



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117120659 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 24

(21) 申请号 202280027506.4

米

(22) 申请日 2022.04.11

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

(30) 优先权数据

63/177,491 2021.04.21 US

专利代理师 徐金国 吴启超

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.09

(51) Int.Cl.

C23C 14/56 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/024225 2022.04.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/225731 EN 2022.10.27

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 塔玛拉·海因茨 斯蒂芬·班格特

苏雷什·曼尼科特·科拉拉斯

拉姆戈帕尔·查克拉瓦蒂·拉马萨

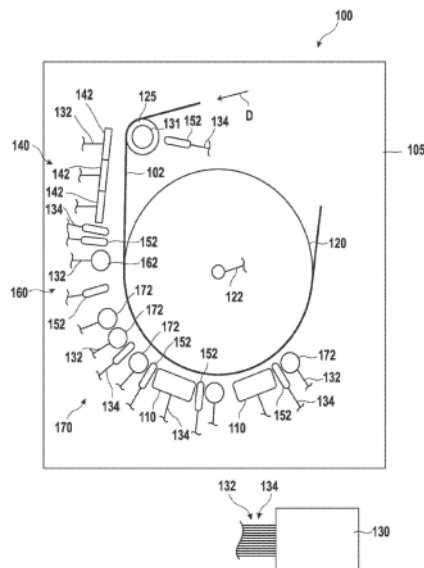
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

材料沉积设备、在基板上沉积材料的方法以及材料沉积系统

(57) 摘要

提供了一种用于将蒸发材料沉积到基板上的材料沉积设备。材料沉积设备包括：处理鼓，具有被配置为在处理鼓上的基板的处理期间控制基板温度的冷却器；辊，将基板朝向处理鼓引导；第一加热器组件，被定位以在辊与处理鼓之间的自由跨度区域中加热基板；第二加热器组件，被定位以在基板被支撑在处理鼓上的同时对基板进行加热；至少一个沉积源，沿着基板传输路径设置在第二加热器组件的下游；基板速度传感器，提供与基板传输速度相关的速度信号；以及控制器，具有用于速度信号的输入并且被配置为控制至少第一加热器组件。



1. 一种用于将蒸发材料沉积于基板上的材料沉积设备,所述材料沉积设备包括:
处理鼓,具有被配置为在所述处理鼓上的基板的处理期间控制基板温度的冷却器;
辊,将所述基板朝向所述处理鼓引导;
第一加热器组件,被定位以在所述辊与所述处理鼓之间的自由跨度区域中加热所述基板;
第二加热器组件,被定位以在所述基板被支撑在所述处理鼓上的同时对所述基板进行加热;
至少一个沉积源,沿着基板传输路径设置在所述第二加热器组件的下游;
基板速度传感器,提供与基板传输速度相关的速度信号;及
控制器,具有用于所述速度信号的输入并且被配置为控制至少所述第一加热器组件。
2. 如权利要求1所述的材料沉积设备,进一步包括:
第一温度传感器,沿着所述基板传输路径设置在所述第一加热器组件下游。
3. 如权利要求1至2中任一项所述的材料沉积设备,进一步包括:
第二温度传感器,沿着所述基板传输路径设置在所述第二加热器组件下游。
4. 如权利要求1至3中任一项所述的材料沉积设备,进一步包括:
过渡加热器组件,被定位以加热在所述第一加热器组件与所述第二加热器组件之间的所述基板。
5. 如权利要求4所述的材料沉积设备,进一步包括:
过渡温度传感器,沿着所述基板传输路径设置在所述过渡加热器组件下游。
6. 如权利要求5所述的材料沉积设备,进一步包括:
过渡加热器控制器,具有用于所述过渡温度传感器的信号的输入,以根据所述过渡温度传感器的信号控制所述过渡加热器组件。
7. 如权利要求1至6中任一项所述的材料沉积设备,进一步包括:
第二加热器控制器,具有用于沉积速率信号的输入。
8. 如权利要求1至7中任一项所述的材料沉积设备,其中所述冷却器是由在所述处理鼓与所述基板之间引导冷却气体的气垫所提供。
9. 一种将蒸发材料沉积至基板上的方法,所述方法包括:
将所述基板从辊朝向处理鼓引导;
测量基板速度信号;及
根据所述基板速度信号,通过在所述辊与所述处理鼓之间的第一加热器组件加热所述基板。
10. 如权利要求9所述的方法,进一步包括:
根据沉积速率,通过第二加热器组件加热所述处理鼓上的所述基板。
11. 如权利要求10所述的方法,进一步包括:
在通过所述第一加热器组件加热所述基板之后,测量第一基板温度信号;以及
当所述基板被支撑在所述处理鼓上时并且在通过所述第二加热器组件加热所述基板之前,测量第二基板温度信号。
12. 如权利要求11所述的方法,进一步包括:
根据所述第一基板温度信号与所述第二基板温度信号之间的差异,通过过渡加热器组

件加热所述基板。

13. 一种材料沉积系统,包括:

处理鼓,用于在处理期间支撑所述基板;

基板引导辊,位于所述处理鼓的上游;

第一加热器组件,设置于所述辊与所述处理鼓之间;

控制器,包括:处理器和储存有指令的存储器,当所述指令由所述处理器执行时会引发实行如权利要求9至12的任一项所述的方法。

14. 如权利要求13所述的材料沉积系统,其中查找表被储存在所述存储器中,以将基板速度与所述第一加热器组件的功率密度相关连。

15. 如权利要求14所述的材料沉积系统,其中所述控制器提供所述查找表中的数据的双线性内插。

材料沉积设备、在基板上沉积材料的方法以及材料沉积系统

技术领域

[0001] 本公开内容的实施方式涉及基板涂覆,特别是通过在真空腔室中的热蒸发的基板涂覆。本公开内容的实施方式进一步涉及蒸发材料在基板上的材料沉积,特别是用于电池的制造。本公开内容的实施方式涉及用于预加热基板的材料沉积设备所用的一个或多个加热组件、用于在基板上沉积材料的方法以及材料沉积系统。

背景技术

[0002] 用于在基板上沉积的各种技术,例如,化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)是已知的技术。对于高沉积速率的沉积而言,热蒸发可以被用作PVD工艺。对于热蒸发而言,源材料被加热以产生可沉积在例如基板上的蒸气。提高加热的源材料的温度会增加蒸气浓度,并能有助于高沉积速率。实现高沉积速率的温度取决于源材料的物理特性,例如,作为温度函数的蒸气压力,以及基板的物理极限,例如熔点。

[0003] 通过蒸发在柔性基板(例如石墨箔或铜基板)上的金属(例如锂)沉积可以被用于电池(诸如锂电池)的制造。举例来说,可以将锂层沉积在薄的柔性基板上以生产电池的阳极。在阳极层堆叠和阴极层堆叠(选择性地在这些堆叠之间设置电解质和/或隔板)组装之后,所制造的层布置可以被卷起或以其他方式堆叠以生产锂电池。

[0004] 在基板处理期间的热膨胀可能导致基板(例如,箔或卷材(web))中的皱褶。箔的扩展,尤其是箔的突然扩展可能在箔上引入皱褶。皱褶可能会导致降低沉积的一或多个层的质量。

[0005] 因此,提供改良的材料沉积设备、改良的沉积方法和改良的处理系统以至少部分地克服上述问题是有益的。

发明内容

[0006] 鉴于上述,提供了根据独立权利要求的材料沉积设备、在基板上沉积材料的方法以及材料沉积系统。在详细的说明书、附图和从属权利要求中描述了进一步的特征、方面、细节、及实施方式。

[0007] 根据一实施方式,提供了一种用于将蒸发材料沉积到基板上的材料沉积设备。材料沉积设备包括:处理鼓(processing drum),具有被配置为在处理鼓上的基板的处理期间控制基板温度的冷却器;辊,将基板朝向处理鼓引导;第一加热器组件,被定位以在辊与处理鼓之间的自由跨度区域中加热基板;第二加热器组件,被定位以在基板被支撑在处理鼓上的同时对基板进行加热;至少一个沉积源,沿着基板传输路径设置在第二加热器组件的下游;基板速度传感器,提供与基板传输速度相关的速度信号;以及控制器,具有用于速度信号的输入并且被配置为控制至少第一加热器组件。

[0008] 根据一实施方式,提供了一种将蒸发材料沉积到基板上的方法。所述方法包括:将基板从辊朝向处理鼓引导;测量基板速度信号;以及根据基板速度信号,通过在辊与处理鼓之间的第一加热器组件加热基板。

[0009] 根据一实施方式,提供了一种材料沉积系统。所述系统包括:处理鼓,用于在处理期间支撑基板;基板引导辊,位于处理鼓的上游;第一加热器组件,设置在辊与处理鼓之间;以及控制器,包括:处理器和储存有指令的存储器,当这些指令由该处理器执行时会引发实行根据本发明的实施方式的方法。

附图说明

[0010] 为了能够详细理解本公开内容的上述特征的形式,可以通过参照实施方式来获得上文简要概括的本公开内容的更具体的描述。附图涉及本公开内容的实施方式,并且描述如下:

[0011] 图1示出了根据本文描述的实施方案的材料沉积设备的示意图;

[0012] 图2示出了根据本文描述的实施方案的沉积系统中的加热器的控制器的示意图;以及

[0013] 图3示出了根据本文描述的实施方案的方法的流程图。

具体实施方式

[0014] 现在将详细参照本公开内容的各个实施方式,其中一个或多个示例在附图中示出。在以下关于附图的描述中,相同的附图标记代表相同的部件。一般来说,仅描述关于各个实施方式的差异。每个示例是作为对本公开内容的解释而提供的,并不代表对于本公开内容的限制。此外,作为一个实施方式的一部分示出或描述的特征可以被用在其他实施方式上或与其他实施方式结合,以产生又一实施方式。本说明书旨在包括这样的修改和变化。

[0015] 本文提供的实施方式涉及通过蒸发进行的薄膜涂覆,特别是涉及真空腔室中的薄膜涂覆。举例来说,待涂覆的材料被加热到材料特定温度以被蒸发。一般来说,可以在更高的温度下提供更高的蒸发速率。

[0016] 本公开内容的实施方式减少了由于热导致的基板的扩展,所述基板即柔性基板,例如箔或卷材。可以减少皱褶以提高基板上薄膜沉积的质量。根据本公开内容的实施方式,提供了一个或多个温度控制区。特别地,提供了诸如低功率控制区的第一温度控制区。在第一温度控制区中提供了基板的依据速度的加热(speed dependent heating)。根据可以与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,可以在基板与处理鼓接触之前提供基板(例如,石墨箔)的依速度的预加热。第一温度控制区可以设置在自由跨度(free-span)区域中。自由跨度区域可以是与处理鼓相邻的辊与处理鼓之间的基板引导区域。

[0017] 根据本公开内容一实施方式,提供了一种用于将蒸发材料沉积到基板上的材料沉积设备。所述材料沉积设备包括:处理鼓,具有被配置为在处理鼓上的基板的处理期间控制基板温度的冷却器;辊,将基板朝向处理鼓引导;第一加热器组件,被定位以在辊与处理鼓之间的自由跨度区域中加热基板;第二加热器组件,被定位以在基板被支撑在处理鼓上的同时对基板进行加热;至少一个沉积源,沿着基板传输路径设置在第二加热器组件的下游;基板速度传感器,提供与基板传输速度相关的速度信号;以及控制器,具有用于速度信号的输入并且被配置为控制至少第一加热器组件。

[0018] 此外,在蒸发系统和包括蒸发器的材料沉积设备中,蒸发的材料会冷凝在温度低于蒸发材料的系统部件的表面上。关于基板的热涂覆,基板包括较低的温度使得蒸发的材

料可以被沉积或涂覆到基板上,以在基板上形成薄层。然而,当基板的温度与待涂覆的材料温度之间的差异很大时,所产生的薄层或膜可能会受到损坏,例如撕裂,或可能在基板和/或材料的表面产生皱褶。图1示例性地显示了根据本文描述的实施方式的材料沉积设备,该实施方式可以与本文描述的任何其他实施方式结合。材料沉积设备100可以包括真空腔室105。真空腔室中可以提供真空。举例来说,材料沉积设备可以包括用于在真空腔室中提供真空的真空泵。

[0019] 本文中使用的术语“真空”可以在具有小于如10mbar的真空压力的技术真空的意义上理解。通常,如本文描述的真空腔室中的压力可以在 10^{-4} mbar和约 10^{-8} mbar之间,更通常在 10^{-4} mbar和 10^{-7} mbar之间,甚至更通常在约 10^{-5} mbar和约 10^{-6} mbar之间。在一些实施方式中,一个或多个真空腔室中的总压力可在约 10^{-4} mbar至约 10^{-7} mbar的范围内。因此,真空腔室可以是“真空沉积腔室”,即,配置为用于真空沉积的真空腔室。

[0020] 根据可以与本文描述的任何其他实施方式组合的实施方式,材料沉积设备可以包括沉积源组件。举例来说,沉积源组件可以是包括一个或多个蒸发源的蒸发源组件。本公开内容的实施方式涉及沉积源,特别是物理气相沉积(PVD)源,其中能量通过沉积工艺被传递到基板。对于高沉积速率而言,蒸发源可能特别有用。因此,在下文中将参考蒸发源进行说明。应当理解的是,本公开内容的实施方式也可以使用其他沉积源,特别是向基板传递能量的沉积源。

[0021] 如本公开内容全文中所使用的术语“蒸发源组件”可被理解为包括一个或多个蒸发源的组件、单元或设备。据此,本文讨论的关于蒸发源组件的特征也可以相应地应用于单个蒸发源。举例来说,蒸发源组件中可以仅包括一个蒸发源。在这种情况下,蒸发源组件可以被称为蒸发源。根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,可在蒸发源组件中提供两个或更多个蒸发源。

[0022] 蒸发源组件被配置为向基板102提供蒸发材料。蒸发源组件可以被设置在真空腔室105中,或者可以至少部分地被设置在真空腔室105中。蒸发源组件可以被沿着基板传输方向(D)设置以向基板提供材料。

[0023] 蒸发源组件可以包括两个或更多个蒸发源。图1中示出了两个蒸发源110。举例来说,蒸发源组件可以包括第一蒸发源以及第二蒸发源,所述第一蒸发源具有用于将材料沉积至基板上的第一沉积区域,所述第二蒸发源具有用于将材料沉积至基板上的第二沉积区域。

[0024] 根据可以与本文描述的任何其他实施方式组合的实施方式,材料沉积设备可包括处理鼓120。处理鼓可被配置为传输基板102。基板102可围绕处理鼓布置。处理鼓120可以是如图1示例性所示的涂覆鼓。涂覆鼓可以包括弯曲的鼓表面。处理鼓可被配置为使弯曲鼓表面上的基板102在圆周方向或基板传输方向上移动经过蒸发源110。

[0025] 根据可以与本文描述的任何其他实施方式组合的实施方式,蒸发源组件可以提供待沉积到基板上的材料。蒸发源组件可以包括一个或多个坩锅,可以通过在坩锅中对待沉积的材料提供适合将材料蒸发的温度以将材料蒸发。举例来说,待沉积的材料可以包括例如金属,特别是锂、金属合金和在给定条件下具有气相的其他可蒸发材料或类似材料。根据又一实施方式,作为额外或替代的方案,所述材料可包括镁(Mg)、镱(Yb)和氟化锂(LiF)。

[0026] 此外,蒸发源组件的蒸发源可以包括分配器。分配器可以分配蒸发的材料。材料可

以例如通过经由入口开口连接到分配器的坩埚被提供至分配器中。分配器可以具有一个或多个开口。待沉积的蒸发材料可以通过开口离开分配器。可以由延伸穿过开口的多个喷嘴将源材料沉积在基板102上。换言之,蒸发源可以包括用于将蒸发的材料提供至基板的一个或多个喷嘴。待沉积的材料可以由多个喷嘴例如喷洒到基板上。

[0027] 举例来说,基板可以是柔性的卷材或箔,并且材料沉积设备可以是卷对卷(roll-to-roll)沉积设备。涂覆鼓可以是在与图1的纸平面垂直的长度方向上延伸的圆柱体。处理鼓可以是可移动的,即,涂覆鼓可以围绕中心轴旋转。处理鼓可以顺时针或逆时针移动或旋转。处理鼓可以在沉积期间改变方向,例如,当处理鼓在沉积期间顺时针旋转时,旋转方向可以改变为逆时针,反之亦然。

[0028] 根据可以与本文描述的任何其他实施方式组合的实施方式,材料沉积设备可以包括用于提供未处理的基板的基板供应器或退卷辊(图1中未示出)。基板供应器或退卷辊可以被移动,即被旋转,以使基板可以从基板供应器或退卷辊上展开。此外,材料沉积设备可以包括基板接收辊,用于在材料沉积到基板上之后卷取处理过的基板。基板接收辊可以被移动,即基板接收辊可以被旋转,以卷取处理过的基板。基板接收辊和基板供应器或退卷辊可沿相同方向旋转,即两个辊可以顺时针旋转,或者基板供应器或退卷辊可沿相反方向旋转,即一个辊可顺时针旋转而另一个辊可以逆时针旋转,反之亦然。举例来说,基板可以“横跨”在退卷辊和接收辊之间,并且可以在蒸发源组件上方被引导以接收蒸发的材料。例如,可以通过限定的和/或受控的力来提供基板。可以提供基板张力器。

[0029] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,处理鼓可以是气垫处理鼓。气垫涂覆鼓在鼓表面和基板之间提供冷却气体。例如,鼓和冷却气体可以被冷却到低于室温的温度。可以从基板上去除热量,以在不会损坏材料沉积在其上的薄箔或卷材的状况下允许更高的沉积速率。

[0030] 对于气垫辊而言,气体出口的第一子群组,即开放的气体出口,可以被设置在处理鼓的卷材引导区域中。气体出口的第二子群组,即封闭的气体出口,被设置在卷材引导区域之外。由于气体仅在需要形成悬空垫的卷材引导区域排放,因此不会有气体或只有极少气体被直接排放进入不与卷材重叠的区域中,可以减少气体浪费,并且/或者可以在泵系统上较小的负担的情况下维持更好的真空。

[0031] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,作为气体出口的子群组的额外或替代方案,处理鼓的外表面可以涂覆有微孔表面。微孔表面可以允许少量冷却气体从处理鼓内部流动到处理鼓的表面。冷却气体可以在处理鼓和在处理鼓上被引导的用于在其上进行材料沉积的卷材或箔之间形成气垫。

[0032] 根据可以与本文描述的任何其他实施方式组合的实施方式,基板可以是薄基板,例如箔或卷材。待涂覆的基板的厚度可以为 $50\mu\text{m}$ 或更小,特别是 $20\mu\text{m}$ 或更小,或者甚至 $10\mu\text{m}$ 或更小。例如,可以在气相沉积设备中涂覆金属箔或柔性金属涂覆箔。在一些实施方式中,基板102是具有低于 $30\mu\text{m}$ 、例如 $10\mu\text{m}$ 或更小的厚度的石墨箔或铜箔或薄铝箔。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,金属箔,诸如铜箔或铝箔,可以具有 $5\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 的厚度。石墨箔可以包括金属箔(例如,如上所述)且在至少一侧上、特别是在两侧上具有石墨涂层、石墨-硅涂层或几近纯硅的涂层。作为示例,涂层可以是 $20\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 。

[0033] 基板的小厚度导致基板在不同热负荷的不同区域中会面临突然的温度变化,即,

基板会迅速升温因而造成基板膨胀,且基板会迅速冷却因而造成基板收缩。这些突然的温度变化会导致张力、应力和拉伸,从而导致基板损坏和/或在基板中产生皱褶。

[0034] 图1示出了材料沉积设备100或相应的处理系统。材料沉积设备100包括真空腔室105。处理鼓120设置在真空腔室105中。基板102(例如,诸如石墨箔的柔性卷材或箔)在处理鼓124上被引导以进行基板102的处理。基板102在辊125上沿基板传输方向D被引导。辊将基板朝向处理鼓120引导。基板在处理鼓120上被处理。举例来说,可以在处理鼓120上沿着基板引导路径设置一个或多个蒸发源110。图1示出了两个蒸发源110。蒸发源可以将材料沉积在基板上。根据本公开内容的实施方式,特别是可以将含锂的膜沉积在基板(诸如石墨基板)上。

[0035] 基板不受控制的温度变化可能会产生使沉积于基板上的薄膜劣化的皱褶。根据本公开内容的实施方式,加热器设置在专用加热区域中以用于控制基板温度以便减少基板皱褶的产生。

[0036] 提供了包括一个或多个第一加热器142的第一加热器组件140。第一加热器组件140提供第一加热区。第一加热区或第一加热器组件分别设置在辊125和处理鼓120之间的基板102的自由跨度区域中。第一加热器组件的每个第一加热器通过控制线132连接到控制器130。

[0037] 提供了包括一个或多个第二加热器162的第二加热器组件160。第二加热器组件提供第二加热区,例如,第一加热区和第三加热区之间的过渡加热区。第三加热区可以由包括一个或多个第三加热器172的第三加热器组件170提供。第三加热区可以是高功率加热区。高功率加热区与一个或多个蒸发源110相邻。此外,根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,可以设置辊加热器131。辊加热器被配置为对辊的表面加热。基板在被辊125引导的同时被辊加热器加热。

[0038] 如本公开内容全文中使用的术语“加热器组件”可被理解为可以包括一个或多个加热器的组件、单元或设备。例如,加热器组件可以包括至少一个加热器或者可以包括两个或更多个的加热器。

[0039] 如本公开内容全文中使用的“加热器”可以是石墨加热器。石墨加热器是有利的,这是由于石墨加热器提供例如500°C至1800°C或甚至更高的温度范围的高工作温度,以及例如0.8至0.9或更高的高发射率,该高发射率允许得以实现基板上的高功率密度。加热组件还可以包括辐射隔离罩,以将功率往朝向基板的方向集中。根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,加热器可以包括光源或者可以是光源。光源的波长范围可以从红外线(IR)到紫外线(UV),特别是取决于要加热的基板。一些基板材料可能对UV敏感。其他基板材料可能对IR敏感。

[0040] 根据本公开内容的实施方式,提供了多个温度传感器152。温度传感器152沿着基板传输路径分布。特别地,温度传感器可以与加热区的起始端相关联。作为额外或替代方案,温度传感器可以与加热区的末端相关联。温度传感器可以为热电偶或高温计,即测量基板热辐射的温度传感器。温度传感器152可以通过信号线134连接到控制器130。信号线134向控制器130提供温度信号。例如,可以在过渡加热区中提供一个或多个过渡温度传感器,其中提供了依据温度的基板加热。

[0041] 本公开内容的实施方式提供具有特定温度控制特性的加热区。特别地,设置在处

理鼓120中的辊125之间的第一加热区是依据速度的加热区。可设置在处理鼓120或辊125处的基板速度传感器通过信号线122提供速度信号。图1中的信号线122示出于处理鼓120处。然而,信号线122也可以设置在辊125处或材料沉积设备100中的其他位置。举例来说,可以在材料沉积系统的退卷线轴、材料沉积的卷绕线轴、或材料沉积系统中的另一位置处提供基板速度。

[0042] 第三加热区或高功率加热区可以设置有恒定加热,即恒定功率模式,或者可以设置有取决于蒸发速率的加热。特别地,第三加热区中的温度控制与基板速度无关,并且当基板被提供在处理鼓120上时,也可以在基板静止时控制基板温度。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,可以根据蒸发速率,即蒸发源向基板提供的能量,控制第三加热区。可以通过将第三加热器172设置在蒸发源110附近(例如蒸发源上游、蒸发源之间和/或蒸发源下游)来减少或避免材料沉积期间基板的突然温度变化,从而对基板提供与蒸发源相比的相同加热。

[0043] 第二加热区或过渡加热区被设置在第一加热区和第三加热区之间。可以在基板即将与处理鼓(例如,冷却的气垫鼓)接触之前提供第二加热区。第二加热区是根据第一加热区之后的基板温度进行温度控制的依据温度的加热区。此外,第二加热区中的温度控制可以取决于第三加热区中的温度。举例来说,图1示出了第一加热区和第二加热区之间的两个温度传感器,用于在依据速度的第一温度区之后改进温度控制。

[0044] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,在辊125和处理鼓120之间的自由跨度区域中的基板的温度控制由具有依据速度的控制的第一温度区提供并且可以部分地由具有依据温度的控制的第二温度区提供。第一加热区中依据速度的控制允许在辊125和第二加热区之间基板温度连续地增加。第二加热区将温度升高到沉积区域中的最终温度。特别地,基板温度在基板与处理鼓接触之前被升高到最终沉积温度。第二加热区依据温度。第二加热区,即过渡加热区,可以部分地设置在自由跨度区域中并且部分地设置在鼓上。特别地,第二加热区提供适合将基板从第一加热区之后的基板温度加热至用于材料沉积的基板温度的能量。第三加热区或高功率加热区在基板与处理鼓接触的同时将基板温度维持在处理温度。

[0045] 例如,辊125可以将基板从室温加热到30℃到50℃的第一温度,例如大约40℃。辊可以由辊加热器131加热基板。第一加热区中的一个或多个第一加热器将基板从第一温度加热到60℃到80℃的第二温度,例如大约70℃。第一加热区中的第一加热器的加热器控制是依据速度的,即,取决于基板速度。对于沉积期间的基板温度,即70℃至90℃的第三温度,例如大约80℃,第二加热区(即过渡加热区)中的一个或多个第二加热器对基板进行加热,以提供在第一加热区的末端处的第二温度至用于基板处理的第三温度的温度差异。特别地,可以在基板与处理鼓接触之前提供第三温度。基板在第三加热区中,即当基板与处理鼓接触时,被维持在第三温度。

[0046] 本公开内容的实施方式提供了一个或多个控制器和/或一种或多种控制算法,用于在诸如气垫鼓的处理鼓上对基板(例如箔)进行温度控制。在基板与处理鼓接触后基板温度被维持于基本恒定,特别是无论卷材速度如何,即使在静止时也是如此。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,石墨箔可涂覆有薄膜,例如含锂的薄膜。根据本公开内容的实施方式的区域中的温度控制会对基板的热膨胀进行控制,并且从而减少皱褶

的产生。

[0047] 根据本公开内容的实施方式,在基板与处理鼓接触之前提供基板的依据速度的预加热。根据一实施方式,提供了一种用于将蒸发材料沉积到基板上的材料沉积设备。该材料沉积设备包括:具有冷却器的处理鼓,该冷却器被配置为在处理鼓上的基板的处理期间控制基板温度;以及将基板朝向处理鼓引导的辊。第一加热器组件被定位以在辊与处理鼓之间的自由跨度区域中加热基板。第二加热器组件被定位以在基板被支撑在处理鼓上的同时对基板进行加热。至少一个沉积源沿着基板传输路径设置在第二加热器组件的下游。材料沉积设备包括:基板速度传感器,提供与基板传输速度相关的速度信号;以及控制器,具有用于速度信号的输入并且被配置为控制至少第一加热器组件。根据一些实施方式,可以设置用于测量处理鼓120(例如,冷却的涂覆鼓)的温度的传感器。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,控制器可具有用于速度信号、基板温度和沉积速率的输入,并且控制器可被配置为控制至少第一加热器组件。

[0048] 因此,实施方式减少了处理鼓上的基板(例如箔)的热膨胀。可以减少或避免皱褶。在基板与处理鼓(例如冷却的处理鼓)接触之前达到用于沉积(例如用于涂覆锂)的基板温度。自由跨度区域中的加热器,特别是第一加热器组件的加热器,具有取决于基板速度的温度控制方案。鉴于基板的散热量小,第一加热器组件可提供低功率值,例如 $400\text{W}/\text{m}^2$ 至 $5\text{kW}/\text{m}^2$ 的范围。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,卷材速度可为 $1\text{m}/\text{min}$ 或更高,以及/或 $12\text{m}/\text{min}$ 或更低。

[0049] 为了在基板接触处理鼓之前进一步改善基板温度,提供了过渡加热器组件。过渡加热器组件具有基于第一加热器组件之后的温度与沉积温度的温度差异的控制方案。特别地,在基板接触处理鼓之前达到用于沉积的温度。根据可以与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,基板的温度控制无关于第三加热区中的基板速度。特别地,处理鼓是冷却的处理鼓。因此,提供给基板的热能与由冷却的处理鼓消散的热能的比率可以被提供为具有无关于基板速度的平衡。因此,可以以取决于沉积速率,即提供给控制器的沉积速率信号,的控制方案提供第二加热器组件的加热功率。

[0050] 图2示出了根据本公开内容实施方式的控制回路200。控制回路200特别地用于具有取决于基板速度的输入的第一加热区。控制回路200可以另外用于其中外部输入可以与温度无关的其他加热区,如根据本公开内容的实施方式所述。

[0051] 提供了开关201以在自动控制器232和手动控制器234之间切换。自动控制器或手动控制器向封闭式加热器控制210提供信号。封闭式加热器控制210包括将信号提供至加热器214的回路控制器212。温度传感器216(例如高温计或热电偶)向回路控制器提供反馈。因此,提供了对加热器的封闭回路控制。根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,可以为每个加热器提供封闭式加热器控制210。或者,两个或更多个加热器可以具有共同的封闭式加热器控制。

[0052] 控制回路200提供了控制输出202。图2示意性地示出了基板204。基板204为控制回路200提供了外部控制特性。提供了用于控制回路200的外部参数220。根据本公开的实施方式,外部参数220是用于控制第一加热器组件的基板速度。可以提供基板速度传感器。基板速度传感器提供了速度信号,速度信号被提供在控制器的输入。控制器基于来自基板速度传感器的信号控制第一加热器组件。作为示例,将外部参数提供给自动控制器232。

[0053] 根据可以与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,在自由跨度加热器142的状况中,外部参数220可以额外地或替代地作为将由基板类型和基板速度影响的扰动函数。例如,在自动控制器232中可以有基于查找表的内插(interpolation)函数,该函数对这些修正的扰动起作用并改变封闭式回路控制器210中的设定点。

[0054] 根据可以与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,可以提供其中外部参数220是沉积速率和/或为蒸发源提供的功率的控制回路200,以用于控制被定位以在基板被支撑在处理鼓上的同时对基板进行加热的第二加热器组件。

[0055] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,可以另外从蒸发设备110读取沉积速率,所述沉积速率可以通过各种方法测量。这种控制可以级联外部参数220并影响自动控制器,以调整封闭式回路控制器210中的设定点并修正加热器172的控制输出202。

[0056] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,可以提供其中外部参数220为第一温度和第二温度(或温度差)的控制回路200,以用于控制被定位以加热第一加热器组件和第二加热器组件之间的基板的过渡加热器组件。

[0057] 根据可以与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,沉积设备和/或材料沉积系统(例如,真空沉积系统)可以包括一个或多个控制器,如图1和图2示例性所示。一个或多个控制器可以是具有用于接收如本公开内容所述的信号的输入的通用控制器,或者可以是彼此连接的多个控制器,其中单个控制器可以被分配给单独的加热器。控制器可以被连接到一个或多个加热器、基板速度传感器和一个或多个温度传感器。控制器或每个控制器包括中央处理单元(CPU)、存储器和例如支持电路。为了便于控制温度控制和/或基板处理,CPU可以是能够在工业环境中用于控制各种腔室和子处理器的任何一种形式的通用计算机处理器。存储器耦接中央处理器。存储器或计算机可读取介质可以是一个或多个容易获得的存储器组件,例如随机存取存储器、只读存储器、硬盘,或本地或远程的任何其他形式的数字存储器。支持电路可以被耦接到CPU,用于以常规的方式支持处理器。这些电路包括高速缓存、电源、时钟电路、输入/输出电路系统以及相关的子系统等。温度控制指令和/或基板处理指令通常作为软件例程(software routine)储存在存储器中,所述软件例程通常被称为配方。软件例程也可以由远离被CPU控制的硬件定位的第二CPU(未显示)储存和/或执行。当由CPU执行时,软件例程将通用计算机转换为专用计算机(控制器),该专用计算机(控制器)控制基板温度和/或基板处理,例如根据本公开内容的实施方式的基于一个或多个输入特性的加热器功率、沉积功率等。尽管本公开内容的方法和/或工艺被以实现为软件例程的方式说明,但是其中公开的一些方法步骤可以在硬件中实行并且由软件控制器执行。因此,本发明可以被实现为在计算机系统上执行的软件,并且实现为作为专用集成电路的硬件或作为其他类型的硬件实现,或者实现为软件与硬件的结合。控制器可以执行或实行根据本公开内容的实施方式的将蒸发材料沉积到基板上和/或处理基板的方法。

[0058] 可以存在相关联的人机界面(HMI)或视觉表象(visualization)和配方功能来实现这些控制方法。视觉表象允许操作者指定与基板202相关的参数和基板的期望温度。视觉表象还可以保持配方参数,这些参数可以是用于简化的控制方案的选择带,且配方根据少数选定参数(例如基板类型、沉积速率、鼓速度、鼓温度等)在内部调整所有参数。

[0059] 根据一个实施方式,提供了一种将蒸发材料沉积到基板上的方法。如图3所示,该

方法包括将基板从辊朝向处理鼓引导,如操作302所示。如操作304所示,测量基板速度信号。如图3中的操作306所示,根据基板速度信号,通过位于辊和处理鼓之间的第一加热器组件加热基板。

[0060] 根据可与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,根据沉积速率通过第二加热器组件加热处理鼓上的基板。额外地或替代地,该方法进一步包括:在通过第一加热器组件加热基板之后测量第一基板温度信号,以及当基板被支撑在处理鼓上时并且在通过第二加热器组件加热基板之前,测量第二基板温度信号。根据第一基板温度信号和第二基板温度信号之间的差异,通过过渡加热器组件加热基板。

[0061] 根据可以与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,查找表可以被储存在控制器的存储器中。此外,在基板上沉积蒸发材料的方法可以包括基于查找表产生用于加热器的控制信号。查找表可以基于作为基板速度的函数的功率密度。额外地或替代地,可以将加热器温度(例如,第一加热器组件的加热器的加热器温度)提供为在基板上所提供的功率密度的函数。因此,加热器温度可以被提供为基板速度的函数。根据更进一步的实施方式,可以为不同的基板材料提供查找表,例如,石墨基板或铜基板。

[0062] 例如,查找表可以分别提供基板速度或处理鼓的速度的值,以及用于功率密度的值。或者,可以用加热器温度代替功率密度。根据可以与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,可以为查找表中的值提供双线性内插(bilinear interpolation)。例如,可以为基板速度的第一值和第二基板速度的第二值提供线性内插(linear interpolation)。这些内插的基板速度可分别被用于关于加热器温度的功率密度值的进一步线性内插。

[0063] 根据可以与本文描述的其他实施方式组合的又一实施方式,用于控制加热器组件的各种加热器的控制信号可以由通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑组件(PLD)、离散栅极(discrete gate)或晶体管逻辑、离散硬件部件或被设计以实行本文描述的功能的上述任何组合来实现或实行。通用处理器可以是微处理器,但作为替代方案,处理器可以是任何市售的处理器、控制器、微控制器或状态机(state machine)。处理器也可以是图形处理单元(GPU),例如一般用于计算机图形和图像处理的图形处理单元。处理器还可以被实现为计算机装置的组合,例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与DSP核心的结合、或任何其他这样的配置。

[0064] 如果被实现于软件中,则这些功能可以作为一个或多个指令或编码在计算机可读取介质上被储存或传输。软件应广义地被解释为指令、数据或其任何组合,无论是指软件、固件、中间软件、微编码、硬件描述语言或其他。计算机可读取介质包括计算机储存介质与通信介质,例如有助于将计算机程序从一个地方转移到另一个地方的任何介质。处理器可以负责管理总线(bus)和一般处理,包括储存在计算机可读取储存介质上的软件模块的执行。

[0065] 软件模块可以包括单个指令或多个指令,并且可以分布在几个不同的编码区段上、不同的程序之间以及横跨多个储存介质。计算机可读取介质可以包括数个软件模块。软件模块包括指令,当由如处理器的设备执行时,使处理系统实行各种功能。软件模块可以包括发送模块和接收模块。软件模块可以被配置以被训练。软件模块可以接收基于多个测量的温度的训练数据,并且可以被训练以提供来自训练数据的控制数据。

[0066] 根据本公开的实施方式提供温度控制的软件可以包括机器学习模型。为了训练机器学习模型,例如CNN模型,训练数据被提供给机器学习模型以产生输出。机器学习模型通常具有一组初始化参数,这些参数会影响机器学习模型处理数据的方式。训练数据一般具有真值(ground truth)(例如,已知的值)分类。所述输出一般是相对于这个真值被评估的。此评估的结果可用于调整或更新机器学习模型的参数,以使机器学习模型在后续的运行中产生更准确的输出。一旦经过充分训练,机器学习模型就会接受与用于训练机器学习模型的数据形式相同的输入,并根据该输入产生输出。用于对一个或多个加热器组件的加热器实行温度控制的CNN模型是使用由标记图像组成的训练数据进行训练的。训练数据可以由一个或多个加热器组件的加热器的各种控制信号产生的真空处理系统的不同位置处的基板温度。

[0067] 本公开内容的实施方式提供下述优点中的一个或多个优点。可针对各种操作条件,例如要调整的基板速度和/或沉积速率,设定基板温度以减少基板的皱褶,特别是位于处理鼓上的基板的皱褶。基板温度根据基板速度在自由跨度区域中被调整,可以根据温度差异在过渡区域中被调整,并且可以根据沉积速率(或沉积源的功率)以及基板支撑件(例如冷却的处理鼓)的冷却能力在处理鼓上被调整。

[0068] 尽管前述内容是关于本公开内容的实施方式,但是可以在不背离其基本范围的条件设计本公开内容的其他和进一步的实施方式,且其范围是由随附的权利要求确定。

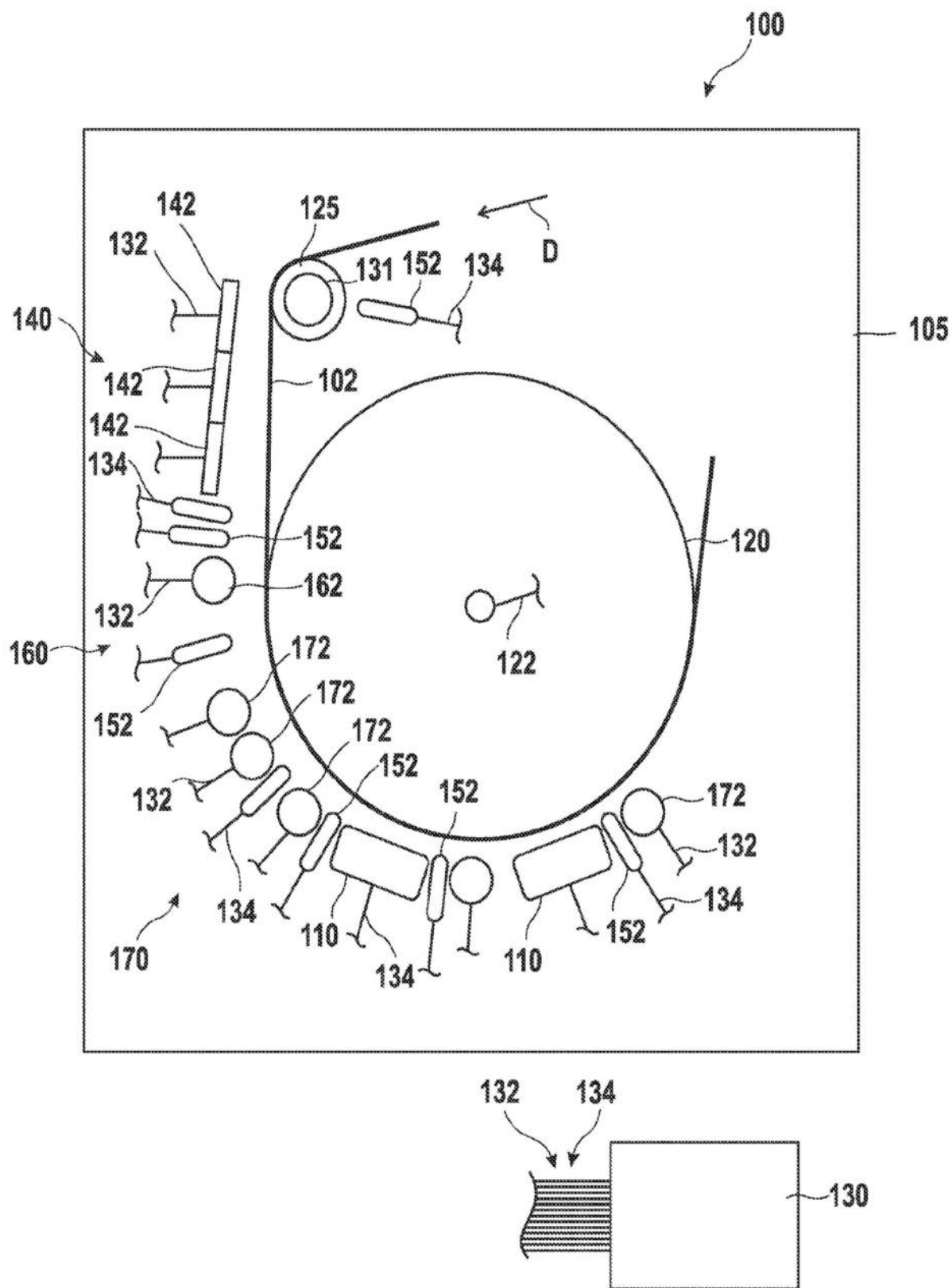


图1

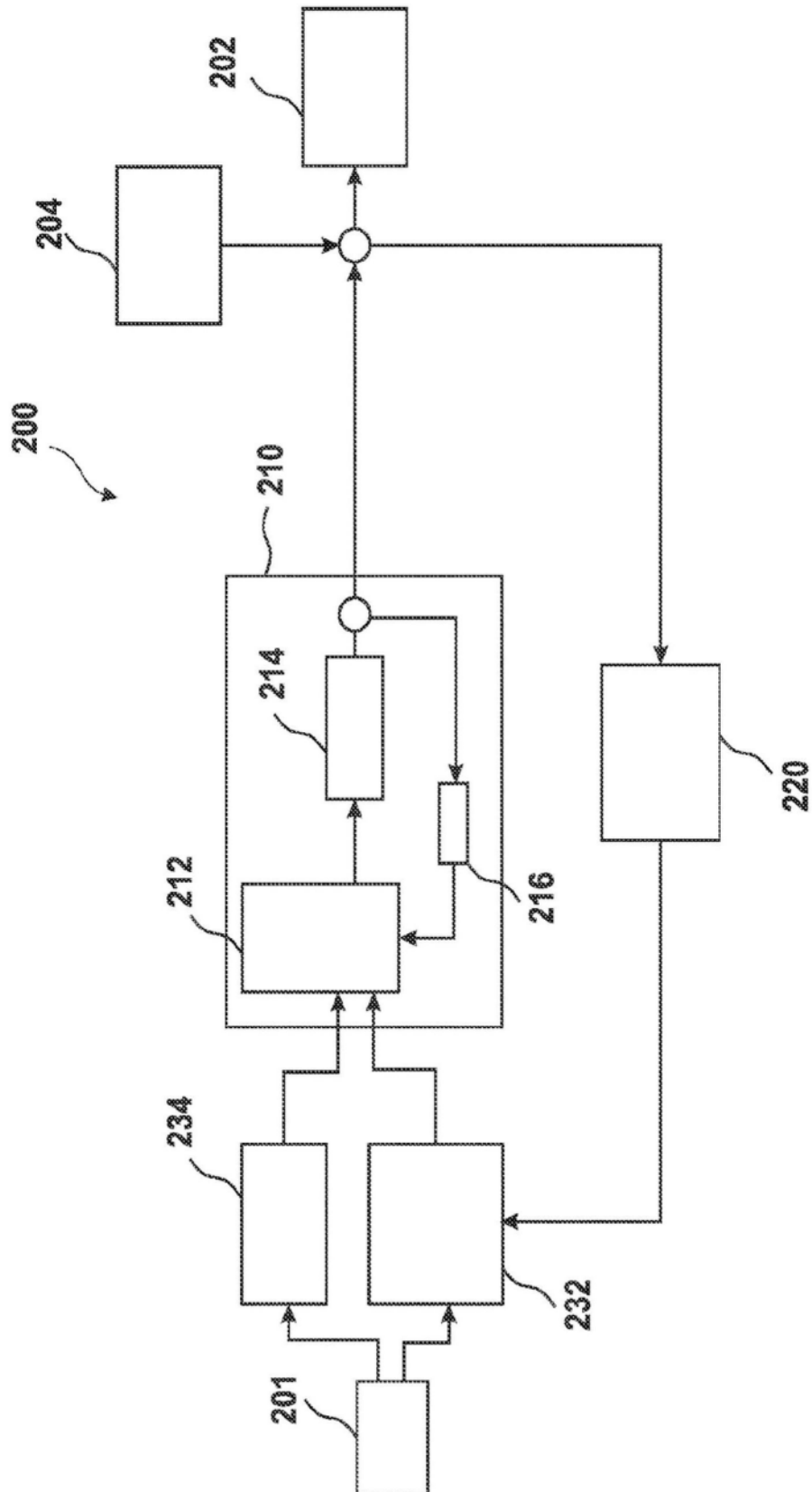


图2

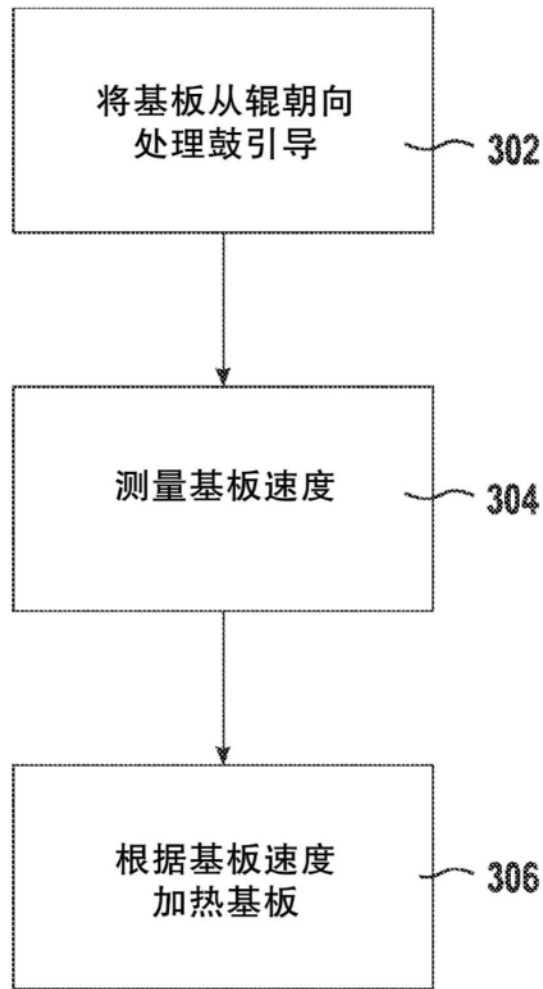


图3