

## **DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)**

International application number:	<b>PCT/CN2015/097539</b>
International filing date:	<b>16 December 2015 (16.12.2015)</b>
Document type:	<b>Certified copy of priority document</b>
Document details:	Country/Office: <b>CN</b>
	Number: <b>201510097522.2</b>
	Filing date: <b>05 March 2015 (05.03.2015)</b>
Date of receipt at the International Bureau:	<b>06 January 2016 (06.01.2016)</b>

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

## CERTIFICATE OF AVAILABILITY OF A CERTIFIED PATENT DOCUMENT IN A DIGITAL LIBRARY

The International Bureau certifies that a copy of the patent application indicated below has been available to the WIPO Digital Access Service since the date of availability indicated, and that the patent application has been available to the indicated Office(s) as of the date specified following the relevant Office code:

Document details: Country/Office: CN

Filing date: 05 Mar 2015 (05.03.2015)

Application number: 2015100975222

Date of availability of document: 11 Mar 2015 (11.03.2015)

The following Offices can retrieve this document by using the access code:

JP, US, SE, KR, ES, GB, AU, IB, CN, FI

Date of issue of this certificate: 06 Jan 2016 (06.01.2016)



# 证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请文件副本。

申 请 号：201510097522.2

申 请 类 型：发明专利

发 明 创 造 名 称：发光二极管及其制作方法

申 请 日：2015年03月05日

申 请 人：天津三安光电有限公司

发明人或设计人：蒙成、吴俊毅、陶青山、王笃祥

局长

申长雨

2015年03月11日



## 权利要求书

### 1. 发光二极管，包括：

发光外延叠层，具有相对的第一表面和第二表面，包含 n 型半导体层、发光层和 p 型半导体层；

透光性介电层，位于所述发光外延叠层的第二表面上，并直接与所述发光外延叠层接触，其内部具有导电通孔；

透光性导电层，位于所述透光性介电层之远离发光外延叠层的一侧表面上；

金属反射层，位于所述透光性导电层之远离所述透光性介电层的一侧表面上；

所述透光性介电层的折射率均小于所述发光外延叠层、透光性导电层的折射率，所述发光外延叠层、透光性介电和透光性导电层构成一增强反射系统。

2. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述发光外延叠层、透光性介电层、透光性导电层的折射率分别为  $r_1$ 、 $r_2$  和  $r_3$ ，其关系为： $r_2 < r_3 < r_1$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述发光外延叠层的第二表面的粗糙度小于第一表面的粗糙度。

4. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述发光外延叠层的第二表面为 n 型半导体层一侧表面。

5. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述透光性介电层中掺杂有受热可产生气体的发泡粒子。

6. 根据权利要求 5 所述的发光二极管，其特征在于：所述发泡粒子选自  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  中的一种或其组合。

7. 根据权利要求 5 所述的发光二极管，其特征在于：所述发泡粒子分布在透光性介电性中靠近发光外延叠层的一侧。

8. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述透光性导电层具有粘附作用。

9. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述透光性导电层为采用溅射形成的 ITO 层。

10. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述透光性导电层的厚度为 10~100 埃。

11. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述透光性导电层以分子状态呈现，呈颗粒状分布在所述透光性介电层上。

12. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于：所述发光外延叠层的第一表面具有一系列蜂窝构造的粗化图案，所述蜂窝构造呈正六边形分布。



## 权利要求书

---

**13.** 发光二极管的制作方法，包括步骤：

- 1) 在一生长衬底上形成发光外延叠层，其依次至少包括 n 型半导体层、发光层和 p 型半导体层；
- 2) 在发光外延叠层的 p 侧表面上制作电极，并作退火处理，形成欧姆接触；
- 3) 在发光外延叠层的 p 侧表面上键合一临时基板；
- 4) 去除生长衬底，露出 n 侧表面；
- 5) 在发光外延叠层的 n 侧表面上依次形成透光导电层、金属反射层，并进行退火处理形成欧姆接触；
- 6) 在金属反射层上键合一基板，并去除临时基板。



## 说明书

## 发光二极管及其制作方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体光电领域，具体涉及一种发光二极管及其制作方法。

## 背景技术

[0002] 近几年，发光二极管（light emitting diode，简称 LED）得到了广泛的应用，在各种显示系统、照明系统、汽车尾灯等领域起着越来越重要的作用。以 AlGaInP 材料作为发光层的 LED 具有较高的内量子效率。对于传统设计的 LED 来说，有很多因素限制它的外量子效率：内部的全反射、金属电极的阻挡、GaAs 等半导体材料对光的吸收。这些 LED 生长在吸光衬底上，而最终有很大一部分光被衬底吸收。所以对于这种传统的 LED 结构而言，即使内部的光电转化效率很高，它的外量子效率也不会很高。当前有很多种方法来提高 LED 出光的提取效率，如加厚窗口层、表面粗化、透明衬底、倒金字塔结构等。

## 发明内容

[0003] 本发明提供了一种发光二极管，其有效提高了发光二极管的外部取光效率。

[0004] 本发明的技术方案为：发光二极管，包括发光外延叠层，具有相对的第一表面和第二表面，包含 n 型半导体层、发光层和 p 型半导体层；透光性介电层，位于所述发光外延叠层的第二表面上，并直接与所述发光外延叠层接触，其内部具有导电通孔；透光性导电层，位于所述透光性介电层之远离发光外延叠层的一侧表面上；金属反射层，位于所述透光性导电层之远离所述透光性介电层的一侧表面上；所述透光性介电层的折射率均小于所述发光外延叠层、透光性导电层的折射率。在本发明中，发光外延叠层可等效看作一高折射率涂层，透光性介电层可等效看作一低折射率高透射率涂层，透光性导电层可等效看作一高折射率高透射率导电涂层，三者构成一增反系统。进一步地，所述透光性导电性与金属反射层构成全方位反射镜结构。

[0005] 优选地，所述发光外延叠层、透光性介电层、透光性导电层的折射率分别为  $r_1$ 、 $r_2$  和  $r_3$ ，其关系为： $r_2 < r_3 < r_1$ 。

[0006] 优选地，所述发光外延叠层的第二表面的粗糙度小于第一表面的粗糙度。在一些实施例中，所述发光外延叠层的第二表面为 n 型半导体层一侧表面。

[0007] 优选地，所述透光性介电层中掺杂有受热可产生气体的发泡粒子，如此既可以降低所述透光性介电层的折射率，又可以起到散射的效果，提高发光外延层与透光性介电层之间的界面发生全反射的概率。在一些实施例中，所述发光粒子选自  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$ 、Ca



## 说明书

(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaHCO<sub>3</sub>中的一种或其组合。

**[0008]** 优选地，所述透光性导电层具有良好的粘附性，起到发光外延叠层与金属反射层之间桥梁作用，增加界面强度，避免金属反射层与外延脱落。在一些较佳实施例，所述透光性导电层采用溅射形成的 ITO 材料层（简称 S-ITO），金属反射层采用 Ag 反射镜，由于 S-ITO 与 Ag 反射镜和发光外延叠层之间粘附性均较好，而且高温下不与发光外延叠层之间发生化学反应，因此不会影响发光外延叠层和透光性导电层之间界面的平整性，即提高了镜面反射率，进而 LED 光取出率提高。在一些更佳实施例中，该 S-ITO 以分子状态呈现，呈颗粒状分布在所述透光性介电层上，厚度优选 10~100 埃，此厚度区间薄膜尚未成膜以分子状态存在，吸光最少，且呈颗粒状分布在所述透光性介电层表面，对镜面的平整度影响很小。

**[0009]** 优选地，所述发光外延叠层的第一表面具有一系列蜂窝构造的粗化图案，所述蜂窝构造呈正六边形分布，此种粗化结构空间利用率高，可有效提高光取出率。在一些实施例中，所述蜂窝结构为半球型。

**[0010]** 本发明还提供了一种发光二极管的制作方法，其包括步骤：发光二极管的制作方法，包括步骤：1) 在一生长衬底上形成发光外延叠层，其依次至少包括 n 型半导体层、发光层和 p 型半导体层；2) 在发光外延叠层的 p 侧表面上制作电极，并作退火处理，形成欧姆接触；3) 在发光外延叠层的 p 侧表面上键合一临时基板；4) 去除生长衬底，露出 n 侧表面；5) 在发光外延叠层的 n 侧表面上依次形成透光导电层、金属反射层，并进行退火处理形成欧姆接触；6) 在金属反射层上键合一基板，并去除临时基板。在本制作方法中，均在基板键合前先进行热处理形成 n 侧欧姆接触和 p 侧欧姆接触，使得金属反射层蒸镀后无需在基板键合后再进行热处理而损失亮度。

**[0011]** 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

### 附图说明

**[0012]** 附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明的实施例一起用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。此外，附图数据是描述概要，不是按比例绘制。

**[0013]** 图 1 为本发明实施例 1 之一种发光二极管的结构剖视图。

**[0014]** 图 2 为图 1 中 B 的局部放大图。

**[0015]** 图 3 显示了一种制作图 1 所示发光二极管的流程图。

## 说明书

[0016] 图 4~图 9 显示了制作图 1 所示发光二极管的各个过程的剖视图。

[0017] 图 10 为本发明实施例 2 之一种发光二极管的结构剖视图。

[0018] 图 11 为本发明实施例 3 之一种发光二极管的结构剖视图。

[0019] 图 12 为图 11 所示发光二极管的第一表面的粗化图案。

[0020] 图 13 为图 11 所示发光二极管的单个半球形粗化结构。

### 具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明的发光二极管结构进行详细的描述，借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题，并达成技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。需要说明的是，只要不构成冲突，本发明中的各个实施例以及各实施例中的各个特征可以相互结合，所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0022] 图 1 显示了本发明的第一个较佳实施例之发光二极管，其自下而上依次包括：基板 100、金属键合层 110、金属反射层 120、透光性导电层 130、透光性介电层 140、发光外延叠层 150。其中，发光外延叠层 150 包第一半导体层 151、发光层 152 及第二半导体层 153，当第一半导体层 151 为 p 型半导体，第二半导体层 153 可为相异电性的 n 型半导体，反之，当第一半导体层 151 为 n 型半导体，第二半导体层 153 可为相异电性的 p 型半导体。发光层 152 位于第一半导体层 151 及第二半导体层 153 之间，可为中性、p 型或 n 型电性的半导体。施以电流通过半导体发光叠层时，激发发光层 152 发光出光线。当发光层 152 以氮化物为基础的材料时，会发出蓝或绿光；当以磷化铝镓为基础的材料时，会发出红、橙、黄光的琥珀色系的光。在本实施例中，第一半导体层 151 为 n 型半导体、第二半导体层 153 为 p 型半导体，发光层 152 采用磷化铝镓为基础的材料，在第二半导体层 153 上方还设有一 GaP 窗口层。

[0023] 具体的，金属反射层 120 采用高反射材料层，以 Ag 反射镜为佳。由于 Ag 反射镜与外延之间粘附性较差，因此透光性导电层 130 可采用与外延和 Ag 反射镜之间的粘附性都较佳的 ITO 材料层，如此在增加粘合强度的同时与镜面之间形成 ODR 系统。更佳的，透光性导电层 130 优选 S-ITO，厚度优选 10 埃~100 埃之间，此厚度区间 ITO 薄膜尚未成膜，以分子状态呈现分布在透光性介电层 140 的表面，由于 S-ITO 与外延的粘附性既好又不会在高温情况下与外延发生化学反应从而破坏镜面平整度以影响反射率。透光性介电层 140 由二氧化硅材料层 141 构成，其内部具有导电通孔 142，该导电通孔可直接填充透光性导电材料或由 n-GaAs 层 142a 和 n 型欧姆接触层 142b 构成，图 2 显示了图 1 中 B 的局部放大图。

[0024] 在本实施例中，透光性导电层 130 和金属反射层 120 构成全方位反射结构，在透光



## 说明书

性导电层 130 与发光外延叠层 150 增加一透光性介电性 140，其中该透光性介电层 140 为一低折射率高透射率涂层，其折射率同时小于发光外延叠层和透光性导电层的折射率，与透光性导电层 130 和发光外延叠层 150 组合起来既构成一增强反射系统，又可起到 n 型电流阻挡层的作用。

**[0025]** 一般的，在发光外延结构中，n 侧下表面的粗糙度小于 p 侧上表面的粗糙度，以磷化铝镓材料为例一般采用 GaAs 为生长衬底，n 侧下表面粗糙度可等效看成 GaAs 衬底粗糙度，其粗糙度 Ra 约为 0.174nm，而 p 侧表面的粗糙度 Ra 约为 3.56nm。当光由光密介质进入光疏介质时平整面比粗糙面更易发生全反射。图 1 所示发光二极管器件中，第一半导体层为 n 型半导体，其与全方位反射结构邻接，该全方位反射系统中光密介质（第一半导体层 151）与光疏介质（透光性介电层 140）之间的界面的粗糙度小，因此发光层发出的向下的光全反射回外延内部的概率明显增加，LED 光取出率明显提高。

**[0026]** 图 3 显示了一种制作图 1 所示发光二极管的流程图，其主要包括下面步骤：步骤 S01：在一生长衬底上形成发光外延叠层，其依次至少包括 n 型半导体层、发光层和 p 型半导体层；步骤 S02：在发光外延叠层的 p 侧表面上制作电极，并作退火处理，形成欧姆接触；步骤 S03：在发光外延叠层的 p 侧表面上键合一临时基板；步骤 S04：去除生长衬底，露出 n 侧表面；步骤 S05：在发光外延叠层的 n 侧表面上依次形成透光导电层、金属反射层，并进行退火处理形成欧姆接触；步骤 S06：在金属反射层上键合一基板，并去除临时基板。下面结合附图 4~10 对所述发光二极管的制作方法进行详细描述。

**[0027]** 请参看图 4，在一 GaAs 衬底 001 上依次外延生长 InGaP 截止层 002、n 型 GaAs 欧姆接触层 003、n 型半导体层 151、发光层 152、p 型半导体层 153 和窗口层 154。

**[0028]** 请参看图 5，在窗口层 154 的表面上制作 p 电极 160，并进行热处理形成欧姆接触。

**[0029]** 请参看图 6~7，在窗口层 154 的表面上通过一键合层 004 键合一临时基板 005，并去除 GaAs 衬底 001 和 InGaP 截止层 002，露出 n 型 GaAs 欧姆接触层 003 的表面。

**[0030]** 请参看图 8，首先在 n 型 GaAs 欧姆接触层 003 表面上定义导电区，蚀刻去除非导电区的 n 型 GaAs 欧姆接触层 003，在导电区的 n 型 GaAs 欧姆接触层上形成 n 型欧姆接触金属，在非导电区上形成透光性介电层 140；接着在透光性介电层 140 上采用溅射的方式形成一 ITO 层作为透光性导电层 130；然后在透光性导电层 140 上形成 Ag 镜作为金属反射层 120，最后进行热处理，形成 n 侧的欧姆接触。此时金属反射层位于发光层的 n 侧表面上，n 侧材料层与 GaAs 衬底晶格匹配，故长晶时面会特别平整，其粗糙度明显小于 p 侧表面的粗糙度。



## 说明书

**[0031]** 请参看图 9，在金属反射层的表面上通过一键合层 110 键合一导电基板 100，并去除临时基板 005。

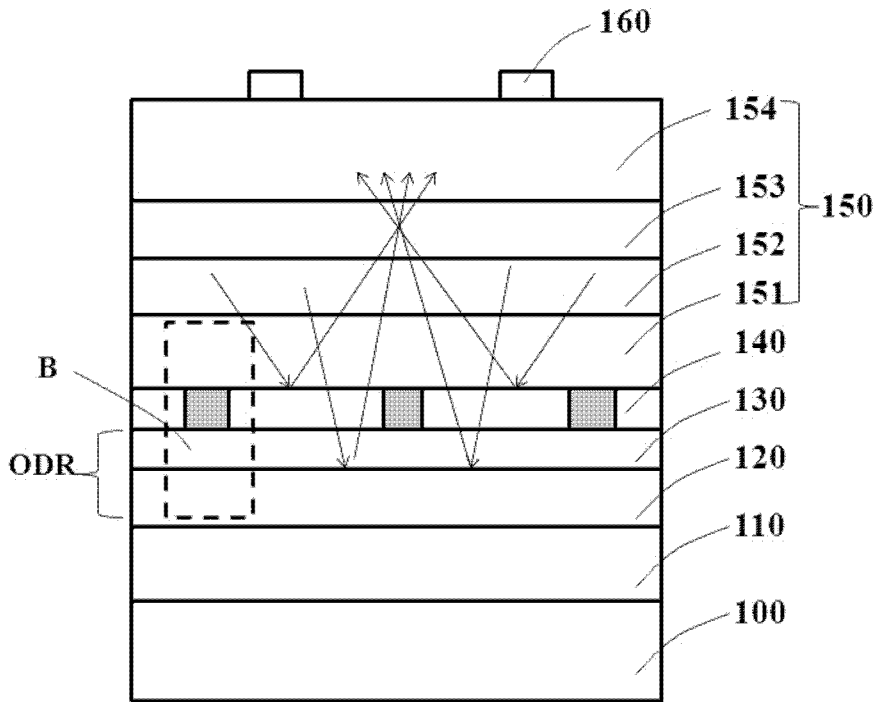
**[0032]** 在上述制作方法中，均在进行基板键合前先进行热处理形成 n 侧欧姆接触和 p 侧欧姆接触，使得 Ag 镜蒸镀后无需在基板键合后再进行热处理而损失亮度。

**[0033]** 图 10 显示了本发明的第二个较佳实施例之发光二极管。在本实施例中，在透光性介电层 140 中掺杂一些  $\text{CaCO}_3$ ， $\text{BaCO}_3$ ， $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ， $\text{NaHCO}_3$  等受热可产生气体的发泡粒子 143，既可以降低透光性介电层 140 的折射率，又可以起到散射的效果，提高发光外延叠层 150 与透光性介电层 140 之间界面发生全反射的概率。其中，发泡粒子受热产生气泡的方法不会改变透光性介电层 140 的平坦性，只会改变透光性介电层 140 的折射率，故不会影响镜面的平整性和反射率。更佳的，这些发泡粒子 143 分布在透光性介电性 140 中靠近发光外延叠层 150 的那一侧。

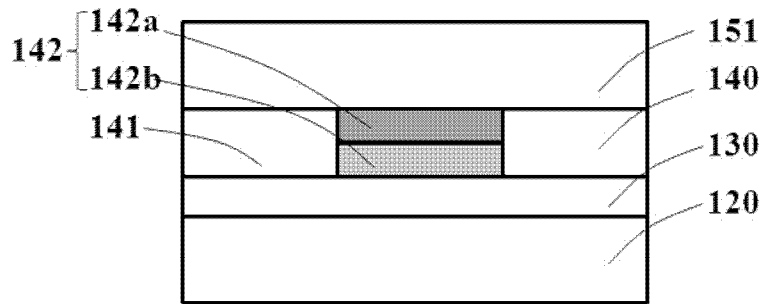
**[0034]** 图 11 显示了本发明的第三个较佳实施例之发光二极管。在本实施例中，在窗口层 154 表面上形成列蜂窝构造的粗化图案，如图 12 所示呈现正六边形分布，此种结构空间利用率高，在此结构基础上做粗化发光区比表面积大，光取出率高。具体的，蜂窝结构较理想结构为图 13 所示半球型，蜂窝结构半径和深度需满足如下要求：采用 T 表示窗口层 154 的厚度、R 表示 3D 图形半径、d 表示 3D 图形蚀刻深度、 $T_{\max}$  表示粗化最大深度，其四个参数的关系如下： $T_{\max} < d < T - T_{\max}$ ， $3u \leq R < T - T_{\max}$ ， $R \leq d < T - T_{\max}$ 。

**[0035]** 惟以上所述者，仅为本发明之较佳实施例而已，当不能以此限定本发明实施之范围，即大凡依本发明申请专利范围及专利说明书内容所作之简单的等效变化与修饰，皆仍属本发明专利涵盖之范围内。

说明书附图

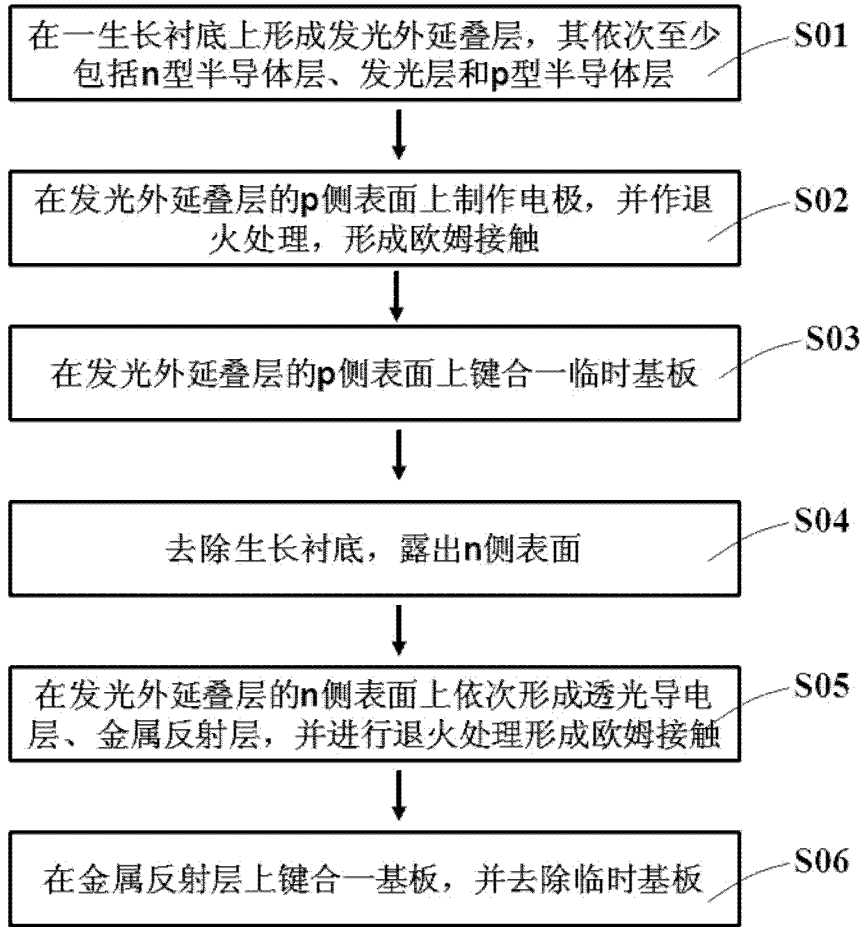


【图号】 图 1



【图号】 图 2

说明书附图

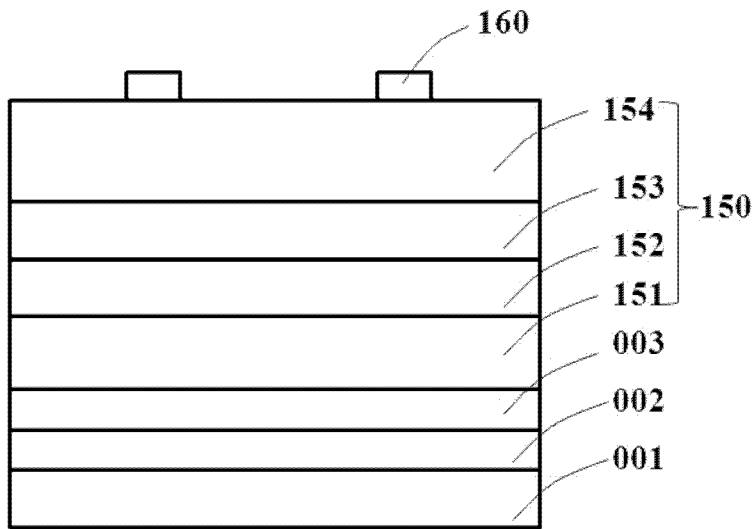


【图号】 图 3

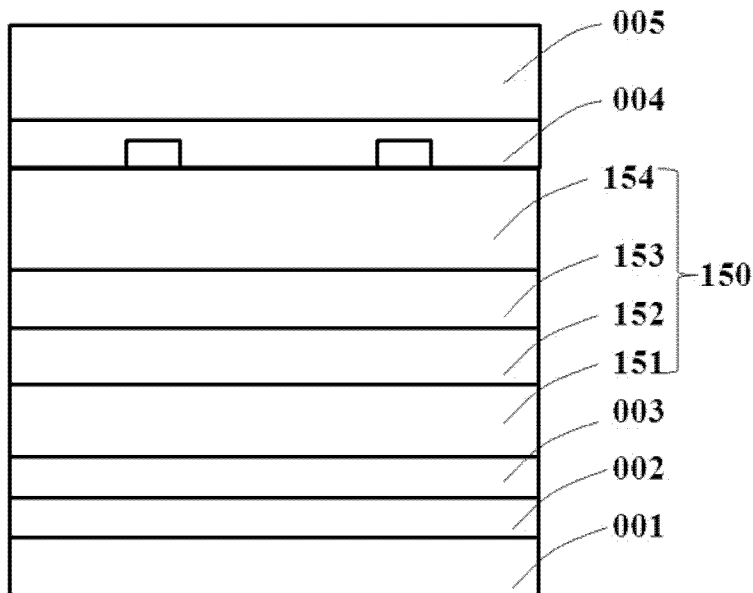


【图号】 图 4

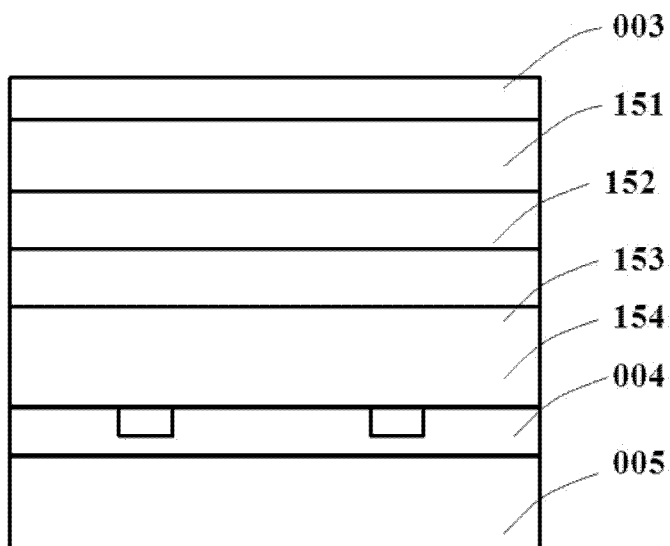
说明书附图



【图号】 图 5

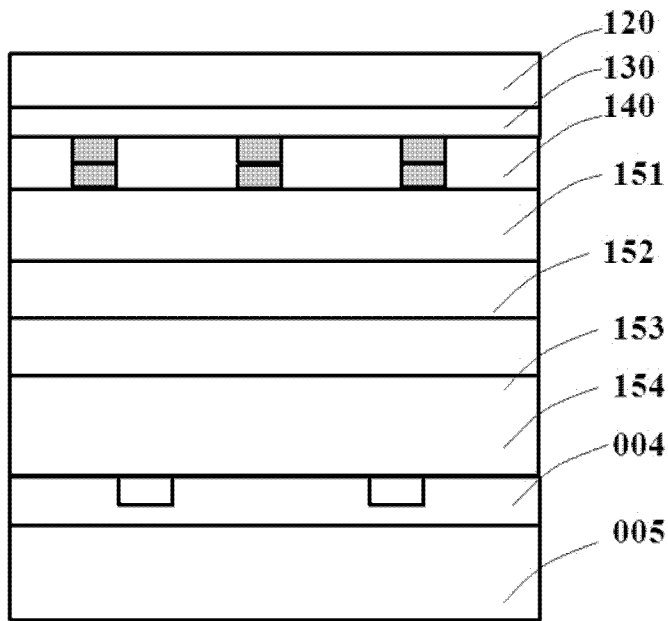


【图号】 图 6

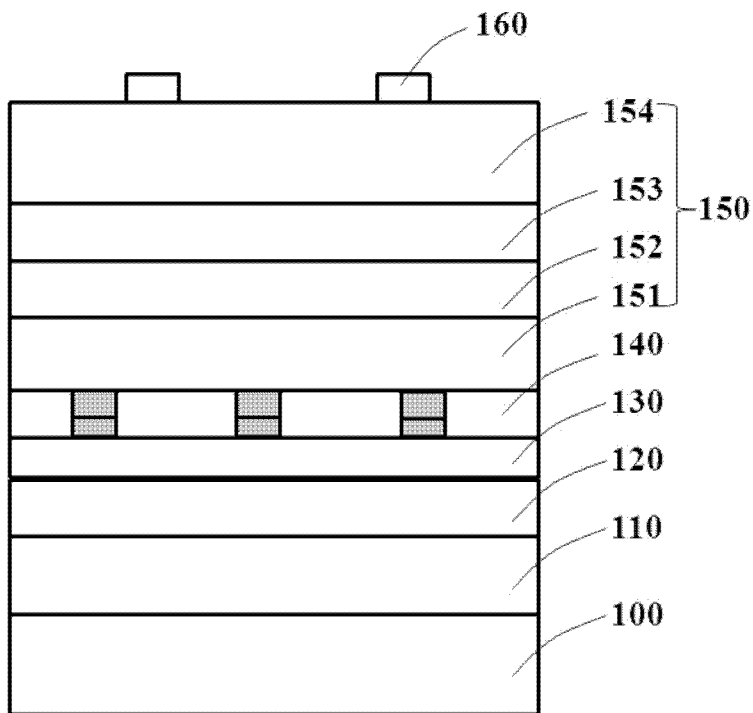


【图号】 图 7

说明书附图

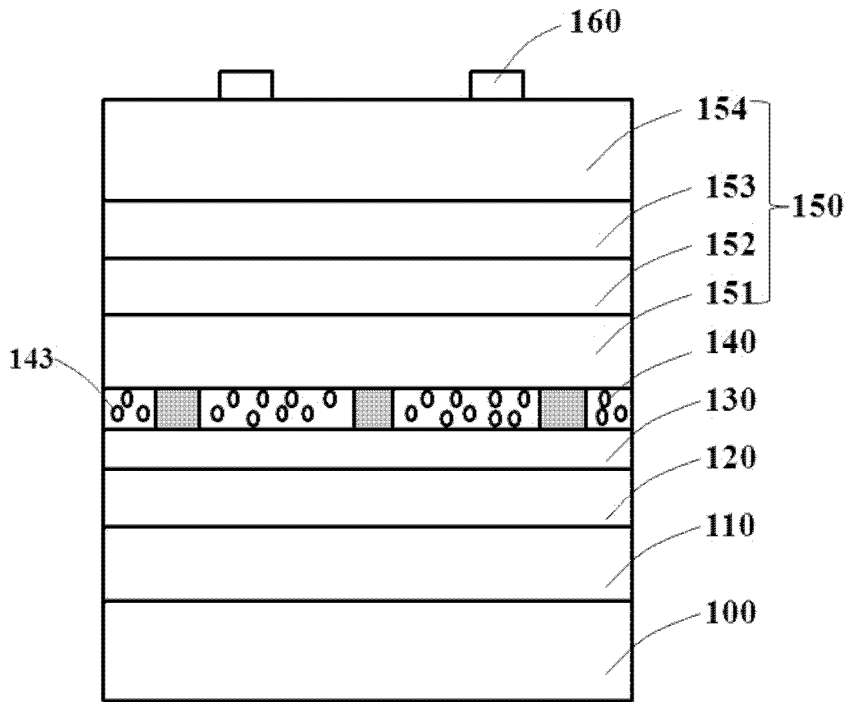


【图号】 图 8

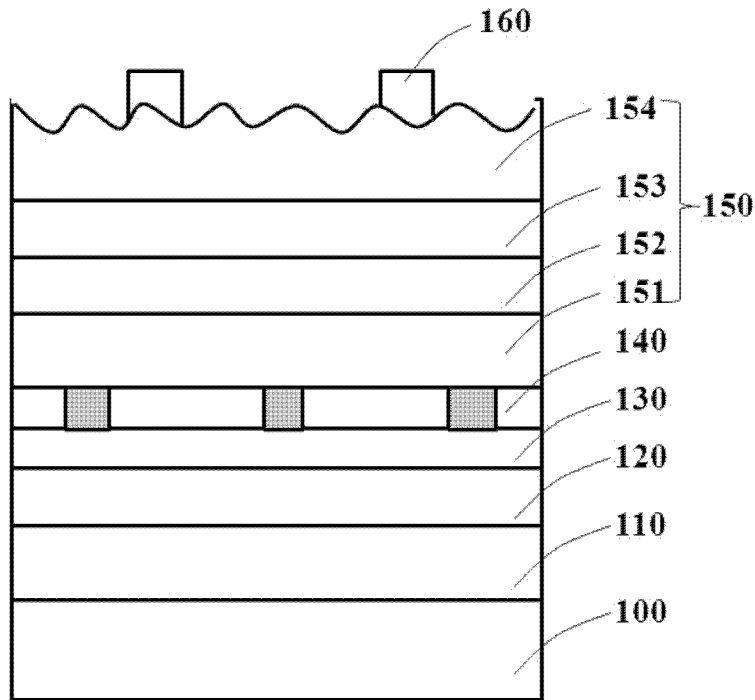


【图号】 图 9

说明书附图

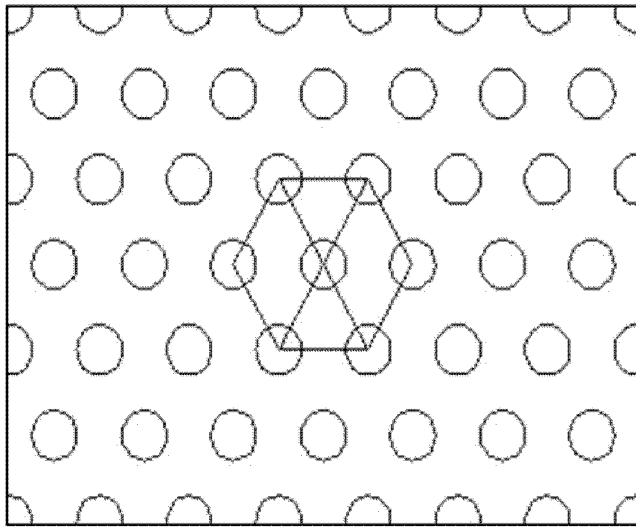


【图号】 图 10

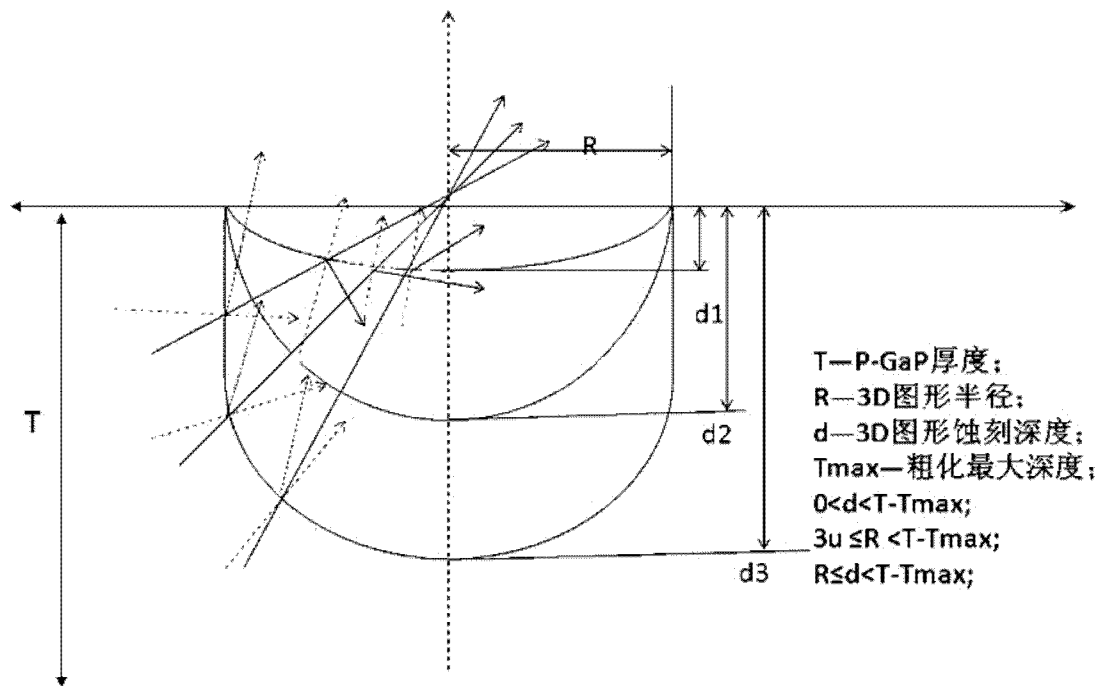


【图号】 图 11

## 说明书附图



【图号】 图 12



【图号】 图 13