



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106935671 A

(43)申请公布日 2017. 07. 07

(21)申请号 201710122012.5

H01L 31/18(2006.01)

(22)申请日 2011.03.11

(30)优先权数据

MI2010A000407 2010.03.12 IT

(62)分案原申请数据

201180020401.8 2011.03.11

(71)申请人 RISE技术有限责任公司

地址 意大利罗马

(72)发明人 M·布鲁卡尼

(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 金晓

(51)Int.Cl.

H01L 31/042(2014.01)

H01L 31/048(2014.01)

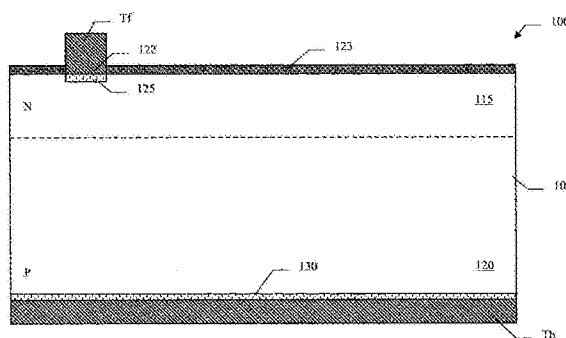
权利要求书3页 说明书19页 附图23页

(54)发明名称

具有用于锚固接触端子的多孔半导体区域的光伏电池、电解和蚀刻模块以及相关生产线

(57)摘要

本公开涉及具有用于锚固接触端子的多孔半导体区域的光伏电池、电解和蚀刻模块以及相关生产线。提出了一种光伏电池,所述光伏电池包括由半导体材料构成的基板以及多个接触端子,所述接触端子中的每一个布置在所述基板的对应接触区上,以收集由光在所述基板内产生的电荷。对于所述接触中的至少一,所述基板包括至少一个从所述接触区延伸到所述基板内的用于将整个对应的接触端子锚固到所述基板上的多孔半导体区域。在根据本发明的实施例的解决方案中,每一个多孔半导体区域的孔隙度随着背离接触区向基板内移动而减小。还提出了用于处理光伏电池的一种蚀刻模块和一种电解模块、一种用于制造光伏电池的生产线以及一种用于制造光伏电池的过程。



1. 一种光伏电池 (100), 包括由半导体材料制成的基板 (105; 105') 和多个接触端子 (Tf, Tb), 每个接触端子布置在所述基板的对应接触区 (122) 上以收集通过光在所述基板内产生的电荷, 对于所述接触区中的至少一个, 所述基板包括从该接触区延伸到所述基板内的至少一个多孔半导体区域 (125, 130), 以用于将整个对应的接触端子锚固到所述基板上, 其中

每一个多孔半导体区域具有随着远离接触区朝向基板内移动而降低的孔隙度。

2. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中所述孔隙度从接触区 (122) 处的 70%–90% 降低至基板 (105, 105') 中最大深度处的 10%–30%。

3. 根据权利要求1或2所述的光伏电池 (100), 其中, 每一个多孔半导体区域 (125, 130) 的厚度低于 $1\mu\text{m}$, 对应的接触端子 (Tf, Tb) 穿透到所述多孔半导体区域 (125, 130) 的区域的整个厚度内。

4. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中, 每一个多孔半导体区域 (125, 130) 包括接近对应的接触区 (122) 的具有逐渐减小的孔隙度的外层 (325e) 和远离对应的接触区的具有均匀的孔隙度的内层 (325i)。

5. 根据权利要求4所述的光伏电池 (100), 其中, 所述外层 (325e) 的孔隙度从最大值减小到最小值, 并且其中, 所述内层 (325i) 的孔隙度被包含于所述最大值和所述最小值之间。

6. 根据权利要求4或5所述的光伏电池 (100), 其中, 所述内层 (325i) 比所述外层 (325e) 厚。

7. 根据权利要求6所述的光伏电池 (100), 其中所述内层 (325i) 的厚度等于所述外层 (325e) 的厚度的 1.5–6 倍。

8. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中每一个接触区 (122) 的所述至少一个多孔半导体区域 (125, 130) 是在接触区 (122) 的整个表面上延伸的遍布所述表面具有均匀的孔隙度的单个多孔半导体区域 (125, 130)。

9. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中每一个接触区 (122) 的所述至少一个多孔半导体区域 (125, 130) 包括遍布所述接触区 (122) 均匀分布的多个多孔半导体区域。

10. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中, 每一个接触区 (122) 的所述至少一个多孔半导体区域 (125, 130) 具有随着从其边界向接触区内移动而减小的孔隙度。

11. 根据权利要求10所述的光伏电池 (100), 其中每一个接触区 (122) 的所述至少一个多孔半导体区域 (125, 130) 的孔隙度从在接触区的边界处的最大值降低至在其中心处的等于所述最大值的 10%–50% 的最小值。

12. 根据权利要求10或11所述的光伏电池 (100), 其中, 每一个接触区 (122) 的所述至少一个多孔半导体区域 (125, 130) 包括多个多孔半导体区域, 所述多个多孔半导体区域的浓度和/或尺寸随着从其边界向接触区内移动而减小。

13. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中所述基板 (105; 105') 具有用于吸收光的正面, 所述至少一个接触区 (122) 包括所述正面的至少一个正面接触区 (122) 以用于对应的至少一个正面接触端子 (Tf), 所述至少一个正面接触区 (122) 和所述至少一个正面接触端子 (Tf) 具有平的轮廓。

14. 根据权利要求1所述的光伏电池 (100), 其中所述基板 (105; 105') 具有 20–100 μm 的厚度。

15. 一种制造光伏电池 (100) 的过程, 所述过程包括以下步骤:

提供半导体材料的基板 (105; 105'), 该基板 (105; 105') 具有用于吸收光的正面, 形成布置在所述正面的对应的至少一个正面接触区 (122) 上的至少一个正面接触端子 (Tf), 用于收集通过光在所述基板内产生的电荷,

其中

所述至少一个正面接触区和所述至少一个正面接触端子具有平的轮廓, 形成所述至少一个正面接触端子的步骤包括:

形成从每一个正面接触区延伸到所述基板内的至少一个正面多孔半导体区域 (125), 用于将对应的整个正面接触端子锚固到所述基板上, 以及

化学淀积所述至少一个正面接触端子。

16. 根据权利要求15所述的过程, 其中, 在低于350°C的温度执行所述形成至少一个正面接触端子 (Tf) 的步骤。

17. 根据权利要求15或16所述的过程, 其中, 所述形成至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的步骤包括:

在黑暗条件下使所述基板 (105, 105') 的对应于所述至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的正面层经受阳极处理, 所述正面层是掺杂浓度低于 $1 \cdot 10^{17}$ 个原子/cm³的N型硅。

18. 根据权利要求17所述的过程, 其中所述黑暗条件为低于2lux。

19. 根据权利要求15所述的过程, 包括:

在化学淀积所述至少一个正面接触端子 (Tf) 的步骤之后在低于350°C的温度执行快速热退火处理。

20. 根据权利要求15所述的过程, 其中形成至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域 (125) 形成为具有随着远离对应的正面接触区 (122) 朝向基板内 (105, 105') 移动而降低的孔隙度。

21. 根据权利要求20所述的过程, 其中形成至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域 (125) 形成为孔隙度从对应的正面接触区 (122) 处的70%-90%降低至基板 (105, 105') 中最大深度处的10%-30%。

22. 根据权利要求20或21所述的过程, 包括:

将每一个正面多孔半导体区域 (125) 形成为厚度低于1 μ m, 以及

化学淀积每一个正面接触端子 (Tf) 为穿透到多孔半导体区域 (125) 的对应的正面区域的整个厚度内。

23. 根据权利要求20所述的过程, 其中形成至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域 (125) 形成为包括接近对应的正面接触区 (122) 具有逐渐减小的孔隙度的外层 (325e) 和远离对应的正面接触区具有均匀的孔隙度的内层 (325i)。

24. 根据权利要求23所述的过程, 其中形成至少一个正面多孔半导体区域 (125) 的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域 (125) 形成为所述外层 (325e) 的孔隙度从最大值减小到

最小值,并且所述内层(325i)的孔隙度被包含于所述最大值和所述最小值之间。

25. 根据权利要求23或24所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域(125)形成为所述内层(325i)比所述外层(325e)厚。

26. 根据权利要求25所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

将每一个正面多孔半导体区域(125)形成为所述内层(325i)的厚度等于所述外层(325e)的厚度的1.5-6倍。

27. 根据权利要求15所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

将每一个正面接触区(125)的所述至少一个正面多孔导体区域(125)形成为在正面接触区(122)的整个表面上延伸的遍布所述表面具有均匀的孔隙度的单个正面多孔半导体区域(125)。

28. 根据权利要求15所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

将每一个正面接触区(125)的所述至少一个正面多孔半导体区域(125)形成为包括遍布所述正面接触区(122)均匀分布的多个正面多孔半导体区域。

29. 根据权利要求15所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

使每一个正面接触区(125)的所述至少一个正面多孔半导体区域(125)形成为具有随着从其边界向正面接触区内移动而减小的孔隙度。

30. 根据权利要求29所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

使每一个正面接触区(125)的所述至少一个正面多孔半导体区域(125)形成为孔隙度从其边界处的最大值降低至在其中心处的等于所述最大值的10%-50%的最小值。

31. 根据权利要求29或30所述的过程,其中形成至少一个正面多孔半导体区域(125)的步骤包括:

使每一个正面接触区(125)的所述至少一个正面多孔半导体区域(125)形成为包括多个正面多孔半导体区域,所述多个正面多孔半导体区域的浓度和/或尺寸随着从其边界向正面接触区内移动而减小。

32. 根据权利要求15所述的过程,其中基板(105,105')具有与所述正面相反的背面,所述过程包括:

形成布置在所述背面的背面接触区(122)上的用于收集电荷的至少一个背面接触端子(Tb),形成至少一个背面接触端子的步骤包括:

形成从每一个背面接触区延伸到所述基板内的至少一个背面多孔半导体区域(125),用于将对应的整个背面接触端子锚固到所述基板上,以及

化学淀积所述至少一个背面接触端子。

33. 根据权利要求15所述的过程,其中提供基板(105;105')的步骤包括:

提供具有20-100 μm 的厚度的所述基板(105;105')。

具有用于锚固接触端子的多孔半导体区域的光伏电池、电解和蚀刻模块以及相关生产线

[0001] 本分案申请是2011年3月11日递交的题为“具有用于锚固接触端子的多孔半导体区域的光伏电池、电解和蚀刻模块以及相关生产线”的中国专利申请NO.201180020401.8的分案申请。

技术领域

[0002] 根据本发明的一个或多个实施例的解决方案涉及光伏应用领域。更具体而言,这一解决方案涉及光伏电池。此外,根据本发明的其他实施例的解决方案涉及电解工艺领域以及蚀刻工艺领域。更具体而言,这些解决方案涉及电解模块(例如,用于执行阳极氧化处理和淀积处理)和蚀刻模块,其例如用在光伏电池生产线中。

背景技术

[0003] 通常采用光伏电池来将光能转换成电能(又称为借助太阳光使用的太阳能电池)。最常见的太阳能电池类型是以半导体基板(例如,由硅构成)为基础的,其中,在基板的正面和背面之间形成PN结;被基板的正面吸收的太阳光产生电荷(即,电子-空穴对),由此向外部负载提供对应的电流。

[0004] 每一太阳能电池通常具有处于正面上的正面接触端子和位于背面上的背面接触端子,这些端子用于太阳能电池至外部负载的连接。背面接触端子可以延伸遍及整个背面(因为太阳光通常无法抵达背面),因而其可以相对较薄。相反,应当使正面接触端子维持尽可能小,从而限制其遮蔽正面的阳光(例如,采用具有窄接触条的格栅的形式);因此,正面接触端子应当相对较厚(以降低其沿正面上的接触条的电阻)。

[0005] 本领域已知的各种太阳能电池的一个问题在于:难以将接触端子保持固定到基板上,尤其是对于正面接触端子,因为其尺寸小,厚度大。实际上,即使每一接触端子轻微失去粘附也会涉及其接触电阻的不均匀性或不稳定性,从而导致电流集中在接触端子的其余部分上;结果,接触端子随着其逐渐失去粘附而发热。所有上述问题都对太阳能电池的效率具有不利影响。

[0006] 出于这一目的提出了几项改善基板上的正面接触端子(以及背面接触端子)的粘附的技术。

[0007] 例如,一项已知的技术基于施用金属糊料(例如,通过丝网印刷法),之后执行焙烧处理(以便将所述金属糊料锚固到所述基板上)。然而,所述焙烧处理要求应用非常高的温度(400-750°C的量级左右),这将对太阳能电池引起机械应力(因为其材料的不同热膨胀系数)。因此,必须使太阳能电池保持相对较厚(例如,具有至少150-200 μm 的厚度),以承受这些机械应力而不发生破裂。金属糊料的应用还涉及到高制造成本。此外,金属糊料提供了相对较高的接触端子电阻(其对太阳能电池的效率存在不利影响)。

[0008] 而另一种已知技术则基于在基板的正面上形成沟槽(例如,通过激光烧蚀处理),之后向其中淀积金属层;这些沟槽相对较深(例如3-60 μm),从而将如此获得的正面接触端

子(至少部分地)掩埋到基板内(由此保持机械锚固到所述基板)。然而,所述沟槽将使太阳能电池的机械结构变弱。因此,如上所述,必须使太阳能电池保持相对较厚(以避免其破裂)。

[0009] 也有在太阳能电池的生产中采用多孔硅的,从而在基板的正面上形成抗反射涂层(ARC)。

[0010] 例如,Vinod等人,"The ohmic properties and current-voltage characteristics of The screen-printed silicon solar cells with porous silicon surface",Solid State Communications,Pergamon,GB LNKD-DOI:10.1016/J.SSC.2009.02.019,vol.149,no.23-24,pages957-961,XP026098082ISSN:0038-1098(通过引用将其公开全文并入本文)指出可以通过Ag糊料丝网印刷步骤并继之以对其的焙烧(在725°C)形成接触端子,从而在此条件下制造太阳能电池;之后通过对 n^+ -Si表面的电化学蚀刻形成多孔硅(在大多数情况下Ag接触不具备任何保护涂层)。或者(为了避免对应的问题),该文献还指出,可以首先形成多孔硅,随后在其上形成Ag接触;之后执行700-825°C的焙烧步骤,并继之以450°C的退火步骤,以促进Ag和 n^+ -Si之间的欧姆接触的形成(通过促使Ag接触中含有的熔融态玻璃粉几乎完全贯穿所述多孔硅层的整个厚度,由此建立长钉状直接Ag-Si互连)。Vinod等人的文献明确指出必须在非常高的温度上执行焙烧步骤(因为“700°C的低温焙烧不足以彻底润湿和蚀刻多孔硅膜的整个厚度”)。在冷却的同时,Ag/Si层再结晶,从而建立了预期的欧姆接触。

[0011] 采用恒定处理参数(即电流密度)执行形成多孔硅的步骤。此外,所述再结晶过程(尤其是诸如Ag/Si层的合金的再结晶过程)通常产生同构结构(例如,参考B.Arzasov,Material Science Edit,Mir Publisher Moscow,English translation 1989,chapter 4.3,page 91,ISBN5-03-000074-7,通过引用将该公开文献全文并入本文,该文献中阐述了“将再结晶理解为具有较低数量的结构缺陷的新晶粒的成核和生长;再结晶将导致全新的而且最通常为等轴的晶体的形成”并且阐述了“作为规律,再结晶合金在其特性方面是均匀性的,其未显示出任何各向异性”)。此外,在多孔硅形成之后使其受到高温作用倾向于降低浅表孔隙度(例如,参考M.Banerjee et al.,“Thermal annealing Of porous silicon to develop a quasi monocrystalline structure”,J Mater Sci:Mater Electron(2009) 20:305-311DOI 10.1007/s10854-008-9725-y,通过引用将该公开文献全文并入本文,在该文献中阐述了在热处理之后“将多孔硅转换成了具有光滑表面以及主体内嵌入了很少的空隙的类单晶多孔硅”)。

[0012] 此外,US-A-2009/0188553(通过引用将该公开文本全文并入本文)提出了采用正面上的多孔硅层避免所产生的电荷的复合。或者,可以采用多孔硅层吸取基板的杂质;在这种情况下,对基板退火,从而使杂质扩散到多孔硅层内,之后将所述多孔硅层去除。该文献还提出在促进黏着的多孔硅层上电镀正面接触端子。出于这一目的,在正面上形成沟槽;之后在沟槽内形成多孔硅层,从而为接下来的对应掩埋电接触的电镀提供粘附促进表面(在所述背面上也可以形成另一多孔硅层,从而使其钝化,随后开出窗口,从而通过淀积在这一钝化层之上的金属化层接触所述基板)。在另一实施例中,将金属化层直接淀积在形成于整个背面上的多孔硅层上;在这种情况下,在对应的电接触区域上电镀正面接触端子,所述电接触区域是通过对其上施加了空穴清除剂层的光催化剂层进行有选择地辐射而获得的。最

后,在一个不同的实施例中,通过电镀对应的前体电接触而形成正面接触端子;所述前体电接触是通过丝网印刷和蚀刻过程形成于多孔硅层上的。然而,这些技术都面临着相同的如上文所述的缺点,即,由沟槽导致了机械结构的变弱(其要求使太阳能电池保持相对较厚),并且电接触区域或前体电接触的形成导致了高制造成本。

[0013] 在完全不同的应用中也会用到多孔硅。例如,在WO/2007/104799A1(通过引用将其公开内容全文并入本文)中,在基板上形成多孔硅层,以促进形成于其上的引线的提升,从而获得对应的互连元件(在去除了基板之后)。出于这一目的,将所述多孔硅层配置为允许引线的一部分从基板上剥离,但是同时避免了其完全脱离;具体而言,所述多孔硅层具有的孔隙度优选随着移向其将要升高的部分而降低。在任何情况下,所述多孔硅层都相对较厚(例如,至少 $2\mu\text{m}$),其孔隙度也可以随着移向基板内而降低(产生基板变弱将不再是一个问题,因为通常在形成升高的引线之后会将其去除)。

发明内容

[0014] 概括来讲,根据本发明的一个或多个实施例的解决方案基于这样一种思想,即,采用多孔硅将接触端子锚固到太阳能电池的(或者更一般而言的光伏电池的)基板上。此外,根据本发明的一个或多个实施例的解决方案基于这样一种思想,即,采用动态弯液面实现电解模块或蚀刻模块(也可以采用所述电解模块和/或蚀刻模块实施光伏电池的生产线)。

[0015] 具体而言,在独立权利要求中阐述了根据本发明的具体实施例的解决方案的一个或多个方面,在从属权利要求中阐述了该解决方案的有利特征,所述解决方案的文字将通过引用逐字并入到所述从属权利要求中(参照根据本发明的实施例的解决方案的具体方面提供的任何有利特征加以必要的变更都适用于所述解决方案的所有其他方面)。更具体而言,根据本发明的实施例的解决方案的一个方面提供了一种包括由半导体材料(例如,硅)制成的基板的光伏电池(或太阳能电池)。所述光伏电池包括多个接触端子;每一个接触端子布置在所述基板的对应接触区上,用于收集由光在所述基板内产生的电荷(例如,在所述基板的正面和/或背面上)。对于一个或多个所述接触区而言,所述基板包括至少一个从所述接触区延伸到所述基板内的用于将整个对应的接触端子锚固到所述基板上的多孔半导体区域(例如,多孔硅)。在根据本发明的实施例的一个解决方案中,每一个多孔半导体区域的孔隙度随着背离接触区向基板内移动而减小。

[0016] 根据本发明的实施例的解决方案的另一方面提供了一种蚀刻模块,用于对基板执行蚀刻过程(例如,用于对这些光伏电池进行处理)。所述蚀刻模块包括蚀刻头。而所述蚀刻头又包括具有操作表面的支持元件。所述蚀刻头然后包括一个或多个用于将蚀刻溶液输送到所述操作表面上的输送口。所述蚀刻头还包括一个或多个用于抽吸所输送的蚀刻溶液的抽吸口(将所述操作表面上的输送口完全包围);通过这种方式,在与所述基板的对应部分接触时,在所述操作表面上形成动态弯液面。

[0017] 根据本发明的实施例的解决方案的另一方面提供了一种用于对基板执行电解过程(例如,阳极氧化处理或淀积过程)的电解模块(例如,用于处理这些光伏电池)。所述电解模块包括一组处理头。而每一处理头又包括具有操作表面的支持元件。所述处理头又包括一个或多个用于将溶液输送到所述操作表面上的输送口(所述支持元件至少部分地由导电材料制成,以实现与溶液的接触)。所述处理头还包括一个或多个用于抽吸所输送的溶液的

抽吸口(在所述操作表面上围绕所述输送口布置);通过这种方式,在与所述基板的对应部分接触时,在所述操作表面上形成动态弯液面。所述处理头之一是用于提供电解溶液的动态弯液面的电解头。所述电解模块还包括用于通过所述电解头向所述电解溶液施加第一偏压的第一偏置装置以及用于向所述基板施加第二偏压的第二偏置装置。

[0018] 根据本发明的实施例的解决方案的另一方面提供了一种用于制造这些光伏电池的生产线。所述生产线包括蚀刻站;而所述蚀刻站又包括一组上述蚀刻模块,每一个蚀刻模块用于清理出当前处于所述蚀刻站内的每一基板上的接触区的对应部分。此外或者作为替代,所述生产线还包括阳极氧化站;所述阳极氧化站又包括一组上述电解模块,每一个电解模块用于在当前处于所述阳极氧化站内的每一基板的接触区内形成多孔半导体区域的对应部分。此外或者作为替代,所述生产线还包括淀积站;所述淀积站又包括一组如上所述的另一电解模块,每一个所述另一电解模块用于在当前处于所述淀积站内的每一基板的接触区上形成接触端子的对应部分。

[0019] 根据本发明的实施例的解决方案的另一方面提供了一种制造光伏电池的过程。具体而言,所述过程包括提供由半导体材料制成的基板的步骤,所述基板具有吸收光的正面。之后,形成至少一个正面接触端子;所述接触端子布置在所述正面的正面接触区上,用于收集由光在所述基板内产生的电荷。在根据本发明的实施例的一个解决方案中,所述正面接触区和所述正面接触端子具有平的轮廓。形成至少一个正面接触端子的步骤包括形成至少一个正面多孔半导体区域,所述正面多孔半导体区域从所述正面接触区延伸到所述基板内,从而将所述整个正面接触端子锚固到所述基板上。所述过程还包括化学淀积所述正面接触端子。

[0020] 在本发明的实施例中,还可以通过执行同样的步骤而在所述基板的(与其正面相对的)背面上形成至少一个背面接触端子。

附图说明

[0021] 通过参考下述具体实施方式根据本发明的一个或多个实施例的解决方案及其额外特征和优点将得到最好的理解,所述具体实施方式纯粹是通过非限制性指示给出的,并且应当结合附图来读(其中,采用等同或相似的附图标记表示对应的要素,出于简捷的原因将不重复对它们的解释)。在这一点上,要明确指出,附图未必是按比例描绘的(可能夸大和/或简化了一些细节),除非另有陈述,否则只是采用其对文中描述的结构和程序进行概念上的举例说明。具体而言:

[0022] 图1示出了根据本发明的实施例的太阳能电池的简化截面图,

[0023] 图2A-2H示出了根据本发明的实施例的太阳能电池制造过程的主要阶段,

[0024] 图3A示出了根据本发明的实施例的多孔硅区域的扫描电子显微照片,

[0025] 图3B示出了根据本发明的另一实施例的多孔硅区域的示意性截面图,

[0026] 图4A-图4B分别示出了根据本发明的实施例的可以用于处理太阳能电池的处理头的简化截面图和底视图,

[0027] 图5A-5B示出了根据本发明的实施例用于制造这一处理头的过程的主要阶段,

[0028] 图6A-6B示出了根据本发明的实施例的可以用来在不同的操作条件下处理太阳能电池的示范性蚀刻模块,

[0029] 图7A-7C示出了根据本发明的对应实施例的可以用来在不同的操作条件下处理太阳能电池的示范性阳极氧化模块，

[0030] 图8A-8C示出了根据本发明的对应实施例的可以用来在不同的操作条件下处理太阳能电池的两个示范性淀积模块，

[0031] 图9A示出了根据本发明的实施例的太阳能电池生产线的示意性方框图，以及

[0032] 图9B-图9Q示出了根据本发明的对应实施例的这一生产线在不同操作条件下的不同示范性架构。

具体实施方式

[0033] 现在参考图1，其示出了根据本发明的实施例的太阳能电池100的简化截面图。

[0034] 具体而言，在硅基板105（例如，具有156mm×156mm的尺寸）中制造太阳能电池100。基板105具有在太阳能电池100的操作过程中暴露于阳光下的正面（上表面）和与之相反的背面（下表面）。基板105包括上面的N型层115和下面的P型层120，它们形成了（冶金）PN结（基板105的正面和背面分别是由所述N型层115的露出表面和所述P型层120的露出表面界定的）。

[0035] 分别在基板105的正面和背面上形成正面接触端子Tf（或更多）以及背面接触端子Tb（或更多），以收集通过太阳光在基板105内产生的电荷。典型地，所述正面接触端子Tf在基板105的正面的小接触区122上延伸，所述接触区是通过穿透基板105的保护层123打开的对应接触窗口而露出的（从而限制其对正面阳光的遮蔽）；例如，正面接触端子Tf具有带有多个窄接触条（遍布整个太阳能电池延伸，例如，具有5-200μm的宽度）的格栅结构，所述的窄接触条连接至一对更大的接触条或总线（例如，具有0.5-3mm的宽度）。因此，正面接触端子Tf相对较厚（例如，具有10-50μm的厚度），从而（沿基板105的正面上的其接触条和接触总线的长度）降低对应的电阻。相反，背面接触端子Tb通常遍布基板105的整个背面（在这样的情况下太阳光无论如何都无法抵达该表面）延伸，对其尺寸和厚度不存在任何限制。

[0036] 在根据本发明的实施例的解决方案中，多孔硅区域125（或更多）从基板105内的接触区122开始（在正面接触端子Tf之下）延伸，在下文中将对此予以详细说明。

[0037] 多孔硅区域125有力地增强了整个正面接触端子Tf在接触区122上的粘附；因此，将正面接触端子Tf牢固地锚固在了基板105上，由此保证了稳定的接触电阻。

[0038] 此外，本发明的发明人出乎其意料地推定出，通过这种方式即使正面接触端子Tf和基板105的正面都是平的也能够使正面接触端子Tf保持锚固在基板105的正面上，而不管正面接触端子Tf的尺寸和/或厚度如何。下文采用的词“平的”是指基板105的正面没有像现有技术中那样具有用于增加粘附的任何凹槽（其宽度和/或深度的大小量级分别与正面接触端子Tf的尺寸（即，宽度和尺寸）相同）。自然地，这并不排除在基板105的正面上具有非常小的不规则性（即，其宽度和/或深度比正面接触端子Tf的尺寸小至少一个或两个数量级）；例如，其通常发生在使基板105的正面织构化（例如，通过各向异性蚀刻处理），以降低其在太阳光的主波长上的反射率时。

[0039] 所有的上述条件实现了对非常薄的基板105进行加工，以制作太阳能电池100（例如，具有20-100μm的厚度），这对其成本具有有利的作用。

[0040] 与此同时，多孔硅区域125还起着基板105的杂质（例如，金属和氧）吸收中心的作用。

用;其延长了基板105内的电子和空穴的寿命。因此,上述解决方案对太阳能电池100的光生电荷(即,电子和空穴)的寿命具有有利影响。

[0041] 或者或此外,多孔硅区域130(或更多)可以以类似方式从基板105的背面延伸至背面接触端子Tb之下。如上所述,多孔硅区域130有力地增强了整个背面接触端子Tb的粘附,从而(在充当基板105的杂质吸收中心的作用之外)将背面接触端子Tb也牢固地锚固到基板105上。

[0042] 在这两种情况下,由多孔硅区域125、130提供的提高的粘附性都允许利用化学(或湿法)淀积处理制作正面和/或背面接触端子Tf、Tb,而不存在任何使其从基板105上脱离的风险(从而确保了稳定的接触电阻)。因此,有可能降低太阳能电池100在其制造过程中受到的温度(例如,在室温下进行加工,或者无论如何都低于300-350°C),从而避免或者至少有力地降低了太阳能电池100上的任何机械应力(由太阳能电池的各种材料的不同热膨胀系数导致的)。其进一步降低了太阳能电池100的制造成本,并且显著降低了接触端子Tf、Tb的电阻,其相应地提高了太阳能电池100的效率。

[0043] 现在参考图2A-2H,其示出了根据本发明的实施例的用于制造这一太阳能电池的过程的主要阶段。

[0044] 如图2A的例子所示,所述制造过程开始于界定太阳能电池的基板105的(具有单晶类型或多晶类型的)硅晶片;所述晶片105为P导电类型(例如,具有1-3 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率)。任选地,也可以形成从晶片105的背面延伸的高度掺杂P型接触层(图中未示出)(从而提供与对应的背面接触端子的良好的欧姆接触)。可以使多孔硅区域130在晶片105的整个延展范围内以0.05-1 μm (例如0.3 μm)的深度从所述背面延伸到晶片105内。出于这一目的,对晶片105进行阳极处理(将在下文中对此详细描述),其中,在电解池中将晶片105用作阳极(其相对于电解池的阴极的负电压处于正电压上)。

[0045] 所述制造过程继续至图2B,其中,使所述N型层115从所述正面延伸到晶片105内(例如,通过扩散或注入过程);通过这种方式,晶片105的其余部分界定了P型层120(其与靠近晶片105的正面掩埋在晶片105内的N型层115形成了期望的PN结)。例如,N型层115具有0.2-1.5 μm (例如0.3-0.7 μm)的深度。N型层115的掺杂浓度具有高斯分布,其在晶片105的正面处从峰值开始降低直到在与P型层120的界面处达到与P型层120相同的值。所述N型层115的峰值掺杂浓度优选为 $5 \cdot 10^{19}$ - $2 \cdot 10^{20}$ 个原子/ cm^3 。否则,在N型层115的掺杂浓度低于 $1 \cdot 10^{19}$ 个原子/ cm^3 时,优选形成从所述正面延伸至所述晶片105内的一个或多个高度掺杂的N型接触区(图中未示出)(其对应于所述正面接触端子,从而提供与所述端子的良好欧姆接触);例如,这些N型接触区具有2-3 μm 的深度以及 $1 \cdot 10^{20}$ - $1 \cdot 10^{21}$ 个原子/ cm^3 的峰值掺杂浓度(从晶片105的正面开始)。

[0046] 参考图2C,在对N型层115的扩散处理过程中,分别在晶片105的正面和背面上形成了薄氧化物层205和薄氧化物层210。之后,在氧化物层205上应用抗反射涂层215(其中,氧化物层210和抗反射涂层215形成了晶片105的正面的保护层123);例如,抗反射涂层215由氮化硅(Si_3N_4)构成,其通常是通过等离子体增强化学气相淀积(PECVD)工艺淀积的。之后,通过(例如)将晶片105浸入到缓冲氢氟酸(HF)溶液中去除晶片105的背面上的氧化物层210。

[0047] 继续至图2D,通过无电镀淀积过程在晶片105的背面上(即,在多孔硅区域130上)

制作薄金属层220;例如,所述薄金属层220由具有0.1-2 μm 的厚度的镍(Ni)构成。

[0048] 如图2E所示,在保护层123(即氧化物层205和抗反射涂层215)中开出用于正面接触端子的接触窗口;例如,这一接触窗口是通过标准光刻处理形成的(其中,以光刻的方式使光致抗蚀剂层图案化,以获得对应的光致抗蚀剂掩模,之后通过(例如)干法或湿法蚀刻过程将不受光致抗蚀剂掩模保护的抗反射涂层215和氧化物层205蚀刻掉)。所述接触窗口露出了晶片105的正面的对应接触区122,其可能为N型接触区(图中未示出)。

[0049] 之后在接触区122中形成从所述正面延伸至晶片105内的多孔硅区域125,例如,其具有0.05-1 μm 的深度(例如,0.2 μm)。出于这一目的,使晶片105再次受到阳极处理(将在下文中详细描述),其中,在电解池(其中的电解液不损害抗反射涂层215或者采用图中未示出的光致抗蚀剂掩模保护抗反射涂层215)中将晶片105用作阳极(处于正电压);就这一方面而言,应当指出施加到晶片105的背面上的正电压使PN结120-115正向偏置,因而不与阳极处理发生干扰。

[0050] 来看图2F,通过无电镀淀积过程在晶片105的正面上(即,在多孔硅区域125上以及去除了可能的保护掩模的抗反射涂层215上)形成薄金属层225;例如,上述薄金属层225由具有0.1-1 μm 的厚度的镍构成。任选地,现在使晶片105受到快速热退火处理,从而在多孔硅层130和薄金属层220之间的界面上以及多孔硅区域125和薄金属层225之间的界面上形成硅化镍(Ni_2Si)层(以降低对应的接触电阻);在相对较低的通常低于350 $^{\circ}\text{C}$ 的温度上,在短时间段内执行这一退火过程(例如,在200 $^{\circ}\text{C}$ 下持续60秒)。

[0051] 所述制造过程继续至图2G,其中,在薄金属层225上形成光致抗蚀剂掩模230,从而使对应于晶片的正面上的接触窗口的部分露出(例如,通过标准光刻过程)。在通过光致抗蚀剂掩模230露出的薄金属层225上(即,在接触窗口上)形成厚金属轨迹235,通过电解淀积过程(通过薄金属层220和225将所需偏压施加到晶片150上)在所述薄金属层220上形成厚金属层240;例如,所述厚金属轨迹235和所述厚金属层240由具有5-50 μm 的厚度的铜(Cu)构成。之后,剥离光致抗蚀剂掩模230。

[0052] 现在参考图2H,对晶片105的正面实施干法或湿法蚀刻过程,直到去除了不受厚金属轨迹235保护的薄金属层225为止,从而使抗反射涂层215露出(例如,通过干法或湿法蚀刻过程,其中,所述厚金属轨迹235起着掩模的作用)。通过这种方式获得了预期的太阳能电池100。具体而言,薄金属层225的其余部分以及位于其顶部的厚金属轨迹235界定了正面接触端子Tf;类似地,薄金属层220和位于其顶部的厚金属层240界定了背面接触端子Tb。

[0053] 上述电解淀积过程允许在相对较短的时间内获得非常厚的正面和背面接触端子Tf、Tb(因此降低了太阳能电池100的制造成本)。在这一点上,应当指出,在(用于执行上述电解淀积过程的)常规电解池中,采用晶片105作为阴极。因此,不能将晶片105的偏置所需的对应负电压施加到其背面来形成正面接触端子Tf的厚金属轨迹235(因为PN结120-115将被反向偏置,从而变成了阻断接触);出于这一原因,通过无电镀淀积过程在晶片105的正面上预先形成薄金属层225,从而允许向其施加所需的负电压。

[0054] 现在来看图3A-图3B,可以采用不同的技术制作各个多孔硅区域(在所述晶片的正面上或者在其背面上)。例如,在本发明的一个实施例中,通过阳极处理获得所述多孔硅区域(其中,在包括富含HF酸的电解液的电解池中采用所述晶片作为阳极)。在阳极处理的电流密度低于临界值 J_{ps} (取决于多种实验因素)时,所述电解液仅与抵达晶片的暴露表面的空

穴发生反应(因而,所述反应受到空穴的输送的限制,而不受其向电解液内的离子扩散的限制)。当然,其要求可在晶片的暴露表面获得(自由)空穴。当在晶片的背面上形成多孔硅区域时,显然可在对应的P型层内获得空穴。相反,当在晶片的正面上形成多孔硅区域时,对应的N型层和电解液之间的界面起着反向偏置肖特基结的作用(其耗尽区的宽度随着N型层内的杂质的浓度的提高而降低)。因此,在N型层具有高杂质浓度(即至少 $1 \cdot 10^{17}$ 个原子/ cm^3)时,N型层内的自由空穴能够通过量子力学隧穿穿过这一结的势垒;反之,必须要向空穴提供能量,从而使其穿过势垒,例如,可以对晶片的正面和/或背面进行光照。这意味着,如果在黑暗条件下(例如,低于0.2-2lux,例如,低于1lux)执行所述阳极处理,那么将只能在具有至少等于 $1 \cdot 10^{17}$ 个原子/ cm^3 的掺杂浓度的N型层的外面部分获得多孔硅区域。因此,可以采用N型层的掺杂浓度分布以非常简单、准确的方式控制多孔硅区域的深度;要想实现这一目的,针对多孔硅区域的预期厚度向所述N型层的外面部分提供这一掺杂浓度,向所述N型层的其余部分提供较低的掺杂浓度就足够了(因而,在所述N型层的整个外面部分转换成多孔硅之后,所述阳极处理将自动停止)。在任何情况下(即,在希望具有较低的深度时,在N型层具有较高的掺杂浓度时,或者在对晶片照明时),可以通过改变阳极处理的长度控制多孔硅区域的深度。

[0055] 如此获得的多孔硅具有复杂的结构,所述结构具有由小的孔隙构成的随机网络。多孔硅的特性取决于其形态,其形态又随由不同参数界定的阳极处理的状况而变(例如,所述长度、硅的杂质浓度和类型、电流密度、电解液类型等)。在这一背景下,多孔硅的相关特性是其孔隙度($P_{PS}\%$),相对于(致密)硅将其定义为:

$$[0056] \quad P_{PS} \% = \left(1 - \frac{\rho_{PS}}{\rho_{Si}} \right) \%$$

[0057] 其中, ρ_{PS} 是多孔硅的密度, ρ_{Si} 是致密硅的密度(即 $2.3\text{g}/\text{cm}^3$)。可以通过应用下述公式测得多孔硅密度 ρ_{PS} :

$$[0058] \quad \rho_{PS} = \rho_{Si} - \frac{P_{Si} - P_e}{S \cdot d_{PS}}$$

[0059] 其中,可以测得值 P_{Si} (阳极处理之前的晶片初始重量)、 P_e (阳极处理之后的晶片最终重量)和 d_{PS} (多孔硅区域的厚度),而值 S (受到阳极处理的晶片的暴露表面的范围)是已知的。具体而言,孔隙度随着N型掺杂浓度而提高,随着P型掺杂浓度而降低。此外,孔隙度随着电流密度的增加(高于最小值)和/或随着电解液浓度的降低而增大。

[0060] 作为良好的粘附性(高孔隙度)和良好的机械稳定性(低孔隙度)这两种对立要求之间的权衡结果来选择多孔硅区域的孔隙度。例如,在本发明的一个实施例中,多孔硅的孔隙度处于 $P_{PS}\% = 20\% - 80\%$ 的范围内,优选处于 $P_{PS}\% = 30\% - 70\%$ 的范围内,例如, $P_{PS}\% = 50\%$ 。在任何情况下,都应当使多孔硅区域保持相对较薄;例如,在本发明的一个实施例中,所述多孔硅区域具有低于 $1\mu\text{m}$,优选低于 $0.5\mu\text{m}$ 的厚度,例如,可以是 $0.2\mu\text{m}$ 。实际上,通过这种方式,形成于多孔硅区域上的接触端子的金属穿透到了整个多孔硅区域的孔隙内,由此使固结其结构,从而避免了机械稳定性问题,并且保证了稳定的接触电阻。

[0061] 在每一接触区内优选形成在其整个表面上延伸的单个多孔硅区域(遍布具有均匀的孔隙度);这通过一种非常简单的方式提供了对应的接触端子的最佳粘附性。

[0062] 或者,可以在每一接触区内形成多个多孔硅区域。所述多孔硅区域(其可具有任何

形状,例如,矩形、方形或圆形)遍及所述接触区均匀分布。所述接触区内的多孔硅区域的浓度决定着其整体的(平均)粘附力。例如,具有 10mm^2 的尺寸的单个多孔区域(由提供 20MPa 的粘附的多孔硅构成)产生 $(20 \cdot 10^6) \cdot (10 \cdot 10^{-6}) = 200\text{N}$ 的粘附力;采用具有 1mm^2 的尺寸的由提供 40MPa 的粘附的多孔硅构成的5个多孔区域将获得相同的结果,其也将产生 $(40 \cdot 10^6) \cdot (5 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) = 200\text{N}$ 的粘附力。通过这种方式,有可能使多孔硅区域的作用(提高粘附性但是降低机械稳定性)与致密硅的作用(保持机械稳定性)交替。

[0063] 在本发明的另一实施例中,多孔硅区域的粘附性随着(在所述接触区上)从其边界向内移动而降低。例如,粘附性从最大值(在接触区的边界处)降低至等于所述最大值的 10% - 50% ,优选等于所述最大值的 20% - 40% 的,例如,等于所述最大值的 25% - 35% 的最小值(在接触区的中心)。例如,所述接触区的边界处的粘附性可以为 $150\text{-}250\text{MPa}$ 左右,而所述接触区的中心的粘附性可以是 $60\text{-}90\text{MPa}$ 。在从接触区的边界移向其中心的同时使多孔硅区域的浓度(即数量和/或尺寸)降低,由此实现预期的结果。通过这种方式,有可能在接触端子的脱离风险最高的位置(即在其边界处)具有高粘附性,同时(通过在接触端子的脱离风险最低的位置,即,在其中心处减少多孔硅)保证高机械稳定性。

[0064] 作为另一项改进,对多孔硅区域的孔隙度进行调整,其方式是随着远离对应的接触区的移动使其降低。通过这种方式,有可能在接触区上具有更高孔隙度(从而提高对应的接触端子的粘附),在晶片内部具有较低的孔隙度(从而保证其机械稳定性)。具体而言,可以将接触区上的孔隙度设置为可能使得晶片不具有机械稳定性的非常高的值;而实际上,形成于其上的接触端子的金属穿透到了多孔硅区域的孔隙内,从而固结了其结构(同时将接触端子锚固到了所述晶片上)。通过这种方式,有可能以良好的机械稳定性获得非常高的粘附性,从而保证了稳定的接触电阻。例如,孔隙度从接触区域处的 $\text{PPS}\% = 70\%$ - 90% (例如 $\text{PPS}\% = 75\%$ - 85% ,比如 $\text{PPS}\% = 80\%$)降低至其最大深度处的 $\text{PPS}\% = 10\%$ - 30% (例如 $\text{PPS}\% = 15\%$ - 25% ,比如 $\text{PPS}\% = 20\%$)。可以通过相应地改变工艺参数(例如,通过随着时间的推移而按照线性规律降低电流密度)获得这样的结果。

[0065] 具体而言,图3A示出了在晶片的正面上形成的示范性多孔硅区域125的电子显微照片(类似的考虑事项适用于处于晶片的背面上的多孔硅层)。采用按照HF的体积计量等于 9% 的电解液浓度,通过在 6s 内使电流密度从 $150\text{mA}/\text{cm}^2$ 变化到 $15\text{mA}/\text{cm}^2$,获得所述多孔硅区域125(其中,处于顶部的较高孔隙度区域较亮,而底部的较低孔隙度区域则较暗),所述多孔硅区域125具有从 $\text{PPS}\% = 80\%$ 到 $\text{PPS}\% = 30\%$ 的孔隙度变化。这一多孔硅区域125为由 $0.25\mu\text{m}$ 的镍和 $20\mu\text{m}$ 的铜构成的正面接触端子提供了高于 210MPa 的粘附。作为另一范例,通过在 6s 内使电流密度从 $120\text{mA}/\text{cm}^2$ 变为 $10\text{mA}/\text{cm}^2$,采用按照HF的体积计量等于 25% 的电解液浓度获得另一多孔硅区域;所获得的多孔硅区域具有从 $\text{PPS}\% = 80\%$ 到 $\text{PPS}\% = 50\%$ 的孔隙度变化。这一多孔硅(在晶片的背面上采用的)为由 $0.4\mu\text{m}$ 的镍和 $15\mu\text{m}$ 的铜构成的背面接触端子提供了高于 $40\text{-}50\text{MPa}$ 的粘附。在两种情况下,所述(正面和后面)接触端子都经得住标准带测试;此外,在将晶片加热到 600°C 之后,或者甚至在使其受到从 -70°C 到 200°C 的热冲击之后,接触端子都没有剥离。

[0066] 任选地,如图3B的示意性截面图中所示,晶片105的正面上的多孔硅区域125(类似的考虑事项适用于晶片105的背面上的多孔硅层)除了包括具有如上所述的受到调制的孔隙度的外层325e之外,还可以包括具有均匀孔隙度的内层325i。所述内层325i的孔隙度优

选包含在外层325e的最大孔隙度和最小孔隙度之间(例如,对于孔隙度处于 $P_{PS}\% = 80\%$ 到 $P_{PS}\% = 20\%$ 的范围内的外层而言,内层325i的孔隙度为 $P_{PS}\% = 20-40\%$,优选地 $P_{PS}\% = 25-35\%$,例如, $P_{PS}\% = 20\%$)。例如,可以在上文所述的采用可变工艺参数的阳极氧化处理(用于形成外层325e)之后立即采用具有恒定工艺参数的阳极氧化处理(用于形成内层325i)来取得这一结果。所述内层325i优选比外层325e厚(例如,等于外层325e的厚度的1-6倍,优选等于其1.5-2.5倍的厚度);例如,在具有 $0.75\mu\text{m}$ 的厚度的多孔硅区域125中,外层325e可以为 $0.25\mu\text{m}$,内层325i可以为 $0.5\mu\text{m}$ 。内层325i突出了多孔硅区域125的吸收效应。

[0067] 现在一起参考图4A-图4B,其分别示出了根据本发明的实施例的能够用于处理太阳能电池的处理头400的简化截面图和简化底视图。

[0068] 具体而言,在硅基板405中形成处理头400。输送管道410从硅基板405的上表面到其下表面穿越硅基板405;输送管道410终止于基板405的下表面上的对应输送口412。将输送泵415连接至硅基板405的上表面上的输送管道410。抽吸管道420类似地从硅基板405的上表面到其下表面穿越硅基板405。抽吸管道420终止于基板405的下表面上的对应抽吸口422;抽吸口422具有类似于框架的形状(例如,具有 $10-200\mu\text{m}$ 的宽度),所述抽吸口围绕输送口412布置,从而将输送口412完全包围起来(例如,相隔 $1-250\mu\text{m}$ 的距离)。将抽吸泵425(具有调节阀的真空型)连接至硅基板405的上表面上的抽吸管道420(例如,通过肺系统)。

[0069] 在工作中,输送泵415向输送管道410内泵送一般的化学溶液。之后通过硅基板405的下表面上的输送口412输送所述化学溶液。同时,抽吸泵425在抽吸管道420内建立低压(depression)。输送口412周围的抽吸口422处的低压立即将输送口412输送的化学溶液吸了回来(而不会被处理头400释放),如图中的箭头所示。因此,所述化学溶液在硅基板405的下表面上(对应于输送口412和抽吸口422)形成了动态液滴430,所述动态液滴430在与基底表面接触时将转变成动态弯液面。具体而言,通过仍然附着在硅基板405下的化学溶液部分形成了这一动态液滴430;所述动态液滴430处于固定位置,但是(由于化学溶液从输送管道410向抽吸管道420的流动)其内容物被持续地更新。可以通过改变输送管道410输送的化学溶液的流入(通过输送泵415)和/或抽吸管道420处的低压(通过抽吸泵425)而(通过图中未示出的对应控制机构)动态地控制动态液滴430的尺寸,并且/或者可以通过设置抽吸口422和输送口412的距离和尺寸而静态地对其加以控制。

[0070] 来看图5A-5B,其示出了根据本发明的实施例的用于制造这一处理头的过程的主要阶段。

[0071] 如图5A所示,所述制造过程开始于两个具有相同或不同的N型或P型导电类型的硅晶片505u和505d(例如,具有 $0.001-200\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率)。穿越(上方)晶片505u(在其上表面和下表面之间)形成一个或多个小的通孔510u;例如,通过深反应离子蚀刻(DRIE)处理形成通孔510u,其允许获得圆截面具有小到 $10\mu\text{m}$ 的直径,并且具有可高达 $750\mu\text{m}$ 的深度的通孔510u。与此同时,形成从(下方)晶片505d的上表面延伸至该晶片内的沟槽520d(例如,通过湿法蚀刻或等离子体蚀刻过程)。

[0072] 来看图5B,使晶片505u和505d重叠(晶片505u的下表面与晶片505d的上表面接触),并且相互对准;之后将晶片505u和505d接合到一起(例如,通过硅熔接过程)。在这一点上,穿越晶片505d(在晶片505d的下表面和上表面之间)形成通孔510d;在平面图中,通孔510d使所有通孔510u都嵌入其内(处于沟槽520ad内侧),从而通达至所述通孔。此外,形成

从晶片505d的下表面向该晶片内延伸的沟槽520bd(例如,通过DRIE过程);在平面图当中,沟槽520bd沿围绕通孔510d的框架延伸,从而在沟槽520ad的内缘附近通达沟槽520ad;类似地,形成从晶片505u的上表面延伸至晶片505u内的沟槽520u(例如,通过DRIE过程),从而在晶片520u的外缘附近通达所述沟槽520ad。通过这种方式,通孔510u和通孔510d界定了处理头的输送管道,而沟槽520u、520ad和520bd界定了其抽吸管道。之后,通过将所述输送泵和所述抽吸泵(图中未示出)分别连接至晶片505u的上表面上的通孔510u和沟槽520u而完成了所述处理头;为了实现这一目的,将对应的管道连接密封到晶片505u上(例如,通过焊接或共熔过程-例如,基于金-硅)。

[0073] 可以通过一种非常简单的方式制造上述结构。实际上,在这种情况下,可以通过穿越分开的(具有降低的厚度的)晶片形成处理头的不同部件;与此同时,可以在不存在过于严格的精度要求的情况下将所述晶片接合到一起。

[0074] 可以通过聚合材料(例如,聚偏氟乙烯或PVDF)形成上述处理头。例如,可以通过采用上述技术制作相对于图5B的一个部件具有负结构的硅牺牲插入件而取得这一结果。更具体而言,在两个硅晶片仍然分离时,在将要形成通孔510u的区域之间穿越上晶片形成小的通孔,在将要形成通孔510d和沟槽520bd的区域之间穿越下晶片形成大的通孔(具有框架截面)。在将两个晶片接合到一起之后,从所述上晶片去掉将要形成通孔510u和沟槽520u的区域之间的以及围绕将要形成该沟槽520u的区域的硅;此外,从下晶片去除围绕将要形成沟槽520bd的区域的硅,一直抵达将要形成沟槽520ad的区域。现在将如此获得的牺牲插入件放置到用于注入模制的压型器内,使其温度高于将要注入的聚合材料的熔解温度(例如,对于PVDF而言为175-200℃)。此时,在压力作用下使聚合物材料注入到所述压型器内,以填充所述牺牲插入件的(对应于所希望得到的处理头的)所有开口。使所述压型器冷却到室温,并取出如此获得的结构。之后,去除所述牺牲插入件(利用相对于所述聚合物材料具有选择性的蚀刻过程)。通过(在压型阶段或后来的阶段)连接输送泵和抽吸泵而完成了所述处理头。

[0075] 可以有利地采用所提出的处理头简化上述太阳能电池的制造过程的几个步骤,因为其动态弯液面允许在晶片的(处于其正面和/或背面的)特定区域内对晶片进行处理。在这一点上,应当指出,这是第一次提出将动态弯液面用于太阳能电池的制造。实际上,例如,US-A-7.078344(通过引用将其全部公开内容并入本文)只描述了将动态弯液面用于实施选择性蚀刻过程,以校正加载过多的导电材料(在双大马士革制造过程中形成的)的不均匀性;无论如何,文中描述的对应临近头都是由多个分立的沿平行线或同心圆彼此间隔一定距离的入口和出口形成的。

[0076] 具体而言,图6A-6B示出了根据本发明的实施例的示范性蚀刻模块600(可以采用其清理太阳能电池的正面接触端子的接触区122的部分)。从图6A开始,出于这一目的,蚀刻模块600包括蚀刻(处理)头(采用附图标记601表示),可以向其提供蚀刻溶液(例如,由HF制成)。将晶片105安装在(例如,基于皮带的)传输系统650上,其在蚀刻模块600下传送晶片105。

[0077] 一旦使晶片105的正面与蚀刻头601的动态液滴接触(例如,使晶片105朝向蚀刻头601提升),那么所述动态液滴将变成动态弯液面630;之后,所述动态弯液面630蚀刻抗反射涂层215和氧化物层205。例如,HF在体积上占48%的浓缩溶液所构成的动态弯液面630在不

到60s内完全去除了抗反射涂层215和氧化物层205(可以通过(例如)提高蚀刻溶液的温度和/或改变蚀刻溶液进一步缩短这一时间)。通过这种方式,可以在不需要任何光刻操作的情况下清理出接触区122。

[0078] 作为另一项改进,如图6B所示,与此同时皮带650在蚀刻模块600下传送晶片105(沿对应的传送方向,例如,在图中从左向右)。通过这种方式,蚀刻头601在跨越晶片105的对应部分(在其下移动)时清理出接触区122。因此,可以利用更小的蚀刻头601将接触区122形成为跨越整个晶片105的条(沿其传送方向),接触区122仅在传送方向的横向上具有相同的尺寸。此外,其允许在不停止晶片(在蚀刻头601下)的情况下对一批晶片105连续处理。

[0079] 现在参考图7A-7B,其示出了根据本发明的实施例的示范性阳极氧化模块700(可以采用其制作太阳能电池的正面接触端子的多孔硅区域125的部分)。从图7A开始,出于这一目的,阳极氧化模块700包括三个处理头(采用附图标记701a、701b和701c表示)。为阳极氧化(处理)头701b提供电解液(例如,富含HF);同时,将阳极氧化头701b连接至端子703b,端子703b向其基板提供偏压 V^- 。相反,向偏置(处理)头701a、701c提供不蚀刻晶片105的导电溶液(例如,由KCl制成);同时,将偏置头701a和701c连接至公共端子703ac,公共端子703ac向两个偏置头的基板提供偏压 V^+ (高于偏压 V^-)。将晶片105安装在(例如,基于皮带的)传送系统750上,其在阳极氧化模块700之下传送晶片105(沿对应的传送方向-例如,在图中从左向右)。处理头701a、701b、701c沿这一传送方向相继布置。

[0080] 一旦使晶片105的正面分别与每一处理头701a、701b、701c的动态液滴730a、730b、730c接触,那么动态液滴730a、730b、730c就将变成对应的动态弯液面(采用相同的附图标记表示),实际上,晶片105要远薄于图中所示,因而当处于晶片105以外时,动态液滴730a-730c将接触皮带750。

[0081] 具体而言,在接触区122抵达偏置头701a和阳极氧化头701b时(由此分别形成了对应的动态弯液面730a和730b),由偏置头701a和阳极氧化头701b界定了电解池,其中,对应的电流流过偏置头701a、动态弯液面730a、N型层115、动态弯液面730b和阳极氧化头701b;与前述(提供电解液的)动态弯液面730b接触的N型层115受到了阳极氧化,从而形成了多孔硅区域125的对应部分。

[0082] 继续至图7B,在接触区122抵达偏置头701c时(从而形成了对应的动态弯液面730c),偏置头701c作为阳极添加到了上述电解池上,其中,对应的电流流过偏置头701c、动态弯液面730c、已经形成的多孔硅区域125、N型层115、动态弯液面730b和阳极氧化头701b。在接触区122离开偏置头701a时,那么电解池仍然由偏置头701c和阳极氧化头701b形成。如上所述,使与动态弯液面730b接触的N型层115阳极氧化,从而继续形成多孔硅区域125,直到在接触区122离开阳极氧化头701b时完成了所述多孔硅区域为止。

[0083] 通过这种方式,能够通过一种非常简单的方式制作多孔硅区域125(不必与晶片105通过其背面发生接触);其还提高了多孔硅区域125的均匀性,因为其避免了任何通过晶片105的PN结的电接触。此外,可以利用更小的处理头701a-701c将多孔硅区域125形成为跨越整个晶片105的条(沿其移动方向),从而有可能在不使晶片(在处理头701a-701c下)停止的情况下连续处理一批晶片。

[0084] 考虑图7C,其示出了根据本发明的另一实施例的示范性阳极氧化模块700'。在这种情况下,阳极氧化模块700'只包括阳极氧化头701b(没有任何偏置头);相反,端子703'通

过接触晶片背面上的薄金属层220而向晶片105直接提供相同的偏压 V^+ 。

[0085] 这种实施方式简化了阳极氧化模块700'的结构,因为其包括单个阳极氧化头701b(以需要更加复杂的结构与晶片105的背面接触为代价)。

[0086] 来看图8A-8B,其示出了根据本发明的实施例的示范性淀积模块800(可以采用其借助电解淀积过程制作太阳能电池的正面接触端子的部分)。从图8A开始,为了实现这一目的,淀积模块800包括三个处理头(采用附图标记801a、801b和801c表示)。向淀积(处理)头801b提供包括所要淀积的金属(例如,Au、Ag、Pt、Ni、Cu、Co、Mo、Ru、PdCo、Pd、PdNi)的盐的电解液。同时,淀积头801b连接到向其基底提供偏压 V^+ 的端子803b。而向偏置(处理)头801a、801c则提供不蚀刻晶片105的导电溶液(例如,由KCl、或具有有机酸添加剂以降低对所淀积的金属的溶解作用的溶液、或液态金属(例如,Hg、Ga)、或导电墨汁(例如,非电离的溶液加上金属纳米颗粒或碳纳米管),或者在交流偏置情况下采用的非电离溶液(例如,去离子水)制成);同时,将偏置头801a和801c连接至向它们两个的基板提供偏压 V^- (低于偏压 V^+)的公共端子803ac。将晶片105安装在(例如,基于皮带的)传送系统850上,其在淀积模块800下传送晶片105(沿对应的传送方向,例如,在图中从左向右)。处理头801a、801b和801c沿这一传送方向相继布置。

[0087] 一旦使晶片105的正面分别与每一处理头801a、801b、801c的动态液滴830a、830b和830c接触,动态液滴830a-830c就将变成对应的动态弯液面(采用相同的附图标记表示),如上所述,晶片105远薄于途中所示,因而在处于晶片105外时动态液滴830a-830c接触皮带850。

[0088] 具体而言,在多孔硅区域125抵达偏置头801a和淀积头801b时(由此分别形成了对应的动态弯液面830a和830b),由淀积头801b和基板105界定了电解池,其中,获得了从基板105到偏置头801a通过液体接触闭合的电路,对应的电流流经淀积头801b、动态弯液面830b、多孔硅区域125、动态弯液面830a和偏置头801a;之后在与动态弯液面830b接触的多孔硅区域125上淀积金属层(提供电解液,其中,连续不断地补充金属盐),从而形成正面接触端子Tf的对应部分。

[0089] 继续至图8B,在多孔硅区域125抵达偏置头801c时(由此形成了对应的动态弯液面830c),偏置头801c向上述电解池添加电接触,对应的电流流经淀积头801b、动态弯液面830b、多孔硅区域125、已经形成的正面接触端子Tf、动态弯液面830c和偏置头801c。在多孔硅区域125离开偏置头801a时,电解池仍然由淀积头801b和偏置头801c形成。如上所述,在与动态弯液面830b接触的多孔硅区域125上淀积金属层,从而继续形成正面接触端子Tf,直到在多孔硅区域125离开淀积头801b而完成其制作为止。

[0090] 以这种方式,通过整个电解淀积过程形成了正面接触端子Tf,而没有必要预先通过无电镀淀积过程形成任何薄金属层(因为现在将使晶片105偏置所需的负电压施加到了其正面上)。其允许在相对较短的时间内形成非常厚的正面接触端子Tf(因而降低了太阳能电池的制作成本);例如,正面接触端子Tf可以由Ni制成,其淀积速率可达 $20\mu\text{m}\times\text{分钟}$,或者可以由Cu制成,其淀积速率为 $5-15\mu\text{m}\times\text{分钟}$ 。此外,可以利用更小的处理头801a-801c将上述正面接触端子Tf形成为跨越整个晶片105的条(沿其移动方向),从而有可能在不使晶片(在处理头801a-801c下)停止不动的情况下连续处理一批晶片。

[0091] 考虑图8C,其示出了根据本发明的另一实施例的示范性淀积模块800'。采用淀积

模块800'处理上述太阳能电池,现在所述太阳能电池形成于N型晶片105'(即,具有P型上层115'和N型下层120')内。在这种情况下,淀积模块800'只包括淀积头801b(而没有任何偏置头);相反,端子803'通过接触晶片背面上的薄金属层220而直接向晶片105'提供相同的偏压V⁻。现在这种做法成为了可能是因为施加于淀积头801b(V⁺)和晶片105'的背面(V⁻)之间的电压使PN结115'-120'正向偏置,因而其不干扰淀积过程。

[0092] 如上所述,这种实现简化了淀积模块800'的结构,因为其只包括单个淀积头801b。

[0093] 作为另一项改进,在这两种情况下(参考图8A-图8B和图8C),皮带850也可以同时沿正面接触端子Tf的金属层的淀积方向将晶片105、105'从淀积头801b移开,即垂直移开(例如,通过使晶片105、105'降低)。通过这种方式,有可能形成具有伸长形状的正面接触端子Tf,其从晶片105、105'的正面垂直(向上)延伸。此外,传送系统850还使晶片105、105'横贯淀积方向移动(例如,通过使其发生旋转);通过这种方式,有可能获得正面接触端子Tf的任何复杂形状(例如,螺旋状)。

[0094] 上述额外特征允许形成具有促进其连接的形状或结构(刚性或弹性的)正面接触端子Tf;此外,将通过一种非常简单的方式获得这一结果。

[0095] 现在参考图9A,其示出了根据本发明的实施例的太阳能电池的生产线900的示意性方框图。

[0096] 具体而言,生产线900包括蚀刻站905、阳极氧化站910和淀积站915的流水线;(例如,基于皮带的)输送系统950跨越蚀刻站905、阳极氧化站910和淀积站915(沿对应的输送方向,在图中为从左向右)连续输送一批晶片105、105'。蚀刻站905由一个或多个上述蚀刻模块(横贯输送方向(即图中的垂直方向)布置)形成,每一个刻蚀模块用于清理出当前处于其下的晶片105、105'的接触区的对应部分。阳极氧化站910由一个或多个上述阳极氧化模块(横贯输送方向(即图中的垂直方向)布置)形成,每一个阳极氧化模块用于制作当前处于其下的另一晶片105、105'的多孔硅区域的对应部分。淀积站915由一个或多个上述淀积模块形成(横贯输送方向(即沿附图中的垂直方向)布置),每一个淀积模块用于制作当前处于其下的又一晶片105、105'的(正面和/或背面)接触端子的对应部分。

[0097] 通过这种方式,可以在不使晶片105、105'在不同的站905-915下面停止的情况下连续不断地处理晶片105、105'。这允许生产线900获得非常高的吞吐量,从而显著降低了太阳能电池的制造成本;例如,在(第一晶片105、105'通过整个生产线900所需的)等待时间之后,生产线900的吞吐量能够达到每小时3000-4000个太阳能电池。

[0098] 蚀刻站905、阳极氧化站910和电镀站915可以具有不同的架构。

[0099] 具体而言,在本发明的实施例中(如图9B所示),蚀刻站905包括上文所述的用于正面接触端子的每一接触条(在所讨论的例子中为七个)的蚀刻模块600,在当前例子中,所述蚀刻模块的蚀刻头沿晶片的输送方向(从左向右)比所述晶片105短。阳极氧化站910包括用于正面接触端子的每一接触条的如上所述的阳极氧化模块700,其具有三个处理头(即,一个阳极氧化头和两个偏置头),所述处理头沿晶片的输送方向也短于晶片105。类似地,电镀站915包括用于正面接触端子的每一接触条的如上所述的电镀模块800,所述电镀模块具有三个处理头(即一个电镀头和两个偏置头),所述处理头沿晶片105的输送方向也短于所述晶片。

[0100] 来看图9C,在晶片105通过蚀刻站905时,每一蚀刻模块600清理出晶片105内的接

触区122的对应条带(接触区122的条带沿晶片的输送方向跨越整个晶片105)。

[0101] 现在参考图9D,在晶片105通过阳极氧化站910时,每一阳极氧化模块700在相关的接触区内形成多孔硅区域125的对应条带(所述多孔硅区域125的条带沿晶片的输送方向跨越整个晶片105)。

[0102] 最后,如图9E所示,在晶片105通过电镀站915时,每一电镀模块800在相关的多孔硅区域上形成正面接触端子Tf的对应接触条(所述接触条沿晶片的输送方向跨越整个晶片105)。

[0103] 上述结构允许在晶片的抗反射涂层上不存在保护性光致抗蚀剂掩模的情况下形成正面接触端子Tf,因为阳极氧化模块700只在有必要的地方施加电解液(即,在多孔硅区域的对应条带上);此外,在这种情况下,无论采用什么电解液都可以,而不存在损坏抗反射涂层的危险。

[0104] 在本发明的不同实施例中(如图9F所示),所述蚀刻站905与上文所述相同。相反,阳极氧化站910则包括用于正面接触端子的所有接触条的单个阳极氧化模块700,其三个处理头沿横贯于晶片的输送方向的晶片105的整个宽度延伸(即,在图中沿竖直方向延伸)。类似地,电镀站915包括用于正面接触端子的所有接触条的单个电镀模块800,其三个处理头沿横贯晶片的输送方向的晶片105的整个宽度延伸。

[0105] 来看图9G,如上所述在晶片105通过蚀刻站905时,每一蚀刻模块600清理出晶片105内的接触区122的对应条带(接触区122的条带沿晶片的输送方向跨越整个晶片105)。

[0106] 现在参考图9H,在晶片通过阳极氧化站910时,阳极氧化模块700形成所述接触区内的多孔硅区域125的所有条带(多孔硅区域125的条带沿晶片的输送方向跨越整个晶片105);就这一点应当指出,尽管阳极氧化模块700作用于整个晶片105,但是其只对不受晶片105的保护层覆盖的接触区生效。

[0107] 最后,如图9I所示,在晶片105通过电镀站915时,电镀模块800在多孔硅区域上形成正面接触端子Tf的所有接触条(所述接触条沿晶片的输送方向跨越整个晶片105)。如上所述,尽管电镀模块800作用于整个晶片105上,但是其只对不受晶片105的保护层覆盖的多孔硅区域生效。

[0108] 上述结构简化了生产线(但是,其需要采用不损害晶片105的抗反射涂层的电解液,例如,采用HF浓度低于20%的电解液)。

[0109] 在两种情况下,都可能采用类似的结构形成正面接触端子的两个接触总线(在使晶片旋转90°之后,例如,利用对应的旋转平台),例如,采用分别布置在上述蚀刻站、阳极氧化站和淀积站的下游的另一蚀刻站、阳极氧化站和淀积站。

[0110] 在本发明的另一实施例中,(如图9J所示),蚀刻站905包括单个蚀刻模块600,其具有与整个正面接触端子(包括其接触条和接触总线)相同的形状。类似地,阳极氧化站910包括单个阳极氧化模块700',其具有与整个正面接触端子相同的形状。而电镀站915则包括与上文相同的电镀模块800,其三个处理头沿横贯晶片的输送方向的晶片105的整个宽度延伸(在电镀站915包括用于正面接触端子的每一接触条的三个分立的处理头的情况下类似的考虑事项同样适用)。

[0111] 来看图9K,晶片105朝向蚀刻站905移动而没有与其发生接触(例如,因为其被降低或者横向相隔一定距离);在晶片105抵达蚀刻站905下面的预期位置时,使其停止并与蚀刻

站发生接触(例如,通过使其向上或者横向移动)。通过这种方式,蚀刻模块600一次性(in one shot)地清理出晶片105中的(正面接触端子的)整个接触区122。

[0112] 现在参考图9L,将晶片105从蚀刻站905(向下或横向)移开,之后将其移向阳极氧化站910;在晶片105抵达阳极氧化站910下的预期位置时,使晶片停止并使其与阳极氧化站接触(例如,通过使其朝上或横向移动)。通过这种方式,阳极氧化模块700'一次性地形成了接触区内的整个多孔硅区域125。

[0113] 最后,如图9M所示,晶片105通过电镀站915,其中,电镀模块800在上述多孔硅区域上形成整个正面接触端子Tf。

[0114] 上述结构允许在单次通过过程中形成具有任何形状的多孔硅区域,其对电解液不存在任何要求(但是其不允许在不使晶片停止的情况下对晶片105连续处理)。

[0115] 在本发明的另一实施例中(如图9N所示),采用所述生产线处理N型晶片105'。在这种情况下,蚀刻站905包括单个蚀刻模块600,所述蚀刻模块600具有与上述整个正面接触端子相同的形状。类似地,淀积站915包括单个淀积模块800',其具有与整个正面接触端子相同的形状。而阳极氧化站910则包括与上文相同的阳极氧化模块700,其三个处理头沿横贯晶片的输送方向的晶片105'的整个宽度延伸(在阳极氧化站包括用于正面接触端子的每一接触条的三个分立处理头的情况下类似的考虑事项适用)。

[0116] 来看图90,晶片105'还是朝向蚀刻站905移动但未与其发生接触;在晶片105'抵达蚀刻站905下面的预期位置时,使晶片停止并使其与蚀刻站接触,从而使蚀刻模块600一次性地清理出晶片105'中的整个接触区122。

[0117] 现在参考图9P,上述晶片105'经过阳极氧化站910,其中,阳极氧化模块700在所述接触区内形成了整个多孔硅区域125。

[0118] 最后,如图9M所示,晶片105'朝向淀积站915移动而未与其发生接触(例如,因为其位置降低或者横向间隔一定距离);在晶片105'抵达淀积站915下的预期位置时,使晶片105'停止并与淀积站接触(例如,通过使晶片向上或横向移动)。通过这种方式,淀积模块800'在多孔硅区域上一次性地形成了整个正面接触端子Tf。

[0119] 上述结构允许在单次通过过程中形成具有任何形状的正面接触端子Tf,而对电解液不存在任何约束条件(但是其不允许在不使晶片停止的情况下对晶片105'连续处理)。

[0120] 可以通过用不同的方式接合上述蚀刻站、阳极氧化站和淀积站而得到生产线的其他结构。例如,在本发明的另一实施例中,分别采用图9B中的蚀刻站905和阳极氧化站910在晶片105经过它们时形成所述接触条的接触区部分和多孔硅区域部分。之后,采用具有相同结构的另一蚀刻站和另一阳极氧化站在晶片105经过它们时(在旋转90°之后)分别形成接触总线的接触区部分和多孔硅区域部分。之后,采用图9F的淀积站915在晶片105经过其时(在旋转了任何大于0°且小于90°的角度之后,例如,所述角度处于40°和50°之间,例如,45°),同时形成所述接触条和接触总线。或者,也可以采用图9F的阳极氧化站910在晶片105经过其时(在旋转45°之后)同时形成整个多孔硅区域,由此获得相同的结果。

[0121] 通过这种方式,可以在降低了不同站905-915的数量的情况下不需要使所述晶片在各个站905-915下停止就能够对所述晶片连续不断地处理。自然地,为了满足局部和特定要求,本领域技术人员可以对上文所述的解决方案做出很多逻辑和/或物理修改和变更。更具体而言,尽管已经借助所述解决方案的一个或多个实施例对这一解决方案给出了具有一

定程度的具体的描述,但是应当理解各种形式和细节方面的省略、替换和改变以及其他实施例都是有可能的。具体而言,甚至可以在没有前述说明中阐述的用于提供对本发明的更加透彻的理解的具体细节(例如数值例子)的情况下实践本发明的不同实施例;反之,可以省略或简化公知的特征,从而避免以不必要的细节对所述说明造成模糊。此外,要明确指出,可以将结合所公开的解决方案的任何实施例描述的具体元件和/或方法步骤作为一般的设计选项结合到任何其他实施例中。

[0122] 例如,在太阳能电池具有不同的结构或者包括等同的部件(彼此分离的或者整体或部分地结合到一起的)的情况下类似的考虑事项适用;此外,所述太阳能电池可以具有不同的操作特征。例如,所述太阳能电池可以具有单层类型、多结类型等。

[0123] 更一般而言,也可以将相同的解决方案应用于任何光伏电池(适于将任何类型的光能转换成电能)。类似地,可以在由不同的起始硅材料(例如,N型单晶或多晶的)和/或不同的半导体材料制成的基板中制作太阳能电池,所述不同的半导体材料允许形成对应的多孔半导体材料层(例如,Ge、GaP、InP、SiC和 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$)。所述接触端子可以由一种或多种不同的导电材料构成(例如,外加焊料可浸润层);此外,所述接触端子可以具有任何形状或轮廓(例如,背面接触端子也具有栅格结构),可以将其以任何数量布置到任何位置上(甚至可以将它们全都布置在基板的同一正面或者同一背面上,例如,只具有背面接触,没有正面接触)。

[0124] 类似地,每一接触区域的多孔半导体区域可以具有任何形状,可以将其以任何数量布置到任何位置上。例如,有可能只在接触区的部分上提供单个多孔半导体区域(例如,围绕其边界的条或框架)。

[0125] 每一多孔半导体区域可以具有不同的孔隙度值;此外,孔隙度可以通过另一种方式随着远离基板的对应表面而减小(例如,在不同的范围内)。

[0126] 每一多孔半导体区域可以具有不同的厚度(对应的接触端子也可以不完全穿透到所述多孔半导体区域的整个厚度内)。

[0127] 额外的(均匀)多孔半导体层(起着吸收中心的作用)可以具有任何其他厚度和/或孔隙度(尽管这一特征只是可选的)。

[0128] 类似地,所述多孔硅区域在接触区上可以具有不同的孔隙度(甚至从其边界向内连续变化)。

[0129] 在处理头具有不同的结构或者包括等同的部件(彼此分离或者整体地或部分地结合到一起)的情况下,类似地考虑事项适用。例如,每一输送和/或抽吸口可以具有任何形状和尺寸(例如,圆形、方形、十字形或者任何复杂的图案轮廓)。类似地,可以将抽吸管道布置为与输送管道具有不同的距离(根据输送管道的相邻部分的宽度而均匀变化)。在任何情况下,都可以采用所述处理头在太阳能电池的正面或背面对所述太阳能电池进行处理。此外,可以采用等价的过程获得相同的结构(例如,采用任何类型的机械和激光钻孔过程制作跨越整个基板的通孔)。在任何情况下,所提出的处理头都适于上下反转使用(从而对放在其上方的基板进行操作)。

[0130] 所述处理头还可以由任何其他(导电和/或绝缘)材料构成,例如,通过插入金属接触而允许在处理头和晶片之间施加所需的偏压(对于阳极氧化过程或者沉积过程而言);具体而言,有可能通过硅形成每一处理头,所述处理头具有不同的P型和N型基板的组合,所述

基板(在相互接合之后)形成了可以根据外加电压而反向偏置或正向偏置的处理头。

[0131] 在任何情况下,都可以按照不同的方式将(阳极氧化头/淀积头的)抽吸管道布置到输送管道的周围,但是也可以使分立的元件相互靠近放置(尤其是对于其具有简单形状的情况而言,这时不要求抽吸管道完全包围输送管道)。可以在阳极氧化过程中或者在淀积过程中采用不同的电压(例如,在脉冲淀积过程中电压围绕平均值发生变化,在淀积过程的短时间段内采用相反极性电压来提高接触端子的特性,等等)。更一般而言,可以将所述阳极氧化头/淀积头和所述晶片偏置到任何允许在它们之间建立导电通路的电压。

[0132] 不存在任何妨碍通过任何方式控制动态弯液面的尺寸或者使动态弯液面总是具有固定尺寸的障碍。在所述晶片和所述处理头按照不同的方式相对于彼此移动时(例如,在使晶片移动之外还使处理头移动或者采用处理头的移动代替晶片的移动)类似的考虑事项适用。在本发明的不同实施例中,可以通过两个头(即,阳极氧化/淀积头和单个偏置头)形成作用于所述晶片的单个表面的阳极氧化/淀积模块。在这种情况下,通常不可能对整个接触区进行处理(因为一旦两个头中的一个离开了所述晶片,所需的两个头之间的导电路径就将断开);然而,在特定的应用中,这种情况可能不是问题(例如,在采用阳极氧化模块形成也可以不遍布整个接触区延伸的多孔半导体区域时)。

[0133] 可以通过任何其他方式实现预期的淀积头相对于晶片的移动(从而形成具有伸长形状的接触端子),例如,在晶片的移动之外还使淀积头移动或者使淀积头的移动代替晶片的移动;此外,所述移动可以是任何其他类型(例如,仅垂直于晶片的正/背面,仅与之平行或者其任意组合)。

[0134] 类似地,所述生产线可以具有不同的结构或者其可以包括等同的部件(彼此分离或者整体地或部分地结合到一起)。例如,不存在任何妨碍提供并行结构的障碍,在所述结构中,同时对更多的太阳能电池进行处理(从而进一步提高生产线的吞吐量)。此外,可以使上述生产线架构相互结合(可以顺次或交错布置它们的不同模块)。在任何情况下,都可以采用所述生产线以不同的方式处理太阳能电池;例如,有可能只实施上述操作的部分,只实施到单个操作(例如,没有蚀刻站),只通过类似的方式处理晶片的背面,等等。

[0135] 在所述接触端子、多孔硅区域和接触区具有不同尺寸和/或形状的情况下类似地的考虑事项适用(例如,具有任意数量的条,所述条具有任意宽度和布置)。

[0136] 可以采用任何其他等价机构使基板旋转,和/或在沿生产线的任何位置上使其旋转其他角度。

[0137] 所提出的解决方案适于通过等价的方法实现(采用类似的步骤,去除一些非实质性的步骤,或者增加额外的任意的步骤);此外,可以按照不同的顺序、同时或者按照交错的方式(至少部分地)执行所述步骤。

[0138] 具体而言,可以采用任何其他技术形成所述多孔半导体,例如,采用火花电蚀或染色蚀刻工艺(例如,参考“Pits and Pores II:Formation,properties,and significance for advanced materials,ISBN 1566772923”,通过引用将其全文并入本文)。类似的考虑事项适用于接触端子的淀积过程,所述淀积过程可以完全是无电镀型,完全是电解型或者是它们的任意组合(或者更一般而言,可以采用任何其他额外和/或替代过程制作接触端子)。

[0139] 此外,可以以不同的方式调制(晶片内的)孔隙度,例如,通过使电流密度在不同值

之间变化和/或按照任何其他时间模式变化(例如,根据线性、抛物线或对数规律);也可以通过作用于阳极过程的任何其他参数(或其组合),而实现相同的结果,例如,所述参数为温度,或者可以通过使基板的掺杂浓度发生变化而实现相同的结果。在任何情况下,都可以设想在基板内采用具有均匀孔隙度的多孔半导体区域。

[0140] 尽管已经参考太阳能电池做出了前述说明,但是应当理解该技术适于应用到不同的应用当中。例如,可以采用所述多孔半导体区域将薄金属层锚固到基板上,从而使其接合到其他结构上,尤其是在用于微机电系统(MEMS)封装的硅和金之间的局部化低共熔键合当中,或者更一般而言,只要要求将薄的或者厚的金属层高度粘附到半导体基板上就可以这样做。

[0141] 在任何情况下,都可以将上述头、模块和/或生产线用到其他应用当中(只要需要蚀刻、阳极氧化和/或淀积过程)。更一般而言,所提出的结构适于实现用于一般目的的电解池。例如,在一个不同实施例中,有可能在导电基板(例如由金属或硅构成)上淀积任何三维结构,其中,要么采用多个头(用于在同一表面上对所述基板进行偏置),要么采用单个头(直接在基板的相反表面上对基板进行偏置)。出于这一目的,每一头和基板都可以在淀积过程中相对于彼此移开(例如,通过升高所述头和/或降低所述基板),从而形成具有任何高度和形状的伸长结构(根据对应的输送和抽吸口界定的动态弯液面的几何结构)。例如,采用上述头获得杆(具有任何截面);或者可以在输送管道内增加另一抽吸口,从而在动态弯液面内建立空的区域,由此获得管。此外,有可能在将所述头和/或基板(例如,以一定的旋转分量)隔开的过程中还使所述头和/或所述基板横向移动,从而获得沿其长向具有可变截面的(例如,螺旋型的)结构。具体而言,可以将如此获得的结构用到探针板、封装基板、电医疗电极、MEMS结构等当中(有可能在它们之间添加聚合物或陶瓷前体材料)。

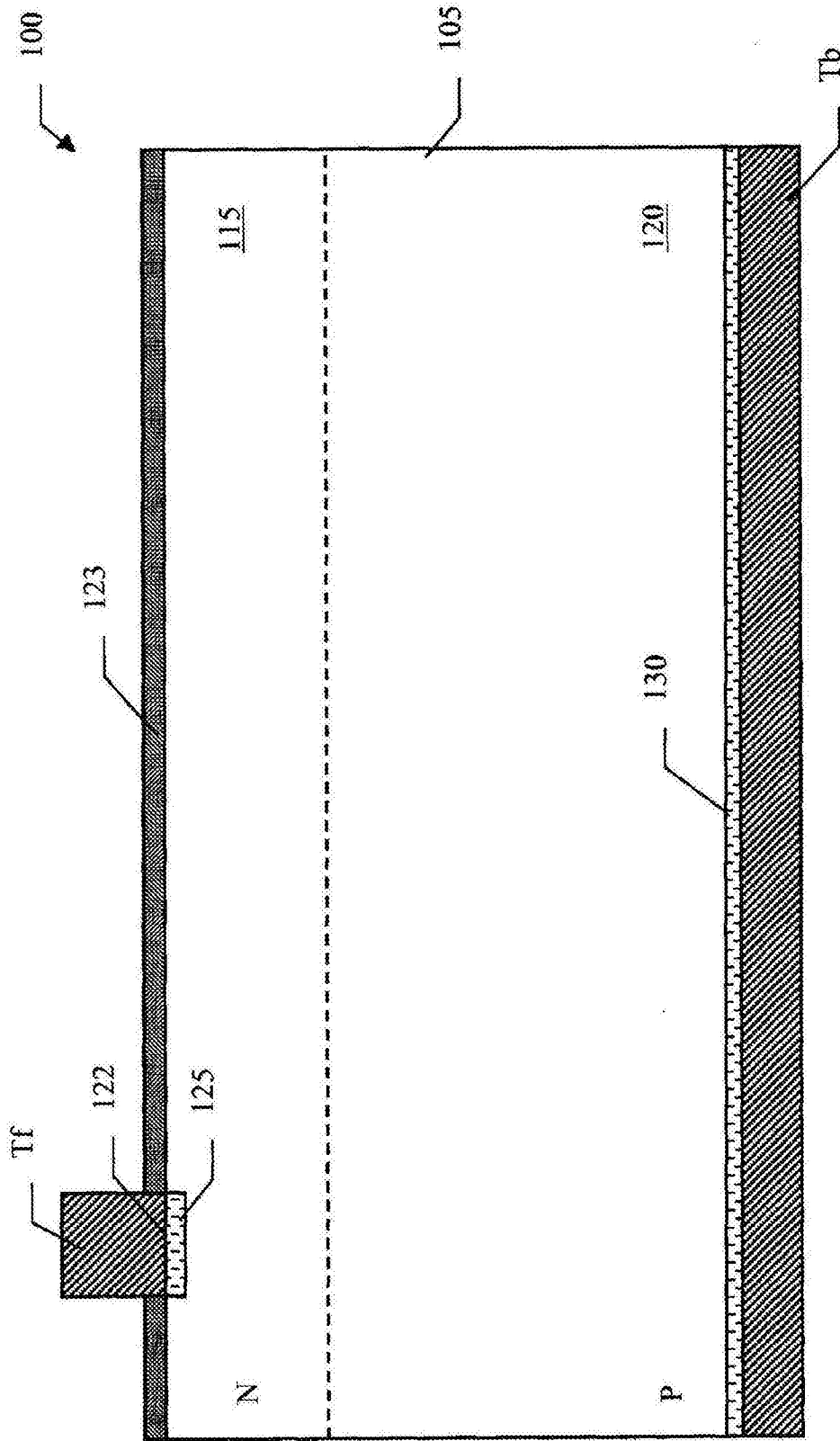


图1

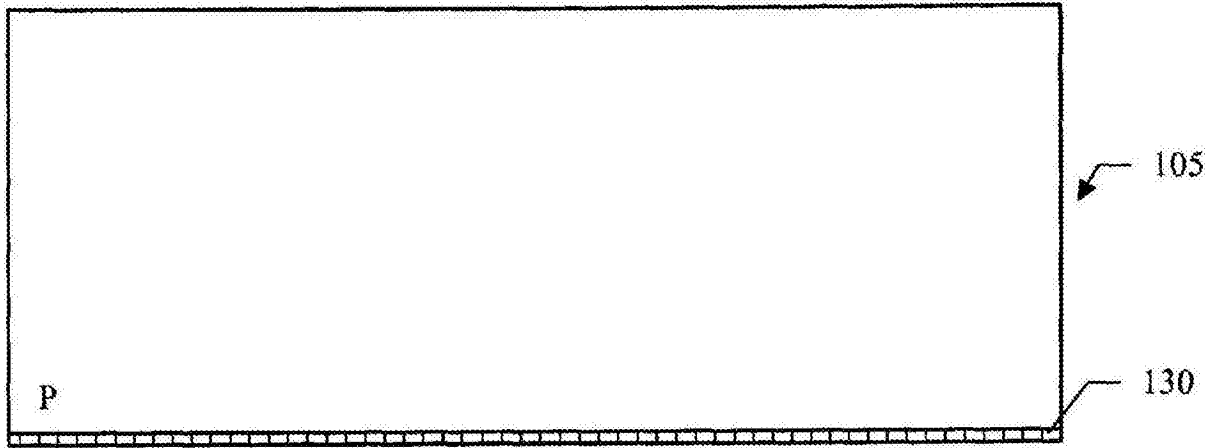


图2A

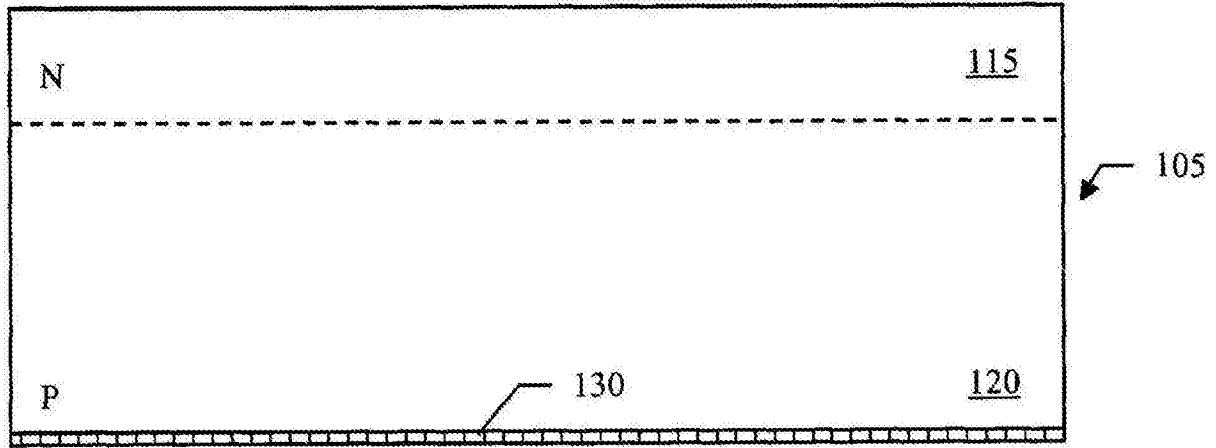


图2B

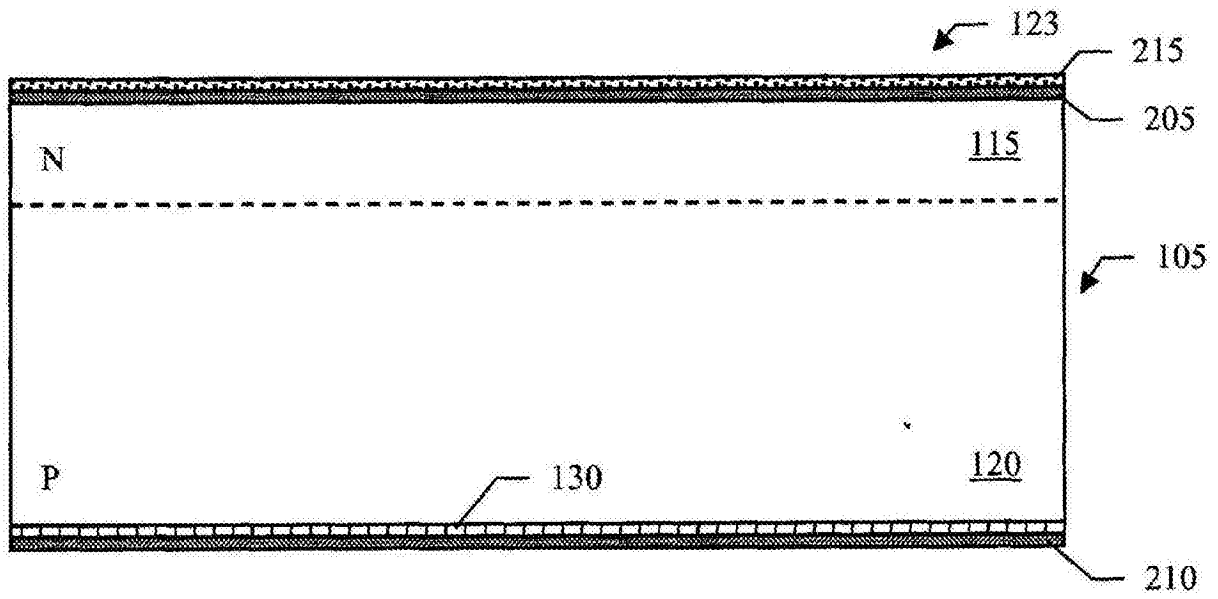


图2C

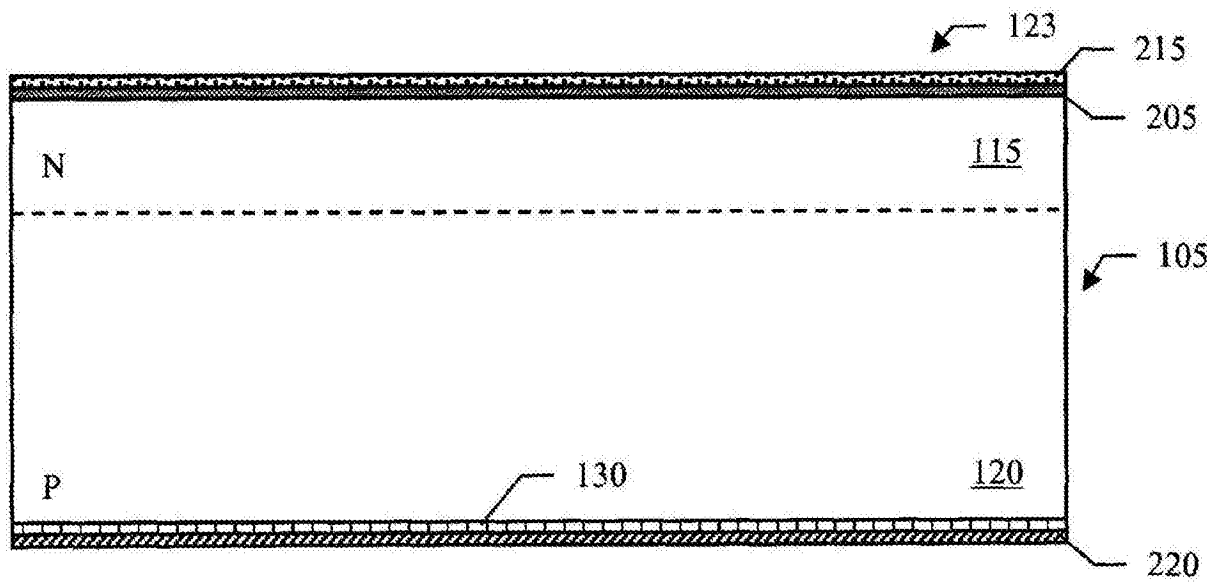


图2D

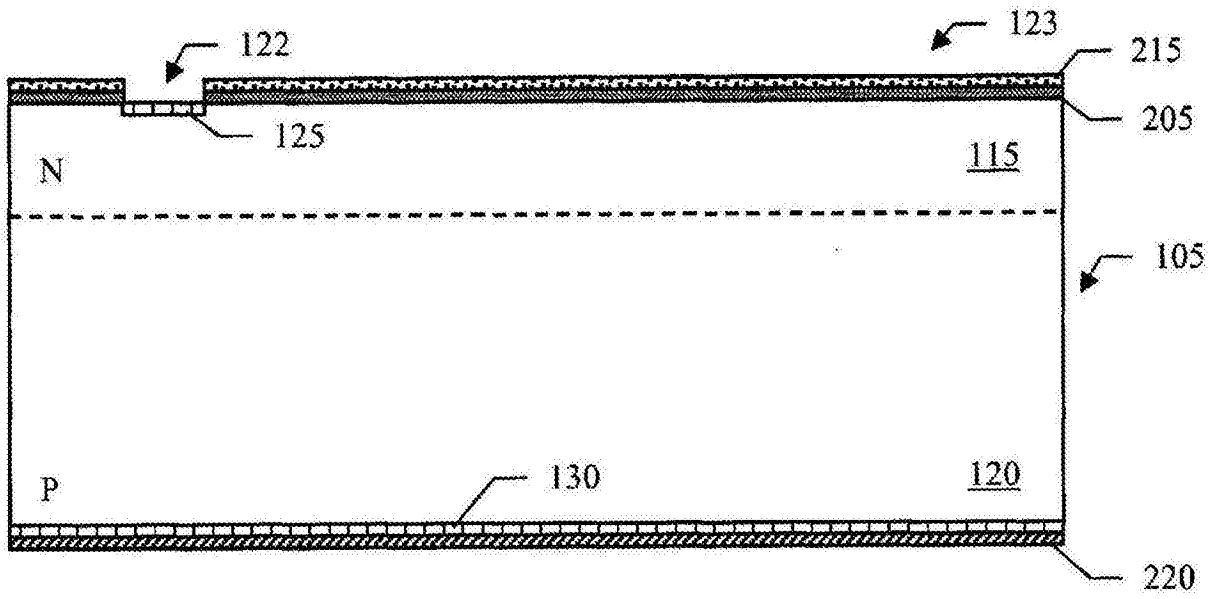


图2E

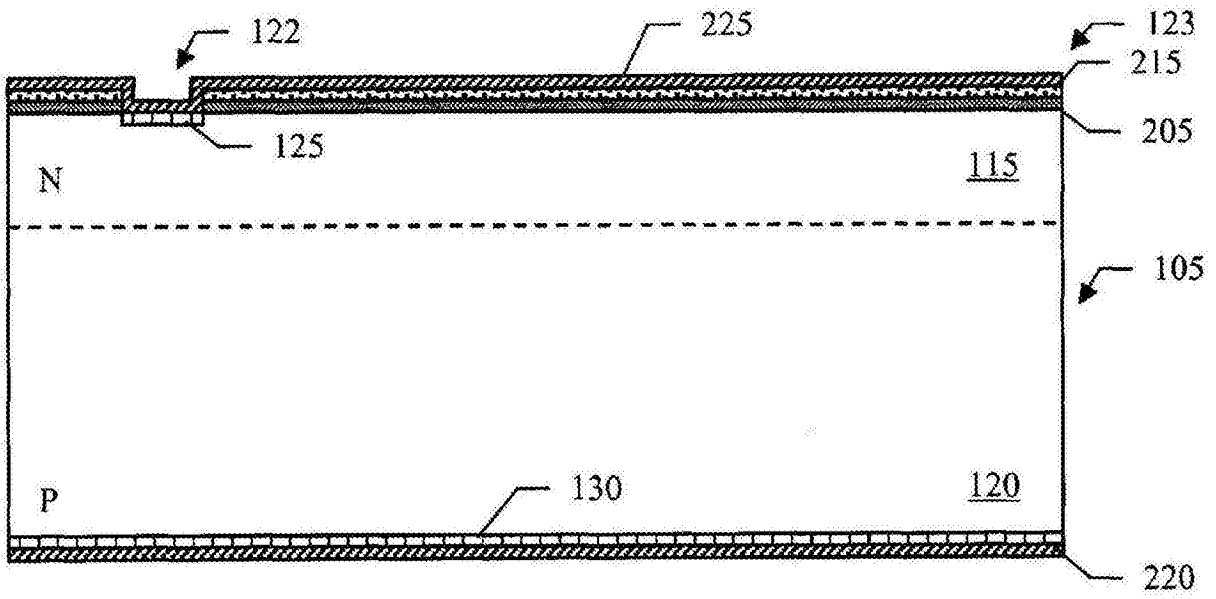


图2F

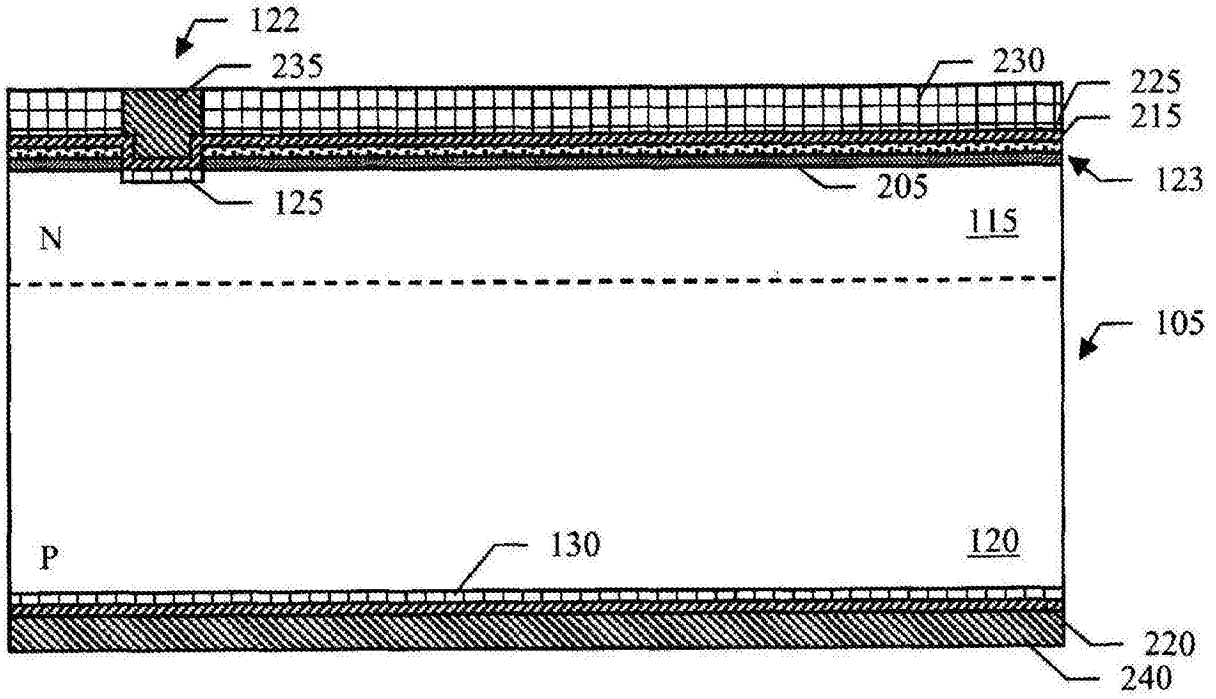


图2G

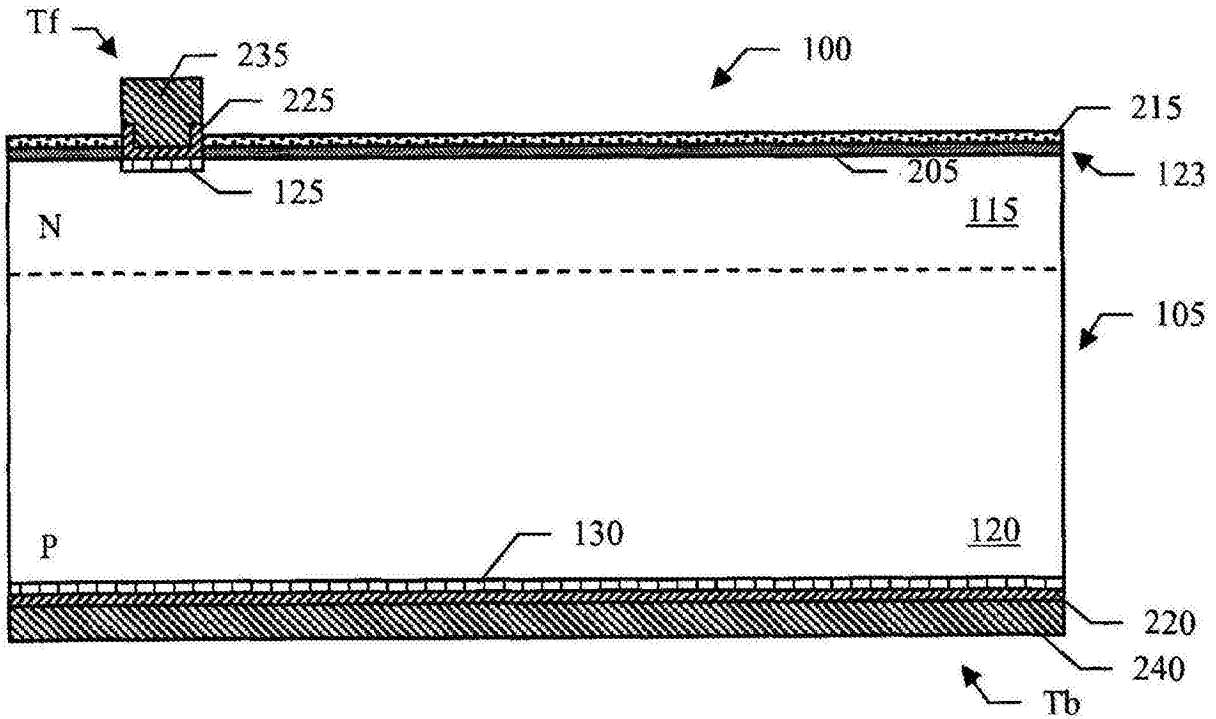


图2H

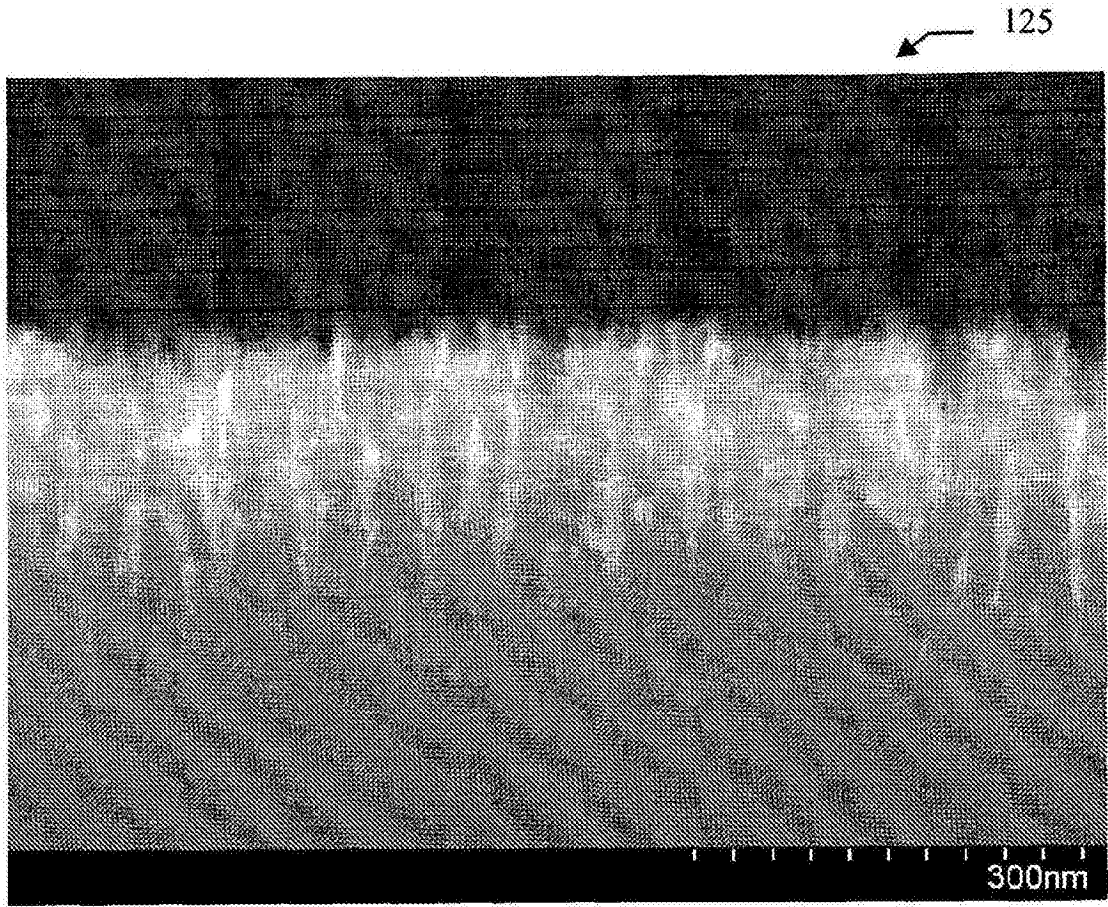


图3A

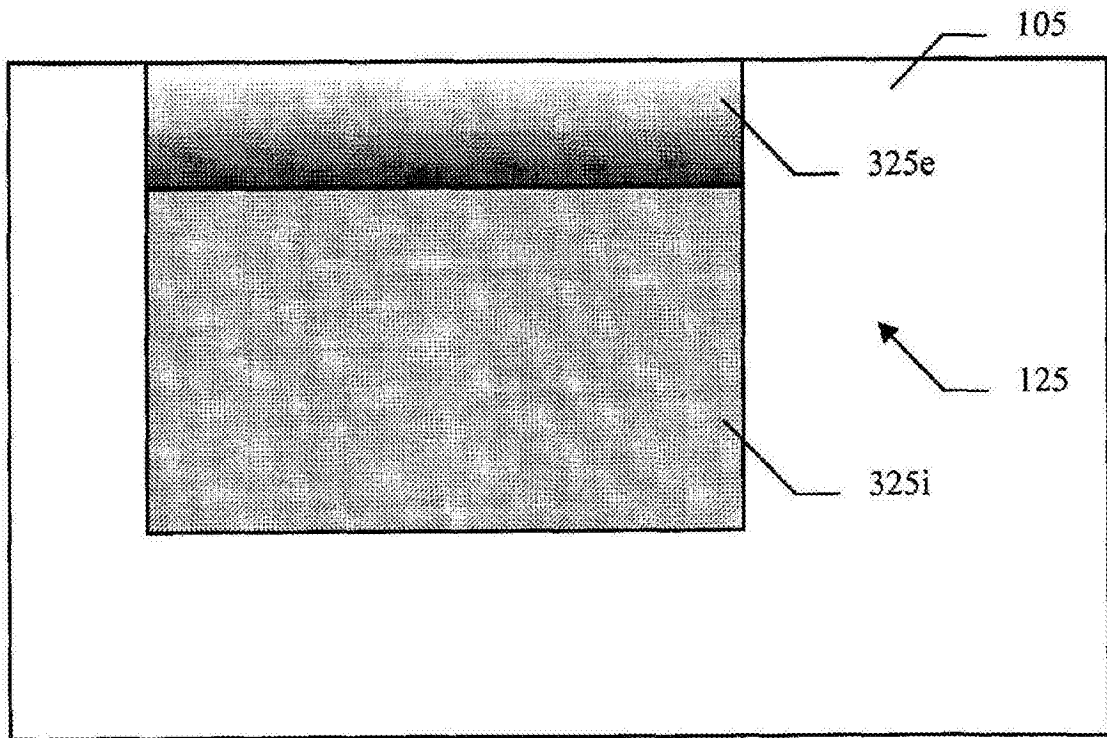


图3B

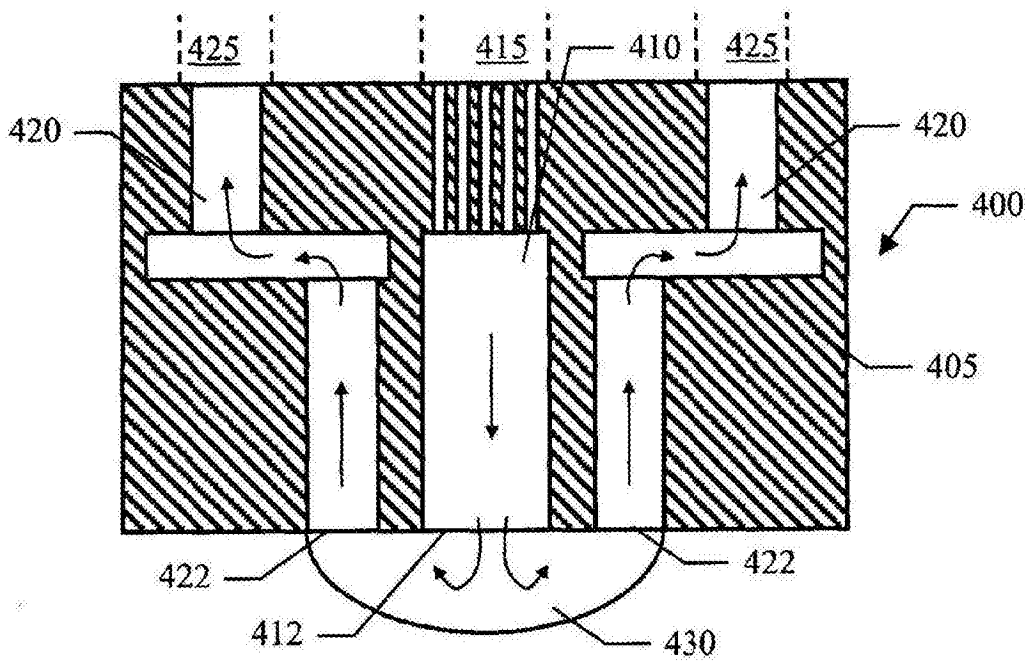


图4A

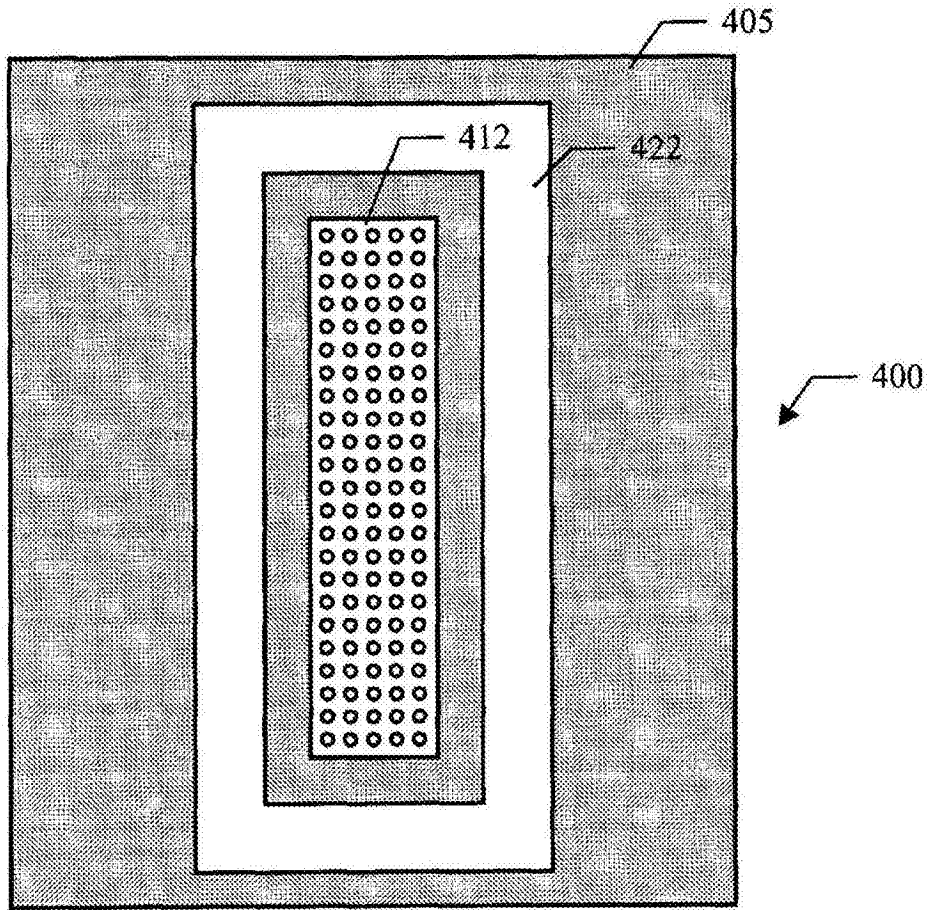


图4B

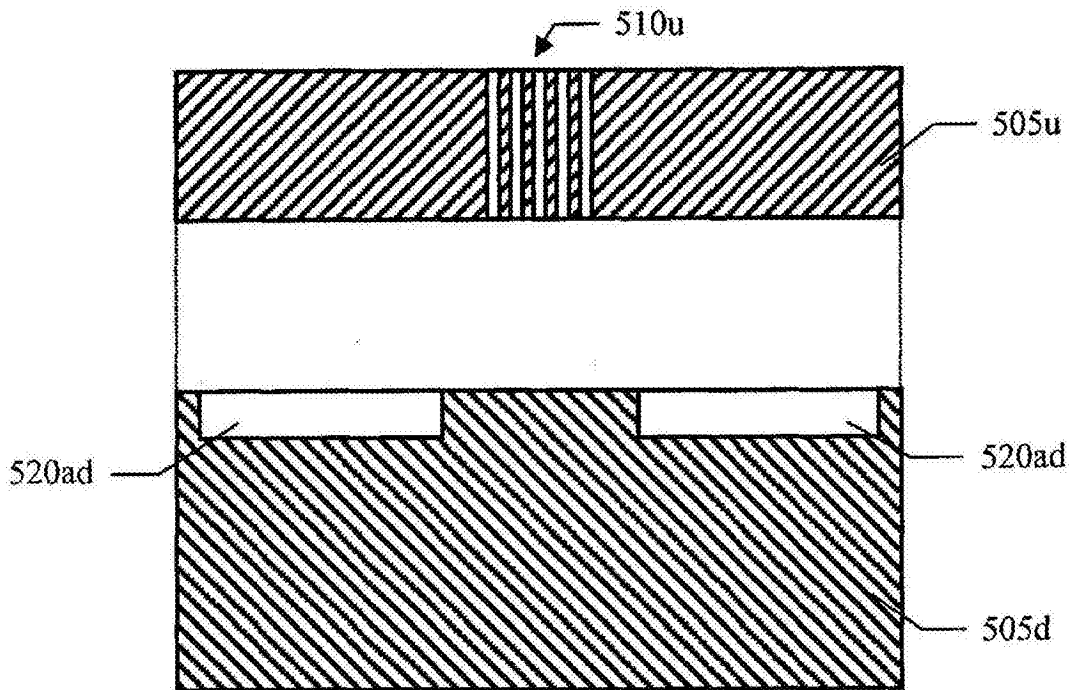


图5A

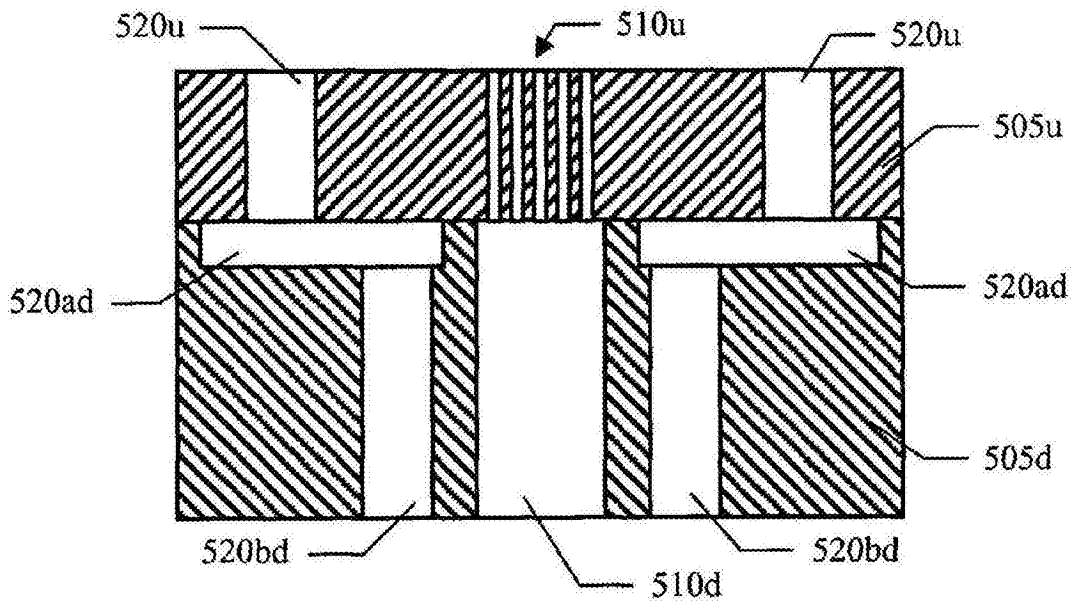


图5B

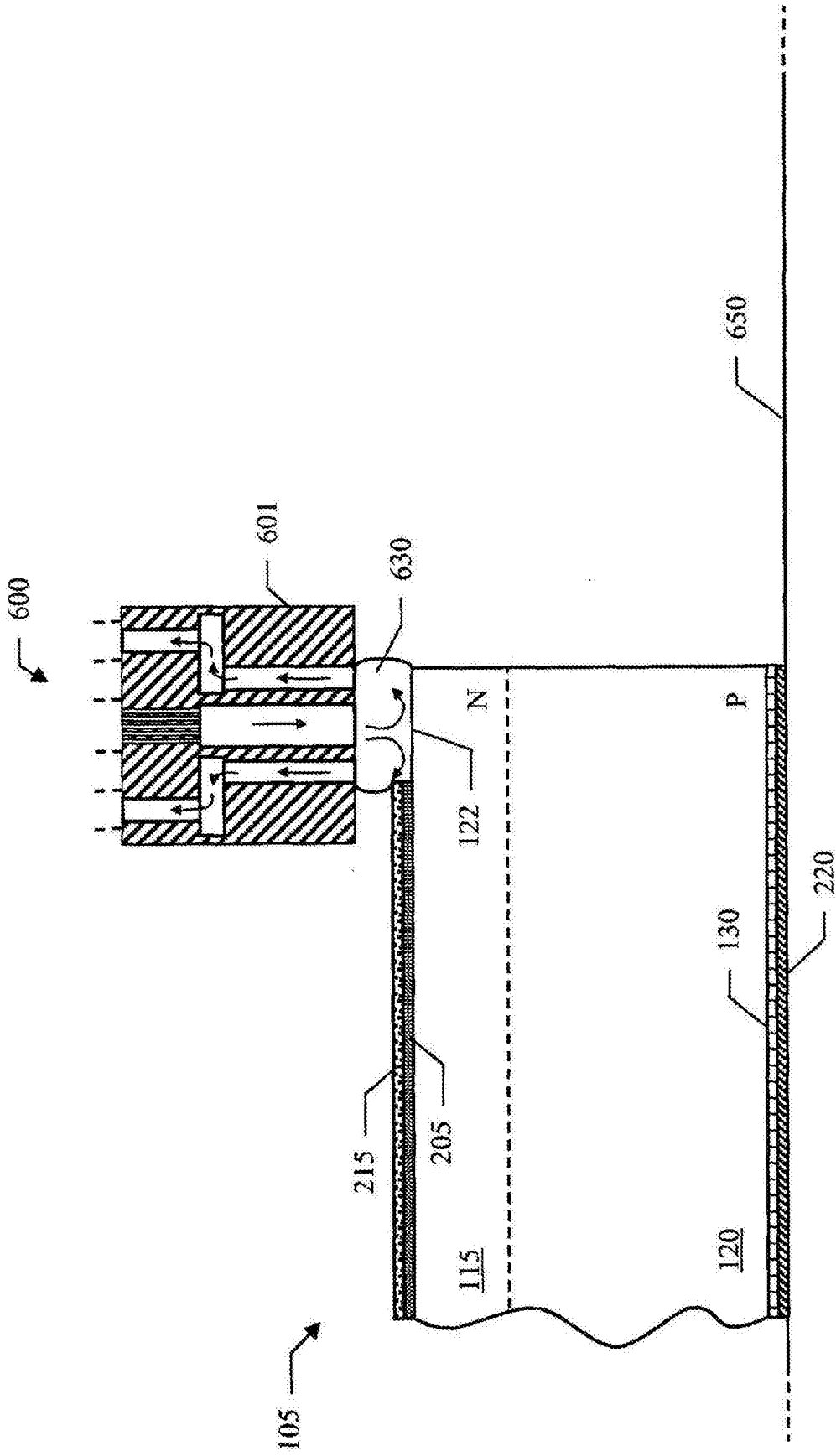


图6A

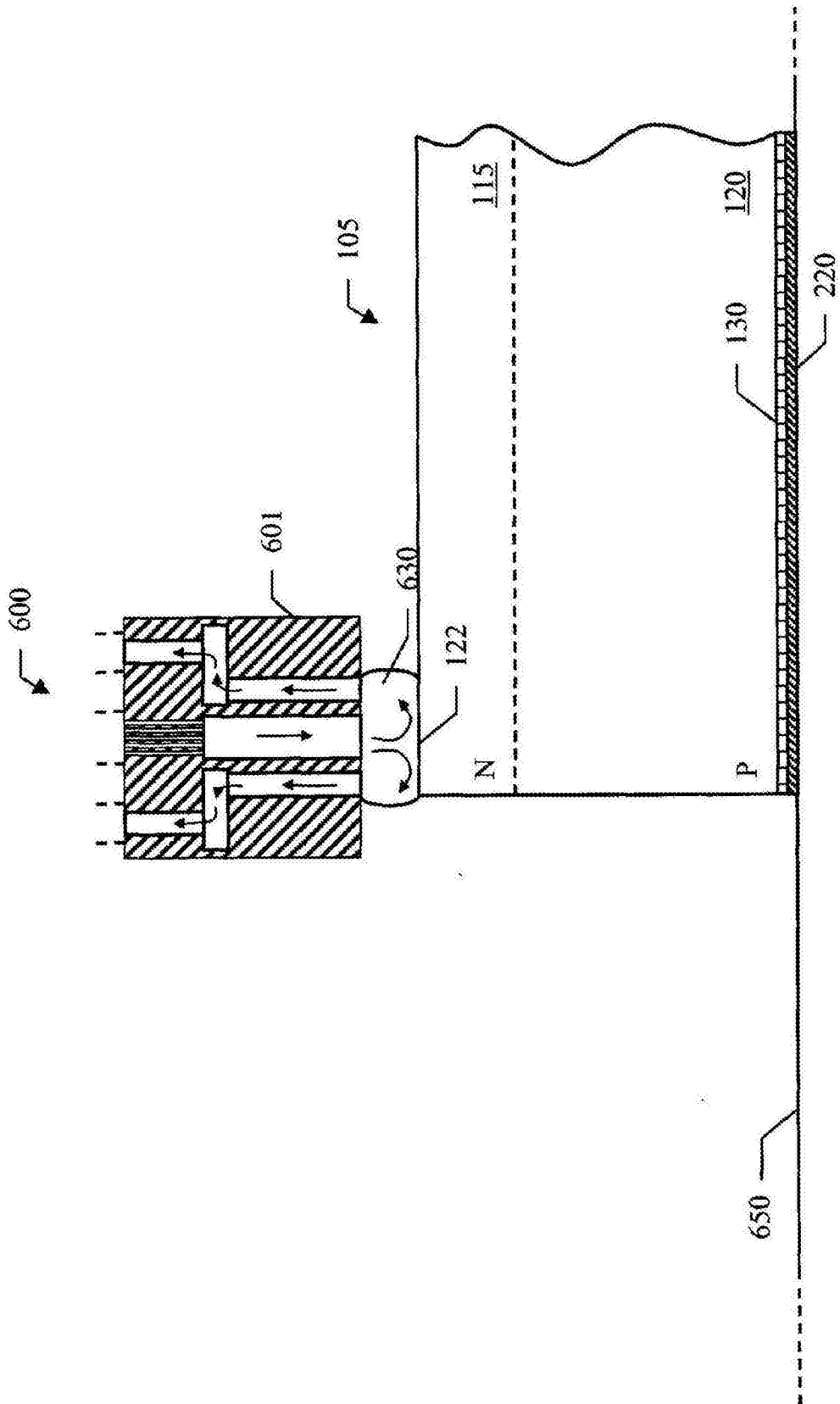


图6B

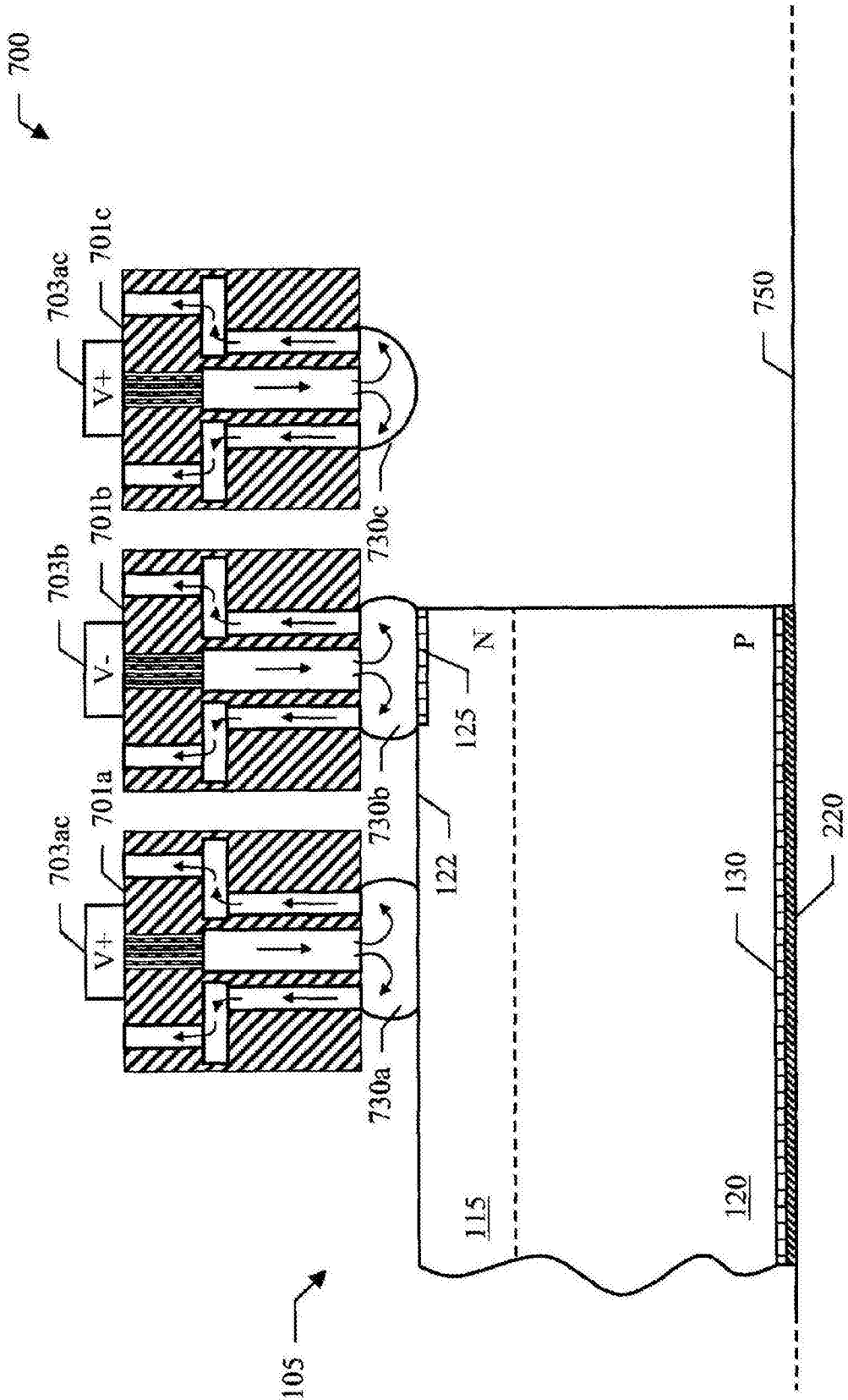


图7A

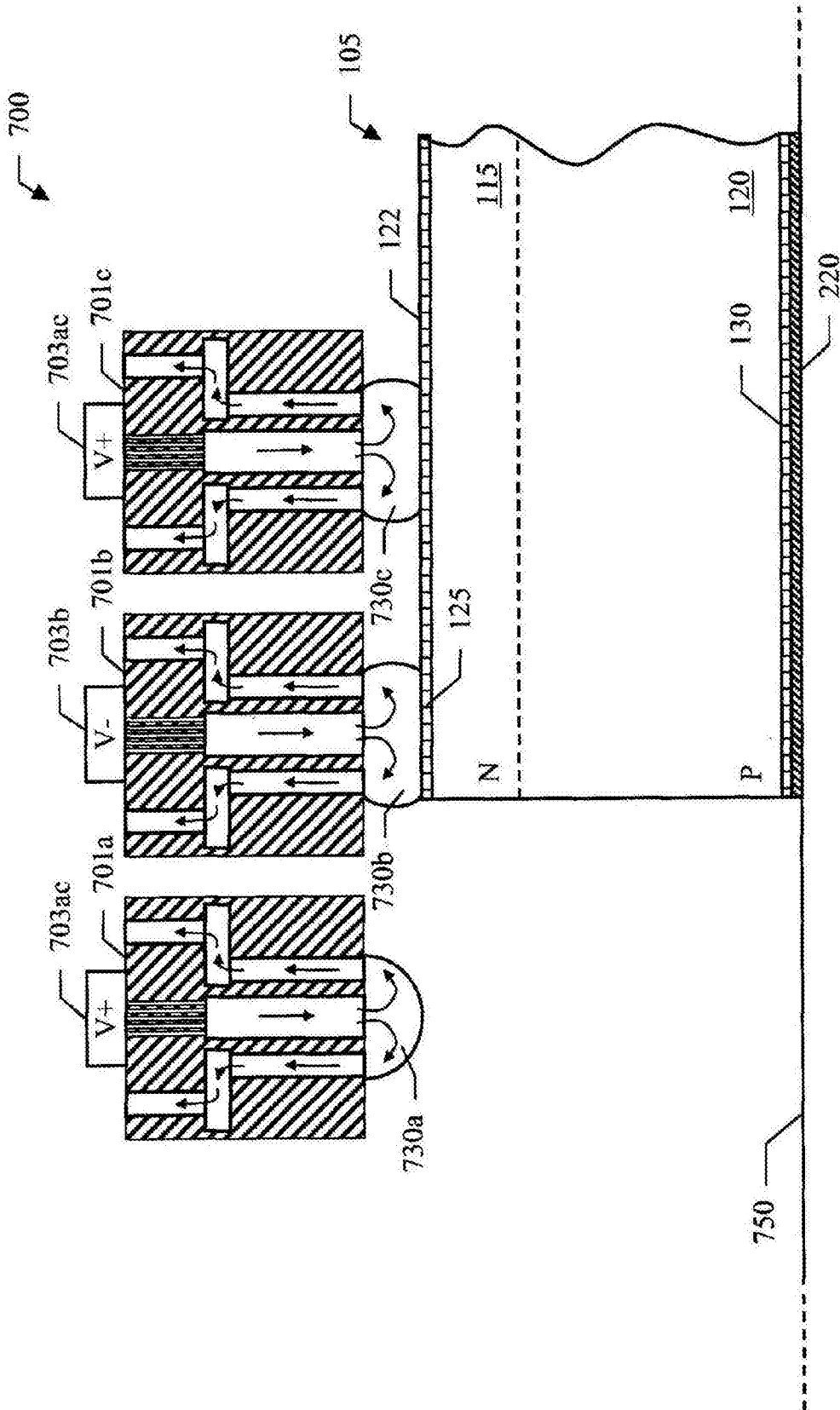


图7B

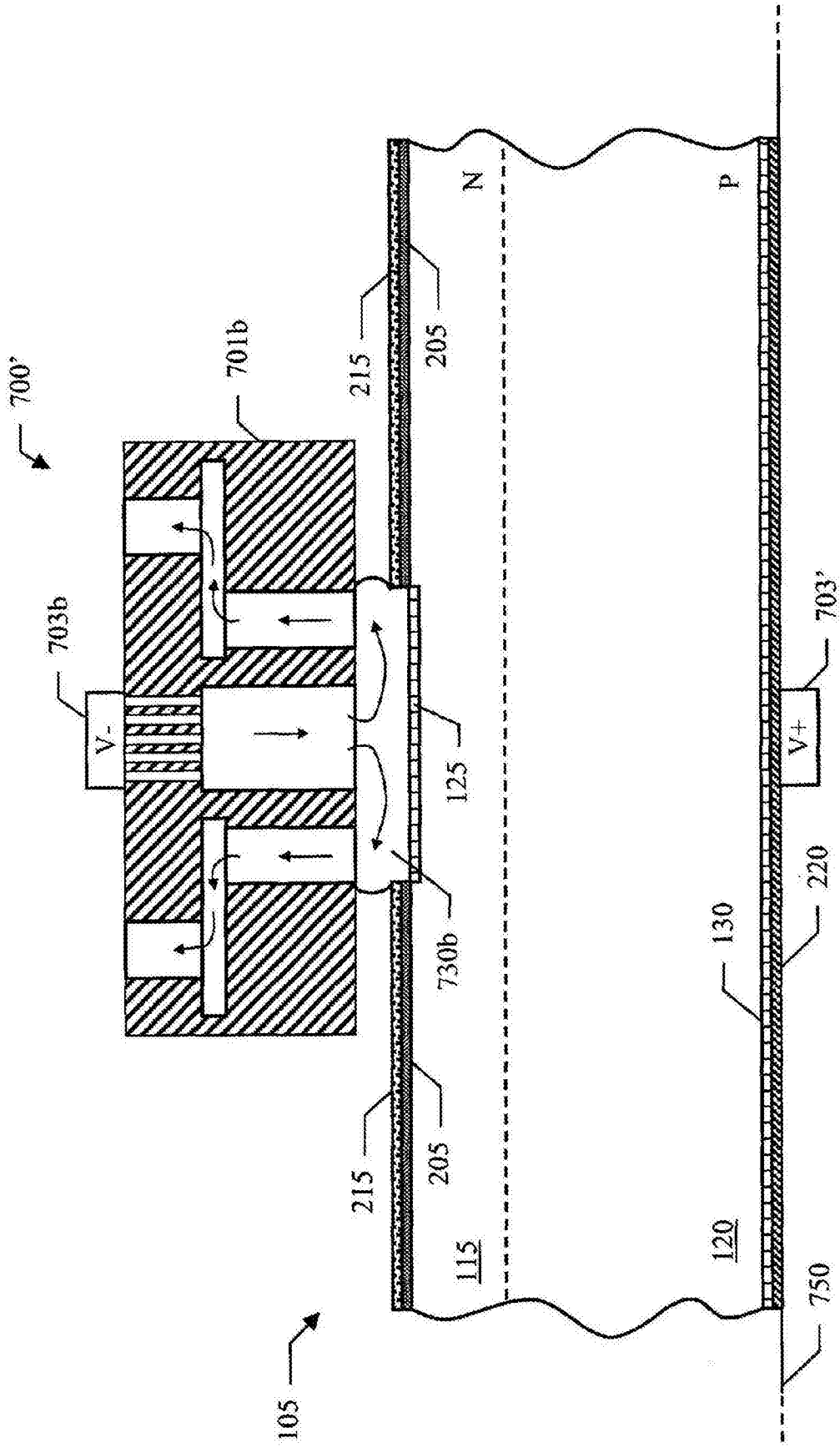


图7C

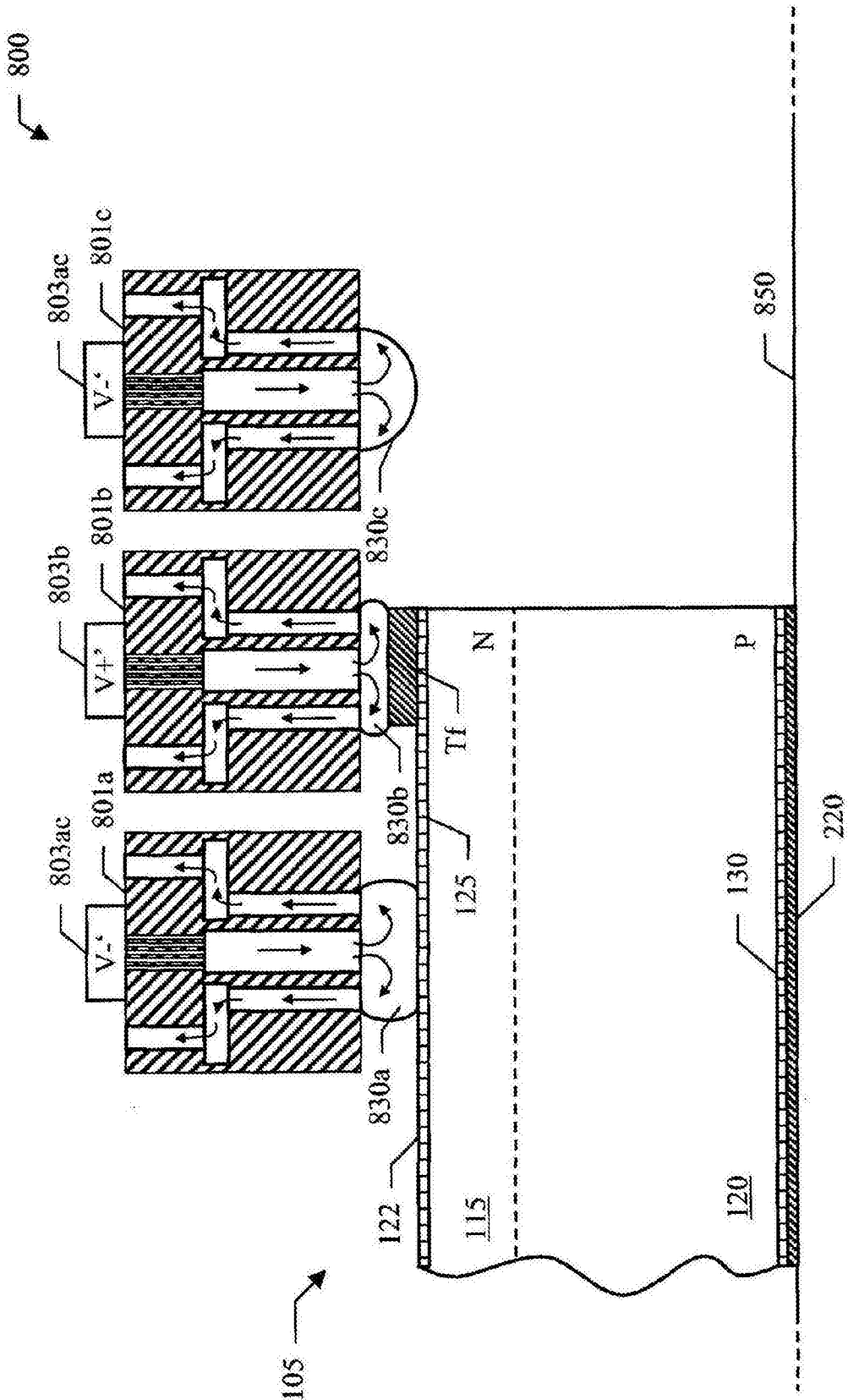


图8A

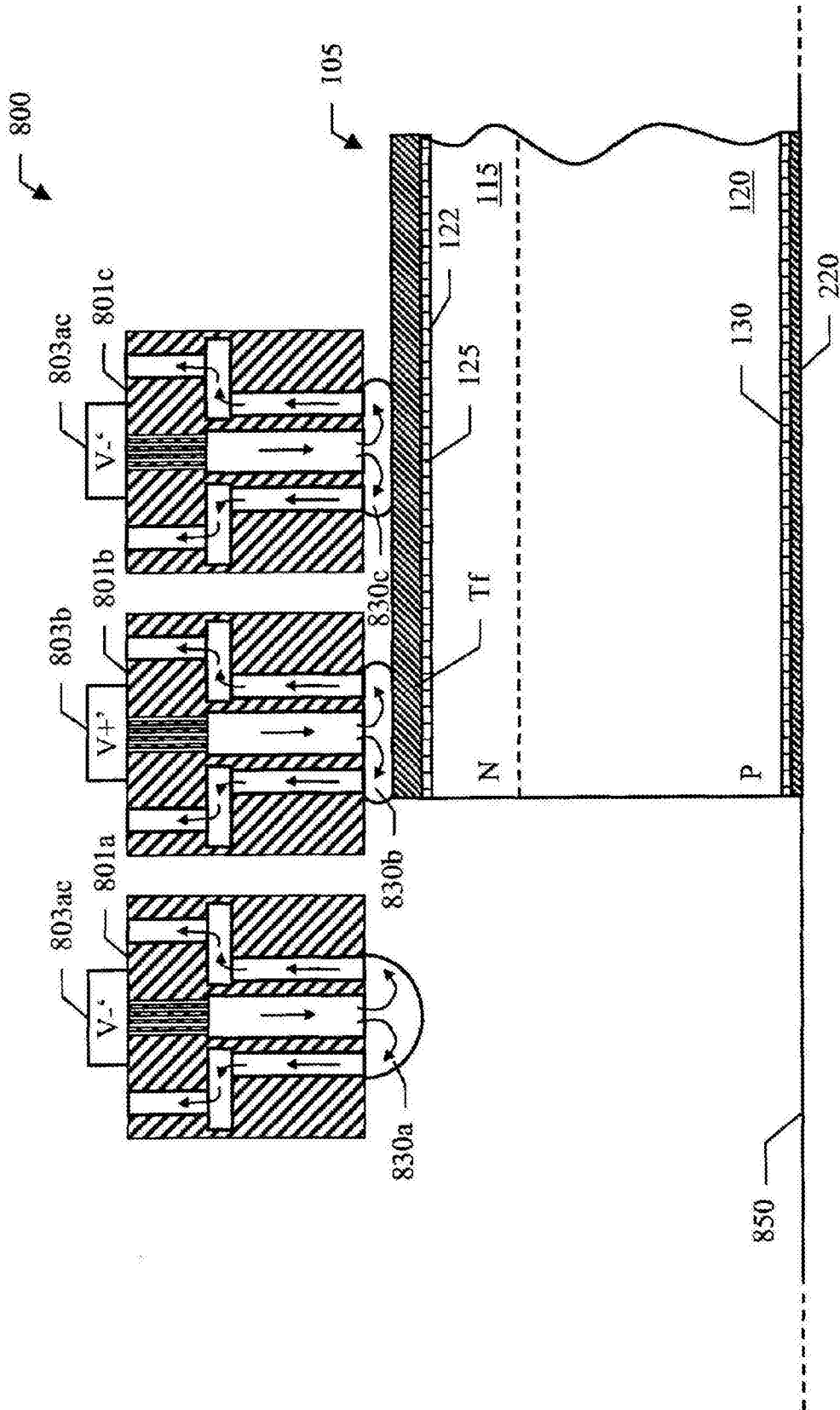


图8B

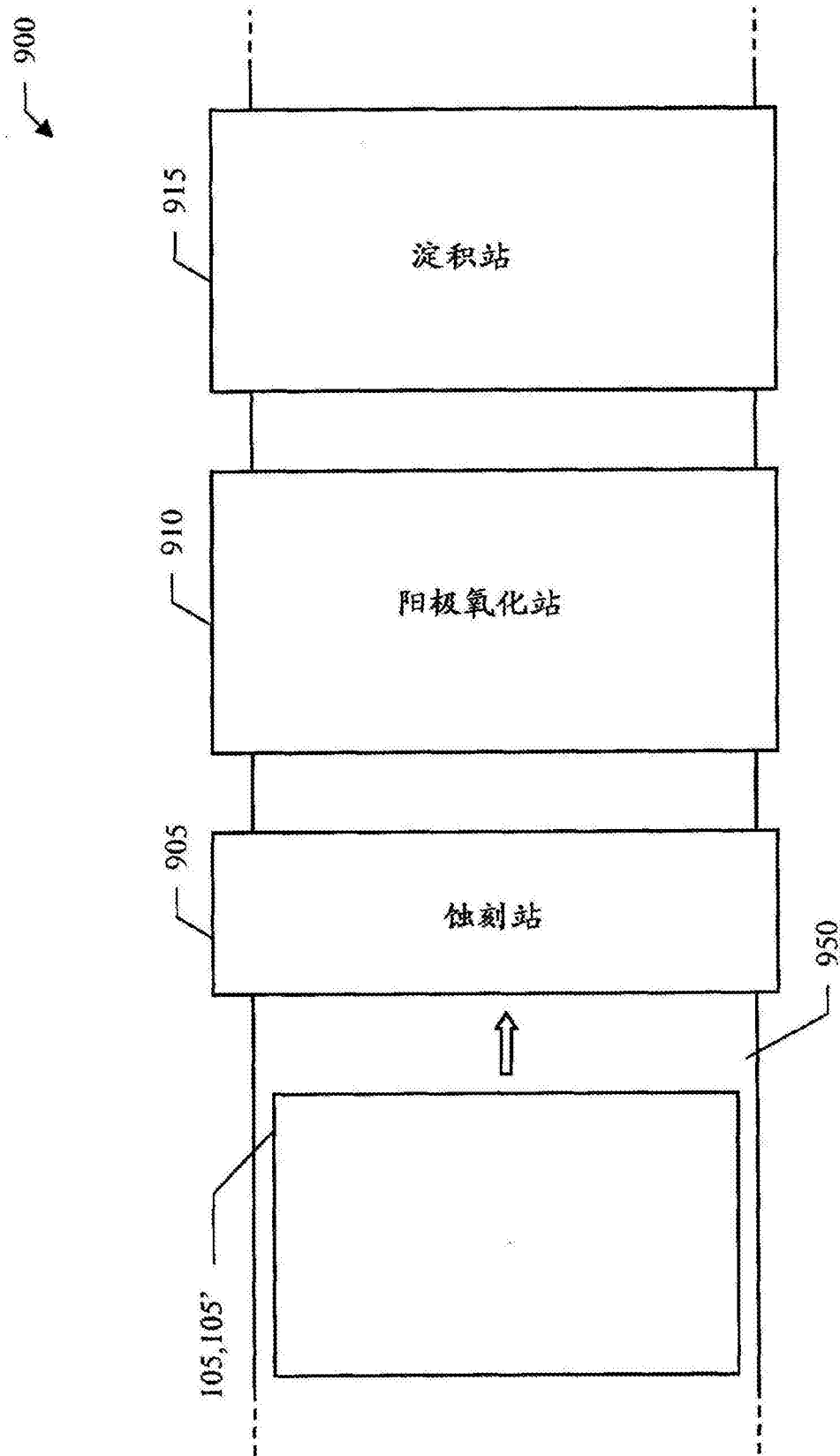


图9A

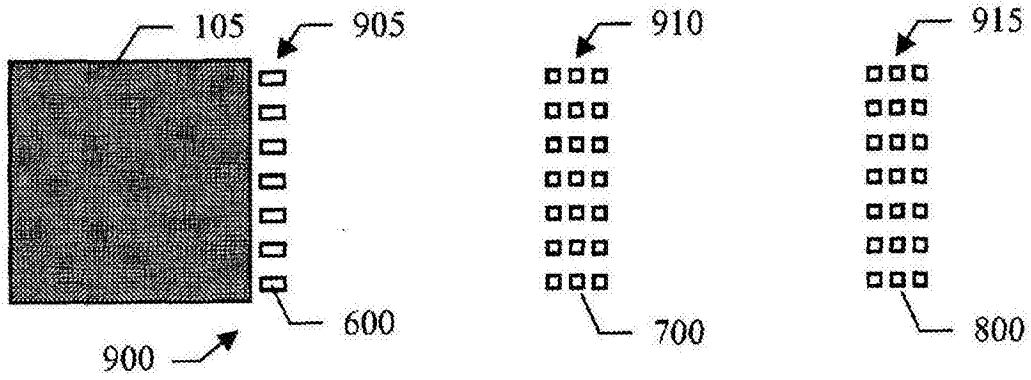


图9B

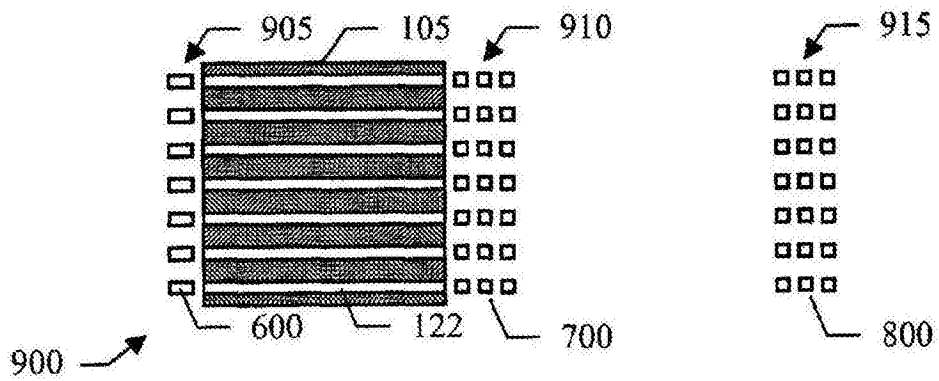


图9C

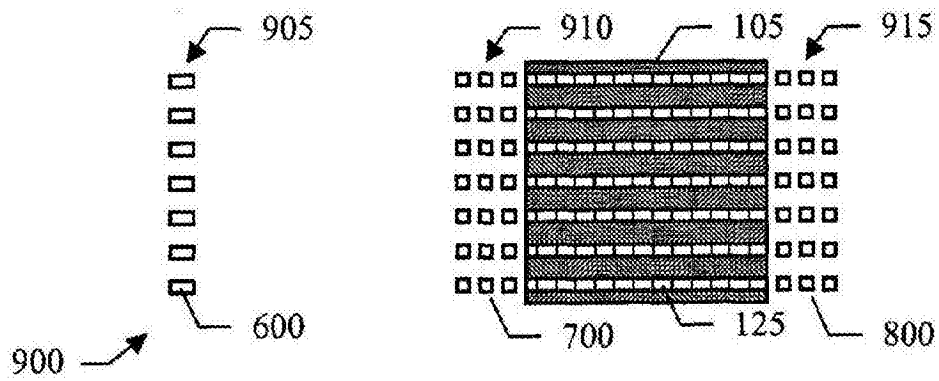


图9D

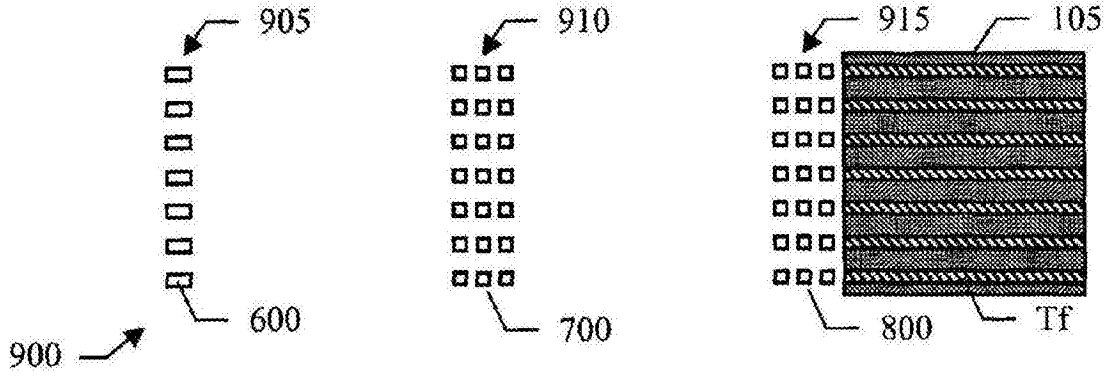


图9E

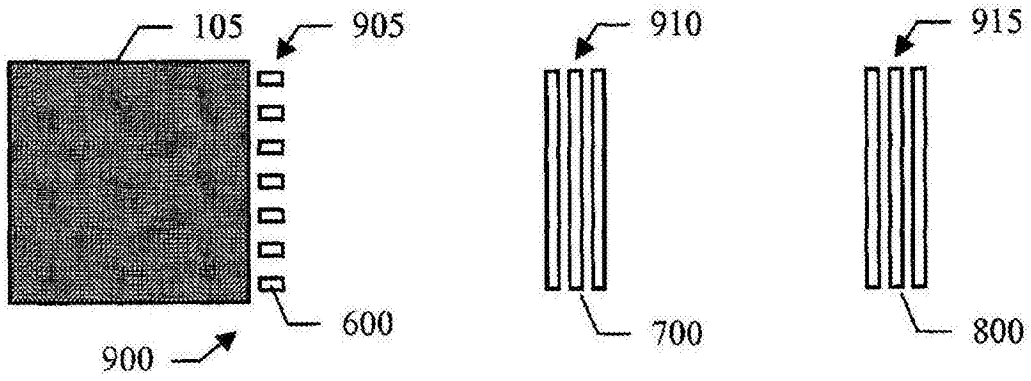


图9F

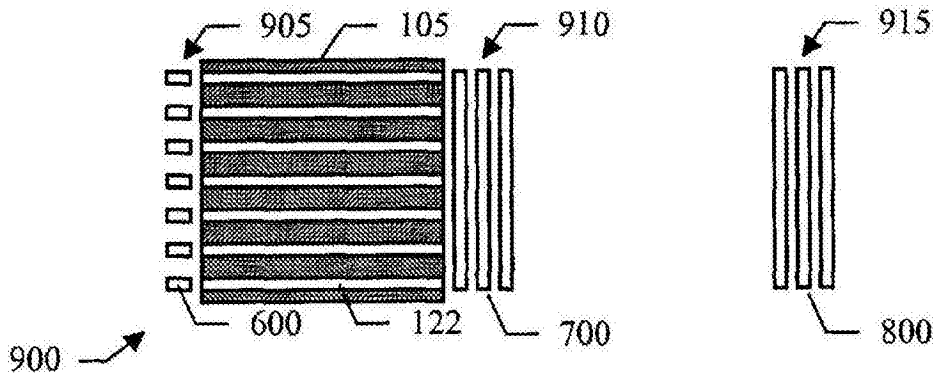


图9G

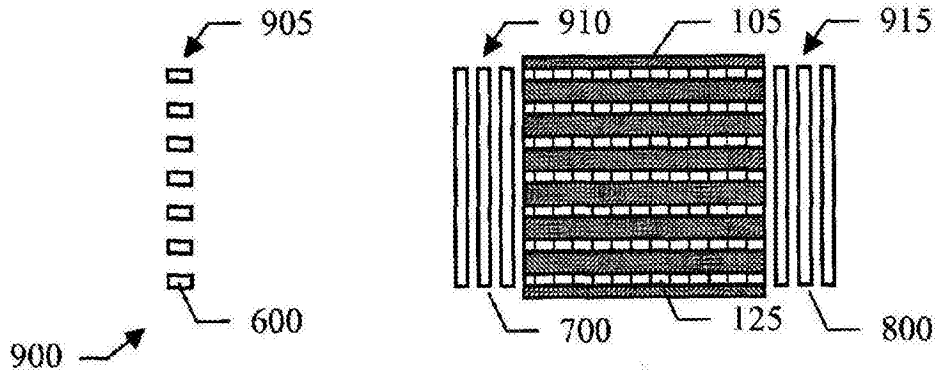


图9H

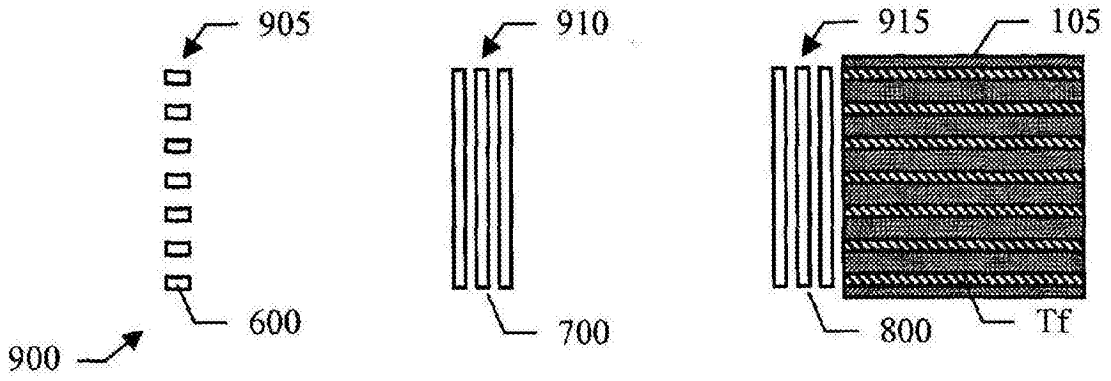


图9I

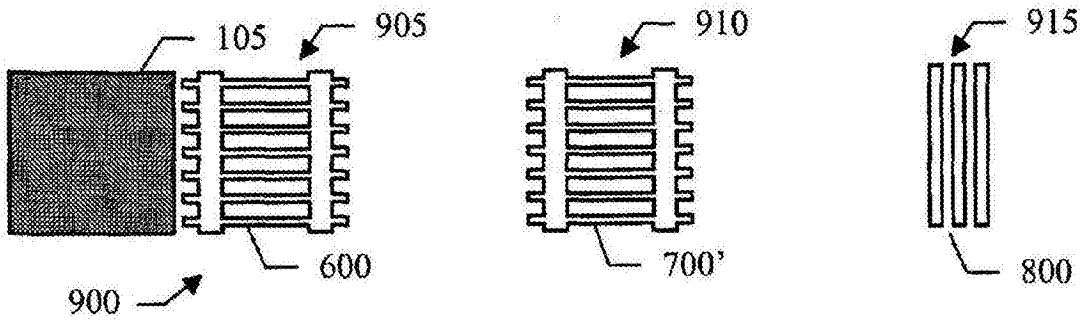


图9J

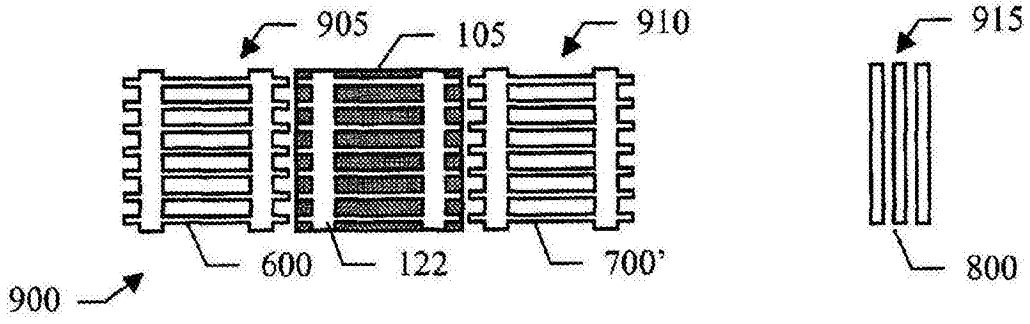


图9K

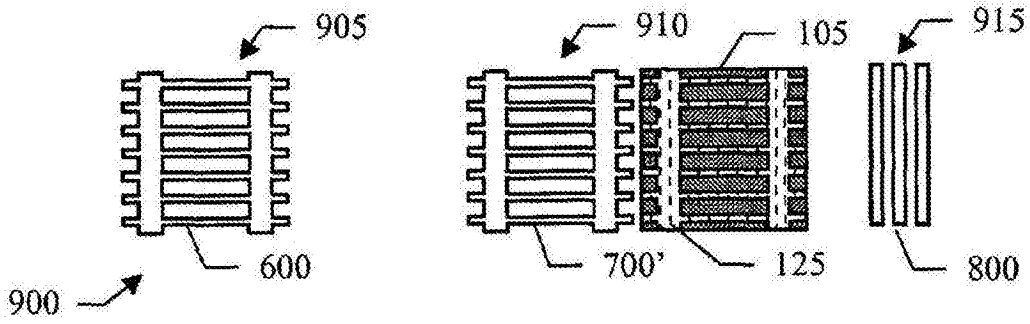


图9L

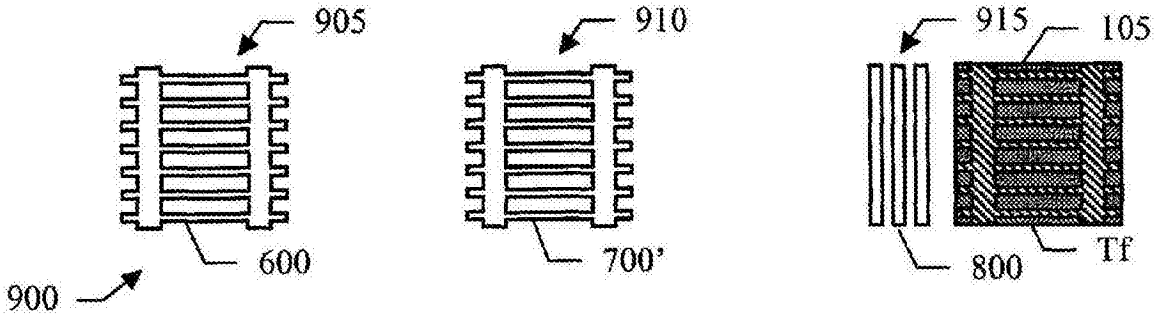


图9M

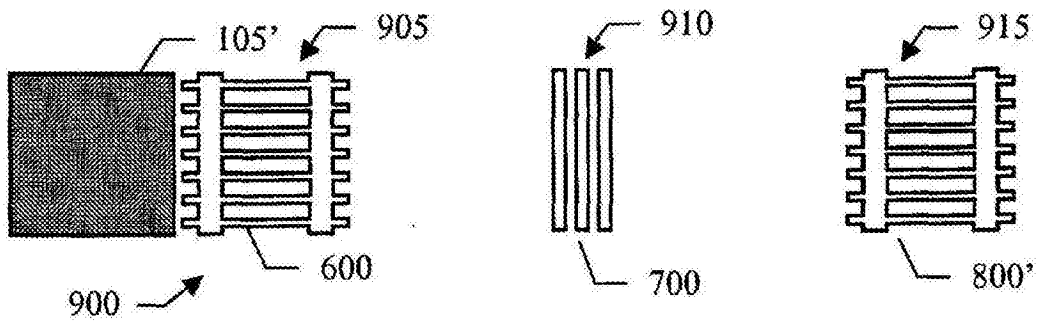


图9N

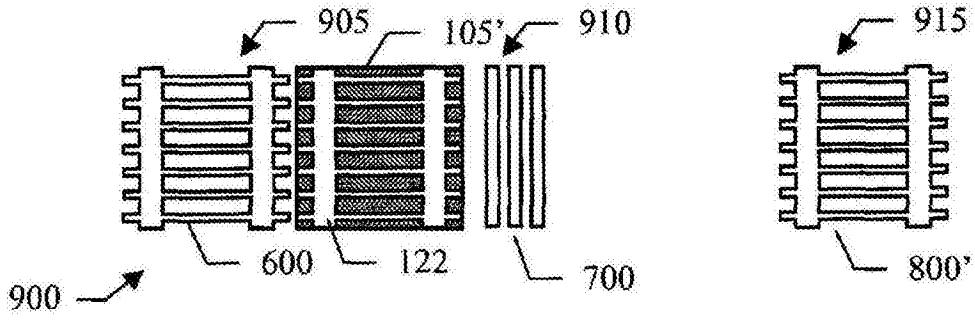


图90

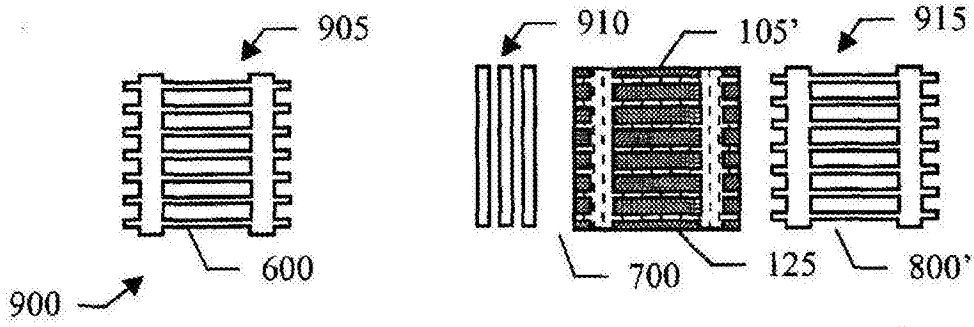


图9P

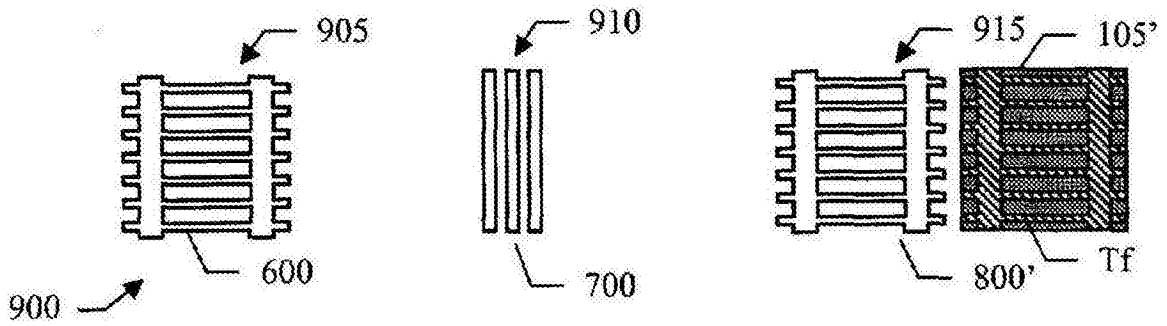


图9Q