



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104919599 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201480004408. 4

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理
有限责任公司 11204

(22) 申请日 2014. 01. 09

代理人 王达佐 刘铮

(30) 优先权数据

61/750, 709 2013. 01. 09 US

14/150, 376 2014. 01. 08 US

(51) Int. Cl.

H01L 31/04(2014. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015. 07. 09

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/010867 2014. 01. 09

(87) PCT国际申请的公布数据
WO2014/110251 EN 2014. 07. 17

(71) 申请人 阿森特太阳能技术公司
地址 美国科罗拉多州

(72) 发明人 劳伦斯·M·伍兹 罗森恩·瑞柏林
约瑟夫·H·阿姆斯特朗

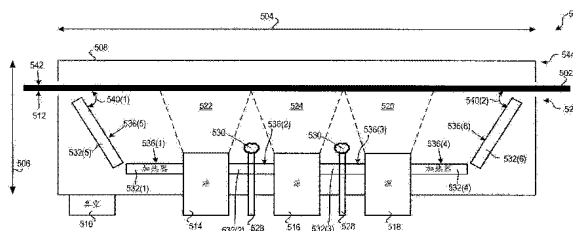
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

用于在对温度敏感的基板上热管理高温过程的
系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于在具有相对的前外表面
和后外表面的柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或
多个薄膜层的方法,所述方法包括以下步骤:(a)
加热所述柔性聚酰亚胺基板,以使得所述柔性
聚酰亚胺基板的所述前外表面的温度高于所
述柔性聚酰亚胺基板的所述后外表面的温度;
以及(b)在所述柔性聚酰亚胺基板的所述前
外表面上沉积所述一个或多个薄膜层。本发
明还涉及一种用于执行所述方法的沉积区,所
述沉积区包括:(a)一个或多个物理气相沉积
源,其能够将一种或多种金属材料沉积在所
述基板的所述前外表面上;以及(b)一个或
多个辐射区边界加热器。



1. 一种用于在具有相对的前外表面和后外表面的柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或多个薄膜层的方法,所述方法包括以下步骤:

加热所述柔性聚酰亚胺基板,以使得所述柔性聚酰亚胺基板的所述前外表面的温度高于所述柔性聚酰亚胺基板的所述后外表面的温度;以及

在所述柔性聚酰亚胺基板的所述前外表面上沉积所述一个或多个薄膜层。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,所述加热步骤包括使用一个或多个辐射热生成元件对所述柔性聚酰亚胺基板的所述前外表面进行辐射加热,所述一个或多个辐射热生成元件中的每一者至少部分地与所述柔性聚酰亚胺基板的所述前外表面处于同一视线。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,所述一个或多个辐射热生成元件包括电辐射加热器。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,还包括在加热和沉积步骤期间在所述柔性聚酰亚胺基板周围维持真空。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,所述沉积步骤包括将选自铜-铟-联硒化物以及铜-铟-联硒化物的合金组成的组的材料沉积在所述柔性聚酰亚胺基板的所述前外表面上。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,所述沉积步骤包括在存在硒的情况下使至少铜和铟反应。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括在所述柔性聚酰亚胺基板的所述后外表面上沉积氧化物层。

8. 一种用于将材料沉积在基板上的沉积区,所述基板具有一定深度与宽度的第一外表面,所述沉积区包括:

一个或多个物理气相沉积源,其能够将一种或多种金属材料沉积在所述基板的所述第一外表面上;以及

一个或多个辐射区边界加热器,每个辐射区边界加热器包括能够发出红外线辐射的外加热表面,至少一个外加热表面从所述基板的所述第一外表面成角度地错开小于九十度的角度,每个外加热表面与所述基板的所述第一外表面的至少一部分处于同一视线。

9. 根据权利要求 8 所述的沉积区,所述一个或多个辐射区边界加热器中的至少一者包括以长度和宽度方向设置的外加热表面。

10. 根据权利要求 8 所述的沉积区,所述一个或多个辐射区边界加热器包括电辐射加热器。

11. 根据权利要求 8 所述的沉积区,还包括能够维持所述沉积区中的真空的外壳和真空泵。

12. 根据权利要求 8 所述的沉积区,所述一个或多个物理气相沉积源能够将选自铜、镓和铟组成的组的至少一种材料沉积在所述基板的所述第一外表面上。

13. 根据权利要求 12 所述的沉积区,还包括能够向所述沉积区提供硒蒸气的硒歧管。

14. 根据权利要求 13 所述的沉积区,所述一个或多个物理气相沉积源能够将至少铜、镓和铟沉积在所述基板的所述第一外表面上。

15. 根据权利要求 8 所述的沉积区,所述一个或多个辐射区边界加热器包括多个彼此分开的辐射加热器。

16. 根据权利要求 15 所述的沉积区,所述多个彼此分开的辐射加热器包括第一和第二

辐射加热器,所述沉积区还包括设置在所述第一和第二辐射加热器之间的罩,所述罩能够在所述沉积区中包容一种或多种沉积元素。

17. 根据权利要求 8 所述的沉积区,所述一个或多个辐射区边界加热器为单个辐射加热器。

用于在对温度敏感的基板上热管理高温过程的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请是 2014 年 1 月 8 日提交的美国专利申请 No. 14/150, 376 的继续申请, 该美国专利申请要求 2013 年 1 月 9 日提交的美国临时专利申请 No. 61/750, 709 的优先权权益。上述专利申请中的每一者都以引用方式并入本文。

背景技术

[0003] 光伏装置响应于入射光而生成电流。如今常用的一类光伏装置基于晶体硅太阳能吸收层。晶体硅光伏装置包括例如厚硅晶片。这些晶片易碎并且无法在不冒损坏风险的情况下弯曲, 因此, 晶片必须设置在刚性基板上, 诸如大面积刚性玻璃基板。虽然晶体硅光伏装置可实现相对高的效率, 但是它们通常昂贵而笨重。另外, 它们缺乏柔性, 因此难以在非平面应用中或在经受弯曲的应用中的使用。此外, 它们的重量阻止了一些屋顶应用。

[0004] 因此, 对于开发可能比晶体硅光伏装置更薄、更轻且更便宜的“薄膜”光伏装置存在极大的兴趣。另外, 薄膜光伏装置通常将耐至少一定的挠曲, 从而可能允许使用柔性基板, 以使得光伏装置为柔性的。柔性光伏装置可有利地适形于非平坦表面和 / 或用于经受弯曲挠曲的应用。

[0005] 图 1 显示了常规薄膜光伏装置 100 的剖视图, 该薄膜光伏装置 100 包括设置在基板 104 上的薄膜叠堆 102。光伏叠堆 102 包括第一电接触层 106, 诸如钼层, 其设置在基板 104 的第一或前外表面 108 上。太阳能吸收层 110 设置在第一电接触层 106 上, 并且异质结配对层 112 设置在太阳能吸收层 110 上。第二电接触层 114, 诸如导电氧化物层, 通常设置在异质结配对层 112 上。太阳能吸收层 110 和异质结配对层 112 一起形成 P-N 光伏结, 其响应于入射光生成电流。第一电接触层 106 和第二电接触层 114 提供光伏结的电接口。可能的太阳能吸收层材料的一些例子包括基于硒的硫属化物, 诸如铜 - 铟 - 联硒化物 (CIS), 或其合金。CIS 合金的一些例子包括铜 - 铟 - 镓 - 联硒化物 (CIGS)、银 - 铜 - 铟 - 镓 - 联硒化物 (AgCIGS) 和铜 - 铟 - 镓 - 铝 - 联硒化物 (CIGAS)。用其他 VI 族元素诸如硫或碲替代太阳能吸收器中的硒或使硒形成合金在某些应用中也是有吸引力的。可能的异质结配对层材料的一些例子包括硫化镉、金属氧化物或它们的合金。通常将额外的层诸如缓冲层和 / 或应力消除层添加到光伏装置 100。例如, 有时将金属层诸如钼层 118 设置在基板 104 的后外表面 116 上以提供应力消除并耗散静电。

[0006] 许多光伏装置包括多个光伏电池, 它们电串联和 / 或并联以满足应用的电压和 / 或电流要求。通常期望多个光伏电池单片集成在共用基板上。单片集成可使得能够在装置设计期间自定义装置输出电压和输出电流额定值, 从而使得装置可以针对其预期应用而定制。另外, 相对于非单片集成的光伏装置, 单片集成通过减小相邻光伏电池之间的间距以及通过减少或消除使用分立的母线来连接相邻的电池而促进了小装置尺寸和令人愉悦的美观性。

[0007] 然而, 单片集成需要装置基板的外表面诸如基板 104 的外表面 108 (图 1) 为介电的。具体地讲, 表面必须为介电的以允许相邻的光伏电池通过电池隔离划线 (有时称为

“P1”划线)而电分离。如果基板外表面相反地为导电的,或如果 P1 划线穿透表面电介质到达导电基板,则相邻的光伏电池将一起电短路,从而使得 P1 划线无效。包括使用电池隔离划线的单片集成技术的一些例子在授予 Misra 的美国专利申请公布 No. 2008/0314439 中公开,该专利申请公布以引用方式并入本文。

[0008] 介电表面可通过向导电柔性基板诸如金属箔施加介电涂层而在该基板上获得。然而,该方法可能难以实现,因为介电涂层必须没有缺陷,诸如小孔,以防止光伏电池电短路。另外,介电涂层易于在基板上进行薄膜沉积期间以及在单片集成图案化过程期间损坏。

[0009] 可替代地,可将介电基板与单片集成一起使用。然而,很少有柔性基板材料既为介电的又能够经受与薄膜层沉积相关的高温加工。一种可能的柔性介电基板材料为柔性玻璃。然而,柔性玻璃基板仍处于其开发阶段并且不能用于大量生产应用。另一种柔性介电基板材料为聚酰亚胺。薄聚酰亚胺基板广泛普及并且一些配方通常可短时间(诸如 30 分钟或更短)承受高达 450°C 的加工温度。

[0010] 图 2 示出了现有技术 CIGS 沉积区 200,其能够分别在具有厚度 230 以及相对的前外表面 218 和后外表面 228 的柔性聚酰亚胺基板 202 上形成 CIGS 太阳能吸收层。基板 202 已在前外表面 218 上预制有电接触层(未示出),其中该接触层类似于图 1 的层 106。类似于图 1 的层 118 的应力消除层(未示出)任选地设置在后外表面 228 上。沉积区 200 包括多个源,这些源分别发出随后设置在基板 202 的正面 210 中的金属羽状物 212、214、216。在该系统中,三个源 204、206 和 208 将金属元素设置到基板 202 的前外表面 218 上;这些元素通常包括铜、镉和镓中的一者或多者。硒歧管 220 在基板 202 的正面 210 中向沉积区 200 提供硒蒸气 222。设置在基板 202 背后 226 的基板加热器 224 向基板 202 的后外表面 228 提供辐射热。区外壳和真空泵(未示出)维持沉积区 200 中的真空。给定正确的热力学环境,从源 204、206、208 发射到基板 202 的前外表面 218 上的铜、镉和镓一起在存在硒蒸气 222 的情况下反应以在基板前外表面 218 上形成 CIGS 层的前体或整个 CIGS 层。

[0011] 金属源 204、206、208 向前外表面 218 提供一定的热。此外,有时将额外的加热器(未示出)设置在基板 202 的正面 210 中以增强早期沉积运行稳定性并防止元素冷凝和再蒸发。这些额外的加热器,如果存在的话,将一定程度地对前外表面 218 加热。然而,基板加热器 224(其对基板后外表面 228 加热)提供使得能够进行 CIGS 沉积所需的大部分热能。由于由源 204、206 和 208 提供的不同程度的加热,基板加热器 224 可能需要相对于彼此不同的设定点,以实现所需的基板 202 温度。如本领域所已知,CIS/CIGS 沉积需要高基板温度,并且光伏装置效率通常取决于基板温度。例如,通常需要超过 500°C 的基板温度以获得最高效率的 CIS/CIGS 光伏装置。另外,研究已显示了在薄膜沉积期间增加 Se 热能的潜在优点,诸如通过使用 Se 炉或裂化器,以减小共蒸发 CIGS 过程期间 Se 蒸发物团簇尺寸。(参见例如 M. Kawamura et al.,“Cu(InGa)Se₂ thin-film solar cells grown with cracked selenium,” *Journal of Crystal Growth*, vol. 311, January 15, 2009, pp. 753-756 (M. Kawamura 等人,“通过裂化的硒生长的 Cu(InGa)Se₂ 薄膜太阳能电池”,《晶体生长杂志》,第 311 卷,2009 年 1 月 15 日,第 753-756 页))。虽然刚性玻璃基板能够耐这些温度,但是柔性聚酰亚胺基板在升高的温度下降解,从而限制了聚酰亚胺基板上的 CIS/CIGS 沉积过程。另外,聚酰亚胺基板很容易受吸收水蒸汽的影响,而水蒸汽随后可在 CIS/CIGS 制造期间受热时释放。除非极其小心以确保聚酰亚胺基板在电接触层沉积前正确脱气,否则水分可在基

板加热期间被捕获在第一电接触层下,从而可能导致 PV 装置开裂和起泡。开裂和起泡可显著损害光伏装置性能和 / 或制造良率。

发明内容

[0012] 在一个实施例中,用于在具有相对的前外表面和后外表面的柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或多个薄膜层的方法包括以下步骤:(a) 加热柔性聚酰亚胺基板,以使得柔性聚酰亚胺基板的前外表面的温度高于柔性聚酰亚胺基板的后外表面的温度;以及 (b) 在柔性聚酰亚胺基板的前外表面上沉积一个或多个薄膜层。

[0013] 在一个实施例中,用于在基板上沉积材料的沉积区(其中基板具有一定深度与宽度的第一外表面)包括以下:(a) 一个或多个物理气相沉积源,其能够将一种或多种金属材料沉积在基板的第一外表面上;以及 (b) 一个或多个辐射区边界加热器。每个辐射区边界加热器包括能够发出红外线辐射的外加热表面,并且至少一个外加热表面从基板的第一外表面成角度地错开小于九十度的角度。每个外加热表面与基板的第一外表面的至少一部分处于同一视线。

附图说明

[0014] 图 1 显示了现有技术薄膜光伏装置的剖视图。

[0015] 图 2 示出了现有技术 CIGS 沉积系统。

[0016] 图 3 示出了热可被捕获在聚酰亚胺基板中的方式的一个例子。

[0017] 图 4 示出了可通过促进从基板后外表面的热辐射而最大程度降低基板加热的方式的一个例子。

[0018] 图 5 示出了根据一个实施例的一个 CIGS 沉积区,该沉积区包括能够辐射加热基板的前外表面的加热器。

[0019] 图 6 显示了根据一个实施例的光伏装置的剖视图,该光伏装置包括通过图 5 的沉积区形成的 CIGS 太阳能吸收层。

[0020] 图 7 示出了根据一个实施例的用于在柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或多个薄膜层的方法。

[0021] 图 8 示出了根据另一个实施例的一个 CIGS 沉积区,该沉积区包括能够辐射加热基板的前外表面的分段式加热器。

具体实施方式

[0022] 如上所讨论,用于在聚酰亚胺基板上沉积 CIS/CIGS 的常规系统包括能够对基板的后外表面进行辐射加热的基板加热器,而沉积设备在前外表面上沉积 CIS/CIGS。常规系统采用后外表面加热的原因有以下两个:(1) 通常认为必须进行后表面加热以实现均匀的加热从而实现稳健的 CIS/CIGS 沉积,以及 (2) 后表面加热允许将基板加热器设置在 CIS/CIGS 源的路径之外。

[0023] 然而,申请人的热建模表明在典型的 CIS/CIGS 沉积期间存在跨基板厚度的小却并非无关紧要的热梯度。例如,当将接触层设置在前外表面 218 上时(参见图 2),施加到基板 202 的后外表面 228 侧的加热导致跨基板厚度 230 的小(例如,3-7°C)的热梯度。因

此,在这些条件下基板前外表面 218 比后外表面 228 略冷。该热梯度取决于涂层与基板之间的接触质量可能更明显或不太明显。从前至后的温度梯度对于常规的玻璃基板或金属基板而言不是问题,后者可能具有很小的梯度或没有梯度,因为可以根据使高质量 CIS/CIGS 反应的需要来调节基板加热器以实现在基板前外表面上的充分加热,而不会损坏基板。然而,对于温度受限的基板,诸如聚酰亚胺或可能薄的玻璃,不能将基板加热器调节到高于基板温度极限,从而可能导致较少的热到达前外表面来使高质量的 CIS/CIGS 反应。因此,对于跨基板厚度的 5°C 的热梯度,向基板正面施加热将导致低 10°C 的背面温度以实现与背面加热相比时相同的正面温度。

[0024] 申请人已确定,在 CIS/CIGS 沉积期间的热梯度可归因于以下方面的组合:聚酰亚胺基板的绝缘性、热反射正面金属层和真空室中过程驱动的主动辐射加热和冷却。例如,图 3 显示了聚酰亚胺基板 300 的剖视图,该基板包括其前外表面 304 上的前金属层 302 和其外表面 308 上的背面金属层 306。热在 CIS/CIGS 沉积期间主要通过辐射向和从基板 300 传递,因为沉积在真空中进行。

[0025] 考虑这样一个场景,其中后外表面 308 通过射在背面金属层 306 的外表面 322 上的辐射 310 加热。辐射 310 的一部分 312 被背面金属层 306 反射开,而辐射 310 的一部分 314 则透过背面金属层 306 并部分地被基板 300 吸收。由于基板 300 相对低的热导率,热相对缓慢地传导通过基板 300,使得尽管有一些来自热源的入射热辐射,但在热辐射远离前接触层 302 到达更冷的室环境的帮助下,基板 300 的背面 316 比基板的正面 318 更暖和。另外,未被基板 300 吸收的一些辐射 314 被前金属层 302 反射回基板 300,如箭头 320 所示,这会进一步加热基板 300。类似地,当不使用背面金属时,来自背面加热器的主要辐射和来自前金属层 302 的背面的反射辐射导致基板加热。在任一种情况下,前外表面 324 以辐射方式冷却,因为其主要面向较冷的表面。

[0026] 因此,申请人已确定,当在前外表面上沉积 CIS/CIGS 时,最好加热聚酰亚胺基板的前外表面,而不是其后外表面。例如,加热前表面可能允许将加热辐射基本上局限于发生 CIS/CIGS 沉积的基板正面,从而提供支持 CIS/CIGS 反应的必要能量,而不会过度加热整个基板,使用常规技术则需要加热整个基板。这种避免过度加热基板同时增强 CIS/CIGS 反应的能力通过减少基板降解而促进了装置可靠性和高制造良率。此外,加热基板的前外表面可在共蒸发 CIGS 沉积过程期间提供足够的热能以实现小 Se 蒸发物团簇尺寸,而无需使用 Se 炉或裂化器。

[0027] 申请人还已发现,可通过促进热从后外表面的辐射发射而进一步最大程度减小在前外表面上进行 CIS/CIGS 沉积期间的聚酰亚胺基板加热。图 4 显示了具有相对的前外表面 402 和后外表面 404 的聚酰亚胺基板 400 的剖视图。前金属层 406 诸如钼层设置在前外表面 402 上。假设基板 400 由射在前金属层 406 上的辐射 408 加热。辐射的一部分 410 将与一些传导的热流一起流过前金属层 406 进入基板 400。期望的是,热辐射 410 退出后外表面 404 以防止辐射 410 被捕获在基板 400 内,从而有助于最大程度减少基板加热。如上所讨论,过度的基板加热可导致许多不良影响,并因此期望的是最大程度减少基板加热。

[0028] 相对于图 4,后金属层将来自基板和前金属层的热反射回基板,从而阻碍热辐射远离基板。这种阻碍可通过以下方式消除:省去后金属涂层,或使用红外透明涂层 412 作为应力匹配层而代替后金属涂层。另外,远离基板的热辐射可通过使透明涂层 412 成为高发射

率涂层而得以促进。在一些实施例中,高发射率涂层是介电涂层用于降低光伏电池的不期望的电短路的风险。高发射率涂层的一些例子包括透明氧化物和光学透明的氮化物,诸如 Al_2O_3 、 SiO_2 。这些材料通常实现红外透射和高发射率,而吸收极低且传导性较低。

[0029] 图 5 示出了能够在柔性聚酰亚胺基板 502 上沉积 CIGS 的一个 CIGS 沉积区 500。沉积区 500 具有长度 504、高度 506 以及垂直于长度和高度方向的宽度(未标记)。沉积区 500 包括外壳 508 和真空泵 510,它们一起形成能够在外壳 508 内维持真空的真空室。在区 500 内部和/或外部的基板处理设备(未示出),诸如释放轴和卷起轴以及基板支承辊,在区 500 内支撑基板 502 以使得基板 502 的前外表面 512 基本上在长度与宽度方向上设置。在一些实施例中,基板处理设备还能够在长度 504 方向上将基板 502 平移通过区 500。

[0030] 沉积区 500 包括多个能够沉积金属材料的物理气相沉积源;在该实施例中,示出了三个源 514、516 和 518。这些源提供例如在区 500 中产生所需的半导体化合物所必需的铜、镉和镓以及其他元素。物理气相沉积源 514、516、518 设置在基板 502 的正面 520 中并能够发出金属羽状物 522、524 和 526,所述金属羽状物代表产生所需半导体化合物所需要的至少一些元素。例如,在一些实施例中,物理气相沉积源 514、516 和 518 分别将铜、镉和镓沉积在基板 502 的前外表面 512 上。通常包括硒歧管 528 以向沉积区 500 提供硒蒸气 530。

[0031] 沉积区 500 还包括一个或多个辐射区边界加热器 532。在本文中,器件的具体实例可通过使用括号中的数字来提及(例如,加热器 532(1)),而没有括号的数字则表示任何此类器件(例如,加热器 532)。每个辐射区边界加热器 532 具有相应的外加热表面 536,其能够发出红外辐射以进行辐射加热。外加热表面 536 与基板外表面 512 的至少一部分处于同一视线。在一些实施例中,加热器 532 为电辐射加热器。辐射区边界加热器 532(1)-532(4) 被放置成使得其相应的加热表面 536 基本上在长度与宽度方向上设置,从而使得加热表面具有对基板前外表面 512 的至少一部分的高视角系数。在本文的上下文中,第一表面对第二表面的视角系数是以下两者的比率:(i) 离开第一表面的到达第二表面的辐射,与(ii) 离开第一表面的总辐射。例如,加热表面 536(1) 对基板外表面 512 的视角系数是以下两者的比率:(i) 离开表面 536(1) 并到达基板表面 512 的红外辐射,与(ii) 离开加热表面 536(1) 的总红外辐射。辐射区边界加热器 532(5) 和 532(6) 在另一方面被放置成使得其相应的加热表面 536 从基板前外表面 512 成角度地错开小于九十度的相应角度 540,诸如四十五度。加热器 532(5)、532(6) 的此类放置导致其相应的加热表面 536 具有的对基板外表面 512 的视角系数比在将加热器以使其加热表面垂直于外表面 512 的平面的方式设置时将实现的视角系数更高。以使得加热器具有对基板前外表面 512 的高视角系数的方式设置加热器将使得能够对前外表面 512 进行直接辐射加热,从而使得前外表面 512 的温度高于基板 502 的后外表面 542 的温度。来自物理气相沉积源 514、516、518 的热通常也将直接加热前外表面 512,以使得这些源和区边界加热器 532 一起提供必要的热能,从而使得铜、镉和镓与硒在前外表面 512 反应形成 CIGS。

[0032] 预计通常将额外的沉积区与沉积区 500 结合使用,其中每个额外的沉积区在基板 502 上沉积一个或多个额外的薄膜层,以使得沉积的薄膜层一起在基板 502 上形成薄膜叠堆。例如,可将额外的沉积区定位在区 500 的上游以在基板 502 进入区 500 之前在基板前外表面 512 上沉积电接触层。又如,可将额外的沉积区定位在区 500 的下游,以在区 500 中所沉积的 CIGS 层上沉积异质结配对层,从而使得 CIGS 层和异质结配对层一起形成 P-N 光

伏结。此外,任选地采用沉积区 500 的多个实例以在基板 502 上沉积多个 CIGS 亚层,诸如通过使用在授予 Nath 等人的美国专利 No. 8, 021, 905 中所公开的技术。此外,虽然沉积区 500 被示出为具有相应的外壳 508 和真空泵 510,但在一些替代实施例中,区 500 与一个或多个其他沉积区共享外壳和 / 或真空泵。

[0033] 图 6 显示了光伏装置 600 的剖视图,其为包括通过沉积区 500 形成的 CIGS 层的光伏装置的一个例子。然而,沉积区 500 不限于形成光伏装置 600 的 CIGS 层。光伏装置 600 包括在基板前外表面 512 上形成的第一电接触层 602、通过沉积区 500 在接触层 602 上形成的 CIGS 太阳能吸收层 604、在太阳能吸收层 604 上形成的异质结配对层 606 以及在异质结配对层 606 上形成的第二电接触层 608。层 602、604、606、608 一起在前外表面 512 上形成薄膜叠堆 610。太阳能吸收层 604 和异质结配对层 606 一起形成 P-N 结,其响应于入射光生成电子 - 空穴对。光伏装置 600 任选地还包括在基板后外表面 542 上形成的高发射率氧化物层 612,以在形成叠堆 610 的一个或多个层时有利于热从后外表面 542 辐射。可在不脱离本发明的范围的情况下向光伏装置 600 添加额外的层,诸如缓冲层和 / 或应力消除层。

[0034] 虽然沉积区 500 被示出为能够在基板 502 上沉积 CIGS,但是可在不脱离本发明的范围的情况下对区 500 进行修改以在温度限制基板上沉积 CIS、CIS 的另一种合金,或甚至需要高沉积温度的除 CIS/CIGS 之外的材料。另外,虽然沉积区 500 被示出为被构造成使得仅对基板前外表面 512 进行直接辐射加热,但是应当理解的是,可对区 500 进行修改以另外包括在基板 502 背后 544 的加热器,该加热器能够辐射加热基板 502 的后外表面 542。然而,如果采用后表面加热器,则沉积区 500 应被构造成使得直接辐射加热前外表面 512 的辐射热生成元件,诸如区边界加热器 532 和物理气相沉积源 514、516、518,提供在基板 502 上进行 CIS/CIGS 反应所需的大部分热能,以实现与上述前外表面加热相关的优点。在一个替代实施例中,沉积区 500 还包括设置在基板 502 背后 544 的基板冷却器(未示出)以增强从基板后外表面 542 的辐射热传递,从而使得能够实现更高的前外表面 512 温度,同时避免基板 502 过度热聚集。

[0035] 图 7 示出了用于在包括相对的前外表面和后外表面的柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或多个薄膜层的方法 700。方法 700 以加热基板的前外表面使得前外表面的温度高于后外表面的温度的步骤 702 开始。步骤 702 的例子是使用区边界加热器 532 对基板 502 的前外表面 512 加热,以使得前外表面 512 处于比后外表面 542 更高的温度(参见图 5)。在步骤 704 中,将一个或多个薄膜层沉积在前外表面 512 上。步骤 704 的例子是通过以下方式在基板 502 的前外表面 512 上形成 CIGS 层 604:使分别来自源 514、516、518 的铜、镉和镓在存在来自歧管 528 的硒的情况下在升高的温度下反应,以在前外表面 512 上形成 CIGS 层 604(图 5 和图 6)。虽然步骤 702 和 704 被示出为单独的步骤,但是预计这些步骤的至少部分将在许多实施例中同时进行。

[0036] 图 8 示出了能够以类似于图 5 所示的方式在柔性聚酰亚胺基板 502 上沉积 CIGS 的另一个 CIGS 沉积区 800。沉积区 800 类似于图 5 的沉积区 500,但是几个区边界加热器 532 被分段式区边界加热器 802 替换。分段式区边界加热器 802 以使得能够均匀加热并同时增大朝向基板 502 的视角系数的方式对齐,从而提高热能从加热器 802 向基板传递的效率,而对区长度 504 的影响极小。罩 804 任选地设置在相邻加热器 802 之间的空间中以在区 800 中包容硒蒸气 530 和 / 或其他沉积元素。罩 804 任选地被制造成容纳电和 / 或光学

穿孔,以容纳用于监测区 800 中的 CIGS 沉积的非接触式装置。每个区边界加热器 802 具有相应的外加热表面 806,其能够发出红外辐射以进行辐射加热。加热器 802 被设置为使得每个外加热表面 806 与基板外表面 512 的至少一部分处于同一视线。每个加热器 802 被设置为使得其外加热表面 806 从基板前外表面 512 成角度地错开小于九十度的相应角度 808,诸如四十五度。加热器 802 的此类放置导致其相应的加热表面 806 具有的对基板外表面 512 的视角系数比在将加热器以使其加热表面垂直于外表面 512 的方式设置时将实现的视角系数更高。在图 8 中仅标记了罩 804、外加热表面 806 和角度 808 的一些实例以利于清楚说明。

[0037] 虽然已在 CIS/CIGS 沉积的背景下讨论了本文所公开的系统和方法,但是它们也可适用于其他材料的高温沉积,诸如用于柔性显示器和 / 或用于柔性电子器件的高速晶体薄膜晶体管的高温沉积。另外,本文所公开的系统和方法不限于与聚酰亚胺基板或甚至具有添加剂和填料的聚合物一起使用,而是也可适用于其他具有低热导率的对温度敏感的基板,诸如薄的柔性玻璃和可能绝缘的金属箔。这些基板可具有比聚酰亚胺更高的温度极限,但可表现出也可受益于本文所公开的系统和方法的温度敏感性和结构完整性的组合。

[0038] 特征的组合

[0039] 上文所述的特征以及下文要求保护的那些特征可以在不脱离本发明的范围的情况下以各种方式加以组合。以下例子示出了一些可能的组合:

[0040] (A1) 用于在具有相对的前外表面和后外表面的柔性聚酰亚胺基板上沉积一个或多个薄膜层的方法可包括以下步骤:(a) 加热柔性聚酰亚胺基板,以使得柔性聚酰亚胺基板的前外表面的温度高于柔性聚酰亚胺基板的后外表面的温度;以及(b) 在柔性聚酰亚胺基板的前外表面上沉积一个或多个薄膜层。

[0041] (A2) 在如(A1)所示的方法中,加热步骤可包括使用一个或多个辐射热生成元件对柔性聚酰亚胺基板的前外表面进行辐射加热,其中所述一个或多个辐射热生成元件中的每一者至少部分地与柔性聚酰亚胺基板的前外表面处于同一视线。

[0042] (A3) 在如(A2)所示的方法中,所述一个或多个辐射热生成元件可包括电辐射加热器。

[0043] (A4) 如(A1)至(A3)所示的任何方法还可包括在加热和沉积步骤期间在柔性聚酰亚胺基板周围维持真空。

[0044] (A5) 在如(A1)至(A4)所示的任何方法中,沉积步骤可包括将选自由铜-铟-联硒化物以及铜-铟-联硒化物的合金组成的组的材料沉积在柔性聚酰亚胺基板的前外表面上。

[0045] (A6) 在如(A1)至(A5)所示的任何方法中,沉积步骤可包括在存在硒的情况下使至少铜和 / 或铟反应。

[0046] (A7) 如(A1)至(A6)所示的任何方法还可包括在柔性聚酰亚胺基板的后外表面上沉积氧化物层。

[0047] (B1) 用于在基板上沉积材料的沉积区(其中基板具有一定深度与宽度的第一外表面)可包括以下:(a) 一个或多个物理气相沉积源,其能够将一种或多种金属材料沉积在基板的第一外表面上;以及(b) 一个或多个辐射区边界加热器。每个辐射区边界加热器可包括能够发出红外线辐射的外加热表面,并且至少一个外加热表面可从基板的第一外表面

成角度地错开小于九十度的角度。每个外加热表面可与基板的第一外表面的至少一部分处于同一视线。

[0048] (B2) 在如 (B1) 所示的沉积区中,所述一个或多个辐射区边界加热器中的至少一者可包括以长度和宽度方向设置的外加热表面。

[0049] (B3) 在如 (B1) 或 (B2) 所示的沉积区的任一个中,所述一个或多个辐射区边界加热器可包括电辐射加热器。

[0050] (B4) 如 (B1) 至 (B3) 所示的任何沉积区还可包括能够维持沉积区中的真空的外壳和真空泵。

[0051] (B5) 在如 (B1) 至 (B4) 所示的任何沉积区中,所述一个或多个物理气相沉积源可以能够将选自由铜、镓和铟组成的组的至少一种材料沉积在基板的第一外表面上。

[0052] (B6) 如 (B1) 至 (B5) 所示的任何沉积区还可包括能够向沉积区提供硒蒸气的硒歧管。

[0053] (B7) 在如 (B1) 至 (B6) 所示的任何沉积区中,所述一个或多个物理气相沉积源可以能够将至少铜、镓和铟沉积在基板的第一外表面上。

[0054] (B8) 在如 (B1) 至 (B7) 所示的任何沉积区中,所述一个或多个辐射区边界加热器可包括多个彼此分开的辐射加热器。

[0055] (B9) 在如 (B8) 所示的沉积区中,所述多个彼此分开的辐射加热器可包括第一和第二辐射加热器,并且沉积区还可包括设置在第一和第二辐射加热器之间的罩,其中该罩能够在沉积区中包容一种或多种沉积元素。

[0056] (B10) 在如 (B1) 至 (B7) 所示的任何沉积区中,所述一个或多个辐射区边界加热器可为单个辐射加热器。

[0057] 可在不脱离本发明的范围的情况下对上述方法和系统进行修改。因此应当注意到,以上说明中所含的以及附图中所示的事项应被理解为说明性的而非限制性的含义。以下权利要求书旨在涵盖本文所述的一般和具体特征,以及对本发明的方法和系统的范围的所有陈述,在语言上可以说这些特征落在所述范围内。

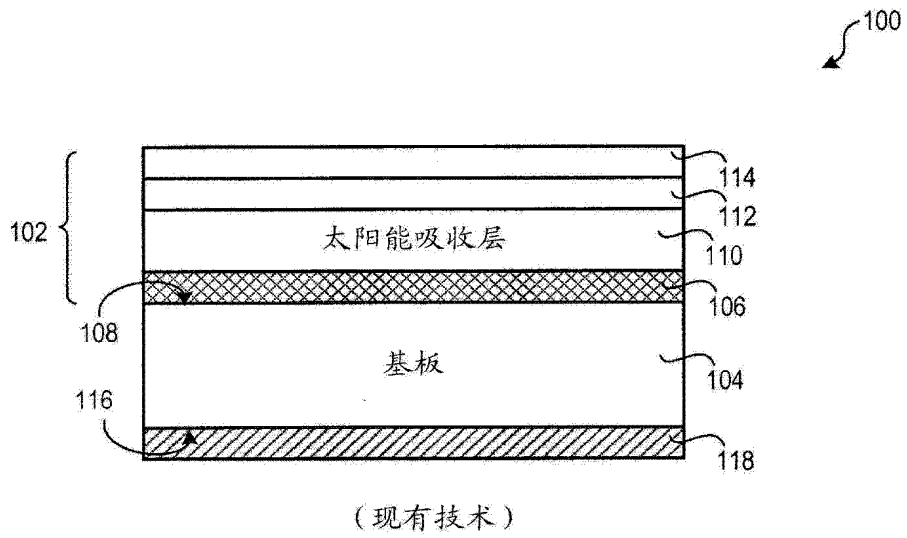


图 1

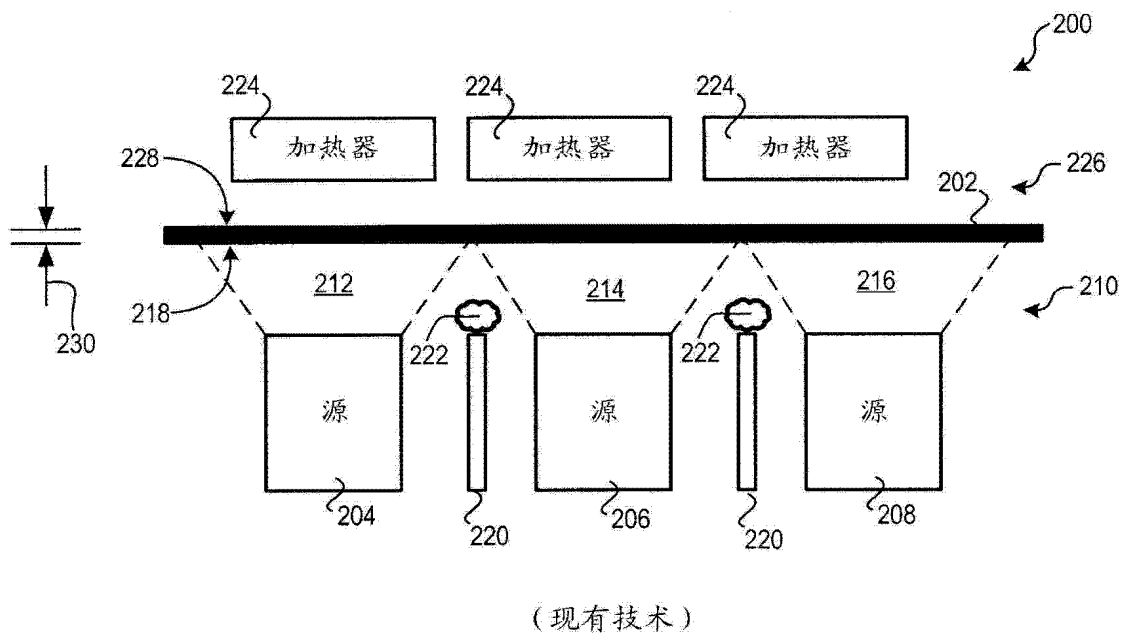


图 2

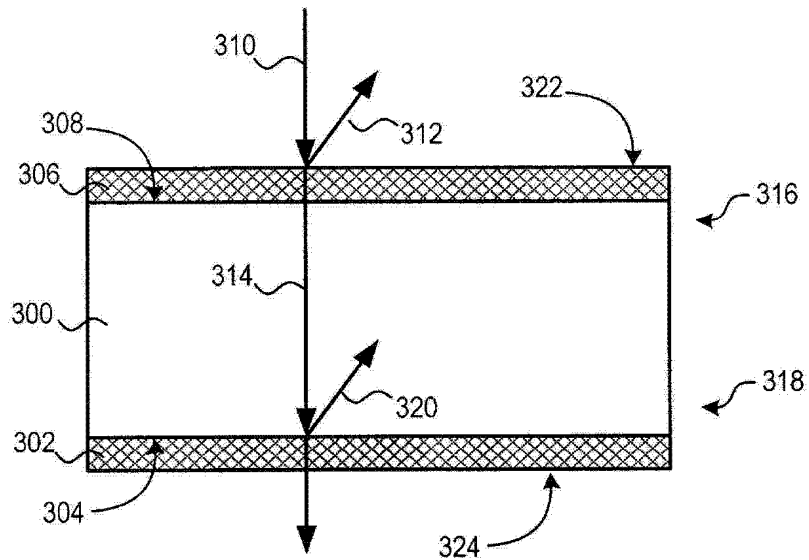


图 3

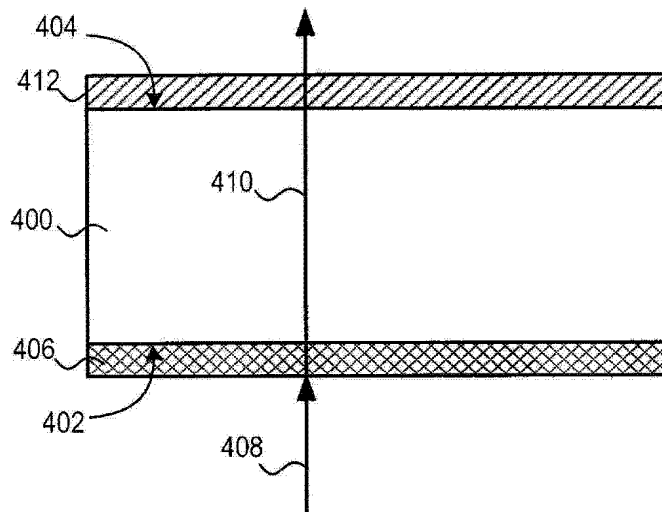


图 4

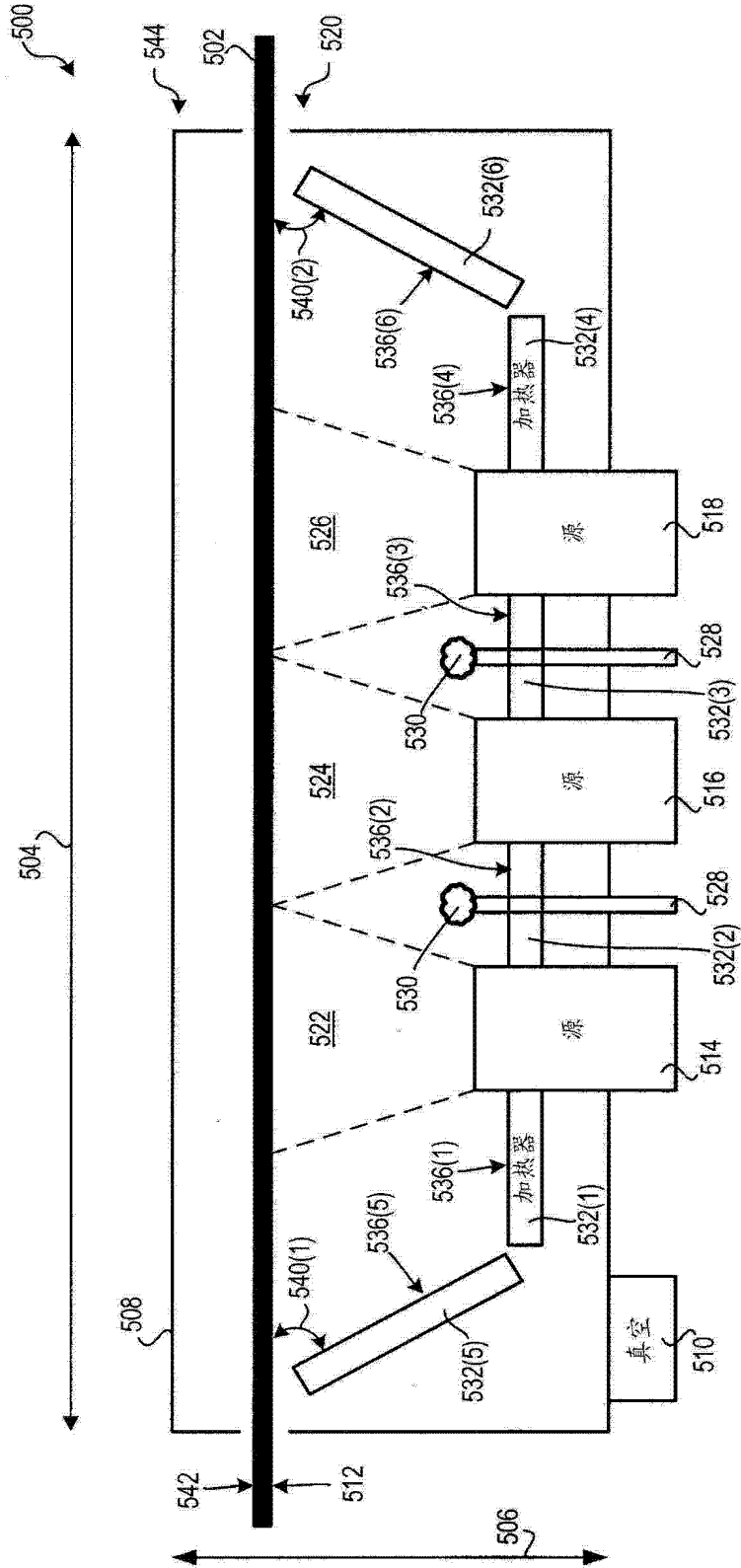


图 5

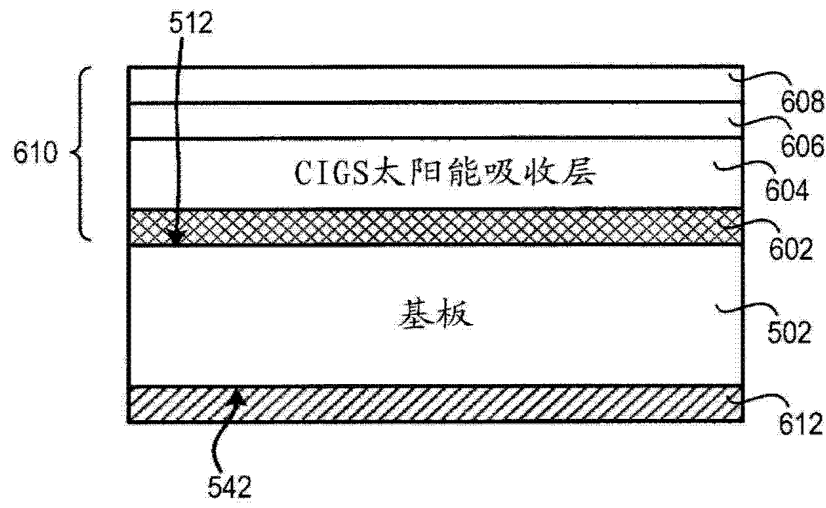


图 6

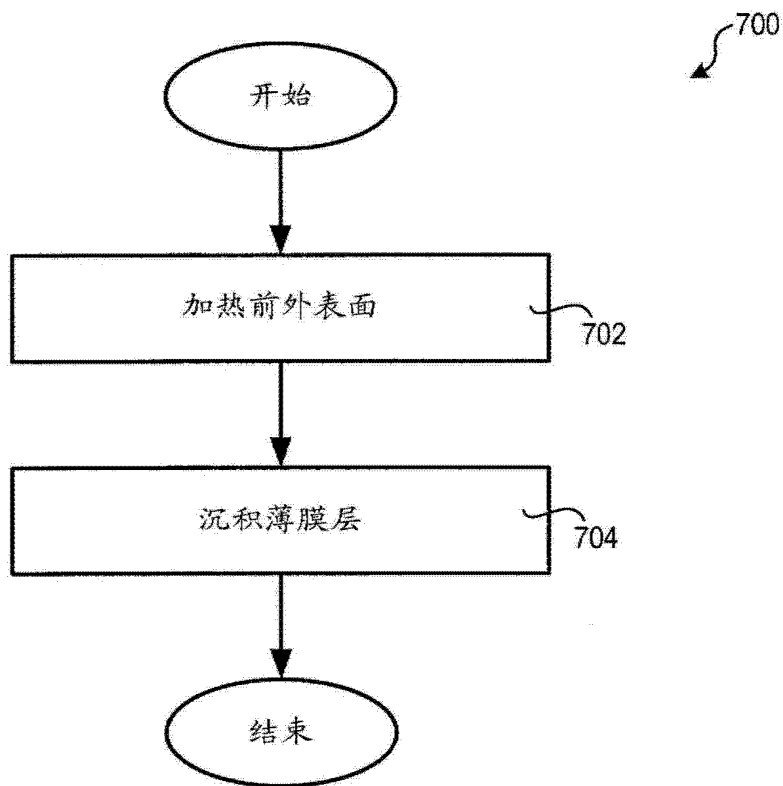


图 7

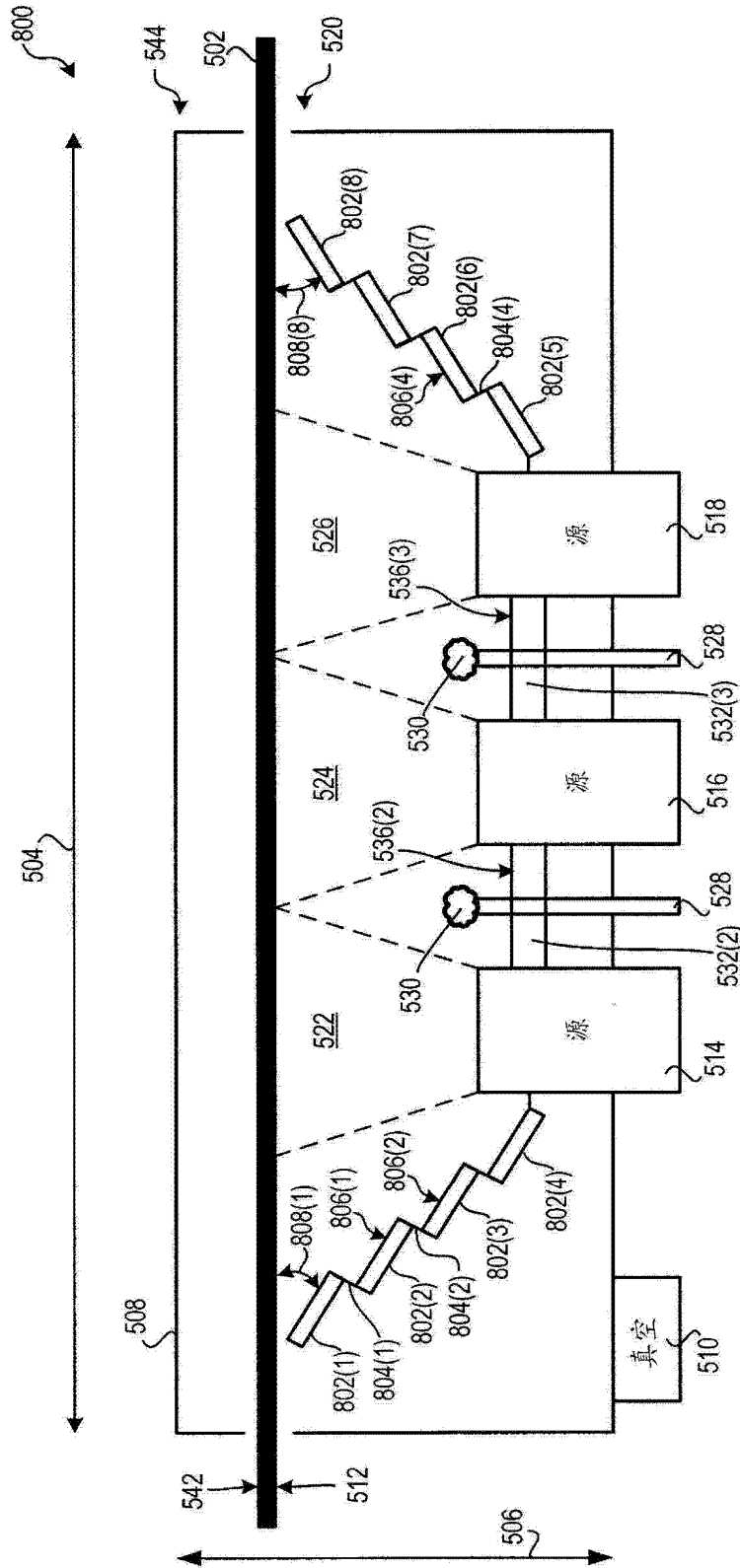


图 8