(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101211994 B
(45)授权公告日 2012.05.02

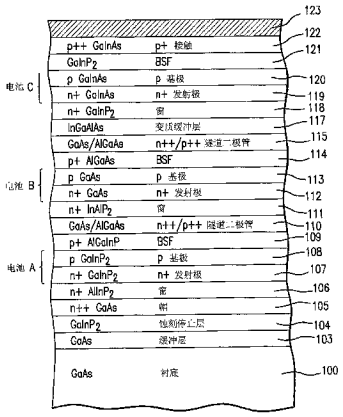
(21)申请号 200710164349.9
(22)申请日 2007.10.30
(30)优先权数据
11/616,596 2006.12.27 US
(73)专利权人 昂科公司
地址 美国新泽西州
(72)发明人 坦森·瓦格赫塞 阿瑟·科恩费尔德 米歇尔·谢
(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
代理人 孟锐
(51)Int.Cl.
H01L 31/18(2006.01)
H01L 31/042(2006.01)
(56)对比文件
US 6951819 B2,2005.10.04,
US 6951819 B2,2005.10.04,
US 6165873 A,2000.12.26,
US 6690041 B2,2004.02.10,
审查员 窦明生
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54)发明名称

安装在挠性膜上的倒置变质太阳能电池

(57)摘要

本发明揭示一种通过以下方式在挠性膜上制造太阳能电池的方法：提供衬底；在所述衬底上沉积形成太阳能电池的半导体材料层的序列；将所述半导体衬底安装在挠性膜上；以及使所述半导体衬底变薄到预定厚度。所述层的序列形成倒置变质太阳能电池结构。



CN 101211994 B

1. 一种制造太阳能电池的方法，其包括：

提供第一半导体衬底；

在所述第一半导体衬底上沉积形成太阳能电池的半导体材料的序列层；

将所述第一半导体衬底安装在挠性膜上；

将所述挠性膜附装到代用衬底；以及

从所述第一半导体衬底的背侧通过研磨或碾磨来使所述第一半导体衬底变薄，使得仅仅剩下用于形成所述太阳能电池的所述序列层。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中将所述半导体材料层的序列安装成直接邻近于所述挠性膜。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述代用衬底为蓝宝石晶片。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其进一步包括在使所述第一半导体衬底变薄之后移除所述代用衬底。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其进一步包括将具有所述挠性膜的所述太阳能电池附装到玻璃支撑部件。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述沉积半导体材料层的序列的步骤包含：在所述第一半导体衬底上形成具有第一带隙的第一太阳能子电池；在所述第一子电池上形成具有小于所述第一带隙的第二带隙的第二太阳能子电池；在所述第二子电池上形成具有大于所述第二带隙的第三带隙的分级夹层；形成具有小于所述第二带隙的第四带隙的第三太阳能子电池，使得所述第三子电池相对于所述第二子电池晶格失配。

7. 根据权利要求 1 所述的制造太阳能电池的方法，其中所述第一半导体衬底包含 GaAs，所述第一太阳能子电池包含 InGa(Al)P 发射极区域和 InGa(Al)P 基极区域，所述第二太阳能子电池由 InGaP 发射极区域和 $In_{0.015}GaAs$ 基极区域构成。

8. 根据权利要求 6 所述的制造太阳能电池的方法，其中所述分级夹层由多个具有单调增加的晶格常数的 InGaAlAs 层构成。

9. 一种太阳能电池，其包括：

挠性膜；

半导体主体，其安装在所述膜上，且具有层的序列：

包含第一太阳能子电池，其具有第一带隙；

第二太阳能子电池，其设置在所述第一子电池上且具有小于所述第一带隙的第二带隙；

分级夹层，其设置在所述第二子电池上且具有大于所述第二带隙的第三带隙；以及

第三子电池，其设置在所述夹层上使得所述第三太阳能子电池相对于所述第二子电池晶格失配，且具有小于所述第三带隙的第四带隙。

安装在挠性膜上的倒置变质太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池半导体装置的领域，且明确地说涉及安装在挠性膜上的集成半导体结构，其包含多结 (multijunction) 太阳能电池和通孔，所述通孔允许从电池的前侧到达阳极与阴极端子两者。

背景技术

[0002] 光伏电池（也称为太阳能电池）是在过去若干年中变得可用的最重要的新能源中的一种。在太阳能电池开发中投入了相当多的努力。由此，太阳能电池目前用于许多商业和面向消费者的应用中。尽管在此领域中已有显著进步，但对太阳能电池满足更复杂应用的需要的要求没有与需求保持同步。例如在数据通信中使用的卫星的应用急剧增加了对具有改进的功率和能量转换特性的太阳能电池的需求。

[0003] 在卫星和其它与空间有关的应用中，卫星电力系统的大小、质量和成本取决于所使用的太阳能电池的功率和能量转换效率。换句话说，有效负载的大小和机载服务的可用性与所提供的电力的量成比例。因此，随着有效负载变得更加复杂，充当机载电力系统的功率转换装置的太阳能电池的设计效率变得越来越重要。

[0004] 太阳能电池常制造于垂直多结结构中且设置在水平阵列中，其中个别太阳能电池串联连接在一起。阵列的形状和结构以及其含有的电池的数目部分由所需的输出电压和电流决定。

[0005] 例如 M.W.Wanless 等人的题为“Lattice Mismatched Approaches for High Performance, III-V Photovoltaic Energy Converters”（第 31 届 IEEE 光伏专家会议的会议记录，2005 年 1 月 3 日 -7 日，IEEE 出版，2005）的第 6,951,819 号美国专利和本发明受让人的 2006 年 6 月 2 日申请的第 11/445,793 号共同待决美国专利申请案中描述的倒置变质太阳能电池结构为具有高能量转换效率的未来商业产品的发展提出了重要的起点。

[0006] 在本发明之前，现有技术中揭示的材料和制造步骤没有描述基于安装在挠性膜上的倒置变质结构来制作能量有效的太阳能电池。

发明内容

[0007] 简单地且一般来说，本发明提出一种通过以下方式制造太阳能电池的方法：提供衬底；在所述衬底上沉积形成太阳能电池的半导体材料层的序列；将所述衬底安装在挠性膜上；以及使所述衬底变薄到预定厚度。

[0008] 在另一方面，简单地且一般来说，本发明提供一种通过以下方式制造太阳能电池的方法：在衬底上沉积半导体材料层的序列之后将第一衬底粘附到挠性膜支撑件，以形成多结太阳能电池的至少一个单元；以及随后移除第一衬底的至少一部分。

[0009] 本发明进一步提供一种安装在挠性膜上的太阳能电池，所述太阳能电池包含具有层的序列的半导体主体，所述层的序列包含：第一太阳能子电池，其具有第一带隙；第二太阳能子电池，其设置在第一子电池上且具有小于第一带隙的第二带隙；分级夹层，其设置在

第二子电池上且具有大于第二带隙的第三带隙；以及第三子电池，其设置在夹层上使得第三太阳能子电池相对于第二子电池晶格失配，且具有小于第三带隙的第四带隙。

附图说明

[0010] 通过结合附图参看以下具体实施方式，将更好地且更完全地了解本发明的这些和其它特征与优点，其中：

[0011] 图 1 是在第一衬底上形成太阳能电池的层的处理步骤结束时根据本发明的太阳能电池的放大横截面图；

[0012] 图 2 是根据本发明的下一处理步骤之后图 1 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤包含将所述结构粘附到挠性膜的顶部；

[0013] 图 3 是在将代用衬底粘附到挠性膜的下一处理步骤之后图 2 的结构的横截面图；

[0014] 图 4 是在所描绘的根据本发明的下一处理步骤之后图 3 的太阳能电池结构的横截面图，所述下一处理步骤包含移除太阳能电池层下方的原始衬底而留下半导体结构；

[0015] 图 5 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 4 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤为从半导体表面的顶部移除一层；

[0016] 图 6 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 5 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中移除半导体表面的另一层；

[0017] 图 7 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 6 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中在半导体表面的表面上沉积金属层；

[0018] 图 8 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 7 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中将金属层图案化为网格线；

[0019] 图 9 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 8 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中移除网格线之间的半导体表面的顶层；

[0020] 图 10 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 9 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中在表面上沉积 ARC 层；

[0021] 图 11 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 10 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中在 ARC 层中打开粘结垫；

[0022] 图 12 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 11 的太阳能电池的横截面图，所述下一处理步骤中移除代用衬底。

具体实施方式

[0023] 图 1 描绘在衬底上形成三个子电池 A、B 和 C 之后根据本发明的多结太阳能电池。更特定来说，展示第一衬底 100，其可为砷化镓 (GaAs)、锗 (Ge) 或其它合适的材料。在 Ge 衬底的情况下，例如 $InGap_2$ 的成核层沉积在衬底上。在衬底上，或在 Ge 衬底的情况下在成核层上，进一步沉积 GaAs 的缓冲层 103 和 $GaInP_2$ 的蚀刻停止层 104。n++GaAs 的帽 (cap) 或接触层 105 接着沉积在层 104 上，且 $n+AlInP_2$ 的窗层 106 沉积在帽或接触层 105 上。由 $GaInP_2$ 的 n+ 发射极层 107 和 $GaInP_2$ 的 p 型基极层 108 组成的子电池 A 接着沉积于窗层 106 上。

[0024] 尽管优选实施例利用上述 III-V 半导体材料，但实施例仅是说明性的，且应注意

到多结太阳能电池结构可由服从晶格常数和带隙要求的在周期表中列出的族 III 到 V 元素的任何合适的组合形成，其中族 III 包含硼 (B)、铝 (Al)、镓 (Ga)、铟 (In) 和铊 (T)。族 IV 包含碳 (C)、硅 (Si)、锗 (Ge) 和锡 (Sn)。族 V 包含氮 (N)、磷 (P)、砷 (As)、锑 (Sb) 和铋 (Bi)。

[0025] 在优选实施例中，衬底 100 为砷化镓，发射极层 107 包含 InGa(Al)P，且基极层包含 InGa(Al)P。括号中的 Al 项意味着 Al 是可选的组成物，且在此实例中可以 0％到 30％的范围内的量使用。

[0026] 在基极层 108 的顶部上沉积 AlGaInP 的 p+ 型背面场 (“BSF”) 层 109，其用于减少重组损失。

[0027] BSF 层 109 从基极 /BSF 分界面附近的区域驱动少数载流子以使重组损失的影响最小化。换句话说，BSF 层 109 减少太阳能子电池 A 的背侧处的重组损失，且借此减少基极中的重组。

[0028] 在 BSF 层 109 的顶部上沉积重度掺杂 p 型 (例如 AlGaAs) 和 n 型层 110(例如 $InGaP_2$) 的序列，其形成隧道二极管，所述隧道二极管用作将电池 A 电连接到电池 B 的电路元件。

[0029] 在隧道二极管层 110a 的顶部上沉积 n+$InAlP_2$ 的窗层 111。子电池 B 中使用的窗层 111 也起作用以减少重组损失。窗层 111 改进下伏结的电池表面的钝化。所属领域的技术人员应明了，在不脱离本发明范围的情况下可在电池结构中添加或删除额外的层。

[0030] 在窗层 111 的顶部上沉积电池 B 的层 :n+ 发射极层 112 和 p 型基极层 113。这些层优选地分别由 n+GaAs 和 p 型 GaAs 构成，但也可使用符合晶格常数和带隙要求的任何其它合适的材料。

[0031] 在电池 B 的顶部上沉积 p+ 型 AlGaAs 的 BSF 层 114，其执行与 BSF 层 109 相同的功能。接着在 BSF 层 114 上沉积类似于层 110 的隧道二极管的 n++/p++ 隧道二极管 115，再次形成将电池 B 电连接到电池 C 的电路元件。隧道二极管优选地为 AlGaAs 层上的 GaAs 层。接着在隧道二极管 116 上沉积变质缓冲层 117。层 117 优选地为作为具有单调改变的晶格常数的一系列层沉积的按组分步阶分级的组分 InGaAlAs，其提供从电池 B 到电池 C 的晶格常数转变。层 117 的带隙为恒定 1.5 电子伏特，其值略大于中间电池 B 的带隙。

[0032] 在一个实施例中，如 Wanless 等人论文中所建议，步阶级含有九个按组分分级的步阶，其中每一步阶的层具有 0.25 微米的厚度。在优选实施例中，夹层由 InGaAlAs 构成，其具有单调改变的晶格常数。

[0033] 在变质缓冲层 117 的顶部上沉积 $GaInP_2$ 的另一 n+ 窗层 118。窗层 118 改进下伏的结的电池表面的钝化。可在不脱离本发明范围的情况下提供额外的层。

[0034] 在窗层 118 的顶部上沉积子电池 C 的层 :n+ 型发射极层 119 和 p 型基极层 120。在优选实施例中，发射极层包含 GaInAs，且基极层包含具有约 1.0 电子伏特带隙的 GaInAs，但也可使用具有合适的晶格常数和带隙要求的任何其它半导体材料。

[0035] 在子电池 C 的基极层 120 的顶部上沉积背面场 (BSF) 层 121，其优选地包含 $GaInP_2$。

[0036] 在 BSF 层 121 的上方或顶部上沉积 p+ 接触层 122，其优选地为 p++ 型 GaInAs。

[0037] 在 p+ 接触层 122 的顶部上沉积金属层 123，其优选地为 Ti/Au/Ag/Au 层序列。

[0038] 接着通过粘合剂 150 将图 1 所示的半导体结构粘结到挠性膜 151(例如 Kapton)的表面,如图 2 所示。所述挠性膜通常具有约 75 微米的厚度,而包含衬底的半导体结构约 660 微米。更特定来说,面向下粘结所述结构,即,使金属接触层 123 邻近于膜 151。

[0039] 图 3 是在将例如蓝宝石的代用衬底 175 粘附到挠性膜 151 的底部的下一处理步骤之后图 2 的结构的横截面图。在优选实施例中,代用衬底厚度约 1000 微米,且经打孔而具有直径约 1mm 且间隔开 4mm 的孔,以帮助随后移除衬底。随后将论述粘附工艺的细节,包含材料选择的论述。

[0040] 图 4 是在所描绘的根据本发明的下一处理步骤之后图 3 的太阳能电池结构的横截面图,所述下一处理步骤包含移除太阳能电池层 123 到 103 下方的原始衬底 100 而留下厚度约 12 微米的由层 123 到 103 组成的半导体结构。

[0041] 图 5 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 4 的太阳能电池的横截面图,所述下一处理步骤为通过已知的湿式或干式化学蚀刻从暴露的半导体表面的顶部移除层 103。由于 104 是蚀刻停止层,因此蚀刻完全移除层 103。

[0042] 图 6 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 5 的太阳能电池的横截面图,所述下一处理步骤中通常通过 HCl/H_2O 溶液移除半导体表面的层 104。

[0043] 图 7 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 6 的太阳能电池的横截面图。首先完成光刻以沉积光致抗蚀剂以界定将不存在金属的区域。在光致抗蚀剂上蒸镀金属层。金属层 125 通常由 Pd/Ge/Ti/Pd/Ag/Au 层构成。

[0044] 图 8 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 7 的太阳能电池的横截面图,在所述下一处理步骤中,通过已知的光刻技术将金属层图案化为网格线,其中金属层 125 的若干部分被提除,使得剩余的金属形成平行线 126,所述平行线 126 形成太阳能电池前表面上的网格。

[0045] 图 9 是在根据本发明的下一处理步骤之后图 8 的太阳能电池的横截面图,在所述下一处理步骤中网格线用作掩模,且通过已知的湿式或干式化学蚀刻工艺移除网格线之间的半导体结构的帽层 105,借此暴露网格线之间和已暴露的半导体表面的其余部分上的窗层 106。

[0046] 图 10 是根据本发明的下一处理步骤之后图 9 的太阳能电池的横截面图,在所述下一处理步骤中在网格线 126 的顶面上沉积 ARC 层达到约 2000 埃的厚度。接着使用光刻工艺,以便从将定位有粘结垫的区域移除 ARC。

[0047] 图 11 是根据本发明的下一处理步骤之后图 10 的太阳能电池的横截面图,所述下一处理步骤中向下蚀刻结构的外围边缘到达金属层 123,借此在晶片的表面上形成台面半导体结构。接着使用另一光刻工艺来湿式蚀刻从电池顶部到背部金属的背部金属通孔。这允许形成与背部金属或太阳能电池的阳极的接触。

[0048] 图 12 是根据本发明的下一处理步骤之后图 11 的太阳能电池的横截面图,所述下一处理步骤中移除代用衬底。

[0049] 尽管上文已在特定优选实施例中将本发明描述为用于制造某一类型的太阳能电池的工艺,但更一般来说本发明只是以下一种方法:使用适当的粘合剂(例如,特氟隆(FFP/PFA)或来自 Du Pont 的聚酰亚胺)在相对较薄的挠性膜(例如,来自 Du Pont 的 Kapton)上面向下粘结一晶片(具有或不具有装置结构或层),接着使晶片变薄(碾磨/研

磨和蚀刻）直到达到所需的厚度或到达所需的层为止，且接着进一步处理薄晶片以制成电子、光学或机械装置（例如，薄光伏电池）。

[0050] 本发明更一般地还包含使用刚性载体（例如，蓝宝石）以在挠性薄膜上支撑薄半导体结构或晶片（通过所有的半导体装置界定和处理），接着可从刚性衬底卸下膜，并接着施加到最终表面（例如，太阳能面板）。可使用临时粘合剂（例如，来自 Dow Corning 的 I-4010）将膜附装到载体。

[0051] 使衬底变薄意味着必须在处理期间和使用中向装置层提供某些其它的支撑构件。Kapton 是一种良好的材料，因为其耐热且耐化学药品，且还具有挠性。其可以不同厚度获得，且可在一侧或两侧具有粘合剂的状态下获得。Kapton 上可使用适合于此目的的例如特氟隆的粘合剂，因为特氟隆非常耐化学药品，且还在某种程度上耐热。或者，可（通过例如层压或旋涂）涂覆粘合剂。可将特氟隆薄片层压到 Kapton 上。可将聚酰亚胺旋涂到晶片上并可使用聚酰亚胺作为粘合剂将晶片附装到Kapton。也可在工艺结束时将粘合剂涂覆到 Kapton 以临时或永久地将其附装到弯曲或平坦表面。

[0052] 如上所述，本发明的一个实施例包括使用例如特氟隆或聚酰亚胺的粘合剂将晶片面向下附装到例如 Kapton 的膜上，在需要时附装刚性载体，使晶片变薄，处理装置，从刚性载体（如果使用的话）卸下，以及接着利用或不利用另一粘合剂将 Kapton 上的装置施加到最终表面。

[0053] FEP 和 PFA 是 Du Pont 品种的特氟隆，且是也可用作粘合剂的热塑性材料。PFA(300-310C) 熔点高于 FEP(250-280C)。PFA 可经受 260C 的连续使用，且 FEP 可经受 205C 的连续使用。这两者均可以具有各种厚度的膜的形式使用。

[0054] Kapton 是来自 Du Pont 的、可以各种厚度使用的且已层压有 FEP 或 PFA 的聚酰亚胺。或者，可通过在热印压机中层压而将 FEP 和 / 或 PFA 施加到 Kapton 膜。

[0055] 存在两种方法，取决于 Kapton 在一侧还是两侧上具有 FEP/PFA。如果聚合物仅在一侧上，且如果必须将晶片 /Kapton 组合附装到用于在处理时（例如，在光刻期间）进行支撑的刚性载体，那么可在另一侧使用例如 Dow Corning I-4010 的另一粘合剂。

[0056] 在使用双侧 FEP/Kapton 或 PFA/Kapton 的实施例中，起点将为具有任何所需装置层的晶片。对于制造薄倒置光伏元件的特殊情况，可接着在装置侧使晶片金属化，并在需要时进行退火。

[0057] 如果在处理期间需要刚性载体，那么在热印压机中在 Kapton 的任一侧使晶片（装置侧向下）和载体（例如，蓝宝石盘 /Si 晶片）配合。印压机施加热量与压力的组合。FEP/PFA 在压力下熔化以形成连续粘结。一旦冷却并移除压力，那么在规定时间之后，晶片（装置侧向下）、Kapton 和载体（蓝宝石 /Si）将彼此附装。

[0058] 使晶片体积变薄（碾磨、研磨和 / 或蚀刻）到达蚀刻停止层和 / 或装置层（如果有的话），并进一步处理晶片（标准装置制造工艺）。对于薄倒置光伏元件的特殊情况，这些工艺可能包含（且不限于）光刻、金属化、沉积、蚀刻等。可通过适当蚀刻的接触窗以及前接触垫从前侧接触背部金属，而在此阶段测试晶片上的单元。

[0059] 通过加热到热塑性材料的熔点使 Kapton 与载体分开。这可例如在热板上完成。当载体与 Kapton 之间的聚合物熔化时，上面有变薄的晶片的 Kapton 可能脱落。Kapton 与晶片之间的聚合物可能存在某一程度的熔化，但其在 Kapton 脱离载体时将重新凝固。不会

有任何 IMM 晶片 / 单元与 Kapton 分开。理想地，应使用在晶片侧具有 PFA 且在载体侧具有 FEP 的 Kapton，在此情况下，加热到 FEP 熔化温度将从载体释放 Kapton/ 晶片，使 Kapton 与晶片之间的 PFA 粘结完好，因为 PFA 熔点高于 FEP。

[0060] 装置现在在 Kapton 上，准备用于进一步连接。在需要时通过晶片上的蚀刻道以机械方式切割 Kapton 可使其分离。可附装覆盖玻璃。对于光伏元件的特殊情况，如果单元需要分离，那么可使用台面道来切割穿过 Kapton，且可互连单元。可利用或不利用粘合剂而将 Kapton 附装到最终平坦或弯曲表面（例如，太阳能面板），因为装置将足够薄（微米）而具有挠性。

[0061] 在使用单侧 FEP/Kapton 或 PFA/Kapton 的实施例中（其中在处理期间可使用刚性载体），可使用例如 Dow Corning I-4010 的另一粘合剂将 Kapton 附装到刚性载体，所述刚性载体可例如为如先前所述具有孔的蓝宝石衬底。这在市售的晶片设备中完成，所述设备施加真空、压力与热量的组合以使粘合剂固化。这可在热印压机中在将 Kapton/FEP 或 Kapton/PFA 附装到晶片之后完成。I-4010 是硅树脂粘合剂，其对于晶片制造中的许多溶剂、酸、碱和其它化学物质是惰性的。其还耐热。

[0062] 像之前一样，在处理之后，必须通过溶剂松解所使用的载体。蓝宝石中的孔通过增加溶剂向粘合剂的到达而帮助加速松解。FEP/PFA 粘结对于此溶剂是惰性的，且因此 Kapton/ 晶片粘结在从蓝宝石卸下之后将保持完好。正像之前一样，可以机械方式切割粘结到 Kapton 的晶片以使装置分离，用于进一步处理。

[0063] 其它粘合剂：替代于 FEP/PFA，我们也可使用对在装置的处理和最终施加过程中涉及的温度、化学物质和其它环境具有耐受性的任何其它粘合剂。可使用的一种耐化学药品且耐热的材料是聚酰亚胺，其有多个品种可用，且具有不同的固化温度和环境耐受性。可通过例如旋涂将此材料涂覆到晶片背侧，可附装 Kapton，且堆叠可固化以形成粘结。在此之后程序与上文相同。

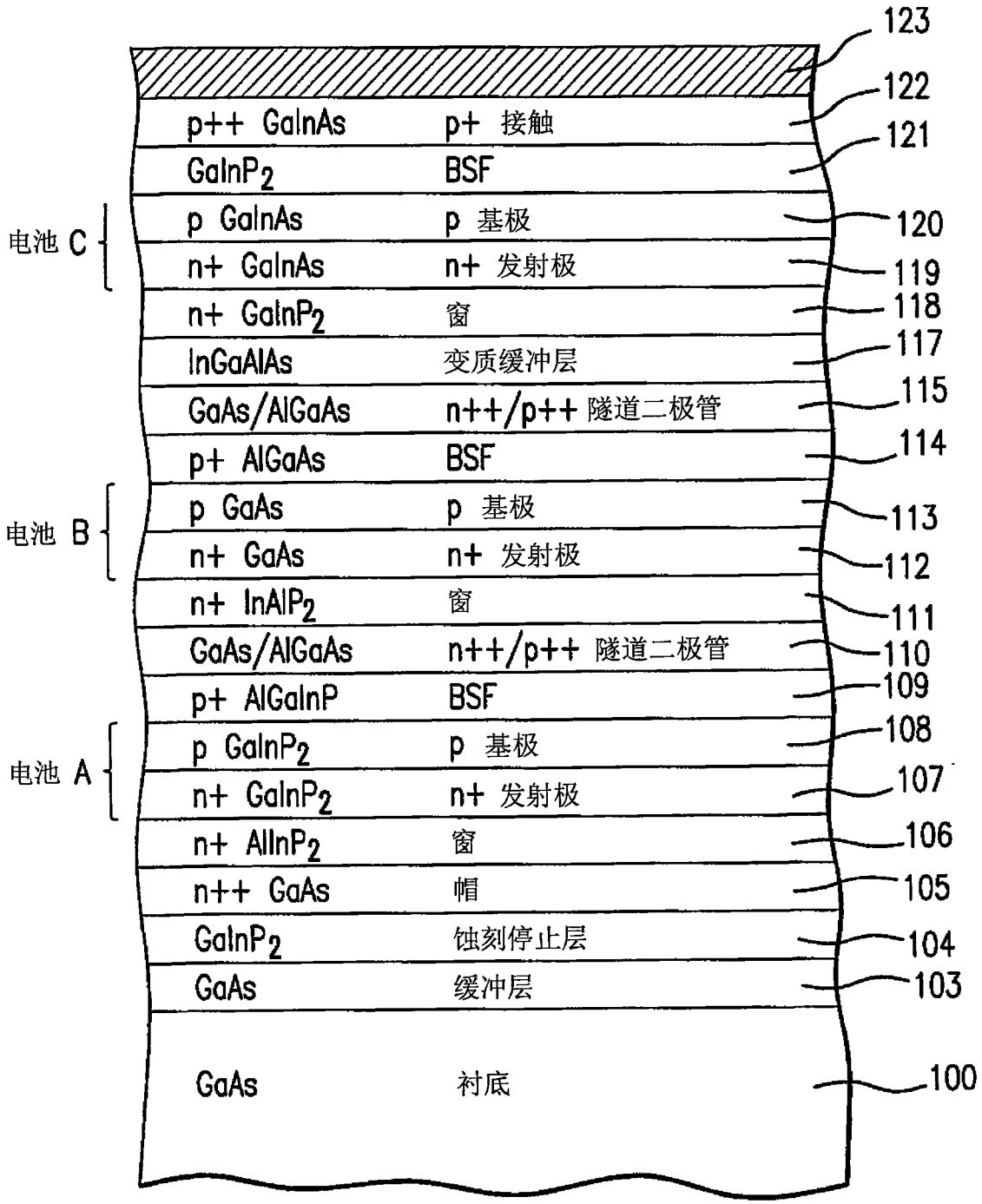

123
122
121
120
119
118
117
115
114
113
112
111
110
109
108
107
106
105
104
103
100
电池 C
电池 B
电池 A
p++ GaInAs
p+ 接触
GaInP2
BSF
p GaInAs
p 基极
n+ GaInAs
n+ 发射极
n+ GaInP2
窗
InGaAlAs
变质缓冲层
GaAs/AlGaAs
n++/p++ 隧道二极管
p+ AlGaAs
BSF
p GaAs
p 基极
n+ GaAs
n+ 发射极
n+ InAlP2
窗
GaAs/AlGaAs
n++/p++ 隧道二极管
p+ AlGaInP
BSF
p GaInP2
p 基极
n+ GaInP2
n+ 发射极
n+ AlInP2
窗
n++ GaAs
帽
GaInP2
蚀刻停止层
GaAs
缓冲层
GaAs
衬底

图1

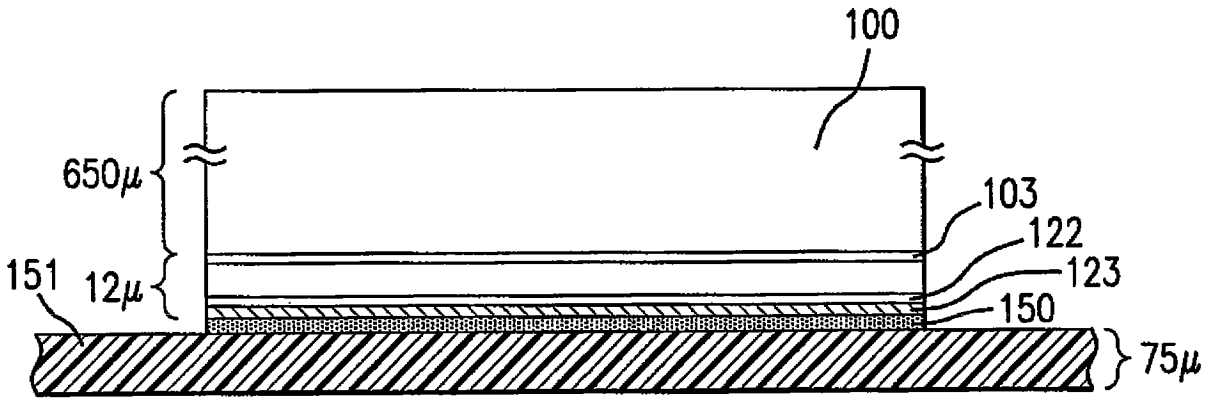


图2

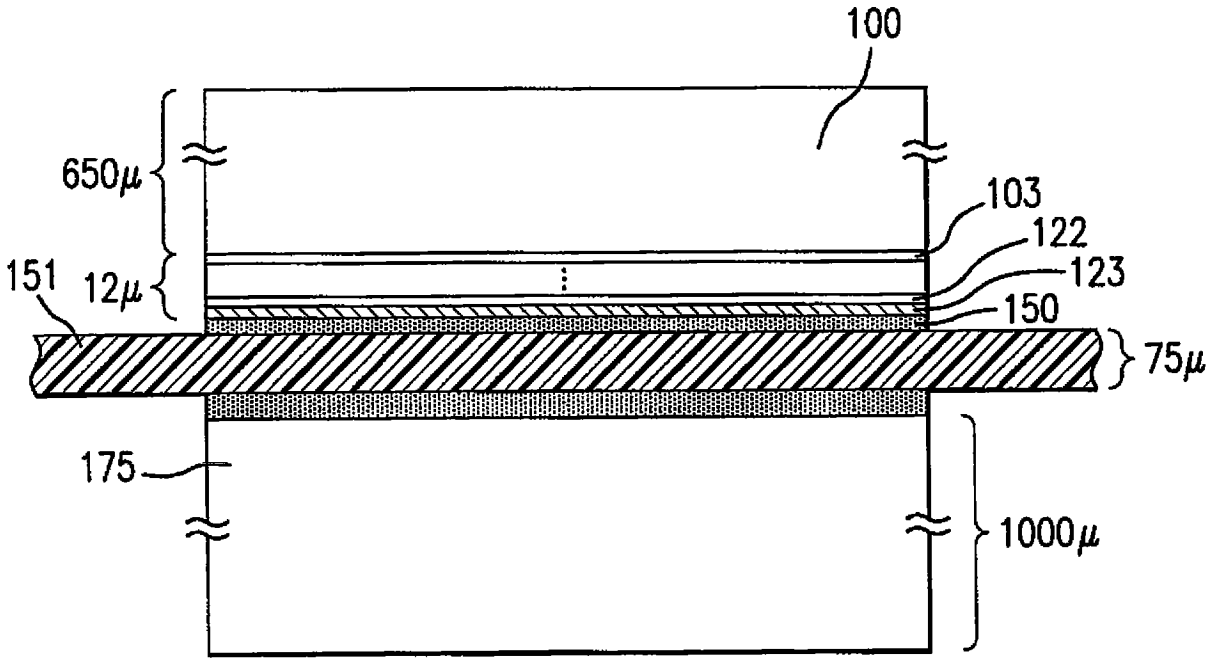

100
650μ
103
122
123
151
12μ
150
75μ
175
1000μ

图3

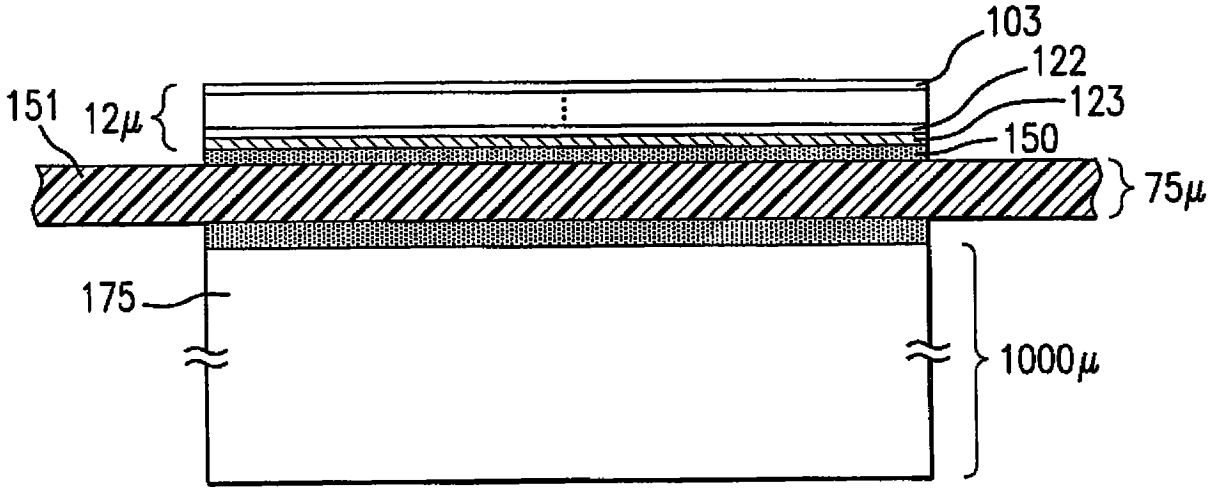

103
122
151
12μ
123
150
75μ
175
1000μ

图4

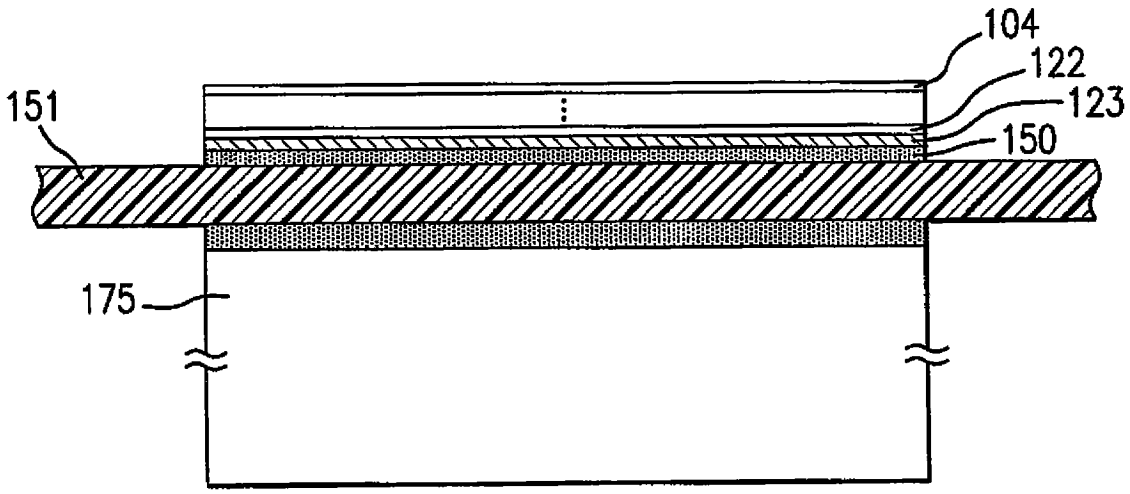


图5

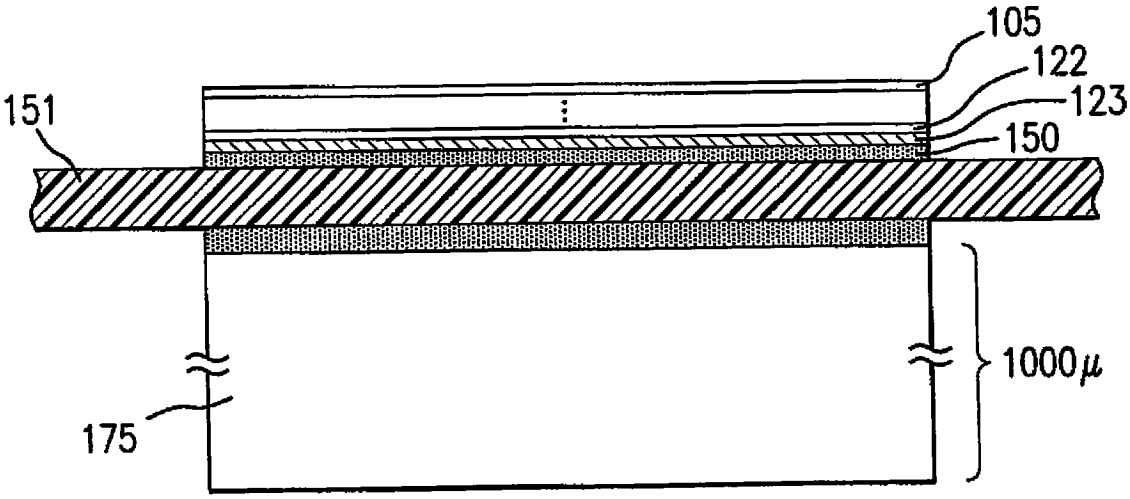


图6

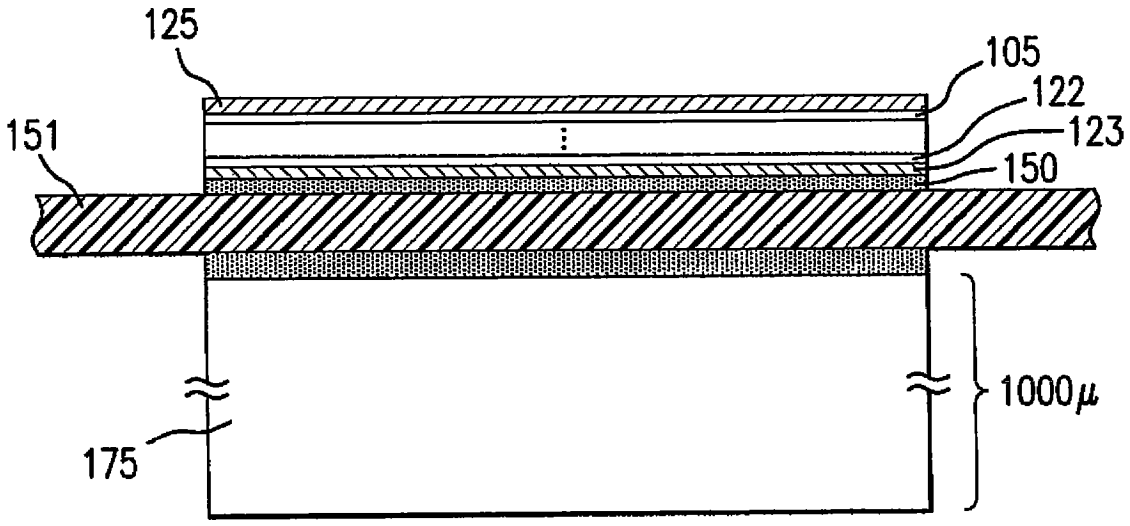

125
105
122
123
151
150
1000μ
175

图7

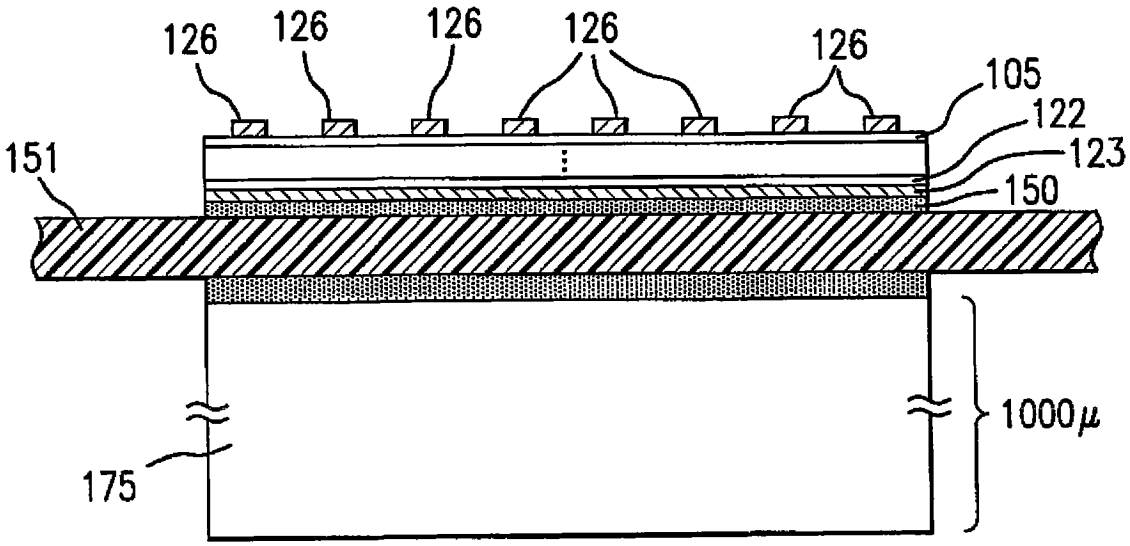

126
126
126
126
126
105
122
123
151
150
1000μ
175

图8

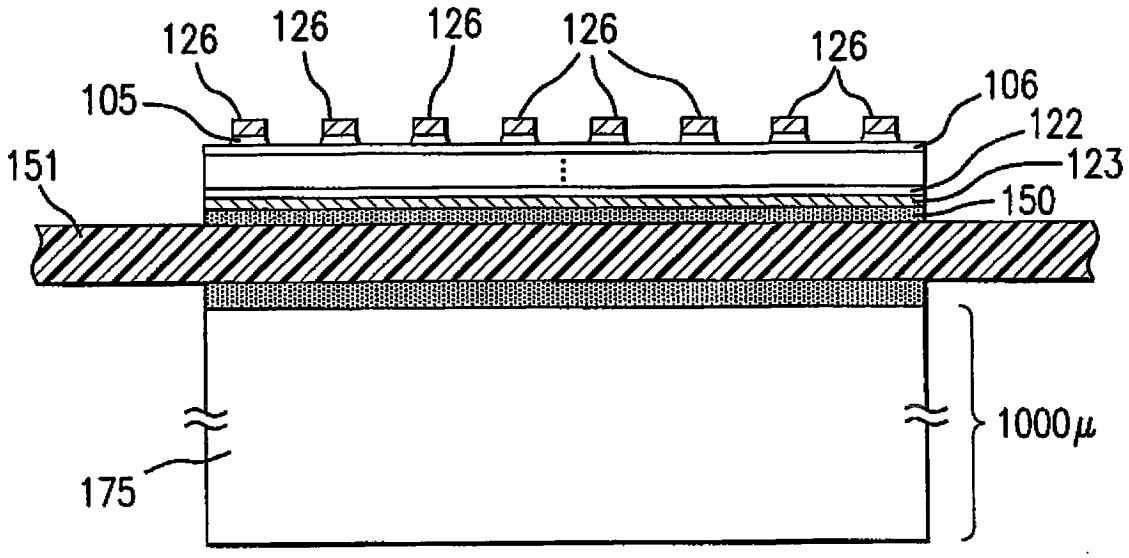

126
126
126
126
126
105
106
122
123
151
150
1000μ
175

图9

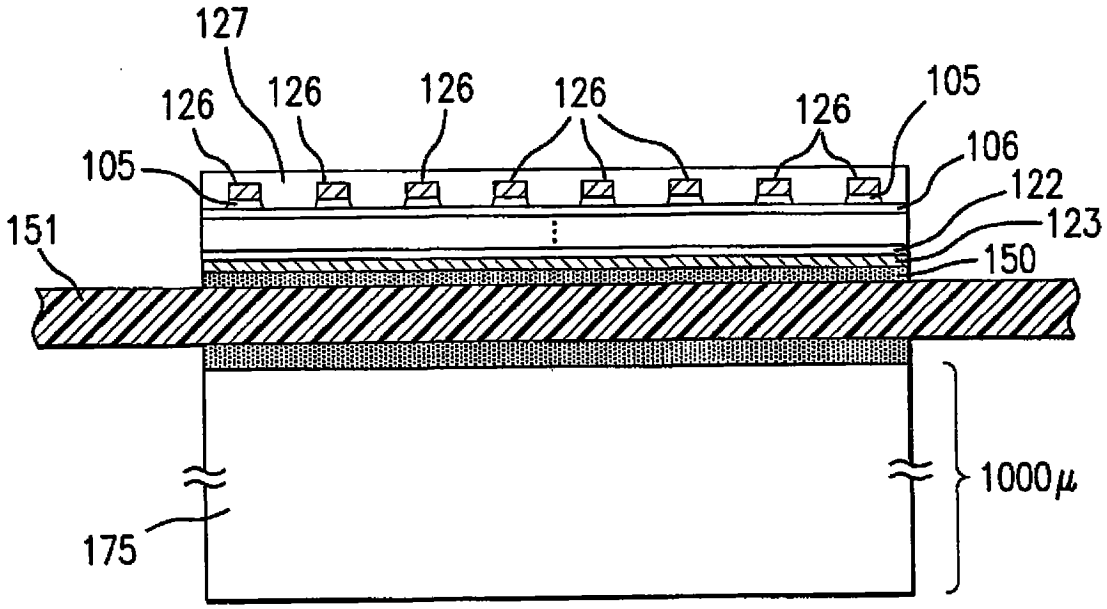

127
126
126
126
126
126
105
105
106
122
123
151
150
1000μ
175

图10

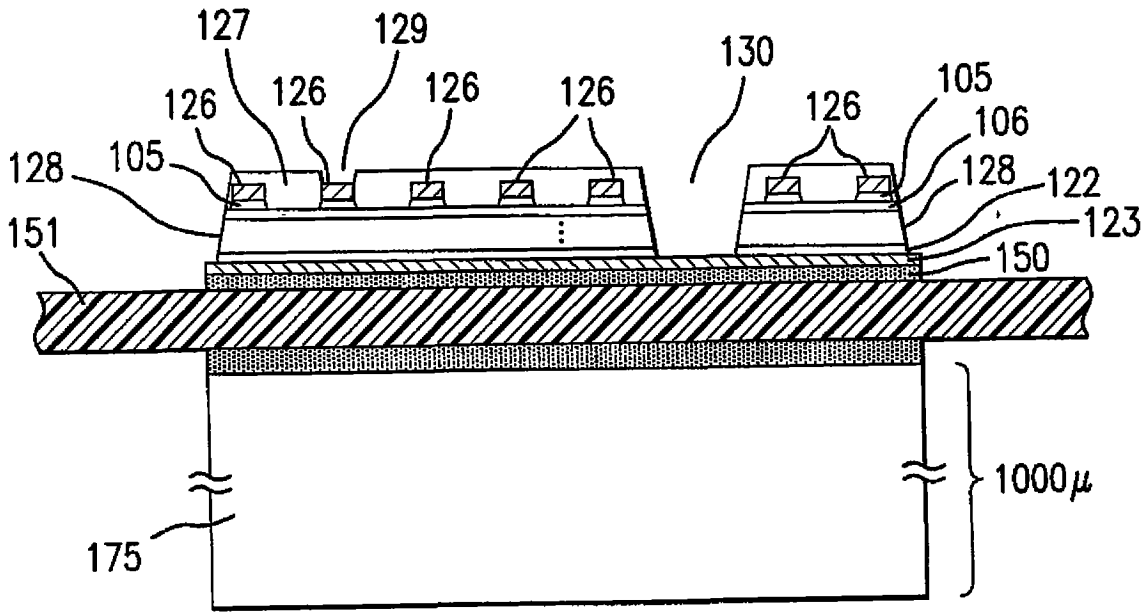

127
129
130
126
126
126
126
126
105
106
128
105
128
122
123
151
150
1000μ
175

图11

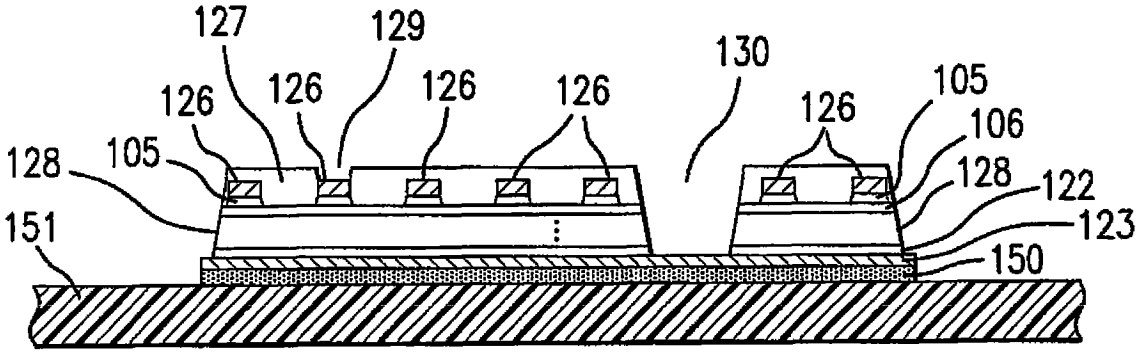

127
129
130
126
126
126
126
126
105
106
128
105
128
122
123
151
150

图12