



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101882645 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201010169548. 0

(22) 申请日 2010. 04. 28

(30) 优先权数据

12/463, 205 2009. 05. 08 US

(73) 专利权人 安科太阳能公司

地址 美国新墨西哥州

(72) 发明人 保罗·夏普斯 弗雷德·纽曼

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司
责任公司 11287

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

H01L 31/0725(2012. 01)

(56) 对比文件

CN 101237007 A, 2008. 08. 06,

US 2002/0179142 A1, 2002. 12. 05,

US 5437734 S, 1995. 08. 01,

J. Kouvetakis 等. Independently tunable

electronic and structural parameters

in ternary Group IV semiconductors for

optoelectronic applications. 《The 5th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials》. 2008,

审查员 赵世欣

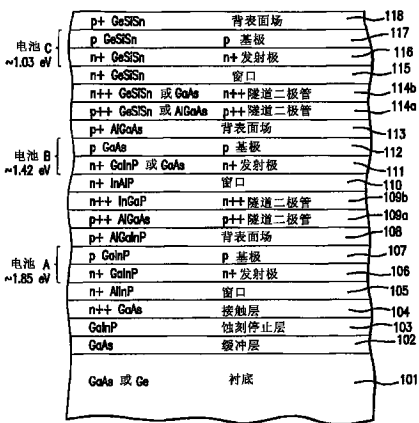
权利要求书2页 说明书13页 附图20页

(54) 发明名称

具有 IV 族合金的反向多结太阳能电池

(57) 摘要

本发明涉及一种制造太阳能电池的方法, 其包括提供生长衬底; 在所述生长衬底上沉积形成太阳能电池的半导体材料层的序列, 其包含由 III-V 族合金构成的至少一个子电池以及由 IV 族合金(例如 GeSiSn) 构成的至少一个子电池; 及移除所述半导体衬底。



1. 一种制造太阳能电池的方法,其包括:
提供半导体生长衬底;
在所述半导体生长衬底上沉积 III-V 族化合物半导体材料的层的序列以形成至少一个 III-V 族子电池;
在所述至少一个 III-V 族子电池上沉积一层或更多层的 IV 族合金以形成一个或多个 IV 族子电池,所述 IV 族子电池具有由 IV 族合金组成的发射极层和 / 或基极层;及
移除所述半导体生长衬底。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述 IV 族合金为 GeSiSn。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述 GeSiSn 子电池具有介于 0.73eV 到 1.2eV 范围中的带隙。
4. 如权利要求 3 所述的方法,其中所述太阳能电池进一步包括在所述 GeSiSn 子电池上方沉积由锗构成的子电池。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述一个或多个 IV 族子电池包含具有介于 0.91eV 到 0.95eV 范围中的带隙的第一 GeSiSn 子电池及具有介于 1.13eV 到 1.24eV 范围中的带隙的第二 GeSiSn 子电池。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述沉积 III-V 族化合物半导体材料的层的序列的步骤包含:在所述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方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;及在所述第二太阳能子电池上方形成具有小于所述第二带隙的第三带隙的第三太阳能子电池。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其进一步包括形成具有小于所述第三带隙的第四带隙的第四太阳能子电池,其与所述第三太阳能子电池晶格匹配。
8. 如权利要求 7 所述的方法,其进一步包括在所述第四太阳能子电池上方形成具有小于所述第四带隙的第五带隙的第五太阳能子电池。
9. 如权利要求 8 所述的方法,其进一步包括在所述第五太阳能子电池上方形成具有小于所述第五带隙的第六带隙的第六太阳能子电池。
10. 如权利要求 9 所述的方法,其进一步包括在所述第六太阳能子电池上方形成具有小于所述第六带隙的第七带隙的第七太阳能子电池。
11. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括在所述一个或多个 IV 族子电池上方施加接合层且将替代衬底附接到所述接合层。
12. 如权利要求 11 所述的方法,其中在已附接所述替代衬底之后通过磨削、蚀刻或外延剥离移除所述半导体衬底。
13. 如权利要求 1 所述的方法,其中从由 GaAs 及 Ge 组成的群组中选择所述半导体生长衬底。
14. 如权利要求 6 所述的方法,其中所述第一太阳能子电池由 InGa(Al)P 发射极区域及 InGa(Al)P 基极区域构成;所述第二太阳能子电池由 GaAs、InGaAsP 或 InGaP 构成;且所述第三太阳能子电池由 InGaP 或 GaAs 构成。
15. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述第四太阳能子电池由 Ge、GeSiSn 或 GaAs 构成。
16. 如权利要求 8 所述的方法,其中所述第五太阳能子电池由 Ge 或 GeSiSn 构成。
17. 如权利要求 1 所述的方法,其中通过将 As 及 / 或 P 扩散到所述 IV 族合金层中而在

所述 IV 族合金中形成结以形成光伏打子电池。

18. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括在邻近于由 IV 族合金构成的所述子电池处形成由所述 IV 族合金构成的窗口及 BSF 层。

19. 一种制造太阳能电池的方法,其包括:

提供半导体生长衬底;

在所述半导体生长衬底上沉积形成 III-V 族化合物半导体材料的层的序列以形成至少一个 III-V 族子电池;

在所述至少一个 III-V 族子电池上沉积由 GeSiSn 构成的至少一个层及生长在所述 GeSiSn 层上方由 Ge 构成的一个层;

在所述序列的层上方施加金属接触层;及

直接在所述金属接触层上方施加支撑部件。

20. 一种多结太阳能电池,其包括:

第一太阳能子电池,其由 InGaP 或 InGaAlP 构成且具有第一带隙;

第二太阳能子电池,其由 GaAs、InGaAsP 或 InGaP 构成且安置在所述第一太阳能子电池上方,所述第二太阳能子电池具有小于所述第一带隙的第二带隙且与所述第一太阳能子电池晶格匹配;及

第三太阳能子电池,其具有发射极层和 / 或基极层,由 GeSiSn 构成且安置在所述第二太阳能子电池上方,所述第三太阳能子电池具有小于所述第二带隙的第三带隙且相对于所述第二子电池晶格匹配。

具有 IV 族合金的反向多结太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体装置的领域及其制作工艺及装置,例如基于 III-V 族和 IV 族合金半导体化合物(如 GeSiSn)的多结太阳能电池。

背景技术

[0002] 已主要通过硅半导体技术提供来自光伏打电池(也称作太阳能电池)的太阳能电力。然而,在过去几年中,大量制造用于太空应用的 III-V 族化合物半导体多结太阳能电池已加速不仅用于太空中而且用于陆地太阳能应用的此技术的发展。与硅相比,尽管 III-V 族化合物半导体多结装置往往制造起来更复杂,但其具有更高的能量转换效率且通常更抗辐照。典型的商用 III-V 族化合物半导体多结太阳能电池在一个太阳、0 气团(AM0)照明条件下具有超过 27% 的能量效率,而即使是最有效的硅技术在相当的条件通常仅达到约 18% 的效率。在高太阳能会聚(例如,500 倍)的情况下,陆地应用(AM 处于 1.5D)中的市场可购得 III-V 族化合物半导体多结太阳能电池具有超过 37% 的能量效率。与硅太阳能电池相比,III-V 族化合物半导体太阳能电池的较高转换效率部分地基于能够实现通过使用具有不同带隙能量的多个光伏打区域进行对入射辐照的光谱分离且积累来自所述区域中的每一者的电流。

[0003] 在卫星及其它太空相关的应用中,卫星电力系统的大小、质量及成本依赖于所使用的太阳能电池的功率及能量转换效率。换句话说,有效负载的大小及机载服务的可用性与所提供的功率量成比例。因此,随着有效负载变得更加成熟,太阳能电池的功率对重量比变得越来越重要,且越发关注具有高效率及低质量的重量较轻、“薄膜”型太阳能电池。

[0004] 典型的 III-V 族化合物半导体太阳能电池以垂直、多结结构制作于半导体晶片上。然后,将个别太阳能电池或晶片安置成水平阵列,其中个别太阳能电池以串联电路方式连接在一起。阵列的形状及结构以及其包含的电池数目部分地取决于所需要的输出电压及电流。

[0005] 反向生长工艺(例如,在例如 M.W. 万拉斯(M.W. Wanlass)等人的“用于高性能 III-V 族光伏打能量转换器的晶格失配方法”(2005 年 IEEE 出版社,2005 年 1 月 3-7 日召开的第 31 届 IEEE 光伏打专家会议的会议学报)中所述的基于 III-V 族化合物半导体层的反向变质多结太阳能电池结构的制作中所例示)提出了发展未来商用高效率太阳能电池的重要概念性起点。

发明内容

[0006] 简要且概括地,本发明提供一种制造太阳能电池的方法,其包括:提供生长衬底;在所述生长衬底上提供包含形成太阳能电池的 III-V 族合金以及 IV 族合金的半导体材料层的序列;及移除所述半导体衬底。

[0007] 在另一方面中,本发明提供一种制造太阳能电池的方法,其包括:提供半导体生长衬底;在所述半导体生长衬底上沉积形成太阳能电池的半导体材料层的序列,其包含由

GeSiSn 构成的至少一个层及生长在所述 GeSiSn 层上方由 Ge 构成的一个层 ; 在所述序列的层上方施加金属接触层 ; 及直接在所述金属接触层上方施加支撑部件。

[0008] 在另一方面中, 本发明提供一种多结太阳能电池, 其包含 : 由 InGaP 或 InGaAlP 构成且具有第一带隙的第一太阳能子电池 ; 由 GaAs、InGaAsP 或 InGaP 构成且安置在所述第一太阳能子电池上方的第二太阳能子电池, 其具有小于所述第一带隙的第二带隙且与所述第一太阳能子电池晶格匹配 ; 及由 GeSiSn 构成且安置在所述第二太阳能子电池上方的第三太阳能子电池, 其具有小于所述第二带隙的第三带隙且相对于所述第二子电池晶格匹配。

[0009] 本发明的一些实施方案可并入或实施上述发明内容中所述的各个方面及特征中的数者。

[0010] 依据本发明(包含下文详细说明)及通过实践本发明, 所属领域的技术人员将明了本发明的另外方面、优点及新颖特征。虽然下文参照优选实施例来描述本发明, 但应了解, 本发明并不限于此。所属领域的技术人员通过阅读本文中的教导将会认识到本发明在其它领域中的另外应用、修改及实施例, 这些应用、修改及实施例均属于本文所揭示并请求的发明范围内且本发明对于这些应用、修改及实施例可具有实用性。

附图说明

[0011] 结合附图考虑并参照以下详细说明将更好且更全面地理解本发明, 附图中 :

[0012] 图 1 是表示某些二进制材料的带隙及其晶格常数的图表 ;

[0013] 图 2A 是根据本发明第一实施例的在生长衬底上沉积半导体层之后的本发明太阳能电池的横截面视图 ;

[0014] 图 2B 是根据本发明第二实施例本发明太阳能电池在生长衬底上沉积半导体层之后的横截面视图 ;

[0015] 图 2C 是根据本发明第三实施例本发明太阳能电池在生长衬底上沉积半导体层之后的横截面视图 ;

[0016] 图 2D 是根据本发明第四实施例本发明太阳能电池在生长衬底上沉积半导体层之后的横截面视图 ;

[0017] 图 2E 是根据本发明第五实施例本发明太阳能电池在生长衬底上沉积半导体层之后的横截面视图 ;

[0018] 图 3 是图 2 的太阳能电池在于“底部”太阳能子电池上方沉积 BSF 层的下一工艺步骤后的高度简化横截面视图 ;

[0019] 图 4 是图 3 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图 ;

[0020] 图 5 是图 4 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图, 在所述下一工艺步骤中附接替代衬底 ;

[0021] 图 6A 是图 5 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图, 在所述下一工艺步骤中移除原始衬底 ;

[0022] 图 6B 是图 6A 的替代衬底在图式的底部的太阳能电池的另一横截面视图 ;

[0023] 图 7 是图 6B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图 ;

[0024] 图 8 是图 7 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图 ;

[0025] 图 9 是图 8 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图 ;

- [0026] 图 10A 是在其中制作四个太阳能电池的晶片的俯视平面图；
- [0027] 图 10B 是图 10A 的晶片的仰视平面图；
- [0028] 图 10C 是在其中制作有两个太阳能电池的晶片的俯视平面视图；
- [0029] 图 11 是图 9 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0030] 图 12A 是图 11 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0031] 图 12B 是图 12A 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0032] 图 13A 是图 10A 的晶片的俯视平面图，其描绘在图 12B 中所描绘的工艺步骤之后在电池周围蚀刻的沟槽的表面视图；
- [0033] 图 13B 是图 10C 的晶片的俯视平面图，其描绘在图 12B 中所描绘的工艺步骤之后在电池周围蚀刻的沟槽的表面视图；
- [0034] 图 14A 是本发明第一实施例中图 12B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0035] 图 14B 是本发明第二实施例中图 12B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0036] 图 14C 是图 14A 的太阳能电池在移除替代衬底的下一工艺步骤之后的横截面视图；
- [0037] 图 15 是在本发明第三实施例中图 14B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图；及
- [0038] 图 16 是根据本发明的太阳能电池中子电池的基极层及发射极层的掺杂分布的图表。

具体实施方式

[0039] 现在将描述本发明的细节，包含其实例性方面及实施例。参照图式及下文说明，相同的参考编号用于识别相同或功能上相似的元件，且打算以高度简化的图示方式图解说明实例性实施例的主要特征。此外，这些图式既不打算描绘实际实施例的每一特征，也不打算描绘所描绘元件的相对尺寸，且这些图式并非按比例绘制。

[0040] 制作反向多结太阳能电池的基本概念是在衬底上以“逆向”顺序生长太阳能电池的子电池。即，首先直接在半导体生长衬底（例如砷化镓或锗）上外延生长通常将为面向太阳辐照的“顶部”子电池的高带隙子电池（即，具有介于 1.8 到 2.1eV 范围中的带隙的子电池），且此类子电池因此与此衬底晶格匹配。然后，可在高带隙子电池上生长一个或一个以上较低带隙中间子电池（即，具有介于 1.2 到 1.8eV 范围中的带隙）。

[0041] 在中间子电池上方形成至少一个较低子电池，以使得所述至少一个较低子电池相对于生长衬底大致晶格匹配且以使得所述至少一个较低子电池具有第三较低带隙（即，介于 0.7 到 1.2eV 范围中的带隙）。然后，将替代衬底或支撑结构附接到“底部”或较低子电池或在所述“底部”或较低子电池上方提供替代衬底或支撑结构，且随后移除生长半导体衬底。（然后所述生长衬底可再用于第二及后续太阳能电池的生长）。

[0042] 称为反向变质多结太阳能电池的反向多结太阳能电池类型的各种不同特征及方面揭示于第 12/401,189 号美国专利申请案及所述申请案中所述的相关申请案中。此类特征中的一些特征或所有特征可包含在与本发明太阳能电池相关联的结构及工艺中。

[0043] 半导体结构中的层的晶格常数及电特性优选地通过规定适当反应器生长温度及时间且通过使用适当化学组成及掺杂剂来控制。使用气相沉积方法(例如,有机金属气相外延(OMVPE)、金属有机化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)或用于逆向生长的其它气相沉积方法)可使单块半导体结构中形成电池的层能够生长为具有所需厚度、元素组成、掺杂剂浓度及粒度和传导性类型。

[0044] 图 2A 描绘在 GaAs 生长衬底上按序形成三个子电池 A、B 及 C 之后的根据本发明第一实施例的多结太阳能电池。更特定来说,图中显示衬底 101,其优选地为砷化镓(GaAs),但也可可为锗(Ge)或其它适合的材料。对于 GaAs 来说,衬底优选地为 15° 切余衬底,即,其表面朝向(111)A 平面偏离(100)平面 15° 定向,如 2008 年 3 月 13 日提出申请的第 12/047,944 号美国专利申请案中更全面地描述。也可使用其它替代生长衬底(例如,2008 年 12 月 17 日提出申请的第 12/337,014 号美国专利申请案中所述)。

[0045] 在 Ge 衬底的情况下,在衬底 101 上直接沉积成核层(未显示)。在衬底上,或在成核层上方(在 Ge 衬底的情况下),进一步沉积缓冲层 102 及蚀刻停止层 103。在 GaAs 衬底的情况下,缓冲层 102 优选地为 GaAs。在 Ge 衬底的情况下,缓冲层 102 优选地为 InGaAs。然后在层 103 上沉积 GaAs 接触层 104,并在所述接触层上沉积 n+ 型 AlInP 窗口层 105。然后,在窗口层 105 上外延沉积由 n+ 发射极层 106 及 p- 型基极层 107 构成的子电池 A。子电池 A 通常与生长衬底 101 晶格匹配。

[0046] 应注意,多结太阳能电池结构可由周期表中所列的 III 到 V 族元素的满足晶格常数及带隙要求的任何适当组合形成,其中 III 族包含硼(B)、铝(Al)、镓(Ga)、铟(In)及铊(T)。所述 IV 族包含碳(C)、硅(Si)、锗(Ge)及锡(Sn)。所述 V 族包含氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)及铋(Bi)。

[0047] 在一个优选实施例中,发射极层 106 由 InGa(Al)P 构成且基极层 107 由 InGa(Al)P 构成。前述式中括号内的铝或 Al 项意指 Al 是可选成分,且在本发明各种实施例中的此示例中可以从 0% 到 30% 范围的量使用。将结合图 16 来论述根据本发明一个实施例的发射极层及基极层 106 及 107 的掺杂分布。

[0048] 在完成上文将描述的根据本发明的工艺步骤之后,子电池 A 将最终变成反向多结结构的“顶部”子电池。

[0049] 在基极层 107 顶部上,沉积背表面场(“BSF”)层 108 (优选地 p+AlGaInP)且使用所述层来减少复合损失。

[0050] BSF 层 108 从基极 /BSF 界面附近的区域驱动少数载流子,以使复合损失效应最小化。换句话说,BSF 层 108 减少太阳能子电池 A 背侧处的复合损失且从而减少基极中的复合。

[0051] 在 BSF 层 108 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 A 连接到子电池 B 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 109a 及 109b 的序列。层 109a 优选地由 p++AlGaAs 构成,且层 109b 优选地由 n++InGaP 构成。

[0052] 在隧道二极管层 109 的顶部上,沉积窗口层 110,其优选地为 n+InGaP,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 B 中所使用的窗口层 110 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0053] 在窗口层 110 的顶部上,沉积子电池 B 的各个层:n+ 型发射极层 111 及 p 型基极层 112。这些层优选地分别由 InGaP 及 GaAs 构成(针对 GaAs 衬底),但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。因此,在其它实施例中,子电池 B 可分别由 GaAs、GaInP、GaInAs、GaAsSb 或 GaInAsN 发射极区域及 GaAs、GaInAs、GaAsSb 或 GaInAsN 基极区域构成。将结合图 16 论述根据本发明的各种实施例中的层 111 及 112 的掺杂分布。

[0054] 在本发明的一些实施例中,类似于第 12/023,772 号美国专利申请案中所揭示的结构,中间子电池可以是具有 InGaP 发射极的异质结构且其窗口从 InAlP 转换成 InGaP。此修改可消除中间子电池的窗口/发射极界面处的折射率不连续性。而且,在一些实施例中,窗口层 110 可优选地比发射极 111 更多地被掺杂以使费密能级向上移动到靠近传导带,且因此在窗口/发射极界面处形成带弯曲,从而导致将少数载流子限定在发射极层。

[0055] 在本发明优选实施例中的一者中,中间子电池发射极具有等于顶部子电池发射极的带隙,且底部子电池发射极具有大于中间子电池基极带隙的带隙。因此,在制作完太阳能电池并实施及操作之后,中间子电池 B 和底部子电池 C 的发射极都将不会暴露于可吸收辐照。

[0056] 在电池 B 及 C 的基极中将吸收表示可吸收辐照的大致所有光子,所述基极具有比发射极窄的带隙。因此,使用异质结子电池的优点是:(i) 将改进两个子电池的短波长响应,及(ii)在较窄带隙基极中更有效地吸收及收集大部分辐照。所述效应将增加短路电流 J_{sc} 。

[0057] 在基极层 112 上方,沉积 BSF 层 113,其优选地为 p+ 型 AlGaAs。BSF 层 113 与 BSF 层 108 执行相同功能。

[0058] 在 BSF 层 113 上方分别沉积类似于层 109a/109b 的 p++/n++ 隧道二极管层 114a 及 114b,其形成将子电池 B 连接到子电池 C 的欧姆电路元件。层 114a 优选地由 p++GeSiSn 构成且层 114b 优选地由 n++GeSiSn 构成。

[0059] 然后,在隧道二极管层 114b 上方沉积优选地由 n+ 型 GeSiSn 构成的窗口层 115。此窗口层操作以减少子电池 C 中的复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明范围的前提下在电池结构中添加或删除额外层。

[0060] 在窗口层 115 的顶部上,沉积子电池 C 的各个层:n+ 发射极层 116 及 p 型基极层 117。这些层优选地分别由 n+ 型 GeSiSn 及 p 型 GeSiSn 构成,或对于异质结子电池来说分别由 n+ 型及 p 型构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求一致的其它适合材料。在子电池 C 中形成结可通过将 As 及 P 扩散到 GeSiSn 层中来实施。将结合图 16 论述层 116 及 117 的掺杂分布。

[0061] 第一实施例中的所述序列的太阳能子电池的带隙优选地大约为:对于顶部子电池 A 为 1.85eV,对于子电池 B 为 1.42eV 且对于子电池 C 为 1.03eV。

[0062] 如将结合图 3 论述,在子电池 C 的基极层 117 顶部上沉积 BSF 层(优选地由 p+ 型 GeSiSn 构成),所述 BSF 层与 BSF 层 108 及 113 执行相同功能。

[0063] 将以对图 3 及后续图的说明为开始来描述对制作图 2A 实施例中的太阳能电池的后续处理步骤的说明。同时,将描述多结太阳能电池半导体结构的其它实施例。

[0064] 图 2B 描绘在 GaAs 衬底上按序形成四个子电池 A、B、C 及 D 之后的本发明第二实施例的多结太阳能电池。更特定来说,图中显示衬底 101,其优选地为砷化镓(GaAs),但也可

为锗(Ge)或其它适合的材料。对于GaAs来说,衬底优选地为15°切余的衬底,即,其表面朝向(111)A平面偏离(100)平面15°定向,如2008年3月13日提出申请的第12/047,944号美国专利申请案中更全面地描述。也可使用其它替代生长衬底,例如,2008年12月17日提出申请的第12/337,014号美国专利申请案中所述。

[0065] 图2B的实施例中的层101到117的组成类似于图2A的实施例中所描述的那些层的组成,但可具有不同的元素组成或掺杂剂浓度,且此处将不进行重复。

[0066] 在图2B的实施例中,在子电池C的基极层117顶部上沉积优选地由p+型GeSiSn构成的BSF层118,所述BSF层与BSF层108及113执行相同功能。

[0067] 在BSF层118上方分别沉积类似于层109a/109b及114a/114b的p++/n++隧道二极管层119a及119b,其形成将子电池C连接到子电池D的欧姆电路元件。层119a优选地由p++GeSiSn构成,且层119b优选地由n++GeSiSn构成。

[0068] 然后,在隧道二极管层119b上方沉积优选地由n+型GeSiSn构成的窗口层120。此窗口层操作以减少子电池D中的复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明范围的前提下在电池结构中添加或删除额外层。

[0069] 在窗口层120顶部上,沉积子电池D的各个层:n+发射极层121及p型基极层122。这些层优选地分别由n+型Ge及p型Ge构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的其它适合材料。在子电池C中形成结可通过将As及P扩散到GeSiSn层中来实施。将结合图16论述一个实施例中的层121及122的掺杂分布。

[0070] 如将结合图3论述,然后,在子电池D的顶部上沉积优选地由p+型GeSiSn构成的BSF层123,所述BSF层与BSF层108、113及118执行相同功能。

[0071] 第二实施例中的所述序列的太阳能子电池的带隙优选地大约为:对于顶部子电池A为1.85eV,对于子电池B为1.42eV,对于子电池C为1.03eV且对于顶部子电池D为0.73eV。

[0072] 将以对图3及后续图的说明为开始来描述对制作图2B的实施例中的太阳能电池的后续处理步骤的说明。同时,将描述多结太阳能电池半导体结构的其它实施例。

[0073] 图2C描绘在GaAs生长衬底上按序形成五个子电池A、B、C、D及E之后的根据本发明另一实施例的多结太阳能电池。更特定来说,图中显示衬底101,其优选地为砷化镓(GaAs),但也可为锗(Ge)或其它适合的材料。

[0074] 衬底101到层105且层114a到123的组成及说明大致类似于结合图2B的实施例所述的那些层,但其具有不同的元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙,且此处不需进行重复。特定来说,在图2C的实施例中,子电池A的带隙可大约为2.05eV,且子电池B的带隙可大约为1.6eV。

[0075] 转至图2C中所描绘的实施例,在窗口层105的顶部上,沉积子电池A的各个层:n+发射极层106a及p型基极层107a。这些层优选地分别由n+型InGaAlP及p型InGaAlP构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的其它适合材料。子电池A优选地具有大约为2.05eV的带隙。

[0076] 在基极层107a的顶部上沉积优选地为p+AlGaInP的背表面场(“BSF”)层108且所述层用于减少复合损失。

[0077] BSF层108从基极/BSF界面附近的区域驱动少数载流子,以使复合损失效应最小

化。换句话说,BSF 层 108 减少太阳能子电池 A 背侧处的复合损失且从而减少基极中的复合。

[0078] 在 BSF 层 108 顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 A 连接到子电池 B 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 109c 及 109d 的序列。层 109c 优选地由 p++AlGaAs 构成,且层 109d 优选地由 n++(Al) InGaP 构成。

[0079] 在隧道二极管层 109c/109d 的顶部上,沉积窗口层 110,其优选地为 n+InGaP,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 B 中所使用的窗口层 110 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0080] 在窗口层 110 的顶部上,沉积子电池 B 的各个层:n+ 型发射极层 111a 及 p 型基极层 112a。这些层优选地分别由 InGaAsP 及 InGaAsP 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 B 优选地具有大约为 1.6eV 的带隙。将结合图 16 论述一个实施例中的发射极层及基极层的掺杂分布。

[0081] 在基极层 112a 的顶部上,沉积优选地为 p+InGaAs 的背表面场(“BSF”)层 113a 且所述层用于减少复合损失。

[0082] 在 BSF 层 113a 的顶部上,沉积形成隧道二极管的重掺杂 p 型及 n 型层 114a 及 114b 的序列。层 114a 到 123 大致类似于结合图 2B 的实施例所述的那些层,但具有不同的元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙。此实施例中的所述序列的太阳能子电池 C 及 D 的带隙优选地大约为:对于子电池 C 为 1.24eV 且对于子电池 D 为 0.95eV。

[0083] 在子电池 D 的基极层 122 的顶部上,沉积优选地为 p+GeSiSn 的背表面场(“BSF”)层 123,且所述层用于减少复合损失。

[0084] 在 BSF 层 123 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 D 连接到子电池 E 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 124a 及 124b 的序列。层 124a 优选地由 p++GeSiSn 构成,且层 124b 优选地由 n++GeSiSn 构成。

[0085] 在隧道二极管层 124a/124b 的顶部上,沉积窗口层 125,其优选地为 n+GeSiSn,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 E 中所使用的窗口层 125 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0086] 在窗口层 125 的顶部上,沉积子电池 E 的各个层:n+ 型发射极层 126 及 p 型基极层 127。这些层优选地由 Ge 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。在子电池 E 中形成结可通过将 As 及 P 扩散到 Ge 层中来实施。将结合图 16 论述一个实施例中的层 126 及 127 的掺杂分布。子电池 E 优选地具有大约为 0.73eV 的带隙。

[0087] 如将结合图 3 论述,然后在子电池 E 的顶部上沉积优选地由 p+ 型 GeSiSn 构成的 BSF 层 128,所述 BSF 层与 BSF 层 108、113a、118 及 123 执行相同功能。

[0088] 此实施例中的所述序列的太阳能子电池的带隙优选地大约为:对于顶部子电池 A 为 2.05eV,对于子电池 B 为 1.6eV 且对于子电池 C 为 1.24eV、对于子电池 D 为 0.95eV 且对于子电池 E 为 0.73eV。

[0089] 将对图 3 及后续图的说明为开始来描述对制作图 2C 的实施例中的太阳能电池的后续处理步骤的说明。同时,将描述多结太阳能电池半导体结构的其它实施例。

[0090] 图 2D 描绘在 GaAs 生长衬底上按序形成六个子电池 A、B、C、D、E 及 F 之后的根据本发明另一实施例的多结太阳能电池。更特定来说,图中显示衬底 101,其优选地为砷化镓(GaAs),但也可为锗(Ge)或其它适合的材料。

[0091] 衬底 101 和层 102 到 110 及层 120 到 128 的组成及描述大致类似于结合图 2C 的实施例所述的那些层,但具有不同元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙,且此处不需进行重复。

[0092] 转至图 2D 中所描绘的实施例,在窗口层 110 的顶部上,沉积子电池 B 的各个层:n+型发射极层 111b 及 p 型基极层 112b。这些层优选地分别由 n+ 型 InGaP 及 p 型 InGaP 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 B 优选地具有大约为 1.74eV 的带隙。

[0093] 在基极层 112b 的顶部上,沉积优选地为 p+AlGaAs 的背表面场(“BSF”)层 113b,且所述层用于减少复合损失。

[0094] 在 BSF 层 113b 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 B 连接到子电池 C 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 114c 及 114d 的序列。层 114c 优选地由 p++AlGaAs 构成,且层 114d 优选地由 n++AlGaInP 构成。

[0095] 在隧道二极管层 114c/114d 的顶部上,沉积窗口层 115a,其优选地为 n+InAlP,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 C 中所使用的窗口层 115a 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0096] 在窗口层 115a 的顶部上,沉积子电池 C 的各个层:n+ 型发射极层 116a 及 p 型基极层 117a。这些层优选地分别由 n+ 型 InGaAsP 及 p 型 InGaAsP 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 C 优选地具有大约为 1.42eV 的带隙。

[0097] 在基极层 117a 的顶部上,沉积优选地为 p+AlGaAs 的背表面场(“BSF”)层 118a,且所述层用于减少复合损失。

[0098] 在 BSF 层 118a 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 C 连接到子电池 D 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 119c 及 119d 的序列。层 119c 优选地由 p++AlGaAs 或 GeSiSn 构成,且层 119d 优选地由 n++GaAs 或 GeSiSn 构成。

[0099] 在隧道二极管层 119c/119d 的顶部上,沉积窗口层 120,其优选地为 n+GeSiSn,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 D 中所使用的窗口层 120 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。如上文所述,层 120 到 128 大致类似于结合图 2C 的实施例所述的那些层,但其具有不同的元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙,且此处不需进行重复。因此,在此实施例中,子电池 D 优选地具有大约为 1.13eV 的带隙,且子电池 E 优选地具有大约为 0.91eV 的带隙。

[0100] 在由 p 型 GeSiSn 构成的 BSF 层 128 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 E 连接到子电池 F 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 129a 及 129b 的序列。层 129a 优选地由 p++GeSiSn 构成且层 129b 优选地由 n++GeSiSn 构成。

[0101] 在隧道二极管层 129a/129b 的顶部上,沉积窗口层 130,其优选地为 n+GeSiSn,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 F 中所使用的窗口层 130 操作以减少界面复合损

失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0102] 在窗口层 130 的顶部上,沉积子电池 F 的各个层:n+ 型发射极层 131 及 p 型基极层 132。这些层优选地分别由 n+ 型 Ge 及 p 型 Ge 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 F 优选地具有大约为 0.7eV 的带隙。将结合图 16 论述一个实施例中的发射极及基极层的掺杂分布。

[0103] 如将结合图 3 论述,然后在子电池 F 的顶部上沉积优选地由 p+ 型 GeSiSn 构成的 BSF 层 133,所述 BSF 层与 BSF 层 108、113a、118、123 及 128 执行相同的功能。

[0104] 此实施例中的所述序列的太阳能子电池的带隙优选地大约为:对于顶部子电池 A 为 2.15eV,对于子电池 B 为 1.74eV,且对于子电池 C 为 1.42eV,对于子电池 D 为 1.13eV,对于子电池 E 为 0.91eV,且对于子电池 F 为 0.7。

[0105] 将以对图 3 及后续图的说明为开始来描述对制作图 2D 的实施例中的太阳能电池的后续处理步骤的说明。同时,将描述多结太阳能电池半导体结构的再一个实施例。

[0106] 图 2E 描绘在 GaAs 生长衬底上按序形成七个子电池 A、B、C、D、E、F 及 G 之后的根据本发明另一实施例的多结太阳能电池。更特定来说,图中显示衬底 101,其优选地为砷化镓(GaAs),但也可为锗(Ge)或其它适合的材料。

[0107] 衬底 101 和层 102 到 118a 及层 125 到 133 的组成及说明大致类似于结合图 2D 的实施例所述的那些层,但其具有不同的元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙,且此处不需进行重复。特定来说,在图 2E 的实施例中,子电池 C 的带隙可大约为 1.6eV,且在所述序列的层 125 到 133 中,子电池 E 的带隙可大约为 1.13eV,且子电池 F 的带隙可大约为 0.91eV。

[0108] 转至图 2E 中所描绘的实施例,在由 AlGaAs 构成的 BSF 层 118a 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 C 连接到子电池 D 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 119e 及 119f 的序列。层 119e 优选地由 p++AlGaAs 构成且层 119f 优选地由 n++InGaP 构成。

[0109] 在隧道二极管层 119e/119f 的顶部上,沉积窗口层 120a,其优选地为 n+InAlP,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 D 中所使用的窗口层 120a 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0110] 在窗口层 120a 的顶部上,沉积子电池 D 的各个层:n+ 型发射极层 121a 及 p 型基极层 122a。这些层优选地分别由 n+ 型 GaAs 及 p 型 GaAs 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 D 优选地具有大约为 1.42eV 的带隙。

[0111] 在基极层 122a 的顶部上,沉积优选地为 p+AlGaAs 的背表面场(“BSF”)层 123a,且所述层用于减少复合损失。

[0112] 在 BSF 层 123a 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 D 连接到子电池 E 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 124c 及 124d 的序列。层 124c 优选地由 p++GeSiSn 或 AlGaAs 构成,且层 124d 优选地由 n++GeSiSn 或 GaAs 构成。

[0113] 在隧道二极管层 129d/129e 的顶部上,沉积窗口层 130,其由 n+ 型 GeSiSn 构成。如上文所述,层 125 到 133 大致类似于结合图 2D 的实施例所述的那些层,但其具有不同的元素组成或掺杂剂浓度以导致不同的带隙,且此处不需进行重复。因此,在此实施例中,子

电池 E 优选地具有大约为 1.13eV 的带隙,且子电池 F 优选地具有大约为 0.91eV 的带隙。

[0114] 再次转到图 2E 中所描绘的实施例,在由 GeSiSn 构成的 BSF 层 133 的顶部上,沉积形成隧道二极管(即,将子电池 F 连接到子电池 G 的欧姆电路元件)的重掺杂 p 型及 n 型层 134a 及 134b 的序列。层 134a 优选地由 p++GeSiSn 构成且层 134b 优选地由 n++GeSiSn 构成。

[0115] 在隧道二极管层 134a/134b 的顶部上,沉积窗口层 135,其优选地为 n+GeSiSn,但也可使用其它材料。更大体来说,子电池 G 中所使用的窗口层 135 操作以减少界面复合损失。所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0116] 在窗口层 135 的顶部上,沉积子电池 G 的各个层:n+ 型发射极层 136 及 p 型基极层 137。这些层优选地分别由 n+ 型 GeSiSn 及 p 型 GeSiSn 构成,但也可使用与晶格常数及带隙要求相一致的任何其它适合材料。子电池 G 优选地具有大约为 0.73eV 的带隙。将结合图 16 论述一个实施例中的发射极层及基极层的掺杂分布。

[0117] 图 3 是图 2A、2B、2C、2D 或 2E 的实施例中的任一者的太阳能电池结构的高度简化横截面视图,其描绘太阳能电池结构的顶部 BSF 层,在此图 3 及后续图中所述顶部 BSF 层被重新标示为沉积在最后沉积的子电池的基极层上方的 BSF 层 146。因此,BSF 层 146 表示分别结合图 2A、2B、2C、2D 或 2E 所描绘且描述的 BSF 层 118、123、128、133 或 138。

[0118] 图 4 是图 3 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,在 BSF 层 146 上沉积优选地由适合的 p++ 型材料构成的高带隙接触层 147。沉积在多结光伏打电池中的最低带隙光伏打子电池的底部(未被照明)侧上的此接触层 147 可经适当调配以减少对穿过所述电池的光的吸收,以使得(i)所述接触层下面(即,朝向未被照明侧)的随后所沉积的欧姆金属接触层也将充当反射镜层,且(ii)接触层不必选择性地被蚀刻掉来防止在所述层中的吸收。

[0119] 所属领域的技术人员应明了,可在不背离本发明的范围的前提下在所述电池结构中添加或删除一个或多个额外层。

[0120] 图 4 进一步描绘其中在 p++ 半导体接触层 147 上方沉积金属接触层 148 的下一工艺步骤。所述金属优选地为金属层 Ti/Au/Ag/Au 或 Ti/Pd/Ag 的序列,但也可使用其它适合序列及材料。

[0121] 所选取的金属接触方案是在用以激活欧姆接触的热处理之后具有与半导体的平坦界面的金属接触方案。执行此操作以使得(i)不必在金属接触区中沉积并选择性地蚀刻将金属与半导体分离的介电层;及(ii)所述接触层在所关注波长范围中发生镜面反射。

[0122] 图 5 是图 4 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,在金属接触层 148 上方沉积接合层 149。在本发明的一个实施例中,接合层 149 为粘合剂,优选地为 Wafer Bond (由美国密苏里州罗拉市的布鲁尔科技有限公司(Brewer Science, Inc.)制造),但也可使用其它适合接合材料。

[0123] 在下一工艺步骤中,在接合层上方附接替代衬底 150,优选地为蓝宝石。另一选择是,替代衬底可以为 GaAs、Ge 或 Si 或其它适合材料。替代衬底 150 优选地厚度约为 40 密耳,且在将其中将要移除替代衬底的实施例的情况下,其打有间隔为 4mm、直径约为 1mm 的孔,以有助于随后移除粘合剂及衬底。

[0124] 图 6A 是图 5 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中通过研磨、磨削及 / 或蚀刻步骤的序列(其中移除衬底 101 及缓冲层 102)来移除原始衬底。特定蚀刻剂的选取相依赖于生长衬底。在一些实施例中,可通过外延剥离工艺移除衬底 101,例如 2009 年 2 月 9 日提出申请的第 12/367,991 号美国专利申请案,且所述申请案以引用的方式并入本文中。

[0125] 图 6B 是图 6A 的具有替代衬底 150 在图的底部的定向的太阳能电池的横截面视图。此应用中的后续图将采取所述定向。

[0126] 图 7 是图 6B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中蚀刻停止层 103 通过 HCl/H₂O 溶液移除。

[0127] 图 8 是图 7 的太阳能电池在下一工艺步骤的序列之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤的序列中,将光致抗蚀剂层(未显示)置于半导体接触层 104 上方。借助掩模以光刻方式图案化光致抗蚀剂层以形成栅格线 501 的位置,移除光致抗蚀剂层的其中将要形成栅格线的部分,且然后通过蒸气或类似工艺将金属接触层既沉积到光致抗蚀剂层上方又沉积到光致抗蚀剂层中的其中将要形成栅格线的开口中。然后,剥离覆盖接触层 104 的光致抗蚀剂层部分以留下完成的金属栅格线 501,如图中所描绘。如在 2008 年 7 月 18 日提出申请的第 12/218,582 号美国专利申请案(其以引用方式并入本文中)中更全面地描述,栅格线 501 优选地由层 Pd/Ge/Ti/Pd/Au 的序列构成,但也可使用其它适合序列及材料。

[0128] 图 9 是图 8 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中将所述栅格线 501 用作掩膜来使用柠檬酸 / 过氧化物蚀刻混合物向下蚀刻所述表面到达窗口层 105。

[0129] 图 10A 是在其中实施四个太阳能电池的 100mm(或 4 英寸)晶片的俯视平面图。对四个电池的描绘仅出于说明的目的,且本发明并不限于每一晶片的任何特定电池数目。

[0130] 在每一电池中,存在栅格线 501(更具体地显示于图 9 的横截面图中)、互连总线 502 及接触垫 503。栅格线及总线以及接触垫的几何形状及数目为说明性的,且本发明并不限于所图解说明的实施例。

[0131] 图 10B 是图 10A 的晶片的仰视平面图。

[0132] 图 10C 是在其中实施两个太阳能电池的 100mm(或 4 英寸)晶片的俯视平面图。在一些实施例中,每一太阳能电池具有大约为 26.3cm² 的面积。

[0133] 图 11 是图 9 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中在晶片的具有栅格线 501 的“顶部”侧的整个表面上方施加抗反射(ARC)电介质涂布层 160。

[0134] 图 12A 是图 11 的太阳能电池在根据本发明的下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,使用磷化物及砷化物蚀刻剂向下蚀刻第一及第二环形通道 510 及 511 或半导体结构的若干部分到达金属层 148。这些通道(如在 2008 年 8 月 12 日提出申请的第 12/190,449 号美国专利申请案中更具体地描述)界定电池之间的外围边界、围绕平台 516 及晶片边缘处的外围平台 517,且留下构成太阳能电池的平台结构 518。图 12A 中所描绘的横截面是从图 13A 中所示的 A-A 平面看到的横截面。

[0135] 图 12B 是图 12A 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,将通道 511 暴露于金属蚀刻剂,移除通道 511 中的层 123 且在深度上延伸通道

511 大约到达接合层 149 的顶表面。

[0136] 图 13A 是图 10A 的晶片的俯视平面图,其描绘围绕每一电池的外周所蚀刻的通道 510 及 511。

[0137] 图 13B 是图 10C 的晶片的俯视平面图,其描绘围绕每一电池的外围所蚀刻的通道 510 及 511。

[0138] 图 14A 是图 12B 的太阳能电池在通过通道 511 从晶片切割或划线个别太阳能电池(图 13 中所示的电池 1、电池 2 等)(留下延伸穿过替代衬底 150 的垂直边缘 512)之后的横截面视图。在本发明的此第一实施例中,替代衬底 150 在其中不需要盖片玻璃的应用中形成用于太阳能电池的支撑。在实施例中,可通过通道 510 实现与金属接触层 148 的电接触。

[0139] 图 14B 是在本发明第二实施例中图 12B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,通过磨削、研磨或蚀刻将替代衬底 150 适当地薄化为相对薄的层 150a。通过通道 511 从晶片切割或划线个别太阳能电池(图 13A 中所示的电池 1、电池 2 等),留下延伸穿过替代衬底 150a 的垂直边缘 515。在此实施例中,在其中不需要盖片玻璃(例如,在下文将描述的第三实施例中所提供)的应用中,薄层 150a 形成用于太阳能电池的支撑件。在实施例中,可通过通道 510 实现与金属接触层 148 的电接触。

[0140] 图 14C 是在本发明第三实施例中图 12B 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,通过粘合剂 513 将盖片玻璃 514 固定到电池的顶部。盖片玻璃 514 通常约为 4 密耳厚,且优选地覆盖整个通道 510、在平台 516 的一部分上方延伸,但不延伸到通道 511。尽管对于众多环境条件及应用,期望使用盖片玻璃,但对于所有实施方案并非为必要,且也可利用额外的层或结构来向太阳能电池提供额外的支撑或环境保护。

[0141] 图 14D 是在本发明的某些实施例中图 14A 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,完全移除晶片的接合层、替代衬底 150 及外围部分 517,仅留下在顶部具有 ARC 层 160 (或其它层或结构)及在底部具有金属接触层 148 的太阳能电池,其中金属接触层 148 形成太阳能电池的背侧触点。优选地,通过使用‘Wafer Bond’溶剂来移除替代衬底。如上文所述,替代衬底包含其表面上方的打孔,其允许溶剂流过替代衬底 150 中的打孔以准许其剥离。在剥离之后,可在后续晶片处理操作中再使用替代衬底。

[0142] 图 15 是在本发明的一些实施例中图 14C 的太阳能电池在下一工艺步骤之后的横截面视图,在所述下一工艺步骤中,完全移除晶片的接合层 124、替代衬底 150 及外围部分 517,仅留下在顶部具有盖片玻璃 514 (或其它层或结构)及在底部具有所述层的太阳能电池。优选地,通过使用‘Wafer Bond’溶剂来移除替代衬底。如上文所述,替代衬底包含其表面上方的打孔,其允许溶剂流过替代衬底 150 而准许其剥离。在剥离之后,可在后续晶片处理操作中再使用替代衬底。

[0143] 图 16 是本发明的反向变质多结太阳能电池的一个或一个以上子电池中发射极层及基极层中的掺杂分布的图表。在 2007 年 12 月 13 日提出申请的第 11/956,069 号共同未决美国专利申请案(其以引用的方式并入本文中)中更具体描述本发明范围内的各种掺杂分布及此类掺杂分布的优点。本文中所描绘的掺杂分布仅为说明性,且如所属领域的技术人员所明了,可在不背离本发明的范围的前提下使用其它更复杂的分布。

[0144] 应了解,上文所述元件中的每一者或两个或两个以上元件一起,也可有用地应用于不同于上文所述类型的构造的其它类型的构造中。

[0145] 另外, 尽管本实施例配置有顶部及底部电触点, 但替代地子电池可借助金属触点与子电池之间的横向传导性半导体层接触。此类布置可用于形成 3- 端子装置、4- 端子装置且大体来说, n- 端子装置。可使用这些额外端子将所述子电池互连成电路, 以使得可有效地使用每一子电池中的大多数可用光生电流密度, 从而导致多结电池的高效性, 尽管在各种子电池中光生电流密度通常不同。

[0146] 如上文所述, 本发明可利用一个或一个以上或者全部为单质结的电池或子电池 (即, 其中在两者均具有相同化学组成及相同带隙而仅在掺杂剂种类及类型上有所不同的 p 型半导体与 n 型半导体之间形成 p-n 结的电池或子电池) 及一个或一个以上异质结电池或子电池的布置。具有 p 型及 n 型 InGaP 的子电池 A 是单质结子电池的一个实例。另一选择是, 如在 2008 年 1 月 31 日提出申请的第 12/023, 772 号美国专利申请案中更具体描述, 本发明可利用一个或一个以上或全部为异质结的电池或子电池, 即其中在 p 型半导体与 n 型半导体之间形成 p-n 结的电池或子电池, 所述 p-n 结除了在形成 p-n 结的 p 型及 n 型区域中利用不同的掺杂剂种类及类型之外, 还在 n 型区域中具有半导体材料的不同化学组成及 / 或在 p 型区域中具有不同的带隙能量。

[0147] 在一些电池中, 可将薄的所谓“本征层”置于发射极层与基极层之间, 其具有与发射极层或者基极层相同或不同的组成。所述本征层可用于抑制空间电荷区域中的少数载流子复合。类似地, 基极层或发射极层也可以是本征的或在其厚度的一部分或全部上为故意掺杂的 (“NID”)。在 2008 年 10 月 16 日提出申请的第 12/253, 051 号共同未决美国专利申请案中更具体地描述了一些此类配置。

[0148] 窗口或 BSF 层的组成可利用满足晶格常数及带隙要求的其它半导体化合物, 且可包含 AlInP、AlAs、AlP、AlGaInP、AlGaAsP、AlGaInAs、AlGaInPAs、GaInP、GaInAs、GaInPAs、AlGaAs、AlInAs、AlInPAs、GaAsSb、AlAsSb、GaAlAsSb、AlInSb、GaInSb、AlGaInSb、AlN、GaN、InN、GaInN、AlGaInN、GaInNAs、AlGaInNAs、ZnSSe、CdSSe 及类似材料, 且此仍归属于本发明的精神内。

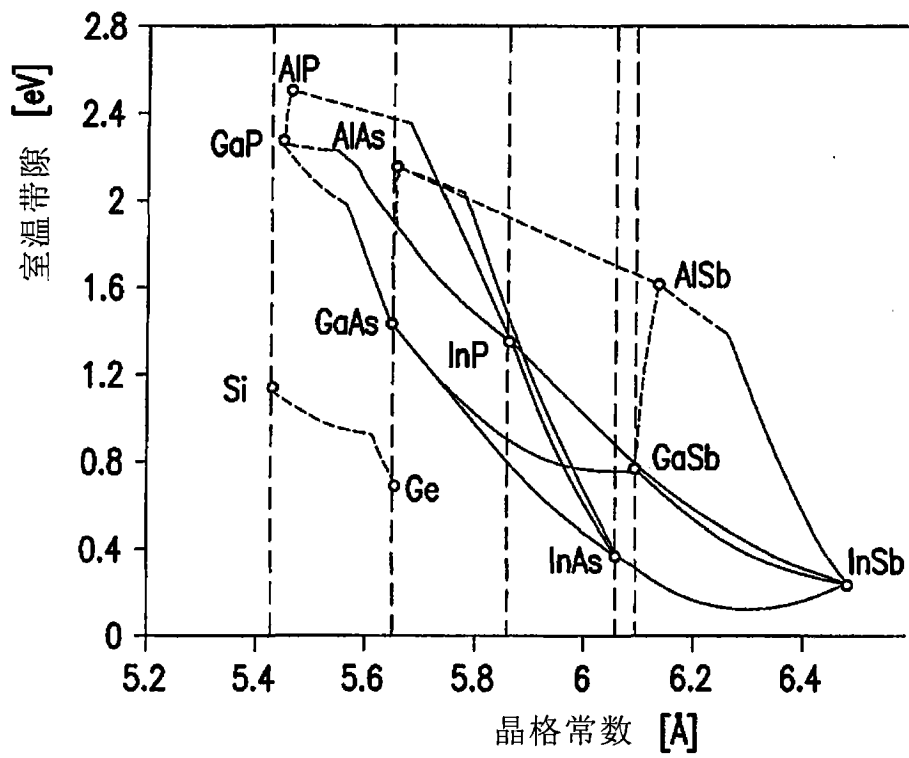


图 1

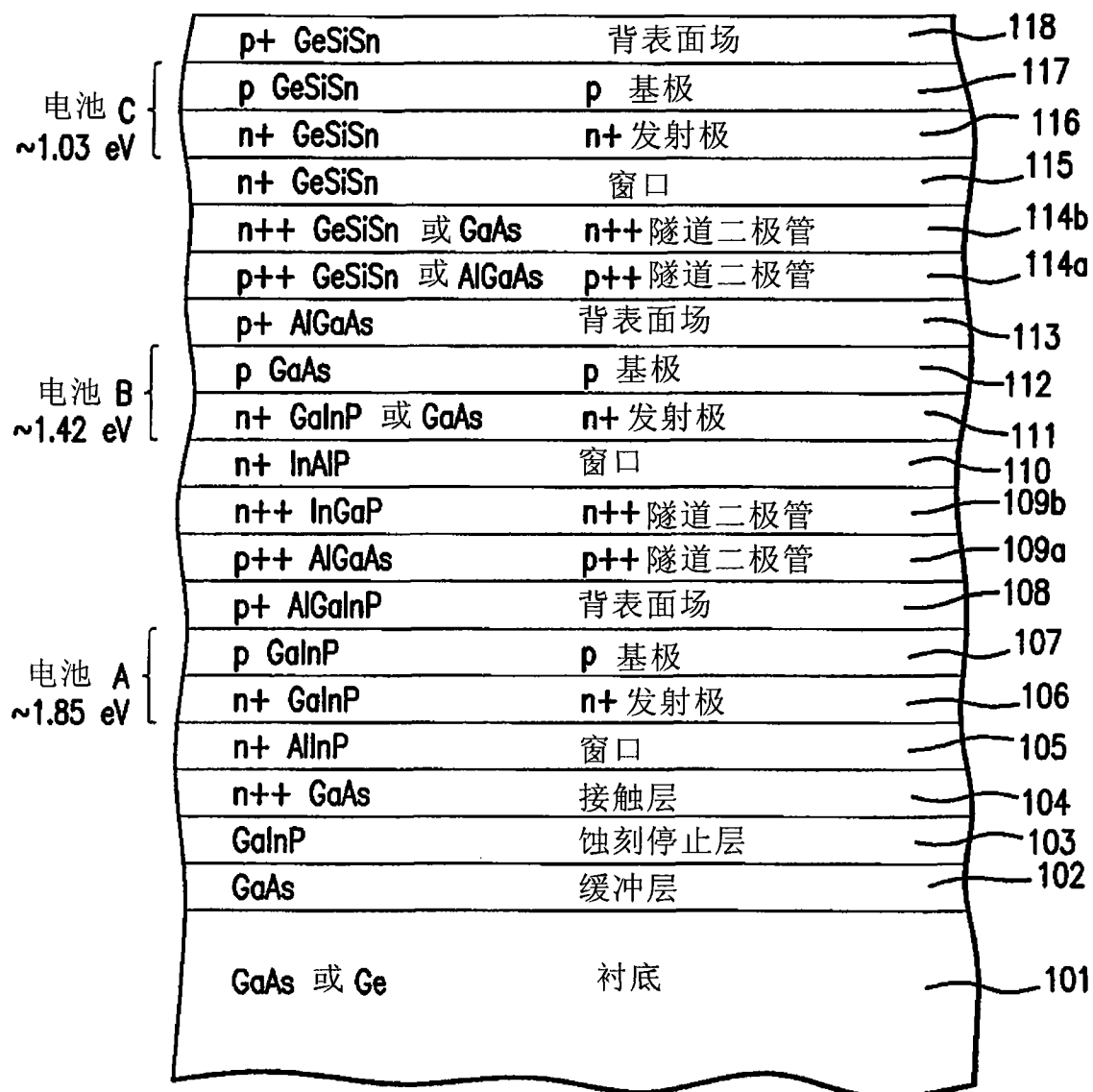


图 2A

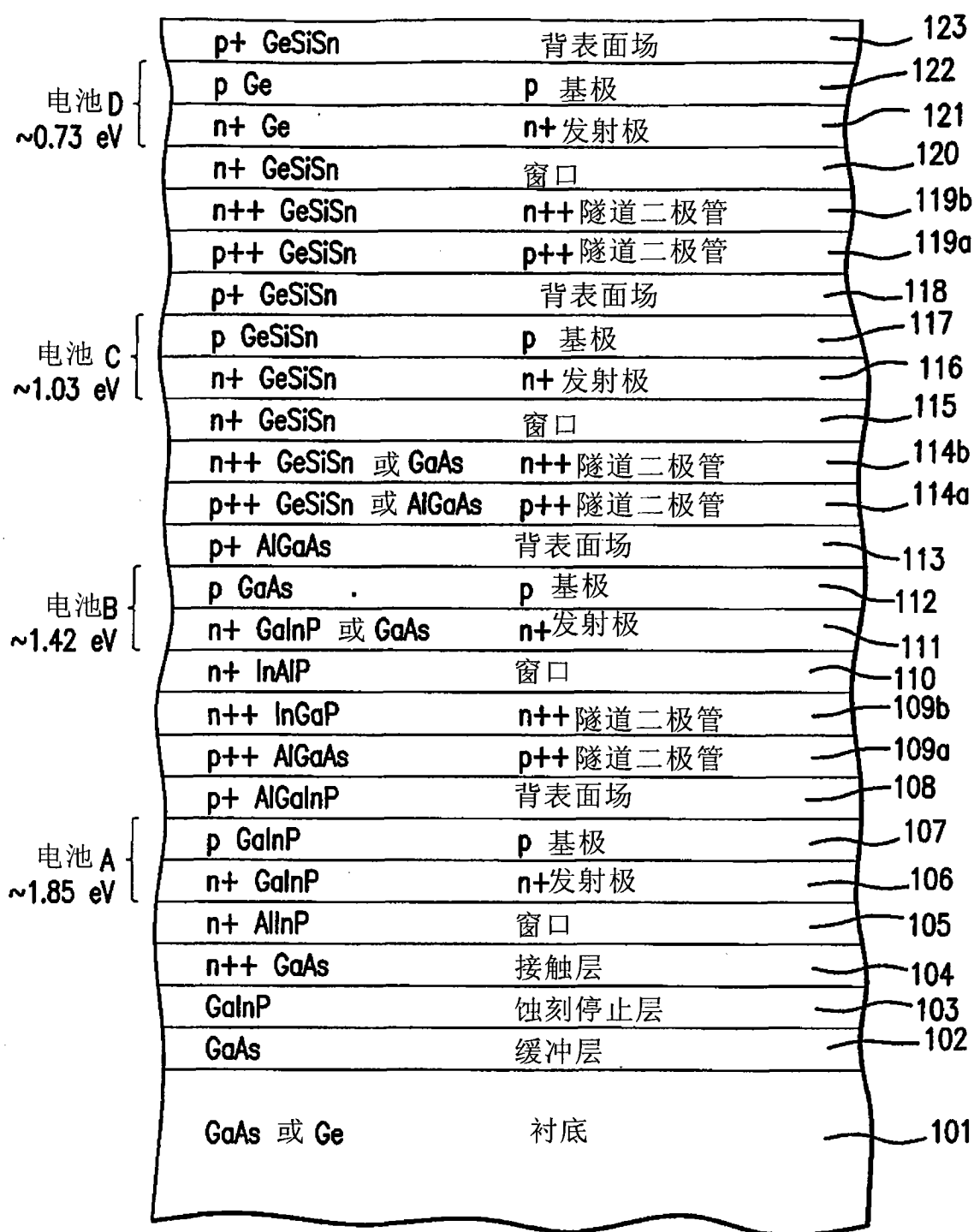


图 2B

电池 E ~0.73 eV	p+ GeSiSn	背表面场	128
	p Ge	p 基极	127
	n+ Ge	n+ 发射极	126
	n+ GeSiSn	窗口	125
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	124b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	124a
电池 D ~0.95 eV	p+ GeSiSn	背表面场	123
	p GeSiSn	p 基极	122
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	121
	n+ GeSiSn	窗口	120
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	119b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	119a
电池 C ~1.24 eV	p+ GeSiSn	背表面场	118
	p GeSiSn	p 基极	117
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	116
	n+ GeSiSn	窗口	115
	n++ GeSiSn 或 GaAs	n++ 隧道二极管	114b
	p++ GeSiSn 或 AlGaAs	p++ 隧道二极管	114a
电池 B ~1.6 eV	p+ InGaAs	背表面场	113a
	p InGaAsP	p 基极	112a
	n+ InGaAsP	n+ 发射极	111a
	n+ InAlP	窗口	110
	n++ (Al)InGaP	n++ 隧道二极管	109d
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	109c
电池 A ~2.05 eV	p+ AlGaInP	背表面场	108
	p InGaAlP	p 基极	107a
	n+ InGaAlP	n+ 发射极	106a
	n+ AlInP	窗口	105
	n++ GaAs	接触层	104
	GaInP	蚀刻停止层	103
	GaAs	缓冲层	102
	GaAs 或 Ge	衬底	101

图 2C

电池 F ~0.7 eV	p+ GeSiSn	背表面场	133
	p Ge	p 基极	132
	n+ Ge	n+ 发射极	131
	n+ GeSiSn	窗口	130
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	129b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	129a
电池 E ~0.91 eV	p+ GeSiSn	背表面场	128
	p GeSiSn	p 基极	127
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	126
	n+ GeSiSn	窗口	125
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	124b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	124a
电池 D ~1.13 eV	p+ GeSiSn	背表面场	123
	p GeSiSn	p 基极	122
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	121
	n+ GeSiSn	窗口	120
	n++ GaAs 或 GeSiSn	n++ 隧道二极管	119d
	p++ AlGaAs 或 GeSiSn	p++ 隧道二极管	119c
电池 C ~1.42 eV	p+ AlGaAs	背表面场	118a
	p InGaAsP	p 基极	117a
	n+ InGaAsP	n+ 发射极	116a
	n+ InAlP	窗口	115a
	n++ AlGaInP	n++ 隧道二极管	114d
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	114c
电池 B ~1.74 eV	p+ AlGaAs	背表面场	113b
	p InGaP	p 基极	112b
	n+ InGaP	n+ 发射极	111b
	n+ InAlP	窗口	110
	n++ (Al)GaInP	n++ 隧道二极管	109b
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	109a
电池 A ~2.15 eV	p+ AlGaInP	背表面场	108
	p InGaInP	p 基极	107
	n+ InGaInP	n+ 发射极	106
	n+ AlInP	窗口	105
	n++ GaAs	接触层	104
	GaInP	蚀刻停止层	103
	GaAs	缓冲层	102
	GaAs 或 Ge	衬底	101

图 2D

电池 G ~0.73 eV	p+ GeSiSn	背表面场	138
	p Ge	p 基极	137
	n+ Ge	n+ 发射极	136
	n+ GeSiSn	窗口	135
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	135b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	134a
电池 F ~0.91 eV	p+ GeSiSn	背表面场	133
	p GeSiSn	p 基极	132
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	131
	n+ GeSiSn	窗口	130
	n++ GeSiSn	n++ 隧道二极管	129b
	p++ GeSiSn	p++ 隧道二极管	129a
电池 E ~1.13 eV	p+ GeSiSn	背表面场	128
	p GeSiSn	p 基极	127
	n+ GeSiSn	n+ 发射极	126
	n+ GeSiSn	窗口	125
	n++ GeSiSn 或 GaAs	n++ 隧道二极管	124d
	p++ GeSiSn 或 AlGaAs	p++ 隧道二极管	124c
电池 D ~1.42 eV	p+ AlGaAs	背表面场	123a
	p GaAs	p 基极	122a
	n+ GaAs	n+ 发射极	121a
	n+ InAlP	窗口	120a
	n++ InGaP	n++ 隧道二极管	119f
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	119e
电池 C ~1.6 eV	p+ AlGaAs	背表面场	118a
	p InGaAsP	p 基极	117a
	n+ InGaAsP	n+ 发射极	116a
	n+ InAlP	窗口	115
	n++ AlGaInP	n++ 隧道二极管	114b
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	114a
电池 B ~1.74 eV	p+ InGaAs	背表面场	113
	p InGaP	p 基极	112a
	n+ InGaP	n+ 发射极	111a
	n+ InAlP	窗口	110
	n++ (Al)GaInP	n++ 隧道二极管	109b
	p++ AlGaAs	p++ 隧道二极管	109a
电池 A ~2.15 eV	p+AlGaInP	背表面场	108
	p InGaAlP	p 基极	107a
	n+ InGaAlP	n+ 发射极	106a
	n+ AlInP	窗口	105
	n++ GaAs	接触层	104
	GaInP	蚀刻停止层	103
	GaAs	缓冲层	102
	GaAs 或 Ge	衬底	101

图 2E

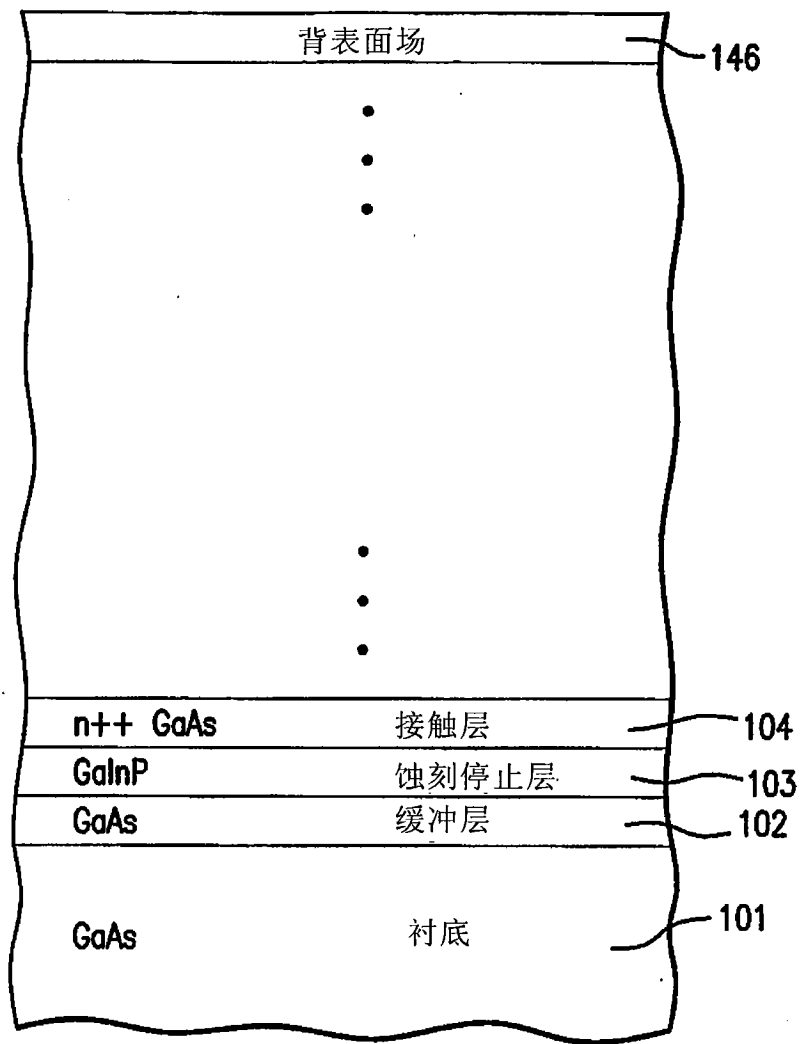


图 3

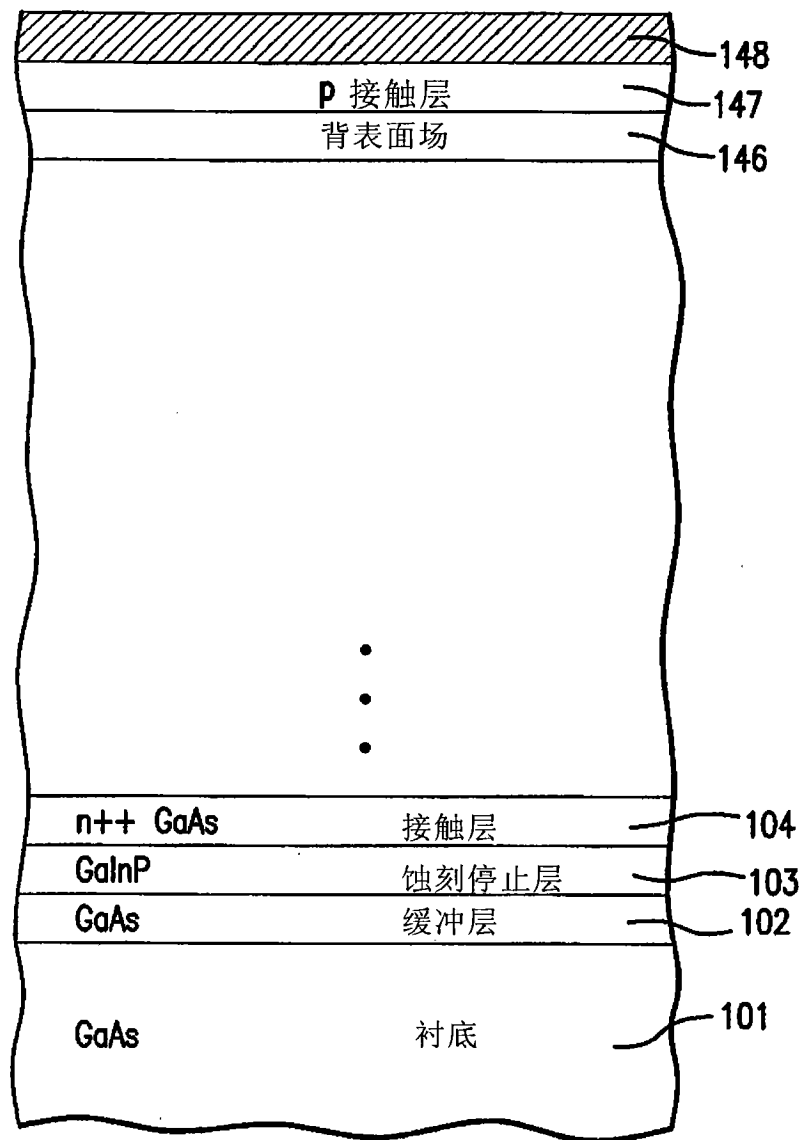


图 4

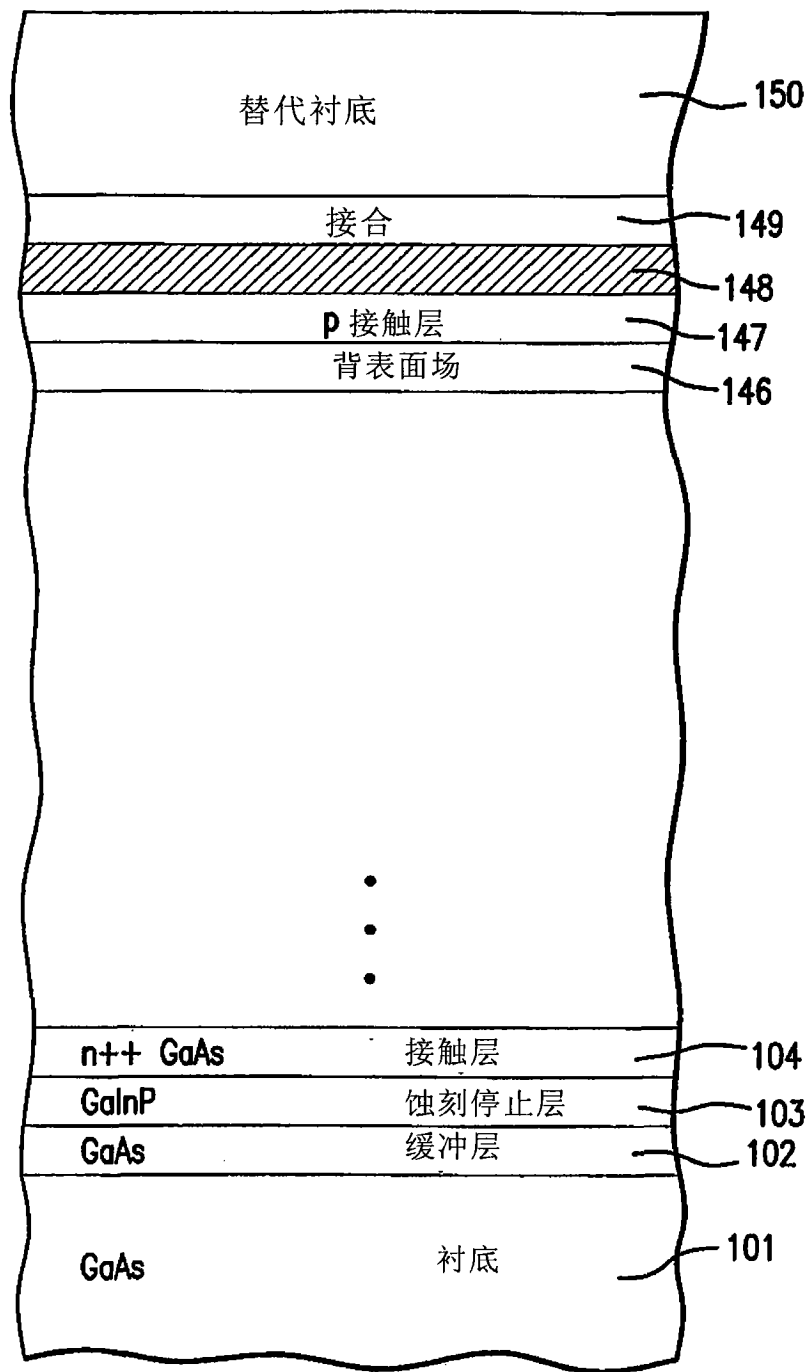


图 5

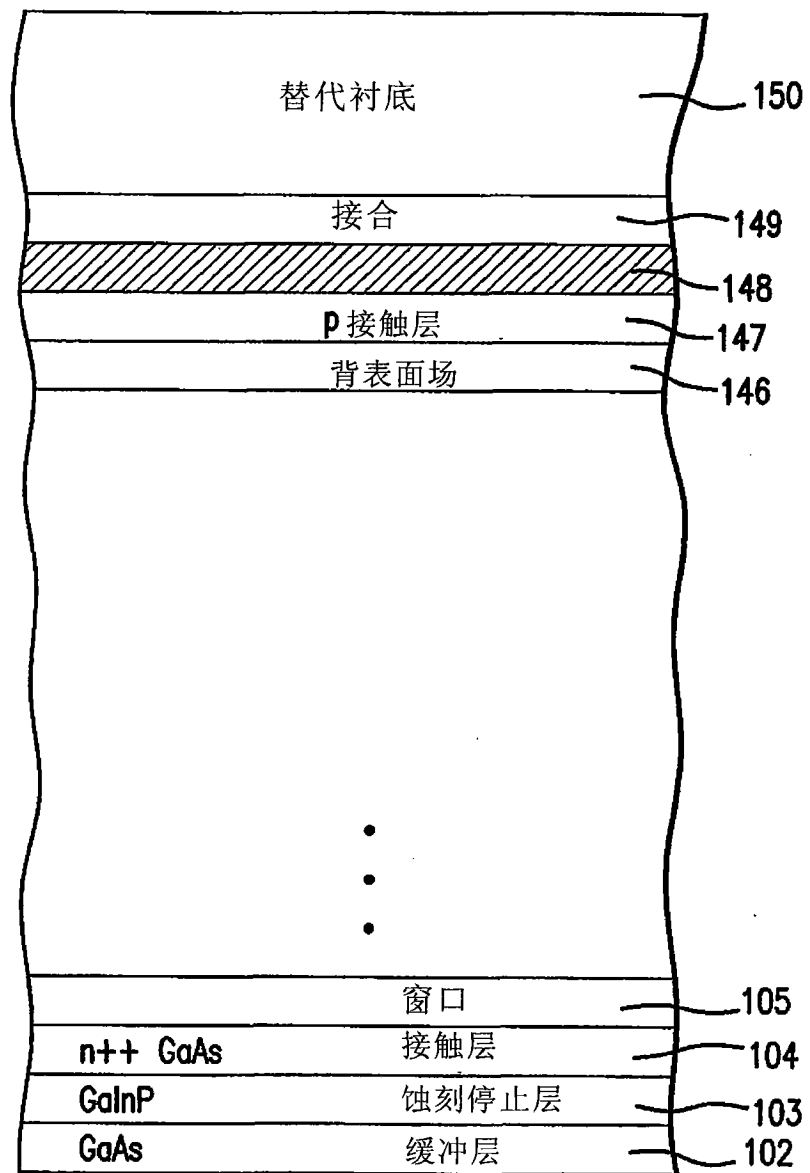


图 6A

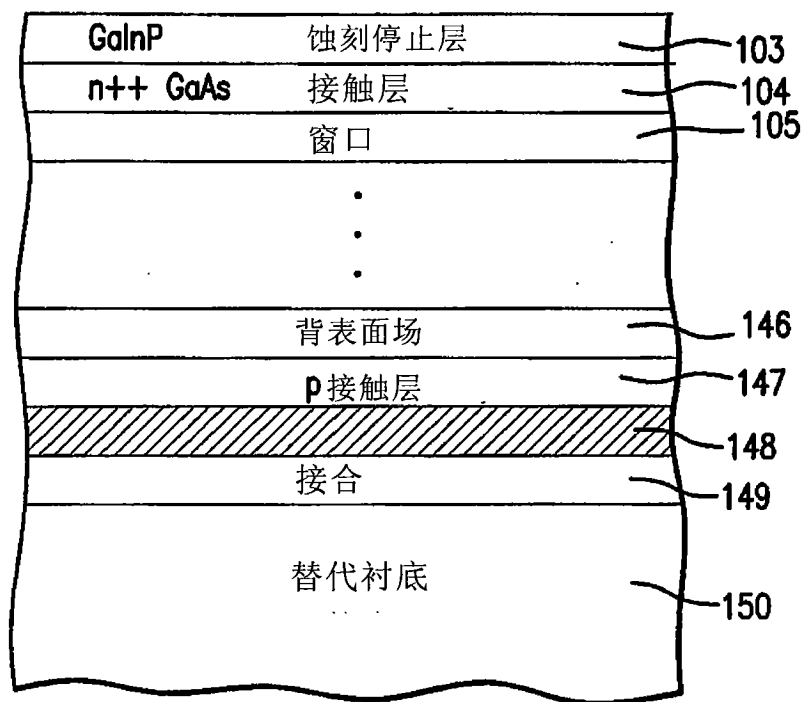


图 6B

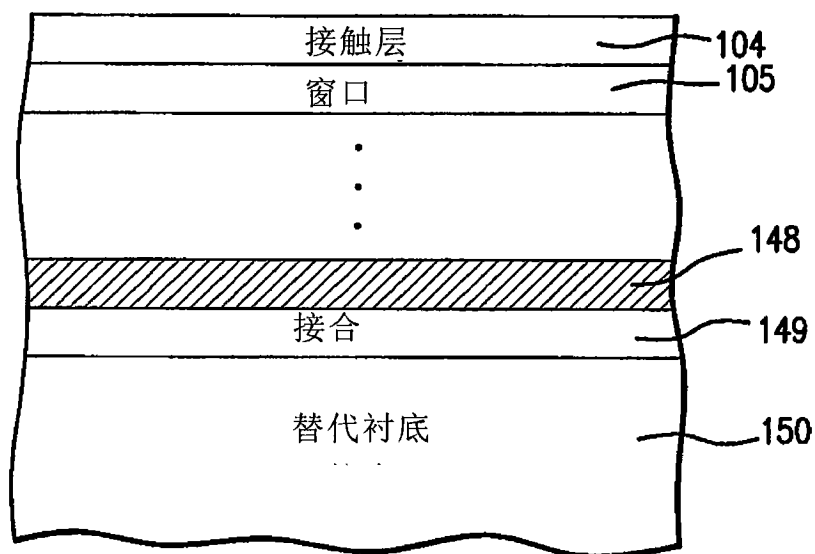


图 7

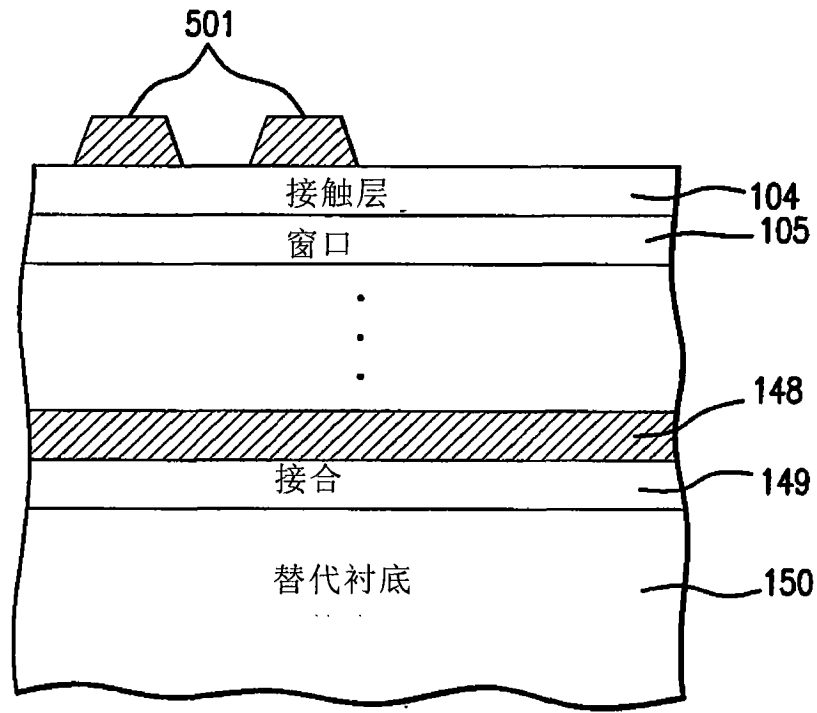


图 8

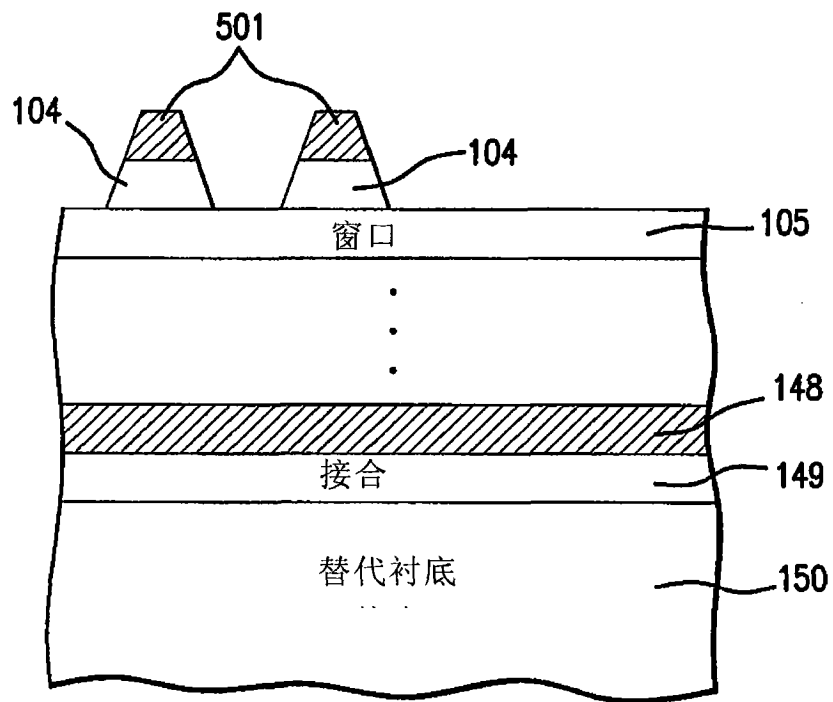


图 9

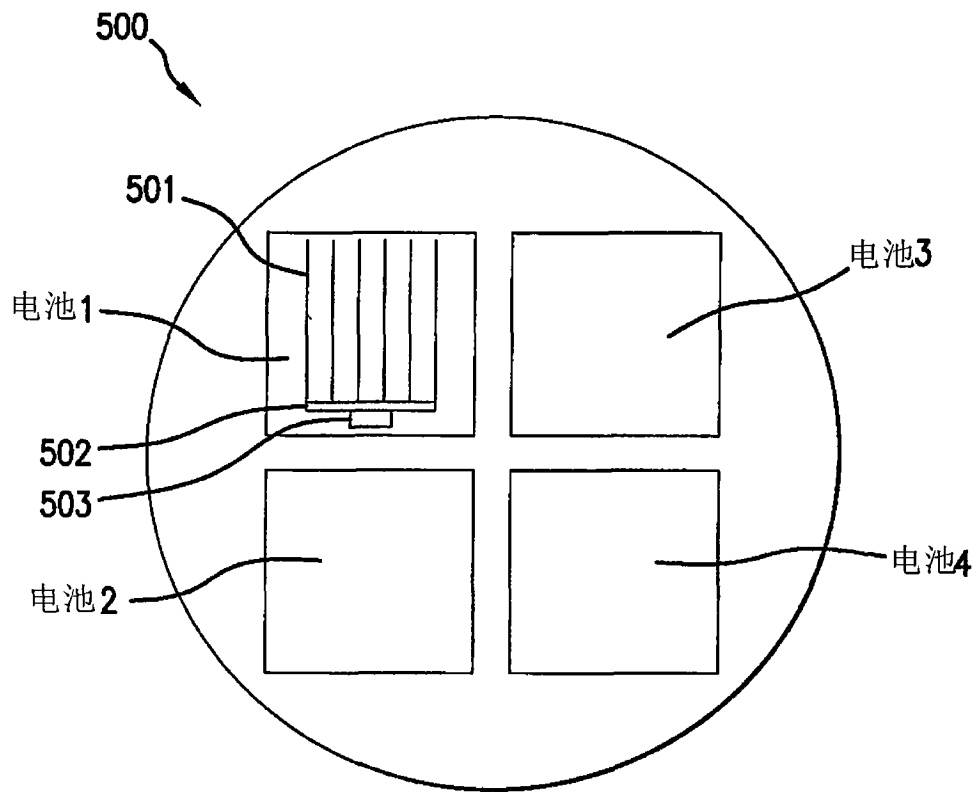


图 10A

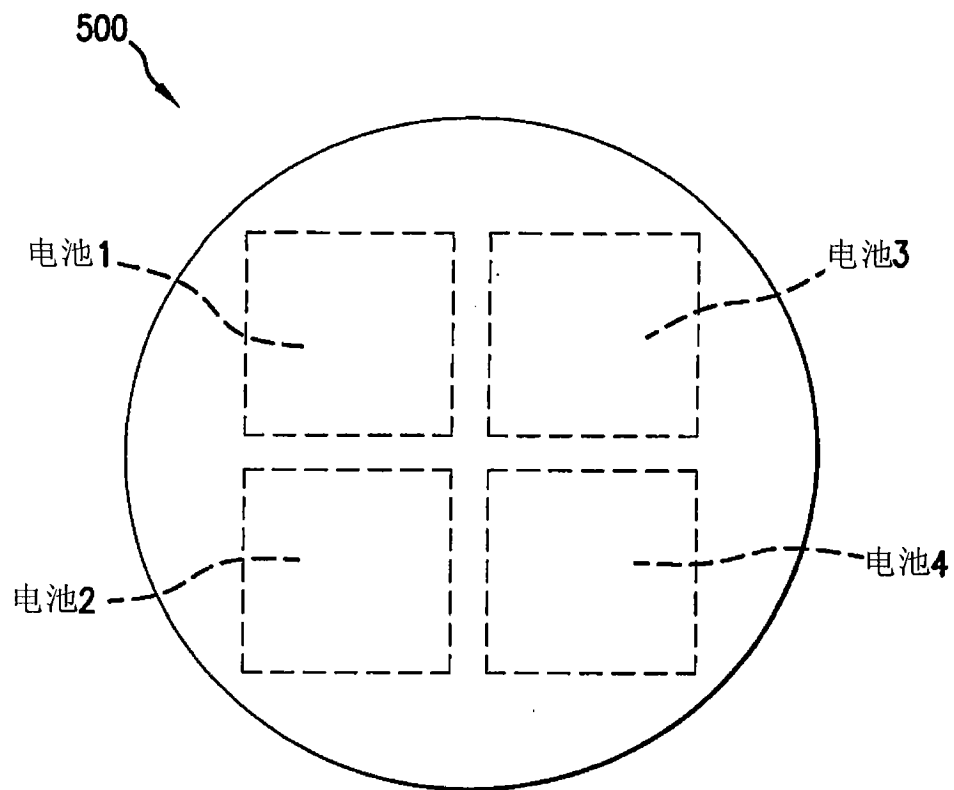


图 10B

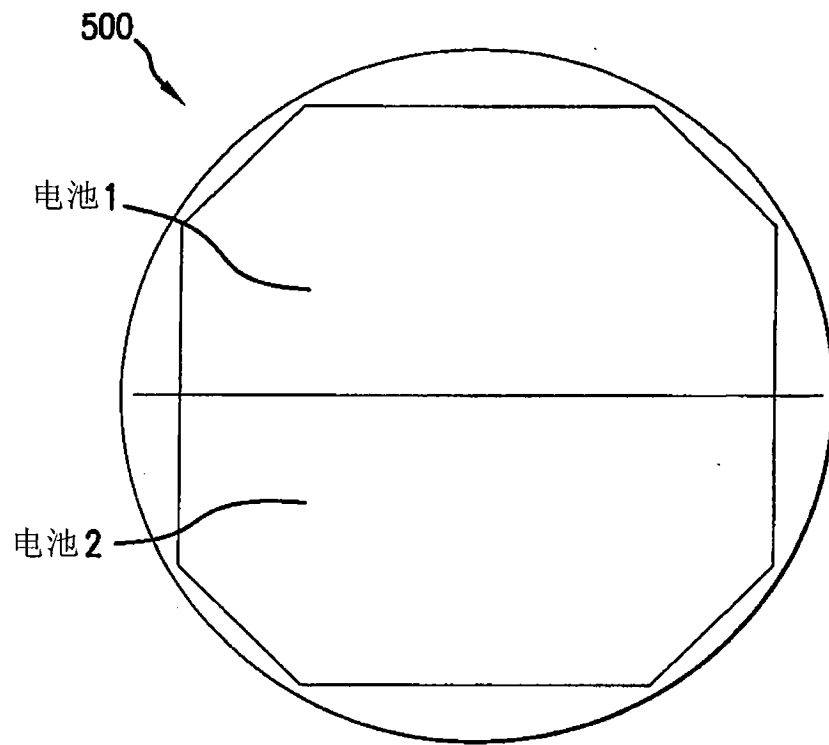


图 10C

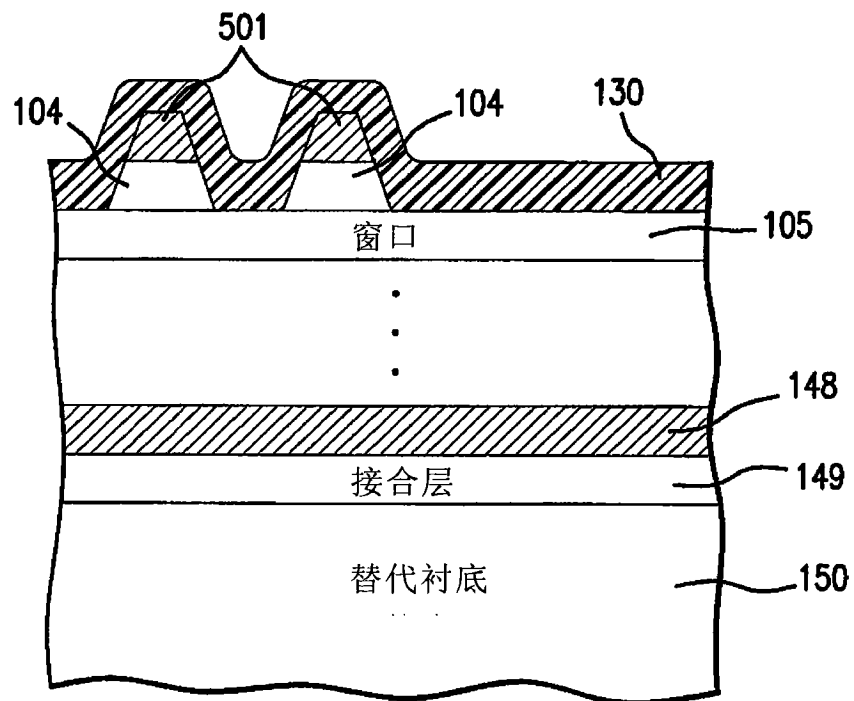


图 11

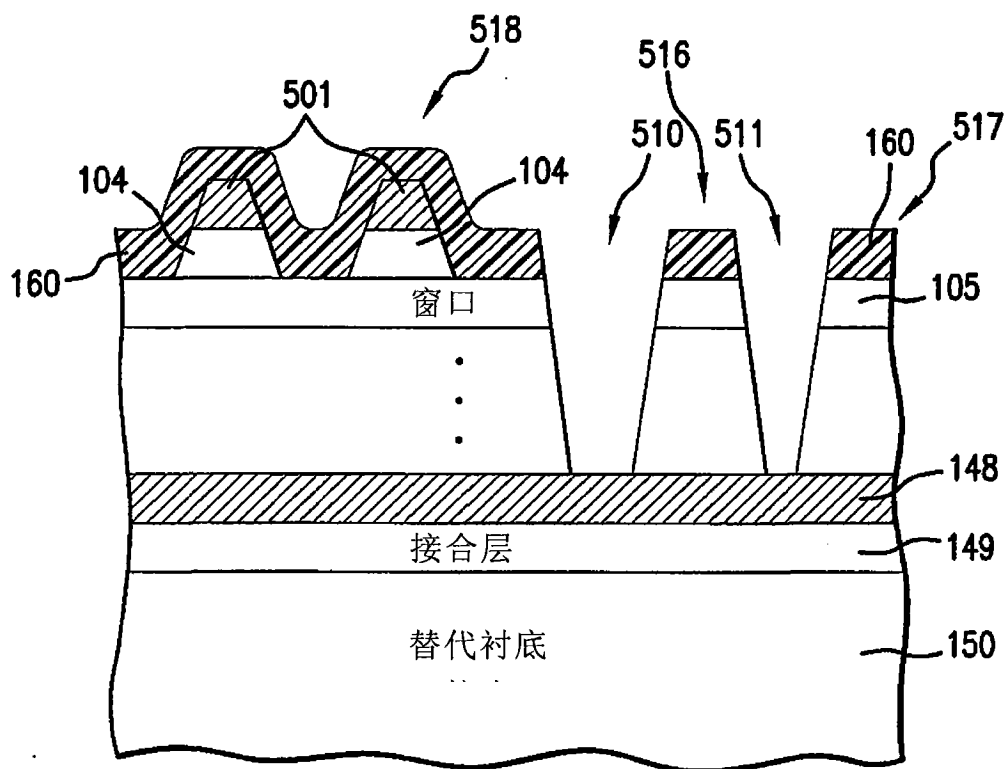


图 12A

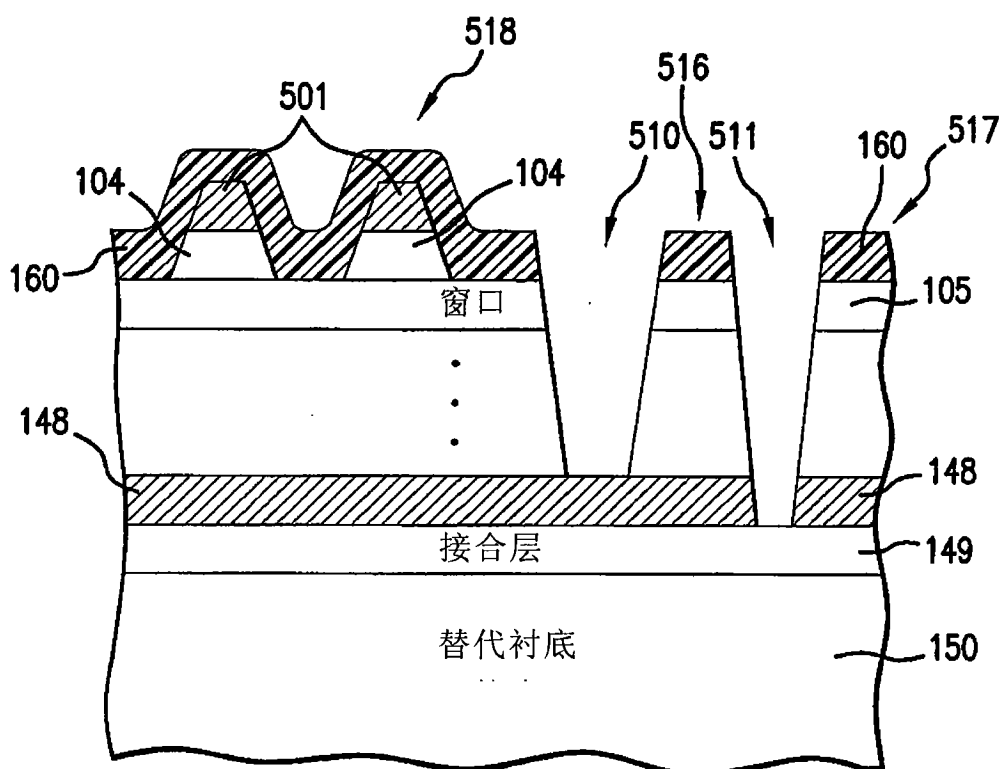


图 12B

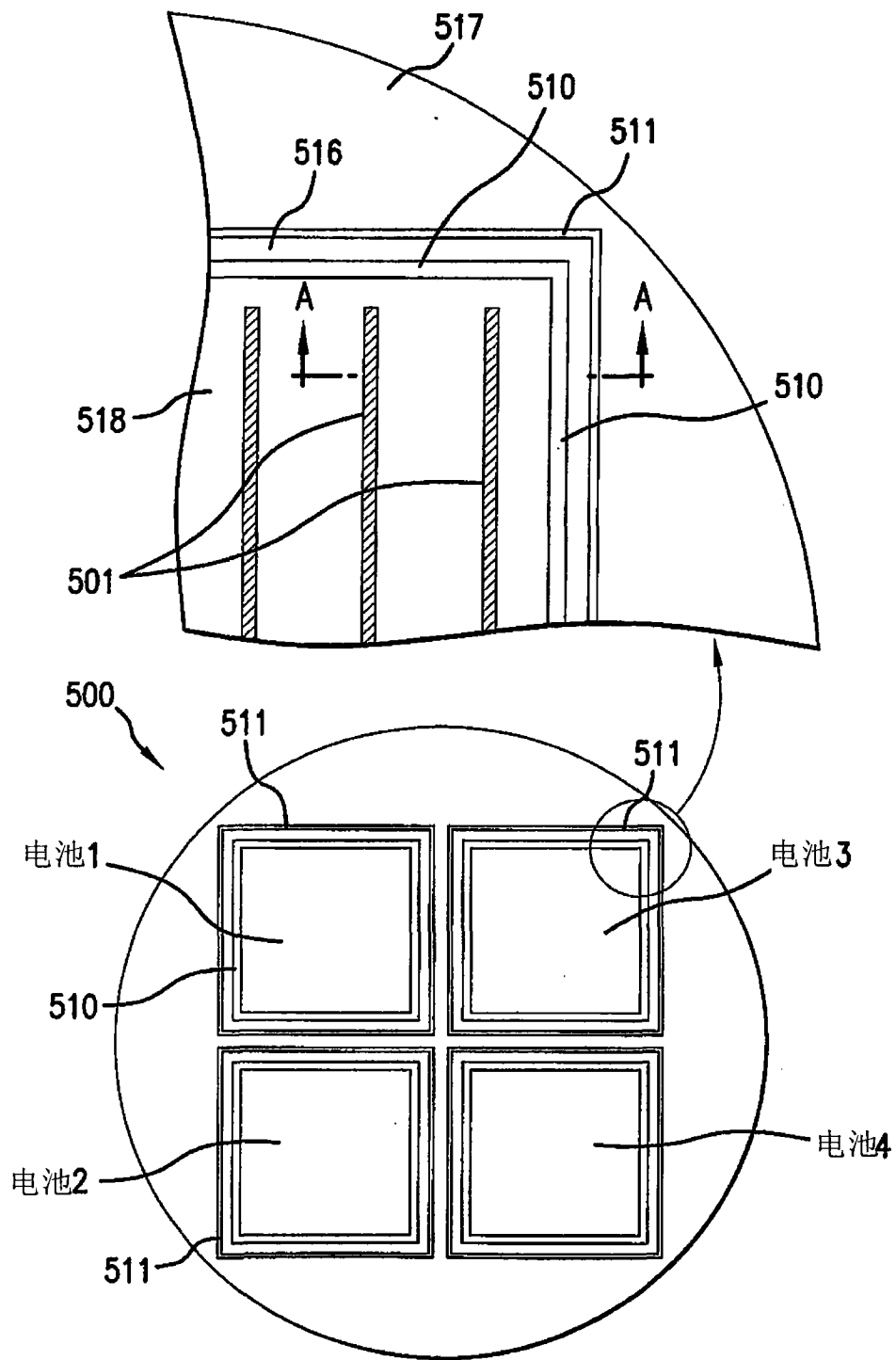


图 13A

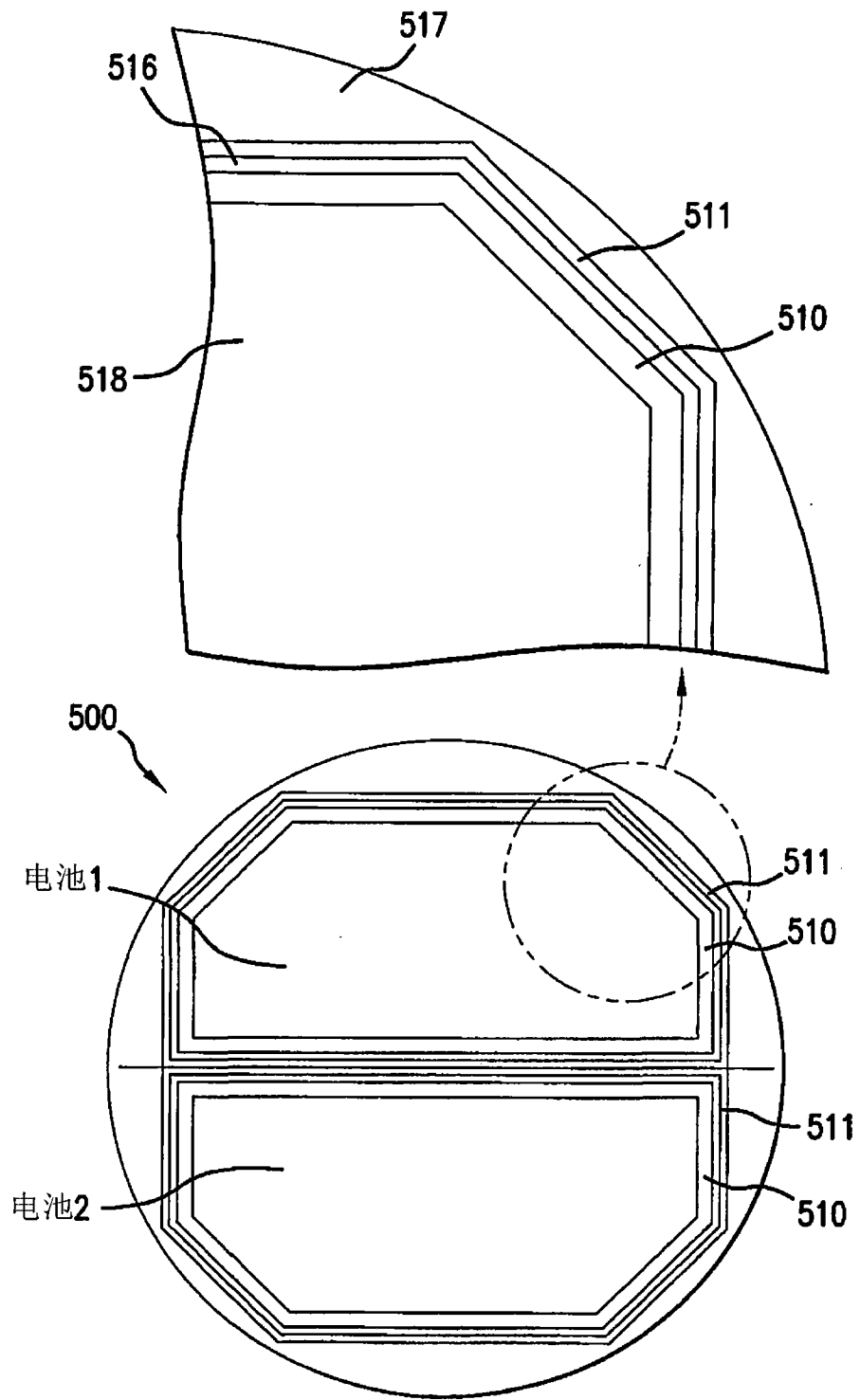


图 13B

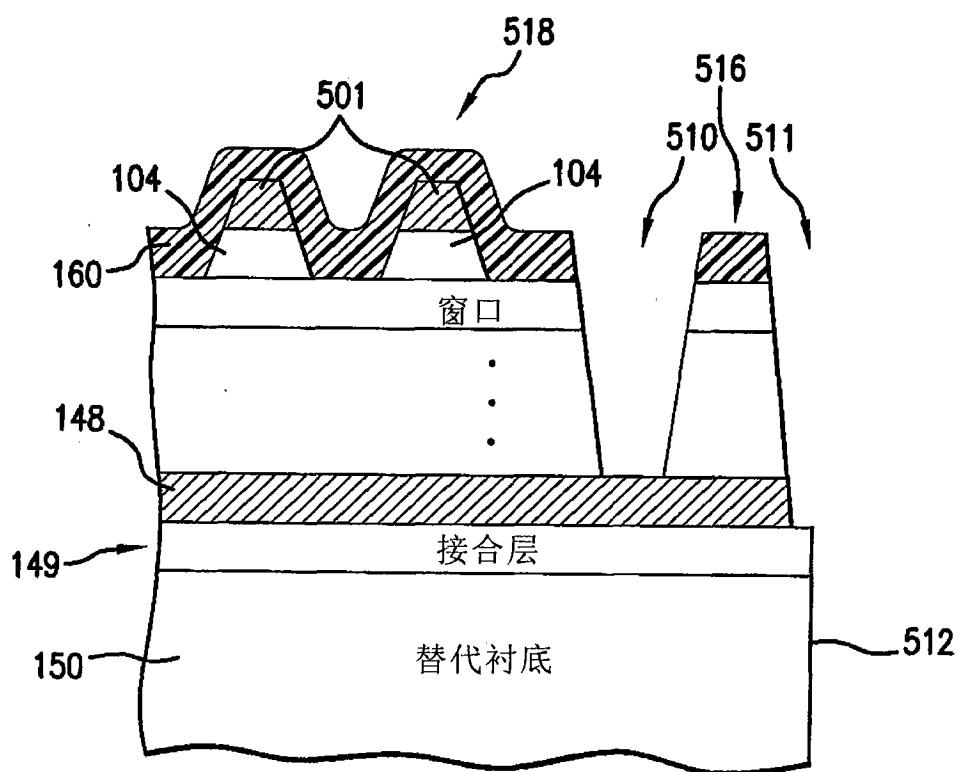


图 14A

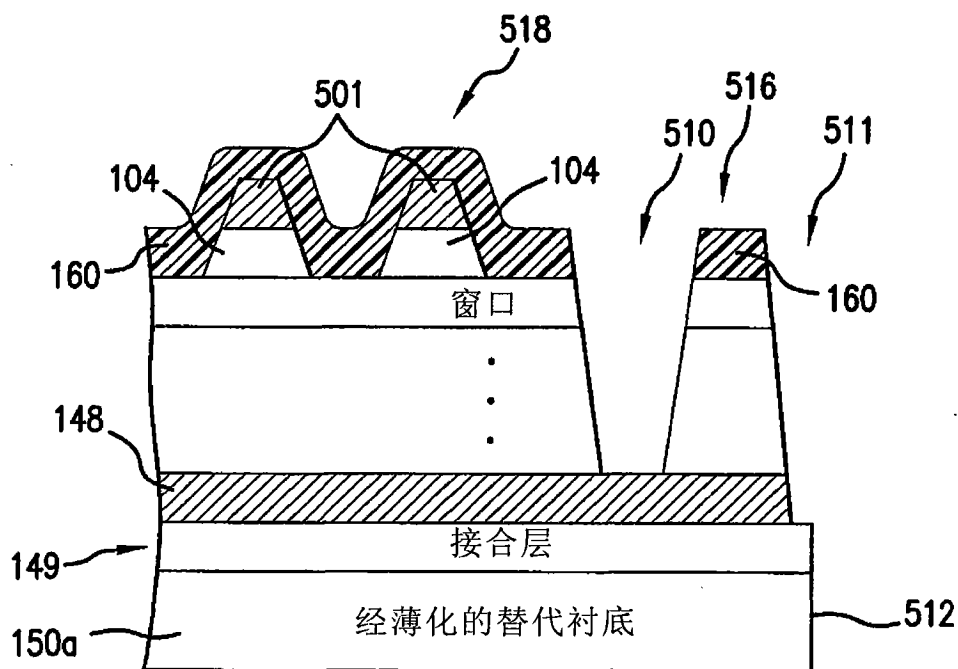


图 14B

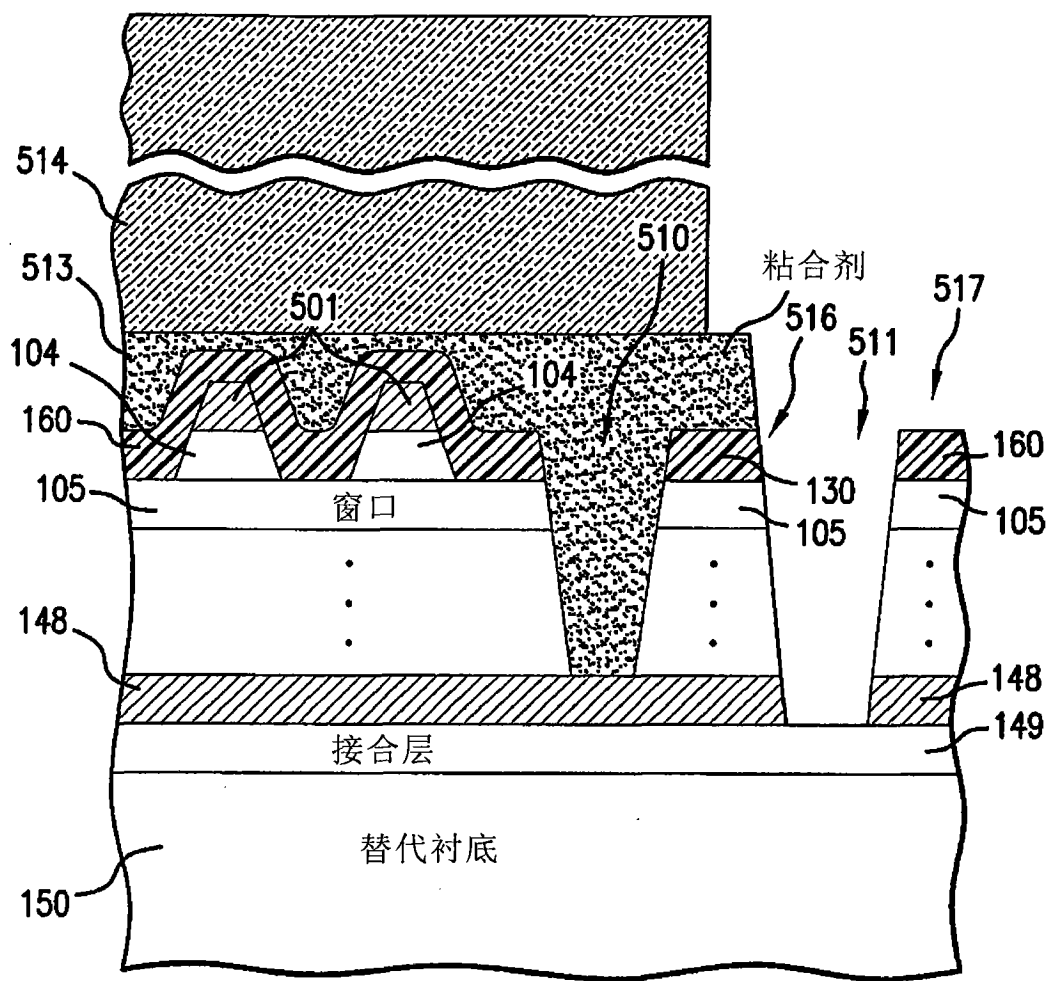


图 14C

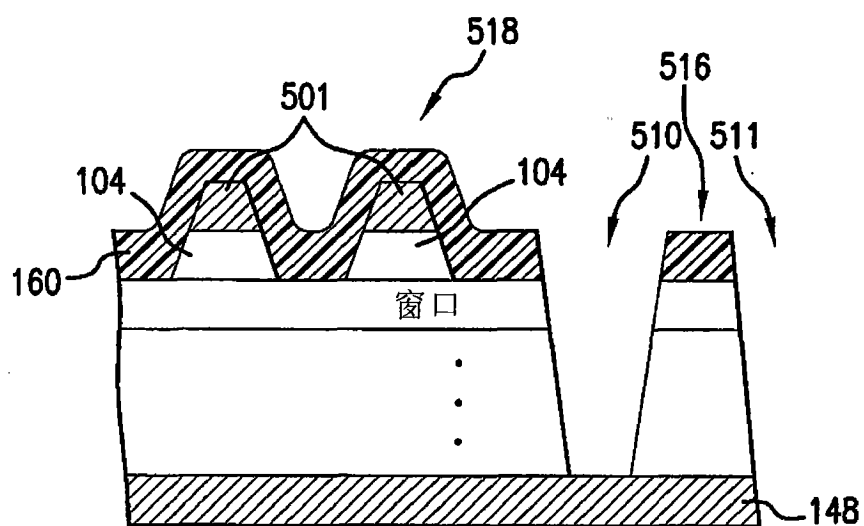


图 14D

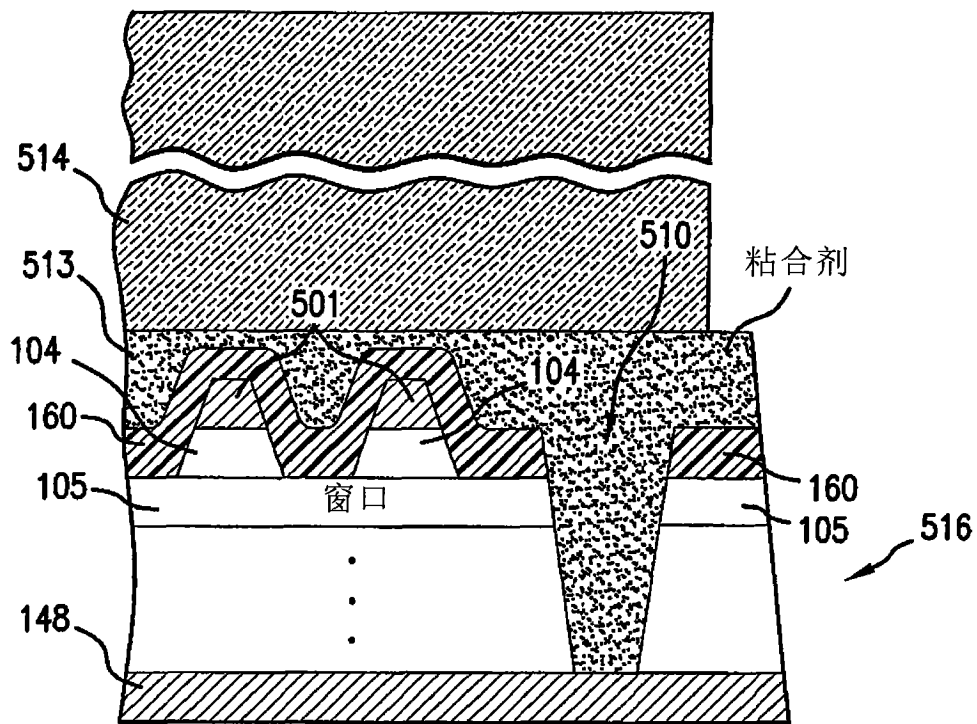


图 15

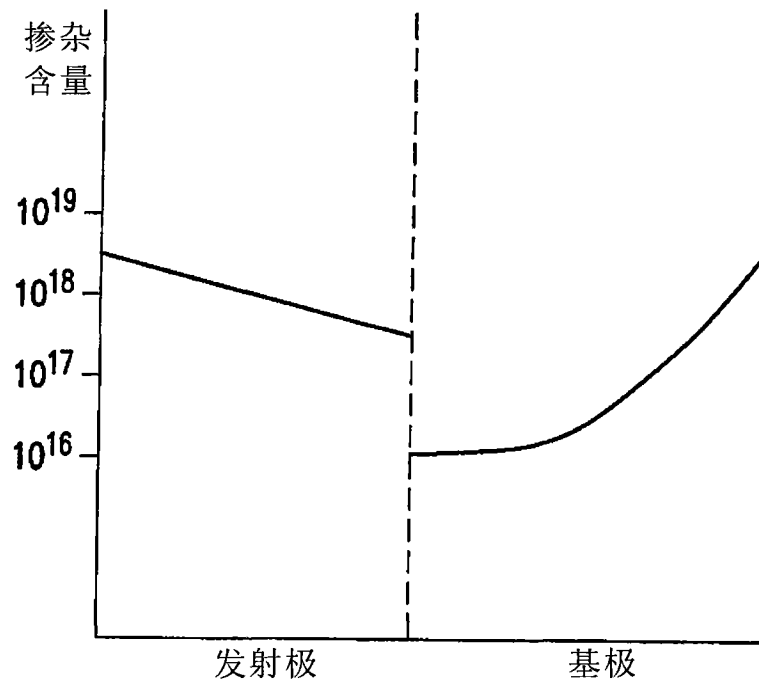


图 16