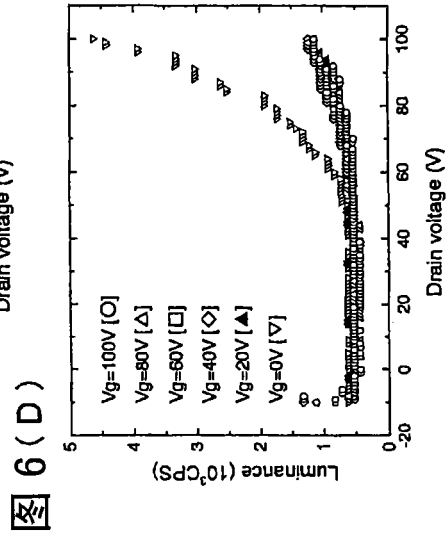
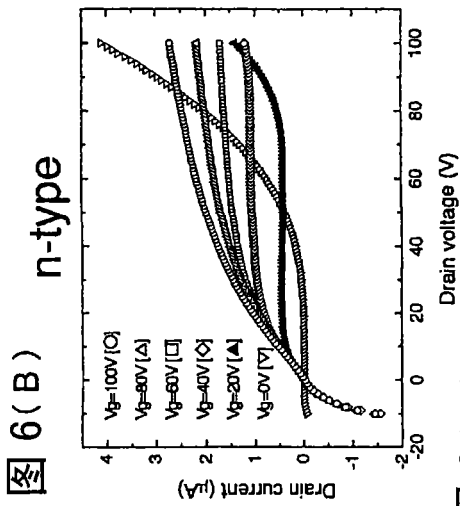
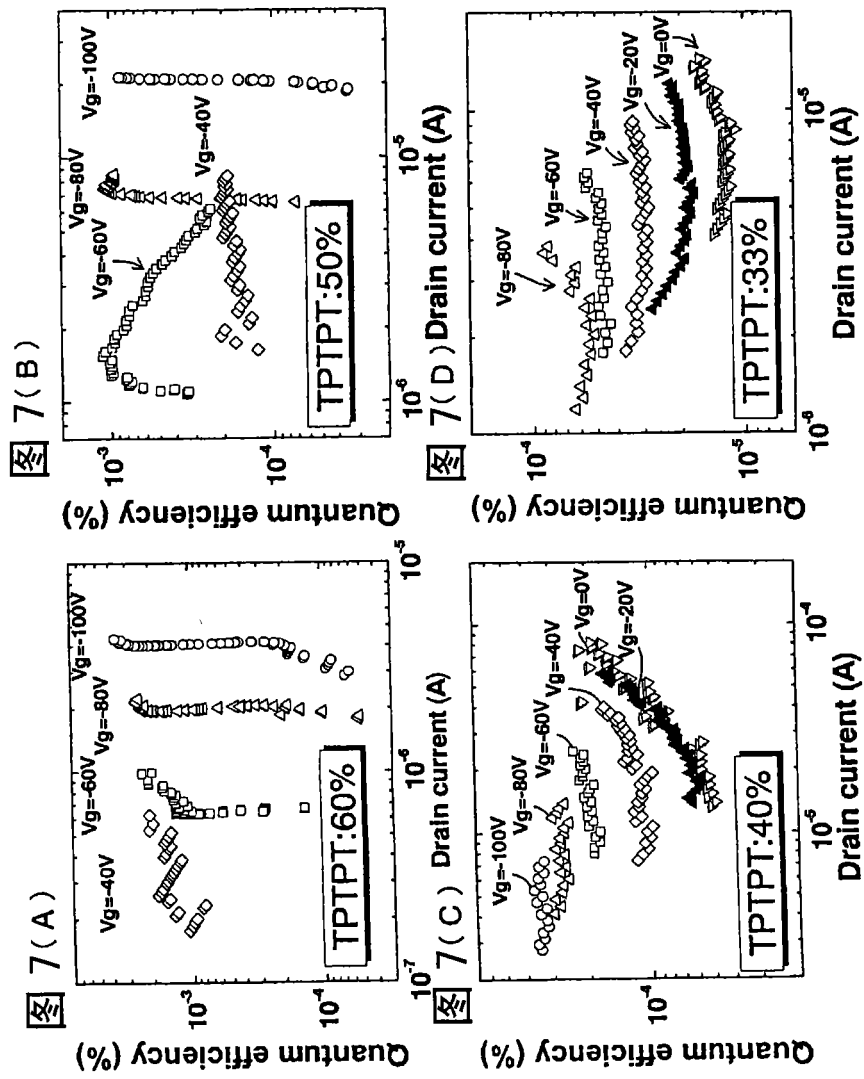
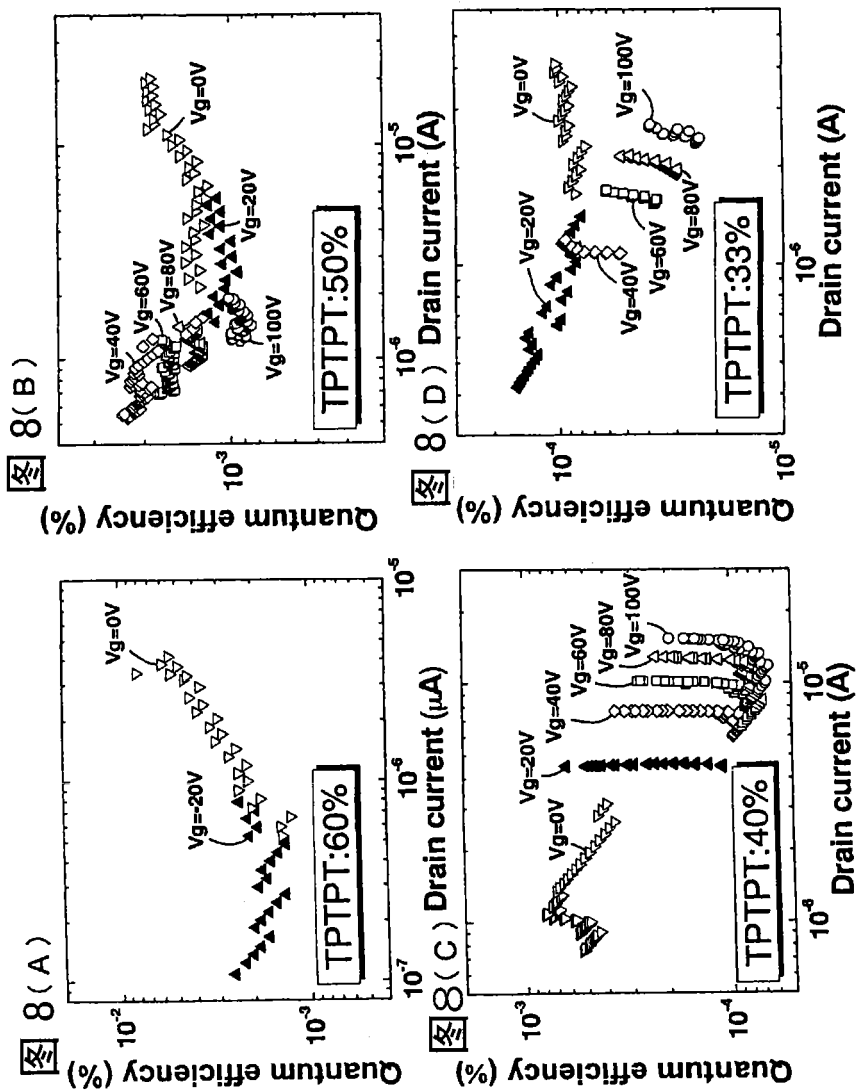


图 4 (C)









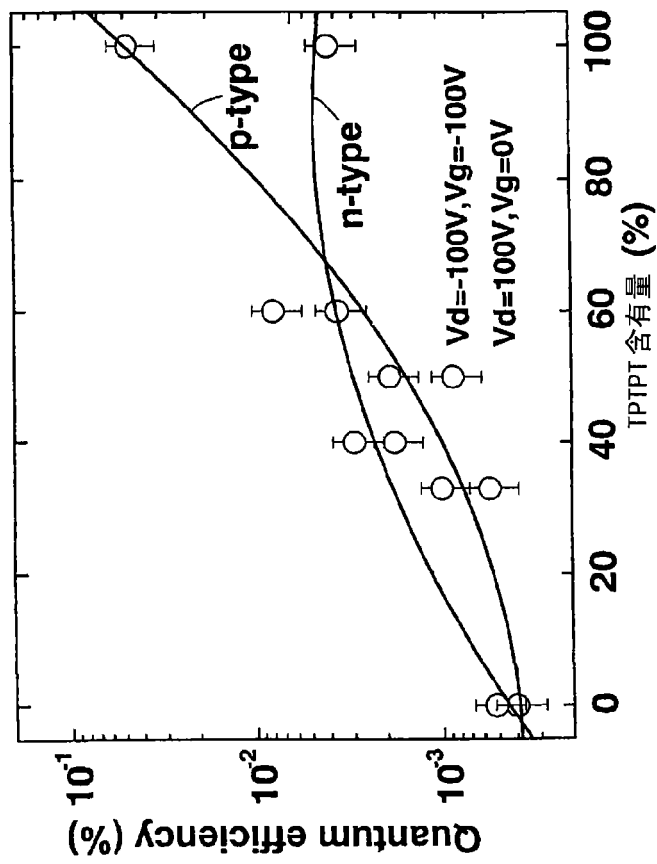


图 9

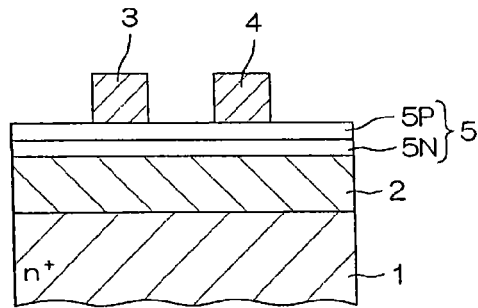


图 10

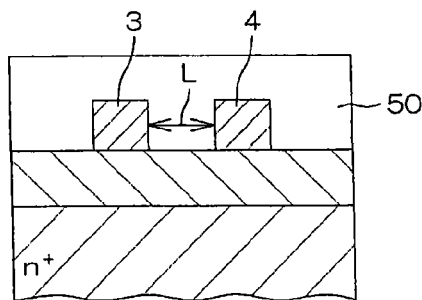


图 11

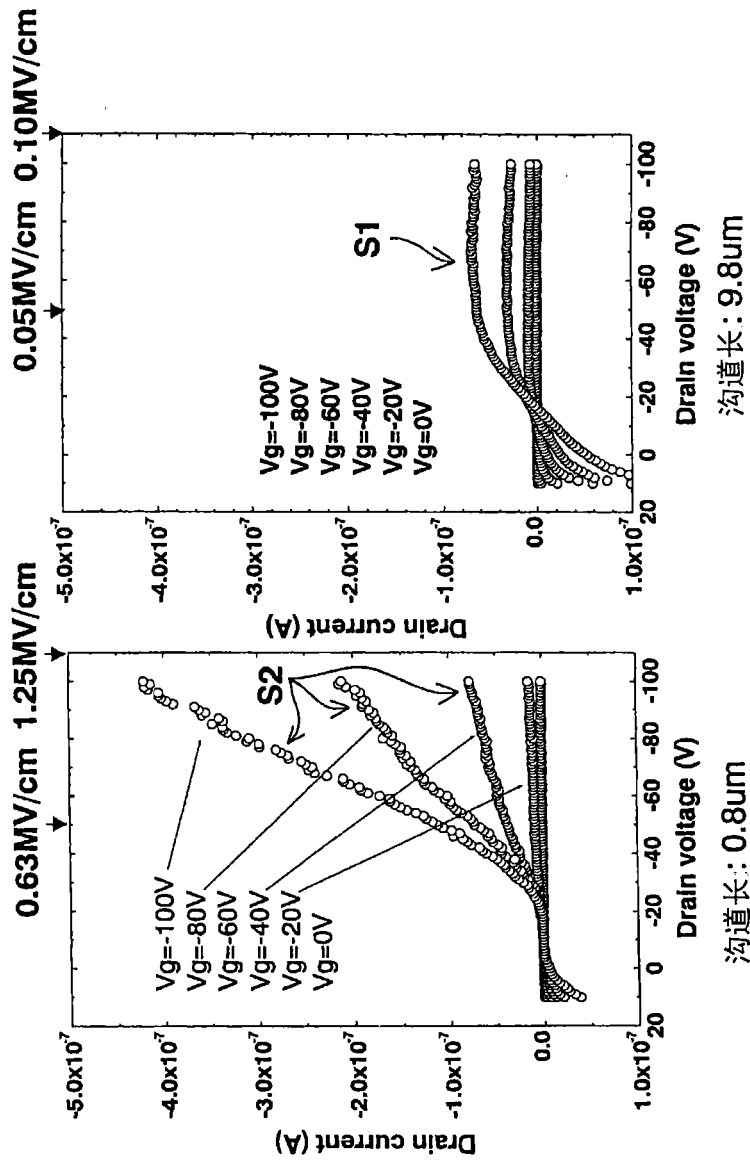


图 12 (A)

图 12 (B)

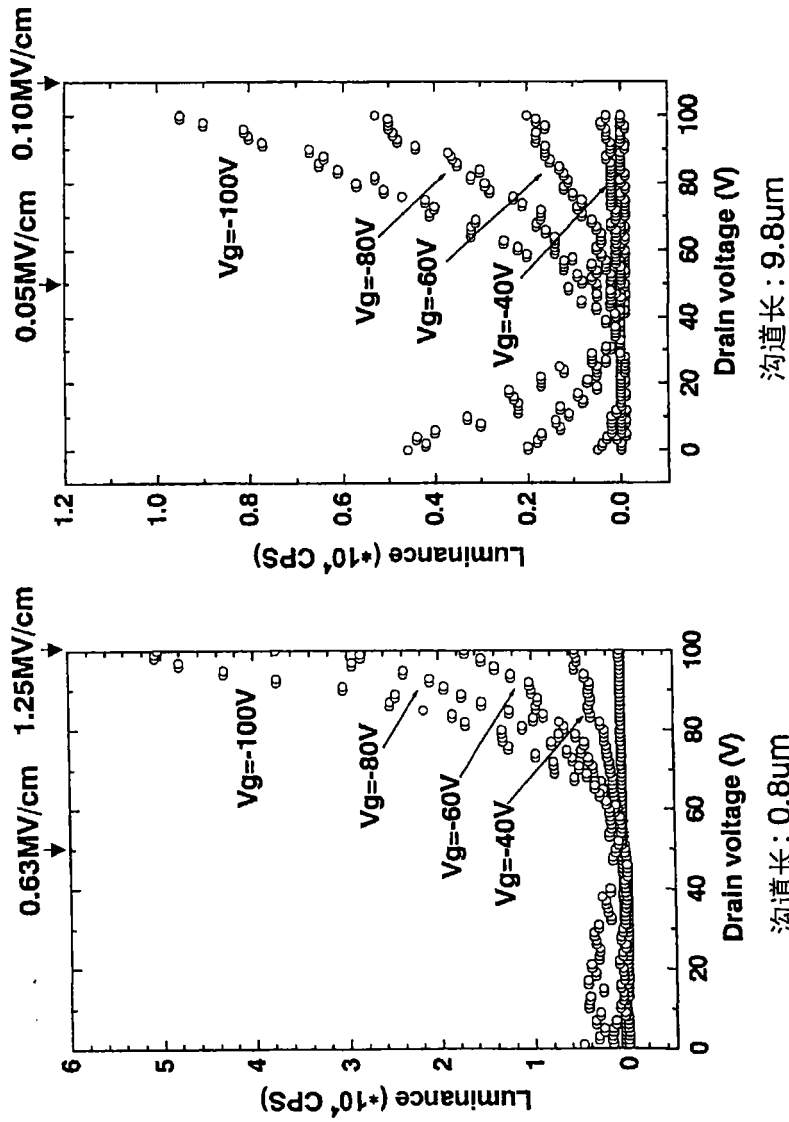


图 13(A)

图 13(B)

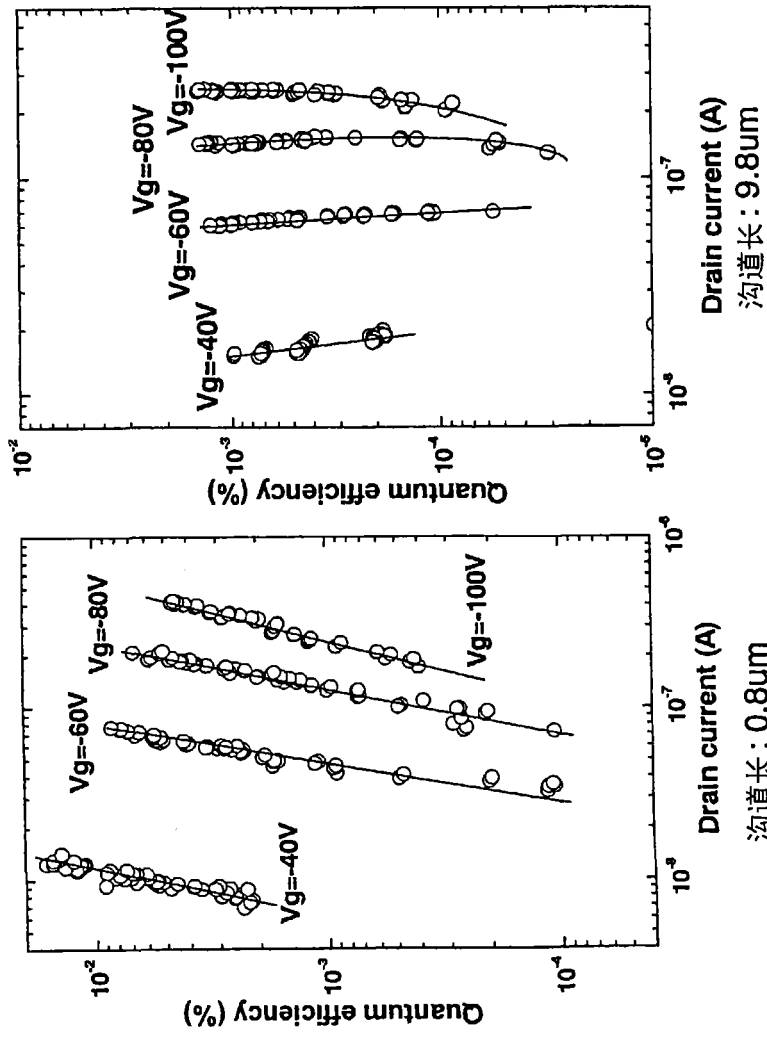


图 14 (B)

图 14 (A)

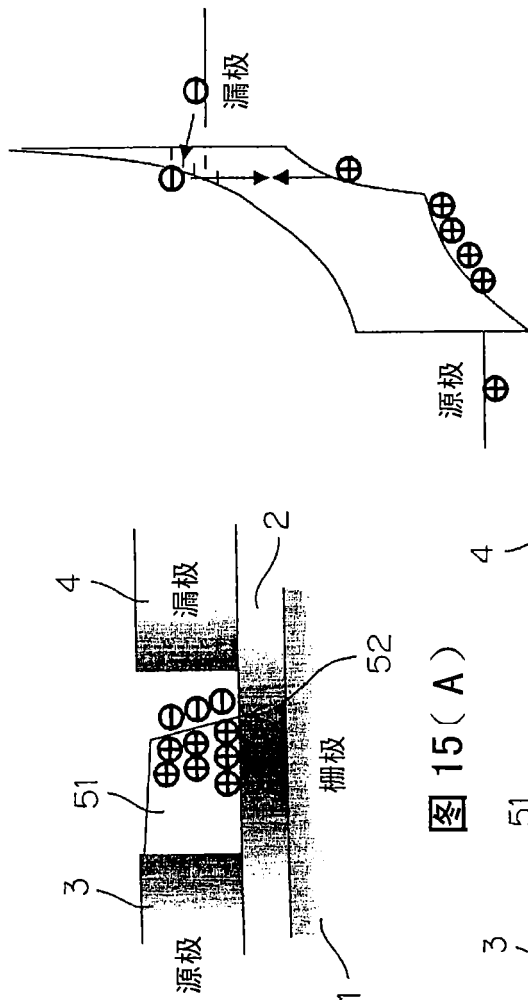


图 15(A)

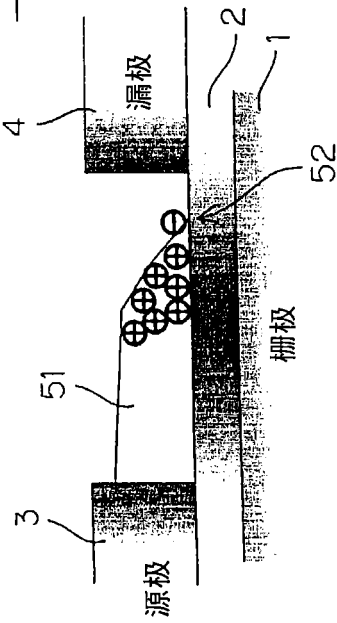


图 15(B)

图 15(C)

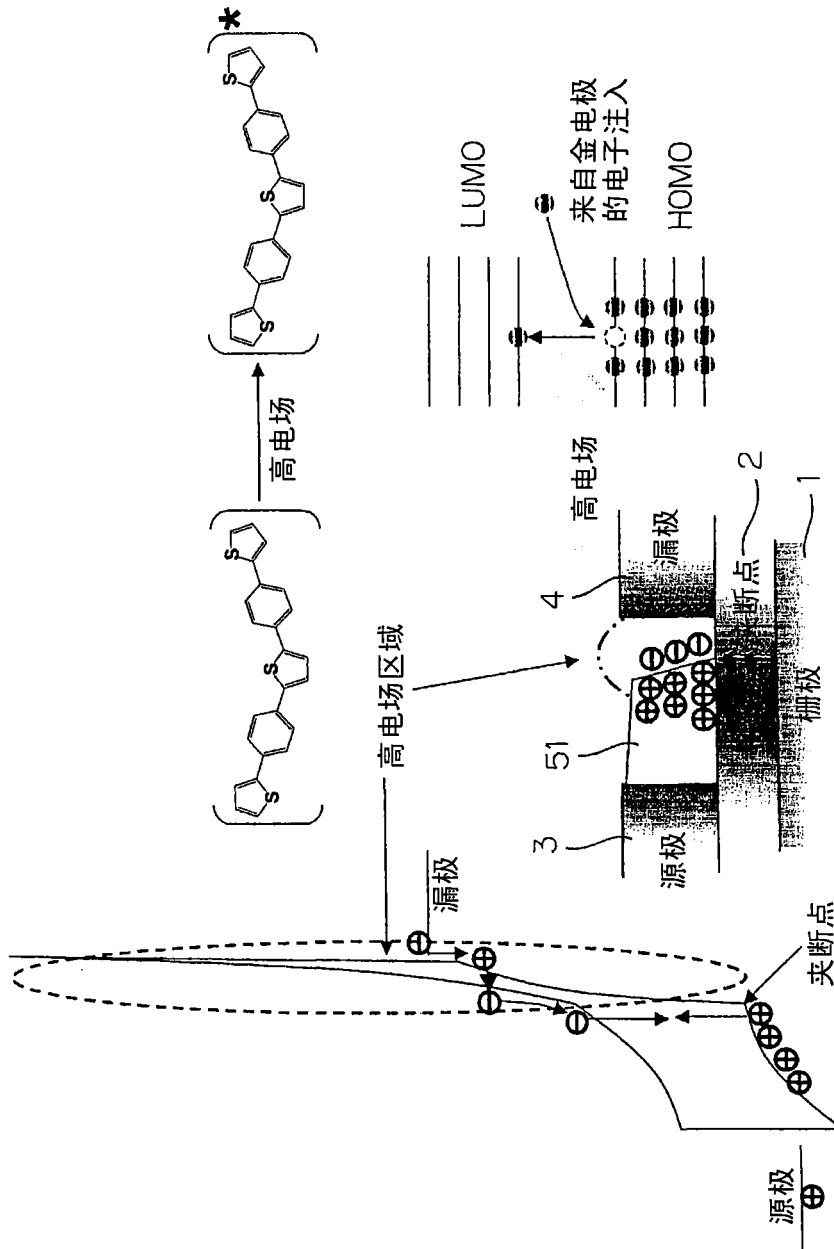


图 16

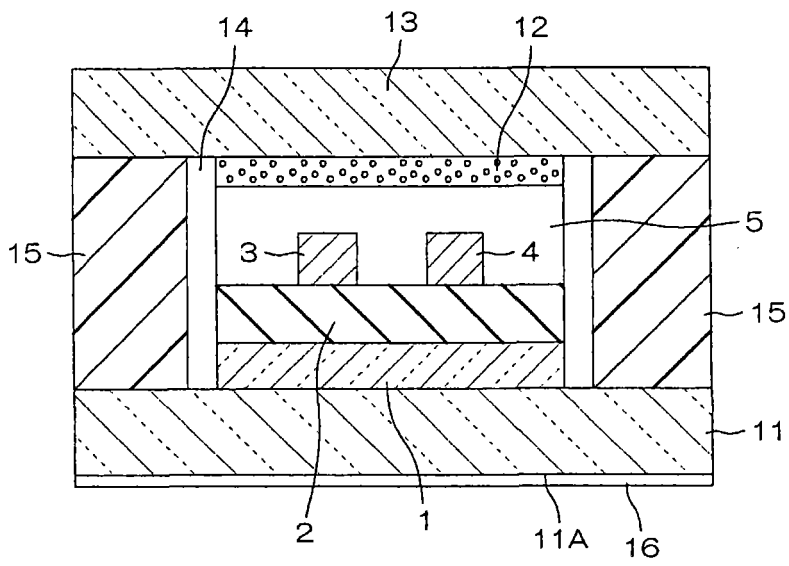


图 17

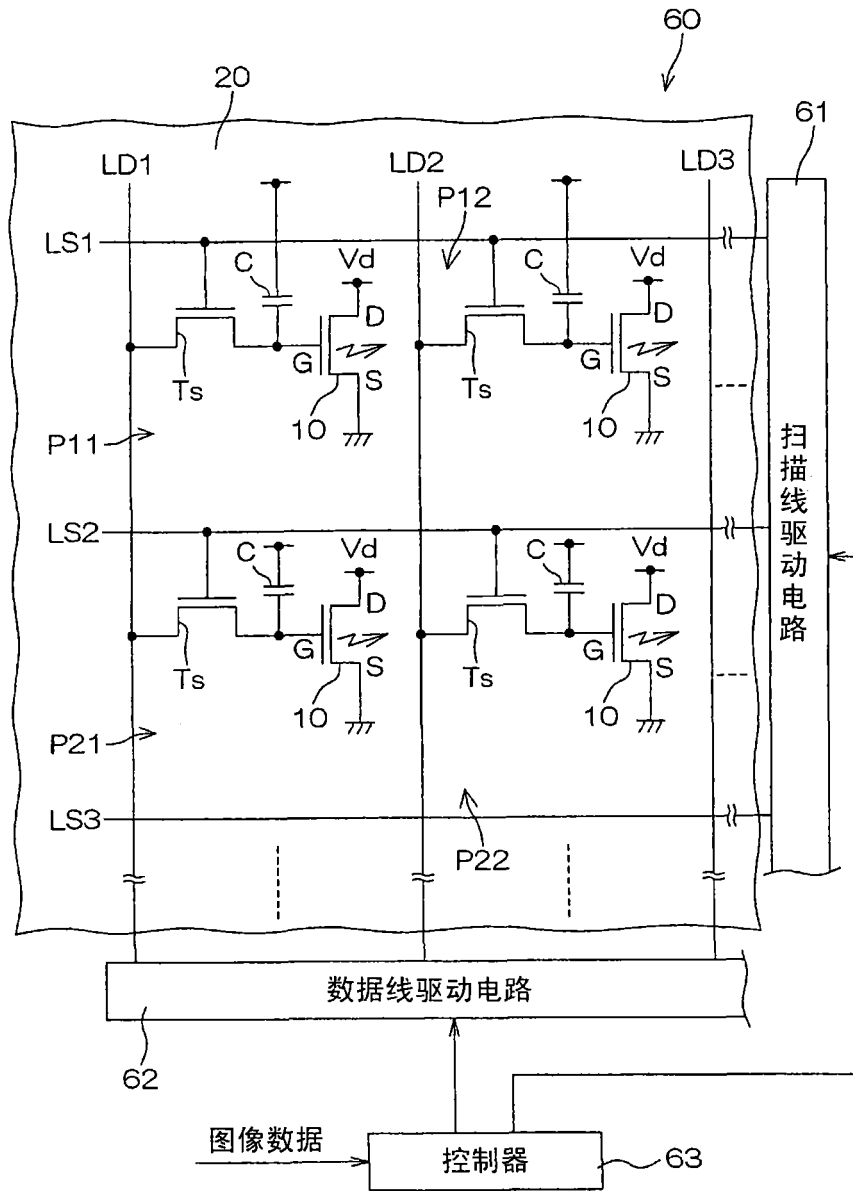


图 18

专利名称(译)	有机半导体发光装置以及使用了该发光装置的显示装置		
公开(公告)号	CN101069298A	公开(公告)日	2007-11-07
申请号	CN200580028790.3	申请日	2005-08-26
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 日本先锋公司 株式会社日立制作所 罗姆股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 日本先锋公司 株式会社日立制作所 罗姆股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 日本先锋公司 株式会社日立制作所 罗姆股份有限公司		
[标]发明人	小山田崇人 内生藏广幸 安达千波矢		
发明人	小山田崇人 内生藏广幸 安达千波矢		
IPC分类号	H01L51/50		
CPC分类号	H01L27/3244 H01L51/5275 H01L51/5203 H01L51/0545 H01L51/5296 H01L51/0068 H01L51/0053		
代理人(译)	李贵亮		
优先权	2004250600 2004-08-30 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种具有场效应型晶体管的形式有机半导体发光装置、以及利用了该发光装置的显示装置。该有机半导体装置包括：有机半导体发光层，其可输送空穴和电子，通过空穴和电子的再结合而产生发光；空穴注入电极，其向该有机半导体发光层注入空穴；电子注入电极，其向有机半导体发光层注入电子；和栅电极，其与这些电极之间的有机半导体发光层对置。通过对栅电极赋予控制电压，控制有机半导体发光层内的载流子的分布，可进行发光的接通/断开、或调制发光强度。

