



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103730332 B

(45)授权公告日 2017.05.10

(21)申请号 201310473237.7

(22)申请日 2013.10.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103730332 A

(43)申请公布日 2014.04.16

(30)优先权数据  
13/650,044 2012.10.11 US

(73)专利权人 朗姆研究公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 史蒂芬·M·萨拉德  
戴恩·海姆斯 艾伦·M·斯科普  
拉莎娜·莉玛丽

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263  
代理人 李献忠

(51)Int.Cl.

H01L 21/00(2006.01)

H01L 21/67(2006.01)

H01L 21/683(2006.01)

(56)对比文件

WO 2007/043755 A1,2007.04.19,

JP 昭63-72877 A,1988.04.02,

CN 1870218 A,2006.11.29,

CN 102148133 A,2011.08.10,

审查员 纪金国

权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

剥离干燥装置及方法

(57)摘要

本发明涉及剥离干燥装置及方法。提供了一种用于使衬底剥离干燥的装置。提供了用于接收衬底的室。卡盘在所述室内支承和夹持所述衬底。温度控制器控制所述衬底的温度,并能够冷却所述衬底。真空泵与所述室流体连通。倾斜机构能够使所述卡盘倾斜至少90度。

1. 一种用于使衬底剥离干燥的装置,其包括:  
室,其用于接收衬底;  
卡盘,其用于在所述室内支承和夹持所述衬底;  
温度控制器,其用于控制所述衬底的温度,所述温度控制器能够冷却所述衬底;  
真空泵,其与所述室流体连通;以及  
倾斜机构,其能够使所述卡盘倾斜至少90度。
2. 根据权利要求1所述的装置,其还包括用于使受控的气氛流动至所述室的与所述室流体连通的气氛控制系统。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中,所述气氛控制系统包括用于将干燥气体提供到所述室中的气体源。
4. 根据权利要求1-3中任何一项所述的装置,其中,所述卡盘是静电卡盘。
5. 根据权利要求4所述的装置,其还包括用于提供夹持所述衬底至所述静电卡盘的电压的电压源。
6. 根据权利要求4所述的装置,其还包括用于传输带有湿的去湿化学物的衬底进入所述室并密封所述室的湿传输站,其中所述温度控制器能够冷却所述衬底到冻结所述去湿化学物的温度。
7. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述卡盘包括槽。
8. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述温度控制器包括嵌入所述卡盘的温度控制元件。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中,所述温度控制元件能将所述衬底冷却到至少0℃的温度并能将所述衬底加热到至少20℃的温度。
10. 根据权利要求8所述的装置,其中,所述温度控制元件包括嵌入所述卡盘的热电加热和冷却元件。
11. 根据权利要求1所述的装置,其中所述倾斜机构使所述卡盘相对于所述室倾斜。
12. 根据权利要求1所述的装置,其进一步包括放置在所述卡盘下方的固态去湿化学物去除系统。
13. 一种用于使衬底剥离干燥的方法,其包括:  
将衬底放置在干燥室中的卡盘上,所述衬底用去湿化学物浸润;  
在所衬底上将所述去湿化学物冻结成固态去湿化学物;  
从所述衬底剥离所述固态去湿化学物;以及  
从所述衬底去除所剥离的所述固态去湿化学物,其中所述从所述衬底去除所述固态去湿化学物包括将所述衬底倾斜至少90度。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述从所述衬底剥离所述固态去湿化学物包括降低所述干燥室中的压强。
15. 根据权利要求13-14中任何一项所述的方法,其中,所述将所述去湿化学物冻结包括:  
将所述衬底夹持到所述卡盘;以及  
使用所述卡盘来背部冷却所述衬底至低于所述去湿化学物的凝固点,以冻结所述去湿化学物。

16. 根据权利要求13所述的方法,其还包括:  
在所述衬底上形成特征;以及  
湿法处理所述衬底上的所述特征。
17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述去湿化学物包括叔丁醇。
18. 根据权利要求13所述的方法,其还包括从在所述干燥室中的气氛中去除湿气。
19. 根据权利要求13所述的方法,其还包括在将所述衬底放置在所述卡盘上之前,加热所述卡盘至高于所述去湿化学物的凝固点的温度。
20. 根据权利要求13所述的方法,其进一步包括捕捉从所述卡盘上的所述衬底流下的液态去湿化学物,并从所述衬底和所述卡盘之间的接触点引导所述液态去湿化学物。

## 剥离干燥装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的形成。更具体地,本发明涉及一种用于在半导体器件的形成过程中从衬底去除液体的装置或方法。

### 背景技术

[0002] 在半导体晶片处理过程中,湿法处理需要随后从半导体器件去除液体。

[0003] 随着半导体器件尺寸连续缩小到较小尺寸,需要较高深宽比的结构以达到预期的器件的性能。微电子/半导体器件的制造需要多个处理步骤的重复流程,处理步骤例如,材料沉积、平坦化、特征图案化、特征蚀刻,以及特征清洗。对于这些传统的制造步骤中的许多制造步骤,朝着更高深宽比的结构发展的驱动力产生许多处理挑战。湿法工艺(如蚀刻和清洗)通常占大于~25%的工艺流程,由于在干燥过程中所产生的毛细作用力,湿法工艺尤其是在高深宽比特征中受到挑战。这些毛细作用力的强度依赖于正在干燥的蚀刻流体、清洗流体、或冲洗流体的表面张力和接触角,以及特征的间距和深宽比。如果在干燥过程中产生的所述力太大,那么高深宽比的特征将坍塌到彼此上,并可能发生粘滞。特征坍塌和粘滞将严重降低器件的良率。

[0004] 此外,电容器的形成也可能提供在干燥过程中遭受坍塌的结构。

### 发明内容

[0005] 为了实现前述的内容和根据本发明的目的,提供了一种用于使衬底剥离干燥(delaminationdrying)的装置。提供了一种用于接收衬底的室。卡盘在所述室内支承和夹持所述衬底。温度控制器控制所述衬底的温度,并能够冷却所述衬底。真空泵与所述室流体连通。倾斜机构能够使所述卡盘倾斜至少90度。。

[0006] 在本发明的另一种实施方式中,提供了一种方法。将用去湿化学物浸润的衬底放置在干燥室中的卡盘上。在衬底上将去湿化学物冻结成固态去湿化学物。从衬底剥离该固态去湿化学物。从衬底去除该被剥离的固态去湿化学物。

[0007] 下面将在本发明的详细描述中并结合以下的附图更详细地说明本发明的这些和其它特征。

### 附图说明

[0008] 在附图的图中,通过示例的方式而不是通过限制的方式对本发明进行说明,并且其中相似的标号指代相似的元件,且其中:

[0009] 图1是本发明的一种实施方式的高阶流程图。

[0010] 图2A-C是本发明的一种实施方式中的剥离干燥系统的示意图。

[0011] 图3示出了一种计算机系统,其适合于实现本发明的实施方式中使用的控制器。

### 具体实施方式

[0012] 现参照本发明的在附图中所图解的一些优选的实施方式对本发明进行详细描述。在以下的说明中,为了使本发明能被充分理解,阐述了许多具体的细节。但对于本领域技术人员而言,显而易见,没有这些具体细节中的一些或者全部,仍可以实施本发明。另一方面,为了避免不必要地混淆本发明,公知的工艺步骤和/或结构没有被详细描述。

[0013] 在当前和现有技术中,具有比去离子水更低的表面张力的替代的冲洗液体已被用来防止特征坍塌。虽然这种方法对较低深宽比的结构而言是成功的,但在较高的深宽比和较小的特征间距的情况下同样受到与去离子水相同的坍塌和粘滞的问题。这种失败是由于这些较低表面张力的流体仍然具有不为零(finite)的表面张力,对于脆弱的特征来说,在干燥过程中这种不为零的表面张力产生的力太强。使高深宽比的结构干燥的一种替代方法是用超临界流体来溶解和漂洗冲洗流体。超临界流体通常应该没有表面张力,从而消除了导致特征坍塌的毛细管力。尽管超临界流体有这些优点,但在施加这些流体的过程中还有一些技术和制造上的挑战。这些挑战包括高的设备和安全成本,长的工艺时间,在工艺过程中可变的溶剂质量,由于流体的扩散和可调的性质造成的极端的工艺灵敏性,流体与腔部件的相互作用所产生的晶片缺陷/污染问题。防止高深宽比的结构坍塌的另一种策略是增加支撑该特征的机械支撑(bracing)结构。用这种方法有一些权衡,包括更高的成本和负面影响产量和良率的工艺复杂性。此外,支撑不是强大的解决方案,因为它被限制为某些类型的结构。因此,从半导体/微电子器件无损伤去除液体的替代方法和系统是合乎期望的。

[0014] 图1是本发明的一种实施方式的高阶流程图。在该实施方式中,在衬底上形成特征(步骤104)。可以通过湿法或干法蚀刻特征,或通过用于沉积特征的沉积工艺来形成特征。该特征可具有如此高的深宽比以至于后续干燥工艺会导致特征坍塌。在衬底上使用湿法工艺(步骤108)。湿法工艺也可以用来形成特征,或者湿法工艺可以是后续的工艺,如形成特征后的清洁。用去湿化学物移走来自湿法工艺的液体(步骤112)。在一些实施方式中,用于湿法工艺的液体与去湿化学物相同;在这种情况下,不需要该步骤。将湿衬底放置在剥离干燥室中(步骤116)。控制剥离干燥室的气氛(atmosphere)(步骤120)。如果去湿化学物是叔丁醇(TBA),那么受控的气氛将是无湿气的或具有减少的含水量。冻结液态的去湿化学物(步骤124)。从衬底剥离冻结的固态去湿化学物(步骤128)。从衬底去除该固态去湿化学物(步骤132)。从室移除衬底(步骤136)。

#### [0015] 实施例

[0016] 在本发明的一种实施方式中的具体的实施例中,图案化的衬底设置有蚀刻层。蚀刻该蚀刻层,形成存储器线,该存储器线具有小于40nm的CD,小于80纳米的节距和大于10:1的深宽比(步骤104)。对衬底进行湿法工艺,如蚀刻或清洗工艺(步骤108)。在该实施例中,用稀释的氢氟酸清洗衬底。然后用去离子水漂洗衬底。然后用液态去湿化学物移走去离子水(步骤112),在这个实施例中,去湿化学物是纯叔丁醇(TBA)。将湿衬底放置在剥离干燥室中(步骤116)。

[0017] 图2A是可用于本发明的实施方式的剥离干燥系统200的一个例子的示意图。气氛控制装置204与剥离干燥室202流体连通。气氛控制装置204控制在剥离干燥室202中的压强和气体种类。静电卡盘(ESC)208被放置在室中以支撑衬底206,例如晶片。剥离干燥系统200还包括湿传输站232(wettransferstation),湿传输站232提供了一种用于将湿衬底206传输到剥离干燥室202的方法,并提供了一种真空密封,通过它可以控制气氛和达到剥离干燥

工艺压强。剥离干燥系统进一步包括真空泵216。

[0018] 在本实施方式中,ESC208包括接触层212、热电装置217和主体220。热电电源284与热电装置217电连接。热电电源284提供电压至热电装置217。热电电源284使用电压的大小和方向来确定该热电装置217是否提供热差或散热差以及ESC主体220和接触层212之间的这种差的大小。卡盘电源257提供了夹持电压以静电夹持衬底206到ESC208上。背部冷却和加热系统230被连接到ESC208并提供流体(如氦)通过ESC208到衬底206的背部以增加ESC208和衬底206之间的热传递。背部冷却/加热系统230也被连接到真空泵216,真空泵216使得衬底被真空夹持到ESC208。背部冷却系统的一个例子在McMillin等人的,名称为“VariableHighTemperature ChuckforHighDensityPlasmaChemicalVaporDeposition”的美国专利5,835,334中得到描述,基于所有的目的,通过引用将该专利并入本发明。压强计219被连接到剥离干燥室202。槽224被设置在ESC208的表面上,在ESC208和衬底206之间。轴228被连接在ESC208和电机218之间。

[0019] 控制器270可控制地连接到热电电源284、卡盘电源257、气氛控制装置204、背部冷却和加热系统230、真空泵216、电机218和压强计219。固态去湿化学物去除系统244置于ESC208的下方。

[0020] 图3是示出计算机系统300的高阶框图,计算机系统300适合于实现在本发明的实施方式中所使用的控制器270。该计算机系统可以有许多的物理形式,范围从集成电路、印刷电路板、以及小型手持式装置直至巨型超级计算机。计算机系统300包括一个或多个处理器302,并且还可以包括电子显示装置304(用于显示图形、文本、及其它数据)、主存储器306(例如,随机存取存储器(RAM))、存储设备308(例如,硬盘驱动器)、可移动存储设备310(例如,光盘驱动器)、用户接口设备312(例如,键盘、触摸屏、小键盘、鼠标或其他指针设备,等等)、以及通信接口314(例如,无线网络接口)。通信接口314使得软件和数据能经由链路在计算机系统300和外部设备之间传输。该系统还可以包括通信基础设施316(例如,通信总线、交叉开关(cross-overbar)、或网络),上述的设备/模块连接到通信基础设施316上。

[0021] 经由通信接口314传输的信息可以采用例如电子信号、电磁信号、光信号或其他信号等信号形式,这些信号能够经由通信链路由通信接口314接收,该通信链路能够传送信号,并且可以通过使用电线或电缆、光纤、电话线、蜂窝电话链路、无线电频率链路、和/或其它通信信道而实现。可以设想,使用这样的通信接口,一个或多个处理器302可以接收来自网络的信息,或在执行上述方法步骤的过程中可以输出信息给网络。此外,本发明的方法实施方式可以仅仅在处理器上执行,或者可以结合分担部分处理的远程处理器在诸如互联网之类的网络上执行。

[0022] 术语“非瞬态计算机可读介质”通常用于指代诸如主存储器、辅助存储器、可移动存储设备、存储设备之类的介质,诸如硬盘、闪存存储器、磁盘驱动存储器、CD-ROM以及其他形式的持久性存储器,并且不应当被解释为涵盖瞬态标的物,如载波或信号。计算机代码的例子包括诸如由编译器产生的机器代码,和含有由计算机使用解释器执行的较高级代码的文档。计算机可读介质也可以是由包含在载波中的计算机数据信号传送的并且代表能由处理器执行的指令序列的计算机代码。

[0023] 控制气氛(步骤120)。在该实施例中,由于去湿化学物是TBA,因此受控气氛无湿气。在该实施例中,这可以通过无湿气的氮气的流动来实现。据认为,无湿气的气氛改善剥

离干燥,因为湿气吸收会降低去湿溶液的凝固点,且蒸发未冻结的液体将提供会导致损坏的毛细管力。如果去湿化学物不如TBA一样吸湿,那么这种无湿气的气氛可能并不必要。

[0024] 将湿衬底206通过湿传输站232传输到在大气压(760托)和室温下的剥离干燥室202,并装载到卡盘208上。湿传输站232被连接到湿法处理站和剥离干燥室202之间,并可有用用于将衬底从湿法处理站传送到剥离干燥室202的机器人机构。干燥后,在湿传输站中的机器人机构可用于将衬底从剥离干燥室202移除到另一室。湿传输站能够通过提供受控的气氛以防止干燥或防止对湿衬底的其他化学变化来处理湿的衬底。将衬底放置在卡盘上之前或之后,液态去湿化学物中的一些可从衬底上滴落。在卡盘的表面中的槽224允许去湿化学物从卡盘和衬底之间的接触面流走,防止当在降低的室压强下升华时压强积聚。

[0025] 冻结去湿化学物(步骤124)。在这个实施例中,这是通过使用热电装置217和背部冷却和加热系统230两者将卡盘冷却到0℃来实现的。将压强保持在约1个大气压,直到去湿化学物被冻结,以形成固态的去湿化学物210。在这个实施例中,发现该冻结在10秒中发生。在这个实施例中,保持冻结的去湿化学物约10秒钟。

[0026] 去湿化学物被冻结后,将固态的去湿化学物从衬底剥离(步骤128)。在这个实施例中,将卡盘旋转180度,以便使衬底206从处于卡盘208的上方到处于卡盘208的下方,如图2B所示。在这个实施例中,这在控制器270提供信号给电机218以旋转轴228而轴228旋转卡盘208时被实现。将压强降低。在这个实施例中,快速抽空(pumpdown)用于在25秒内将室202抽空至3托和0.1托之间的压强。压强的降低和其他因素导致固态去湿化学物210从衬底206剥离并脱落,如图2C所示。固态的去湿化学物210脱落到固态去湿化学物去除系统244,使得固态去湿化学物210可以从剥离干燥室202移除。

[0027] 在这个实施例中,如图2A所示,卡盘208旋转返回到原来的位置,以将衬底206放置在上面。用无湿气的气体(如干燥的氮气)将压强提高回到大气压。将卡盘温度升高至室温。通过去除夹持电压从衬底206去除静电力。将衬底206从剥离干燥室202移除(步骤136)。

[0028] 替代的实施方式

[0029] 本发明提供了各种替代实施方式。在本发明的其它实施方式中也可以使用其他去湿化学物。一些替代化学物可以是但不限于,二甲亚砷、环己烷、乙酸、四氯化碳、异丙醇、碳酸二甲酯、水和它们的混合物。在使用环己烷的其中去湿化学物不含有水的实施方式中,受控气氛可具有低的湿度。这种去湿化学物可以是纯净的液体或者是两种或两种以上液体的混合物。在另一个实施方式中,可以使用湿法处理液作为去湿化学物,使得湿法处理液不需要被去湿化学物转移。

[0030] 在另一种实施方式中,用去湿化学物转移液体也可以在剥离干燥室中进行。在用去湿化学物转移液体的过程中,这样的工艺可以旋转或不旋转衬底。

[0031] 在另一种实施方式中,受控气氛可以是任何包含低百分比湿气或无湿气的惰性气体。某些惰性气体,如氩气,针对从ESC静电夹持/去夹持(dechuck)衬底可具有优点。

[0032] 在另一种实施方式中,在将衬底放置在卡盘上之前,预冷却卡盘。在另一种实施方式中,使用真空或机械卡盘来代替静电卡盘。这些实施方式可能有较慢的冷却时间,并因此增加处理时间,但可能提供其他的优点。在另一种实施方式中,液氮或冷的气体可接触衬底以提供冷却。

[0033] 可以使用各种不同的设备来实现室真空,例如,机械泵、低温泵和/或涡轮分子泵。

惰性气体,如氩,氦,或氮,可以受控的流速被供给到室,以维持所需的室压强。在替代的实施方式中,没有气体被供给来保持所需的室压强。优选地,将室压强维持在<5毫托。对于背部冷却或加热,将惰性气体(例如但并不限于He或Ar)以优选在1托至40托的范围内的压强供给到被静电夹持的晶片的背部,以提供至晶片的均匀且高效的热传输。

[0034] 在替代的实施方式中,衬底的冷却和/或加热可以通过具有一个或多个制冷机或热电单元的制冷机系统来完成。升降销可用于将衬底从卡盘抬高离开。

[0035] 在一种实施方式中,在固态去湿化学物的剥离完成后,可将晶片/ESC加热至接近或高于去湿化学物的熔融温度的温度以用于二次干燥。

[0036] 在各种实施方式中,在衬底的移除过程中,通过引入惰性气体(例如但并不限于N<sub>2</sub>、Ar或He)将室压强增加至760托。晶片从ESC排出并且任何的晶片背面的气流被切断。然后将晶片从室中移除。

[0037] 在本发明的另一种实施方式中,有多个ESC,其中每个ESC保持衬底使得多个衬底在单个干燥室中在同一时间被处理。ESC可以处于单个平面中,或者也可以被堆叠。

[0038] 意外地发现,剥离可以被用来移除去湿化学物,同时减少小的高深宽比结构的坍塌。使用剥离技术的实施方式允许固态的去湿化学物被去除,其速度比升华或蒸发快。从所述室去除固态去湿化学物的实施方式比升华和蒸汽去除需要更少的能量。

[0039] 其他实施方式可以使用用于去除被剥离的固态去湿化学物的其他方法或设备。机械臂或滑门装置(shutter)或真空系统可用于机械地去除被剥离的固态去湿化学物。在各种实验中,剥离导致固态的去湿化学物被弹出衬底几英寸的距离,即使当衬底处于卡盘的上方并且固态去湿化学物处于衬底的上面时。

[0040] 在本发明的另一种实施方式中,在蚀刻层形成高深宽比的通孔。在通孔中形成金属结构。使用湿法蚀刻以去除剩余的蚀刻层,留下可以用作电容器的金属结构。本发明的实施方式可用于使金属结构干燥,以防止该结构坍塌。

[0041] 本发明的其他实施方式可用于防止光致抗蚀剂坍塌。本发明的其他实施方式会提供不具有高深宽比的特征的晶片上的清洁工艺。

[0042] 各种实验已经发现了使用剥离技术的具有小于1%的坍塌损坏的实施方式。各种实验已经发现,使用剥离技术的实施方式具有比使用蒸发或升华的工艺更少的残留物。据认为,残留物在固态去湿化学物中被去除。各种实验发现,实施方式消除了位于大的特征阵列的边缘的结构的坍塌,这种问题在升华干燥已被观察到。各种实验已经发现,抽空室而引起剥离的速度并不增加或减少损坏。这允许快的抽空速度以提供更快的吞吐量。各种实验还发现,固态去湿化学物的冻结保持时间不影响剥离损伤,这允许短的保持时间和更快的吞吐量。各种实验也发现,增加去湿化学物的体积(volume)需要减小压强以允许剥离。这些实验是当固态的去湿化学物位于衬底的上面时进行的。因此,当固态去湿化学物在衬底上面时,较小体积的去湿化学物允许更快的剥离。据认为,更大体积的固态去湿化学物产生更多的重量,这可能需要更多抽空,从而提供更大的力以剥离较大重量的固态去湿化学物。如果这是正确的,那么当衬底被反转使得去湿化学物在衬下方时,则可能需要较小的抽空以提供较大重量的固态去湿化学物的剥离。各种实验发现,过小的体积的去湿化学物可能会增加坍塌。因此,一些实施方式会使用优化的体积的去湿化学物。

[0043] 从各种实验中已经发现,就一些去湿化学物而言,剥离中使用的冻结温度将显著

高于冷冻干燥中使用的冻结温度。例如,对于使用叔丁醇作为去湿化学物的剥离干燥,去湿化学物被冷却至约0℃,而对于冷冻干燥,去湿化学物将被冷却到低于-20℃。因此,剥离干燥不需要尽可能多的温度变化,从而允许更快的工艺以及降低的系统要求。

[0044] 各种实施方式消除了对高深宽比的特征的特殊支撑的需要,从而降低整个工艺的复杂性和成本。这些实施方式可以被应用到所有类型的微电子形貌,而支撑被限制在非常特殊的应用。

[0045] 据认为,本发明的实施方式提供了固态去湿化学物和衬底之间的升华物薄层。如果这样的升华物不均匀,那么剥离可作用于具有反常规(retrograde)表面的特征。

[0046] 虽然本发明已经根据几个优选的实施方式进行了描述,但是存在落入本发明范围内的变化方式、置换方式、修改方式和各种等同方案。还应当注意,有实现本发明的方法和装置的许多替代的方式。因此,意旨在于,以下所附的权利要求书应解释为包括落入本发明的真实含义和范围之内内的所有这些变化方式、置换方式、以及各种替代等同方案。

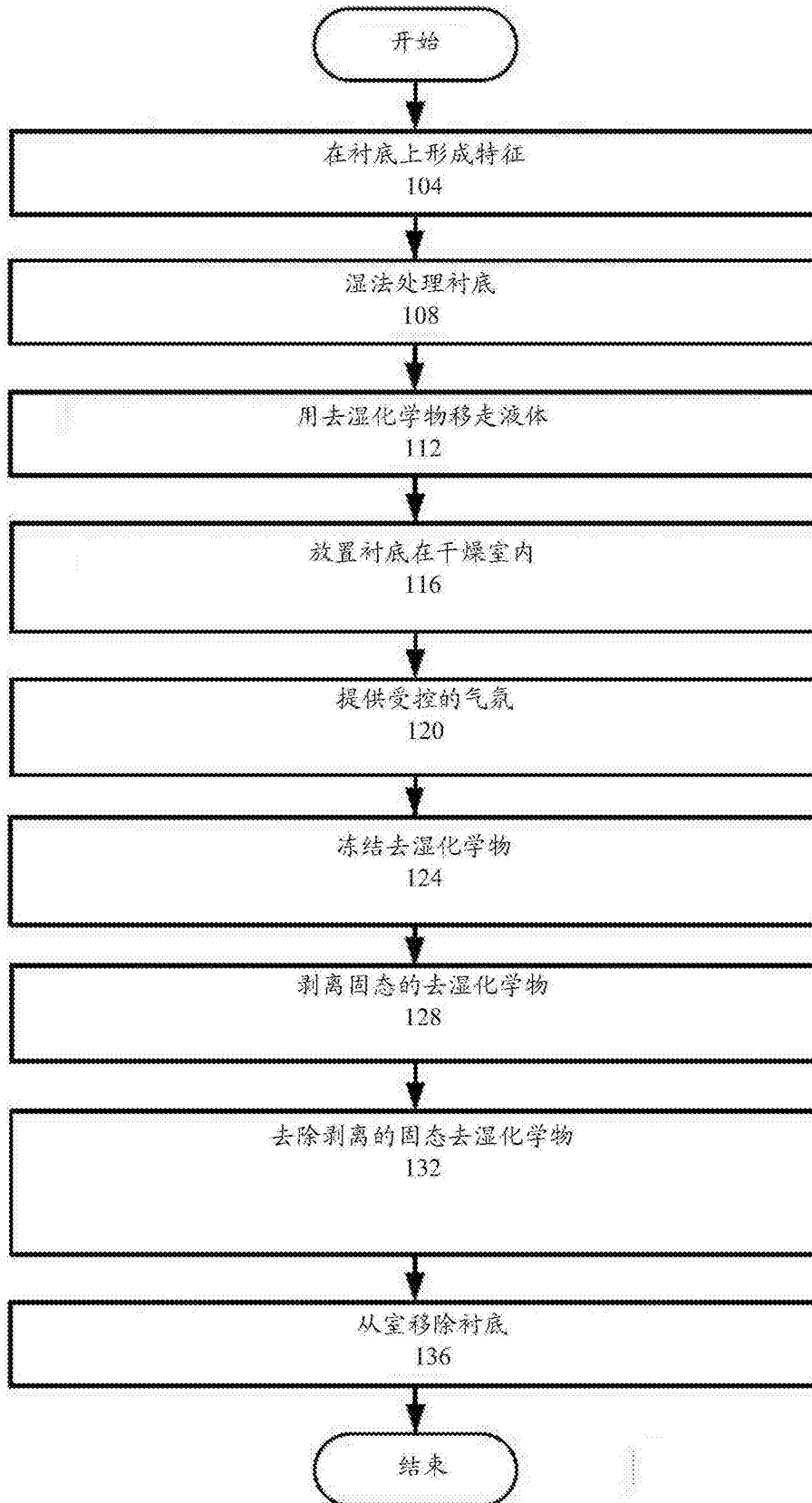


图1

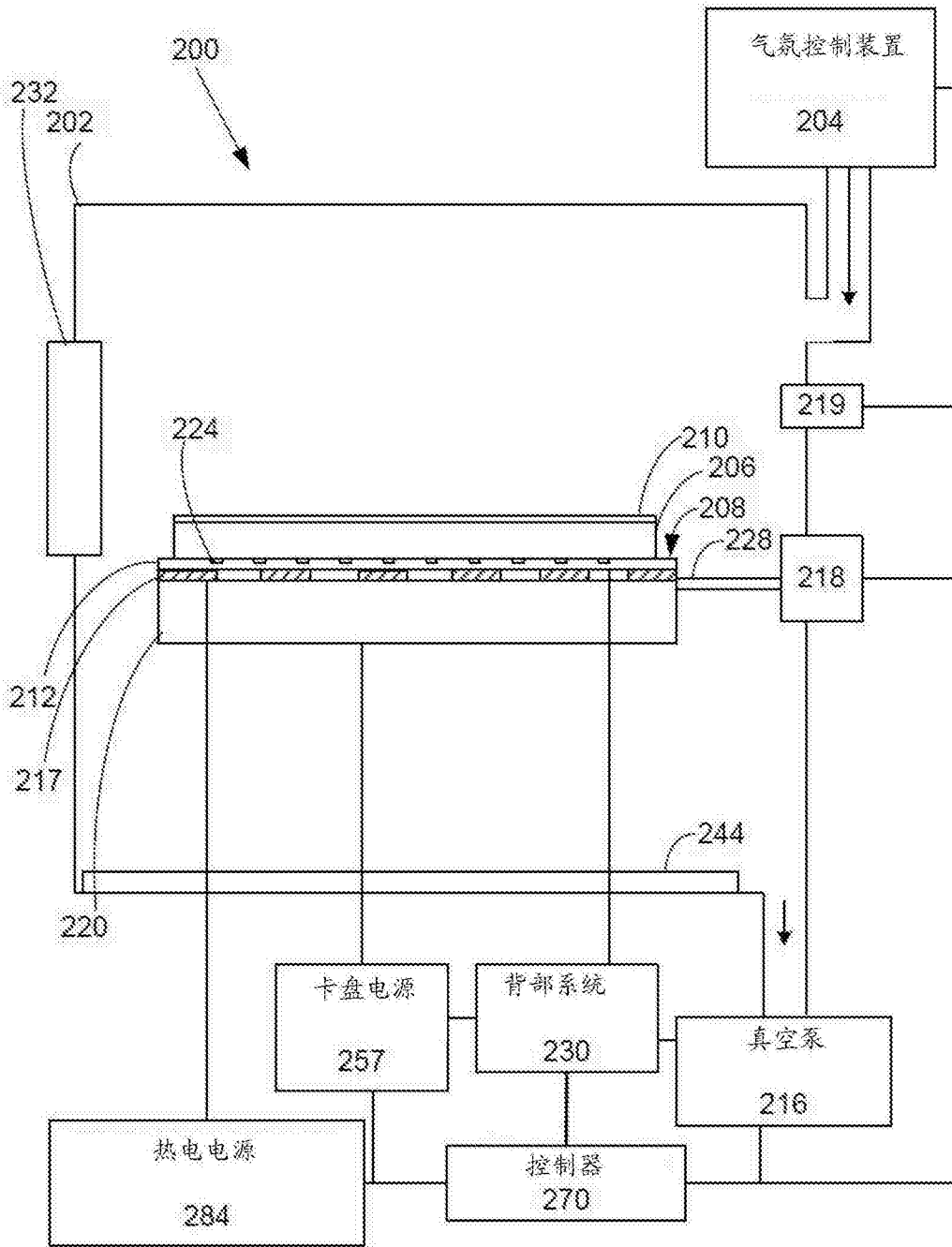


图2A



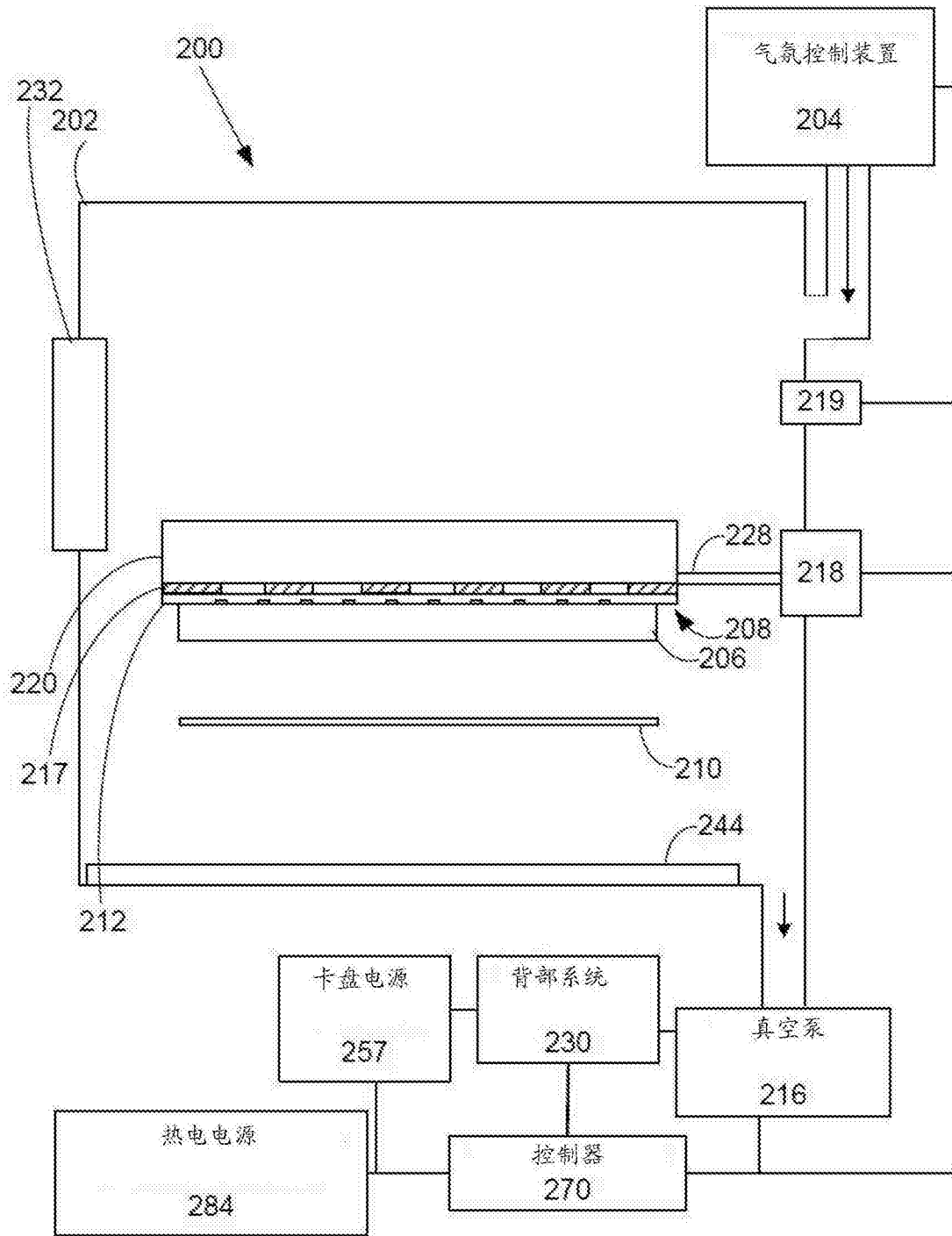


图2C

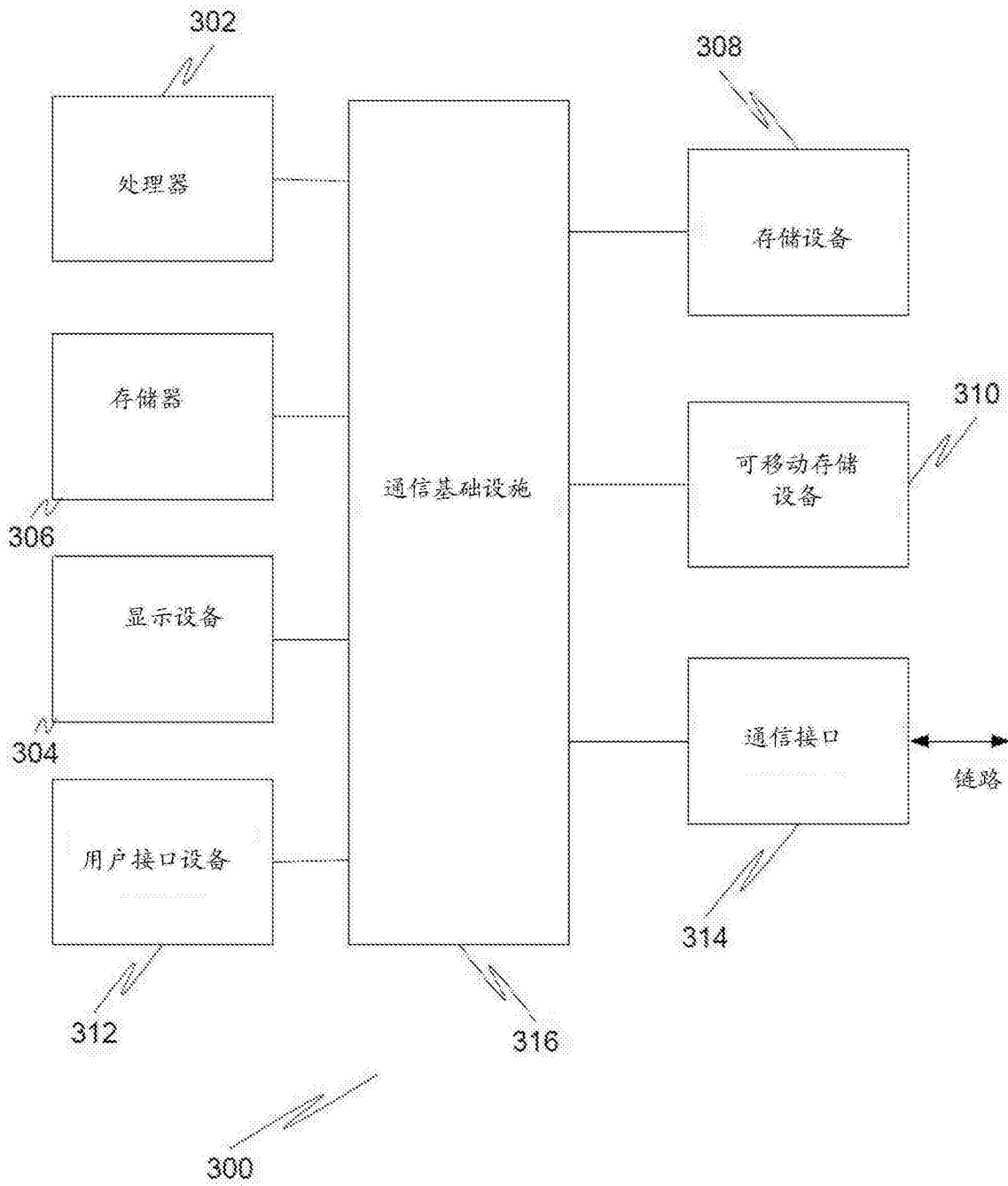


图3