

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680003965.X

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 27/142 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 21/28 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年4月22日

[11] 授权公告号 CN 100481522C

[22] 申请日 2006.2.6

[21] 申请号 200680003965.X

[30] 优先权

[32] 2005.2.8 [33] FR [31] 0550357

[86] 国际申请 PCT/FR2006/050101 2006.2.6

[87] 国际公布 WO2006/085021 法 2006.8.17

[85] 进入国家阶段日期 2007.8.3

[73] 专利权人 法国原子能委员会

地址 法国巴黎

[72] 发明人 皮埃尔·吉恩·里贝龙

埃马纽埃尔·罗兰

[56] 参考文献

US4703553A 1987.11.3

WO02/25742A2 2002.3.28

US4626613A 1986.12.2

US5011565A 1991.4.30

US2002/0153039A1 2002.10.24

US2004/0097062A1 2004.5.20

审查员 王文杰

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司

代理人 章社杲 李丙林

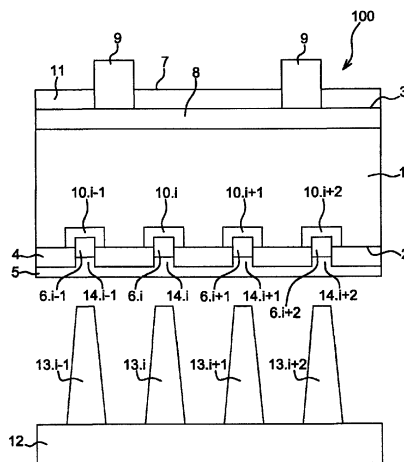
权利要求书4页 说明书11页 附图3页

[54] 发明名称

形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种在至少一个金属层(5)和至少一个半导体衬底(1)之间形成穿过半导体器件(100)中的至少一个电介质层(4)的触点(6.1至6.n)的方法。该半导体器件(100)在半导体衬底(1)的称为“基极”的至少一个面(2)上包括电介质层(4)。在该电介质层(4)上堆叠有金属层(5)。使装配在支撑体(12)上的若干突出元件(13.1至13.n)的加热端同时与金属层(5)接触,从而在突出元件(13.1至13.n)的加热端下面形成熔化金属区(14.1至14.n)。熔化金属横穿电介质(4),并且与熔化金属区(14.1至14.n)的水平高度上的衬底(1)的半导体融合,从而形成触点(6.1至6.n)。



1. 在至少一个金属层(5)和至少一个半导体衬底(1)之间形成穿过半导体器件(100)中的至少一个电介质层(4)的触点(6.1至6.n)的方法,所述半导体器件(100)在所述半导体衬底(1)的被称为“基板”的至少一个面(2)上包括所述电介质层(4),在所述电介质层(4)上堆叠有所述金属层(5),其特征在于,使装配在支撑体(12)上的若干突出元件(13.1至13.n)的加热端同时与所述金属层(5)接触,从而在所述突出元件(13.1至13.n)的所述加热端下面形成熔化金属区(14.1至14.n),所述熔化金属横穿所述电介质(4),并且与处于熔化金属区(14.1至14.n)的水平高度上的所述衬底(1)的半导体融合,从而形成所述触点(6.1至6.n)。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述突出元件(13.1至13.n)在所述支撑体(12)上以矩阵排列。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述突出元件(13.1至13.n)的端部被加热到577℃至1000℃之间的温度。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述突出元件(13.1至13.n)的所述加热端抵靠所述金属层(5)的作用时间为0.5秒至10秒之间。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对于1m<sup>2</sup>表面积的半导体衬底(1)使用500至35000个突出元件(13.1至13.n)。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述突出元件(13.1至13.n)的端部具有其直径为50微米至1毫米的圆形形状,或者其边长为50微米至1毫米的四边形形状。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述半导体衬底(1)是晶体衬底。
8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述半导体衬底(1)是由单晶硅或多晶硅制成。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电介质层(4)是由氧化硅或氮化硅制成。
10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电介质层(4)通过等离子增强的化学气相沉积技术沉积在所述半导体衬底(1)上。
11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述金属层(5)通过蒸发、溅射或丝网印刷沉积在所述电介质层(4)上。
12. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述金属层(5)具有在1微米至5微米之间的厚度。
13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述金属层(5)基于一种掺杂材料。
14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,所述掺杂材料是铝。
15. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述半导体衬底(1)具有第一类型导电性,其特征在于,在形成所述触点(6.1至6.n)

- 的过程中，所述金属层（5）的熔化金属在所述触点（6.1 至 6.n）周围的所述半导体衬底（1）中形成所述第一类型导电性的过掺杂区（10.1 至 10.n）。
16. 形成半导体器件（100）的方法，所述半导体器件包括根据前述权利要求中任一项所述的方法形成的触点（6.1 至 6.n），其中，所述半导体衬底（1）具有第一类型导电性，其特征在于，所述方法包括以下步骤：
- a) 对所述半导体衬底（1）进行热处理，在与所述基极（2）相对的、被称为“发射极”的另一个面（3）之下形成具有与所述第一类型导电性相反的第二类型导电性的过掺杂区（8）；
  - b) 在所述半导体衬底（1）的发射极（3）上形成抗反射层（11）；
  - c) 在所述抗反射层（11）上沉积金属栅极（9）；
  - d) 使所述金属栅极（9）穿过所述抗反射层（11）与所述半导体衬底（1）的所述发射极（3）接触。
17. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述使所述金属栅极（9）穿过所述抗反射层（11）与所述半导体衬底（1）的所述发射极（3）接触是通过所述金属栅极（9）的热处理实现的。
18. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述金属栅极（9）基于贵金属。
19. 根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述贵金属是银。
20. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述抗反射层（11）由氮化硅或是氧化钛制成。

- 
21. 根据权利要求 16 所述的方法, 其特征在于, 所述半导体器件 (100) 是太阳能电池。
  22. 带有突出元件 (13.1 至 13.n) 的装置, 用于实施根据权利要求 1 至 21 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述装置包括装配在一个共同的支撑体 (12) 上的突出元件 (13.1 至 13.n), 所述支撑体 (12) 包括加热装置 (15)。
  23. 根据权利要求 22 所述的装置, 其特征在于, 所述突出元件 (13.1 至 13.n) 的端部是尖的。
  24. 根据权利要求 22 所述的装置, 其特征在于, 所述突出元件 (13.1 至 13.n) 基于石墨或钨形成。
  25. 根据权利要求 22 所述的装置, 其特征在于, 所述加热装置 (15) 是电阻元件或感应元件。

## 形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法

### 技术领域

本发明涉及一种形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法，尤其是适合于形成半导体器件的方法。这种方法例如可以用于在同质结太阳能电池的背面上形成金属/半导体触点。

### 背景技术

工业级太阳能电池的制造追求两个目标：提高太阳能电池的效率以及提高制造这些太阳能电池的生产率。所制造的大多数太阳能电池基于晶体硅。可以将太阳能电池分为两类：异质结太阳能电池和同质结太阳能电池。

传统的制造晶体硅同质结太阳能电池的方法如下：

将掺杂 N 或 P 的硅衬底置于扩散炉中，从而在该衬底的一个面上，当硅被掺杂 N 时形成掺杂 P<sup>+</sup> 的区，或当硅掺杂 P 时形成掺杂 N<sup>+</sup> 的区。衬底的这个面被称为“发射极”。其位于太阳能电池的正面的一侧上。金属层，例如由铝制成，沉积在相对于发射极的另一个面上。该另一个面被称为“基极”。衬底和金属层被退火，以便使具有与该衬底相同类型导电性的衬底的基极形成过掺杂 (surdoper)。当硅被掺杂 N 时，在衬底的整个基极上形成掺杂 N<sup>+</sup> 的区，或者当硅被掺杂 P 时，形成掺杂 P<sup>+</sup> 的区。这种热处理可以保证金属层与衬底的基极之间的美好接触。然后，在半导体衬底的发射极上沉积抗反射层。该抗反射层可以通过“俘获”太阳能电池

内部的光子来保证光学损失最小。该层例如可以以氮化硅或氧化钛形成。然后，在抗反射层上形成金属栅极。该金属栅极必须保证正面的遮蔽最小，从而使得被暴露于光的发射极表面尽可能大。该金属栅极被退火，以便使其横穿抗反射层并与半导体衬底的发射极接触。

为了获得更好的效率，太阳能电池的背面不能完全地被由铝制成的金属层接触。实际上，为了获得高效率的电池，仅在电池的不同层之间具有良好的接触是不够的。还需要将表面，尤其是背面完全钝化。良好的表面钝化意味着：少数载流子，即，通过由太阳能电池吸收光子而产生的P型硅中的电子将不会或者几乎不会在相关的表面上重新组合。在工业级太阳能电池中，背面的钝化是通过BSF（Back Surface Field）效应（背场效应）实现的。该BSF通过位于衬底基极上的铝金属层的退火而产生的，其引起在整个基极表面上具有与的衬底相同类型导电性的过掺杂。

然而，这种通过衬底基极的整个表面的过掺杂形成的表面钝化不如通过电介质的表面钝化那样高效。通过电介质的表面钝化包括在待钝化的表面上沉积一个电介质层。所使用的电介质可以是例如氧化硅或氮化硅电介质。

因此，最好的折衷方法是使太阳能电池的背面的一部分与金属接触，以便获得金属/半导体触点，以及通过沉积在表面钝化方面有可能最好的特性的电介质来占据（occupy）该背面的剩余部分。这种结构比利用整个待钝化表面的过掺杂结构在实施起来时更加复杂。这种结构通常需要使用昂贵的光刻法的步骤。

美国专利US-A-4626613和US-A-5011565描述了具有穿过电介质层的金属/半导体触点的太阳能电池。在这两个专利中，首先将电介质沉积在硅衬底的基极上。然后，激光穿过电介质蚀刻（graver）

金属触点的位置。最后，将金属沉积在被蚀刻的位置上。这种方法具有的缺点是衬底会被激光损坏，并且在金属触点位置上需要另外的蚀刻步骤来实现良好质量的接触。

欧洲专利 EP-A1-1319254 也描述了具有穿过电介质层的金属/半导体触点的太阳能电池。电介质被沉积在硅衬底的一个面上。然后通过阴极溅射或蒸发将金属层沉积在电介质层上。然后，激光源通过局部地加热金属层而形成不规则的触点。被激光源熔化的金属横穿电介质并且与硅融合，从而形成金属/半导体触点。这种方法的主要缺点在于不能具有良好的生产率。实际上，激光必须在每块电池上形成 100 至 500 以上个熔点，这需要很长的形成时间。此外，激光会损坏金属表面（造成电池的背面过厚），是在若干电池之间的互连过程中发生损坏的原因。

## 发明内容

本发明的目的在于提出一种形成用于半导体器件的、穿过电介质的金属/半导体触点的方法，该方法没有形成穿过电介质的金属/半导体触点的现有方法的缺点，尤其没有现有方法的低生产率以及其在所形成的器件上损坏的风险。

为了达到这些目的，本发明提出了一种在至少一个金属层和至少一个半导体衬底之间形成穿过半导体器件中的至少一个电介质层的触点的方法，其中，该半导体器件在半导体衬底的被称为“基板”的至少一个面上包括电介质层，在该电介质层上堆叠有金属层。使装配在支撑体上的若干突出元件的加热端同时与金属层发生接触，从而在突出元件的加热端下面形成熔化金属区，熔化的金属横穿电介质，并且与处于熔化金属区的水平高度上的衬底的半导体融合，从而形成触点。



因此，不是利用激光源穿过电介质层在半导体层和金属层之间的半导体器件上形成连续的不规则的触点，而是通过使用其加热端同时抵靠金属层设置的突出元件而使所有的触点一次性形成。然后，在这些加热端下面，通过传导形成熔化金属区，该熔化金属区横穿电介质，并与衬底的半导体融合，从而在金属层和半导体之间形成触点。电介质层可保证半导体衬底背面的钝化。

优选地突出元件以矩阵方式排列在支撑体上。

可以将突出元件的端部设计为加热到约 577°C 至 1000°C 之间的温度，以便使金属层迅速熔化。

优选地抵靠金属层的突出元件的加热端作用时间为约 0.5 秒至 10 秒之间。

用于约 1 m<sup>2</sup> 的半导体衬底表面积的突出元件的数量可以为在例如约 500 至 35000 之间。

突出元件的端部可以具有其直径可以为约 50 微米至 1 毫米的大致圆形形状，或者具有其各边长可为约 50 微米至 1 毫米的大致四边形形状。突出元件的端部的形状与由这些突出元件形成的金属/半导体触点的形状相同。

优选半导体衬底是晶体衬底。

半导体衬底可以是例如单晶硅或多晶硅的形式。

可以将电介质层设计成氧化硅或氮化硅的形式。

电介质层优选通过等离子体增强的化学气相沉积技术沉积在半导体衬底上。

金属层可以例如通过蒸发、溅射或丝网印刷而被沉积在电介质层上。

可以将金属层的厚度设计为约 1 微米至 5 微米之间。

金属层可以基于一种掺杂材料，例如，铝。

然后，优选半导体衬底具有第一类型导电性，并且优选在形成触点的方法过程中，熔化的金属在处于金属/半导体触点周围的半导体衬底中形成第一类型导电性的过掺杂区。因此，这些区可以使金属层与半导体衬底之间具有良好的接触。

本发明还涉及一种形成包括根据上述方法形成的触点的半导体器件的方法，其中该半导体衬底优选具有第一类型导电性。这种形成半导体器件的方法可以包括以下步骤：

a) 半导体衬底的热处理，在与基极相对的、被称为“发射极”的另一个面的下面形成具有与第一类型导电性相反的第二类型导电性的过掺杂区；

b) 在半导体衬底的发射极上形成抗反射层；

c) 在抗反射层上沉积金属栅极；

d) 使金属栅极穿过抗反射层与半导体衬底的发射极接触。

该使金属栅极穿过抗反射层与半导体衬底的发射极接触的步骤可以通过金属栅极的热处理来实现。

金属栅极可以例如基于诸如银的贵金属。这种金属栅极是半导体器件的两个电极中的一个，另一个是金属层。

抗反射层可以例如是氮化硅或氧化钛的形式。

这种半导体器件可以优选为太阳能电池。

本发明还涉及一种用于实施上述方法的带有突出元件的装置。可以将这种装置设计为包括装配在一个共同的支撑体上的突出元件，该支撑体包括加热装置。

这种突出元件的端部可以是尖的。

这种突出元件可以基于石墨或钨形成。

优选加热装置是电阻元件或感应元件。

## 附图说明

在参考附图、阅读了对具体实施方式的实施例的描述后可以更好地理解本发明，该实施例是仅用于说明而给出的，并不以任何方式限制本发明，其中：

图 1 示出包括穿过电介质的金属/半导体触点的半导体器件的实施例的剖面图，该金属/半导体触点根据本发明目的的一种形成方法而形成。图 1 还包括在形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法过程中使用的突出元件；

图 2A 至图 2C 示出形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法（即，本发明目的）的步骤的剖视图；

图 3A 示出在同一支撑体上以矩阵排列的突出元件的仰视图；

图 3B 示出在同一支撑体上矩阵排列的突出元件的透视图。

下文描述的不同附图中的相同的、相似的或等效的部件具有相同的数字标号，以便可实现从一个图转移至下一个图。

为了使附图更容易理解，图中所示的不同部件没有必要都是相同比例的。

## 具体实施方式

参考图 1，该图 1 为示出根据本发明目的的形成方法形成的半导体器件 100 的实施例的剖面图。该部件包括在半导体衬底 1 的被称为“基极”的至少一个面 2 上的电介质层 4。在该电介质层 4 上堆叠金属层 5。该半导体器件 100 还包括根据本发明目的的一种形成方法形成的、穿过电介质层 4 的、在金属层 5 和半导体衬底 1 之间的触点 6.1 至 6.n。在图 1 中，只示出了触点 6.1 至 6.n 的系列中的四个触点 6.i-1、6.i、6.i+1、6.i+2。在该实施例中涉及一种太阳能电池，但其可以是另一种半导体器件。

半导体衬底 1 可以是晶体衬底，例如是单晶硅或多晶硅的形式。该半导体衬底 1 还可以是例如薄膜的形式。其具有第一类型导电性。在图 1 中举例说明的实施例中，半导体衬底 1 是 P 型晶体硅的衬底。半导体衬底 1 的厚度可以在 10 微米至几百微米之间。

半导体衬底 1 进一步包括与基极 2 相对的、被称为“发射极”的另一个面 3。该发射极 3 在半导体器件 100 的正面 7 的一侧上。作为图 1 的半导体器件 100 的例子的太阳能电池中，正是该正面 7 被暴露于光中。

半导体器件 100 在半导体衬底 1 的发射极 3 下面包括具有与第一类型导电性相反 (opposé) 的第二类型导电性的过掺杂区 8。因

此，在图 1 的实施例中是被掺杂 N<sup>+</sup> 的区 8。该区通过对半导体衬底 1 进行例如在扩散炉中的热处理而形成。

然后，抗反射层 11 被沉积在半导体衬底 1 的区 8 上。该抗反射层 11 可以通过“俘获”半导体器件 100 内部的光子，以保证光学损失最小。该抗反射层 11 例如可以以氮化硅或以氧化钛的形式形成。

然后，在抗反射层 11 上形成金属栅极 9。该金属栅极 9 是半导体器件 100 的第二电极。该金属栅极 9 例如基于诸如银的贵金属形成。其必须保证正面 7 的最小遮蔽 (ombrage)，从而使得所述正面 7 的被暴露于光的表面尽可能大。该金属栅极 9 例如通过丝网印刷膏的沉积而形成，然后，将该丝网印刷膏退火，从而使其横穿抗反射层 11，并与区 8 产生接触。

下面我们将描述形成穿过电介质的金属/半导体触点的方法，即本发明的目的，其构成图 1 的半导体器件 100 的形成方法中的一部分。在图 2A 至图 2C 中，仅仅示出半导体衬底 1 和位于该半导体衬底 1 的基极 2 一侧上的半导体器件 100 的元件。实际上，图 1 中示出的被设置于半导体衬底 1 的发射极 3 的一侧的元件仅为半导体器件 100 的一个优选的具体实施方式。

如可从图 2A 中看到的那样，首先至少电介质层 4 被沉积在半导体衬底 1 的至少基极 2 上。该电介质层 4 可以保证半导体衬底 1 的基极 2 的良好钝化。这意味着通过光子吸收而产生的少数载流子 (porteur) 将不会或者几乎不会在相关的表面 (即，半导体衬底 1 的基极 2) 上重新结合 (se recombiner)。在图 1 至图 2C 中示出的实施例中，电介质层 4 是氮化硅或氧化硅的形式。该电介质层 4 的沉积例如可以通过 PECVD (等离子增强的化学气相沉积) 技术，

或任何其它的适当的技术而实现。该电介质层 4 的厚度为约 5 纳米至 100 纳米之间。

然后,使半导体衬底 1 和电介质层 4 在约 400°C 的温度下退火,从而提高电介质层 4 的钝化性能。

然后,如在图 2B 中说明的那样,在该电介质层 4 上堆叠有金属层 5。该金属层 5 是半导体器件 100 的两个电极中的一个。在该图 2B 的例子中,金属层 5 由铝制成。其通过蒸发、溅射或甚至通过丝网印刷而被沉积。其厚度为约 1 微米至 5 微米之间。

然后,同时地将突出元件 13.1 至 13.n 的若干加热端抵靠金属层 5。在图 2C 和图 1 中,这些突出元件在同一支撑体 12 上排列成矩阵。它们的端部例如是尖的。在这两个图中,在支撑体 12 上仅示出四个突出元件 13.i-1、13.i、13.i+1、13.i+2。当加热端靠近金属的表面时,位于该突出元件 13.1 至 13.n 的加热端下面的金属层 5 由于(热)辐射而开始轻微熔化。当突出元件 13.1 至 13.n 的加热端与金属层 5 接触时,位于加热端下面的金属通过热传导快速熔化,从而形成熔化金属区 14.1 至 14.n。一部分的熔化金属与衬底 1 的半导体接触,然后与其融合,并形成电连接半导体衬底 1 和金属层 5 的触点(contact) 6.1 至 6.n。触点 6.1 至 6.n 的个数等于包括支撑体 12 的突出元件 13.1 至 13.n 的个数。突出元件 13.1 至 13.n 的加热端抵靠金属层 5 的作用时间例如为约 0.5 秒至 10 秒之间。这些突出元件 13.1 至 13.n 被加热到约 577°C 至 1000°C 之间的温度。在该作用时间内,当如在金属层 5 是由铝制成并且半导体衬底 1 具有第一类型导电性的图 2C 和图 1 的实施例中那样,金属层 5 具有掺杂性能时,具有第一类型导电性的过掺杂区 10.1 至 10.n 形成在触点 6.1 至 6.n 周围。这些过掺杂区 10.1 至 10.n 可以保证在半导体衬底 1 和金属层 5 之间的更好接触。

在形成触点 **6.1** 至 **6.n** 以后，未与衬底 **1** 的半导体融合的熔化金属区 **14.1** 至 **14.n** 的金属凝固回复到与金属层 **5** 的其余金属相同的状态。

抵靠金属层 **5** 设置的触点 **6.1** 至 **6.n** 的表面具有与突出元件 **13.1** 至 **13.n** 的端部相同的形状。图 3A 和图 3B 分别示出支撑体 **12** 和突出元件 **13.1** 至 **13.n** 的例子的仰视图和透视图。可以看出，突出元件 **13.1** 至 **13.n** 都具有其边的尺寸为约 250 微米的正方形形状的端部。它们排列成矩阵，以等于约 2 毫米的距离等距隔开。一般说来，突出元件 **13.1** 至 **13.n** 的端部可具有其边长为约 50 微米至 1 毫米的大致四边形形状，或具有其直径为约 50 微米至 1 毫米的大致圆形形状。对于约  $1\text{m}^2$  表面积的半导体衬底可以使用约 500 至 35000 个的突出元件。突出元件 **13.1** 至 **13.n** 例如基于石墨或钨形成。

第一种制造方法包括使用研磨机，该研磨机将会由石墨或钨的固体块直接形成突出元件 **13.1** 至 **13.n**。在这种制造方法中，支撑体 **12** 和突出元件 **13.1** 至 **13.n** 由同一石墨块或钨块形成。第二种制造方法包括在作为支撑体 **12** 的石墨块或钨块中形成孔。这些孔是根据突出元件 **13.1** 至 **13.n** 的矩阵图案而形成的。然后，将由另一石墨块或钨块形成的这些突出元件 **13.1** 至 **13.n** 插入预先形成的孔中。在这两种制造方法中，然后将加热装置 **15** 例如图 3B 中的电阻结合于支撑体 **12** 的内部。这些加热装置 **15** 可以加热突出元件 **13.1** 至 **13.n**。更通常地，这些加热装置例如可以是感应元件或电阻元件。

这种方法的优点是迅速，因为半导体衬底的处理是以单个操作实施的。此外，该方法很容易自动化，并且可以获得极高的效率，同时保持很好的生产率，可与工业生产相适合。

---

尽管已经具体地对本发明的几个具体实施方式进行了描述，但是应当理解，在不超出本发明范围的情况下可以进行不同的变化和修改。



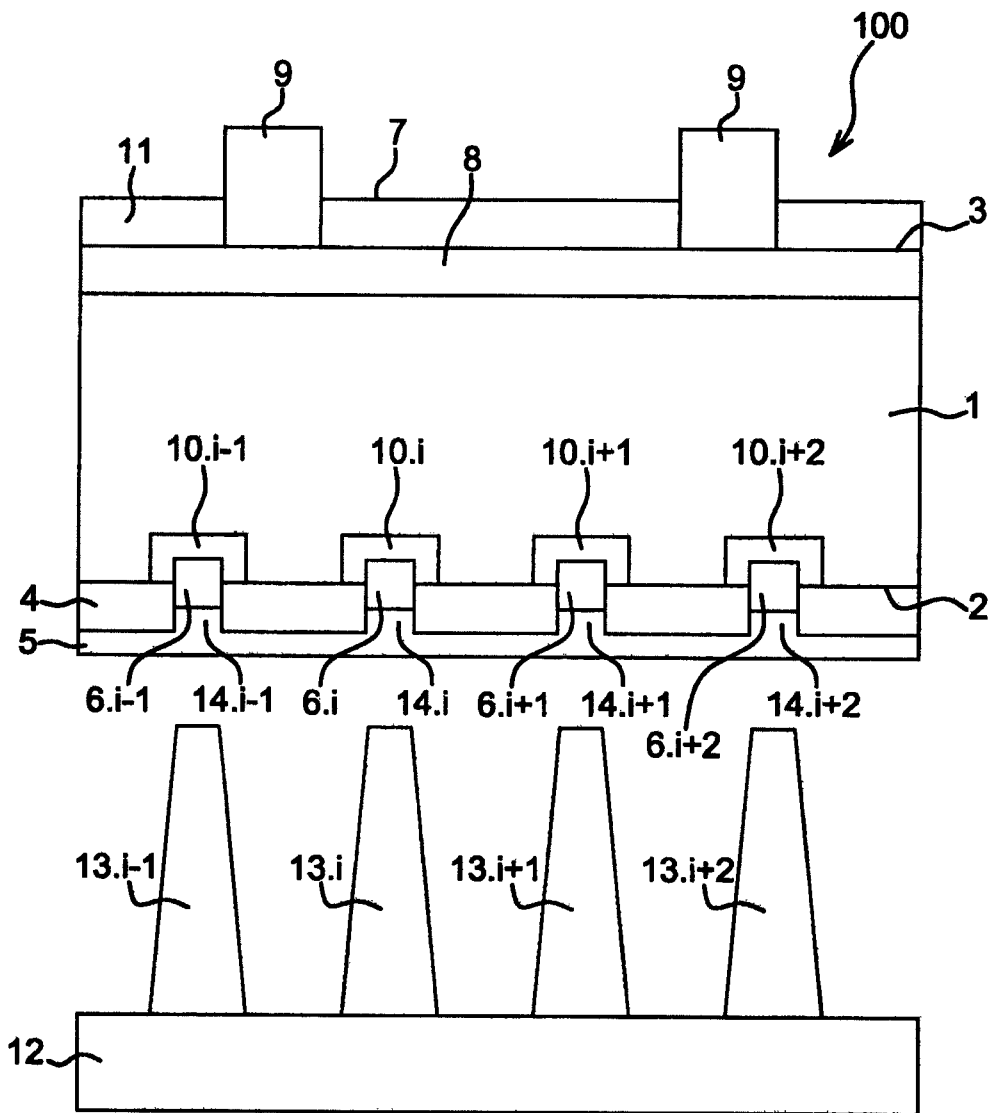


图 1

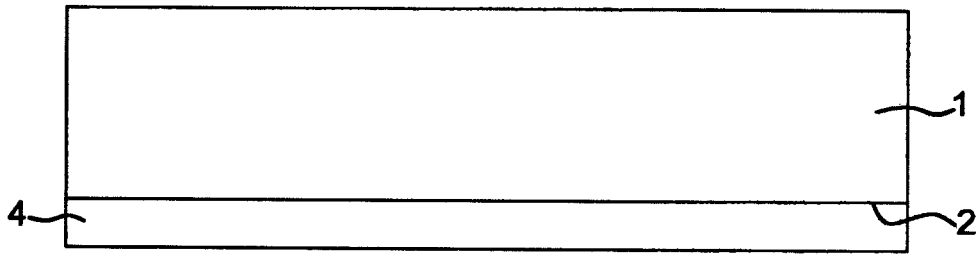


图 2A

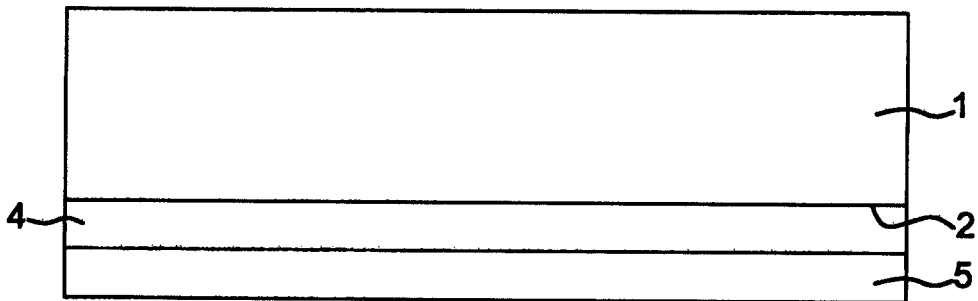


图 2B

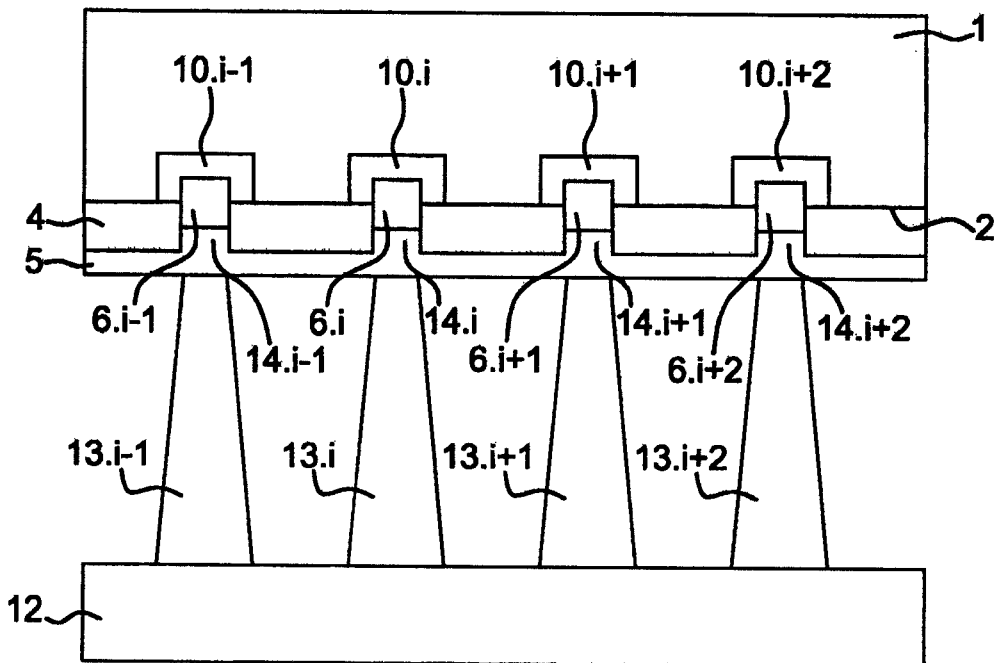


图 2C

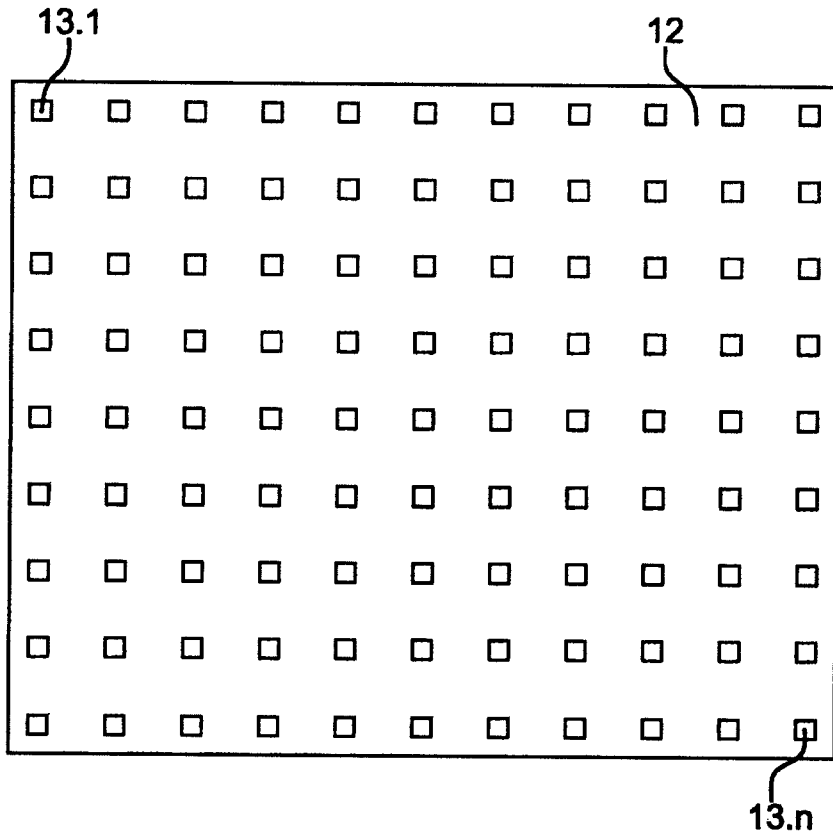


图 3A

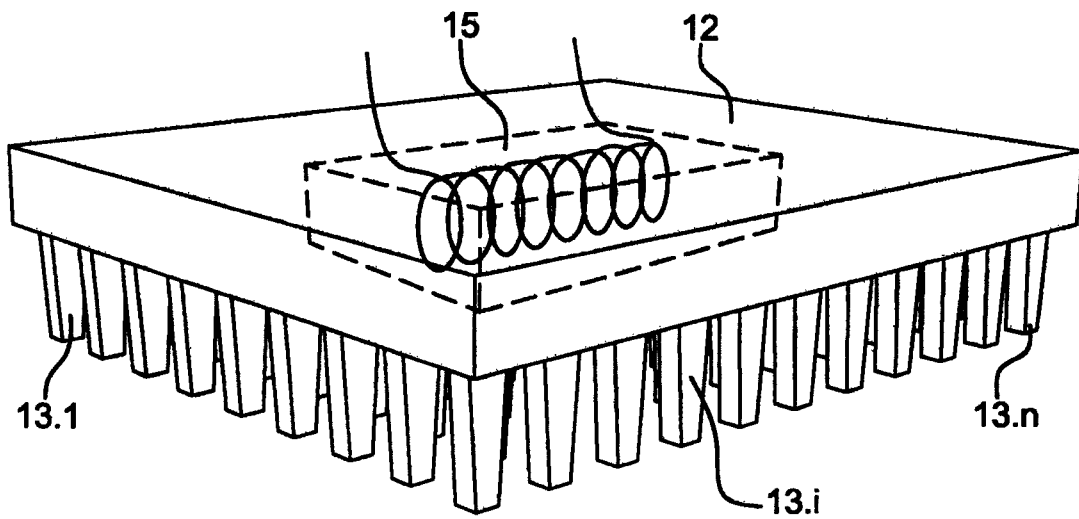


图 3B