



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102148301 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201110034959. 3

CN 2413388 Y, 2001. 01. 03,

(22) 申请日 2011. 02. 09

US 2002/0079500 A1, 2002. 06. 27, 全文.

US 2009/0039366 A1, 2009. 02. 12, 全文.

(30) 优先权数据

61/302, 662 2010. 02. 09 US

审查员 季茂源

(73) 专利权人 晶元光电股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 陈世益 许嘉良 徐子杰 吴俊毅
黄建富

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 彭久云

(51) Int. Cl.

H01L 33/14 (2010. 01)

H01L 33/22 (2010. 01)

H01L 33/02 (2010. 01)

H01L 33/38 (2010. 01)

H01L 33/00 (2010. 01)

(56) 对比文件

CN 1510765 A, 2004. 07. 07,

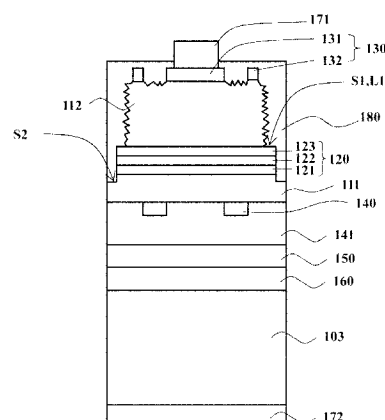
权利要求书2页 说明书5页 附图8页

(54) 发明名称

光电元件及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开光电半导体元件及其制造方法, 该光电半导体元件包括: 基板; 第一窗口层形成于所述的基板, 具有第一片电阻值, 第一厚度及第一杂质浓度; 第二窗口层, 具有第二片电阻值, 第二厚度及第二杂质浓度; 光电系统形成于所述的第一窗口层及所述的第二窗口层之间; 其中所述的第二窗口层和所述的光电系统为不同的半导体材料; 所述的第二片电阻值低于所述的第一片电阻值。



1. 一种光电半导体元件,包括:

基板;

第一窗口层,形成于该基板,具有第一片电阻值、第一厚度及第一杂质浓度;

第二窗口层,具有第二片电阻值、第二厚度及第二杂质浓度;

光电系统,形成于该第一窗口层及该第二窗口层之间;

其中该第二窗口层和该光电系统包括不同的半导体材料;该第二片电阻值低于该第一片电阻值;该第二厚度大于该第一厚度。

2. 如权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中该光电系统包括:具有第一导电型态的第一半导体层、具有第二导电型态的第二半导体层和形成于该第一半导体层和第二半导体层之间的转换单元,其中该第二窗口层和该光电系统具有一个宽度差,该第二窗口层的宽度小于该光电系统的宽度,该宽度差大于 1 微米。

3. 如权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中该第二窗口层的上表面及侧壁具有不平整的结构。

4. 如权利要求 1 所述的光电半导体元件,还进一步包括形成于基板和第一窗口层之间的透明导电层。

5. 如权利要求 4 所述的光电半导体元件,还进一步包括形成于该基板和该透明导电层之间的金属反射层。

6. 一种光电半导体元件,包括:

基板;

金属层,包括金属元素,形成于该基板上;

第一窗口层,包括该金属元素;

形成于该第一窗口层上的光电系统,该光电系统由第一导电型态的第一半导体层、第二导电型态的第二半导体层及形成于该第一半导体层和该第二半导体层之间的转换单元所构成;

透明导电层,形成于该金属层和该第一窗口层之间,其中于该第一窗口层的该金属元素的浓度小于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 大于 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。

7. 如权利要求 6 所述的光电半导体元件,其中该金属元素包括银。

8. 如权利要求 6 所述的光电半导体元件,其中该金属层反射率超过 90%。

9. 如权利要求 6 所述的光电半导体元件,还进一步包括形成于该光电系统上的第二窗口层,该第二窗口层具有不平整的结构,该第一窗口层和该光电系统具有一个宽度差,该第一窗口层的宽度小于该光电系统的宽度,该宽度差大于 1 微米。

10. 一种光电半导体元件,包括:

基板;

n 型窗口层,形成于该基板上;

光电系统,形成于该 n 型窗口层上;

p 型窗口层,形成于该光电系统上;

其中,该光电半导体元件可发出波长介于 580 至 630nm 的光,并在驱动电流密度介于 $0.1 \sim 0.32 \text{mA}/\text{mil}^2$, 具有 70 流明 / 瓦的发光效率。

11. 一种制造光电半导体元件的方法,包括以下步骤:

提供基板 ;形成光电系统于该基板上 ;

形成窗口层在该光电系统上 ;其中该窗口层和该光电系统包括不同的半导体材料,该窗口层包括至少一个元素选自铝、镓、砷、磷、氮或其组合物 ;

移除部分的该窗口层,由此使该窗口层和该光电系统具有宽度差,该宽度差大于 1 微米,并使该第二窗口层的上表面及侧壁具有不平整的结构。

光电元件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光电元件及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,节能减碳的议题日益受到重视,发光二极管在背光及照明的应用领域更显重要,各种增加发光二极管光摘出效率的方法一一被提出。欲增进光摘出效率可以通过几个方式,其包括改善外延生长的品质,通过增加电子和空穴结合的机率,提升内部量子效率 (IQE)。另一方面,发光二极管产生的光线若无法有效被取出,部分光线因全反射因素而局限在发光二极管内部来回反射或折射,最终被电极或发光层吸收,使亮度无法提升,因此使用表面粗化或改变结构的几何形状等,提升外部量子效率 (EQE)。通过提升光摘出效率 (LEE),使发光二极管的亮度增高。

发明内容

[0003] 本发明的目的之一在于提供一种光电半导体元件,其具有促进光摘出效率的结构。

[0004] 本发明一实施例的一种发光元件包括:基板,第一窗口层,形成于所述的基板,具有第一片电阻值、第一厚度及第一杂质浓度;第二窗口层,具有第二片电阻值、第二厚度及第二杂质浓度;光电系统,形成于所述的第一窗口层及所述的第二窗口层之间;其中所述的第二窗口层和所述的光电系统为不同的半导体材料;所述的第二片电阻值低于所述的第一片电阻值。

[0005] 本发明一实施例的一种光电半导体元件包括:基板;金属层,具有金属元素,形成于所述的基板上;第一窗口层,包括所述的金属元素;透明导电层,形成于所述的金属层和所述的第一窗口层之间,其中于所述第一窗口层的所述金属元素的浓度小于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

[0006] 本发明一实施例的一种光电半导体元件包括:基板;n型窗口层,形成于所述的基板上;光电系统,形成于所述的n型窗口层上;p型窗口层,形成于所述光电系统上;其中,所述光电半导体元件在驱动电流密度介于 $0.1 \sim 0.32 \text{mA}/\text{mil}^2$ 下,具 70 流明/瓦的发光效率,发出的光源介于琥珀色光和红光之间。

[0007] 本发明一实施例的一种制造光电半导体元件的方法,包括以下步骤:提供基板;形成光电系统于所述的基板上;形成窗口层在所述的光电系统上;其中所述的窗口层和所述的半导体层由不同的半导体材料所构成;移除所述的窗口层,由此使所述的窗口层和所述的半导体层具有一个宽度差,所述的宽度差大于 1 微米。

附图说明

[0008] 图 1 A ~ 图 1H 分别为本发明光电半导体元件依本发明所披露的工艺方式,依每一个工艺步骤所对应的结构侧视剖面示意图;

[0009] 图 2 为本发明光电半导体元件的实施例侧视剖面示意图;

- [0010] 图 3 为本发明光电半导体元件的实施例的 SEM 图；
- [0011] 图 4 为本发明光电半导体元件的第一欧姆接触层的俯视图。
- [0012] 附图标记说明
- | | | |
|--------|-------------|-------------|
| [0013] | 10 第一堆叠结构 | 101 基板 |
| [0014] | 102 支撑基板 | 103 支撑基板 |
| [0015] | 111 第一窗口层 | 112 第二窗口层 |
| [0016] | 120 光电系统 | 121 第一层 |
| [0017] | 122 转换单元 | 123 第二层 |
| [0018] | 130 第一欧姆接触层 | 131 电极 |
| [0019] | 132 指状电极 | 140 第二欧姆接触层 |
| [0020] | 141 透明导电层 | 150 反射层 |
| [0021] | 160 金属层 | 171 第一衬垫 |
| [0022] | 172 第二衬垫 | 180 钝化层 |
| [0023] | S1 第一蚀刻平台 | S2 第二蚀刻平台 |
| [0024] | L1 宽度差 | |

具体实施方式

[0025] 图 1 A 至图 1H 分别为依本发明实施例的工艺方法于各步骤的对应结构示意图。请先参阅图 1 A, 利用本发明所披露的光电半导体元件工艺方式, 先提供基板 101, 基板 101 被当作生长基板, 用以生长或承载光电系统 120 于其上。构成所述生长基板 101 的材料包括但不限于锗 (Ge)、砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP)、磷化镓 (GaP)、蓝宝石 (sapphire)、碳化硅 (SiC)、硅 (Si)、氧化二铝锂 (LiAlO_2)、氧化锌 (ZnO)、氮化镓 (GaN)、氮化铝 (AlN) 的一种或其组合。构成基板 101 的材料包括锗 (Ge)、砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP)、磷化镓 (GaP)、蓝宝石 (sapphire)、碳化硅 (SiC)、硅 (Si)、氧化二铝锂 (LiAlO_2)、氧化锌 (ZnO)、氮化镓 (GaN)、氮化铝 (AlN)、玻璃、钻石 (diamond)、CVD 钻石、类钻碳 (DLC) 的一种或及其组合。

[0026] 于基板 101 之上, 形成第一窗口层 111, 第一窗口层 111 材料包括至少一元素选自于铝 (Al)、镓 (Ga)、铟 (In)、砷 (As)、磷 (P) 及氮 (N) 所构成的群组, 或为其组合, 例如为 GaN 或 AlGaInP 的半导体化合物或其它替代的材料。第一窗口层 111 为导电薄膜, 例如为 n 型或 p 型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$, 其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$ 。第一窗口层 111 具有两相对的表面, 其中第一表面和基板 101 接触。

[0027] 过渡层 (未显示) 可选择性地形成在基板 101 及第一窗口层 111 之间。所述过渡层可当作缓冲层介于基板 101 及第一窗口层 111。在发光二极管的结构中, 所述过渡层是为了减少二层材料间的晶格不匹配。另一方面, 所述过渡层可以为单层、多层、二种材料的结合或分开的结构, 其中所述过渡层材料可为有机金属、无机金属或半导体中的任一种。所述过渡层也可作为反射层、热传导层、电传导层、欧姆接触层、抗形变层、应力释放层、应力调整层、接合层、波长转换层或固定结构等。

[0028] 光电系统 120 形成于第一窗口层 111 的第二表面上, 光电系统 120 包括至少一具有第一导电型态的第一层 121、转换单元 122 以及具有第二导电型态的第二层 123, 依序形成于第一窗口层 111 之上。第一层 121 和第二层 123 可为两个单层结构或两个多层结构

(多层结构是指两层或两层以上)。第一层 121 和第二层 123 具有不同的导电型态、电性、极性或依掺杂的元素以提供电子或空穴。若第一层 121 和第二层 123 为半导体材料的组合,例如, $(\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$, 其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$, 所述导电型态可为 n 型或 p 型。第一窗口层 111 和第一层 121 具有相同的导电型态, 例如, 都为 n 型导电型态。第一窗口层 111 的杂质浓度大于第一层 121 的杂质浓度, 具有较高的导电率。转换单元 122 沉积在第一层 121 和第二层 123 之间, 转换单元 122 是将光能和电能相互转换或导致转换。光电系统 120 可应用于半导体元件、设备、产品、电路, 以进行或导致光能和电能相互转换。具体的说, 光电系统 120 可包括发光二极管 (LED)、激光二极管 (LD)、太阳能电池, 液晶显示器或有机发光二极管其中之一。转换单元 122 将电能转换成光能, 光电系统 120 可为发光二极管、液晶显示器、有机发光二极管。转换单元 122 将光能转换成电能, 光电系统 120 可为太阳能电池或一个光电二极管。本说明书中的“光电系统”, 不限定其每一层都为半导体材料所构成, 也可以为非半导体材料, 例如, 金属、氧化物、绝缘材料等。

[0029] 以发光二极管为例, 可以通过改变光电系统 120 里的其中一层或多层的物理及化学组成, 调整发出的光波长。常用的材料为磷化铝镓铟 (aluminum gallium indium phosphide, AlGaInP) 系列、氮化铝镓铟 (aluminum gallium indium nitride, AlGaInN) 系列、氧化锌系列 (zinc oxide, ZnO)。转换单元 122 可为单异质结构 (single heterostructure, SH), 双异质结构 (double heterostructure, DH), 双侧双异质结构 (double-side double heterostructure, DDH), 多层量子阱 (multi-quantum well, MQW)。具体来说, 转换单元 122 包括多层量子阱结构, 其具有多个阻障层及量子阱层交替堆叠, 每一个阻障层包括 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-y)})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$, 其中, $0.5 \leq y \leq 0.8$; 及每一量子阱层包括 $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ 。此外, 发光波长的调整, 也可以通过改变阻障层和量子阱层对的数目或改变阻障层的组成, 例如红色的发光波长介于 600 至 630, 其 y 组成约 0.7; 琥珀色光波长介于 580 至 600nm, 其 y 组成约 0.55 左右。

[0030] 形成第二个窗口层 112 在光电系统 120 的第一表面, 其材料包括至少一个元素选自铝 (Al), 镓 (Ga), 铟 (In), 砷 (As), 磷 (P), 氮 (N), 或其组合物, 例如, 氮化镓 (GaN), 磷化铝镓铟 (AlGaInP) 或任何其他合适的材料。第二窗口层 112 包括至少一种材料不同于光电系统 120 或第二层 123。优选地, 第二窗口层 112 具有和第二层 123 相同的导电类型, 如 p 型磷化镓 (GaP) 层。在另一实施例, 第二窗口层 112 的侧壁及 / 或光电系统 120 不必为正交, 而是可以具有斜角如图 3 所示。

[0031] 然后, 形成第一欧姆接触层 130 于第二窗口层 112 上, 第一欧姆接触层 130 的材料为导电材料, 如铍金 (BeAu) 或锗金 (GeAu) 的合金层, 形成图 1A 所示的第一堆叠结构 10, 其中第一欧姆接触层 130 包括多个指状电极 132 自电极 131 向边界延伸, 如图 4 所示。第一个合金化过程温度在 $300 \sim 500^\circ\text{C}$ 或以上, 形成在第一欧姆接触层 130 和第二窗口层 112 间的欧姆接触。所述合金化细节过程是在合金技术领域中所已知。

[0032] 接下来, 如图 1B 所示, 在第一欧姆接触 130 及第二窗口层 112 上接合一个临时基板 102, 其材料如玻璃。并移除基板 101, 使第一窗口层 111 的第一表面曝露出来, 如图 1C 所示。

[0033] 接下来, 形成第二欧姆接触层 140 在第一窗口层 111 的第一表面。第二欧姆接触层 140 的材料为导电材料, 如铍金 (BeAu) 或锗金 (GeAu) 的合金层, 如图 1D 所示。其中第

二欧姆接触层 140 包括多个二维点电极阵列,这些点电极阵列,优选地,在垂直方向不和第一欧姆接触层 130 的第一堆叠结构 10 和指状电极 132 重叠,具有优选的电流分散效果,如图 1D 所示。第二合金化过程温度在 $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 或以上,形成在第二欧姆接触层 140 和第一窗口层 111 间的欧姆接触。所述合金化细节过程是在合金技术领域中所已知。

[0034] 利用电子束或溅射形成透明导电层 141 覆盖第二欧姆接触层 140,其中透明导电层 141 的材料包括金属氧化物,至少一种材料选自铟锡氧化物(ITO),镉锡氧化物(CTO)、铟氧化锡、氧化铟锌、氧化锌铝、及锌锡氧化物;其厚度约为 $0.005 \mu\text{m} \sim 0.6 \mu\text{m}$, $0.005 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$, $0.005 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$, $0.005 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$, $0.005 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$, $0.2 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$, $0.3 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$, $0.5 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$, $0.2 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$, 或为 $0.3 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。

[0035] 如图 1E 所示,反射层 150 形成在透明导电层 141 上,其材料为导电材料,包括金属,如银。然后,利用金属层 160 作为结合层,将反射层 150 接合在支撑基板 103 上,如图 1F 所示。在本实施例中,支撑基板 103 包括硅。金属层 160 包括至少一种材料选自以下群组,如金、锡、铅、铟金(InAu)、锡金(SnAu)及它们的合金。

[0036] 移除临时基板 102,将第一欧姆接触层 130 和第二窗口层 112 曝露出来,利用光刻蚀刻出多个管芯区(未显示)在支撑基板 103 上。其中,蚀刻所用的蚀刻剂,如干式蚀刻的包括氟或氯,蚀刻第二窗口层 112 的速度相对超过了所述蚀刻剂蚀刻光电系统 120 的速度,这样会在光电系统 120 或第二导电型 123 的表面形成第一蚀刻平台 S1。光电系统 120 和第二导电型层 123 的宽度大于第二窗口层 112 的宽度,如图 1G 所示。形成第二蚀刻平台 S2 于第一窗口层 111 上,第一窗口层 111 的底部宽度大于光电系统 120 或第一导电型层 121。

[0037] 再接下来,将第二窗口层 112 进行湿蚀刻,至少第二窗口层 112 的曝露表面及侧壁会形成粗糙结构,其中蚀刻液,如混合氢氟酸(HF)、硝酸(HNO_3)和乙酸(冰醋酸),对第二窗口层 112 的蚀刻速度相对超过了光电系统 120 的蚀刻速度,形成宽度差 L1, L1 较第一蚀刻平台 S2 的宽度更进一步扩大。第二窗口层 112 比光电系统 120 具有一个更增大的表面粗糙度,其中宽度差 L1 大于 1 微米及 / 或小于 10 微米,如图 1H 或图 3 所示。

[0038] 最后,第一衬垫 171 形成于第一欧姆接触层 130 上,第二衬垫 172 形成于支撑基板 103。钝化层 180 覆盖在第二窗口层 112 及第一欧姆接触层 130,形成光电半导体元件,如图 2 所示。钝化层 180 作为一个保护层,以保护光电半导体元件避免环境的破坏,如水分或机械损伤。光电半导体元件的扫描电子显微镜(SEM)照片,如图 3 所示

[0039] 根据本发明所披露的实施例,第一窗口层 111 包括半导体材料,如 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$, 其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$ 。反射层 150 包括金属元素,例如银,是在第一和第二合金化处理过程后才形成,以避免反射层的金属元素扩散到第一窗口层 111。第一窗口层 111 包括一个半导体材料,优选和第一层 121 的材料具有相同的组成。根据本发明所披露的另一实施例,在第一窗口层 111 金属元素的浓度小于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。优选的金属元素浓度小于 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, 大于 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。降低反射层 150 的劣化,使反射层 150 具有大于 90% 的反射率。

[0040] 表 1 显示本发明实施例所披露的光电元件测试的光学效率,光电元件为小尺寸的芯片,如 10mil^2 。在 20mA 或 $0.2 \text{mA}/\text{mil}^2$ 的驱动电流下,光学效率高达 70 流明 / 瓦。对于光电元件尺寸为 14mil^2 的芯片,在 20mA 或 $0.1 \text{mA}/\text{mil}^2$ 的驱动电流下,光学效率高达 100 流明 / 瓦。对于光电元件尺寸为 28mil^2 的芯片,在 250mA 或 $0.32 \text{mA}/\text{mil}^2$ 的驱动电流下,光学

效率高达约 106 流明 / 瓦。对于光电元件为大尺寸的芯片,如 42mil^2 ,在 350mA 或 $0.2\text{mA}/\text{mil}^2$ 的驱动电流下,光学效率高达约 121 流明 / 瓦。可以从表 1 中的光电元件看出,根据目前披露的光学效率,在驱动电流密度从 $0.1 \sim 0.32\text{mA}/\text{mil}^2$ 下,达到至少 70 流明 / 瓦,或至少 100 流明 / 瓦。

[0041] 表一根据本发明所披露的光电元件的光学效率表。

[0042]

芯片尺寸 $[\text{mil}^2]$	操作电流 $[\text{mA}]$	电流密度 $[\text{mA}/\text{mil}^2]$	光学效率 [流明 / 瓦]	主发光波长 $[\text{nm}]$
10	20	0.2	~70	~620
14	20	~0.1	~90	~620
28	250	~0.32	~106	~613
42	350	~0.2	~121	~613

[0043] 本发明实施例所披露的光电元件,第一窗口层 111 的薄膜片电阻值高于第二窗口层 112 的薄膜片电阻值。此外,第二欧姆接触层 140 与第一欧姆接触层 130 在垂直方向不重叠。因此,驱动电流聚集在第二欧姆接触层 140 的附近。光电半导体元件发出的光线对应到第二欧姆接触层 140 区域,因此不会被第一欧姆接触层 130 的区域所阻挡,因此具有电流阻断作用,有利于横向电流的扩散。

[0044] 另根据本发明所披露的实施例,第一个窗口层 111 的杂质浓度较低于第二窗口层 112,第一个窗口层 111 的片电阻值较低于第二窗口层 112。根据本发明所披露的另一实施例,第一个窗口层 111 包括一个 n 型杂质其杂质浓度 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 左右;第二窗口层 112 包括 p 型杂质其杂质浓度约 $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$,高于第一窗口层 111。根据本发明所披露的再一实施例,第一个窗口层 111 的厚度约 $1 \sim 5$ 微米小于第二窗口层 112 的厚度 $5 \sim 20$ 微米。

[0045] 根据本发明所披露的实施例,因为第二窗口层 112 侧壁表面具有粗糙结构,光可横向摘取。所述的芯片区域可为矩形的形状,会有更好的发光效率。所述的矩形长度和宽度的比率从 1.5:1 到 10:1。

[0046] 应注意的是,以上各实施例并未依照实际制品的比例绘制。本发明所列举的各实施例仅用以说明本发明,并非用以限制本发明的范围。任何人对本发明所作的任何显而易知的修饰或变更皆不脱离本发明的精神与范围。

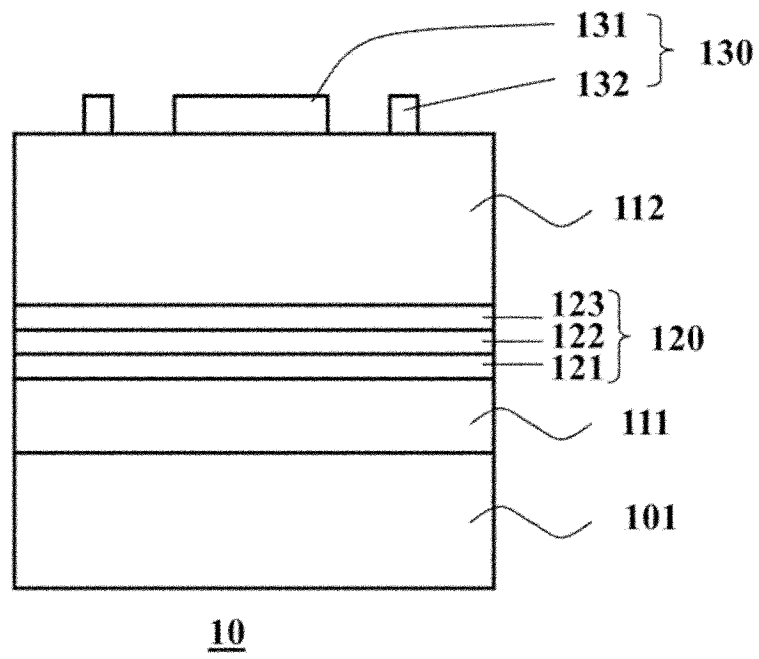


图 1A

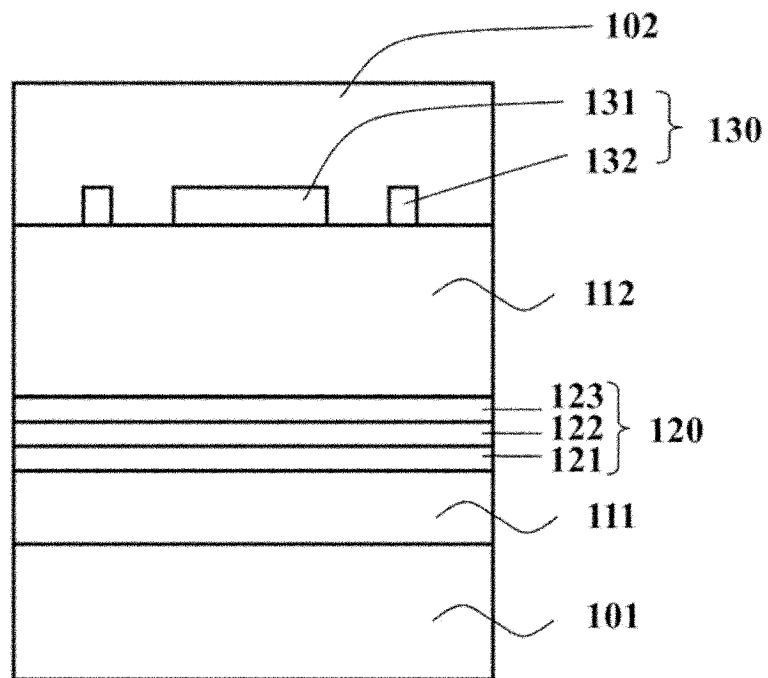


图 1B

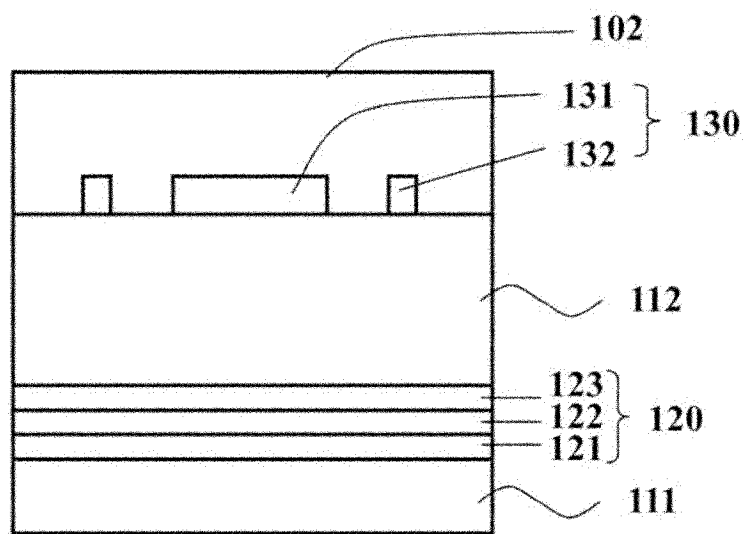


图 1C

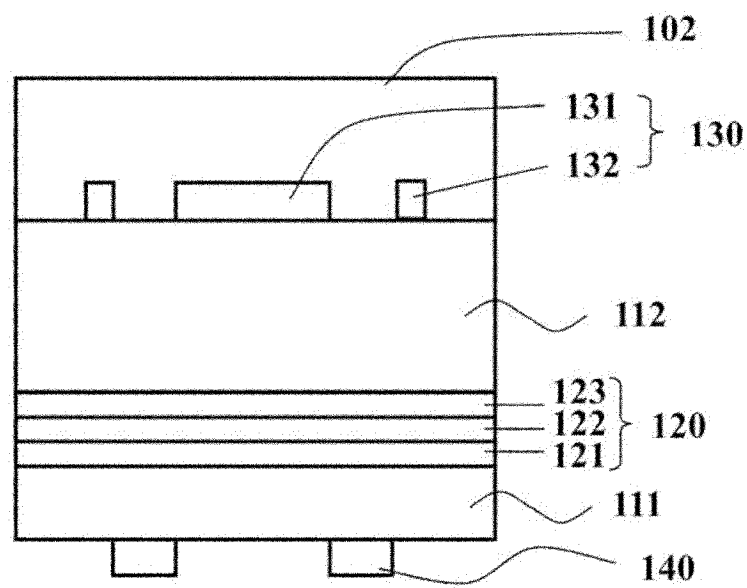


图 1D

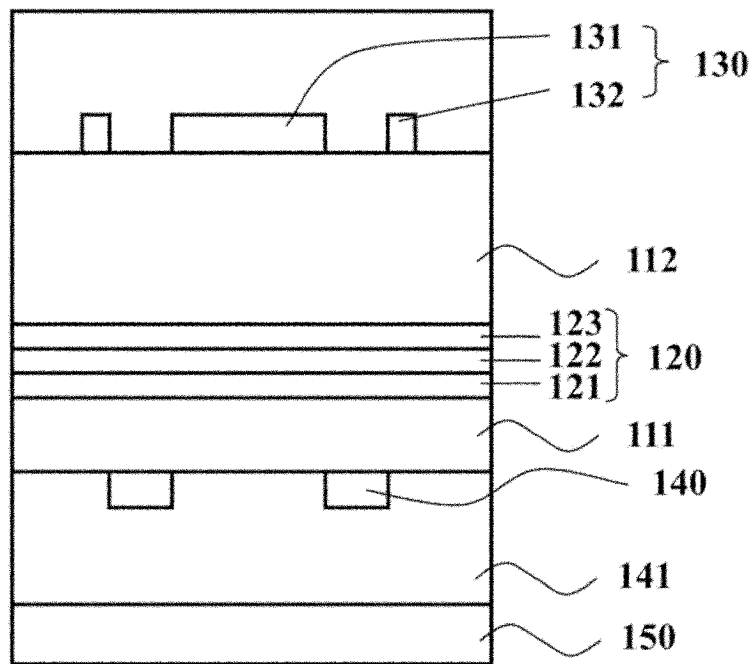


图 1E

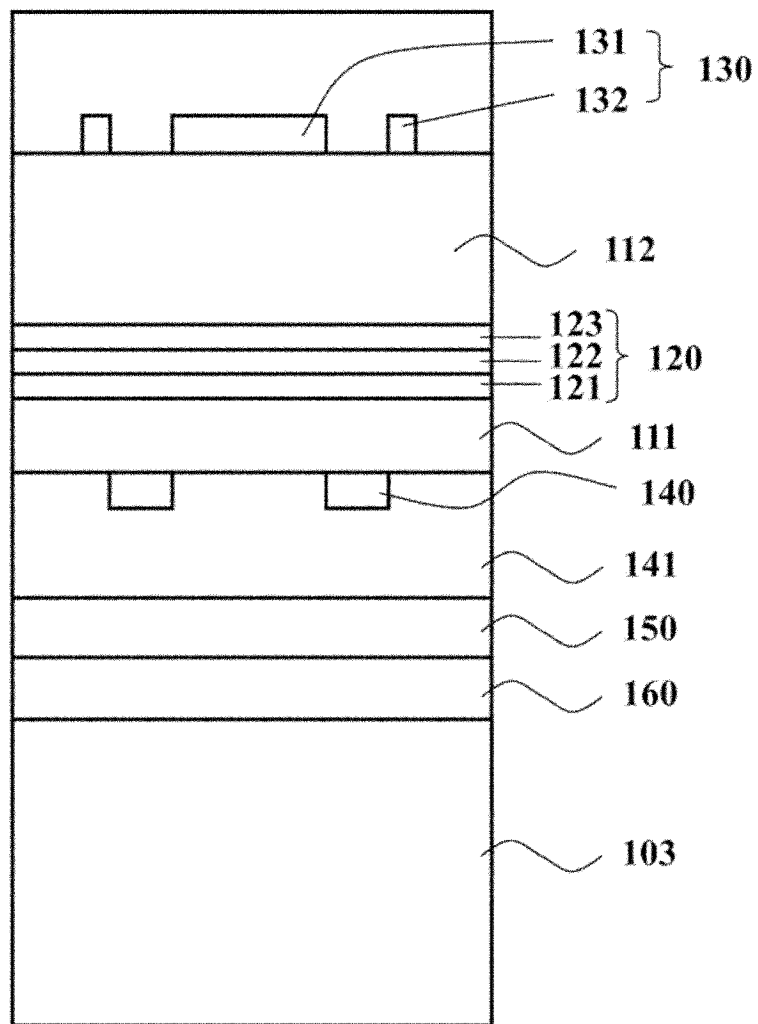


图 1F

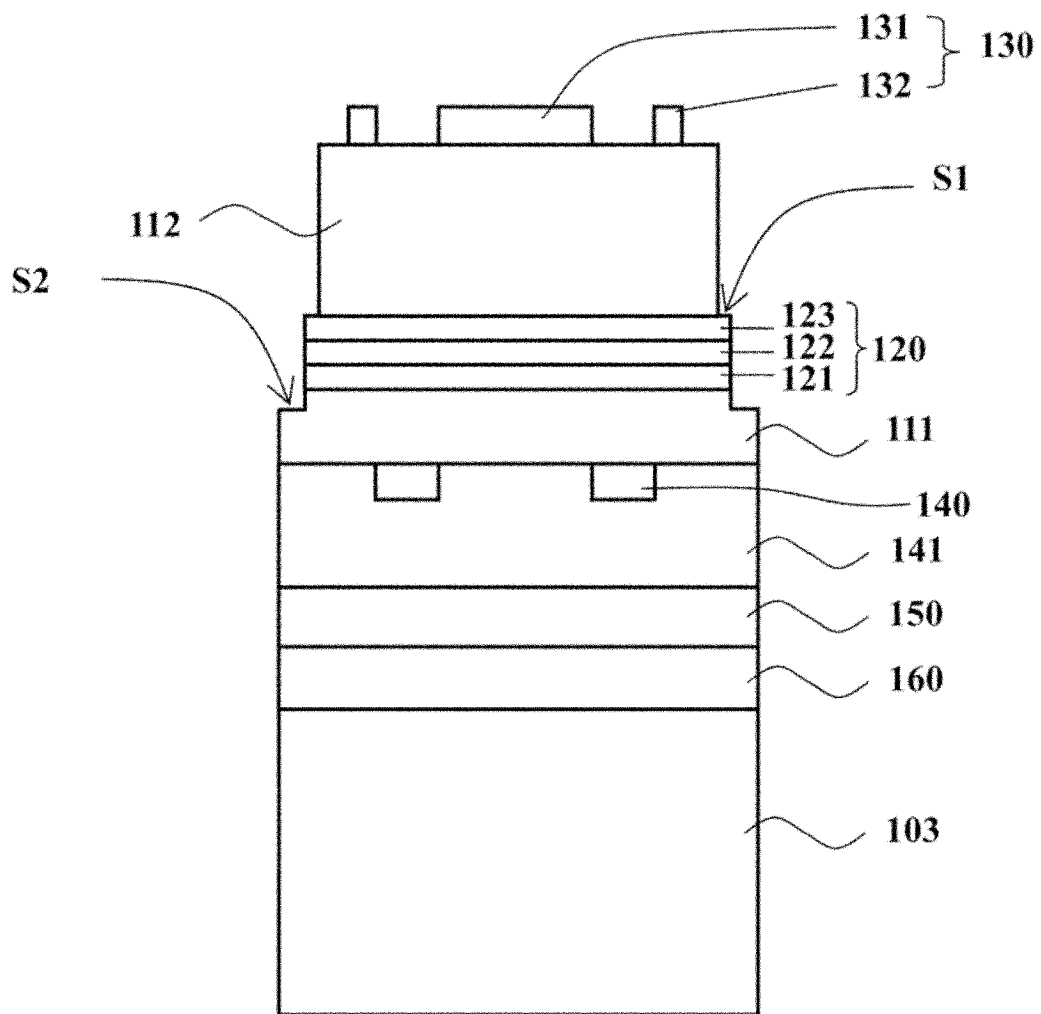


图 1G

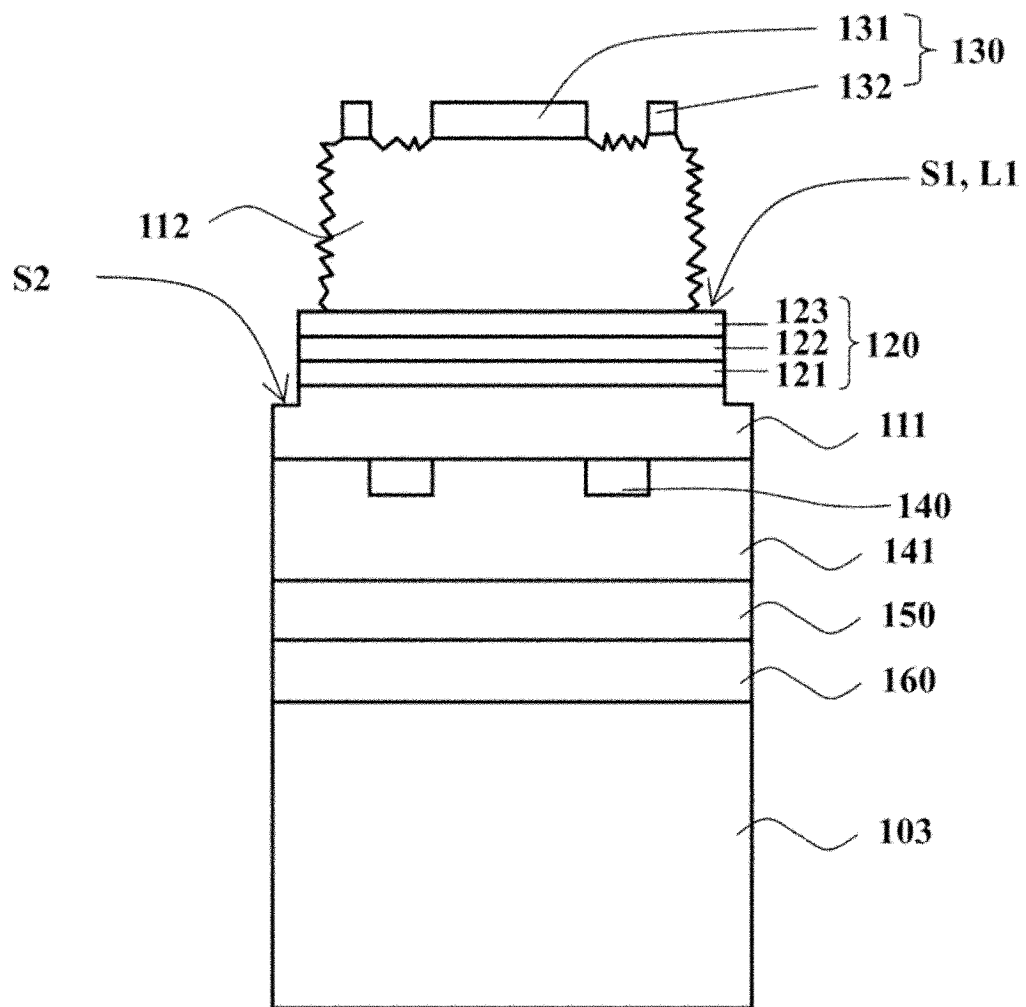


图 1H

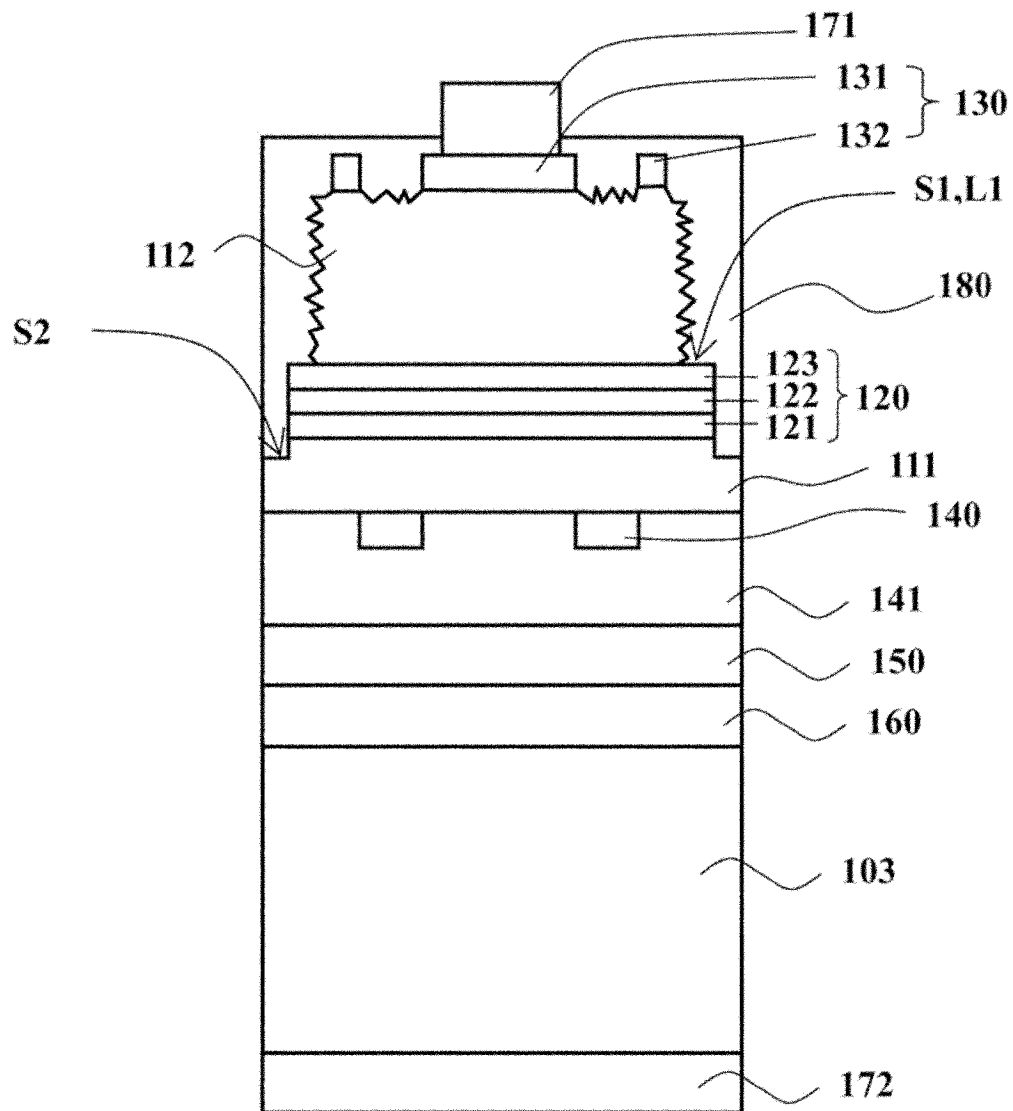


图 2

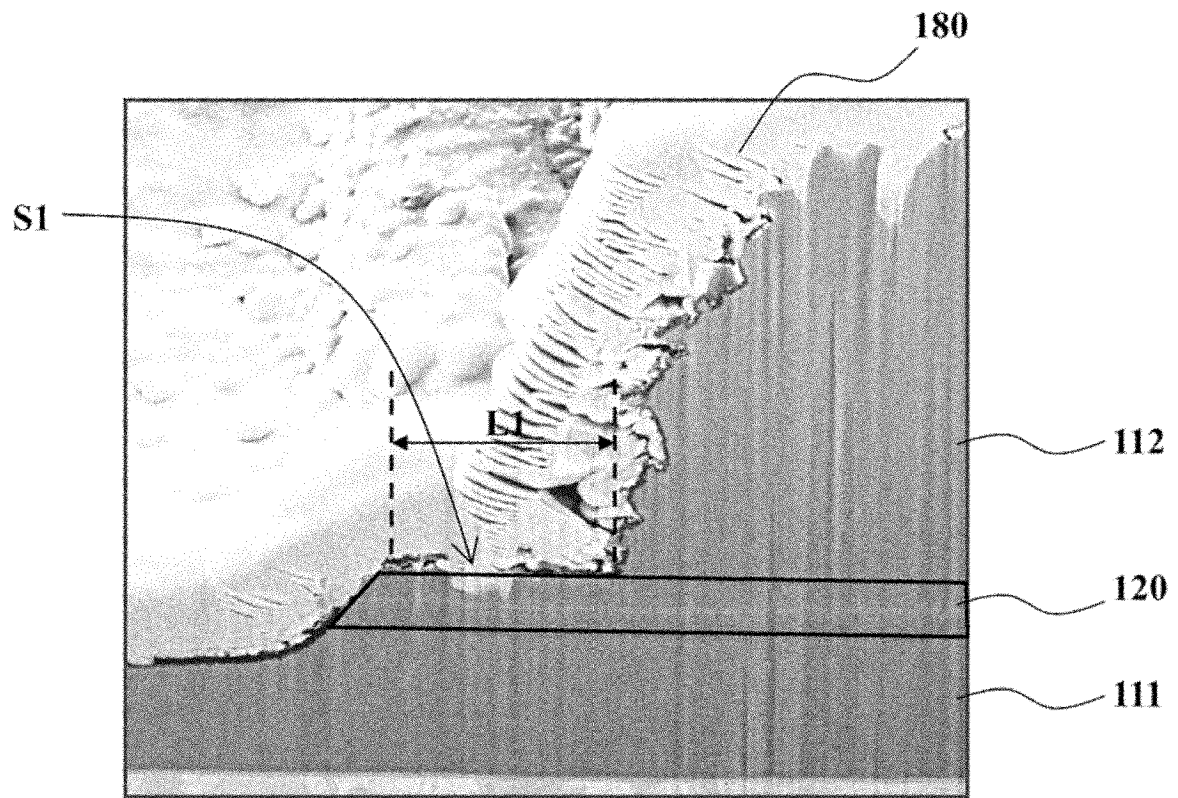


图 3

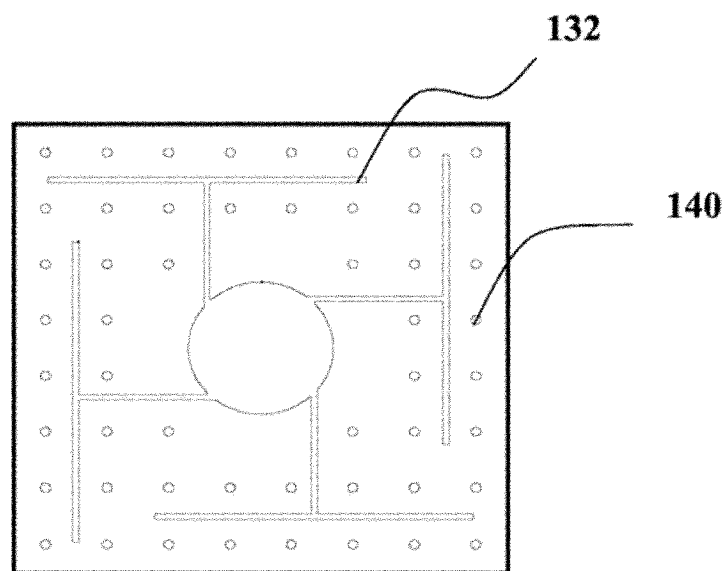


图 4