

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 21/205

H01L 21/86 H01L 33/00

H01S 5/30



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00107888.7

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1194385C

[22] 申请日 2000.6.29 [21] 申请号 00107888.7

[30] 优先权

[32] 1999. 6. 30 [33] JP [31] 222882/1999

[32] 1999. 11. 5 [33] JP [31] 315193/1999

[71] 专利权人 丰田合成株式会社

地址 日本国爱知县

[72] 发明人 千代敏明 柴田直树 千田昌伸

伊藤润 浅见静代 浅见慎也

渡边大志

审查员 闫立刚

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

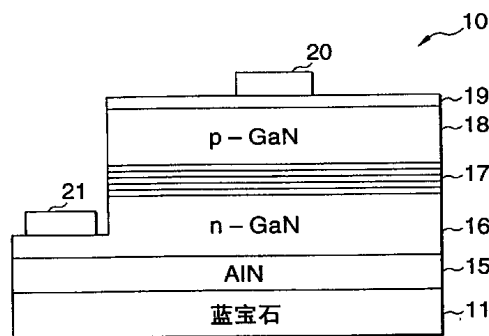
代理人 刘晓峰

权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 9 页

[54] 发明名称 第三族氮化物半导体器件和其半导体层的生产方法

[57] 摘要

一种第三族氮化物半导体器件和其半导体层的生产方法，其中第三族氮化物半导体器件具有基片和形成在基片上的氮化铝(AIN)单晶层。氮化铝单晶层的厚度从0.5微米到3微米，并基本上平整。氮化铝单晶层的X射线摆动曲线的半值宽度不大于50秒(sec)。在另外一个器件中，在蓝宝石基片上在1000摄氏度到1180摄氏度的温度生长厚度从0.01微米到3.2微米的第三族氮化物半导体层，其中蓝宝石基片的表面氮化物层的厚度不大于300埃。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于生产第三族氮化物半导体层的方法，其包含如下的步骤：

5 制备一个基片，该基片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层；
 在所述基片上形成 AlN 单晶层；
 在从 1000 度到 1180 度的温度下在 AlN 单晶层上生长厚度从 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导体层；及

 其中 AlN 单晶层层的 X-射线摆动曲线的半值宽度不大于 50sec。

10 2. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于所述表面氮化层的厚度范围为从 10 到 300 埃，而所述第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2 微米。

 3. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于所述表面氮化层的厚度小于 10 埃，而所述第三族氮化物半导体层的厚度为从 0.01
15 到 2.3 微米。

 4. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于所述第三族氮化物半导体层的生长速度范围为从 10 到 250nm/min。

 5. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于生长所述的第三族氮化物半导体层的压力范围为从 2500 到 40000Pa。

20 6. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于所述第三族氮化物半导体层由 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) 构成。

 7. 根据权利要求 6 所述的生产方法，其特征在于所述第三族氮化物半导体层由 AlN 构成。

 8. 根据权利要求 1 所述的生产方法，其特征在于所述基片为蓝
25 宝石。

 9. 根据权利要求 8 所述的生产方法，其特征在于还包含下面的步骤：

 该蓝宝石基片被氮化 30 到 90sec；及

 在 1000 到 1180 度的温度下在所述被氮化的蓝宝石基片上形成
30 第三族氮化物半导体层。

10. 根据权利要求 8 所述的生产方法, 其特征在于所述第三族氮化物半导体层被形成在所述蓝宝石基片的晶面 a 上。

11. 根据权利要求 1 所述的生产方法, 其特征在于还包含如下的步骤:

5 在所述第三族氮化物半导体层上形成另一第三族氮化物半导体层;

其中所述第三族氮化物半导体层的生长温度等于或高于所述另一第三族氮化物半导体层的生长温度, 并采用金属有机化学汽相沉积方法。

10 12. 根据权利要求 9 所述的生产方法, 其特征在于用于氮化的时间不小于 30sec 但小于 60sec。

13. 根据权利要求 7 所述的生产方法, 其特征在于在反应室中通过金属有机化学汽相沉积方法形成所述 AlN 单晶层。

15 14. 根据权利要求 7 所述的生产方法, 其特征在于当生长所述 AlN 单晶层时的条件为: 压力从 4.0×10^3 到 1.3×10^4 Pa, 载气流速为从 2 到 4m/sec, 铝材料气流速为从 7×10^{-5} 到 $4 \times 10^{-4} \mu \text{mol/cm}^3$, 氮材料气的流速为从 0.02 到 $0.08 \mu \text{mol/cm}^3$ 。

15. 根据权利要求 7 所述的生产方法, 其特征在于所述 AlN 单晶层生长速度范围为从 20 到 60nm/sec。

20 16. 根据权利要求 13 所述的生产方法, 其特征在于:

其中反应室的内部压力被设定在 4.0×10^3 到 1.3×10^4 Pa, 载气的流动速率被设定在 2 到 4m/sec 的范围, 铝材料气的流速在 7×10^{-5} 到 $4 \times 10^{-4} \mu \text{mol/cm}^3$, 氮材料气的流速为从 0.02 到 $0.08 \mu \text{mol/cm}^3$ 。

25 17. 根据权利要求 7 所述的生产方法, 其特征在于被加热到 1000 到 1200 度的蓝宝石晶面 a 被用做所述基片。

18. 一种第三族氮化物半导体器件, 包含:
基片; 及

30 形成在所述基片上的 AlN 单晶层, 所述 AlN 单晶层的厚度范围为从 0.5 到 3 微米, 并具有平整的表面;

其中所述 AlN 单晶层的 X-射线摆动曲线的半值宽度不大于 50sec。

19. 根据权利要求 18 所述的器件，其特征在于构成器件功能的第三族氮化物半导体层被形成在所述 AlN 单晶层上。

第三族氮化物半导体器件和其半导体层的生产方法

5 技术领域

本发明涉及第三族氮化物半导体器件及其半导体层的生产方法。尤其是，其涉及一种在通过金属有机化学气相沉积方法（MOCVD）生产第三族氮化物半导体器件时所使用的缓冲层形成方法的改进。

10

背景技术

本申请是基于日本专利申请 No.Hei.11-222882 和 11-315193，其在这里作为参考。

迄今为止所知道的第三族氮化物半导体器件的结构是通过缓冲层 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 被叠加在蓝宝石基片上。

15

例如，未审查日本专利公开 No.Sho.62-119196 中揭示了一种缓冲层形成方法，其中通过 MOCVD 方法在被加热到大约 1000 摄氏度的蓝宝石基片上在 950 摄氏度到 1150 摄氏度（以下简称度）生长缓冲层 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)。

20

另一方面，通过此后的观察，已经发现当在被加热到大约 1000 度的蓝宝石基片上在较低的温度 400 摄氏度生长缓冲层时可提高在缓冲层上所生长的 GaN 化合物的结晶性。这可参见未审查日本专利公开 No.Hei.2-229476 等。当前被投入实际使用的任何的第三主族氮化物半导体发光器件（LED 等）都使用此种的低温生长的缓冲层。

25

另外，生长温度表示在 MOCVD 方法中被加热的基片的温度。

然而，通常形成在缓冲层上的半导体层的膜形成温度为大约 1000 度。因此，当使用上述的低温生长缓冲层时，为了清洁表面的目的，需要一次将被加热到大约 1000 度的基片冷却到大约 400 度，然后再加热到大约 1000 度。当在上述的方法中基片温度状态以高温、低温、高温的顺序进行变化时，则需要较多的时间和劳力对基片自身的温度进行调节。因此，在通过低温生长缓冲层生长 GaN 化合物半导体

30

层的半导体器件的生产方法中，基片温度状态的较大变化会对效率的提高造成障碍。

为了解决此问题，在未审查日本专利公开 No.Hei.9-148626, 7-321374, 9-64477 和 Sho.59-57997 中对高温形成缓冲层的技术进行了描述。

另外，关于对蓝宝石基片表面的氮化，可参见未审查日本专利公开 No.Hei.5-41541。

另外，用于发光二极管的第三族氮化物半导体器件的总的结构可通过如下的方法形成。在低温下在蓝宝石基片上形成 AlN 或 GaN 的薄缓冲层，然后在缓冲层上叠加上充当器件功能的诸如 GaN 层的第三族氮化物半导体器件。在此器件中，可预测缓冲层为非晶或多晶结构。假设为了形成器件功能层，缓冲层作为高生长温度（大约 1000 度）下的单向定向籽晶，并根据器件功能层和蓝宝石基片之间的热膨胀差而缓解热变形。

与此非晶或多晶缓冲层相反，在未审查日本公开 No.Hei.9-64477 中提出了在蓝宝石基片上形成单晶 AlN 缓冲层的建议。

未审查日本专利公开 No.Hei.9-64477 中宣称当条件满足时可在蓝宝石基片上生长具有良好结晶性的单晶 AlN 层，从而在不低于 1300 度的高温下生长厚度从 20nm 到 300nm 的缓冲层，而同时将缓冲层的 X-射线摆动曲线的半值宽度设定到不高于 90sec。

通过在未审查日本专利公开 No.Hei.9-64477 中描述的背景现有技术可在蓝宝石基片上生长具有良好结晶性的 AlN 单晶。如果缓冲层的结晶性良好，则可在缓冲层上生长具有良好结晶性的第三族氮化物半导体的器件功能层。

然而，根据本发明的审查，通过在未审查日本专利公开 No.Hei.9-64477 中描述的方法形成的缓冲层的结晶性还不足以形成此器件。

发明内容

本发明的目的是提供一种 AlN 单晶层，其适合作为第三族氮化

物半导体的器件功能层的缓冲层，从而解决上述的问题。

本发明的另外一个目的在于直接在基片上形成结晶性良好的单晶 AlN 层。此种单晶 AlN 层同时具有高的电绝缘特性和高的热导特性。同时，单晶 AlN 层可被用于形成诸如高频转换器件的各种类型的半导体功能器件，该器件是应用压电特性的声学器件。

本发明的第三个目的在于提供在如背景现有技术中提出的高温缓冲层上形成第三族氮化物半导体层的最佳条件。

本发明人为了实现上述的目的已经进行了不懈的努力。其结果，已经发现即使在通常的温度下，也可直接在蓝宝石基片上生长结晶性等于或好于现有技术的第三族氮化物半导体层，即，在预定的条件下当将层的厚度设定到预定的值时在高温下生长第三族氮化物半导体层。

本发明正是建立在此基础之上。即，提供一种生产第三族氮化物半导体器件的方法，其包含如下的步骤，制备一个基片，该基片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层；在从 1000 度到 1180 度的温度下在基片上生长厚度从 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导体层；及其中 AlN 单晶层的 X-射线摆动曲线的半值宽度不大于 50sec。

在根据本发明的生产方法中，在无大的温度变化的情况下，可进行一系列的生产步骤，该步骤包含从加热基片的步骤到形成第三族氮化物半导体层的步骤。其结果，可减少在现有技术中用于调节基片的所需的时间和劳动力，从而可提高生产半导体器件的效率。

另外，根据本发明人的观察，生长在第一第三族氮化物半导体层上的第二第三族氮化物半导体层具有优良的结构，其中的第一第三族氮化物半导体层是在上述的条件下形成。因此，作为缓冲层的第一第三族氮化物半导体层的性能优良，其被安插在构成器件功能层的第二第三族氮化物半导体层和基片之间。

除此以外，本发明可实现上述的至少其中的一个目的。根据本发明，所提供的第三族氮化物半导体器件包含一个基片和一个形成在所述基片上的 AlN 单晶层，其中 AlN 单晶层的厚度从 0.5 到 3 微米，并具有平整的平面，其中 AlN 单晶层的 X-射线摆动曲线的半值

宽度不大于 50sec。

根据上述所构成的第三族氮化物半导体器件，形成在基片上的 AlN 单晶层的结晶性很好。因此，可在 AlN 单晶层自身内产生器件功能。而且，同样是在 AlN 单晶层上形成第三族氮化物半导体的器件功能层的情况下，器件功能层的结晶性变得等于或高于形成在通常使用的低温生长缓冲层上的器件功能层。

在上面的描述中，只要可在基片上生长 AlN 单晶，对基片无特定的限制。基片材料的实例包含蓝宝石、具有尖晶石结构的材料、硅、碳化硅、氧化锌、磷化镓、砷化镓、氧化镁、氧化锰、第三族氮化物半导体单晶等。

根据本发明人的研究，最好使用蓝宝石，尤其是其晶面 a，作为基片材料。

AlN 单晶材料的厚度被设定在从 0.5 到 3 微米的范围内。如果厚度小于 0.5 微米，其不足以形成器件功能。相反的，厚度不需要被设定的大于 3 微米。

这是因为虽然总层的厚度大于 3 微米，但用于形成半导体器件的每一层通常要比 3 微米薄。AlN 单晶层比未审查专利公开 No.Hei.9-64477 中描述的层厚的原因在于 AlN 会出现自身结晶。如果该层太薄，由于受到基片的影响，晶体会产生弯曲变形。相反的，当该层变厚时，可利用晶体的自身本性。

将用于表示 AlN 单晶的结晶性的 X-射线摆动曲线的半值宽度设定为不大于 50sec。如果半值宽度大于 50sec，则无法保证适合应用于半导体器件的结晶性。同样，当在 AlN 单晶层上生长第三族氮化物半导体层时，最好将 AlN 单晶层的半值宽度设定到不大于 50sec，这基本上是从使 AlN 单晶的表面平整的角度而言，从而可保证第三族氮化物半导体层的稳定的晶体生长。

用通用的公式 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) 表示形成在 AlN 单晶层上的第三族氮化物半导体，其包含所谓的诸如 AlN、GaN 和 InN 等的二元化合物和诸如 $Al_x Ga_{1-x} N$ 、 $Al_x In_{1-x} N$ 和 $Ga_x In_{1-x} N$ (每个中的 $0 \leq x \leq 1$) 等的三元化合物。通过硼 (B)、

铊 (TL) 等可部分替代第三族元素。可用磷、砷、锑、铋等部分替代氮。

第三族氮化物半导体可包含任何的掺杂成分。Si、Ge、Se、Te、C 等可被用做 n-型杂质。Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba 等可被用做 p-型杂质。在掺入 p-型杂质后，可对第三族氮化物半导体进行电子辐射、等离子体辐射或通过炉子进行加热。

对形成第三族氮化物半导体层的方法并未进行限制，例如可通过如下的方法形成层，例如金属有机化学气相沉积方法 (MOCVD 方法) 或通过公知的诸如原子束外延方法 (MBE 方法)、卤化物气相外延方法 (HVPE 方法)、溅射方法、离子镀方法、电子喷射等方法。

由第三族氮化物半导体层构成的器件的实例包含下面的光学器件，诸如发光二极管、光学探测器、激光二极管、太阳能等，双极器件诸如整流器、可控硅、晶体管等，单极器件诸如 FET (场效应晶体管) 等，和电子器件诸如微波器件等。本发明同样使用在这些器件的中间夹层。另外，发光器件的结构同样可采用具有 MIS (金属绝缘半导体) 结、pin 结或 p-n 结的同质结构、异质结构或双异质结构。量子井结构 (单量子井结构或多量子井结构) 可被用做发光层的结构。

上述的任何一种器件都可被设置在 AlN 单晶层中。

通过下面结合相应附图的详细描述会对本发明的特点和优点有更明确的了解。

本专利的文件至少包含一个彩图。在收取所需费用的情况下专利商标局可提供带彩图的本专利的复制件。

附图说明

在下面的附图中：

图 1 为 AlN 单晶层的生长率和结晶性之间的关系示意图；

图 2 示出了在图 1 中的生长率为 50nm (500 埃) /min 情况下的 X-射线摆动曲线的示意图；

图 3 为同样在生长率为 50nm (500 埃) /min 情况下的 AlN 单晶层的表面电子显微镜的图片；

图 4 为同样在生长率为 10nm (100 埃) /min 情况下的 AlN 单晶层的表面电子显微镜的图片；

图 5 示出了本发明的一个实例的发光二极管；

图 6A 到 6F 示出了表 2 中的每个实例的表面的照片；

图 7A 到 7F 示出了表 4 中的每个实例的表面的照片；

图 8 示出了本发明的另外一个实施例的发光二极管；及

图 9A 到 9F 示出了在表 1 中的每个样品的表面相片。

具体实施方式

下面将参考附图对形成 AlN 单晶层的方法进行详细描述。通过上述的形成第三族氮化物半导体层的方法同样可形成 AlN 单晶层。

下面将主要对 MOCVD 方法进行描述。

将蓝宝石基片设置在通常的 MOCVD 装置中，从而其将通过有机溶剂清洗和加热过程的晶面 a 作为主面。在晶片温度被设定在 1000 度到 1200 度范围（最好为从 1050 到 1150 度）内的情况下，将作为铝源气的 7×10^{-5} 到 $4 \times 10^{-4} \mu \text{mol/cm}^3$ 的三甲基铝 (TMA) 和作为氮材料气的 0.02 到 $0.08 \mu \text{mol/cm}^3$ 的氨几乎同时引入到反应容器中。从控制温度的角度看，当形成第三族氮化物半导体的器件功能层时，气体的温度最好等于基片的温度。将氢作为载气。反应室的内部压力最好被设定在 4.0×10^3 到 $1.3 \times 10^4 \text{Pa}$ (从 30 到 100Torr) 的范围中，最好在 6.7×10^3 到 $1.2 \times 10^4 \text{Pa}$ (从 50 到 90Torr) 的范围。载气的流动速率被设定在例如 2 到 4m/sec 的范围，最好在 2.5 到 3.5m/sec 的范围。通过调整每种材料气的浓度从而相对上述的气体流动速率而言基片表面上的碰撞几率变为最高。例如，分别将 TMA 和氨设定为 $1 \times 10^{-4} \mu \text{mol/cm}^3$ 和 $0.05 \mu \text{mol/cm}^3$ 。另外，最好将氨的浓度设置的足够低，以避免在生长的早期阶段使基片被氮化。

图 1 示出了通过上述的方法在蓝宝石的晶面 a 上形成 0.5 微米厚的 AlN 单晶层的情况下，生长速率（生长速度：0.1nm (1 埃) /min）

和结晶性（摆动曲线的半值宽度：sec）之间关系的示意图。从图 1 的标线可看出，被设定的半值宽度不大于 50sec，而生长率最好被设定在不小于 20nm（200 埃）/min。对生长率的上限并无特定的限制，例如，生长率最好被设定在不高于 60nm（600 埃）/min。如果生长率高于 60nm（600 埃）/min，则所形成的膜很难平整。

更具体的，生长率为从 30 到 50nm（300 到 500 埃）/min。

图 2 示出了生长率为 50nm（500 埃）/min 时的摆动曲线，其中在图 1 中示出了最小半值宽度。

图 3 示出了在此情况下的 AlN 单晶层的表面电子显微图片。如图 3 中所示，AlN 单晶的表面基本上是平整的。

另一方面，图 4 示出了在生长率被设定在 10nm（100 埃）/min 时 AlN 单晶层的表面电子显微图片。如图 4 中所示，当半值宽度大约为 90sec（现有技术中的值）时表面不平整。在此表面结构中，当在 AlN 单晶层中建立了器件功能时，掺杂可能无法起到效果。因此，同样当在 AlN 单晶层上生长由第三族氮化物半导体层形成的另外一个器件功能层时，则无法生长出具有好的结晶性的器件功能层。

下面将描述本发明的一个实施例。

在此实施例中使用了一个发光二极管。在图 5 中示出了发光二极管 10 的结构。

层	成分	掺杂杂质	厚度
光传导电极 19			
P-型包层 18	P-GaN	Mg	(0.3 微米)
发光层 17	超晶格结构		
量子井层	In _{0.15} Ga _{0.85} N		(3.5nm)
阻挡层	GaN		(3.5nm)
量子井和阻挡层的 重复数：1 到 10			
n-型包层 16	n-GaN	Si	(4 微米)
AlN 单晶层 15	AlN		(0.5 微米)
基片 11	蓝宝石（晶面 a）		(300 微米)

n-型包层 16 可为双层的结构，在发光层 17 上为具有低电子密度的 n-层，而在内涂层 15 上为具有高电子密度的 n+层。

发光层并 17 不限于超晶格结构。其他的诸如单异型结构、双异型结构、同质结型结构或类似的结构都可被用做发光层的结构。

掺杂有诸如镁的受体并具有宽带间隙的第三族氮化物半导体层可被插在发光层 17 和 P-型包层 18 之间。这是为了防止被引入到发光层 17 中的电子扩散进 P-型包层 18 中。

P-型包层 18 可为双层结构，在发光层 17 侧上面为具有低孔穴密度的 P-层，而在电子侧上面的为具有高孔穴密度的 P⁺ 层。

在如上所述的发光二极管结构中，AlN 单晶层 15 的生长率大约为 50nm (500 埃) /min。其他的生长条件（诸如基片温度）处于上述的范围。

通过在一般的条件下进行 MOCVD 方法可在 n-型包层 16 上形成第 III 族氮化物半导体层。

然后，在形成掩膜后，通过反应离子蚀刻去除 P-型包层 18、发光层（活性层）17 和部分 n-型包层 16。因此，露出部分 n-型包层 16，从而形成 n-型电极焊盘 21。

在将光刻胶均匀的施加到半导体表面上之后，通过光刻技术部分从形成在 p-型包层 18 上的电极形成部分部分去除光刻胶。因此，露出与电极形成部分相对应的部分 p-型包层 18。通过气化装置在 p-型包层 18 的露出部分上形成 Au-Co 的光传导电极层 19。

然后，按照与所述的相同的气相沉积方法形成 p-型电极焊盘 20 和 n-型电极焊盘 21。

下面将描述下列的各项：

(11) 叠层包含基片和形成在基片上的 AlN 单晶层，AlN 单晶层的厚度为从 0.5 到 3 微米，并具有基本平整的面，其中 AlN 单晶层的 X-射线摆动曲线的半值宽度不大于 50sec。

(12) 根据段落 (11) 的叠层，其中通过 MOCVD 方法形成 AlN 单晶层。

(13) 根据段落(12)的叠层,其中用做基片的蓝宝石晶面 a 被加热到 1000 度到 1200 度的范围。

(14) 根据段落(12)或(13)的叠层,其中当生长 AlN 单晶层时所使用的压力为 4.0×10^3 到 1.3×10^4 Pa,载气流速为从 2 到 4m/sec,铝材料气流速为从 7×10^{-5} 到 4×10^{-4} μ mol/cm³,氮材料气的流速为 0.02 到 0.08 μ mol/cm³。

(15) 根据段落(12)到(14)的任何一个段落所述的叠层,其中 AlN 单晶的生长速度为从 20 到 60nm/min。

(16) 根据段落(11)到(15)的任何一个段落所述的叠层,其中形成器件功能的第三族氮化物半导体层被形成在 AlN 单晶层上。

下面将从另外一个方面对本发明进行描述。

只要基片的材料适合用于第三族氮化物半导体,对其并无特定的限制。所使用的基片材料的实例包含蓝宝石、具有尖晶石结构的材料、硅、碳化硅、氧化锌、磷化镓、砷化镓、氧化镁、氧化锰等。

通常使用缓冲层,从而在蓝宝石基片上形成具有好的结晶性的第三族氮化物半导体层。 $Al_x Ga_{1-x} N$ ($0 \leq x \leq 1$),尤其 AlN 适合用做缓冲层的材料。

在本发明中,最好在蓝宝石基片的晶面 a 上生长第三族氮化物半导体。

在基片的表面上生长氮化层。为了进行 MOCVD 方法,通过循环作为第三族氮化物半导体的氮材料源的第一气体(氨、肼、有机胺等)形成氮化层,其中使用氢气作为载气,同时在循环氢气的情况下在加热基片及清洁基片的表面后保持基片的温度。根据本发明的第一方面,此表面氮化层的厚度被设定在 10 到 300 埃的范围。虽然可使用厚度大于 300 埃的表面氮化层,在此情况下为了形成表面氮化层需要很长的时间。

例如,当在被加热到 1190 度的基片上将由氢气(10L/min)和氨气(3L/min)构成的混合气体循环 30 分钟时,形成厚度大约为 200

埃的表面氮化层。通过调节由氢气和氨气构成的混合气体的循环时间可对表面氮化层的厚度进行控制。另外同样可通过调节氨气浓度和/或基片温度而对表面氮化层的厚度进行控制。

根据本发明的另外一个方面，表面氮化层的厚度小于 10 埃。在完全对基片的表面进行清洁后，首先循环诸如氨气的氮材料源气体。然后，在所循环的氮材料源气体稳定后立即循环诸如 TMA 的第三族金属元素材料气体。根据发明人的经验，在打开用于引入氨气的阀门后，稳定的循环氨气 30-90 秒（通常小于 30-60 秒）。其结果，形成具有厚度小于 10 埃的表面氮化层。在此情况下，只短时间的向基片表面提供氨气。因此可认为基片表面被氮化，但很难测量氮化层的厚度。

在本发明的第二方面中，在氨气循环稳定后立即循环第三族金属元素材料气体的生产步骤是很重要的。

用通用的公式 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$, $0 \leq X+Y \leq 1$), 其包含所谓的诸如 AlN、GaN 和 InN 的二元化合物和诸如 $Al_xGa_{1-x}N$ 、 $Al_xIn_{1-x}N$ 和 $Ga_xIn_{1-x}N$ (每个中的 $0 \leq X \leq 1$) 等的三元化合物。通过硼 (B)、铊 (TL) 等可部分替代第三族元素。可用磷、砷、锑、铋等部分替代氮。发光元件的器件功能部分最好由上述的二元或三元第三族氮化物半导体构成。

第三族氮化物半导体可包含任何的掺杂成分。Si、Ge、Se、Te、C 等可被用做 n-型杂质。Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba 等可被用做 p-型杂质。另外，仅通过用此种的 p-型杂质掺杂进第三族氮化物半导体很难将第三族氮化物半导体改变为低电阻的 p-型半导体。因此在掺入 p-型杂质后，可对第三族氮化物半导体进行电子辐射、等离子体辐射或通过炉子进行加热。

在本发明中，在基片上形成第一第三族氮化物半导体层的方法为金属有机化学气相沉积方法（在此说明书中，指“MOCVD”方法）。三元化合物 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq X \leq 1$) 最好被用做第一第三族氮化物半导体。诸如 AlN、GaN 或 InN 的二元化合物同样可被用做第

一 第三族氮化物半导体。

对在第一第三族氮化物半导体层上形成第二第三族氮化物半导体层的方法并未进行限制，考虑到本发明的效果，通过 MOCVD 方法可在高温下生长第一第三族氮化物半导体层，从提高生产效率的角度看，最好通过 MOCVD 方法形成第二第三族氮化物半导体层，其可使用基本上等于第一第三族氮化物半导体层生长温度的温度进行生长。

通过公知的诸如原子束外延方法（MBE 方法）、卤化物气相外延方法（HVPE 方法）、液相外延方法等可形成第二第三族氮化物半导体层。

下面将详细描述在本发明的第一方面中的用于形成第一第三族氮化物半导体层所需的条件，即在使用提供有表面氮化层的基片的情况下，其中的表面氮化层的厚度为从 10 到 300 埃。

（第一第三族氮化物半导体层的生长温度）

本发明人通过使用 MOCVD 方法并在改变生长温度的情况下在具有 200 埃厚的表面氮化层的蓝宝石基片的晶面 a 上形成 AlN 层（厚度为：2.3 微米）。同时通过 MOCVD 方法在 AlN 层上形成 GaN 层（厚度：2 微米，生长温度与 AlN 层相同）。在光学显微镜下观察 GaN 的表面。观察结果如下。图 9A 到 9F 示出了每个样品的表面照片（放大 400 倍）。

表 1

样品号	#1	#2	#3	#4	#5	#6
AlN 生长温度 (摄氏度)	1050	1110	1130	1150	1170	1200
GaN 层表面结构	△	○		○	△	×

其中： 表示镜面

○表示几乎为镜面

△ 表示非镜面，但可在其上形成第二第三族氮化物半导体层

×表示结构太坏无法在其上形成第二第三族氮化物半导体层

从表 1 的结果可看出，通过 MOCVD 方法在蓝宝石基片上形成的 AlN 层的生长温度范围最好被设定在 1000 到 1180 度之间，最好在 1050 到 1170 度之间，更好在 1100 到 1150 度之间，好上加好的是在 1120 到 1140 度之间，最优的是在 1130 度。

通过上面的描述，通过 MOCVD 方法在基片上形成第三族氮化物半导体层的生长温度可被设定在 1000 到 1180 度之间，最好在 1050 到 1170 度之间，更好在 1100 到 1150 度之间，好上加好的是在 1120 到 1140 度之间，最优的是在 1130 度。

(第一第三族氮化物半导体层的厚度条件)

本发明人通过使用 MOCVD 方法并在改变 AlN 厚度的情况下在具有 200 埃厚的表面氮化层的蓝宝石基片的晶面 a 上形成 AlN 层(生长温度为 1130 度)。同时通过 MOCVD 方法在 AlN 层上形成 GaN 层(厚度：2 微米，生长温度与 AlN 层相同)。在光学显微镜下观察 GaN 的表面。观察结果如下。图 6A 到 6F 示出了每个样品的表面照片。

表 2

样品号	#7	#8	#9	#10	#11	#12
AlN 厚度(微米)	0.8	1.0	1.5	2.3	3.0	3.3
GaN 层表面结构	×	×	○		○	×

其中： 表示镜面

○表示几乎为镜面

△ 表示非镜面，但可在其上形成第二第三族氮化物半导体层

×表示结构太坏无法在其上形成第二第三族氮化物半导体层

从表 2 的结果可看出，通过 MOCVD 方法在 1130 度温度下在蓝宝石基片上形成的 AlN 层的厚度最好被设定在 1.2 到 3.2 微米之间，最好在 1.5 到 3.0 微米度之间，好上加好的是在 2.0 到 2.7 微米之间，最优的是在 2.3 微米。

通过上面的描述，通过 MOCVD 方法在与第一第三族氮化物半导体层相同的生长温度下在基片上形成第三族氮化物半导体层的生长温度可被设定在 1.2 到 3.2 微米之间，最好在 1.5 到 3.0 微米之间，好上加好的是在 2.0 到 2.7 微米之间，最优的是在 2.3 微米。

（第一第三族氮化物半导体层的生长速度）

从产量的角度看，为了形成厚度不小于 1 微米的第三族氮化物半导体层，所需要的第三族氮化物半导体层的生长速度至少为 10nm/min。另一方面，即使在第三族元素的材料气的流速增大从而生长速度提高的情况下，第三族氮化物半导体层生长速度也同时增大，从而会降低材料的使用效率。因此从成本的角度看，第三族氮化物半导体层的生长速度的上限被设定在 250nm/min。

（第一第三族氮化物半导体层的压力条件）

作为第三族元素材料气的 TMA 具有高的反应率。因此，如果将过量的 TMA 提供到 MOCVD 装置的反应室中，TMA 与氨气（处于气相的载气）发生反应，从而很难到达基片。因此，通过增大 TMA 的流速很难提高第一第三族氮化物半导体层的生长速度。因此为了

抑制气相中的反应，需在减压的状态下生长第一第三族氮化物半导体层。其结果，可形成具有优良结构的第二第三族氮化物半导体层。

根据本发明人的观察，AlN 层的最大生长速度和反应室的内部压力之间的关系如下，其中是采用具有 200 埃厚的表面氮化层的蓝宝石基片的晶面 a 上进行 MOCVD 方法。

表 3

反应压力	最佳生长速度
2500Pa (18.8 Torr)	250 nm/min
20000Pa (150 Torr)	100 nm/min
40000Pa (300 Torr)	42 nm/min
101080Pa (760 Torr)	0.6 nm/min

换句话说，当以反应压力和生长速度作为参数时，AlN 层的最佳生长速度处于被上述的值包围的范围中。

通过上面的描述，为了获得优良的生长速度，反应压力最好被设定在 2500 到 4000Pa 的范围中。

反应压力和生长速度之间的关系同样使用于除 AlN 以外的第三族氮化物半导体。

下面在本发明的第二方面中将对第一第三族氮化物半导体层的所需的条件进行描述，即所使用的基片具有厚度为 0 到 10 埃的表面氮化层。

另外，生长温度条件、生长速度条件和生长压力条件都与本发明的第一方面相同。

(第一第三族氮化物半导体层的厚度条件)

在本发明的第二方面中，用于第一第三族氮化物半导体层的所需的厚度条件与第一方面的不同(相对较薄)。

在对蓝宝石基片的晶面 a 进行清洗后，将氨气引入到作为载气的氢气中，同时基片的温度被维持在 1130 度。在大约 1 分钟后(因为氨气的循环状态被稳定)，进一步引入 TMA，从而通过 MOCVD 方法生长厚度不同的 AlN 层。类似的通过 MOCVD 方法在 AlN 层

上形成 GaN 层（厚度：2 微米，生长温度：与 AlN 层相同）。在光学显微镜下观察 GaN 层的表面。观察的结果如下。图 7A 到 7F 示出了每个样品的表面照片（放大率：400）。

表 4

样品	#13	#14	#15	#16	#17	#18
AlN 厚度（微米）	0.015	0.30	0.45	0.90	1.90	2.30
GaN 层表面结构	○			○	△	△

其中：表示镜面

○表示几乎为镜面

△表示非镜面，但可在其上形成第二第三族氮化物半导体层

×表示结构太坏无法在其上形成第二第三族氮化物半导体层

从表 4 的结果可看出，通过 MOCVD 方法在蓝宝石基片上形成的 AlN 层的厚度在 1130 度的生长温度下最好被设定在 0.01 到 2.3 微米范围之内，其中的蓝宝石基片具有厚度为 0 到 10 埃的表面氮化层。如果 AlN 层的厚度小于 0.01 微米，存在这样的问题，即在 AlN 层上生长的 AlN 层结构变差。最好将 AlN 层的厚度设定在 0.1 到 1.5 微米的范围，更好的在 0.2 到 0.5 微米的范围，最优的是 0.45 微米。

通过上面的描述，在上述的第一第三族氮化物半导体层的生长温度下通过 MOCVD 方法形成在基片上的第三族氮化物半导体层的厚度最好被设定在 0.01 到 2.3 微米的范围，更好的被设定在 0.1 到 1.5 微米的范围内，好上加好的范围是 0.2 到 0.5 微米，最优的是 0.45 微米。

下面将描述本发明的一个实施例。

在此实施例中使用发光二极管 10。在图 8 中示出了发光二极管 10 的结构。

各个层的情况如下。

层	成分	掺杂杂质	厚度
P-型包层 18	P-GaN	Mg	(0.3 微米)
发光层 17 量子井层 阻挡层 量子井和阻挡层的重复 数: 1 到 10	超晶格结构 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ GaN		(35 埃) (35 埃)
n-型包层 16	n-GaN	Si	(4 微米)
缓冲层 15	AlN		(2.3 微米)
基片 11	蓝宝石 (晶面 a)		(300 微米)

n-型层 16 可为双层的结构, 在发光层 17 上为具有低电子密度的 n-层, 而在缓冲层 15 上为具有高电子密度的 n+层。

发光层 17 并不限于超晶格结构。其他的诸如单异型结构、双异型结构、同质结型结构或类似的结构都可被用做发光层的结构。发光层的结构同样可采用任何其他的功能, 诸如 MIS (金属绝缘半导体) 结或 PIN 结。

掺杂有诸如镁的受体并具有宽带间隙的 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ (其中包含 $X=0$ 、 $Y=0$ 和 $X=Y=0$ 在内) 可被插在发光层 17 和 P-型包层 18 之间。这是为了防止被引入到发光层 17 中的电子扩散进 P-型包层 18 中。

P-型包层 18 可为双层结构, 在发光层 17 侧上面为具有低孔穴密度的 P-层, 而在电子侧上面的为具有高孔穴密度的 P⁺ 层。

每个 n-型和 p-型层都可为上述的双层结构 (包层, 接触层), 同时可为超晶格结构, 以提高层的性能。

生产上述的发光二极管的方法如下。

首先, 在将氢气引入到 MOCVD 装置的反应室中的同时, 将蓝宝石基片加热到 1000 度并保持在 1000 度大约 5 分钟。然后, 将基

片 11 加热到 1130 度并首先将作为材料气的氨气引入 15 分钟。因此，可形成厚度为 100 埃（深）的表面氮化层 13。

然后，在保持基片温度为 1130 度的同时，引入 TMA，从而通过 MOCVD 方法生长 AlN 缓冲层 15。在保持基片温度的同时，形成 n-型层 16，并通过普通的方法（MOCVD 方法）形成第二第三族氮化物半导体层 17 和 18。在生长方法中，将氨气和诸如三甲基镓（TMG）、三甲基铝（TMA）和三甲基铟（TMI）的第三族元素烷基化合物气体提供到被加热到适宜温度的基片上，并进行热分解反应，从而在基片上生长所需的晶体。

在本实施例中通过如此方法生长的第二第三族氮化物半导体层具备优良的结构和好的结晶性。

光传导电极 19 为包含金的薄膜。在 P-型层 18 上叠加光传导电极 19，从而覆盖 P-型层 18 的基本整个上表面。同样通过包含金的材料构成 P-型电极 20。通过汽相蒸发方法在光传导电极 19 上形成 P-型电极 20。

在借助蚀刻方法露出的 n-GaN 层 16 的表面上通过汽化方法形成 n-型电极 21。

应用本发明的器件并不限于上述的发光二极管。本发明同样适用于光学器件，诸如光学探测器、激光二极管、太阳能等，双极器件诸如整流器、可控硅、晶体管等，单极器件诸如 FET（场效应晶体管）等，和诸如微波器件的电子器件等。

同样本发明可适用于这些器件的作为中间层的叠层结构。

本发明并不限于上述的模式和实施例，在本发明的范围内包含对本领域中的技术人员而言所做的各种的变化和修改。

下面将描述下面的各项。

(21) 一种用于生产第三族氮化物半导体器件的方法，其包含如下的步骤：

将蓝宝石基片保持在 1000 到 1180 度的温度范围内；

通过将作为第三族氮化合物半导体的氮材料气的第一气体循环到基片上而在基片的表面上形成厚度不大于 300 埃的表面氮化层；

及

通过循环作为第三族氮化合物半导体的第三族材料源的第二气体和第一气体而形成厚度从 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导体层。

(22) 根据段落 (21) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度范围为 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2 微米。

(23) 根据段落 (21) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为 0.01 到 2.3 微米。

(24) 根据权利要求 1 到 14 的任何一项和段落 (21) 到 (23) 的生产方法, 其中生长温度范围为 1050 到 1180 度。

(25) 根据权利要求 1 到 14 的任何一项和段落 (21) 到 (23) 的生产方法, 其中生长温度范围为 1110 到 1150 度。

(26) 根据权利要求 2 和 11 中的一个及段落 (22) 的生产方法, 其中厚度的范围为 1.5 到 3.0 微米。

(27) 根据权利要求 2 和 11 中的一个及段落 (22) 的生产方法, 其中厚度的范围为 2.0 到 2.7 微米。

(28) 根据权利要求 3 和 12 中的一个及段落 (23) 的生产方法, 其中厚度的范围为 0.01 到 1.7 微米。

(29) 根据权利要求 3 和 12 中的一个及段落 (23) 的生产方法, 其中厚度的范围为 0.3 到 1.0 微米。

(31) 一种第三族氮化物半导体器件, 包含第三族氮化物半导体层, 该层在 1000 到 1180 度的生长温度下在具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层的基片上形成, 厚度为 0.01 到 3.2 微米。

(32) 根据段落 (31) 的器件, 其中表面氮化层的厚度范围为 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为 1.2 到 3.2 微米。

(33) 根据段落 (31) 的器件, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为 0.01 到 2.3 微米。

(34) 根据前面的段落 (31) 到 (33) 的任何一个段落的器件,

其中第三族氮化物半导体层的生长速度范围为 10 到 250nm/min。

(35) 根据段落 (31) 到 (33) 的任何一个段落的器件, 其中生长第三族氮化物半导体层的压力范围为 2500 到 40000Pa。

(36) 根据段落 (31) 到 (35) 的任何一个段落的器件, 其中第三族氮化物半导体层由 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) 构成。

(37) 根据段落 (36) 的器件, 其中第三族氮化物半导体层由 AlN 构成。

(38) 根据段落 (37) 的器件, 其中 GaN 层形成在 AlN 层上;

(39) 根据段落 (31) 到 (38) 的任何一个段落的器件, 其中基片为蓝宝石。

(40) 根据段落 (38) 的器件, 其中第三族氮化物半导体层被形成在蓝宝石基片的晶面 a 上。

(41) 第三族氮化物半导体器件, 包含第一第三族氮化物半导体层, 其厚度为从 0.01 微米到 3.2 微米, 并形成在蓝宝石基片上, 蓝宝石基片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层, 和第二第三族氮化物半导体层, 其形成在第一第三族氮化物半导体层上, 其中通过 MOCVD 方法的第一和第二第三族氮化物半导体层的每个的形成温度都等于或高于第二第三族氮化物半导体层的生长温度。

(42) 根据段落 (41) 的器件, 其中表面氮化层的厚度为 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为 1.2 到 3.2 微米。

(43) 根据段落 (41) 的器件, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为 0.01 到 2.3 微米。

(44) 第三族氮化物半导体器件, 包含蓝宝石基片, 该基片被氮化 30 到 90sec, 并在 1000 到 1180 度的温度下在被氮化的蓝宝石基片上形成第三族氮化物半导体层。

(45) 根据段落 (44) 的器件, 其中用于氮化的时间不小于 30sec 但小于 60sec。

(51) 一种第三族氮化物半导体器件, 其通过如下的步骤获得:
将蓝宝石基片保持在 1000 到 1180 度的温度范围内;

通过将作为第三族氮化物半导体的氮材料源的第一气体循环到

晶片上而在晶片的表面上形成厚度不大于 300 埃的表面氮化层；及
通过循环作为第三族氮化物半导体的第三族元素材料源的第二
气体与第一气体而形成厚度为 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导
体层。

(52) 根据段落 (51) 的器件，其中表面氮化层的厚度从 10 到
300 埃，而第三族氮化物半导体层的厚度为 1.2 到 3.2 微米。

(53) 根据段落 (51) 的器件，其中表面氮化层的厚度小于 10
埃，而第三族氮化物半导体层的厚度从 0.01 到 2.3 微米。

(54) 根据段落 (31) 到 (53) 的任何一个的器件，其中生长
温度为从 1050 到 1180 度之间。

(55) 根据段落 (31) 到 (53) 的任何一个的器件，其中生长
温度为从 1110 到 1150 度之间。

(56) 根据段落 (32)、(41) 和 (52) 的任何一个的器件，其
中厚度范围为从 1.5 微米到 3.0 微米。

(57) 根据段落 (32)、(41) 和 (52) 的任何一个的器件，其
中厚度范围为从 2.0 微米到 2.7 微米。

(58) 根据段落 (33)、(42) 和 (53) 的任何一个的器件，其
中厚度范围为从 0.01 微米到 1.7 微米。

(59) 根据段落 (33)、(42) 和 (53) 的任何一个的器件，其
中厚度范围为从 0.3 微米到 1.0 微米。

(61) 用于生产叠层的方法，包含如下的步骤：在 1000 到 1180
度的温度下，在晶片上生长厚度从 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物
半导体层，其中的晶片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层。

(62) 根据段落 (61) 的生产方法，其中表面氮化层的厚度范
围为 10 到 300 埃，而第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2
微米。

(63) 根据段落 (61) 的生产方法，其中表面氮化层的厚度小
于 10 埃，而第三族氮化物半导体层的厚度从 0.01 到 2.3 微米。

(64) 根据段落 (61) 到 (63) 的任何一个的生产方法，其中
第三族氮化物半导体层的生长速度从 10 到 250nm/min。

(65) 根据段落 (61) 到 (63) 的任何一个的生产方法, 其中第三族氮化物半导体层的生长压力从 2500 到 40000Pa。

(66) 根据段落 (61) 到 (65) 的任何一个的生产方法, 其中第三族氮化物半导体层由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 构成。

(67) 根据段落 (66) 的生产方法, 其中第三族氮化物半导体层由 AlN 构成。

(68) 根据段落 (61) 到 (67) 的任何一种的生产方法, 其中基片为蓝宝石。

(69) 根据段落 (68) 的生产方法, 其中第三族氮化物半导体层被形成在蓝宝石基片的晶面 a 上。

(70) 用于生产叠层的方法, 其包含如下的步骤: 在蓝宝石基片上形成第一第三族氮化物半导体层, 其厚度为 0.01 到 3.2 微米, 其中基片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层; 在第一第三族氮化物半导体层上形成第二第三族氮化物半导体层, 其中通过 MOCVD 方法的第一和第二第三族氮化物半导体层的每个的生长温度都基本上等于或高于第二第三族氮化物半导体层的生长温度。

(71) 根据段落 (70) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度为从 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2 微米。

(72) 根据段落 (70) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为从 0.01 到 2.3 微米。

(73) 一种用于生产叠层的方法, 其中包含如下的步骤: 氮化蓝宝石基片 30 到 90sec; 在 1000 到 1180 度的温度下在被氮化的蓝宝石基片上生长第三族氮化物半导体层。

(74) 根据段落 (73) 的生产方法, 其中用于氮化所需的时间不短于 30sec, 但短于 60sec。

(81) 一种用于生产叠层的方法, 包含如下的步骤:

将蓝宝石基片保持在 1000 到 1180 度的温度范围;

通过将作为第三族氮化物半导体的氮材料源的第一气体循环到基片上而在基片的表面上形成厚度不大于 300 埃的表面氮化层; 及

通过循环作为第三族氮化物半导体的第三族元素材料源的第二气体和第一气体而形成厚度从 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导体层。

(82) 根据段落 (81) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度为 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为 1.2 到 3.2 微米。

(83) 根据段落 (81) 的生产方法, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为从 0.01 到 2.3 微米。

(84) 根据段落 (61) 到段落 (83) 的任何一个的生产方法, 其中生长温度范围为从 1050 到 1180 度。

(85) 根据段落 (61) 到段落 (83) 的任何一个的生产方法, 其中生长温度范围为从 1110 到 1150 度。

(86) 根据段落 (62)、(71) 和段落 (82) 的任何一个的生产方法, 其中厚度范围为从 1.5 到 3.0 微米。

(87) 根据段落 (62)、(71) 和段落 (82) 的任何一个的生产方法, 其中厚度范围为从 2.0 到 2.7 微米。

(88) 根据段落 (63)、(72) 和段落 (83) 的任何一个的生产方法, 其中厚度范围为从 0.01 到 1.7 微米。

(89) 根据段落 (63)、(72) 和段落 (83) 的任何一个的生产方法, 其中厚度范围为从 0.3 到 1.0 微米。

(91) 一种叠层, 其包含形成在基片上的第三族氮化物半导体层, 其具有从 0.01 到 3.2 微米的厚度, 生长温度为从 1000 度到 1180 度, 其中的基片具有厚度不大于 300 埃的表面氮化层。

(92) 根据段落 (91) 的叠层, 其中表面氮化层的厚度为从 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2 微米。

(93) 根据段落 (91) 的叠层, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为 0.01 到 2.3 微米。

(94) 根据段落 (91) 到 (93) 的任何一个的叠层, 其中第三族氮化物半导体层的生长速度为从 10 到 250nm/min。

(95) 根据段落 (91) 到 (93) 的任何一个的叠层, 其中第三族氮化物半导体层的生长压力为从 2500 到 40000Pa。

(96) 根据段落 (91) 到 (95) 的任何一个的叠层, 其中第三族氮化物半导体层由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 构成。

(97) 根据段落 (96) 的叠层, 其中第三族氮化物半导体层由 AlN 构成。

(98) 根据段落 (97) 的器件, 其中 GaN 层形成在 AlN 层上。

(99) 根据段落 (91) 到 (97) 的任何一个的叠层, 其中基片为蓝宝石。

(100) 根据段落 (99) 的叠层, 其中第三族氮化物半导体层被形成在蓝宝石基片的晶面 a 上。

(101) 一种叠层, 包含第一第三族氮化物半导体层, 其厚度为从 0.01 到 3.2 微米, 并形成在蓝宝石基片上, 该蓝宝石基片具有不大于 300 埃的厚度, 和第二第三族氮化物半导体层, 其形成在第一第三族氮化物半导体层上, 其中通过 MOCVD 方法的第一和第二第三族氮化物半导体层的每个的形成温度都等于或大于第二第三族氮化物半导体层的生长温度。

(102) 根据段落 (101) 的叠层, 其中表面电极层的厚度为从 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为从 1.2 到 3.2 微米。

(103) 根据段落 (101) 的叠层, 其中表面电极层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度范围为从 0.01 到 2.3 微米。

(104) 一种叠层, 包含蓝宝石基片, 该基片被氮化 30 到 90sec, 并在 1000 到 1180 度的温度下在被氮化的蓝宝石基片上形成第三族氮化物半导体层。

(105) 根据段落 (104) 的器件, 其中用于氮化的时间不小于 30sec 但小于 60sec。

(111) 一种第三族氮化物半导体叠层, 其通过如下的步骤获得:
将蓝宝石基片保持在 1000 到 1180 度的温度范围内;
通过将作为第三族氮化物半导体的氮材料源的第一气体循环到基片上而在基片的表面上形成厚度不大于 300 埃的表面氮化层; 及
通过循环作为第三族氮化物半导体的第三族元素材料源的第二气体与第一气体而形成厚度为 0.01 到 3.2 微米的第三族氮化物半导

体层。

(112) 根据段落 (111) 的叠层, 其中表面氮化层的厚度从 10 到 300 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度为 1.2 到 3.2 微米。

(113) 根据段落 (111) 的叠层, 其中表面氮化层的厚度小于 10 埃, 而第三族氮化物半导体层的厚度从 0.01 到 2.3 微米。

(114) 根据段落 (91) 到 (113) 的任何一个的叠层, 其中生长温度为从 1050 到 1180 度之间。

(115) 根据段落 (91) 到 (113) 的任何一个的叠层, 其中生长温度为从 1110 到 1150 度之间。

(116) 根据段落 (92)、(101) 和 (112) 的任何一个的叠层, 其中厚度范围为从 1.5 微米到 3.0 微米。

(117) 根据段落 (92)、(101) 和 (112) 的任何一个的叠层, 其中厚度范围为从 2.0 微米到 2.7 微米。

(118) 根据段落 (93)、(102) 和 (113) 的任何一个的叠层, 其中厚度范围为从 0.01 微米到 1.7 微米。

(119) 根据段落 (93)、(102) 和 (113) 的任何一个的叠层, 其中厚度范围为从 0.3 微米到 1.0 微米。

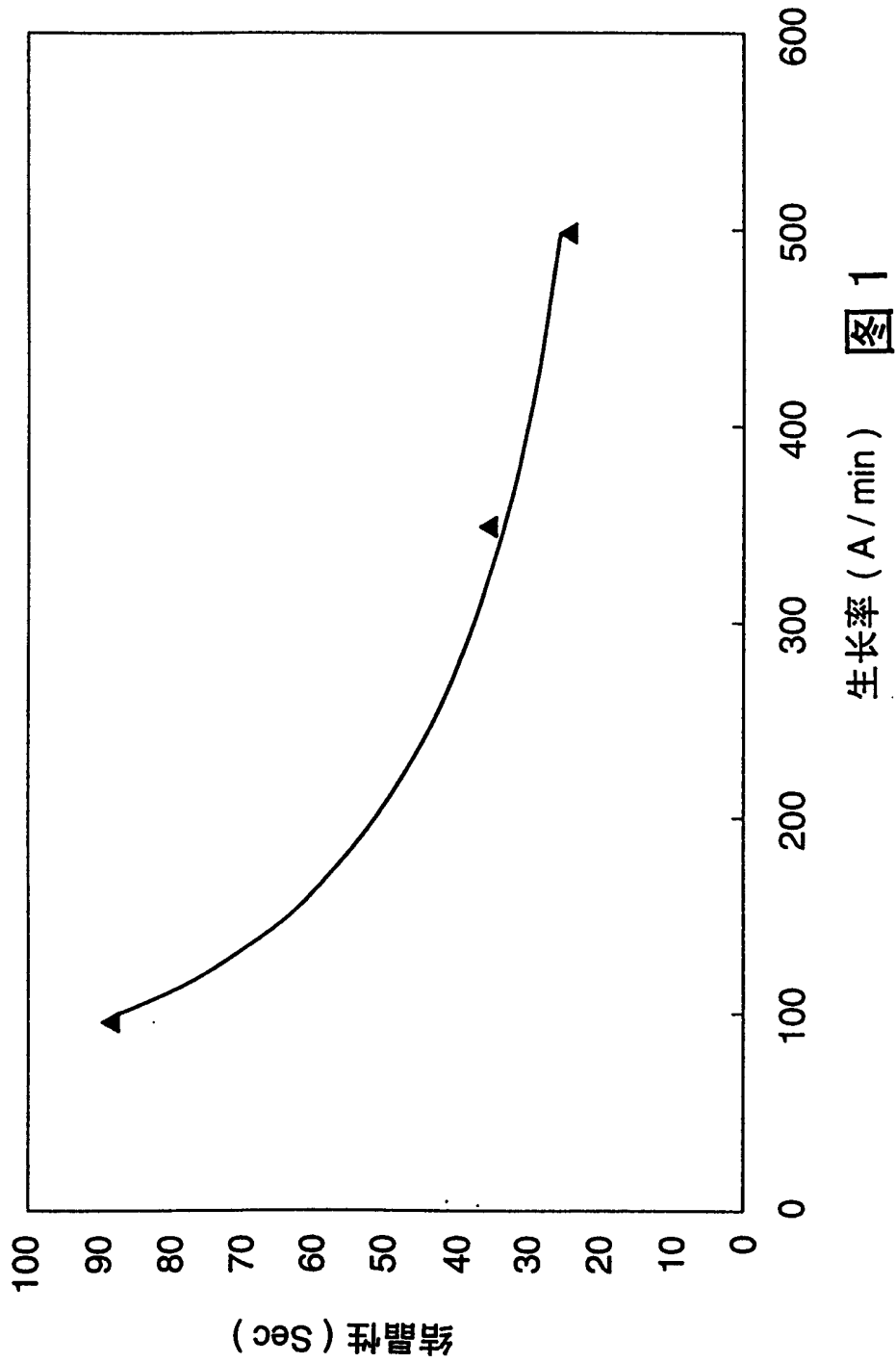


图 1

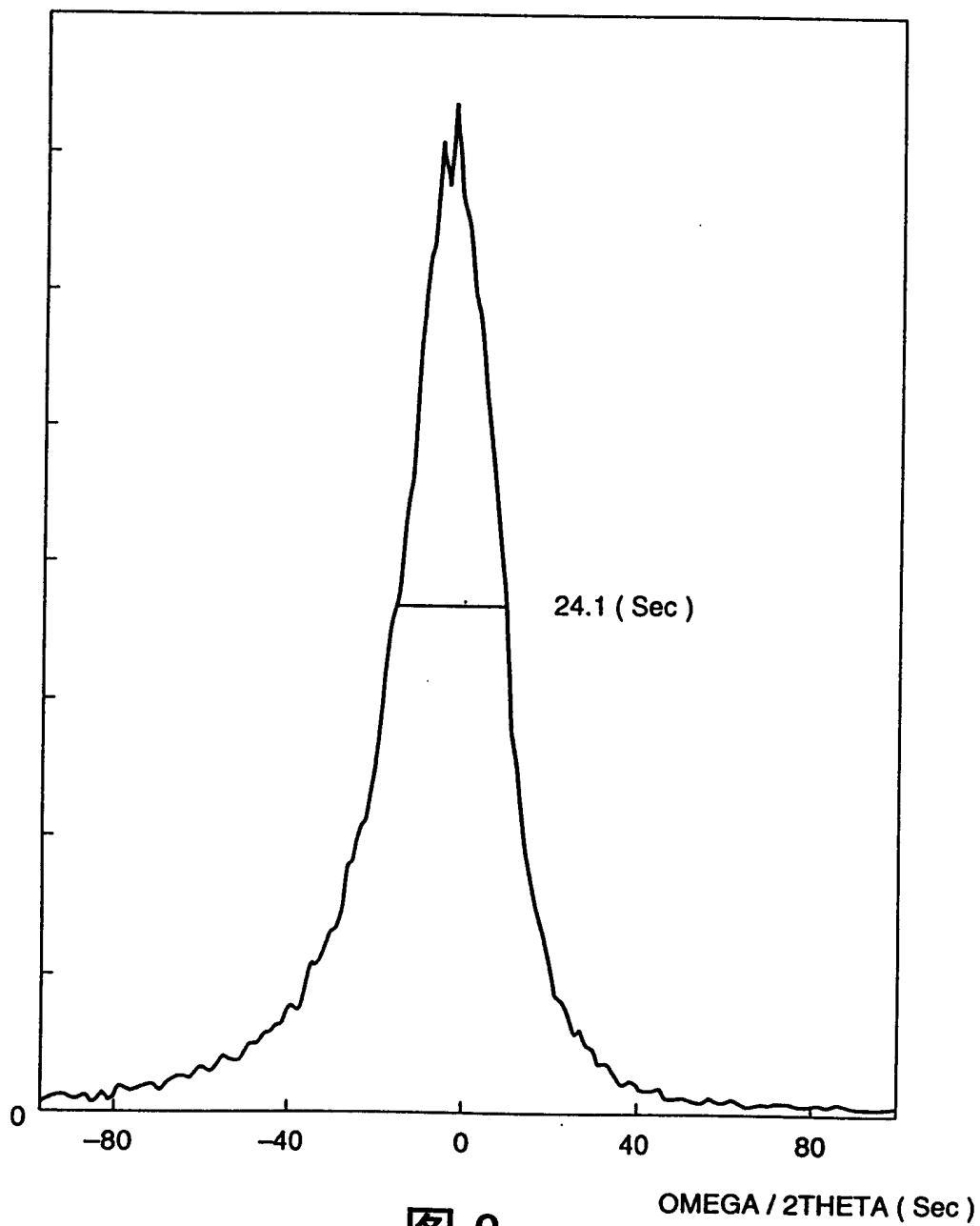
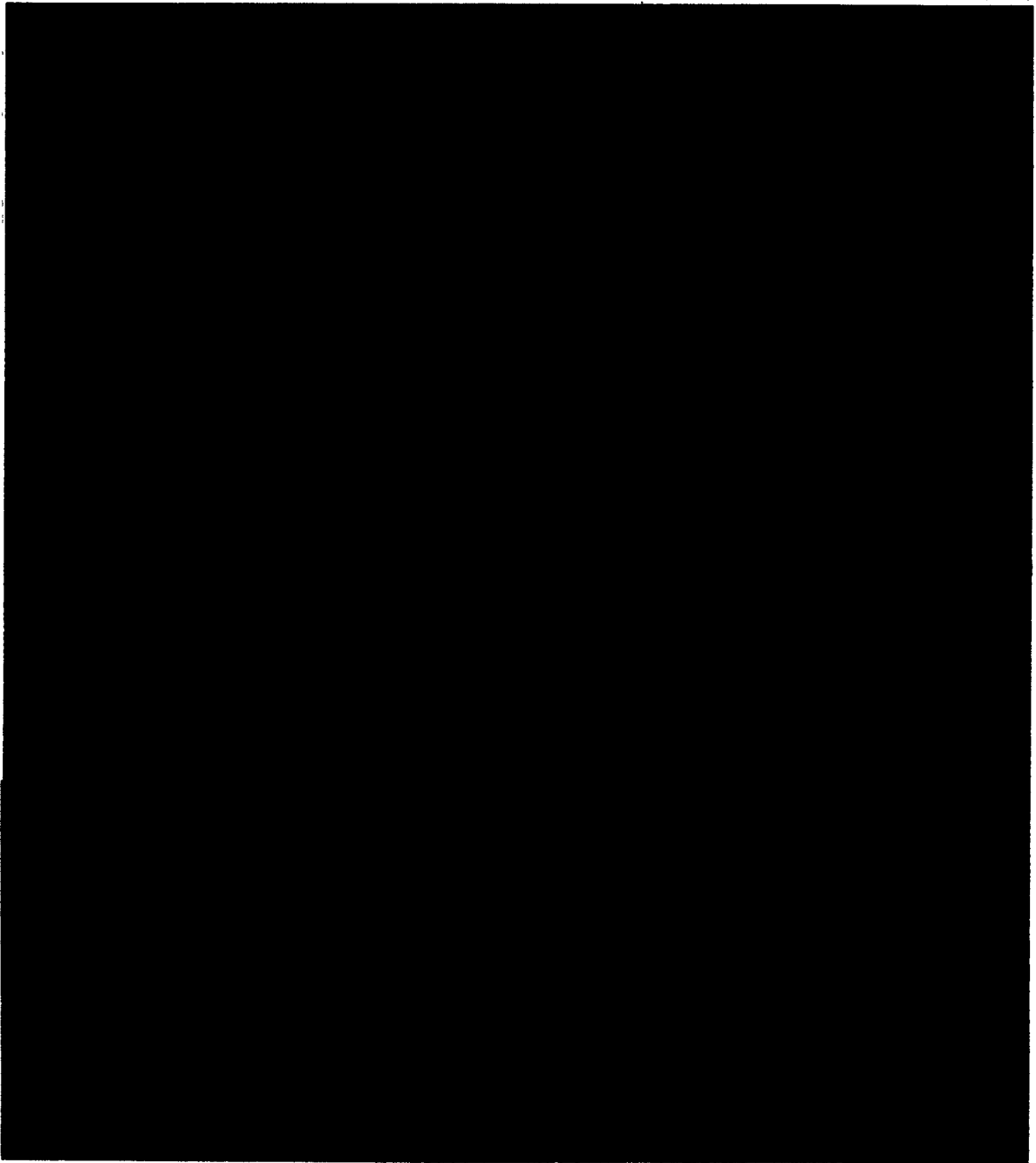


图 2

图 3



4
图



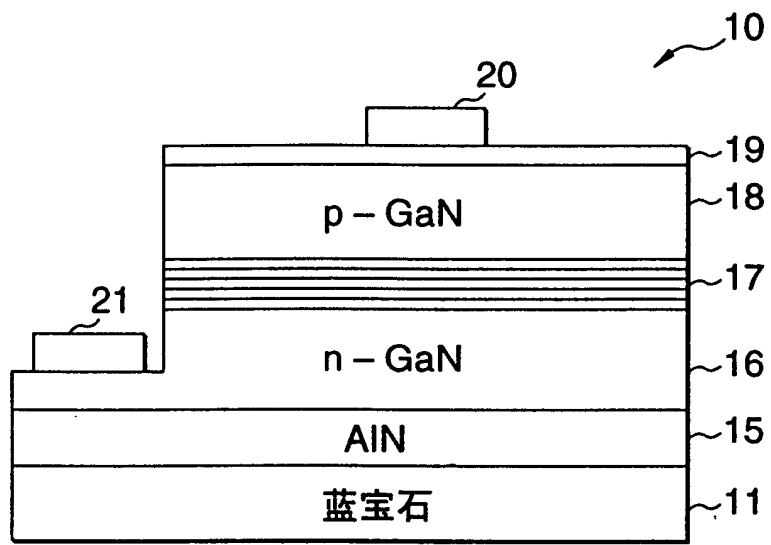
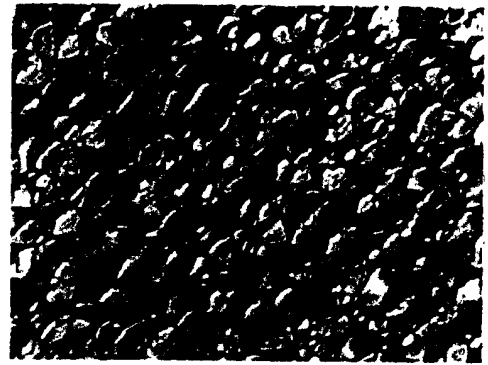


图 5



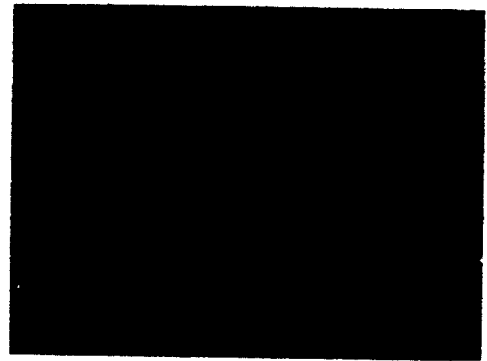
0.8 μ m



1.0 μ m



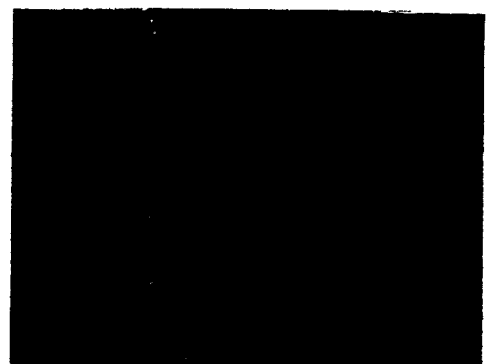
1.5 μ m



2.3 μ m

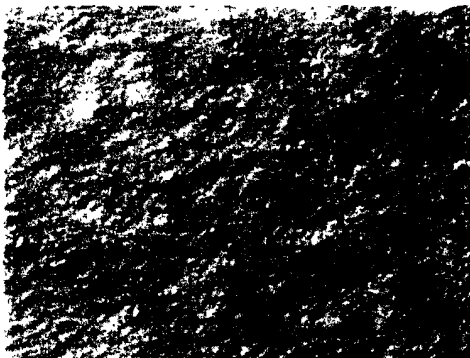


3.0 μ m



3.3 μ m

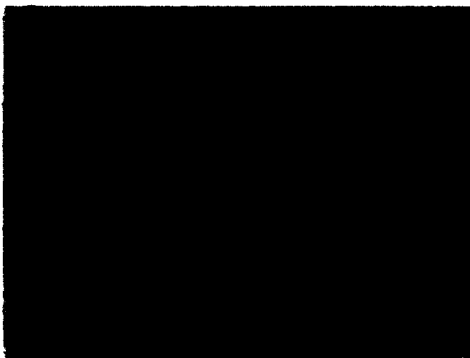
图 6



0.015 μ m



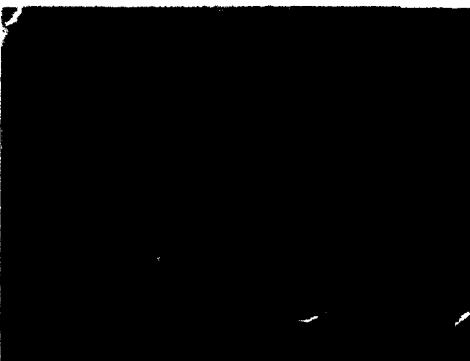
0.30 μ m



0.45 μ m

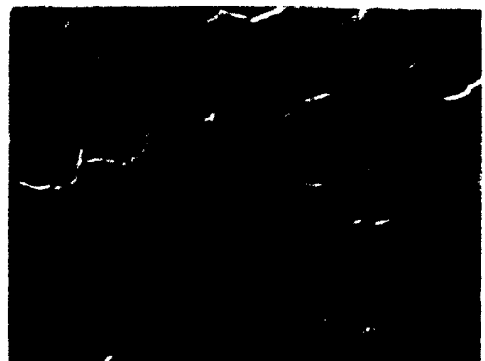


0.90 μ m



1.9 μ m

图 7



2.3 μ m

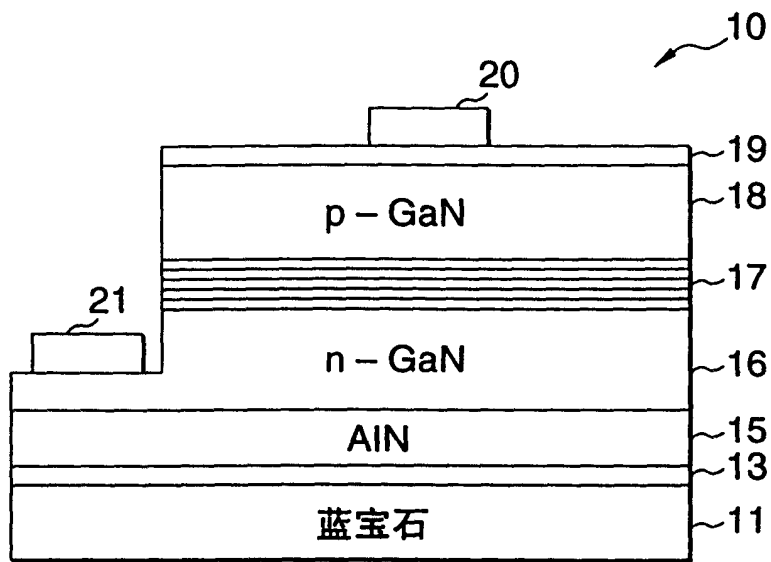
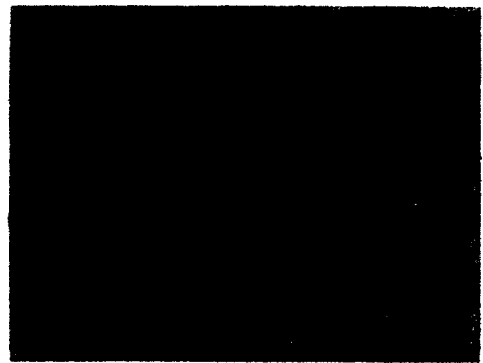


图 8



1050°C



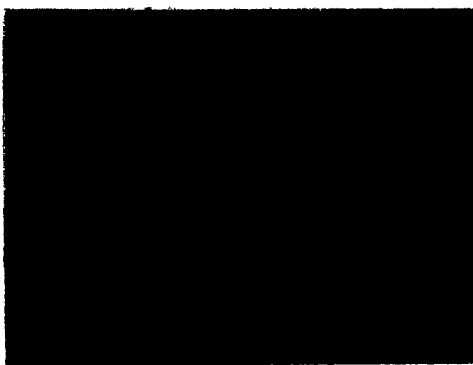
1110°C



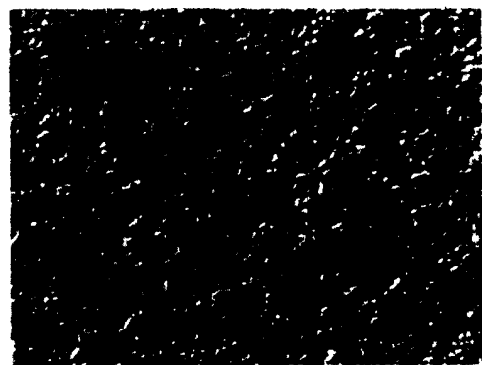
1130°C



1150°C



1170°C



1200°C

图 9