



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118092083 A

(43) 申请公布日 2024.05.28

(21) 申请号 202410249817.6

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.01.16

G03F 7/20 (2006.01)

(30) 优先权数据

G03F 9/00 (2006.01)

16/277,805 2019.02.15 US

(62) 分案原申请数据

202080019314.X 2020.01.16

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 塔纳·科斯坤

穆罕默德·波伊拉兹 钟钦

帕查·蒙哥尔旺格罗恩

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

专利代理人 徐金国 赵静

权利要求书3页 说明书8页 附图15页

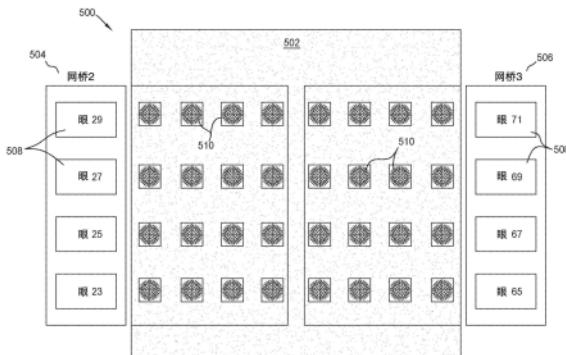
(54) 发明名称

用于数字光刻工具的基于模型的动态位置

校正

(57) 摘要

本公开内容一般涉及光刻系统以及用于校正光刻系统中的位置误差的方法。在第一次启动光刻系统时，所述系统进入稳定期。在所述稳定期期间，在所述系统印刷或曝光基板时，收集位置读数和数据，诸如温度、压力和湿度数据。基于所收集的数据和位置读数来产生模型。在后续稳定期中，使用所述模型来估计误差，并且在所述后续稳定期期间动态地校正所估计的误差。



1. 一种光刻系统,包括:

一个或多个平台,被配置为支撑一个或多个基板或一个或多个校准板;

多个温度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个温度传感器被配置为收集温度数据;和

投影设备,设置在所述一个或多个平台之上,所述投影设备被配置为印刷所述一个或多个基板或所述一个或多个校准板,

其中所述光刻系统被配置为:

进入稳定期;

在所述稳定期间印刷一个或多个第一基板;和

使用在一个或多个先前的稳定期间产生的模型在所述稳定期间动态地校正估计的误差,同时印刷所述一个或多个第一基板。

2. 如权利要求1所述的光刻系统,其中在所述一个或多个先前的稳定期间,所述光刻系统进一步被配置为:在所述投影设备印刷一个或多个第二基板或一个或多个校准板时收集数据和位置读数,以基于所述数据和所述位置读数产生所述模型。

3. 如权利要求2所述的光刻系统,其中所述模型使用选自以下组的一个或多个参数来形成:在所述一个或多个先前的稳定期间在没有热效应的情况下所述位置读数应当所处的位置、所述位置读数因热效应而实际上所在的位置、所述位置读数的干扰的近似值、所述光刻系统的初始温度、以及于预定时间之后相对于所述初始温度的测量温度变化。

4. 如权利要求2所述的光刻系统,其中所收集的数据包括使用所述多个温度传感器收集的所述温度数据,并且其中所述温度数据是在所述一个或多个先前的稳定期的加热期和冷却期期间收集的。

5. 如权利要求2所述的光刻系统,进一步包括:

多个压力传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个压力传感器被配置为收集压力数据,其中所收集的数据包括所述压力数据;和

多个湿度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个湿度传感器被配置为收集湿度数据,其中所收集的数据包括所述湿度数据。

6. 如权利要求1所述的光刻系统,其中所述模型为一组级联瞬态模型。

7. 如权利要求1所述的光刻系统,其中所述动态地校正是在所述稳定期间印刷所述一个或多个第一基板时增强精确度和准确度中的至少一个。

8. 一种光刻系统,包括:

一个或多个平台,被配置为支撑一个或多个基板或一个或多个校准板;

多个温度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个温度传感器被配置为收集温度数据;和

投影设备,设置在所述一个或多个平台之上,所述投影设备被配置为印刷所述一个或多个基板或所述一个或多个校准板,

其中所述光刻系统被配置为:

进入稳定期;

使用在一个或多个先前的稳定期间产生的校准模型来估计在所述稳定期间中的误差;

在所述稳定期间印刷一个或多个第一基板;和

在所述稳定期间使用所述校准模型动态地校正估计的误差,同时印刷所述一个或多个第一基板。

9. 如权利要求8所述的光刻系统,其中在所述一个或多个先前的稳定期间,所述光刻系统进一步被配置为:

在所述一个或多个先前的稳定期间,当所述投影设备印刷一个或多个第二基板或一个或多个校准板时收集数据和位置读数;

基于所述数据和所述位置读数产生模型;和
校准所述模型。

10. 如权利要求9所述的光刻系统,其中所述模型使用选自以下组的一个或多个参数来形成:在所述一个或多个先前的稳定期间在没有热效应的情况下所述位置读数应当所处的位置、所述位置读数因热效应而实际上所在的位置、所述位置读数的干扰的近似值、所述光刻系统的初始温度、以及于预定时间之后相对于所述初始温度的测量温度变化。

11. 如权利要求9所述的光刻系统,进一步包括:

多个压力传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个压力传感器被配置为收集压力数据,其中所收集的数据包括所述压力数据;和

多个湿度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个湿度传感器被配置为收集湿度数据,其中所收集的数据包括所述湿度数据。

12. 如权利要求9所述的光刻系统,其中所收集的数据包括使用所述多个温度传感器收集的所述温度数据,并且其中所述温度数据是在所述一个或多个先前的稳定期的加热期和冷却期期间收集的。

13. 如权利要求8所述的光刻系统,其中所述动态地校正是在所述稳定期间印刷所述一个或多个第一基板时增强精确度和准确度中的至少一个。

14. 如权利要求8所述的光刻系统,其中所述模型为一组级联瞬态模型。

15. 一种光刻系统,包括:

一个或多个平台,被配置为支撑一个或多个基板或一个或多个校准板;

多个温度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个温度传感器被配置为收集温度数据;和

投影设备,设置在所述一个或多个平台之上,所述投影设备被配置为印刷所述一个或多个基板或所述一个或多个校准板,

其中所述光刻系统被配置为:

进入稳定期;

使用模型和优化问题来估计所述稳定期间的误差,所述模型和所述优化问题是在一个或多个先前的稳定期间产生的,其中所述优化问题确定所述光刻系统的热电容和传递系数;

在所述稳定期间印刷一个或多个第一基板;和

在所述稳定期间使用所述模型和所述优化问题动态地校正估计的误差,同时印刷所述一个或多个第一基板。

16. 如权利要求15所述的光刻系统,其中在所述一个或多个先前的稳定期间,所述光刻系统进一步被配置为:

在所述一个或多个先前的稳定期间,当所述投影设备印刷一个或多个第二基板或一个或多个校准板时收集数据和位置读数;

形成所述优化问题以确定所述光刻系统的所述热电容和所述传递系数;和
基于所述数据和所述位置读数产生所述模型。

17. 如权利要求16所述的光刻系统,其中所述模型使用选自以下组的一个或多个参数来形成:在所述一个或多个先前的稳定期间在没有热效应的情况下所述位置读数应当所处的位置、所述位置读数因热效应而实际上所在的位置、所述位置读数的干扰的近似值、所述光刻系统的初始温度、以及于预定时间之后相对于所述初始温度的测量温度变化。

18. 如权利要求16所述的光刻系统,进一步包括:

多个压力传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个压力传感器被配置为收集压力数据,其中所收集的数据包括所述压力数据;和

多个湿度传感器,设置在邻近于所述一个或多个平台,所述多个湿度传感器被配置为收集湿度数据,其中所收集的数据包括所述湿度数据。

19. 如权利要求16所述的光刻系统,其中所收集的数据包括使用所述多个温度传感器收集的所述温度数据,并且其中所述温度数据是在所述稳定期的加热期和冷却期期间收集的。

20. 如权利要求15所述的光刻系统,其中所述动态地校正是在所述稳定期间印刷所述一个或多个第一基板时增强精确度和准确度中的至少一个。

用于数字光刻工具的基于模型的动态位置校正

[0001] 本申请是申请日为2020年1月16日、申请号为202080019314.X、名称为“用于数字光刻工具的基于模型的动态位置校正”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本公开内容的实施例一般涉及光刻系统 (photolithography systems), 且涉及用于校正光刻系统中的位置误差 (positional errors) 的方法。

背景技术

[0003] 光刻技术 (Photolithography) 广泛用于制造半导体装置和显示设备, 例如液晶显示器 (LCD)。大面积基板通常用于制造LCD。LCD或平板通常用于有源矩阵显示器 (active matrix displays), 例如计算机、触摸面板装置、个人数字助理 (PDA)、手机, 电视监视器等。一般而言, 平板可包括形成夹在两个板之间的像素的液晶材料层。当将来自电源的电力施加至液晶材料上时, 可在像素位置处控制通过液晶材料的光的量, 以使得能够生成图像。

[0004] 微光刻技术 (Microlithography techniques) 一般用以产生电学特征, 其中此电学特征被并入作为形成像素的液晶材料层的一部分。根据此技术, 光敏光刻胶 (light-sensitive photoresist) 典型地被施加至基板的至少一个表面上。然后, 图案产生器使用光以曝光作为图案的一部分的光敏光刻胶的选定区域 (selected areas), 以导致选择性区域 (selective areas) 中的光刻胶 (photoresist) 的化学变化, 以制备用于后续材料去除和/或材料添加工艺的这些选择性区域, 以产生电气功能。

[0005] 然而, 用于这种微光刻技术的工具可能需要8个小时或更长时间才能完全地稳定印刷和图案化行为 (printing and patterning behavior), 在此期间, 光刻胶的图案可能因为各种影响 (例如热变化) 而变得不均匀。此工具包括具有不同传导系数和热电容的许多热源和部件, 每一者都可能导致变化而产生不均匀的图案化, 从而对总间距和叠加校正重复性 (total pitch and overlay correction repeatability) 有负面影响。

[0006] 为了继续以消费者所要求的价格向消费者提供显示设备和其他装置, 需要新的设备、方法及系统, 以在基板 (例如大面积基板) 上精确地 (precisely) 且经济地 (cost-effectively) 产生图案。

发明内容

[0007] 本公开内容一般涉及光刻系统以及用于校正光刻系统中的位置误差的方法。首次启动光刻系统时, 系统进入稳定期。在稳定期期间系统印刷或曝光基板时, 收集位置读数和数据, 例如温度、压力和湿度数据。基于所收集的数据和位置读数来产生模型。在后续稳定期中此模型则用以估计误差, 并在后续稳定期中估计的误差被动态校正。

[0008] 在一个实施例中, 一种方法包括: 启动光刻系统并进入稳定期; 在稳定期期间光刻系统印刷时收集数据和位置读数; 基于数据和位置读数产生模型; 以及在后续稳定期使用此模型动态地校正估计的误差。

[0009] 在另一实施例中,一种方法包括:启动光刻系统并进入稳定期,并在稳定期间光刻系统印刷时收集温度数据和位置读数。在加热期和冷却期期间收集温度数据。此模型还包括基于温度数据和位置读数来产生模型;校准模型;在后续稳定期使用经校准的模型来估计误差;以及在后续稳定期中动态地校正估计的误差。

[0010] 在又一实施例中,一种方法包括:启动光刻系统并进入稳定期;在稳定期间光刻系统印刷时收集温度数据和位置读数;基于温度数据和位置读数产生模型;形成用于确定光刻系统的热电容和传递系数的优化问题;在后续稳定期使用此模型和此优化问题来估计误差;以及在后续稳定期间动态地校正估计的误差。

附图说明

[0011] 为了可详细地理解本公开内容的上述特征,可通过其中的一些绘示于附图中的参考实施例,本公开内容的一些特定描述提出以简短总结上文。然而,应注意的是,附图仅示出示例性实施例,因此不应被认为是对其保护范围的限制,并可允许其他等效实施例。

[0012] 图1A为根据一个实施例的光刻系统的透视图。

[0013] 图1B为根据另一实施例的光刻系统的透视图。

[0014] 图2为根据本文公开的实施例的图像投影设备的透视示意图。

[0015] 图3示出根据本文公开的实施例的建模和校准系统行为以估计在稳定期间所发生的位置干扰的方法。

[0016] 图4A至图4F示出根据本文公开的实施例的数据测量的示例图。

[0017] 图5示出根据本文光刻的实施例的第一桥接件部件(first bridge component)和第二桥接件部件(second bridge component)的对准配置,其中第一桥接件部件和第二桥接件部件各自具有设置在其上的多个眼。

[0018] 图6A至图6C示出根据本文公开的实施例的在200mm/s平台速度(stage speed)下的数据测量和位置读数的示例图。

[0019] 图7A至图7C示出根据本文揭露的实施例的在100mm/s平台速度下的数据测量和位置读数的示例图。

[0020] 为了便于理解,在可能的情况下,使用相同的附图标记来表示附图中相同的元件。可以预期的是,一个实施例的元件和特征,可以不需要进一步引述而被有益地并入其他的实施例之中。

具体实施例

[0021] 本公开内容一般涉及一种光刻系统以及一种用于校正光刻系统中的位置误差的方法。首次启动光刻系统时,系统进入稳定期。在此稳定期间,在系统印刷或曝光基板时收集位置读数和数据(例如温度、压力和湿度数据)。基于所收集的数据和位置读数来产生模型。然后,使用此模型来估计后续稳定期中的误差,并在后续稳定期间动态地校正估计的误差(estimated errors)。

[0022] 图1A为根据本文公开的实施例的光刻系统100的透视图。光刻系统100包括底框110、板120、平台130和处理设备160。底框110可置于制造设施的地板上并支撑板120。被动空气隔离器112位于底框110和板120之间。在一个实施例中,板120为整块的花岗岩,且平台

130设置在板120上。基板140由平台130所支撑。多个孔(未绘示)形成于平台130中,用以让多个升降杆(未绘示)于其延伸穿过。在一些实施例中,升降杆可例如从一个或多个传送机器人(未绘示)升起至延伸位置,以接收基板140。此一个或多个传送机械机器人用以从平台130装载和卸除基板140。

[0023] 基板140包括任何合适的材料(例如碱土金属硼铝硅酸盐(Alkaline Earth Borosilicate)),使用来作为平板面板显示器的一部分。在其他实施例中,基板140由其他材料制成。在一些实施例中,基板140具有形成在其上的光刻胶。光刻胶对光照射敏感(sensitive to radiation)。正光刻胶(positive photoresist)包括暴露于光照射的光刻胶的部分在图案写入光刻胶中之后,将对提供至光刻胶的光刻胶显影剂分别为可溶解地。负光刻胶(negative photoresist)包括暴露于光照射的光刻胶的部分在图案写入光刻胶中之后,将对提供至光刻胶的光刻胶显影剂分别为不溶解的。光刻胶的化学成份决定光刻胶将为正光刻胶或负光刻胶。光刻胶的实例包括但不限于重氮萘醌(diazonaphthoquinone)、酚醛树脂(phenol formaldehyde resin)、聚(甲基丙烯酸甲酯)(poly(methyl methacrylate))、聚(甲基戊二酰亚胺)(poly(methyl glutarimide))和SU-8的至少一者。于此方式中,图案可产生于基板140的表面上,以形成电子电路。

[0024] 系统100包括一对支撑件122和一对轨道124。此对支撑件122设置于板120上,并于一个实施例中,板120和此对支撑件122为一件式材料。此对轨道124由此对支撑件122所支撑,以及平台130在x方向中沿着轨道124移动。在一个实施例中,此对轨道124为一对平行磁性通道。如图所示,此对轨道124的各轨道124为线性的。在另一实施例中,空气轴承用于高精度的非接触式运动,以及线性电动机配置成在x方向和y方向上提供力以来回移动平台130。在其他实施例中,一个或多个轨道124为非线性的。编码器126耦接于平台130,以提供位置信息至控制器(未绘示)。

[0025] 处理设备160包括支撑件162和处理单元164。支撑件162设置于板120上,及包括开口166。开口166用以让平台130在处理单元164的下方通过。处理单元164由支撑件162所支撑。在一个实施例中,处理单元164为图案产生器,配置以在光刻工艺(photolithography process)中曝光光刻胶。在一些实施例中,图案产生器配置以执行无掩模光刻工艺(maskless lithography process)。处理单元164包括多个图像投影设备(如图2所示)。在一个实施例中,处理单元164包含多达84个图像投影设备。各图像投影设备设置于盒165中。对于执行无掩模直接图案化(maskless direct patterning),处理设备160为有用的。

[0026] 在操作期间,此平台130在X方向中从如图1A所示的装载位置移动至处理位置。当平台130在处理单元164的下方通过时,处理位置意指平台130的一个或多个位置。在操作期间,平台130由多个空气轴承(未绘示)升举,及从装载位置沿着一对轨道124移动至处理位置。多个垂直引导空气轴承(未绘示)耦接于平台130及位于相邻各支撑件122的内壁128的位置,以稳定平台130的移动(movement)。通过沿着轨道150移动来处理和/或索引(indexing)基板140,此平台130也在Y方向中移动。平台130能够独立操作,并且可于一方向中扫描基板140及于另一方向中步进(step)。

[0027] 计量系统实时测量各平台130的X和Y横向位置坐标,使得所述多个图像投影设备的各者可准确地定位图案,图案被写入覆盖基板的光刻胶。计量系统还实时测量各平台130绕着垂直或z轴的角位置。角位置测量可在由伺服机构扫描期间使用以保持角位置不变,或

角位置测量可使用以对由图像投影设备270写入基板140上的图案的位置进行校正,如图2所示。这些技术也可结合使用。

[0028] 图1B为根据本文公开的实施例的光刻系统190的透视图。系统190类似于系统100;然而,系统190包括两个平台130。两个平台130中的各者能够独立操作,并且可于一方向上扫描基板140及于另一方向上步进(step)。在一些实施例中,当两个平台130中的一者扫描基板140时,两个平台130中的另一者则卸除经曝光的基板并装载待曝光的下一个基板。

[0029] 尽管图1A至图1B绘示了光刻系统的两个实施例,但是本文中还可预期其他系统和配置。举例而言,还预期了包括任何合适数量级的平台的光刻系统。

[0030] 图2为根据一个实施例的图像投影设备270的透视示意图,其中对于例如系统100或系统190的光刻系统,此图像投影设备270为有用的。图像投影设备270包括一个或多个空间光调制器(spatial light modulators)280、具有焦点传感器283和照相机285的对准和检查系统(alignment and inspection system)284、以及投影光学部件(projection optics)286。图像投影设备的部件取决于所使用的空间光调制器而变化。空间光调制器包括但不限于microLED、数字微镜装置(digital micromirror devices,DMD)、液晶显示器(LCD)、以及垂直腔表面发射激光器(vertical-cavity surface-emitting lasers,VCSEL)。

[0031] 在操作中,空间光调制器280用以调制通过图像投影设备270投影至基板(例如基板140)的光的一种或多种特性(例如振幅、相位或偏振)。对准和检查系统284用以对准和检查图像投影设备270的部件。在一个实施例中,焦点传感器283包括多个激光,这些激光被引导穿过照相机285的镜头及穿过照相机285的后侧并成像于传感器上,以检测图像投影设备270是否聚焦。照相机285用以对基板(例如基板140)成像,以确保图像投影设备270和光刻系统100或190的对准为正确的或为预定公差内。投影光学部件286(例如一个或多个透镜)用以使光投影至基板(例如基板140)上。

[0032] 当光刻系统100、190首先启动时,系统100、190进入稳定期。稳定期指稳定系统的印刷和图案化行为所需的时间(即,系统完全预热所需的时间)。在光刻系统100、190的稳定期间,发生各种影响和变化(例如热变化),这可能对总间距和叠加校正重复性(total pitch and overlay correction repeatability)有负面影响。在一些情况下,由于各种影响和变化,光刻系统100、190可能需要八小时或更长时间来稳定印刷和图案化行为。此外,光刻系统100、190的各者包括具有不同传导率系数和热电容的许多热源和部件,每一者都可能潜在地导致变化,从而难以严格地监视系统100、190。

[0033] 为了在稳定期间使用系统100、190以精确地且准确地曝光基板,基于模型的软件校正可用以校正在稳定期间所出现的任何误差。可建模和校准系统100、190的行为,以估计在稳定期间所发生的潜在变化,如图3所示如下,以增强总间距和叠加校正重复性(total pitch and overlay correction repeatability)。然后,可在系统100、190的后续稳定期间使用此模型来校正叠加和总间距误差。利用此模型进行动态位置校正,可消除或减少昂贵的硬件解决方案。此外,由于位置校正可应用于数字掩模(digital masks),故此模型可用于动态位置校正。

[0034] 图3示出根据本文公开的实施例的建模和校准系统行为以估计在稳定期间所发生的位置干扰的方法300。方法300可分别与图1A和图1B的光刻系统100、190一起使用。

[0035] 方法300具有操作302,其中光刻系统启动并进入稳定期。在稳定期之中,由于各种影响和变化(例如热、压力和/或湿度变化),系统的印刷和图案化行为可能不稳定。稳定期意指系统的印刷和图案化行为稳定所需的时间(即,系统完全预热所需的时间)。

[0036] 在操作304中,光刻系统在稳定期期间印刷或曝光基板时收集数据和位置读数。当系统对准并曝光基板以模仿生产线时,连续地收集数据。在一个实施例中,所收集的数据为温度数据。可使用一个或多个温度传感器来收集温度数据,其中此一个或多个温度传感器设置邻近于加热期和冷却期的温度波动的已知工具的部件,例如编码器。举例而言,大约20个温度传感器可设置在光刻工具上,以收集和监视吸盘(chuck)、编码器(encoder)和桥接件(bridge)/提升管(riser)等的温度。

[0037] 为了收集位置读数,可在整个稳定期期间周期性地捕获校准板或基板上的对准标记(如图5所示)。校准板可于稳定期期间用作参考。此外或可选地,可进一步周期性地记录相对于干涉仪读数的编码器计数变化,其中干涉仪用作参考。然后记录相对于所使用的参考的相对位置变化。

[0038] 由于热效应和于稳定期期间所发生的波动,可能会无意地干扰基板或校准板上的图案印刷位置。因此,基板或校准板上的位置读数的干扰,可能直接相关于温度的波动。其他影响也可能导致位置读数的干扰,例如压力、湿度等。在这种情况下,可使用配置成收集压力数据、湿度数据等的传感器来代替温度传感器,或与温度传感器一起使用。然而,全文将以热效应作为示例。

[0039] 图4A至图4F示出数据测量和位置读数的示例图。图4A至图4F仅为数据测量的示例,而无意于进行作为限制。图4A示出系统中桥接件部件(bridge component)和提升管部件(riser component)在200mm/s的平台速度下的一段时间内的摄氏温度变化。图4B示出对于在200mm/s的平台速度下的桥接件部件和提升管部件于加热期期间沿着y轴所发现的对应位置标记(以微米为单位),此示出由热效应所导致的位置干扰。图4C示出系统中第一桥接件部件、第二桥接件部件和提升管部件在100mm/s的平台速度下的一段时间内的摄氏温度变化。图4D示出对于在100mm/s的平台速度下的桥接件部件和提升管部件于加热期期间沿着y轴所发现的对应位置标记(以微米为单位),此进一步示出由热效应所导致的y轴位置干扰。图4E示出在光刻系统中移动平台的主电机和从电机于一段时间内的摄氏温度读数。图4F示出在冷却期期间沿着x轴和y轴于一段时间内所发现的位置标记。图4A至图4F示出稳定期期间的系统行为可用数学表示。

[0040] 图5示出根据一个实施例的第一桥接件部件504和第二桥接件部件506的对准配置500,其中第一桥接件部件504和第二桥接件部件506的各者具有设置在其上的多个眼508。对准配置500可用于收集如上图4A至图4F所示的曲线图的数据,以及用于收集如下图6A至图6C和图7A至图7C所示的曲线图的数据。第一桥接件部件504和第二桥接件部件506设置于基板或板502上方。板502包括多个对准标记510。虽然示出了32个对准标记510,然而可使用任何数量的对准标记。此外,虽然示出了两个桥接件部件504、506,然而在光刻系统中可利用附加的桥接件部件,以及桥接件部件504、506的各者可具有超过四个眼设置于其上。对准配置500可包括具有用于收集位置读数的照相机(未绘示)的曝光单元。

[0041] 图6A至图6C示出在200mm/s的平台速度下的数据测量和位置读数的示例图。图7A至图7C示出在100mm/s的平台速度下的数据测量和位置读数的示例图。图6A至图6C和图7A

至图7C仅为数据测量的示例,而无意于作为限制。可使用任何数量的温度传感器和任何数量的放置于板上的位置标记,以收集或测量在图6A至图6C和图7A至图7C的曲线图中所显示的温度和位置数据。

[0042] 图6A和图7A示出于稳定期期间的一段时间(以小时为单位)内沿着x轴(以微米为单位)发现的位置标记,此示出由热效应所导致的x轴位置干扰。图6B和图7B示出于稳定期期间的一段时间(以小时为单位)内在系统的吸盘上两个不同位置测得的温度。图6C和图7C示出于稳定期期间的一段时间(以小时为单位)内的系统的第一编码器、第二编码器和第三编码器的摄氏温度。

[0043] 在操作306中,基于所收集的数据和位置读数来产生模型。此模型可包括一个以上的数据子集,例如具有考虑温度影响、压力影响和/或湿度影响等所产生的模型。在产生此模型时,假设系统为线性的或弱非线性的。此模型可使用有效的热电容和传递,以作为模型参数。此模型可进一步考虑以重复的方式操作系统。可单独使用或组合使用于图4A至图4F、图6A至图6C和图7A至图7C中的一个或多个中绘示的数据,以帮助产生此模型。

[0044] 此外,动态的眼对眼(eye-to-eye)和/或桥接件对桥接件(bridge-to-bridge)模型可并入于所产生的模型中。此模型可捕捉眼中心相对于另一者的变化,或捕捉桥接件之间的间隔漂移(the drift of the separation),例如图5的第一桥接件部件504、第二桥接件部件506和眼508。动态的眼对眼(eye-to-eye)和/或桥接件对桥接件(bridge-to-bridge)模型可为经验模型,并且可基于实验结果来校准模型参数。

[0045] 可将操作302和操作304可重复一次或多次以收集更大量的数据,以用于产生此模型。此模型可为级联瞬态模型(cascaded transient model),其中级联瞬态模型将位置误差与多个传感器读数关联起来。各部件的瞬态响应取决于部件的热电容或质量以及热传递特性(thermal transmission properties)。然后,可使用级联的经验模型来表示系统中的热效应。

[0046] 模型可使用以下变量或参数来形成:在不具有热效应的稳定期期间位置读数应为(x,y)、位置读数实际上为(x',y')是由于热效应、位置读数干扰的近似值为($\Delta x, \Delta y$)(即,不具有热效应的位置读数与具有热效应的位置读数之间的差)、初始温度(T_0)、以及相对于初始温度读数(ΔT)的温度变化。在一个实施例中,至少必须知道初始温度(T_0)和相对于初始温度读数的温度变化(ΔT),以形成模型。为了近似其中位置读数实际上是由于热效应所导致的,可使用公式1-4。

$$[0047] \text{公式1: } x' = x + \Delta x(x, y, \bar{\Delta T}, \bar{T}_0)$$

$$[0048] \text{公式2: } y' = y + \Delta y(x, y, \bar{\Delta T}, \bar{T}_0)$$

$$[0049] \text{公式3: } \Delta x(x, y, \bar{\Delta T}, \bar{T}_0) \approx \sum_{i=1}^N \alpha_{xi} (\Delta T_i, T_{i0}) \emptyset_{xi}(x, y)$$

$$[0050] \text{公式4: } \Delta y(x, y, \bar{\Delta T}, \bar{T}_0) \approx \sum_{i=1}^N \alpha_{yi} (\Delta T_i, T_{i0}) \emptyset_{yi}(x, y)$$

[0051] 在公式3和公式4中,∅为空间模式,而α为温度和整体位置变化之间的模型转换。位置干扰($\Delta x, \Delta y$)制定为所有温度传感器读数的函数,包括先前的读数和当前的读数。

[0052] 在操作308中,模型被校准。校准此模型可包括连续地操作光刻系统以建模稳定期,以及在稳定期之后使光刻系统保持闲置(idle)以建模冷却期。通过形成优化问题来进

一步校准模型。形成优化问题,以获得模型参数,使总成本函数(C)最小化(在下面的公式7中示出)。成本定义为于代表过渡的多个位置(x,y)和多个温度条件下的测量值与模型预测值之差的总和。可形成优化问题,以最小化成本函数。

[0053] 形成优化问题,以确定系统在稳定期间的多个热电容和传递系数。优化器的输入为在多个位置所收集的温度读数和对应位置误差。优化器的输出为一组热电容和传递系数。优化器可最小化基板上的测量位置与模型估计位置之间的差异。可使用公式5至公式7校准模型。公式5和公式6用于模型预测误差,其中 x'_{meas} 和 y'_{meas} 由于热效应的测量位置变化。公式7为成本函数,其中K为收集的数据数量,L为校准参数的数量。

[0054] 公式5: $\epsilon_x(x,y) = x'_{\text{meas}} - x'$

[0055] 公式6: $\epsilon_y(x,y) = t'_{\text{meas}} - y'$

[0056] 公式7: $C = \sqrt{\frac{1}{LK} (\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \epsilon_x^{k,l})^2} + \sqrt{\frac{1}{LK} (\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \epsilon_y^{k,l})^2}$

[0057] 在操作310中,使用校准模型来估计后续稳定期中的误差,并且动态地校正后续稳定期中的估计误差。在对模型进行校准之后,可在后续稳定期期间使用此模型来校正由于热效应而导致的预测位置误差和干扰。如上所述,热效应仅为可考虑的一种类型的影响或变化,且不意指作为限制示例。可通过动态地调整实时(on-the-fly)光刻系统的数字掩模来校正稳定期期间的估计位置误差,而不是对物理光刻系统本身所进行的校正或改变。估计的位置误差的校正可系为各平板(plate)或各基板上于曝光于数字掩模期间所施加的动态数字校正。

[0058] 校准模型可进一步用于监视光刻系统的稳定性。建模数字掩模的对准的对准模型可基于校准模型来形成。然后于后续稳定期期间,对准模型可与数字掩模的对准进行比较。对准模型与后续稳定期期间的对准的比较可用于确定相似性度量。相似性度量可用以确定后续稳定期与用于产生模型的初始稳定期是否相同(即,后续稳定期是否经历与初始稳定期相同的位置干扰)。相似性度量可通过确定是否重复发生相同的位置干扰来确定系统的稳定性。如果系统稳定,则将更容易估算潜在位置误差,这是由于相同的误差将在稳定期间的同一时间点重复发生。

[0059] 在至少一个实施例中,模型可为机器学习模型或具有模型指导的问题,例如神经网络。举例而言,如果可获得大量数据,则光刻系统可使用多个传感器和大量数据来主动地校正位置干扰或误差,其中位置干扰或误差于后续稳定期期间于误差发生之前具有很高的发生频率。系统可使用数据、传感器和/或模型,以估计或确定具有高发生频率的误差,并在误差发生之前补偿潜在的误差。在补偿具有高发生频率的干扰或误差之后,系统可进一步将当前印刷位置与模型进行比较,以确定补偿是否实际上纠正了潜在的错误,并且可根据需要进行其他调整。因此,系统可使用机器学习算法在发生误差之前主动地补偿潜在的错误,而不是在发生错误时实时纠正错误。

[0060] 使用上述方法,可精确地建模和校准光刻系统行为,以估计在稳定期间所发生的位置干扰,此增强了总间距和叠加校正重复性。然后,在系统的后续稳定期期间,通过调整数字掩模,模型用以实时校正叠加和总间距误差。此外,如果系统可使用大量数据,则系统可使用具有模型指导的机器学习模型在出现误差之前主动地补偿潜在的位置干扰或误差。

[0061] 将模型用于动态位置校正可消除或减少昂贵的硬件解决方案。由于位置校正应用于数字掩模，因此可轻易地将模型用于动态位置校正。此外，由于模型为基于软件的解决方案，因此新的模型形式可开发以包括以前未包含或未涵盖的新影响，或包含最初不可获得的附加传感器。因此，可将光刻系统准确地用于平板或基板的稳定定期期间的曝光。

[0062] 虽然上文涉及本公开内容的实施例，但是在不脱离本公开内容的基本保护范围的情况下，可设计本公开内容的其他和进一步实施例，并且本公开内容的保护范围由随附的权利要求书所确定。

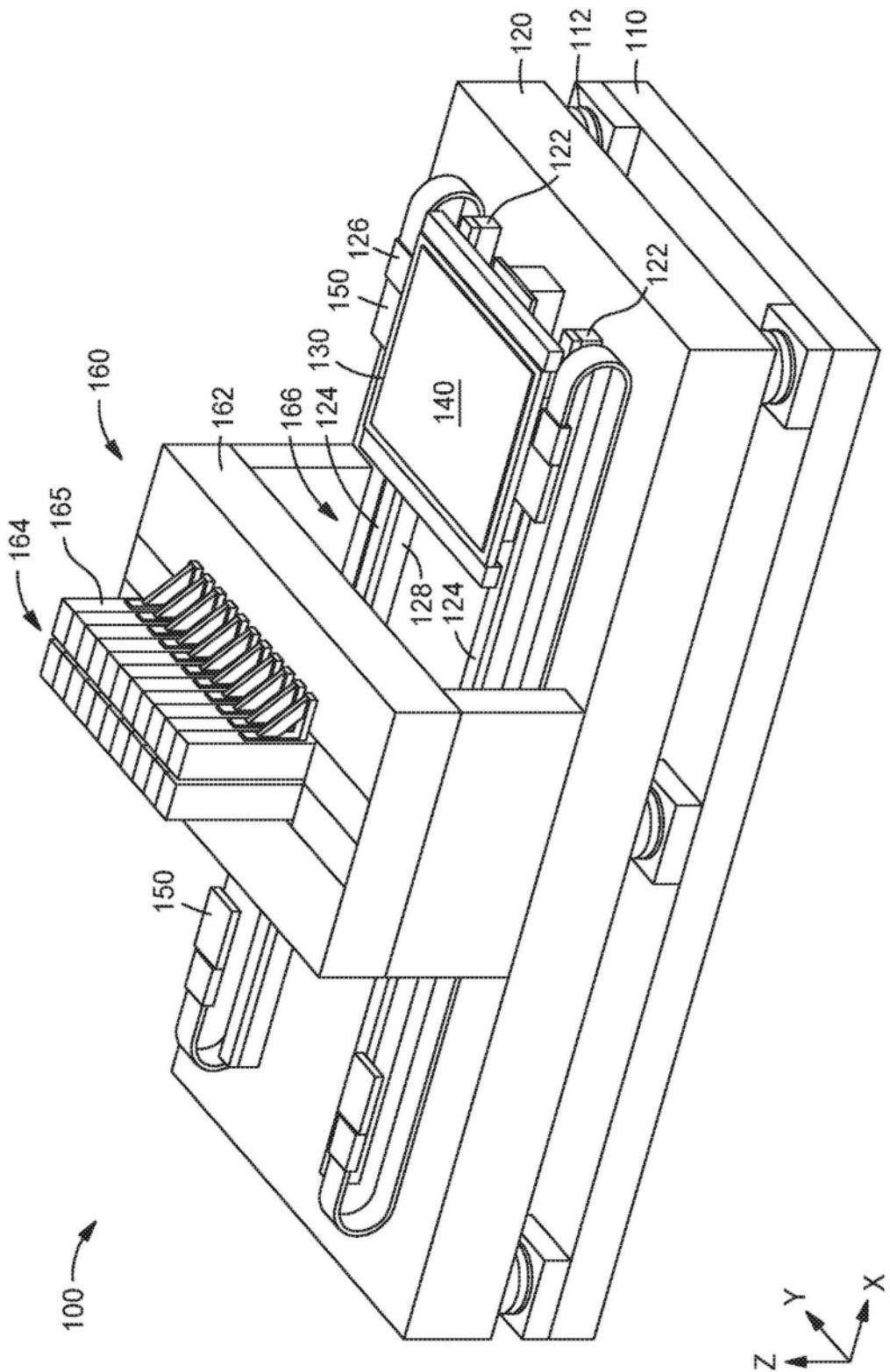


图1A

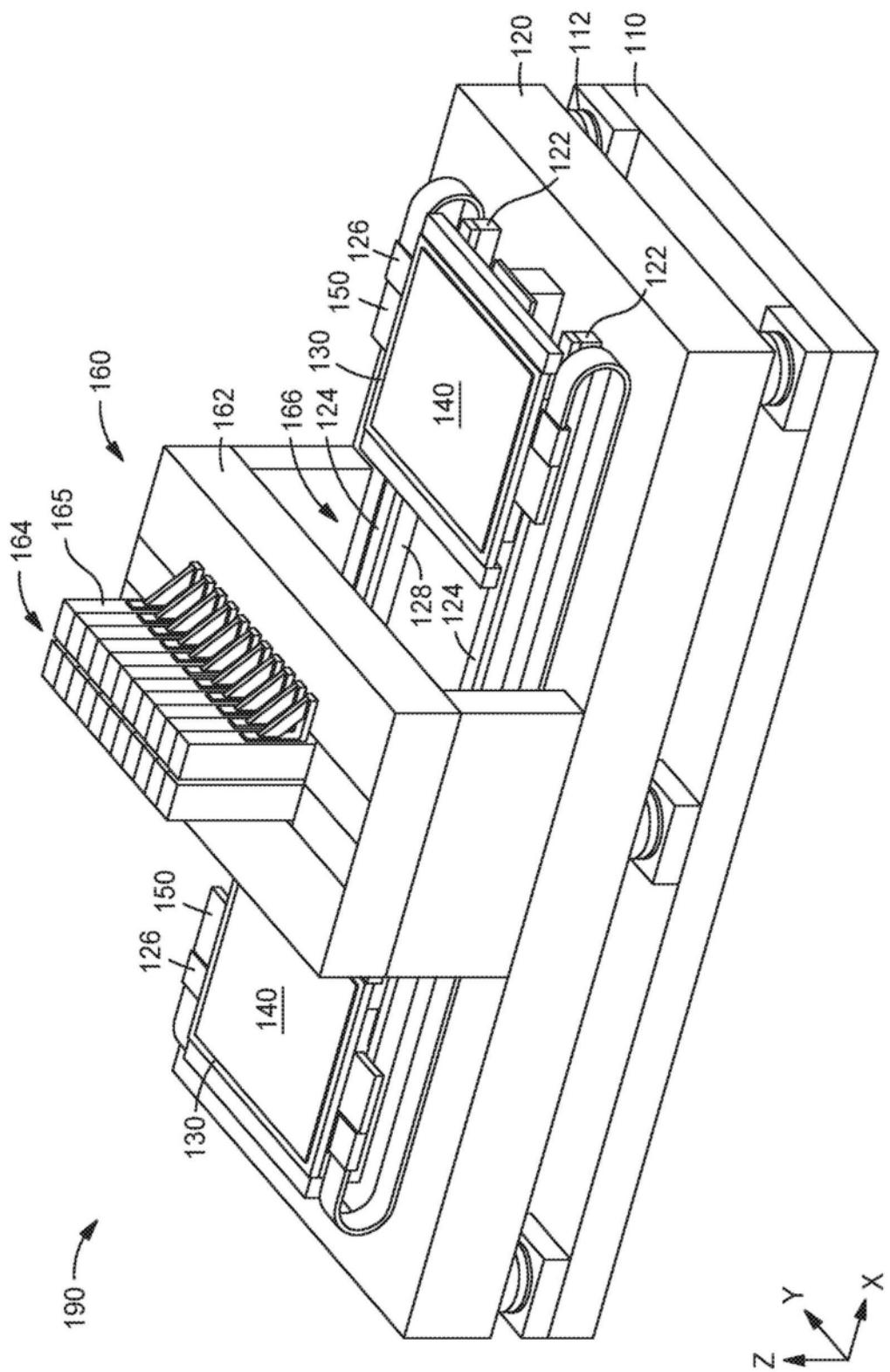


图1B

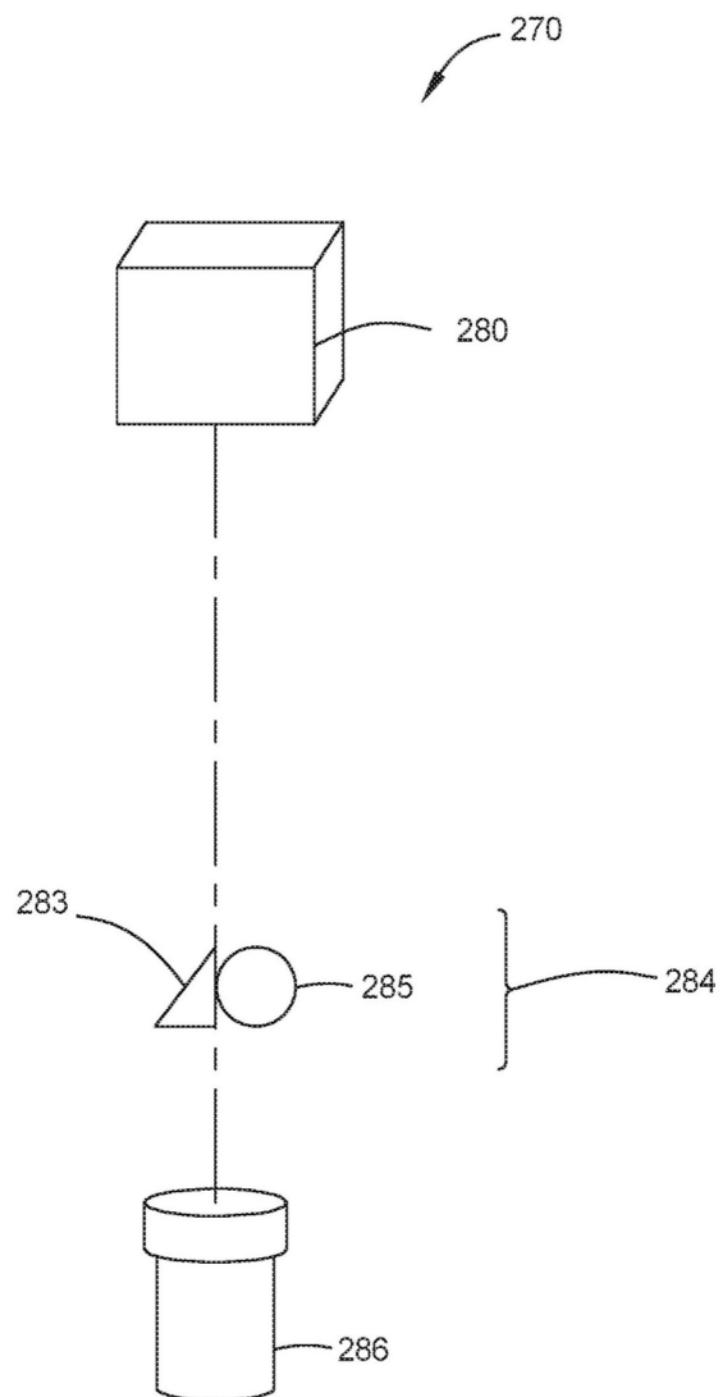


图2

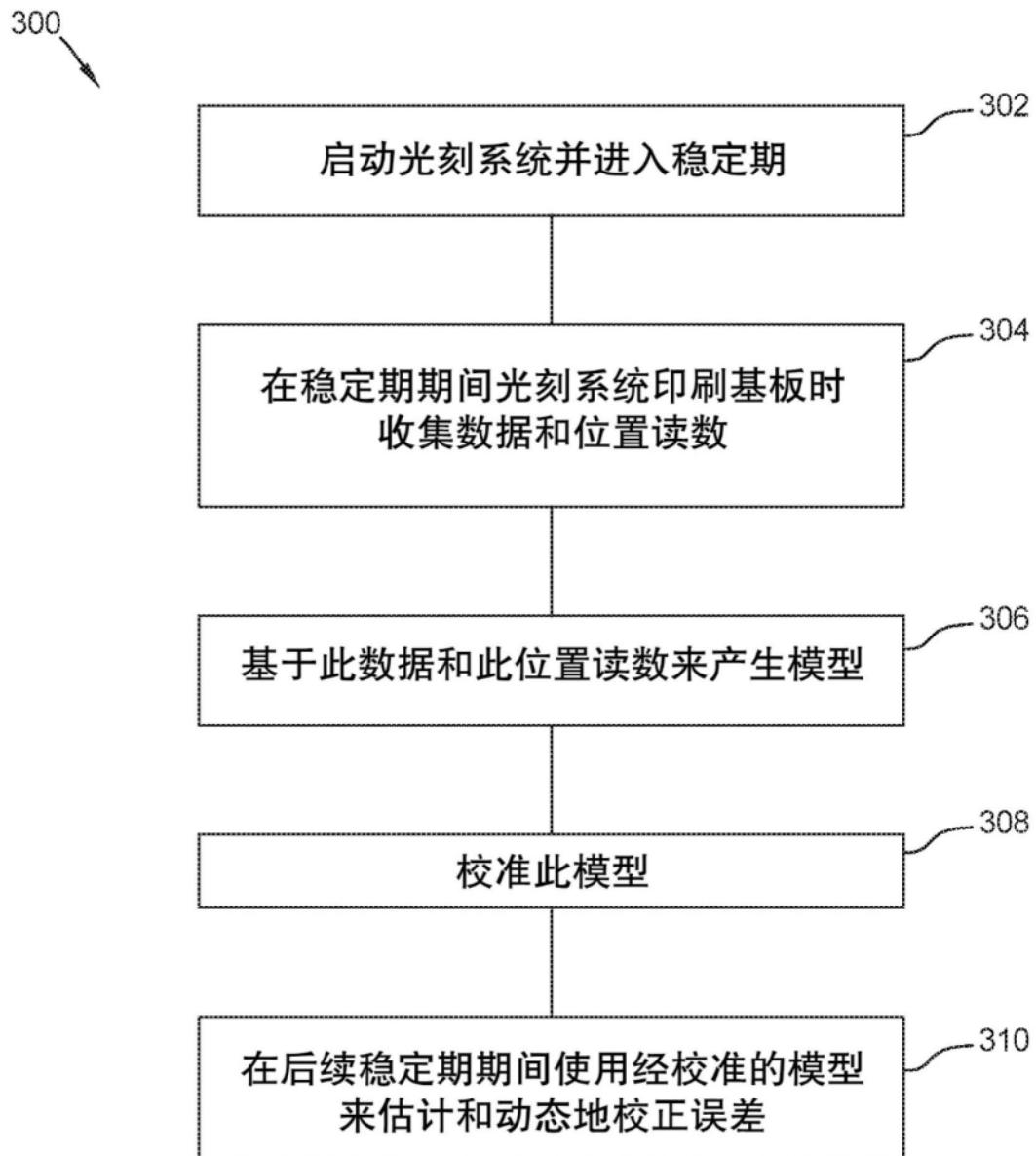


图3

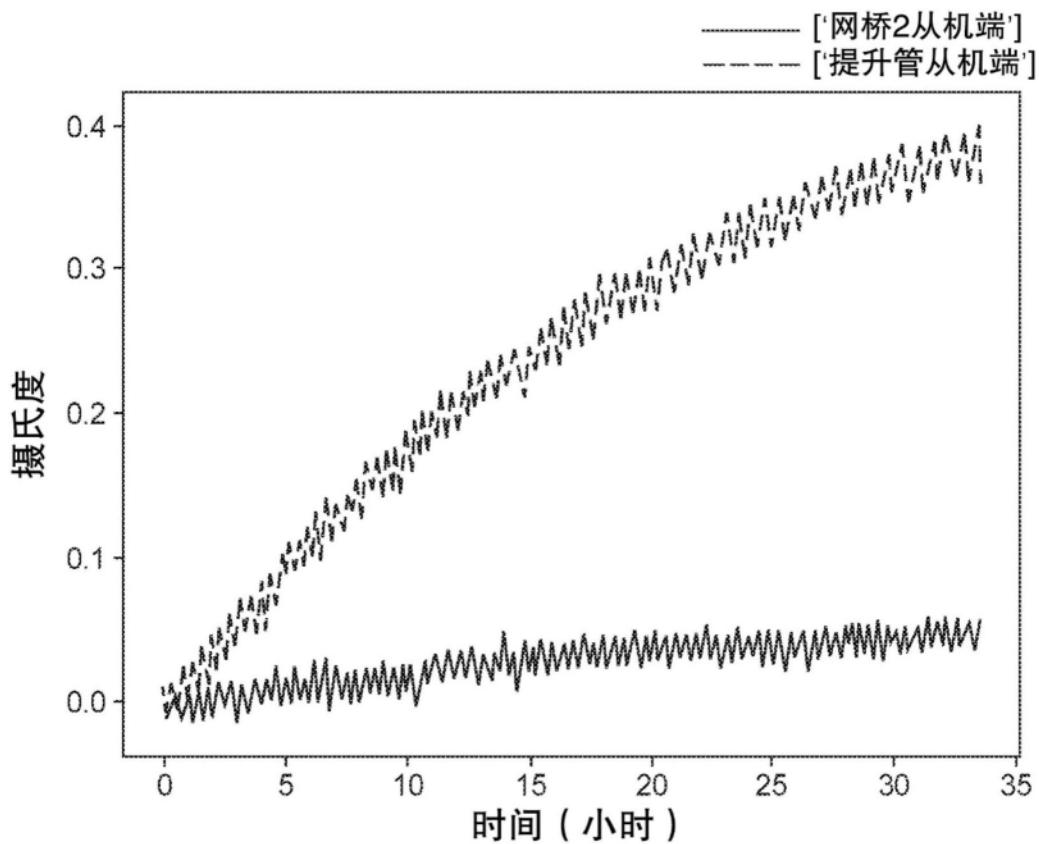


图4A

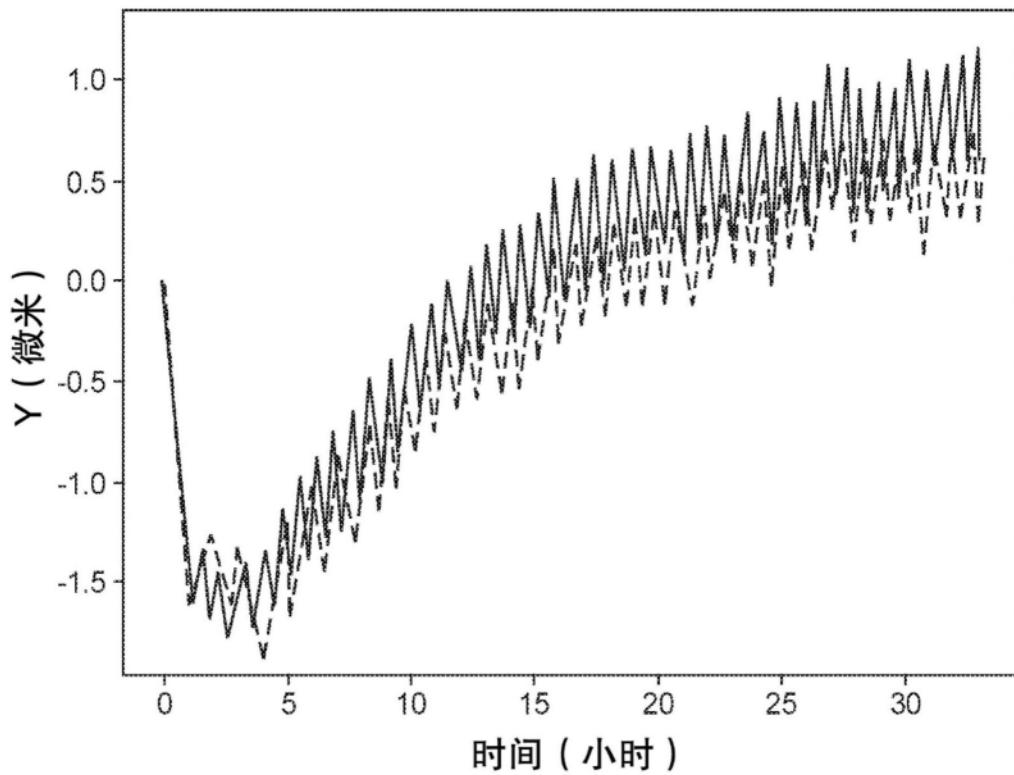


图4B

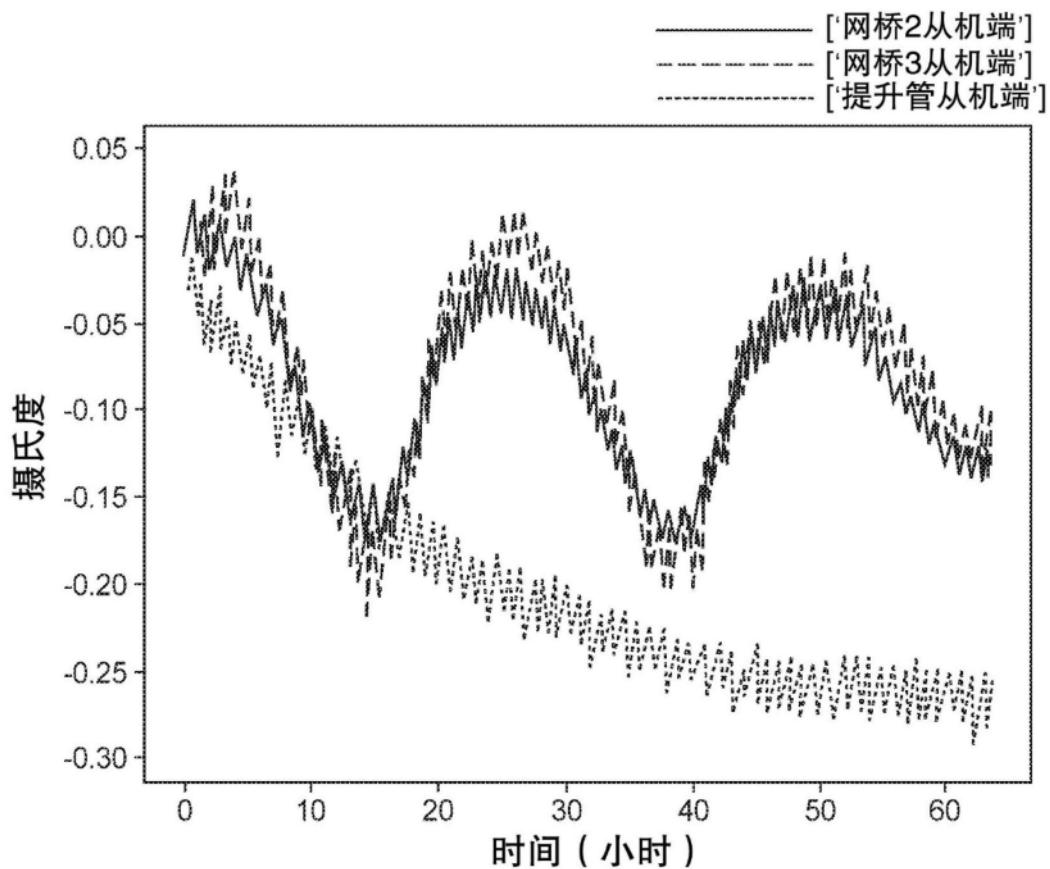


图4C

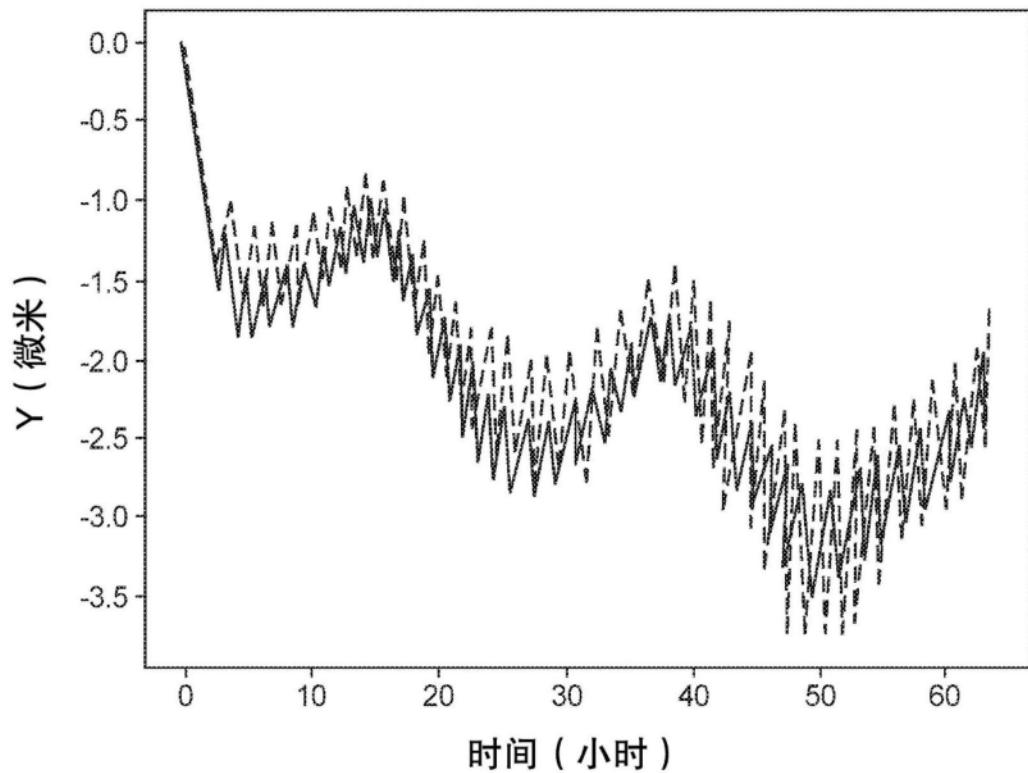


图4D

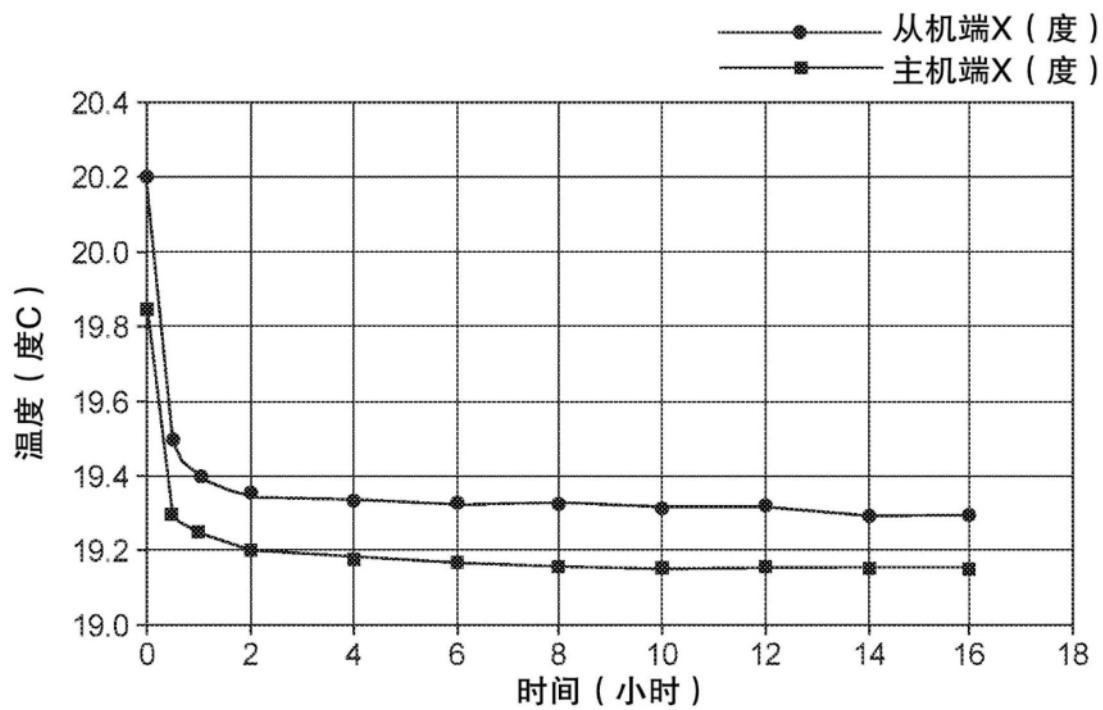


图4E

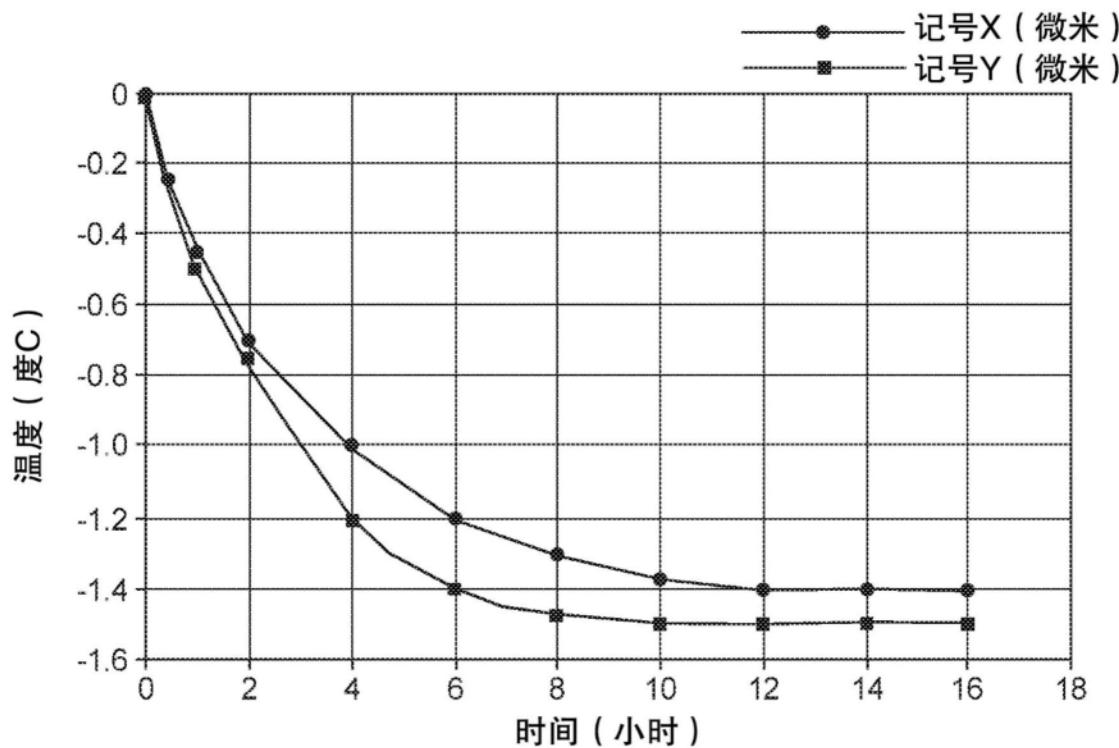


图4F

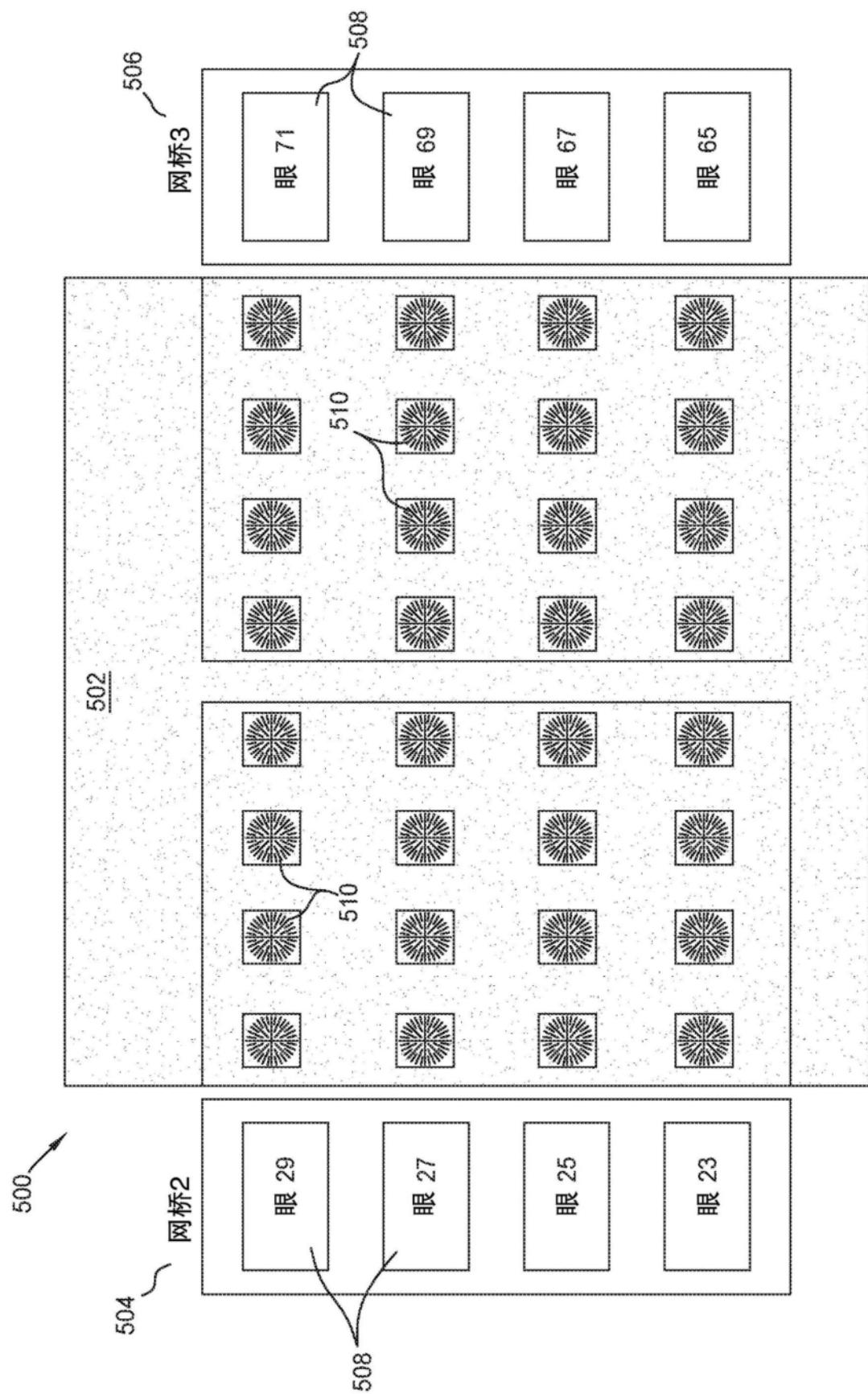


图5

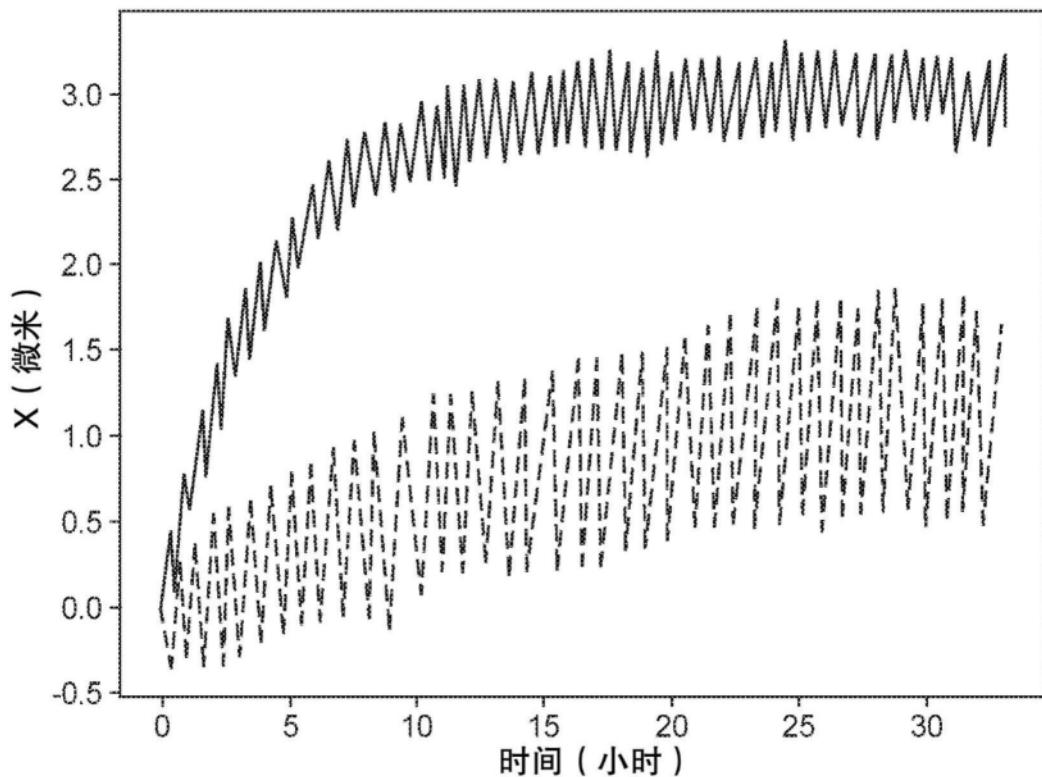


图6A

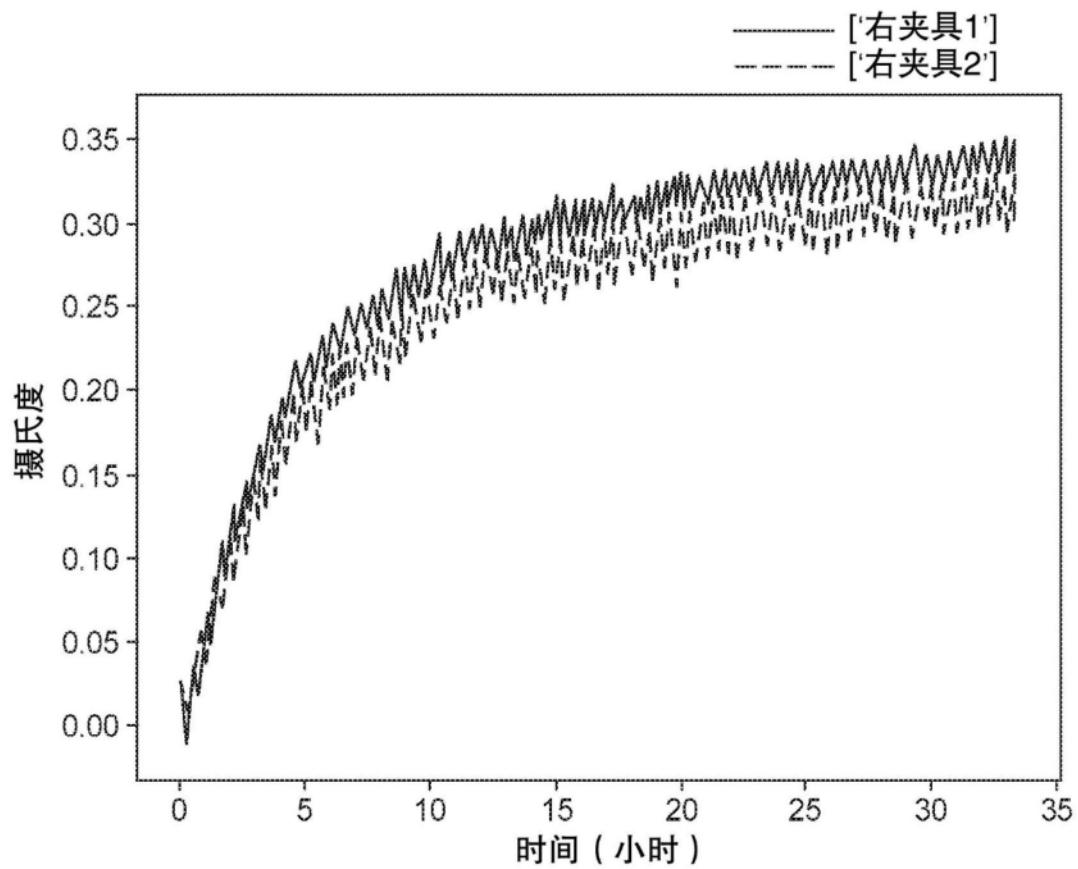


图6B

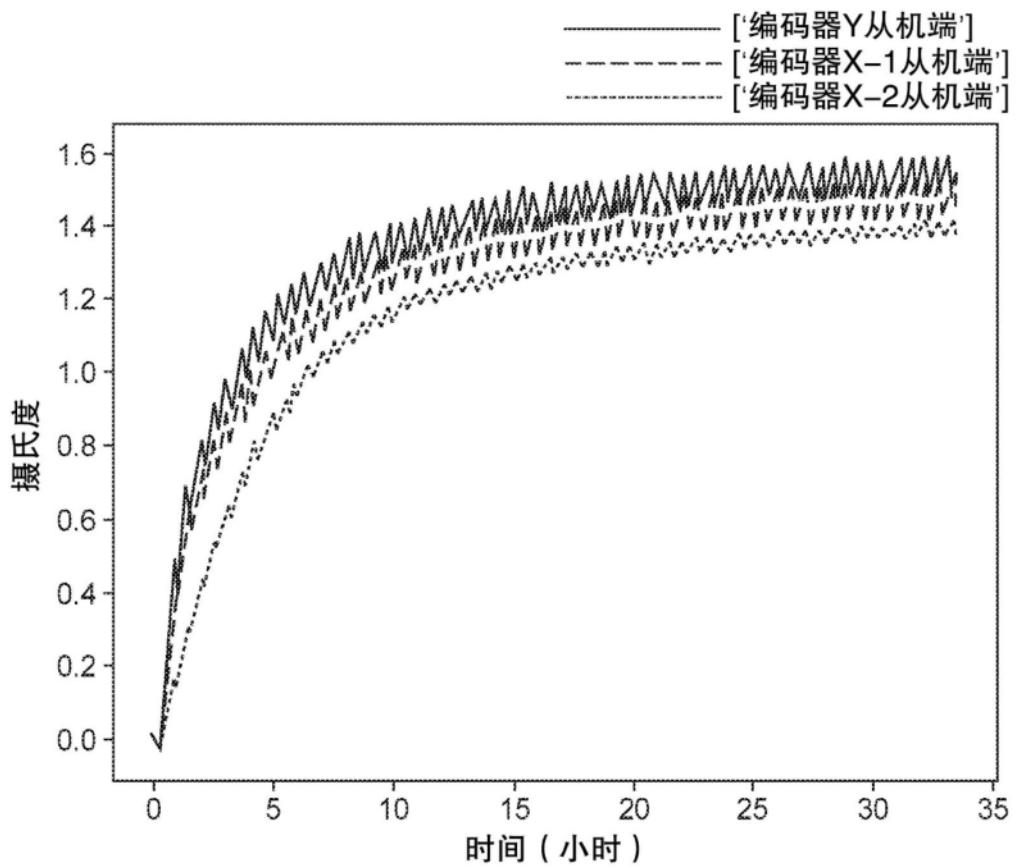


图6C

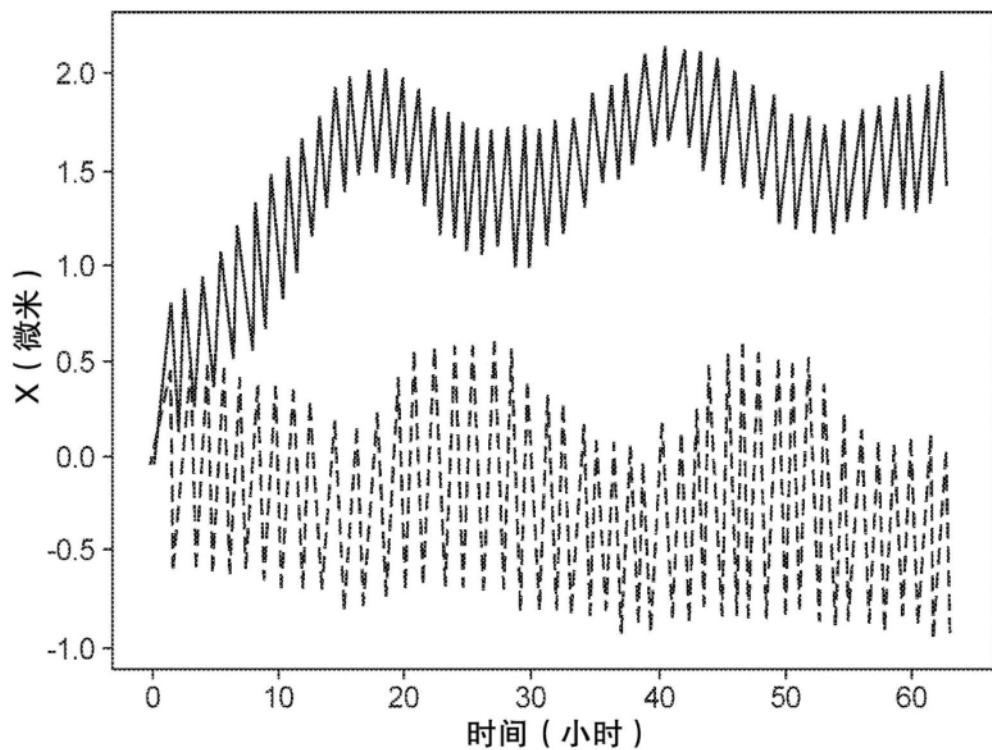


图7A

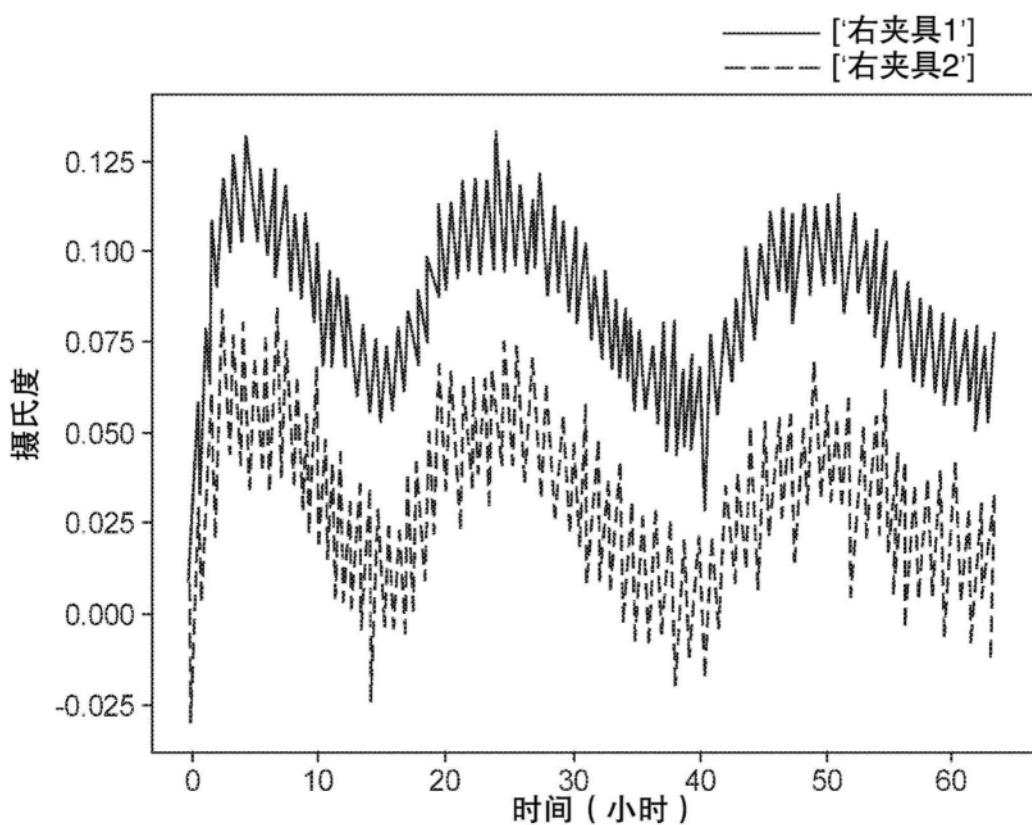


图7B

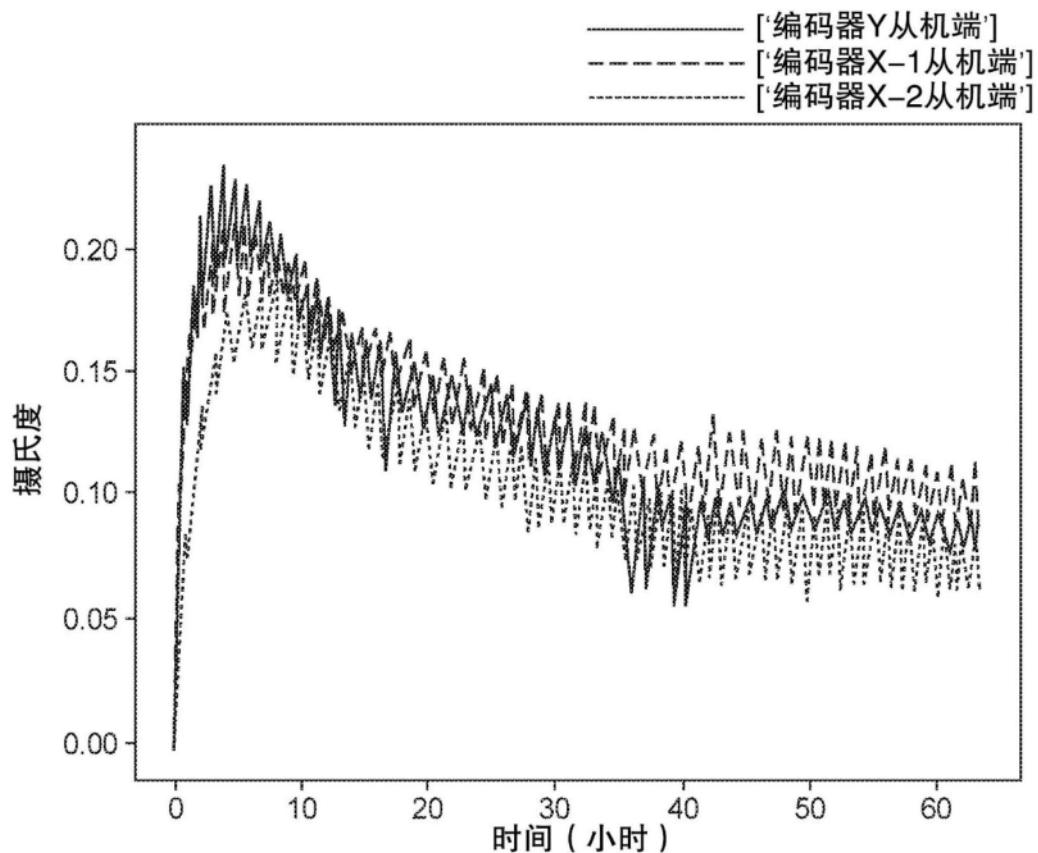


图7C