



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03149254.1

[43] 公开日 2004 年 3 月 10 日

[11] 公开号 CN 1481032A

[22] 申请日 2003.6.16 [21] 申请号 03149254.1

[30] 优先权

[32] 2002.9.2 [33] KR [31] 52462/2002

[71] 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 郭准燮 赵济熙

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

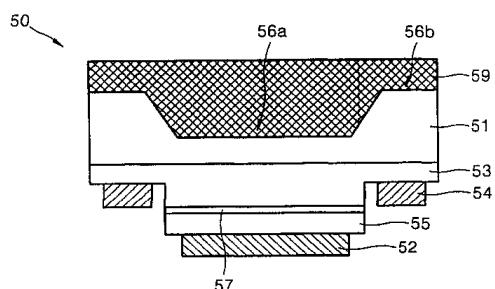
代理人 陶凤波 侯宇

权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 10 页

[54] 发明名称 发光二极管及其制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种发光二极管及其制造方法。该发光二极管包括：透明的衬底；半导体材料层，形成在衬底的顶面上，并具有产生光的有源层；以及荧光层，形成在衬底的背面上，并具有不同的厚度。穿过荧光层传播时波段变化的光与有源层中产生的初始光的比率通过利用改变荧光层的厚度控制，从而从发光二极管中发射所需的均匀的白光。



1. 一种发光二极管，包括：
衬底，其透射光；
5 半导体材料层，形成在衬底的顶面上，并具有产生光的有源层；以及
荧光层，形成在衬底的背面上，并具有不同的厚度。
2. 如权利要求 1 所述的发光二极管，其中该衬底具有至少一个通过蚀刻衬底背面的一部分而形成的蚀刻洞。
3. 如权利要求 1 所述的发光二极管，其中该荧光层形成为具有不同图
10 案的双重层。
4. 如权利要求 1 至 3 中的任何一个所述的发光二极管，其中该衬底为
蓝宝石衬底。
5. 如权利要求 1 至 3 中的任何一个所述的发光二极管，其中该半导体
材料层包括：
15 第一化合物半导体层，沉积在衬底的顶面上；
有源层，沉积在第一化合物半导体层的顶面上；以及
第二化合物半导体层，沉积在有源层的顶面上。
6. 如权利要求 5 所述的发光二极管，其中该第一化合物半导体层是 n
型掺杂或未掺杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层。
- 20 7. 如权利要求 5 所述的发光二极管，其中该第二化合物半导体层是 p
型掺杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层。
8. 如权利要求 5 所述的发光二极管，其中该有源层是 n 型掺杂或未掺
杂的 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 化合物半导体层，其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。
9. 如权利要求 1 所述的发光二极管，其中该有源层产生蓝光，并且该
25 荧光层将一部分蓝光转换成黄光，以从该发光二极管中射出白光。
10. 如权利要求 9 所述的发光二极管，其中该荧光层由包括石榴石荧
光材料的荧光材料形成，其中该石榴石荧光材料以铈活化，其包括从由钇、
镥、钪、镧、钆和钐构成的组中选取的至少一种元素，以及从由铝、镓和
锢构成的组中选取的至少一种元素。
- 30 11. 如权利要求 1 所述的发光二极管，其中该有源层产生 UV 光，并

且该荧光层通过吸收 UV 光将 UV 光转换成红、绿和蓝光，以从该二极管中射出白光。

12. 如权利要求 11 所述的发光二极管，其中该荧光层由荧光材料形成，该荧光材料包括从由 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{Eu}^{3+}\text{Bi}^{3+}$ 和 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$ 构成组中选取的红色荧光剂、从由 $(\text{Ba}_{1-x-y-z}\text{Ca}_x\text{Sr}_y\text{Eu}_z)(\text{Mg}_{1-w}\text{Zn}_w)\text{Si}_2\text{O}_7$ 和 $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 构成的组中选取的绿色荧光剂、以及从由 $(\text{Sr},\text{Ba},\text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ (SECA)、 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ (BAM) 和 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 构成的组中选取的蓝色荧光剂。

13. 一种用于制造发光二极管的方法，该方法包括：

10 (a) 在透射光的衬底的顶面上沉积并构图具有有源层的半导体材料层，并且在图案化的半导体材料层上设置电极；

(b) 蚀刻衬底的背面，以在该背面形成至少一个蚀刻洞；

(c) 通过在衬底的背面使用荧光材料以填盖该背面的蚀刻洞而形成荧光层，从而形成包括多个发光二极管的发光二极管结构；以及

(d) 切开发光二极管结构的连接区域，以分成多个发光二极管。

15 14. 如权利要求 13 所述的方法，其中，在步骤 (a) 中，该半导体材料层通过在衬底的顶面上顺序沉积第一化合物半导体层、有源层和第二化合物层而形成。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中该第一化合物半导体层由 n 型掺杂或未掺杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层形成。

20 16. 如权利要求 14 所述的方法，其中该第二化合物半导体层由 p 型掺杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层形成。

17. 如权利要求 14 所述的方法，其中该有源层由 n 型掺杂质或未掺杂的 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 化合物半导体层形成，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。

25 18. 如权利要求 13 所述的方法，其中，在步骤 (a) 中使用的衬底为蓝宝石衬底。

19. 如权利要求 13 所述的方法，其中步骤 (b) 包括：

处理衬底的背面；以及

干法蚀刻衬底的背面，以在与有源层对准的区域内形成蚀刻洞，该蚀刻洞由该背面的周边区域凹进。

30 20. 如权利要求 19 所述的方法，其中该衬底的背面通过研磨、磨光或抛光处理。

21. 如权利要求 19 所述的方法，其中该衬底的背面使用从由 Cl_2 , BCl_3 , Ar , O_2 和 HBr 构成的组中选取的至少一种气体进行干法蚀刻。

22. 如权利要求 13 所述的方法，其中该有源层由发射蓝光的半导体化合物层形成，并且该荧光层由能够通过吸收蓝光而将一部分蓝光转换成黄光的荧光材料形成。
5

23. 如权利要求 22 所述的方法，其中该荧光材料包括石榴石荧光材料，该石榴石荧光材料以铈活化，其包括从由钇、镥、钪、镧、钆和钐构成的组中选取的至少一种元素，以及从由铝、镓和铟构成的组中选取的至少一种元素。

10 24. 如权利要求 13 所述的方法，其中该有源层由发射 UV 光的半导体化合物层形成，并且该荧光层由能够通过吸收 UV 光而将一部分 UV 光转换成红、绿和蓝光的荧光材料形成。

15 25. 如权利要求 24 所述的方法，其中该荧光材料包括从由 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{Eu}^{3+}\text{Bi}^{3+}$ 和 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$ 构成组中选取的红色荧光剂、从由 $(\text{Ba}_{1-x-y-z}\text{Ca}_x\text{Sr}_y\text{Eu}_z)(\text{Mg}_{1-w}\text{Zn}_w)\text{Si}_2\text{O}_7$ 和 $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 构成的组中选取的绿色荧光剂、以及从由 $(\text{Sr},\text{Ba},\text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ (SECA)、 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ (BAM) 和 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 构成的组中选取的蓝色荧光剂。

26. 如权利要求 13 所述的方法，其中，在步骤 (c) 中，荧光材料通过沉积或旋涂施用于衬底的背面。

20 27. 一种用于制造发光二极管的方法，该方法包括：

(a) 在透射光的衬底的顶面上沉积并构图具有有源层的半导体材料层，并且在图案化的半导体材料层上设置电极；

(b) 通过在衬底的背面施用荧光材料形成具有不同厚度的荧光层，从而形成包括多个发光二极管的发光二极管结构；以及

25 (c) 切开发光二极管结构的连接区域，以分成多个发光二极管。

28. 如权利要求 27 所述的方法，其中，在步骤 (a) 中，该半导体材料层通过在衬底的顶面上顺序沉积第一化合物半导体层、有源层和第二化合物层而形成。

30 29. 如权利要求 28 所述的方法，其中该第一化合物半导体层由 n 型掺杂或未掺杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层形成。

30. 如权利要求 28 所述的方法，其中该第二化合物半导体层由 p 型掺

杂的 GaN 基 III-V 族氮化物化合物半导体层形成。

31. 如权利要求 28 所述的方法，其中该有源层由 n 型掺杂质或未掺杂的 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 化合物半导体层形成，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。

32. 如权利要求 28 所述的方法，其中，在步骤 (a) 中使用衬底为蓝
5 宝石衬底。

33. 权利要求 13 的方法，其中步骤 (b) 包含：

通过沉积或旋涂在衬底的背面施用荧光材料以形成第一荧光层；以及
在其上具有作为掩模的预定图案的第一荧光层上施用荧光材料以第二
荧光层，

10 其中第一和第二荧光层构成该具有不同厚度的荧光层。

34. 如权利要求 27 所述的方法，其中该有源层由发射蓝光的半导体化
合物层形成，并且该荧光层由能够通过吸收蓝光而将一部分蓝光转换成黄
光的荧光材料形成。

35. 如权利要求 27 所述的方法，其中该荧光材料包括石榴石荧光材料，
15 该石榴石荧光材料以铈活化，其包括从由钇、镥、钪、镧、钆和钐构成的
组中选取的至少一种元素，以及从由铝、镓和铟构成的组中选取的至少一
种元素。

36. 如权利要求 27 所述的方法，其中该有源层由发射 UV 光的半导
体化合物层形成，并且该荧光层由能够通过吸收 UV 光而将一部分 UV 光转换
20 成红、绿和蓝光的荧光材料形成。

37. 如权利要求 36 所述的方法，其中该荧光材料包括从由 $Y_2O_3Eu^{3+}Bi^{3+}$
和 Y_2O_2S 构成组中选取的红色荧光剂、从由
 $(Ba_{1-x-y-z}Ca_xSr_yEu_z)(Mg_{1-w}Zn_w)Si_2O_7$ 和 $ZnS:Cu$ 构成的组中选取的绿色荧光剂、
以及从由 $(Sr,Ba,Ca)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ (SECA)、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu^{2+}$ (BAM) 和
25 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 构成的组中选取的蓝色荧光剂。

发光二极管及其制造方法

5 技术领域

本发明涉及一种发光二极管及其制造方法，并且，特别涉及一种能够发射具有均匀的色彩分布的光的发光二极管及其制造方法。

背景技术

10 图1是发射白光的传统发光二极管的截面图。参照图1，蓝光二极管2位于导线框架1的内部，其中连接线3通过欧姆接触连接至其顶面并连接至导线框架1以提供电力。导线框架1的内部空间由荧光剂6填充，使得从蓝光二极管2发射的蓝光被转换成红光或绿光，或者然后通过与红或绿光混合而被转换成白光。

15 然而，此类传统蓝光二极管2不能发射均匀的白光分布，并且趋向于发射波长不同于白光的波长的光或带有黄或蓝色光环的圆锥形光。

已经提出了关于这个问题的各种解决方案。例如，根据美国专利 No. 5,813,753 中的发光二极管，如图2所示，发光二极管11设置于杯形管座12中。镜子13形成在在管座12的内壁上，以反射由发光二极管发射的光。20 管座12的内部空间被填以透明材料15，透明材料15包括分散于发光二极管11周围的荧光剂颗粒14。玻璃板16被放置在管座12的顶上，以未由荧光剂颗粒14吸收的光发射到空气中。再将低通滤波器被放置在发光二极管11的前侧，以使短波长的光比长波长的光更有效地通过。

然而，在制造此类传统发光二极管中，很难控制发期望波段的光所需的25 荧光剂颗粒的量。包括荧光剂颗粒的透明材料应为每个单独的发光二极管沉淀。因此，在分开的发光二极管之间发生了严重的色差，并增加了制造时间。

EP 0855 751 A2 公开了一种发射红光和蓝光的有机/无机半导体发光二极管，其通过适当地掺杂质绿色荧光剂层而制造。然而，很难均匀地掺杂30 荧光剂层至适当的离子浓度以获取均匀色彩分布的光。

发明内容

本发明提供了一种具有不同厚度的荧光层的发光二极管及其制造方法，其中荧光层的厚度可以被适当的调整，以使发光二极管能够发射期望
5 波段的光。

根据本发明的一个方面，提供一种发光二极管，其包括：衬底，其透
射光；半导体材料层，形成在衬底的顶面上，并具有产生光的有源层；以
及，荧光层，形成在衬底的背面上，并具有不同的厚度。该衬底可以具有
至少一个通过蚀刻衬底的背面至不同厚度而形成的蚀刻洞。该荧光层可形
10 成为具有不同厚度的双重层。该衬底优选为蓝宝石衬底。

在根据本发明的发光二极管的实施例中，该半导体材料层可以包括：
第一化合物半导体层，沉积在衬底的顶面上；有源层，沉积在第一化合物
半导体层的顶面上；以及，第二化合物半导体层，沉积在有源层的顶面上。
在此情况下，该第一化合物半导体层可以是n型掺杂或未掺杂的GaN基
15 III-V族氮化物化合物半导体层。该第二化合物半导体层可以是p型掺杂的
GaN基III-V族氮化物化合物半导体层。该有源层可以是n型掺杂或未掺杂
的 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 化合物半导体层，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。

在根据本发明的发光二极管中，有源层产生蓝光，并且荧光层将蓝光
的一部分转换成黄光，以从发光二极管射出白光。在此情况下，该荧光层
20 可以由包括石榴石荧光材料的荧光材料形成，其中该石榴石荧光材料以铈
活化，其包括从由钇、镥、钪、镧、钆和钐构成的组中选取的至少一种元
素，以及从由铝、镓和铟构成的组中选取的至少一种元素。

或者，有源层产生UV光，并且荧光层可以通过吸收UV光将UV光转
换为红、绿和蓝光，以从发光二极管射出白光。在此情况下，该荧光层由
25 荧光材料形成，该荧光材料包括从由 $Y_2O_3Eu^{3+}Bi^{3+}$ 和 Y_2O_2S 构成组中选取的
红色荧光剂、从由 $(Ba_{1-x-y-z}Ca_xSr_yEu_z)(Mg_{1-w}Zn_w)Si_2O_7$ 和 $ZnS:Cu$ 构成的组中
选取的绿色荧光剂、以及从由 $(Sr,Ba,Ca)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ (SECA)、
 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu^{2+}$ (BAM)和 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 构成的组中选取的蓝色荧光剂。

本发明提供了具有不同厚度的荧光层的发光二极管，其可以通过蚀刻
30 衬底的背面或通过在背面上沉积不同厚度的荧光材料而实现。根据本发明，
有源层中产生的初始的蓝光与被荧光层吸收的并由蓝光转换成黄光的光的

发射比率通过适当的调整荧光层的厚度而控制，以从发光二极管射出均匀的白光。当有源层产生 UV 光时，有初始的 UV 光与被荧光层吸收的并由 UV 光转换成红、绿和蓝光的光的发射比率可以得到控制，以从发光二极管射出均匀的白光。

5 附图说明

本发明的上述和其它特点及优点将通过参照附图对其典型实施例的详细描述而变得明显易懂，其中：

图 1 是传统白光发光二极管的截面图；

图 2 是在美国专利 No. 5,813,753 中公开的发光二极管的截面图；

10 图 3 是根据本发明第一实施例的发光二极管的截面图；

图 4 是根据本发明第二实施例的发光二极管的截面图；

图 5 是根据本发明第三实施例的发光二极管的截面图；

图 6 是根据本发明第四实施例的发光二极管的截面图；

图 7A 至 7D 是说明根据本发明的用于制造发光二极管的方法的第一实
15 施例的截面图；

图 8A 至 8E 是说明根据本发明的用于制造发光二极管的方法的第二实
施例的截面图；

图 9A 和 9B 是显示根据本发明第一实施例的发光二极管的被蚀刻的衬
底的照片；以及

20 图 10A 和 10B 分别是显示图 9A 和 9B 的带有荧光层的衬底的背面的照
片。

具体实施方式

下面将详细描述发光二极管及其制造方法的实施例。

25 参照图 3，它是显示根据本发明实施例的发光二极管的结构的截面图，发光二极管 50 包括衬底 51，而第一化合物半导体层 53、有源层 57 和第二化合物半导体层 55 则顺序沉积在衬底 51 的顶面上。*n* 型电极 54 位于第一混合物导体层 53 的台阶区域，而 *p* 型电极 52 位于第二化合物半导体层 55 的顶面上，以为有源层 57 提供电子和空穴。

30 衬底 51 由耐用物质制成，主要是例如蓝宝石。衬底 51 的背面被蚀刻以减小衬底 51 在特定区域内的厚度。此处，优选通过蚀刻在衬底 51 的背

面形成蚀刻洞 56。在此情况下，衬底 51 的厚度在周边区域 56b 处比在蚀刻洞 56a 处大。衬底 51 的不同厚度使得可以通过旋涂在衬底 51 的背面上沉积出不同厚度的荧光层 59。

第一化合物半导体层 53 是 GaN 基 III-V 族氮化物半导体层，并且优选地直接跃迁型。在用导电杂质掺杂第一化合物半导体的情况下，第一化合物半导体层 53 优选采用 GaN 层。在另一种情况下，优选用与第二化合物半导体层 55 相同的材料形成第一化合物半导体层 53。第一覆层（未示出）可进一步形成在第一化合物半导体层 53 的顶面上。优选，第一覆层可以由具有预定的折射率 n 型 ALGaN/GaN 层形成。然而，第一覆层也可以由与 n 型 ALGaN/GaN 层不同的的化合物半导体层形成。

第二化合物半导体层 55 是 GaN 基 III-V 族氮化物半导体层，并且优选采用以 p 型导电杂质掺杂的直接跃迁型杂质，且最优选的是 p 型 GaN 层。在第二化合物半导体层 55 不掺杂的情况下，GaN 层或含有 Al 或 In 的 ALGaN 层或 InGaN 层，可以被分别地以预定比例用于第二化合物半导体层 55。

有源层 57 形成在第一化合物半导体层 53 的顶面上。有源层 57 是通过电子和载流子空穴的复合产生光的材料层。优选地，有源层 57 是具有多量子阱 (MAW) 结构的 GaN 基 III-V 族氮化物半导体层。更加优选地，有源层 57 由具有 MQW 结构的 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 形成，其中 $0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$, 且 $X+Y \leq 1$ 。

第一和第二波导层（未示出）可以进一步分别形成在有源层 57 的上面和下面，用于放大从有源层 57 发射的光，并从 LED 发射具有增大强度的光。第一和第二波导层由比有源层 57 折射率更小的材料形成，并且优选地采用，例如，GaN 基 III-V 族化合物半导体层。第一波导层可以由 n 型 GaN 层形成，而第二波导层可以由 p 型 GaN 层形成。有源层 57 可以由具有小的阈值电流值和稳定跃迁模式特性的材料形成。优选地，有源层 57 由包含预定比例的 Al 的 AlGaN 层形成。

第二化合物半导体层 55 形成在有源层 57 的顶面上。具有比第二波导层小的折射率的第二覆层（未示出）可以额外地形成在第二化合物半导体层 55 与有源层 57 之间。当第一覆层由 n 型化合物半导体层形成时，第二覆层由 p 型化合物半导体层形成，而当第一覆层是由 p 型化合物半导体层形成时，第二覆层由 p 型化合物半导体层形成。例如，当第一覆层由 n 型 AlGaN 层形成时，第二覆层是由 p 型 AlGaN/GaN 层形成。

一对 n 型电极 54 设置在第一化合物半导体层 53 的两个台阶区域上，而 p 型电极 52 设置在第二化合物半导体层 55 的顶面上，通过电极将电子和空穴分别注入到第一化合物半导体层 53 和第二化合物半导体层 55 中。被注入的电子和空穴在有源层 57 中复合在一起并消失以激发短波段的光。

5 发射的光的颜色依据波段变化。光的波段由用于形成发光二极管 50 的材料在导带与价带间的能量宽度决定。

III-V 族氮化物一般用于形成发射蓝、绿、和 UV 光的半导体材料层。在本发明中，具体地，III-V 族氮化物之中的 GaN 基半导体材料被用于能够产生波长为 420 至 470nm 的蓝光或 UV 光的有源层 57， 并且产生的蓝光穿透沉积在衬底 51 背面的荧光层 59。所产生的蓝光的一部分在荧光层 59 中吸收，并且作为具有与初始的蓝光不同波段的光被射出，例如，黄光，而未吸收的蓝光作为具有原始波长的蓝光被射出。

10 依据将要发射的期望的光的波段可选择性地使用多种荧光材料。当发光二极管由发射蓝光氮化物半导体材料形成时，作为能够将蓝光转换成黄光的荧光材料，可采用以铈 (Ce) 活化的、包括从由钇 (Y)、镥 (Lu)、钪 (Sc)、镧 (La)、钆 (Gd) 和钐 (Sm) 构成的组中选取的至少一种元素并包括从由铝 (Al)、镓 (Ga) 和铟 (In) 构成的组中选取的至少一种元素的石榴石 (garnet) 荧光材料。为了控制发射光的波长，在 Y 组、Al 组和石榴石材料的混合物中，由 Y 族中选取的两种荧光材料可以不等量地一起使用。

15 20 例如，一部分 Y 可以由 Gd 替代。

在具有发射 420 至 470nm 波长的蓝光的有源层的发光二极管中，适于将蓝光转换成波长 610 至 625nm 的红光的荧光材料包括： $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^+$ 、 $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{SrY}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{CaLa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$ 、 $(\text{Ca},\text{Sr})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$ 等。适于将蓝光转换成波长 530 至 555nm 的绿光的荧光材料包括： $\text{YBO}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 、 $(\text{Sr},\text{Ca},\text{Ba})(\text{Al},\text{Ga})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ 等。可使用任何发射红光或绿光的荧光材料。

当发光二极管由发射 UV 光的氮化物半导体材料形成时，包括诸如 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{Eu}^{3+}\text{Bi}^{3+}$ 和 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$ 的红色荧光剂、诸如 $(\text{Ba}_{1-x-y-z}\text{Ca}_x\text{Sr}_y\text{Eu}_z)(\text{Mg}_{1-w}\text{Zn}_w)\text{Si}_2\text{O}_7$ 和 $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 的绿色荧光剂、以及诸如 $(\text{Sr},\text{Ba},\text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ (SECA)、 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ (BAM) 和 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 的蓝色荧光剂的荧光材料被用于形成在具有不同厚度的衬底的蚀刻背面上的荧光层 59。在这种情况下，

产生在有源层 57 中的 UV 光在通过荧光层 59 时被转换成红、绿和蓝光，并最终作为白光从发光二极管射出。

在本发明中，如图 3 所示，由于衬底 51 的背面有蚀刻洞 56a，该蚀刻洞 56a 中填充有荧光层 56，因此荧光层 59 在蚀刻洞 56a 处的厚度大于在外围区域 56b 处的厚度。结果，产生在有源层 57 中的光在通过荧光层 59a 的较厚区域传播时被荧光材料吸收的更多，而在通过与周边区域 56b 相对应的较薄区域时被吸收的较少，这使得大量与初始光相比改变了波段的光被发射。

虽然在传统发光二极管中，发射光的波长使用荧光材料来控制，但是在本发明中荧光层 57 的厚度为了发射期望波段的光而被适当的改变。或者，光可以通过改变衬底 51 的蚀刻洞 56a 的形状而被增强。例如，蚀刻洞 56a 的倾斜角和底部曲率可以为了控制通过衬底入射到荧光层 59 上的光的量而改变。

图 4 是根据本发明中第二实施例的具有多个蚀刻洞的发光二极管的截面图。

参照图 4，衬底 61 的背面被蚀刻而形成了多个蚀刻洞 66a，而荧光层 69 形成在衬底 61 中以填盖蚀刻洞 66a，由此获得了如图 4 所示的发光二极管的结构。

产生在半导体材料层 65 的有源层 67 中的蓝光或 UV 光穿过衬底 62 传输，并进入荧光层 69。由于荧光层 69 在蚀刻洞 66a 的厚度比在周边区域 66b 的厚度大，因此入射在蚀刻洞 66a 上并穿过荧光层 69 的较厚区域传播的光与穿过周边区域 66b 传播的光相比，易于激发和吸收更多存在于荧光层 69 中的荧光颗粒。换言之，产生在有源层 67 中的蓝光或 UV 光在穿过形成有蚀刻洞 66a 的荧光层 69 的较厚区域传播时，很有可能被转换成黄光、或者具有与初始的蓝或 UV 光不同的波长的红、绿和蓝光。另外，穿过荧光层 69 的形成周边区域 66b 的较薄区域传播的光，很有可能作为初始的蓝或 UV 光射出，而未改变波段。

荧光层 69 的厚度可以通过适当地改变蚀刻洞 66a 的数量和深度而调整为不同水平。结果，产生在半导体材料层 65 的有源层 67 中的光在穿过荧光层 69 传播的同时被转换为波段不同于初始光的光，使得可以从二极管中发射均匀的白光。

在图 4 中，附图标记 62 表示 p 型电极，而附图标记 64 表示 n 型电极。构成图 4 的发光二极管的化合物半导体层的材料、性质和功能与根据上述第一实施例的发光二极管的相同。

图 5 是示出根据本发明第三实施例的发光二极管的结构的截面图。参 5 照图 5，衬底 71 具有均匀的厚度。第一荧光层 79a 沉积在衬底 71 的背面上，而第二荧光层 79b 形成在第一荧光层 79a 的一个区域上。因此，包括第一和第二荧光层 79a 和 79b 总荧光层具有不同的厚度。附图标记 72 是表示 p 型电极，附图标记 74 表示 n 型电极，而附图标记 75 表示半导体材料层。

图 6 是示出根据本发明第四实施例的发光二极管的结构的截面图。参 10 照图 6，衬底 81 具有均匀的厚度。第一荧光层 89a 沉积在衬底 81 的背面上，而多个荧光层 89b 呈条形形成在第一荧光层 89a 上。因此包含第一和第二荧光层 89a 和 89b 的总荧光层具有不同的厚度。附图标记 82 表示 p 型电极，附图标记 84 表示 n 型电极，而附图标记 85 表示半导体材料层。或者，多个第二荧光层 89a 可形成为点状。

15 在上述第三和第四实施例中，构成每一个发光二极管的化合物半导体层的材料、性质和功能是与根据本发明第一实施例的发光二极管相同的。使用具有不同厚度的荧光层 79a (89a) 和 79b(89b) 发射白光的原理于第一实施例的相似。虽然，在根据本发明第一和第二实施例的发光二极管中，具有不同厚度的荧光层是通过蚀刻衬底实现的，但是在根据本发明第三和 20 第四实施例的发光二极管中，具有不同厚度荧光层是通过使用两个分别的荧光层 79a (89a) 和 79b (89b) 实现的。

在根据本发明第三和第四实施例的发光二极管中，当产生于半导体材料层 75 (85) 的有源层 77 (87) 的蓝或 UV 光穿过第一和第二荧光层 79a (89a) 和 79b (89b) 两者传播时，蓝或 UV 光很有可能被改变波段，并且 25 作为黄光，或者与仅穿过第一荧光层 79a (89a) 传播的蓝或 UV 光相比的红、绿和蓝光射出。换言之，通过适当地改变构成第二荧光层 79b (89b) 的图案的厚度和数量，可以产生均匀的白光。

上述根据本发明第一至第四实施例的发光二极管是用于说明性的目的，因此，蚀刻洞的形状和数量以及荧光层的厚度和形状可以做各种改变。

30 图 7A 至 7D 说明了用于制造根据本发明发光二极管的方法的第一实施例的截面图。参照图 7A，第一化合物半导体层 53、有源层 57 和第二化合

物半导体层 55 依次沉积在有源层 51 的顶面上，并且第一化合物半导体层 53 通过光刻构图，以在第一化合物半导体层 53 上形成一个台阶。 n 型电极 54 呈条形设置于第一化合物半导体层 53 的图案化表面上，而 p 型电极 52 设置于第二化合物半导体层 55 的顶面上。

5 参照图 7B，以荧光层 57 填充的蚀刻洞 56b 通过干法蚀刻形成在衬底 51 的背面中。在蚀刻衬底 51 前，衬底 51 的背面经过研磨、磨光或抛光处理。掩模层（未示出）形成在衬底 51 的背面上，并构图为与蚀刻洞 56a 一致的掩模图案。衬底 51 的背面使用从由 Cl_2 , BCl_3 , Ar , O_2 和 HBr 构成的组中选取的至少一种气体以掩模图案为蚀刻掩模进行蚀刻，从而形成如图
10 10 所示的蚀刻洞 56。

图 9A 和 9B 显示通过蚀刻形成在蓝宝石衬底内的蚀刻洞。图 9A 的蚀刻洞 56c 相对宽且浅，而图 9B 的蚀刻洞相对窄且深。蚀刻洞 56c (56d) 的深度和宽度依据沉积于其中的荧光层的厚度确定。例如，蓝宝石衬底的背面被蚀刻，使得产生具有大约 $50\mu\text{m}$ 的深度和 250 至 $500\mu\text{m}$ 的宽度的蚀刻
15 洞 56c (56d)。

参照图 7C，蚀刻洞 56a 形成后，荧光层材料通过沉积或旋涂施用于蚀刻洞 56a 和外围区域 56b，以形成荧光层 59，如图 6C 所示。结果，发光二极管结构 58 被形成。根据本发明，可以通过单一过程使荧光层 59 均匀地沉积在整个衬底 51 上。因此。用于制作发光二极管的全部过程很简便。

20 图 10A 和 10B 分别是具有通过在图 9A 和 9B 的衬底背面的蚀刻洞 56c 和 56d 中填充而形成的钇-铝-石榴石 (YAG) 荧光层 59c 和 59d 的发光二极管的照片。在图 10A 和 10B 中，蚀刻洞中的 YAG 荧光层 59c 和 59d 显示出白色。

25 最后，如图 7D 所示，发光二极管结构 58 在两个邻近的 n 型电极 54 的连接区域处切开，成为多个发光二极管 50。

图 8A 至 8E 是说明用于制造根据本发明实施例的发光二极管的方法的第二实施例的截面图。参照图 8A，第一化合物半导体层 73、有源层 77 和第二化合物半导体层 75 依次沉积在衬底 71 的顶面上，并且第一化合物半导体层 73 被利用光刻构图，以在第一化合物半导体层 73 上形成台阶。 n 型电极 74 呈条形设置于第一化合物半导体层 73 的图案化表面上，而 p 型电极 72 设置于第二化合物半导体层 75 的顶面上。
30

参照图 8B，荧光层材料通过沉积或旋涂施用于衬底 71 的背面上，以形成第一荧光层 79a。接着，如图 8C 所示，具有预定图案的掩模层 76 被设置在第一荧光层 79a 上，并且荧光层材料被适用于第一荧光层 79a 上，以形成第二荧光层 79b。结果，形成了带有荧光层的发光二极管结构 78，包括具有不同厚度的第一和第二荧光层 79a 和 79b，如图 8D 所示。最后，如图 8E 所示，发光二极管结构 78 被切成多个发光二极管 50，从而完成所需的发光二极管 50 的制造。

根据本发明发光二极管被制造为具有不同厚度的荧光层，其中具有不同厚度的荧光层可以通过蚀刻衬底至不同的深度，再施用荧光材料至衬底的蚀刻表面而形成。或者，具有不同厚度荧光层可以通过在具有均匀厚度衬底上沉积荧光材料至不同的厚度而形成。在根据本发明的发光二极管中，产生在有源层中的光在穿过具有不同厚度荧光层时改变波长。穿过荧光层传播时波段变化的光与有源层中产生的初始光的比率通过利用改变荧光层的厚度控制，使得期望的均匀的白光可以根据本发明的二极管中射出。
15 用于制造根据本发明的二极管的方法适于大规模生产，其过程简单，例如，蚀刻衬底的背面或通过沉积或旋涂在衬底衬底上施用荧光材料。

虽然，本发明已经参照其实施例具体地示出和描述，本领域技术人员应理解在不脱离由本发明的权利要求所限定的精神和范围的基础上，可以在形式和细节上作出各种变化。

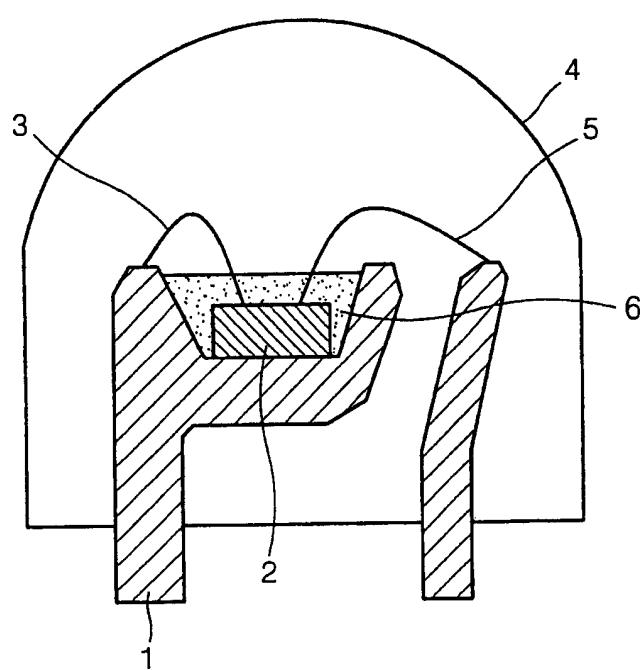


图 1

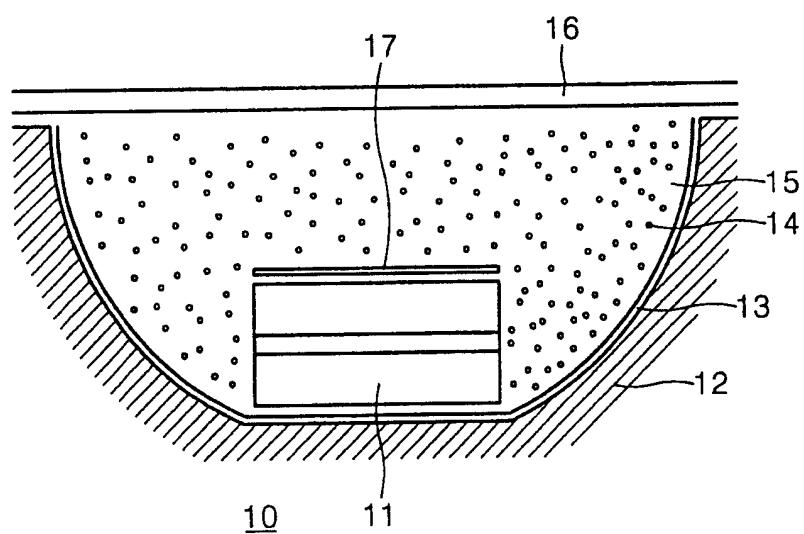


图 2

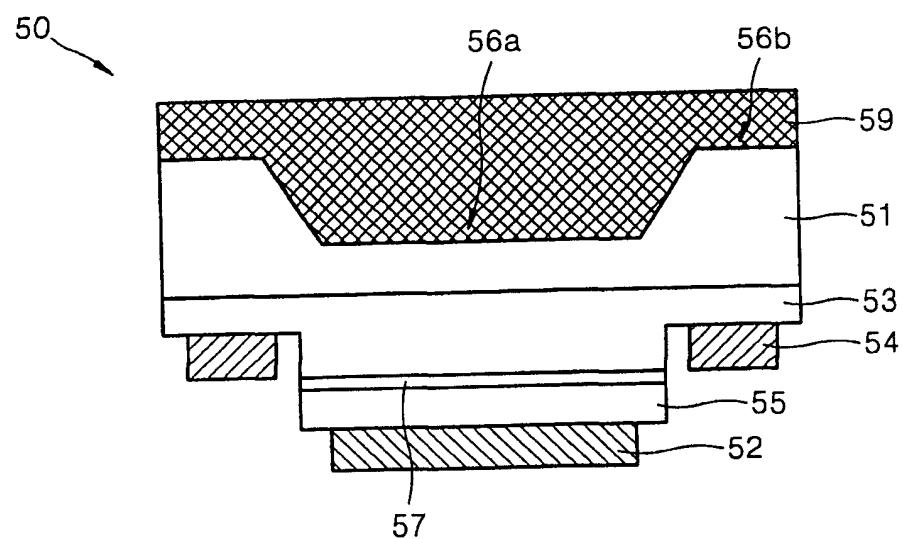


图 3

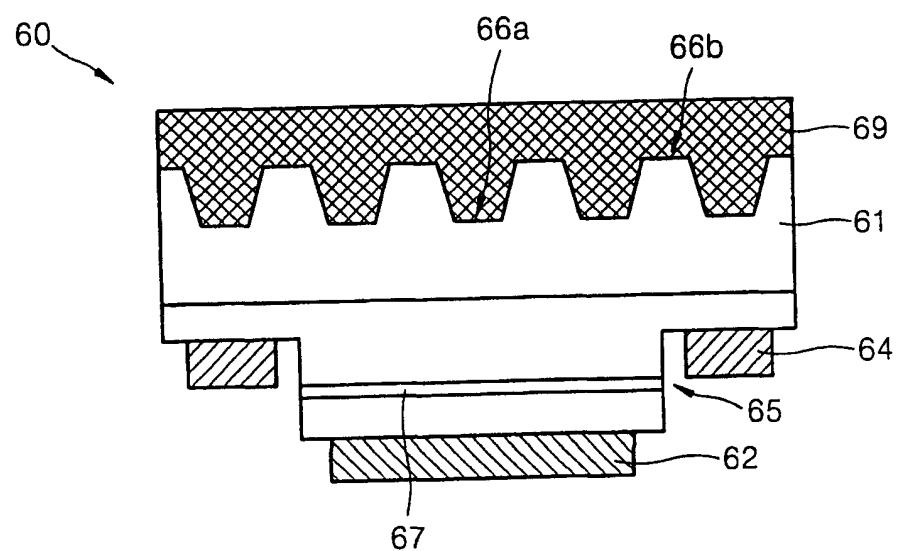


图 4

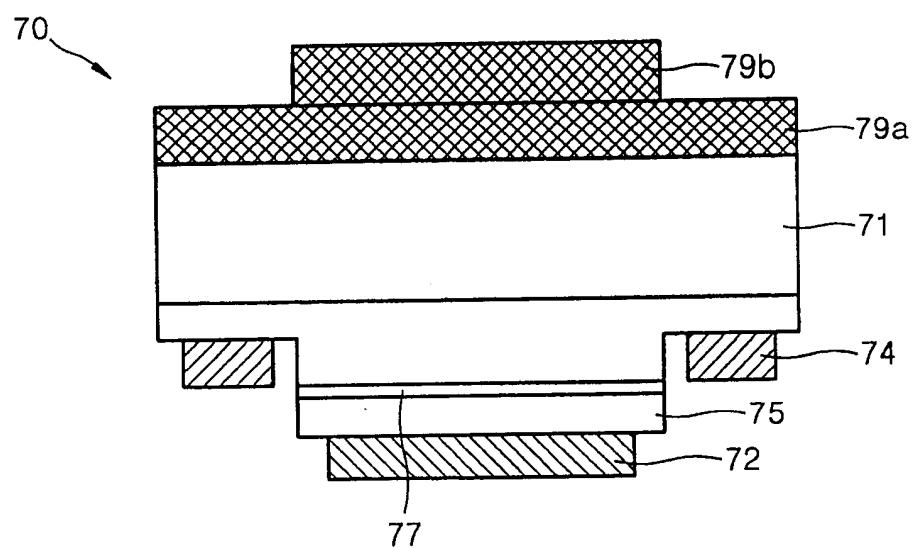


图 5

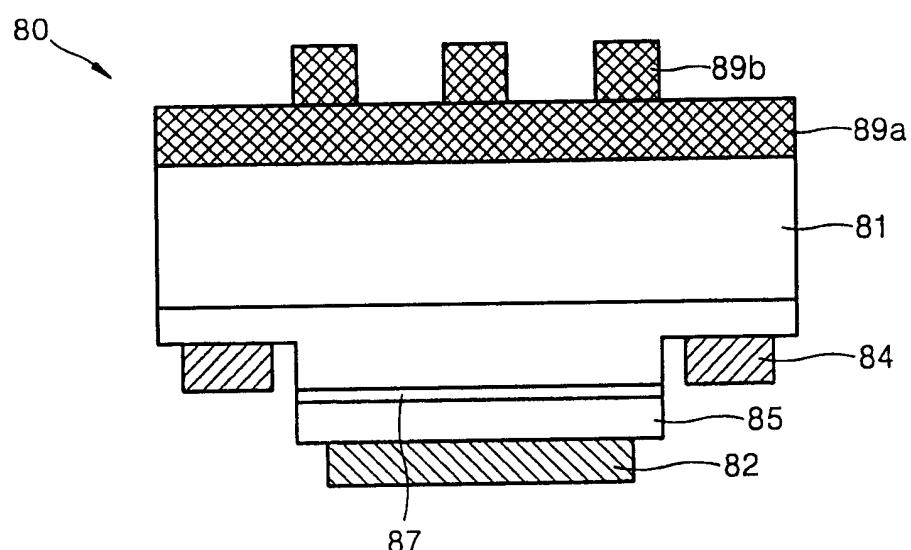


图 6

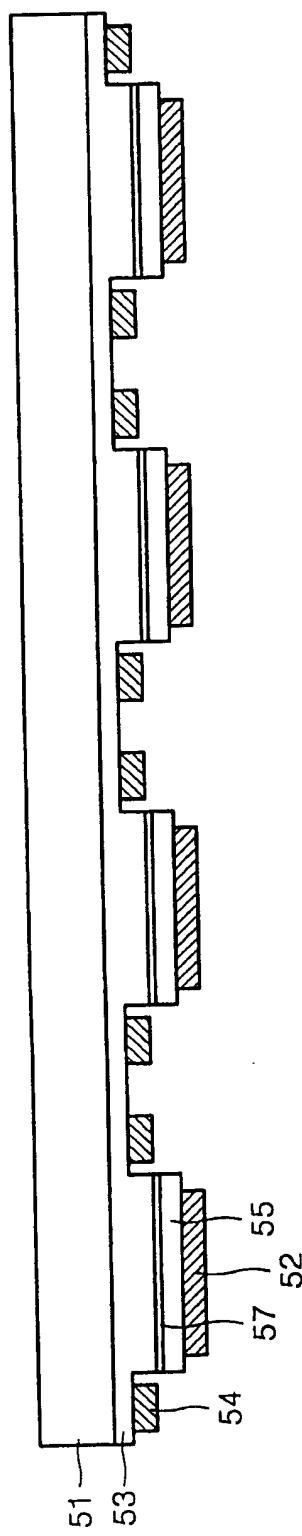


图 7A

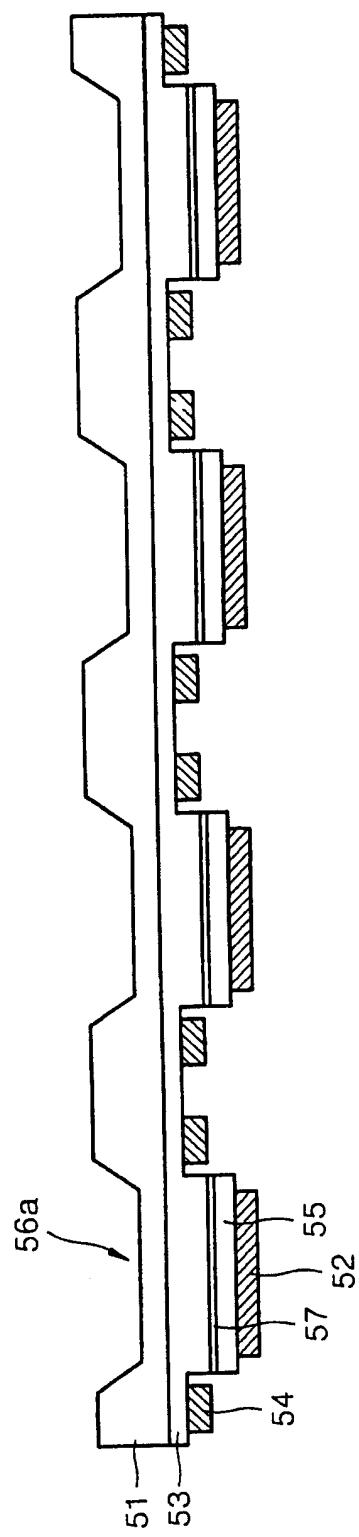


图 7B

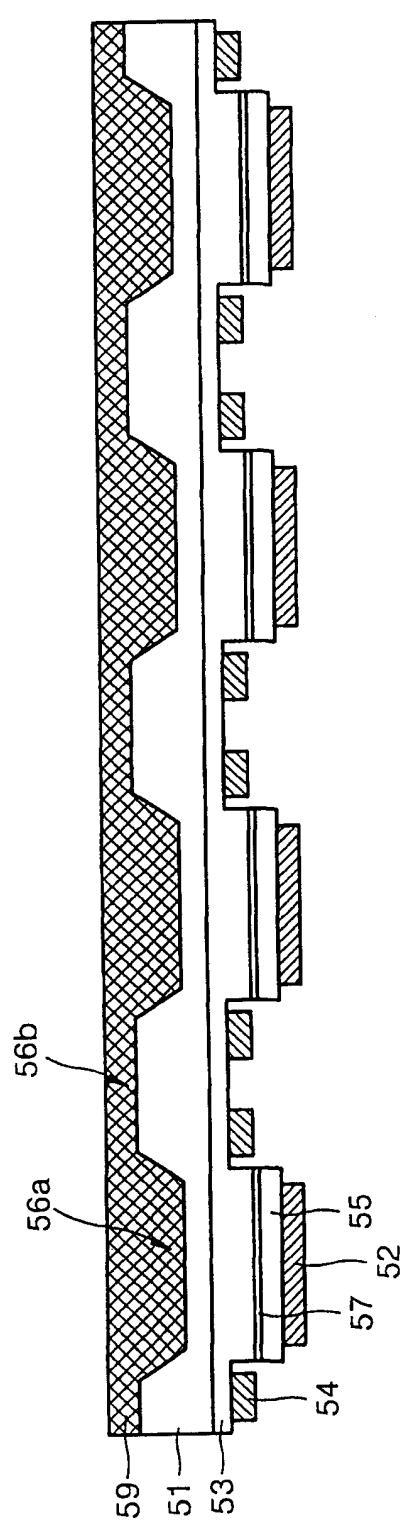


图 7C

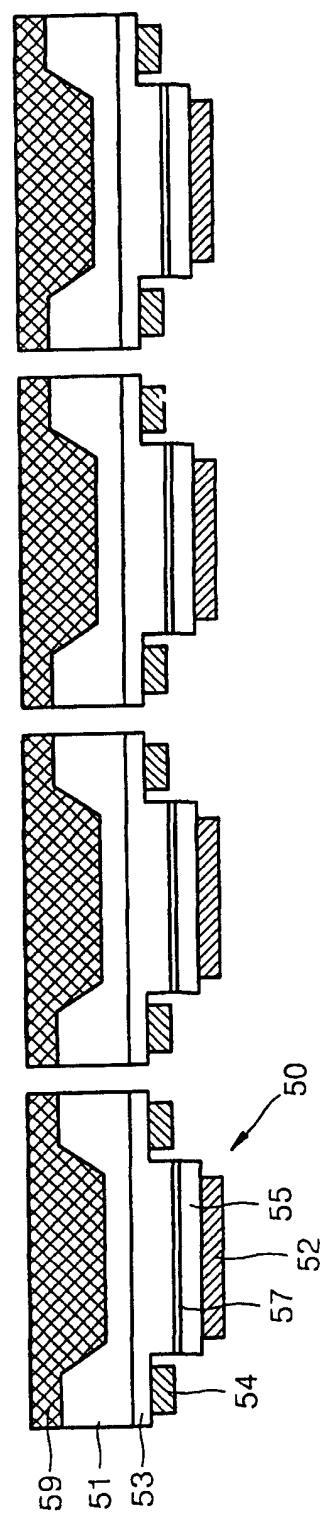
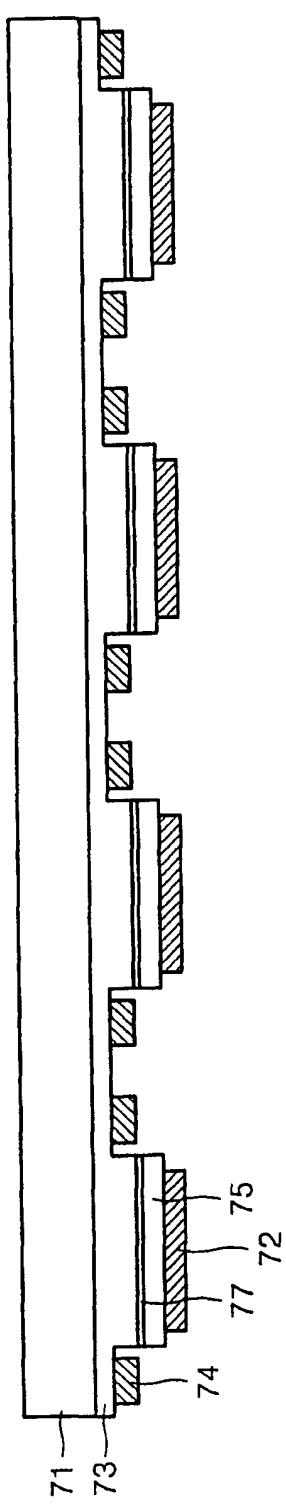
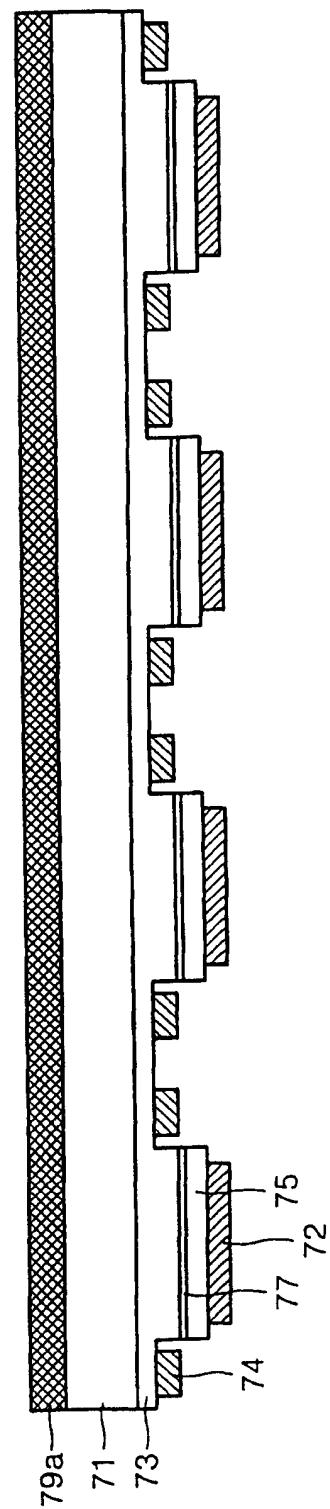


图 7D



8A
四



8B

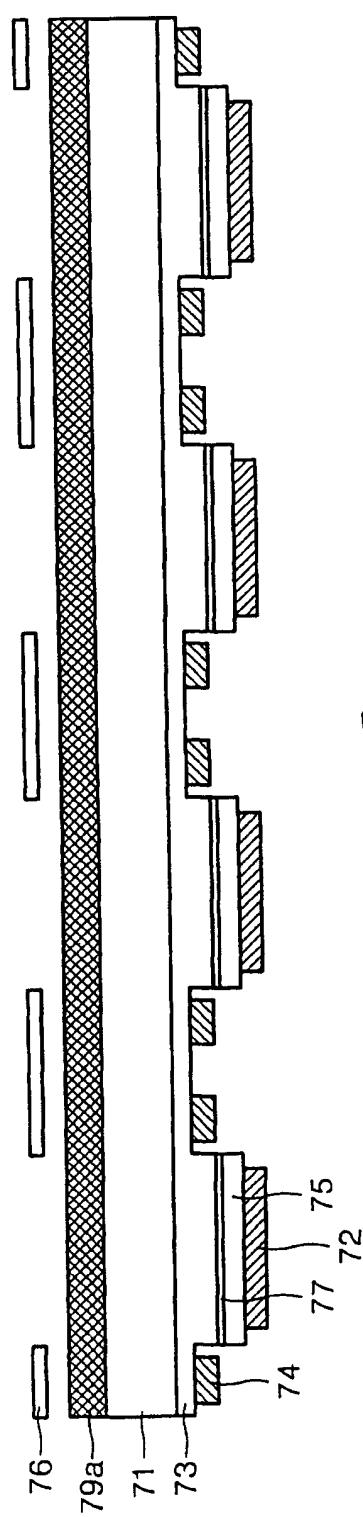


图 8C

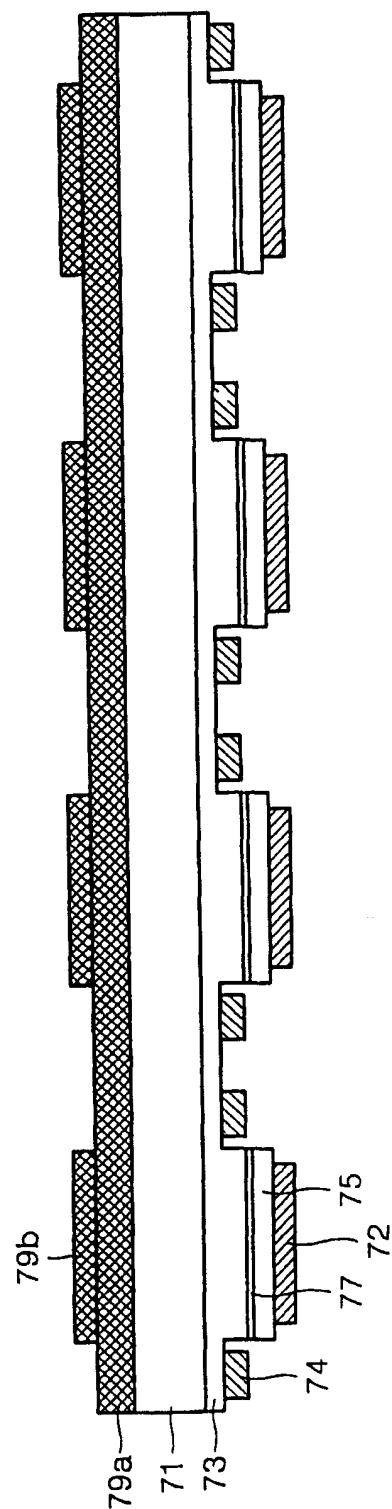


图 8D

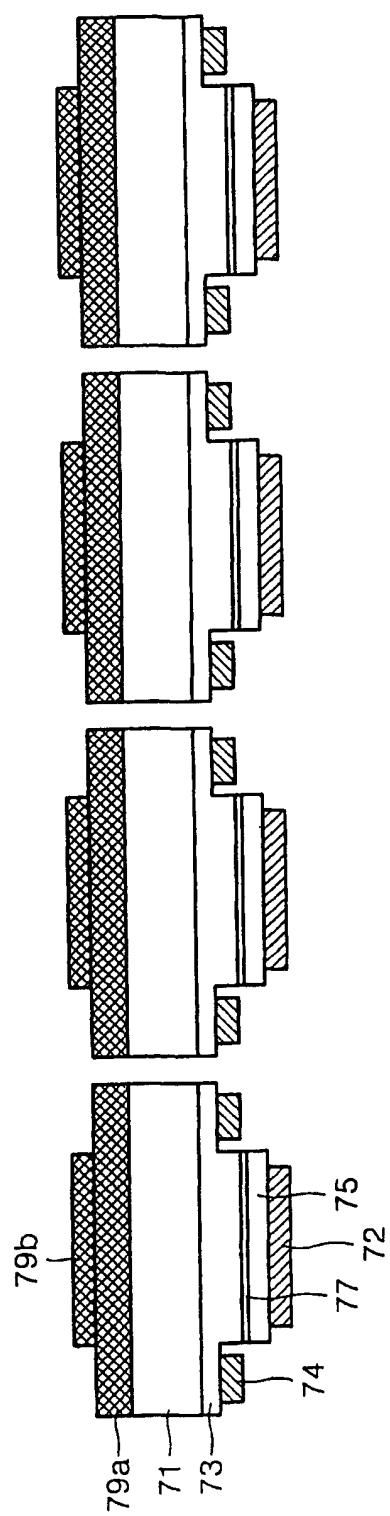


图 8E



图 9A

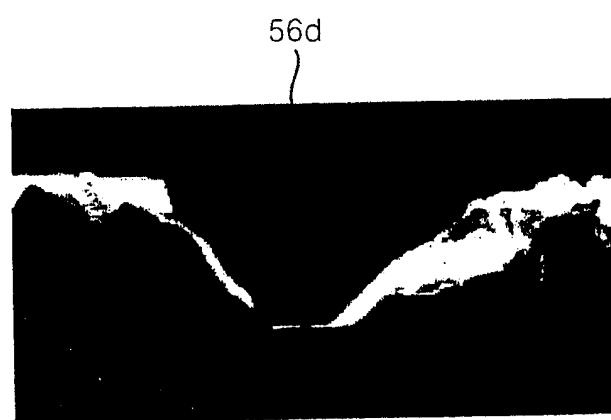


图 9B

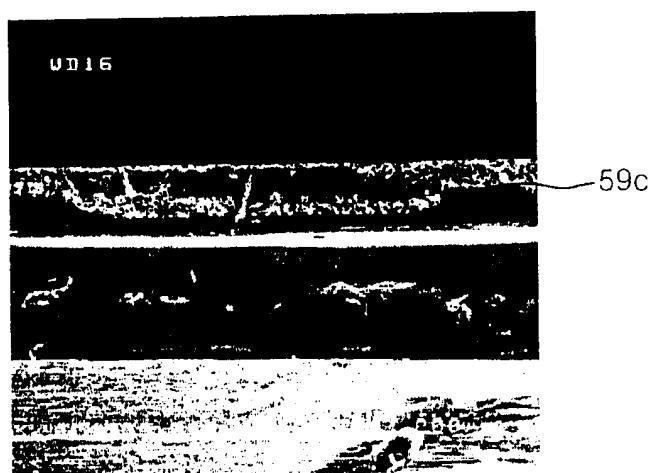


图 10A

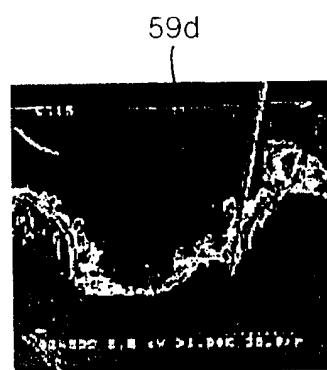


图 10B