



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102148266 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 10

(21) 申请号 201010117014. 3

(22) 申请日 2010. 02. 09

(71) 申请人 晶元光电股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 陈泽澎

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 魏晓刚

(51) Int. Cl.

H01L 31/04 (2006. 01)

H01L 31/0392 (2006. 01)

H01L 31/0368 (2006. 01)

H01L 31/20 (2006. 01)

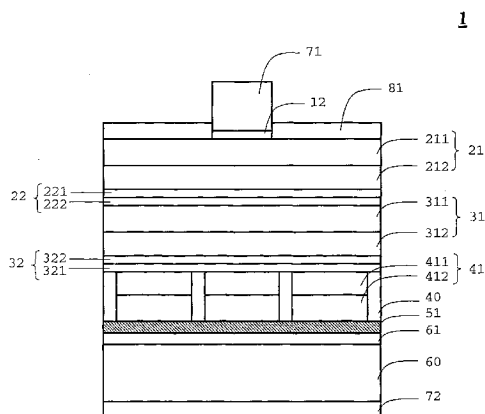
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 9 页

## (54) 发明名称

多接面太阳能电池

## (57) 摘要

本发明提出一多接面太阳能电池结构及其制造方法,包括依序形成一第一光伏接面结构及一第二光伏接面结构;所述的第一光伏接面结构及第二光伏接面结构的至少其中之一包括一不连续光电转换结构。



1. 一多接面太阳能电池包括：
  - 一支撑体；
  - 一第一光伏接面结构位于该支撑体上，用以吸收第一波长范围的光线转换产生第一电流值；及
  - 一第二光伏接面结构位于该第一光伏接面结构上，晶格不匹配于第一光伏接面结构，用以吸收相异于第一波长范围的第二波长范围的光线转换产生第二电流值；其中，至少一部分的该第一光伏接面结构或一部分的该第二光伏接面结构包括一不连续光电转换结构。
2. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，其中该不连续光电转换结构包括规则排列的不连续光伏接面区块。
3. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，还包括一图形化结构层界定该些不连续光伏接面区块。
4. 根据权利要求 3 所述的多接面太阳能电池，其中该图形化结构层包括多个条纹。
5. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，其中该不连续光电转换结构为一量子点层包括多个不规则排列的量子点。
6. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，其中该不连续光电转换结构为多个层叠的量子点层，各该量子点层包括多个不规则排列的量子点。
7. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，其中该第一光伏接面结构具有该不连续光电转换结构。
8. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，其中该第一电流值接近或大于该第二电流值。
9. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，还包括一接合层介于该支撑体及该第一光伏接面结构之间。
10. 根据权利要求 1 所述的多接面太阳能电池，还包括一光子回收层介于该接合层及该第一光伏接面结构之间。

## 多界面太阳能电池

### 技术领域

[0001] 本发明关于一多界面太阳能电池结构及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 因应原油资源有限,各式替代能源已被广泛研究及产品化,其中太阳能电池不管在工业及民生用途,均已达商业生产的程度,III-V族多界面层太阳能电池(multi-junction solar cell)因其具有高转换效率主要应用于太空或工业电力用途,其晶片结构例如包括晶格互相匹配的锗/砷化镓/磷化铟(Ge/GaAs/GaInP)系列的三界面堆叠结构,其最上层以具有较大能隙的 $GaxIn_{1-x}P$ (1.85eV; $x \sim 0.5$ )为上部电池(Top cell),能吸收具有较高能量的光子,即紫外光至可见光范围的波长;GaAs的能隙1.42eV,为中间电池(Middlecell),吸收近红外光范围的波长;锗具有较低的能隙0.74eV,为底部电池(Bottom cell),吸收通过前二叠层电池的红外光范围的波长。由于可吸收的太阳辐射光谱范围较广,转换效率约30%以上。

### 发明内容

[0003] 本发明提出一新颖的多界面太阳能电池(multi-junction solar cell)结构及其制造方法,具有高效率并可改善元件的散热特性。

[0004] 本发明一方面提出一多界面太阳能电池的制造方法,包括提供一生长基板、生长一缓冲层在所述的生长基板之上、生长一接触层在所述的缓冲层上、生长一第一光伏界面结构在所述的接触层之上、生长一第一隧穿界面结构在所述的第一光伏界面结构之上、生长一第二光伏界面结构在所述的第一隧穿界面结构之上、形成一光子回收层在所述的第二光伏界面结构之上、提供一支撑体,并形成一接合层在所述的支撑体之上、利用所述的接合层接合所述的光子回收层及支撑体、移除所述的生长基板,使裸露出所述的接触层、去除部分所述的接触层使裸露一部分所述的第一光伏界面结构、形成一第一电极在所述的接触层上以及形成一第二电极电性连接所述的支撑体、以及形成一抗反射层在所述的第一光伏界面结构的至少裸露的表面上;其中,至少第一光伏界面结构及第二光伏界面结构的至少其中之一包括一不连续光电转换结构。在本发明的一实施例中,所述的不连续光电转换结构位于一图形化结构层所定义的多个空腔内。在本发明的另一实施例中,所述的不连续光电转换结构为一量子点层包括多个量子点。

[0005] 本发明另一方面提出一多界面太阳能电池结构,包括一支撑体、一接合层位于所述的支撑体的一表面上、一第一电极位于所述的支撑体的另一表面上、一光子回收层位于所述的接合层之上、一具有第一能隙的第一光伏界面结构位于所述的光子回收层的另一部分表面上、一第一隧穿界面结构位于所述的第一光伏界面结构之上、一具有第二能隙的第二光伏界面结构位于所述的第一隧穿界面结构之上、一接触层位于所述的第二光伏界面结构的一部分表面上,并与所述的第二光伏界面结构形成欧姆接触、一第二电极位于所述的接触层之上、以及一抗反射层位于所述的第二光伏界面结构的至少另一部分表面之上;其

中,至少第一光伏接面结构及第二光伏接面结构的至少其中之一包括一不连续光电转换结构。在本发明的一实施例中,所述的不连续光电转换结构位于一图形化结构层所定义的多个空腔内。在本发明的另一实施例中,所述的不连续光电转换结构为一量子点层包括多个量子点。

#### 附图说明

[0006] 图 1 ~ 图 3 显示根据本发明的多接面太阳能电池的第一实施例的制造方法及其结构;

[0007] 图 4 显示根据本发明的第一实施例的图形化结构层;

[0008] 图 5 ~ 图 7 显示根据本发明的多接面太阳能电池的第二实施例的制造方法及其结构;

[0009] 图 8 显示根据本发明的第二实施例的量子点层的能隙示意图;

[0010] 图 9 显示根据本发明的多接面太阳能电池结构的第三实施例。

[0011] 主要元件符号说明

[0012] 1、2、3 : 多接面太阳能电池;

[0013] 10 : 生长基板;

[0014] 11 : 缓冲层;

[0015] 12 : 接触层;

[0016] 21 : 第一光伏接面结构;

[0017] 211 : 第一射极层;

[0018] 212 : 第一基极层;

[0019] 22 : 第一隧穿接面结构;

[0020] 221 : 第一隧穿层;

[0021] 222 : 第二隧穿层;

[0022] 31 : 第二光伏接面结构;

[0023] 311 : 第二射极层;

[0024] 312 : 第二基极层;

[0025] 32 : 第二隧穿接面结构;

[0026] 321 : 第三隧穿层;

[0027] 322 : 第四隧穿层;

[0028] 40 : 图形化结构层;

[0029] 41、90 : 第三光伏接面结构;

[0030] 411、91 : 第三射极层;

[0031] 412、93 : 第三基极层;

[0032] 51 : 光子回收层;

[0033] 60 : 支撑体;

[0034] 61 : 接合层;

[0035] 71 : 第一电极;

[0036] 72 : 第二电极;

- [0037] 81 :抗反射层 ;  
[0038] 92 :量子点区 ;  
[0039] 921 :覆盖层 ;  
[0040] 922 :量子阱层 ;  
[0041] 923 :量子点层。

## 具体实施方式

[0042] 图 1 ~图 3 公开本发明多界面太阳能电池的第一实施例的制造方法及其结构,其制造方法的详细步骤公开如下:

[0043] 步骤一:如图 1 所示,首先提供一生长基板 10,其材质包括锗(Ge)、硅锗合金(SiGe)、或砷化镓(GaAs),以及生长一缓冲层 11 于生长基板 10 之上,其中缓冲层 11 为与生长基板 10 相异的材质且具有与生长基板相匹配的晶格常数,例如为砷化镓(GaAs)或磷化铟镓(InGaP);

[0044] 步骤二:形成一接触层 12 在缓冲层 11 上,接触层 12 包括半导体材料,例如为砷化镓,并且具有一高杂质浓度,例如为大于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度;

[0045] 步骤三:生长一第一光伏界面结构 21 在接触层 12 之上,其中,第一光伏界面结构 21 及接触层 12 之间形成一低电阻的欧姆接触;其中第一光伏界面结构 21 具有一第一能隙,包括一第一射极层(emitter layer)211 具有第一电性型态,例如为 n 型、以及一第一基极层(base layer)212 具有相异于第一电性的第二电性型态,例如为 p 型,其中第一射极层 211 及第一基极层 212 具有与生长基板 10 相匹配的晶格常数,其材质例如包括磷化铝铟镓( $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{P}$ ;  $0 < a, b < 1$ );

[0046] 步骤四:生长一第一隧穿界面结构 22 在第一光伏界面结构 21 之上,包括第一隧穿层 221 具有第一电性型态,例如为 p 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度、以及一第二隧穿层 222 具有第二电性型态相异于第一电性型态,例如为 n 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度,其中第一隧穿层 221 及第二隧穿层 222 具有高杂质浓度及低厚度,例如为小于 500 埃,以形成一高导电界面结构;

[0047] 步骤五:生长一第二光伏界面结构 31 在第一隧穿界面结构 22 之上,其中第二光伏界面结构 31 具有一第二能隙小于所述的第一能隙,包括一第二射极层(emitter layer)311 具有第一电性型态,例如为 n 型、以及一第二基极层(base layer)312 具有相异于第一电性的第二电性型态,例如为 p 型,其中第二射极层 311 及第二基极层 312 具有与生长基板 10 相匹配的晶格常数,其材质例如包括砷化镓(GaAs);

[0048] 步骤六:生长一第二隧穿界面结构 32 于第二光伏界面结构 31 之上,包括第三隧穿层 321 具有第一电性型态,例如为 p 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度、以及一第四隧穿层 322 具有第二电性型态相异于第一电性型态,例如为 n 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度,其中第三隧穿层 321 及第四隧穿层 322 具有高杂质浓度及低厚度,例如为小于 500 埃,以形成一高导电界面结构;

[0049] 步骤七:形成一图形化结构层 40 在第二隧穿界面结构 32 之上,图形化结构层 40 具有一图案界定出多个空腔,并且裸露出对应空腔区域内的第二隧穿界面结构 32 的部分表面;

[0050] 步骤八：生长一第三光伏接面结构 41 在所述的多个空腔内，并且被图形化结构层 40 界定出多个不连续光伏接面区块，第三光伏接面结构 41 具有一第三能隙小在所述的第二能隙，包括一第三射极层 (emitter layer) 411 具有第一电性型态，例如为 n 型、以及一第三基极层 (base layer) 412 具有相异于第一电性的第二电性型态，例如为 p 型；其中，第三射极层 411 及第三基极层 412 具有与生长基板 10 不匹配的晶格常数，例如晶格常数差异大于 1% 以上，其材质例如包括砷化镓 ( $\text{In}_c\text{Ga}_{(1-c)}\text{As}$ ;  $0 < c < 1$ ) 或砷磷化镓 ( $\text{In}_p\text{Ga}_{(1-p)}\text{As}_q\text{P}_{(1-q)}$ ;  $0 < p, q < 1$ )；

[0051] 步骤九：形成一光子回收层 51 在第三光伏接面结构 41 及图形化结构 40 之上，光子回收层 51 的材质包括对特定光波长范围的光线具有大于 70% 的高反射率，优选为对第三光伏接面结构 41 的吸收波长范围的光线具有大于 70% 的反射率，例如为符合上述条件的金属材质，或符合上述条件的导电分散式布拉格反射层 (Distributed Bragg Reflector; DBR) 结构；

[0052] 步骤十：如图 2 所示，提供一支撑体 60，并形成一接合层 61 在支撑体 60 之上，其中接合层 61 的材质例为金属、金属合金、或导电高分子材料，并利用接合层 61 接合光子回收层 51 及支撑体 60；接合的方式，例如为胶合接合 (glue bonding)、焊接接合 (solder bonding)、或共晶接合 (eutectic bonding) 等方式；

[0053] 步骤十一：移除生长基板 10 及缓冲层 11，使裸露出接触层 12，其中移除的方法可用直接研磨去除生长基板 10 及缓冲层 11，或以蚀刻液蚀刻去除缓冲层 11 造成生长基板 10 脱落去除，亦可以激光照射缓冲层 11，使缓冲层 11 分解熔融，造成生长基板 10 脱落去除；

[0054] 步骤十二：如图 3 所示，去除部分的接触层 12 使裸露一部分的第一光伏接面结构 21，形成一第一电极 71 在接触层 12 上，以及形成一第二电极 72 电性连接支撑体 60；第一电极 71 及第二电极 72 为一单层或多层叠层的金属或金属合金层；

[0055] 步骤十三：形成一抗反射层 81 在第一光伏接面结构 21 的至少裸露部分的表面上，以完成本发明第一实施例的多接面太阳能电池 1。

[0056] 如图 3 所示，多接面太阳能电池 1 包括支撑体 60、接合层 61 位于支撑体 60 的一表面上、第二电极 72 位于支撑体 60 的另一表面上、光子回收层 51 位于接合层 61 之上、图形化结构层 41 位于光子回收层 51 的一部分表面上，并定义出多个空腔、具有第三能隙的第三光伏接面结构 41 位于光子回收层 51 的另一部分表面上及多个空腔内，包括第三基极层 412 及第三射极层 411、第二隧穿接面结构 32 位于第三光伏接面结构 41 及图形化结构层 40 之上，包括第四隧穿层 322 及第三隧穿层 321、具有第二能隙的第二光伏接面结构 31 位于第二隧穿接面结构 32 之上，包括第二基极层 312 及第二射极层 311、第一隧穿接面结构 22 位于第二光伏接面结构 31 之上，包括第二隧穿层 222 及第一隧穿层 221、具有第一能隙的第一光伏接面结构 21 位于第一隧穿接面结构 22 之上，包括第一基极层 212 及第一射极层 211、接触层 12 位于第一光伏接面结构 21 的一部分表面上，并与第一光伏接面结构 21 形成欧姆接触、第一电极 71 位在接触层 12 之上、以及抗反射层 81 位于第一光伏接面结构 21 的至少另一部分表面之上。

[0057] 太阳光自抗反射层 81 进入多接面太阳能电池 1，并依序由具有第一能隙的第一光伏接面结构 21 吸收较短波长范围的光线，并转换产生第一电流值；具有小于第一能隙的第二能隙的第二光伏接面结构 31 吸收中间波长范围的光线，并转换产生第二电流值；具有小

于第二能隙的第三能隙的第三光伏接面结构 41 吸收较长波长范围的光线,并转换产生第三电流值;剩余未被吸收的光线可借由光子回收层 51 将剩余的光线再反射回第三光伏接面结构 41 再吸收,以补偿第三光伏接面结构 41 因图形化结构层 40 占据部分的表面面积而造成的可转换区域的损失。图形化结构层 40 的图案包括如图 4 所示的平行条纹 4a 或交错条纹 4b,所形成的条纹密度约占多接面太阳能电池 1 的面积 1 ~ 10%,使得第三光伏接面结构 41 转换产生的第三电流值接近或大于第一光伏接面结构 21 转换产生的第一电流值或第二光伏接面结构 31 转换产生的第二电流值的二者之一。所述的平行条纹或交错条纹的宽度约介于  $0.5\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$  之间,高度约介于  $0.5\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ ,取决于形成的第三光伏接面结构 41 的厚度;所述的平行条纹或交错条纹的高度与宽度的比值约介于 0.1 ~ 10 之间,优选为介于 0.5 ~ 5 之间。图形化结构层 40 的材质优选为绝缘性良好的非晶材质,例如为氧化物或氮化物材质。另外,由于第三光伏接面结构 41 与基板 10 为晶格不匹配,在外延生长时,容易形成线错位 (thread dislocation) 并向上延伸,而影响外延品质,进而影响多接面太阳能电池的转换效率;晶格不匹配的结果亦会造成应力累积而容易有晶圆弯曲过度而破损的情形。本发明的图形化结构层 40 可以有效阻止线错位 (thread dislocation) 继续向上延伸,并且借由将第三光伏接面结构 41 置于图形化结构层 40 所形成的多个空腔内,可将晶格不匹配所形成的应力释放,消除晶圆翘曲破片的情形。

[0058] 图 5 ~ 图 6 公开本发明多接面太阳能电池的第二实施例的制造方法及其结构,其制造方法的详细步骤公开如下:

[0059] 步骤一:如图 5 所示,首先提供一生长基板 10,其材质包括锗 (Ge)、硅锗合金 (SiGe)、或砷化镓 (GaAs),以及生长一缓冲层 11 在生长基板 10 之上,其中缓冲层 11 具有与生长基板 10 相匹配的晶格常数及与生长基板 10 相异的材质,例如为砷化镓 (GaAs) 或磷化铟镓 (InGaP);

[0060] 步骤二:形成一接触层 12 在缓冲层 11 上,接触层 12 包括半导体材料,例如为砷化镓,并且具有一高杂质浓度,例如为大于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度;

[0061] 步骤三:生长一第一光伏接面结构 21 在接触层 12 之上,其中,第一光伏接面结构 21 及接触层 12 之间形成一低电阻的欧姆接触;第一光伏接面结构 21 具有一第一能隙,包括一第一射极层 (emitter layer) 211 具有第一电性型态,例如为 n 型、以及一第一基极层 (base layer) 212 具有相异于第一电性的第二电性型态,例如为 p 型,其中第一射极层 211 及第一基极层 212 具有与生长基板 10 相匹配的晶格常数,其材质例如包括磷化铝铟镓 ( $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{P}; 0 < a, b < 1$ );

[0062] 步骤四:生长一第一隧穿接面结构 22 在第一光伏接面结构 21 之上,包括第一隧穿层 221 具有第一电性型态,例如为 p 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度、以及一第二隧穿层 222 具有第二电性型态相异于第一电性型态,例如为 n 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度,其中第一隧穿层 221 及第二隧穿层 222 具有高杂质浓度及低厚度,例如为小于 500 埃,以形成一高导电接面结构;

[0063] 步骤五:生长一第二光伏接面结构 31 在第一隧穿接面结构 22 之上,其中第二光伏接面结构 31 具有一第二能隙小在所述的第一能隙,包括一第二射极层 (emitter layer) 311 具有第一电性型态,例如为 n 型、以及一第二基极层 (base layer) 312 具有相异于第一电性的第二电性型态,例如为 p 型,其中第二射极层 311 及第二基极层 312 具有与生

长基板 10 相匹配的晶格常数,其材质例如包括砷化镓 (GaAs) ;

[0064] 步骤六:生长一第二隧穿界面结构 32 包括第三隧穿层 321 具有第一电性型态,例如为 p 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度、以及一第四隧穿层 322 具有第二电性型态相异于第一电性型态,例如为 n 型,及一高于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的杂质浓度,其中第三隧穿层 321 及第四隧穿层 322 具有高杂质浓度及低厚度,例如为小于 500 埃,以形成一高导电界面结构;

[0065] 步骤七:生长一第三光伏界面结构 90 在第二隧穿界面结构 32 之上,其中第三光伏界面结构 90 具有一第三能隙小于或等在所述的第二能隙,包括一第三射极层 91 具有第一电性型态,例如为 n 型、一第三基极层 93 具有相异于第一电性的第二电性型态,例如为 p 型、以及一量子点区 92 介于第三射极层 91 及第三基极层 93 之间,其中第三射极层 91 及第三基极层 93 具有与生长基板 10 相匹配的晶格常数,其材质例如包括砷化镓 (In<sub>c</sub>Ga<sub>(1-c)</sub>As ;0 < c < 1) 或砷磷化镓 (In<sub>p</sub>Ga<sub>(1-p)</sub>As<sub>q</sub>P<sub>(1-q)</sub> ;0 < p, q < 1) ;量子点区 92 包括多个覆盖层 (cap layer) 921、多个量子阱层 922、及多个量子点层 923 依序交互堆叠形成,其中,覆盖层 921 可同时作为一阻碍层 (barrier layer) 以集中载流子 (电子或空穴) 在量子点层 923 或量子阱层 922 及平坦层以平坦化量子点层 923 造成的表面起伏,以维持元件表面的平整度;覆盖层 921 的材质例如与第三射极层 91 相同的材质,以及与第三射极层 91 相同电性的非本征 (extrinsic) 半导体层或非掺杂的本征 (intrinsic) 半导体层;量子阱层 922 形成在覆盖层 921 之上,具有一能隙低于覆盖层 921,以及一晶格常数不匹配于生长基板 10 的材质,例如晶格常数与生长基板 10 差异大于 1% 以上的砷化镓 (In<sub>d</sub>Ga<sub>(1-d)</sub>As ;0 < d < 1) 或砷磷化镓 (In<sub>p</sub>Ga<sub>(1-r)</sub>As<sub>q</sub>P<sub>(1-s)</sub> ;0 < r, s < 1) 材质,量子阱层 922 的厚度介于 1 ~ 10nm 之间,优选为 1 ~ 5nm 之间,使晶格缺陷实质上不致于形成及向上延伸;量子点层 923 形成在量子阱层 922 之上,并且由多个不规则排列的量子点 (quantum dot) 所组成,具有与量子阱层 922 实质上相同的材质,并且量子点层 923 形成多个能隙相异于量子阱层 922 的能隙,如图 8 所示的不同尺寸的量子点 8a、8b、8c 对应具有多个相异的量子能隙 E<sub>ga</sub>、E<sub>gb</sub>、及 E<sub>gc</sub> 大于量子阱层 922 的能隙 E<sub>gd</sub>,借以提高对应可吸收光谱的范围,进而提高第三光伏界面结构 90 的转换效率;量子点层 923 实质上为直径介于 1 ~ 10nm 的多个彼此分离的量子点所组成的不连续光电转换结构,除可提高转换效率,更有助于释放因晶格不匹配而产生的应力;

[0066] 步骤八:形成一光子回收层 51 在第三光伏界面结构 41 之上,光子回收层 51 的材质包括对特定光波长范围的光线具有大于 70% 的反射率,特别是对第三光伏界面结构 90 的吸收波长范围的光线具有大于 70% 的反射率,例如为符合上述条件的金属材质,或符合上述条件的导电分散式布拉格反射层 (Distributed Bragg Reflector ;DBR) 结构;

[0067] 步骤九:如图 6 所示,提供一支撑体 60,并形成一接合层 61 在支撑体 60 之上,其中接合层 61 的材质例如为金属、金属合金、或导电高分子材料,并利用接合层 61 接合光子回收层 51 及支撑体 60;接合的方式,例如为胶合接合 (glue bonding)、焊接接合 (solder bonding)、或共晶接合 (eutectic bonding) 等方式;

[0068] 步骤十:移除生长基板 10 及缓冲层 11,使裸露出接触层 12,其中移除的方法可用研磨去除生长基板 10 及缓冲层 11,或以蚀刻液蚀刻缓冲层 11 造成生长基板 10 脱落去除,亦可以激光照射缓冲层 11,使缓冲层 11 分解熔融,造成生长基板 10 脱落去除;

[0069] 步骤十一:如图 7 所示,去除部分的接触层 12 使裸露一部分的第一光伏界面结构 21,并且形成一第一电极 71 在接触层 12 上,以及形成一第二电极 72 电性连接支撑体 60;



第一电极 71 及第二电极 72 为一单层或多层叠层的金属或金属合金层；

[0070] 步骤十二：形成一抗反射层 81 在第一光伏接面结构的至少裸露部分的表面上，以完成本发明第二实施例的多接面太阳能电池 2。

[0071] 如图 7 所示，多接面太阳能电池 2 包括支撑体 60、接合层 61 位于支撑体 60 的一表面上、第二电极 72 位于支撑体 60 的另一表面上、光子回收层 51 位于接合层 61 之上、具有第三能隙的第三光伏接面结构 90 位于光子回收层 51 之上，包括第三基极层 93、量子点区 92、及第三射极层 91、第二隧穿接面结构 32 位于第三光伏接面结构 90 之上，包括第四隧穿层 322 及第三隧穿层 321、具有第二能隙的第二光伏接面结构 31 位于第二隧穿接面结构 32 之上，包括第二基极层 312 及第二射极层 311、第一隧穿接面结构 22 位于第二光伏接面结构 31 及之上，包括第二隧穿层 222 及第一隧穿层 221、具有第一能隙的第一光伏接面结构 21 位于第一隧穿接面结构 22 之上，包括第一基极层 212 及第一射极层 211、接触层 12 位于第一光伏接面结构 21 的一部分表面上，并与第一光伏接面结构 21 形成欧姆接触、第一电极 71 位在接触层 12 之上、以及抗反射层 81 位于第一光伏接面结构 21 的至少另一部分表面之上。

[0072] 太阳光自抗反射层 81 进入多接面太阳能电池 2，并依序由具有第一能隙的第一光伏接面结构 21 吸收较短波长范围的光线，并转换产生第一电流值；具有小于第一能隙的第二能隙的第二光伏接面结构 31 吸收中间波长范围的光线，并转换产生第二电流值；具有小于第二能隙的第三能隙的第三光伏接面结构 90 包括一由量子点层所组成的不连续光电转换结构，吸收较长波长范围的光线，并转换产生第三电流值；剩余未被吸收的光线可借由光子回收层 51 将剩余的光线再反射回第三光伏接面结构 90 再吸收，以补偿第三光伏接面结构 41 因部分未形成量子点区域而造成的可转换区域的损失。另外，由于第三光伏接面结构 90 与基板 10 为晶格不匹配，在外延生长时，容易形成线错位 (thread dislocation) 并向上延伸，而影响外延品质，进而影响多接面太阳能电池的转换效率；晶格不匹配的结果亦会造成应力累积而容易有晶圆翘曲破片的情形。本实施例的量子点区 92 包括量子点层 923 的多个不连续的量子点所组成的不连续光电转换结构，可以有效阻止线错位 (thread dislocation) 继续向上延伸，消除晶格不匹配造成的应力，并且因为所述的多个量子点具有不同的尺寸，因此可形成多个不同的量子能隙而提高转换效率。量子点层 923 的叠层数介于 5 ~ 100 层，优选为 10 ~ 70 层，使得第三光伏接面结构 90 转换产生的第三电流值接近或大于第一光伏接面结构 21 转换产生的第一电流值或第二光伏接面结构 31 转换产生的第二电流值的二者之一。

[0073] 图 9 公开本发明多接面太阳能电池结构的第三实施例，相较于图 7 所示的多接面太阳能电池 2，主要差异在于多接面太阳能电池 3 的量子点区 92 仅包括多个覆盖层 (cap layer) 921 及多个量子点层 923 依序交互堆叠形成，并未包括图 7 的量子阱层 922，因此，在多接面太阳能电池 3 中，造成晶格不匹配的量子点层 923 呈点状不连续的三维分布，并未包括如图 7 的量子阱层 922 全面连续地覆盖在整个表面，因此可更进一步降低晶格缺陷以及晶格不匹配造成的应力，提高元件的光电转换效率。

[0074] 本发明公开一多接面太阳能电池包括一不连续光电转换结构，在本发明的范围内，所述的不连续光电转换结构可形成在第一光伏接面结构、第二光伏接面结构、及第三光伏接面结构的至少其中之一。所述的不连续光电转换结构包括但不限于本发明实施例所提

出的位于所述的图形化结构层所定义的多个空腔内的不连续光伏接面区块;或在本发明的另一实施例所提出的所述的量子点层包括所述的多个量子点。

[0075] 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均不脱离本发明的精神与范围。

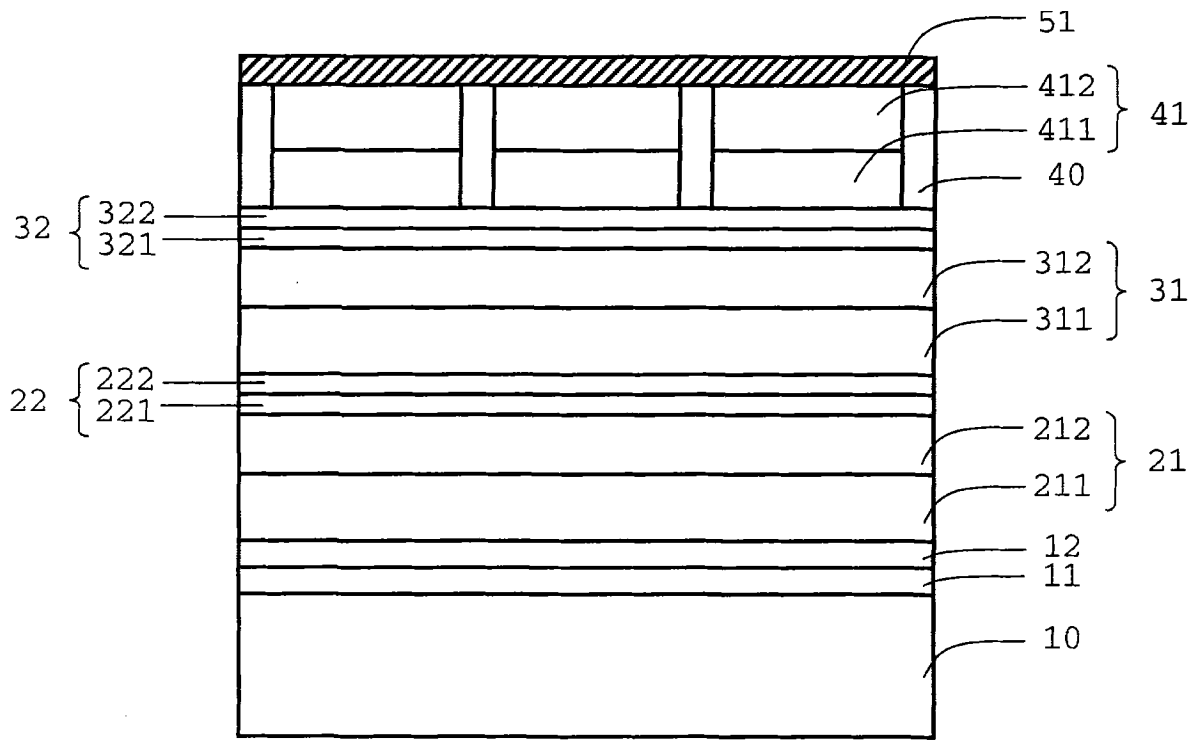


图 1

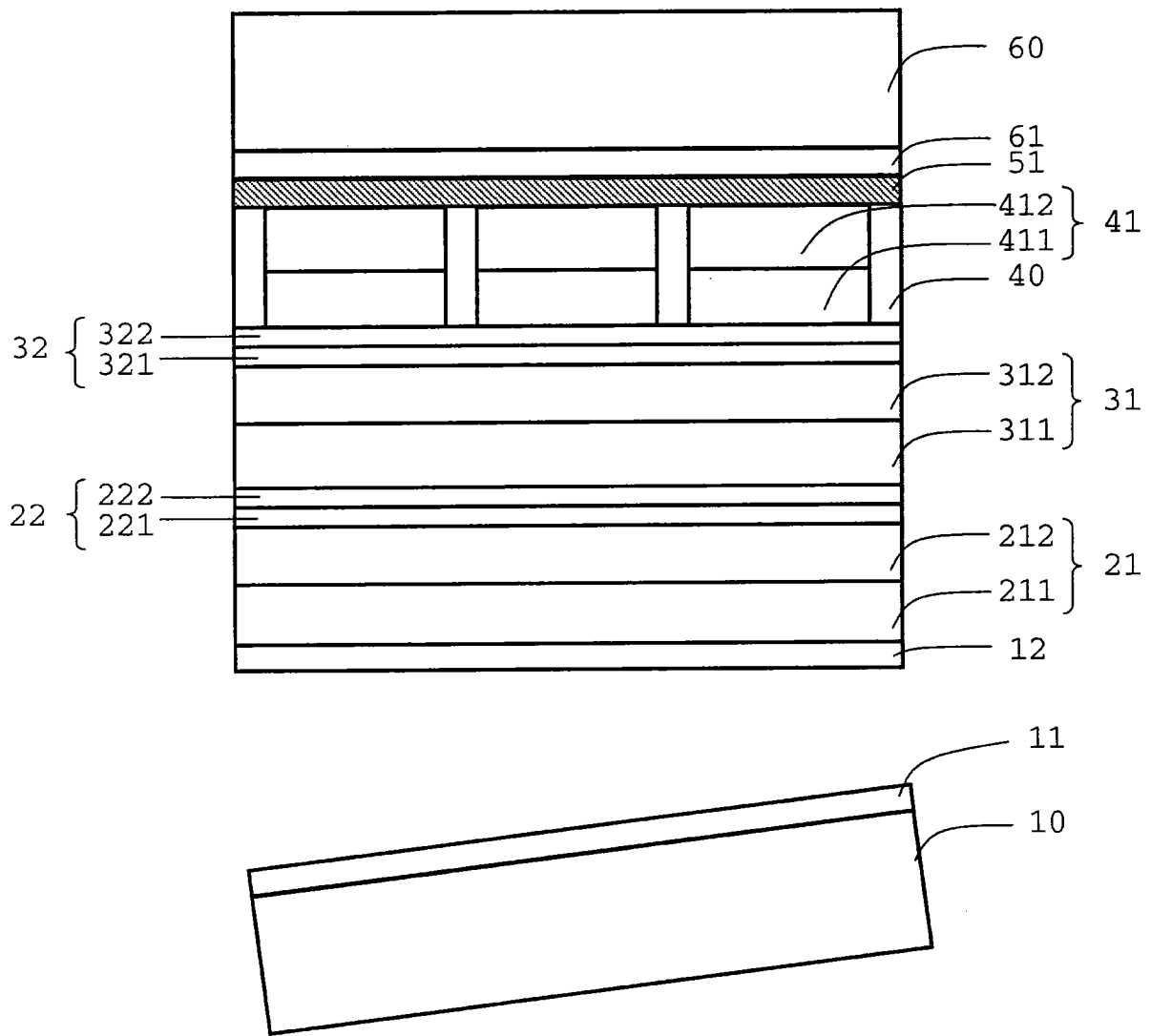


图 2

**1**

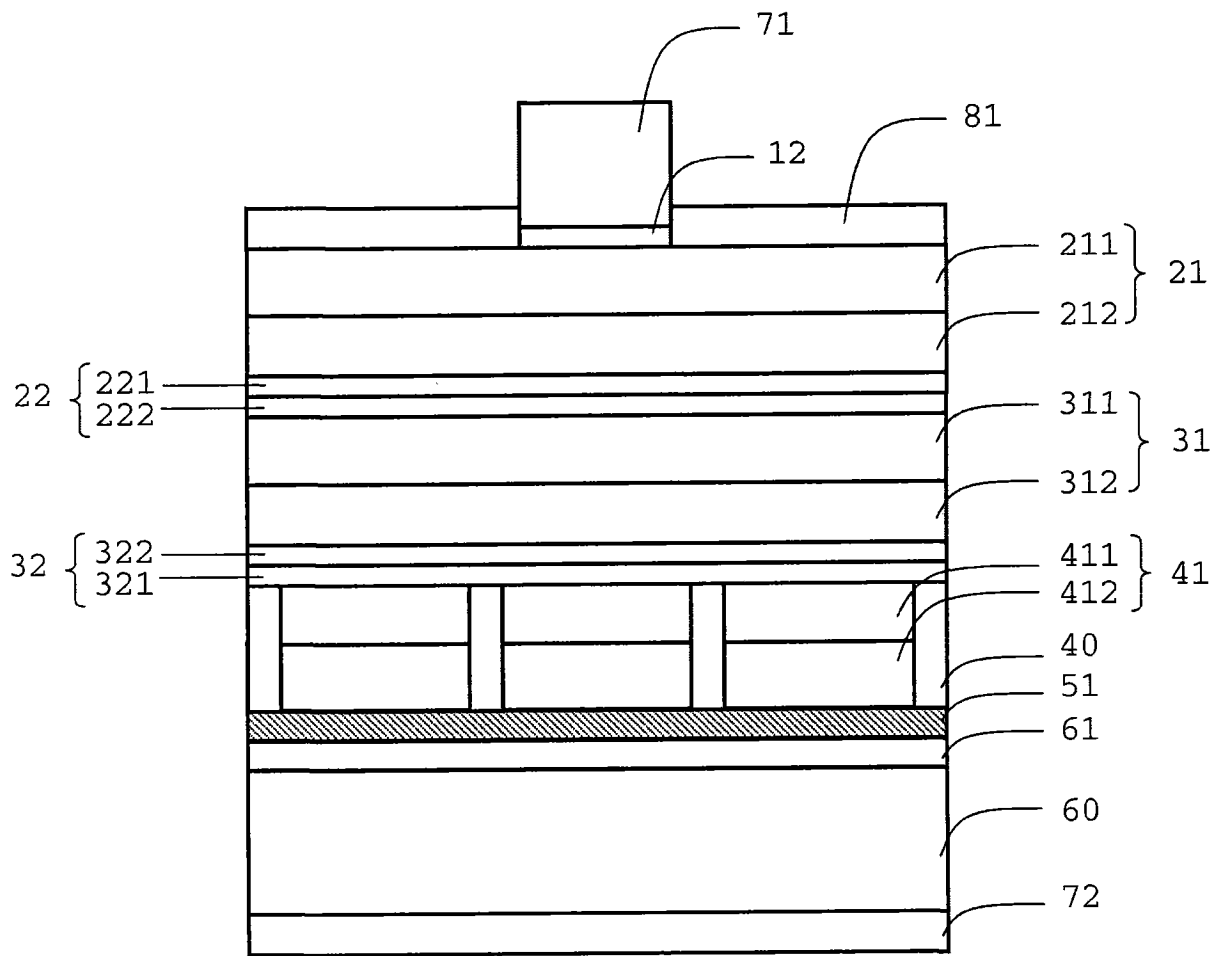


图 3

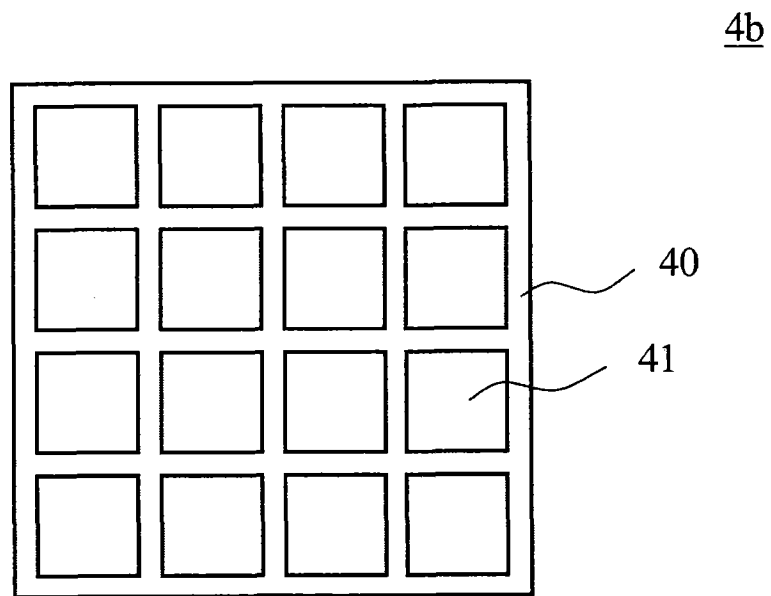
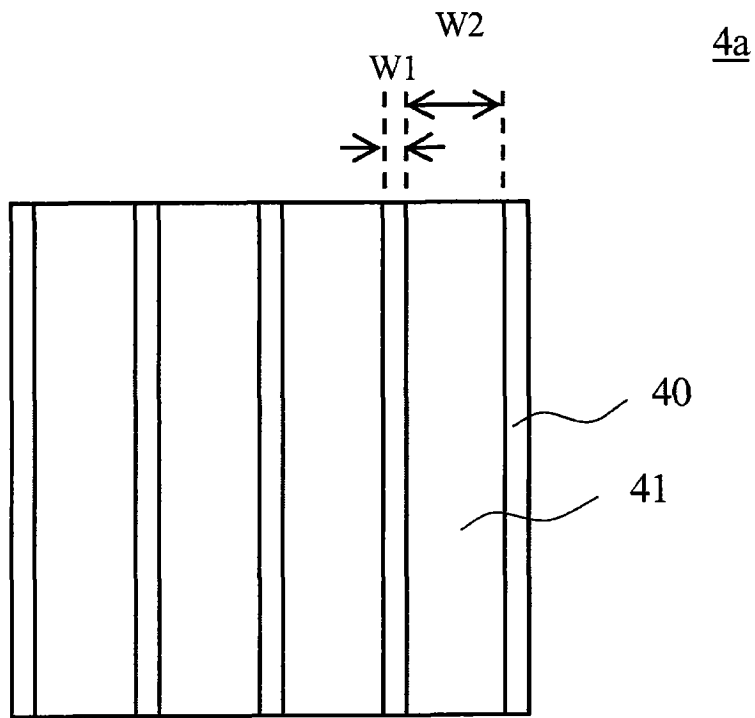


图 4

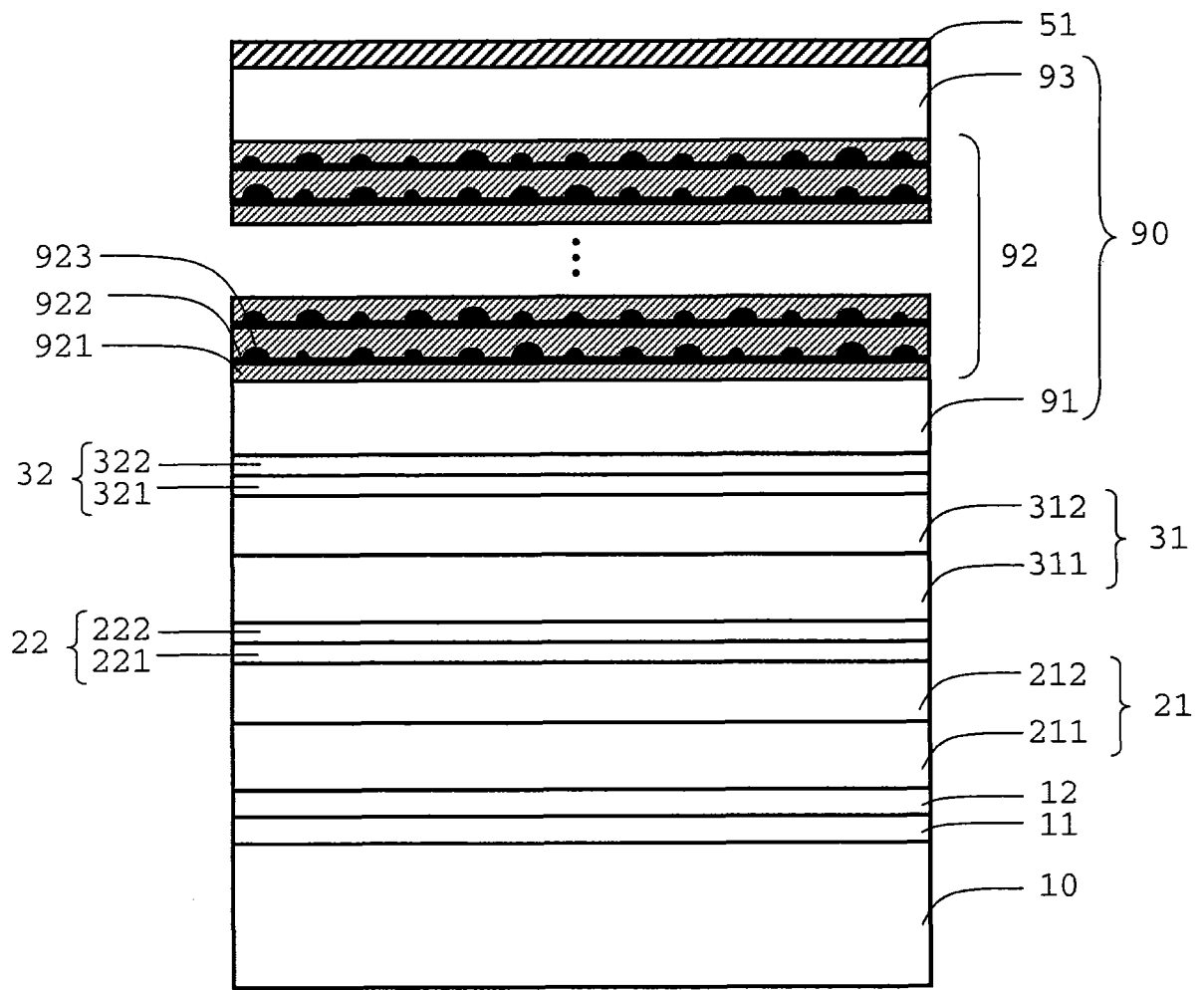


图 5

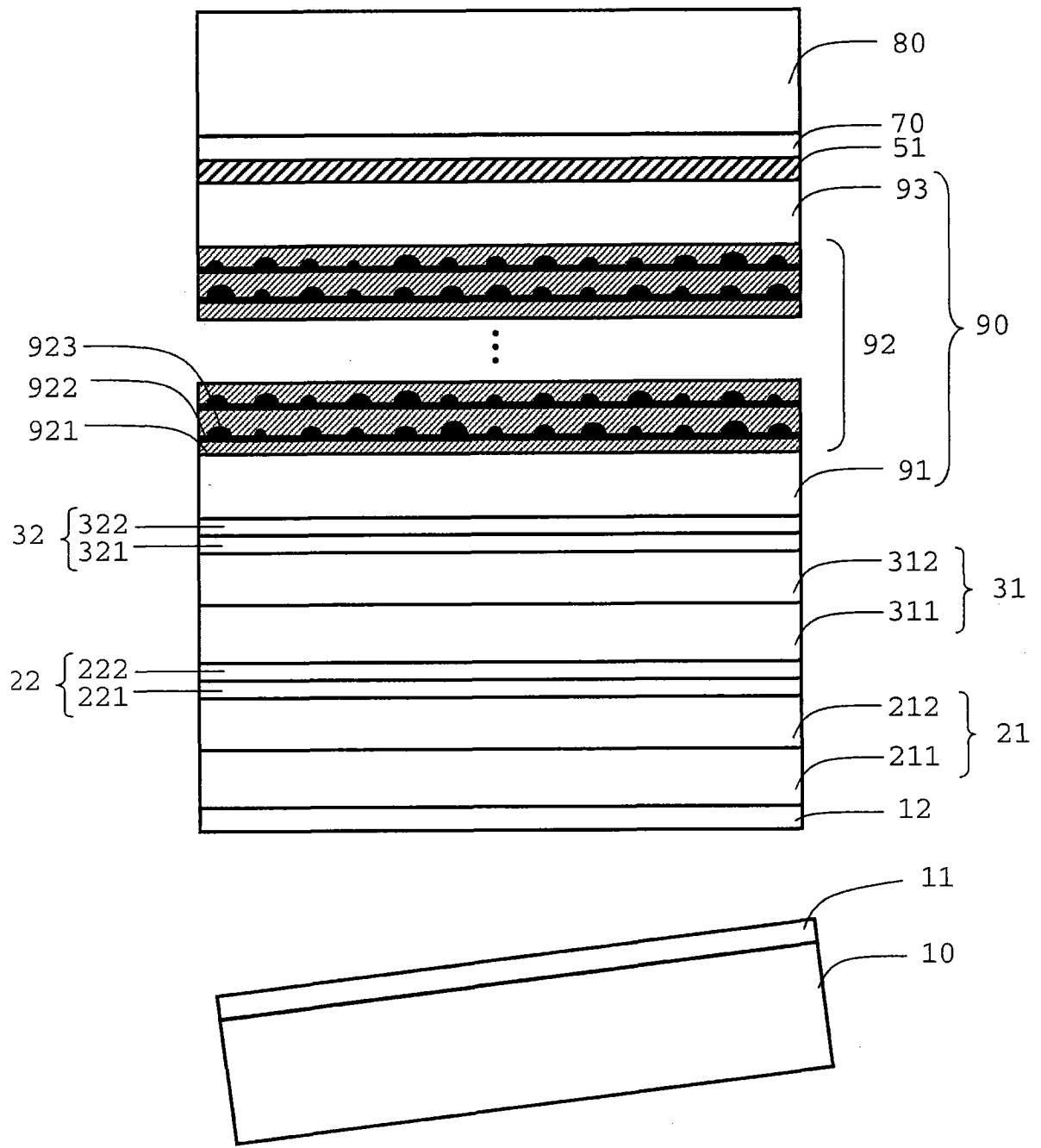


图 6



**2**

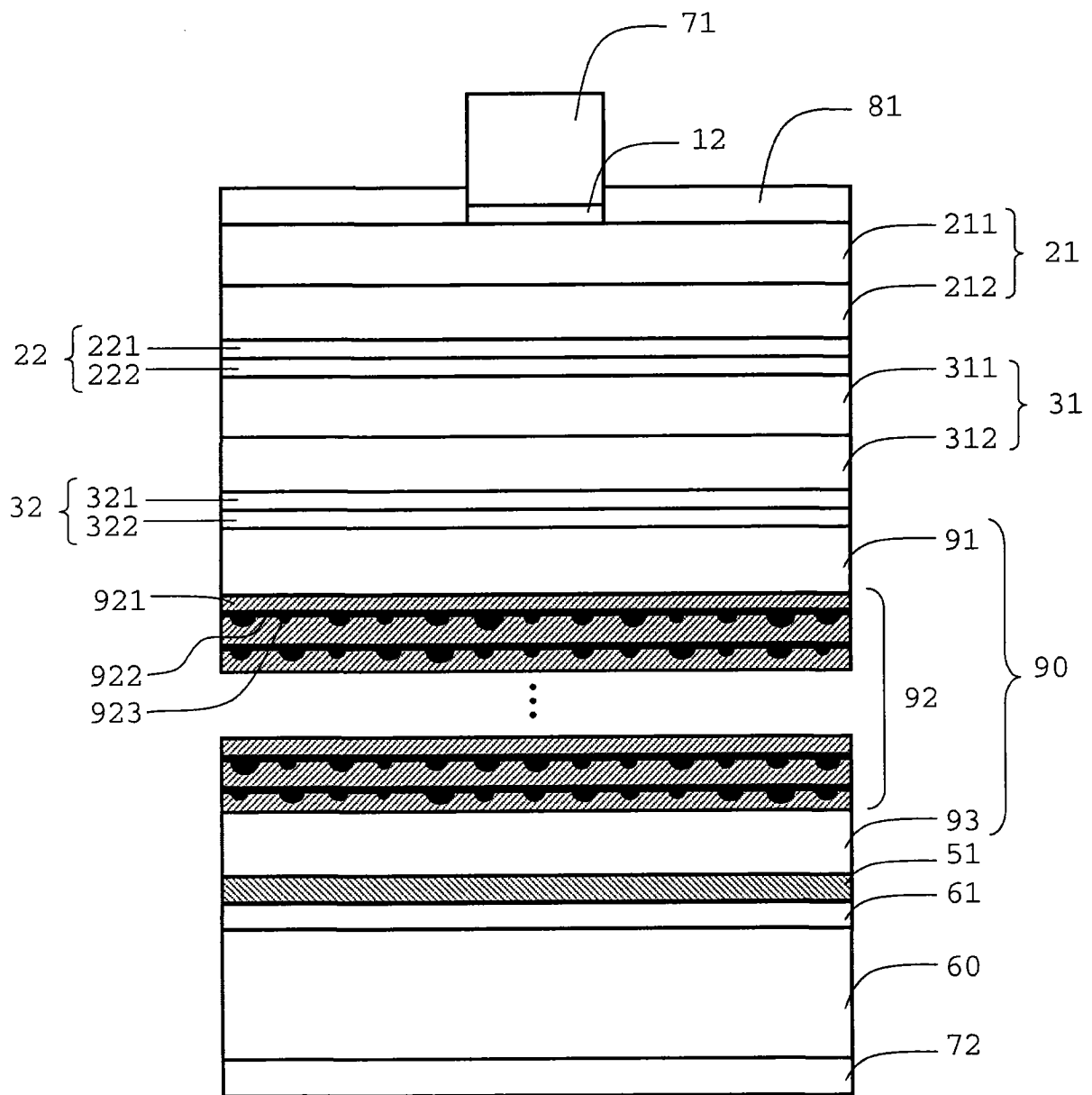


图 7

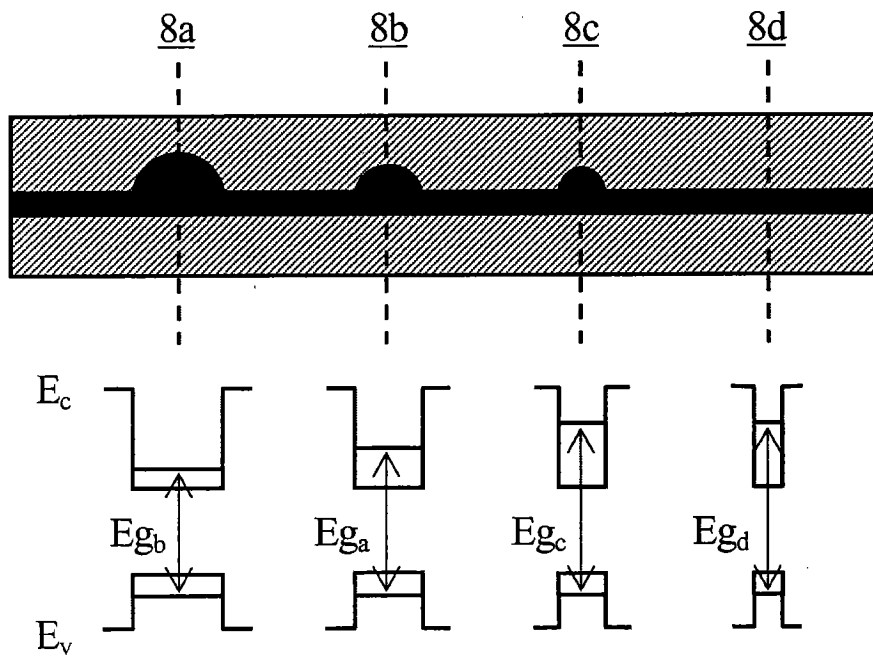


图 8

**3**

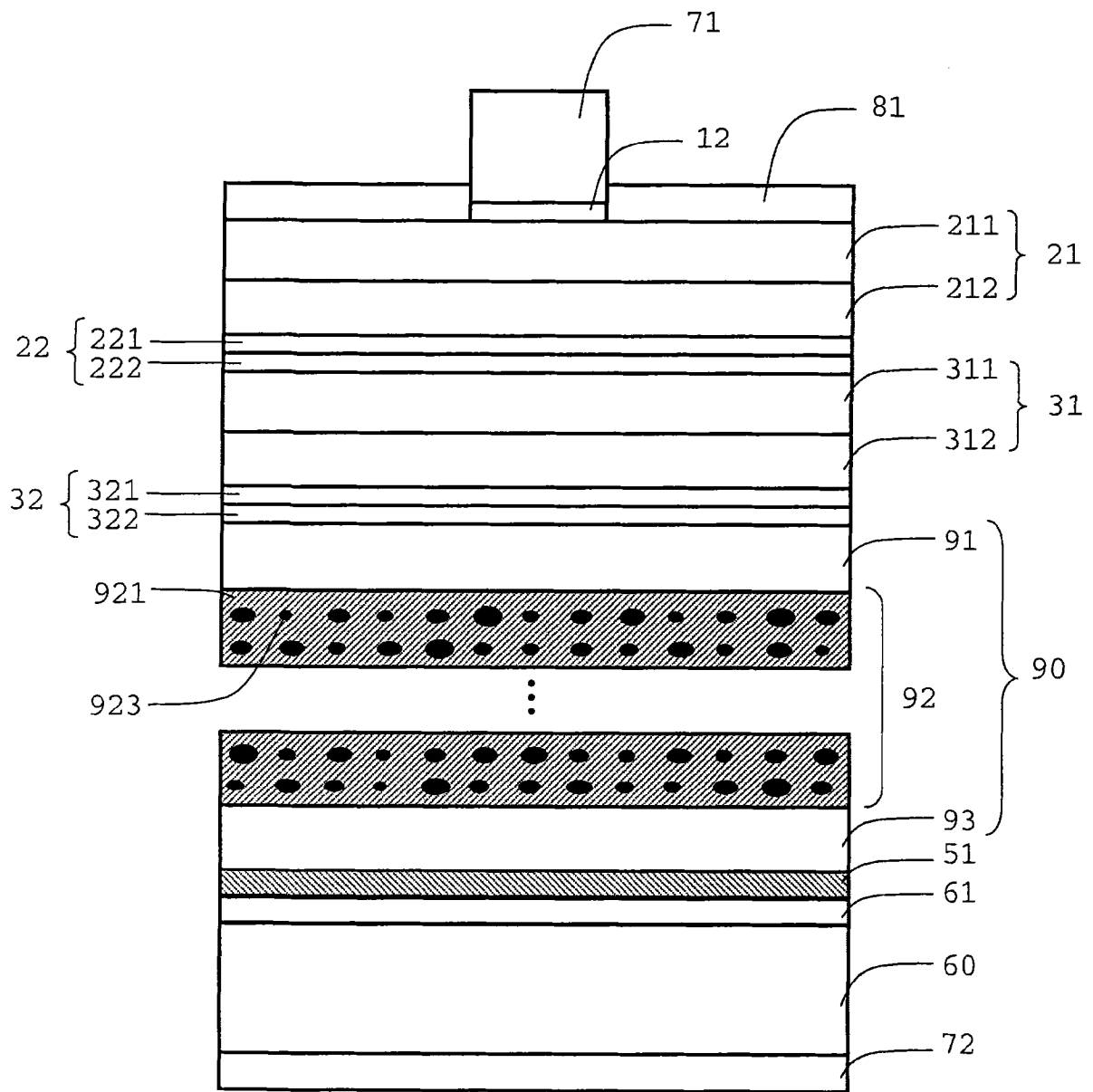


图 9