



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92115359.7

[51]Int.Cl⁶

H01L 31/18

[45]授权公告日 1996年6月5日

[24]颁证日 96.3.2

[21]申请号 92115359.7

[22]申请日 92.12.24

[30]优先权

[32]91.12.27[33]DE[31]P4143083.2

[32]91.12.27[33]DE[31]P4143084.0

[73]专利权人 鲁道夫·赫策尔

地址 联邦德国慕尼黑

[72]发明人 鲁道夫·赫策尔

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 肖掬昌 王忠忠

H01L 21/28

H01L 31/06 H01L 31/0224

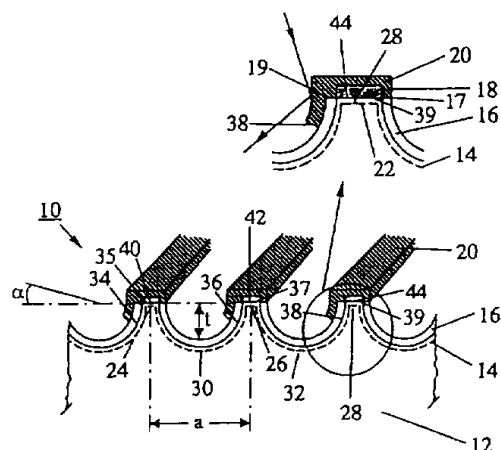
H01L 31/0236

权利要求书 3 页 说明书 48 页 附图页数 15 页

[54]发明名称 一种太阳能电池

[57]摘要

一种太阳能电池 (10)，具有至少一个半导体衬底表面 (12)，其上设有升高部分 (24, 26, 28)，在升高部分上构成导出载流子的导电接触层 (20)，并至少在导电接触层之间覆盖一层钝化材料 (16)。为了能用简单的工艺制造高效率的太阳能电池，在构成升高部分后将半导体衬底表面全面地或绝大程度全面地用钝化材料覆盖。然后去除掉升高部分上的钝化材料及必要时除去其上的半导体材料。随后在升高部分裸露区域上设置形成导电接触层的材料。



权利要求书

1. 太阳能电池（10,46,80,82,94,124,144,210,236,258），包括一种半导体衬底（12,110,126,146,160,212,238），在其中由射入的光能产生载流子，后者能通过一个电场被分开而然后经由导电接触层（20,40,42,44,100,102,114,130,156,164,218,230,254,257）被导出，其中：

至少在一个半导体衬底表面上设有具有侧面（34,36,38）的升高部分（24,26,28,116,118,136,138,148,150,168,220,222,224,240,242,274）及在其上构成传导出载流子的导电接触层，

该半导体衬底表面至少在接触层之间的区域上用构成一个钝化层（16,98,134,158,162,246,260,276）的钝化材料覆盖，及

接触层设置在原先覆盖钝化层材料而后又从其上去除该钝化材料并在必要时也除去半导体材料的升高部分的顶部区域上，并且至少局部地延伸到侧面的钝化材料上，

其特征在于：在升高部分（24,26,28,116,118,136,138,148,150,168,220,222,224,240,242,274）中的钝化层（16,98,134,158,162,246,260,276）至少局部地是一个做成平台状的区段（35,37,39,140），其侧面（34,36,38）从该区域延伸出来，并且在该区域中半导体材料或者一个设置在该材料上的层被裸露出来；以及构成导电接触层（20,40,42,44,100,102,114,130,156,164,218,230,254）的材料延伸在该平台区域上并且至少延伸到从平台区域延伸出的侧面的一个上。

2. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池，其特征在于：升高部分（24,26,28）的侧面至少被逐段地构成凹状。

3. 根据权利要求1的太阳能电池，其特征在于：接触区(20)具有的沿裸露半导体材料的横向延伸小于延侧面(34,36,38)的横向延伸。

4. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：升高部分(24,26,28)彼此平行地或基本上彼此平行地延伸，并最好与沟形凹槽交界。

5. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：升高区域(116,118,136,138,148,150,168,220,222,224,240,242)小面积地由从半导体衬底表面凸起的棱锥体或棱锥台、圆锥体或圆锥台或圆柱体构成的。

6. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：太阳能电池的正面及背面上的每个面上均有彼此平行延伸的升高部分及凹槽；背面的升高部分或槽相对于正面的升高部分或槽具有偏离的路径，其中最好是这太阳能电池相对的两个面上的升高部分或槽是彼此垂直或基本上彼此垂直的。

7. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：升高部分(92)和/或在其之间延伸的沟状凹槽在它们底部区域中构成网纹状结构。

8. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：在条状的升高区域(24,26)之间的距离 a 为： $30\mu m < a < 2000\mu m$ ，最好为 $50\mu m < a < 300\mu m$ 。

9. 根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于：在升高部分(24,26,28)之间延伸的沟状凹槽(30,32)具有的深度 t 为：

$25\ \mu\text{m} < t < 200\ \mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求 1 的太阳能电池，其特征在于：升高区域 (24,26,28) 间的距离 a 与槽 (30,32) 深度 t 的比例为： $1.0 < a / t < 1.5$ 。

说明书

一种太阳能电池的制造方法及其太阳能电池

本发明涉及制造一种太阳能电池的方法，该太阳能电池包括一个半导体衬底，在其中由射入的光能产生载流子，以及导出载流子的导电接触层，其中为了制造该太阳能电池：

在至少一个半导体衬底表面构成升高部分，

在构成升高部分后，在半导体衬底表面全面地或绝大程度全面地覆盖钝化材料，

从升高部分上至少局部地去除盖在其上的钝化材料，及

至少直接地或间接地在升高部分的裸露区域上及局部地在由升高部分延伸出的侧面具有的钝化材料上设置构成导电接触的材料。

同时本发明还涉及一种太阳能电池，它包括一种半导体衬底，在其中由射入的光能产生载流子，后者能通过一个电场被分开，而然后经由导电接触层被导出，其中：

至少在一个半导体衬底表面设有具有侧面的升高部分及在其上构成传导出载流子的导电接触层。

该半导体衬底表面至少在接触层之间的区域上用构成一个钝化层的钝化材料覆盖，及

接触层设置在原先覆盖钝化层材料而后又从其上去除该钝化层材料并在必要时也去除半导体材料的升高部分的顶部区域上，并且至少局部地延伸到侧面的钝化材料上。

最后，本发明还涉及一种太阳能电池，它具有一个半导体衬底，在其中由射入的光能产生载流子，这些载流子被设置在半导体衬底一个面上的第一及第二少数或多数载流子收集接触层导出。

在光生伏打太阳能电池上产生高效率的实质前提在于：除利用合适的表面结构及接触结构得到最佳的光耦合外，主要是尽可能小的接触面积及半导体有源区域非常良好的表面钝化处理。由此短路电流以及通过降低反向饱和电流不仅是空载电压而且太阳能电池的填充系数也提高了。当今用掺杂pn结制造出的硅太阳能电池的最高实验效率

（约为24%）是这样实现的：一个昂贵的光刻成的表面结构借助于热

氧化硅层作高温钝化处理，在其上面再经过光刻或蚀刻形成极小的开口，用于在上面覆盖导出载流子所必须的金属接触层（M.A.Green, S.R. Wenham, J. Zhao, J. Zolper 及 A.W. Blakers, Proceedings 21. IEEE Photovoltaic Specialists Conference 第207页, 1990）。在接触区域中的双向扩散对进一步减少反向饱和电流作出了贡献。然而这个复杂的制造工艺对于一种价格合理批量生产的地面太阳能电池来说仅在一定条件下才能实施。

在文献：“R.Hezel, W.Hoffman 及 K.Jaeger, 第10届欧洲光生伏打太阳能会议的会议录，第511页，1990年于里斯本”中描述了一种凸出的MIS反型层太阳能电池，它导致能在获得高效率下降低成本。这种制造由于具有感应出的pn结可通过简单的较低温度的工艺来实现，并且由此主要对于非常薄的并且双面接收光的实施形式特别适用。为了使太阳能电池的效率进一步地提高，在其中除减少接触面外还需要明显地改善表面的钝化处理。

已经公知了，通过在约450℃时沉积一个等离子氮化硅层可提

高硅表面钝化处理的质量并由此显著提高其效率（W.Bauch及R.Hezel，第19届电化学光生伏打太阳能会议的会议集，第390页，1989年于弗赖堡）。然而在这里为了要制作钝化层中的开口及确定接触网格需要二次光刻步骤，这对于大规模生产及在大太阳能电池面积情况下很难价格合理地得以实施。

由IEEE电子装置通讯第11卷第1期（1990年1月美国纽约）第6—8页（A.Cuevas 等著）公知了一种点接触—聚能器太阳能电池，其中利用光刻方式构造成一种结构。该太阳能电池的表面具有多个升高部分，它们中间仅是一些升高部分被构成正面接触层的导电材料局部地覆盖。该导电材料伸延在具有V形截面局部裸露半导体的区域上以整个区域地延伸在作为钝化层有氧化物层上。该导电材料沿着升高部分的两个侧面伸延。在一定条件下经过光刻工艺步骤就使相应太阳能电池的制造十分昂贵，并且此外由于高的制造成本就不适于广泛的商业应用。

具有条状正面接触区的太阳能电池已由：1987年5月4日在美国路易斯安娜州新奥尔良市召开的第19届IEEE光生伏打专家会议的会议集第1424—1429页（D.B Bickler 等著）公知了。这些接触区仅伸延在半导体衬底上沿高台面伸展的并局部覆盖了氧化物层的区域上。为了制造这种结构必须要有多个光刻工艺步骤。

不仅在前头或是刚刚描述的太阳能电池均需要一种昂贵的掩膜、调整及蚀刻技术。

蚀刻工艺及掩膜技术是由1989年9月25日的应用物理学通报（第55卷，第13期，美国纽约，第1363—1365页A.W. Blakers 等著）所公知的太阳能电池所同时需要的，其中正面接触区

整齐地设置在一个具有缺口的氧化物层上。

同样也公知了经过各向异性蚀刻作结构加工的一种M I S太阳能电池的正面（第5届国际光生伏打科学及工程会议，1990年11月26日，日本京都，第701-704页R.Hezel等著）。

在第5届国际光生伏打科学及工程会议（1990年11月26日，日本京都，第533-536页，H.Itoh等著）上也公知了在一个结构预处理的玻璃载体上覆盖一个a-Si-太阳能电池衬底的太阳能电池。

在应用物理通报（第41卷第7期，1982年10月1日美国纽约，第649-651页，P.G.Borken等著）上描述了一种Si-太阳能电池，其中利用蚀刻及光刻结构加工出的正面接触层覆盖在利用C V D沉积的氧化物层上。

根据第14届I E E E光生伏打专家会议（1980年1月7日，美国加利福尼亚州，圣地亚哥市，第783-786页，Sparks等著）公知了：利用各向异性蚀刻产生太阳能电池的表面结构，在其上通过等离子蚀刻及借助机械掩膜覆盖正面接触区。

因此本发明的任务在于：借助简单的工艺并在一定条件下应用大面积的并尤其是非常简单的加工处理方法，不经利用高温的而且特别是应用低温的工艺制造非常高效率的太阳能电池。同时其应用可能推广至所有类型的半导体，单元素的及化合物的半导体，不仅是任意表面定向的单晶型式，每种晶粒大小及定向的多晶类型，或是无结晶状态的，在支撑(厚)的型式或是利用在另外衬底上的薄膜半导体形式。

本发明的任务还在于：提出一种能简单实现的在太阳能电池的一

面设置第一及第二接触区的布置，它能特别有利地应用在大面积而非聚集型的系统中。同时其实现既可依赖于通过扩散产生的pn结，也可依赖通过金属或通过表面绝缘层电荷感应的电场。此外还能对通过背面双接触网格结构射入的光线作充分利用，并最后可以提供一个简单的双面光照及双面收集少数载流子的太阳能电池。后一种电池不仅作到对周围散射光线的最佳利用而且也非常有效地收集了光生载流子，尤其是对于存在廉价的具有较短少数载流子扩散长度的半导体衬底的情况。

该任务将根据本发明的方法这样解决：

由半导体材料不用掩膜地通过机械去除和/或腐蚀构成升高部分；以及至少升高部分上的钝化层材料这样地被去除，以致构成一个高平台区域，其侧面从该平台区域的自由表面上延伸出来，并且在该平台区域中半导体被裸露出来。

对此最好构成导电接触层的材料不是使用单独的掩膜覆盖到升高部分的平台区域上及每个设有构成导电接触层材料的升高部分的一个侧面。

此外，开始所提出的任务也可以通过这种太阳能电池来解决，它的特征在于：在升高部分区域中的钝化层至少局部地具有一个构成平台形状的区域，其侧面从该区域延伸出来，并且在该区域中半导体材料或者一个设在该材料上的层被裸露出来；以及构成导电接触层的材料延伸在该平台区域上并且至少延伸到从平台区域上延伸出的一个侧面上。

另外的任务部分的解决，是设立这样的太阳能电池，它具有一个半导体衬底，其中用射入的光能产生载流子，它们由设在半导体衬底

一个面上的第一及第二收集少数或多数载流子的接触层导出，其特征一方面在于：第一及第二接触层设置在具有升高部分的半导体衬底的面上；第一及第二接触层至少部分地直接设置在原先覆盖了钝化层材料而后又切去该钝化层的升高部分上或设置在一个绝缘层（214）或一个半导体材料的表面掺杂层上。

另一方面，一个相应太阳能电池的特征在于：第一导电接触层或由其构成的区域全面地或基本上全面地伸展在第二导电接触层中间，并且第一及第二导电接触层伸延在半导体衬底上不同高度的区域上。

对此该第一及第二导电接触层最好为欧姆接触层及MIS接触层。

本发明的其它构型集中体现在第46—48页。

构成导电接触层的材料不是使用单独的掩膜覆盖到升高部分的平台区域及至少一个侧面上的。至少钝化层材料的去除是用机械方式和/或化学—机械方式和/或通过离子轰击和/或通过蚀刻如离子蚀刻、激光蚀刻或等离子蚀刻实现的。与钝化层材料一起地除去半导体材料。升高部分被构成条状；在每个升高部分上面或其附近覆盖构成条状；在每个升高部分上面或其附近产生构成导电接触层的材料；及平台区域的宽度大于钝化层的双倍层厚。从至少多个升高部分上大面积地并实质同时地去除钝化层材料，及必要时在所需的范围中去除半导体材料。构成导电接触层的材料是对升高部分的平台区域所伸展的平面成 α 角度进行真空沉积的，并且 $90^\circ > \alpha > 0^\circ$ ，最好是 $30^\circ > \alpha > 1^\circ$ 。构成导电接触层的材料是通过电解或通过无电流的金属处理沉积的。通过去除半导体材料或设有半导体材料的载体形成的升高部分是借助例如彼此平行_于设置的锯条或丝相对于半导体材料或载体运动，或借助格锯_层作成的。用_层作为后设覆盖层或制作层的掩膜，尤其是用作构成导电接触_层的材料或为了构成半导体衬底掺杂表面层的掺杂或离子植入的掩模。半导体材料或用于半导体材料的载体材料的结构加工方

法,尤其是用于构成彼此平行或基本平行延伸的槽的材料,该材料是利用彼此平行或基本上平行的并相对于待加工材料运动的机械加工工具进行结构加工的。使用锯丝、锯条或一种格锯作为机械加工工具。在升高部分中的钝化层至少局部地为一个构成平台形状区域的区段其侧面从该区域延伸出来,并且在该区域中半导体材料或者一个设置在该材料上的层被裸露出来;以及构成导电接触层的材料延伸在该平台区域上并且至少延伸到从平台区域延伸出的一个侧面上。升高部分的侧面至少被逐段地构成凹状。接触区具有的沿裸露半导体材料的横向延伸小于沿侧面的横向延伸。升高部分彼此平行地或基本上彼此平行地延伸,并最好与沟形凹槽交界。升高区域小面积地由从半导体衬底表面凸起的棱锥体或棱锥台、圆锥体或圆锥台或圆柱体构成的。太阳能电池的正面及背面上的每个面上均有彼此平行延伸的升高部分及凹槽;背面的升高部分或槽相对于正面的升高部分或槽具有偏移的部分,其中最好是这太阳能电池相对的两个面上的升高部分或槽是彼此垂直或基本上彼此垂直的。升高部分和/或在其之间延伸的沟状凹槽在它们底部区域中构成网纹状结构。在条状的升高区域之间的距离 a 为: $30\mu\text{m} < a < 2000\mu\text{m}$, 最好为 $50\mu\text{m} < a < 300\mu\text{m}$ 。在升高部分之间延伸的沟状凹槽具有的深度 t 为: $25\mu\text{m} < t < 200\mu\text{m}$ 。升高区域间的距离 a 与槽深度 t 的比例为: $10 < a/t < 1.5$ 。第一及第二接触层设置在一个具有升高部分的半导体衬底的面上;第一及第二接触层至少部分地直接设置在原先覆盖了钝化层材料而后又切去该钝化层的升高部分上或设置在一个绝缘层或一个半导体材料的表面掺杂层上。升高部分具有棱锥体的,圆锥体的或圆柱体的形状,或条状地延伸并且被彼此平行的或绝大程度平行的凹槽划界。第一接触层是欧姆接触层而第二接触层是MIS接触层,并且在一个欧姆接触层与一个相邻的MIS接触层之间的距离小于两个相邻的MIS接触层间的距离。在一个MIS接触层

及一个欧姆接触层之间的距离约为两个相邻的MIS 接触层间距离的一半。第一及第二接触层的外侧的与半导体衬底表面平行延伸的自由面在或约在一个水平面中延伸。第一导电接触层或由其构成的区域全面地或基本全面地伸延在第二层导电接触层中间; 并且第一及第二导电接触层以各自的自由表面延伸到不同的水平面上。在太阳能电池背面的正视图中, 第一接触层或由该层构成的区域和第二接触层构成了一个封闭的或基本上封闭的面。第一导电接触层是MIS接触层, 而第二导电接触层为欧姆接触层, 后者设置在半导体衬底凸起区域上。在欧姆接触层上覆盖一层钝化层。欧姆接触层包括一个金属层, 它至少部分地被钝化层覆盖。所述半导体材料为单晶的、多晶的、非结晶的及单元素的或化合物的半导体。背面接触层由一种载体衬底的升高部分构成; 载体衬底被一层钝化层覆盖着, 该层在升高部分区域中被去除; 及在该钝化层及裸露的升高部分上覆盖着半导体材料。

利用本发明的技术指导, 可以不用昂贵的机械掩膜, 并主要使用与自调整(即无掩膜的)有关的接触指区系统得到对半导体非常小的接触面积, 大的功率截面及仍能有小的遮光率, 这些可用于将少数载流子或多数载流子传导到太阳能电池的正面和/或背面。

本发明构思的另一基本特征是: 在构成接触网格的接触层间的有源面均由一个透明的层覆盖, 它用于使半导体表面复合的速度变得最小并同时作为抗反射层。该层将在接触层产生前实现最佳的钝化特性, 并对此无任何温度及工序时间限制地设置。对此可应用层的选择也未受到限制。

它可以在高温($> 500^{\circ}\text{C}$ 最好 $> 700^{\circ}\text{C}$)下, 在硅的情况下, 考虑为用表面氧化产生的并称为热氧化硅的膜, 如现今对高效率太阳能电池所使用的。但也可以用另外的方式, 例如通过化学蒸发相沉积(“CVD”), 最好是等离子增强的, 可以在半导体上产生这样的层, 如氮化硅, 氮氧化硅, 氧化铝。同时对于半导体表面及容积的钝

化处理应充分利用在该层中容有的或在沉积反应中形成的高活性氢的有利影响。

同时对于钝化处理，在钝化层中接近半导体表面处装有电荷是有利的，由此在半导体中视电荷的极性而定产生反型（Inversion）或积累（Akkumulation）（电荷感应的钝化层）。为了在较低的制造温度时，实现尽可能低的表面态密度，通过充分利用引入氢及正的绝缘层电荷，在CVD方法中通过等离子增强在温度为300°至500°之间的情况下沉积或退火的氮化硅被证明是有利的。

本发明的基本构思在于：半导体上表面设有由平行延伸沟形成的结构，其中各个沟之间用顶部变尖的升高的半导体区域（即升高部分）相互隔开。在如此结构的半导体上，最好是根据上述方法全面地形成钝化层，并且该层以均匀的厚度覆盖在该面上。为了使接触区域露出来，通常良好绝缘的钝化层通过尽可能小地去除向上缩小的升高的半导体桥区（升高部分）而被去除掉。然后通过选择合适的金属化方法覆盖构成接触指区结构的接触层。从钝化层中露出的半导体面积的尺寸及由此形成的真正接触面积除在构成沟槽时选择沟槽的距离外，在采用向下逐渐加宽的桥区情况下最好用简单的方式利用去除高度的大小进行调整。

同时，不同于起先所讨论的现有技术，原则上在每个升高部分上覆盖一个接触层。

不用机械掩膜所制造的升高部分之间的槽最好具有25 μm及200 μm之间的深度（槽底至升高部分顶部的距离）。而升高部分本身之间的距离最好在30 μm及2000 μm之间，尤其是在50 μm及300 μm之间。当升高部分之间的距离为槽深的1.5倍至10

倍时，可以获得特别好的结果。

利用根据本发明的技术指导，保证不仅可以简单地选择除去钝化层及接着选择性地覆盖金属接触指区，而且通过所述的沟或类似槽型式的表面结构使在半导体中光的耦合极大的改善。这就获得了升高区的双重功能。

作为金属化的方法，可使用一种自调整的方法，如在高真空中斜向蒸发的有利方法。由此方法可以不用任何掩模及调整，在桥区的一个侧面上覆盖相对厚的延伸的金属层，在平表面接触区上由于很小的蒸发角度而获得一个薄及窄的金属层。由此就自动地得到了力图得到的金属与半导体的小接触面积，它具有大的金属截面并由于非常陡的侧面区域故也具有很小金属层的遮光率。此外照射在伸展在侧面区域的金属指区上的光线还会反射到沟槽中并由此得到很好的充分利用。

在斜向蒸发时，每个升高部分遮挡住后面一个升高部分的有关侧面。为此最好这样地选择蒸发的入射角度，使对于由升高区域自由表面所引伸的水平面的入射角度在 30° 及 1° 的范围中。通过斜向蒸发，构成一种不对称的接触层，一方面该接触层或由其构成的层伸展在升高部分顶部削成平台状的表面上露出的半导体范围中，另一方面延着一个侧面伸展。

升高部分 平台区的宽度因此总是大于覆盖半导体衬底表面的钝化层厚度的两倍。该平台区的宽度最好在 200 nm 及 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 之间的范围中。

根据本发明，因此用作导出电流的导电接触层如金属指区的绝大部分不是伸展在半导体上，而是绝缘的钝化层上，故不会由此引起反向饱和电流的升高。

除真空中的斜向蒸发外，该金属化处理还可利用其它的自调节及无掩模的方法来实现。尤其是建议采用电解金属沉积或是无电流的金属化处理(化学镀)，因为通过在侧面上具有的钝化层自动地实现了掩盖作用。起初在该绝缘区域不沉积任何金属，以使金属主要沉积在裸露的水平桥区上，并最终由于向侧面的延伸也局部地覆盖在陡的盖有钝化层的双侧面上并形成了一个蘑菇状。这种自调整的金属化处理方法特别适用于扩散、离子注入或通过掺入杂质形成的接触区域。

另一种非常合适的用于构成导电接触层的建议在于：将形成结构的表面在去除钝化层后浸在一种导电糊或合乎目的的金属液中(“dip coating”，浸涂)，其中不仅是具有自由半导体表面的桥区表面，并视浸入深度而定也使具有钝化层的侧面区域被金属覆盖。因此金属指区的截面将通过沉浸深度，金属液的稠度等来确定并能在宽广范围中变化并不对遮光产生实质影响。并且在这里也可以象斜向蒸发那样的，然而是在桥区的双侧上实现将光线附加地反射入沟槽中并由此实现非常有利的光耦合。同时给出了这样的可能性：将金属糊使用在离心方法中(“涂转”方法)，单侧地将金属覆盖到桥区顶部以及水平面的桥区域上。

具有升高中间区域的槽沟结构可有利经济地利用可大面积应用的不使用任何掩模的机械方法(“机械开槽”)来实现。由此提供了可大面积应用的方法，例如具有一个或多个平行锯条的锯，具有相应结构加工刀具的铣床以及格锯(“多片锯”)。后者是由多个平行的金属条组成的，金属条的截面可具有任意的形状(方形，圆形，挫圆角的等等)。

利用各个锯条的结构及它的结构加工，可以产生出确定的槽沟系列及各个沟槽的缺口。这种结构例如对于设置太阳能电池的主汇流器（"busbar"）可以具有意义。

由于很小的锯损耗及另外的优点，借助平行锯丝结构（"多丝锯"）的丝锯技术对于表面结构加工特别值得建议。这种方法近年来被卓有成效地引用将半导体块锯成薄片。对此选择相应的磨料（"slurry"）具有一定意义。在使用相应丝直径及丝距离的情况下可以用简单的方法大面积地产生出不同宽度、深度及具有不同距离即不同接触区宽度的圆形槽沟。但这些沟槽也可以是近似方形截面的，具有非常陡的侧面及平坦的底部，具有变圆的角，其截面呈椭圆状或也是向上变窄的形状。这种结构的加工可利用平行的锯丝，对此使用开槽（grooving）一词的概念，不仅可用设有钻石的锯丝也可用上述光锯丝的方法，这时要设有在液体中的研磨料（slurry）。

根据本发明的表面结构加工的构思，对于太阳能电池不只局限在半导体材料上。确切地说这种构思可普遍地应用于材料的结构加工，用来产生相互平行或基本相互平行的槽及由此产生在槽之间的升高部分。为此，材料将利用相互平行的或基本上相互平行的、并相对于待加工材料运动的结构加工工具进行结构加工。对于结构加工工具，如前所述涉及到丝锯，锯条或格锯。当然，也可以用单丝来取代多根丝，它对于形成平行的切口需要相应的位移。

这种方法的应用可能性尤其在于光学工业领域中的玻璃结构加工。

为了减少光反射，尤其是在槽的底部及必要时至少局部的侧壁上需要有特殊的结构，对此仅引用借助优先削平确定晶体平面的一种蚀刻形成的公知网纹的例子。在具有一个（1 0 0）定向的半导体表面，

用此方式能有利地得到非网纹结构的光侧面（用于将光线反射到槽中，尤其是侧面部分地覆盖了金属时）及有网纹结构的槽底部。同时水平的窄接触区域也可有利地形成网纹结构，为此根据后面的实施例，将以简单的方式形成点状接触区。

根据本发明所强调的在非常窄的后来构成接触区的升高部分区域中、优先大面积地对钝化层的去除，及在一定条件下对半导体材料的去除，除用其它方法外同样可特别有利地采用机械方法来实现。对此是指在大面积上的均匀研磨，铣，磨及刷并借助于例如扇形磨头，刷辊，磨辊，抛光滚子等，由于半导体表面很小的加工去除量这里再一次强调使用借助于一个或多个锯丝的丝磨（"wire lapping" "milling"）。在后一种建议情况中可以用简单方式达到较高的加工处理能力，在其中半导体片持续地通过具有相应距离的一个或多个丝锯的下面。

除去在升高部分区域上的钝化层的局部去除除使用的机械方法外，也可使用专门开发的湿化学方法或最好是干蚀刻方法，例如定向的蚀刻去除（等离子蚀刻，离子蚀刻，激光蚀刻等）。

例如最好用一种平行于表面定向的粒子或激光以一定的尺寸并无大去除量地蚀刻掉具有钝化层的升高部分的区域，并不需要调整及掩模。也可以考虑使用利用机械掩模的等离子蚀刻。

根据本发明的用于产生升高接触区的技术指导，其中能选择地以简单方式去除钝化层，及覆盖接触层金属，不仅涉及相当厚度的自承载半导体片基，在其上设置沟槽。确切地说这种原则也可用于薄层半导体或薄层太阳能电池，它们是覆盖在另一种衬底上的。对此要将沟槽结构先设置在另外衬底上，这种衬底一般是由金属（通常具有设在其上的扩散阻挡层），由导电的或绝缘的陶瓷，由石墨或类似材料构

成的。在其上覆盖的由多晶及非晶硅或由化合物半导体组成的半导体层中，对太阳能电池覆盖钝化层及根据本发明的构思在升高的区域上去除钝化层并最好用上述自调整的方法设置接触层。薄层太阳能电池的实施例将描述于后。

根据本发明也设置了一种需要的结构，尤其是太阳能电池的沟槽结构，由此可作到将半导体衬底覆盖到已形成结构的衬底上，它同时可构成背面结构。为了避免在由载体衬底逸出的异质扩散到半导体材料中，根据上述的方法，将形成结构的衬底覆盖上一层起扩散阻挡作用的层，如氮化硅、氧化铝。接着在升高部分的端部区域去除该层（同样根据上述方法），用于为随后设置的半导体层提供小面积的接触区。接着就可以相应于本发明的建议构成太阳能电池。

当然在根据本发明的非常良好钝化处理的太阳能电池上放弃使用自调整的金属化处理，并用传统的方式取代它，例如通过真空蒸发使用机械掩模，通过网印或另外的方法覆盖金属。对此将升高区域上的钝化层不是有目的地仅在以后覆盖金属层的区域中就是全面地去除掉。在后一种情况下，当然必须在通常在以条形区域制作金属层后，还要在以前从钝化层中露出的但被金属覆盖的有源太阳能电池表面的升高区域上在相应的为金属接触层所相容的较低温度下进行覆盖钝化层。后一种构型相对于传统电池的优点在于：在半导体表面的大部分上设置了一层非常好的钝化层，并且由于非常小的接触面积因此也达到了高效率。

根据本发明的用于形成升高半导体区域，及选择地去除这些接触区域上的钝化层的技术指导也可扩大到简单生产新型的、特别良好钝化处理的点接触太阳能电池上。根据本发明可以在简单的工艺下使用

最佳的钝化层，如热氧化硅或等离子氮化硅，它们是在 $800^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$ 或 $400^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$ 的温度下制造的或后置处理的，因为它们可以在接触层制作前进行制备。

根据本发明，设置了：在具有可调节大小的棱锥体的形成网纹结构的单晶硅表面上，首先制作全面的钝化层，并通过定量去除棱锥体的顶部（最好利用磨或铣），使硅以小平面积（棱锥体台面）露出，然后全面地或条状地覆盖金属。因此该向下变大的棱锥体接触面积的大小可以借助棱锥体顶部去除高度任意地增大，在全部去除棱锥体时可达 100% 的金属覆盖。

棱锥体的表面密度及由此产生的点接触可以利用棱锥体的高度有目的地改变。随着增长的高度则使单位面积中的棱锥体数目减少。该棱锥体或另外形状的升高区域可通过各向异性的蚀刻来制作，例如为了减少光反射被应用于太阳能电池的网纹结构。对于硅考虑到较高温时的碱性溶液，该溶液对于不同晶体定向具有不同的侵蚀作用。利用这种蚀刻工艺可以不用掩膜实现棱锥体高度与密度的调整。

因此可用简单的方式随意地调节接触区密度及面积。

本发明的另外细节，优点及特征不仅可从权利要求书、由其中看出的特征本身中及／或从其结合中得到，也可从以下对优先由附图表示的实施例的说明中得到。其附图为：

图 1 a：一个 M I S 反型层太阳能电池的截面；

图 1 b：图 1 a 中 M I S 反型层太阳能电池细节；

图 2 a：具有 pn 结及 M I S 接触层的太阳能电池的断面；

图 2 b：图 2 a 中太阳能电池的细节；

图 3 a：另一具有 pn 结的太阳能电池的断面；

图 3 b : 图 3 a 中太阳能电池的细节 ;

图 4 : 一个薄层太阳能电池的断面 ;

图 5 : 另一太阳能电池实施形式的断面 ;

图 6 a : 一个对图 5 太阳能电池变型的实施形式的断面 ;

图 6 b : 图 6 a 中太阳能电池的细节, 附设有接触区中的网纹结构 ;

图 7 : 用来收集多数载流子的太阳能电池的一个背面 ;

图 8 具有网纹结构表面的一种点接触 - M I S 反型层 - 太阳能电池的断面 ;

图 9 a : 另一种网纹结构点接触太阳能电池的一个断面 ;

图 9 b : 图 9 a 中太阳能电池的细节 ;

图 1 0 a : 另一太阳能电池实施形式的断面 ;

图 1 0 b : 图 1 0 a 中太阳能电池的细节 ;

图 1 1 : 一种点接触太阳能电池形成结构的背面 ;

图 1 2 : 另一种太阳能电池背面实施例的断面 ;

图 1 3 : 图 1 2 中太阳能电池的细节 ;

图 1 4 : 另一种太阳能电池背面实施例的断面 ;

图 1 5 : 图 1 4 中太阳能电池的细节 ;

图 1 6 : 具有第一及第二导电接触层的一种太阳能电池背面的断面 ; 及

图 1 7 : 具有形成结构的载体衬底的一种太阳能电池的断面。

根据本发明的技术指导基本上是在每种太阳能电池上实现的。然而在实例中仅描述 M I S 转换层太阳能电池及具有掺杂 pn 结的太阳能电池。其中尽可能地对同样的元件使用同样的标号。

在图 1 a 中描述了一个 M I S 反型层电池 (1 0) 的光照侧前表面的局部图。该电池 (1 0) 是由：一个半导体基体 (1 2)，一个通过充电在一绝缘层上感应出的反型层 (1 4) (在 P 型半导体上是由电子构成的)，一个透明的绝缘及钝化层 (1 6)，及一个薄的氧化物隧道 (1 8)，后者与一个金属层 (2 0) 构成一个用于收集少数载流子的 M I S 接触。标号 (2 2) 表示由金属层 (2 0) 与半导体 (1 2) 的逸出功差在半导体上表面上构成的反型层。该太阳能电池 (1 0) 的背面可以任意地构型，例如由具有中间区域钝化层的一个全平面的或断续的欧姆接触组成，利用一个背面场 (B S F) 或利用凸起的欧姆接触 (参见 E P 88105201.3 A1)，可用与正面相似的方式通过钝化层的局部距离及有选择的金属化来制造。这方面将涉及到 E P 88105201.3 A1 中所公开的内容。

太阳能电池 (1 0) 的制造是非常简单的。在半导体表面上最好以机械方式构成沟结构、即构成彼此平行延伸的升高区域或峰域 (或桥区) (2 4)，(2 6)，(2 8) 及在它们中间延伸的沟或渠状的凹槽 (3 0)，(3 2) 后，在上表面凹缺部分的间隔上完全平整地复盖上钝化层 (1 6) (例如为： SiO_2 ，CVD SiO_2 ，氮化硅或双层 $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3 \text{N}_4$ ，最好是等离子体增强的)。在可能形成完全尖顶的升高区域上，将绝缘层 (1 6) 去掉，并视接触区域所需的宽度而定，最好用机械方式去掉一部分半导体。在排除了可能出现的受损半导体基层后，制作薄隧道绝缘层 (1 8) ($\sim 1.5 \text{ nm}$ 厚，例如为氧化硅，氮氧化物或氮化硅)，接着在真空中斜向蒸积金属 (2 0)。由此在升高区域 (2 4)，(2 6)，(2 8) 的侧面 (34)，(36)，(3 8) 上实质比完全水平延伸的接触区域 (4 0)，(4 2)，(4 4)

上沉积更多的金属（在图中并非以真实的比例给出的）。该蒸发的角度因而就确定了作为接触区沉积与构成的金属层的宽度。

该在峰域（24），（26）及（28）上形成导电接触区的金属，因而一方面区域性地沿侧面（34），（36）及（38）、另一方面沿平顶区域（35），（37）及（39）延伸。在平顶区域（35），（37）及（39）的范围内延伸着对半导体材料的实际接触区域（40），（42）及（44）以及与该区域侧面交界的钝化层（16）的端面（17）及（19）。因此该平顶区域（35），（37）及（39）的宽度总是大于钝化层（16）的双倍厚度。

在绝缘层（16）上延伸的实质上较厚的金属化部分（或简称为接触区）起着载流的作用，它的电阻可利用宽度及厚度的任意变化作得尽可能地小，不会明显地提高遮光度。

为了保持低的饱和反向电流（高的空载电压）及微小的遮光度，根据本发明，将半导体的水平接触区域（40），（42），（44）设置得非常狭窄，其中宽度等是可以利用峰区（24），（26），（28）上半导体材料的去除深度进行调整的。在理想情况下，也即仅去除钝化材料层而不去除任何半导体材料的情况下可以获得一种线接触。

在图1b中表示出：具有其非常小的遮光度的侧面金属部分（34），（36），（38）还能将入射光反射到对面的半导体侧面上，并由此通过斜入光引起了非常好的光耦合及电荷载流子的收集。

在图1b中也可清楚地看到：接触区也即金属部分至少覆盖了由于去除钝化层材料所得到的钝化层（16）的端面（17）及（19）。

作为本发明的优点应着重指出：

在最小的接触面及遮光度的情况下自调整地、也即不用掩膜地获

得接触区域(20)，并仍然具有较高的导电率；

非常好的、与金属接触区(20)可无关地实施的上表面钝化层，它同时也照顾到半导体表面的最小光反射以及半导体表面的可能网纹结构。

因此就提供了一种MIS反型层太阳能电池，利用它可以用简单的方式实现最高的效率。

如果使用一种与图1a，1b相应的用于收集多数载流子的结构(图7)，则可去掉氧化物的隧道，并且该金属在硅材料的情况下在350℃—500℃的温度下退火，以形成欧姆接触。

根据本发明的技术指导也可以用有利的方式应用在具有由扩散或离子注入制造的pn结的传统太阳能电池上。在图2a，2b，3a，3b上描绘了两个太阳能电池的实施例(46)及(48)，这两者在钝化层(16)的下面，太阳能电池(46)及(48)的有源区域中包含一个高掺杂的发射层(50)，然而在图2a、2b的情况下接触区是由MIS接触形成的，在图3a，3b的情况下则是由掺杂的接触形成的。

在图2a，2b中描绘了半导体基本(12)，由掺杂或离子注入产生的高掺杂发射层(50)(在P型半导体时为一个 n^+ 层，在n型半导体时为一个 p^+ 层)，上表面钝化层(16)，用于多数

载流子的隧道层(18)(在硅材料时最好约为1.5nm的氧化硅)及用于MIS接触的金属层(20)。用标号22表示在金属层(20)下面由于金属及半导体的逸出功差形成的反型层。在P型半导体的情况下将有源半导体上表面区域的 n^+ 掺杂层(50)直接地连接到MIS接触区的电子反型层(22)上。在这里，同时根据本发明给出了以

简单方式得到的斜向蒸发及上表面钝化的优点，如结合图 1 a，1 b 所描述的那样。

在图 3 a，3 b 中，在整个半导体上表面上，在有源及良好钝化的区域中并在金属层（20）的下方具有一个高掺杂的上表面区（50）（在 P 型半导体时为 n^+ 层，而在 n 型半导体时为 p^+ 层），通过该区向金属层（20）输送少数电荷载流子。其中用标号（12）重新表示半导体基体，用（50）表示有源区中的高掺杂上表面层，用（16）表示透明的钝化层（例如为 SiO_2 ，CVD SiO_2 ，氮化硅或双层），用（52）表示在金属层（20）下面的高掺杂层，而用 20 表示用斜向蒸发得到的金属接触层，该接触层对于半导体基体（12）仅占用了很小的接触面，而绝大部分延伸在钝化层（16）上。

金属层（20）下面的高掺杂层（52）在合适的情况（较深的 pn 结）下是由在狭窄的升高区域中掺杂区（54）及（56）的会合延伸或重叠构成的，或者是在局部去除钝化层（16）（通过升高区（24），（26），（28）的表面处理）后掺入杂质构成的。

在接触区的一部分中，也即在接触指区（20）的下方，以有利的方式形成了用双扩散或离子注入产生的非常高掺杂的层（52）（对于 p 型硅材料为 n^{++} ），它使太阳能电池（48）的饱和反向电流进一步地减少，并由此特别地提高了开路电压。

由于以简单方式实现的极小接触距离及掺杂上表面层（50）和接触层的高导电率，使太阳能电池（48）特别适用于聚集的光线。

半导体材料（12）中的沟结构，也即沟或槽（30），（32）以及与它们交界的升高部分或桥区（24），（26）及（28），根据本发明是用机械方式，尤其是利用相对半导体材料（12）运动

及彼此平行的金属丝或锯条或利用格状锯产生的，其中获得这样的尺寸，即相邻的升高区（24），（26）或（28）之间的距离 a 在 $30\mu\text{m}$ 及 $2000\mu\text{m}$ 之间的范围中，最好在 $50\mu\text{m}$ 及 $300\mu\text{m}$ 之间的范围中。

这些沟或槽（30）及（32）的深度 t ，也即在沟或槽（30）或（32）的底部与切成升高区（24），（26）及（28）的顶峰、或平顶区域（35），（37）及（39）之间的距离最好在 $25\mu\text{m}$ 及 $200\mu\text{m}$ 之间。尤其是升高部分（24），（26）及（28）的距离 a 与沟或槽（30）及（32）的深度 t 的关系为： $1.0 > a/t > 1.5$ 。

至今所述的实施形式（图1a，1b，2a，2b，3a，3b）涉及到：所述的沟结构如上所述地是利用机械方法在半导体基体（12）本身上产生出来的。根据本发明的技术指导以及与此有关的上述太阳能电池正面结构的优点也可对于薄的半导体膜（55）有利地被实施。

如图4中所示的，将一个相应掺杂的半导体膜（60）扩散在一个具有沟（64），（66），（68）的底衬（62）（例如由金属、陶瓷、石墨等作的）上（根据本发明该结构同样地用机械方法获得）。半导体膜（60）的上面可以用一个层（70）的形式高度被掺杂（例如在半导体p型基本掺杂的情况下产生一个 n^+ 层：同质pn结）或者该层（70）是由另一种用于产生异质结构的半导体构成的。接着在整个表面上覆盖一个钝化层（72），该层在沟（64），（66），（68）中间延伸的升高区域或峰区或桥区（74），（76），（78）上利用表面处理被局部地去掉。然后利用在真空中的斜向蒸发，以金属条（20）的形式有利地实现金属化，它构成了用于收集少数

载流子的太阳能电池（58）的正面接触区。背面接触区例如或是利用衬底（62）或是利用衬底（62）和半导体层（60）之间的导电层得出。

因此根据本发明的技术指导，对于薄的半导体膜也能够在很小遮光度及高接触区导电率以及连系到非常良好的上表面钝化的情况下，达到非常小的接触面。

与图1a至2b的实施例相对应地，对于半导体膜情况所述的例子也可附加地应用设有与MIS接触区有关的有源区内的反应层或在有源区内高掺杂发射极和MIS接触区相结合的反应层原理。

本发明的另一个实施形式可以在非常好的上表面钝化处理及由此产生的高效率的情况下，用较简单的工艺获得小的接触面，该实施形式借助于图5，6a及6b中的太阳能电池正面图来描述。

在这两个例子中半导体上表面的特点是用机械方法产生平行延伸的凹槽或沟（84），（86）及（88），但是其中用于形成接触指区（20）的金属化处理不是由斜向蒸发来实现的。

在图5中仅在接触指区（20）的范围中，将升高的及具有钝化层（16）的区域（24），（26），（28）的顶部弄平，并且例如用一种机械掩膜，通过真空蒸发或阴极溅射，或网印覆盖上金属。对此当然需要一种粗调整。

图5，6a，6b的实施形式中仅是再一次地描绘了在有源区中及接触区（20）下面的高掺杂发射层（50）；但是也可以对这种实施形式应用反型层（相似于图1a，1b）以及有源区中高掺杂层与MIS接触区相结合（类似于图2a，2b）。

在图5中，标号（12）表示半导体基体，（50）表示高掺杂

发射层（例如对于 p 型半导体为 n^+ 层），（16）表示透明的钝化层，以及（20）表示金属指区。

为了取消对金属指区（20）的调整，根据图 6，对半导体（12）的受过钝化处理的上表面升高区域（24），（26），（28）进行平整处理并由此使半导体的狭窄区域露出。现在即可任意地，也即不用调整地将金属层（20）覆盖在半导体上。但是需要将一个附加的钝化层（90）（例如是等离子增强的 CVD 氮化硅）在与金属相协调的温度下覆盖到裸露的未被金属覆盖的半导体区域上。

在图 6 中纯粹图示地表示出半导体基体（12），高掺杂的发射层（50）（例如在 p 型半导体时为 n^+ ），钝化层（16）（例如热性 SiO_2 ，CVD- SiO_2 ，氮化硅及双层等），指状的金属层（20）及第二钝化层（90），对于热性 SiO_2 ，在相应这种厚度时仅在高温下才能被制得，故不在考虑之列。为此建议采用例如等离子增强的 CVD SiO_2 或氮化硅或氧化铝。由层（16）及（90）组成的双钝化层必须通过每层厚度及过程参数的变化对于钝化性能及抗反射性能进行优化。

图 6 b 中放大的截面图在于指出：无论是太阳能电池接触区（20）中的或是有源区（92）中的升高水平面的网纹结构的可能性及由此产生的极小的接触面。

体现本发明的以简单的方式，无论是在接触形成前最佳的表面钝化处理或是利用自调整接触形成实现最小的接触面的建议，不仅能够应用来收集少数载流子（最好在正面），而且也可用来收集多数载流子（最好是在太阳能电池的背面）。

为此在图 7 中单独给出了一个具有欧姆条形接触区结构背面（96）

的太阳能电池（94）的例子，即给出了局部金属化处理及局部的背面场区。一个半导体基体（12）、在该例中应是p型掺杂的硅，具有一个表面钝化层（98）（例如是 SiO_2 ，氮化硅，氮氧化硅，氧化铝，双层等）；还设有条状的金属接触区（100），（102），在该例中是通过真空中的斜向蒸发及在相应于产生欧姆接触的温度下退火形成的。标号（104）表示利用扩散，离子注入或掺杂形成的高掺杂层（在该例中为 p^+ 硅层），由此就出现了一个阻止少数载流子的局部 $p-p^+$ 结（“背面场区”）。根据本发明的构思，该钝化层（98）也同时用作为掩模。但是也可以根本不设置掺杂区（104）。

图7所示的太阳能电池特别适用于双面接收光的（“双面”）太阳能电池，以便于也能使从背面射入的光能特别有效地被充分利用。

金属层（100）可以局部地（如结合图1a至图4所描述的）也可以用其它的方法自调整地设置（例如无电流的金属化处理，浸渍法，离心法）。也可以在整個背面（96）上进行金属化处理，因为金属的大部分延伸在钝化层（98）上，因此在很小的接触面的情况下还附加地得到非常良好的背面反光性能（“背面镜”）。

在使用n型掺杂半导体材料（12）的情况下，图7中的层（104）是一个强的n掺杂（ n^+ ）区，因而出现了一个 $n-n^+$ 结。另一方面，被钝化层（98）覆盖的槽或沟（106）可以具有任意的形状（带角的，圆形的棱边等）。同时在这里着重使用丝锯或格锯技术来产生槽（106）。槽深及槽距可在宽范围中改变。在图7中所描绘的具有沟（106）的太阳能电池的背面（96）与图1a至6b中描绘的类似结构的正面构型相结合是很有利的，尤其是当正面的槽相对背面的槽垂直延伸时更为有利。

借助图 8 至 11，描述本发明的技术指导在表面网纹结构方面的应用，也即为了实现点接触的太阳能电池最好是作成具有棱锥体或圆锥体状凸起物的太阳能电池。

对此，为了产生点接触，在例中对本发明描述了一种欧姆接触，一种 M I S 接触及一种掺杂接触。

在从一种硅半导体衬底的表面上凸起的棱锥体上，首先置有一个钝化层（例如是热 SiO_2 ，CVD Si_3N_4 等）。利用将棱锥体顶部的钝化层去除使硅材料露出，并覆盖上金属，在欧姆接触的情况下还要经受 400°C 及 500°C 之间的一次退火处理。因此在棱锥的端面上形成了正方形的接触点。它的两面或周面是钝化处理过的。

在 M I S 接触的情况下，在去掉棱锥体的顶部后让其生成一层薄的隧道氧化物层。然后沉积金属层。为了产生例如用于点接触的局部扩散区或离子注入区，使用该方法是有利的，因为钝化层同时用作掩模，并由此可以允许在这些区域上达到目的的自调整掺杂。当半导体材料涉及 p 型掺杂硅时，利用掺 n^+ 杂质（例如磷产生一种收集少数载流子的点接触（ n^+p ），而通过掺 p^+ 杂质产生一种收集多数载流子的接触（ pp^+ ）。相应地这也适用于使用 n 型掺杂硅的情况（ p^+n 及 n^+n ）。

根据本发明的顶部削平的棱锥体的技术指导，首先可以有利地应用于传统的在正面收集少数载流子及在背面收集多数载流子的太阳能电池上。在每一种情况中由此以简单的方式（如已述的电池类型情况那样），获得半导体表面的最优钝化处理，非常小的金属与半导体的接触面以及由此得到的高效率。

对此必须在待接触的位置上、例如指状结构形式的位置上，用合

适的方法，最好是利用机械磨、铣或研磨来削平已形成的棱锥体，以便局部地去除钝化层。接着设置金属层。后者可以通过利用自调整机械掩模的蒸发或溅射或通过网印来设置。

对于将该方法用于MIS反型层的太阳能电池；在该电池的前方设有一个MIS接触网格及在金属接触层之间如在接触指区之间的有源面上覆盖着在与半导体交界面上包含电荷的透明绝缘层，在接触区中必须对顶部削平的棱锥体设置厚度约为1 nm至2 nm的所谓隧道氧化物层。该棱锥体因而仅是在被金属指区覆盖的位置上削平顶部，即类似于在图5中所示的沟结构情况。在接触区之间的区域是完全被钝化层覆盖着。

在上述情况中然而必须作到：将金属层精确地设置在预先设好的由削平顶部的棱锥体组成的接触区上面。对此需要一种调整。为了消除该调整，可以采用应用在太阳能电池正面的一种结构，该结构表示在图8中。

在图8中所示的太阳能电池(108)包括一个半导体基体(110)，一个薄的隧道氧化物层(112)及一个用于MIS隧道接触区的金属层(114)，一个在削平棱锥体(116)，(118)顶部前及在覆盖金属层(114)前在较高温下设置的钝化层(120)(例如为热SiO₂，Si₃N₄或双层)以及一个在金属化处理后覆盖上的钝化绝缘层(122)。在棱锥体区域中或后来的棱锥体顶部(116)，(118)的区域中，可以在半导体(110)及钝化层(122)的中间再设置一个第二薄钝化层，最好是氧化硅层。

其方法具有下列过程：

在太阳能电池(108)的整个正面钝化处理后，将棱锥体(116)，

(118)的顶部削平并且局部地除去钝化层(120)。然后在露出半导体的位置上形成厚度为1 nm至2 nm的隧道氧化物(112)并在任意的位置上覆盖金属网格(114)。接着将这样得到的结构覆盖上最好是在温度至350℃下由气相沉积出的钝化层(122)，以便尤其使金属层即接触指区(114)之间剩余的及先前露出的半导体表面(棱锥体顶端(116))上形成钝化层，并通过在这些位置建立的绝缘子电荷产生反型层。等离子氮化硅与铯杂质相结合对此是很适用的。上表面的大部分区域，也即棱锥体顶部(116)的侧面覆盖了开始时设置的非常良好的钝化层(120)。

本发明的方法用于传统扩散的或离子注入的太阳能电池被证实是非常有利的。对此必须强调以下三种可能性。

a) 掺杂的有源区与MIS接触相结合(见图9a, 9b)。

在图9中以截面图形式(无背面接触)纯原理性表示的太阳能电池(124)包括：一个半导体基体(126)，一个隧道氧化物(128)，一个用于MIS接触的金属层(130)，一个主要利用扩散或离子注入重掺杂的上表面层(132)(发射极，在p型衬底时为 n^+ ，而在n型衬底时为 p^+)及一个钝化层(134)(例如为热 SiO_2 ，CVD SiO_2 ，CVD Si_3N_4 双层)。对此在表面具有钝化的，即棱锥体或另外几何体的升高区(136)，(138)及具有钝化层的半导体表面下方的整个面上形成了一个pn结，例如是由扩散或离子注入形成的(例如在p型硅上的 n^+ 区)。在接触区中通过将棱锥体(136)，(138)的端部削平局部地去掉钝化层(134)，并且在这样获得的点接触位置(140)，(142)设置约1 nm至2 nm厚的隧道氧化物层(128)。接着在其上局部地覆盖金属层(130)，其

中在 p 型硅的情况下最好考虑利用蒸铝。由此将 n^+ 层直接地连接到金属层 (130) 下面的反型层上。此外可以在包括金属层 (130) 的整个上表面上沉积一层钝化层 (如图 8 所示)。在这里也可以作到避免调整金属层, 将整个正面的棱锥体的顶部削平并在形成金属层后、在金属层相容的温度下在整个面上再覆盖一层钝化层。

b) 在接触区中的双向扩散 (见图 10 a, 10 b)。

在图 9 a, 9 b 的扩散或离子注入的太阳能电池上利用将棱锥体 (136), (138) 顶部削平也进而排除了掺杂区及由此局部地在接触区中排除了 pn 结。在具有较低逸出功金属的常规接触区上 (不是如图 9 a, 9 b 中所示的), 为了在 p 型半导体中产生耗尽或反型区及在较高温度下掺入杂质, 因而对衬底 (126) 形成了一个短路区。

利用图 10 a 及 10 b 实施形式可以避免这种情况。

一个概示的以截面图描绘的太阳能电池 (144) 具有一个成型的半导体基体 (146), 后者具有如棱锥体 (148), (150) 的点状升高区。在该半导体基体 (146) 上设置了一个先前产生的掺杂表面层 (152) (在 p 型衬底时为 n^+ , 而在 n 型衬底时为 p^+), 一个在削平棱锥体 (148), (150) 顶部后、仅在接触区中形成的高掺杂层 (154), 一个接触金属层 (156) 及一个钝化层 (158)。

最好是在接触位置上通过扩散或离子注入来产生该高掺杂区 (154), 其中钝化层 (158) 用作掩膜。接着, 如在传统的硅太阳能电池工艺中惯用的方式, 覆盖上具有所需特性的金属 (156), 并与掺杂区 (154) 形成一种具有低接触电阻的一种欧姆接触。由于在削平

顶部的棱锥体 (1 5 0) 侧面具有的掺杂区 (1 5 2) , 则通过双向扩散就形成了局部非常重的掺杂区 (1 5 4) (n^{++}), 由此使该接触区的饱和反向电流非常的低, 并因此使可达到的开路电压及填充系数非常的高。同时实质上根据本发明的很小结构的接触面也对低饱和的反向电流作出了贡献。

与图 8 中 M S I 反型层太阳能电池相似地, 该扩散的或离子注入的太阳能电池 (1 4 4) 的制作也没有调整金属网格层 (1 5 6) 的必要性, 而是通过全面地将棱锥体顶部削平, 并接着在整个面上作第二次扩散或离子注入, 其中就使得高掺杂区存在于整个太阳能电池的表面上。与图 8 中层 (1 2 2) 相似地, 这里也有利地在整个太阳能电池的表面上沉积一个第二钝化层, 而它并未使接触区 (1 5 6) 受到影响。

C) 在仅是很小的棱锥体除去深度及可能是深 Pn 结的情况下, 由于在棱锥体上部区域是重叠的掺杂区域 (见图 6 b 及图 9 a , 9 b , 1 0 a , 1 0 b), 故能达到在削平顶的接触区中获得高掺杂, 因而使得双向扩散成为多余, 并由此简化了工艺。利用该重叠则能有利地获得一种高掺杂。

根据本发明的用于产生升高区及局部地除掉钝化层 (最好通过机械方式) 的技术指导的另一个非常有用的应用是由在图 1 至 6 中所示沟结构与图 8 至 1 0 中削平顶的棱锥形式的点接触结构相结合而得到的。由此能以简单的方式获得非常小的接触区, 并且与非常良好的表面钝化处理结合起来就达到了特别低的反向饱和电流。

正如借助图 6 b 所说明的, 通过具有沟的升高区之间的网纹结构就获得了实质性的优点。一方面, 在太阳能电池的有源区中, 未被光

线作用的钝化层 (1 6) 覆盖的区域是非常小的, 因为这些区域是点状的。由此就减少了载流子的复合。另一方面, 在被用来传导载流子的导电接触层所覆盖的区域中, 在金属层与半导体之间的真正接触面由于点接触而显著地减小了。半导体的绝大部分或高掺杂层的绝大部分如前所述地是由最优化的钝化层 (1 6) 覆盖的。这种表面网纹结构的优点也可在图 1 至 7 的实施形式上实现, 其中尤其要强调的是图 1 a 及 1 b 中的反型层式太阳能电池的情况。

根据本发明, 升高的点接触区也可用另外的方式来实现。由在图 1 至 7 所示的沟结构出发, 这些沟例如是由丝锯产生的, 再利用具有彼此平行及确定距离的丝的类似锯、尽量对原始沟槽直角地放置, 将得到由上向下扩大的柱体的规则结构。该柱体的截面及点接触区的形状可以是矩形, 方形或菱形的, 视锯的角度而定。通过丝的距离选择可得到点接触面的任意变化。

用于上述结构的用于收集多数载流子的电池背面, 可以用各种变型方式来实现。例如它可以是带网纹结构的或无网纹结构的, 整个平面上或呈条形地覆盖金属层的, 其中后一情况中其中间区域上覆盖一层钝化层。根据本发明构思的在接触区域中、整个平面上或条形区域中削平棱锥顶部的方式也同样可用在这里减少欧姆接触部分。

与图 7 中所示的、最好用于太阳能电池背面收集多数载流子结构相似地, 也可用应用根据本发明设置的削平顶部的棱锥, 它以有利的方式作为具有局部背面场 (“back surface field”) 的点接触区, 用来收集多数载流子。

一种具有这种结构的太阳能电池背面的例子可以从图 1 1 上看到。在一个半导体基体 (1 6 0) 上设有一个钝化层 (1 6 2) (单或双

层，热 SiO_2 ，氮化硅等），一个金属接触层（1 6 4）及一个高掺杂区（1 7 0）（在使用 p 型半导体时为一个 p^+ 层）后者为由棱锥体（1 6 8），圆锥体，柱体或类似体构成的升高区结构，以使得在棱锥体端面上，也即棱锥体（1 6 8）的平顶区域上形成了一个阻止少数载流子的 $p-p^+$ 结。该金属层（1 6 4）将在相应的较高温度下退火，以便使它与半导体或与高掺杂层（1 7 0）构成良好的欧姆接触。但是也可以不用层（1 7 0）。金属层（1 6 4）可覆盖在整个面上，其中它是大部分延伸在具有钝化层（1 6 2）的棱锥的侧面上，因而就构成了一个非常良好的背面反射器（“背面镜”）。

金属层（1 6 4）也可以类似与图 8 至 10 使用条状覆盖，其中位于中间的半导体区域最好用第二钝化层覆盖。由此能充分利用背面的入射光线。

当在整个背面上要将棱锥体顶部削平及由此在半导体上局部地覆盖钝化层时，就特别需要使用类似于图 8 中实施形式的第二钝化层。与图 9 中在正面收集少数载流子的接触层相似地，棱锥体（1 6 8）也可以仅在金属接触条的区域中顶部被削平及高掺杂，而在条间的区域中保持为完全覆盖钝化层的棱锥体（1 6 8）。

在图 1 2 至 1 5 中将借助一个接触结构变型的例子（收集少数及多数载流子的接触区）来描述，该结构是设置在太阳能电池的一个面上的。最好这种结构应用在太阳能电池的背面上，它具有很小的接触面及良好的钝化处理。其正面不设有任何的接触区，仅设有一个非常好的钝化层（抗反射层）或是设有一个附加的收集少数载流子的接触系统。

最为突出的结构是具有交叉 MIS 与欧姆接触区与半导体中反型

层相结的结构。

在图 1 2 及 1 3 中描绘的太阳能电池 (2 1 0) 包括：一个半导体基体 (2 1 2) (这里最好是 p 型导电的硅)，一种薄的绝缘层 (2 1 4)，该层必须能穿过电子。该绝缘层 (2 1 4) 与金属条区 (2 1 6) 一起构成一个用于收集少数载流子的一种 M I S (金属 (2 1 6) — 绝缘体 (2 1 4) — 硅 (2 1 2)) 接触 (2 3 0)。

较宽的金属条区 (2 1 8) 构成了收集多数载流子的欧姆接触。半导体基体或衬底面是构成网纹状的，并在该实施例中具有棱锥状的升高区 (2 2 0)，(2 2 2)，(2 2 4)。也可使用另外的几何体如圆锥体或柱体。

升高区，如棱锥体 (2 2 0)，(2 2 2)，(2 2 4) 被一个透明的绝缘层 (2 2 6) 覆盖着，后者在其与半导体的交界面上包含正电荷 (对于使用 p 型硅的情况)。在将棱锥顶部削平及由此去掉钝化层及必要时去掉半导体材料后，则可实现利用金属的接触。

因此这种结构的组成为：彼此隔开的欧姆接触 (2 1 8) (用于多数载流子的收集，例如为硅面上的铝)，在它们的中间设有多个具有很小距离的狭窄接触区 (2 3 0) (用于少数载流子的收集，例如为铝 — 1 . 4 nm 的氧化硅 — p 型硅)。每个接触区最好是构成点状或线状的，其中多个点可以构成一个单独的欧姆接触区。

在半导体表面上将由正的绝缘子电荷感应出一个导电良好的反型层 (2 2 8)。在硅 (2 1 2) 中的 M I S 接触区 (2 3 0) 的下面同样地具有一个反型层，它是由于金属与半导体的逸出功差引起的。

利用这种结构收集少数载流子的功能如下：

由正面或背面射入的光线产生的少数载流子 (这里是电子) 从半

导体内部向反型层（228）扩散，并沿其在水平方向上到达M I S隧道接触层（230），经过该层电子离开半导体并到达一个外部电流回路中（负极（234））。多数载流子（这里是空穴）经过在欧姆接触区（218）之间区域中表面附近由M I S接触区（230）所支配的电场而被排斥，而由欧姆接触区（218）收集，并传导到一外部电流回路中（正极（232））。因此就形成了少数载流子和多数载流子的分离收集，这正是一个太阳能电池所需的功能。在现在的例子中这两种载流子是仅在一个面上，最好是在太阳能电池（210）的背面上实现收集的。

这两种接触系统例如可以用相互交叉的格网、同心的环或者点状接触来实现。

除存在削平顶部的钝化处理的棱锥体（220），（222），（224）外，本发明的新构型与所有公知结构的区别还在于：少数载流子必须沿薄反型层（228）在水平方向上向M I S接触层流动。因此这种结构特别适用于大面积的地面应用，而较少适用于强聚光产生的大电流。

根据本发明，M I S接触区（230）应尽可能地小是出于以下三个原因：

a）为了达到很低的反向饱和电流，并由此得到太阳能电池（210）的开路电压（覆盖率尽可能小于20%）；

b）充分地利用由电池（210）背面射入的光线，用以产生载流子；

c）作到使长波光线经过太阳能电池（210）的背面射出，就避免了太阳能电池（210）的发热，并由此达到了较高的工作电压。

该透明的绝缘层（226）最好是热氧化硅，等离子氮化硅等作的，可以在任意温度下制造和／或退火，以便得到一个最佳的钝化层。

在绝缘层（226）中存在高浓度正电荷是有利的，在等离子氮化硅的情况下可以简单地通过最好注入碱离子来作到这点。

在图12中所示的太阳能电池（210）上也可以是在整个背面上将棱锥体的尖顶削平（也即不仅在接触区中）。但是这就需要在整个太阳能电池的背面沉积一层附加的钝化层，以使得未被金属覆盖的棱锥体表面被钝化处理。

根据目前为止所了解的知识，然而图12中所示的太阳能电池（210）与开始所述的IBC太阳能电池相反，它会出现一个原则性的问题，这就是会使太阳能电池的效率急剧的下降。在其之间建议光电压的两个极（232），（234），MIS接触层（230）及欧姆接触（218）是在内部通过导电的反型层（228）彼此相联系的，这就是一个低的并联电阻（分路），似乎可以说相当短路。因此大部分载流子将不经由外部电流回路，而是经由导电良好的半导体表面的反型层（228）从一个极流到另一个极，由此除减少了开路电压外，尤其是使太阳能电池（210）的填充系数大量地下降（低的并联电阻）。作为补救现在可着想采用不同的，或多或少复杂的方法，例如局部地隔断反型层，设置一个积累层，局部地升高转换层的电阻。

值得庆幸的是然而这些措施在具有本发明的没有相互交叉或以另外方式相邻布置的欧姆接触层（218）及MIS接触层（230）的背面结构的太阳能电池上、根本是不需要的，确切地说以下的结构

就足够了：

1. MIS 接触层 (230) 及欧姆接触层 (218) 之间的距离尽可能地小 (约为 MIS 接触层 (230) 相互距离的一半)。

2. 在 MIS 接触层 (230) 及欧姆接触层 (218) 之间所留下的半导体表面最好为 p 型硅, 以及 MIS 接触层 (230) 之间的区域覆盖上透明的绝缘层 (226), 最好为等离子氮化硅层, 它在与半导体衬底 (212) 的交界面上包含尽可能高的正电荷浓度 (例如通过掺入铯), 以便在半导体衬底 (212) 中产生导电良好的反型层 (228)。

与至今的理论相反地, 利用这个结构会有尽可能多的少数载流子从欧姆接触层 (218) 沿着反型层 (228) 传导到 MIS 接触层 (230)。将电子从反型沟道 (228) 导出到欧姆接触层 (218), 与期望的相反不用附加的措施也不会产生降低并联电阻。MIS 接触层 (230) 越接近欧姆接触层 (218), 短路电流及填充系数越高, 因而太阳能电池的效率就越高。

只要接触层是条形结构的, MIS 接触指区彼此间的距离比接触层本身的宽度大约 10 至 30 倍。在宽于 MIS 接触层的欧姆接触层上, 也具有相似的比例。由欧姆及 MIS 接触层 (218) 及 (230) 产生的遮光率约为 5% 至 10%。

为了实现减小欧姆接触层 (218) 及 MIS 接触层 (230) 之间的距离, 需要对这两个金属网格结构相对地精确调整。这可以用传统的方法, 例如用光刻或蚀刻金属层, 或通过机械掩模来实现覆盖金属层, 这种机械掩模上设有调整标记。对此也可以通过网印实现达到目的的金属覆盖。

在图 1 2 上所示的太阳能电池的背面(210)相似地可用于 I B C 或 P C 太阳能电池，当然也可十分有利地用于掺杂的点接触，其中在棱锥体上的钝化层适于作为理想的自调整掺杂掩模。在 p 型硅的情况下，则在棱锥体平顶上 p^+ 点接触区(多数载流子的收集)的旁边出现了 n^+ 点接触区(少数载流子的收集)，对此其中间区域覆盖上一层钝化层。

根据本发明建议可见：考虑削平顶部的棱锥体经过上述的简单自调整工艺过程，就能避免在大生产工艺过程中很少能适应的自调整过程。

如在欧洲专利申请 E P 88105201.3A 1 中描述的，一种半导体、如硅背面可用不同的方式加工成这样的结构：升高区域保持确定的距离(直至毫米范围)，在该区上设置用于收集多数载流子的欧姆接触。在作为接触桥区的这些区之间的区域中，设置收集少数载流子的接触区，或是以 M I S 指区结构的形式(类似于图 1 2)覆盖在削平顶部及钝化处理过的棱锥体上，或是作为整个面上的金属—绝缘层—硅区域，如图 1 4 所示。

在图 1 4 及 1 5 上描绘了一个太阳能电池(236)背面的截面图，该半导体、例如是具有棱锥体形状的升高部分(240)，(242)的硅衬底(238)。在形成升高部分(240)，(242)前，在半导体衬底上作成条状的凸块(244)，(245)。然后在这些条状的凸块(244)，(245)上沉积用于构成欧姆接触区(257)的金属(248)。接着在整个半导体衬底面上覆盖一层钝化层(246)。再接着将棱锥体或其它升高部分(240)，(242)的尖顶部削平，也即去掉钝化层或必要时区域性地去掉半导体材料，以便将一个

薄绝缘层（250）设置到露出的半导体衬底上。然后在欧姆接触区（257）之间的区域上覆盖金属层（252）。该金属层（252）相对于绝缘层（250）及位于其下方的并露出的半导体作平面延伸，构成了MIS反型层（254）上的金属层。在半导体表面中将感应出一个反型层（253）。

换句话说，金属区域（252），绝缘层（250）及半导体衬底即为一个MIS接触层（254）。

升高的欧姆接触区（257）在其表面上可以是平面或同样如中间区域一样，是由削平顶的棱锥或另外的凸块构成的。凸起的接触区（257）上金属的覆盖可以在产生该凸起的半导体区域，即产生凸块（244），（245）前在整个表面上形成，或是以后最好自调整地在真空中进行斜向蒸发。在后一种情况下要在一个非常平的角度下蒸发，由此使得总是凸起的半导体的侧面覆盖多的金属，表面区域覆盖较少的金属。同样地可以借助机械掩模，将金属覆盖到凸起的区域上。

该凸起区域（244），（245）的金属层（248）也可以在覆盖钝化层（246）及在区域（244）及（245）的表面上局部去掉该钝化层后才完成。在这种情况下，金属层至少区域性地覆盖钝化层（246）。

为了用简单的方法获得一个欧姆接触层（257）及MIS接触层（254）之间确定的、最少的距离，而无局部短路的危险，根据本发明在制作好欧姆接触区（257）后，将用于MIS接触层的金属在一个真空蒸发装置中进一步地垂直蒸发。由此实现了无论是在深处的MIS接触区上还是在凸起的欧姆接触区（248）上同时的覆

盖，而在垂直的或较倾斜的侧面上仅覆盖了很少的金属。一种金属蚀刻保证了：凸起的接触区（2 4 4）的侧面无金属，并由此无需特殊的调整，就能实现欧姆接触区（2 5 7）及M I S接触区（2 5 4）的精确分离。

在欧姆接触（2 5 7）之间存在的并用标号（254）表示的M I S接触层其本质上是一个由单个的M I S接触区（2 4 9）组合起来的M I S接触区，也即通过金属层（2 5 2）使它们彼此形成导电的连接，并构成了负极（2 5 6）。

出于简化的原因，在欧姆接触区（2 5 7）之间延伸的M I S接触区域统称M I S接触区（2 5 4）。

接触区（2 5 7）及（2 5 4）之间的空间距离是用凸起区域的高度及形状来确定的。通过湿化学蚀刻，等离子蚀刻及机械削除或另外的方法，可以对其高度与形状任意地调整。该区域可以通过倾斜的侧面来限制，它例如可以通过湿化学的各向异性的腐蚀来实现，或者利用垂直的，削圆的或另外形状的侧壁来达到。除了机械的支持作用外，该半导体可以借助这些方法不成问题的作成非常的薄（这对于背面收集的太阳能电池是重要的！），该图1 4中凸起的区域的任务显著地区别于如E P 88105201.3 A 1中结构的任务。那儿要求该区域的高度加半导体衬底的厚度必须在少数载流子的扩散长度的数量级上，由此使载流子不能到达欧姆接触层。然而在目前的例子中，这些条件是属次要意义的，因为由于直接交界的反型层（2 5 3）及M I S接触区（2 5 4），少数载流子实际上已经由发射极侧向地吸收到凸起的接触区（2 5 7）上，及通过M I S接触区（2 5 4）提供应用。这些到达凸起区域（2 4 4），（2 4 5）的少数载流子然后经过反型层

(2 5 3) 沿侧面输送到 M I S 接触区 (2 5 4) 上。通过两侧面实现的侧面吸取少数载流子, 在相应的凸起区域 (2 4 5) 的几何形状的情况下 (有利的是: 宽度小于两倍的扩散长度), 收集多数载流子的接触区 (2 5 7) 完全被到达的少数载流子屏蔽。

这种以简单方式产生的背面结构因而在其推开少数载流子的作用方面超过了传统的背面场 (B S F = Back Surface Field)。为了降低欧姆接触电阻, 在凸起的区域上于覆盖金属层前或后使用一次掺杂或扩散工序 (例如 $p p^+$), 由此还可采用一次吸杂工序, 以实现改善少数载流子寿命。

同时在 E P 88105201.3 A 1 中所提出的, 关于将欧姆接触区彼此间的距离选择得大于二倍的扩散长度的要求不再适用于根据本发明的结构。欧姆接触区 (2 5 7) 可以用任意的密度相邻地排列, 因为由于反型层 (2 5 3) 及空间电荷区吸收少数载流子, 因此在非常小距离的情况下, 少数载流子根本不能到达真正的金属-半导体欧姆层 (2 5 7)。

根据本发明, 该单面接触区型的太阳能电池 (2 3 6) 是基于: 通过在图 1 4 中连接两个极 (M I S 接触区 (2 5 4), 欧姆接触区 (2 5 7)) 的反型层 (2 5 3) 不产生任何电子结, 即无任何的内部短路 (分路)。从减少串联电阻及减少复合的意义来看, 该欧姆接触区应不能太宽 (宽度 $\approx 100 \mu m$) 并且它们间的距离不能过大。例如在扩散长度为 $150 \mu m - 200 \mu m$, 接触层宽为 $100 \mu m$ 及接触区高为 $80 \mu m$ 的情况下, 该欧姆接触层 (2 5 7) 完全被少数载流子屏蔽。

就用于图 1 2 至 1 5 所示的背面结构的太阳能电池的正面结构来

说，可以有多种可能性，这个视想得到什么类型的太阳能电池而定：

1) 具有背面收集载流子及能双面充分利用光线的太阳能电池：

对于这种结构，如果这时希望充分利用双面的光线的话，可以应用图 1 2 所示的具有中断的 M I S 接触层的结构作为其背面。

图 1 4 所示的结构，由于在背面具有反光镜，因而就得到了一种高效的单面太阳能电池。它的正面上不包含任何接触区并由此就没有任何的遮光，因为无论是空穴还是电子均是在背面收集的。

特别重要的是：正面具有非常小的表面复合速度，也即在其附近由光线产生的载流子不能在该表面上复合。对此与已述的正面场 (F S F) 太阳能电池相似地，可在其正面抗反射层的下面产生一个 $p-p^+$ 结，它利用势垒阻止了少数载流子到达表面。也可如在串联结太阳能电池的情况那样，制作一个排斥多数载流子的表面 pn 结。在制作 pn 结或 $p-p^+$ 结时涉及到昂贵的高温工序。此外必须附加地覆盖一个抗反光层。为了能适应较低温度处理及达到简单的费用合理的制作工序，规定了在一个工艺步骤中产生表面钝化层及抗反射层。为此在太阳能电池的正面上将相应厚度的含氢绝缘层沉积在自然的或有意加热产生的氧化物上，由此不仅使表面产生去饱和状态，而且也避免了半导体表面处的反射。而且绝缘体电荷有其优点，以致它不是充满在半导体表面就是位于在反型层中。非常适用的是氮化硅，它最好是在温度为 350°C 及 600°C 之间（制造或后置处理温度）在辉光放电中及例如通过与含氢物质硅烷 (SiH_4) 及氨 (NH_3) 的反应进行沉积。

利用其可在宽范围中变化的折射系数（在 1 . 8 及 2 . 6 之间），它可用于每种结构并达到最小的反射，并且同时获得了防止脏物侵入的完好表面保护。

一种这样的层在 D E 3536299 A1 中已被使用来降低表面复合的速度，另外适用于不仅作钝化层而且也作抗反射层的并益在包括正或负电荷的绝缘层，例如热氧化硅同样在考虑之列。最好表面上形成网纹结构。

在根据本发明的太阳能电池上，光线未受任何遮挡地经由表面射入到半导体内，并在其由部相对接近表面的地方形成电子-空穴对。这两种载流子必须向背面扩散，其中少数载流子由 MIS 接触层 (254) 收集，多数载流子由欧姆接触层 (257) 收集，并经过外部电流回路 (正极 (255) 负极 (256)) 用于提供电功率 (图 14)。

因而半导体衬底 (238) 的厚度应小于少数载流子的扩散长度，以致于使这种载流子尽可能无再结合地大量的到达背面。少数载流子既可直接地也可经由反型层 (253) 到达 MIS 接触层 (254)。它也可使由背面射入的光线得到非常好的充分利用，因为由从背面射入的光线产生的载流子在背面附近得到最佳的收集。

2) 具有双面少数载流子收集的太阳能电池：

如果对于背面的这两种接触结构 (图 12 至 15) 附加地在所示太阳能电池的正面上设置接触桥区，它能够收集少数载流子，故使电池的性能产生急剧的变化。这就得到了一个决定性的优点：既可仅用正面也可用双面受光。

如果光线仅从电池正面射入，由于在两个面上收集少数载流子，则在同样的半导体材料厚度及性质 (扩散长度) 的情况下，它比普通的 BSF (背面场太阳能电池) 具有较高的收集效率。这种效率的改善是依赖于电池厚度 / 扩散长度的比例的。因此可以使用便宜的半导体材料 (较小的扩散长度) 并仍能获得高的效率。当出于成本的原因

希望既减少半导体材料的厚度又要减少其扩散长度时，这里所描述的构型特别具有优点。

当该电池在其两面上受到相同强度的光照射时，几乎与扩散长度无关地得到两倍的输出功率，因为尽管背面有较高的遮光率，而正面与反面的光照射效率是相同的。这种电池在这方面实质上是与 1) 中所述的单面收集少数载流子的电池有区别的，后者正面效率 / 背面效率的比例是与半导体材料的扩散长度有很强的依赖关系。在扩散长度小于衬底厚度时，将得到非常差的正面效率。

根据本发明的背面结构现在可以最好与在 M I S 反型层太阳能电池上应用的正面结构相结合并借助于简单的较低温度的工序实现双面太阳能电池。

这种双面收集少数载流子的太阳能电池的工作方式如下：

通过不但从正面而且从背面射入 p 型半导体内的光线将产生出电子—空穴对来。这些空穴向背面欧姆接触区移动并被其收集。作为少数载流子的电子现在视其形成的地点而定或是移向正面或是移向背面并到达 M I S 接触区。最好收集少数载流子的正面及反面的接触系统在外部分彼此相连接，并构成太阳能电池的一个极。背面上收集多数载流子的接触系统则构成另一个极。这相当于正面及背面两个 M I S 二极管结构的并联。

现在该双面少数载流子的收集能允许；

a) 在正面光照下通过在长波区域光谱灵敏度的增高达到了较高的效率；

b) 在同样半导体衬底厚度情况下，使用实质上较小的扩散长度并由此使用较廉价的半导体材料，或是在相同的扩散长度时选择较厚

的半导体并由此能吸收更多的光线；

c) 除与现今公知的双面受光的太阳能电池相反地提高了正面光照效率外，尽管MIS接触层的附加遮光率，由背面射入光线的利用得到显著改善，因为少数载流子不再需要经过整个半导体衬底向正面的收集接触区扩散（太阳能电池背面的MIS接触区的遮光率实质上不大于10%，因而背面由欧姆接触区及MIS接触区产生的总遮光率约为20%）；

d) 由于通过大面积的双面收集少数载流子降低了单个MIS接触区及反型层的电流负荷，就降低了串联电阻值并达到了提高太阳能电池的填充系数及效率。此外能使MIS接触层的金属层厚度降低。

取代在较低温度下制造的并具有在工艺上与背面结构相容的带有MIS接触层及反型层的正面结构，可以使用传统的具有整个面上利用扩散或离子注入产生的 n^+p 或 p^+n 结及金属接触网格的结构。因此在这种太阳能电池类型中少数载流子部分地通过正面的 n^+p 或 p^+n 结及部分地通过背面的少数载流子—NIS二极管被吸收。

将棱锥体削平顶部的可能性自然也能有利地用于称为背—MIS的电池上(R. Hezel 与 K. Jaeger, J. Electrochem. Soc 136(2), S. 518 (1989))，该电池是属仅在背面收集少数载流子的电子类型。用于收集多数载流子的欧姆接触栅区可以设在正面削平顶部的棱锥体上。这里最大的优点在于：真正MIS接触区的面在背面上以削平顶部的棱锥体形式可以作得非常小。整个面上的金属层绝大部分伸延在被绝缘层很好钝化处理的表面上。该金属层同时也起到一个对半导体未吸收光线的出色背面镜(BSM "Back Surface Mirror")的作用。

在图16中描绘了太阳能电池的另一个实施形式(258)，它

具有在背面上的收集少数及多数载流子的欧姆接触区(257)及M I S接触区(254)。

为了实现接触区(254)及(257)的结构,根据本发明最好借助于彼此平行延伸的锯丝作机械加工,该锯丝具有构成沟或槽(260), (262)并在其中间构成峰区(264)所需的相互距离及所需的丝直径。

在凸块(244)及(245)的区域中,在其用于构成欧姆接触(257)的外自由面上设置了金属层(248),在该区域中不用锯丝或者锯丝的距离可以改变,以便使在该区域中不削去半导体衬底(238)。

在图16的太阳能电池(258)的背面实施例中,因此可在一个单独的操作工序中既制作出M I S接触区(254)的结构又制作出欧姆接触区(157)的几何结构。

应该再次提及,也可在一种p型半导体衬底上设置 n^+ 层来取代反型层(253),其中对 n^+ 的接触层可被构作M I S类型的或作为欧姆接触区。

虽然在图12至16中描绘的是M I S反型层太阳能电池(210), (236), (258)的背面,但也可选用一个用于pn类型太阳能电池的相应背面结构。

根据本发明的最好借助互相平行的金属丝或其它的机械加工工具的加工显然不局限于对于半导体材料。更确切地说可以用于每种待加工材料的所需领域中,尤其是在光学领域中所使用的材料可根据本发明进行加工。

也可以根据本发明对太阳能电池的载体(相应于图4中的实施形

式) 进行加工。

相应的结构也可以在图 1 7 中以截面图表示的太阳能电池上实现。因此载体衬底 (2 6 8) 可以用如前所述的方式用机械加工, 也就是尤其是借助彼此平行排列的锯条、锯丝或是借助于格锯来加工, 以便制作在沟 (2 7 0) 及 (2 7 2) 之间延伸的峰区 (2 7 4) 。

在上述结构形成后, 在整个表面上覆盖一层钝化层 (2 7 6) , 它被作为扩散阻挡层, 其合适的材料例如氮化硅或氧化铝。然后在峰区 (2 7 4) 的区域上利用例如研磨去除该钝化层 (2 7 6) , 以使得将衬底的一小部分面积裸露出来, 接着在衬底 (2 6 8) 的这种结构表面上全面地沉积一个半导体层 (2 7 8) , 由此就同时地构成了对衬底 (2 6 8) 的一个良好的小面积欧姆接触区。然而在大面积的其他区域上, 排除了衬底材料与半导体膜 (2 7 8) 之间的反应。这意味着污物不可能扩散进半导体材料中来。

接着在半导体膜 (2 7 8) 上可以构成一个太阳能电池, 例如相应于图 4 中的电池。显然也可以在半导体膜 (278) 上构成一种 M I S 转换层太阳能电池。

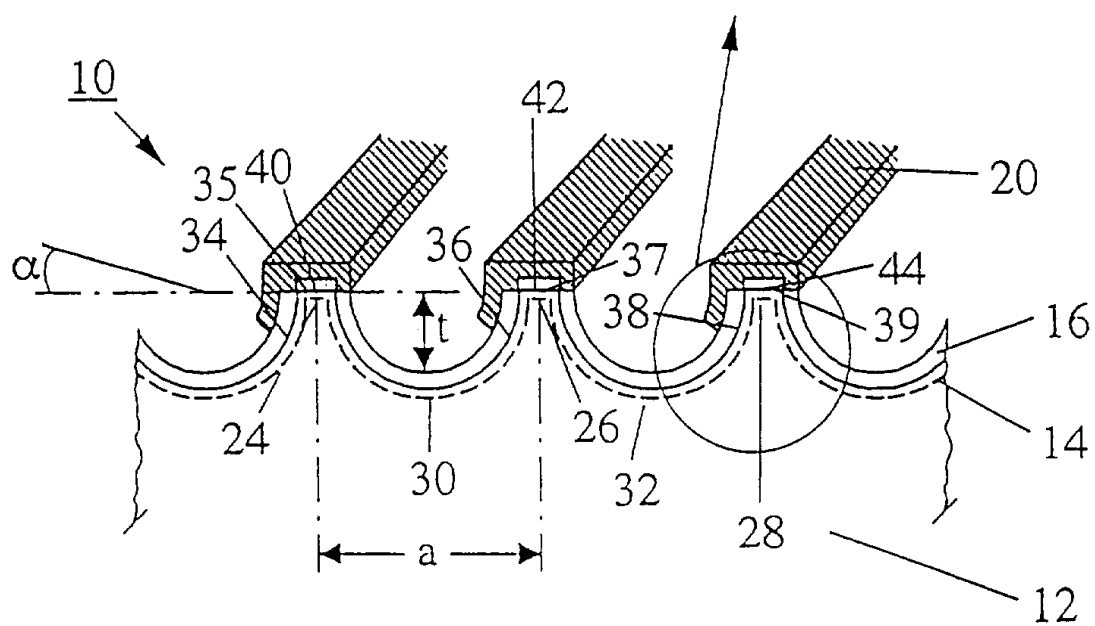
此外应该指出, 在应用单晶原始衬底的情况下存在着这样的可能性: 在覆盖上钝化层 (2 7 6) 及至少局部地在峰区 (2 7 4) 上去除该层以后, 由于晶体的生长在开口处可能形成一个外延层。当用棱锥体结构取代线性的升高部分时, 这种晶体的生长方式特别具有优点, 以便使外延层在棱锥体顶部生长出来。

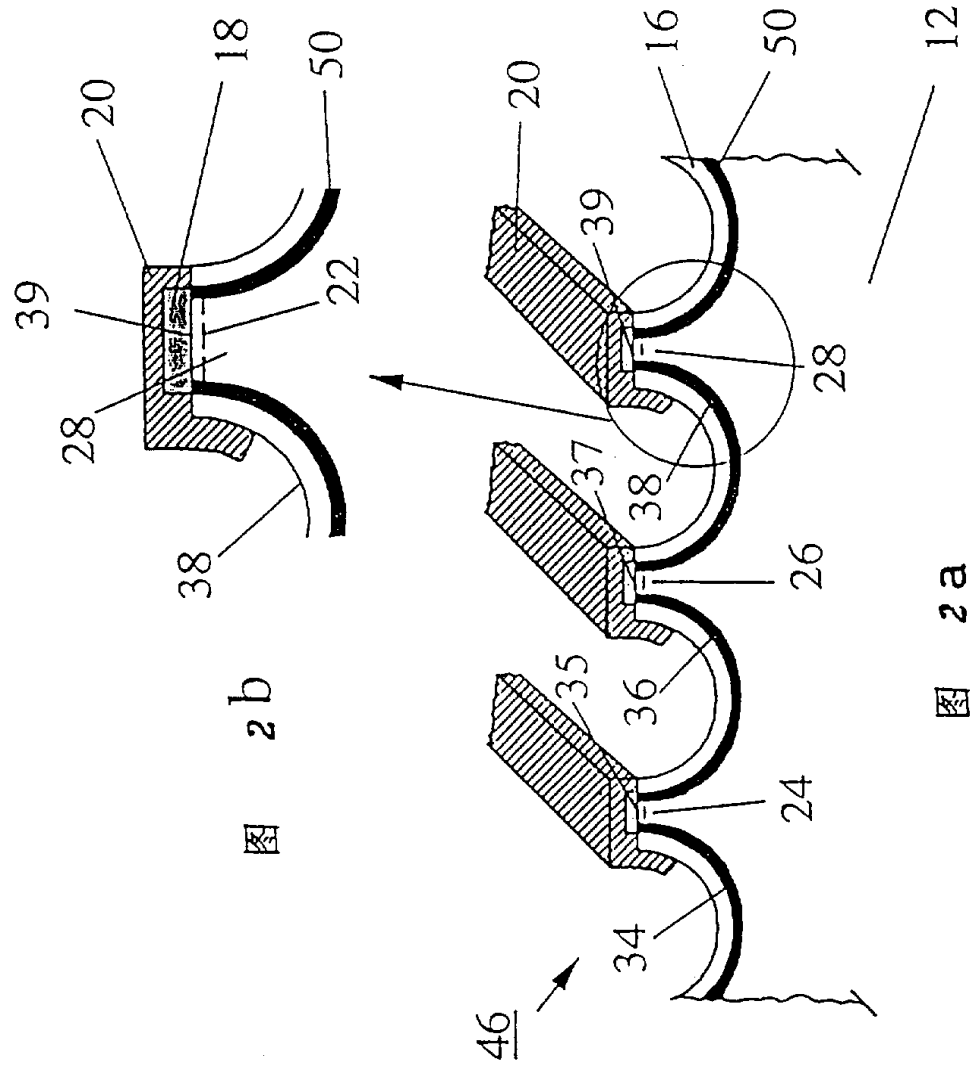
由上述的措施得到这样的优点, 即只有少数的来自晶体的、非高性能的半导体材料的杂质能够扩散入该外延层, 因为衬底表面的大部分 (最好大于 9 5 %) 被钝化层 (2 7 6) 覆盖着。

总之，本发明的其它技术特征为：构成导电接触层的材料不是使用单独的掩膜盖到升高部分的平台区域及至少一个侧面上的；至少钝化层材料的去除是用机械方式和/或化学机械方式和/或通过离子轰击和/或通过蚀刻如离子蚀刻、激光蚀刻或等离子蚀刻实现的；与钝化层材料一起地除去半导体材料；升高部分被构成条状；在每个升高部分上面或其附近覆盖构成条状；在每个升高部分上面或其附近覆盖构成导电接触层的材料；及平台区域的宽度大于钝化层的双倍层厚；从至少多个升高部分上大面积地并实质同时地去除钝化层材料，及必要时在所需的范围中去除半导体材料；构成导电接触层的材料是对升高部分的平台区域所伸展的平面成 α 角度进行真空沉积的，并且 $90^\circ > \alpha > 0^\circ$ ，最好是 $30^\circ > \alpha > 1^\circ$ ；构成导电接触层的材料是通过电解或通过无电流的金属化处理沉积的；通过去除半导体材料或没有半导体材料的载体形成的升高部分是借助例如彼此平行设置的锯条或丝相对于半导体材料或载体运动，或借助格锯作成的；钝化层用作为后设覆盖层或制作层的掩模。尤其是用作构成导电接触的材料或为了构成半导体衬底掺杂表面层的掺杂或离子植入的掩模；半导体材料或用于半导体材料的载体材料的结构加工方法，尤其是用于构成彼此平行或基本平行延伸的槽，该材料是利用彼此平行或基本上平行的并相对于待加工材料运动的机械加工工具进行结构加工的；使用锯丝、锯条或一种格锯作为机械加工工具；在升高部分中的钝化层至少局部地为一个构成平台形状区域的切段，其侧面从该区域延伸出来，并且在该区域中半导体材料或者一个设置在该材料上的层被裸露出来；以及构成导电接触层的材料延伸在该平台区域上并且至少延伸从平台区域延伸出的侧面的一个上；升高部分的侧面至少被逐段地构成凹状；接触区具有的沿裸露半导体材料的横向延伸小于延侧面的横向延伸；升高部分彼此平行地或基本上彼此平行地延伸，并最好与沟形凹槽交界；升高区域小面积地由从半导体衬底表面凸起的棱锥体或棱锥台、圆锥

体或圆锥台或圆柱体构成的；太阳能电池的正面及背面上的每个面上均有彼此平行延伸的升高部分及凹槽；背面的升高部分或槽相对于正面的升高部分或槽具有偏离的路径，其中最好是这太阳能电池相对的两个面上的升高部分或槽是彼此垂直或基本上彼此垂直的；升高部分和/或在其之间延伸的沟状凹槽在它们底部区域中构成网纹状结构；在条状的升高区域之间的距离 a 为： $30\mu\text{m} < a < 2000\mu\text{m}$ ，最好为 $50\mu\text{m} < a < 300\mu\text{m}$ ；在升高部分之间延伸的沟状凹槽具有的深度 t 为： $25\mu\text{m} < t < 200\mu\text{m}$ ；升高区域间的距离 a 与槽深度 t 的比例为： $10 < a/t < 1.5$ ；第一及第二接触层设置在一个具有升高部分的半导体衬底的面上；第一及第二接触层至少部分地直接设置在原先覆盖了钝化层材料而后又切去该钝化层的升高部分上或设置在一个绝缘层或一个半导体材料的表面掺杂层上；升高部分具有棱锥体的，圆锥体的或圆柱体的形状，或条状延伸并且被彼此平行的或绝大程度平行的凹槽划界；第一接触层是欧姆接触层而第二接触层是MIS接触层，并且在一个欧姆接触层与一个相邻的MIS接触层之间的距离小于两个相邻的MIS接触层间的距离；在一个MIS接触层及一个欧姆接触层之间的距离约为两个相邻的MIS接触层间距离的一半；第一及第二接触层的外侧的与半导体衬底表面平行延伸的自由面在或约在一个水平面中延伸；第一导电接触层或由其构成的区域全面地或基本全面地伸延在第二导电接触层中间；并且第一及第二导电接触层以各自的自由表面延伸到不同的水平面上；在太阳能电池背面的正视图中，第一接触层或由该层构成的区域和第二接触层构成了一个封闭的或基本上封闭的面；第一导电接触层是MIS接触层，而第二导电接触层为欧姆接触层，后者设置在半导体衬底凸起区域上；在欧姆接触层上覆盖一层钝化层。欧姆接触层包括一个金属层，它至少部分地被钝化层覆盖；所述半导体材料为单晶的、多晶的、非结晶的及单元素的或化合物的半导体；背面

接触层由一种载体衬底的升高部分构成；载体衬底被一层钝化层覆盖着，该层在升高部分区域中被去除；及在该钝化层及裸露的升高部分上覆盖着半导体材料。





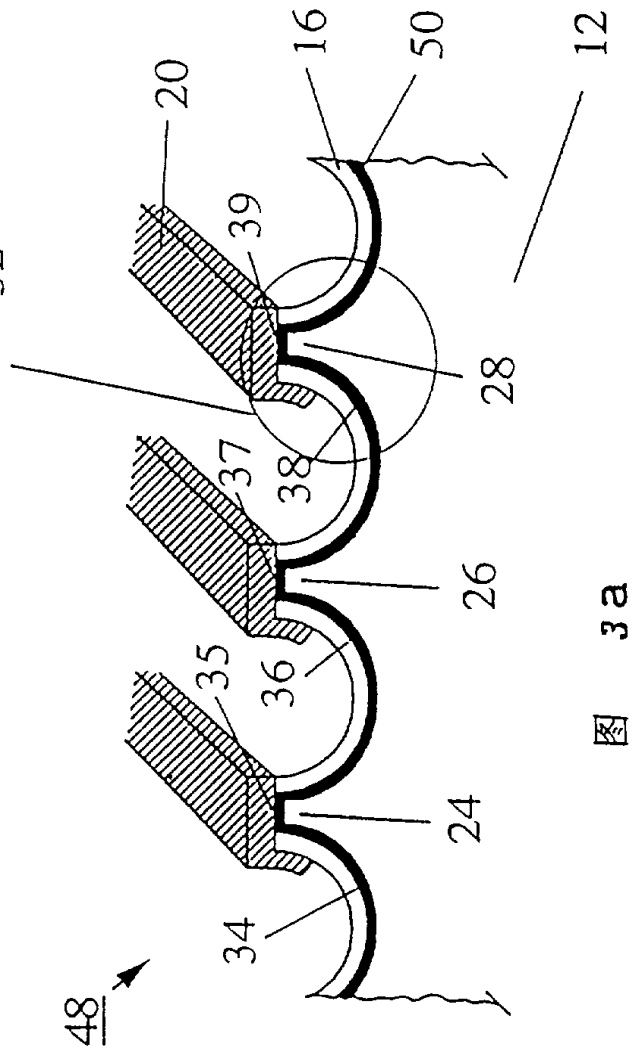
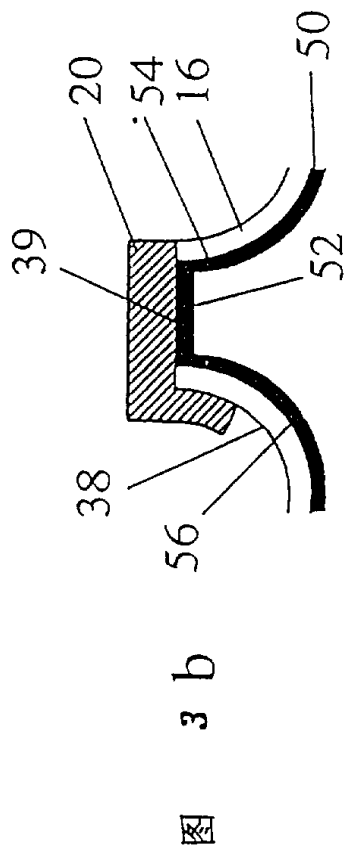


图 3 a

58 →

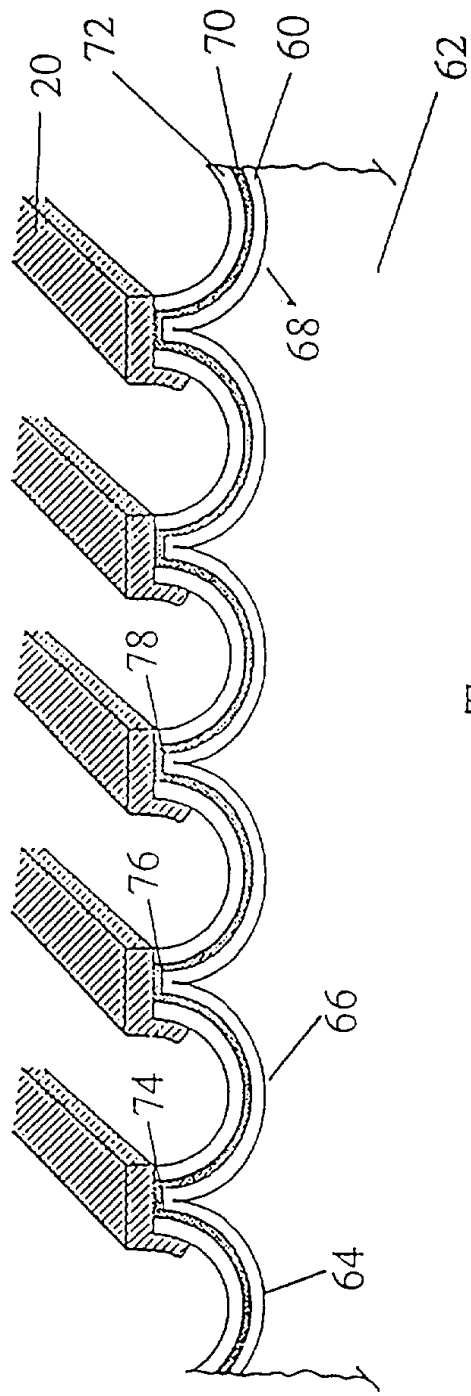


图 4

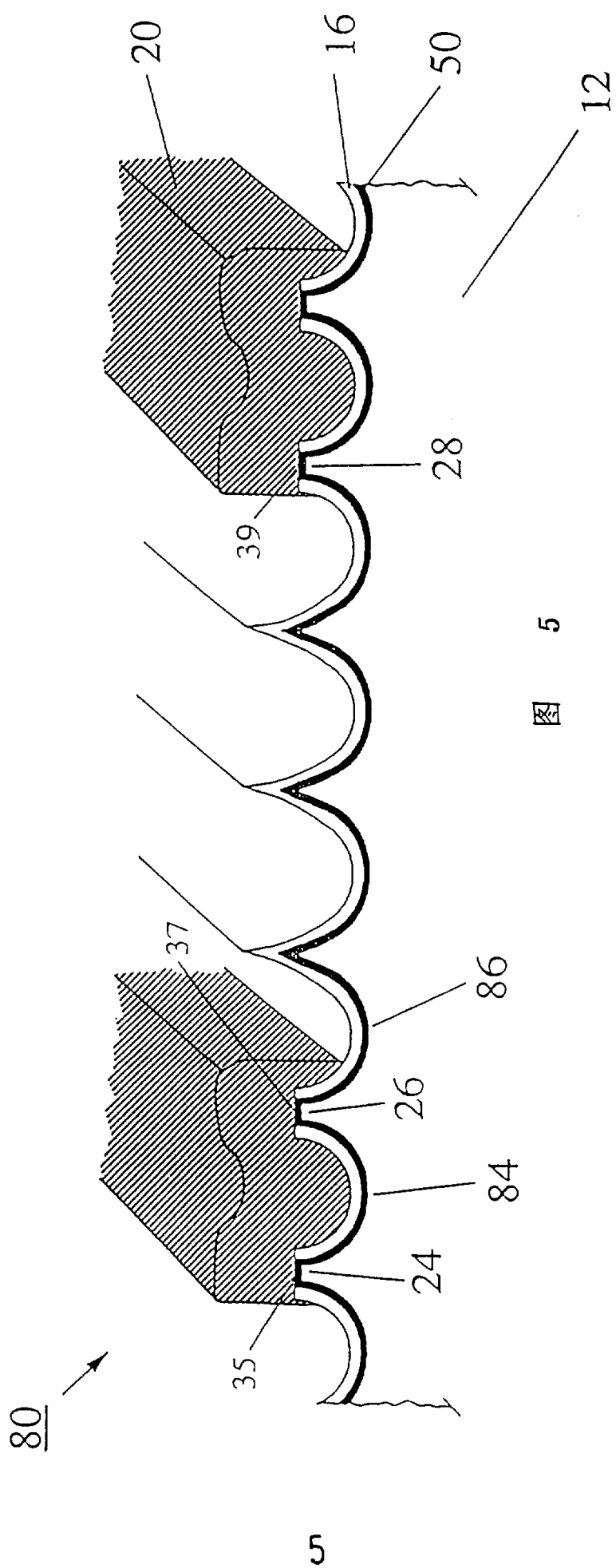


图 5

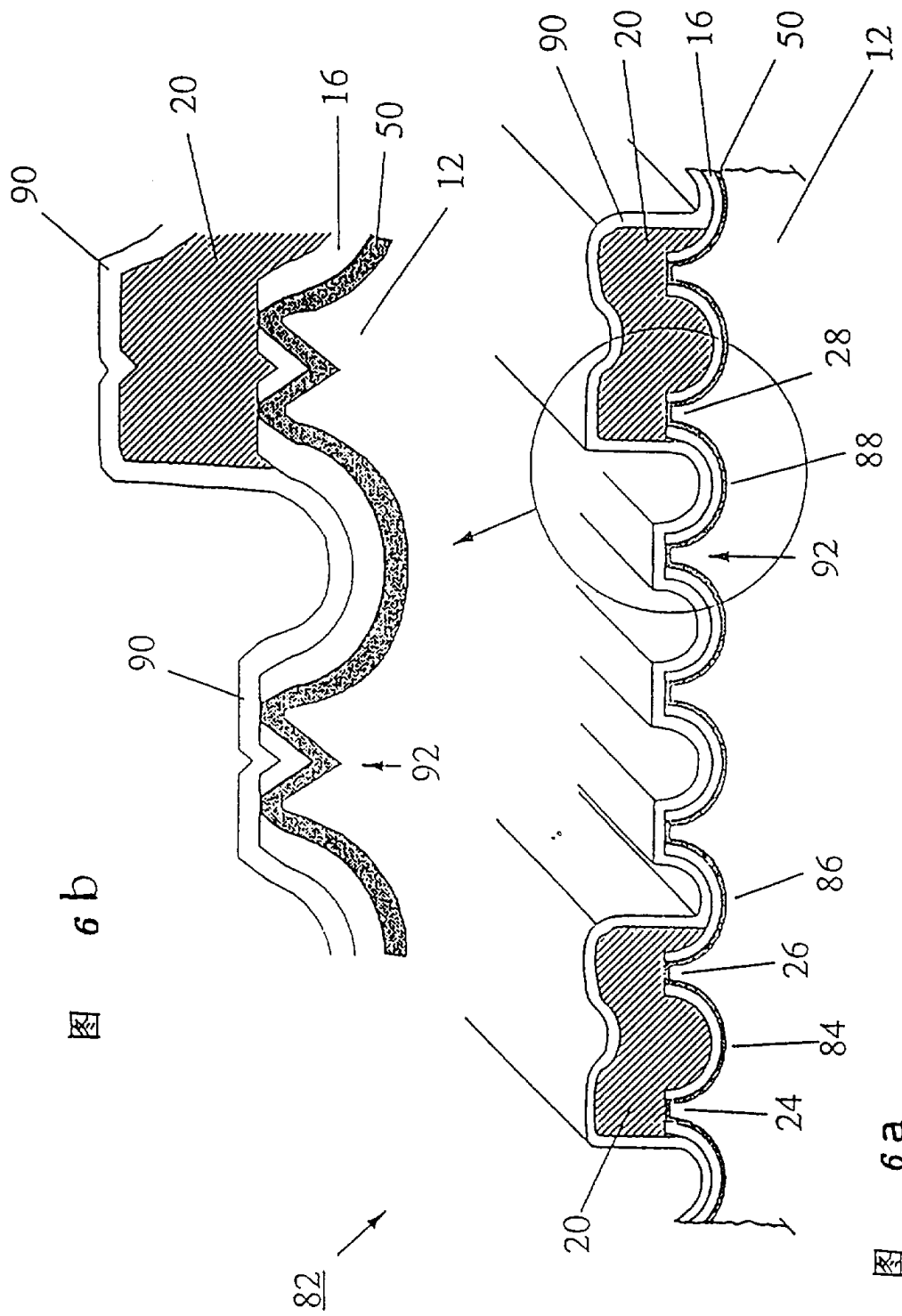


图 6b

图 6a

94

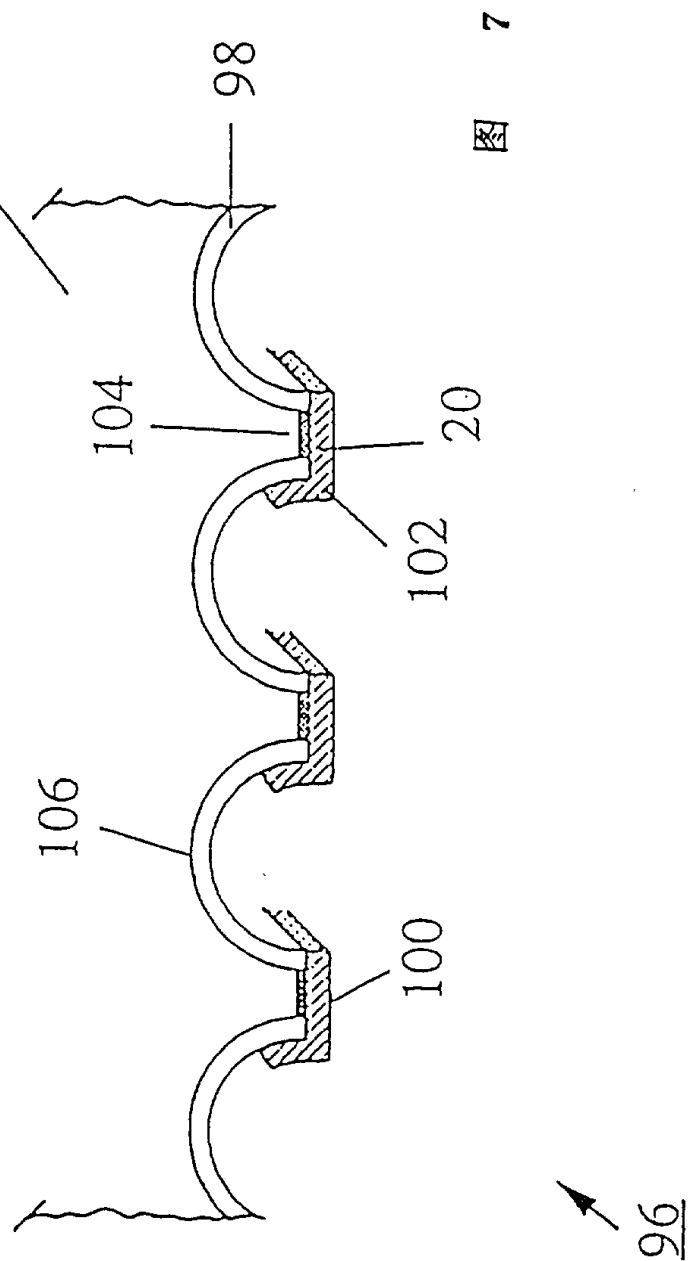


图 7

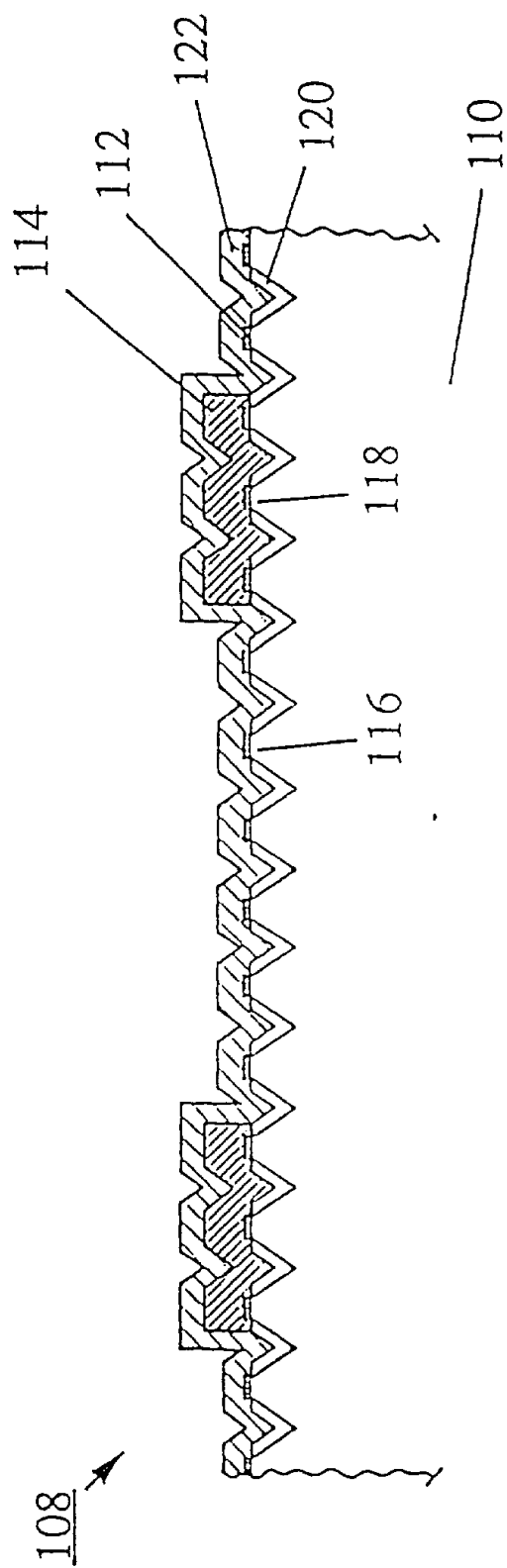


图 8

图 9b

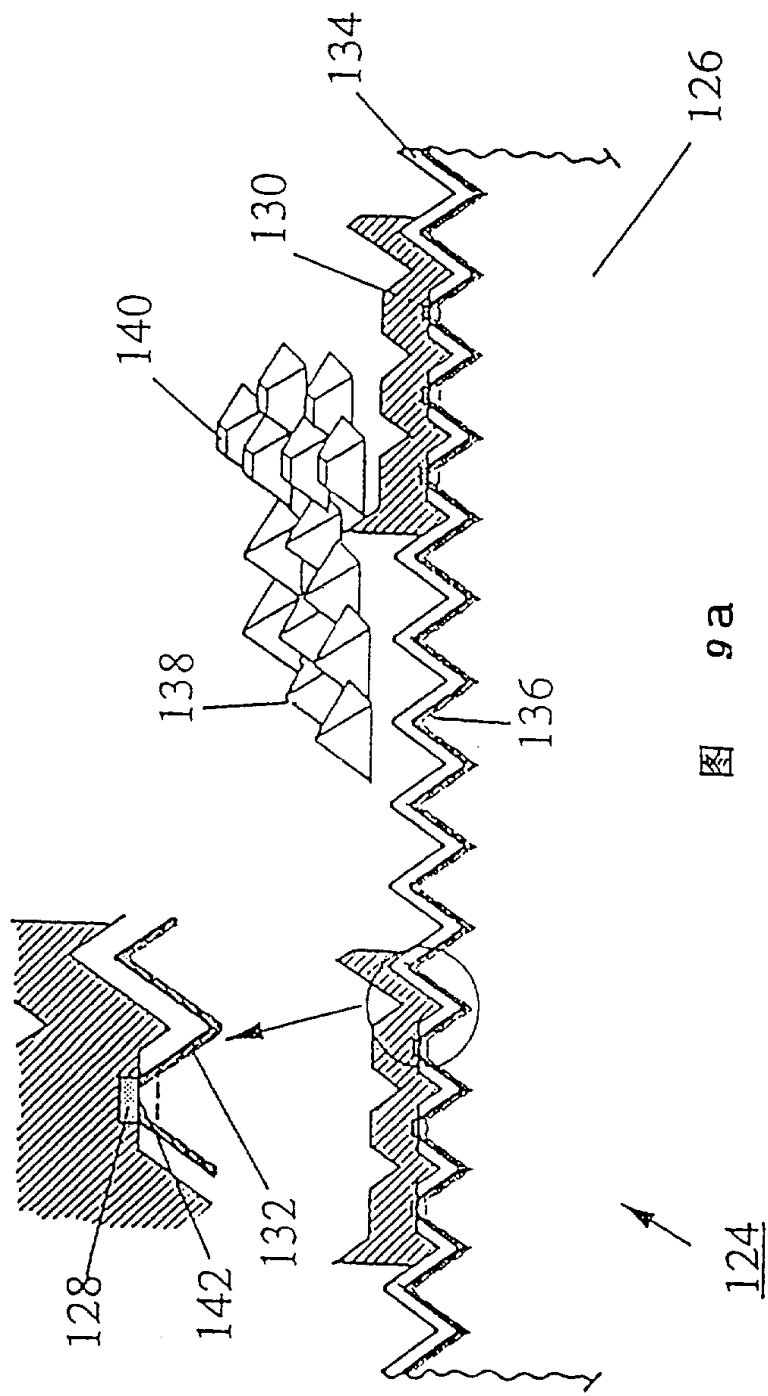


图 9a

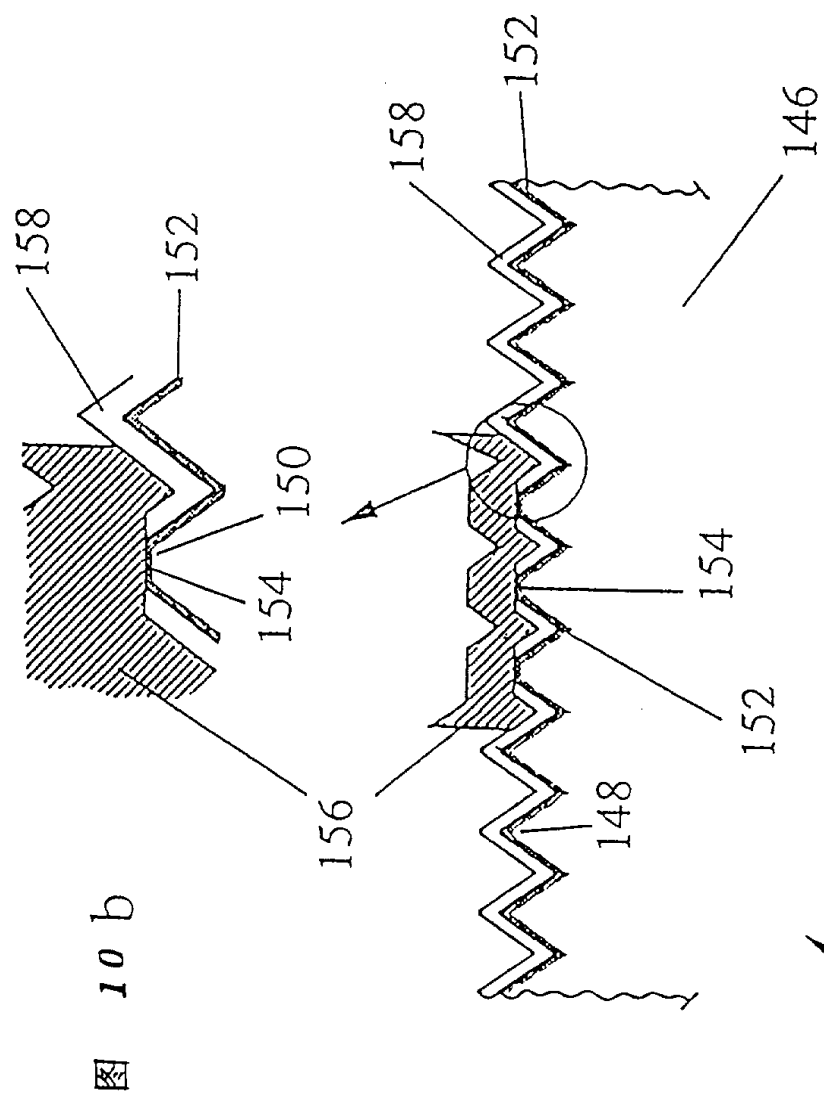


图 10a

图 10b

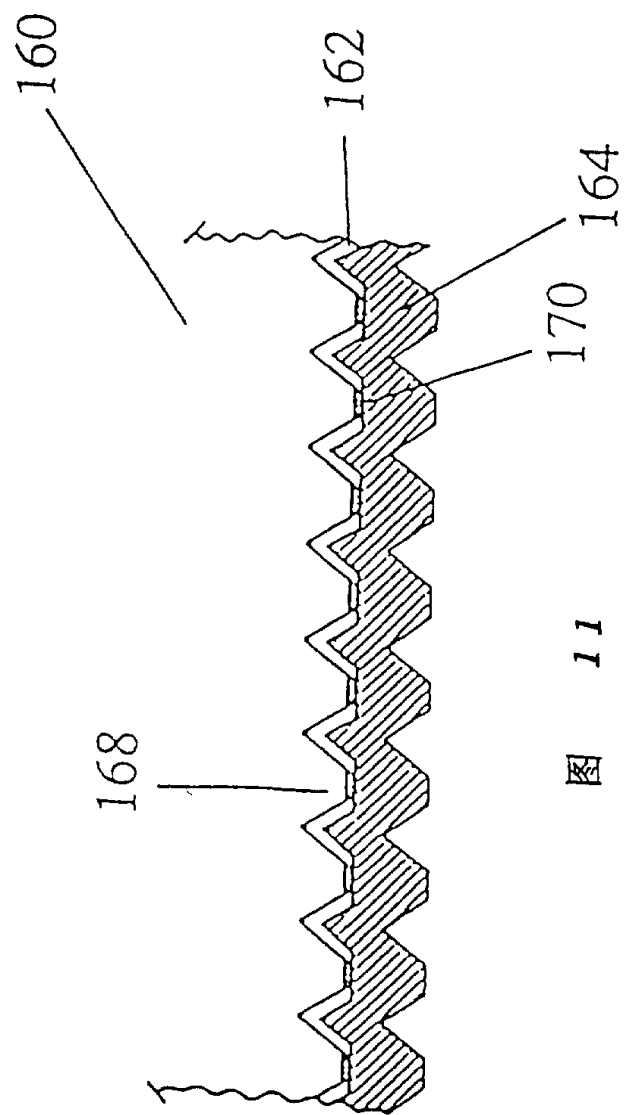


图 11

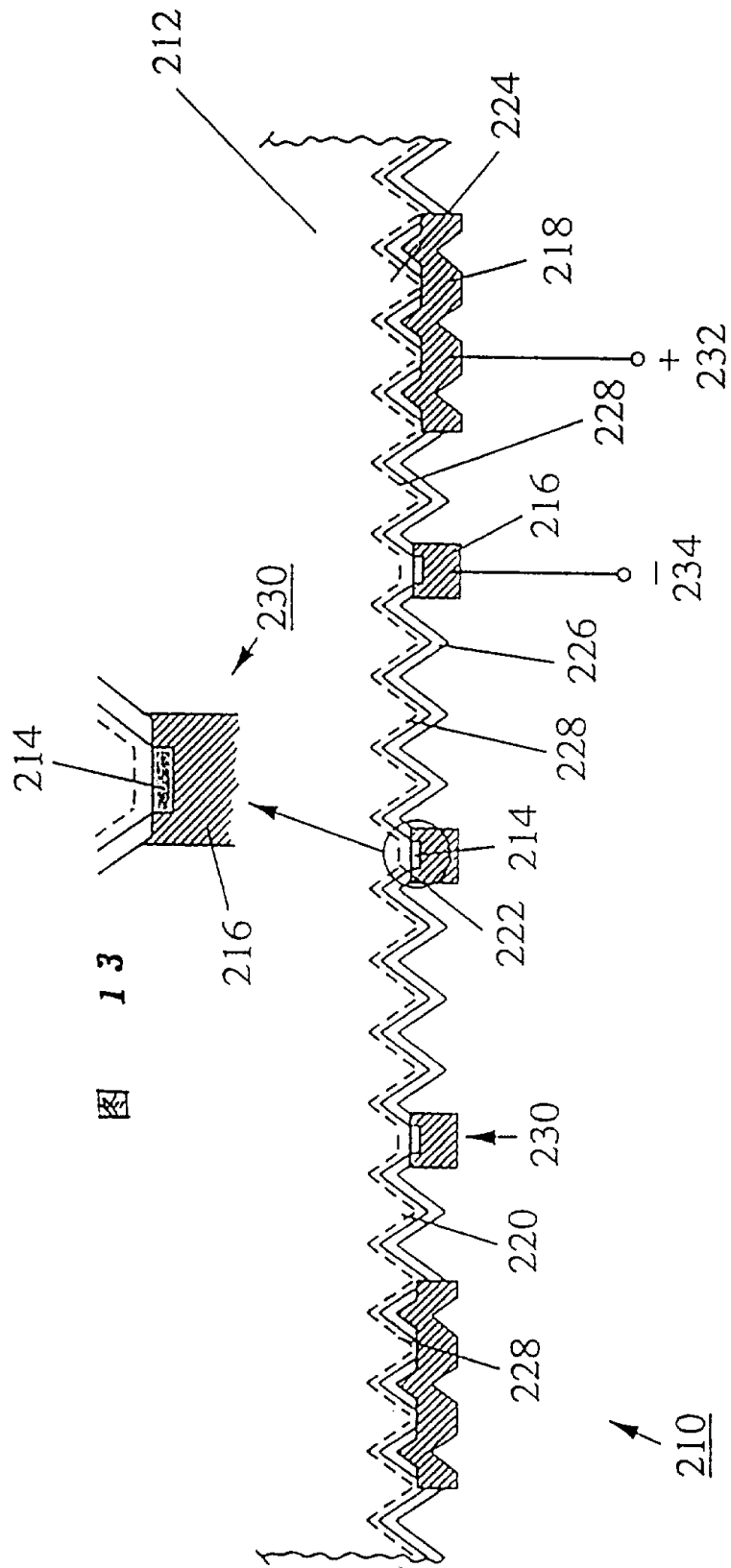
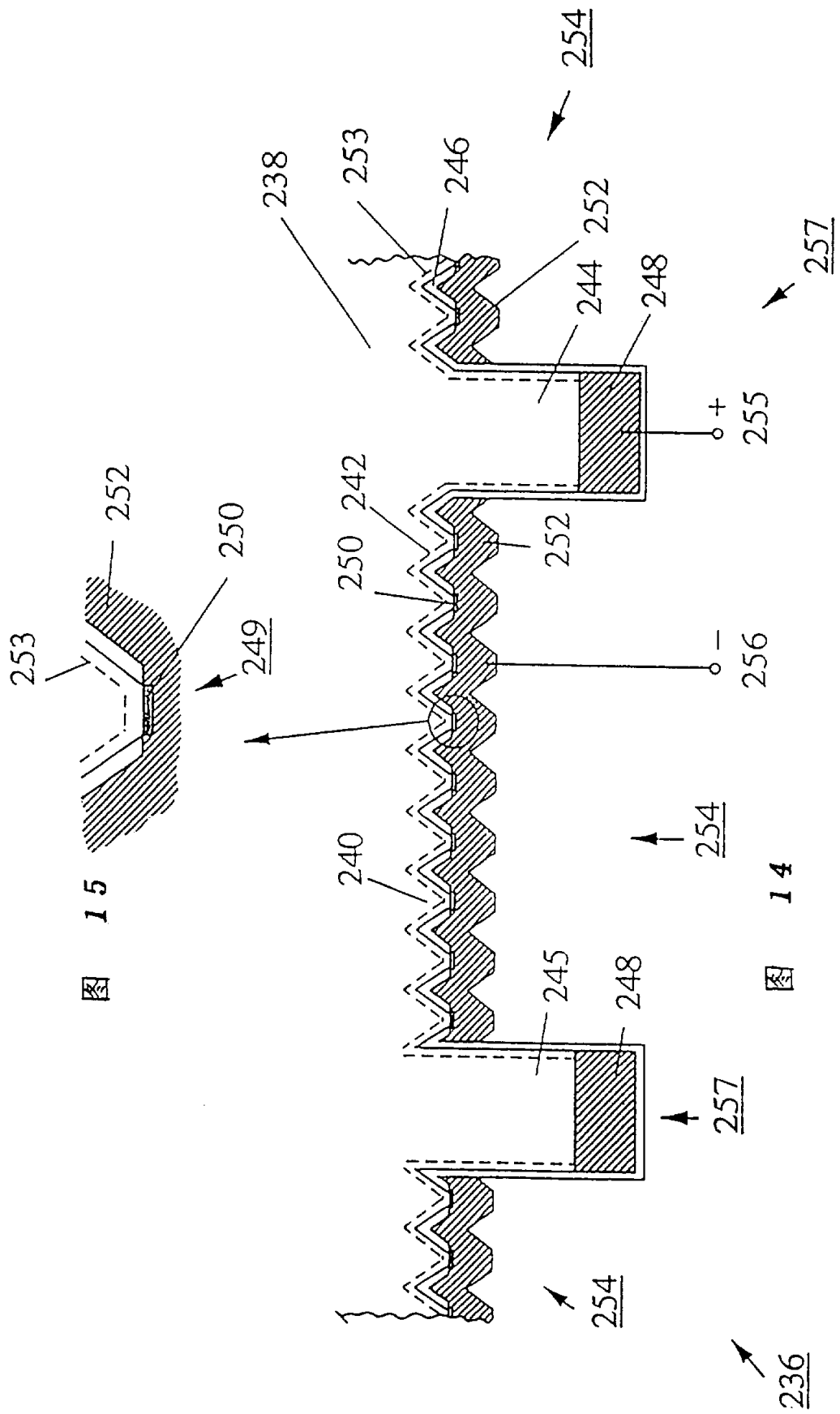


图 12



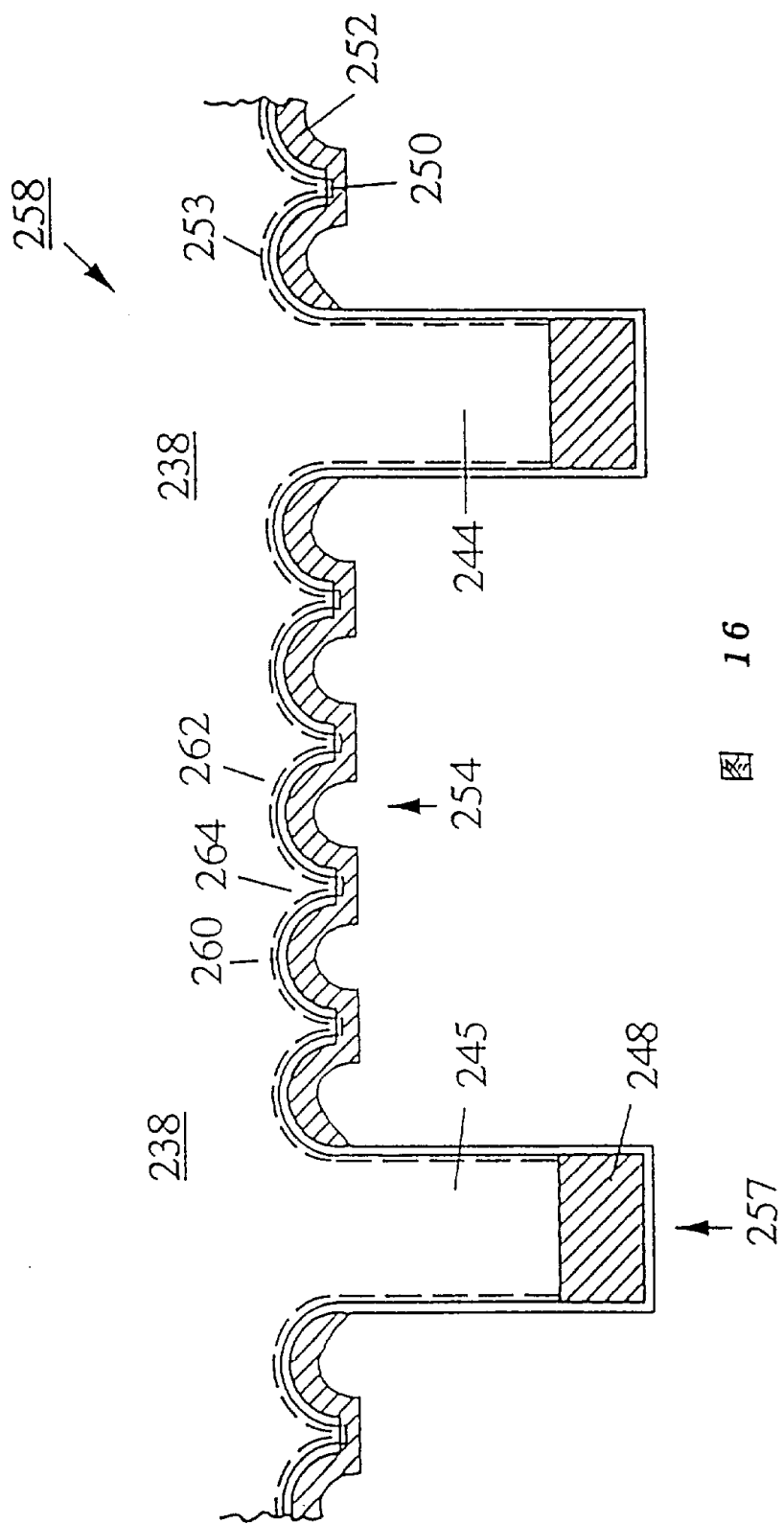


图 16

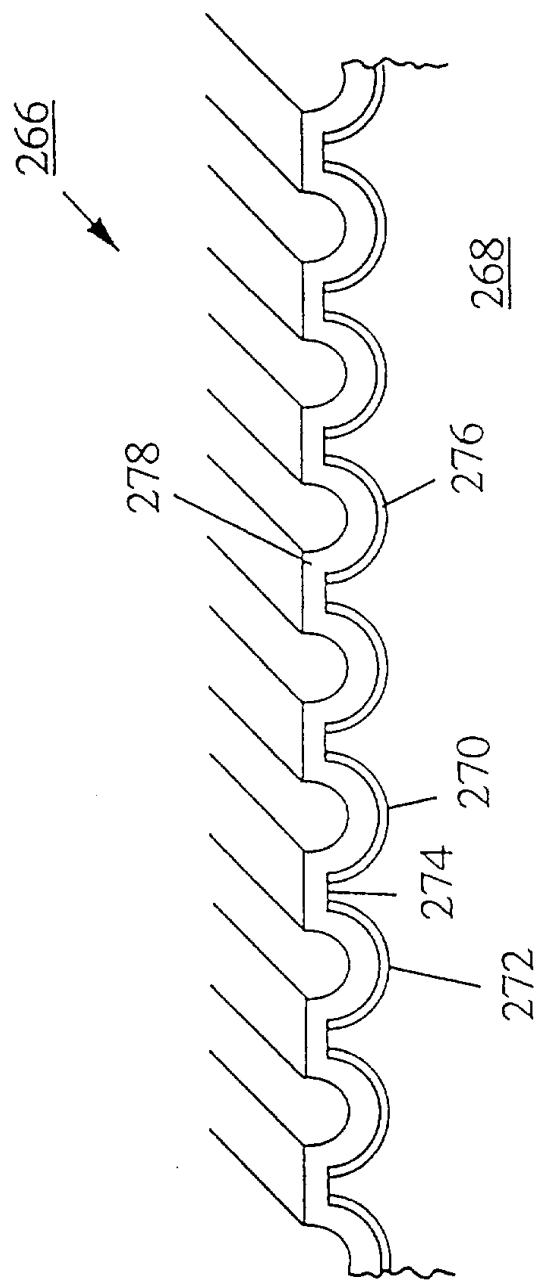


图 17