

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102934197 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201180027703. 8

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

(22) 申请日 2011. 07. 22

代理人 王安武

(30) 优先权数据

10184028. 8 2010. 09. 30 EP

(51) Int. Cl.

H01J 37/34 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 12. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2011/062674 2011. 07. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02012/041557 EN 2012. 04. 05

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 马库斯·班德尔 马卡斯·哈尼卡

伊夫林·希尔 法毕奥·皮拉里斯

盖德·曼克 拉尔夫·林德伯格

安德里亚斯·鲁普

科拉德·施沃恩特兹 刘健

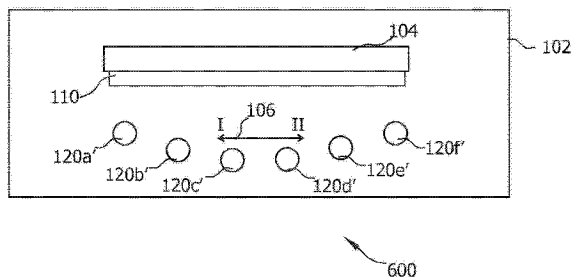
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 10 页

(54) 发明名称

用于形成溅射材料层的系统和方法

(57) 摘要

本公开描述了一种涂覆衬底 (110) 的方法, 所述方法包括在衬底 (110) 上形成溅射材料层 (806) 的步骤。形成溅射材料层的步骤可以包括以下步骤: 将来自至少一个可旋转靶材 (120') 的材料溅射在衬底 (110) 上; 以及改变至少一个可旋转靶材 (120') 与衬底 (110) 之间的相对位置。此外, 本公开描述了在溅射工艺期间改变靶材 (120; 120'; 120'') 与衬底之间的距离。本公开还描述了用于涂覆衬底的系统。



1. 一种涂覆衬底 (110) 的方法,所述方法包括以下步骤:

在所述衬底 (110) 上形成溅射材料层 (806),其中形成所述溅射材料层的步骤包括以下步骤:

将来自至少一个可旋转靶材 (120') 的材料溅射在所述衬底 (110) 上;以及
改变所述至少一个可旋转靶材 (120') 与所述衬底 (110) 之间的相对位置。

2. 根据权利要求 1 所述的涂覆衬底的方法,其中改变的步骤包括以下步骤:

将所述至少一个可旋转靶材 (120') 与所述衬底 (110) 之间的所述相对位置改变到第一位置 (I),所述第一位置被维持预定的第一时间间隔;以及

将所述至少一个可旋转靶材与所述衬底之间的所述相对位置改变到第二位置 (II),所述第二位置被维持预定的第二时间间隔;

其中所述预定的第一时间间隔和所述预定的第二时间间隔中至少一者可选地为至少 0.1 秒、优选地至少 0.5 秒、甚至更优选地至少 1 秒。

3. 根据前面的权利要求中任一项所述的涂覆方法,其中所述至少一个可旋转靶材 (120') 是可旋转靶材阵列。

4. 根据前面的权利要求中任一项所述的涂覆方法,还包括以下步骤:

向阴极组件 (310、502) 提供电压,所述阴极组件关联到所述可旋转靶材 (120'、120"),其中改变所述相对位置的步骤包括将所述相对位置从所述第一位置改变到所述第二位置,当所述相对位置对应于所述第一位置或所述第二位置时的所述电压高于当所述相对位置对应于在所述第一位置与所述第二位置之间的位置时的所述电压。

5. 根据权利要求 4 所述的涂覆方法,其中当所述相对位置对应于在所述第一位置和所述第二位置之间的位置时所述电压基本为零,和 / 或所述电压在所述相对位置的改变期间根据方波波形随时间变化。

6. 根据前面的权利要求中任一项所述的涂覆方法,其中所述相对位置被改变以使得所述溅射材料层形成为具有至少 $\pm 10\%$ 、优选地至少 $\pm 5\%$ 、甚至更优选地至少 $\pm 1\%$ 的厚度均匀性。

7. 根据前面的权利要求中任一项所述的涂覆方法,其中改变所述相对位置的步骤包括沿着与所述衬底的表面基本平行的平面、相对于所述至少一个可旋转靶材 (120) 移动所述衬底 (110),其中所述溅射材料层形成在所述衬底上。

8. 根据前面的权利要求中任一项所述的涂覆方法,其中所述可旋转靶材是绕所述可旋转靶材的圆柱对称轴可旋转的大致圆柱体靶材 (120')。

9. 一种用于涂覆衬底 (110) 的方法,所述方法包括以下步骤:

在所述衬底 (110) 上形成溅射材料层,其中形成所述溅射材料层的步骤包括以下步骤:

将来自至少一个靶材 (120 ;120' ;120") 的材料溅射在所述衬底上;以及

通过改变所述至少一个靶材与所述衬底之间的距离,来改变所述至少一个靶材与所述衬底 (110) 之间的相对位置。

10. 根据前面的权利要求中任一项所述的方法,其中,溅射来自所述至少一个靶材 (120) 的材料的步骤包括叠加至少两个膜分布 (802、804),其中可选地所述至少两个膜分布 (802、804) 是基本互补的。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其中,溅射材料的步骤由可旋转靶材或多个优选的可旋转靶材(120a'、120b'、120c'、120d'、120e'、120f'、120a"、120b"、120c"、120d")进行,其中所述可旋转靶材或所述多个优选的可旋转靶材被布置成使得所述至少两个膜分布以大致正弦的形式成形。

12. 一种用于涂覆衬底的系统,所述系统包括至少一个可旋转靶材(120'),所述至少一个可旋转靶材用于在所述衬底(110)上溅射材料,其中所述至少一个可旋转靶材(120')构造成在所述衬底(110)的涂覆期间运动以使得所述至少一个可旋转靶材(120)与所述衬底(110)之间的相对位置改变。

13. 根据权利要求12所述的用于涂覆衬底的系统,其中所述至少一个可旋转靶材(120')是可旋转靶材(120a'、120b'、120c'、120d'、120e'、120f')的阵列。

14. 一种用于涂覆衬底的系统,所述系统包括至少一个靶材(120;120';120"),所述至少一个靶材用于在所述衬底(110)上溅射材料,其中所述至少一个靶材构造成在所述衬底(110)的涂覆期间运动以使得所述至少一个靶材(120;120';120")与所述衬底(110)之间的距离改变。

15. 根据权利要求14所述的用于涂覆衬底的系统,其中所述至少一个靶材是可旋转靶材(120')或可旋转靶材(120a'、120b'、120c'、120d'、120e'、120f')的阵列。

用于形成溅射材料层的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开的实施例涉及用于在衬底上涂覆层的系统和方法,并且更具体地涉及用于在衬底上形成溅射材料层的方法和系统。更具体而言,本公开的至少一些方面涉及磁控溅射,其中靶材例如可以是但不限于可旋转圆柱形靶材或平面靶材。更具体而言,本公开的一些方面涉及静态溅射沉积。本公开的至少一些方面特别地涉及衬底涂覆技术方案,该技术方案涉及衬底和涂层的沉积、图案化和处理中使用的设备、处理和材料,代表性示例包括但不限于涉及以下各项的应用:半导体和介电材料和设备、硅晶圆、平板显示器(诸如 TFT 等)、掩膜和过滤器、能量转换和储存(诸如光伏电池、燃料电池和电池等)、固态照明(诸如 LED 和 OLED 等)、磁和光存储、微机电系统(MEMS)和纳米电子机械系统(NEMS)、微光学和光机电系统(NEMS)、微光学和光电设备、透明基板、建筑和汽车玻璃、用于金属和聚合物箔以及封装的金属化系统、以及微成型和纳米成型。

背景技术

[0002] 在很多技术领域,在衬底上形成具有高均一性(即,在扩展表面上厚度均匀)的层是很重要的问题。例如,在薄膜晶体管(TFT)的领域中厚度均一性可以是可靠地制造显示金属线的关键。此外,均匀的层通常便于制造的可重复性。

[0003] 用于在衬底上形成层的一种方法是溅射,溅射已经发展为在各种制造领域中(例如在 TFT 的制作中)的有效方法。在溅射期间,通过利用高能粒子(例如,惰性或活性气体的带电离子)轰击靶材而从靶材射出原子。因此,射出的原子可以沉积在衬底上,从而能够形成溅射材料层。

[0004] 然而,通过溅射形成层可能由于例如靶材和/或衬底的几何形状而使高均匀性需求折衷。具体地,在扩展衬底上的溅射材料的均匀层可能由于溅射材料的不规则空间分布而难以实现。在衬底上提供多种靶材可以改善层均一性。另一个选择是在特定的偏外位置与零位置附近之间以恒定角速度旋转磁控溅射阴极的磁体。然而,特别是对于对层均匀性具有高需求的某些应用,不能足够地实现层均匀性。

[0005] 因此,期望有用于促进溅射材料层的高均匀性的其他方法和/或系统。

发明内容

[0006] 在一个方面中,提供了涂覆衬底的方法。该方法包括在衬底上形成溅射材料层,其中形成溅射材料层的步骤包括将来自一个或多个可旋转靶材的材料溅射在衬底上。该方法还包括改变一个或多个可旋转靶材与衬底之间的相对位置。

[0007] 在另一方面中,提供了用于涂覆衬底的方法。该方法包括以下步骤:在衬底上形成溅射材料层,以及通过改变一个或多个靶材与衬底之间的距离来改变一个或多个靶材与衬底之间的相对位置,其中形成溅射材料层的步骤包括将来自一个或多个靶材的材料溅射在衬底上。

[0008] 在又一方面中,提供了涂覆衬底的方法。该方法包括在衬底上形成溅射材料层的

步骤。形成溅射材料层的步骤包括以下步骤：将来自一个或多个靶材的材料溅射在衬底上；将一个或多个靶材与衬底之间的相对位置改变到第一位置，其中第一位置被维持预定第一时间间隔；以及将一个或多个靶材与衬底之间的相对位置改变到第二位置，其中第二位置被维持预定第二时间间隔。

[0009] 在另一方面中，提供了用于涂覆衬底的另一个方法，该方法包括在衬底上形成溅射材料层的步骤。形成溅射材料层的步骤包括以下步骤：将来自一个或多个靶材的材料溅射在衬底上，其中所述一个或多个靶材是平面靶材；以及通过以往复方式旋转一个或多个靶材来改变所述一个或多个靶材与衬底之间的相对位置。

[0010] 在又一方面中，提供了涂覆衬底的系统。该系统包括用于在衬底上溅射材料的一个或多个可旋转靶材，其中所述一个或多个可旋转靶材被配置成在衬底的涂覆期间以如下方式运动，该方式使得一个或多个可旋转靶材与衬底之间的相对位置改变。

[0011] 在又一方面中，提供了用于涂覆衬底的系统。该系统包括用于在衬底上溅射材料的一个或多个靶材，其中所述一个或多个靶材被配置成在衬底的涂覆期间以如下方式运动，该方式使得一个或多个靶材与衬底之间的距离改变。

[0012] 在又一方面中，提供了用于涂覆衬底的系统。该系统包括用于在衬底上溅射材料的一个或多个平面靶材，其中所述一个或多个平面靶材被配置成在衬底的涂覆期间以如下方式往复地可旋转，该方式使得一个或多个靶材与衬底之间的相对位置改变。

[0013] 本发明的其他方面、优势和特征在从属权利要求、说明书和附图中是显而易见的。

附图说明

[0014] 在说明书的其他部分中（包括参考附图），更具体地陈述了对于本领域的技术人员来说完整且能够实现的公开，其中附图如下：

[0015] 图 1、2、3、5-7 以及 11-19 是根据本文所述的实施例用于涂覆衬底的示例性系统的示意图；

[0016] 图 4 和 10 是根据本文所述的实施例施加到阴极组件的电压波形的示意图；和

[0017] 图 8 和 9 是图示了根据本文所述的实施例的溅射材料层的形成的定性图。

具体实施方式

[0018] 现在将详细参考各个实施例，在各个附图中图示各个实施例的一个或多个示例。各个示例以说明的方式提供并且不意图作为限制。例如，作为一个实施例的一部分被图示或描述的特征可以用在其他实施例上或者与其他实施例结合以产生另一个实施例。本公开包括这样的修改和变体。

[0019] 本文所述的实施例包括用于利用层来涂覆衬底的方法和系统，其中在衬底上的溅射材料的分布在用于形成层的工艺期间发生变化。具体而言，本文所示的实施例包括改变靶材和衬底之间的相对位置（也称作靶材 - 衬底相对位置）。通常，如下文所进一步讨论的，该相对位置可以在至少两个不同的位置（下文称作第一位置和第二位置）处维持预定的时间间隔。

[0020] 如下文所进一步讨论的，至少某些其他实施例包括使（特别是）平面靶材（更特别地）绕该平面靶材的纵轴或与该平面靶材相关联的平面阴极的纵轴以往复的方式旋转。

如本文所使用的术语“往复”指的是往复运动。根据本文所述的实施例,可旋转靶材或可旋转靶材阵列以往复方式运动。

[0021] 如下文所进一步讨论的,根据某些实施例,溅射来自至少一个靶材的材料包括叠加两个基本互补的膜分布。本公开内的术语“基本”理解为指示靠近、接近或恰好是某个状态或值,例如包括小于 20% 或者更具体地 10% 甚至更具体地 5% 的偏差。

[0022] 因此,根据本公开的实施例便于在衬底上形成具有高质量的层。特别地,在衬底上的沉积层的厚度可以是在整个衬底上高度均匀的。此外,促进层的高均匀性(例如,在诸如生长晶体的结构、比电阻和 / 或层应力等性质方面)。例如,本发明的实施例对于在 TFT 生产中形成金属化层(例如,用于制造 TFT-LCD 显示器)是有利的,这是因为其中信号延迟取决于层厚度,使得厚度不均匀性可能导致像素在略微不同的时间被供电。而且,由于层厚度的均匀性便于在所形成层的不同位置处实现相同的结果,因此,本公开的实施例对于形成后续被蚀刻的层是有利的。

[0023] 在下面的附图描述中,相同的附图标记指示相同的部件。通常,仅仅描述各个实施例之间的不同点。

[0024] 图 1 是用于涂覆衬底 110 的系统 100 的示意图。如本文所述的利用溅射材料涂覆衬底的工艺通常指示薄膜应用。术语“涂覆”和术语“沉积”在本文中用作同义词。本文所使用的术语“衬底”应该包括刚性衬底(诸如但不限于晶圆或玻璃板等)和柔性衬底(诸如但不限于网状物或箔等)两者。

[0025] 图 1 的示例性涂覆系统包括放置在衬底 110 上的靶材 120,使得来自靶材 120 的溅射材料可以沉积到衬底 110 上。如本文所使用的,术语“靶材”指的是实心体,该实心体包括用于通过它的溅射在衬底上形成层的原材料。根据典型实施例,靶材 120 基本上形成圆柱体。或者,靶材 120 可以具有使得涂覆系统 100 能够形成如本文所述的层的任何几何形状。而且,靶材 120 可以由多个如图 6 和图 7 所示的靶材元件构成。应该注意的是,术语“在...上”仅指示靶材 120 相对于衬底 110 的相对位置,该相对位置便于溅射材料沉积到衬底 110 上。特别地,术语“在...上”不应该理解为限制于上下竖直取向,而是可以指示靶材 120 相对于衬底 110 的任意适合的相对位置,该相对位置使得涂覆系统 100 能够如本文所述的那样起作用。特别地,靶材 120 和衬底两者均可以竖直取向。

[0026] 如下面所进一步讨论的,靶材 120 通常与用于进行溅射的溅射系统(诸如关联到靶材 120 的阴极组件(未示出)等)相关联或者形成该系统的一部分。根据本文所述的典型实施例的涂覆系统(诸如示例性系统 100)构成溅射装置。根据典型实施例,溅射可以采取磁控溅射。或者(但不限于此),溅射可以包括二极管溅射。

[0027] 磁控溅射在其沉积速率相对较高这一方面尤其有利。根据可以与本文所述的任何实施例组合的典型实施例(参考图 3 参见下面的段落),磁体以如下方式关联到靶材 120,该方式使得可以在与要被涂覆的衬底表面相对的靶材表面附近产生磁场。从而,自由电子可以被困在所产生的磁场内,使得自由电子不能以与二极管溅射相同的程度轰击衬底。同时,与二极管溅射相比,当被困在磁场中时,自由电子可以将电离中性气体分子的概率增加若干个数量级的大小。该效果可以增加可用的离子,从而显著提高靶材材料被侵蚀且随后被沉积到衬底上的速率。

[0028] 根据典型实施例,涂覆系统 100 包括真空腔室 102,在真空腔室 102 中进行溅射工

艺。本申请中的术语“真空”指示低于 10^{-2} mbar 的压力（诸如但不限于接近 10^{-2} mbar，如在处理气体在真空腔室 102 内流动的情况），或者更具体地低于 10^{-3} mbar 的压力（诸如但不限于约 10^{-5} mbar，如在没有处理气体在真空腔室 102 内流动的情况）。涂覆系统 100 可以形成处理模块，该处理模块形成制造系统（未示出）的一部分。例如，涂覆系统 100 可以在用于 TFT 制造的系统或者更具体而言在用于 TFT-LCD 制造的系统（诸如但不限于 AKT-PiVot 物理气相沉积系统 (Applied Materials, Santa Clara, CA)）中实施。

[0029] 根据典型实施例，靶材 120 和衬底 110 之间的相对位置可以改变。如本文所使用的，改变靶材和衬底之间的相对位置应该理解为以如下方式更改靶材或衬底的位置和 / 或取向，该方式使得沉积在衬底 110 上的溅射材料的分布从先前的相对位置实质上改变到更改后的相对位置。

[0030] 即，改变相对位置具体地包括前后运动、上下运动或者这两者的组合。本公开通常涉及所谓的“静态溅射”。改变相对位置和移动衬底或者一个或多个靶材当中的至少一者不应该理解为动态溅射，其中在动态溅射的情况下一个接一个的衬底沿输送方向在靶材的前面不断地移动。本公开特别地涉及衬底和一个或多个靶材沿着与衬底的输送方向不同的方向的相对运动。这个方面的不同可以包括与输送方向相交（例如，以 90 度的角度相交）的任意方向和与输送方向相反的方向。本公开特别地涉及在所选时间段内停止衬底和一个或多个靶材的相对运动。

[0031] 例如，衬底 110 可以如下方式相对于靶材 120 移动（即，平移或旋转），该方式使得所沉积的溅射材料的分布实质改变。特别地，根据本文所述的某些实施例，改变相对位置包括沿着与衬底的表面基本平行的平面相对于靶材 120 移动衬底 110（如图 1 中的衬底摆动方向 106 所示），其中溅射材料层形成在衬底的该表面上。

[0032] 例如，衬底 110 可以移动小于 220mm、更具体地小于 180mm 或更具体地小于 150mm 以到达摆动运动的偏外位置 (outer position)。或者，衬底 110 可以移动小于衬底长度的 10%、或更具体地小于 7.5% 或更具体地小于 5% 以到达摆动运动的偏外位置。特别地，这些百分比适用于具有 2500mm × 2200mm 的平面尺寸的 8.5 代 (Gen 8.5) 衬底。

[0033] 或者，靶材 120 可以以如下方式相对于靶材 120 移动（即，平移或旋转），该方式使得沉积在衬底 110 上的溅射材料的分布本质上改变。特别地，根据下面所进一步讨论的具体实施例，靶材 120 是以往复模式旋转的平面靶材。应该注意，大致圆柱体靶材（如在旋转阴极中发现的）绕其对称轴的旋转不会导致沉积在衬底 110 上的溅射材料的分布的本质改变（如同针对旋转阴极的情形）。因此，如在本公开内所理解的，这样的圆柱体靶材旋转不会引起靶材与衬底之间的相对位置的变化。旋转阴极理解为包括或关联到具有大致圆柱体形状的靶材，其中如在 AKT-PiVot 物理气相沉积系统中所使用的，至少靶材是可以绕其圆柱对称轴旋转的。因此，如本文所理解的短语“使可旋转靶材旋转”指的是使可旋转靶材摆动，即，使得靶材的中心具有非恒定位置的可旋转靶材的运动。

[0034] 特别地，根据典型实施例，靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置可以进行摆动的方式改变。术语“摆动”应该理解为在零位置周围改变靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置。例如但不限于，衬底 110 和 / 靶材 120 从一侧向另一侧（即，以往复方式在两个偏外位置之间）移动或旋转。根据本文所述的实施例，如下文所进一步说明的，靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置可以跟随任何适合的移动模式而改变，该任何适合的移动模式使得能够在衬

底上形成层。

[0035] 根据可以与本文所述的任何实施例组合的典型实施例,涂覆系统 100 包括驱动系统,该驱动系统被配置成改变靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置,其中衬底 110 布置在可移动的衬底载体 104 上。涂覆系统 100 可以包括衬底摆动驱动系统 108(如图 1 所示),衬底摆动驱动系统 108 关联到可移动衬底载体 104 以通过衬底 110 的平移或旋转来改变相对位置。在示例性实施例中,衬底摆动驱动系统 108 沿着衬底摆动方向 106 进行衬底 110 的平移。或者,衬底摆动驱动系统 108 可以沿着任何其他方向(诸如与衬底 110 的涂覆表面垂直的方向等)执行该平移。通常,衬底 110 的平移与垂直于溅射颗粒的主行进方向(即,例如,图 1 中的竖直方向)的平面平行是有利的。或者但不限于,衬底摆动驱动系统 108 可以绕衬底 110 的纵轴(诸如但不限于平面对称轴)进行衬底 110 的旋转。

[0036] 根据本文所述的实施例,衬底摆动驱动系统 108 可以是适合于使衬底载体 104 移动(特别地,产生衬底载体 104 的摆动)的任何运动机构。例如但不限于,衬底摆动驱动系统 108 可以包括耦合元件(未示出),该耦合元件用于耦合由驱动设备(未示出)产生的驱动力。耦合元件可以是驱动轴等。衬底载体 104 可以安装在引导系统(例如,轨道布置)上,以便于衬底载体 104 的水平(即,与衬底的要被涂覆的表面平行)平移。驱动设备可以包括电动机以及用于将电动机的转矩转换为线性驱动力的装置,以使得衬底载体 104 以及衬底 110 可以水平地平移。可以设置类似的驱动设备使得衬底 110 沿着其他方向运动(或更具体地为摆动),诸如绕与衬底表面垂直的轴线转动或沿着这样的轴线平移。

[0037] 或者,对于通过产生靶材 120 的平移或适当的旋转来改变靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置的涂覆系统,可以设置作用于靶材 120 的驱动系统。图 2 示意性地示出了衬底 110 的这样的替换例。在涂覆系统 200 中,靶材 120 被配置为在层形成期间沿着靶材摆动方向 206 可移动。在这样的实施例中,衬底 110 可以在整个层形成工艺期间相对于真空腔室 102 保持固定。此外,根据本文所述的实施例,涂覆系统 200 包括适用于使靶材 120 移动(更具体地,使靶材 120 摆动)的靶材摆动驱动系统 208。在示例性系统中,靶材摆动驱动系统 208 产生靶材 120 沿衬底摆动方向 106 的平移。或者但不限于,对于平面靶材,靶材摆动驱动系统 208 可以产生靶材 120 绕靶材 120 的纵轴的旋转(如下面所进一步讨论的)。靶材摆动驱动系统 208(与衬底摆动驱动系统 108 类似)可以包括适合的驱动系统(未示出),该驱动系统用于通过引起靶材 120 的运动来适当地改变靶材-衬底相对位置。

[0038] 根据某些实施例,在衬底 110 上溅射来自靶材的材料包括:(a) 将靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置改变到第一位置 I,相对位置被维持在第一位置 I 处;以及(b) 将靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置改变到第二位置 II。根据典型实施例,相对位置被维持持续所选的时间间隔,即,第一位置被维持预定的第一时间间隔,并且第二位置 II 被维持预定的第二时间间隔。第一位置 I 和第二位置 II 可以分别对应于摆动移动的偏外位置,该摆动移动产生衬底 110 和/或靶材 120 之间的相对位置的变化。

[0039] 根据可与本文所述的任何实施例组合的某些实施例,预定的第一时间间隔为至少 0.1 秒,优选地至少 0.5 秒,更优选地至少 1 秒。时间间隔的更长的预定时间也是可行的,诸如至少 10 秒等甚至诸如至少 30 秒等。特别地,可以使相对位置在全部层形成工艺或溅射时间的预定百分比(诸如至少 40%、或更具体地至少 20%、更具体地至少 10%)的时间内,或者这些百分比之间的时间间隔内(诸如 40%到 10%、40%到 20%或 20%到 10%)待在

偏外位置（即，第一和第二位置）处。

[0040] 应该注意，层形成工艺包括材料被溅射的处理时间和没有材料被溅射的处理时间（例如，在一个层的形成期间的两个溅射间隔之间，诸如情况可能是在靶材衬底相对位置的最终变化期间，在此期间没有材料被从靶材溅射）。可以仅在靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置在层形成工艺期间保持固定的那些位置（诸如第一和第二位置等）处进行溅射。在这样的情况下，相对位置可以待在偏外位置处的时间相对于整个溅射时间的预定百分比可以接近 100%。因此，可以实现特别高的均匀性。

[0041] 根据本公开的实施例，在层形成工艺期间，衬底 110 和 / 或靶材 120 移动到第一相对位置持续预定的第一时间。该第一相对位置对应于图 1 和图 2 中的位置 I。然后，衬底 110 和 / 或靶材 120 移动到第二相对位置（图 1 和图 2 中位置 II）持续预定的第二时间。这样的相对位置移动可能导致溅射材料不对称地分布在衬底 110 上。这样的不对称分布可能导致不需要涂覆的区域（诸如衬底支撑器或涂覆室内的壁等）的高涂覆率，从而降低工艺效率。然而，尽管存在该情形，但本公开的发明人意外地发现由此在衬底上所沉积的层的均一性 (homogeneity)，相对于衬底和靶材之间的相对位置在工艺期间维持不变的层形成工艺会增加。应该注意，在上下文中，层的均一性通常指示衬底上的整个涂覆区域中的层厚度、晶体结构、比电阻和 / 或层应力的均匀性。

[0042] 根据实施例，靶材 120 是可旋转靶材或者更具体地是绕圆柱体的对称轴可旋转的大致圆柱体靶材。根据替换实施例，靶材 120 是平面靶材（即，具有适用于被溅射的靶材表面的靶材，其中该表面是基本平坦的）。通常，这样的平面靶材与平面阴极组件相关联（即，形成平面阴极组件的一部分），如下面相对于图 5 所进一步描述的。在这样的替换实施例中，靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置可以通过以往复方式使平面靶材 120 旋转来改变。特别地，平面靶材 120 可以绕其纵轴（即绕基本平行于要被溅射的靶材表面并且与靶材主体相交的轴线）旋转。下面将进一步讨论关于平面靶材的更具体的实施例（参见引用图 5 和图 7 的段落）。

[0043] 图 3 更详细地示例性地图示了如在本文所述的实施例中使用的阴极组件 310。将理解，图 3 所示的全部元件还可以与本文所述的至少一些实施例（特别是参考图 1 和图 2 所述的那些实施例）组合。图 3 图示了放置在背管 330 上的可旋转圆柱体靶材 120'。特别地但不限于此，可旋转圆柱体靶材 120' 可以结合到背管 330。通常，靶材 120' 的材料在溅射期间被清除，同时靶材 120' 绕其圆柱对称轴旋转。根据某些实施例，阴极组件 310 包括冷却系统 340，以降低靶材上可由溅射工艺产生的高温。例如但不限于此，冷却系统 340 可以由包含冷却材料（诸如水或其他任何适合的冷却材料）的管构成。由于输入到溅射工艺中的能量（通常是几千瓦量级的大小）的大部分可以进入到被传递到靶材的热量中，因此冷却是有利的。在某些情形中，这样的热量可以损坏靶材。根据其他实施例，阴极组件 310 的整个内部充满适合的冷却材料。

[0044] 如图 3 中的示意图所示，阴极组件 310 可以包括磁体组件 325。在示例性实施例中，磁体组件 325 放置在背管 330 内。根据本文所述的实施例，阴极组件可以在背管 330 内包括任意适合数目的磁体组件，诸如两个、三个或更多个。阴极组件 310 可以包括关联到驱动系统（未示出）的轴 321，以进行至少背管 330 以及靶材 120 的旋转。在示例性实施例中，轴 321 的位置对应于靶材 120' 的圆柱对称轴。因此，根据本文所述的实施例，可以在涂

覆系统中实施旋转靶材,这可以促进靶材材料的较高使用率。在示例性实施例中,该溅射材料靶材 120 的旋转与衬底 110 的水平平移组合,以促进在衬底 110 上形成溅射材料的高均匀层。或者,溅射靶材 120 的旋转可以与适合于根据本文所述的实施例改变靶材 120 与衬底 110 之间的相对位置的任何其他方法组合,诸如但不限于整个阴极组件 310 的摆动等。

[0045] 根据本公开的方面,施加到阴极组件(关联到靶材)的电压在溅射材料在衬底上形成层期间随时间而变化。换句话说,在溅射期间,可以对阴极组件施加非恒定电压。注意,溅射功率通常直接对应于施加到阴极组件的电压。除了接近 0V 的值以外,所施加电压与溅射功率之间的关系是近似线性的。因此,根据某些实施例,溅射功率可以根据衬底 110 与靶材 120 之间的相对位置而改变。

[0046] 在图 3 所示的示例性实施例中,通过电压供应器 312 将电压施加到阴极组件 310(阴极组件 310 关联到靶材 120'')。特别地,电压供应器 312 经由电连接 314 电连接到背管 330,以向背管 330 施加负电势。背管 330 由适合的材料构成,以使得背管 330 可以作为电极进行操作。这样的适合材料可以是金属,诸如但不限于铜。根据某些实施例,正电极(即,在溅射期间可具有正电势的电极,也称为阳极)布置成靠近靶材 120'',以便于溅射工艺。

[0047] 因此,根据本文所述的实施例,电场可以经由施加到阴极组件 310 的电压而关联到靶材,诸如但不限于靶材 120 和 120' 等。

[0048] 发明人已经观察到,根据本文所述的实施例所形成的层的均匀性可以根据靶材-衬底相对位置停留在上文所述的第一和第二位置处多长时间而进一步改善。特别地,靶材-衬底相对位置相对于总工艺时间停留在第一和第二位置处的时间越长,均一性(特别地,均匀性)变得越好。因此,通过在那些位置处溅射可以实现最佳均一性。还可以在运动时(即,在靶材-衬底相对位置正在变化时)关闭溅射电场,这可以进一步提高均匀性。

[0049] 特别地,本公开的发明人已经发现,如果在相对位置变化时减小或关闭电场,则层均一性可以进一步提高。更特别地,如果溅射在衬底和靶材之间的相对位置没有对应于摆动偏外位置的那些时间内中止,则均一性可以提高。可以通过将关联到靶材的阴极组件与相关联的阳极之间的电势差设置成接近零或为零,来中止溅射。

[0050] 因此,根据某些实施例,改变所述相对位置包括上述相对位置从第一位置到第二位置的改变,其中提供到阴极组件 310(关联到靶材 120)的电压在相对位置对应于第一或第二位置时比在相对位置对应于所述第一位置与所述第二位置之间的位置时高。特别地,当所述相对位置对应于第一和第二位置之间的位置时,电压可以基本上为零。更特别地,电压可以在所述相对位置的变化期间根据方形波而随时间变化。

[0051] 图 4 示出了对于电压随时间非恒定但具有方形波形状的那些实施例、施加在阳极和阴极组件之间的电压 V。从图中可以看出,电压保持在某恒定非零水平持续一段时间,该时间通常是第一或第二时间溅射间隔(即,其中相对位置保持不变)。然后,电压在某些时间间隔实质减小。这些时间间隔通常对应于当相对位置变化的那些时间,例如,当相对位置从上述第一位置改变到第二位置时的时间。

[0052] 根据某些实施例,电压在实质减小时可以为零。因此,溅射几乎瞬间停止。根据替换实施例,电压可以减小到某个阈值,该阈值可适于用作溅射工艺的初始电压。例如,该阈值电压可以停止溅射但也可以允许溅射工艺更容易重启。然而,电压可以减小到在衬底 110

与靶材 120 之间的相对位置正在改变时的溅射电压的小于 10% 的值（更典型的小于 5% 的值）。

[0053] 如上所述，在溅射期间，非恒定电压可以施加到阴极组件 310。根据典型实施例，电压与靶材 120 和衬底 110 之间的相对位置同步。例如，在磁体组件的运动期间，电压可以设置为施加到阴极组件 310 的最大电压值的小于 35% 的值，或者更具体地小于 20% 的值。图 10 示例性地图示了遵循正弦形状随时间 t 变化的电压 V 。相对位置可以与正弦电压 V 同步。例如但不限于，相对位置可以在电压 V 大于（即高于）图 10 所示的虚线的那些时间处维持不变。在电压 V 小于（即低于）虚线的那些时间期间，相对位置以交替的方式从第一位置改变到第二位置且反之亦然。

[0054] 根据可以与本文所述的其他实施例组合的某些实施例，相对位置在整个形成工艺期间，仅从第一位置改变到第二位置一次。根据替换实施例，相对位置从第一位置改变到第二位置，并且反之亦然。这样一系列的运动可以在整个形成工艺期间重复多次。例如，相对位置可以改变三次或更多次，使得当涂覆衬底时，相对位置分别对应于第一和第二位置两次或更多次。虽然这样的运动模式可能由于完成一系列运动并最终改变中间的溅射功率所需要的时间而增加总工艺时间，但可以使层均匀性进一步增加。

[0055] 根据某些实施例，形成溅射材料层包括：(i) 在第一时间间隔期间将衬底 110 与靶材 120 之间的相对位置维持在第一位置处，同时将用于溅射的电场打开；(ii) 在第一时间间隔已经过去之后，将衬底 110 与靶材 120 之间的相对位置设置到第二位置（例如通过图 1 所示的衬底 110 的移动或者图 2 所示的靶材 120 的移动），电场在相对位置从第一位置到第二位置的变化期间被关闭；以及 (iii) 在第二时间间隔期间将衬底 110 与靶材 120 之间的相对位置维持在第二位置，同时打开电场。其后，可以按此顺序类似地进行步骤 (ii) 和 (i)，以将相对位置从第二位置改变到第一位置。短语“打开电场”理解为将电压施加到关联到靶材 120 的阴极组件与关联到靶材 120 的阳极。根据典型实施例，所施加的电压在第一时间间隔和 / 或第二时间间隔期间恒定。在相对位置对应于第一位置的那些时间处以及在相对位置对应于第二位置处的那些时间处，所施加的电压可以相等。

[0056] 根据在图 5 和图 7 中所示的某些实施例，提供了用于涂覆衬底的系统，其中涂覆系统包括用于在衬底上溅射材料的一个或多个平面靶材。在这些实施例中的至少一个平面靶材在所述衬底的涂覆期间以往复方式可旋转。如在本文中所使用的“以往复方式可旋转”应该理解为遵循往复运动可旋转，即，将平面靶材旋转到第一位置并且将平面靶材从第一位置旋转回到第二位置。第一位置和第二位置也称为平面靶材旋转的偏外位置。根据某些实施例，平面靶材关联到用于帮助溅射的平面阴极组件。平面靶材的旋转可以通过旋转整个阴极组件来实现。根据特定的实施例，平面靶材绕平行于衬底表面的轴线可旋转，特别地绕平面靶材（或与平面靶材相关联的平面阴极）的纵轴可旋转，更特别地，绕平面靶材（或与平面靶材相关联的平面阴极）的中心轴可旋转。

[0057] 图 5 图示了另一个示例性涂覆系统 500，该涂覆系统 500 包括平面阴极组件 502，平面阴极组件 502 关联到平面靶材 120''。将理解，图 3 所示的全部元件还可与本文所述的实施例、特别是参考图 1 和图 2 所述的那些实施例中的至少一些组合。平面阴极组件 502 包括平面背体 530，该平面背体 530 为平面靶材 120'' 提供支撑。特别地，平面靶材 120'' 可以结合到平面背体 530。平面背体 530 可以连接到电压源（在该图中未示出），使得平面背

体 530 用作电极（以与如上关于背管 330 所述的类似的方式）。阴极组件 502 可以与阳极（未示出）相关联，以提供如本文所述的适用于从靶材 120'' 产生溅射的电场。平面阴极组件 502 可以包括图 5 中未示出的其他元件，诸如但不限于用于磁控溅射的磁体组件和 / 或如本文所述的冷却系统等。

[0058] 平面靶材 120'' 在衬底 110 的涂覆期间以往复方式可旋转，使得平面靶材 120'' 与衬底 110 之间的相对位置改变。特别地，平面靶材 120'' 可以绕枢轴 504 改变。在示例性实施例中，枢轴 504 对应于平面阴极组件 502 的中心轴。根据本文所述的实施例，枢轴 504 可以对应于与衬底 110 要被涂覆的表面平行的轴线，例如但不限于靶材 120'' 的纵轴。特别地，枢轴 504 可以偏离阴极组件 502 或靶材组件 120'' 的中线轴线。通常，枢轴 504 可以对应于任何轴线，只要对应的旋转引起靶材 120'' 与衬底 110 之间相对位置的变化即可。

[0059] 图 5 图示了角 β 和 $-\beta$ ，其中平面靶材 120'' 以角 β 和 $-\beta$ 旋转以改变相对位置。角 β 是由垂直于平面靶材 120'' 的轴线和垂直于衬底 110 的轴线 512 形成的角度。线 508 和 510 图示了在平面靶材 120'' 的偏外位置处垂直于平面靶材 120'' 的轴线。角度的值对于靶材 120'' 的顺时针旋转为正并且对于逆时针旋转为负。当平面靶材 120'' 被放置成相对于衬底 110 要被涂覆的表面平行时，角度的值对应于零。因此，在靶材 120'' 的偏外位置（即上述第一和第二位置）处，平面角度 β 对应于非零值。在示例性实施例中，角度的绝对值对于靶材的两个偏外位置（即，上述第一和第二位置）均相同。或者，角度的绝对值可以一个偏外位置与另一个偏外位置不同。根据典型实施例，角度的绝对值小于 50 度，或者更具体地小于 45 度，甚至更具体地小于 30 度。

[0060] 根据典型实施例，靶材 120'' 的旋转可以通过布置在枢轴 504 处的轴（未示出）来实现。这样的轴可以耦合到靶材摆动驱动系统 208，以产生靶材 120'' 的往复旋转。例如但不限于，靶材摆动驱动系统 208'' 可以包括机电电动机（未示出）和轴（未示出），该轴将电动机所产生的转矩耦合到枢轴 504，以产生靶材 120'' 的往复旋转。

[0061] 根据涉及涂覆系统 500（但不限于）的某些实施例，提供了用于涂覆衬底 110 的方法，该方法包括：在所述衬底 110 上形成溅射材料层，其中形成溅射材料层包括：在衬底 110 上溅射来自平面靶材 120'' 的材料；以及通过以往复方式旋转平面靶材 120'' 来改变靶材 120'' 与衬底 110 之间的相对位置。

[0062] 后面的这些实施例可以遵循任何适合的旋转模式来改变靶材 120'' 与衬底 110 之间的相对位置。例如，平面靶材可以恒定角速度旋转。或者，旋转可以非恒定角速度来完成。此外，往复旋转可以在偏外位置处以基本上无停滞时间的条件来完成。根据替换实施例，使平面靶材 120'' 旋转包括：使靶材 120'' 旋转到第一位置，其中第一位置被维持预定的第一时间间隔，以及将至少一个靶材旋转到第二位置，其中第二位置被维持预定的第二时间间隔（以如上所述的类似方式）。通常，第一和第二位置可以对应于在平面靶材 120'' 的往复旋转中的偏外位置。

[0063] 根据涉及涂覆系统 500（但不限于此）的某些实施例，涂覆还可以包括向平面靶材 120'' 提供电压，该电压在涂覆期间随时间而变化。更特别地，在涂覆系统 500 中改变相对位置可以与电压变化相结合（如上所述）。

[0064] 根据可以与本文所述的任何实施例组合的典型实施例，靶材 120、120' 或 120'' 可由空间分离且布置在衬底 110 的前面的多个靶材元件（即，靶材阵列）组成，使得来自靶

材元件的溅射材料可沉积在衬底 110 上。特别地,每个靶材元件可关联到阴极组件或形成阴极组件的一部分。更具体地,多个阴极组件可以布置成阴极组件阵列。特别地,对于静态大面积衬底沉积,通常设置阴极组件的一维阵列,其中阴极组件有规律地布置。通常,在处理腔室内的阴极组件(以及相关靶材)的数目在 2 到 20 之间,更通常地在 9 到 16 之间。

[0065] 根据大批实施例,靶材元件与衬底 110 之间的相对位置可通过使靶材元件同步地平移或适当地旋转来改变。或者,相对位置可通过相对于靶材阵列移动衬底 110 来改变。通常,多个靶材与衬底之间的相对位置可以任何适合的方式来改变,其中该任何适合的方式允许涂覆系统根据本文所述的实施例而起作用。通常,靶材元件的同步移动进一步增加所沉积层的均一性。

[0066] 通常,但不限于任何实施例,阴极组件可彼此等距离地间隔开。特别地,靶材可包括靶材元件的阵列。此外,靶材的长度略大于要被涂覆的衬底的长度。附加或替换地,阴极阵列延伸的距离比基板的宽度略宽。“略”通常包括在 100%到 110%之间的范围。提供略大的涂覆长度/宽度有助于在涂覆期间避免边界效应。阴极组件可放置成等距离地远离衬底 110。

[0067] 根据某些实施例,多个阴极组件没有相对于衬底 110 等距离地布置而是沿着圆弧形布置。如图 6 所示,圆弧形可使得靠内的(inner)阴极组件比靠外(outer)的阴极组件更靠近衬底 110。或者,圆弧形可使得靠外的阴极组件比靠内的阴极组件更靠近衬底。散布行为通常取决于要被溅射的材料。因此,根据应用(即根据要被溅射的材料),在圆弧形上设置阴极组件将进一步增加所形成层的均一性。圆弧的朝向通常取决于特定的应用。

[0068] 图 6 示出了示例性涂覆系统 600,其中衬底 110 与包括靶材元件 120a' 到 120f' 的靶材阵列之间的相对位置的改变,通过衬底 110 沿衬底摆动方向 106 的水平平移(特别地,衬底 110 的摆动)来实现。在示例性实施例中,靶材元件 120a' 到 120f' 是可旋转的圆柱体靶材。在替换实施例中,靶材元件可具有任何适合的形状。

[0069] 图 7 示出了另一个示例性涂覆系统 700,其包括平面靶材 120a'' 到 120d'' 的阵列 120''。平面靶材 120a'' 到 120d'' 中每一者可由图 5 所示的靶材 120'' 类似地构成。因此,在示例性涂覆系统 700 中,平面靶材 120a'' 到 120d'' 的阵列之间的相对位置的改变,通过沿枢转方向 506 绕各个枢轴 504 同步地往复旋转靶材来实现。类似于参照图 5 如上所述,平面靶材 120a'' 到 120d'' 中每一者可以旋转角度 β 。在图中,平面靶材 120a'' 到 120d'' 中每一者的一个偏外位置通过粗线的元件来图示,并且另一个偏外位置由细线的元件来图示。如图 7 所示,衬底摆动和靶材摆动可以组合以进行靶材-衬底相对移动。

[0070] 根据可以与本公开的其他实施例(特别是提供多个阴极组件的那些实施例,诸如但不限于图 6 和图 7 所示的那些实施例)组合的特定实施例,从至少一个靶材溅射材料可以包括叠加至少两个基本互补的膜分布。特别地,本文所述的实施例包括以如下方式选择第一位置和第二位置,其中该方式使得通过形成溅射材料层来叠加两个基本互补的膜分布。“互补的膜分布”意味着在靶材-衬底相对位置处溅射的材料的最大厚度区域(第一最大值)被分布为位于在另一个靶材-衬底相对位置处溅射的材料的一个最大厚度区域(第二最大区域)之间。更具体而言,第一和第二最大值可以分布为使沉积层的具有最大厚度

的区域等间隔地布置。因此,有助于形成高均匀性的层。

[0071] 特别地,根据本文所述的实施例,从至少一个靶材溅射材料可包括叠加至少两个膜分布,该至少两个膜分布具有以周期长度 λ 沿衬底的长度周期性变化的厚度(如图 8 所示)。根据某些实施例,改变靶材-衬底相对位置以如下方式进行,该方式使得至少两个膜分布彼此异相。例如,该至少两个膜分布的周期相位可以相差 $\pi/2$ 或更少。

[0072] 图 8 图示了其中两个基本互补的膜分布被叠加的实施例。 y 轴表示膜高度的度量单位,并且 x 轴表示衬底长度的度量单位。沉积通过阴极组件的阵列进行,使得各个沉积设置产生大致正弦的膜分布。两个沉积轮廓是由在两个不同的位置处溅射所产生的轮廓。在示例中,第一膜分布 802 在第一靶材-衬底相对位置处形成。在示例中,靶材与衬底之间的相对位置被改变到第二靶材-衬底相对位置。

[0073] 相对位置可根据本文所述的任何实施例来改变。例如,如上所述,衬底可沿着水平方向平移或者靶材(或靶材阵列)可平移或适当地旋转。在第二靶材-衬底位置处,根据本文所述的实施例形成第二膜分布 804。由两个膜分布的叠加,产生层 806,该层 806 具有比第一和第二膜分布更高的均匀性。应该注意,在图 8 所示的示意图中,膜厚度和衬底长度(X)以任意单位(a. u.)示出。

[0074] 根据某些实施例,在层形成期间,靶材与衬底之间的相对位置可以在预定时间期间在除了上述第一和第二位置以外的其他位置处布置成固定的。因此,可以进一步增强层的均匀性。这些其他位置布置在第一和第二位置之间。例如,相对位置可以布置在第三位置处持续第三预定时间段(即,第三时间间隔),或者最终布置在第四位置处持续第四预定时间段(即,第四时间间隔)。在层形成期间,相对位置可以在另外的其他位置处保持固定。

[0075] 本申请的发明人已经发现,这些其他位置有助于沉积层的更高程度的均匀性。特别地,溅射材料层的形成看包括叠加多个子层,各个子层在预定的溅射电压和预定的靶材-衬底相对位置处被沉积。例如,各个子层可通过平面靶材元件的阵列(如图 8 所示)来沉积,其中各个靶材元件相对于与衬底的要被涂覆的表面垂直的轴线形成角 β 。

[0076] 对于该后面的实施例,发明人已经观察到,电弧作用随着增加的工艺功率和平面靶材的角度而非线性增加。发明人已经发现,对于这样的实施例,可通过叠加若干子层(例如四个子层)来得到高度的均匀性,其中,各个子层在特定的电压和特定的角度下沉积。例如,高均匀性可通过叠加若干子层来获得,其中在大角度下溅射的子层对应于低溅射电压,并且在小角度下溅射的子层对应于高溅射电压。因此,可以优化高产出时间和层均匀性。

[0077] 根据一个实施例,第一沉积步骤在第一靶材-衬底相对位置处进行(例如,其中图 7 的靶材元件形成角度 $\beta 1$),并且溅射电压被设置成持续预定第一时间间隔的第一电压值。紧跟着是第二沉积步骤,其中靶材-衬底相对位置改变到第二位置(例如,其中图 7 的靶材元件形成等于 $-\beta 1$ 的角度 $\beta 2$),并且电压被设置成持续预定第一时间间隔的第一电压值。第二位置可对应于关于靶材-衬底互连平面(即,当相对位置在零位置处时(通常对应于靶材-衬底组件的对称布局)与要被涂覆的衬底表面垂直的平面)成镜像的第一位置。例如,四个子层可以在 35° 、 15° 、 -15° 和 -35° 的角度 β 处形成。

[0078] 根据该实施例,另一个沉积步骤在第三靶材-基板相对位置处进行(例如,其中图 7 的靶材元件形成角度 $\beta 3$),并且电压被设置成持续预定第二时间间隔的第二电压值。随后是在第四靶材-衬底相对位置处的第四沉积步骤(例如,其中图 7 的靶材元件形成等

于 $-\beta 3$ 的角度 $\beta 4$), 并且电压被设置成持续预定第二时间间隔的第二电压值。第四位置可对应于关于靶材 - 衬底互连平面成镜像的第三位置。

[0079] 预定第一时间间隔和预定第二时间间隔可以相同。替换或附加地, 上述预定第三时间间隔和预定第四时间间隔可以相同。本文所使用的术语“相同”应该理解为包括最大 15% 的偏差。根据某些实施例, 第一时间间隔大于第二时间间隔。例如, 第一时间间隔可以在 20 秒到 1 分钟之间, 例如约 30 秒。通常, 第二时间间隔是最大均匀性和可接受的总沉积时间之间的折中。通常, 第二时间间隔小于 30 秒, 或者甚至小于 15 秒。

[0080] 在该实施例中, 第一电压值大于第二电压值。关于本实施例相对于涂覆系统 500 或涂覆系统 700 的应用, 角度 $\beta 1$ 和 $\beta 2$ 的绝对值可小于角度 $\beta 3$ 和 $\beta 4$ 的绝对值。多数材料在第一电压下的沉积期间被沉积。典型值中的一个或多个可选取如下。第一电压可以是至少 40kW。第二电压可小于 30kW。角度 $\beta 1$ 可在 15 到 35 度之间。角度 $\beta 2$ 可在 -15 到 -35 度之间。角度 $\beta 3$ 可在 5 到 15 度之间。角度 $\beta 4$ 可在 -5 到 -15 度之间。应该注意, 在靶材 - 衬底相对位置停留在除第一和第二位置以外的其他位置处的时间间隔期间, 溅射也可通过衬底的适当移动 (如本文所述的实施例中所述的) 来实施。

[0081] 根据某些实施例, 在预定时间间隔布置在第一位置处期间以及布置在第二位置处期间, 溅射电压保持在第一非零值处。附加或替换地, 在另一个预定时间间隔布置在第三位置处期间以及布置在第四位置处期间, 电压保持在第二非零值。第一非零值可以大于第二非零值。即, 电压在靶材 - 衬底相对位置停留在第一、第二、第三或第四位置中的一者或全部处的那些时间处是非零值。特别地, 在靶材 - 衬底相对位置的变化期间, 电压可以减小到第一非零值或第二非零值的小于 10% 的值或者更通常地小于 5% 的值。

[0082] 作为使衬底与靶材之间的相对位置在一个或多个位置处保持恒定持续所选的时间段的替代方式, 还可以不断地改变相对位置。例如, 衬底可以相对于靶材或靶材阵列不断地运动。典型的运动速度在 0.5 到 5 米 / 分钟之间、典型地在 1 到 3 米 / 分钟之间。类似地, 靶材或靶材阵列可以相对于衬底不断地运动。该相对运动可包括全部可能的维度, 特别是改变衬底与靶材或靶材阵列之间的距离的运动。

[0083] 通常但不限于任何特定的实施例, 在多于一个靶材元件的情况下, 相对位置的改变最大程度上与两个靶材元件之间的距离一样大。通常, 相对位置的改变最大程度上与两个靶材元件之间的距离的一半一样大。即, 例如, 衬底和 / 或靶材最大程度上运动与靶材元件之间的距离对应的距离, 或者根据一些实施例, 最大程度上运动与靶材元件之间的距离的一半对应的距离。

[0084] 图 9 示意性地示出了若干膜轮廓, 即在利用阴极组件阵列的膜形成工艺之后测量的、对应于不同靶材 - 衬底相对位置的被溅射材料的分布。膜轮廓以与图 8 所示类似的方式示出。

[0085] 在第一靶材 - 衬底位置处的沉积产生膜轮廓 1011, 并且在第二位置处的沉积产生膜轮廓 1012。这样的膜轮廓可能是在靶材 - 衬底位置相对于零位置的相对小位移下、在相对高溅射电压下产生的结果。相对小位移指的是使靶材阵列相对于衬底的垂直中平面对称的位置和 / 或 (在平面靶材情况下) 使平面靶材平行于衬底布置的位置。术语“高”和“小”是相对于下文所述的第三和第四沉积步骤而言的。在第三位置处的沉积产生膜轮廓 1013, 并且在第四位置处的沉积产生膜轮廓 1014。膜轮廓 1013 和 1014 是在相对高角度的条件下

相对小电压（相对于在第一和第二位置处的沉积）的结果。

[0086] 所产生的总膜轮廓示出为轮廓 1020。1020 是具有膜轮廓 1011、1012、1013、1014 的四次沉积的叠加。从示意图中显而易见，所产生的轮廓具有高度均匀性。此外，由于主要的材料沉积在第一和第二沉积步骤期间进行，因此工艺时间是可接受的。由于这需要高沉积功率、即高电压，因此与第三和第四沉积步骤相比从零相对位置的位移较小。因此，可以减小或甚至避免电弧效应。然而，从图 9 的示例中可看出，沉积层 1011 和 1012 之间的相位差小于 180 度，使得波纹 (ripple) 仅部分被抵消。

[0087] 如图 9 所示，由基本互补膜分布所形成的层的均匀性缺陷可以通过进行第三和第四沉积步骤来补偿。即，这些步骤主要用来抵消由第一和第二沉积步骤产生的膜轮廓的波纹形状。在第三和第四工艺步骤中从零相对位置的位移同等大小。在第三和第四工艺步骤中的总材料沉积较小，这是由于为避免电弧效应将沉积功率（即电压）保持在同等地较小值。从图 9 的示例中可以看出，沉积层 1013 和 1014 的相位差大于 180 度。因此通常，所产生的正弦轮廓与阴极阵列周期和 / 或第一和第二沉积的层轮廓异相，以抵消剩余的波纹。

[0088] 替换所述系列步骤的任何适合的系列步骤是可以的。特别地，为了减小改变靶材 - 衬底相对位置所需要的时间，可以首先进行第一和第三步骤并且然后进行第二和第四步骤。通常，四个沉积步骤的具体顺序由工艺循环时间和形态膜特性来确定。

[0089] 图 11 示出了示例性涂覆系统 600，其中衬底 110 与可旋转靶材阵列（可旋转靶材阵列包括靶材元件 120a' 到 120f'）之间的相对位置的改变通过衬底 110 沿衬底摆动方向 106 的平移（特别地，衬底 110 的摆动）来实现。在示例性实施例中，靶材元件 120a' 到 120f' 是可旋转的圆柱体靶材。

[0090] 因此，通常但不限于图中所示的实施例，衬底相对于靶材元件（或者靶材元件阵列）的运动方向能够使得衬底与靶材之间的距离保持恒定。本文中的短语“衬底与靶材之间的距离恒定”理解为，衬底表面上的每一点相对于一个或多个靶材的平面保持在恒定距离。即，通常，靶材元件与衬底之间的相对位置在平行于衬底的表面的方向上变化。

[0091] 更特别地，如在图 3、6 和 11 所示的实施例中特别图示的，衬底与一个或多个靶材之间的相对运动可以垂直于可旋转靶材的旋转轴、但根据实施例以衬底与一个或多个靶材之间的恒定距离而进行。该方向可叫做“X 方向”。

[0092] 然而，根据可以与本文所述的其他实施例组合的其他实施例，衬底和靶材中的一者可被旋转。例如，旋转能够以往复方式进行，从而衬底改变衬底与一个或多个靶材之间的相对位置。图 12 示出了适用于使衬底旋转的涂覆系统的示例性实施例。为了图示的目的，角度 β 在图 11 中示出。在示例性实施例中，角度的绝对值对于衬底的两个偏外位置 I 和 II 均相同。或者，角度的绝对值可以是一个偏外位置相对于另一个偏外位置不同。根据典型的实施例，角度的绝对值小于 50 度，或者更具体地小于 45 度，或者甚至更具体地小于 30 度。在某些实施例中，衬底保持在偏外位置 (I 和 II)，根据其他实施例，衬底不断地运动。

[0093] 到目前为止所示的相对位置的改变描述了通常平行于衬底表面的靶材元件和 / 或衬底的运动。如下面的附图所示，还可以改变至少一个靶材与衬底之间的相对位置，以使得至少一个靶材与衬底之间的距离改变。换句话说，相对位置被改变以使得衬底和一个或多个靶材朝向彼此和 / 或远离彼此运动。例如，距离可以首先被减小，并且然后距离可以在于某位置处的静止之后增加。

[0094] 图 13 图示了衬底 110 被放置在圆柱体靶材 310 的前面的实施例,并且图 14 图示了衬底 110 被放置在平面靶材 530 的前面的实施例。衬底和靶材的取向可以是水平或竖直的。为了说明的目的,图 13 和 14 仅图示了一个靶材,但设置多个靶材也是可行的。如箭头 106 所示,衬底 110 与平面阴极组件 502 的相对位置通过改变衬底载体 104 的位置来改变。例如,如果衬底的取向是水平的,则衬底可以升高和降低。如果衬底的取向是竖直的,则衬底可以前后移动(在朝向靶材的方向上)。无论哪种方式,衬底与靶材之间的总距离改变,并且衬底上的涂覆分布也改变,导致如所述的改善的涂覆结果。

[0095] 短语“靶材与衬底之间的总距离改变”理解为,衬底整体朝向靶材和/或远离靶材运动。替换或附加地,靶材整体朝向衬底和/或远离衬底运动。与之相反,术语“旋转”表示靶材和衬底的某些点更接近,而同时靶材和衬底的其他点彼此远离。使衬底或者一个或多个靶材“旋转”通常包括至少旋转轴线(该旋转轴线通常位于靶材或衬底内或者靶材或衬底上)相对于一个或多个靶材或者衬底保持恒定的距离。

[0096] 通常,使衬底与靶材之间的距离非恒定的相对位置的改变,在靶材阵列的情况下也是可行的。通常,衬底与靶材之间的相对运动方向沿着衬底表面的垂线进行。该方向在本文中应该叫做“Z 方向”。例如,图 15 示出了可旋转靶材 120a' 到 120f' 的阵列,其中,衬底例如以往复方式相对于可旋转靶材 120a' 到 120f' 的阵列前后运动(或者在衬底取向是水平的情况下,上下运动)。虽然没有示出但类似地,代替可旋转靶材阵列的平面阴极组件阵列的布置是可行的。

[0097] 根据一些实施例,代替衬底的运动或者除了衬底的运动以外,可以使靶材或靶材元件的阵列运动。

[0098] 本公开针对衬底相对于至少一个靶材的相对位置的改变。然而可以设置衬底和/或靶材中的一者或两者的一维运动,也可以设置旋转运动,如图 5、7 和 11 所示。因此,在这些实施例中,靶材和/或衬底绕轴线旋转,该轴线通常是衬底或至少一个靶材的重心的轴线。

[0099] 图 16 和 17 图示了衬底和靶材之间的圆形相对运动。虽然在图 16 和 17 中仅针对单个可旋转阴极组件进行说明,但将理解,在可旋转阴极组件阵列的情况下或者一个或多个平面阴极的情况下,也能够设置相同的相对运动。

[0100] 根据图 16 和 17 所示的实施例,衬底以圆形方式运动。在本文中术语“圆形”包括全部或部分椭圆形的运动路径。通常,本文中的“圆形”应该特别地指示衬底和/或靶材的运动是多于一维的,例如是二维的。虽然在图 16 和 17 中示出了几乎整圆,但运动可以仅覆盖圆或椭圆的一部分,诸如最大 90° 或 60° 的扇区。

[0101] 图 18 和 19 本公开的实施例,其中一个或多个靶材元件与衬底之间的相对位置在平行于一个或多个靶材元件的方向上改变。如图所示,靶材元件是可旋转的靶材,其中它们的旋转轴线限定相对位置发生变化的方向。由可旋转靶材的旋转轴线限定的方向应被叫做“Y 方向”。如图 18 所示,一个或多个靶材可在 Y 方向上运动。如图 19 所示,衬底可在 Y 方向上运动。衬底和一个或多个靶材两者例如在 Y 方向上运动也是可行的。

[0102] 虽然预期在沿 Y 方向的相对运动的情况下溅射材料的分布保持相同,但实验已经显示,通过沿 Y 方向的相对位置变化也可以改善整个层的均匀性。

[0103] 通常但不限于该实施例,本文所述的实施例包括沿 X 方向、Y 方向或 Z 方向的一维

运动,或者沿这些方向的叠加的一维运动。其他实施例提供了例如在平行于衬底表面的二维平面中(例如在XY平面中)、在与衬底表面相交(例如以90°的角度)的二维平面中(例如,在XZ平面或XY平面中)、或者甚至以三维方式(因此包括全部三个方向X、Y、Z)的多于一维的运动。

[0104] 本文所述的实施例还设置或使用夹持设备,该夹持设备适用于在衬底的处理(例如同时在衬底表面上沉积材料)期间夹持掩膜和衬底。如果衬底在处理期间运动,则夹持设备也运动。该夹持设备在溅射期间通常恒定地连接到衬底。特别地,夹持设备可以包括适用于承载衬底的衬底载体,以及用于遮蔽衬底的掩膜,其中掩膜可释放地连接到衬底载体。衬底载体或掩膜通常具有至少一个凹口,该凹口适用于接收盖体,该盖体用于在沉积期间覆盖衬底载体。

[0105] 根据典型实施例,掩膜用于通常在衬底边缘的周围在衬底上保持未涂覆区域。这对于若干静态阵列应用来说变得有必要。

[0106] 对于遮蔽的进一步细节、特别是衬底边缘的遮蔽,参考申请号为10177419的欧洲专利申请(以Applied Materials, Inc.的名义于2010年9月17日提交)以及申请号为12/890,194的美国专利申请(以Applied Materials, Inc.的名义于2010年9月24日提交),这些申请(尤其是描述衬底边缘的遮蔽的那些部分)通过以与本公开不抵触的程度结合于此。

[0107] 本公开的实施例还包括涂覆衬底的方法,所述方法包括在衬底上形成溅射材料层,其中形成溅射材料层包括叠加至少两个不同的膜分布。这些膜分布中每一者可以根据上述任一实施例(即通过改变靶材-衬底相对位置以及在预定时间间隔期间进行溅射)来形成。或者,这些膜分布可以通过在于2010年9月30日由Applied Materials, Inc.在欧洲专利局提交的PCT申请“Method For Coating A Substrate And Coater”中描述的磁控摆动来形成,该申请(特别是描述在不同磁控组件位置处不同材料分布的形成的那些部分)以与本公开不抵触的程度引用于此。

[0108] 根据后面的实施例的至少一些,至少两个膜分布是基本互补的。此外,溅射材料可以由多个靶材来进行,该多个靶材布置成使得至少两个膜分布以基本正弦的形式成形。

[0109] 根据典型实施例,相对位置在层形成期间以如下方式改变,该方式使得溅射材料层形成为具有至少±10%、优选地至少±5%、甚至更优选地至少±1%的厚度均匀性。

[0110] 根据可与本文所述的任何实施例组合的某些实施例,除了衬底的最终摆动以外,衬底可以在涂覆(即,动态涂覆)期间在一个方向上(例如但不限于,通过衬底输送机)持续地运动。根据替换实施例,但不限于此,要被涂覆的衬底在涂覆(即,静态涂覆)期间放置在零位置处或者绕零位置摆动,零位置保持静态。通常,静态涂覆与动态涂覆相比有助于更高的效率,这是由于在动态涂覆期间,衬底输送机也会被涂覆。静态涂覆特别地有助于大面积衬底的涂覆。根据典型实施例,通过静态涂覆,衬底进入到进行层形成的涂覆区域中,执行涂覆,并且衬底被再次运出涂覆区域。

[0111] 根据典型实施例,提供了导电层制造工艺和/或系统,该制造工艺和/或系统可用于(特别是TFT中的)电极或总线的制作,该制造工艺和/或系统分别包括用于根据本文所述的实施例涂覆衬底的方法和/或系统。例如但不限于,这样的导电层可以是金属层或透明导电层(例如但不限于ITO(氧化铟锡)层)。

[0112] 本公开的至少一些实施例特别地针对大面积衬底的涂覆。通常,术语“大面积衬底”包括具有至少 1500mm×1800mm 尺寸的衬底。根据某些实施例,提供了 TFT-LCD 显示器制造工艺和 / 或系统,该 TFT-LCD 显示器制造工艺和 / 或系统分别包括用于根据本文所述的实施例涂覆衬底的方法和 / 系统。

[0113] 根据其他实施例,提供了薄膜太阳能电池制造工艺和 / 或系统,该薄膜太阳能电池制造工艺和 / 或系统分别包括用于根据本文所述的实施例涂覆衬底的方法和 / 系统。根据特定实施例,薄膜太阳能电池制造工艺包括 TCO 层和 / 或背接触层的溅射。可选地,薄膜太阳能电池制造工艺包括通过化学气相沉积来沉积吸收层。

[0114] 例如,本公开的至少一些实施例可以产生形成在玻璃衬底上的铝层电阻率的高均匀性。例如,可以在 406mm×355mm 的衬底面积上实现在 $\pm 1\%$ 到 $\pm 4\%$ 之间、或者甚至在 $\pm 0.5\%$ 到 $\pm 3\%$ 之间的片电阻 R_s 均匀性。

[0115] 根据某些实施例,提供了多个阴极组件用于涂覆大面积衬底,多个阴极组件中每一者包括靶材(诸如可旋转圆柱体靶材或平面靶材)。适用于涂覆衬底的室应叫做“涂覆室”。可设置多个涂覆室,各个涂覆室适用于适时地在一个点处涂覆一个衬底。可以一个接一个地涂覆多个衬底。

[0116] 上面详细地描述了用于涂覆系统的系统和方法的示例性实施例。系统和方法不限于本文所述的具体实施例,而是系统的组件和 / 或方法的步骤可单独地以及与本文所述的其他组件和 / 或步骤分开使用。

[0117] 虽然图中所示的实施例图示了布置在水平布置的衬底上方的靶材,但其应该提到衬底的空间取向也可以是竖直的。特别地,鉴于大面积涂覆,如果衬底竖直取向,则可以使衬底的输送和处理变得简单和容易。在其他实施例中,甚至可以将衬底布置在水平和竖直取向之间的某个位置。

[0118] 在本公开内,至少一些附图图示了涂覆系统和衬底的截面示意图。所示靶材的至少一些成形为圆柱体。在这些附图中,应该注意,当观察附图时,靶材延伸到纸面中且延伸到纸面之外。对于同样仅示意性地示出为截面元件的磁体组件也是如此。磁体组件可以沿着由圆柱体靶材限定的圆柱体的整个长度延伸。由于技术原因,这些磁体组件通常延伸圆柱体长度的至少 80%、更通常地圆柱体长度的至少 90%。

[0119] 如本文所使用的“一”、“一个”、“至少一个”以及“一个或多个”可交换地使用。同样在本文中,由端点列举的数值范围包括在该范围内全部数值(例如,1 至 5 包括 1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、5 等)。

[0120] 虽然可能在某些附图中示出了本发明的各种实施例的具体特征,并且在其他附图中没有示出,这仅仅是方便起见。根据本发明的原理,附图的任何特征可以与任何其他附图的任何特征相组合地引用和 / 或要求权益。

[0121] 该缩写说明书使用示例(包括最佳实施方式)公开本发明,并且也使得本领域的技术人员能够实施本发明,包括制造和使用任何设备或系统以及执行任何结合方法。虽然前面已经公开了各种具体的实施例,但本领域的技术人员将认识到,权利要求的精神和范围允许等效的修改。特别地,上述实施例的相互不排斥的特征可以相互组合。本发明的可专利范围有权利要求书限定,并且可以包括本领域的技术人员可想到的其他示例。这样的其他示例如果其结构元件没有区别于权利要求的文字语言,或者他们包括与权利要求的文

字语言没有实质不同的等同结构元件,则希望其落在权利要求的范围内。

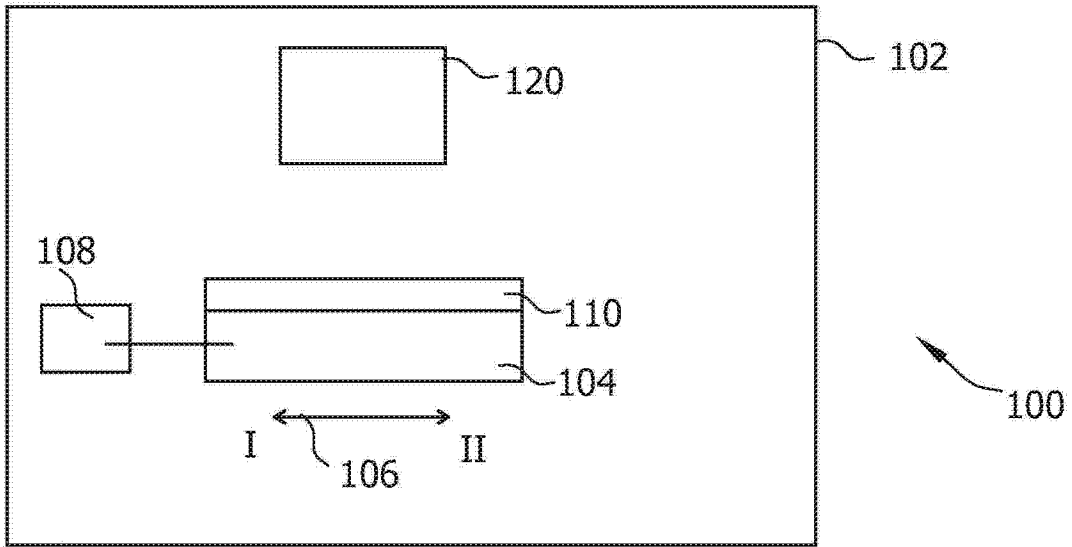


图 1

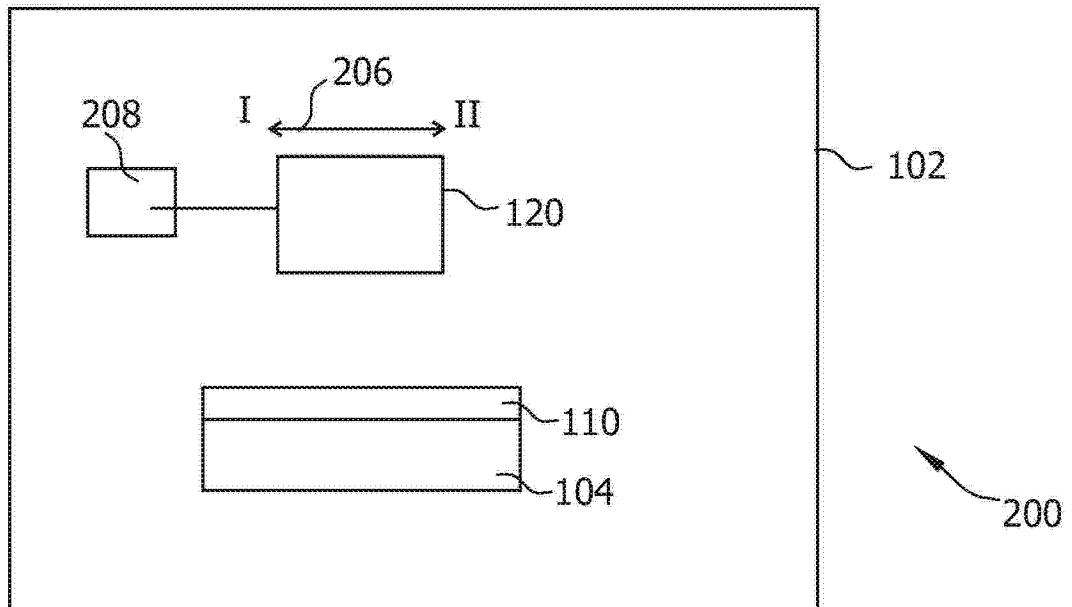


图 2

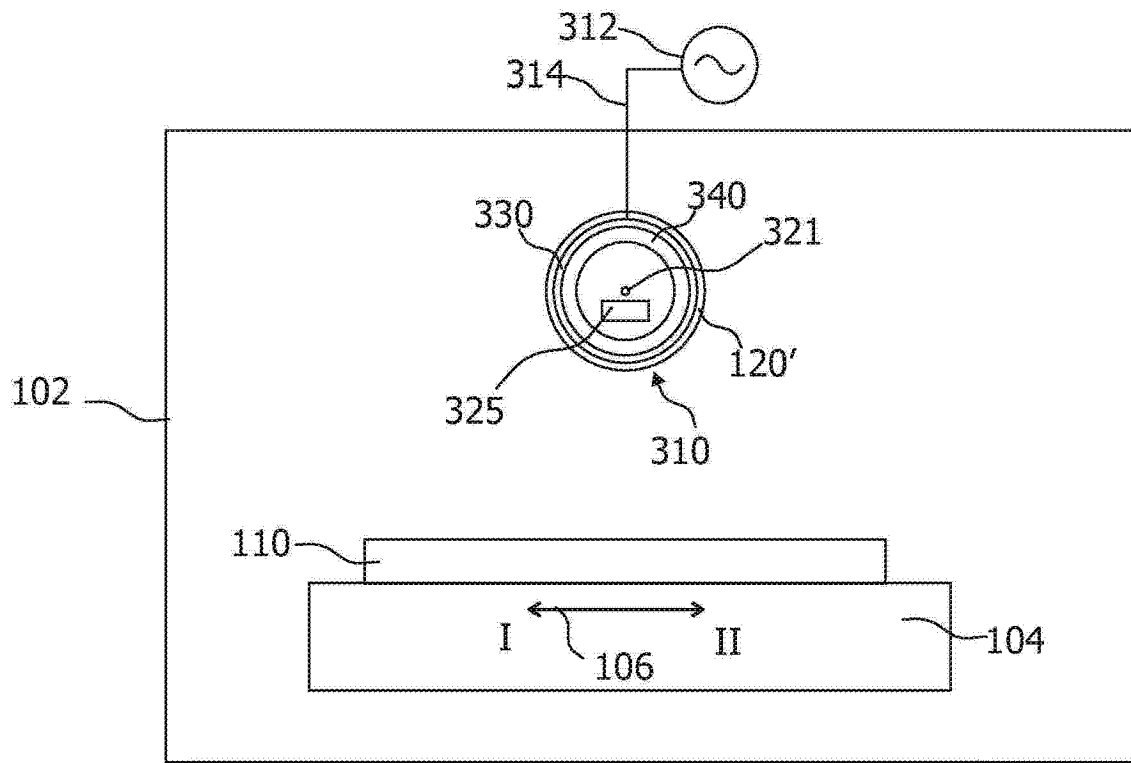


图 3

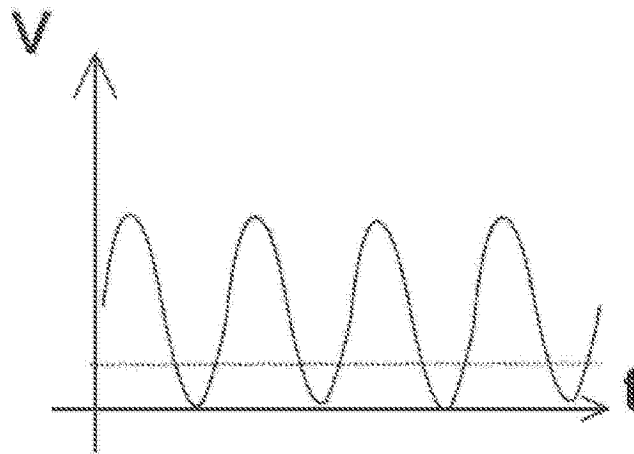


图 10

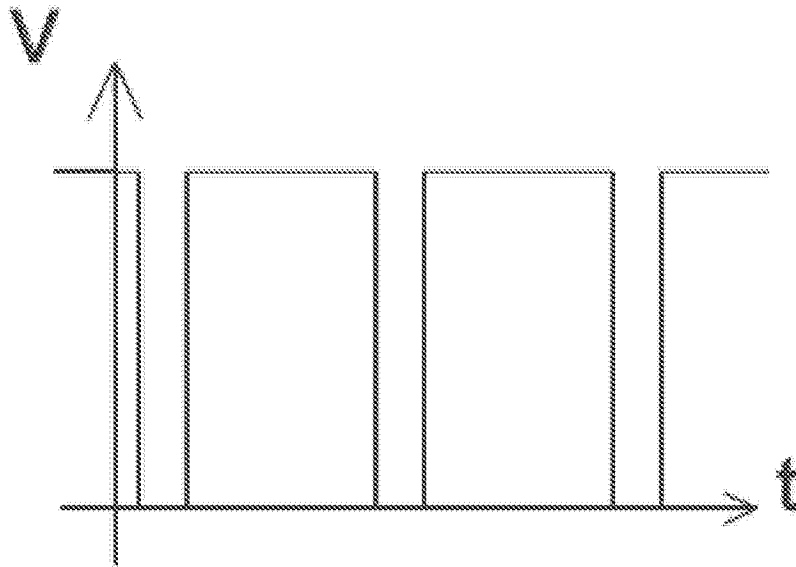


图 4

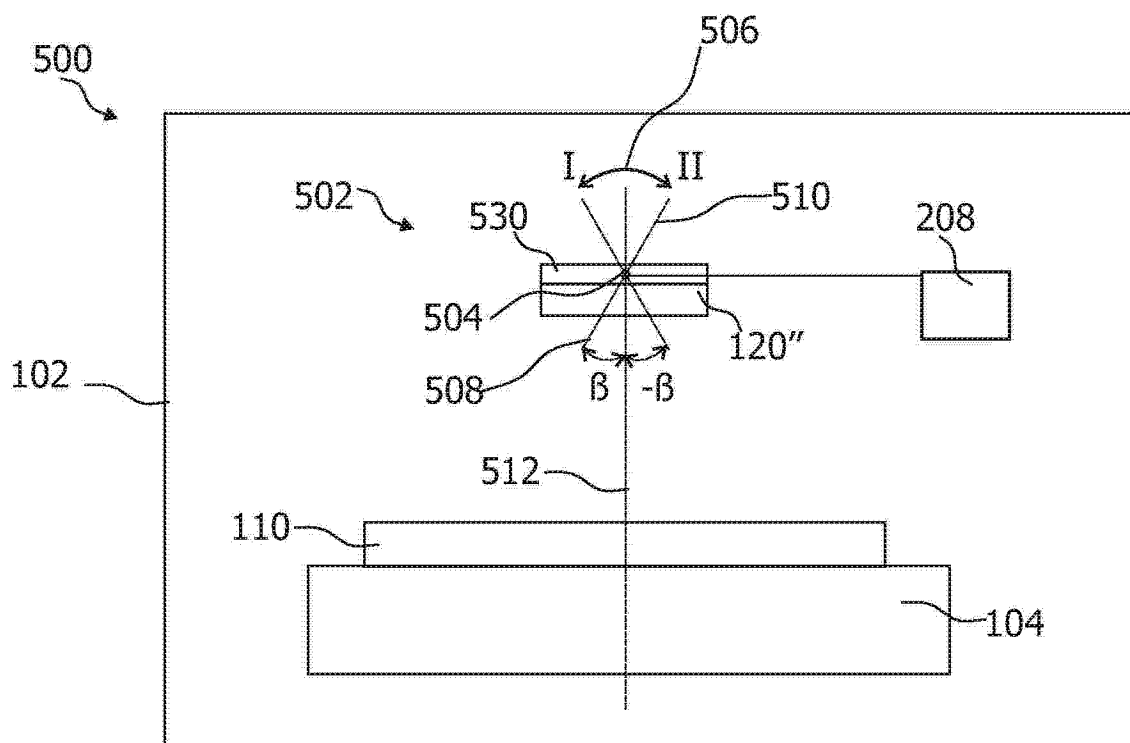


图 5

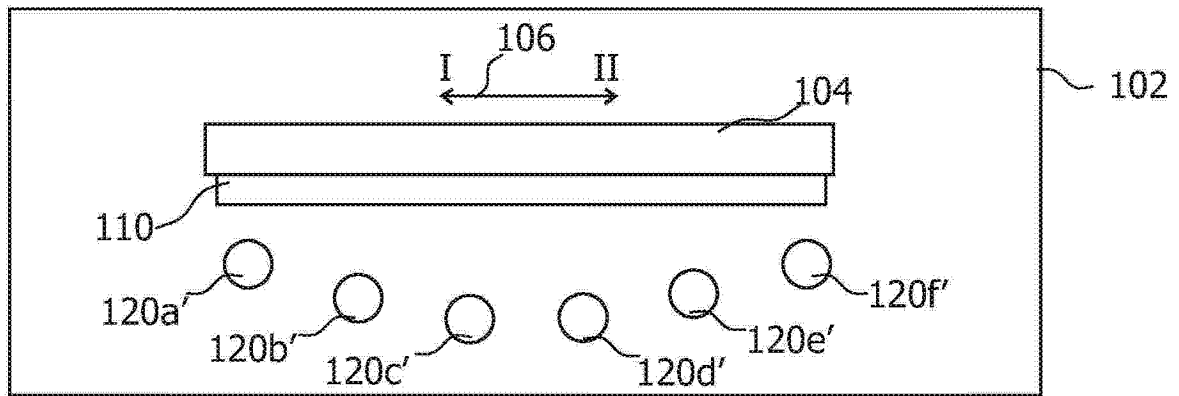


图 6

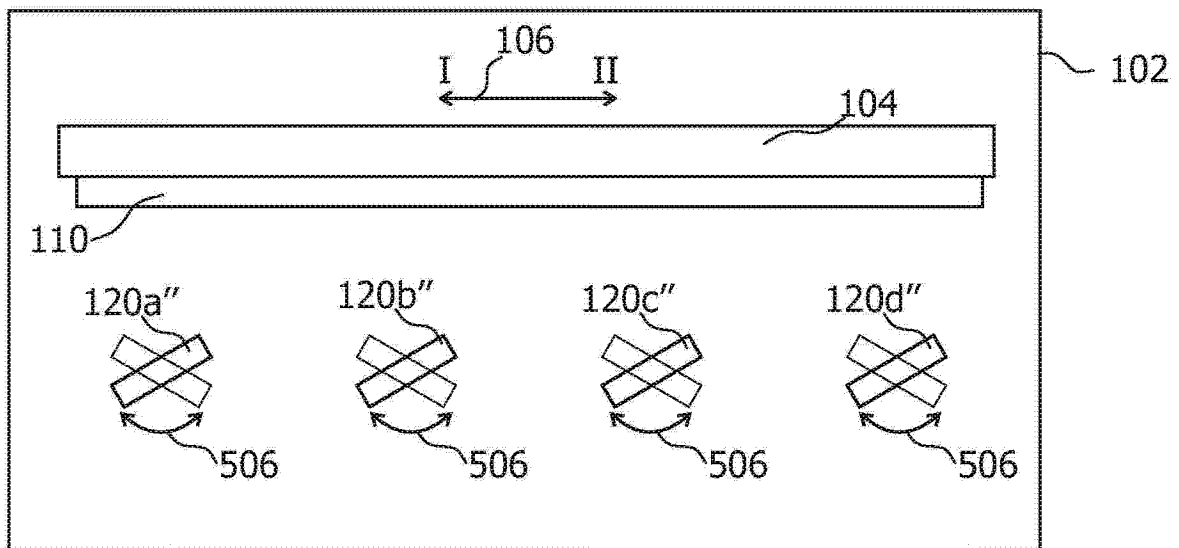


图 7

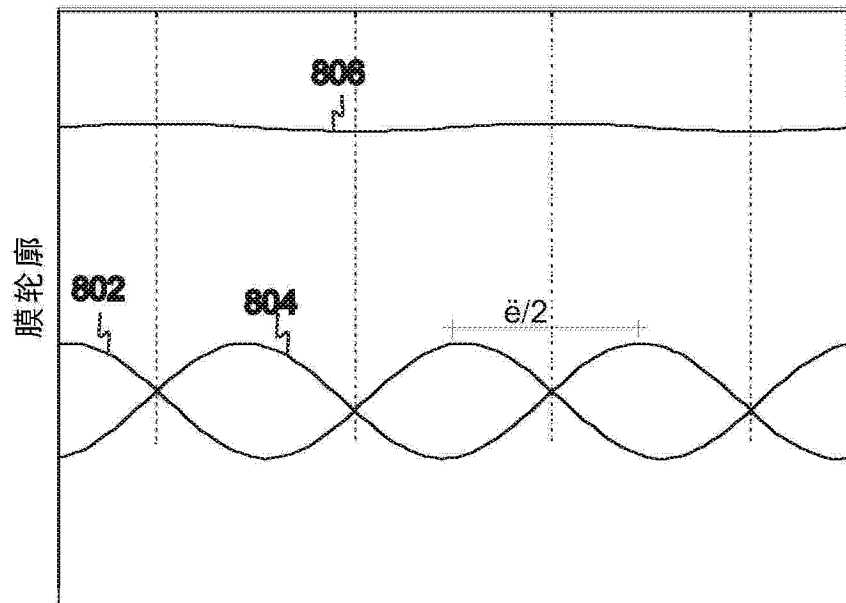


图 8

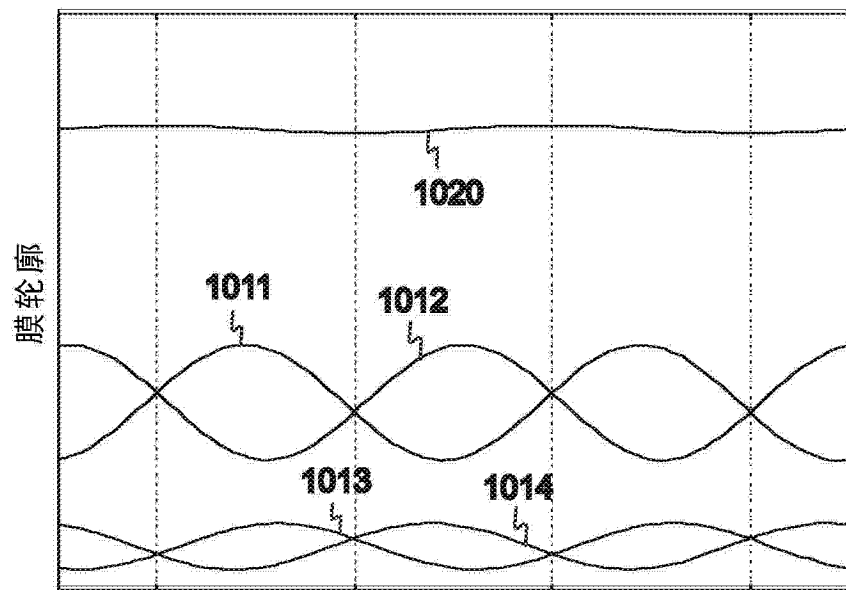


图 9

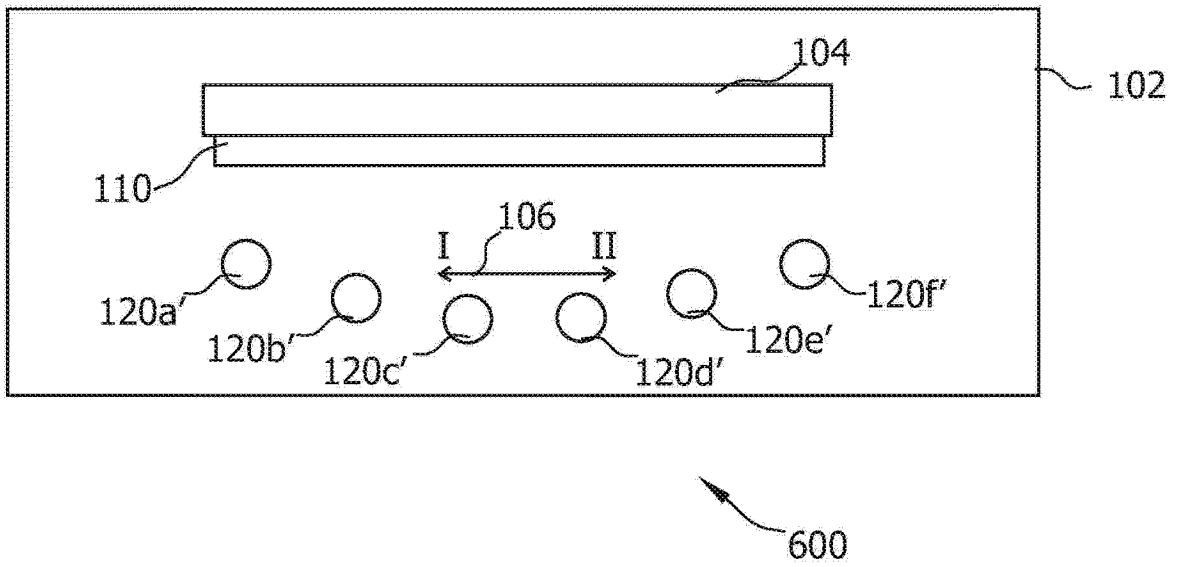


图 11

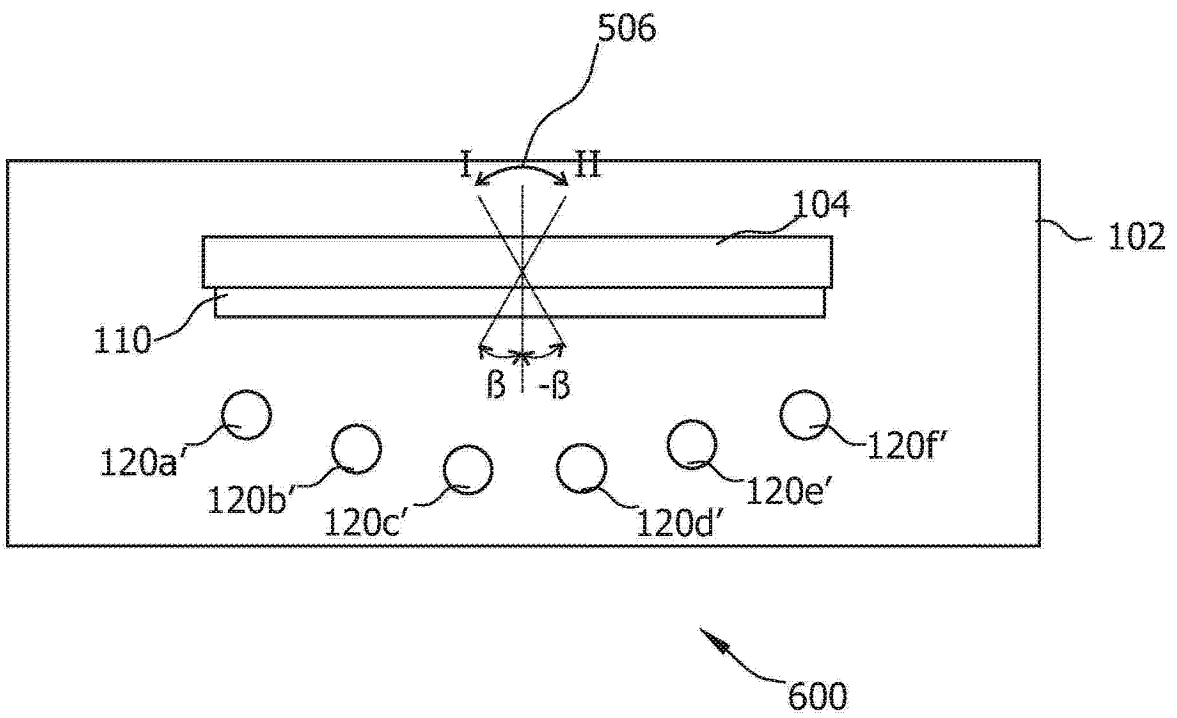


图 12

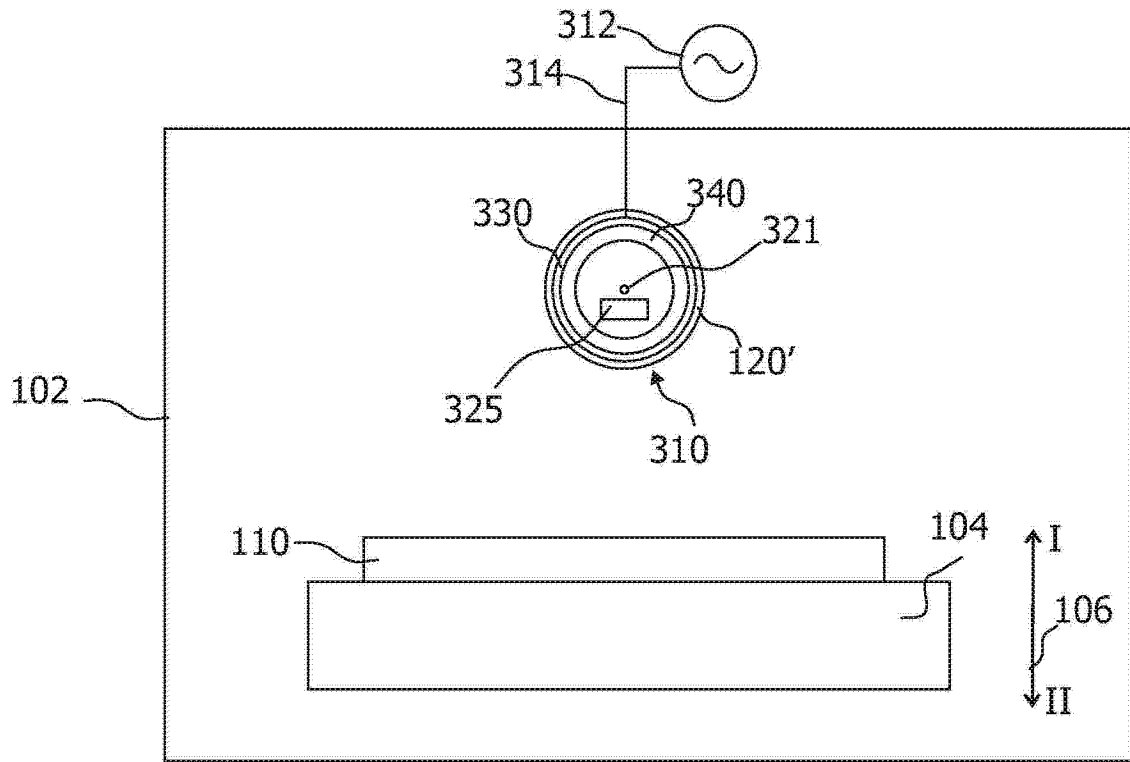


图 13

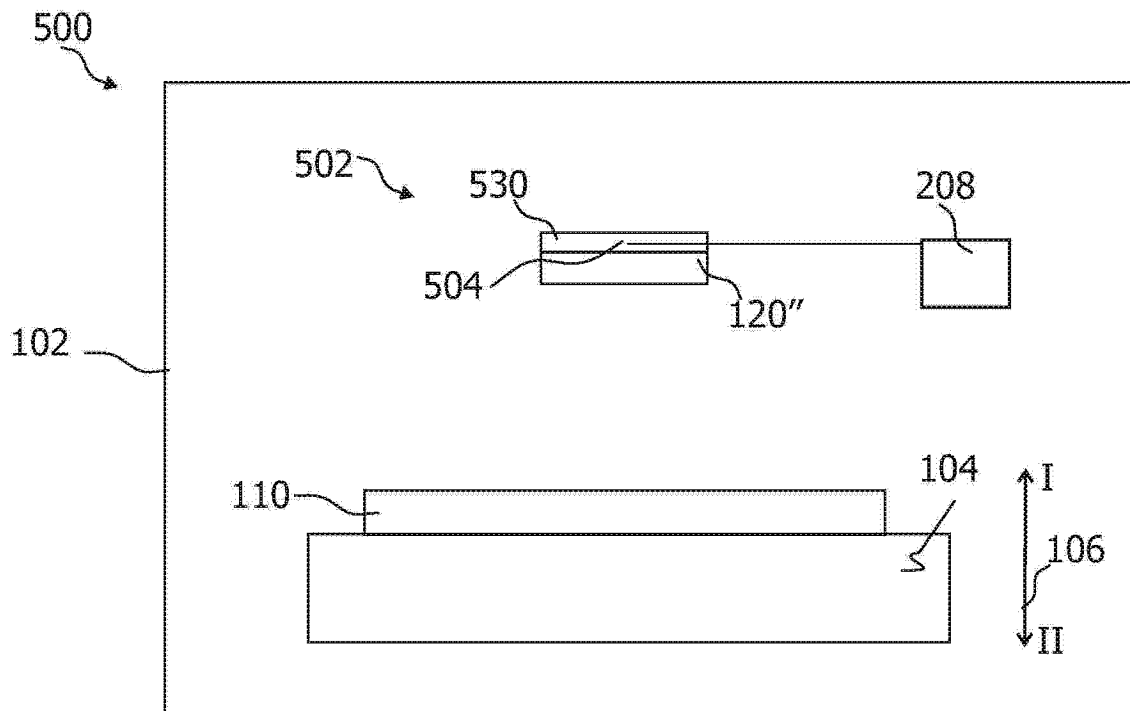


图 14

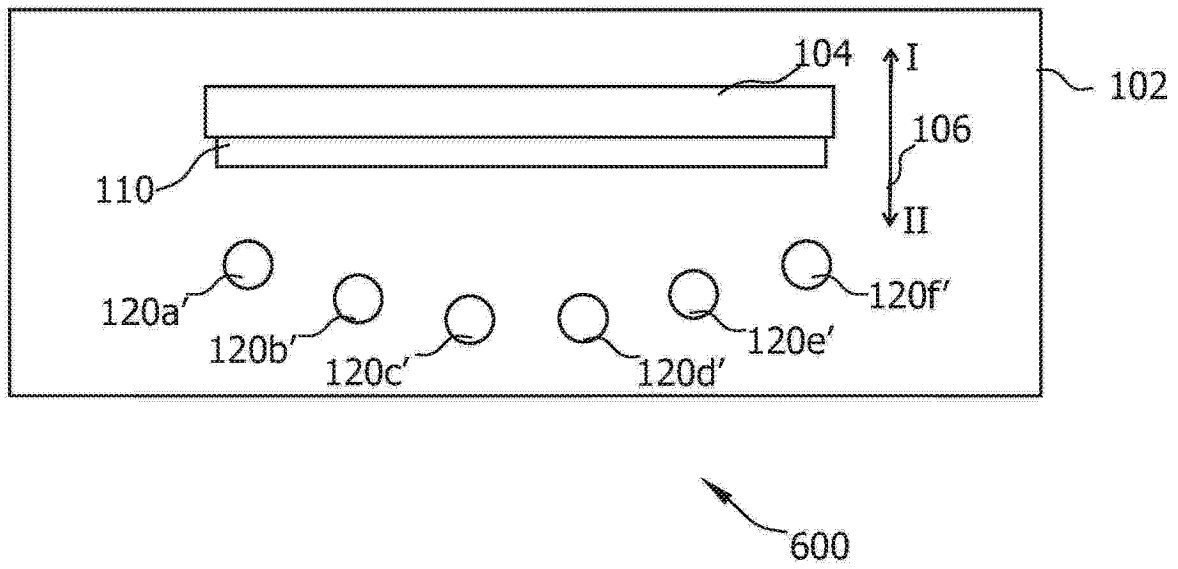


图 15

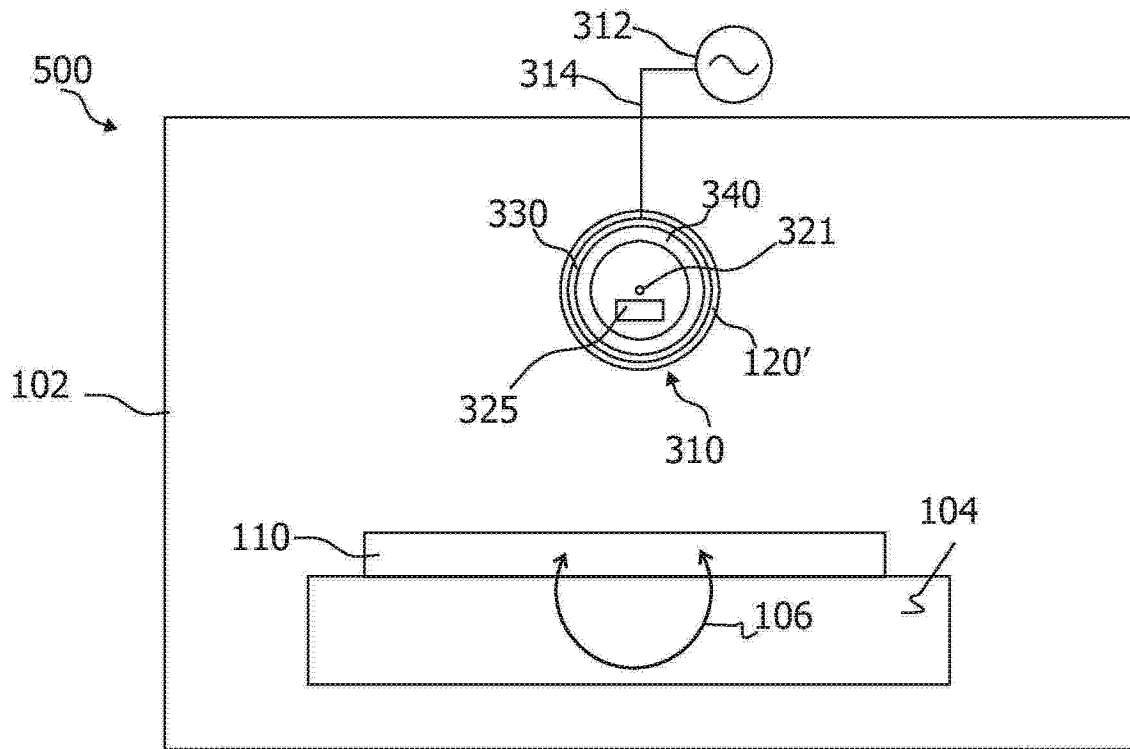


图 16

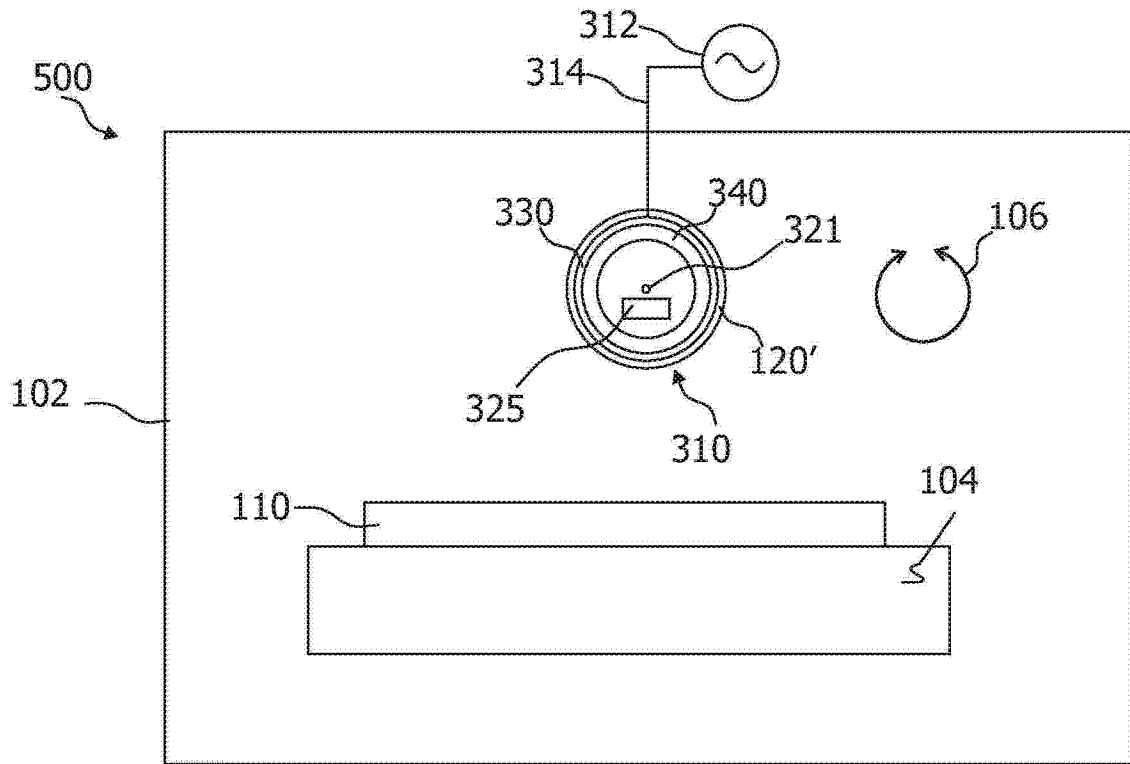


图 17

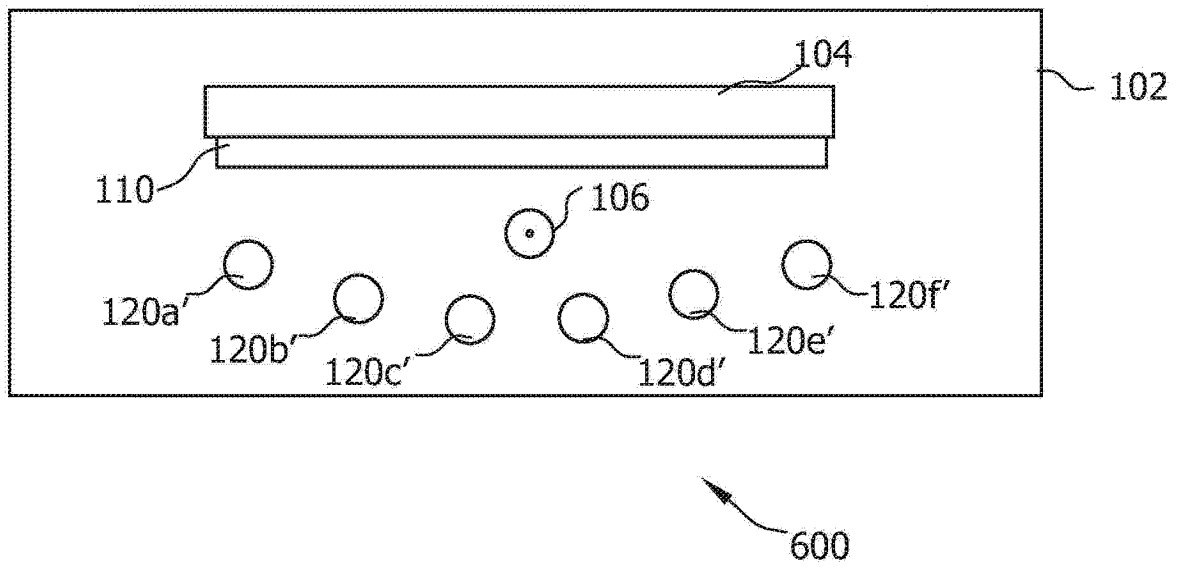


图 18

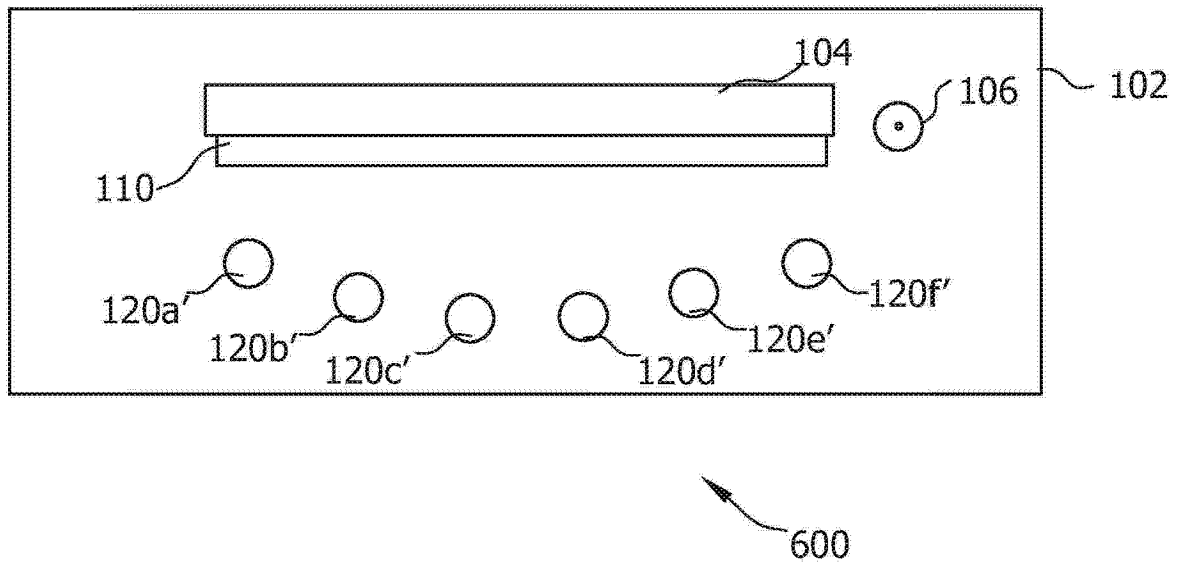


图 19