



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101299410 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 15

(21) 申请号 200810095550. 0

(22) 申请日 2001. 11. 29

(30) 优先权数据

PR1748 2000. 11. 29 AU

(62) 分案原申请数据

01821447. 9 2001. 11. 29

(73) 专利权人 太阳能改造有限公司

地址 澳大利亚新南威尔士

(72) 发明人 克劳斯·卓安纳斯·卫博

安卓·威廉姆·布莱克斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H01L 21/301 (2006. 01)

H01L 21/78 (2006. 01)

H01L 31/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5266125 A, 1993. 11. 30,

CN 1157056 A, 1997. 08. 13,

EP 0500451 B1, 1999. 01. 07,

审查员 黄道许

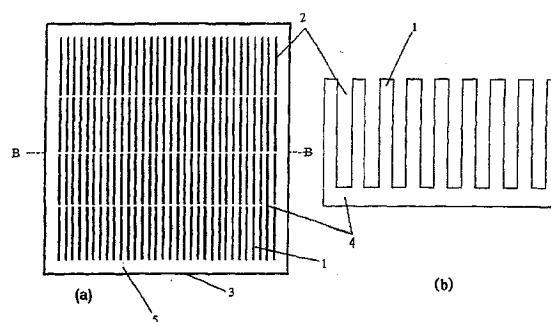
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 13 页

(54) 发明名称

用于增加可用平面表面积的半导体晶片处理方法

(57) 摘要

本发明提供了一种用于增加具有大致平坦表面而且其厚度方向与所述大致平坦表面成直角的半导体晶片的可用表面积的方法。该方法包括步骤:选择带厚度,以将晶片分割为多个带;选择一种用于与大致平坦表面成某个角度,将晶片切割为带的技术,其中带厚度与通过进行切割所切掉的晶片的宽度之和小于晶片的厚度;利用选择的技术,将晶片切割为带;以及将所述带互相分离。



1. 一种集光器模块,包含

单个的太阳能电池的阵列,所述太阳能电池是 1mm 数量级宽的窄的电池,每个电池具有相对的表面,该相对的表面照射在其两面上的太阳光的响应同样好;以及

衬底,所述衬底适于支承与集光器相邻的每个太阳能电池。

2. 权利要求 1 所述的集光器模块,其中通过串联和并联的适当组合,阵列中的每个太阳能电池与该阵列中的其它太阳能电池电连接。

3. 权利要求 1 所述的集光器模块,其中确定单个的太阳能电池的取向,以使相邻的太阳能电池之间存在间隙,每个间隙的距离为一个太阳能电池的宽度的 0 到约 3 倍。

4. 权利要求 3 所述的集光器模块,进一步包括与所述太阳能电池的阵列的后表面间隔开的背面反射器,所述背面反射器相对于太阳能电池的后表面这样取向,即使得在使用中通过相邻太阳能电池之间的间隙的入射光被所述背面反射器向至少一个所述太阳能电池的后表面反射。

5. 权利要求 4 所述的集光器模块,进一步包括覆盖层,所述覆盖层具有与所述太阳能电池的阵列的前表面隔开的光反射表面,并且相对于所述太阳能电池的前表面这样取向,即使得在使用中从所述太阳能电池反射或者从所述背面反射器反射且通过相邻太阳能电池之间的间隙的入射光向至少一个太阳能电池的前表面反射。

6. 权利要求 1 所述的集光器模块,进一步包括:位于所述太阳能电池的阵列的前表面侧的覆盖层,以及填充衬底、太阳能电池的阵列和覆盖层之间的空间的填充物,所述衬底是透明的并且位于所述太阳能电池的阵列的后表面侧。

7. 权利要求 1 所述的集光器模块,进一步包含:

覆盖层,具有在使用中光入射在其上的前表面;

位于太阳能电池的阵列的后表面侧并与其之间隔开的背面反射器,用于反射在使用中已通过所述间隙的入射光、或已进入太阳能电池并且没有被吸收而再次出射的入射光,

其中,太阳能电池的阵列位于所述覆盖层和所述衬底之间,将所述太阳能电池这样定位,使得相邻太阳能电池之间留有间隙;

其中每一个太阳能电池这样取向,即在使用中所述太阳能电池的前表面和后表面中的至少一个能够接收入射光,并且所述电池的前表面和后表面中的另一个能够接收从所述背面反射器反射的光。

8. 权利要求 7 所述的集光器模块,其中,在使用中从一个或多个太阳能电池以及背面反射器反射的光被所述覆盖层的前表面反射到至少一个太阳能电池的前表面。

9. 权利要求 7 所述的集光器模块,进一步包括填充覆盖层、太阳能电池的阵列和所述衬底之间的空间的聚合物或硅树脂填充物材料,其中,所述衬底是透明的并且在所述太阳能电池的阵列的后表面上。

10. 权利要求 6 所述的集光器模块,其中所述覆盖层是玻璃覆盖层。

11. 权利要求 9 所述的集光器模块,其中所述覆盖层是玻璃覆盖层。

12. 权利要求 6 所述的集光器模块,其中所述衬底是透明玻璃衬底。

13. 权利要求 9 所述的集光器模块,其中所述衬底是透明玻璃衬底。

14. 权利要求 4 所述的集光器模块,其中所述背面反射器具有面向电池阵列的漫反射表面。

-
15. 权利要求 1-14 之任一所述的集光器模块,其中所述太阳能电池由结晶硅组成。
 16. 权利要求 1-14 之任一所述的集光器模块,其中所述太阳能电池由单晶硅组成。
 17. 权利要求 4、5、7、8 中的任意一个所述的集光器模块,其中所述背面反射器是漫射反射器。

用于增加可用平面表面积的半导体晶片处理方法

[0001] 本申请是申请号为 01821447.9、申请日为 2001 年 11 月 29 日、发明名称为“用于增加可用平面表面积的半导体晶片处理方法”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种半导体处理方法,具体地说,本发明涉及用于处理半导体晶片以增加可用平面表面积的方法、用于制造太阳能电池的方法以及用于降低半导体表面的反射率的方法

背景技术

[0003] 在半导体处理方法的大多数领域,与最终、被处理晶片的价值相比,起始衬底晶片的成本低。然而,并非总是如此。例如,光电太阳能电池行业对于成本极敏感,而且起始硅晶片的成本通常接近处理的晶片价值的一半。因此,在该行业,尽可能有效使用硅衬底极端重要。这些衬底是通过从直径通常为 6 英寸(约 15cm)的结晶硅圆柱形毛坯上切割薄片生产的。可以切割的最薄片是由硅的机械性能决定的,对于目前这一代的 6 英寸晶片,最薄片通常为 300-400 μm ,但是计划下一代晶片的最薄片为 200 μm 。然而,切割 6 英寸晶片的切口损失约为 250 μm ,这意味着,许多毛坯最后变成粉末。因此,需要一种对于给定单位体积的半导体,增加半导体的可用表面积,或者至少是当前半导体处理方法的一种有效替换方法的方法。

发明内容

[0004] 根据本发明的目的第一实施例,提供了一种用于增加具有大致平坦表面而且其厚度方向与所述大致平坦表面成直角的半导体晶片的可用表面积的方法,所述方法包括步骤:选择带厚度,以将晶片分割为多个带;选择一种用于与所述大致平坦表面成某个角度,将晶片切割为所述带的技术,其中带厚度与通过进行切割所切掉的晶片的宽度之和小于晶片的厚度;利用选择的技术,将晶片切割为带;以及将所述带互相分离。

[0005] 在第二实施例中,本发明提供了一种用于处理具有大致平坦表面的半导体晶片,以增加所述晶片的可用平坦表面积的方法,该方法包括步骤:

[0006] 至少部分通过所述晶片,产生多个平行细长沟槽,使得所述沟槽宽度与所述沟槽之间的宽度之和小于所述晶片的厚度,以产生一系列半导体带;

[0007] 将所述带互相分离;以及

[0008] 确定所述带的方向,以露出事先与所述大致平坦表面成一角度的表面,从而形成新平坦表面。

[0009] 显然,事先与晶片表面成某个角度的带的表面就是通过切割该晶片并将各带互相分离而露出的带表面。

[0010] 半导体晶片通常是单晶硅或多晶硅。然而,半导体晶片可以是能够被制造成薄、大致平坦晶片的其他半导体晶片。

[0011] 在第三实施例中,本发明提供了一种用于生产硅太阳能电池的方法,所述方法包括步骤:

[0012] 在硅衬底上成型多个平行沟槽,所述沟槽至少部分通过所述衬底延伸以产生一系列硅带;

[0013] 将所述带互相分离;以及

[0014] 利用所述带制造太阳能电池。

[0015] 可以在将各带分离之前或之后或者作为分离过程的一部分,成型太阳能电池。

[0016] 在本发明第一至第三实施例的方法中,带可以与半导体晶片或衬底成任何角度,例如与晶片或衬底成 5° 或 90° 角。通常,带与晶片或衬底所成的角度通常至少为 30° 、更通常至少为 45° 、又更通常至少为 60° ,甚更通常为 90° 。

[0017] 因此,在本发明第一实施例方法的优选形式中,提供了一种用于处理半导体晶片以增加可用平坦表面积的方法,该方法包括步骤:选择带厚度,以将晶片分割为一系列通常垂直于晶片表面的薄带;选择一种用于将晶片切割为所述薄带的技术,其中带厚度与通过进行切割所切掉的晶片的宽度之和小于晶片的厚度;以及将晶片切割为所述薄带。

[0018] 在本发明第二实施例方法的优选形式中,提供了一种用于处理半导体晶片以增加可用平坦表面积的方法,该方法包括步骤:

[0019] 通过或者几乎通过所述晶片,产生多个平行细长沟槽,使得所述沟槽宽度与所述沟槽之间的宽度之和小于所述沟槽的深度,以产生一系列半导体带;

[0020] 将所述带互相分离;以及

[0021] 确定所述带的方向,以露出其事先与原始晶片表面成直角的表面,从而形成新平坦表面。

[0022] 在本发明第一至第三实施例方法的一种形式中,利用激光在晶片上成型沟槽。留下晶片外围周围的区域不进行切割,以形成边框,因此所获得的所有带保持在该边框内。这样就可以在成型沟槽之后处理晶片,同时对各带做进一步处理。可以在进一步处理过程中的任何方便阶段,将带与边框分离。

[0023] 在本发明第一至第三实施例方法的另一种形式中,利用切割锯在晶片上成型沟槽。留下晶片外围周围的区域不进行切割,以形成边框,因此所获得的所有带保持在该边框内。这样就可以在成型沟槽之后处理晶片,同时对各带做进一步处理。可以在进一步处理过程中的任何方便阶段,将带与边框分离。

[0024] 在本发明第一至第三实施例方法的又一种形式中,利用湿式各向异性蚀刻的(110)取向晶片成型所述沟槽。留下晶片外围周围的区域不进行蚀刻,以形成边框,因此所获得的所有带保持在该边框内。这样就可以在成型沟槽之后处理晶片,同时对各带做进一步处理。可以在进一步处理过程中的任何方便阶段,将带与边框分离。

[0025] 在本发明第一至第三实施例方法的又一种形式中,可以利用光电化学蚀刻法通过半导体晶片产生一系列对准的穿孔,然后,可以利用化学蚀刻法沿穿孔确定的路线蚀刻通过各穿孔之间残余的半导体,从而通过晶片形成窄沟槽。

[0026] 在本发明第一至第三实施例方法的又一种形式中,在所述半导体晶片之上或之内至少成型一个互连部分,该互连部分将各相邻带互相连接在一起,以使各带之间保持较恒定的间隙。通常,在本发明方法的该形式中,存在多个互连带。便于沿带的长度方向以规则

间隔开各互连带。包括这种互连部分使得可以以可靠、可重复方式执行诸如扩散和氧化的处理步骤,因此可以预测沟槽各侧下面的扩散轮廓和氧化厚度。互连部分适于取至少部分通过一个或者两个主表面成型的、半导体材料的一个或者多个带的形式,它垂直于或者倾斜于,而且通常大致垂直于多个沟槽确定的带。

[0027] 在此描述的方法同样适用于整个半导体晶片或者晶片的各部分。因此,本说明书中使用的单词晶片是指整个晶片或其各部分。

[0028] 在本发明第二和第三实施例的方法中,通常,通过晶片的全部厚度成型沟槽,但是不必如此。如果通过晶片厚度成型沟槽,则可以利用一个步骤或者一个以上步骤成型它们。例如,可以部分通过晶片成型多个沟槽,可以选择进行进一步处理,例如对这样成型的各带表面进行掺杂,然后,通过切割或者蚀刻晶片的剩余厚度,完成多个沟槽。因此,通常,在通过晶片的整个厚度完成成型沟槽时,执行将各带互相分离的步骤。作为一种选择,如上所述,如果留下晶片外围周围的边框不进行切割,则在从边框切下各带时,执行将各带互相分离的步骤。作为另一种可能性,如上所述,在利用互连部分连接各相邻带时,在互连部分被去除或者发生断裂时,执行将各带互相分离的步骤。作为又一种可能性(尽管不是优选的),如果仅部分通过晶片成型各带之间的沟槽,而该沟槽底部的剩余晶片部分非常薄,则通过断开各带,使各带互相分离。

[0029] 最好在带被支持在边框内时,执行将带处理为太阳能电池的大多数处理过程,边框由围绕晶片外围的未切割区域构成。进行处理之后,从边框上切下各带,然后,并排、平坦放置它们。最好利用激光或切割锯,将各带与边框分离。

[0030] 有利的是,利用包括根据本发明方法的处理过程制造的太阳能电池可以在相邻电池之间具有间隙情况下排列,而且可以与集光器一起使用以增加太阳能电池的有效面积。

[0031] 有利的是,所述太阳能电池可以与反光镜一起使用,以通过照射每个太阳能电池带的两面,使用所制造的电池。

[0032] 在本发明方法的某些形式中,例如,在利用化学蚀刻法成型该各带分离的沟槽时,新露出的半导体材料表面是抛光面。该表面通常是反射面,而且,显然,对于太阳能电池,反射面是不希望的。尽管一些技术可以用于纹理化抛光的半导体表面,但是它们不适于与本发明的第一至第三实施例的方法很好地结合在一起使用。因此,需要一种用于降低半导体表面反射率的方法。

[0033] 本发明的另一个方面是提供这样一种方法。

[0034] 因此,根据本发明的第四实施例,提供了一种用于降低半导体材料的反射率的方法,该方法包括:

[0035] 在所述表面上施加一层保护物质,其中所述层具有通过其的多个孔;

[0036] 使所述层和所述半导体材料接触蚀刻剂,该蚀刻剂蚀刻所述半导体材料的速度比蚀刻所述保护物质的速度快,在所述孔周围的所述蚀刻剂蚀刻所述半导体材料,但是基本上不蚀刻所述保护物质的条件下,所述蚀刻剂至少通过所述孔与所述半导体材料接触一段时间。

[0037] 在该实施例的方法中,“基本上不蚀刻”意味着,蚀刻在这样的条件下进行,即蚀刻保护物质上的所述孔周围的半导体材料,但是在蚀刻结束时,有足够的保护物质保留在半导体材料的表面上,从而防止孔周围之外的半导体材料被蚀刻。

[0038] 在第四实施例的方法中,半导体材料通常是硅,而保护物质是氮化硅。蚀刻剂是氢氟酸和硝酸的混合物,例如按体积计算 1 : 50 混合,按重量计算 49% 的 HF 溶液和 70% 的硝酸溶液混合液。在半导体材料是硅时,它可以是单晶硅、微晶硅、多晶硅。

[0039] 第四实施例的方法通常进一步包括,在蚀刻步骤之后,有效去除表面上的保护物质以在表面上产生多个蚀刻坑的步骤。通过施加其蚀刻保护物质的速度比蚀刻半导体材料的速度快得多的蚀刻剂,可以去除保护物质。例如,在半导体材料是硅而且保护物质是氮化硅时,利用活性离子蚀刻法或者通过在高温下,通常约为 180℃,接触磷酸,可以去除保护物质。

[0040] 保护物质层通常只有几层原子厚,而且利用诸如化学汽相沉积法或低压化学汽相沉积法的已知方法,可以成型该保护物质层。施加保护物质的其他可能技术包括:喷射热解、蒸发以及溅射。因此,保护物质层通常约为 2nm 厚,而且在利用低压化学汽相沉积方法成型为该厚度时,该保护物质层是不完全层,即,它含有许多孔,通过这些孔,可以蚀刻保护层下面的半导体材料。在半导体材料是硅而保护物质层是约 2nm 厚的氮化硅层时,则如上所述,通过在正常室温下,接触 1 : 50(v/v)HF/ 硝酸混合液几分钟时间,通常为 2-3 分钟,可以实现蚀刻半导体的步骤。

附图说明

[0041] 以下将参考附图,仅作为例子说明本发明的实施例,以下是附图的简要说明:

[0042] 图 1 是示出根据本发明优选实施例成型沟槽后的硅晶片的俯视图(图 1(a))和剖视图(图 1(b))的示意图;

[0043] 图 2 中的图 2(a) 示出根据本发明的另一个实施例成型大孔的硅晶片的俯视图和剖视图;图 2(b) 示出通过将各大孔连接在一起成型槽后,图 2(a) 所示硅晶片的俯视图;

[0044] 图 3 是示出根据优选实施例成型沟槽和互连带后,硅晶片的俯视图(图 3(a))和剖视图(图 3(b))的示意图;

[0045] 图 4 是示出根据优选实施例成型浅槽后,硅晶片的顶视图(图 4(a))和剖视图(图 4(b))的示意图;

[0046] 图 5 是示出根据优选实施例在在图 4 所示晶片上成型沟槽获得的结构的俯视图的示意图;

[0047] 图 6 中的图 6(a) 是在其上已经成型多个浅槽的硅晶片的示意剖视图,图 6(b) 是垂直于图 6(a) 所示剖视图的、进行蚀刻之后的同一个结构的示意剖视图;

[0048] 图 7 是图 6(b) 所示结构的俯视图;

[0049] 图 8 中的图 8(a) 和 8(b) 是在在晶片上成型沟槽前、后(110)取向的硅晶片的示意剖视图,图 8(c) 是图 8(b) 示出的剖视图所示结构的示意俯视图;

[0050] 图 9 是示出根据优选实施例,利用激光将硅带与其边框分离的方法的示意图;

[0051] 图 10 是示出根据本发明制备的并被制成太阳能电池的硅带的剖视图的示意图;

[0052] 图 11 是示出根据本发明制备的并被制成另一种太阳能电池的带的剖视图的示意图;

[0053] 图 12 中的图 12(a)、12(b) 和 12(c) 是示出根据优选实施例成型硅带期间,硅晶片的正面和背面的剖视图的系列示意图;

[0054] 图 13 中的图 13(a) 至 13(d) 是示出可以根据本发明的方法制备的硅带电互连在一起的各种方式的示意图；

[0055] 图 14 是示出安装在适当衬底上并位于集光器附近以便将太阳光集中到其上的硅带的剖视图的示意图；

[0056] 图 15 是示出安装在适当衬底上并位于另一个集光器附近以便将太阳光集中到其上的硅带的剖视图的示意图；

[0057] 图 16 是示出安装在适当衬底上并位于另一个集光器附近以便将太阳光集中到其上的硅带的剖视图的示意图；

[0058] 图 17 是在在此所述进行表面纹理化后，硅带的示意图。

具体实施方式

[0059] 在以下对附图所做的说明中，利用类似的编号表示类似项目。显然，附图不是按比例示出的，而且仅是示意图。例如，为了更加简洁，附图未必示出利用所描述的方法成型在半导体材料上的所有沟槽、带、互连部分等。

[0060] 参考图 1(a)，利用标准的晶体生长技术和晶片化技术成型至少 0.5mm 厚而且通常约为 1mm 厚的硅晶片 3。晶片 3 最好是单晶体，但是也可以采用多晶体晶片。在晶片 3 上成型一系列平行沟道或沟槽 2，沟槽通常为 0.05mm 宽，而各沟槽之间的间距通常为 0.1mm，形成约 0.05mm 宽的细平行硅带 1。因为沟槽 2 不是完全延伸到晶片 3 的边缘，所以未切割硅的边框 5 使硅带 1 保持在原处。边框 5 在每侧通常有 5mm 宽。

[0061] 通过利用具有窄锯条的切割锯切割晶片，成型沟槽 2。作为一种选择，可利用激光烧蚀方法成型沟槽 2。例如，可以利用以 1046nm 基本波长或倍频 (523nm) 工作的 Resonetics Nd:YLF Q- 开关激光器切割晶片 3。还可以采用其他系统，例如，第 5,773,791 号美国专利公开的喷射水引导激光切割系统。作为另一种可能方法，在本技术领域内众所周知，可以利用诸如氢氧化钾 (KOH) 的湿各向异性 (anisotropic) 蚀刻剂成型沟槽 2。在这种情况下，必须使用取向 (110) 的多晶体硅晶片。首先，在晶片 3 的两侧沉积或者生长诸如二氧化硅或氮化硅的适当蚀刻掩膜。光刻法用于打开位于晶片 3 的一个表面上的蚀刻掩膜上的窄硅带，各硅带通常为 0.005mm 宽，间距为 0.1mm，而且取向沿 [1-1-2] 方向。现在，将晶片 3 浸入蚀刻溶液中。如果在室温或者室温以上进行蚀刻，一种适当溶液是 44% w/v KOH 的水溶液。

[0062] 可以仅在晶片 3 的任何一侧，或者在晶片 3 的两侧实现以上说明的任何一种方法，允许使用厚晶片。例如，在使用可以烧蚀 0.5mm 的硅的激光时，在 1mm 厚晶片的正面成型第一组沟槽。然后，将该晶片翻面，对准第一组沟槽成型第二组沟槽。作为一种选择，利用在样品上、下对准的激光束，同时成型这两组沟槽。

[0063] 如果利用切割锯或者激光成型沟槽，则可以使多个锯条或者多个激光束在衬底上同时切割沟槽以提高处理速度。例如，如果在 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 的硅晶片上成型间距为 0.1mm 的沟槽，则需要 1 千个切口。如果排列 20 个激光束以 5mm 的间距照射样品表面，则要求每个激光束仅进行 50 次切割。

[0064] 在图 1(b) 中示出放大的、沿 A-A 通过晶片 3 的垂直剖视图，在该剖视图中示出带 1 和间隔 2。

[0065] 图 2(a) 和 2(b) 示出利用光电化学蚀刻方法在衬底上成型沟槽的另一种方法。Lehmann(Journal of the Electrochemical Society, Vol.140, No. 10, (1993)p. 2836) 对光电化学蚀刻方法进行了描述。如图 2(a) 所示,采用 (100) 取向的 n 型硅晶片 3。利用光刻技术或 KOH 蚀刻方法,对晶片 3 设置凹槽 26 阵列。各凹槽 26 沿行排列,各凹槽 26 之间的间隔通常为 5-10 微米,而各行凹槽 26 之间的间隔通常为 50 微米。然后,将晶片 3 浸入适当蚀刻剂中,例如 10% 溶液氢氟酸。光照 65 照射晶片 3 的背面,并对晶片 3 施加正偏压。在晶片周围的溶液中设置反向电极 28。在这种情况下,成型大孔 27 阵列,大孔 27 在硅晶片 3 内延伸。继续进行蚀刻直到大孔 27 完全通过晶片 3 延伸。

[0066] 然后,将成型了大孔 27 阵列的硅晶片 3 浸入诸如氢氧化钾溶液的硅蚀刻剂内。这样可以扩大大孔 27。如图 2(b) 所示,如果继续进行蚀刻,则大孔 27 连接在一起形成通过晶片 3 延伸的沟槽 2。这种技术可以产生宽度小于 10 微米的非常窄的沟槽 2。

[0067] 在第一至第三实施例的又一种成型方法中,通过晶片的沟槽通过整个晶片在其大部分长度上延伸,而且沿不深的沟槽具有规则间隔,因此某个衬底保留在槽的底部,从而形成一系列连接带。图 3(a) 和 3(b) 示出这种情况。图 3(a) 是从晶片的下侧观看的、示出从边框 5 的两个相对侧开始,在晶片 3 上延伸的连接带 4,而且沟槽 2 通过晶片 3 在其大部分长度上延伸。图 3(b) 是通过图 3(a) 中的线 B-B 的垂直剖视图。可以利用激光烧蚀方法制造图 3(a) 和 3(b) 所示的结构。在进一步处理过程中,连接带 4 限制了硅带 1 的弯曲量,从而限制了沟槽宽度的变化。这样可以保证可靠处理带 1 的侧壁,如下所述。连接带 4 通常为 0.1mm 宽,0.05mm 高,间隔 10mm。

[0068] 在第一和第三实施例的又一种成型方法中,如图 4(a)、4(b) 以及 5 所示,利用适当技术,例如湿式化学蚀刻方法、等离子蚀刻法或采用具有宽锯条的切割锯工具的机械磨削方法,在硅晶片 3 上形成刻槽 (trench) 7。以这样的方式成型刻槽 7 会产生一系列具有规则间隔的连接带 4。刻槽 7 通常为 0.05mm 深,因此这样成型的连接带 4 的宽度通常为 0.1mm,而且间隔开 10mm。

[0069] 然后,利用切割锯或 KOH 蚀刻法,在成型刻槽 7 的晶片 3 的表面的对面成型沟槽 2,如图 5 所示。沟槽 2 延伸通过晶片 3 上成型刻槽 7 的区域,但是不延伸通过连接带 4 的区域。与上述参考图 3(a) 和 3(b) 说明的方法相同,连接带 4 限制了硅带 1 的弯曲量,而且限制了位于硅带 1 之间的沟槽 2 的宽度。还可以通过首先成型几乎整个通过晶片延伸的沟槽,然后在晶片的另一侧成型刻槽,颠倒成型沟槽和刻槽的步骤顺序。

[0070] 图 6(a)、6(b) 和 7 示出根据本发明又一种成型方法。

[0071] 图 6(a) 示出利用适当技术,例如利用切割锯或激光在其上已经成型一系列浅槽 30 的硅晶片 3 的剖视图。浅槽 30 通常为 20 微米深、50 微米宽而且间隔开 10mm。然后,对该表面涂覆诸如二氧化硅层或氮化硅层的适当蚀刻掩膜 34。然后,如上所述,利用光刻法或 KOH 蚀刻法,在晶片 3 上蚀刻沟槽 2。在晶片 3 的含有浅槽 30 的表面的对面上蚀刻沟槽 2。浅槽 30 垂直于沟槽 2。这样,在完成蚀刻过程后,可以使留有连接硅带 4,如图 6(b) 所示,图 6(b) 是垂直于图 6(a) 所示剖视图、通过一个沟槽 2 的剖视图。连接带 4 限制了硅带 1 的弯曲量,并从而限制了沟槽宽度的变化。图 6(b) 示出完成蚀刻之后的得到的结构的剖视图。图 7 是在从含有浅槽 30 的晶片 3 的侧面观看时的得到的结构的俯视图。它示出通过蚀刻晶片 3 获得的硅带 1 和沟槽 2。连接带 4 (仅示出部分) 以规则间隔隔开,连接带 4

限制了硅带 1 的弯曲量。

[0072] 图 8(a) 至 8(c) 示出本发明第一至第三实施例的又一种成型方法。

[0073] 图 8(a) 示出部分 (110) 取向的硅晶片 3 的剖视图。对晶片的两个表面涂覆蚀刻掩膜 34。通常,蚀刻掩膜 34 由二氧化硅和氮化硅构成,每层的厚度通常为 50-100nm。在正面图形化蚀刻掩膜 34 以产生一系列细线形开口 38,通过这一系列细线形开口 38 露出硅晶片衬底 3。在背面,在沉积蚀刻掩膜 34 之前,成型厚度范围通常在 0.5 至 5 微米之间的厚氧化物 35。可以利用各种技术成型氧化物层 35,例如,利用热氧化方法、化学汽相沉积方法或者在玻璃上旋涂。图形化该氧化物以产生一系列氧化物带(未示出),该氧化物带的取向与上表面上的蚀刻掩膜 34 上的开口 38 成直角。

[0074] 图 8(b) 示出在 KOH 内进行蚀刻后,图 8(a) 所示结构的剖视图。沟槽 2 被蚀刻,从而产生一系列硅带 1。通过位于上蚀刻掩膜 34 上的线形开口 38,在晶片 3 的上表面上蚀刻沟槽 2。因为位于下蚀刻掩膜 34 下面的氧化物 35 较厚,而且因为利用 KOH 蚀刻溶液仅以非常慢的速度蚀刻氧化物 35,所以在蚀刻过程结束时,仍留有氧化物 35,从而在硅带 1 之间产生一系列连接带。连接硅带限制了硅带 1 的弯曲量,并从而限制了沟槽宽度的变化。

[0075] 图 8(c) 示出图 8(b) 中的剖视图所示结构、示出硅带 1 和沟槽 2 的俯视图。蚀刻掩膜 34 和其下面的氧化物 35 以规则隔离间隔产生连接带,该连接带限制了硅带 1 的弯曲量,从而限制了沟槽宽度的变化。

[0076] 成型上述结构后,可以对整个晶片进行处理以形成太阳能电池,如下所述。在处理晶片之后,而且在将硅带与支持边框分离前,如果存在连接带,则在需要时去除它。例如,这可以利用激光烧蚀方法实现。如果连接硅带如此之薄,以致于在将硅带与支持边框分离时将发生断裂,则不需要去除连接硅带。然后,利用诸如图 9 所示的排列,将硅带与支持边框分离并平坦放置硅带。如图 9 所示,边框 5 支持晶片 3,并沿垂直于沟槽 2 的方向 70 移动晶片 3。在晶片 1 的两端,两个固定激光束 8 烧蚀硅,从而将它们与边框 5 分离。定位晶片 3 下面的捕获带(catcher)6 以捕获分离的带 1,并将它们向下倾斜移动到适当衬底上。这种设备保证带 1 平坦放置,为进一步处理做好准备,而处理量最少。

[0077] 利用参考图 10 描述的如下步骤,在硅带 1 上制造太阳能电池。图 10 示出由在其一侧具有重硼扩散层 10、在其另一侧具有重磷扩散层 9 而在其另外两侧具有轻磷扩散层 11 的晶片,根据上述概括描述的方法获得的带 1。各侧涂覆氧化物层 12。在硅带 1 的每端沉积金属接点 13。可以利用如下方法制造带 1。

[0078] 起始晶片是电阻率约为 1 欧姆-cm 的 p 型晶片。在该晶片的一侧形成重磷扩散 9(通常每方 10 欧姆),然后,在另一侧形成重硼扩散 10(通常每方 20 欧姆)。在该晶片的两侧生长薄氧化物(约 50nm),之后,沉积薄 LPCVD 氮化硅层,从而在晶片的每一侧形成一层。然后,在晶片上成型沟槽,如上所述。如果使用切割锯或激光,则在室温下,在诸如 20% KOH 的适当溶液中蚀刻该沟槽,以清洗带的侧壁并去除任何残余损伤。可以利用适当纹理化技术纹理化(texture)侧壁。在暴露在掺杂物下的晶片的两侧形成约每方 200 欧姆的轻磷扩散 11,因此该侧壁被全部 n 掺杂。之后,在露出的侧壁上生长约 200nm 厚的氧化物 12。接着,利用活性离子蚀刻方法或诸如约 180℃ 的热磷酸的其他适当氮化物蚀刻剂,除去晶片正面和背面的氮化物层。然后,在氢氟酸溶液中,去除氮化物下面的薄氧化物。由于覆盖轻磷扩散的氧化物 12 比氮化物下面的氧化物厚得多,所以该蚀刻方法未去除它。现在,以

这样的方式在晶片的两侧沉积金属 13, 以使侧壁下面沉积的金属最少。例如, 这可以利用真空蒸发方法实现。

[0079] 在参考图 11 描述的、制造太阳能电池的另一种方法中, 将磷 9 和硼 10 分别扩散到 (110) 取向晶片的正面和背面, 然后, 如上所述, 在晶片的两个表面沉积二氧化硅层和氮化硅层。利用激光烧蚀方法或者利用光刻法 / 蚀刻方法, 沿 [1-1-2] 方向延伸的带在上氧化物层和氮化物层断开。然后, 将晶片放置到 KOH 溶液中, 直到在背面蚀刻出通常在 50 微米范围内的浅槽。然后, 在浅槽内形成通常为每方 200 欧姆的轻磷扩散 11, 并生长通常为 150nm 厚的氧化物 12。然后, 在背面的氧化物层和氮化物层上, 断开与浅槽对准的带, 如上所述。将晶片重新浸入 KOH 溶液, 直到在晶片背面蚀刻的新浅槽与在正面蚀刻的浅槽连接在一起, 从而产生整个通过晶片延伸的沟槽。然后, 生长薄氧化物 12, 以钝化还未被氧化物覆盖的部分侧壁。然后, 去除位于正面和背面上的氮化物层和氧化物层, 并在正面和背面沉积金属接点 13。图 11 示出所得到的电池结构。

[0080] 如下所述, 仅利用一个光刻步骤, 就可以实现这种电池结构。在正面和背面沉积氧化物和氮化物后, 对两面涂覆光致抗蚀剂, 并利用光刻法, 在两个抗蚀剂层上形成对准的带图形。通过设置同时曝光两个对准的掩膜 (一个掩膜在晶片的上面, 另一个掩膜在晶片的下面), 这可以由一个曝光步骤实现。显影光致抗蚀剂后, 将晶片浸入 HF 缓冲溶液中, 蚀刻氮化硅和二氧化硅, 但是速度更慢。如图 12(a) 示出的分别位于正面 40 和背面 50 上的氧化物层 12A 和 12B、氮化物层 29A 和 29B 的示意图所示 (未示出光致抗蚀剂层), 在约一半厚度的氮化物层被蚀刻时, 从蚀刻溶液中取出晶片。然后, 例如, 通过沉积另一层光致抗蚀剂层, 防止背面 50 被进一步蚀刻。重新将晶片浸入蚀刻溶液中, 直到硅带上的氮化物层 29A 和氧化物层 12A 被完全去除, 如图 12(b) 所示, 然后, 进行 KOH 蚀刻以在正面 40 上形成浅槽。为了在背面 50 上对带形成掩膜, 将晶片浸入热磷酸中以去除位于部分蚀刻的刻槽内的剩余氮化物, 如图 12(c) 所示。将晶片浸入 HF 溶液中以去除残余在背面 50 上的带上的氧化物 12B。这样不显著影响氮化物层, 因为氮化物的蚀刻速度比氧化物的蚀刻速度慢得多。然后, 可以将晶片浸入 KOH 溶液中, 以在硅晶片的背面 50 上蚀刻浅槽。如上所述, 在正面硅蚀刻前沿与背面硅蚀刻前沿接合后, 成型带。

[0081] 一旦对晶片进行了处理, 而且已经使各带互相分离, 则将带平坦放置在适当衬底上。在采用静态集光时, 在各电池之间具有间隙情况下, 或者在电池之间没有间隙情况下, 将各电池串联或并联在一起。

[0082] 图 13(a) 示出在各电池之间没有间隙情况下, 实现串联的方式。各电池 20 排列在衬底 21 上, 使得一个电池的 p 极性接点 32 非常接近相邻电池的 n 极性接点 33。然后, 将一个电池的 p 极性接点电连接到相邻电池的 n 极性接点。

[0083] 图 13(b) 示出在各电池之间具有间隙情况下, 实现串联的方式。电池 20 排列在衬底 21 上, 如图所示。成型导线线路 (track) 16, 以使一个电池的 p 极性接点 32 电连接到相邻电池的 n 极性接点 33。

[0084] 图 13(c) 示出在各电池之间具有间隙情况下, 实现并联的方式。电池 20 排列在衬底 21 上。成型导线线路 16, 以便在电池的一端, 将所有 p 极性接点 32 电连接到一起, 而在电池的另一端, 将所有 n 极性接点 33 电连接到一起。

[0085] 图 13(d) 示出在各电池之间没有间隙情况下, 实现并联的方式。电池 20 排列在衬

底 21 上。取向每个另一个电池,以使其 p 接点 32 的顺序与 n 接点 33 的顺序相反。成型导线线路 16,以便在电池的一端,将所有 p 极性接点电连接到一起,而在电池的另一端,将所有 n 极性接点电连接到一起。

[0086] 在图 13(b) 至 (d) 所示的排列以及许多其他可能的排列均要求在在其上安装了电池的衬底上成型导线线路。可以在将各电池设置在该衬底上之前或之后,成型该导线线路。如果在将各电池设置在衬底上之前成型导线线路,则可以利用许多众所周知的技术中的任何一种技术,例如丝网印刷、金属蒸发或溅射技术成型导线线路。一种可能的方法是将焊膏丝网印刷到衬底上以形成要求的导线线路。然后,将电池设置到衬底上,并将衬底加热到使焊膏软熔,对电池产生电接点或物理接点。如果在设置细条电池之后成型导线线路,则在成型导线线路的同时,将电池电连接到该导线线路。可以采用任何数量的众所周知的方法和材料,包括导电粘合剂和导电油墨。

[0087] 在根据上述任何一种实施例制造并安装各电池后,将以适当形式封装电池供使用。

[0088] 因为每条带就是一个单独的电池,所以利用集光器,这样可以提高每个电池的有效面积。为了提高每个电池吸收的光量,不互相相邻设置各电池,而是互相隔开特定距离设置各电池。该间隔在每个电池宽度的 0 倍到 3 倍之间。电池为两面的优点是,它们对照射在两面上的太阳光的响应同样好。

[0089] 图 14 示出可能集光器结构的剖视图。利用适当光粘合剂,将电池 20 安装在玻璃覆盖层 (superstrate) 22 上。已经利用串联和并联的适当组合 (未示出),将电池 20 互相电连接到一起。施加诸如玻璃的适当透明衬底 21,利用诸如乙基乙酸乙烯酯 (EVA) 或硅树脂的填充物 (pottant) 23 填充电池 20 与衬底 21 之间的间隔。衬底 21 的背面是锯齿形的,并对其施加由诸如银的适当反射材料构成的反射器 (reflector) 24 从而形成背面反射器。该反射器结构不对准电池 20,而且不需要与电池 20 的间隔具有同样的间隔。反射器 24 的间隔最好远小于电池 20 的间隔。通过电池 20 之间的间隔的太阳光 60 将被背面反射器 24 反射,而且反射光 61 有另一次机会被电池吸收。此外,如果到达正面空气-玻璃界面 45 的光以大于临界角的角度照射界面 45,则它可能被反射回覆盖层 22,从而使得它又有一次机会被电池 20 吸收。

[0090] 图 15 示出另一个可能集光器结构的剖视图。利用适当的光粘合剂,将电池 20 安装在玻璃覆盖层 22 上。已经利用串联和并联的适当组合 (未示出),将电池 20 互相电连接到一起。施加诸如玻璃的适当透明衬底 21,利用诸如乙基乙酸乙烯酯 (EVA) 或硅树脂的填充物 23 填充电池 20 与衬底 21 之间的间隔。对背面施加诸如为适当白涂料的高反射朗伯 (漫射) 反射器 24。通过电池 20 之间的间隔的太阳光 60 将被背面反射器 24 反射,如图中 61 所示,而且有另一次机会被电池吸收。此外,如果到达正面空气-玻璃界面 45 的光以大于临界角的角度照射界面 45,则它可能被反射回覆盖层 22,从而使得它又有一次机会被电池 20 吸收。

[0091] 图 16 示出另一个可能集光器结构的剖视图。利用适当的光粘合剂,将电池 20 安装在玻璃覆盖层 22 上。已经利用串联和并联的适当组合 (未示出),将电池 20 互相电连接到一起。施加诸如丙烯酸的适当透明衬底 21,利用诸如乙基乙酸乙烯酯 (EVA) 或硅树脂的填充物 23 填充电池 20 与衬底 21 之间的间隔。利用诸如注模法的适当方法对衬底 21 的背

面进行成型,并对该衬底 21 施加适当的反射材料(例如银)。所获得的反射器 24 对准电池 20。以这样的方式设计、设置反射器 24,以使通过电池 20 之间间隔的大多数太阳光 60 反射到电池 20 上。

[0092] 为了将硅太阳能电池的效率提高到最高,重要的是,将硅吸收的、波长小于 1100nm 的光量提高到最大。有两种机制可以降低吸收的光量。光可以被硅表面反射,或者它可以进入硅内,而且可以在某个时间之后从硅内退出,而不被吸收。通过粗糙化或纹理化该硅表面,可以降低这两种损失机制。通过将光束照射硅表面的机率提高许多倍,减少反射损失,而且通过将光封闭在硅内,减少吸收损失。

[0093] 可以用于(100)取向的单晶硅的纹理化技术是在氢氧化钾(KOH)和异丙醇(IPA)的溶液中蚀刻硅。这样就产生了以方形底锥形覆盖的表面。然而,这种方法不能用于利用 KOH 蚀刻法成型硅带的情况,因为在这种情况下,硅带表面具有(111)结晶取向。当前正在开发几种与特定结晶取向无关的其他纹理化技术,例如,使用活性离子的蚀刻法(RIE)。然而,可以证明这些技术昂贵,或者会导致其他缺陷,例如在硅表面增加了载流子复合。此外,这些技术仅适用于纹理化平坦晶片,而不能应用于纹理化保持在晶片边框内的硅带,例如,作为本发明方法的一部分产生的硅带。

[0094] 图 17 示出纹理化后的硅带 1 的剖视图。以下是纹理化过程。利用低压化学汽相沉积(LPCVD)方法,在硅带衬底 1 上沉积薄氮化硅层 29。这种技术在衬底表面上形成均匀、共形的氮化硅层 29。重要的是,利用 LPCVD 还可以将氮化硅 29 沉积在窄沟道或沟槽下面和利用上述技术产生的硅带的侧壁上。仅沉积一层几层原子厚度数量级的非常薄的氮化硅层。该层足够薄,以致它含有一些通过其露出硅衬底的孔。在适当蚀刻剂中,例如在 1:50 的氢氟酸:硝酸溶液中蚀刻硅带 1。在室温下,该溶液蚀刻氮化硅的速度约比蚀刻硅的速度慢 3000 倍。因此,将在硅带 1 上形成蚀刻坑 31。几分钟之后,大部分表面将被其大小至多为几微米的蚀刻坑 31 覆盖。现在,终止蚀刻。通过改变氮化硅沉积参数、通过改变蚀刻时间和温度,可以对蚀刻过程进行控制,氮化硅沉积参数可以影响该层上的孔的密度。如果采用低蚀刻温度,则可以获得比蚀刻硅带 1 的蚀刻速度低的蚀刻速度。例如,在 0℃,蚀刻溶液蚀刻氮化硅 29 的速度比蚀刻硅的速度慢 6000 倍。还可以进行两次上述纹理化过程,以进一步提高纹理化特性。

[0095] 上述纹理化技术对于薄膜硅电池尤其具有优势,因为它在纹理化过程中仅消耗少量硅(每个纹理化表面约 2-3 微米)。该纹理化技术可以应用于任何晶粒大小的硅晶片或薄膜。

[0096] 在该文献中专门对在(110)硅晶片上蚀刻具有垂直侧壁的深槽的蚀刻法进行了说明。对于几百微米深的窄槽,通常认为难以保持均匀槽深和合理的蚀刻速度。其两个可能原因是,形成粘附在槽的侧壁上的氢气泡,氢气泡妨碍蚀刻该气泡周围的区域,以及不能将新鲜蚀刻剂送到槽的底部。在文献中,讨论了几种可以提高深槽的蚀刻速度和均匀性的方法,例如,使用超声波搅拌和搅动。然而,搅动溶液在深槽的蚀刻性能方面未产生显著改善,而超声波搅拌通常导致精细特征图形被破坏。

[0097] 我们现在说明用于蚀刻深窄槽的另一种技术。这种技术包括周期性地从溶液中取出晶片,然后将它重新插入溶液中。在典型处理过程中,在 85℃,利用 44wt% 的 KOH 溶液蚀刻 5 小时。将晶片放置 在使其保持适当位置(通常与水平约成 45° 角)的组件内。该组

件使晶片降低进入溶液中,并使其被浸泡 5 分钟。然后,将晶片升高到溶液之上,并使其保持在该位置 5 分钟。现在,通过再一次使晶片降低进入溶液中,重复该循环。

[0098] 以上描述的技术应用于其上具有其起始宽度为 10 微米的槽的硅晶片。5 小时的蚀刻获得约 10 微米的横向蚀刻,使得最终槽宽为 20 微米。已经发现,在 5 小时蚀刻结束时,深度变化小于 40 微米。最浅槽深和最深槽深分别为 340 μm 和 380 μm 。实验评估证明,所蚀刻的 60% 的槽的深度范围为 350–360 微米,所蚀刻的 15% 的槽的深度为 340 微米,而所蚀刻的剩余的 25% 的槽的深度范围为 370–380 微米。6 小时 30 分钟完全蚀刻 0.5mm 厚的硅片。

[0099] 例子

[0100] 例子 1– 制造太阳能电池

[0101] 如下所述,制造太阳能电池。直径为 100mm、厚度为 0.8mm、0.5 欧姆-cm 的掺硼浮区(float-zoned)晶片用作起始晶片。蚀刻该晶片以去除任何表面损伤。在该晶片的一侧(上侧)进行磷扩散,形成约 50 欧姆/平方的薄层电阻,然后,对其下侧进行硼扩散,达到约 50 欧姆/平方。在两面生长 100nm 厚的氧化物,然后,沉积 50nm 的氮化硅。利用切割锯在上侧切割晶片以产生硅带,切口在背面延伸不超过约 50 微米。然后,在氢氧化钾溶液中蚀刻该晶片以去除切割过程造成的任何损伤。在槽内进行磷扩散以达到约 100 欧姆/平方。在带的侧壁生长厚度为 200nm 的氧化物。然后,对准第一组切口,利用切割锯对晶片切割另一组具有足够深度的切口,以形成通过晶片的切口。再将该晶片浸入氢氧化钾溶液中以去除切口造成的任何损伤。在新露出的硅表面上生长 275nm 厚度的氧化物,从而将侧壁氧化物的厚度增加到 300nm。现在,在 165°C 下,利用磷酸去除晶片的正面和背面上的氮化硅层。然后,将晶片浸入含有 10% 氢氟酸的水溶液中,直到从晶片的正面和背面去除氧化物。在此阶段,在硅带的侧壁上仍存在约 180nm 厚度的氧化物。现在,金属化该晶片。在接点上电镀约 4 微米厚度的银。最后,利用切割锯,切下硅带。这样,就制成了厚度范围在不到 100 微米至 250 微米之间的硅带。

[0102] 如下所述,将 150 个硅带串联在一起。将各硅带对接在一起,并放置到适当电镀夹具上。通过沿硅带组件的一个边缘涂覆银涂料,使它们短接在一起。然后,对电池镀银。这样产生银沉积,从而在相邻带之间实现电、物理连接。进行电镀之后,利用切割锯将对其涂覆了银涂料的、所获得的电池的边缘切下。利用热活化粘合剂,将获得的电池安装在玻璃上。这样,就制成了 53cm² 的电池。该电池的效率为 13.4%、开路电压为 92V、电流为 10.3mA、占空因数为 73%。

[0103] 例子 2– 纹理化被抛光的硅表面以降低反射率

[0104] 利用低压化学汽相沉积方法,在 750°C 下,在 (111) 取向的抛光硅晶片上沉积约 2nm 厚的氮化硅。从晶片上切下样品,并在 0°C 下将该样品放入 1 : 50 的氢氟酸:硝酸溶液中蚀刻 150 秒。利用硅树脂,将该样品封装在 1mm 厚的低铁玻璃内,然后,利用具有积分球的分光光度计,测量其反射率。900nm 时,该样品的反射率为 11%,而被抛光的封装硅基准晶片的电阻率为 24%,对于同样波长,具有倒锥形纹理化的 (100) 取向硅样品的反射率为 8%。这些得到的表明,纹理处理在降低硅表面的反射率方面非常有效。该得到的还表明,在将光封闭在硅内方面,纹理可能非常有效。

[0105] 相对于现有技术的工业用硅太阳能电池处理技术,本发明方法所具有的优点

[0106] 与现有技术方法相比,对于单位长度的结晶材料,本发明方法提供更大的太阳能电池表面积。例如,下一代结晶硅(c-Si)太阳能电池约为0.2mm厚。切口损失约为0.25mm,因此每个晶片所消耗的结晶材料的总厚度约为0.45mm。根据本发明,如果以0.1mm的间距从1mm厚晶片上切割带,则对于1.25mm结晶材料的消耗,这样提供的有效表面积是起始晶片的表面积的10倍。因此,每个等效晶片面积消耗的结晶材料数量将为0.125mm,增益系数为3.6(即,0.45/0.125)。若包括围绕晶片外围的硅边框,可能少许降低该增益系数。但是,通过使太阳光集中照射在利用带制成的太阳能电池上,可以进一步扩大该面积增益系数。

[0107] 在本发明方法中,可以在带仍安装在晶片上的同时,进行制造太阳能电池的过程。对于所处理的每个晶片,利用上述方法,有效处理10倍于晶片的面积,因此降低了处理成本。通常,晶片的厚度应该大于每个带的厚度与所切掉的硅厚度之和,以获得平坦表面积的净增益系数。

[0108] 显然,利用本发明方法可以实现单片互连。这是所希望的,因为,这样使得该方法本身比传统电池互连方法更容易实现自动化生产。可以将各电池串联在一起,从而提供高电压、小电流装置,这同样是所希望的。

[0109] 本发明还可以实现非常简单而且非常高效的静态集光器设计,这种集光器设计可以使太阳光集中2倍或者更多倍。这意味着,在太阳能电池中,仅约一半或者更少的模块表面必须覆盖。利用本发明方法生产的太阳能电池为什么比现有技术的太阳能电池更适于静态集光器设计的原因主要有两个。

[0110] 第一个原因是,利用本发明方法生产的太阳能电池是两面的,即,它对照射在其两面上的太阳光的响应同样好。现有技术标准太阳能电池不是两面的,而且仅对照射在其一面上的太阳光产生响应。最有效的静态集光器设计需要两面的电池。

[0111] 第二个原因是,利用本发明方法生产的电池非常窄,通常为1mm数量级。静态集光器的高度与电池的宽度成正比。利用晶片制造的、现有技术标准太阳能电池通常为 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 或者更大,因此,用这种电池所制造的静态集光器庞大、笨重。

[0112] 对于本技术领域内的熟练技术人员来说,在本发明实质范围内,对在此参考附图描述的方法进行许多修改是显而易见的。

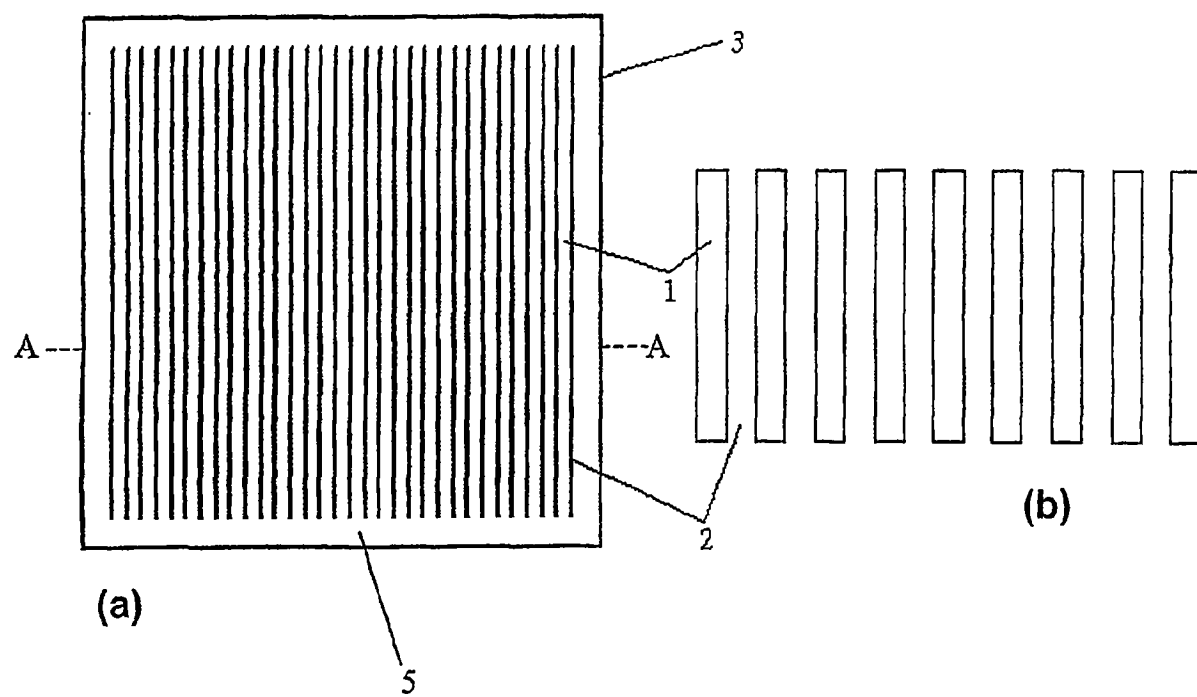


图 1

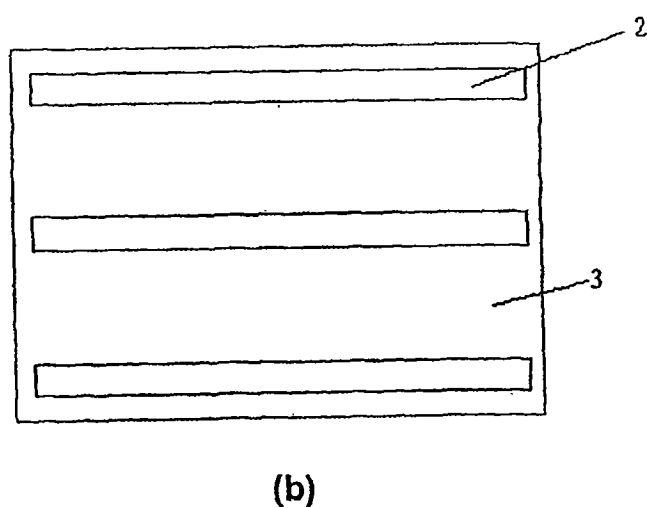
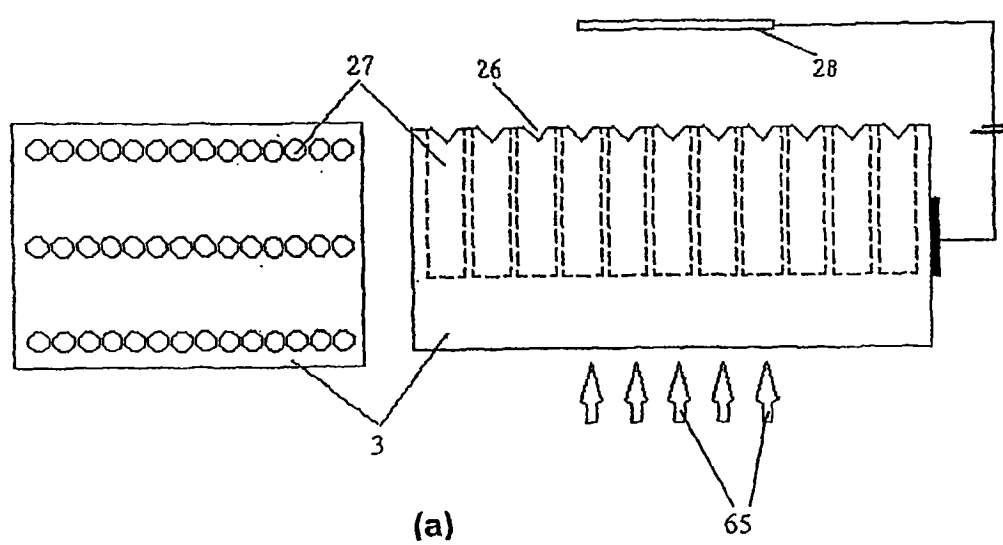
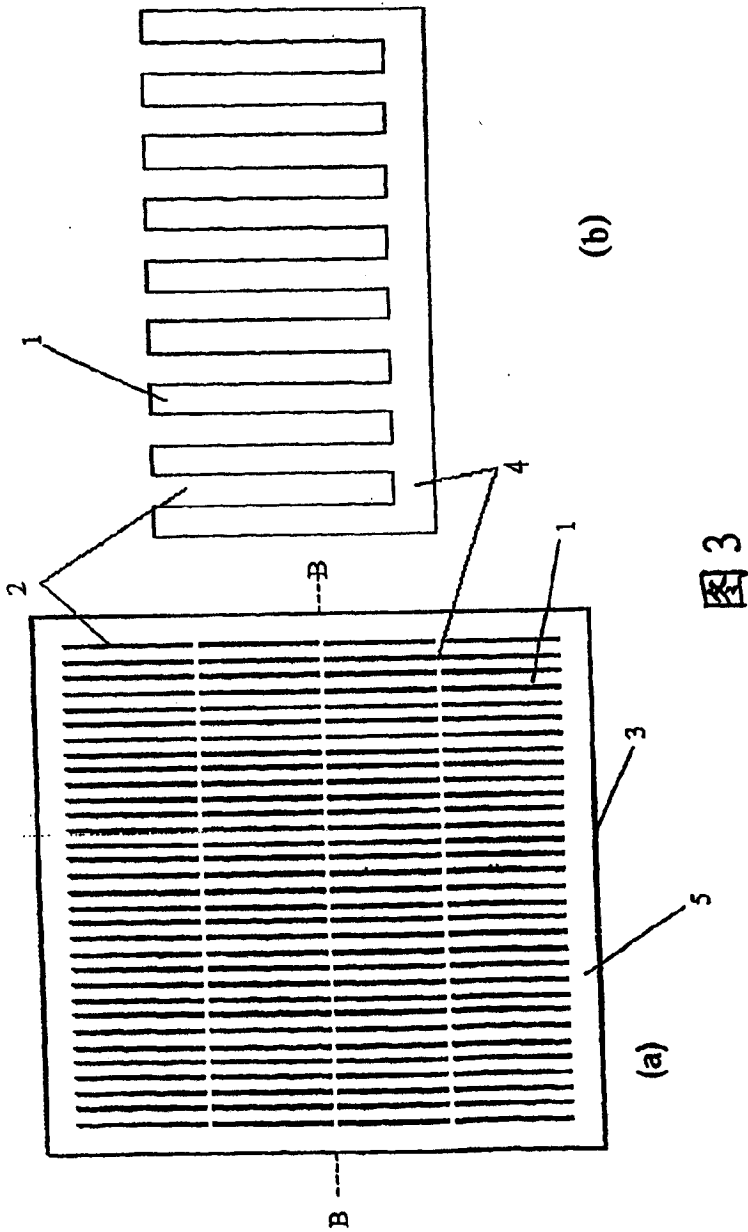


图 2



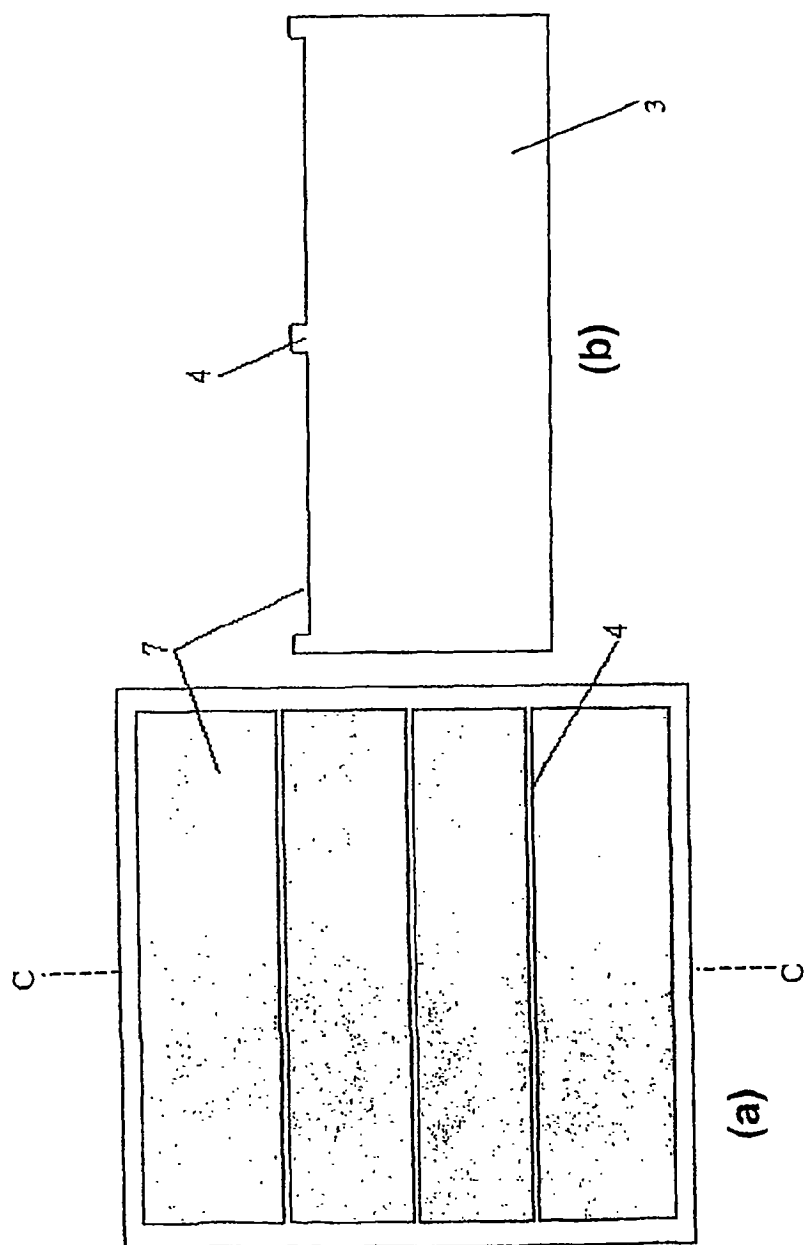


图4

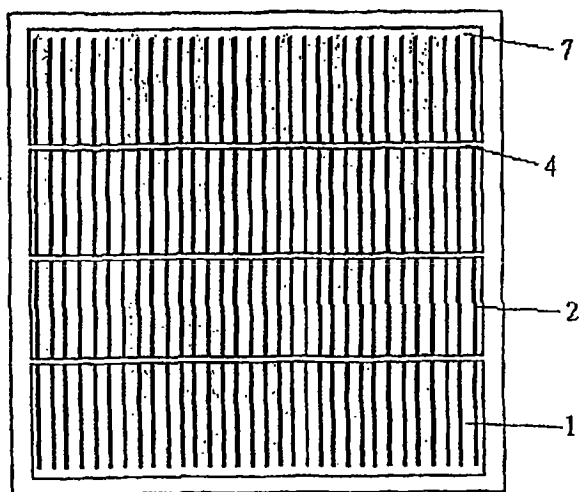


图 5

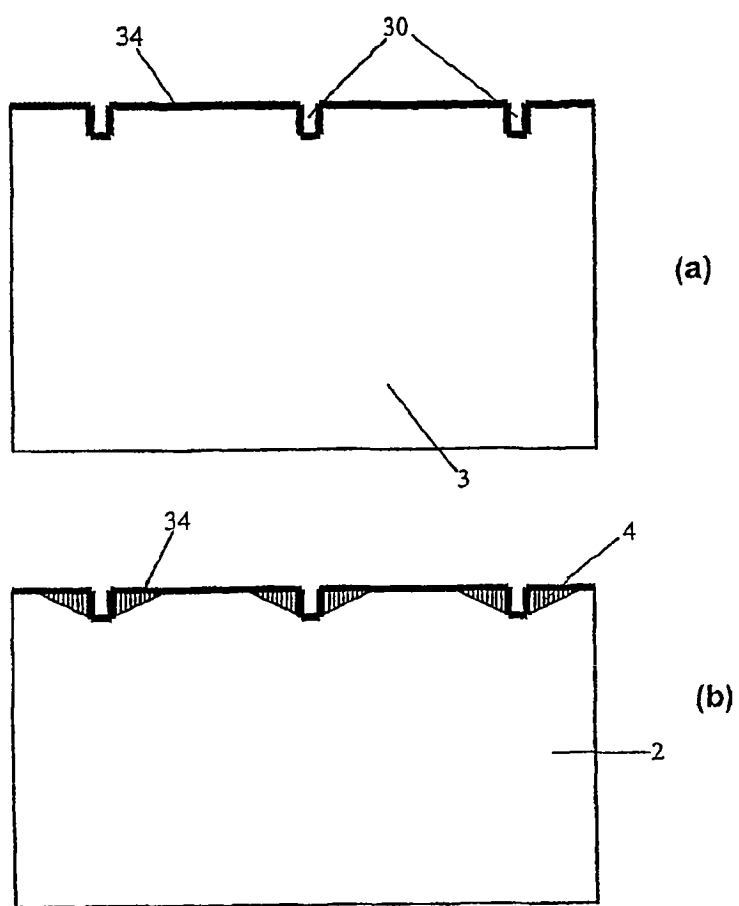


图 6

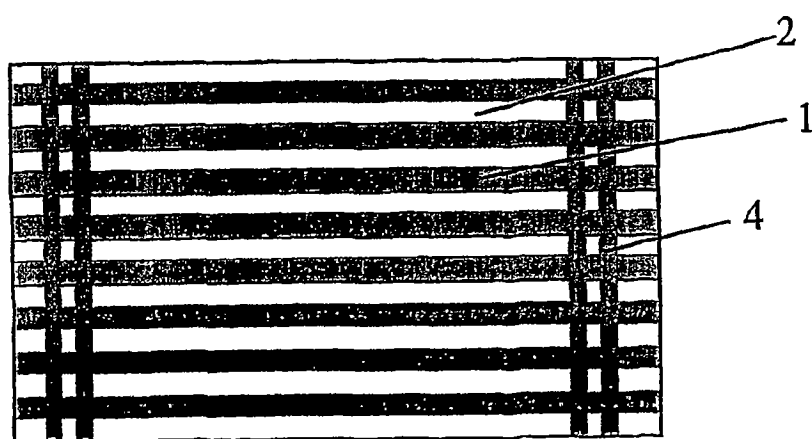


图 7

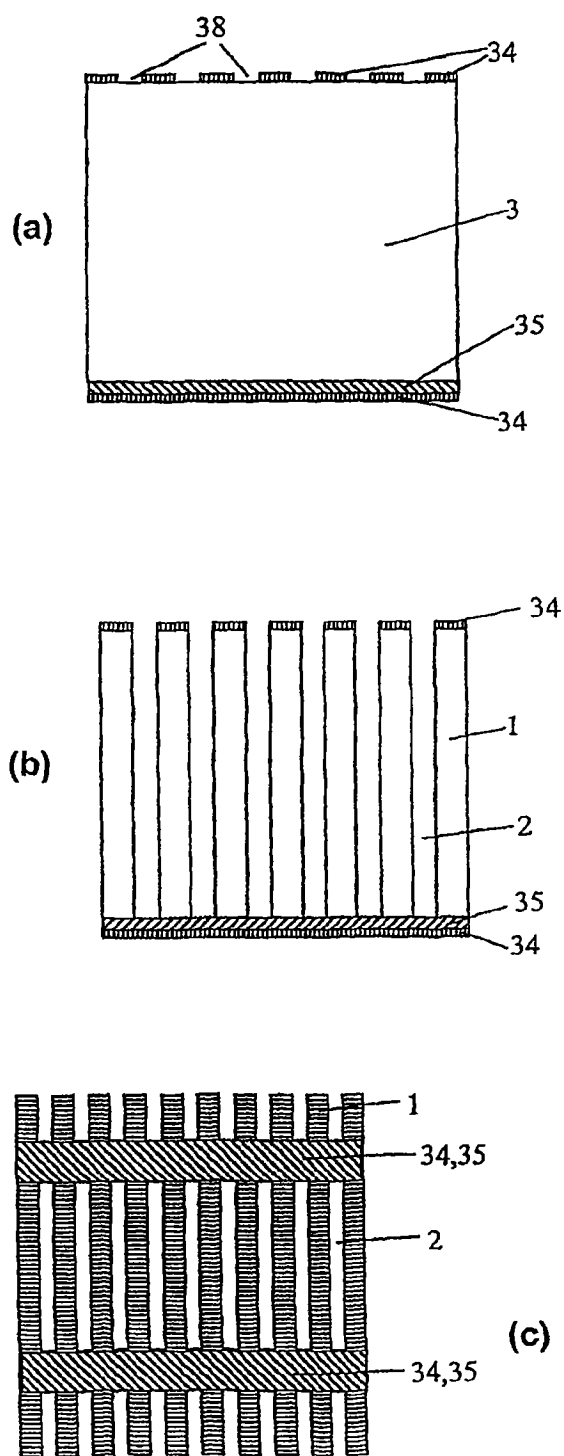


图 8

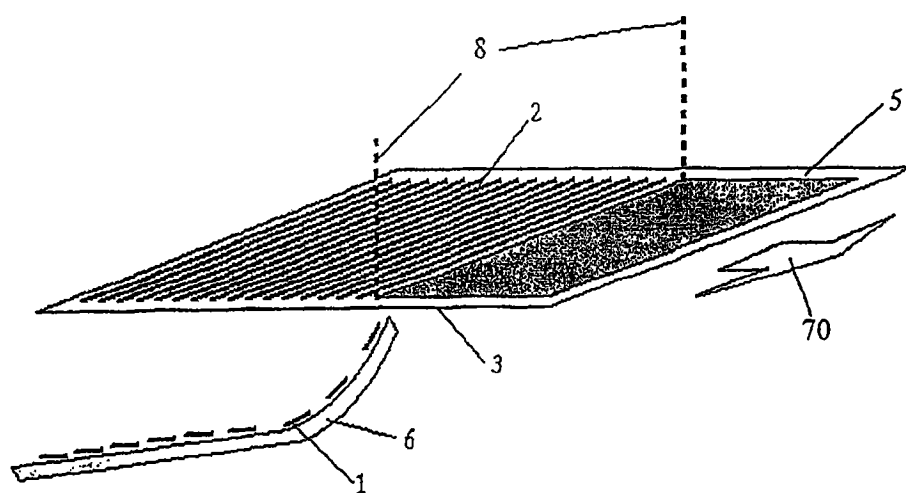


图9

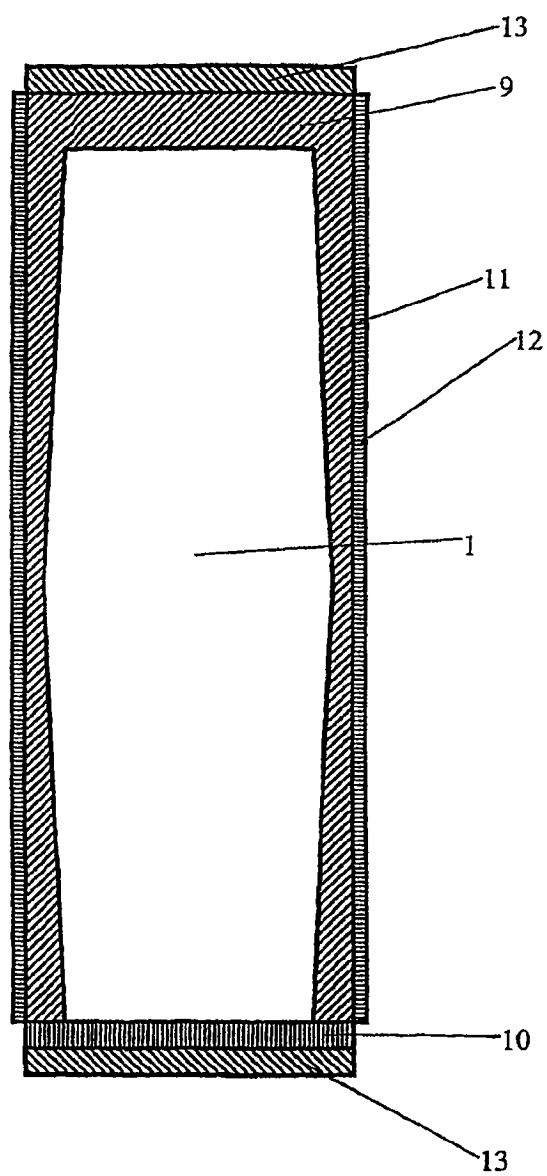


图 10

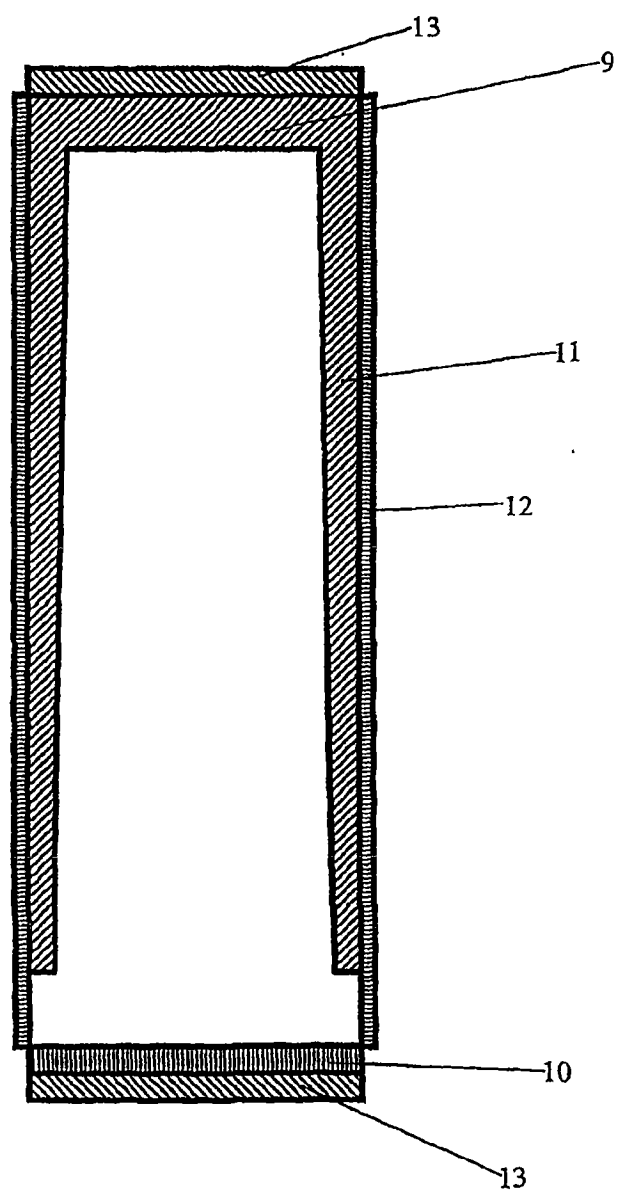


图 11

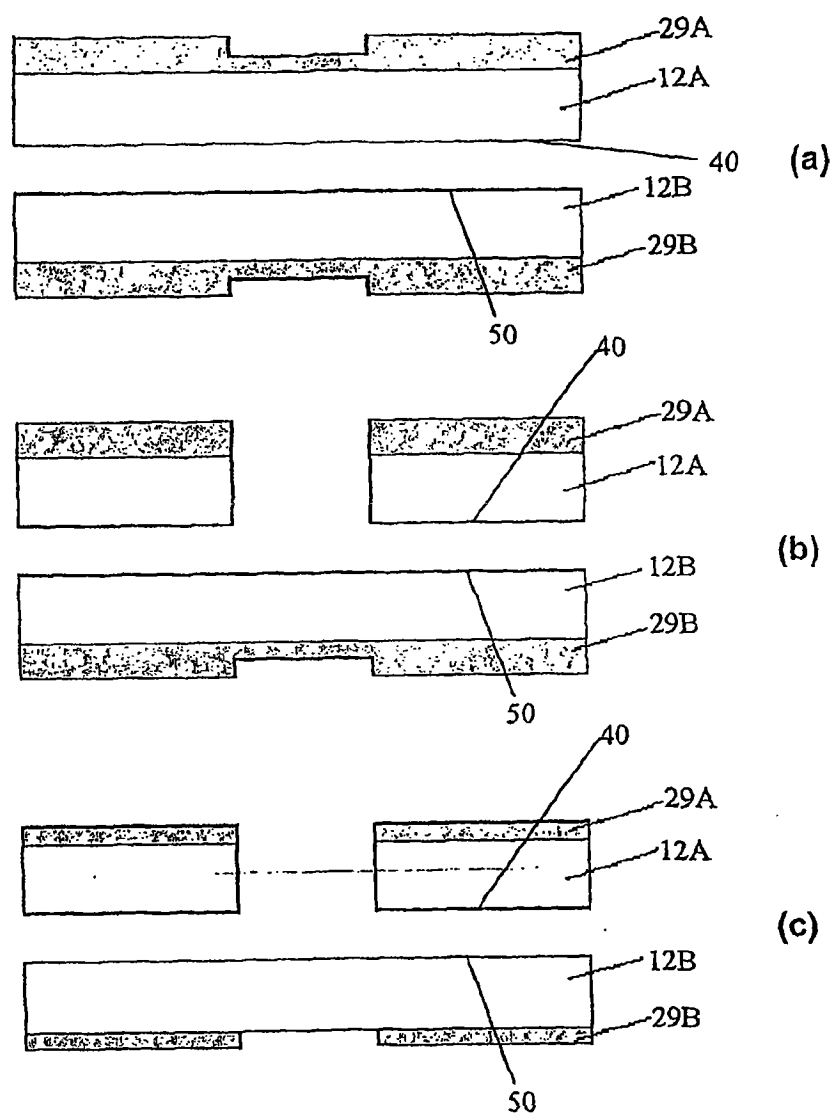


图 12

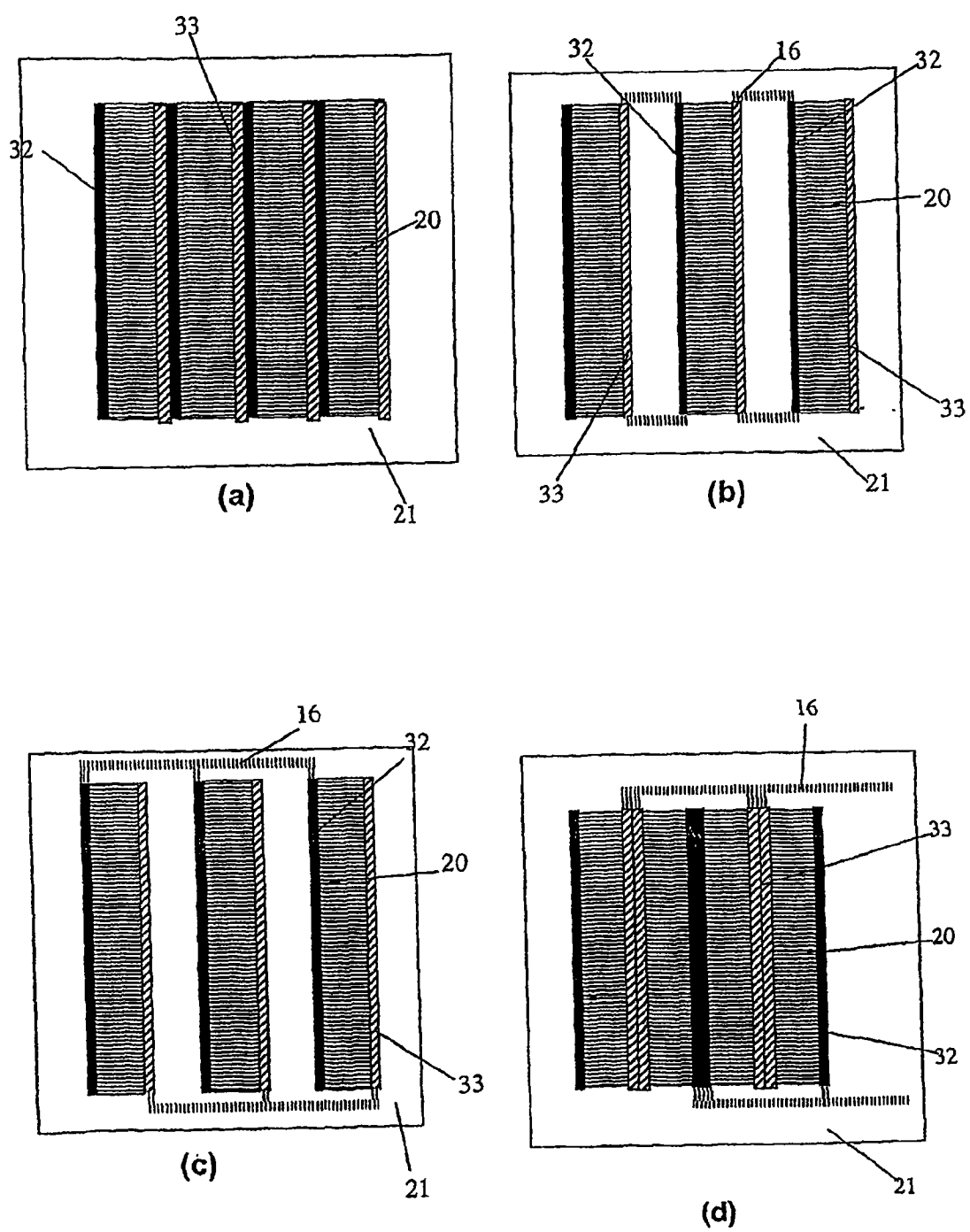


图 13

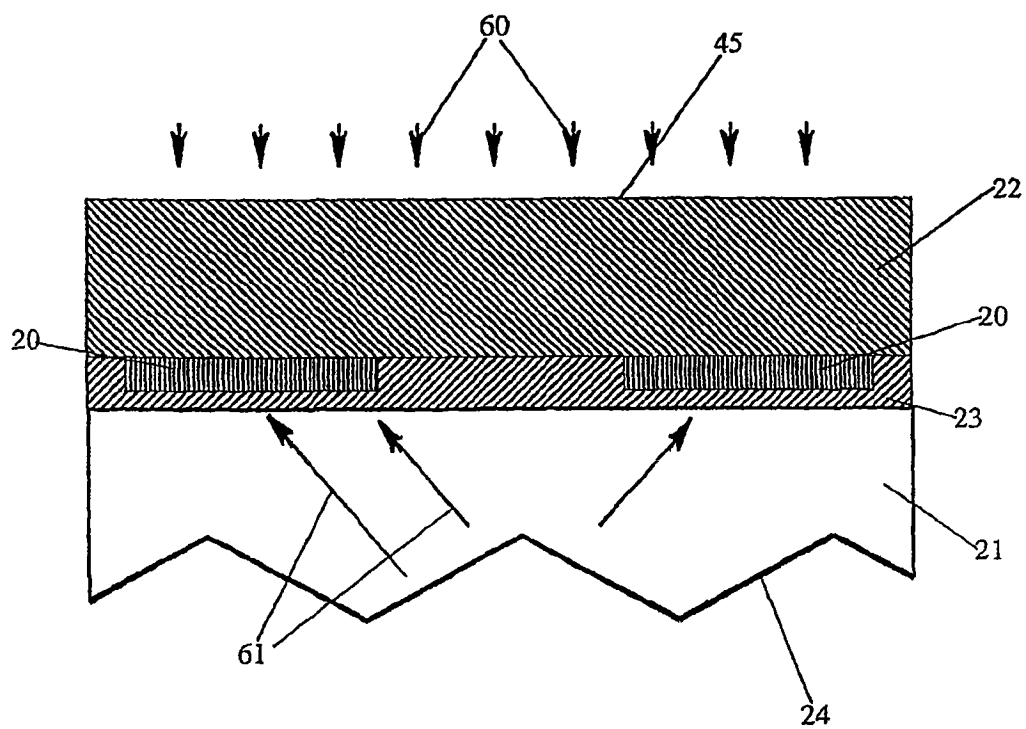


图 14

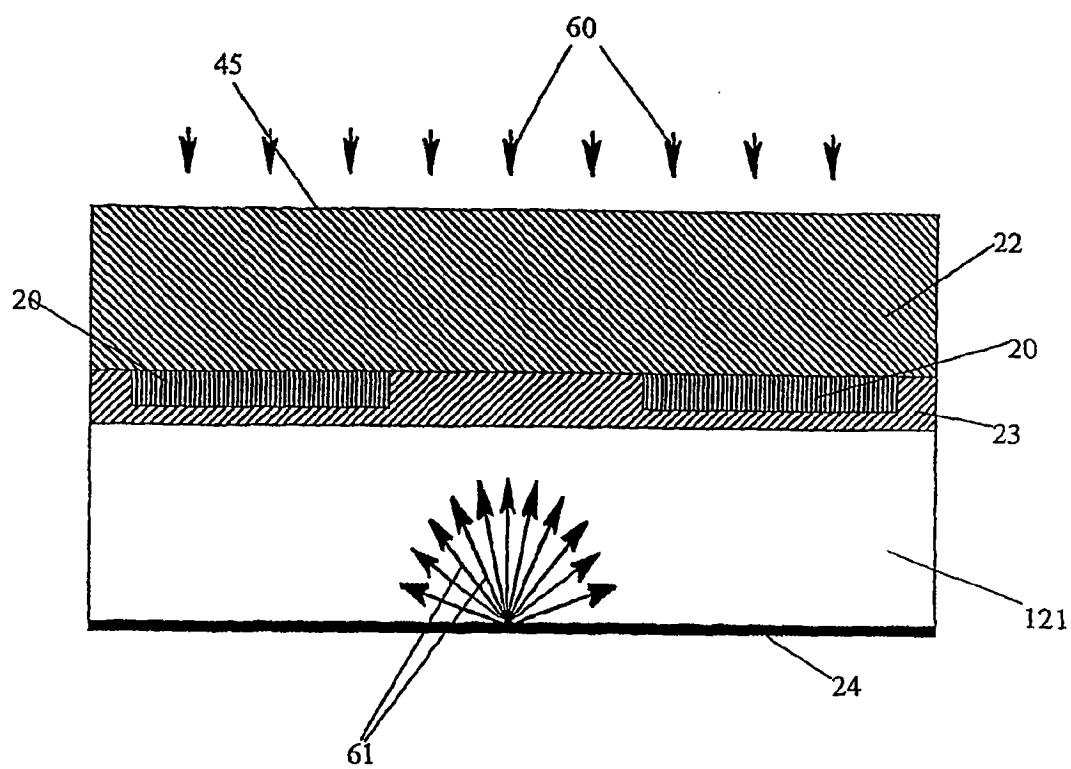


图 15

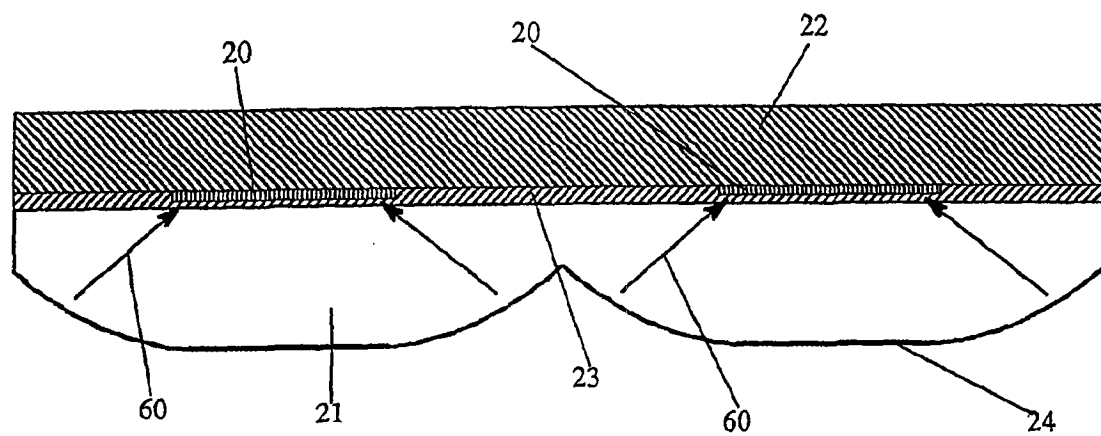


图 16

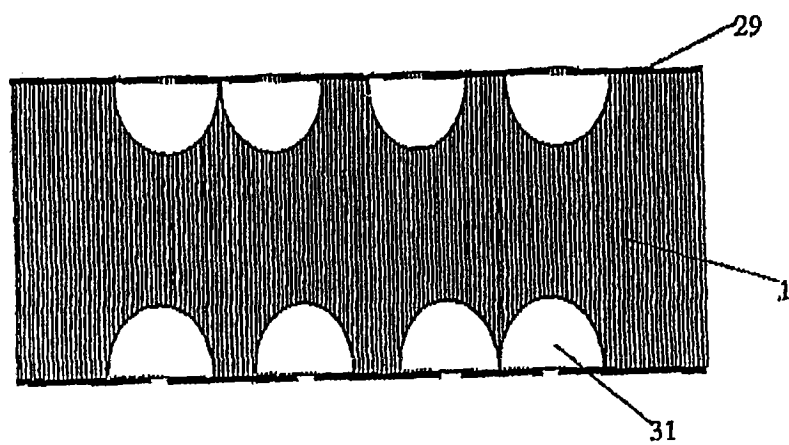


图 17