

[51] Int. Cl⁷
H01L 33/00
H01S 5/00



[21] 申请号 03101600.6

[11] 公开号 CN 1433087A

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 王永刚

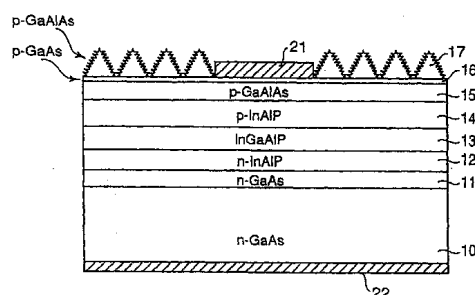
代理人 王永刚

地址 日本东京都

[72] 发明人 吉武春二 高桥幸一 布谷伸仁
大桥健一

[57] 摘要

本发明涉及半导体发光元件及其制造方法。本发明揭示具备衬底，和由层积在上述衬底上的包含发光层的多层半导体膜构成的，从衬底侧的相反侧的面取出光的多层半导体膜，并且在上述多层半导体膜的光取出部分上，形成具有由(111)面构成的或者由(111)面近旁的面构成的光取出面的图案，在该光取出面上形成凹凸地构成的半导体发光元件。



ISSN 1008-4274

1. 半导体发光元件，它具备

衬底，和

由层积在上述衬底上的包含发光层的多层半导体膜构成的，从衬底侧的相反侧的面取出光的多层半导体膜，并且

在上述多层半导体膜的光取出部分上，形成有具有由(111)面构成的或者由(111)面近旁的面构成的光取出面的图案，在该光取出面上形成有凹凸。

2. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中上述光取出面包含直到从(111)面倾斜 ± 20 度的面。

3. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中在上述光取出部分上形成的图案是通过对(100)面实施规定的加工，具有由(111)面或(111)面近旁的面构成的光取出面的图案。

4. 权利要求项 3 记载的半导体发光元件，其中上述光取出面包含直到从(111)面倾斜 ± 20 度的面。

5. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中在上述光取出部分上形成的图案是直线状地排列的图案。

6. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中在上述光取出部分上形成的图案是格子状地排列的图案。

7. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中在上述光取出面上形成的凹凸的高度和周期在上述发光层的发光波长以下。

8. 权利要求项 1 记载的半导体发光元件，其中上述多层半导体膜具有由接地层夹住有源层的双异质结构部分，在这个双异质结构部分的衬底相反侧的接地层上形成有电流扩散层，

上述光取出面和凹凸是在电流扩散层的表面上形成的。

9. 半导体发光元件的制造方法，它是制造权利要求项 1 记载的半导体发光元件的方法，其中

对在(100)面上形成的上述多层半导体膜的光取出面进行刮刀加

工, 露出(111)面或(111)面近旁的面,

对上述露出的(111)面或(111)面近旁的面实施粗糙化处理, 形成微小的凹凸。

10. 权利要求项 9 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 用卤素气体对上述光取出面进行干刻蚀。

11. 权利要求项 9 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 对上述光取出面进行湿刻蚀。

12. 权利要求项 9 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 在 HCl 气体中对上述光取出面进行热处理。

13. 半导体发光元件的制造方法, 它是制造权利要求项 1 记载的半导体发光元件的方法, 其中

在(100)面上形成的上述多层半导体膜的光取出面上形成直线间隔的掩模,

用上述掩模通过反应性离子刻蚀法将上述光取出面刻蚀成锥状, 露出(111)面,

在上述露出的(111)面上实施粗糙化处理, 形成微小的凹凸。

14. 权利要求项 13 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 用卤素气体对上述光取出面进行干刻蚀。

15. 权利要求项 13 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 对上述光取出面进行湿刻蚀。

16. 权利要求项 13 记载的半导体发光元件的制造方法, 其中作为上述粗糙化处理, 在湿刻蚀 HCl 气体中对上述光取出面进行加热处理。

半导体发光元件及其制造方法

技术领域

本发明涉及发光二极管(LED)和半导体激光器(LD)等的半导体发光元件,特别是涉及使光取出面粗糙化的半导体发光元件及其制造方法。

背景技术

至今,高亮度的发光二极管是通过在半导体衬底上形成由双异质结构等构成的发光部分,在它的上面形成电流扩散层构成的。当用树脂封装这种发光二极管时,电流扩散层的上部形成覆盖了用于保护元件的透明树脂层的构造。

在这种构造中,电流扩散层(折射率:3.1~3.5)和透明树脂层(折射率:1.5左右)之间的临界角为25~29度,从而入射角大的光被全反射,使发射到发光元件外部的光的概率显著降低。因此,现状是实际发生的光取出效率约为20%。

此外,为了提高光的取出效率,也具有使电流扩散层的表面粗糙化的方法,但是一般地说半导体衬底的主面是(100)面或(100)±数度偏差的面,在它上面生长的各半导体层的表面也是(100)面或(100)±数度偏差的面,而对(100)面或(100)±数度偏差的面进行粗糙化是困难的。

发明内容

这样至今,在用树脂封装的发光二极管中,存在着在包含发光层的多层半导体膜的最上层和透明树脂层的交界处,全反射从斜方向入射到这个界面的光,使光取出效率降低那样的问题。又,可以说这个问题不限于发光二极管,对于面发光型的半导体激光器也是一样的。

本发明的半导体发光元件具备

衬底, 和

由层积在上述衬底上的包含发光层的多层半导体膜构成的, 从衬底侧的相反侧的面取出光的多层半导体膜,

在上述多层半导体膜的光取出部分上, 形成具有由(111)面构成的或者由(111)面近旁的面构成的光取出面的图案, 在该光取出面上形成凹凸。

如果根据本发明, 则在衬底上层积包含发光层的多层半导体膜, 从衬底的相反侧的半导体膜面取出光的半导体发光元件中, 通过在多层半导体膜的光取出部分上形成具有(111)面的图案, 并且在该(111)面上实施凹凸加工, 能够防止由于多层半导体膜的最上层和透明树脂层的交界处的全反射影响使光取出效率降低, 从而能够达到提高光取出效率的目的。

附图说明

图1是表示与第1实施形态有关的绿色LED的元件构造的截面图。

图2A-2C是表示与第1实施形态有关的绿色LED的制造工序的截面图。

图3是表示通过采用实施形态构造提高光取出效率的样态。

图4A-4C是表示为了形成(111)面的例子的截面图。

图5A-5F是表示在(111)面上形成的凹凸的例子的截面图。

图6是表示与第2实施形态有关的绿色LED的元件构造的截面图。

图7是表示与第3实施形态有关的面发光型半导体激光器的元件构造的截面图。

图8表示与第4实施形态有关的面发光型半导体激光器的元件构造的截面图。

具体实施方式

下面, 我们根据图示的实施形态说明本发明的详细情况。

(第1实施形态)

图1是表示与本发明的第1实施形态有关的绿色LED的元件构造的截面图。

图1的绿色LED是由在面方位(100)面的n型GaAs衬底10的上面顺次地层积的n型GaAs缓冲层11, n型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层12, 无掺杂InGaAlP有源层13, p型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层14, p型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层(第1电流扩散层)15, p型GaAs刻蚀停止层16, p型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层(第2电流扩散层)17, 和n型GaAs帽盖层(图中未画出)构成的。这些层积层是通过外延生长形成的。在第2电流扩散层17的表面上形成带状的V形沟, 从而它的表面成为(111)面。

又, 在元件中央部分圆形地除去第2电流扩散层17, 在该部分中形成p侧电极21, 在衬底10的背面侧形成n侧电极22。

我们参照图2A-2C说明图1的LED的制造工序。

首先, 如图2A所示, 在面方位为(100)面并且厚度为 $250\mu\text{m}$ 的n型GaAs衬底10上用 AsH_3 作为V族元素的原料气体通过MOCVD法, 外延生长 $0.5\mu\text{m}$ 厚的n型GaAs缓冲层11。接着, 用 PH_3 作为V族元素的原料气体通过MOCVD法, 外延生长 $0.6\mu\text{m}$ 厚的n型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层12, $1.0\mu\text{m}$ 厚的无掺杂InGaAlP有源层13, $1.0\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层14。

此后, 用 AsH_3 作为V族元素的原料气体通过MOCVD法, 外延生长 $1.0\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层(第1电流扩散层)15, $0.01\mu\text{m}$ 厚的p型GaAs刻蚀停止层16, $5.0\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层(第2电流扩散层)17, 和 $0.1\mu\text{m}$ 厚的n型GaAs帽盖层18。

同一批外延生长从缓冲层11到帽盖层18的各外延层。因为衬底10的表面是(100)面, 所以在它上面生长的各层11~18的表面都成为(100)面。

其次，用具有齿尖端角 70 度的刮刀装置，如图 2B 所示地，在由层 11~18 构成的积层中形成深度 $5\mu\text{m}$ ，间隔 $5.8\mu\text{m}$ 的沟，使沟的表面露出 (111) 面。因此，第 2 电流扩散层 17 形成截面为三角形状的直线间隔图案，在元件表面上露出第 2 电流扩散层 17 的 (111) 面。这些露出的 (111) 面成为光取出面。

其次，通过在 50°C 加热环境下的 HCl 处理，如图 2C 所示，在第 2 电流扩散层 17 的 (111) 面上形成亚微米量级的凹凸。在实验例中，这种微小凹凸的高度和间距都在振荡波长以下，是极短的。

接着，用抗蚀掩模，通过刻蚀除去预定形成电极部分的帽盖层 18 部分和第 2 电流扩散层 17 部分。此后，在通过刻蚀除去的部分上通过蒸镀形成 p 侧电极 21 (包含 Zn 的 Au) 作为上部电极。而且，从背面研磨 GaAs 衬底 10 达到 $100\mu\text{m}$ 的厚度，接着，通过在 GaAs 衬底 10 背面形成 n 侧电极 22 (包含 Ge 的 Au)，得到上述图 1 所示的构造。

其次，作为热处理，在 Ar 气中进行 450°C ，15 分钟的处理。接着，在衬底 10 即圆片上进行划片，做成芯片的形态。而且，在进行丝焊处理后，实施树脂封装。

如上所述，在第 2 电流扩散层 17 上实施刮刀加工，露出 (111) 面，通过在这个 (111) 面上实施凹凸加工，能够有效地进行表面粗糙化。在实验例中，这种凹凸的高度和间距也比发光波长短。

结果，如图 3 所示，光取出效率从已有的约 20% 提高到约 50%。这样，不改变基本的器件构造就能如此大幅度地提高光取出效率，这对于 LED 来说产生极大的效果。

这里，作为在光取出面上形成 (111) 面的方法，不限于如本实施例那样的刮刀加工。也可以是 RIE。例如，如图 4A 所示，在面方位为 (100) 面的第 2 电流扩散层 17 的表面上形成多条带状的抗蚀掩模 41，接着通过用包含 Cl_2 的气体进行锥形 RIE，使第 2 电流扩散层 17 形成多条带状。这时，如图 4B 所示，在第 2 电流扩散层 17 的带状侧面上形成具有 (111) 面的图案。此后，通过实施 HCl 处理，如图 4C

所示，在（111）面上形成微小凹凸。

在表面上形成的面不一定限于正好是（111）面。即便多少偏离（111）面也能够得到同样的效果。如果根据本发明者们的实验，则已经确认即便是偏离（111）面 ± 20 度的面也能够得到同样的效果。

又，作为用于形成振荡波长以下的凹凸的处理，不限于 HCl 处理。能够使（111）面粗糙化的处理就可以，也可以利用用卤素气体的干蚀蚀和进一步利用湿刻蚀。进一步，凹凸形状也可以是例如图 5A~F 所示的任何形状。这里，图 5A 是用 EB 掩模进行 RIE 的例子，图 5B 是用 EB 掩模进行湿刻蚀的例子，图 5C~图 5F 是不用掩模进行湿刻蚀的例子。

这样，如果根据本实施形态，则在多层半导体构造的作为实质上最上层的第 2 电流扩散层 17 上形成（111）面，通过对它实施 HCl 处理进行粗糙化，能够在光取出面上形成微小的凹凸。因此，能够防止由于在第 2 电流扩散层 17 和封装用的透明树脂层的交界处光的全反射的影响使光取出效率降低，能够达到提高光取出效率的目的。又，因为用刮刀加工和 RIE 方法露出第 2 电流扩散层 17 的（111）面，所以关于第 2 电流扩散层 17 生长时的表面的面方位也没有任何限制。即，第 2 电流扩散层 17 生长时的表面的面方位可以是任意的面方位。从而，不受衬底 10 的面方位的左右，如在本实施例中那样，即便对于通常使用的（100）衬底也能够适用。

（第 2 实施形态）

图 6 是表示与本发明的第 2 实施形态有关的绿色 LED 的元件构造的截面图。

本实施形态除了 n 生长层，p 生长层与第 1 实施形态相反外，基本构成与图 1 的实施形态相同。

它是由在 p 型 GaAs 衬底 50 上面顺次地层积的 $0.5\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 缓冲层 51， $0.6\mu\text{m}$ 厚的 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 52， $1.0\mu\text{m}$ 厚的无掺杂 InGaAlP 有源层 53， $1.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 54， $1.0\mu\text{m}$

厚的 n 型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层 (第 1 电流扩散层) 55, $0.01\mu\text{m}$ 厚的 n 型 GaAs 刻蚀停止层 56, $5.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层 (第 2 电流扩散层) 57, 和 $0.1\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 帽盖层 (图中未画出) 构成的。这些层积层是通过用 MOCVD 法外延生长形成的。用刮刀装置或锥形 RIE 在第 2 电流扩散层 57 的表面上形成带状的 V 形沟, 从而它的表面成为 (111) 面。通过 HCl 处理在这个 (111) 面上实施凹凸加工。

又, 在元件中央部分除去一部分第 2 电流扩散层 57, 在该部分中形成 n 侧电极 61, 在衬底 50 的背面侧形成 p 侧电极 62。

在这个实施例中, 也与第 1 实施形态相同, 通过露出第 2 电流扩散层 57 的 (111) 面并且在这个 (111) 面上实施凹凸加工, 能够提高对于用于封装的透明树脂层的光入射概率, 得到与第 1 实施形态相同的效果。

下面, 我们说明图 6 的 LED 的制造工序。

首先, 在面方位为 (100) 面并且厚度为 $250\mu\text{m}$ 的 p 型 GaAs 衬底 50 上, 用 AsH_3 作为 V 族元素的原料气体通过 MOCVD 法, 外延生长 $0.5\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 缓冲层 51。接着, 用 PH_3 作为 V 族元素的原料气体通过 MOCVD 法, 外延生长 $0.6\mu\text{m}$ 厚的 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 52, $1.0\mu\text{m}$ 厚的无掺杂 InGaAlP 有源层 53, 和 $1.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 54。

此后, 用 AsH_3 作为 V 族元素的原料气体通过 MOCVD 法, 外延生长 $1.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层 (第 1 电流扩散层) 55, $0.01\mu\text{m}$ 厚的 n 型 GaAs 刻蚀停止层 56, $5.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ 层 (第 2 电流扩散层) 57, 和 $0.1\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 帽盖层 (图中未画出)。

同一批外延生长从缓冲层 51 到帽盖层 58 的各外延层。因为衬底 50 的表面是 (100) 面, 所以在它上面生长的各层 51~58 的表面都成为 (100) 面。

其次, 用具有齿尖端角 70 度的刮刀装置, 在由层 51~58 构成的积层构造中形成深度 $5\mu\text{m}$, 间隔 $5.8\mu\text{m}$ 的沟, 使在元件表面上露出 (111) 面。因此, 第 2 电流扩散层 57 形成截面为三角形状的直线间隔图案,

在元件表面上露出第2电流扩散层57的(111)面。这些露出的(111)面成为光取出面。

其次，通过在50⁰C加热环境下的HCl处理，在第2电流扩散层57的(111)面上形成亚微米量级的凹凸。在实验例中，这种微小凹凸的高度和间距都在振荡波长以下，是极短的。

接着，用抗蚀掩模，通过刻蚀除去预定形成电极部分的帽盖层58部分和第2电流扩散层57部分。此后，在通过刻蚀除去的部分上通过蒸镀形成n侧电极61（包含Ge的Au）作为上部电极。而且，从背面研磨GaAs衬底10达到100 μ m的厚度，接着，通过在GaAs衬底10背面形成p侧电极62（包含Zn的Au），得到上述图6所示的构造。

其次，作为热处理，在Ar气中进行450⁰C，15分钟的处理。接着，在衬底50即圆片上进行划片，做成芯片的形态。而且，在进行丝焊处理后，实施树脂封装。

（第3实施形态）

图7是表示与本发明的第3实施形态有关的面发光激光器的元件构造的截面图。

首先，在250 μ m厚的n型GaAs衬底70的上面外延生长0.5 μ m厚的n型GaAs缓冲层71，在它上面外延生长由n-In_{0.5}Al_{0.5}P/n-GaAs的层积构造构成的第1DBR反射层78。接着，通过外延生长0.6 μ m厚的n型In_{0.5}Al_{0.5}P包层72，无掺杂In_{0.5}(Ga_{0.55}Al_{0.45})_{0.5}P/In_{0.5}Ga_{0.5}P的MQW有源层73，以及0.6 μ m厚的p型In_{0.5}Al_{0.5}P包层74，形成双异质结构部分。接着，外延生长由p-In_{0.5}Al_{0.5}P/p-GaAs的层积构造构成的第2DBR反射层79，接着，外延生长1.0 μ m厚的p型In_{0.5}Al_{0.5}P层（第1电流扩散层）75，0.01 μ m厚的p型GaAs层76，5.0 μ m厚的p型In_{0.5}Al_{0.5}P层（第2电流扩散层）77，和0.1 μ m厚的n型GaAs帽盖层（图中未画出）。

这里，用MOCVD法同一批生长从缓冲层71到帽盖层（图中未

画出)的外延膜。又,所用气体的种类和压力成为使各层良好地生长的条件。

其次,与第1实施形态,第2实施形态相同,用具有齿尖端角70度的刮刀装置,在由层71~帽盖层(图中未画出)构成的积层构造中形成深度 $5\mu\text{m}$,间隔 $5.8\mu\text{m}$ 的沟,使在元件表面上露出(111)面。因此,第2电流扩散层77形成截面为三角形状的直线间隔图案,在元件表面上露出第2电流扩散层77的(111)面。这些露出的(111)面成为光取出面。

其次,与第1实施形态,第2实施形态相同,通过在 50°C 加热环境下的HCl处理,在第2电流扩散层77的(111)面上形成亚微米量级的凹凸。

其次,在形成抗蚀剂图案后,将形成的抗蚀剂图案(图中未画出)用作掩模,通过刻蚀形成从第2电流扩散层77到n型接地层72的激光脊。接着,淀积 $0.5\mu\text{m}$ 厚的绝缘膜(SiO_2)81。其次,形成新的抗蚀剂图案(图中未画出),将形成的抗蚀剂图案用作掩模,对电极部分的绝缘膜81,帽盖层和第2电流扩散层77进行刻蚀。其次,蒸镀p侧电极层83(包含Zn的Au),接着形成新的抗蚀剂图案(图中未画出),将形成的抗蚀剂图案用作掩模,通过刻蚀蒸镀的p侧电极层83形成图案,形成p侧电极(上部电极)83。其次从背面研磨衬底70达到 $100\mu\text{m}$ 的厚度,此后在衬底70背面形成n侧电极85(包含Ge的Au)。其次,在Ar气中进行 450°C ,15分钟的热处理。接着,在圆片上进行划片,做成芯片的形态。而且,在进行丝焊处理后,实施树脂封装。

在这样构成的面发光激光器中,在光取出面上形成(111)面。进一步,通过在这个(111)面上实施HCl处理,能够容易地形成微小的凹凸。从而,与第1实施形态和第2实施形态相同,能够达到提高光取出效率的目的。本实施形态的激光器发出红色的光,但是即便在红色以外的半导体激光器中也确认了上述效果。

这里,作为在光取出面上形成(111)面的方法,不限于如本实施

例那样的刮刀加工。也可以是 RIE。例如，在面方位为 (100) 面的第 2 电流扩散层 77 的表面上形成多条带状的抗蚀掩模，接着通过用包含 Cl_2 的气体进行锥形 RIE，使第 2 电流扩散层 77 形成多条带状。这时，如图 8 所示，在第 2 电流扩散层 77 的带状侧面上形成具有 (111) 面的图案。此后，通过实施 HCl 处理，如图 8 所示，在 (111) 面上形成微小的凹凸。

在表面上形成的面不一定限于正好是 (111) 面。即便多少偏离 (111) 面也能够得到同样的效果。如果根据本发明者们的实验，则已经确认即便是偏离 (111) 面 $\pm 20^\circ$ 的面也能够得到同样的效果。

又，作为用于形成上述凹凸的处理，不限于 HCl 处理。能够使 (111) 面粗糙化的处理就可以，也可以利用卤素气体的干刻蚀和进一步利用湿刻蚀。进一步，凹凸形状也可以是例如图 5A~5F 所示的任何形状。

(第 4 实施形态)

图 8 表示与本发明的第 4 实施形态有关的面发光激光器的元件构造的截面图。

本实施形态除了 n 生长层，p 生长层与第 3 实施形态相反外，基本构成与图 7 的实施形态相同。

首先，在 $250\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 衬底 90 上外延生长 $0.5\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 缓冲层 91，在它上面外延生长由 p- $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ /p-GaAs 的层积构造构成的第 1DBR 反射层 98。接着，通过外延生长 $0.6\mu\text{m}$ 厚的 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 92，无掺杂 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}/\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ 的 MQW 有源层 93，进一步外延生长 $0.6\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层 94，形成双异质结构部分。接着，外延生长由 n- $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ /n-GaAs 的层积构造构成的第 2DBR 反射层 99，接着，外延生长 $1.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ (第 1 电流扩散层) 95， $0.01\mu\text{m}$ 厚的 n 型 GaAs 层 96， $5.0\mu\text{m}$ 厚的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 层 (第 2 电流扩散层) 97，和 $0.1\mu\text{m}$ 厚的 p 型 GaAs 帽盖层 (图中未画出)。

用 MOCVD 法通过外延生长形成这些积层。与第 3 实施形态相同，用刮刀装置或锥形 RIE 在第 2 电流扩散层 97 的表面上形成带状的 V 形沟，从而它的表面成为 (111) 面。在这个 (111) 面上通过 HCl 处理实施凹凸加工。

又，与第 3 实施形态相同，形成绝缘膜 101（与第 4 实施形态的绝缘膜 81 对应的绝缘膜），上部电极 103 和衬底背面电极 105。

在这个实施形态中，也与第 3 实施形态相同，通过露出第 2 电流扩散层 97 的 (111) 面，并且对 (111) 面实施凹凸加工，能够提高对于用于封装的透明树脂层的光入射概率，得到与第 3 实施形态相同的效果。

（变形例）

此外，本发明并不限于上述各实施形态。在第 1 和第 2 实施形态中，我们说明了绿色 LED，但是被本发明也适用于绿色以外的 LED，并能得到同样的效果。而且，作为形成元件的材料，除了 InGaAlP 以外，也可以用 InGaAlAs 系，GaAlAs 系，GaP 系等。进一步，可以与方法相应地适当改变各半导体层的组成，厚度等的条件。

又，在光取出面上露出的面不一定限于正好是 (111) 面，也可以是从 (111) 多少倾斜一些的面。具体地说，在从 (111) 面倾斜约 ± 20 度的面的范围内就可以。进一步，关于 (111) 面上形成的凹凸，最希望它的高度和周期在发光波长以下，但是不一定限定在这个范围内。又，具有 (111) 面的图案不一定是直线状的，也可以是格子状的。为了形成格子状图案，当用刮刀装置时，最好在相互交叉的方向上进行加工。当利用选择刻蚀时，为了形成格子状图案，掩模的形状最好是格子状的。

此外，在不脱离本发明要旨的范围内，能够实施种种变形。

对于熟练的技术人员来说将容易地了解到本发明的附加优点和变化。所以，在它的更广泛的方面，本发明不限于这里指出和描述的具

体的详细情况和代表性的实施例。因此，可以进行各种不同的修改而没有偏离在权利要求书和它们的等效物中定义的普遍的创造性概念的精神或范围。

图1

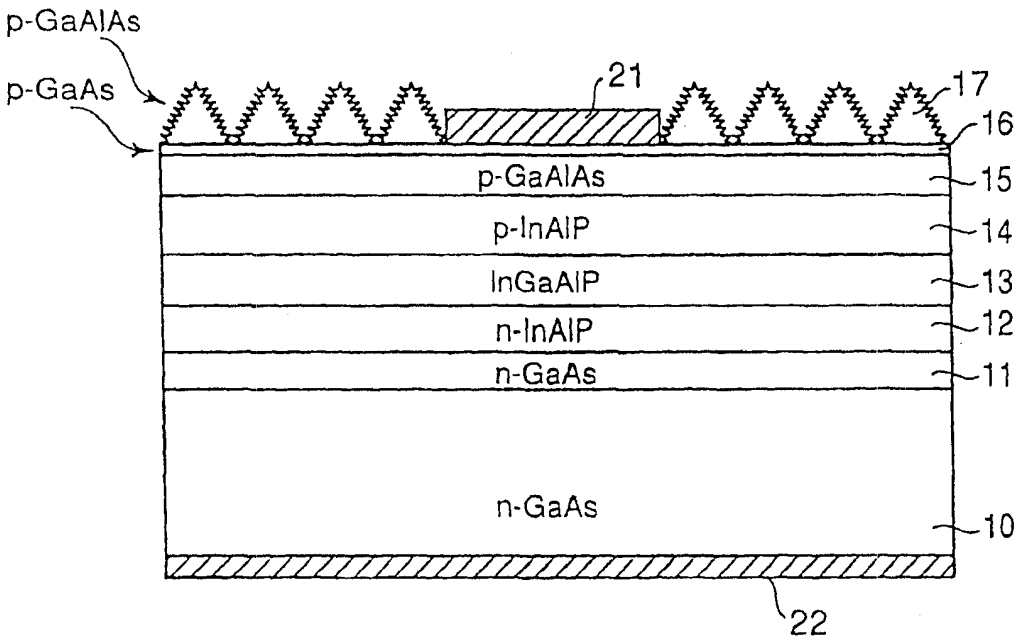


图 2

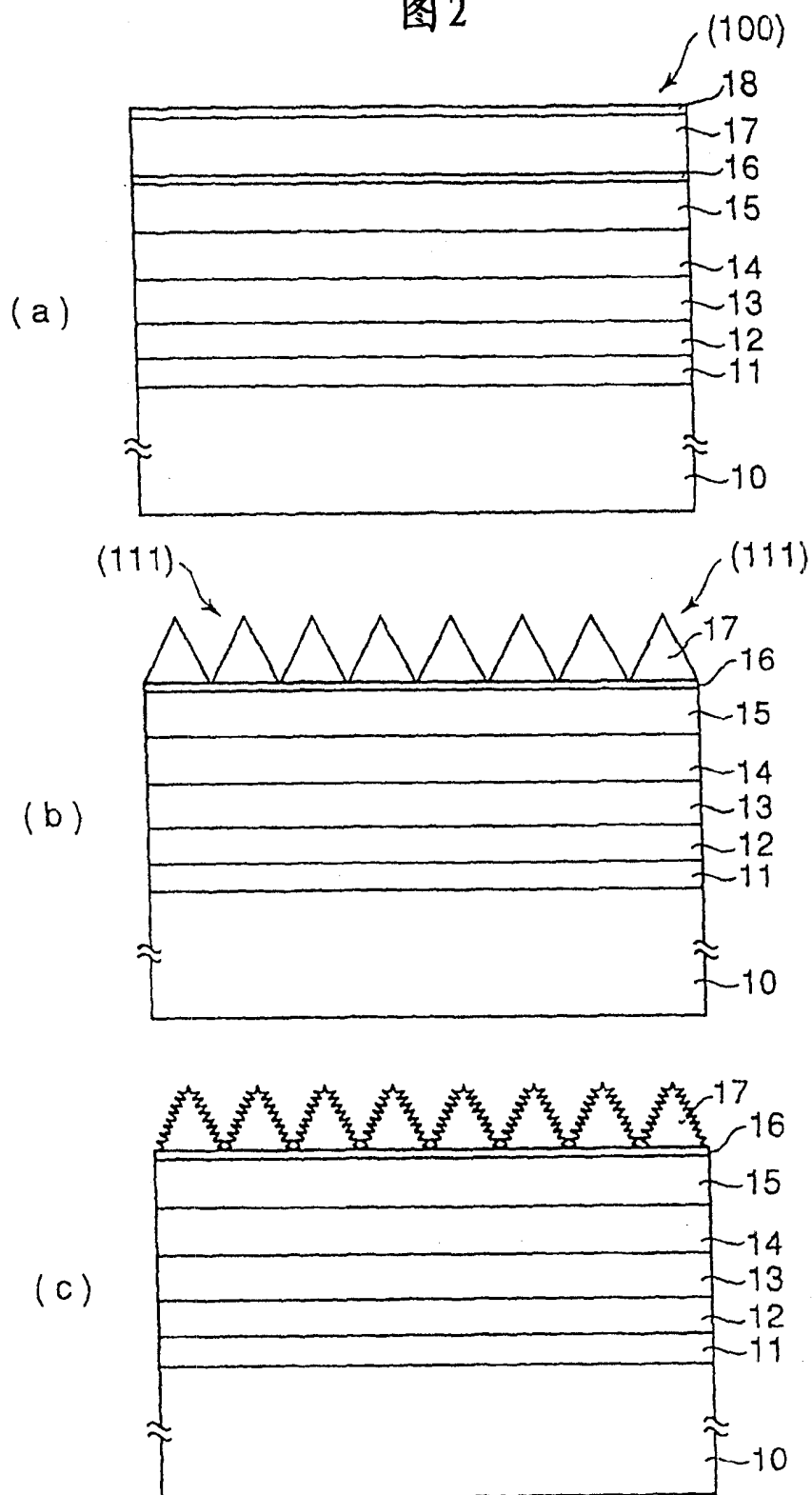


图3

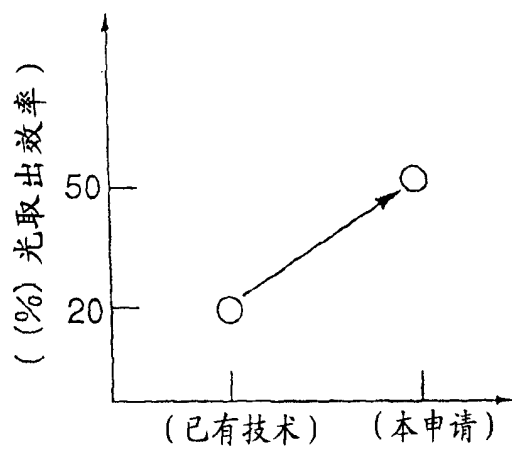


图4

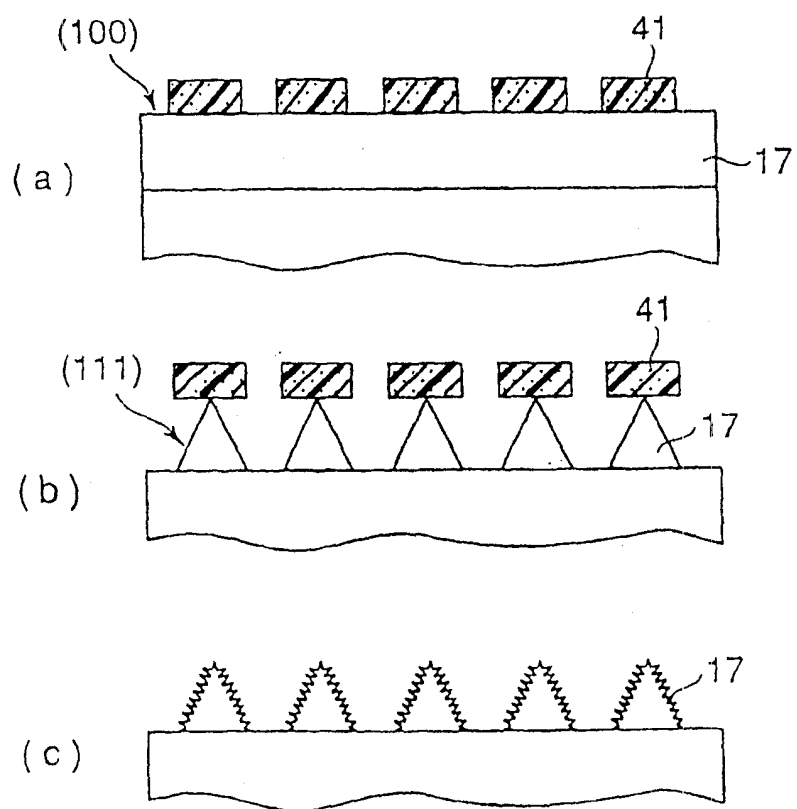


图5

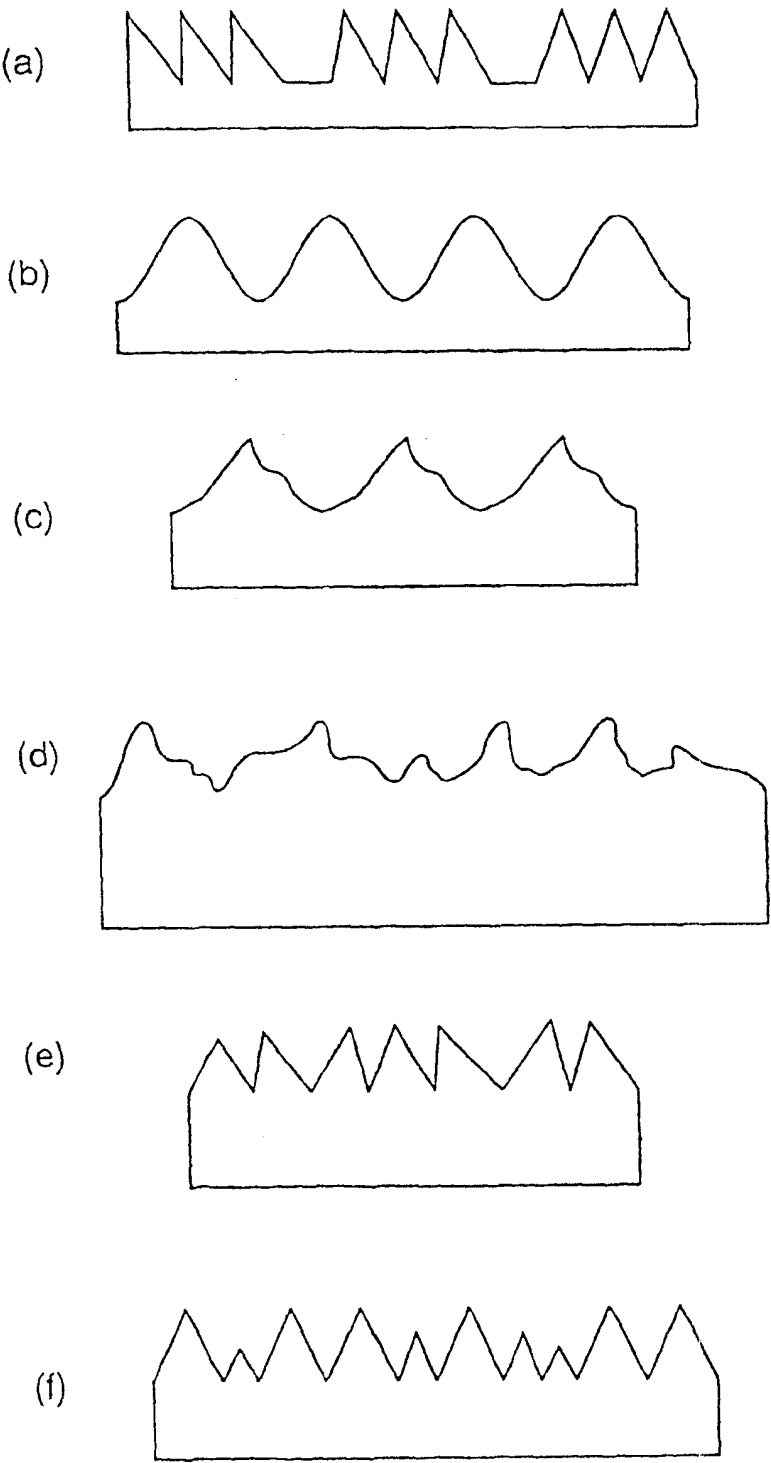


图 6

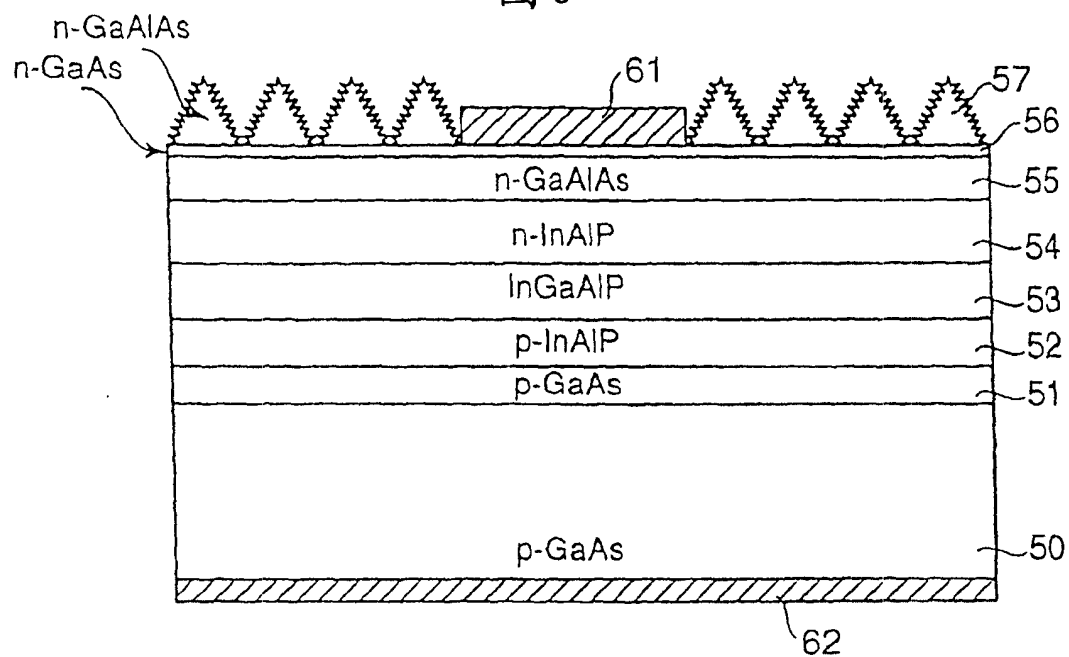


图 7

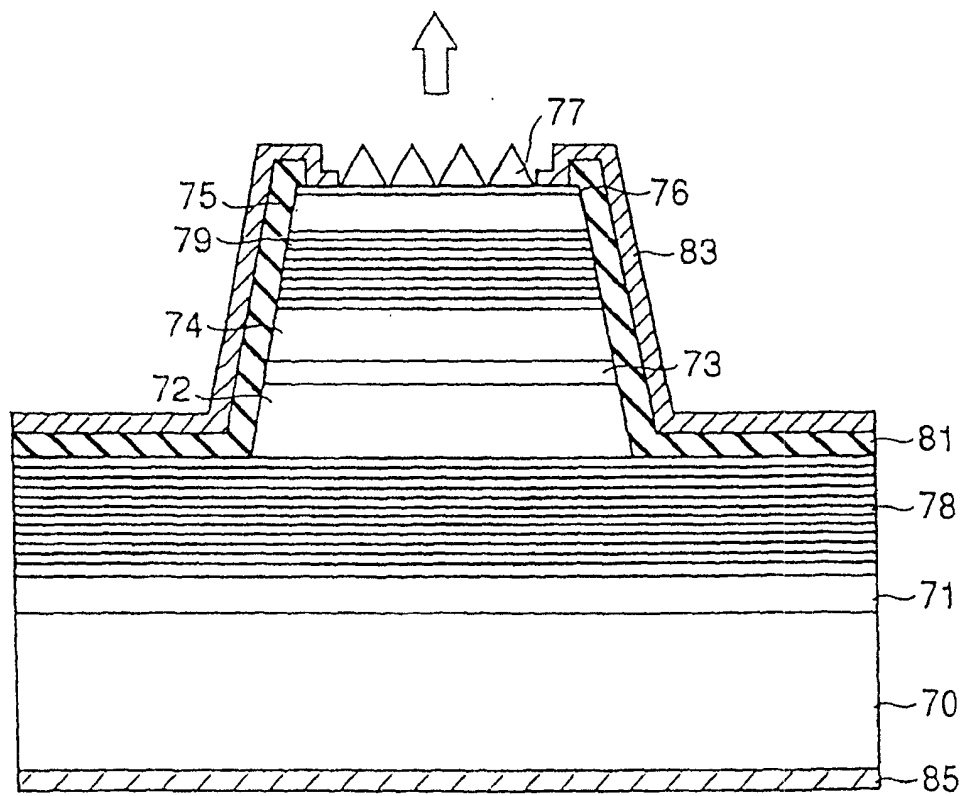


图8

