



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101026212 B

(45) 授权公告日 2010.06.16

(21) 申请号 200610149272.3

11 行至第 11 页第 13 行、说明书附图 4.

(22) 申请日 2006.11.21

审查员 周忠堂

(30) 优先权数据

18445/06 2006.02.24 KR

(73) 专利权人 三星电机株式会社

地址 韩国京畿道

(72) 发明人 尹哲胡 孙哲守 李庭旭 金柱成

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陶凤波

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1532953 A, 2004.09.29, 全文.

US 2006/0006407 A1, 2006.01.12, 说明书第
0027 段至第 0048 段、说明书附图 2-4.

TW M265766, 2005.05.21, 说明书第 8 页第

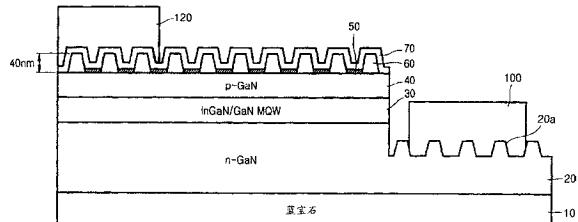
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 8 页

(54) 发明名称

氮化物基半导体发光器件及其制造方法

(57) 摘要

提供了一种结构被改进以提高光取出效率的氮化物基半导体发光器件及其制备方法。该方法包括如下操作：在衬底上依次形成 n 盖层、有源层和 p 盖层；在 p 盖层的上表面上形成多个掩蔽点；在掩蔽点之间的 p 盖层部分上形成具有粗糙表面的 p 接触层；从 p 接触层的部分上表面干蚀刻至 n 盖层的预定深度，从而将 n 盖层的 n 接触表面形成具有与 p 接触层相同的粗糙形状的粗糙 n 接触表面；在粗糙 n 接触表面上形成 n 电极；以及在 p 接触层上形成 p 电极。



1. 一种氮化物基半导体发光器件的制造方法,包括:
在衬底上依次形成 n 盖层、有源层和 p 盖层;
在所述 p 盖层的上表面上形成多个掩蔽点;
在所述掩蔽点之间的 p 盖层部分上形成具有粗糙表面的 p 接触层,其中所述 p 接触层不形成在所述掩蔽点上;
从所述 p 接触层的部分上表面干蚀刻至所述 n 盖层的预期深度,从而形成具有与所述 p 接触层相同的粗糙形状的所述 n 盖层的粗糙 n 接触表面;
在所述粗糙 n 接触表面上形成 n 电极;以及
在所述 p 接触层上形成 p 电极。
2. 权利要求 1 的方法,其中所述掩蔽点由 Si_xN_y 形成。
3. 权利要求 2 的方法,其中所述掩蔽点利用选自有机金属化学气相沉积工艺和分子束外延工艺的工艺形成。
4. 权利要求 3 的方法,其中可通过供应 Si 气态源和 N 气态源并使 Si 气态源和 N 气态源化学反应形成所述掩蔽点。
5. 权利要求 4 的方法,其中所述 Si 气态源包括选自 SiH_4 、 Si_2H_6 、二叔丁基硅烷和三乙基硅烷的至少一种材料。
6. 权利要求 4 的方法,其中所述 N 气态源包括 NH_3 。
7. 权利要求 1 的方法,其中所述 p 接触层由与用于形成所述 p 盖层的材料基本相同的材料形成。
8. 权利要求 1 的方法,其中所述 p 接触层的粗糙表面的深度等于或大于 10nm。
9. 权利要求 1 的方法,其中所述 p 电极包括透明电极和反射电极中至少一个。
10. 一种利用权利要求 1 的方法制造的氮化物基半导体发光器件。
11. 一种氮化物基半导体发光器件,包括:
n 盖层,具有通过蚀刻所述 n 盖层的上表面的预定部分形成的台阶部分,其中所述台阶部分具有粗糙的 n 接触上表面;
形成于所述 n 盖层的上表面上的有源层;
形成于所述有源层上的 p 盖层;
形成于所述 p 盖层的上表面上的多个掩蔽点;
形成于所述掩蔽点之间的 p 盖层部分上以具有粗糙结构的 p 接触层,其中所述 p 接触层不形成在所述掩蔽点上;
形成于所述粗糙的 n 接触表面上的 n 电极;以及
形成于所述 p 接触层上的 p 电极。
12. 权利要求 11 的氮化物基半导体发光器件,其中所述掩蔽点由 SiN 形成。
13. 权利要求 11 的氮化物基半导体发光器件,其中所述 p 接触层由与用于形成所述 p 盖层的材料基本相同的材料形成。
14. 权利要求 11 的氮化物基半导体发光器件,其中所述 p 接触层的粗糙表面的深度等于或大于 10nm。
15. 权利要求 11 的氮化物基半导体发光器件,其中所述 p 电极包括透明电极和反射电极中至少一个。

氮化物基半导体发光器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种半导体发光器件，尤其涉及一种结构被改进以提高光取出效率的氮化物基半导体发光器件及其制造方法。

背景技术

[0002] 发光二极管(LED)是利用化合物半导体的特性用于发射红外线、可见光或者其他光线形式的电能的器件。III族氮化物化合物半导体是直接跃迁半导体。III族氮化物化合物半导体被广泛应用于发光器件，例如LED或激光二极管(LD)，因为此LED或LD相比于利用其他半导体的器件能够在高温下更加稳定地工作。这种III族氮化物化合物半导体通常形成在蓝宝石(Al_2O_3)或SiC衬底上。LED的发射效率取决于其内量子效率和光取出效率。为提高光发射效率，正在开发各种提高光取出效率的发光二极管结构。

[0003] 图1A和1B是示出依赖于具有不同折射率的材料层之间的界面结构的光路的示意图。图1A中，第一材料层2具有平坦界面8a，和图1B中，第一材料层2具有粗糙界面8b。

[0004] 参照图1A，当光想要从具有较大折射率的第一材料层2通过进入具有较小折射率($n = 1$)的空气层4时，光至少必须以预定角度进入平坦界面8a。如果光进入的角度小于该预定角度，光在平坦界面8a处被全内反射，且光取出效率大大降低。因此，尝试使界面成为非平坦的方法以避免光取出效率降低。

[0005] 参照图1B，通过在第一材料层2与空气层4之间形成粗糙界面8b，从第一材料层2进入空气层4的光保持等于或大于在粗糙界面8b处预定入射角的角度。结果是，在粗糙界面8b处而不是在平坦界面8a处，显著提高了光取出效率。

[0006] 传统的氮化物基化合物半导体LED通过依次执行以下操作制造：在衬底上依次形成n盖层、有源层和p盖层；从p盖层的部分上表面蚀刻至n盖层的预期深度，从而形成n接触表面；在n接触表面上形成n电极；以及在p盖层上形成p电极。由于氮化物基化合物半导体的折射率高于空气层的折射率($n = 1$)，例如，具有2.54的GaN折射率n，因此在传统LED结构中，在有源层处产生的光难以通过平坦的GaN表面并取出到外面。于是氮化物基半导体LED的光取出效率不高。为解决此问题，提议在p接触层或n接触层上形成粗糙表面。而且，日本专利公开第2004-221529号公开了一种在没有形成p型和n型电极层处的非电极区域的表面处形成粗糙表面的方法。然而，在这些提议的方法中，通过在p接触层的表面上淀积金属点掩模并湿蚀刻p接触层形成粗糙表面，或者通过干蚀刻n盖层以形成n接触层并湿蚀刻n接触层的表面形成，或者通过在非电极区的表面上执行附加的光刻和干蚀刻形成。因此，上述方法需要许多附加的工艺。而且，为了同时得到上述的三种结构，必须全部执行上述工艺，从而使制造工艺变复杂。进一步，在形成粗糙表面的传统技术中，执行形成半导体发光器件的工艺，然后执行附加的化学蚀刻工艺。因此，制造工艺变复杂，且生产率低。

发明内容

[0007] 本发明提供一种结构被改进以提高光取出效率的氮化物基半导体发光器件及其制备方法。

[0008] 按照本发明的一方面，提供一种氮化物基半导体发光器件的制造方法，该方法包括：在衬底上依次形成n盖层、有源层和p盖层；在p盖层的上表面上形成多个掩蔽点；在掩蔽点之间的p盖层部分上形成具有粗糙表面的p接触层；从p接触层的部分上表面干蚀刻至n盖层的预期深度，从而形成具有与p接触层相同的粗糙形状的n盖层的粗糙n接触表面；在粗糙n接触表面上形成n电极；以及在p接触层上形成p电极。

[0009] 按照本发明的另一方面，提供一种氮化物基半导体发光器件，该器件包括：n盖层，具有通过蚀刻n盖层的上表面的预定部分形成的台阶部分，其中台阶部分具有粗糙的n接触上表面；形成于n盖层的上表面上的有源层；形成于有源层上的p盖层；形成于p盖层的上表面上的多个掩蔽点；形成于掩蔽点之间的p盖层部分上以具有粗糙结构的p接触层；形成于粗糙的n接触表面上的n电极；以及形成于p接触层上的p电极。

[0010] 掩蔽点可由 Si_xN_y 形成。掩蔽点可利用选自有机金属化学气相沉积工艺和分子束外延工艺的工艺形成。尤其是，可通过供应Si气态源和N气态源并使Si气态源和N气态源化学反应形成掩蔽点。Si气态源包括选自 SiH_4 、 Si_2H_6 、二叔丁基硅烷(DTBSi)和三乙基硅烷(TESi)的至少一种材料。N气态源包括 NH_3 。优选地，p接触层可由与用于形成p盖层的材料基本相同的材料形成。p接触层的粗糙表面的深度优选等于或大于10nm。p电极可包括透明电极和反射电极中至少一个。

[0011] 按照本发明，可提供结构被改进以提高光取出效率的氮化物基半导体发光器件。尤其是，按照本发明，通过将p接触层、n接触层和n电极形成为具有粗糙表面来制造LED，而不附加光刻和蚀刻工艺，从而最大化LED的光取出效率。

附图说明

[0012] 通过参照附图详细说明本发明的示范性实施例，本发明的上述以及其他特征和优点变得更加明显，其中：

[0013] 图1A是示出在具有不同折射率的材料层之间的平坦界面处的光路的示意图；

[0014] 图1B是示出在具有不同折射率的材料层之间的粗糙界面处的光路的示意图；

[0015] 图2是按照本发明实施例的氮化物基半导体发光器件的放大横截面图；

[0016] 图3是图2的氮化物基半导体发光器件的p接触层的上表面的SEM照片；

[0017] 图4A和4B是分别具有40nm和70nm台阶的粗糙表面时、图2的氮化物基半导体发光器件的p接触层的AFM照片；

[0018] 图5是表示图4A和4B示出的包括分别具有40nm和70nm台阶的粗糙表面的p接触层的氮化物基半导体发光器件样品的光输出特性的曲线图；以及

[0019] 图6A至6F示出了按照本发明的实施例，制造图2的氮化物基半导体发光器件的工艺。

具体实施方式

[0020] 现参考附图更加全面地描述本发明，在附图中示出了本发明的示范性实施例。附图中，为了清楚放大了层和区域的厚度。

[0021] 图 2 是按照本发明实施例的氮化物基半导体发光器件的放大横截面图。图 3 是图 2 氮化物基半导体发光器件的 p 接触层的上表面的 SEM 照片。

[0022] 参照图 2, 氮化物基半导体发光器件包括依次叠置在衬底 10 上的 n 盖层 20、有源层 30、p 盖层 40、多个掩蔽点 50 以及 p 接触层 60。P 接触层 60 形成于 p 盖层 40 上, 位于掩蔽点 50 之间, 且具有粗糙结构。并且, n 电极 100 和 p 电极 120 分别形成于 n 盖层 20 的蚀刻表面 20a 和 p 接触层 60 上。这里, 由于 n 盖层 20 的蚀刻表面 20a 是粗糙的 n 粗糙接触表面 20a, 在有源层 30 中产生并传播到 n 电极 100 的光的大部分可以在 n 粗糙接触表面 20a 处被反射。反射光返回到有源层 30 以改进内量子效率, 或者被取出到外面以提高氮化物基半导体发光器件的光取出效率。

[0023] 需要多个掩蔽点 50, 以便在 p 盖层 40 上形成粗糙 p 接触层 60, 且也可以通过衍射和 / 或散射在有源层 30 中产生的光来提高光取出效率。这里, 掩蔽点 50 可由 SiN 形成。为在 p 盖层 40 上形成 p 接触层 60 的粗糙结构, 可以适当调整掩蔽点 50 的厚度和宽度。

[0024] 优选地, 衬底 10 由 Si、GaAs、SiC、GaN 和蓝宝石中的一种形成。N 盖层 20 可由 n-GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成, 优选是 n-GaN 或 n-GaN/A1GaN。而且, p 盖层 40 可由 p-GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成, 优选是 p-GaN 或 p-GaN/A1GaN。

[0025] 有源层 30 可由通式为 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 以及 $0 \leq x+y \leq 1$) 的 GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成, 且优选由 InGaN 或 A1GaN 形成。这里, 有源层 30 可具有多量子阱 (MQW) 结构或者单量子阱结构。有源层 30 的此结构不会限制本发明的技术范围。例如, 有源层 30 具有 GaN/InGaN/GaN MQW 结构或者 GaN/A1GaN/GaN MQW 结构可能是最优先的。

[0026] P 接触层 60 可由基本与 p 盖层 40 相同的材料形成。例如, p 接触层 60 可由 p-GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成, 优选是 p-GaN 或 p-GaN/A1GaN。而且, p 接触层 60 的粗糙表面的深度可优先超过 10nm。这里, 由于 p 接触层 60 具有粗糙表面, p 接触层 60 的粗糙表面可以衍射和 / 或散射在有源层 30 中产生的光, 从而提高光取出效率。

[0027] 优选地, p 电极 120 还包括至少一个透明电极 70 或反射电极 (未示出)。透明电极 70 可形成于 p 接触层 60 的整个表面上, 并且可由例如氧化铟锡 (ITO) 的透明导电材料形成。透明电极 70 优先可形成为对应 p 接触层 60 的粗糙结构。

[0028] 在图 2 的氮化物基半导体发光器件中, 当所需电压加在 n 电极 100 和 p 电极 120 之间时, 分别来自 n 盖层 120 和 p 盖层 40 的电子和空穴注入有源层 30 并在有源层 30 中结合, 从而可从有源层 30 发射光。

[0029] 按照本发明的当前实施例, 氮化物基半导体发光器件的光发射表面是粗糙的, 以便衍射和 / 或散射在有源层 30 中产生的光, 从而提高光取出效率。而且, 在 n 盖层 20 处形成 n 接触粗糙表面 20a, 和在 n 接触表面 20a 上形成 n 电极 100, 从而相比于现有技术提高了光取出效率。因此, 按照本发明当前实施例的氮化物基半导体发光器件的光取出效率相比于现有技术可得以改善。

[0030] 图 4A 和 4B 是当具有分别为 40nm 和 70nm 深度的粗糙表面时, 图 2 的氮化物基半导体发光器件的 p 接触层 60 的 AFM 照片。图 5 是表示包括图 4A 和 4B 示出的分别具有 40nm 和 70nm 台阶的粗糙表面的 p 接触层的氮化物基半导体发光器件样品的光输出特性的曲线图。这里, 平面样品是传统具有蓝宝石 / n-GaN/MQW/p-GaN 结构的平坦表面 LED, 以及织构 1

样品和织构 2 样品是包括具有分别为 40nm 和 70nm 深度的粗糙表面的 p 接触层的氮化物基半导体发光器件。

[0031] 图 6A 至 6F 是按照本发明实施例的、图 2 的氮化物基半导体发光器件的制造工艺的示意图。采用此方法，可通过将 p 接触层 60、n 接触表面 20a 和 n 电极 100 形成为具有粗糙表面来制备氮化物基半导体发光器件，而不需要向传统 LED 制造方法增加光刻和蚀刻工艺，从而最大化光取出效率。

[0032] 参照图 6A，通过在衬底 10 上堆叠相同的材料层（例如，在 GaN 衬底上生长 GaN 基结晶层）或不同的材料层（例如，在蓝宝石衬底上生长 GaN 基结晶层），形成 n 盖层 20。衬底 10 可由 Si、GaAs、SiC、GaN 或蓝宝石形成。n 盖层 20 可由 n-GaN 基 III-V 族氮化物基半导体形成，且优选可由 n-GaN 或 n-GaN/A1GaN 形成。

[0033] 此后，相继在 n 盖层 20 上形成有源层 30 和 p 盖层 40。有源层 30 可由通式为 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 以及 $0 \leq x+y \leq 1$) 的 GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成，且优选可由 InGaN 或 A1GaN 形成。这里，有源层 30 可具有多量子阱 (MQW) 结构或者单量子阱结构。有源层 30 的此结构不会限制本发明的技术范围。优选地，有源层 30 可具有 GaN/InGaN/GaNMQW 结构或者 GaN/A1GaN/GaN MQW 结构。

[0034] 而且，p 盖层 40 可由 p-GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成，且优选可由 p-GaN 或 p-GaN/A1GaN 形成。

[0035] n 盖层 20、有源层 30 和 p 盖层 40 均可通过气相淀积形成，例如卤化物或氢化物气相外延 (HVPE)、金属有机化学气相淀积 (MOCVD) 或分子束外延 (MBE)。这些气相淀积方法是公知的，因此省略其详细说明。

[0036] 参照图 6B 和 6C，在 p 盖层 40 的上表面上形成多个掩蔽点 50。

[0037] 掩蔽点 50 可由 Si_xN_y 形成，且可利用有机金属化学气相淀积工艺或分子束外延工艺形成。更具体地，通过向 p 盖层 40 的上表面供应 Si 气态源和 N 气态源并使 Si 气态和 N 气态化学反应，形成掩蔽点 50。这里，Si 气态源包括 SiH_4 、 Si_2H_6 、二叔丁基硅烷 (DTBSi, ditributyle silane) 和三乙基硅烷 (TESi) 中的至少一种，和 N 气态源包括 NH_3 。掩蔽点 50 可形成几个 nm 至几百 nm 的厚度。

[0038] 此后，在 p 盖层 40 上形成位于掩蔽点 50 之间的具有粗糙结构的 p 接触层 60。由于掩蔽点 50 由例如 Si_xN_y 的氮化物形成，在掩蔽点 50 上没有外延生长 III-V 族氮化物半导体。利用氮化物的此特性，可形成具有粗糙结构的 p 接触层 60。

[0039] P 接触层可优选由基本与 p 盖层 40 相同的材料形成。例如，p 接触层 60 可由 p-GaN 基 III-V 族氮化物半导体形成，且优选可由 p-GaN 或 p-GaN/A1GaN 形成。而且，p 接触层 60 的粗糙表面的深度可优选不小于 10nm。P 接触层 60 可通过气相淀积形成，例如有机金属化学气相淀积或分子束外延。

[0040] 参照图 6D，通过从 p 接触层 60 的部分上表面干蚀刻至 n 盖层 20 的预期深度并传递 p 接触层 60 的粗糙形状给 n 盖层 20，在 n 盖层 20 上形成 n 接触粗糙表面 20a（图 6D 中未示出）。优选地，可利用等离子体蚀刻工艺干蚀刻 n 盖层 20。

[0041] 参照图 6E 和 6F，在 n 接触粗糙表面 20a 和 p 接触层 60 上，分别形成 n 电极 100 和 p 电极 120。优选地，p 电极 120 可进一步包括透明电极 70 和反射电极（未示出）中至少一个。透明电极 70 可由透明导电材料形成，例如氧化铟锡 (ITO)，通过诸如有机金属化学气

相沉积或分子束外延的气相沉积。透明电极 70 优选可形成于 p 接触层 60 的整个表面上。而且，透明电极 70 优选可对应 p 接触层 60 的粗糙图案形成。

[0042] n 电极 100 和 p 电极 120 可由例如 Al、Ag、Au、Pd 等金属形成。尤其是，n 电极 100 可由具有良好反射特性的材料形成，例如 Ag。利用上述的工艺，可制造本发明的氮化物基半导体发光器件。

[0043] 按照本发明，可提供结构被改进以提高光取出效率的氮化物基半导体发光器件。氮化物基半导体发光器件的发光表面具有粗糙结构以便衍射和 / 或散射在有源层中产生的光，从而增加光取出效率。而且，在 n 盖层处形成粗糙 n 接触表面，和在粗糙 n 接触表面上形成 n 电极，于是相比于现有技术提高了光取出效率。因此，本发明的氮化物基半导体发光器件的光取出效率相比于现有技术得以改善。

[0044] 尤其是，按照本发明，通过将 p 接触层、n 接触层和 n 电极形成为具有粗糙表面来制造 LED，而不附加光刻和蚀刻工艺，从而最大化 LED 的光取出效率。

[0045] 尽管参照其示范性实施例具体示出和描述了本发明，但是本领域普通技术人员会理解，在不脱离附加权利要求界定的本发明精神和范围的情况下，可在其中做出各种形式和细节上的改变。

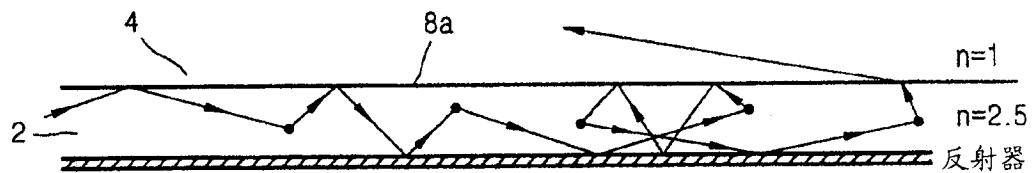


图 1A

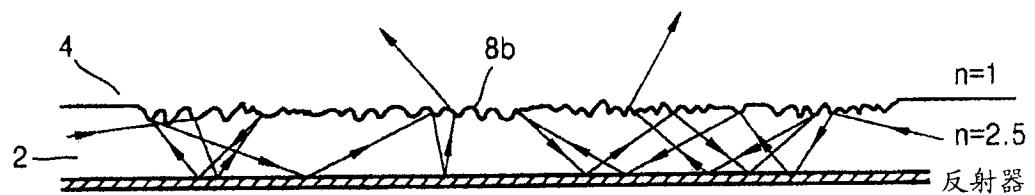


图 1B

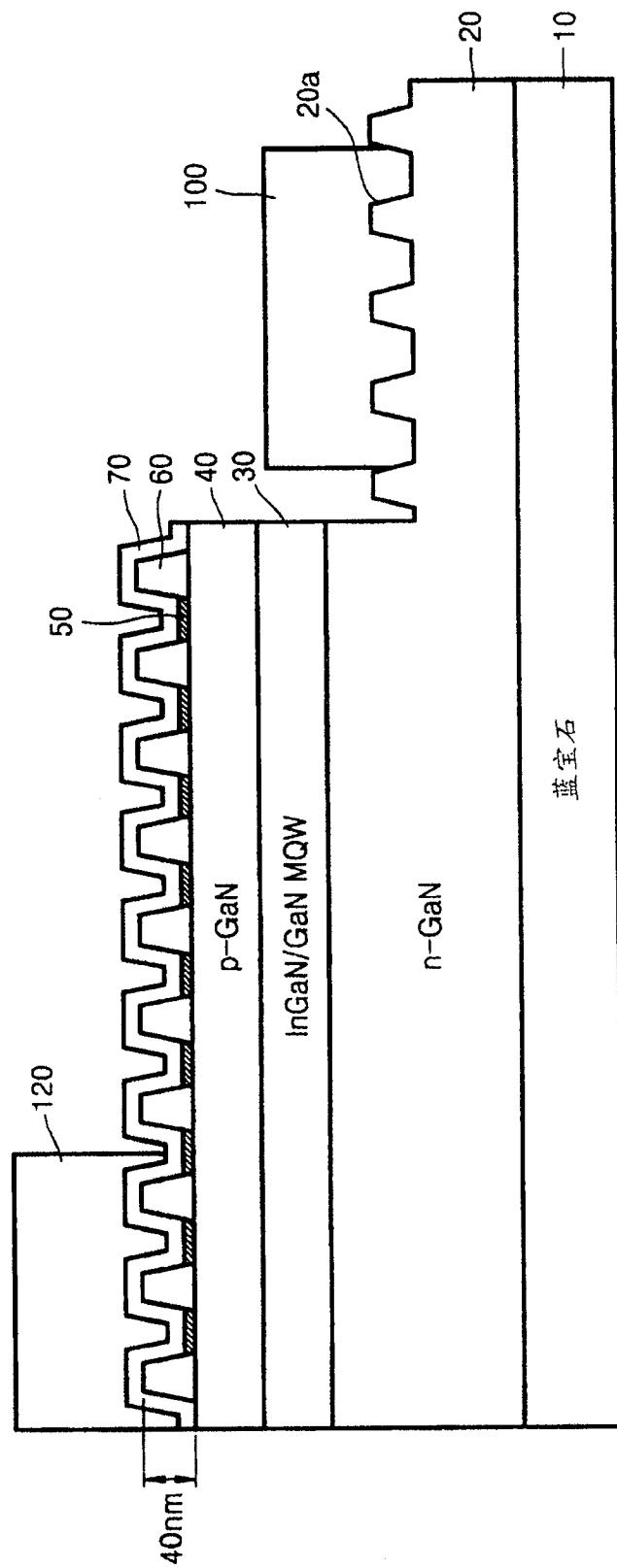
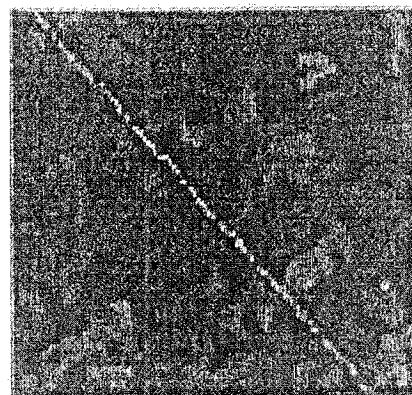
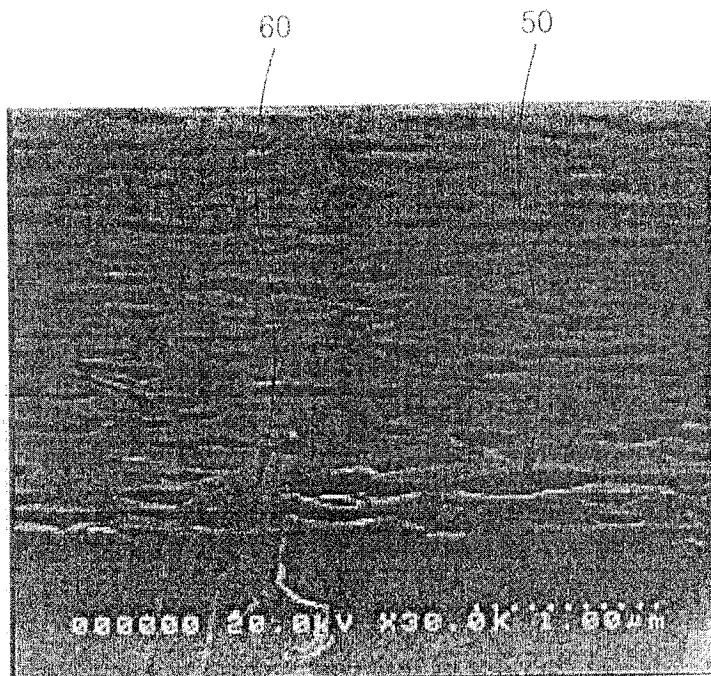


图 2



过度生长

40nm

图 4A

图 3

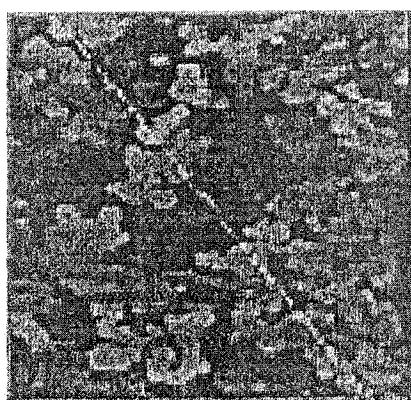
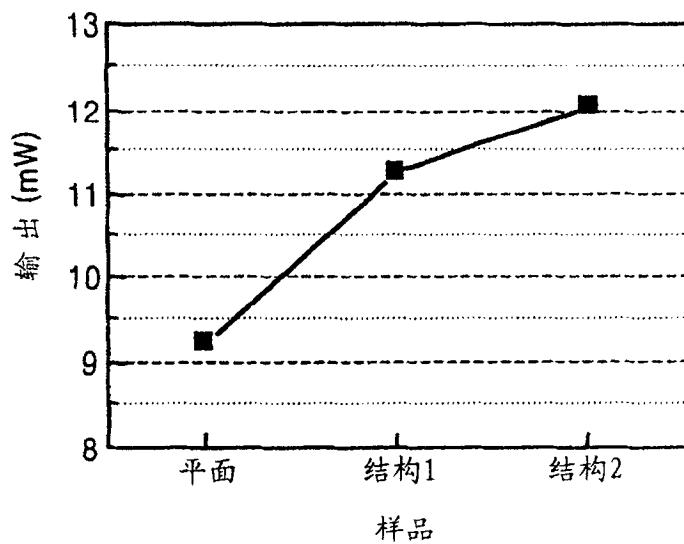
过度生长
70nm

图 4B

图 5

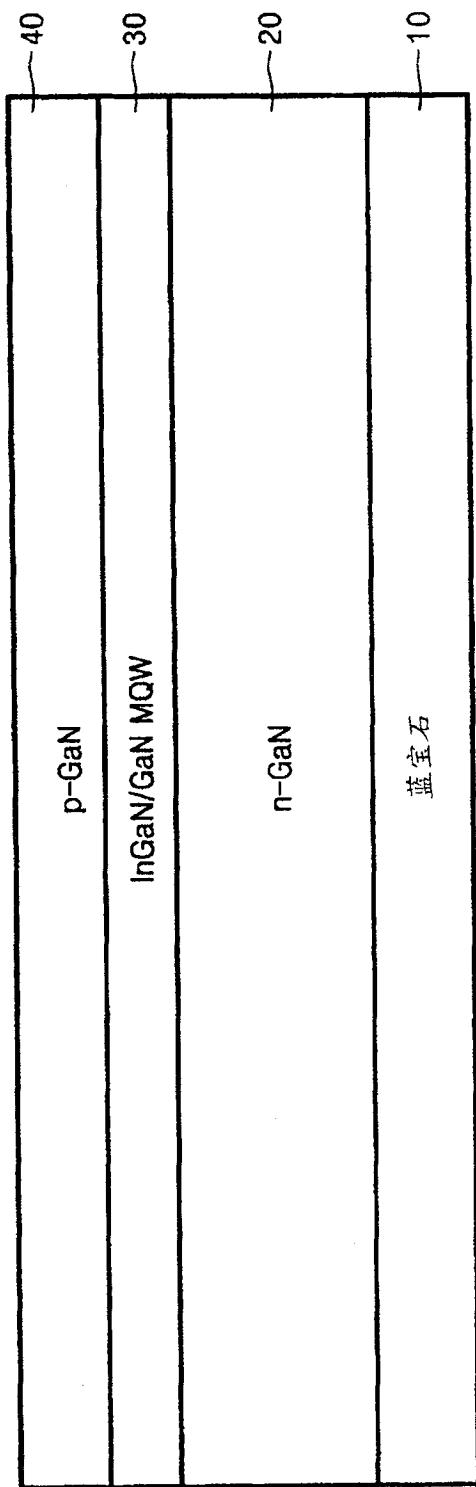


图 6A

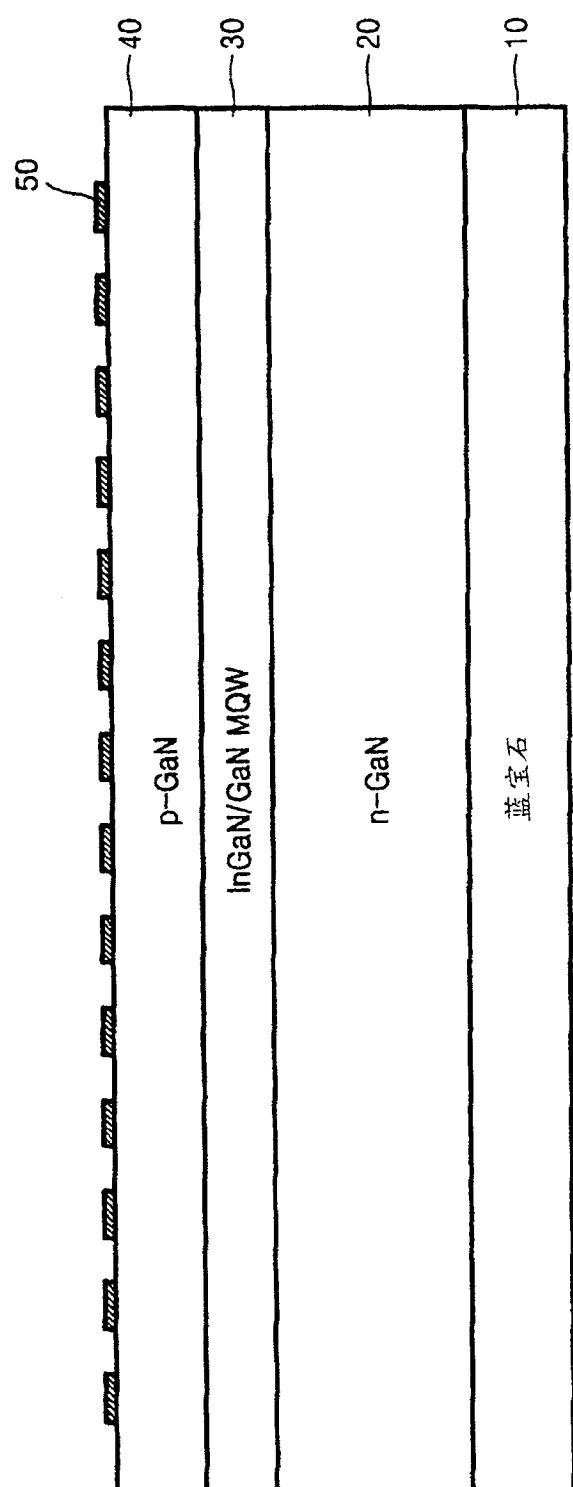


图 6B

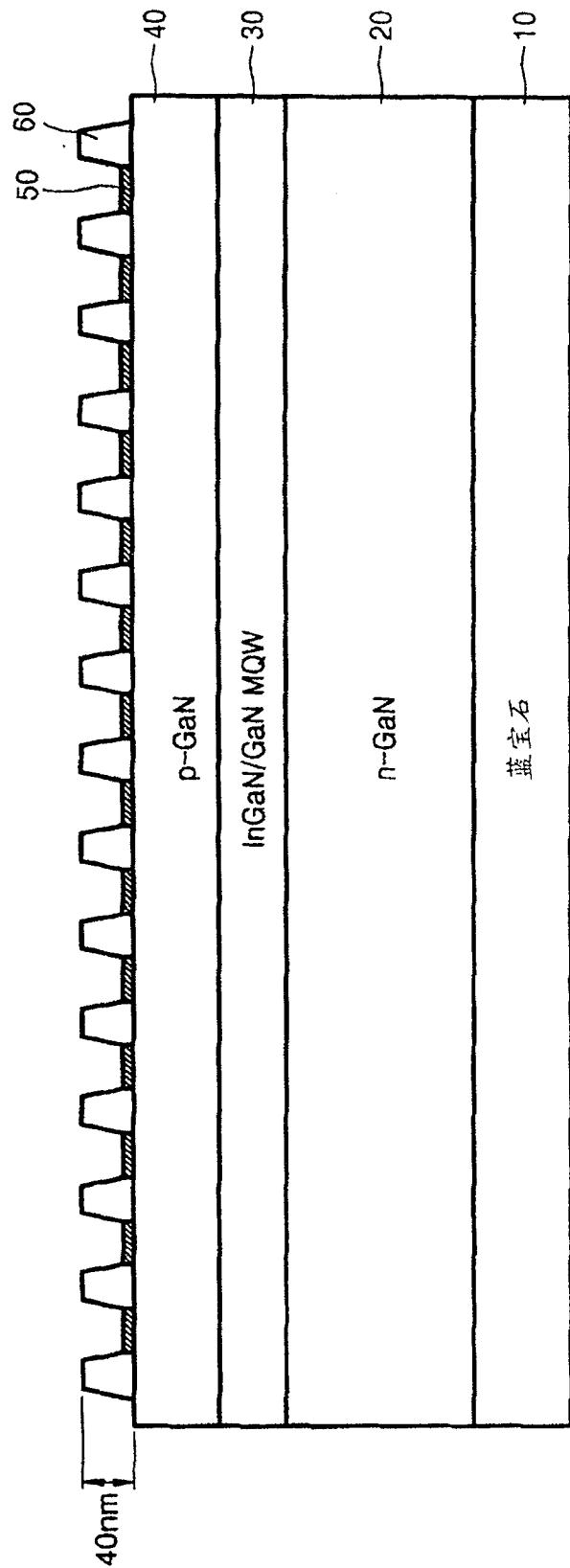


图 6C

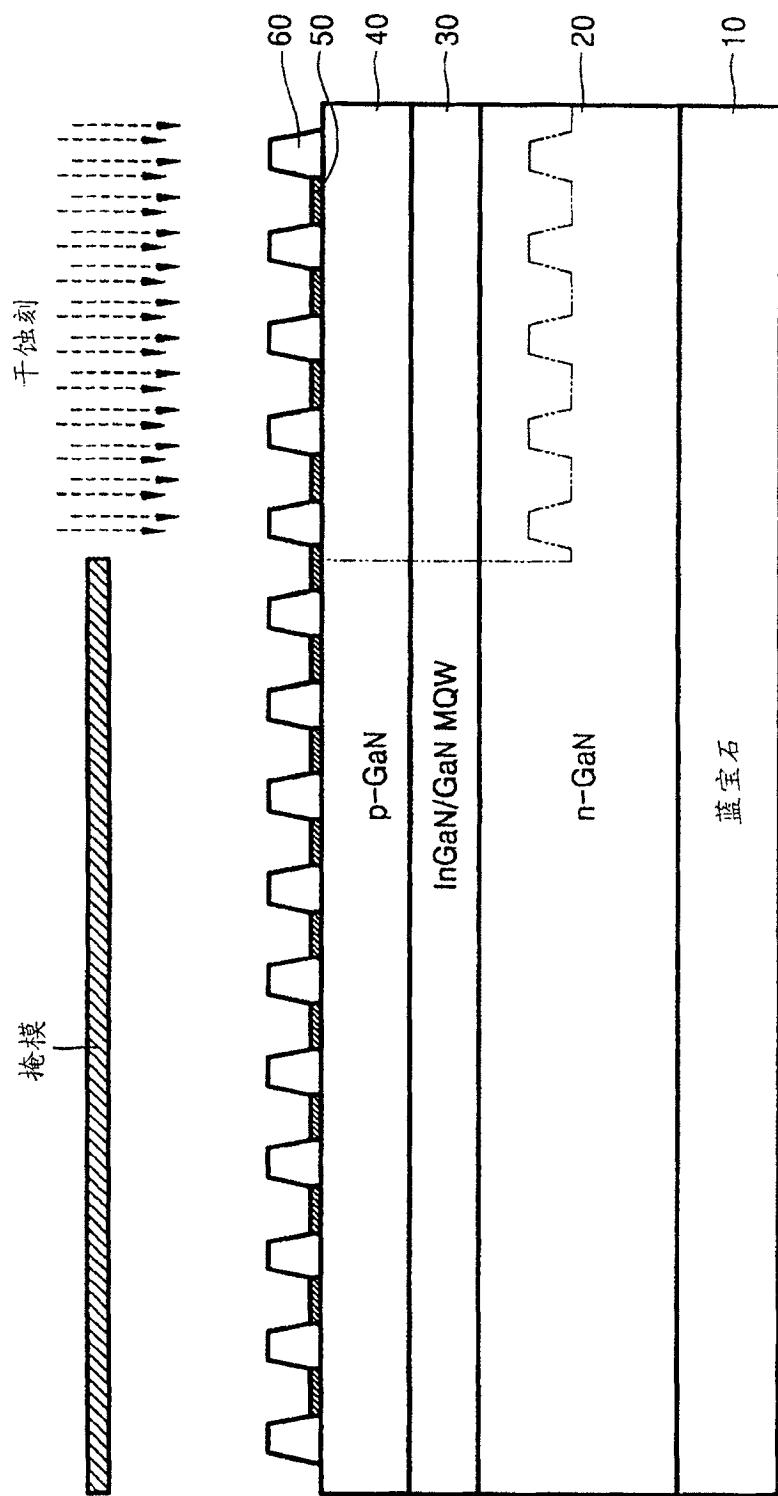


图 6D

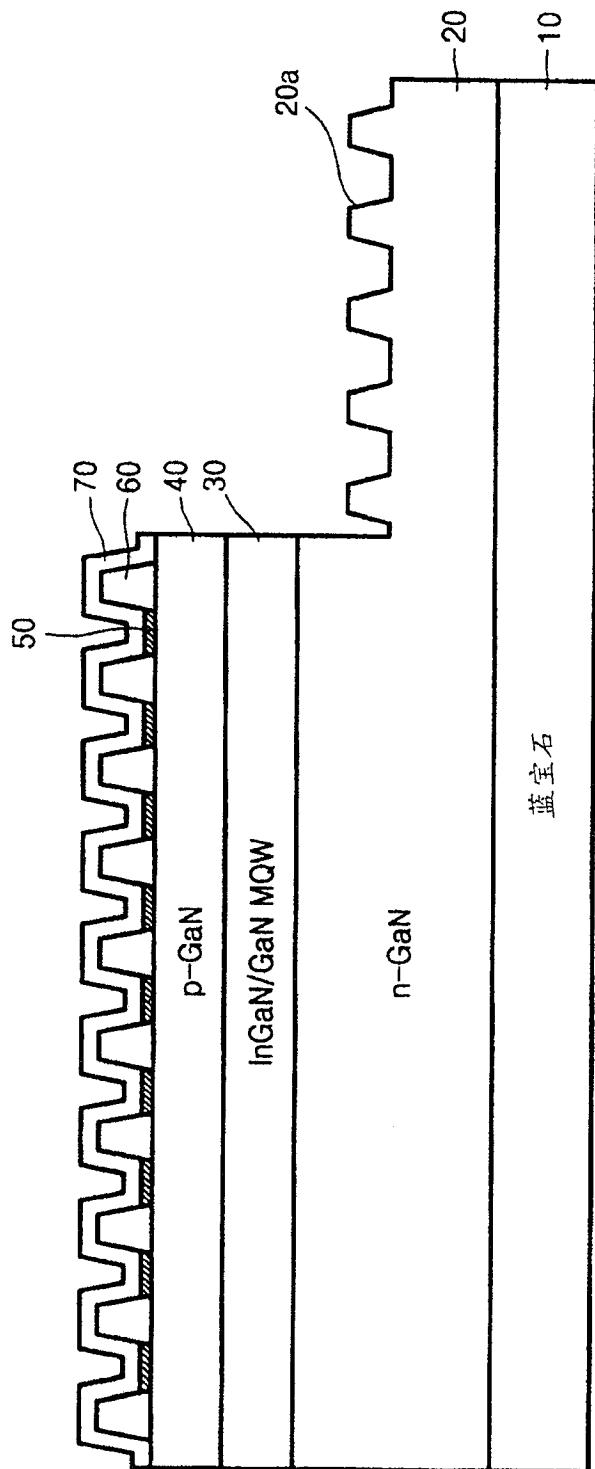


图 6E

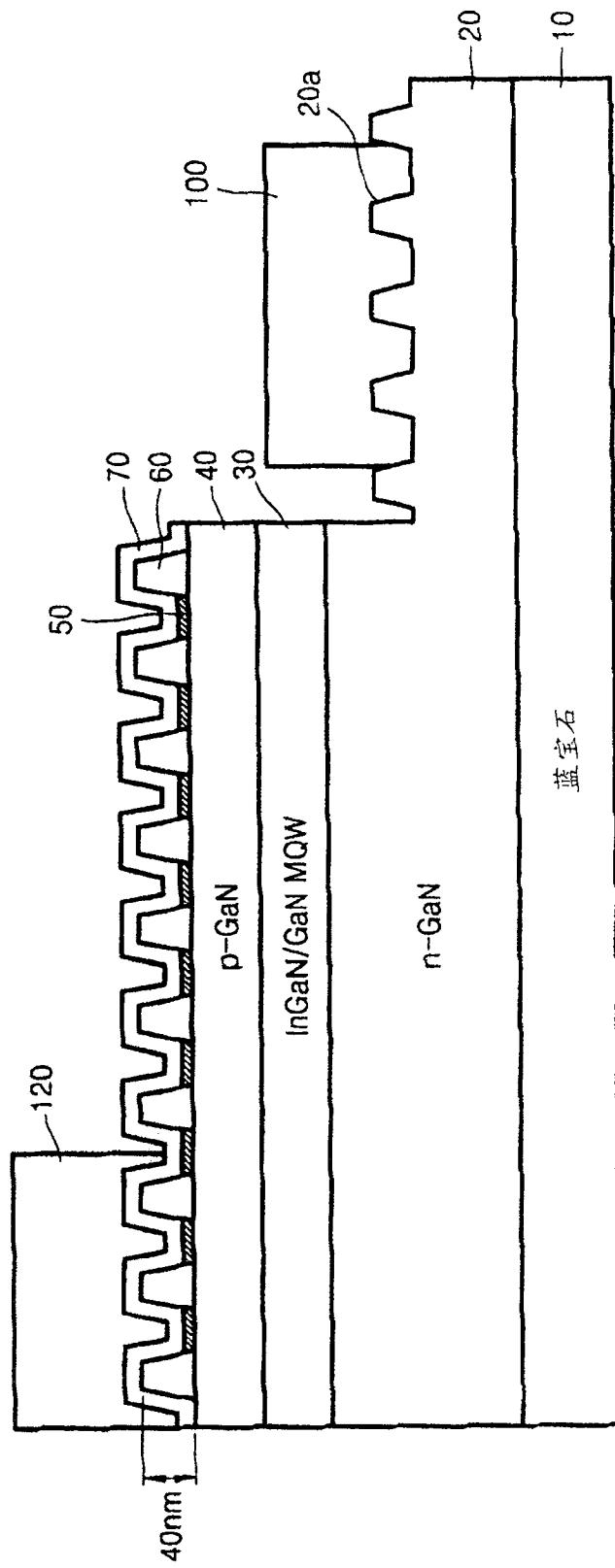


图 6F