



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410078345.5

[45] 授权公告日 2008 年 9 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100418237C

[22] 申请日 2004.9.23

[21] 申请号 200410078345.5

[73] 专利权人 環圓光電股份有限公司

地址 台湾省桃园县

[72] 发明人 武良文 涂如钦 游正璋 温子稷
简奉任

[56] 参考文献

US2003/0127658A1 2003.7.10

CN1292934A 2001.4.25

CN1485930A 2004.3.31

US2004/0012031A1 2004.1.22

CN1265228A 2000.8.30

US6172382B1 2001.1.9

审查员 杨永

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

代理人 郝庆芬

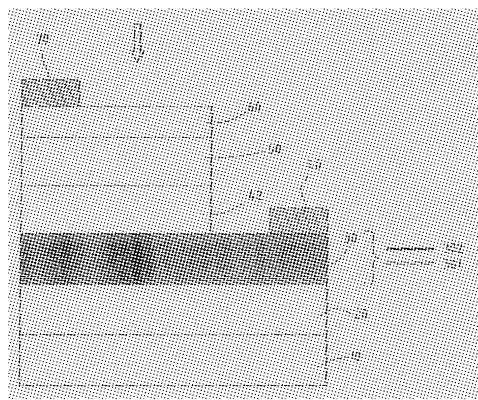
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层
结构

[57] 摘要

本发明提出一种用于氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层的结构。此 n 型接触层是通过组合两种组成不同的氮化铝镓所形成的超晶格结构，可以得到高掺杂浓度 ($> 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) 且低电阻的 n 型氮化镓接触层。此外，利用铝、铟、镓各成份的调配可以得到两两晶格常数相匹配的晶膜，而不会造成在 n 型接触层内因重掺杂而龟裂，改善重掺杂接触层的品质，且减少 n 型欧姆接触制造的困难，进而会大大降低整个氮化镓多重量子阱发光二极管的操作电压。



1. 一种氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构，该氮化镓多重量子阱发光二极管从下而上顺序分别包括：

基板，由单晶氧化物所制成；

位于该基板的一侧且由具有特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-a-b}\text{Ga}_a\text{In}_b\text{N}$ 所构成的缓冲层， $0 \leq a, b < 1, a+b \leq 1$ ；

位于该缓冲层上的该 n 型接触层；

位于该 n 型接触层上、覆盖该 n 型接触层部份表面、由氮化镓铟所构成的发光层；

在该发光层同一侧以及位于该 n 型接触层表面未被覆盖部份上的负电极；

位于该发光层上、由有镁掺杂的、具有一特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-c-d}\text{Ga}_c\text{In}_d\text{N}$ 所构成的 p 型被覆层， $0 \leq c, d < 1, c+d \leq 1$ ；

位于该 p 型被覆层上、由有镁掺杂的、具有另一特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-e-f}\text{Ga}_e\text{In}_f\text{N}$ 所构成之 p 型接触层， $0 \leq e, f < 1, e+f \leq 1$ ；以及

位于该 p 型接触层上、覆盖部份 p 型接触层表面的正电极，

其中，该 n 型接触层是由总共第一层数、由 n 型 III 族氮化物所构成的第一基层，与总共第二层数、由 n 型 III 族氮化物的第二基层交互叠加所形成的超晶格结构，该第二基层的能隙比该第一基层为高，其最底层是该第一基层与该第二基层两者之一，其最上层是该第一基层与该第二基层两者之一；

其特征在于，该第一基层各层是由有各自浓度的铟与硅掺杂、且有各自成份组成的氮化镓或氮化铝镓所构成，该第二基层各层是由有各自浓度的铟与硅掺杂、且有各自成份组成的氮化铝镓构成；其中，

该第一基层与该第二基层中至少有一基层的硅掺杂浓度大于 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或至少有一基层的铟与硅掺杂浓度大于 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

2. 根据权利要求 1 的所述氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构，其特征在于，该 n 型接触层厚度在 $2 \sim 5 \mu\text{m}$ 之间。

3. 根据权利要求 1 的所述氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构，其特征在于，该第一层数与该第二层数之和在 50~500 之间，该第一层数

与该第二层数之差不大于一。

4. 根据权利要求 1 的所述氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构，其特征在于，该第一基层与第二基层的各层各具有介于 20Å~200Å 之间的独立厚度。

氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构

技术领域

本发明是有关氮化镓多重量子阱发光二极管，特别是有关氮化镓多重量子阱发光二极管中的低电阻 n 型接触层的结构。

背景技术

由于氮化镓(GaN)发光二极管可以借助控制材料的组成来达到所需的能隙(Band Gap)，因此可以制作出各种色光，尤其是需要高能隙的蓝光或紫光发光二极管。因此氮化镓发光二极管的相关技术成为业界积极研发的重点。

一种公知的氮化镓发光二极管的发光层主要是以氮化镓以及氮化铟镓 $In_xGa_{1-x}N$, ($0 \leq x \leq 1$) 为位阱(Potential Well)的多重量子阱(Multi-quantum Well, MQW)结构，利用电子与空穴在 $In_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$)位阱结合而释放出光子。在此发光层下，一般是采用有 n 型掺杂(例如，硅)的 n 型氮化镓接触层。

为使此 n 型氮化镓接触层达到低电阻的要求，一般是采用掺杂高浓度($>1 \times 10^{19} cm^{-3}$)的硅(Si)来制作 n 型氮化镓接触层。但在实际制造过程中发现，n 型氮化镓接触层往往会因硅重掺杂的结果，由于晶格不匹配形成过大的应力，导致易生龟裂，甚至断裂的现象。这些现象不仅影响 n 型氮化镓接触层的制造品质，还会增加在制程中下一步骤在 n 型氮化镓接触层上方制作 n 型欧姆接触电极的困难。这些缺点使得生产出来的氮化镓多重量子阱发光二极管的整体电特性变差或导电不良，甚至成为废品。影响所及，这些氮化镓多重量子阱发光二极管一方面需要较高的操作电压，使得运作时消耗之电功率增加，另一方面是制造的优良率下降，生产成本提高。

此外，硅重掺杂于 n 型氮化镓接触层的结果也容易形成点缺陷(Pin Hole)，使得氮化镓多重量子阱发光二极管的整体二极管特性变差，而且在操作上会有漏电流的产生。

发明内容

因此，为了克服上述先前技术的缺陷，本发明提出数种 n 型氮化镓接触层的结构，以解决前述问题。

本发明提供一种氮化镓多重量子阱发光二极管的 n 型接触层结构，该氮化镓多重量子阱发光二极管从下而上顺序分别包括：

基板，由氧化铝单晶、6H-SiC、4H-SiC、Si、ZnO、GaAs、尖晶石($MgAl_2O_4$)与晶格常数接近于氮化物半导体的单晶氧化物之一所制成；

位于该基板的一侧而且由具有特定组成的氮化铝镓铟 $Al_{1-a-b}Ga_aIn_bN$ 所构成的缓冲层， $0 \leq a, b < 1, a+b \leq 1$ ；

位于该缓冲层上的该 n 型接触层；

位于该 n 型接触层上、覆盖该 n 型接触层部份表面、由氮化镓镓所构成的发光层；

在该发光层同一侧以及位于该 n 型接触层表面未被覆盖部份上的负电极；

位于该发光层上、由有镁掺杂、具有一特定组成的氮化铝镓铟 $Al_{1-c-d}Ga_cIn_dN$ 所构成的 p 型被覆层， $0 \leq c, d < 1, c+d \leq 1$ ；

位于该 p 型被覆层上、由有镁掺杂、具有另一特定组成的氮化铝镓铟 $Al_{1-e-f}Ga_eIn_fN$ 所构成之 p 型接触层， $0 \leq e, f < 1, e+f \leq 1$ ；以及

位于该 p 型接触层上、覆盖部份 p 型接触层表面的正电极，

其中，该 n 型接触层是由总共第一层数、由 n 型 III 族氮化物所构成的第一基层，与总共第二层数、由 n 型 III 族氮化物的第二基层交互叠加所形成的超晶格结构，该第二基层的能隙比该第一基层为高，其最底层是该第一基层与该第二基层两者之一，其最上层是该第一基层与该第二基层两者之一。

本发明通过组合两种组成不同的 $Al_mIn_nGa_{1-m-n}N$ 和 $Al_pIn_qGa_{1-p-q}N$ ($0 \leq m, n < 1; 0 < p, q < 1; m+n < 1; p+q \leq 1; m < p$)所形成的超晶格结构，可以得到高掺杂浓度($> 1 \times 10^{19} cm^{-3}$)且低电阻的 n 型氮化镓接触层。此外，利用铝、铟、镓各组成的调配可以得到两两晶格常数相匹配的晶膜，而不会造成在 n 型氮化镓接触层内因硅重掺杂而龟裂，改善重掺杂氮化镓接触层的品质，且减少 n 型欧姆接触制造的困难，进而会大大降低整个氮化镓多重量子阱发光二极管的操作电压。

下面结合下附图、实施例详细说明本发明的上述及其它目的与优点。

附图说明

图 1 是显示三族氮化物材料的晶格常数与能隙。

图 2 是依据本发明第一实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。

图 3 是依据本发明第二实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。

图 4 是依据本发明第三实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。

图 5 是依据本发明第四实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。

图中

- | | |
|-----|-------------|
| 10 | 基板 |
| 20 | 缓冲层 |
| 30 | n 型接触层 |
| 40 | 负电极 |
| 42 | 发光层 |
| 50 | p 型被覆层 |
| 60 | p 型接触层 |
| 70 | 正电极 |
| 301 | 有硅掺杂的氮化镓基层 |
| 302 | 有硅掺杂的氮化铝镓基层 |

具体实施方式

本发明的技术构思可通过图 1 而清楚揭露出来。图 1 是显示三族氮化物材料的晶格常数(Lattice Constant)与能隙。如图 1 所示，GaN(氮化镓)的晶格常数 a_0 约为 3.18\AA 。由其晶格匹配线上下延伸，可以发现具有特定组成的 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ (氮化铝铟镓， $0 \leq x, y < 1, x+y \leq 1$)拥有相同的晶格常数以及更高的能隙。

图 2 是依据本发明第一实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。习知的氮化镓发光二极管的结构如图 2 所示，一般是以 C-Plane 或 R-Plane 或 A-Plane 的氧化铝单晶(Sapphire)或碳化硅(6H-SiC 或 4H-SiC)为基板 10，其它可用于基板的材质还包括 Si、ZnO、GaAs 或尖晶石(MgAl_2O_4)，

或是晶格常数接近于氮化物半导体的单晶氧化物。然后，此结构在基板 10 的一侧而包含缓冲层 20，此缓冲层 20 是由具有特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-a-b}\text{Ga}_a\text{In}_b\text{N}$ ($0 \leq a, b < 1, a+b \leq 1$) 所构成。在此缓冲层 20 上，此结构包含 n 型接触层(contact layer)30，此 n 型接触层 30 的结构即是本发明的焦点所在。在此 n 型接触层 30 上是覆盖部份 n 型接触层 30 表面的发光层(active layer)42，此发光层 42 是由氮化铟镓(InGaN)所构成。另外，在此发光层同一侧以及在此 n 型接触层 30 表面未被覆盖的部份上，此结构还包含负电极 40。

在此发光层 42 上，此结构顺序由下往上堆叠，分别包含 p 型被覆层(cladding layer)50、p 型接触层 60 以及覆盖部份 p 型接触层 60 表面的正电极 70。位于活性发光层上的 p 型被覆层 50 是由有镁掺杂(Mg-doped)、具有一特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-c-d}\text{Ga}_c\text{In}_d\text{N}$ 所构成， $0 \leq c, d < 1, c+d \leq 1$ 。位于 p 型被覆层 50 上的 p 型接触层 60 则是由有镁掺杂的、具有另一特定组成的氮化铝镓铟 $\text{Al}_{1-e-f}\text{Ga}_e\text{In}_f\text{N}$ 所构成， $0 \leq e, f < 1, e+f \leq 1$ 。

如图 2 所示，此实施例的 n 型接触层 30 是由多层、有硅掺杂的氮化镓基层 301 以及有硅掺杂的氮化铝镓基层 302 交互叠加所构成的超晶格(Superlattice)结构，其中有硅掺杂的氮化铝镓基层 302 的能隙比有硅掺杂的氮化镓基层 301 的能隙大。更明确的说，n 型接触层 30 是在一层有硅掺杂的氮化镓基层 301 上叠加一层有硅掺杂的氮化铝镓基层 302，其上再叠加一层有硅掺杂的氮化镓基层 301，以此类推。或者，n 型接触层 30 是在一层有硅掺杂的氮化铝镓基层 302 上叠加一层有硅掺杂的氮化镓基层 301，其上再叠加一层有硅掺杂的氮化铝镓基层 302，以此类推。各氮化镓基层的厚度不必相同，但均在 $20\text{\AA} \sim 200\text{\AA}$ 之间，成长温度在 $600^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ 之间。各氮化铝镓 $\text{Al}_{1-g}\text{Ga}_g\text{N}$ ($0 < g < 1$) 基层的组成(亦即，前列分子式中的参数 g)不必相同，厚度不必相同，但均在 $20\text{\AA} \sim 200\text{\AA}$ 之间，成长温度亦在 $600^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ 之间。n 型接触层 30 总厚度在 $2 \sim 5\mu\text{m}$ 之间，总共包含 50~500 层氮化镓基层 301 与氮化铝镓基层 302，其中至少有一层(不论是氮化镓基层 301 或氮化铝镓基层 302) 的硅掺杂浓度大于 $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。氮化镓基层 301 与氮化铝镓基层 302 的层数相同或其层数之差为一。

图 3 是依据本发明第二实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示

意图。如图 3 所示，此实施例的结构与第一实施例完全相同，唯一的差别是 n 型接触层 32 所采用的材质不同。此实施例的 n 型接触层 32 是由多层、有铟与硅共同掺杂的氮化镓基层 321 以及有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 322 交互叠加所构成的超晶格结构，其中有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 322 的能隙比有铟与硅共同掺杂的氮化镓基层 321 的能隙大。更明确的说，n 型接触层 32 系在一层有铟与硅共同掺杂的氮化镓基层 321 上叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 322，其上再叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化镓基层 321，以此类推。或者，n 型接触层 32 系在一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 322 上、叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化镓基层 321，其上再叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 322，以此类推。各氮化镓基层的厚度不必相同，但均在 20\AA ~ 200\AA 之间，成长温度在 600°C ~ 1200°C 之间。各氮化铝镓基层的组成不必相同，厚度不必相同，但均在 20\AA ~ 200\AA 之间，成长温度亦在 600°C ~ 1200°C 之间。n 型接触层 32 总厚度在 $2\sim 5\mu\text{m}$ 之间，总共包含 50~500 层氮化镓基层 321 与氮化铝镓基层 322，其中至少有一层(不论是氮化镓基层 321 或氮化铝镓基层 322)的铟与硅掺杂浓度大于 $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。氮化镓基层 321 与氮化铝镓基层 322 的层数相同或其层数之差为一。

图 4 是依据本发明第三实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。如图 4 所示，此实施例的结构与第一、二实施例完全相同，唯一的差别是 n 型接触层 34 所采用的材质不同。此实施例的 n 型接触层 34 是由多层、有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 341 以及有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 342 交互叠加所构成的超晶格结构，其中有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 342 的能隙比有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 341 的能隙大。更明确的说，n 型接触层 34 是在一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 341 上叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 342，其上再叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 341，以此类推。或者，n 型接触层 34 是在一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 342 上叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 341，其上再叠加一层有铟与硅共同掺杂的氮化铝镓基层 342，以此类推。各氮化铝镓层的厚度不必相同，但均在 20\AA ~ 200\AA 之间，成长温度在 600°C ~ 1200°C 之间。相邻的氮化铝镓基层的组成不相同，但不相邻的氮化铝镓基

层的组成可以相同，也可以不相同，各层厚度不必相同，但均在 $20\text{\AA}\sim200\text{\AA}$ 之间，成长温度亦在 $600^\circ\text{C}\sim1200^\circ\text{C}$ 之间。 n 型接触层 34 总厚度在 $2\sim5\mu\text{m}$ 之间，总共包含 50~500 层氮化铝镓基层 341 与氮化铝镓基层 342，其中至少有一层（不论是氮化铝镓基层 341 或氮化铝镓基层 342）的铟与硅掺杂浓度大于 $1\times10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。氮化铝镓基层 341 与氮化铝镓基层 342 的层数相同或其层数之差为一。

图 5 是依据本发明第四实施例的氮化镓多重量子阱发光二极管的结构示意图。如图 5 所示，此实施例的结构与前述实施例完全相同，唯一的差别是 n 型接触层 36 所采用的材质不同。此实施例的 n 型接触层 36 是由多层、有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 361 以及有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 362 交互叠加所构成的超晶格结构，其中有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 362 的能隙比有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 361 的能隙大。更明确的说， n 型接触层 36 系在一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 361 上叠加一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 362，其上再叠加一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 361，以此类推。或者， n 型接触层 36 是在一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 362 上叠加一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 361，其上再叠加一层有硅掺杂的氮化铝铟镓基层 362，以此类推。各氮化铝铟镓基层的厚度不必相同，但均在 $20\text{\AA}\sim200\text{\AA}$ 之间，成长温度在 $600^\circ\text{C}\sim1200^\circ\text{C}$ 之间。相邻的氮化铝铟镓基层的组成不相同，但不相邻的氮化铝铟镓层的组成可以相同，也可以不相同，各层厚度不必相同，但均在 $20\text{\AA}\sim200\text{\AA}$ 之间，成长温度亦在 $600^\circ\text{C}\sim1200^\circ\text{C}$ 之间。 n 型接触层 36 总厚度在 $2\sim5\mu\text{m}$ 之间，总共包含 50~500 层氮化铝铟镓基层 361 与氮化铝铟镓基层 362，其中至少有一层（不论是氮化铝铟镓基层 361 或氮化铝铟镓基层 362）的硅掺杂浓度大于 $1\times10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。氮化铝铟镓基层 361 与氮化铝铟镓基层 362 的层数相同或其层数之差为一。

在此实施例中，通过组合两种组成不同的氮化铝铟镓 $\text{Al}_m\text{In}_n\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ 和 $\text{Al}_p\text{In}_q\text{Ga}_{1-p-q}\text{N}$ ($0\leq m, n<1; 0<p, q<1; m+n<1; p+q\leq 1; m< p$) 所形成的超晶格结构可以得到高掺杂浓度($>1\times10^{19}\text{cm}^{-3}$)且低电阻的 n 型氮化镓接触层。此外，利用铝、铟、镓各组成的调配可以得到两两晶格常数相匹配的晶膜，而不会造成在 n 型氮化镓接触层内因硅重掺杂而龟裂，改善重掺杂氮化镓接触层的

品质，且减少 n 型欧姆接触制造的困难，进而会大大降低整个氮化镓多重量子阱发光二极管的操作电压。

上述内容仅是本发明的较佳实施例，不应当以此限定本发明实施的范围，凡是根据本发明的范围所作的均等变化与修改均应属于本发明涵盖的范围内。

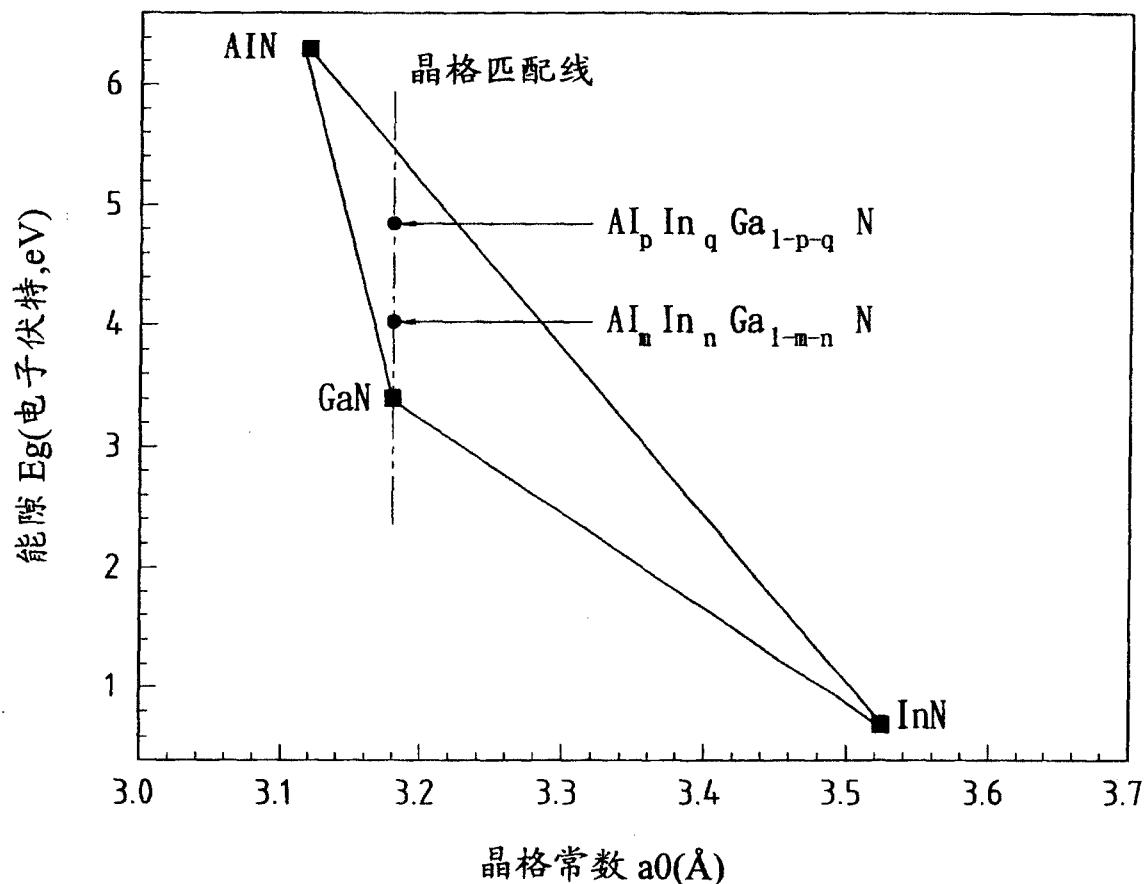


图 1

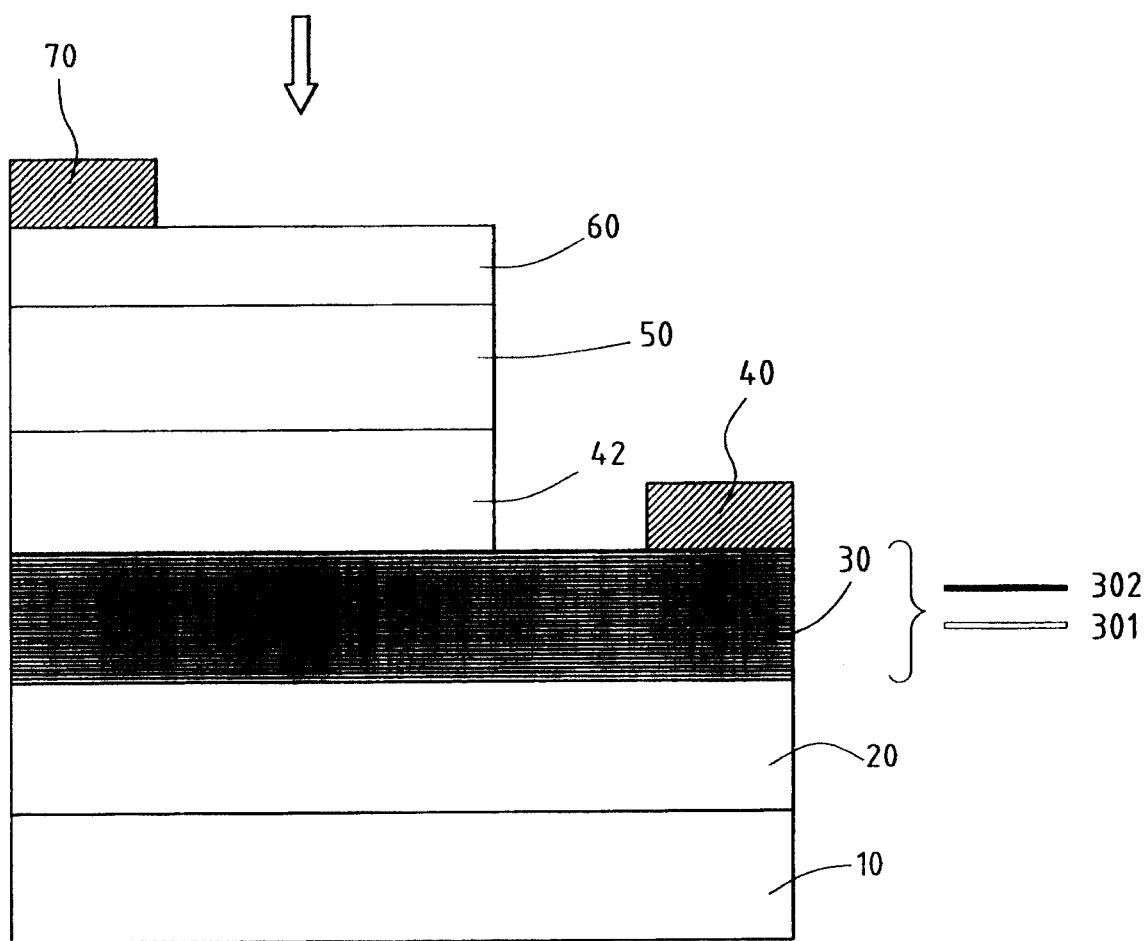


图 2

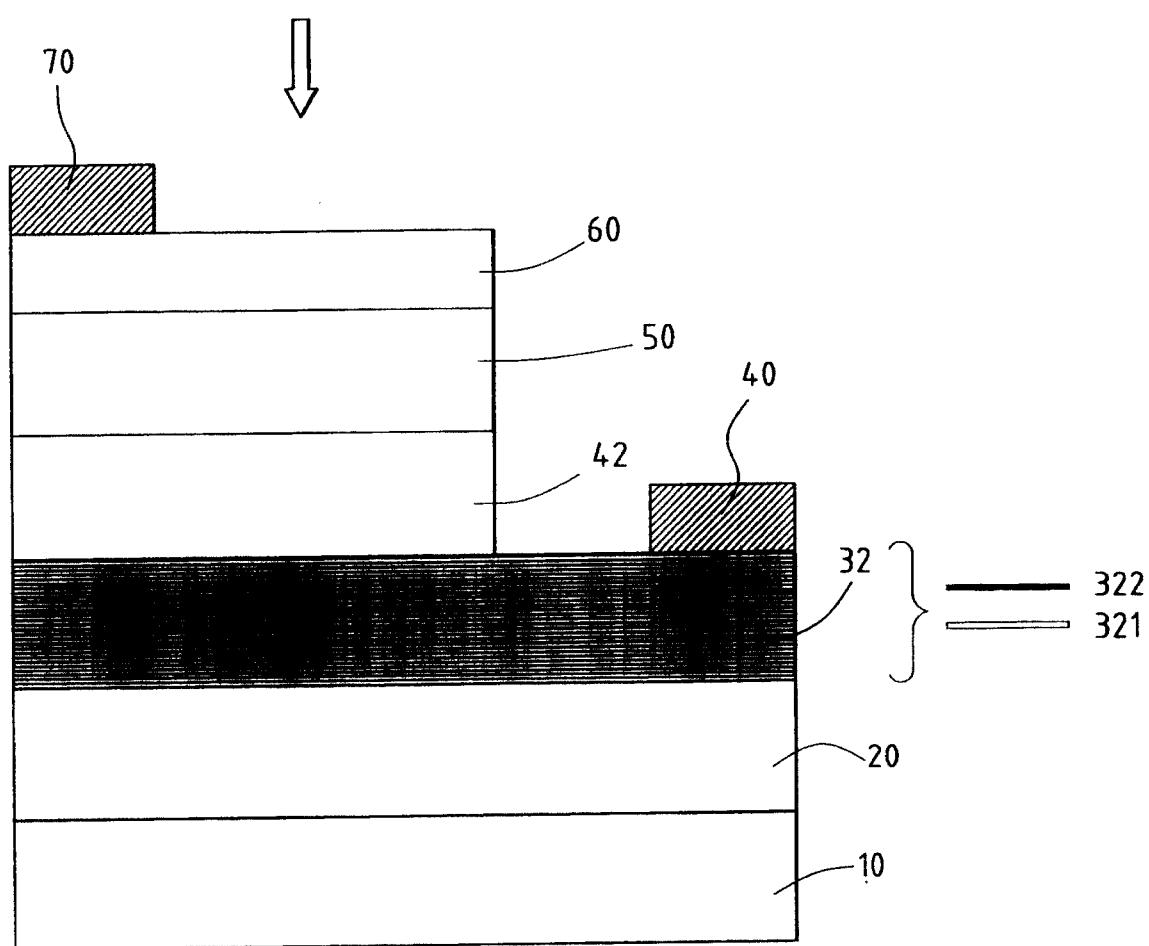


图 3

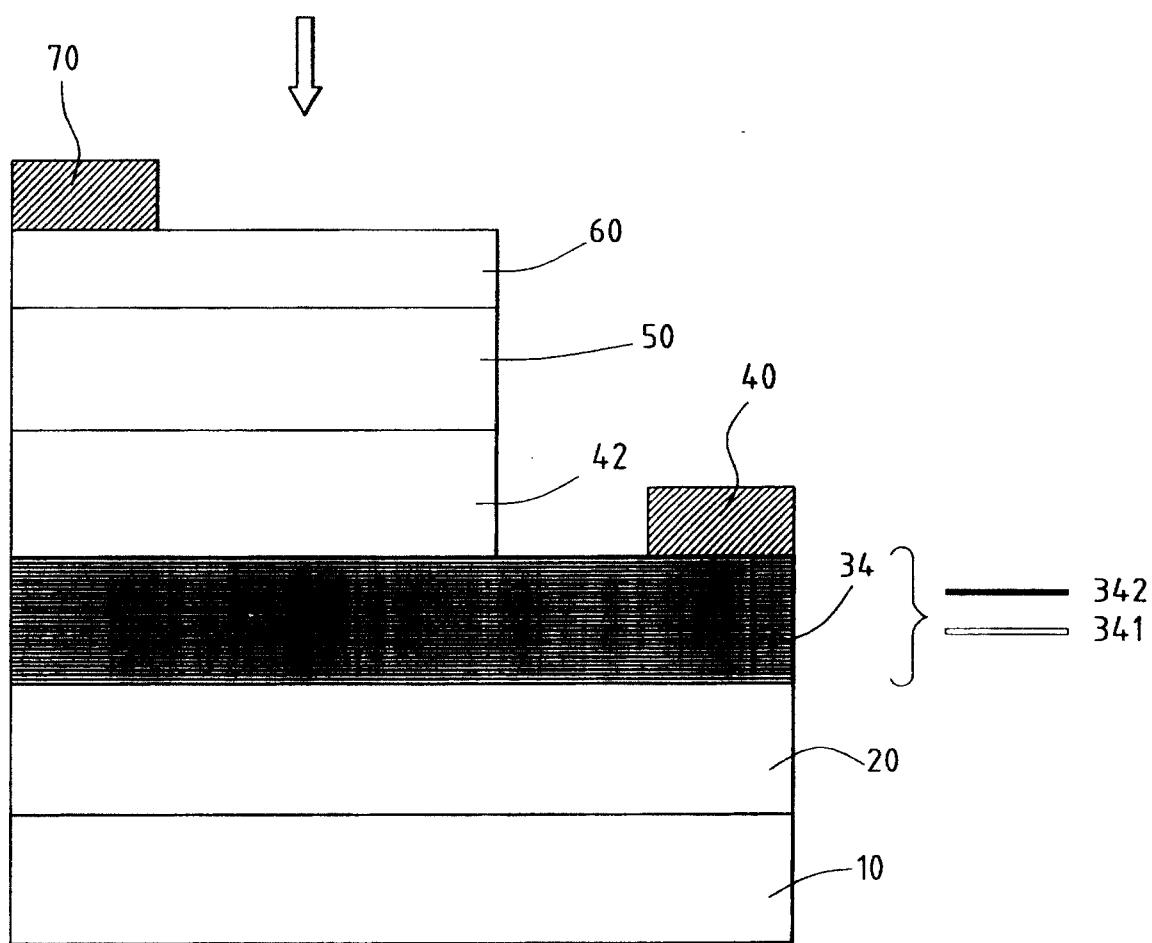


图 4

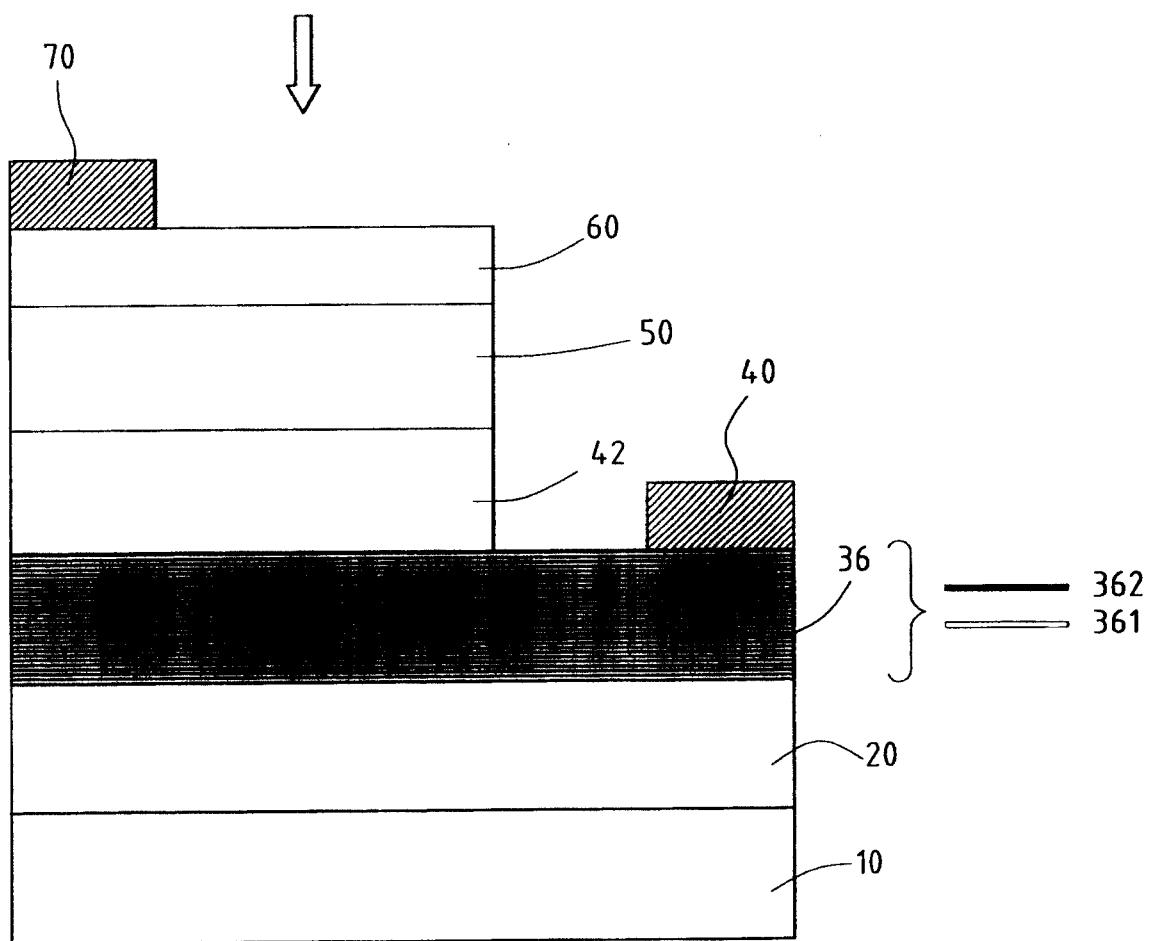


图 5