

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 33/00

H01S 5/00



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02126593.3

[43] 公开日 2003年2月5日

[11] 公开号 CN 1395321A

[22] 申请日 2002.6.25 [21] 申请号 02126593.3

[30] 优先权

[32] 2001.6.25 [33] JP [31] 191724/2001

[32] 2001.9.27 [33] JP [31] 297042/2001

[71] 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 吉武春二 关口秀树 山下敦子

滝本一浩 高桥幸一

[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

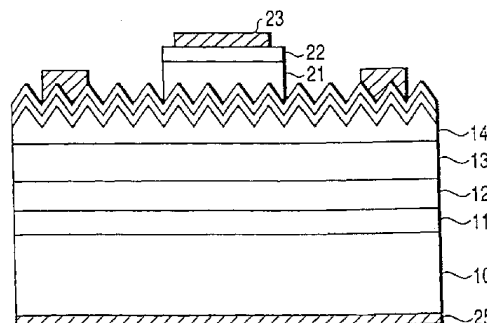
代理人 王以平

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 10 页

[54] 发明名称 半导体发光元件

[57] 摘要

一种半导体发光元件，在衬底上形成包括发光层的半导体多层膜，从衬底相反侧的面取出光，在半导体多层膜的光取出面侧表面设置多个锥体状突起物，该突起物的侧面与光取出面的交叉角度  $\alpha$  设定为 30 度以上、70 度以下。



ISSN 1008-4274

- 1、一种面发光型半导体发光元件，包括：  
有主面的衬底，  
5 在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜，以及  
在上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧上设置的多个锥体  
状突起物，  
上述多个突起物的底面与侧面的交叉角度设定为30度以上、70度以下。
- 2、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是：  
10 上述半导体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分，并在该双异  
质结结构部分的与上述衬底相反侧的包层上形成透明电极，  
上述突起物形成于上述透明电极正下的包层的表面上。
- 3、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是：  
上述半导体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分，并在该双异  
15 质结结构部分的与上述衬底相反侧的包层上形成电流扩散层，  
上述突起物形成于上述电流扩散层的表面上。
- 4、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是上述突起物  
是圆锥或角锥。
- 5、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是上述光取出  
20 面侧的上述突起物占有面积的比率是50%以上。
- 6、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是上述突起物  
是周期性设置的，周期是0.5 $\mu\text{m}$ 以上。
- 7、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是上述活性层  
是InGaAlP，上述包层是InAlP。
- 25 8、根据权利要求1所述的面发光型半导体发光元件，其特征是上述突起物  
的90%以上满足上述30度以上、70度以下的交叉角度。
- 9、一种面发光型半导体发光元件，其特征是具有：  
有主面的衬底，  
在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜，以及  
30 进行粗糙面加工，使上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧具

有多个凹凸形状, 该粗糙面加工后的面上的各凹凸的顶部与底部的距离(凹凸高度) 设定为 200nm 以上、且在上述发光层的发光波长以下。

10、根据权利要求 9 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是:

上述半导体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分, 并在该双异  
5 质结结构部分的与上述衬底相反侧的包层上形成透明电极,  
上述透明电极正下方的包层表面加工为粗糙面。

11、根据权利要求 9 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是:

上述半导体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分, 并在该双异  
10 质结结构部分的与上述衬底相反侧的包层上形成电流扩散层,  
上述电流扩散层的表面加工为粗糙面。

12、根据权利要求 9 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述活性层  
是 InGaAlP, 上述包层是 InAlP。

13、根据权利要求 9 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述粗糙化  
加工的凹凸是周期性形成的, 当发光波长为  $\lambda$  时, 凹凸的周期是  $0.5\lambda$  以下。

15 14、一种面发光型半导体发光元件, 其特征是具有:

有主面的衬底,

在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜, 以及

在上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧设置的、进行了粗糙  
面加工使其具有多个凹凸形状的反射防止膜,

20 上述反射防止膜的各凹凸的顶部与底部的距离(凹凸高度) 设定为 200nm 以  
上、且在上述发光层的发光波长以下。

15、根据权利要求 14 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述反射  
防止膜的折射率设定为比填充到上述半导体多层膜的光取出面侧的透明树脂高,  
且比上述半导体多层膜的最上层低。

25 16、根据权利要求 14 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述半导  
体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分, 并在该双异质结结构部分  
的与上述衬底相反侧的包层上形成电流扩散层。

17、根据权利要求 14 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述活性  
层是 InGaAlP, 上述包层是 InAlP。

30 18、根据权利要求 14 所述的面发光型半导体发光元件, 其特征是上述粗糙

化加工的凹凸是周期性形成的,当发光波长为 $\lambda$ 时,凹凸的周期是 $0.5\lambda$ 以下。

19、一种面发光型半导体发光元件,其特征是具有:

有主面的衬底,

在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜,

5 在上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧上局部形成的第1电极,

在上述半导体多层膜的光取出面侧的除去上述第1电极之外的部分上设置的、以表面具有多个凹凸形状的方式进行粗糙面加工的反射防止膜,以及

在上述衬底的背面侧的整个表面上形成的第2电极,

10 上述反射防止膜的各凹凸的顶部与底部的距离(凹凸高度)设定为200nm以上、且在上述发光层的发光波长以下。

20、根据权利要求19所述的面发光型半导体发光元件,其特征是:上述反射防止膜的折射率设定为比填充到上述半导体多层膜的光取出面侧的透明树脂高,而且比上述半导体多层膜的最上层低。

15 21、根据权利要求19所述的面发光型半导体发光元件,其特征是上述半导体多层膜具有以包层夹住活性层的双异质结结构部分,并在该双异质结结构部分的与上述衬底相反侧的包层上形成电流扩散层,

上述第1电极和反射防止膜形成于上述电流扩散层的表面。

20 22、根据权利要求19所述的面发光型半导体发光元件,其特征是上述活性层是InGaAlP,上述包层是InAlP。

23、根据权利要求19所述的面发光型半导体发光元件,其特征是上述粗糙面加工的凹凸是周期性形成的,当发光波长为 $\lambda$ 时,凹凸的周期是 $0.5\lambda$ 以下。

24、一种面发光型半导体发光元件,包括:

第1导电型的化合物半导体衬底,

25 在上述衬底上形成第1导电型的包层、活性层、及第2导电型的包层而得到的双异质结结构部分,

在上述双异质结结构部分的第2导电型包层上形成的第2导电型的电流扩散层,

在上述电流扩散层上形成的第2导电型的接触层,

30 在上述接触层上有选择地形成的上部电极,

在上述衬底的背面侧形成的下部电极, 以及

在上述接触层上没有形成上述电极的部分上形成的反射防止膜,

对上述反射防止膜表面进行粗糙面加工, 成为具有多个凹凸的形状, 进行粗糙面加工的各凹凸的顶部与底部的距离(凹凸高度)设定为 200nm 以上、且在

5 上述发光层的发光波长以下。

## 半导体发光元件

- 5 (本申请基于 2001 年 7 月 25 日提出的在先的日本专利申请 No. 2001-191724, 和于 2001 年 8 月 27 日提出的 No. 2001-297042, 并要求其为优先权, 在此其全部内容引入作为参考。)

## 发明领域

- 10 本发明涉及一种 LED (发光二极管)、LD (激光二极管) 等的半导体发光元件。特别涉及使光取出面粗糙化的半导体发光元件。

## 背景技术

目前, 高辉度的 LED 是在半导体衬底上形成由双异质结结构等构成的发光部分, 并在该发光部分上通过形成电流扩散层而构成。因此, 在用树脂封装该高辉度 LED 时, 电流扩散层的上部就成为以用于保护元件的透明树脂来覆盖的构造。

- 15 在这样的构造中, 电流扩散层(折射率:3.1~3.5)与透明树脂(折射率:1.5左右)之间的临界角为 25~29 度。从发光部分向透明树脂一侧入射的光中, 对电流扩散层与透明树脂界面的入射角比上述临界角要大的光进行全反射。在其影响下, LED 内部发生的光向外部释放的概率显著下降。而且, 在 LED 的内部发生的光向外部释放的概率(光取出效率)现在是大约 20%。

- 20 另外, 还有一种通过在电流扩散层上部形成高折射率膜增加临界角而提高光取出效率的办法。然而, 即使采用该方法, 提高效率部分也低于 20%左右。

- 25 这样, 现有用透明树脂封装的 LED 中, 在包含发光层的半导体多层膜的最上层与透明树脂的界面, 由于从倾斜方向入射界面的光的大部分全反射, 所以存在光取出效率低下的问题。并且, 该问题不限于 LED, 可以说对面发光型的 LD 也是同样。

## 发明内容

本发明一个实施例的面发光型半导体发光元件, 包括:

有主面的衬底,

在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜, 以及

- 30 在上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧上设置的多个锥体

首先,如图1A所示,在厚度 $250\mu\text{m}$ 的n型GaAs衬底10上,通过使用 $\text{AsH}_3$ 作为V族元素的原料气体的MOCVD法,生长 $0.5\mu\text{m}$ 厚的N型GaAs缓冲层11。之后,采用使用 $\text{PH}_3$ 作 $\text{PH}_3$ 为V族元素的原料气体的MOCVD法,在 $\text{PH}_3$ 分压为 $200\text{Pa}$ 、总压力为 $5\times 10^3\text{Pa}$ 的条件下,顺序生长 $0.6\mu\text{m}$ 厚的n型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层12和

5  $1.0\mu\text{m}$ 厚的非掺杂 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ 活性层13。

接着,把 $\text{PH}_3$ 分压降低到 $10\text{Pa}$ ,使总压力一直在 $5\times 10^3\text{Pa}$ 不变,用MOCVD法,生长 $1.0\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层14。之后,采用使用 $\text{AsH}_3$ 作为V族元素的原料气体的MOCVD法,生长 $0.1\mu\text{m}$ 厚的P型GaAs接触层16。在这里,从缓冲层11到接触层16为止的各外延层都在同一反应室内连续生长。

10 如上述那样生长p型InAlP包层14之际,如果把用MOCVD法的 $\text{PH}_3$ 分压降到充分地低( $20\text{Pa}$ 以下)的话,外延生长膜就变成表面粗糙状态。具体地说,如图2所示,InAlP包层14的生长表面上产生锥体状的突起部20。而且,该突起部20对衬底表面的角度,即突起部20的底面与侧面的相交角度 $\alpha$ 大于 $30$ 度。

在这里,InAlP包层14生长时的 $\text{PH}_3$ 分压超过 $20\text{Pa}$ 时,该包层14的表面粗

15 糙度减少,不能实现位于突起部的相交角度 $30$ 度以上的可能性增加。另一方面, $\text{PH}_3$ 分压如果低于 $1\text{Pa}$ ,包层14的表面粗糙度会过大,而且包层14的结晶性也恶化。所以,InAlP包层14生长时 $\text{PH}_3$ 分压理想的范围是 $1\sim 20\text{Pa}$ 。

然后,如图1B所示,在GaAs接触层16的一部分上,用溅射法形成作为透明电极的ITO膜17。接着,在ITO膜17的上形成p侧电极(含Zn的Au)23。

20 更具体地说,在ITO膜17的上生长电流阻挡层21和GaAs层22后,进行选择性地蚀刻使其留在芯片中心部分。而且,在整个面上形成AuZn电极23后,对该电极23进行退火,使其留在GaAs层22上和ITO膜17的一部分上。

图3是表示p侧电极23图形一例的平面图。为了粘接键合引线等,该电极图形由设于元件中央部分的圆形焊盘23a、设于周边部分的周边区23b、连接焊

25 盘23a和周边区23b的连接部分23c构成。

然后,如图1C所示,研磨GaAs衬底10的背面,减薄到 $100\mu\text{m}$ 后,在衬底背面上形成n侧电极25(含有Ge的Au)。之后,在Ar气氛中施加 $450^\circ\text{C}$ ,15分钟的热处理工序。接着,通过划片,把形成了各层11~22和电极23、25的衬底10分成芯片。而且,以对每个芯片用未图示的透明树脂涂覆光取出面一侧

30 的方式进行树脂封装。

状突起物,

上述多个突起物的底面与侧面的交叉角度设定为 30 度以上、70 度以下。

并且, 本发明另一个实施例的面发光型半导体发光元件, 包括:

有主面的衬底, 以及

5 在上述衬底主面上形成的包括发光层的半导体多层膜;

进行粗糙面加工, 使上述半导体多层膜的与上述衬底相反侧的光取出面侧上具有多个凹凸形状, 该粗糙面加工后面上的各凹凸的顶部与底部的距离(凹凸高度)设定为 200nm 以上而且在上述发光层的发光波长以下。

附图说明

10 图 1A~1C 是表示第 1 实施例的绿色 LED 元件构造和制造工序的剖面图。

图 2 是放大表示在图 1 的 LED 光取出面侧形成的突起物形状的剖面图。

图 3 是表示图 1 的 LED 上电极图形一例的平面图。

图 4 是表示图 1 的 LED 上的突起部侧面与衬底表面相交角度  $\alpha$  和光取出效果的关系图。

15 图 5 是表示第 2 实施例的绿色 LED 元件构造的剖面图。

图 6A、B 是表示第 3 实施例的绿色 LED 元件构造和制造工序的剖面图。

图 7 是放大表示第 3 实施例的光取出面附近构造的剖面图。

图 8 是表示第 4 实施例的绿色 LED 元件构造的剖面图。

图 9 是表示第 5 实施例的绿色 LED 元件构造和制造工序的剖面图。

20 图 10 是表示图 5 的 LED 上的凹凸高度与光取出效率关系的特性图。

图 11 是表示处于发光波长前后的, 凹凸高度与光取出效率关系的特性图。

图 12 是表示使防止反射膜的表面粗糙化时的折射率与光取出效率的关系图。

图 13 是表示防止反射膜的表面平坦时的折射率与光取出效率的关系图。

图 14A~E 是表示防止反射膜的粗糙面形状例子的剖面图。

25 图 15 是表示第 6 实施例的绿色 LED 元件构造的剖面图。

图 16 是表示第 7 实施例的绿色 LED 元件构造的剖面图。

具体实施方式

以下, 按照图示的实施例, 详细说明本发明。

(第 1 实施例)

30 图 1 是表示本发明第 1 实施例的绿色 LED 元件构造和制造工序的剖面图。



另外，图1中只是表示一个芯片部分，但实际上由于同时形成多个芯片，所以在一个衬底10上形成多个图1的构成部分。而且，在最后阶段，往往通过对衬底10进行划片，把衬底10分成多个芯片。

5 这样，倘若采用本实施例，在p型InAlP包层14生长时，采用设定 $\text{PH}_3$ 分压低于常规的办法，能够在包层14的表面上形成锥体状的突起部20。由于形成该突起部20，所以能够减少入射光在包含发光层的半导体多层膜最上层与透明树脂边界上全反射的概率。尤其，采用在InAlP包层14生长时设定 $\text{PH}_3$ 分压为1-20Pa的办法，会使表面圆锥角度 $\alpha$ 为30度以上。

10 在这里，图4示出突起部20与衬底表面的相交角度 $\alpha$ 和向树脂入射概率(光取出效率)的关系。图4中，横轴表示角度，纵轴表示光取出效率。光取出效率是把无突起部20的表面是平坦的场合设定为1。假如角度 $\alpha$ 为30度以上，可以认为提高10%以上。并且，角度 $\alpha$ 如果过大，相反可以认为效率下降，超过70度的话，就成为10%以下。所以，角度 $\alpha$ 的理想范围是30度以上且在70度以下。

15 由于采用本实施例这样的突起部构造，如图5所示，光取出效率提高到现有的1.15倍以上。这样，就能够不改变基本的器件构造而使光取出效率上升，用于LED有极大的效果。

20 另外，突起部20对衬底表面的相交角度 $\alpha$ 为30度以上时，不一定需要全部突起部都满足，只要大部分(例如90%以上)满足这个角度就行。顺便说，即使全部突起部以角度 $\alpha$ 为30度以上且70度以下的方式制作，有时也出现一部分角度 $\alpha$ 小于30度的部分或超过70度的部分，只要这个部分的比率足够低，就没有什么问题。

25 这样，本实施例中，通过不是简单地使光取出面粗糙化，而是把突起部20的底面对侧面的交叉角度 $\alpha$ 设为30度以上且70度以下，就可以实现光取出效率的大幅度提高。

另外，如果光取出面一侧形成的突起部20的周期极小，光取出效率的提高效果也减少。根据本发明人的实验，突起部的突起部20的周期只要在 $0.5\mu\text{m}$ 以上，可以认为有充分的效果。

30 并且，不一定需要透明电极20上的电流阻挡层21和GaAs层22，在透明电极20上直接形成金属电极23，也确认有同样的效果。

### (第2实施例)

图5是表示本发明第2实施例的绿色LED元件构造的剖面图。

本实施例是与第1实施例相反地制成n、p生长层的，基本的构造和制造方法与第1实施例同样。

5 在p型GaAs衬底30上，用MOCVD法生长0.5 $\mu\text{m}$ 厚的p型GaAs缓冲层31、0.6 $\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层32、1.0 $\mu\text{m}$ 厚的非掺杂InGaAlP活性层33、1.0 $\mu\text{m}$ 厚的n型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层34、及0.1 $\mu\text{m}$ 厚的n型GaAs接触层36，其上用溅射法形成透明电极的ITO膜37。

在这里，与第1实施例同样，在生长n型InAlP包层34时，把MOCVD法中的 $\text{PH}_3$ 分压降到充分地低(20Pa以下)。因此，n型InAlP包层34的表面上，  
10 与第1实施例同样形成锥体状的突起部，该突起部对衬底表面的角度 $\alpha$ 也比30度大。

并且，在ITO膜37上，有选择地形成电流阻挡层41和GaAs层42，并在GaAs层42上和ITO膜37一部分上形成由AuGe构成的n侧电极层43。而且，在GaAs  
15 衬底30的背面，形成由ZnAu构成的p侧电极45。

即使是这样的构成，由于n型InAlP包层34的表面设有锥体状的突起部，能够提高光对用于封装的透明树脂的入射概率，所以也可获得与第1实施例同样的效果。

### (第3实施例)

20 图6是表示本发明第3实施例的绿色LED元件构造和制造工序的剖面图。

首先，如图6A所示，在厚度250 $\mu\text{m}$ 的n型GaAs衬底50上，用MOCVD法依次形成0.6 $\mu\text{m}$ 厚的n型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层52、1.0 $\mu\text{m}$ 厚的非掺杂 $\text{In}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ 包层53、1.0 $\mu\text{m}$ 厚的p型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 包层54、3.0 $\mu\text{m}$ 厚的n型InGaP电流扩散层55、及0.1 $\mu\text{m}$ 厚的p-GaAs接触层56。在这些外延生长中，与第1实施  
25 例同样采用MOCVD法。

然后，通过重新导入用于改变外延表面形状的退火工序(温度与外延生长温度相同或其以上(600 $^{\circ}\text{C}$ 以上)，使电流扩散层55的表面粗糙化并形成突起部。之后，在电流扩散层55上形成p侧电极63，还在衬底50的背面形成n侧电极65后，通过除去露出部分的p-GaAs层56，实现图6B所示的构造。

30 在这里，更加详细地说明有关上述退火工序中的表面粗糙化，作为退火工序

中使用的气体，导入氢气等不活泼气体和跟构成外延生长膜（Ⅲ-V族化合物，例如InGaAlP）的V族元素（例如P）不同的V族气体（例如AsH<sub>3</sub>）。而且，使外延生长表面层的V族元素（P）进行再蒸发。进而，作为下一道工序，在粗糙的表面上，导入外延生长工序（膜的种类：透明膜（例如GaP））。

5 因此，如图7所示，在InGaP电流扩散层55的表面部，成为P除去而发生粗糙的表面。而且，就是在该粗糙的InGaP57上生长透明的GaP层58。作为提高发光效率的构造，目的的表面形状是从现有外延生长表面形状的镜面（ $R_{max}=5nm$ ）状态变成多个凸起圆锥状相连的形状。在这里，底面与垂直剖面的交叉角度是大于30度的角度。

10 即使是这样的构成，由于光取出侧的电流扩散层55的表面设有锥体状的突起部，能够提高光的树脂射入概率，所以也可获得与第1实施例同样的效果。

另外，虽然也可以不除去p-GaAs接触层56，但在发光波长成为光吸收的场合，除去它是理想的。

（第4实施例）

15 图8是表示本发明第4实施例的面发光型LD元件构造的剖面图。

首先，在250 $\mu m$ 厚的n型GaAs衬底70上生长0.5 $\mu m$ 厚的n型GaAs缓冲层71，其上生长由n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P/n-GaAs叠层构造构成的DBR反射层78。接着，生长0.6 $\mu m$ 厚的n型In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P包层72、非掺杂In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.55</sub>Al<sub>0.45</sub>)<sub>0.5</sub>P/In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P的MQW活性层73、以及0.6 $\mu m$ 厚的In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P包层74，形成双异质构造部分。

20 接着，生长由p-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P/p-GaAs叠层构造构成的DBR反射层79后，生长1.0 $\mu m$ 厚的p型In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P电流扩散层76，并生长0.1 $\mu m$ 厚的接触层77。

25 在这里，从缓冲层71到接触层77的外延生长膜，用MOCVD法在同一反应室内连续生长，所用的气体种类和压力都是各层良好生长的条件。但是，形成电流扩散层76之际，与第1实施例同样，要将PH<sub>3</sub>分压充分地降低（例如10Pa），使其生长表面粗糙。

然后，在接触层77上形成光刻胶图形以后，通过以该光刻胶图形为掩模一直蚀刻到n型包层72，进行激光突脊的形成。接着，以除突脊上面之外的方式，形成绝缘膜之后蒸镀p侧电极（含有Zn的Au）。而且，通过利用光刻胶掩模，除去位于p侧电极的突脊中央部的部分并除去p-GaAs接触层，形成上部电极83。

30 接着，研磨GaAs衬底70减薄到100 $\mu m$ 以后，形成n侧电极（含有Ge的Au）。然

后, 在 Ar 气氛中进行 450°C、15 分钟的热处理。接着, 通过对衬底 70 进行划片, 使之成为芯片。之后, 在树脂封装中进行装配。

这样构成的本实施例中, 在生长 p 型电流扩散层 76 时, 采用降低  $\text{PH}_3$  分压的办法, 能够在 p 型电流扩散层 76 的表面形成凹凸, 使表面圆锥的角度大于 30 度。因此, 与第 1 实施例同样, 可以提高光取出效率。本实施例的激光器是红色发光, 即使对于红色以外的半导体激光器, 也可确认上述效果。

另外, 也可以不除去 p-GaAs 接触层 77, 但在发光波长成为光吸收的场合, 除去它是理想的。

(第 5 实施例)

10 图 9 是表示本发明第 5 实施例的绿色 LED 元件构造和制造工序的剖面图。

首先, 如图 9A 所示, 在厚度 250  $\mu\text{m}$  的 n 型 GaAs 衬底 110 上, 利用使用  $\text{AsH}_3$  作为 V 族元素原料气体的 MOCVD 法, 生长 0.5  $\mu\text{m}$  厚的 n 型 GaAs 缓冲层 111。接着, 利用使用  $\text{PH}_3$  作为 V 族元素原料气体的 MOCVD 法, 在  $\text{PH}_3$  分压为 200Pa、总压力为  $5 \times 10^3 \text{Pa}$  的条件下, 顺序生长 0.6  $\mu\text{m}$  厚的 n 型  $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$  包层 112、1.0  $\mu\text{m}$  厚的非掺杂  $\text{InGaAlP}$  活性层 113、1.0  $\mu\text{m}$  厚的 p 型  $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$  包层 114、及 1.0  $\mu\text{m}$  厚的 p 型  $\text{InGaP}$  电流扩散层 115。之后, 利用使用  $\text{AsH}_3$  作为 V 族元素原料气体的 MOCVD 法, 生长 0.1  $\mu\text{m}$  厚的 p 型 GaAs 接触层 116。在这里, 从缓冲层 111 到接触层 116 的各个外延生长层, 都在同一反应室内生长起来。

20 然后, 如图 9B 所示, 形成作为本实施例特征的反射防止膜 117。即, 在接触层 116 上用旋涂法, 把  $\text{TiO}_2$  添加到聚酰亚胺树脂中形成折射率=2.0 的反射防止膜 117 后, 用具有发光波长以下的凹凸的模具, 将该反射防止膜 117 的表面压制整形。由此, 设定反射防止膜 117 的表面粗糙度 (PV 值 (max-min)) 为发光波长以下。在这里, 所谓 PV 值就是各凹凸的顶部 (peak:峰) 与底部 (valley:谷) 的距离 (高度)。

25 然后, 在反射防止膜 117 上形成光刻胶掩模 (未图示), 用 RIE 法除去电极形成部的反射防止膜 117 以后, 除去光刻胶掩模。接着, 如图 9C 所示, 在反射防止膜 117 和露出了接触层 116 的上蒸镀电极材料 (含有 Zn 的 Au) 后, 借助于利用光刻胶掩模 (未图示) 的构图, 形成上部电极 (p 侧电极) 118。P 侧电极 118 的图形与上述图 3 所示形状相同。

30 然后, 研磨 GaAs 衬底 110 的背面并减薄到 100  $\mu\text{m}$  厚之后, 形成作为 n 侧电

极的下部电极 119 (含有 Ge 的 Au)。之后, 在 Ar 气氛中, 施加 450°C、15 分钟的热处理工序。对衬底 110 进行划片并成为芯片。而且, 组装引线键合后, 用环氧树脂 ( $n \approx 1.5$ ) 进行树脂密封。

5 这样, 根据本实施例, 通过使反射防止膜 117 的表面粗糙化, 光取出效率, 从现有的约 20% 提高到约 30%。即, 光取出效率提高到现有的 1.5 倍。不改变基本的器件构造, 仅此就能够提升光取出效率, 用于 LED 有极大的效果。

10 图 10 是 PV 值与光取出效率的关系图。伴随 PV 值增大而光取出效率提高, 若 PV 值变成 200  $\mu\text{m}$  以上, 光取出效率为 2 倍并大致恒定。图 11 是发光波长前后的 PV 值与光取出效率的关系图。对于 640nm 的发光波长, 即使比其短也获得足够的光取出效率, 然而若比其高, 则光取出效率急剧减少下来。所以, PV 值的理想范围是 200nm 以上且比发光波长短的值。

15 另外, 尽管 PV 值在 200nm 以上且发光波长以下, 然而不是一定需要全部的四凸都满足该条件, 只要大部分 (例如 90% 以上) 满足就行。即, 想要形成  $200\text{nm} \leq \text{PV} \leq \text{发光波长}$ , 有时也出现一部分与此不同的凹凸, 只要是充分低的比率, 就毫无问题。

20 图 12 是如本实施例那样使反射防止膜表面粗糙化时的, 折射率与光取出效率的关系图。它表示对反射防止膜的一个主面, 以入射角 -90 度到 +90 度入射光时, 从该反射防止膜的另一面输出光的比率。如果把折射率为 1.5 (与下面半导体层相同) 作为基准, 可见折射率为 2.0 (本实施例), 光取出效率上升约 50%, 折射率为 2.5 则上升约 100%。

图 13 是反射防止膜的表面平坦时, 折射率与光取出效率的关系图。这时, 折射率为 2.0 只能上升 8%, 即使折射率为 2.5, 也只能上升 9%。由此可知, 为了提高光取出效率, 不仅需要提高反射防止膜的折射率, 而且反射防止膜表面必须成粗糙面。

25 根据本发明人的实验, 从提高光取出效率的观点可以确认, 假如反射防止膜的表面粗糙度 (PV 值 (max-min)) 为发光波长  $\lambda$  以下, 就获得足够的效果。而且, 就反射防止膜的表面形状而言也可以确认, 若周期是  $0.5\lambda$  以下的圆锥形状、或多角形 (三角锥、四角锥、六角锥等) 可获得更可靠的效果。

30 这样, 按照本实施例, 采用在半导体多层膜的光取出面侧设置形成粗表面的反射防止膜的办法, 能够减少包括发光层的半导体多层膜的最上层与透明树脂的

界面上全反射入射光的概率。而且，采用把反射防止膜的表面粗糙度设为发光波长以下的办法，就可以大幅度提高光取出效率。并且，采用在封装本元件时所用的透明树脂与半导体多层膜的最上层之间设置反射防止膜的折射率的办法，能够进一步提高光取出效率的提高效果。

- 5        在这里，现有构造中，与半导体多层膜的折射率约为 3.5 不同，用于树脂密封的透明树脂折射率约为 1.5，有很大的折射率差别。这时，从半导体多层膜向透明树脂侧的光全反射临界角减小。本实施例中，采用在半导体多层膜与透明树脂之间形成折射率为其中间的反射防止膜（折射率为 1.5~3.5）的办法，可以增大全反射的临界角，因此能够实现光取出效率的提高。而且，采用把反射防止
- 10 膜表面加工成粗糙面的办法，应该可以实现更高的光取出效率。

另外，LED 的发光波长不限于绿光，对于绿光以外的可见光制品，也确认有上述效果。并且，在反射防止膜中波长以下的凹凸形状，就连图 14A~E 所示等的构造，也都确认提高了光取出效率。

- 并且，作为 LED 材料，除 InGaAlP 以外，就连 InGaAlAs 系、AlGaAs 系、GaP
- 15 系，也都确认有同样的效果。进而，作为反射防止膜，即使丙烯酸树脂中混入 TiO<sub>2</sub>、TaO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub> 的材料，也获得同样的效果。

（第 6 实施例）

图 15 是表示本发明第 6 实施例的绿色 LED 元件构造的剖面图。

- 本实施例是将第 5 实施例中的 p/n 倒过来的构造，制造方法基本上与第 5 实
- 20 施例相同。即，在厚度 250 μm 的 p 型 GaAs 衬底 120 上，在同一反应室内生长形成 0.5 μm 厚的 p 型 GaAs 缓冲层 121、0.6 μm 厚的 p 型 In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P 包层 122、1.0 μm 厚的非掺杂 In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.55</sub>Al<sub>0.45</sub>)<sub>0.5</sub>P 活性层 123、1.0 μm 厚的 n 型 In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P 包层 124、1.0 μm 厚的 N 型 InAlP 电流扩散层 125、及 0.1 μm 厚的 n 型 GaAs 接触层 126。

- 25        而且，与第 1 实施例同样，在接触层 126 上，用旋涂法形成折射率=2.0 的反射防止膜 127，用模具的冲压整形法使其表面粗糙起来。除去反射防止膜 127 的一部分（电极形成部分），并在露出该部分的接触层 126 上，形成上部电极（n 侧电极）128。并且，在 GaAs 衬底 120 的背面，形成 p 侧电极的下部电极 129。而且，用划片法，把上述构成的圆片切成芯片，组装引线键合后形成树脂密封的
- 30 组件。

这样的构成。也与第6实施例同样，光取出效率提高到现有的约2.5倍。并且，对于绿光以外的可见光制品也获得同样的效果，而且即使上述图14A~E所示等的构造，也确认提高了光取出效率。

(第7实施例)

5 图16是表示本发明第8实施例的面发光激光器的元件构造的剖面图。

首先，在250 $\mu\text{m}$ 厚的n型GaAs衬底130上，生长0.5 $\mu\text{m}$ 厚的n型GaAs缓冲层131后，其上生长由n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P/n-GaAs叠层构造构成的多层反射膜132。接着，生长0.6 $\mu\text{m}$ 厚的n型In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P包层133、非掺杂的由In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.55</sub>Al<sub>0.45</sub>)<sub>0.5</sub>P/In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P构成的MQW活性层134、及0.6 $\mu\text{m}$ 厚的p型In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P包层135。  
10 之后，生长由p-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P/p-GaAs叠层构造构成的多层反射膜136。进而，生长1.0 $\mu\text{m}$ 厚的p型In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P电流扩散层137，并生长0.1 $\mu\text{m}$ 厚的p-GaAs接触层138。在这里，从缓冲层131到接触层138为止的各个外延生长层都在同一反应室内生长。

然后，接触层138上形成条状光刻胶掩模以后，从表面到n型包层133用干  
15 式蚀刻法，进行激光突脊的形成。接着，以除去突脊上面之外的方式，形成0.5 $\mu\text{m}$ SiO<sub>2</sub>绝缘膜141。进而，在接触层138和绝缘膜141上蒸镀p侧电极(含有Zn的Au)，并用光刻胶掩模形成上部电极142。在这里，上部电极142应该与接触层138的上面周边部分接触，并且应该露出接触层138的上面中央部分。

然后，用旋涂法，形成向聚酰亚胺树脂中添加TiO<sub>2</sub>的折射率2.0的反射防止  
20 膜144，并用其表面具有发光波长以下凹凸的模具冲压整形。由此，设定反射防止膜144的表面粗糙度(PV值(max-min))为发光波长以下。之后，除去反射防止膜144的不需要部分。

接着，研磨GaAs衬底130的背面一侧，减薄到100 $\mu\text{m}$ 后，形成n侧电极(含有Ge的Au)143。进而，在Ar气氛中进行450°C，15分钟的热处理。而且，通  
25 过对圆片进行划片，使之成为芯片后，在环氧系树脂(n=约1.5)封装中进行组装。

这样的构成，也与第5实施例同样，折射率为底层半导体层与密封树脂之间，由于形成表面粗糙的反射防止膜144，所以能够实现大幅度提高光取出效率。而且与第6实施例同样，反射防止膜的表面形状即使是图14A~E所示等的构造，  
30 也都确认提高了光取出效率。并且，作为半导体材料，除InGaAlP以外，就连

InGaAlAs 系、AlGaAs 系、GaP 系，也都确认有同样的效果。进而，作为反射防止膜的材料，即使丙烯酸树脂中混入  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{TaO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  的材料，也获得同样的效果。

(变形例)

- 5 另外，本发明不限于上述的各个实施例。第 1 和第 2 实施例中，作为使晶体表面粗糙化的方法，设定生长时的  $\text{PH}_3$  分压为 10Pa，但可以在 1~20Pa 范围内适当确定  $\text{PH}_3$  分压。并且，第 3 实施例中，作为使晶体表面粗糙化的方法，导入  $\text{AsH}_3$  进行退火，但是该退火时所用的气体不限于  $\text{AsH}_3$ ，只要含有与构成要粗糙化半导体层的 V 族元素不同的 V 族元素和氢气就行。并且，作为使晶体表面粗糙化的方法，
- 10 不限于上述生长时的降低  $\text{PH}_3$  分压，生长后的退火；也可以用尖端角 120 度以下的磨料，把半导体层的表面加工成不规则状。

并且，突起物不限于圆锥状，也可以是三角锥、四角锥、六角锥等的角锥。在其光取出面侧不一定需要在整个表面上形成突起物，但是光取出面侧的突起物占有面积的比率尽可能大是理想的，只要 50% 以上就获得充分的效果。

- 15 在这里，光取出效率与占有面积成正比，所以突起部的占有面积在 50% 以下，光取出效果就变成 1/2 (1.2 倍以下)。并且，突起部的周期为 0.2~0.5  $\mu\text{m}$ ，光取出提高效果减少 (1.1 倍以下)，周期为 0.2  $\mu\text{m}$  以下则会发生渐变折射率 (graded index) 效应。

- 第 5~第 7 的实施例中，为了使反射防止膜粗糙化而利用具有凹凸的模具，
- 20 但是也可以代之以反射防止膜成膜以后，用磨料在随机方向上使表面粗糙化。这时，可以使用树脂系以外的各种材料。

- 并且，表面粗糙度 (PV 值) 为 200nm 以上且发光波长以下的这个规定不限于反射防止膜，也可以应用于半导体多层膜的光取出面侧其它的层。具体地说，也可以应用于扩散层、接触层等。即，关于第 1~第 5 的实施例，也可以设定凹凸
- 25 加工后的表面粗糙度 (PV 值) 为发光波长以下，进而，也可以设法使其双方满足表面粗糙度 (PV 值) 为发光波长以上这样的规定和  $\alpha$  为 30 度以上这样的规定。

- 并且，若在从上部电极到活性层之间除上部电极正下以外，可以充分展宽电流，就不一定需要电流扩散层，可以省略。而且，构成发光元件的半导体材料、
- 30 组成、厚度等条件，可根据规格适当变更。



并且, 实施例中说明了用透明树脂进行树脂密封的例子, 但是本发明不限于树脂密封的场合。不用树脂密封的场合, 与反射防止膜直接接连的物质就是空气, 但是这时半导体多层膜与空气的折射率差也很大, 因而通过形成反射防止膜同样也获得提高光取出效率的效果。

- 5 其它的优点和改进, 对本领域普通技术人员是显而易见的。因此, 本发明在更广的意义上并不限于这里表示和描述的具体细节和代表性各实施例。在不脱离由附属权利要求书及其等同物所限定的本发明总构思的精神或范围的情况下, 能够作出各种各样的修改。

图 1

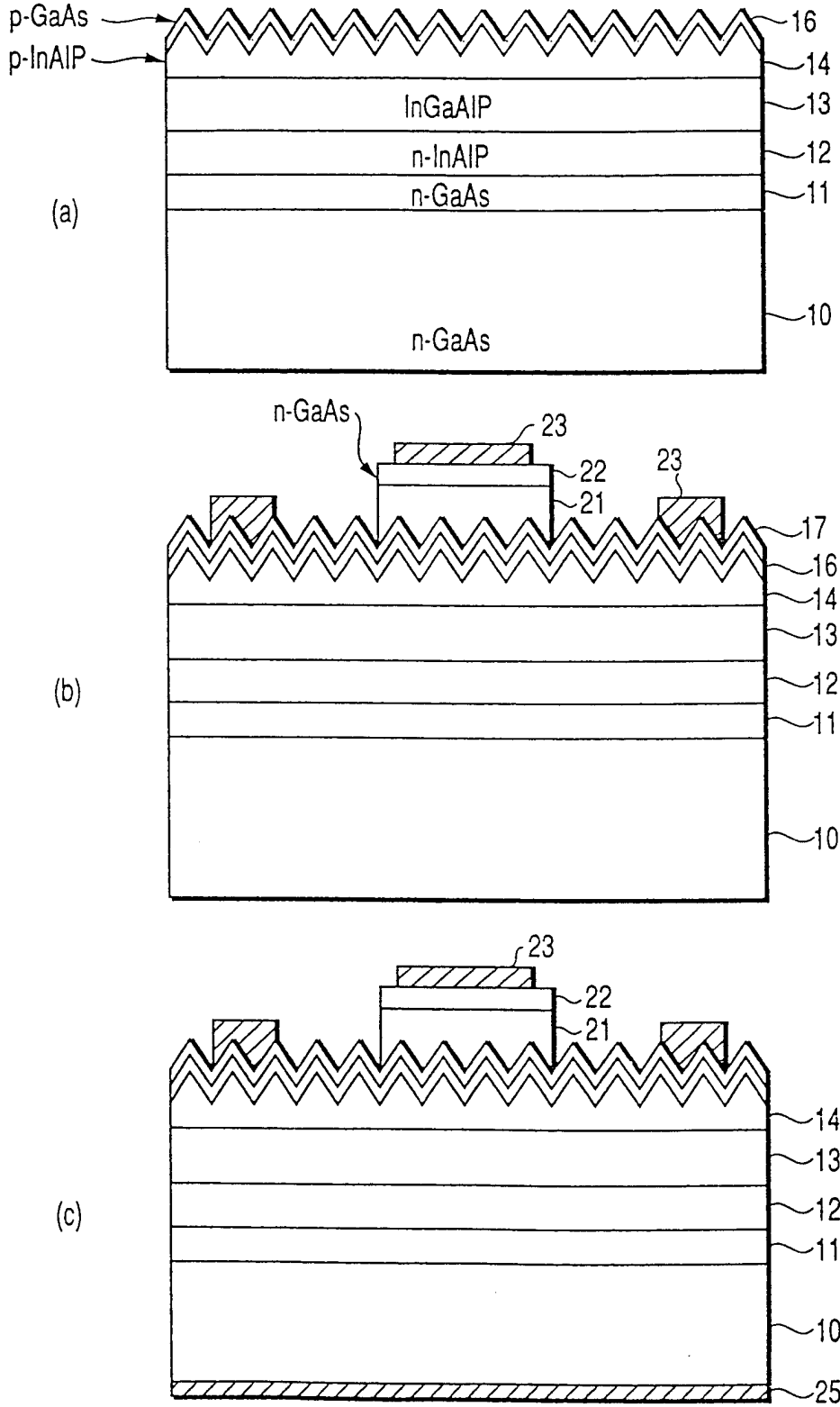


图 5

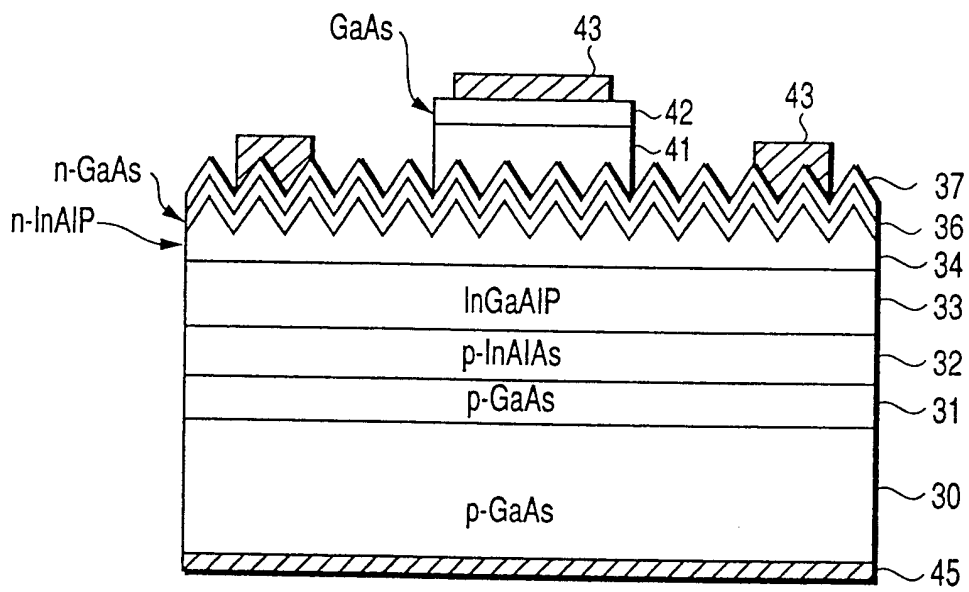


图 2

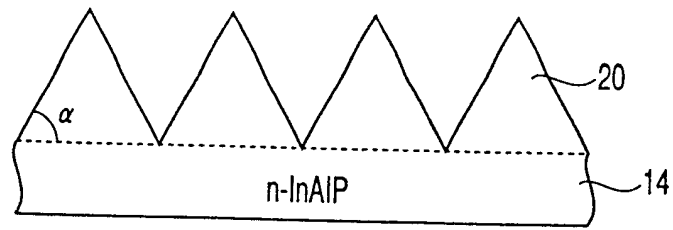


图 3

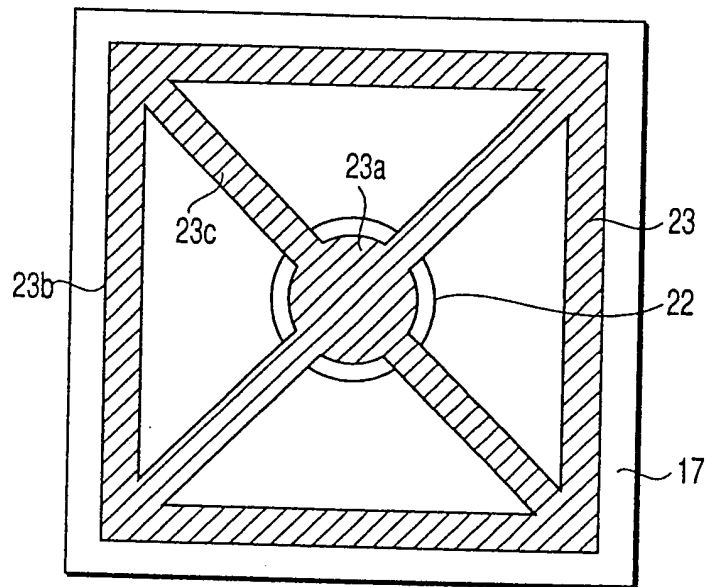


图 4

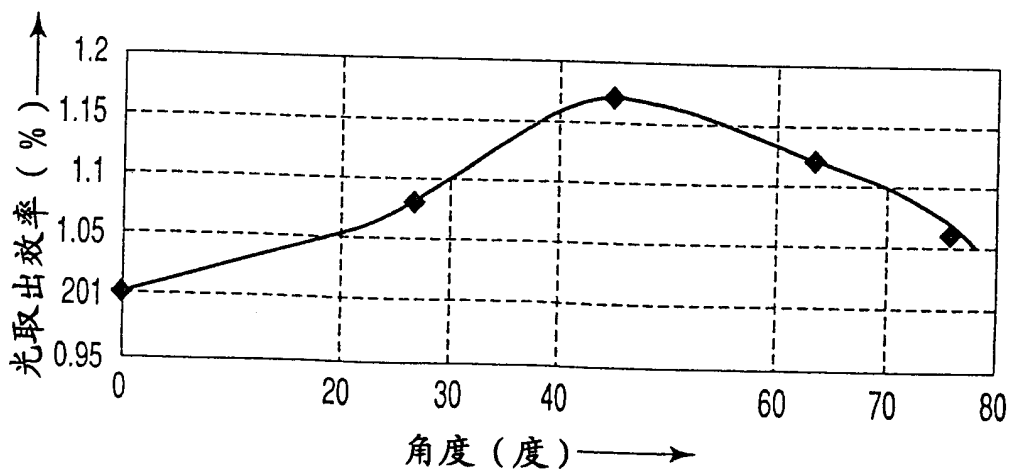


图 6

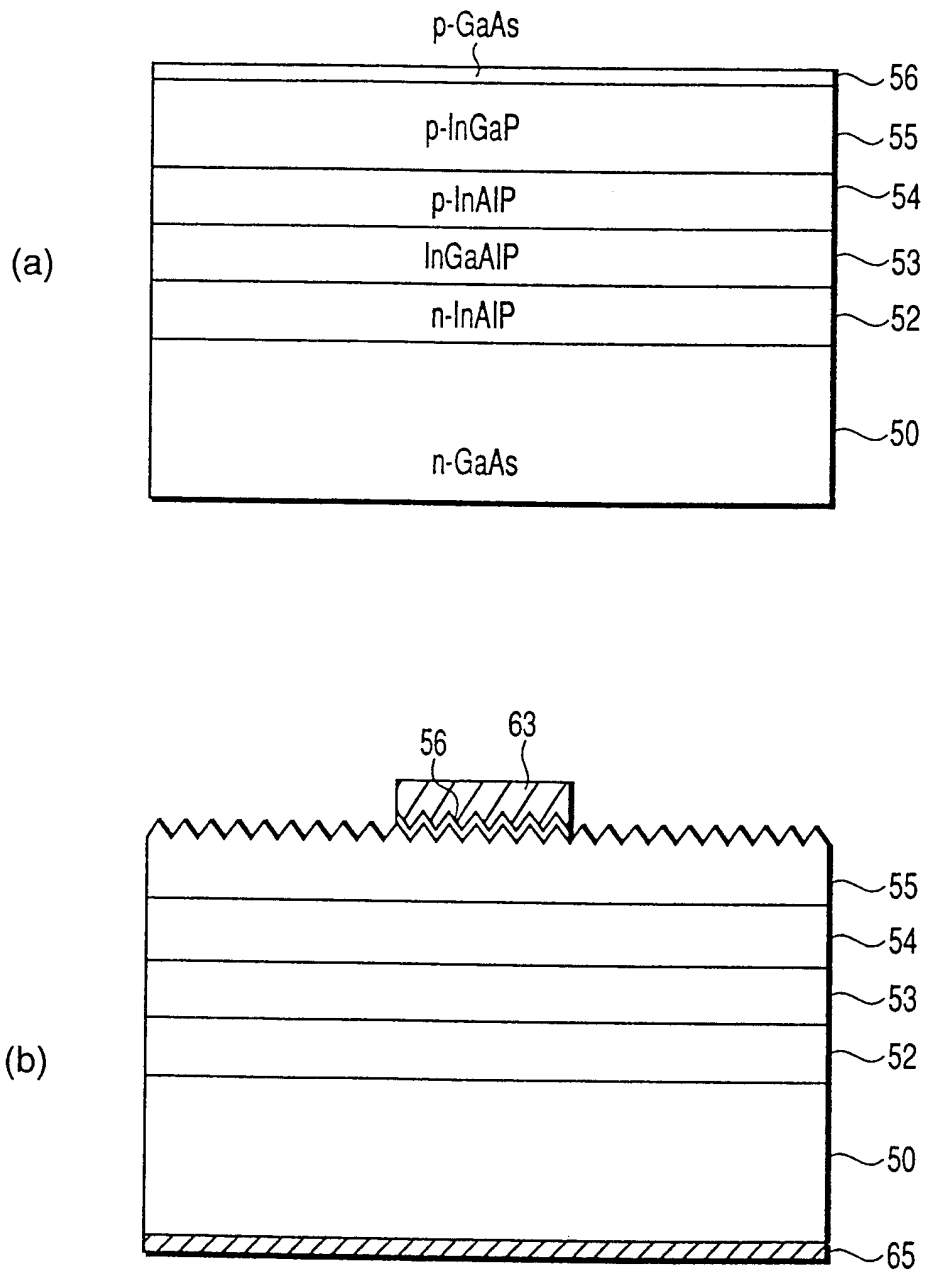


图 9

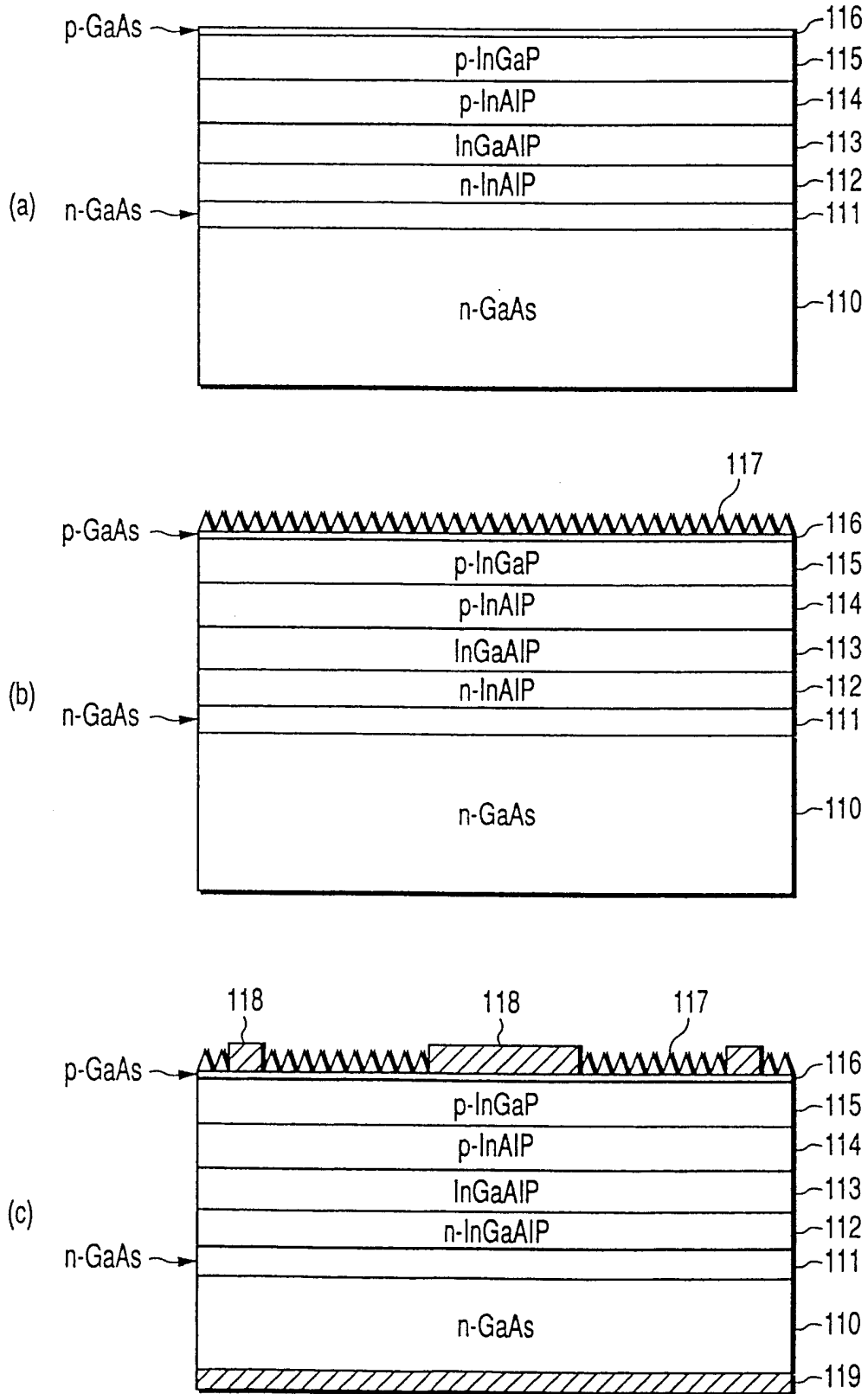


图 7

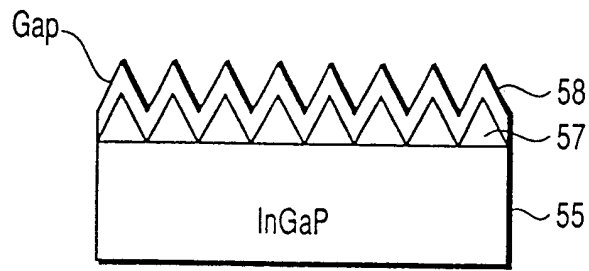


图 8

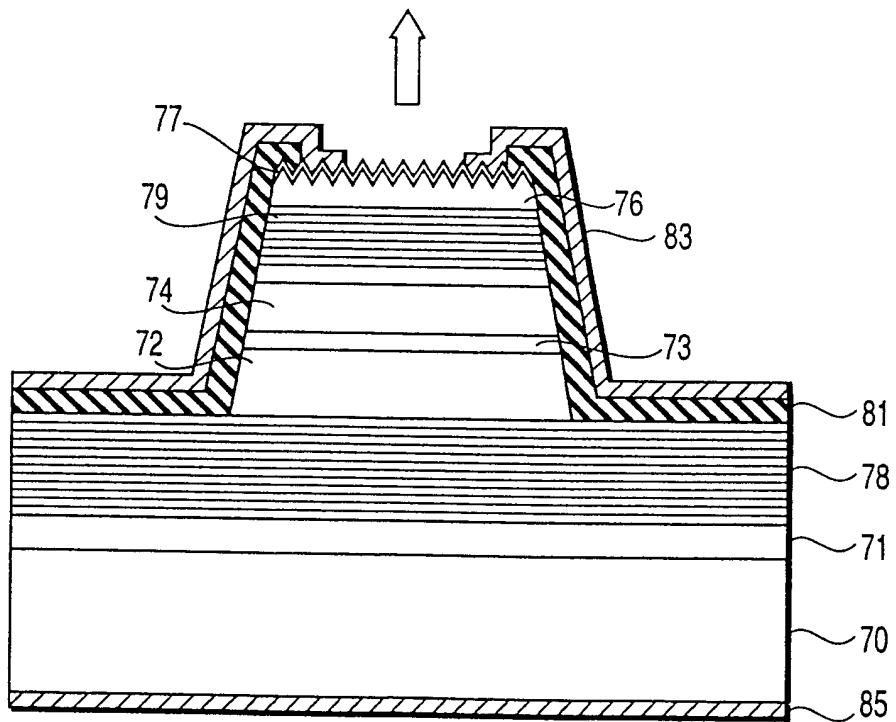
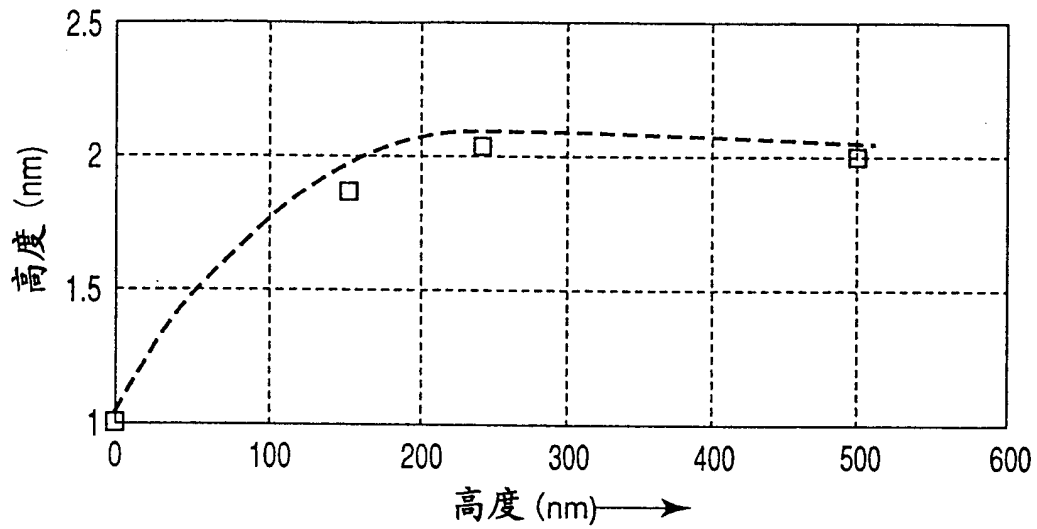


图 10



【图 11】

图 11

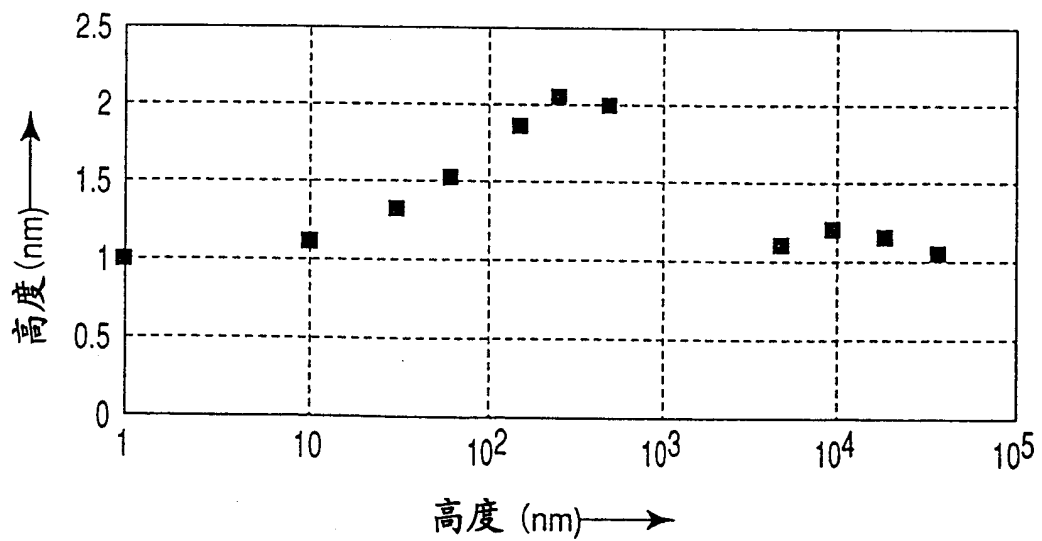
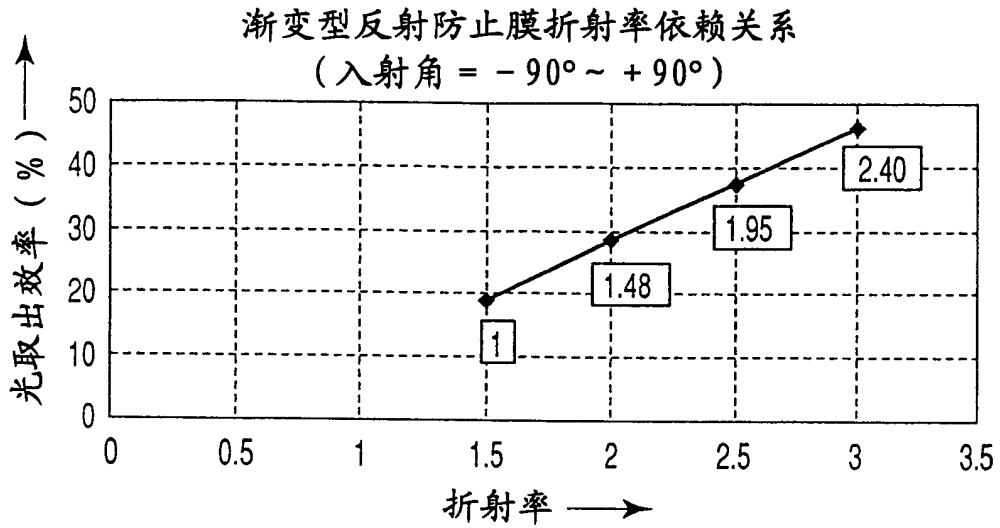




图 12



【图 13】

图 13

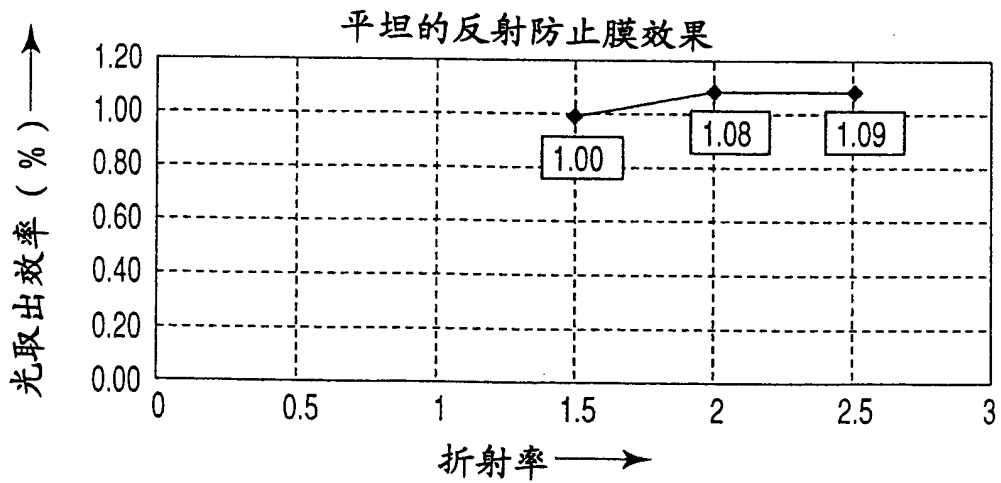


图 14

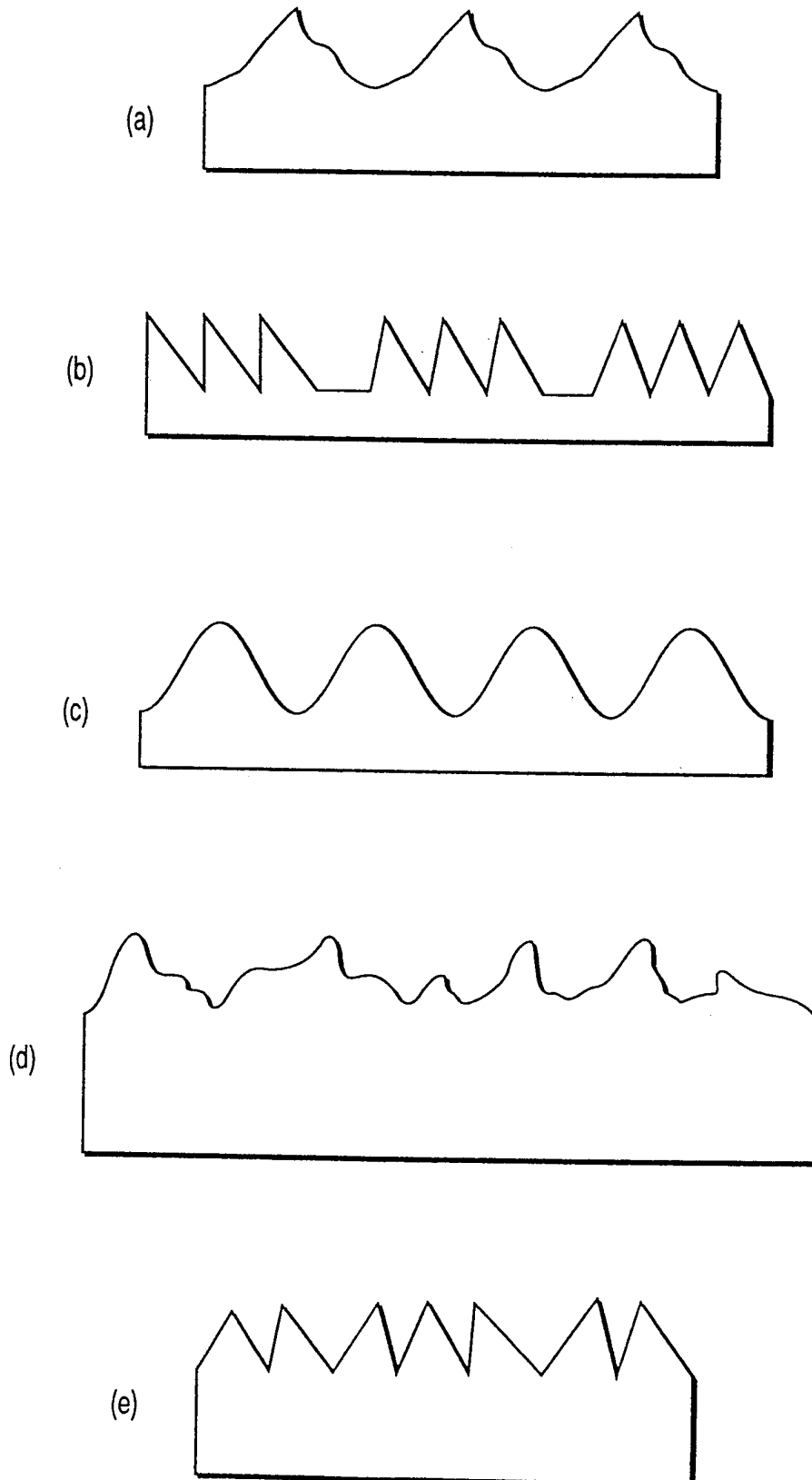


图 15

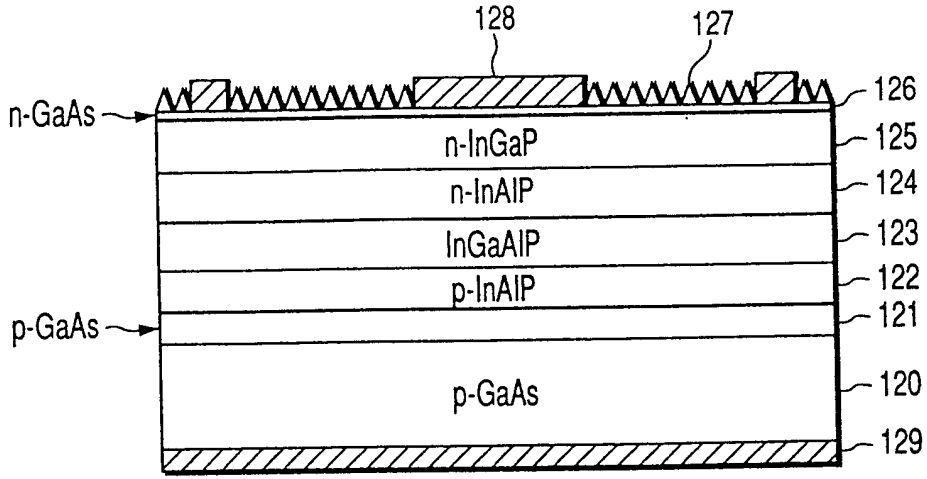


图 16

