



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103180483 B

(45) 授权公告日 2015.09.23

(21) 申请号 201180051170.7

代理人 徐金国 赵静

(22) 申请日 2011.09.06

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G23C 14/40(2006.01)

61/384,028 2010.09.17 US

G23C 14/02(2006.01)

13/223,788 2011.09.01 US

G23C 14/58(2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2013.04.23

US 6642146 B1, 2003.11.04, 说明书第9栏第35行至第10栏第6行、第16栏第5-52行、第17栏第10-15行、图1I, 3A, 3F, 4A-4C.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/050507 2011.09.06

CN 101730930 A, 2010.06.09, 权利要求20、说明书第2,6段.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/036936 EN 2012.03.22

US 20020041028 A1, 2002.04.11, 全文.

(73) 专利权人 应用材料公司

US 20060014378 A1, 2006.01.19, 全文.

地址 美国加利福尼亚州

US 6642146 B1, 2003.11.04, 说明书第9栏第35行至第10栏第6行、第16栏第5-52行、第17栏第10-15行、图1I, 3A, 3F, 4A-4C.

(72) 发明人 卡尔·布朗 艾伦·里奇

约翰·皮比通 芮英

丹尼尔·J·霍夫曼

审查员 许羽冬

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

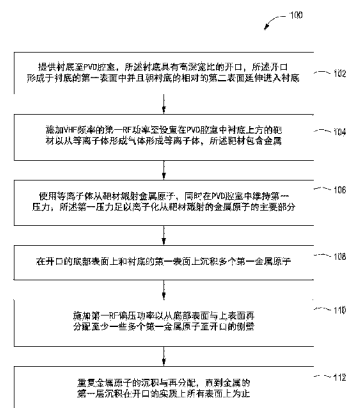
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

用于在高深宽比的特征结构中沉积金属的方法

(57) 摘要

在此提供在高深宽比特征结构中沉积金属的方法。一些实施例中，一种处理衬底的方法包括以下步骤：施加VHF频率的RF功率至包含金属的靶材以从等离子体形成气体形成等离子体，所述靶材配置在所述PVD腔室中于所述衬底上方；使用所述等离子体从所述靶材溅射金属原子，同时在所述PVD腔室中维持第一压力，所述第一压力足以离子化溅射的所述金属原子的主要部分；将所述离子化的金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的第一表面上；施加第一RF功率以从所述底部表面与上表面再分配至少一些沉积的所述金属原子至所述开口的侧壁；以及重复所述沉积工艺与所述再分配工艺，直到金属的第一层沉积在所述开口的实质上所有表面上为止。



CN 103180483 B

1. 一种在物理气相沉积 (PVD) 腔室中处理衬底的方法, 所述衬底具有开口, 所述开口形成在所述衬底的第一表面中并且朝向所述衬底的相对的第二表面延伸进入所述衬底, 所述开口具有至少 5:1 的高度与宽度的深宽比, 所述方法包括以下步骤:

施加 VHF 频率的 RF 功率至靶材以从等离子体形成气体形成等离子体, 所述靶材与所述衬底以隔开的关系设置, 并且所述靶材包含待沉积在所述衬底上的金属, 其中所述靶材和所述衬底彼此相对设置;

使用所述等离子体从所述靶材溅射金属原子, 同时在所述 PVD 腔室中维持第一压力, 所述第一压力足以离子化溅射的所述金属原子的主要部分;

将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的所述第一表面上;

施加 100Hz 到 10kHz 的脉冲频率的第一 RF 功率至设置在所述衬底下方的第一电极, 以从所述底部表面与第一表面再分配至少一些沉积的所述金属原子至所述开口的侧壁, 其中离子化的所述金属原子沉积达第一段时间, 沉积的所述金属原子被再分配达第二段时间, 所述第一段时间是所述第二段时间的 4 倍到 5 倍长;

重复所述离子化的金属原子的所述沉积以及沉积的所述金属原子的所述再分配, 直到所述金属的第一层沉积在所述开口的实质上所有表面上为止;

其中施加所述第一 RF 功率以再分配至少一些沉积的所述金属原子的步骤进一步包含以下步骤: 施加第二 RF 偏压功率至所述电极, 所述第二 RF 偏压功率是与所述第一 RF 功率同时被施加;

其中所述第一 RF 功率控制邻近所述衬底的等离子体能量, 而所述第二 RF 偏压功率控制邻近所述衬底的等离子体能量的分布; 以及

其中以第一频率施加所述第一 RF 功率, 且其中以第三频率施加所述第二 RF 偏压功率, 所述第三频率大于所述第一频率。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的所述第一表面上的步骤进一步包含以下步骤:

施加高达 50 瓦的第二 RF 功率至所述电极, 以引导离子化的溅射的所述金属原子朝向所述开口的所述底部表面。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 所述方法进一步包含以下步骤:

施加 DC 功率至所述靶材, 以引导所述等离子体朝向所述靶材。

4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中施加所述第一 RF 功率以再分配至少一些沉积的所述金属原子的步骤进一步包含以下步骤:

减少或关掉所述 DC 功率, 以防止使用所述等离子体从所述靶材溅射金属原子同时再分配至少一些所述沉积的金属原子至所述侧壁。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第二段时间等于重复 RF 脉冲偏压工艺的单一脉冲。

6. 一种计算机可读媒体, 所述计算机可读媒体具有指令, 所述指令储存在所述计算机可读媒体上, 当执行所述指令时, 所述指令引发物理气相沉积 (PVD) 腔室执行一种处理衬底的方法, 所述衬底具有开口, 所述开口形成在所述衬底的第一表面中并且朝向所述衬底的相对的第二表面延伸进入所述衬底, 所述开口具有至少 5:1 的高度与宽度的深宽比, 所

述方法包括：

施加 VHF 频率的 RF 功率至靶材以从等离子体形成气体形成等离子体，所述靶材与所述衬底以隔开的关系设置，并且所述靶材包含待沉积在所述衬底上的金属，其中所述靶材和所述衬底彼此相对设置；

使用所述等离子体从所述靶材溅射金属原子，同时在所述 PVD 腔室中维持第一压力，所述第一压力足以离子化溅射的所述金属原子的主要部分；

将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的所述第一表面上；

施加 100Hz 到 10kHz 的脉冲频率的第一 RF 功率至设置在所述衬底下方的第一电极，以从所述底部表面与第一表面再分配至少一些沉积的所述金属原子至所述开口的侧壁，其中离子化的所述金属原子沉积达第一段时间，沉积的所述金属原子被再分配达第二段时间，所述第一段时间是所述第二段时间的 4 倍到 5 倍长；

重复所述离子化的金属原子的所述沉积以及沉积的所述金属原子的所述再分配，直到所述金属的第一层沉积在所述开口的实质上所有表面上为止；

其中施加所述第一 RF 功率以再分配至少一些沉积的所述金属原子的步骤进一步包含以下步骤：施加第二 RF 偏压功率至所述电极，所述第二 RF 偏压功率是与所述第一 RF 功率同时被施加；

其中所述第一 RF 功率控制邻近所述衬底的等离子体能量，而所述第二 RF 偏压功率控制邻近所述衬底的等离子体能量的分布；以及

其中以第一频率施加所述第一 RF 功率，且其中以第三频率施加所述第二 RF 偏压功率，所述第三频率大于所述第一频率。

7. 如权利要求 6 所述的计算机可读媒体，其中将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的所述第一表面上的步骤进一步包括以下步骤：施加 DC 功率至所述靶材，以引导所述等离子体朝向所述靶材。

8. 如权利要求 6 所述的计算机可读媒体，其中将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的所述第一表面上的步骤进一步包括以下步骤：施加高达 50 瓦的第二 RF 功率至所述电极，以引导离子化的溅射的所述金属原子朝向所述开口的所述底部表面。

用于在高深宽比的特征结构中沉积金属的方法

[0001] 领域

[0002] 本发明的实施例大体上涉及在高深宽比的特征结构中沉积金属的方法,所述高深宽比的特征结构是形成在衬底上。

[0003] 背景

[0004] 直通硅穿孔 (through silicon via, TSV) 或类似技术需要连续的含金属层,所述连续的含金属层是待沉积于衬底上的高深宽比特征结构内。例如,所述待沉积的含金属层可以是阻挡层,以防止材料从所述特征结构扩散进入所述衬底;或者所述待沉积的含金属层可以是种晶层,所述种晶层可以用作为通过电镀或其它适合技术填充所述特征结构的模板。高深宽比的特征结构例如可包括具有约 5:1 以上的深宽比的特征结构。

[0005] 发明人已经开发改良的技术以将连续的含金属层沉积在高深宽比的特征结构中。

发明内容

[0006] 在此提供在高深宽比特征结构中沉积金属的方法。一些实施例中,有一种在物理气相沉积 (PVD) 腔室中处理衬底的方法,所述衬底具有开口,所述开口形成在所述衬底的第一表面中并且朝向所述衬底的相对的第二表面延伸进入所述衬底,所述开口具有至少 5:1 的高度与宽度的深宽比,所述方法包括以下步骤:施加 VHF 频率的射频 (RF) 功率至包含金属的靶材以从等离子体形成气体形成等离子体,所述靶材设置在所述 PVD 腔室中于所述衬底上方;使用所述等离子体从所述靶材溅射金属原子,同时在所述 PVD 腔室中维持第一压力,所述第一压力足以离子化溅射的所述金属原子的主要部分 (predominant portion);将离子化的所述金属原子沉积在所述开口的底部表面上以及沉积在所述衬底的第一表面上;施加第一 RF 功率以从所述底部表面与第一表面再分配至少一些沉积的所述金属原子至所述开口的侧壁;以及重复所述离子化的金属原子的所述沉积以及所述沉积的金属原子的所述再分配,直到所述金属的第一层沉积在所述开口的所述底部表面与侧壁为止。于下文中描述本发明其它与进一步的实施例。

[0007] 附图简要说明

[0008] 通过参考附图中所绘的说明性的本发明实施例,可获得于如上简要总结及下文中详述的本发明的实施例。然而应注意附图仅说明此发明的典型实施例,而不应将所述附图视为限制本发明的范围,因为本发明可容许其它等效实施例。

[0009] 图 1 描绘根据本发明一些实施例用于处理衬底的方法的流程图。

[0010] 图 2A 至图 2G 描绘根据本发明一些实施例填充高深宽比开口的阶段。

[0011] 图 3 描绘根据本发明一些实施例的物理气相沉积 (PVD) 腔室的示意剖面视图。

[0012] 为了促进理解,在尽可能的地方使用相同元件符号指定各图共同的不同元件。所述图并非按照比例尺绘制且为了清楚起见而经过简化。应考虑一个实施例的元件与特征可有利地结合其它实施例而无须进一步记叙。

[0013] 具体描述

[0014] 发明人已经发现,传统的直流 (DC) 溅射 (诸如在 DC 物理气相沉积 (DC PVD) 腔室

中执行的溅射)具有狭窄的角分布(angular distribution),所述狭窄的角分布能够对金属在高深宽比特征结构的垂直侧壁上的沉积造成限制。发明人已经进一步发现,DC PVD 工艺一般所需的高偏压功率能够引发过量的沉积金属再溅射,沉积金属再溅射会非期望地在特征结构中产生悬垂物(overhang)或小平面(facet)。此类悬垂物或小平面可能造成在特征结构中形成空洞。因此,发明人已经提供用于在衬底上形成的高深宽比特征结构中沉积金属的方法实施例。本发明的方法的实施例可有利地提供使用金属连续覆盖高深宽比特征结构的表面同时减少悬垂物或小平面,这些悬垂物或小平面可能引发在高深宽比特征结构中形成空洞。本发明的方法的实施例可与直通硅穿孔(TSV)应用(例如,无论是用于穿孔在先或穿孔在后的制造方法)一并使用,也可与其它某些适合的应用一并使用,所述应用中,沉积连续金属层可以是有利的。

[0015] 图1描绘根据本发明一些实施例用于处理衬底的方法100的流程图。在下文中针对如图2所绘的填充高深宽比特征结构的阶段描述所述方法100。可以在任何具有DC及射频(RF)功率源二者的适合的PVD处理腔室中执行方法100,所述腔室诸如为下文中所述及图3中所绘的处理腔室300。

[0016] 方法100是以提供衬底200至PVD腔室而开始于102,所述PVD腔室例如为处理腔室300。衬底200包括高深宽比的开口202,所述开口形成于所述衬底200的第一表面204中并且朝向衬底200的相对的第二表面206延伸进入衬底200。衬底200可以是具有高深宽比开口形成在上面的任何适合的衬底。例如,衬底200可以包含硅(Si)、氧化硅(SiO_2)、氮化硅(SiN)或其它介电材料中的一或多个者。此外,衬底200可包括额外的几层材料或可具有一或多个形成在所述衬底中或所述衬底上的完成或部分完成的结构。

[0017] 所述开口可以是任何具有高深宽比的开口,诸如用于形成穿孔(via)、沟槽、双镶嵌结构或类似物的开口。一些实施例中,开口202可具有至少约5:1的高度与宽度的深宽比(例如,高深宽比)。例如,在一些实施例中,所述深宽比可为约10:1以上,诸如约15:1以上。所述开口202可通过使用任何适合的蚀刻工艺蚀刻衬底而形成。如图所示,所述开口202包括底部表面208与侧壁210。

[0018] 一些实施例中,在如下文中所述的沉积金属原子之前,底部表面208与侧壁210可被一或多层覆盖。例如(及如图2A中虚线所示),开口202的底部表面与侧壁以及衬底200的第一表面可被氧化物层212(诸如为氧化硅(SiO_2))、硅(Si)、氮化硅(SiN)或其它介电材料覆盖。在提供衬底200至PVD腔室前,可例如在化学气相沉积(CVD)腔室或在氧化腔室中沉积或生长氧化物层。氧化物层212可充当衬底与含金属层(待后续沉积在所述开口中)之间的电阻阻挡物及/或实体阻挡物(physical barrier),及/或所述氧化物层212可用作在下文所讨论的沉积工艺期间比原生衬底表面更优良的用于附着的表面。

[0019] 一些实施例中,阻挡层214可沉积在氧化物层212(如图所示)的顶上,或如果氧化物层不存在的话,那么阻挡层214可沉积在所述开口的底部表面与侧壁及衬底的第一表面顶上。阻挡层214可起到如上文所讨论的氧化物层212的类似的作用。一些实施例中,阻挡层214可包括钛(Ti)、氮化钛(TiN)、钽(Ta)、氮化钽(TaN)或其它材料的至少一者。可通过任何适合的方法(诸如通过CVD或PVD)沉积阻挡层214以在开口202中形成连续阻挡层,所述适合的方法包括通过使用下文所述的方法100。

[0020] 一些实施例中(及如图2A中的虚线所示),开口202可完全延伸通过衬底200,且

第二衬底 218 的表面 216 可形成开口 202 的底部表面 208。第二衬底 218 可配置成邻接衬底 200 的第二表面 206。再者（如图 2F 所示及如下文所讨论），诸如逻辑器件或类似物这样的器件或需要电连接性的器件的一部分（诸如栅极、接触垫、传导通孔或类似物）可配置在第二衬底 218 的表面 216 中并且对准开口 202。

[0021] 在 104，以 VHF 频率施加 RF 功率（诸如来自 RF 功率源 318 的功率，于下文中描述）至包含金属的靶材以从等离子体形成气体形成等离子体，而所述靶材设置在衬底 200 上方。例如，所述靶材可以是下文中讨论的靶材 306。进一步地，所述靶材可包括金属、金属合金或类似物中的一或多者，适合用于在开口 202 的表面以及衬底 200 的第一表面 204 上形成连续阻挡层或种晶层。例如，所述靶材可包含钛 (Ti)、钽 (Ta)、铜 (Cu)、铝 (Al) 或类似物中的一或多者。等离子体形成气体可包括惰气，诸如稀有气体或其它惰气。例如，适合的等离子体形成气体的非限制性实例可包括氩气 (Ar)、氦气 (He)、氙气 (Xe)、氖气 (Ne)、氢气 (H₂)、氮气 (N₂) 或类似气体。

[0022] 可施加 VHF 频率的 RF 功率以用于以下用途的一或多者：从等离子体形成气体形成等离子体以及将由等离子体从靶材所溅射的金属原子离子化。如在此所用，VHF 频率是范围从约 27MHz 至约 100MHz 的频率。一些实施例中，所施加的 VHF 频率为约 60MHz。例如，增加 VHF 频率可增加等离子体密度及 / 或从靶材溅射的金属原子中离子化的量。

[0023] 可例如从 DC 功率源 320（所述功率源与靶材 306 耦接）将 DC 功率施加至靶材以将等离子体朝靶材导引，如下文所述。DC 功率范围可从约 1 千瓦 (kW) 至约 2kW。一些实施例中，DC 功率可为约 1-5kW，或大约 2kW。可调整 DC 功率以控制溅射的金属原子在衬底上的沉积速率。例如，增加 DC 功率可造成等离子体与靶材的交互作用增加，并且造成金属原子从靶材的溅射增加。

[0024] 在 106，使用等离子体将金属原子从靶材溅射，同时在 PVD 腔室中维持第一压力，所述第一压力足以离子化从靶材所溅射的金属原子的主要部分 (predominant portion)。例如，金属原子的主要部分可为等离子体所溅射的金属原子的总数的约 60% 至约 90% 的范围。除了所施加的第一 RF 功率与 DC 功率之外，第一压力还可取决于处理腔室的几何尺寸（诸如衬底尺寸、靶材至衬底的距离与类似者）。例如，在装设有靶材至衬底间隙为约 60 毫米至 90 毫米 (mm) 的腔室中，第一压力的范围可从约 6 毫托至约 140 毫托 (mT)。一些实施例中，第一压力约 100 毫托。等离子体形成气体的流速及 / 或额外气体（诸如惰气）的流速可维持腔室中的第一压力，所述额外气体可与等离子体形成气体共同流入。第一压力可在靶材与衬底之间提供高密度的气体分子，藉由这些高密度的气体分子，溅射的金属原子可碰撞并且被离子化。可另外利用压力控制从靶材所溅射的金属原子的离子化量。例如，增加靶材至衬底的间隙中的压力可增加与金属原子的碰撞数目并且增加离子化金属原子的量。

[0025] 在 108，多个第一金属原子 220 沉积在衬底 200 的第一表面 204 与开口 202 的底部表面 208 上，如图 2B 所示。可使用如上文所讨论的处理条件（诸如第一压力、第一 RF 功率、DC 功率及 / 或 VHF 频率）沉积多个第一金属原子 220。此类处理条件可以促进将多个第一金属原子 220 大约垂直地导引至衬底 200，如图 2B 所示。在一些实施例中，在沉积多个第一金属原子 220 期间，可施加视情况任选的 RF 功率至衬底 200，例如，施加至设置在衬底 200 下方（诸如，在衬底支撑件内）的电极。可在从约 2MHz 至约 13.56MHz 的范围的频率下及

高达约 50W 的功率下施加 RF 功率（也指 RF 偏压功率）。一些实施例中，RF 偏压功率的频率可为约 2MHz 或约 13.56MHz，或者如果另一 RF 功率源额外地耦接 PVD 腔室的衬底支撑底座（或衬底支撑底座中所含的电极），则 RF 偏压功率的频率可为约 2MHz 及约 13.56MHz 二者。在沉积多个第一金属原子 220 的同时所提供的视情况任选的 RF 偏压功率可以很小，以尽量减少沉积金属原子的能量，诸如尽量减少任何悬垂物形成于开口 202 的口部（mouth）上方。

[0026] 在 110，施加第一 RF 功率（在此也指第一 RF 偏压功率）至衬底下方所设置的电极，以从开口 202 的底部表面 208 再分配至少一些多个第一金属原子 220 至开口 202 的侧壁 210，如图 2C 中所示。可施加范围从约 2MHz 至约 13.56MHz 的频率的第一 RF 偏压功率。例如，在一些实施例中，第一 RF 偏压功率的频率可以是约 2MHz 或约 13.56MHz，或者若视情况任选的第二 RF 偏压功率源（如图 3 中所示的第二 RF 偏压功率源 363）额外地耦接衬底支撑底座 302（如图 3 所示及如下文中所述），则 RF 偏压功率的频率可为约 2MHz 及约 13.56MHz 二者。第一 RF 偏压功率可用于增加离子能量及 / 或入射在衬底 200 上的离子 224 的入射角度，如图 2C 所示。例如，入射在衬底 200 上的离子可包括离子化金属原子、来自等离子体的离子化成分（elements）或前述二者的组合。可增加第一 RF 偏压功率，以增加离子能量，例如以增加开口 202 的底部表面 208 上离子对沉积的金属原子的撞击（impact），如图 2B 所示。开口的底部表面 208 上增加的离子撞击可促进将金属原子的至少一些多个第一金属原子 220 再分配至侧壁 210 上（如图所示）。第一 RF 偏压功率可实质上大于上文所讨论的沉积多个第一金属原子 220 期间所施加的视情况任选的 RF 偏压功率。例如，第一 RF 偏压功率可大于约 50W，或范围从约 0 至约 200W。一些实施例中，第一 RF 偏压功率是约 50W。

[0027] 同时利用第一 RF 偏压功率与第二 RF 偏压功率（如上文所讨论）的一些实施例中，第一 RF 偏压功率可用于控制邻近衬底 200 的离子能量，而第二 RF 偏压功率可用于控制邻近衬底 200 的离子能量中的分布。

[0028] 一些实施例中（且亦如图 2C 中所示），至少一些多个第一金属原子 220 可从衬底 200 的第一表面 204 再分配进入开口 202。例如，如图 2C 所示，由于离子 224 相对衬底 200 的入射角非垂直（这至少部分是因为所施加的第一 RF 偏压功率所致），至少一些多个第一金属原子 220 可从第一表面 204 再分配到开口 202 的侧壁 210。

[0029] 一些实施例中，在 112 的再分配期间，可以实质上减少或中止在 108 的多个第一金属原子 220 的沉积。例如（且在一些实施例中），在再分配期间，可减少或关掉施加到靶材的 DC 功率，以防止金属原子从靶材溅射。在再分配期间，可利用此类实施例下调（scale back）第一表面 204 或底部表面 208 上沉积的金属原子层的厚度。因此，在此实施例中，入射在衬底 200 上的离子 224 可实质上包含等离子体形成气体的离子化成分。

[0030] 或者，在一些实施例中，在 112，可维持 DC 功率，以持续使用等离子体从靶材溅射金属原子同时将至少一些多个第一金属原子 220 再分配到侧壁 210。以替代方式或结合方式，在 112，可维持施加到靶材的 RF 源功率或第一压力的至少一者以持续沉积多个第一金属原子 220 同时再分配至少一些多个第一金属原子 220。一些实施例中，在 112，将第一压力减少到第二压力，以减少离子化金属原子入射在衬底 200 上的量及 / 或减少等离子体密度，而造成再分配至少一些多个第一金属原子 220 期间金属原子从靶材的溅射减少。第二压力范围可从约 20mTorr 至约 80mTorr。

[0031] 在 112, 可重复于 108 的沉积与于 110 的金属原子的再分配, 直到第一金属层 230 沉积在开口 202 的实质上所有表面上为止, 如图 2F 所示。例如, 在 108 的沉积的第二反复中, 多个第二金属原子 228 可沉积在多个第一金属原子 220 顶上 (所述多个第一金属原子 220 位在衬底 200 的第一表面 204 上及开口 202 的底部表面 208 上), 如图 2D 所示。可使用上文所讨论的使用于多个第一金属原子 220 的任一或所有处理条件沉积多个第二金属原子 228。可使用在多个第一金属原子 220 中相同的处理条件沉积多个第二金属原子 228, 或者, 可取决于第一层的期望厚度需求等而改变处理条件。进一步而言, 多个第二金属原子 228 是与多个第一金属原子 220 相同的金属。

[0032] 类似地, 在 110 的再分配的第二反复中, 施加第一 RF 偏压功率以从开口 202 的底部表面 208 再分配至少一些多个第二金属原子 228 至开口 202 的侧壁 210, 如图 2E 中所示。可使用上文所讨论的使用于多个第一金属原子 220 的任一或所有处理条件再分配多个第二金属原子 228。例如, 入射到衬底上的离子 229 可实质上类似前文所讨论的离子 224, 所述离子 229 可用于再分配至少一些多个第二金属原子 228 到开口 202 的侧壁 210。

[0033] 在 108 的沉积可发生第一段时间, 而在 110 的再分配可发生第二段时间, 所述第二段时间有别于所述第一段。一些实施例中, 离子化金属原子沉积达第一段时间, 所述第一段时间是第二段时间 (所述第二段时间内, 沉积的金属原子被再分配) 的大约 4 倍到大约 5 倍长。例如, 达第二段时间的沉积的金属原子的再分配 (或达第二段时间的第一 RF 偏压功率的施加) 可等同于重复 RF 脉冲偏压工艺的单一脉冲。例如, 所述再分配的第一反复可为第一脉冲, 而所述再分配的第二反复可为第二脉冲。进一步而言, 可额外有第三反复与进一步的多个反复, 直到第一层 230 被沉积达到期望厚度及 / 或所述第一层充分覆盖所述开口 202 的实质上所有表面为止。在一些实施例中, 脉冲的频率范围可以从约 100 赫 (Hz) 至约 10 千赫 (kHz), 其中所述脉冲包含施加第一 RF 偏压功率达第二段时间。

[0034] 在于 112 第一层 230 形成之后, 所述方法 100 大体上结束, 而衬底可持续供进一步处理, 所述处理例如是通过于第一层 230 顶上沉积材料 232 以填充开口 202, 如图 2G 中所绘。可通过任何适合的技术沉积材料 232, 所述技术诸如通过电镀。例如, 第一层 230 可用作种晶层, 而所述材料通过电镀工艺被镀覆在所述种晶层上。材料 232 可包括金属、金属合金或类似物。一些实施例中, 所述材料包含铜 (Cu) 或钨 (W) 中的一或多者。在一些实施例中, 沉积的材料与第一层 230 的金属是相同材料。

[0035] 在一些实施例中 (且如上文中针对图 2A 所讨论的), 在执行上文所述的 104-114 之前, 可已提供第二衬底 218。因此, 如图 2G 所示, 可将第二衬底 218 设置成邻接衬底 200 的第二表面 206, 其中开口 202 完全延伸通过衬底 200, 并且第二衬底 218 的表面 216 形成开口 202 的底部表面。进一步而言, 可在第二衬底中设置器件或导电特征结构 234, 并且将所述器件或导电特征结构 234 暴露在表面 216, 其中所述器件或导电特征结构 234 对准开口 202。衬底 200 的第一表面 204 可经进一步处理以移除沉积的金属原子。例如, 化学机械研磨技术、蚀刻或类似技术可用于从第一表面 204 移除沉积的金属原子, 如图 2G 所示。

[0036] 在一些实施例中, 如前文所述的已沉积材料 232 之后, 可从衬底 200 的第二表面 206 移除材料以暴露第一层 230 或沉积的材料 232 (在图 2G 图中示出第一层 230 被暴露) 的至少一者。从第二表面 206 移除材料可由化学机械研磨或上文所述用于将沉积的金属从衬底 200 的第一表面 204 移除的类似技术执行。

[0037] 在从第二表面 206 移除材料以暴露第一表面 230 或沉积的材料 232 的至少一者之后,衬底 200 的第二表面 206 可耦接第二衬底 218 的表面 216。一些实施例中,在第二衬底 218 的表面 216 处暴露的器件或导电特征结构 234 可对准衬底 200 中的开口 202。

[0038] 图 3 描绘根据本发明的一些实施例的物理气相沉积腔室(处理腔室 300)的示意剖面视图。适合的 PVD 腔室的实例包括 ALPS[®] Plus 与 SIP ENCORE[®] PVD 处理腔室,这两种腔室都可购自美国加州圣克拉拉(Santa Clara)的应用材料公司。来自应用材料公司或其它制造商的其它处理腔室也可受益于在此揭示的本发明的设备。

[0039] 处理腔室 300 含有溅射源(诸如靶材 306)以及衬底支撑底座 302,所述衬底支撑底座 302 用于在所述衬底支撑底座 302 上接收衬底 304。衬底支撑底座 302 可位于接地包壳壁 308 内,所述接地包壳壁可以是腔室壁(如图所示)或接地屏蔽(接地屏蔽 340 显示为在靶材 306 上方覆盖至少腔室 300 的一些部分)。一些实施例中,接地屏蔽 340 可在靶材下方延伸而也包围底座 302。

[0040] 一些实施例中,处理腔室包括馈送结构,所述馈送结构用于将 RF 与 DC 能量耦合靶材 306。馈送结构是用于将 RF 与 DC 能量耦合靶材的设备,或者是将 RF 与 DC 能量耦合含有靶材的组件的设备,例如,如在此所述的设备。馈送结构的第一端可耦接 RF 功率源 318 以及 DC 功率源 320,所述 RF 功率源 318 以及 DC 功率源 320 可分别用于提供 RF 与 DC 能量至靶材 306。例如,DC 功率源 320 可用于施加负电压(或偏压)至靶材 306。在一些实施例中,由 RF 功率源 318 供应的 RF 能量的频率范围可在约 2MHz 至约 60MHz,或者举例而言,可使用非限制性的频率,诸如 2MHz、13.56MHz、27.12MHz 或 60MHz。在一些实施例中,可设置多个 RF 功率源(即两个以上)以提供多个前述频率的 RF 能量。馈送结构可由适合的导电材料制造,以从 RF 功率源 318 与 DC 功率源 320 传导 RF 与 DC 能量。

[0041] 一些实施例中,馈送结构可具有适合的长度,所述长度促进 RF 与 DC 能量分别在馈送结构周边附近实质上均匀分布。例如,一些实施例中,馈送结构可具有约 1 英寸至约 12 英寸之间或约 4 英寸的长度。一些实施例中,主体可具有至少约 1:1 的长度与内径(inner diameter)比。提供至少 1:1 以上的比例提供了更均匀的从馈送结构的 RF 传送(即 RF 能量更加均匀地分布在馈送结构周围,以约略地 RF 耦合到馈送结构的真实中心点)。馈送结构的内径可尽可能小,例如,在直径上为从约 1 英寸至约 6 英寸,或约 4 英寸。提供较小的内径有助于改善长度与 ID 的比例而不至于增加馈送结构的长度。

[0042] 馈送结构的第二端可耦接源分配板 322。源分配板包括孔 324,所述孔 324 设置成通过源分配板 322 并且对准馈送结构的中央开口。源分配板 322 可由适合的导电材料制造,以从馈送结构传导 RF 与 DC 能量。

[0043] 源分配板 322 可通过导电构件 325 耦接靶材 306。导电构件 325 可为管状构件,所述管状构件具有第一端 326,所述第一端 326 在源分配板 322 的周边边缘附近耦接源分配板 322 的面向靶材表面 328。导电构件 325 进一步包括第二端 330,所述第二端 330 在所述靶材 306 的周边边缘附近耦接靶材 306 的面向源分配板的表面 332(或耦接靶材 306 的背衬板 346)。

[0044] 空穴 334 可由导电构件 325 的面向内的壁、源分配板 322 的面向靶材的表面 328 以及靶材 306 的面向源分配板的表面 332 所界定。空穴 334 通过源分配板 322 的孔 324 与主体的中央开口 315 流体连通式(fluidly)耦接。空穴 334 与主体的中央开口 315 可用于

至少部分容纳 (house) 可旋转磁电管组件 336 的一或多个部分,如图 3 所示及如下文进一步所述。一些实施例中,空穴可至少部分被冷却流体(诸如水(H₂O)或类似物)所填充。

[0045] 可设置接地屏蔽 340 以覆盖处理腔室 300 的盖的外侧表面。接地屏蔽 340 可例如经由腔室主体的接地连接件而耦接接地端。接地屏蔽 340 具有中央开口,使得馈送结构得以通过接地屏蔽 340 而被耦接至源分配板 322。接地屏蔽 340 可包含任何适合的导电材料,诸如铝、铜或类似物。绝缘间隙 339 是设置在分配板 322、导电构件 325 及靶材 306(及/或背衬板 346)的外表面与接地屏蔽 340 之间,以防止 RF 与 DC 能量被直接传输(route)至接地端。绝缘间隙可用空气或一些其它适合的介电材料填充,所述介电材料诸如为陶瓷、塑料或类似物。

[0046] 一些实施例中,接地套环可设置在主体及馈送结构的下部周围。所述接地套环耦接接地屏蔽 340,并且接地套环可以是接地屏蔽 340 的一体的(integral)部件,或者可以是耦接接地屏蔽的单独的部件,所述接地套环提供馈送结构的接地。接地套环 340 可由适合的导电材料所制成,诸如铝或铜。在一些实施例中,设置在接地套环的内径与馈送结构的主体外径之间的间隙可以被维持在最小值,并且可将所述间隙维持成正好足以提供电隔离。可用隔离材料(如塑料或陶瓷)填充所述间隙,或所述间隙可为空气间隙。接地套环防止 RF 馈送件(例如电馈送件 205,在下文中讨论)与主体之间的串扰(cross-talk),因而改善了等离子体以及处理的均匀度。

[0047] 可将隔离板 338 设置在源分配板 322 与接地屏蔽 340 之间,以防止 RF 与 DC 能量被直接传输到接地端。隔离板 338 具有中央开口以使得馈送结构得以通过所述隔离板 338 并且得以耦接源分配板 322。所述隔离板 338 可包含适合的介电材料,诸如陶瓷、塑料或类似物。或者,可设置空气间隙以取代隔离板 338。在设置空气间隙取代隔离板的实施例中,接地屏蔽 340 可在结构上牢固足以支撑任何安置在接地屏蔽 340 上的部件。

[0048] 靶材 306 可以通过介电隔离件 344 被支撑在接地的导电铝适配器 342 上。靶材 306 包含溅射期间待沉积在衬底 304 上的材料,诸如金属或金属氧化物。一些实施例中,背衬板 346 可耦接靶材 306 的面向源分配板的表面 332。背衬板 346 可包含导电材料,诸如铜、铜铬或与靶材相同的材料,使得 RF 与 DC 功率可经由背衬板 346 耦合靶材 306。或者,背衬板 346 可以不导电并且可包括导电元件(诸如电馈通件或类似物,图中未示)以将靶材 306 的面向源分配板的表面 332 耦接导电构件 325 的第二端 330。可纳入背衬板 346 以例如改善靶材 306 的结构稳定性。

[0049] 衬底支撑底座 302 具有面向靶材 306 的主表面的材料接收表面,并且所述衬底支撑底座 302 支撑待以溅射式受到涂覆的衬底 304,所述衬底 304 位于靶材 306 的主表面面对的平面位置。衬底支撑底座 302 可在处理腔室 300 的中央区域 348 中支撑衬底 304。中央区域 348 是被界定为处理期间于衬底支撑底座 302 上方的区域,例如,当在处理位置时,所述区域介于靶材 306 与衬底支撑底座 302 之间。

[0050] 一些实施例中,衬底支撑底座 302 可以通过伸缩囊 350 垂直移动,所述伸缩囊 350 连接到底部腔室壁 352 以使得衬底 304 得以通过装载闭锁阀(位于处理腔室 300 的下部,图中未示)传送到衬底支撑底座 302 上,且之后所述衬底 304 得以被抬升到沉积或处理位置。可由气源 354 通过质量流量控制器 356 供应一或多种处理气体进入腔室 300 的下部。可设置排气端口 358 并且将所述排气端口 358 通过阀 360 耦接泵(图中未示)以用于使处

理腔室 300 的内部排气并且助于维持处理腔室 300 内侧的期望压力。

[0051] RF 偏压功率源 362 可耦接衬底支撑底座 302 以为了在衬底 304 上感应负 DC 偏压。此外,一些实施例中,负的 DC 自偏压可在处理期间于衬底 304 上形成。例如,由 RF 偏压功率源 362 所供应的 RF 功率范围可为约 2MHz 至约 60MHz 的频率,例如,可使用诸如 2MHz、13.56MHz 或 60MHz 的非限制性的频率。进一步而言,第二 RF 偏压功率源 363 可耦接衬底支撑底座 302 并且提供上文所讨论与 RF 偏压功率源 362 一并使用的任一频率。其它应用中,衬底支撑底座 302 可接地或维持电浮置。例如,电容调谐器 (capacitance tuner) 364 可耦接衬底支撑底座以供调整衬底 304 上的电压,而用于可能不期望 RF 偏压功率的应用。

[0052] 可旋转的磁电管组件 336 可定位在靶材 306 的背表面 (例如面向源分配板的表面 332) 附近。可旋转的磁电管组件 336 包括多个由基底板 368 支撑的磁体 366。基底板 368 连接旋转轴杆 370,所述旋转轴杆 370 与腔室 300 及衬底 304 的中心轴线吻合。马达 372 可耦接旋转轴杆 370 的上端以驱动磁电管组件 336 的旋转。磁体 366 在腔室 300 内产生磁场,所述磁场大体上平行并且靠近靶材 306 的表面以捕捉电子并且增加局部的等离子体密度,此举进而增加溅射速率。磁体 366 在腔室 300 的顶部周围产生电磁场,而磁体 366 旋转而使电磁场旋转,此举影响工艺的等离子体密度以更均匀地溅射靶材 306。例如,可使旋转轴杆 370 每分钟做约 0 至约 150 个旋转。

[0053] 一些实施例中,腔室 300 可进一步包括连接适配器 342 的凸耳 376 的工艺套件屏蔽 374。适配器 342 进而受到密封并且接地至铝腔室侧壁 308。大体而言,工艺套件屏蔽 374 沿适配器 342 的壁与腔室壁 308 向下延伸至衬底支撑底座 302 的上表面下方,然后向上返回直到抵达衬底支撑底座 302 的上表面为止 (例如,在底部形成 U 形部分 384)。或者,工艺套件屏蔽的最底部不需是 U 形部分 384 并且可具有任何适合形状。当衬底支撑底座 302 处于自身的下方装载位置时,覆盖环 386 安置在工艺套件屏蔽 374 的向上延伸的唇部 388 的顶部上,但当衬底支撑底座 302 处于自身的上方沉积位置时,覆盖环 386 安置在衬底支撑底座 302 的外周边上,以保护衬底支撑底座 302 隔离溅射沉积。可使用额外的沉积环 (图中未示) 遮蔽衬底 304 的周边以隔离沉积。根据本发明的工艺套件屏蔽的实施例于下文中讨论。

[0054] 一些实施例中,磁体 390 可设置在腔室 200 周围,以选择性地在衬底支撑底座 302 与靶材 306 之间提供磁场。例如,如图 3 所示,磁体 390 可设置在腔室壁 308 的外侧周围而位于处理位置时的衬底支撑底座 302 的正上方的区域中。一些实施例中,可另外或取而代之地将磁体 390 设置在其它位置,诸如邻接适配器 342。磁体 390 可以是电磁体且可耦接功率源 (图中未示) 以用于控制电磁体所生成的磁场的强度。

[0055] 可设置控制器 310 并且将控制器 310 耦接处理腔室 300 的各部件以控制处理腔室 300 的操作。控制器 310 包括中央处理单元 (CPU) 312、存储器 314 与支持电路 316。控制器 310 可直接控制处理腔室 300,或者是通过与特定处理腔室相关联的计算机 (或控制器) 及 / 或支持系统部件控制处理腔室 300。控制器 310 可以是用在工业设施中以供控制各腔室与子处理器的通用计算机处理器的任何形式中的一种形式。控制器 310 的存储器 (或计算机可读媒体) 314 可以是一种或多种容易获得的存储器,所述存储器诸如为随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、软盘、硬盘、光学储存媒体 (例如光盘 (CD) 或数字视频光盘 (DVD))、闪存或本地端或远程的任何其它形式的数字储存装置。支持电路 316 耦接 CPU

312 以用传统方式支持处理器。所述电路包括高速缓冲存储器、电源供应器、时钟电路、输入 / 输出电路及子系统,与类似物。在此所述的本发明的方法可储存在存储器 314 中作为软件程序,所述软件程序可经执行 (execute) 或调用 (invoke) 以用此述的方式控制处理腔室 300 的操作。软件程序也可由第二 CPU(图中未示) 储存及 / 或执行,所述第二 CPU 位于由 CPU 312 所控制的硬件的远程。

[0056] 因此,在此已提供用于在衬底上形成的高深宽比特征结构中沉积金属的方法。本发明的方法有利地提供使用金属连续覆盖高深宽比特征结构的表面同时减少悬垂物或小平面,这些悬垂物或小平面可能引发在高深宽比特征结构中形成空洞。本发明的方法的实施例可与直通硅穿孔 (TSV) 应用 (例如,无论是用于穿孔在先或穿孔在后的制造方法) 一并使用,也可与其它某些适合的应用一并使用,所述应用中,沉积连续金属层可能是有利的。

[0057] 虽前述涉及本发明的实施例,然而可不背离本发明的基本范围而设计本发明其它与进一步的实施例。

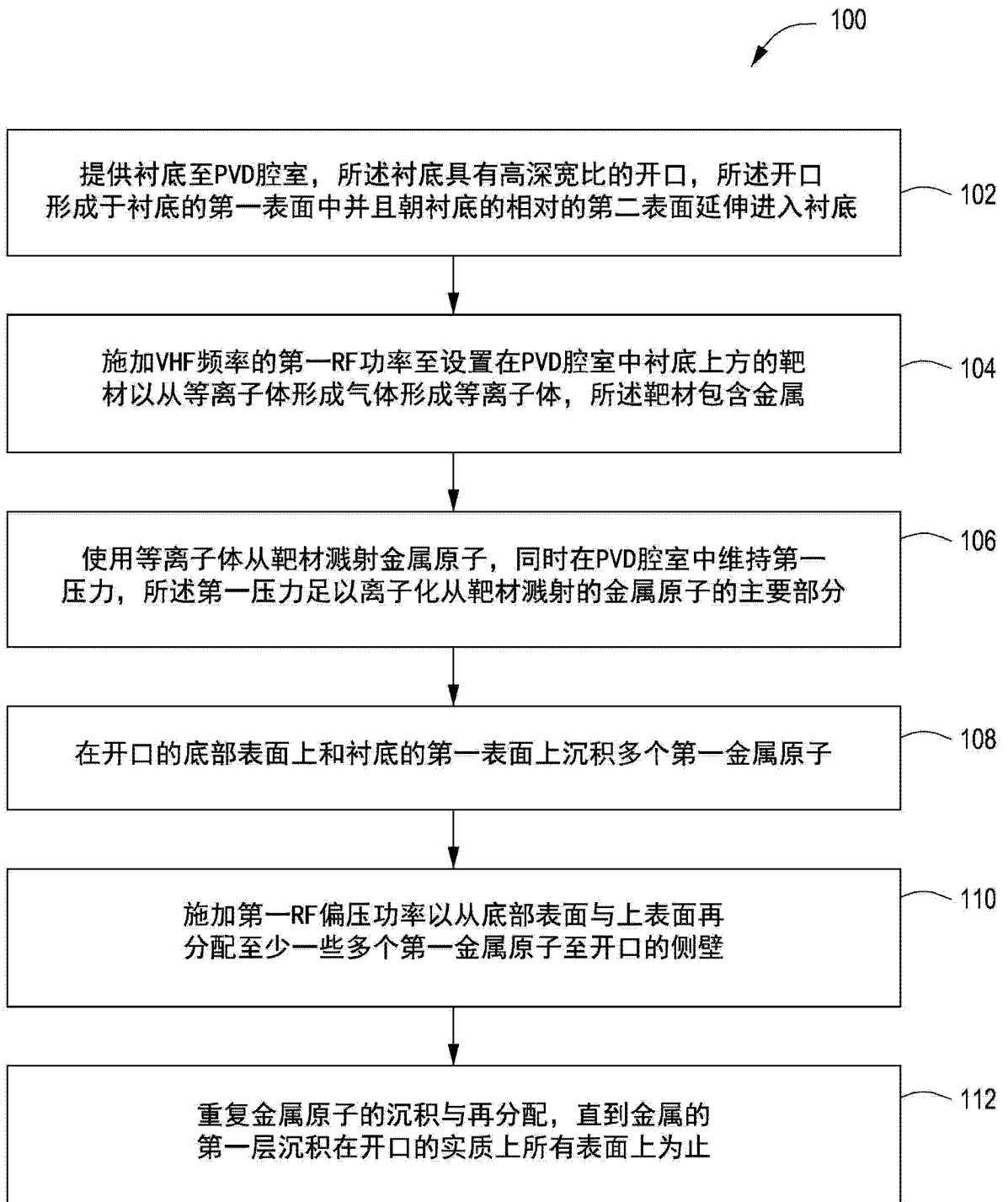


图 1

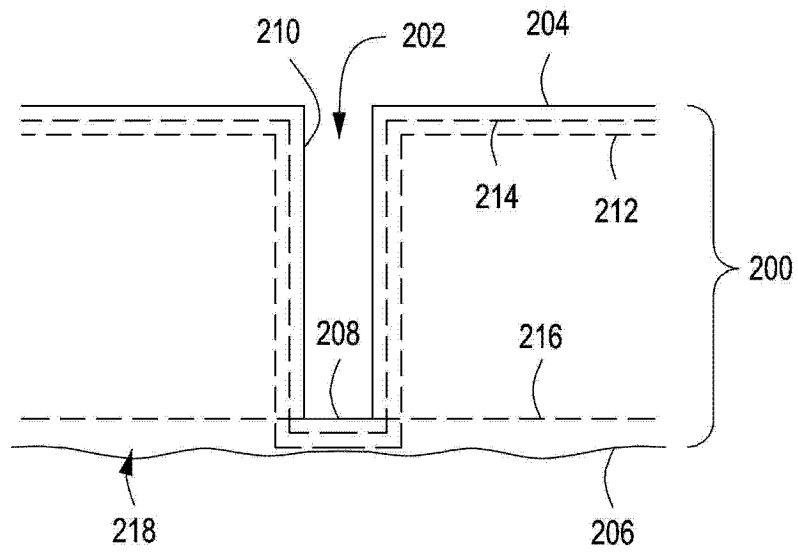


图 2A

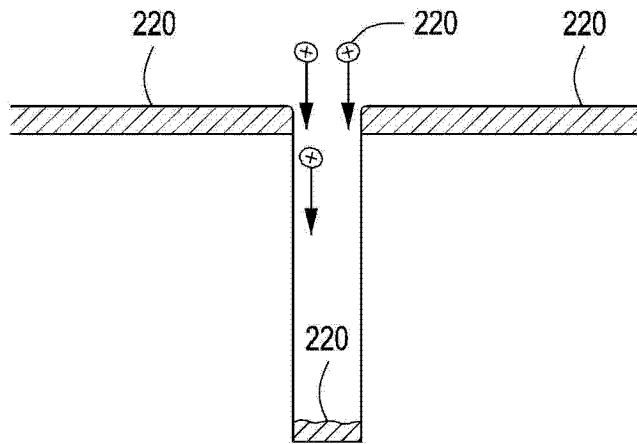


图 2B

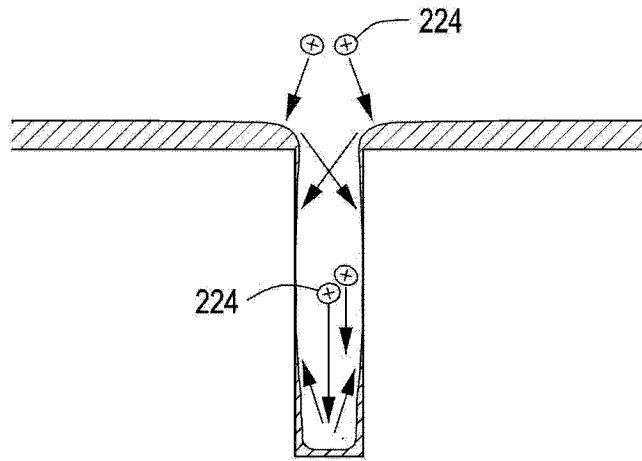


图 2C

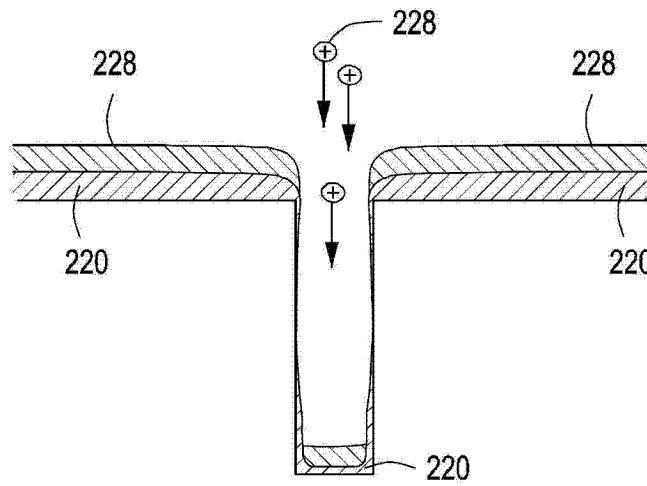


图 2D

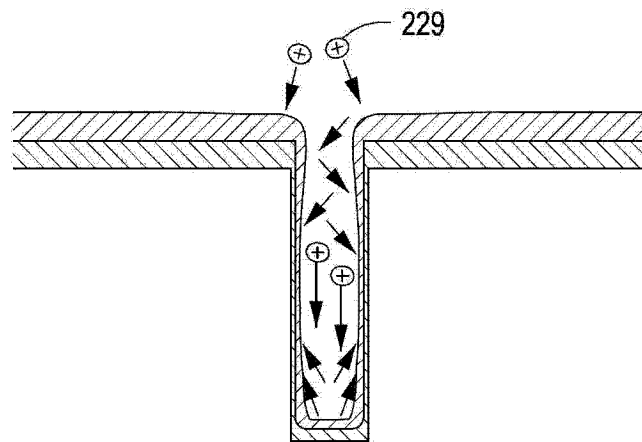


图 2E

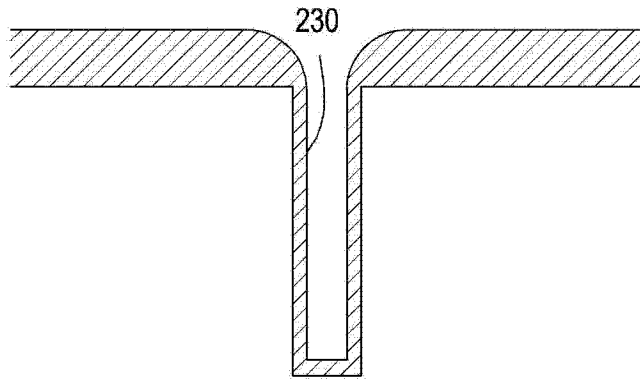


图 2F

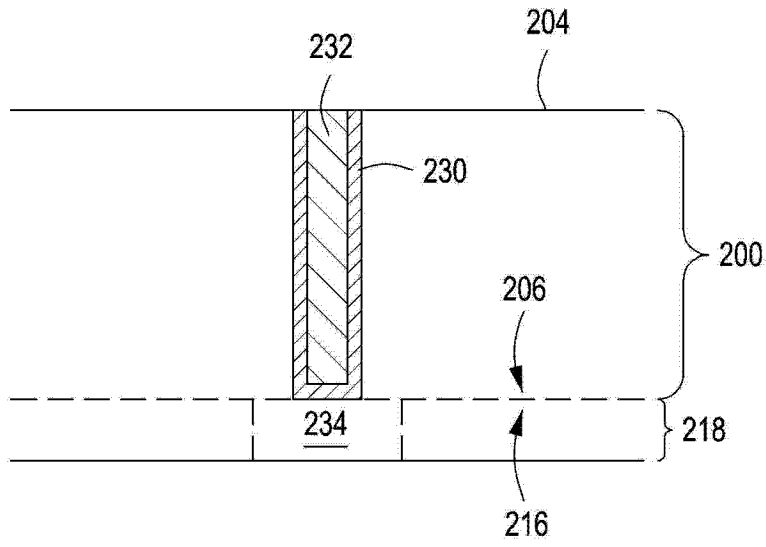


图 2G

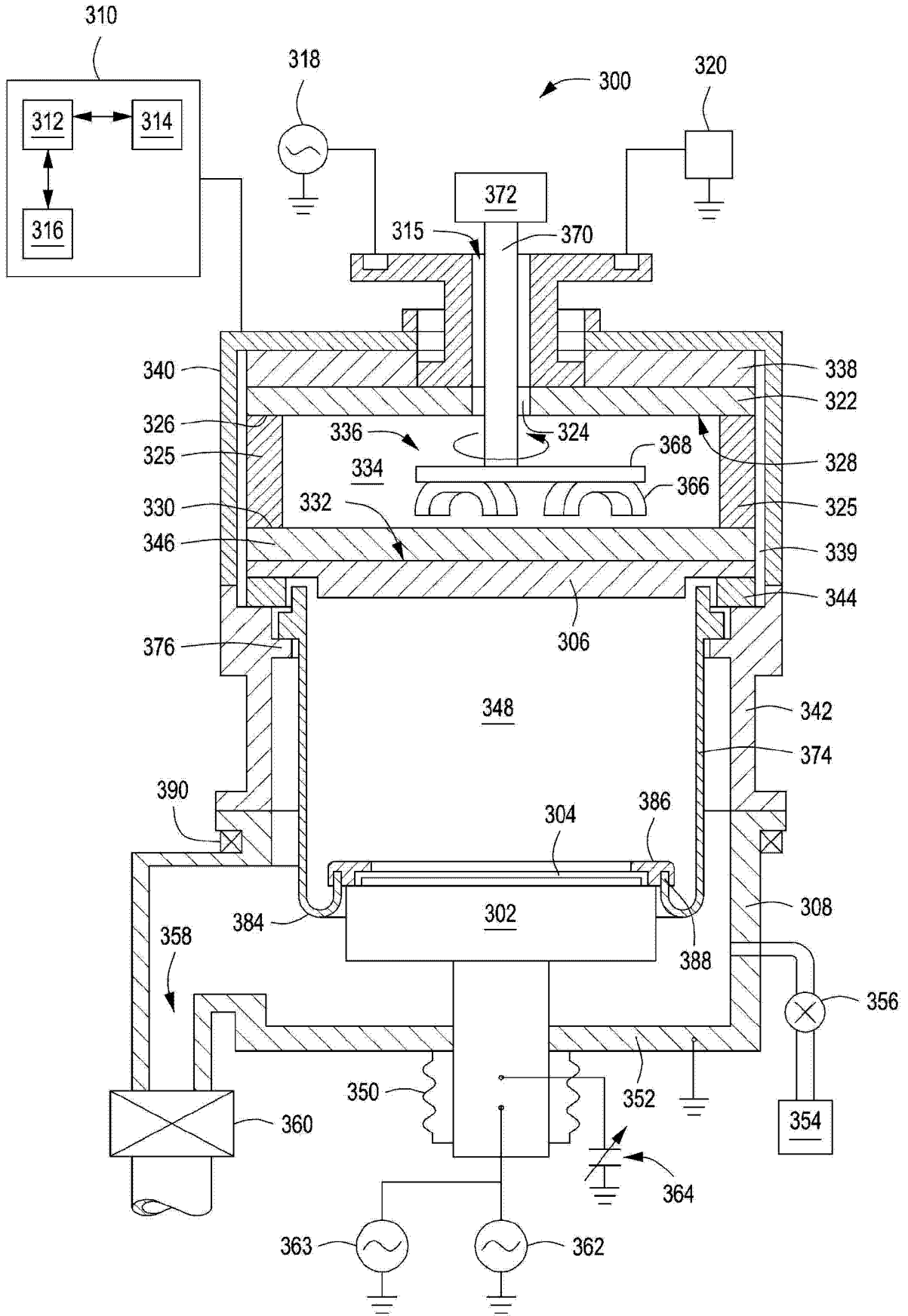


图 3