

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/4763 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480040167.5

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100477135C

[22] 申请日 2004.11.3

[21] 申请号 200480040167.5

[30] 优先权

[32] 2003.11.12 [33] US [31] 10/712,410

[86] 国际申请 PCT/US2004/036746 2004.11.3

[87] 国际公布 WO2005/050700 英 2005.6.2

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.10

[73] 专利权人 兰姆研究有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 E·沃加纳 H·H·朱 D·乐

P·勒温哈德特

[56] 参考文献

CN1423310A 2003.6.11

US2003/0008512A1 2003.1.9

US2002/0011213A1 2002.1.31

US6380096B2 2002.4.30

US2001/0032707A1 2001.10.25

US5914202A 1999.6.22

CN1442759A 2003.9.17

审查员 蒋显辉

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 余刚 李丙林

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称

一种在沟槽蚀刻中降低线条边缘粗糙度的方法及其半导体器件

[57] 摘要

提供一种在衬底(图 3B, 304)上的介质层(图 2B, 308)中将沟槽(图 3B, 314)蚀刻到沟槽深度(图 3B, 318)的方法。将 ARC(图 3B, 310)加到介质层(图 2B, 308)上。在 ARC(图 3B, 310)上形成光致抗蚀剂掩模(图 3B, 312), 其中光致抗蚀剂掩模具有厚度。以贯穿方式蚀刻 ARC。将沟槽(图 3B, 314)蚀刻到介质层中, 介质对光致抗蚀剂的蚀刻选择性在 1:1 和 2:1 之间。

1. 一种在衬底上的介质层中将沟槽蚀刻到沟槽深度的方法,所述方法包括:

在所述介质层上形成 ARC;

在所述 ARC 上形成光致抗蚀剂掩模,其厚度为 2000 Å 到 4000 Å 之间;

以贯穿方式蚀刻所述 ARC; 以及

将沟槽蚀刻到所述介质层中,介质对光致抗蚀剂的蚀刻选择比在 1:1 和 2:1 之间,

其中蚀刻所述沟槽的步骤包括提供蚀刻剂气体,所述蚀刻剂气体具有少于 5% 的重聚合物成形蚀刻剂气体。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述形成光致抗蚀剂掩模的步骤形成 193 nm 光致抗蚀剂的光致抗蚀剂掩模。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中就线条边缘粗糙度控制而论,所述光致抗蚀剂掩模对侵蚀性蚀刻化学物质敏感。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中还包括:

将所述衬底放入蚀刻室中,相对电极设置在所述衬底的对面; 以及

在将所述沟槽蚀刻到所述介质层中期间,加热所述相对电极,使得所述相对电极达到至少 140°C 的温度。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中在蚀刻所述沟槽期间将蚀刻室的压力维持在 60 mTorr 和 400 mTorr 之间。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中在蚀刻所述沟槽期间高频电源提供 500 W 和 2000 W 之间的功率。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中在蚀刻所述沟槽期间偏置电源提供 0 W 和 1000 W 之间的功率。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述蚀刻剂气体从 CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 和 SF_6 材料组中选择。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中还包括:

将所述衬底放入蚀刻室中,相对电极设置在所述衬底的对面; 以及

在将所述沟槽蚀刻到所述介质层中期间,加热所述相对电极,使得所述相对电极达到至少 70°C 的温度。

10. 一种利用按照权利要求 1 的方法形成的半导体器件。
11. 一种在衬底上的介质层中将沟槽蚀刻到沟槽深度的方法,所述方法包括:

在所述介质层上形成 ARC;

在所述 ARC 上形成敏感光致抗蚀剂掩模,其厚度在 2000 Å 和 4000 Å 之间;

以贯通方式蚀刻所述 ARC; 以及

利用清洁蚀刻将沟槽蚀刻到所述介质层中,所述清洁气体具有少于 5% 的重聚合物成形蚀刻剂气体。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中介质对光致抗蚀剂的所述蚀刻选择比在 1:1 和 2:1 之间。

一种在沟槽蚀刻中降低线条边缘粗糙度的方法及其半导体器件

技术领域

本发明涉及为沟槽蚀刻提供改进的线条边缘的方法，用于单道和双道金属镶嵌（Damascene）集成。

背景技术

本发明涉及半导体器件的形成。

在半导体晶片处理期间，半导体器件的特征是使用众所周知的图案形成和蚀刻过程在晶片中定义。在这些过程中，光致抗蚀剂（PR）材料淀积在晶片上，然后暴露在由掩模原版滤光的光线下。掩模原版通常是玻璃板，使所述玻璃板具有带示范特征几何图案的图案，所述示范特征几何图形可以阻挡光线通过掩模原版传播。

光线穿过掩模原版后，接触到光致抗蚀剂材料表面。光线改变了光致抗蚀剂材料的化学成分，使得显影剂能够去除掉部分光致抗蚀剂材料。如果是正光致抗蚀剂材料，则曝光区域被去除掉，而如果是负光致抗蚀剂材料，则未曝光区域被去除掉。然后，对晶片进行蚀刻，从不再受光致抗蚀剂材料保护的区域中去除其下面的材料，从而在晶片中形成所需的特征。

已知有不同的各代的光致抗蚀剂。远紫外（DUV）光致抗蚀剂用248 nm光曝光。为便于理解，图1A为示意的截面图：衬底104上有层108，在要被蚀刻的层108上有ARC（消反射涂层）110，其上有具有图案的光致抗蚀剂层112，一起形成叠层100。光致抗蚀剂图

案具有临界尺寸 (CD), 所述临界尺寸 (CD) 可以是最小特征的宽度116。目前, 对于248 nm的光致抗蚀剂, 使用传统过程, 用于光致抗蚀剂的典型CD可为230-250 nm。由于光学性质取决于波长的缘故, 由较长波长的光曝光的光致抗蚀剂具有较大的理论最小临界尺寸。

然后, 通过光致抗蚀剂图案蚀刻沟槽120, 如图1B所示。为了提供具有较小CD的特征, 采取用较短波长光形成的特征。193 nm的光致抗蚀剂由193 nm的光曝光。使用相移掩模原版和其它技术, 用193 nm的光致抗蚀剂, 可以形成90-100 nm CD的光致抗蚀剂图案。这就能够提供CD为90-100 nm的特征。

和使用较长波长的光致抗蚀剂相比, 使用较短波长的光致抗蚀剂会提出一些附加问题。为获得接近理论极限的CD, 光刻仪器应更加精确, 这就需要有更昂贵的光刻设备。目前, 193 nm的光致抗蚀剂其选择比不如较长波长光致抗蚀剂高, 且在等离子蚀刻条件下更易变形。

在单道和双道金属镶嵌 (damascene) 结构的形成过程中, 将宽沟槽蚀刻成部分或全部穿过介质 (M1蚀刻), 以形成连接线。随后蚀刻完全穿过介质层的较窄的通路, 形成触点。

发明内容

为实现以上所述并按照本发明的目的, 提供一种用于在衬底上的介质层中将沟槽蚀刻到沟槽深度的方法。将ARC加到介质层上。在ARC上形成光致抗蚀剂掩模, 此处光致抗蚀剂掩模有厚度。以贯穿的方式蚀刻ARC。在介质层中蚀刻沟槽, 介质对光致抗蚀剂的蚀刻选择比在1:1和2:1之间。

在本发明的另一表现形式中，提供一种用于在衬底上的介质层中将沟槽蚀刻到沟槽深度的方法。将ARC加到介质层上。在ARC上形成敏感光致抗蚀剂掩模，其厚度在2000Å和4000Å之间。以贯穿的方式蚀刻ARC。利用清洁蚀刻（clean etch）在介质层中蚀刻沟槽。

在本发明的另一表现形式中，提供一种用于在介质层中蚀刻特征的设备。提供等离子处理室。等离子处理室包括：形成等离子处理室外壳的室壁；衬底支座，用于把衬底支撑在等离子处理室外壳内；压力调节器，用于调节等离子处理室外壳内的压力；设置成与衬底支座相对并与衬底支座分隔开的电极；连接到电极的加热器，用于加热电极；气体入口，用于将气体提供到等离子处理室外壳内；以及气体出口，用于从等离子处理室外壳中排除气体。气体源处在与气体入口流体连接的状态。控制器可控地连接到以下各部分中的至少一个部分：气体源、电极、加热器、压力调节器、气体入口以及气体出口。

下面在本发明的详细说明中并结合附图对本发明的这些和其它特征作更详细的说明。

附图说明

在附图的各图中，以举例的方式而不是限制的方式图解说明本发明，附图中相同的标号指类似的元件，并且附图中：

图1A和B是按照现有技术的蚀刻到介质层中的沟槽的截面图。

图2是在本发明实施例中使用的工艺流程的流程图。

图3A-3C是按照本发明实施例蚀刻的沟槽的截面图。

图4A-B是蚀刻的沟槽的顶视图的示意的图例。

图5是可以用于本发明最佳实施例的处理室的示意图。

图6A和6B举例说明适用于实现控制器的计算机系统。

具体实施方式

现参阅附图中所示的几个最佳实施例对本发明加以说明。在以下说明中，提出了许多具体的细节，以便对本发明提供透彻的理解。但显然对于本专业的技术人员来说，本发明的实现也可以部分或全部不用这些具体细节。在其它实例中，众所周知的处理步骤和/或结构未作详细说明，以免不必要地模糊了本发明。

图2是按照本发明在介质中形成沟槽的工艺过程的流程图。在介质层上形成ARC（消反射涂层）（步骤204）。图3A是衬底304上介质层308的截面图的图例。在介质层308上形成ARC 310，如图所示。ARC 310可以是有机或无机ARC。所述介质层是沟槽介质层，在其中蚀刻双道金属镶嵌沟槽。这样的介质层不是硬掩模层。

在ARC 310上形成敏感沟槽光致抗蚀剂掩模312（步骤208）。敏感沟槽光致抗蚀剂掩模是薄掩模。在最佳实施例中，薄敏感沟槽光致抗蚀剂掩模在2000 Å和4000 Å之间。在更最佳实施例中，薄敏感沟槽光致抗蚀剂掩模在2500 Å和3000 Å之间。敏感光致抗蚀剂材料是易于蚀刻的材料。薄的193 nm光致抗蚀剂和较新代光致抗蚀剂被认为是敏感光致抗蚀剂材料。沟槽图案314具有宽度316，如图中所示。光致抗蚀剂具有厚度318，如图中所示。敏感沟槽光致抗蚀剂掩模提供这样一种敏感光致抗蚀剂材料的薄掩模，以致在没有某种附加保护时，在沟槽被蚀刻到所需深度之前，沟槽蚀刻会蚀刻掉敏感沟槽光致抗蚀剂掩模。

打通ARC 310（步骤212）。可以使用传统的ARC打通步骤。图3B示出在ARC 310打通后衬底304上介质层308的截面图。

然后用清洁蚀刻将沟槽蚀刻到介质层中（步骤216）。在清洁蚀刻中，重聚合物成形气体占包括任何运载气体的蚀刻剂气体的不到5%。清洁蚀刻最优选是低聚合过程，像含有 CF_4 或 C_2F_6 作为主要气体的过程。其它最佳实施例可具有 NF_3 或 SF_6 作为主要成分气体，因为氟与这些气体有高的离解率。次最佳实施例可以是具有较高碳含量的气体，它们可能会分解为如 CF_x 的分子，它们可与类似的分子结合，形成较长的MER链。这些气体的实例包括高度饱和的碳氢分子如 CH_2F_2 、 CH_3F 、 C_2H_2 中的 C_4F_8 、 C_5F_8 、 C_4F_6 。更好的是，在清洁蚀刻中，重聚合物成形气体占蚀刻剂气体的不到2%。最好的是，这些气体将氟对聚合物成形气体成分的比例保持到小于至少3:1。在本发明的最佳实施例中，沟槽蚀刻具有低选择比。更好的是，介质对光致抗蚀剂的沟槽蚀刻选择比在约1:1和2:1之间，此处介质对光致抗蚀剂的蚀刻选择比为2:1，意思是说介质层的蚀刻比光致抗蚀剂快一倍。图3C是沟槽324已蚀刻后的介质层308的截面图。在最佳实施例中，沟槽蚀刻到约200和400 nm之间的深度。

在最佳实施例中，光致抗蚀剂对侵蚀性蚀刻很敏感。对侵蚀性蚀刻敏感的光致抗蚀剂是与介质层一样快地被侵蚀性蚀刻所蚀刻的光致抗蚀剂，故有低的蚀刻选择比。

图5是可以用于本发明最佳实施例的处理室500的示意图。在此实施例中，等离子处理室500包括约束环502、上电极504、下电极508、气体源510、以及排气泵520。在等离子处理室500中，衬底晶片304设置在下电极508上。下电极508装有适当的衬底夹持机件（例如，静电、机械夹持等）以便支撑衬底晶片304。反应室上部528装有设置在下电极508的正对面的上电极504。上电极504、下电极508、以及约束环502限定了受限的等离子容积540。气体由气体源510通过气体入口543提供到受限的等离子容积中，并由排气泵520通过约束环520和排气端口从受限的等离子容积中排出。排气泵520形成等

离子处理室的气体出口。第一RF源544电连接到上电极504。第二RF源548电连接到下电极508。室壁552形成等离子外壳，约束环502、上电极504、以及下电极508均设置所述外壳中。在一个实施例中，第二RF源548可包括27MHz电源和2MHz电源，而上电极504接地。把RF电源连接到电极的不同组合也是有可能的。加热器545连接到上电极，能够加热上电极。

控制器535可控地连接到第一RF源544、第二RF源548、排气泵520、加热器545，以及气体源510。可将莲蓬头（showerhead）连接到气体入口543。气体入口543可以是用于所有气体源单一入口、或者用于每一种气体源的不同入口、或者用于每一种气体源的多个入口、或其它可能的组合。

图6A和6B示出计算机系统1300的，它适合于实现在本发明实施例中使用的控制器535。图6A示出计算机系统的一种可能的物理形式。当然，计算机系统可有许多物理形式，从集成电路、印刷电路板、和小型手持装置直到巨型超大计算机。计算机系统1300包括监控器1302、显示器1304、外壳1306、盘驱动器1308、键盘1310、以及鼠标1312。盘1314是计算机可读介质，用于向/从计算机系统1300转移数据。

图6B是计算机系统1300的方框图实例。连接到系统总线1320上的是各种各样的子系统。处理器1322（也称为中央处理器单元或CPU）连接到包括存储器1324的存储装置。存储器1324包括随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。如业界已熟知，ROM用于单方向地向CPU转移数据和指令，而RAM通常用于双向转移数据和指令。这两种类型的存储器都可包括下述任何适合的计算机可读介质。固定盘1326也双向连接到CPU1322，固定盘1326提供附加的数据存储容量，且可包括下述任何计算机可读介质。固定盘1326可以用于存储程序、数据等并且通常是一种辅助存储介质（例如硬盘），

它比主存储器慢一些。应理解,保留在固定盘1326内的信息,在合适的情况下,可以以标准形式中组合成存储器1324的虚拟存储器。可拆装盘1314可采用下述任何计算机可读介质的形式。

CPU 1322还连接到各种输入/输出装置,例如显示器1304、键盘1310、鼠标1312、和扬声器1330。一般来说,输入/输出装置可以是以下任何一种:视频显示器、跟踪球、鼠标、键盘、送话器、摸感显示器、变换器卡阅读器、磁带或纸带阅读器、图形输入卡、记录笔、语音或手书识别器、生物统计学识别器、或其它计算机。可选的是可用网络接口1340将CPU 1322连接到另一计算机或电信网络。使用这种网络接口时,要考虑到在实行上述方法步骤的过程中,CPU可能接收来自网络的信息,或可能向网络输出信息。另外,本发明的方法实施例可以独自在CPU 1322上执行,或在网络上例如因特网上,与分担部分处理的远程CPU结合执行。

此外,本发明的实施例还涉及具有计算机可读介质的计算机存储产品,其上有计算机代码,用于进行各种计算机实现的操作。介质和计算机代码可以是为本发明的目的专门设计和构建的,或它们可以是计算机软件行业技术人员所熟知和可用的种类。计算机可读介质的实例包括(但不限于):磁介质,例如硬盘、软盘、和磁带;光学介质,例如CD-ROM和全息装置;磁光介质,例如磁光软盘;以及专门配置成存储和执行程序代码的硬件装置,例如专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑装置(PLD)、以及ROM和RAM装置。计算机代码实例包括机器代码,例如由编译程序所产生,以及含有由计算机使用解释程序执行的较高级代码的文件。计算机可读介质也可以是由载波中包含的计算机数据信号所传输的、并代表可由处理器执行的指令序列的计算机代码。

图4A是蚀刻到介质层408中的沟槽404的示意的顶视图。沟槽的壁412呈现有显著的线条边缘凹凸不平。图4B是蚀刻到介质层428

中的沟槽424的示意的顶视图。沟槽424的壁432呈现较少的线条边缘凹凸不平。2003年在ICMI会议上发表的Calvin Gabriel的文章中，对用于测量线条边缘凹凸不平的行业标准讨论如下：

“002 ITRS计量学路线图〔4〕对于如何量化线条边缘粗糙度(LER)给出一种定义：在等于四倍于技术节点的距离上所评估的局部线条宽度变化（总计3处，包括所有频率分量，两边边缘）。这个定义在Vera SEM或Nan SEM上很容易编程：这些工具通过在所关注的特征上进行32或更多次线条扫描来测量临界尺寸，根据用户定义的测量逻辑框（box）每次线条扫描与前一次扫描相隔小的增量。这些扫描的3-sigma标准偏差符合ITRS定义，在软件业报道为Sigma(B)。

但是，ITRS定义的困难在于有“四技术节点”的要求。对于65 nm技术，这就要求测量逻辑框（box）仅260 nm高。这样小的被扫描线条长度可能发现不了低频度的LER，而且随着技术进展到45 nm和32 nm，情况会更糟。

所以，线条边缘粗糙度可以如下量化，即：在一系列位置上测量沟槽宽度，并在一定的间距上平均其变化，所述间距的长度至少四倍于特征的宽度。Hitachi CDSEM在1 μm 逻辑框上测量32点来测量线条边缘粗糙度。Applied Materials Nano SEM在2 μm 的矩形上测量60个点。Clavin 的文章表示，对于小特征，超过2 μm 就没有什么优势，但如果低于2 μm 单元，一些灵敏度就丢失。

降低线条边缘粗糙度的一个途径是：通过提供重聚合物成形气体，提供介质对光致抗蚀剂蚀刻具有大于4:1选择比的蚀刻。这种重聚合物成形物在光致抗蚀剂上面形成重聚合物，以保护光致抗蚀剂，改进了蚀刻的选择比。不希望受理论的限制，据信这种重聚合

物很粘，且在光致抗蚀剂掩模上产生应力，这就增大了线条边缘粗糙度。还据信在光致抗蚀剂内发生的反应也增加变粗糙的程度。

线条边缘变粗糙也可因鼠咬 (mousebiting) 引起，据信鼠咬与应力有关，这是在PR层的上部从等离子体中淀积的聚合物而引起。所以，保护PR的聚合物可以引起机械力，使掩模变形，对于薄PR产生更粗糙的侧壁。这种现象在厚PR掩模情况下 (>300nm) 通常不会观察到。已发现用193 nm PR时，在聚合物中产生C₂F₆气体，它比CF₄或C₄F₈会更重地淀积，但由于淀积特征，孔中的条纹和沟槽中的粗糙度可因改动PR掩模而产生。而且，侧壁轮廓变粗糙会引起沿垂直平面的微小空隙。这些空隙可因蚀刻期间光致抗蚀剂的完整性被破坏而引起

本发明通过减少或消除产生重聚合物的重聚合物形成物来减少线条边缘粗糙度。代之以使用较清洁成分的气体。这种具有高氟-碳比的较清洁成分气体最优选的是CF₄，和Ar一起使用，但更通常是，还可包括高F离解的气体，如C₂F₆，或具有高氟离解的气体，如NF₃或SF₆。加入气体来协助F的离解对LER也有好处。添加小量的O₂(2-15 sccm) 和 / 或N₂流 (20-200 sccm)，通过与反应气体的碳成分相结合，已知可协助创建更多的游离氟。在传统蚀刻过程下，据信这种成分气体不会在光致抗蚀剂上形成保护聚合物而提高选择比。本发明提供等离子体参数，使得这些清洁成分气体在光致抗蚀剂上形成某种保护聚合物，提高了蚀刻选择比，此处介质对光致抗蚀剂的蚀刻选择比不会增加到超过2:1。这种技术提供的聚合物不像重聚合物那样粘，且这种聚合物的淀积位置更易于控制。有助于这种做法的一种技术是将上电极的温度从20℃提高到140℃。据信由较清洁成分气体产生的聚合物会淀积在上电极上，使光致抗蚀剂上淀积较少。通过将上电极提高到至少140℃，上电极上的淀积会减少，间接地使光致抗蚀剂表面上有更多淀积。加热器545帮助提

高和控制上电极温度到至少70℃。在最佳实施例中，在蚀刻期间上电极温度提高到至少70℃。在更优选的实施例中，上电极温度提高到至少90℃。在最优选的实施例中，上电极提高到至少140℃。上电极是衬底未安装在其上的电极且设置成与衬底相对，即，非安装电极。如果衬底安装在上电极上，则下电极是衬底未安装在其上的电极且设置成与衬底相对，使得下电极被加热。

此外，已发现以较高频率（例如27MHz）提供较高功率可创建更高密度的等离子体，进一步提高了使用清洁蚀刻剂的选择比。在最佳实施例中，高频电源提供的功率在500 W和2000 W之间。在更优选的实施例中，高频电源提供的功率在500 W和1200 W之间。在最优选的实施例中，高频电源提供的功率在500 W和1000 W之间。

此外，通过提供较低频率RF（例如2MHz）的较小功率，具有较低偏置功率能减少轰击，而轰击会提高选择比。在最佳实施例中，偏置电源提供的功率在0 W和1000 W之间。在更优选的实施例中，偏置电源提供的功率在0 W和600 W之间。

此外，提供较低的室压力会提高选择比。例如，已发现80 mTorr的压力很有帮助。所以，在最佳实施例中，室压力在60 mTorr和400 mTorr之间。在更优选的实施例中，提供在70 mTorr和300 mTorr之间的室压力。在最优选的实施例中，提供在80 mTorr和250 mTorr之间的室压力。

最后，可以进行对所述工艺过程的一些精调，其方法是：进一步修改工艺过程以到找出既能保持整体CD又能降低整体LER的聚合规范。已知能增加聚合的气体的添加，如C₄F₈、CH₃F、H₂、CH₂F：等，可以小量添加，以减缓PR的腐蚀并稍有助于减少LER。例如，在一个案例中，在非常清洁的Ar/CF₄/N₂/O₂过程中加入5 sccm的C₄F₈

可将LER降低 $\sim 10\%$ 。CHF₃、CH₂F₂、CH₃F或其它氢氟烃也有帮助，但所需数量则视气体的离解性质而定。

所以，本发明的这一方面控制了聚合物在何处淀积并从清洁蚀刻气体中提供聚合物，而不是增加所淀积的总聚合物，尽管清洁气体的淀积具有低的选择比。

最好的是，将沟槽深度保持到最小，但仍然提供足够的电互连。这样做的原因之一是：当选择比低时，薄的沟槽深度允许有薄的光致抗蚀剂掩模。而薄的光致抗蚀剂掩模允许有较好的临界尺寸。在最佳实施例中，光致抗蚀剂掩模很薄，足以提供和较高代的光致抗蚀剂材料相同的临界尺寸。这就允许有改进的临界尺寸，而不需新的更昂贵的光刻和步进系统。此外，优选的是，将所有或几乎所有光致抗蚀剂都去除掉，以使用恰好够用的光致抗蚀剂来提供所需的沟槽深度，以便将CD减至最小。

例如，248 nm光致抗蚀剂可用来形成稳定的光致抗蚀剂掩模，如果将其淀积到4000 Å厚的话。但这样厚的掩模只能成像到0.2 nm。为提高分辨率以便进行低于0.2 nm的成像，可以使248 nm光致抗性剂掩模薄一些，例如3200 Å厚。如上述，使用重聚合物成形物来提高选择比以允许使用薄光致抗蚀剂掩模来蚀刻沟槽会增大线条边缘粗糙度。所以，本发明使用较清洁的聚合物形成物，将选择比提高到既足以蚀刻具有降低线条边缘粗糙度的沟槽而同时还具有小于2:1的选择比的那一点。使用低选择比的化学物不适合于提供足够的选择比以确保在主要蚀刻期间阻挡层不被去除，所以具有较高选择比的过度蚀刻对于蚀刻的最后终结步骤是优选的。

实例

实例1

在本发明的一个实例中，在300 Å的形成在衬底上的氮化硅蚀刻终止层上形成2500 Å的氧化硅。将两个不同的氮氧化硅（SiON）层形成在氧化硅层上，以便形成ARC层。在此实例中，一个SiON层为285 Å，而另一SiON层为300 Å。在ARC层上形成21 nm光致抗蚀剂的3200 Å的具有图案的光致抗蚀剂掩模。使用传统的ARC蚀刻将ARC层打通。

氧化硅层用以下方法蚀刻。上电极可加热到140℃。压力设定到180 mTorr。27 MHz的RF电源提供800瓦功率。2 MHz的RF电源提供0瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为70 sccm CF₄、100 sccm Ar、以及100 sccm N₂。蚀刻进行30秒。

过度蚀刻步骤完成氧化硅层的蚀刻，但相对于氮化硅蚀刻终止层提供更大的选择比。上电极保持在至少140℃。压力设定到80 mTorr。27 MHz的RF电源提供600瓦功率。2 MHz的RF电源提供600瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为7 sccm C₄F₈、3 sccm O₂、300 sccm Ar、以及100 sccm N₂。蚀刻进行14秒。相对于沟槽阻挡层和光致抗蚀剂来说，所述过度蚀刻更多选择蚀刻氧化硅。从所述蚀刻和过度蚀刻得到的沟槽最终深度为约260 nm和300 nm深之间。所以，使用320 nm厚的光致抗蚀剂层将沟槽蚀刻到小于300 nm深。在此过程中，蚀刻期间只有一半的光致抗蚀剂被去除掉。

用灰化（ashing）步骤去除光致抗蚀剂。在此实例中为提供灰化，将压力设定到400 mTorr。27 MHz的RF电源提供400瓦功率。2 MHz的RF电源提供0瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为500 sccm O₂。灰化进行40秒。

然后打通蚀刻终止SiN层。压力设定到250 mTorr。27 MHz的RF电源提供150瓦功率。2 MHz的RF电源提供150瓦功率。蚀刻剂气体

的化学成分为90 sccm CF₄、30 sccm CHF₃、200 sccm Ar、以及200 sccm N₂。所述打通步骤进行40秒。

实例2

在第二实例中，使用相同的衬底，其上具有相同的氧化硅层、相同的ARC层、以及相同的具有图案的光致抗蚀剂层。使用相同的打通过程打通ARC层。

氧化硅层用以下方法蚀刻。可以把上电极加热到140℃以上。压力设定到180 mTorr。27 MHz的RF电源提供800瓦功率。2 MHz的RF电源提供0瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为5 sccm C₄F₈、70 sccm CF₄、100 Sccm Ar、以及100 sccm N₂。蚀刻进行32秒，以便将沟槽蚀刻到约260 nm和300 nm之间的深度。

过度蚀刻步骤完成氧化硅层的蚀刻，但提供相对于氮化硅蚀刻终止层的更大的选择比。上电极保持在至少140℃。压力设定到80 mTorr。27 MHz的RF电源提供600瓦功率。2 MHz的RF电源提供600瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为7 sccm C₄F₈、3 sccm O₂、300 sccm Ar、以及100 sccm N₂。蚀刻进行18秒。

用灰化（ashing）步骤去除光致抗蚀剂。在此实例中为提供灰化，将压力设定到400 mTorr。27 MHz的RF电源提供400瓦功率。2 MHz的RF电源提供。瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为500 sccm O₂。灰化进行40秒。

然后打通蚀刻终止SiN层。压力设定到250mTorr。27 MHz的RF电源提供150瓦功率。2 MHz的RF电源提供150瓦功率。蚀刻剂气体的化学成分为90 sccm CF₄、30 sccm CHF₃、200 sccm Ar、以及200 sccm N₂。所述打通步骤进行14秒。

本发明改进了沟槽CD和线条边缘粗糙度。更优选的实施例据信可比次最佳实施例更多地减小线条边缘粗糙度。本发明的这些实施例能够提供6-7 nm的线条边缘粗糙度，其中，用微米范围内的32次测量来确定线条边缘粗糙度，且光致抗蚀剂掩模的最初线条边缘粗糙度为8-10 nm。所以，和原来的光致抗蚀剂掩模相比，本发明可实际减小线条边缘粗糙度。

使用90 nm节点技术，使用248 nm或193 nm的光致抗蚀剂，本发明能够提供0.11到0.14微米的特征宽度，。

加热器可以不将上电极加热到140℃。代之以，加热器可将上电极加热到中间温度，例如90℃，然后蚀刻过程加上了附加热量，将上电极加热到140℃。

在本发明的其它实施例中，在介质层上形成ARC层，使得ARC或者形成在介质层上，或者在ARC和介质层之间还有一层或多层。提供ARC层有助于光刻的完整性，有助于聚焦深度达PR底部。蚀刻期间使用硬掩模实现不同的指定任务。硬ARC(SiON)实现与有机ARC相同的作用，用于晶片图案形成，在Cu CMP金属化步骤期间SiON可用作“终止指示器”。可以在介质层和ARC之间设置覆盖层，作为扩散阻挡层（即，例如F扩散阻挡层，因为F会使FSG上的PR层离），或覆盖层可提供对CMP更具机械耐受力的较强层，例如具有TEOS或FSG覆盖层的有机低k材料。如果介质太“软”不能经受机械抛光，因而需要有较为坚固的层，有时是薄层，以便在蚀刻时维持结构的整体性，这种覆盖层就很需要。

虽然已就数个实施例对本发明作了说明，但可有各种改变、替换、修改以及各种替代等效物，它们都属于本发明的范围之内。还应指出有许多备选方式可实现本发明的方法和设备。所以以下所附

权利要求书应被解释为包括属于本发明真实精神和范围之内的所有这些改变、替换、修改以及各种替代等效物。

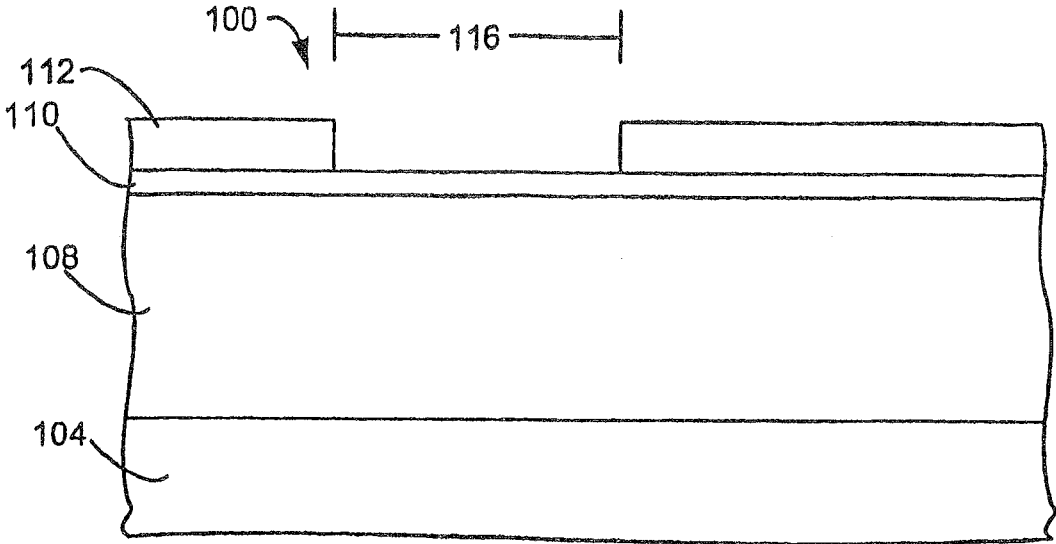


图 1A (现有技术)

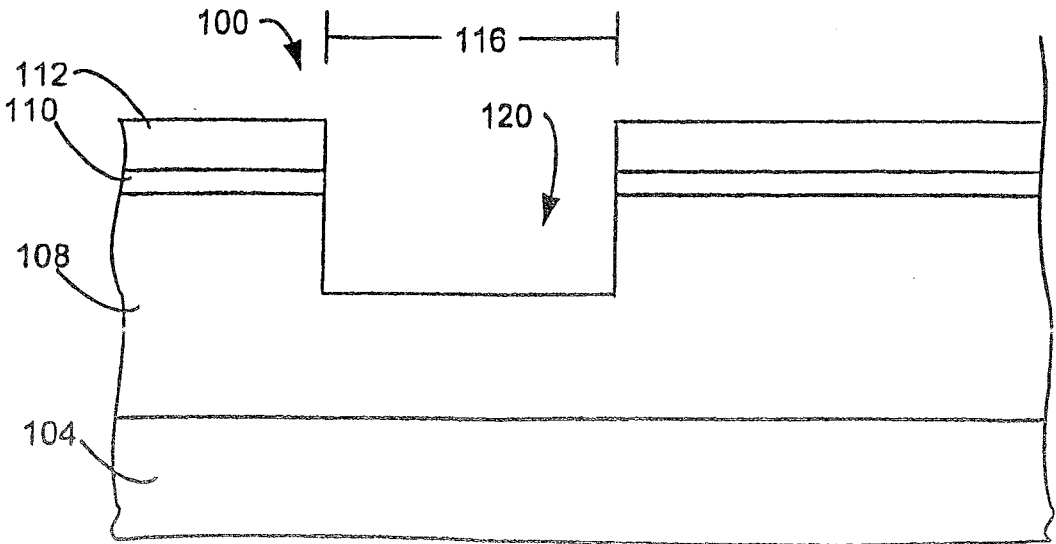


图 1B (现有技术)

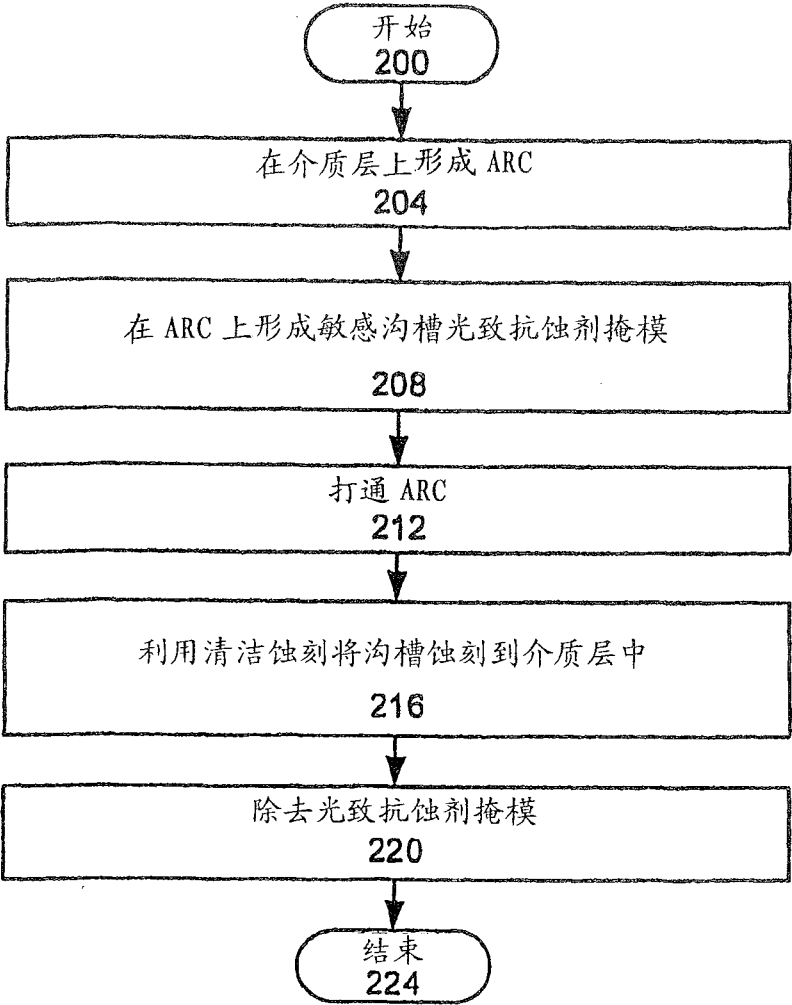


图 2

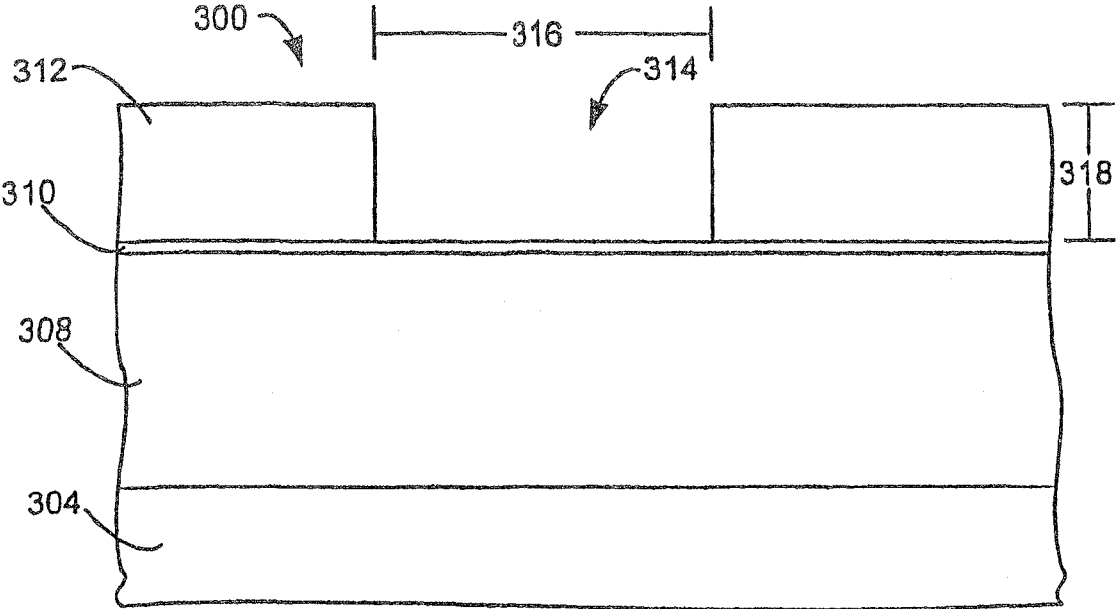


图 3A

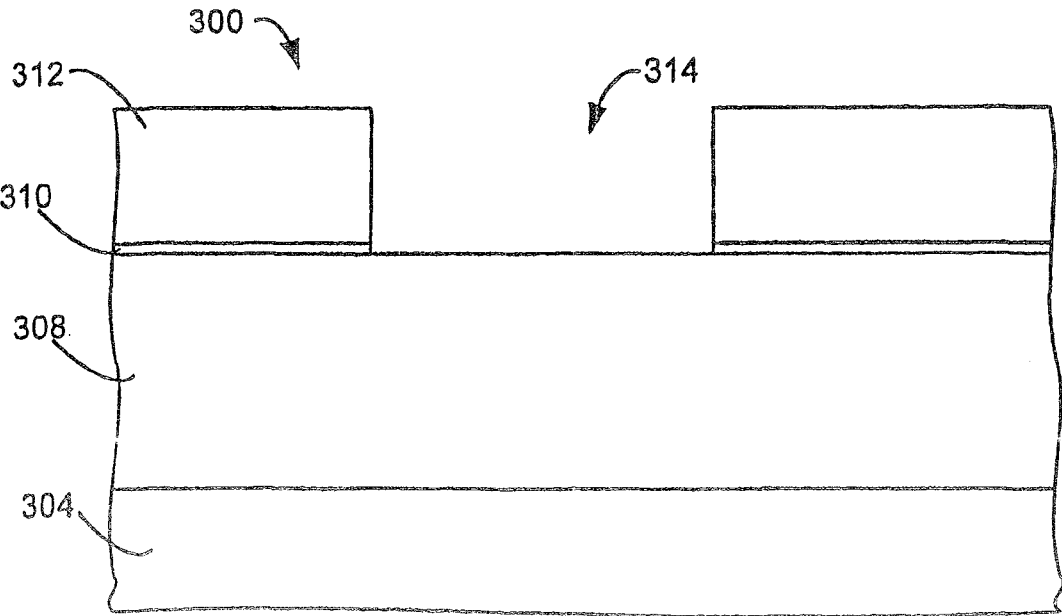


图 3B

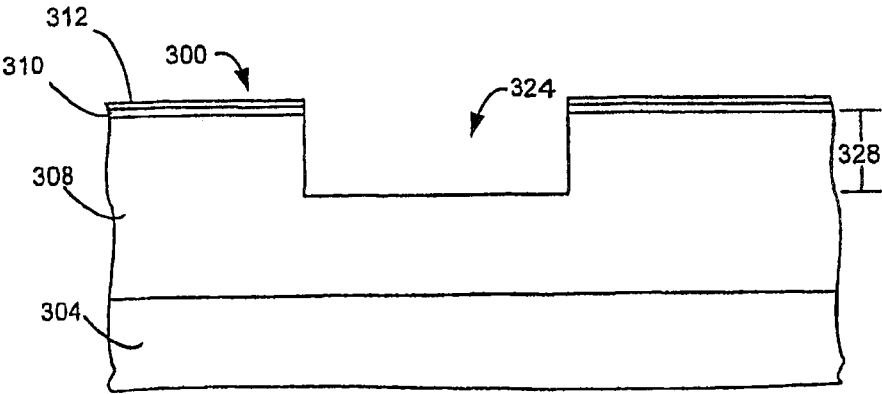


图 3C

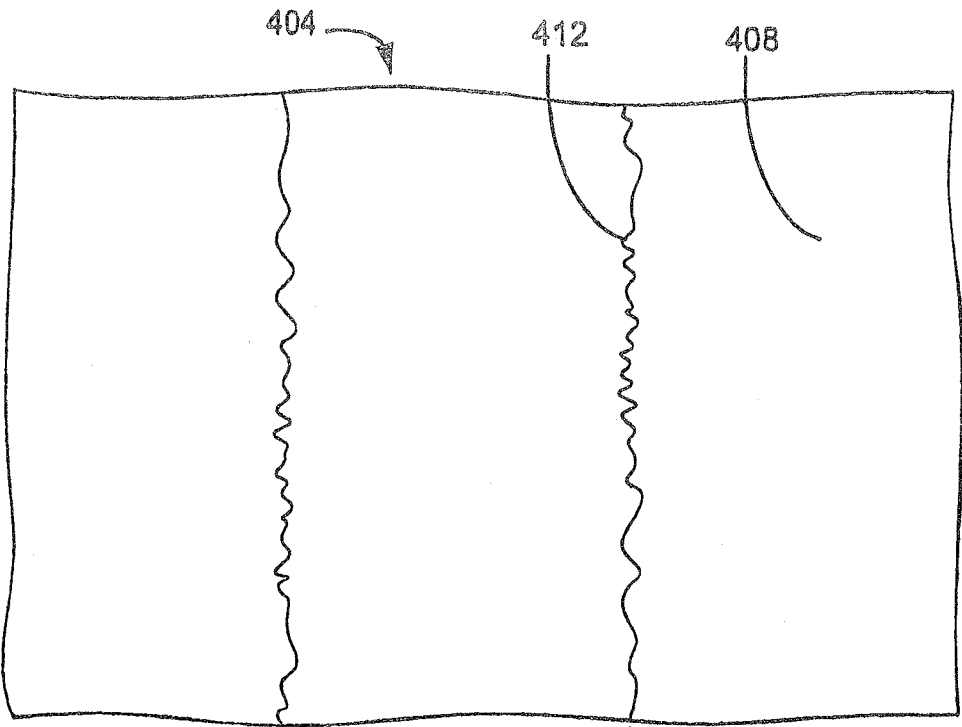


图 4A

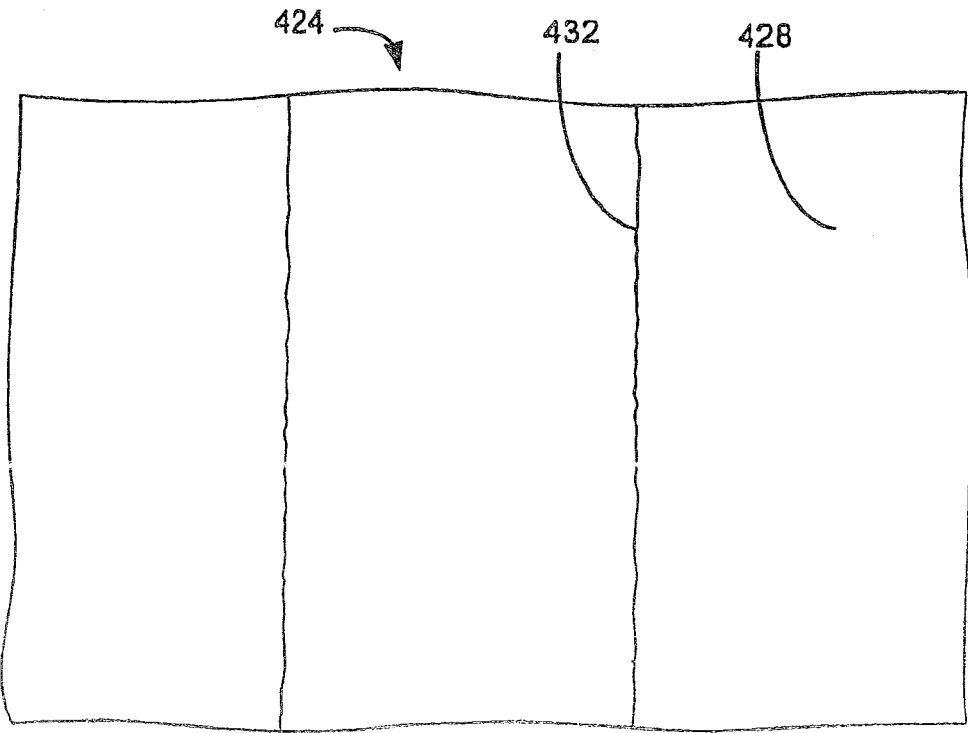


图 4B

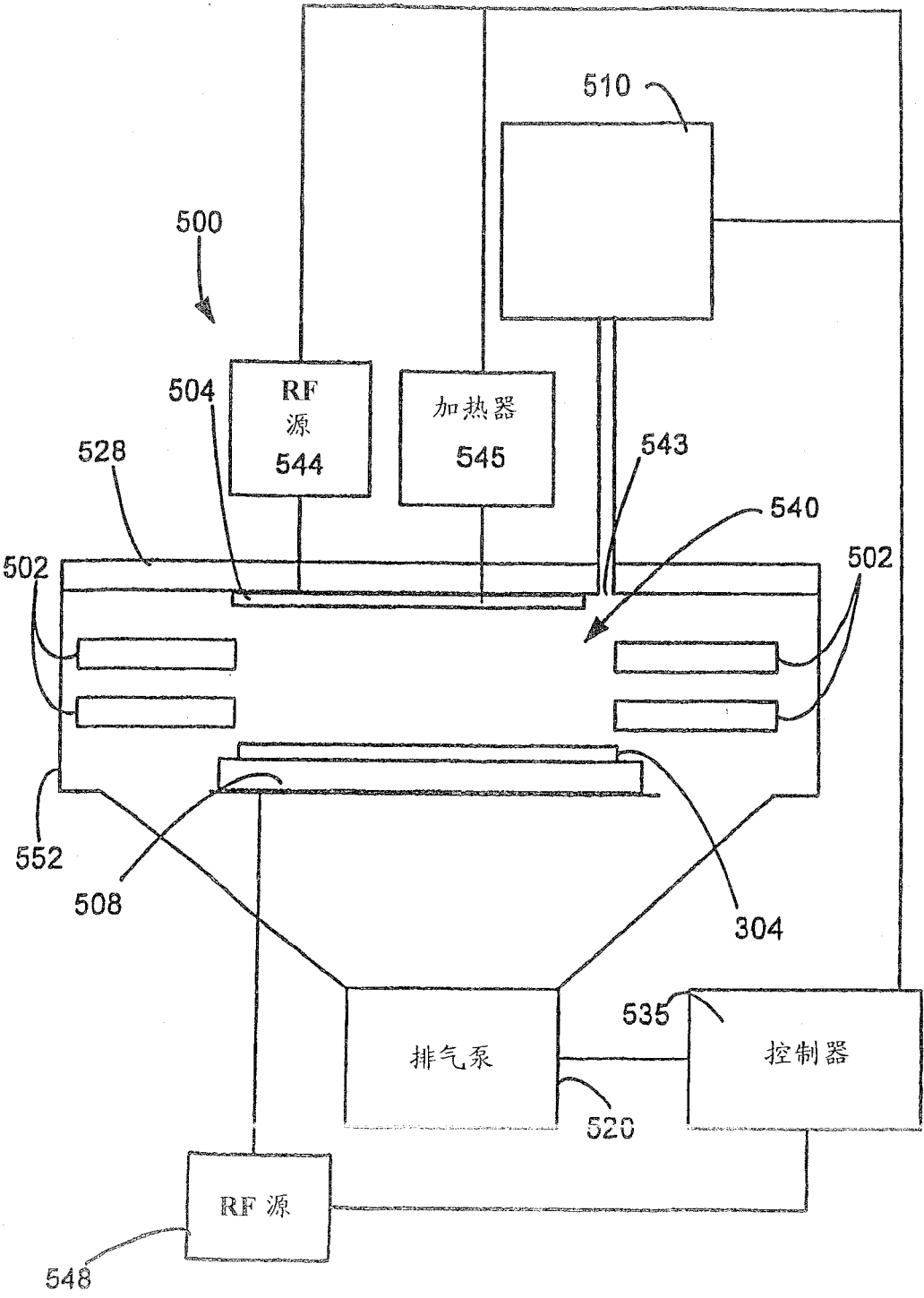


图 5

