



(45)授权公告日 2018.06.12

权利要求书2页 说明书12页 附图11页

1. 一种用于在多晶硅晶片的平面表面上产生图案化光俘获结构的方法,所述方法包括:

沿着多个紧密间隔的平行长形毛细管道传输液体掩模材料,使得所述掩模材料的一部分从每个所述管道的尖端部分排出;

在所述多个管道的尖端部分下方移动所述多晶硅晶片,使得所排出的掩模材料部分在所述多晶硅晶片的平面表面上形成掩模图案,其中所述掩模材料图案被形成为使得通过所述掩模材料图案暴露部分所述平面表面; 和

蚀刻暴露的平面表面部分,使得蚀刻的多晶硅晶片形成一体的图案化光俘获结构。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述多个管道中的每一个包括在基部和所述尖端部分之间延伸的毛细管通道,所述毛细管通道具有在3至10微米范围内的标称通道宽度,并且其中传输液体掩模材料包括使足够量的所述液体掩模材料沿着所述毛细管通道流动,使得从每个所述毛细管通道排出的所述液体掩模材料在所述平面表面上形成具有10微米或更小的标称宽度的掩模特征。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,传输所述液体掩模材料还包括将所述液体掩模材料供应到打印头,所述打印头包括具有储存器的衬底,其中所述多个管道附接到所述衬底并从所述衬底延伸,其中所述液体掩模材料被供应到所述储存器,使得所述排出的掩模材料部分同时从所述储存器沿着所述多个管道流动。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中移动所述多晶硅晶片包括在所述多个管道下以至少125mm / s的速度输送所述多晶硅晶片。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述多个紧密间隔的平行长形毛细管道中的每一个包括弯曲的微弹簧结构,所述弯曲的微弹簧结构使得所述基部附接到所述衬底和使得所述尖端部分设置成远离所述衬底,并且其中传输所述液体掩模材料包括使所述排出的掩模材料部分同时沿着由所述每个微弹簧结构的部分限定的毛细管通道流动。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,传输所述液体掩模材料包括使每个所述排出的掩模材料部分沿着限定在所述多个微弹簧的相关联的对之间的相应的狭缝状毛细管通道流动。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中,传输所述液体掩模材料包括使所述每个所述排出的掩模材料部分流过限定在所述多个微弹簧中的相关联的一个微弹簧中的相应的管状毛细管通道。

8. 根据权利要求5所述的方法,其中,传输所述液体掩模材料包括使所述每个所述排出的掩模材料部分沿着设置在所述多个微弹簧中的相关联的一个微弹簧上的相关联的液体引导通道结构流动。

9. 根据权利要求4所述的方法,其中所述多个紧密间隔的平行长形毛细管道包括多个直的悬臂部分,所述直的悬臂部分使得基部附接到所述衬底和使得所述尖端部分设置成远离所述衬底,并且其中传输所述液体掩模材料包括:使所述排出的掩模材料部分同时沿着限定在所述多个直的悬臂部分的相邻对之间的相应的狭缝状毛细管通道流动。

10. 根据权利要求4所述的方法,其中传输所述液体掩模材料包括通过一个或多个喷墨打印头将所述液体掩模材料递送到所述多个管道。

11. 根据权利要求4所述的方法,其中传输液体掩模材料包括通过一个或多个加压歧管

将所述液体材料递送到所述多个管道。

12. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 传输液体掩模材料包括通过加热邻近所述储存器的所述衬底来控制递送到所述多个管道的所述液体掩模材料的粘度梯度。

13. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 传输所述液体掩模材料包括沿着第一组平行管道和第二组平行管道推动所述液体掩模材料, 所述第一组在所述多晶硅晶片的移动方向上偏离所述第二组, 其中所述第一组平行管道在交叉过程中从所述第二组平行管道偏移, 使得由第一组的管道产生的每个第一掩模特征设置在由第二组的相应管道产生的一对第二掩模特征之间。

14. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 传输所述液体掩模材料包括同时将所述液体掩模材料递送到多个串联布置的管道, 使得从第一管道排出的第一排出掩模材料部分被沉积在从第二串联布置的管道排出的第二排出掩模材料部分的顶上。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中, 传输所述液体掩模材料包括将所述液体掩模材料递送到多组串联布置的管道, 使得所述排出的掩模材料部分同时从所述多组中的每一组排出到相应的所述多晶硅晶片上。

16. 根据权利要求1所述的方法,

其中传输所述液体掩模材料包括将所述掩模材料连续地递送到所述多个管道中的每一个, 使得所述排出的掩模材料部分形成由所述多晶硅晶片的长形的暴露的平面表面部分分开的连续的长形的平行掩模材料线,

其中所述蚀刻包括蚀刻所述长形的暴露的平面表面部分, 使得所述蚀刻产生长形凹槽型光俘获结构。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其中传输液体掩模材料还包括在垂直于所述晶片的移动方向的方向上往复移动所述多个平行的长形管道, 使得所述排出的掩模材料部分在所述多晶硅晶片上形成平行的波形掩模材料线。

18. 根据权利要求1所述的方法,

其中传输所述液晶掩模材料包括形成在所述多晶硅晶片上限定所述多晶硅晶片的点状暴露的平面表面部分的排出掩模材料部分,

其中蚀刻所述暴露的平面表面部分包括蚀刻所述多晶硅晶片的所述点状暴露区域以形成坑型光俘获结构。

19. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 传输所述液体掩模材料包括使所述多个管道的尖端部分与所述多晶硅晶片的平面表面间歇地接触, 使得所述排出的掩模材料部分在多晶硅晶片上形成点状掩模材料结构。

20. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 传输所述液体掩模材料包括将所述液体掩模材料递送到具有偏移管道的第一和第二打印头, 使得从设置在第一打印头上的所述管道的尖端部分排出的所述掩模材料的第一部分设置在从设置在第二打印头上的所述管道的尖端部分排出的所述掩模材料的第二部分之间。

太阳能电池纹理化

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池,并且特别地涉及用于在多晶太阳能电池晶片上产生光俘获结构的方法。

背景技术

[0002] 太阳能电池纹理化是改善光俘获性能并且增加总体效率的重要工艺步骤。目前,使用形成金字塔结构的KOH蚀刻剂纹理化单晶晶片。沿着晶体平面形成的这些结构导致很好的光俘获性质。

[0003] 在另一方面,必须各向同性地蚀刻多晶硅(mc-Si)晶片。对于多晶晶片,使用工业标准等纹理(isotexture)工艺,其包括使用典型地为HF/硝酸/乙酸混合物的合适蚀刻剂蚀刻整个晶片表面。等纹理工艺使用切缝损坏的不规则性来糙化表面。尽管等纹理工艺是成本效益高的,但是由此产生的等纹理化表面与图案化特征相比远非最佳。纹理化表面与金字塔或沟槽结构相比具有改善的光俘获性质,但是效率较低。根据NREL/1366报告,使用沟槽结构,与等纹理化表面相比已计算0.3%的绝对效率改善。另外,使用最佳光俘获结构(随机金字塔),可以获得高达0.8%的绝对效率增加。

[0004] 等纹理工艺的替代方案包括在mc-Si晶片上印刷蚀刻掩模,并且然后蚀刻通过掩模暴露的晶片区域以形成图案化光俘获特征。然而,传统掩模印刷技术、例如喷墨、丝网印刷或柔版印刷不能满足最小行宽规格,并且更新技术、例如微接触印刷、蘸笔纳米光刻术(DNP,使用AFM型探针作为书写尖端)或其它MEMS方法太慢、脆弱或不能在大面积上提供足够的竖直间隙。需要的是一种用于在多晶晶片中产生图案化金字塔或沟槽特征的成本效益高的方法,其避免与常规方法关联的问题。

发明内容

[0005] 本发明涉及一种用于以成本效益高的方式在多晶硅晶片的平面表面上产生图案化光俘获结构(例如,金字塔或沟槽特征)的方法,所述方法包括通过紧密间隔的平行长形管道的阵列将液体掩模材料印刷到晶片上,其中导致液体掩模材料沿着管道的每一个流动并且将掩模材料的一部分从管道的每一个的尖端部分排出到晶片表面上。同时在管道阵列之下移动晶片使得排出的掩模材料部分在晶片表面的第一部分上形成掩模材料图案,并且使得通过限定于掩模材料图案中的开口暴露晶片表面的第二部分。然后蚀刻(例如,HF/硝酸/乙酸混合物)暴露平面表面部分使得剩余多晶硅晶片形成期望图案化光俘获结构(例如,沟槽结构)。然后在纹理蚀刻浴中通过剥离工艺或通过碱溶性溶液可选地去除掩模材料图案。通过在蚀刻之前使用紧密间隔的管道在目标mc-Si衬底上“印刷”平行掩模特征,本发明与常规方法相比大大提高掩模印刷速度,由此便于以比使用常规方法的可能成本明显更低的成本生产具有期望图案化光俘获结构(例如,金字塔或沟槽特征)的mc-Si太阳能电池。

[0006] 根据本发明的方面,管道的每一个包括在基底部分和它的尖端部分之间延伸的毛细通道,其中每个毛细通道具有在3到10 μm 的范围内的小标称通道宽度(例如,5微米),并且

其中传输液体掩模材料包括导致足够的液体掩模材料沿着毛细通道流动使得排出的掩模材料部分形成晶片表面上的掩模特征,所述掩模特征具有指定标称宽度(例如,大约10微米或以下)和标称厚度(例如,在1到10微米的范围内)。通过经由这样的管道排出液体掩模材料,本发明便于一种掩模印刷方法,其满足与太阳能电池的形成关联的最小行宽规格,并且淀积足够的掩模材料以便于掩模特征的一次性印刷(即,印刷足够的掩模材料以避免第二印刷层),使该方法优于喷墨、丝网印刷和柔版印刷方法。在一个实施例中,管道附连到打印头衬底并且从其延伸,并且传输液体掩模材料包括将液体掩模材料供应到限定于打印头衬底中的储存器,所述储存器将掩模材料进给到管道使得液体掩模材料部分同时沿着所有管道流动并且从所有管道排出。该布置便于形成很细的、紧密间隔的管道(例如每英寸1,000个管道或以上),由此提供高吞吐量印刷工艺,其满足与太阳能电池的生产关联的最小行宽要求。在一个实施例中,通过传送机构(例如,传送带)以高速度(例如,125mm/s或以上)在管道阵列之下移动多晶硅晶片。通过将通过打印头的掩模材料的流动与传送机构的速度匹配,本发明提供高速、一次性掩模印刷方法,其便于以成本效益很高的方式在多晶硅晶片上形成图案化光俘获结构。

[0007] 根据本发明的实施例,打印头包括平行弯曲应力金属微弹簧管道,所述微弹簧管道具有附连到打印头衬底的基底部分和远离打印头衬底弯曲的主体部分使得每个微弹簧管道的尖端(自由端)部分从打印头衬底偏移(即,远离打印头衬底布置)。每个微弹簧管道限定液体掩模材料供应到其中的关联毛细通道的至少一部分(即,使得液体掩模材料同时从基底部分并且沿着主体部分流动到每个微弹簧管道的尖端部分)。通过使用应力金属微弹簧形成管道,本发明使用专用ClawConnect™制造工艺的改进形式,其具有适合于生产满足上述的印刷要求的打印头并且提供比常规印刷装置明显更稳健的打印头的证明收益。在一个实施例中分段打印头使得每个打印头段为大约3"长并且包括布置在线性阵列中的3,000个以上微弹簧。根据具体实施例,液体掩模材料沿着限定于微弹簧的相邻对之间的狭缝状毛细通道流动。在另一具体实施例中,液体掩模材料沿着限定于微弹簧管道的每一个中的管状毛细通道流动。在又一具体实施例中,液体掩模材料沿着布置在每个微弹簧管道上的液体引导通道结构(例如,脊状结构或沟流粘性液体掩模材料的谷/通道)流动。具体实施例的每一个使用经证明的制造技术,其提供具有长工作寿命的稳健打印头(即,适合于生产150,000个6英寸太阳能电池或更多)。

[0008] 根据本发明的替代实施例,管道包括例如由使用紫外激光微加工蚀刻的聚酰亚胺片材的部分形成的直悬臂部段。每个悬臂部段具有附连到衬底主体的基底部分,并且远离衬底主体延伸到端部(尖端)部分。由于薄(25到50μm厚)聚酰亚胺很柔顺,因此可以预见这样的打印头可以‘划刻’整个晶片而不会破裂或失灵(很像画笔),类似于柔性弯曲悬臂,并且与例如很脆的微加工直硅悬臂阵列相反。而且,容易地使用现有技术的激光微加工图案化聚酰亚胺并且所需的小特征可以由例如265nm紫外激光系统获得。

[0009] 根据替代实施例,通过若干可能的机构实现液体掩模材料传输到管道。在一个具体实施例中,液体掩模材料以精确量(数量)通过一个或多个喷墨打印头输送到管道,其中喷墨喷嘴定位在每个单独的悬臂式管道的基底部分之上,并且使用来自打印头的液滴计量墨。在第二具体实施例中,液体掩模材料通过将墨进给到例如管状管道中的一个或多个加压歧管被输送。在又一具体实施例中,通过经由邻近墨储存器的打印头衬底的加热控制输

送到所述多个管道的所述液体材料的粘度梯度将液体掩模材料输送到管道。因此在打印头歧管中使用温度梯度以产生粘度梯度,所述粘度梯度用于计量管道上的墨。通过分段加热器或通过从打印头歧管的后面产生热梯度控制温度。

[0010] 除了具有对准的尖端部分的平行管道之外,选择性地使用若干替代管道布置以提供冗余或提高生产率。在一个具体实施例中,管道形成有交错尖端部分,其减小印刷墨行(即,由沿着管道推动并且从交错尖端部分排出的墨/掩模材料形成)合并的出现机会,并且便于减小行距。在第二具体实施例中,串联地布置若干组导管使得两个或更多个尖端部分布置在每个印刷行上,允许从串联布置管道同时印刷使得来自第一管道的第一排出掩模材料部分淀积在来自第二串联布置管道的第二排出掩模材料部分的顶部上。当第一管道未能正确地操作时串联布置也通过允许使用第二管道“代替”第一串联布置管道便于冗余。在又一具体实施例中,多组串联布置管道以比预期印刷长度更长的距离(例如,以大于每个晶片的长度的距离)间隔,并且使用串联列复用执行印刷使得沿着每个印刷行从多个管道印刷掩模材料,由此提高印刷速度,减小印刷路径长度,并且减小墨储存器进给时间。

[0011] 根据替代实施例,在多晶晶片上以预定图案印刷掩模材料使得暴露多晶硅晶片的后续蚀刻产生期望光俘获结构图案。例如,在一个具体实施例中当晶片在尖端部分之下经过时从每个管道连续地排出掩模材料,由此产生包括连续平行掩模线的掩模使得后续蚀刻在晶片表面中产生平行凹槽型光俘获结构。在一个具体实施例中当横向于过程方向(即,垂直于晶片的运动方向)往复移动打印头时连续地排出掩模材料,由此排出的掩模材料在晶片表面的关联部分上形成波形线。在其它具体实施例中,连续直或波形掩模材料线重叠或以另外方式导致在多晶硅晶片上限定所述多晶硅晶片的点状暴露平面表面部分,由此点状暴露区域的后续蚀刻产生凹坑型光俘获结构。在另外的其它具体实施例中,作为一系列重叠“点”印刷掩模材料(例如,通过将管道的尖端部分间歇地接触晶片表面),其中掩模材料点连续地布置成形成直或波形线,或者限定点状暴露平面表面部分。为了便于间歇接触方法,除了现有的管道生产工艺以外,附加的涂层或材料淀积在每个管道的尖端部分(悬臂)上以便改善机械磨损特性(其可以引起笔尖印刷的特定问题)。特别地,在释放的微弹簧结构上或在电镀步骤之前淀积(例如,通过溅射)诸如铱的材料(其后掩蔽铱以便不涂覆它)。在另一实施例中,诸如铱的材料电镀在每个微弹簧的尖端部分上(在形成悬臂主体的电镀步骤之后)。铱和铑是很硬的并且耐用的材料,因此这些涂层用于改善打印头的寿命。

[0012] 根据又一替代实施例,从具有偏移管道的两个打印头输送液体掩模材料使得由一个打印头产生的第一掩模材料线布置在由另一打印头产生的第二掩模材料线之间,由此使每个打印头上的相邻管道之间的间隔更大以改善打印头产量。

附图说明

[0013] 关于以下描述、附带的权利要求和附图将更好地理解本发明的这些和其它特征、方面和优点,其中:

[0014] 图1是俯视侧视透视图,显示根据本发明的一般化实施例的用于在多晶硅晶片上产生图案化光俘获结构的系统;

[0015] 图2是流程图,显示使用图1的系统产生图案化光俘获结构的简化方法;

[0016] 图3是俯视平面图,显示根据本发明的实施例的掩模印刷工艺;

- [0017] 图4是透视图,显示在图3的工艺中使用的包括微弹簧式管道的示例性打印头;
- [0018] 图5A和5B分别是透视图和前视图,显示根据第一具体实施例的微弹簧管道;
- [0019] 图6A和6B分别是透视侧视和前视图,显示根据第二具体实施例的微弹簧管道;
- [0020] 图7是透视侧视图,显示根据第三具体实施例的微弹簧管道;
- [0021] 图7A、7B和7C是横截面图,显示根据替代具体实施例的由微弹簧管道使用的替代流动通道特征;
- [0022] 图8是俯视侧视透视图,显示根据本发明的另一实施例的打印头;
- [0023] 图9A、9B和9C是简化横截面侧视图,显示根据本发明的关联具体实施例使用的替代掩模材料进给系统;
- [0024] 图10A、10B、10C和10D是简化俯视平面图,显示根据本发明的替代具体实施例使用的各种管道布置;
- [0025] 图11是简化俯视平面图,显示包括根据本发明的具体实施例印刷的直线掩模材料图案的晶片;
- [0026] 图12是俯视前视透视图,显示在后续蚀刻之后的图11的晶片;
- [0027] 图13是简化俯视平面图,显示包括根据本发明的另一具体实施例印刷的另一直线掩模材料图案的晶片;
- [0028] 图14A和14B是简化俯视平面图,显示包括根据本发明的另一具体实施例印刷的波形线掩模材料图案的晶片;
- [0029] 图15A和15B是简化俯视平面图,显示包括根据本发明的另一具体实施例印刷的点型掩模材料图案的晶片;以及
- [0030] 图16是简化俯视图,显示根据本发明的另一具体实施例的使用两个偏移打印头的掩模印刷系统。

具体实施方式

[0031] 本发明涉及在低成本太阳能电池的生产期间印刷用于在多晶硅晶片上产生光俘获结构的掩模图案的方法的改进。提供以下描述以使本领域的普通技术人员能够制造和使用在特定应用及其要求的背景下提供的发明。当在本文中使用时,方向术语例如“上”、“下”、“向下”、“前”、“后”旨在为了描述提供相对位置,并且不旨在指定绝对参考系。另外,短语“成一体地连接”和“成一体地模制”在本文中用于描述单模制或加工结构的两个部分之间的连接关系,并且与术语“连接”或“联接”(没有修饰语“成一体地”)区分,所述术语指示例如通过粘合剂、紧固件、夹子或可移动接头联结的两个独立结构。本领域的技术人员将显而易见对优选实施例的各种修改,并且在本文中限定的一般原理可以应用于其它实施例。所以,本发明不旨在限制到所示和所述的特定实施例,而是符合与本文中公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

[0032] 图1是俯视侧视透视图,显示用于在多晶硅(mc-Si)晶片101-1和101-2的平面表面102上产生一体图案化光俘获结构105的系统100,并且图2是流程图,显示根据本发明的一般化实施例的使用系统100产生一体图案化光俘获结构105的方法。短语“一体图案化光俘获结构”中的术语“一体”表示光俘获结构105由组成晶片101-1和101-2的mc-Si材料的部分完整地形成(例如,通过蚀刻/去除mc-Si晶片材料的相邻部分),并且将短语“一体图案化光

俘获结构”与淀积或以另外方式形成于晶片101-1和101-2上的光俘获结构区分。尽管为了示例性目的由图1中的阴影区域描绘,但是应当理解图案化光俘获结构105包括通过蚀刻/去除平面晶片表面102的部分形成的三维mc-Si结构(例如,金字塔或沟槽特征)。

[0033] 如图1中所示,系统10大体上包括接收来自掩模材料供应装置120的液体掩模材料125的打印头组件110,用于在打印头组件110之下输送多晶硅(mc-Si)晶片101-1和101-2的传送带130,以及用于将蚀刻剂145施加到晶片101-1和101-2上的蚀刻站140。

[0034] 参考图2的上部分,一般化方法包括将液体掩模材料125传输到打印头组件110使得掩模材料125从管道113-1到113-5的阵列的尖端部分排出(方块210)。如图1的顶部所示,打印头组件110包括具有接收来自供应装置120的掩模材料125的储存器112的衬底111,以及从衬底111平行地延伸的紧密间隔的平行长形管道113-1到113-5。每个管道113-1到113-5与掩模材料源120连通使得液体掩模材料125(优选有机化合物,例如蜡、树脂、聚合物、脂肪酸和酯)从储存器112传输(流动)到管道113-1到113-5中。每个长形管道113-1到113-5包括附连到衬底111的基底部分,远离衬底111布置的尖端部分,以及限定用于沟流从储存器112到尖端部分的掩模材料的流动的毛细流动通道的主体部分。例如,管道113-1包括沿着它的主体部分在基底部分114-1和尖端部分116-1之间延伸的流动通道115-1,并且管道113-5包括在基底部分114-5和尖端部分116-5之间延伸的流动通道115-5。如图1的右上部分中的虚线椭圆所示,液体掩模材料125的传输(流动)包括使用下面所述的流动产生方法中的一种以导致足够的液体掩模材料沿着每个管道113-1到113-5的毛细通道流动(例如,沿着管道113-5的通道115-5)使得排出的掩模材料部分125-1到125-5在表面102上形成由紧密间隔的掩模特征126-1到126-5组成的掩模材料图案126(例如,连续线或一系列邻接“点”)。例如,如图1中的虚线箭头所示,在从管道113-1的尖端部分116-1排出之前掩模材料部分125-1从储存器112沿着通道115-1流动以在晶片101-1的上表面102上形成掩模特征126-1。同时,掩模材料部分125-5从储存器112沿着通道115-5流动并且从管道113-5的尖端部分116-5排出以在晶片101-1的上表面102上形成掩模特征126-5。掩模材料部分125-2、125-3和125-4类似地同时分别从管道113-2、113-3和113-4排出以在晶片101-1和101-2晶片的上表面102上形成掩模特征126-2到126-4。

[0035] 参考图2的方块220,方法还包括在打印头组件110之下(即,在管道阵列之下)移动晶片101-1和101-2使得排出的掩模材料125在每个晶片上形成掩模材料图案126。根据图1中所示的示例性实施例,晶片101-1和101-2在113-1到113-5之下由传送器130以连续高速(例如,125mm/s或以上)移动(即,当液体掩模材料正从管道113-1到113-5的尖端部分排出时)使得排出的掩模材料部分125-1到125-5在晶片101-1和101-2的上表面102上产生呈间隔开的线状特征126-1到126-5的形式的掩模材料图案126。在一个实施例中,传送器130是带式移动结构,其支撑并且在管道113-1到113-5之下以恒定速度移动晶片101-1和101-2(例如,在图1中的箭头“X”的方向上)使得长形线状特征126-1到126-5覆盖(掩蔽)晶片101-1和101-2的关联间隔开的表面部分。具体地,如晶片101-1上所示,特征126-1到126-5布置在平面上表面102的“掩蔽”部分102-1上,其中特征的每个相邻对(例如,特征126-1和126-2)由沟状暴露表面部分102-2分离。通过将通过打印头110的掩模材料125的流动与由传送机构130提供的晶片速度匹配,本发明提供高速、一次性掩模印刷方法,其便于以成本效益很高的方式在多晶硅晶片101-1和101-2上形成图案化光俘获结构105。

[0036] 如图2中的方块230所示,在形成掩模材料图案126之后,晶片101-1和101-2然后在蚀刻站140之下或通过蚀刻站移动,其中蚀刻剂145施加到每个晶片的上表面102上以形成一体图案化光俘获结构105。根据本发明的方面,如图1中的晶片101-2上的阴影表面所示,施加蚀刻剂145使得它蚀刻(即,部分地去除)每个晶片的暴露平面表面部分102-2使得剩余的(经蚀刻的)mc-Si晶片材料(即,由掩模特征126-1到126-5保护免于蚀刻剂145的部分)形成一体图案化光俘获结构105。在示例性实施例中,蚀刻剂145包括HF/硝酸/乙酸混合物中的一种,其被施加使得剩余多晶硅晶片材料形成期望图案化光俘获结构105(例如,沟槽结构)。

[0037] 参考图2的底部的方块240,然后使用已知技术可选地去除掩模材料图案126。例如,掩模可以完全被底切并且从衬底剥离,其中掩模从蚀刻浴滤出。另一方法可以是在使用KOH或K₂CO₃的碱溶液中蚀刻掩模材料。

[0038] 图2的方法提供用于在多晶晶片101-1和101-2中产生图案化金字塔或沟槽特征的成本效益高的方法。也就是说,通过以本文中所述的方式通过管道113-1到113-5排出液体掩模材料,本发明便于掩模印刷方法,其以比喷墨、丝网印刷和柔版印刷方法成本效益更高的方式满足与太阳能电池的形成关联的最小行宽规格。

[0039] 根据本发明的方面,每个管道113-1到113-5包括悬臂式结构,所述悬臂式结构具有附连到衬底111的(固定)基底部分和远离衬底111布置的尖端部分,并且每个管道限定/包括控制(即,沟流)从每个管道的基底部分到尖端部分的掩模材料的流动的毛细(流动)通道。例如,参考图1的右上部分处所示的虚线泡,管道113-5包括围绕(限定)在基底部分114-5和尖端部分116-5之间延伸的毛细通道115-5的管式结构,其中毛细通道115-5与存储器112连通使得掩模材料部分125-5通过邻近基底部分114-5布置的敞开(第一)端部进入通道115-5,沿着管道113-5从基底部分114-5朝着尖端部分116-5沟流(流动),并且从尖端部分116-5处的敞开(第二)端部排出以形成掩模特征126-5。管道113-1到113-4类似地与存储器112连通以沟流掩模材料部分125-1到125-4使得它们相应地形成掩模特征126-1到126-4。管道113-1到113-5的每个毛细通道具有便于形成窄掩模特征的微米级标称通道宽度。例如,如图1的右上部分中的虚线泡中所示,毛细通道115-5具有在3到10微米的范围内的标称通道宽度(间隙距离G),其便于形成具有大约10微米或以下的标称宽度W的线型掩模特征126-5。使用悬臂式管道113-1到113-5的益处在于输送足够的液体掩模材料(例如沿着毛细通道115-1到115-5流动)使得排出的掩模材料部分125-1到125-5形成具有在1到10微米的范围内的期望标称宽度W和标称厚度T的掩模特征126-1到126-5,由此在“一次性”印刷步骤中实现掩模印刷过程。也就是说,通过以本文中所述的方式通过管道113-1到113-5排出液体掩模材料125,本发明便于掩模印刷方法,其满足与太阳能电池的形成关联的最小行宽规格,并且淀积足够的掩模材料以便于掩模特征的一次性印刷(即,印刷足够的掩模材料以避免第二印刷层),使该方法优于喷墨、丝网印刷和柔版印刷方法。该布置也便于形成很细的、紧密间隔的管道(例如,每英寸1,000个管道或以上),由此提供高吞吐量印刷工艺,其满足与太阳能电池的生产关联的最小行宽要求。

[0040] 图3是显示掩模印刷工艺的俯视平面图,其中将mc-Si晶片101在打印头110之下(即,在图中向下)移动,并且使用上述的方法将多个平行线状掩模特征126印刷到晶片101上。在该情况下,打印头110包括三个段110-1、110-2和110-3(即,在三个独立衬底111-1、

111-2和111-3上形成),所述段端对端布置成使得它们跨越晶片101的宽度 W_w ,其中每个段110-1、110-2和110-3定位成将掩模材料淀积在晶片101的相应部段上(例如,段110-2布置成形成典型地在mc-Si PV装置上出现的母线106之间的掩模特征126)。在具体实施例中,每个段衬底(例如,衬底111-2)具有三英寸的标称宽度 W_s ,并且晶片101具有六英寸的宽度 W_w 。

[0041] 图4是透视图,显示根据本发明的实施例的单打印头段110A,其中段110A包括以悬臂式布置固定到衬底111A的弯曲微弹簧管道113A的线性阵列。具体地,每个微弹簧管道113A包括微弹簧结构,所述微弹簧结构具有附连到衬底111A的平面表面的基底(固定端)部分114A和从衬底111A偏移(即,远离衬底布置)的尖端(自由端)部分116A。在一个实施例中,每个微弹簧管道113A包括应力金属微弹簧结构,其使用类似于在本发明的受让人开发的专用ClawConnect™柔性、高密度、互连(HDI)平台技术中使用的技术制造。根据ClawConnect技术,每个微弹簧管道113A使用自弯曲弹簧金属形成,所述自弯曲弹簧金属作为应力工程膜被淀积并且然后图案化以形成弹簧材料孤岛(平坦结构),其中它的最下部分(即,邻近衬底111A的上表面的淀积材料)具有比它的上部分(即,最远离衬底111A定位的水平层)低的内部拉伸应力,由此导致应力工程金属膜具有内部应力变化,在后续的释放过程期间所述内部应力变化导致弹簧金属孤岛的窄“指状”部分向上远离衬底111A弯曲。用于产生应力工程金属膜中的这样的内部应力变化的方法例如在美国专利第3,842,189号(淀积具有不同内部应力的两种金属)和美国专利第5,613,861号(例如,当改变工艺参数时溅射的单金属)中被教导,上述两个专利通过引用被合并于本文中。在一个实施例中,钛(Ti)释放材料层淀积在衬底111上,然后应力工程金属膜包括溅射淀积或电镀在释放材料上的钼(Mo)、“钼-铬”合金(MoCr)、钨(W)、钛-钨合金(Ti:W)、铬(Cr)、铜(Cu)、镍(Ni)和镍-锆合金(NiZr)中的一种或多种。如果应力工程金属膜不用作良好的碱金属,则可选的钝化金属层(未显示;例如金(Au)、铂(Pt)、钯(Pd)或铑(Rh))可以淀积在应力工程金属膜的上表面上以用作后续电镀过程的种子材料。钝化金属层也可以被提供以改善完成的弹簧结构中的接触电阻。在替代实施例中,可以形成可以在没有种子层的情况下直接电镀的镍(Ni)、铜(Cu)或镍-锆合金(NiZr)膜。如果使用无电镀,则可以省略电极层的淀积。在又一替代实施例中,自弯曲弹簧材料可以是根据已知技术制造的生物形态/生物金属化合物中的一种或多种(例如,金属1/金属2,硅/金属,氧化硅/金属,硅/氮化硅)。在每种情况下高导电材料(例如,金)的外层形成于“基础”弹簧金属材料上以增加电导率并且便于微等离子体生成。在又一实施例中,制造每个微弹簧管道使得它的基底(锚固)部分通过可选的支撑结构(例如,释放层的保持部分或预形成的导电基础结构)连接到底层衬底。

[0042] 本发明的微弹簧管道与通过ClawConnect技术形成的标准微弹簧探针的区别在于制造工艺被修改以提供沿着每个微弹簧结构/管道的长度延伸的合适的毛细通道,由此通过导致掩模材料部分的部分同时沿着形成于微弹簧结构的部分上或由所述部分形成的毛细通道流动执行从每个微弹簧型管道排出液体掩模材料。下面参考图5-7描述示例性毛细通道特征。

[0043] 图5A和5B分别是透视侧视和前视图,显示根据第一具体实施例的包括狭缝状毛细通道115B的微弹簧管道113B。每个微弹簧管道113B包括平行弯曲应力金属微弹簧113B-1和113B-2的关联对,所述微弹簧以上面参考图3所述的方式具有附连到衬底(未显示)的基底部分114B和远离衬底布置的尖端部分116B,其中关联的微弹簧113B-1和113B-2间隔成使得

狭缝状毛细通道115B限定于其间。在该情况下,传输液体掩模材料包括将掩模材料供应到微弹簧113B-1和113B-2的基底部分114B之间的点使得掩模材料沿着狭缝状毛细通道115B流动并且从尖端部分116B之间排出。通过将微弹簧113B-1和113B-2形成有在3到10微米的范围内的标称间隙距离G,当掩模材料在基底部分114B和尖端部分116B之间流动时它通过毛细作用(力)保持在狭缝状毛细通道115B中。用于产生可以用于液体流动的紧密间隔的微弹簧管道的技术例如在共用拥有的美国专利第7,241,420号(“使用应力金属的用于液体收集、输送和分配的毛细通道探针(CAPILLARY-CHANNEL PROBES FOR LIQUID PICKUP, TRANSPORTATION AND DISPENSE USING STRESSY METAL)”)中公开,上述专利通过引用完整地合并于本文中。

[0044] 图6A和6B分别是透视侧视和前视图,显示根据第二具体实施例的管状微弹簧管道113C。在该情况下,液体掩模材料在由例如具有矩形横截面的壁限定(即,在四面围绕)的中空管状毛细通道115C中流动,其中管状毛细通道115C在微弹簧管道113C的基端114C和尖端116C之间延伸。在该情况下,掩模材料以产生所需流动的压力从封闭储存器(未显示)进给到毛细通道115C中。用于产生可以用于液体流动的管状微弹簧管道的技术例如在共用拥有的美国专利第8,080,293号(“使用封装的微加工结构生产(MICRO-MACHINED STRUCTURE PRODUCTION USING ENCAPSULATION)”)中公开,上述专利通过引用完整地合并于本文中。

[0045] 图7是透视侧视图,显示根据第三具体实施例的图案化微弹簧管道113D,并且图7A、7B和7C是横截面图,显示由图案化微弹簧管道113D使用的替代液体引导通道类型。与上面参考图5A和5B所述的狭缝状通道一样,每个微弹簧管道113D包括关联的液体引导通道结构115D,当液体掩模材料沿着每个微弹簧管道113D从基底部分114D行进到尖端部分116D时所述液体引导通道结构用于通过毛细作用控制液体掩模材料的流动。然而,代替使用两个相邻的微弹簧形成,管道113D包括单微弹簧结构,所述单微弹簧结构被修改(图案化)以包括在其表面上或限定于其表面中的液体引导通道结构115D,其中液体引导通道结构115D包括便于基底部分114D和尖端部分116D之间的毛细液体流动的形状。图7A显示具有由肋形成的脊型液体引导通道结构115D-1的第一微弹簧管道113D-1,所述肋从管道113D-1的中心表面区域向上延伸。图7B显示具有形成为方形或矩形沟槽的谷或凹槽型液体引导通道结构115D-2的第二微弹簧管道113D-2,所述沟槽沿着管道113D-2的整个长度延伸到上表面中。图7C显示具有形成为半圆形沟槽(谷)的另一谷/凹槽型通道结构115D-3的第三微弹簧管道113D-3,所述沟槽沿着管道113D-3的整个长度延伸到上表面中。图7A-7C中所示的液体引导通道结构的优点在于它们使用现有的ClawConnect技术制造,并且因此被认为提供具有长工作寿命的稳健打印头(即,适合于生产150,000个6英寸太阳能电池或更多)。

[0046] 尽管优选地使用微弹簧管道实现本发明,但是也可以使用其它技术。例如,图8是俯视侧视透视图,显示根据本发明的替代实施例形成的包括直平行悬臂部段113E的打印头段110E。在一个具体实施例中,通过使用紫外激光微加工蚀刻聚酰亚胺片材111E形成打印头段110E。每个悬臂部段113E具有附连到聚酰亚胺片材(衬底主体)111E的基底部分114E,并且远离片材111E延伸到端部(尖端)部分116E。合适的流动通道将来自形成于聚酰亚胺片材111E上的储存器112E的液体掩模材料进给到限定于所述多个直悬臂部段113E的相邻对之间的狭缝状毛细通道115E使得排出的掩模材料部分同时沿着所有狭缝状毛细通道115E流动。由于薄(25到50 μ m厚)聚酰亚胺很柔顺,因此可以预见打印头段110E可以‘划刻’整个

目标me-Si晶片(未显示)而不会破裂或失灵(很像画笔)。也就是说,不同于脆弱的并且当与目标me-Si晶片接触时会破裂的微加工直硅悬臂阵列,薄聚酰亚胺悬臂部段113E能够以类似于与(上述的)应力金属微弹簧悬臂关联的方式挠曲。而且,聚酰亚胺容易使用现有技术的激光微加工图案化并且所需的小特征可以由例如265nm紫外激光系统获得。

[0047] 使用若干可能的机构实现液体掩模材料传输到上述的各种管道,下面参考图9A到9C描述所述机构中的一些。

[0048] 图9A是显示第一液体掩模材料进给系统的简化横截面侧视图,其中液体掩模材料125以精确量(液滴)通过一个或多个喷墨打印头120F输送到打印头110F的管道113F(显示一个)。喷墨打印头120F的出口喷嘴定位在每个单独的悬臂式管道113F之上使得液体掩模材料125供应到每个管道113F的基底部分114F。打印头110F也布置成使得液体掩模材料125从基底部分114F沿着毛细通道115F流动到尖端部分116F,由此它以本文中所述的方式传送到目标mc-Si晶片(未显示)。该方法的优点在于喷墨输送系统是用于输送液体材料的高度精确量的公知机构。

[0049] 图9B是显示第二液体掩模材料进给系统的简化横截面侧视图,其中液体掩模材料125通过一个或多个加压歧管120G输送到管状管道113G中(即,类似于上面参考图6A和6B所述的)。加压液体掩模材料125-P从泵或其它加压供应源输送到限定于歧管120G的内部储存器112G,其中储存器112G与邻近每个管状管道113G的基底部分114G定位的毛细通道的第一端部连通,由此液体掩模材料125沿着管状管道113G被推动并且从尖端部分116F处的出口排出到目标mc-Si晶片上。该第二方法的优点在于加压歧管通常比喷墨输送系统实现起来更简单并且更便宜。

[0050] 图9C是显示第三液体掩模材料进给系统的简化横截面侧视图,其中当液体掩模材料从储存器112H通过打印头衬底111H进给到管道113H时通过加热液体掩模材料125控制供应到打印头110H的液体掩模材料125的粘度梯度,由此在打印头110H中产生温度梯度T,所述温度梯度产生期望的粘度梯度,所述粘度梯度用于计量在管道113H的基底部分114H处进入毛细通道115H中的液体掩模材料125。通过分段加热器或通过从打印头歧管120H的后面产生热梯度控制温度,由此当液体掩模材料从储存器112H朝着衬底111H向下流动时加热具有较高粘度和较低温度的液体掩模材料125。温度梯度设置成使得液体掩模材料125经历粘度的减小,由此产生供应液体掩模材料125的受控流率使得它沿着管道流动并且从管道113H的尖端116H排出。该第三方法的优点在于经加热的歧管通常比上述的其它两种输送系统实现起来更简单并且更便宜。

[0051] 除了使用具有对准的尖端部分的平行管道以外,选择性地使用下面参考图10A-10C所述的若干替代管道布置以提供冗余或提高生产率。

[0052] 图10A描绘具有两组平行管道113J-1和113J-2的打印头110J,所述两组平行管道以交错图案布置以便减小印刷的掩模材料特征(墨线)合并的机会,并且通过提供管道的每个相邻对之间的更大空间便于更高的产量。第一组113J-1包括在交叉过程(Y轴)方向上对准的平行管道113J-11、113J-12和113J-13,所述平行管道以上述的方式形成于并且固定到打印头衬底111J(以虚线显示以指示管道在衬底和晶片之间),使用上述的方法在目标mc-Si晶片101J上相应地产生掩模材料特征126J-11、126J-12和126J-13。第二组113J-2包括也在交叉过程(Y轴)方向上对准的平行管道113J-21、113J-22和113J-23,但是管道113J-21、

113J-22和113J-23在过程/移动(X轴)方向上从第一组113J-1偏移达到偏移距离0。另外,管道113J-21、113J-22和113J-23在交叉过程(Y轴)方向上相对于管道113J-11、113J-12和113J-13偏移(“交错”)使得由第一组113J-1产生的第一掩模特征126J-11、126J-12和126J-13布置在由第二组113J-2的相应管道113J-21、113J-22和113J-23产生的第二掩模特征126J-21、126J-22和126J-23的相邻对之间(例如,掩模特征126J-12布置在掩模特征126J-21和126J-22之间)。该“交错”布置便于印刷紧密间隔的掩模材料特征,同时通过增加分离相邻管道的空间增加打印头产量。

[0053] 图10B描绘具有三组平行管道113K-1、113K-2和113K-3的打印头110K,所述三组平行管道以重叠(串联布置)图案布置成使得从下游管道(例如,第三管道组113K-3中的管道)排出的掩模材料特征与从相应的上游管道(例如,第一管道组113K-1或第二管道组113K-2中的管道)排出的掩模材料特征对准(即,可以淀积在顶部上)。第一组113K-1包括平行管道113K-11、113K-12、113K-13、113K-14和113K-15,所述平行管道在交叉过程(Y轴)方向上对准并且以上述的方式固定到打印头衬底111K(以虚线显示)。第二组113K-2包括平行管道113K-21、113K-22、113K-23、113K-24和113K-25,所述平行管道也在交叉过程(Y轴)方向上对准并且固定到打印头衬底111K,但是布置在第一组113K-1的下游,并且第三组113K-3包括平行管道113K-31、113K-32、113K-33、113K-34和113K-35,所述平行管道也对准并且布置在第二组113K-2的下游。来自每组的关联管道在过程(X轴)方向上串联对准(例如,管道113K-11、113K-21、113K-31在Y轴方向上对准,管道113K-12、113K-22、113K-32在Y轴方向上对准,等等)。

[0054] 打印头110K的串联布置管道图案便于同时印刷使得来自第一管道的第一排出掩模材料部分淀积在来自第二串联布置的管道的第二排出掩模材料部分的顶部上。例如,如图10B的右侧所示,掩模特征126K-1由掩模材料的三个层形成,从管道113K-31排出的掩模材料印刷在从管道113K-21排出的掩模材料的顶部上,从管道113K-21排出的掩模材料又印刷在从管道113K-11排出的掩模材料的顶部上。

[0055] 打印头110K的串联布置的管道图案也通过允许使用一个或多个管道“代替”缺陷管道便于冗余。例如,掩模特征126K-2由掩模材料的两个层形成,从管道113K-32排出的掩模材料印刷在从管道113K-22排出的掩模材料的顶部上,在管道113K-32或113K-22中的一个未能正确地操作的情况下管道113K-12保持备用。类似地,掩模特征126K-3、126K-4和126K-5均由掩模材料的单层形成,掩模特征126K-3包括从管道113K-33排出的掩模材料(管道113K-23和113K-13保持备用),掩模特征126K-4包括从管道113K-24排出的掩模材料(管道113K-34和113K-14保持备用),并且掩模特征126K-5包括从管道113K-15排出的掩模材料(管道113K-35和113K-25保持备用)。

[0056] 图10C描绘具有两组间隔开的管道的打印头110L,所述两组间隔开的管道由提供用于介入网格线127L的间隙分离,所述介入网格线在掩模印刷过程之前形成于mc-Si晶片110L上。具体地,管道113L-1、113L-2和113L-3形成第一管道组,所述第一管道组以间距P1定位和间隔以在网格线127L的第一侧形成掩模特征126L-1、126L-2和126L-3,并且管道113L-4、113L-5和113L-6形成第二管道组,所述第二管道组定位和间隔成在网格线127L的第二侧形成掩模特征126L-4、126L-5和126L-6,其中间距P1小于网格线127L的宽度P2。

[0057] 图10D描绘包括多组串联布置的管道的另一打印头110M,所述多组串联布置的管

道以比预期印刷长度更长的距离(例如,以比晶片101M-1、101M-2和101M-3的每一个的长度更大的距离)间隔,其中使用串联列复用执行印刷使得沿着每个印刷行从多个管道印刷掩模材料,由此提高印刷速度(即,通过允许在晶片101M-1、101M-2和101M-3上的同时掩模印刷),减小印刷路径长度,并且减小墨储存器进给时间。也就是说,当第一组113M-1(例如,管道113M-11)在晶片101M-1上印刷掩模特征(例如,特征126M-11)时,第二组113M-2(例如,管道113M-21)在晶片101M-2上印刷掩模特征(例如,特征126M-21),并且第三组113M-3(例如,管道113M-31)在晶片101M-3上印刷掩模特征(例如,特征126M-31)。

[0058] 根据附加的替代实施例,执行印刷过程使得在mc-Si晶片上以预定图案印刷掩模材料,其中通过预定图案中的开口的多晶硅材料的后续蚀刻产生期望光俘获结构图案。存在将增加太阳能晶片的光吸收的许多可能的蚀刻图案。公知的蚀刻图案包括凹槽和所谓的蜂窝纹理。使用本发明获得这些结构的示例性优选方法。一般而言,使未掩蔽区域比蚀刻特征的间距小是优选的。众所周知,这将产生蚀刻特征,所述蚀刻特征的深度与它们的宽度相当,这对于光俘获是理想的。

[0059] 图11是简化俯视平面图,显示包括根据本发明的第一具体实施例印刷的直线掩模材料图案的晶片101N。也就是说,通过在目标晶片上单遍扫描时从打印头的管道的每一个连续地排出掩模材料使得排出的掩模材料部分在晶片101N的第一表面部分102N-1上形成连续长形平行掩模材料线126N而形成掩模126N,其中掩模材料线126N的每个相邻对由长形暴露平面表面部分102N-2分离。晶片101N的后续蚀刻包括施加仅仅接近长形暴露平面表面部分102N-2的合适蚀刻剂(即,掩模部分126N保护第一表面部分102N-1)。图12是透视图,显示在后续蚀刻过程在上表面102N上形成长形凹槽型光俘获结构105N-1之后的晶片101N,其中凹槽型光俘获结构105N-1包括由相应长形升高脊状结构105N-12分离的长形V形凹槽102N-11。

[0060] 再次参考图12,晶片101N被处理以在晶片的两侧具有垂直线性凹槽,这允许由此产生的太阳能电池根据修改的光俘获布置获得更宽的散射角。为了产生该垂直凹槽图案,在凹槽型光俘获结构105N-1在第一过程(X轴)方向上形成于上表面102N上之后,晶片101N翻转并且旋转90°,并且然后在下表面103N上执行第二掩模/蚀刻过程(即,使得在对应于Y轴箭头的第二过程方向上处理晶片101N)。类似于光俘获结构105N-1,由此产生的第二长形凹槽型光俘获结构105N-2通过由脊状结构105N-22分离的凹槽102N-21形成,但是垂直于光俘获结构105N-1对准。在目标晶片的两侧提供垂直凹槽获得更宽的散射角,这通过增加被俘获光子的数量提高太阳能电池效率。

[0061] 图13是根据另一替代实施例的晶片101P的简化图,所述晶片被处理以具有由平行波形掩模特征126P形成的“波形线”掩模图案。使用上述的打印头和晶片传送机构形成波形掩模特征126P,其中当管道(打印头)或晶片在交叉过程方向(即,横向/垂直于晶片的运动方向)上往复移动(来回移动)时连续地排出掩模材料,由此排出的掩模材料以波形线126P的形式淀积在由晶片表面102P的波形线暴露区域126P-2分离的关联波形线掩蔽部分102P-1上。波形线暴露区域126P-2的后续蚀刻产生改善线性1D沟槽设计的相应光俘获图案。

[0062] 在其它具体实施例中,连续直或波形掩模材料线重叠以限定目标mc-Si晶片的点状暴露平面表面部分,由此点状暴露区域的后续蚀刻以“蜂窝”图案产生凹坑型光俘获结构。例如,图13示出由三组直平行连续掩模材料线特征1260-11、1260-12和1260-13形成的

掩模图案1260,所述三组直平行连续掩模材料线特征在多个印刷道次中被印刷(例如,通过如上所述印刷特征1260-11,然后将目标晶片旋转 120° ,然后印刷特征1260-13,然后将目标晶片旋转 120° ,然后印刷特征1260-13),由此形成具有三角对称的暴露“孔”区域1020-2的图案。当随后蚀刻暴露“孔”区域1020-2时,形成具有蜂窝图案的光俘获特征,所述光俘获特征被认为优于凹槽结构,原因是它们在晶片表面平面中在多个方向上散射光。类似地,如图14B中所示,通过印刷类似于参考图14A所述的紧密间隔的“波形”掩模材料特征126Q获得具有暴露“孔”区域102Q-2的三角网格的掩模材料图案。如果三角网格是等边的,则当蚀刻时这将导致蜂窝纹理。如果不是则将导致扭曲蜂窝纹理。

[0063] 在另外的其它具体实施例中,掩模材料作为单独的液滴被淀积,在目标晶片上形成一系列重叠圆点状掩模材料结构(特征)。对于过程参数的某些组合,例如选定液体掩模材料“墨”,这样的点状掩模特征可以是优选的。图15A显示形成为覆盖mc-Si晶片102R的掩蔽部分102R-1的重叠点状掩模材料结构的平行排的线性掩模特征126R(例如,线性掩模特征126R-5部分地由点特征126R-51、126R-52和126R-53形成),其中暴露表面区域102R-2设在点排之间并且随后被蚀刻以产生凹槽型光俘获结构。图15B显示由基本上限定三角形暴露“点”的点状掩模材料结构125S的偏移排形成于mc-Si晶片101S上的第二掩模图案,当随后蚀刻时所述三角形暴露点产生具有三重对称性的复杂结构。例如上面参考图15A和15B所述的点状掩模材料结构,重复地将笔尖放置成与晶片表面接触并且然后脱离接触,同时在接触之间平移打印头。与上述类似,具有比笔尖间隔更精细的间隔的图案可以由多个偏移打印头或由多个点放置(在其间具有打印头的平移)获得。

[0064] 除了现有的工艺以外,可以预料附加的涂层或材料可以淀积在悬臂的尖端区域上,以便改善机械磨损特性(其可以引起笔尖印刷的特定问题)。特别地,可以在释放的悬臂结构上或在电镀步骤之前淀积(通过溅射)诸如铱的材料(其后掩蔽该材料以便不涂覆它)。而且,诸如铱的材料可以电镀在尖端区域上(在形成悬臂“主体”的第一电镀步骤之后)。铱和铱都是很硬的并且耐用的材料,并且这些涂层用于改善打印头的寿命。

[0065] 图16是简化俯视图,显示根据本发明的又一具体实施例的使用打印头110U-1和110U-2的掩模印刷系统100U。印刷系统100U与先前实施例的类似之处在于打印头110U-1和110U-2相应地包括管道113U-1和113U-2,并且目标晶片101U相对于打印头110U-1和110U-2移动使得从管道113U-1和113U-2的尖端部分排出(印刷)的液体掩模材料以类似于上述的方式在目标晶片101U上形成线型特征126U-1和126U-2。印刷系统100U与先前实施例的区别在于打印头110U-1和110U-2保持在固定相对位置使得管道113U-1和113U-2在交叉过程(X轴)方向上偏移,由此由打印头101U-1产生的(第一)掩模材料线126U-1布置在由打印头101U-2产生的(第二)掩模材料线126U-2之间。该布置允许每个打印头110U-1和110U-2上的相邻管道113U-1和113U-2之间的间隔更大以便改善打印头产量。

[0066] 尽管已关于某些具体实施例描述了本发明,但是本领域的技术人员将明白本发明的创新特征也可应用于其它实施例,所有实施例旨在属于本发明的范围内。

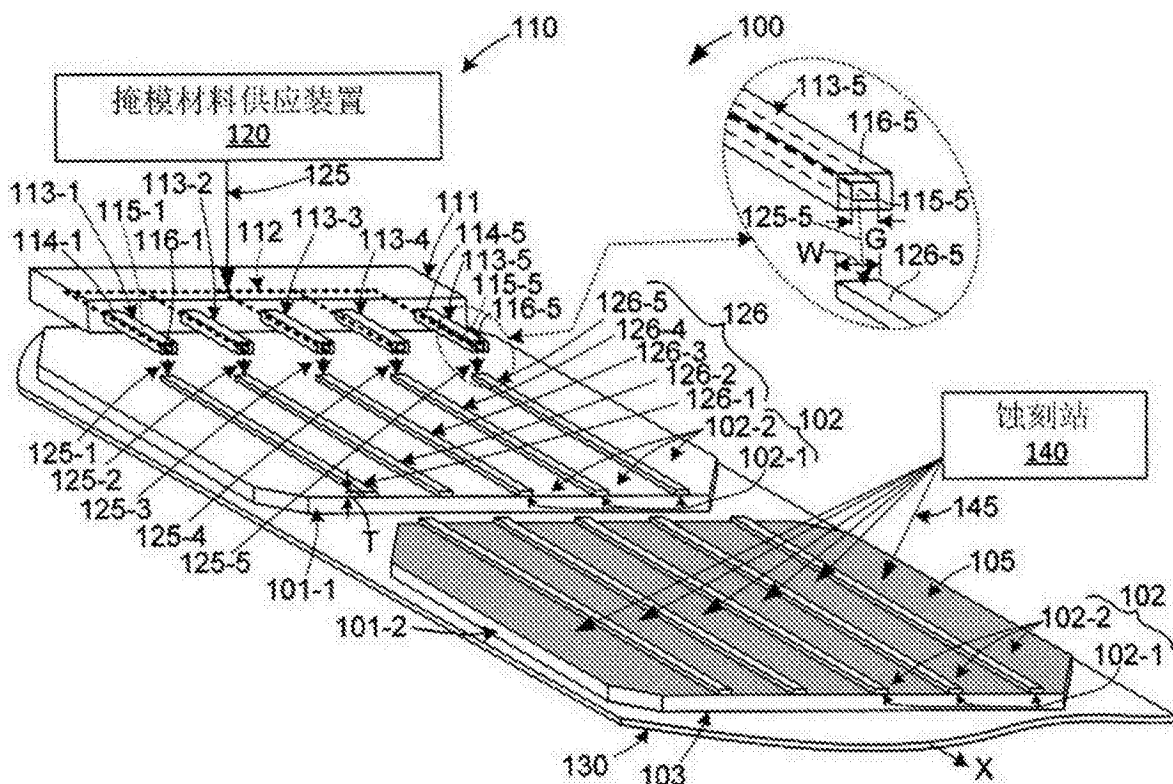


图1

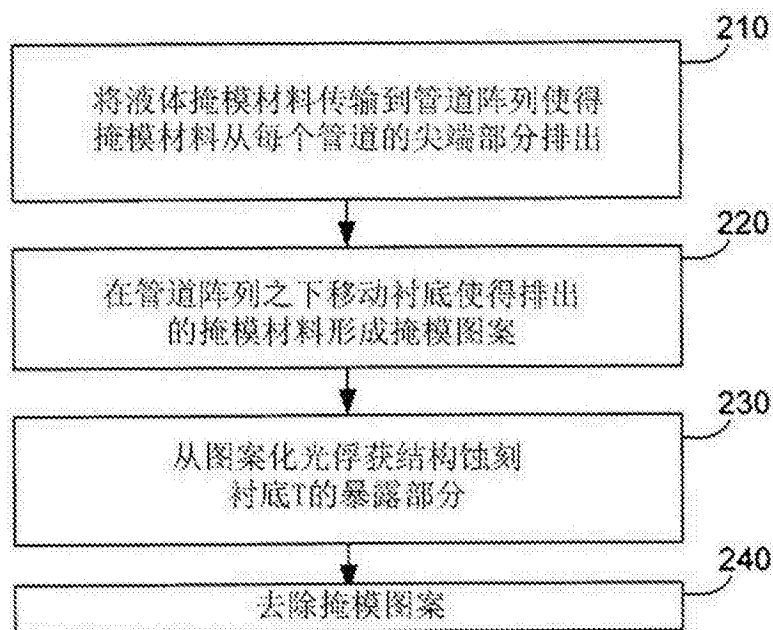


图2

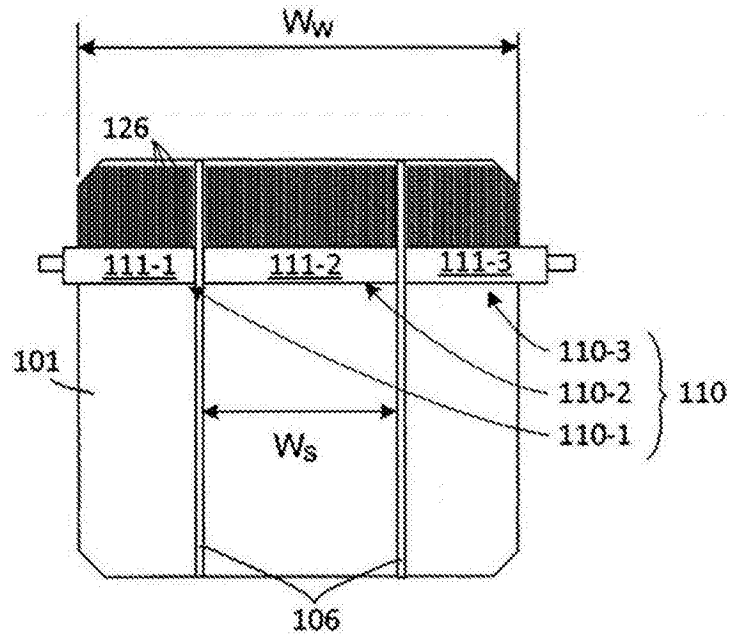


图3

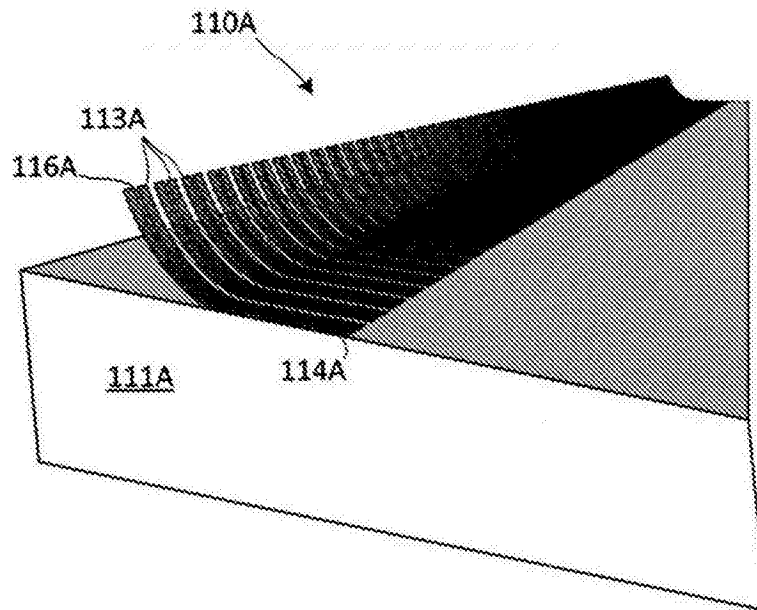


图4

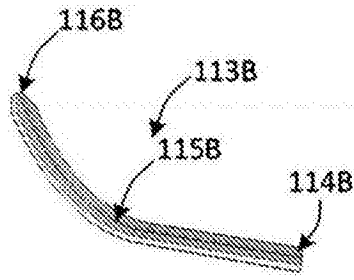


图5A

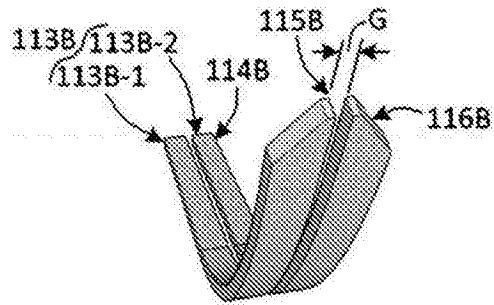


图5B

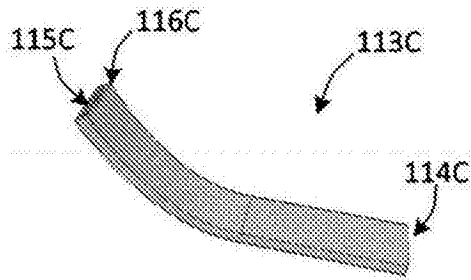


图6A

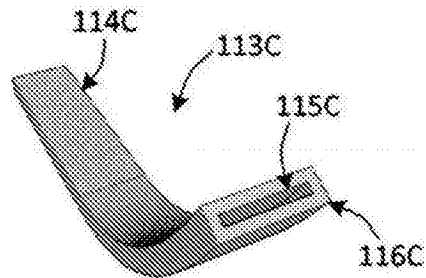


图6B

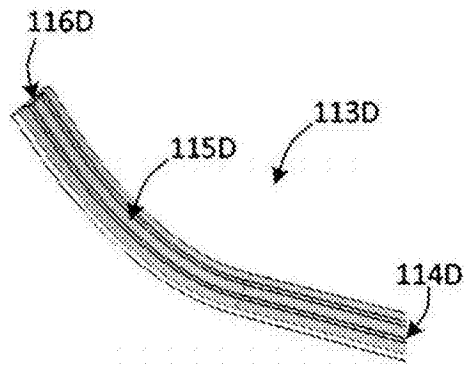


图7

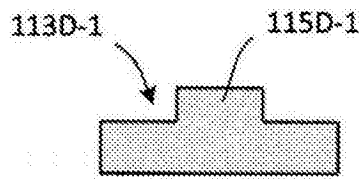


图7A

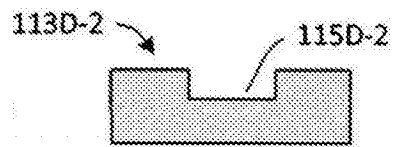


图7B

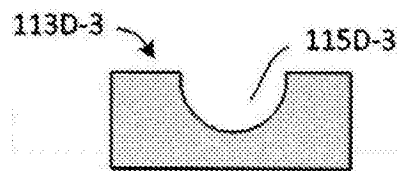


图7C

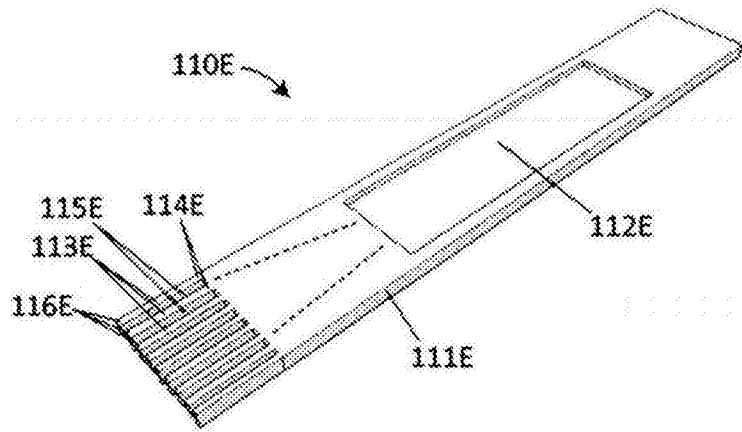


图8

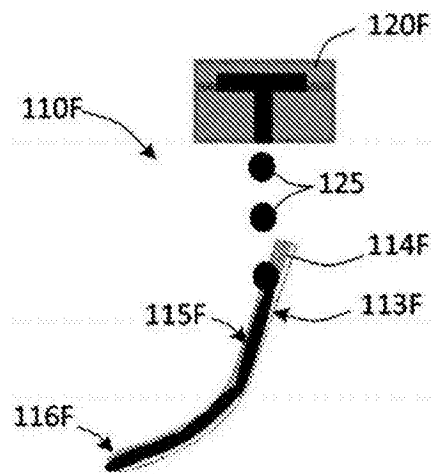


图9A

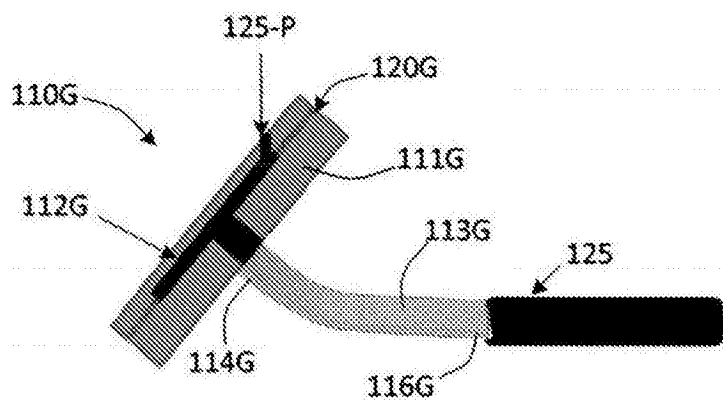


图9B

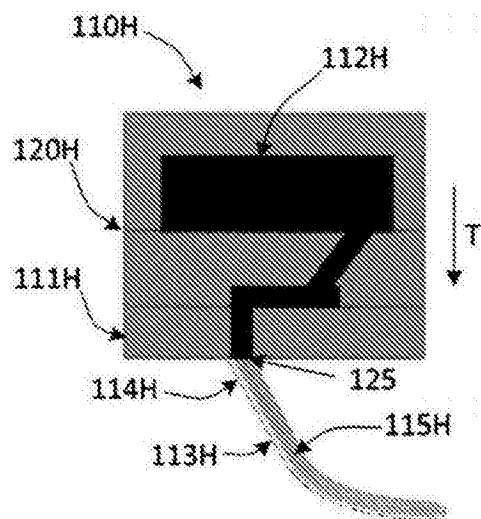


图9C

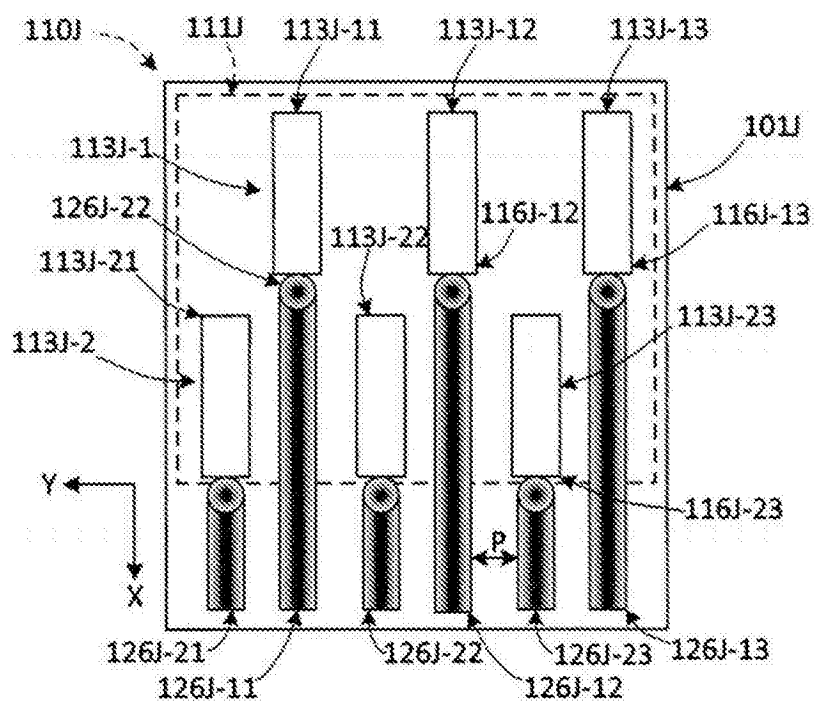


图10A

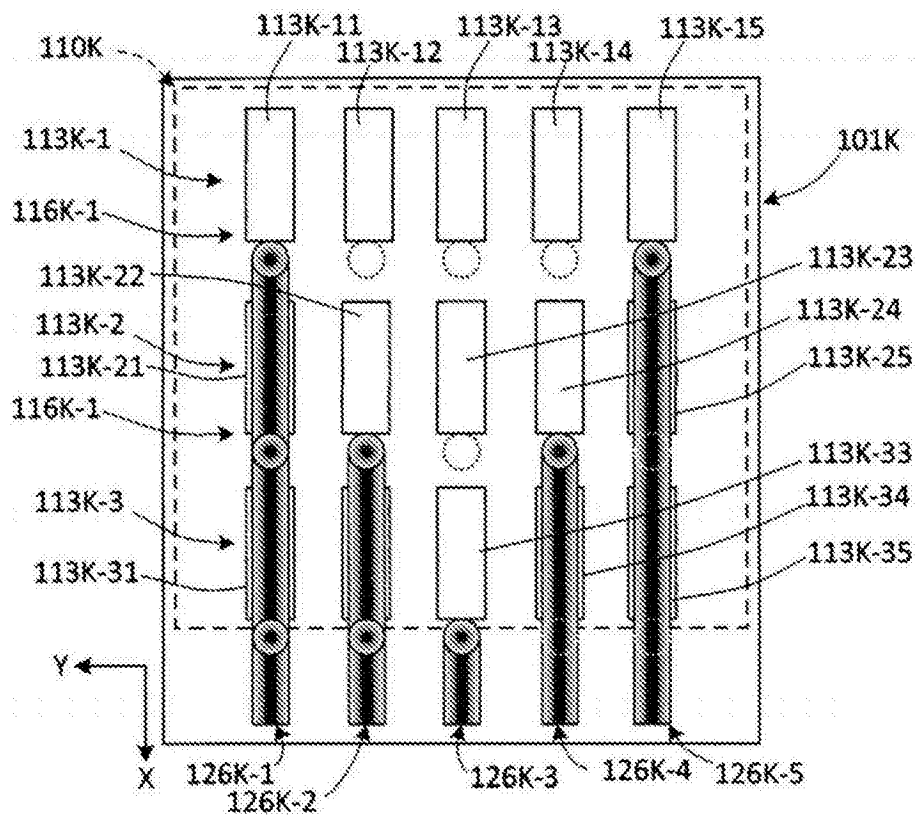


图10B

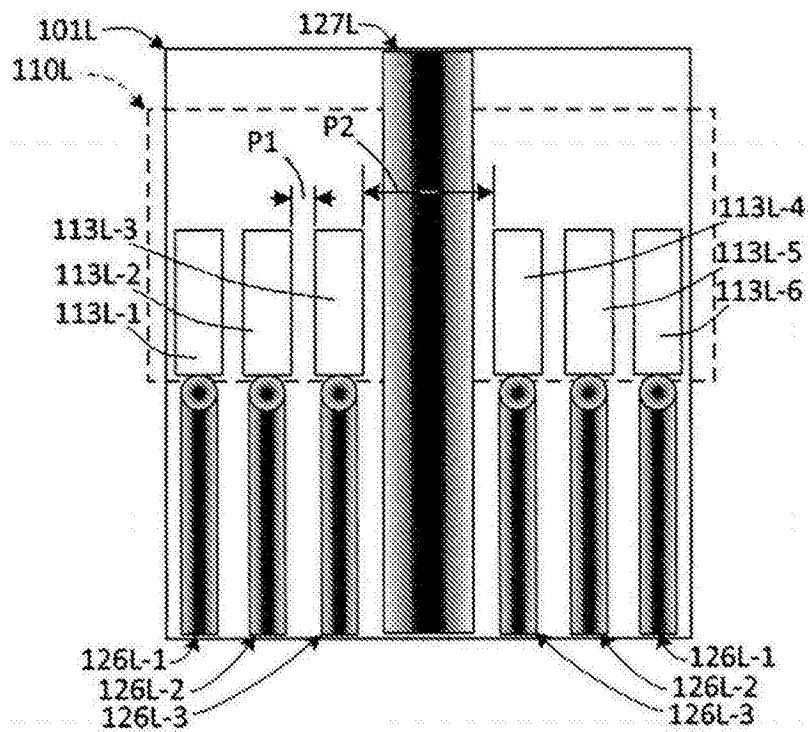


图10C

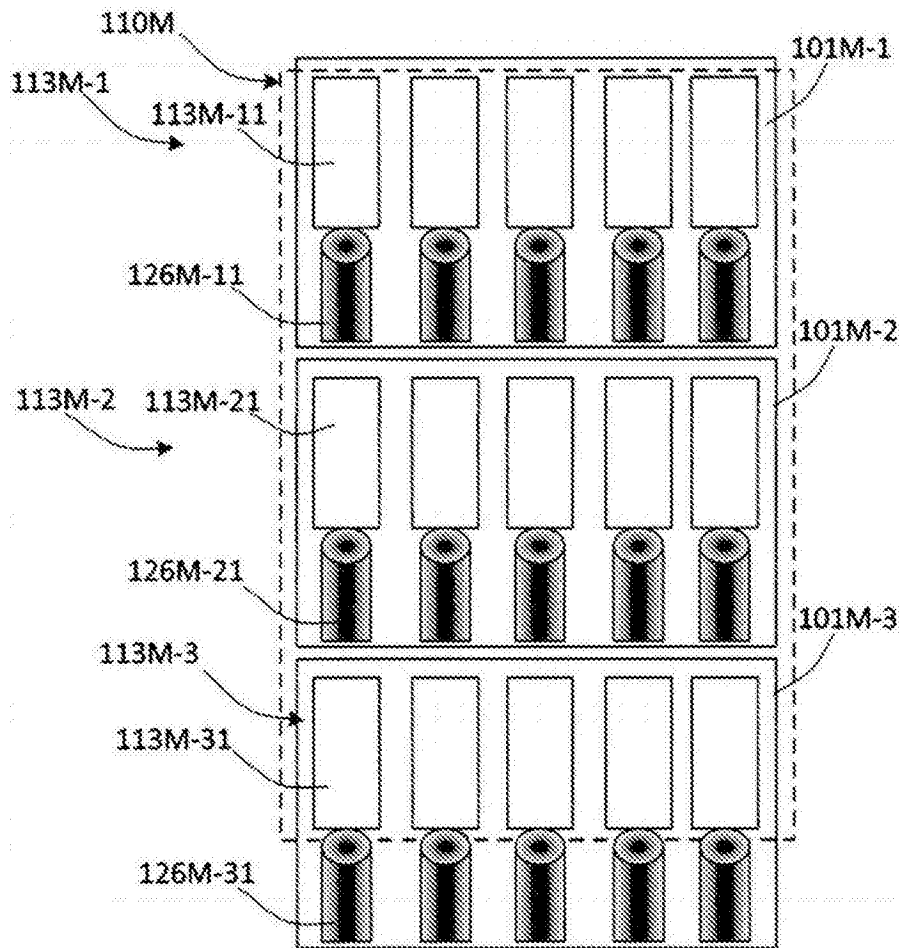


图10D

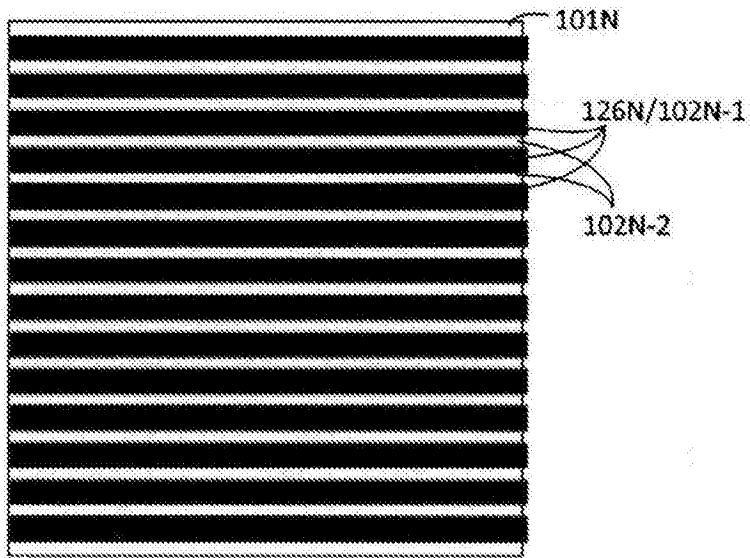


图11

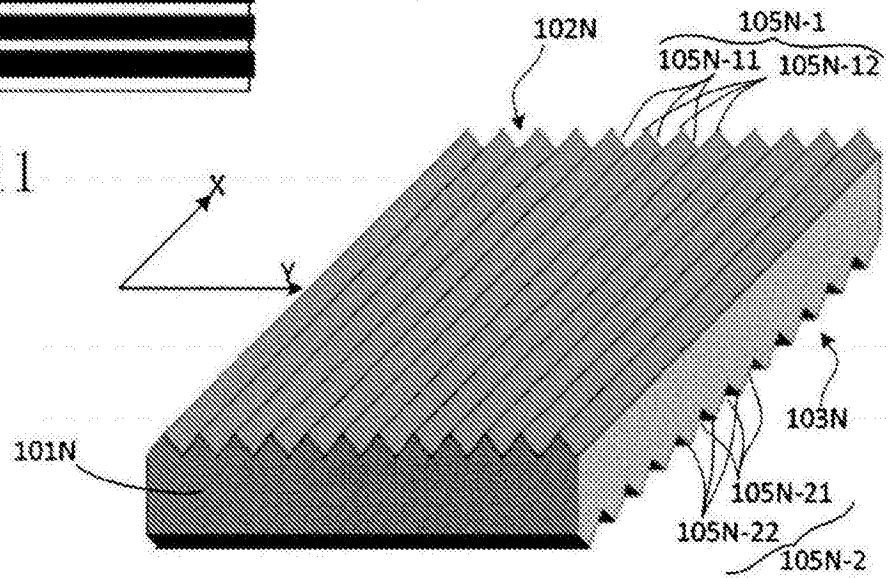


图12

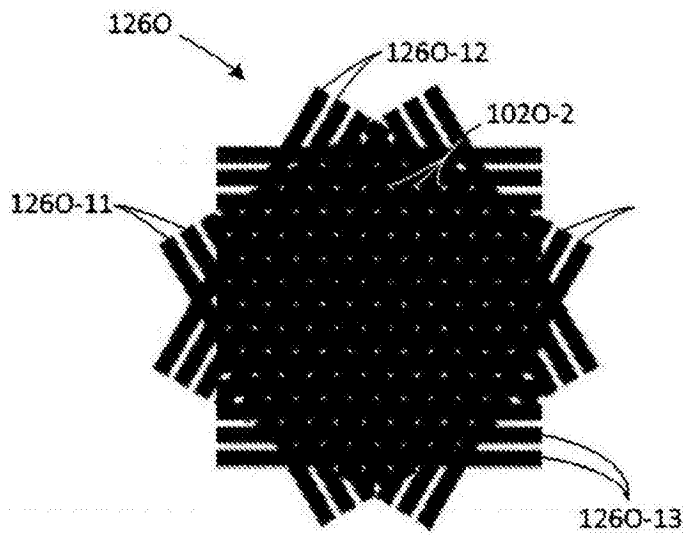


图13

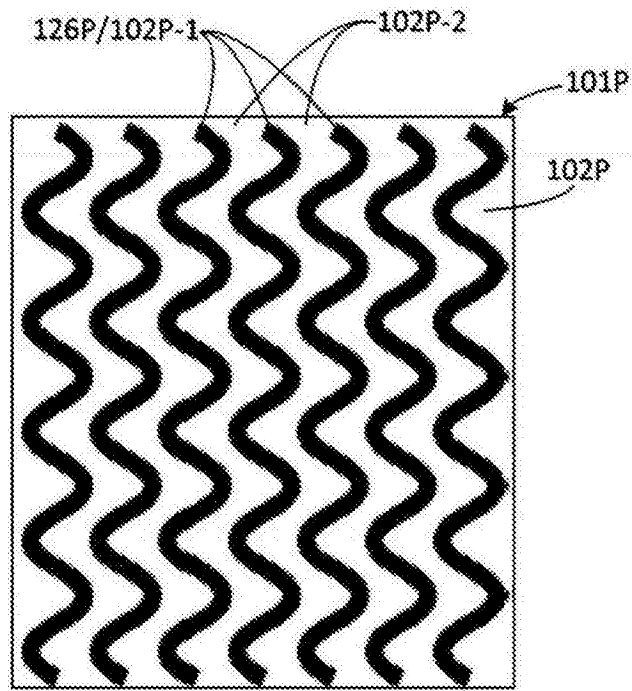


图14A

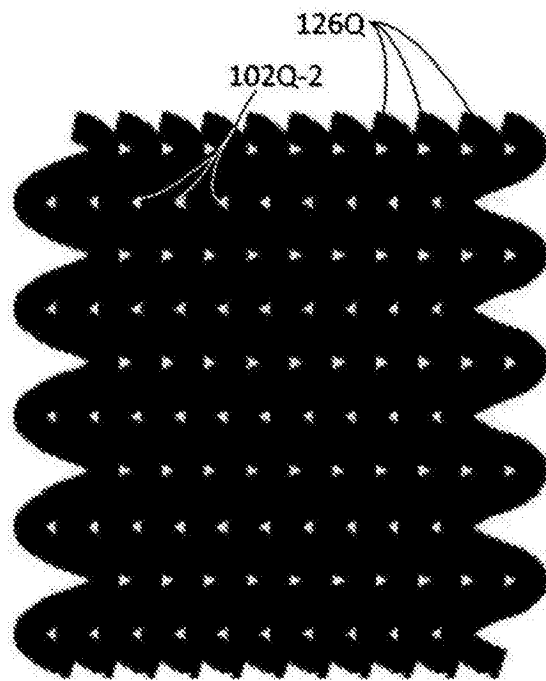


图14B

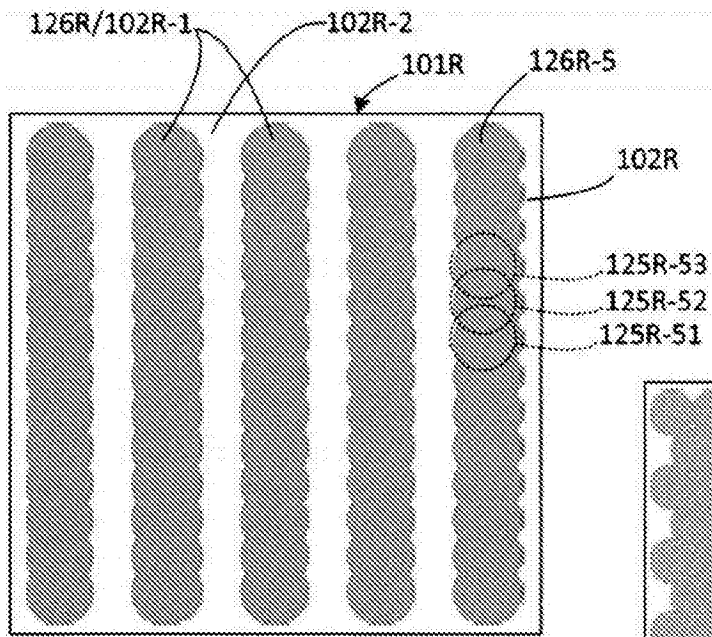


图15A

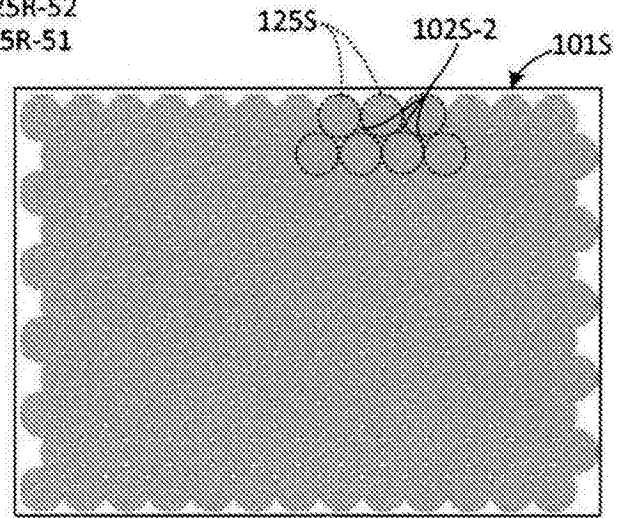


图15B

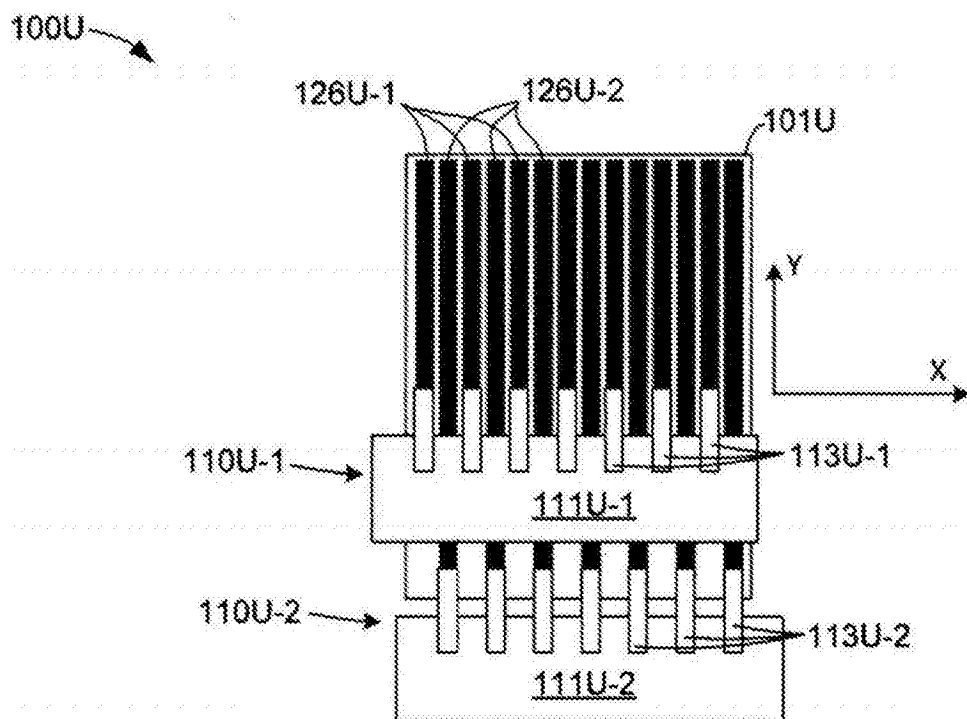


图16