

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 20 日 (20.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/012191 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 23/528 (2006.01) **H01L 21/768** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/097399

(22) 国际申请日: 2021 年 5 月 31 日 (31.05.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010687169.4 2020 年 7 月 16 日 (16.07.2020) CN

(71) 申请人: 长鑫存储技术有限公司 (CHANGXIN MEMORY TECHNOLOGIES, INC.) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道 388 号, Anhui 230601 (CN)。

(72) 发明人: 储江 (CHU, Jiang); 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道 388 号, Anhui 230601 (CN)。

(74) 代理人: 上海晨皓知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHANGHAI CHENHAO IN-

TELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM GENERAL PARTNERSHIP); 中国上海市黄浦区制造局路 787 号二幢 202B 室, Shanghai 200011 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

(54) Title: SEMICONDUCTOR STRUCTURE AND FORMING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 半导体结构及其形成方法

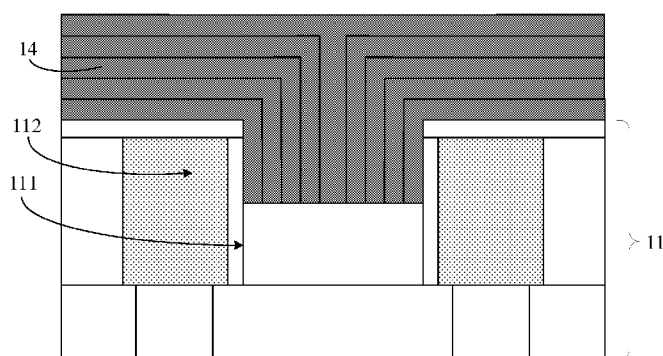


图 12

(57) Abstract: Provided in the embodiments of the present application are a semiconductor structure and a forming method therefor. The forming method for the semiconductor structure comprises: providing a substrate, the substrate being provided therein with a groove, the sidewall of the groove comprising a first sub-sidewall and a second sub-sidewall extending upwards from the bottom of the groove, and the first sub-sidewall being arranged between the second sub-sidewall and the bottom of the groove; blowing a first precursor towards the surface of the substrate at a flow rate less than a preset value, thus allowing the first precursor to be attached to the top surface of the substrate and the second sub-sidewall; blowing a second precursor towards the surface of the substrate, thus allowing the second precursor to react with the first precursor to generate a dielectric layer; and alternately blowing the first precursor and the second precursor towards the surface of the substrate to form multiple dielectric layers until the area enclosed by the second sub-sidewall is filled, the area enclosed by the first sub-sidewall, the dielectric layers, and the bottom of the groove constituting a gap.

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：本申请实施例提供一种半导体结构及其形成方法，半导体结构的形成方法包括：提供基底，基底内具有凹槽，凹槽侧壁包括自凹槽底部向上延伸的第一子侧壁以及第二子侧壁，第一子侧壁位于第二子侧壁与凹槽底部之间；以低于预设值的流量向基底表面吹送第一前驱物，以使第一前驱物附着在基底顶部表面以及第二子侧壁；向基底表面吹送第二前驱物，以使第二前驱物与第一前驱物反应生成介质层；向基底表面交替吹送第一前驱物和第二前驱物，以形成多层介质层，直至填充满第二子侧壁围成的区域，第一子侧壁与介质层以及凹槽底部围成的区域构成空隙。

半导体结构及其形成方法

交叉引用

5 [0001] 本申请要求于 2020 年 7 月 16 日递交的名称为“半导体结构及其形成方法”、申请号为 2020106871694 的中国专利申请的优先权，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

[0002] 本申请实施例涉及半导体领域，特别涉及一种半导体结构及其形成方法。

背景技术

10 [0003] 随着半导体技术的不断进步，影响电路传输速度的电阻电容延迟现象(RC delay)逐渐凸显。当前可以通过调整导体连线材料的方式降低寄生电阻 R，而由于工艺上的限制，无法通过改变导体连线几何结构来降低寄生电容 C。

[0004] 由于寄生电容 C 正比于电路中绝缘介质的介电常数 k，若使用低 k 材料作为绝缘介质层，会大大降低电路中的寄生效应，从而提高信号的传送速度。
15 空气的介电常数接近 1，若将空气引入介电层，则能够大大降低介电层的介电常数 k。

发明内容

[0005] 本申请部分实施例提供一种半导体结构及其形成方法，能够将空气间隙引入介电层，降低介电层的介电常数 k。

20 [0006] 为解决上述问题，本申请部分实施例提供一种半导体结构的形成方法，包括：提供基底，所述基底内具有凹槽，所述凹槽侧壁包括自所述凹槽底部向上延伸的第一子侧壁以及第二子侧壁，所述第一子侧壁位于所述第二子侧壁与所述凹槽底部之间；以低于预设值的流量向所述基底表面吹送第一前驱物，以使所述第一前驱物附着在所述基底顶部表面以及所述第二子侧壁；向所述基底
25 表面吹送第二前驱物，以使所述第二前驱物与所述第一前驱物反应生成介质层；向所述基底表面交替吹送所述第一前驱物和所述第二前驱物，以形成多层所述介质层，直至封堵所述凹槽顶部开口，所述第一子侧壁与所述介质层以及所述凹槽底部围成的区域构成空隙。

[0007] 另外，在形成多层所述介质层的过程中，以逐层递增的流量吹送所述第一前驱物。由于在逐层形成介质层的过程中，介质层顶面面积不断增大，因此，需要逐层增加第一前驱物的流量，才能保证介质层在第二子侧壁包围的区域内不断堆叠，进而封堵凹槽顶部开口。

5 [0008] 另外，所述基底表面具有极性基团；在吹送所述第一前驱物的工艺步骤中，所述极性基团与所述第一前驱物发生反应，固定所述第一前驱物的功能基团。由于基底表面具有可与第一前驱物反应的极性基团，在第一前驱物在吹送方向上，第一前驱物会附着在先接触到的基底顶部表面以及第二子侧壁，从而避免第一前驱物在第一子侧壁或者凹槽底部附着，保证第一子侧壁所包围的
10 区域具有较低的介电常数。

[0009] 另外，所述介质层表面具有极性基团；在吹送所述第一前驱物的工艺步骤中，所述极性基团与所述第一前驱物发生反应，固定所述第一前驱物的功能基团。由于介质层表面具有可固定第一前驱物的极性基团，在交替吹送第一前驱物时，第一前驱物会优先附着在具有极性基团的介质层表面，从而避免第一
15 前驱物在第一子侧壁或者凹槽底部沉积。

[0010] 另外，所述极性基团包括羟基。

[0011] 另外，所述介质层的材料包括二氧化硅，所述第一前驱物或所述第二前驱物中的至少一者包括含硅烷醇基的有机物。

[0012] 另外，所述含硅烷醇基的有机物包括 3-叔丁基硅烷醇基。

20 [0013] 另外，所述第一前驱物包括具有催化作用的金属有机物。由于 3-叔丁基硅烷醇基可选择性结合金属有机物，因此，采用金属有机物作为第一前驱物，能够保证作为第二前驱物的 3-叔丁基硅烷醇基仅与第一前驱物有效结合，即仅在第一前驱物的附着位置形成介质层，避免第二前驱物沉积在第一子侧壁包围的区域，使得第一子侧壁包围的空隙区域具有低 K 介电常数；此外，金属有机
25 物具有催化作用，能够加速介质层的形成，缩短工艺周期。

[0014] 另外，所述金属有机物中的金属材料包括铝、镧、锆或钪中的至少一者。

[0015] 另外，所述第一前驱物和所述第二前驱物反应形成所述介质层的反应温度为 225℃~250℃。

[0016] 另外，在垂直于所述基底表面的方向上，所述第一子侧壁的高度与第二子侧壁的高度比为 1 至 9。通过控制第一前驱物的流量，控制第一子侧壁和第二子侧壁的厚度比，进而控制凹槽作为介电层时的介电常数。

[0017] 本申请部分实施例还提供一种半导体结构，包括：基底和位于所述基底内的凹槽，所述凹槽侧壁包括自所述凹槽底部向上延伸的第一子侧壁以及第二子侧壁，所述第一子侧壁位于所述第二子侧壁和所述凹槽底部之间；多层介质层，所述多层介质层封堵所述凹槽顶部开口，且在所述凹槽侧壁朝向所述凹槽中心轴线的方向上依次层叠；空隙，所述空隙由所述第一子侧壁与所述凹槽底部以及所述多层介质层围成的区域构成。

[0018] 另外，所述基底内具有位于所述凹槽相对两侧的导电结构。

[0019] 另外，所述多层介质层内包含金属材料，所述金属材料包括铝、铜、锆或钨中的至少一者。

[0020] 与现有技术相比，本申请部分实施例提供的技术方案具有以下优点：

[0021] 上述技术方案中，采用低于预设值的流量吹送第一前驱物，使得第一前驱物仅附着在基底顶部表面以及第二子侧壁，如此，在形成封堵凹槽顶部开口的多层介质层时，第一子侧壁、凹槽底部以及多层介质层围成的区域能够构成空隙。

附图说明

[0022] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明，这些示例性说明并不构成对实施例的限定，除非有特别申明，附图中的图不构成比例限制。

[0023] 图 1、图 2、图 4 以及图 11 至图 13 为本申请实施例提供的半导体结构的形成方法各步骤对应的结构示意图；

[0024] 图 3 以及图 5 至图 10 为本申请实施例提供的半导体结构的形成方法对应的化学反应示意图。

具体实施方式

[0025] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请的各实施例进行详细的阐述。然而，本领域的普通技术人员可以理解，

在本申请各实施例中，为了使读者更好地理解本申请而提出了许多技术细节。但是，即使没有这些技术细节和基于以下各实施例的种种变化和修改，也可以实现本申请所要求保护的技术方案。

5 [0026] 图 1、图 2、图 4 以及图 10 至图 12 为本申请实施例提供的半导体结构的形成方法各步骤对应的结构示意图；图 3 以及图 5 至图 9 为本申请实施例提供的半导体结构的形成方法对应的化学反应示意图。

[0027] 参考图 1，提供基底 11，基底 11 内具有凹槽 111，凹槽 111 侧壁包括自凹槽 111 底部向上延伸的第一子侧壁 A1 和第二子侧壁 A2，第一子侧壁 A1 位于第二子侧壁 A2 和凹槽 111 底部之间。

10 [0028] 本实施例中，基底 11 内具有位于凹槽 111 相对两侧的导电结构 112，导电结构 112 可以是导线、导电插塞等部件。当导电结构 112 通电运行时，相邻导电结构 112 之间就会产生寄生电容，寄生电容的大小取决于相邻导电结构 112 之间的介电材料的介电常数 k ，介电常数 k 越低，寄生电容越小。

15 [0029] 本实施例中，基底 11 还包括位于导电结构 112 侧壁的保护层 113 和位于导电结构 112 顶部表面的隔离层 114，保护层 113 通常是在刻蚀形成凹槽 11 时留下的余量，以避免刻蚀剂对导电结构 112 造成损伤，保护层 113 包围的区域构成凹槽 111；隔离层 114 主要起到刻蚀停止层的作用，避免刻蚀剂贯穿隔离层 114 而损伤导电结构 112。保护层 113 的材料和隔离层 114 的材料可以相同也可以不同。

20 [0030] 需要说明的是，本文并不对保护层 113 以及隔离层 114 的形成方法、材料以及位置等特征进行限定。实际上，在其他实施例中，也可以没有保护层和隔离层，即导电结构的顶面和至少部分侧壁表面是暴露出来的。

[0031] 本实施例中，第二子侧壁 A2 包围的区域用于填充后续形成的介质层，从而起到封堵凹槽 111 顶部开口的目的，第一子侧壁 A1 包围的区域用于构成空隙，25 从而起到降低相邻导电结构 112 之间的介电层的介电常数 k 的目的。

[0032] 本实施例中，在垂直于基底 11 表面的方向上，第一子侧壁 A1 的高度与第二子侧壁 A2 的高度比为 1~9，例如 3、5 或 7。该厚度比是工作人员在吹送第一前驱物之前确定的，厚度比的设置既要保证相邻导电结构 112 之间的介电层介电常数 k 较低，又要考虑工艺可行性以及结构稳定性。

[0033] 工艺可行性指的是在吹送第一前驱物的过程中，无法保证第一前驱物仅涂覆在基底 11 顶部表面，即第一前驱物会附着在凹槽 111 部分侧壁，因此，在设定厚度比时，需要考虑第一前驱物的最小附着深度，从而设定合理有效的厚度比；此外，结构稳定性指的是介质层的承载能力，由于后续可能会在基底 11 上形成其他膜层或结构，为避免介质层因无法承受压力而坍塌，进而影响相邻导电结构 112 之间的介电层介电常数 k ，介质层在凹槽 111 底部向上延伸的方向上需要具有一定的厚度，从而满足预设的承载能力要求。

[0034] 需要说明的是，本文提供的技术方案通常应用于深宽比大于 1 的凹槽 111 中，当凹槽 111 的深宽比小于 1 时，吹送的前驱物容易与凹槽 111 底部接触，从而导致无法形成理想的空隙。

[0035] 参考图 2，以低于预设值的流量向基底 11 表面吹送第一前驱物 12，以使第一前驱物 12 附着在基底 11 顶部表面以及第二子侧壁 A2。

[0036] 预设值为一理想数值，采用大于或等于预设值的流量向基底 11 表面吹送第一前驱物 12 时，第一前驱物 12 能够覆盖基底 11 顶部表面、第二子侧壁 A2、第一子侧壁 A1 以及凹槽 111 底面。其中，第一前驱物 12 在吹送过程中依次接触基底 11 顶部表面、第二子侧壁 A2、第一子侧壁 A1 以及凹槽 111 底面。

[0037] 在采用低于预设值的流量向基底 11 表面吹送第一前驱物 12 时，由于单位时间内的第一前驱物 12 的物质的量不足，第一前驱物 12 会优先附着在先接触到的基底 11 表面，即基底 11 顶部表面以及第二子侧壁 A2。

[0038] 参考图 3，第一前驱物 12（参考图 2）在基底 11（参考图 2）表面发生第一反应 A。

[0039] 本实施例中，第一前驱物 12 包括具有催化作用的金属有机物，具体为三甲基铝 $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ 。第一前驱物 12 的催化作用主要用于加速第一前驱物 12 和后续吹送的第二前驱物反应生成介质层材料。

[0040] 其中，金属有机物中的金属材料包括铝、镧、锆或钪中的至少一者。

[0041] 本实施例中，基底 11 表面具有极性基团，在吹送第一前驱物 12 的过程中，极性基团与第一前驱物 12 发生反应，固定第一前驱物 12 的功能基团。例如，基底 11 表面具有羟基-OH，在吹送三甲基铝的过程中，三甲基铝中的甲基

-CH₃ 会与羟基中的氢原子-H 发生反应生成甲烷 CH₄，剩余的-CH₃Al 作为功能基团与原羟基中的氧离子连接，为后续的介质层反应提供催化作用。

[0042] 由于基底 11 表面具有可与第一前驱物 12 反应的极性基团，在第一前驱物 12 在吹送方向上，第一前驱物 12 会附着在先接触到的基底 11 顶部表面以及第二子侧壁 A2，从而避免第一前驱物 12 在第一子侧壁 A1 或者凹槽 111 底部附着，保证第一子侧壁 A1 包围的区域具有较低的介电常数。

[0043] 本实施例中，基底 11 表面的极性基团是由于基底 11 暴露在空气或水蒸气等环境下自然产生的；在其他实施例中，极性基团也可以是通过一定的工艺步骤形成的。此外，极性基团不限于羟基，也可以是任意一种可与第一前驱物 12 发生反应并固定其功能基团的极性基团；进一步地，基底表面附着的物质也可以不是极性基团，而是任一种可与第一前驱物 12 发生反应并保留其功能基团的化学物质。

[0044] 本实施例中，第一前驱物 12 的状态为气态；在其他实施例中，第一前驱物的状态也可以是液态，液态相对于气态来说，由于分子间间距较小，流体运动的粘滞性更加明显，因此，液态的第一前驱物在接触到基底表面后更容易附着在基底表面，有利于保证第一前驱物仅附着在基底顶部表面和第二子侧壁上，使得第一子侧壁围成的区域具有较低的介电常数 k。

[0045] 参考图 4，向基底 11 表面吹送第二前驱物 13，以使第二前驱物 13 与第二前驱物 12（参考图 2）反应生成介质层 14。

[0046] 本实施例中，介质层 14 的材料为二氧化硅，二氧化硅的硅源包括硅烷醇基，即第一前驱物 12 或第二前驱物 13 中的至少一者包括含硅烷醇基的有机物。二氧化硅具有较低的介电常数 k，选用二氧化硅作为介质层 14 的材料，有利于保证第二子侧壁 A2 围成的区域（介质层 14 填充该区域）具有较低的介电常数 k。

[0047] 本实施例中，第二前驱物 13 的材料包括 3-叔丁基硅烷醇基。3-叔丁基硅烷醇基可选择性地结合金属有机物，采用金属有机物作为第一前驱物 12，采用 3-叔丁基硅烷醇基作为第二前驱物 13，能够保证第二前驱物 13 仅与第一前驱物 12 有效结合，即仅在第一前驱物 12 的附着位置形成介质层 14，避免第二前驱物 13 附着在第一子侧壁 A1 或者凹槽 111 底面，使得第一子侧壁 A1 包围的区域

具有较低的介电常数 k 。

[0048] 参考图 5 至图 10，第一前驱物 12（参考图 2）与第二前驱物 13（参考图 4）反应生成介质层 14（参考图 4），反应过程主要包括第二反应 B、第三反应 C、第四反应 D、第五反应 E、第六反应 F 以及第七反应 G。

- 5 [0049] 第二反应 B 和第三反应 C 为作为链状大分子的 3-叔丁基硅烷醇基与基底 11 表面物质发生的反应，基底 11 表面物质随着反应进行会发生变化，第四反应 D 为聚合反应，第五反应 E 和第六反应 F 生成了并列的两种中间化合物，第七反应 G 生成了最终产物二氧化硅。

- 10 [0050] 本申请通过链状大分子之间的反应形成二氧化硅膜层，极大地提高了二氧化硅的成膜效率，本申请中的二氧化硅成膜效率是普通原子层沉积工艺的二氧化硅成膜效率的 50 至 100 倍。

[0051] 本实施例中，第一前驱物 12 和第二前驱物 13 反应形成介质层 14 的反应温度为 225°C ~ 250°C ，例如 230°C 、 237°C 或 245°C 。在该反应温度下，第一前驱物 12 和第二前驱物 13 具有较高的反应速率，有利于缩短工艺周期。

- 15 [0052] 本实施例中，在形成一层介质层 14 之后，采用清洁工艺去除多余的第一前驱物 12、第二前驱物 13 以及反应生成的多种中间产物。避免多余的未进行反应的前驱物以及反应中间产物影响后续介质层 14 的形成，以及避免影响最终形成的多层介质层 14 的性能参数，性能参数包括介电常数 k 和承载能力。

- 20 [0053] 本实施例中，从开始吹送第一前驱物 12 到反应形成介质层 14，整个工艺流程中的反应温度都是 225°C ~ 250°C 。如此，有利于提高工艺流程中化学反应的反应速率，以及有利于使得前驱物和中间产物挥发为气态或保持气态，避免液态的前驱物和中间产物沉积在基底 11 表面而影响化学反应的进行；另外，气态的前驱物和中间产物能够通过通入惰性气体有效清除。

- 25 [0054] 工艺流程中的反应温度可以根据实际参与反应的材料和反应生成的中间产物进行调整，以实现预设目的。

[0055] 参考图 11 和图 12，向基底 11 表面交替吹送第一前驱物 12 和第二前驱物 13，以形成多层介质层 14，直至封堵凹槽 111 顶部开口，第一子侧壁 A1（参考图 4）与凹槽 111 底部以及多层介质层 14 围成的区域构成空隙。

[0056] 本实施例中，介质层 14 表面具有极性基团，在吹送第一前驱物 12 的过程中，极性基团与第一前驱物 12 发生反应，固定第一前驱物 12 的功能基团。由于介质层 14 表面具有可固定第一前驱物 12 的极性基团，在交替吹送第一前驱物 12 时，第一前驱物 12 会附着在先接触到表面，即介质层 14 顶面和侧壁表面，从而避免第一前驱物 12 在第一子侧壁 A1 或者凹槽 111 底部附着。

[0057] 相应地，介质层 14 表面的极性基团既可以是暴露在空气或水蒸气等环境下自然产生的，也可以是加工形成的；此外，介质层 14 表面也可以具有除极性基团以外的其他物质，以固定第一前驱物 12 的功能基团。

[0058] 本实施例中，在形成多层介质层 14 的过程中，以逐渐递增的流量吹送第一前驱物 12。由于在形成厚度相同的多层介质层 14 的过程中，介质层 14 的表面积逐渐增大，因此，需要以逐渐递增的流量吹送第一前驱物 12，使得第一前驱物 12 能够附着在介质层 14 的侧壁，进而实现封堵凹槽 111 的顶部开口。

[0059] 本实施例中，在后形成的介质层 14 覆盖在先形成的介质层 14 的整个侧壁表面，如此，使得最终形成的多层介质层 14 填满第二子侧壁 A2 围成的区域，这一结构具有较高的结构稳定性，在受到来自于导电结构朝向凹槽 111 的力时，多层介质层 14 不会因为应力集中问题发生破裂。

[0060] 在其他实施例中，参考图 13，在后形成的介质层 24 覆盖在先形成的介质层 24 的部分侧壁表面，如此，在逐层形成介质层 24 的过程中，可按照同一流量参数吹送第一前驱物，有利于降低工艺难度。

[0061] 本实施例中，采用低于预设值的流量吹送第一前驱物，使得第一前驱物仅附着在基底顶部表面以及第二子侧壁，如此，在形成封堵凹槽顶部开口的多层介质层时，第一子侧壁与凹槽底部以及多层介质层围成的区域能够构成空隙。

[0062] 相应地，本申请实施例还提供一种半导体结构，该半导体结构可采用上述半导体结构的形成方法制成。

[0063] 参考图 12，半导体结构包括：基底 11 和位于基底 11 内的凹槽 111，凹槽 111 包括自凹槽 111 底部向上延伸的第一子侧壁和第二子侧壁，第一子侧壁位于第二子侧壁和凹槽 111 底部之间；多层介质层 14，多层介质层 14 封堵凹槽 111 顶部开口，且在凹槽 111 侧壁朝向凹槽 111 中心轴线的方向依次层叠；空隙，空隙有第一子侧壁与凹槽 111 底部以及多层介质层 14 围成的区域构成。

[0064] 本实施例中，基底 11 内具有位于凹槽 111 相对两侧的导电结构 112。

[0065] 本实施例中，多层介质层 14 内包含金属材料，金属材料包括铝、铜、钴或钎中的至少一者。金属材料不会影响介质层 14 的介电作用。

5 [0066] 本实施例中，提供了一种新的半导体结构，该半导体结构具有封堵凹槽顶部开口的多层介质层以及由第一子侧壁、凹槽底部以及多层介质层围成的空隙，将空隙引入介电层时，介电层具有较低的介电常数 k 。

10 [0067] 本领域的普通技术人员可以理解，上述各实施方式是实现本申请的具体实施例，而在实际应用中，可以在形式上和细节上对其作各种改变，而不偏离本申请的精神和范围。任何本领域技术人员，在不脱离本申请的精神和范围内，均可作各自更动与修改，因此本申请的保护范围应当以权利要求限定的范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种半导体结构的形成方法，包括：

提供基底，所述基底内具有凹槽，所述凹槽侧壁包括自所述凹槽底部向上延伸的第一子侧壁以及第二子侧壁，所述第一子侧壁位于所述第二子侧壁与所
5 述凹槽底部之间；

以低于预设值的流量向所述基底表面吹送第一前驱物，以使所述第一前驱物附着在所述基底顶部表面以及所述第二子侧壁；

向所述基底表面吹送第二前驱物，以使所述第二前驱物与所述第一前驱物反应生成介质层；

10 向所述基底表面交替吹送所述第一前驱物和所述第二前驱物，以形成多层所述介质层，直至封堵所述凹槽顶部开口，所述第一子侧壁与所述介质层以及所述凹槽底部围成的区域构成空隙。

2. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，在形成多层所述介质层的过程中，以逐层递增的流量吹送所述第一前驱物。

15 3. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述基底表面具有极性基团；在吹送所述第一前驱物的工艺步骤中，所述极性基团与所述第一前驱物发生反应，固定所述第一前驱物的功能基团。

4. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述介质层表面具有极性基团；在吹送所述第一前驱物的工艺步骤中，所述极性基团与所述第一
20 前驱物发生反应，固定所述第一前驱物的功能基团。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述极性基团包括羟基。

6. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述介质层的材料包括二氧化硅，所述第一前驱物或所述第二前驱物中的至少一者包括含硅烷醇基的有机物。
25

7. 根据权利要求 6 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述含硅烷醇基的有机物包括 3-叔丁基硅烷醇基。

8. 根据权利要求 1 或 7 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述第一前驱物包括具有催化作用的金属有机物。
9. 根据权利要求 8 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述金属有机物中的金属材料包括铝、镧、锆或钪中的至少一者。
- 5 10. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，所述第一前驱物和所述第二前驱物反应形成所述介质层的反应温度为 225℃~250℃。
11. 根据权利要求 1 所述的半导体结构的形成方法，其中，在垂直于所述基底表面的方向上，所述第一子侧壁的高度与第二子侧壁的高度比为 1~9。
12. 一种半导体结构，包括：
- 10 基底和位于所述基底内的凹槽，所述凹槽侧壁包括自所述凹槽底部向上延伸的第一子侧壁以及第二子侧壁，所述第一子侧壁位于所述第二子侧壁和所述凹槽底部之间；
- 多层介质层，所述多层介质层封堵所述凹槽顶部开口，且在所述凹槽侧壁朝向所述凹槽中心轴线的方向上依次层叠；
- 15 空隙，所述空隙由所述第一子侧壁与所述凹槽底部以及所述多层介质层围成的区域构成。
13. 根据权利要求 12 所述的半导体结构，其中，所述基底内具有位于所述凹槽相对两侧的导电结构。
14. 根据权利要求 13 所述的半导体结构，其中，所述多层介质层内包含金属材料，
- 20 所述金属材料包括铝、镧、锆或钪中的至少一者。

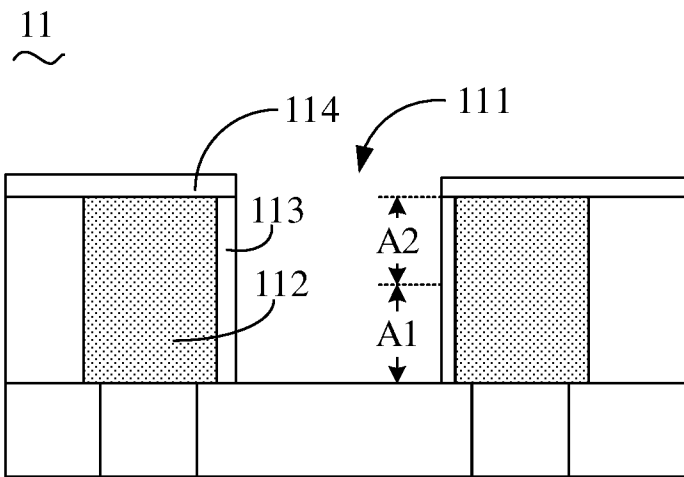


图 1

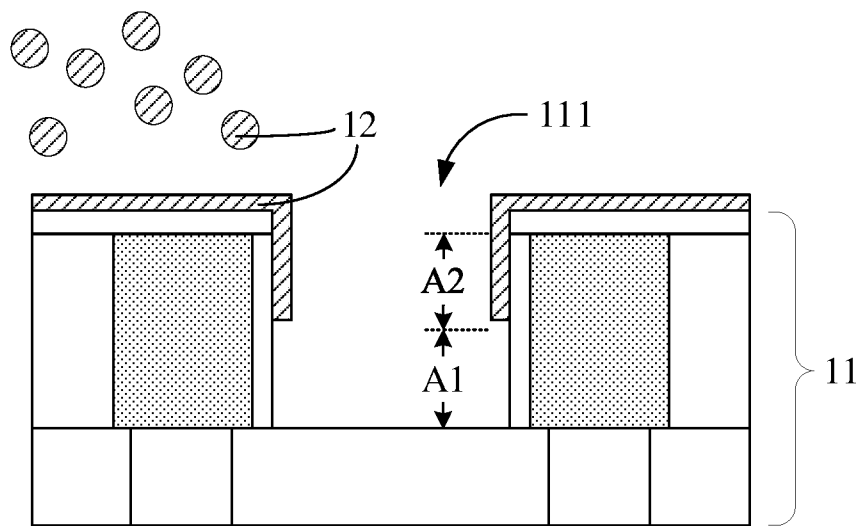


图 2

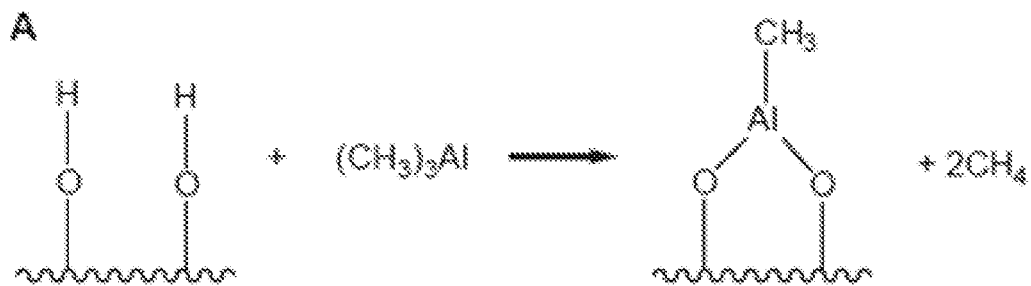


图 3

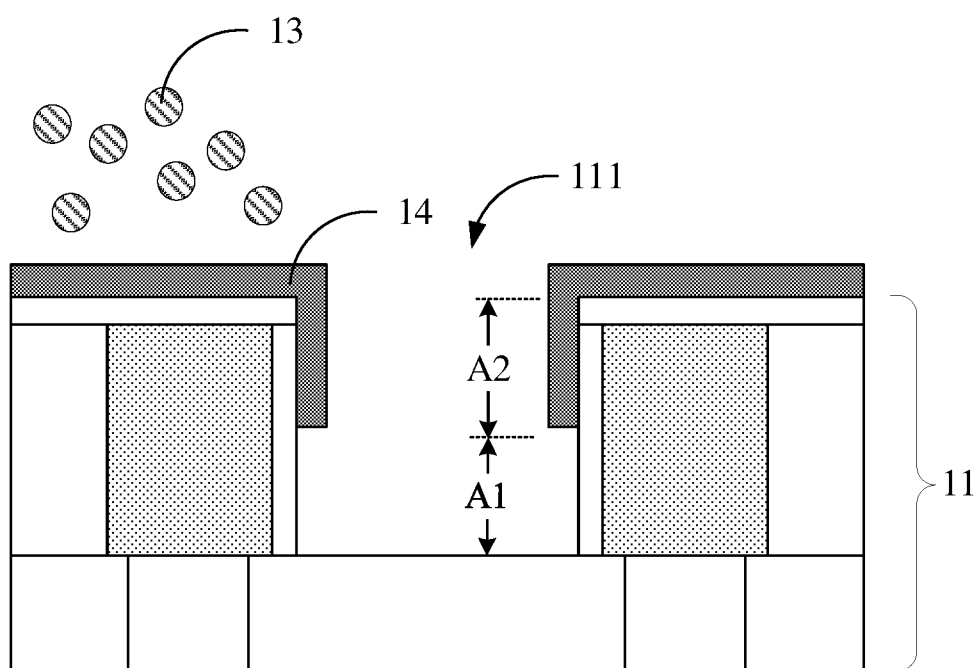


图 4

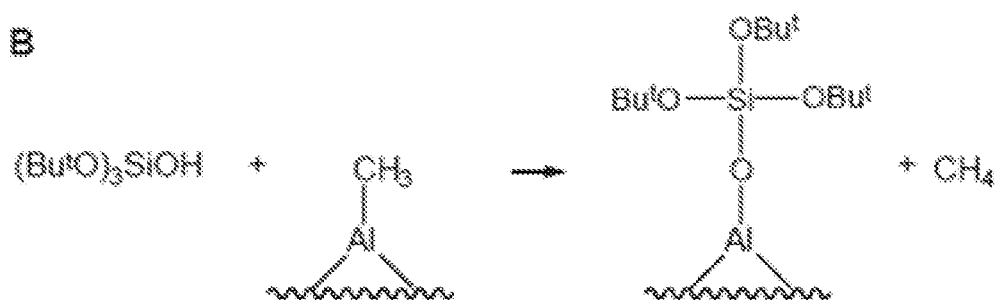


图 5

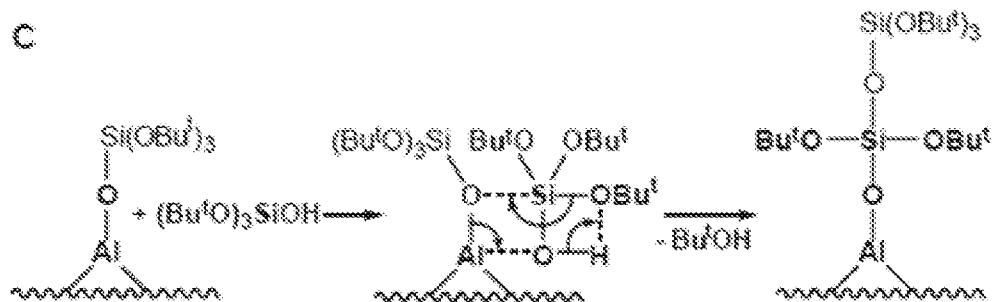


图 6

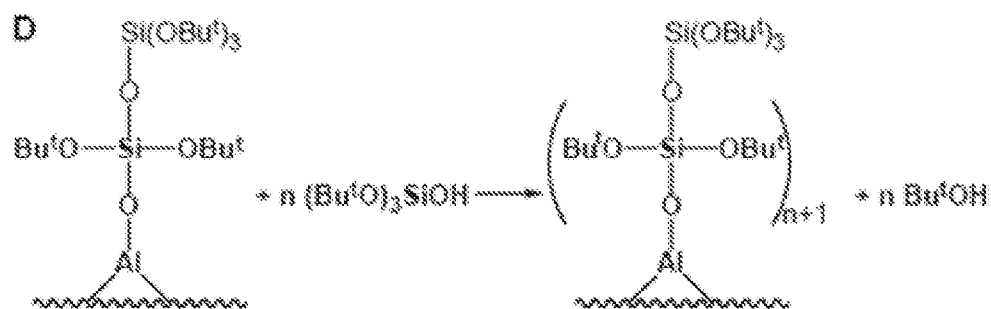


图 7

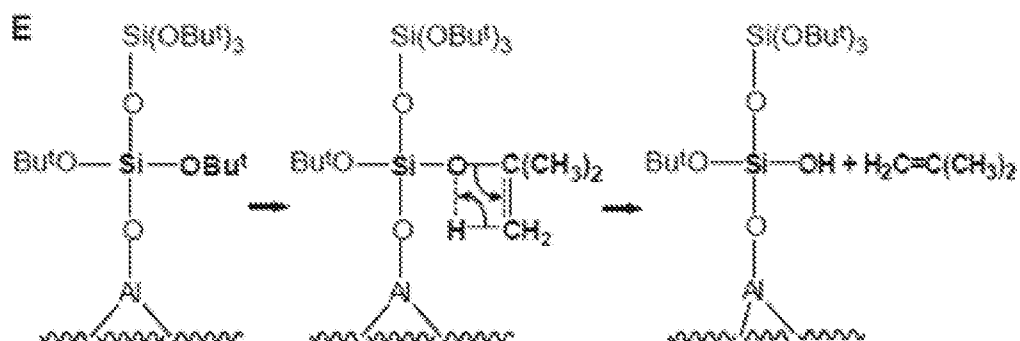


图 8

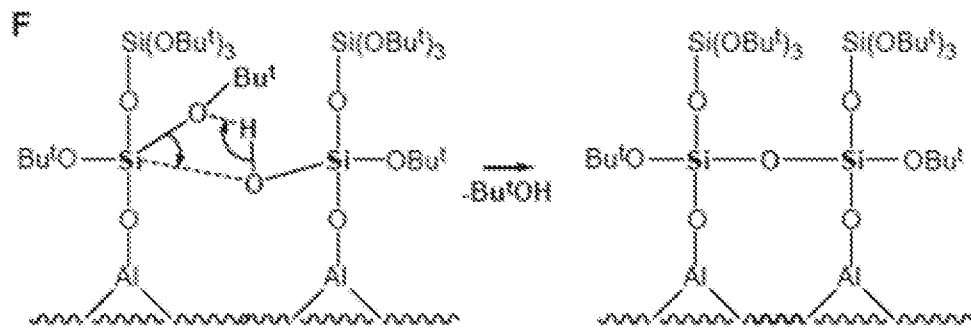


图 9

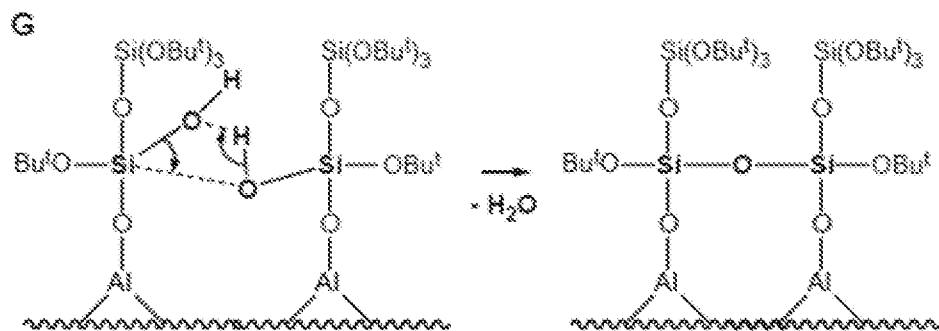


图 10

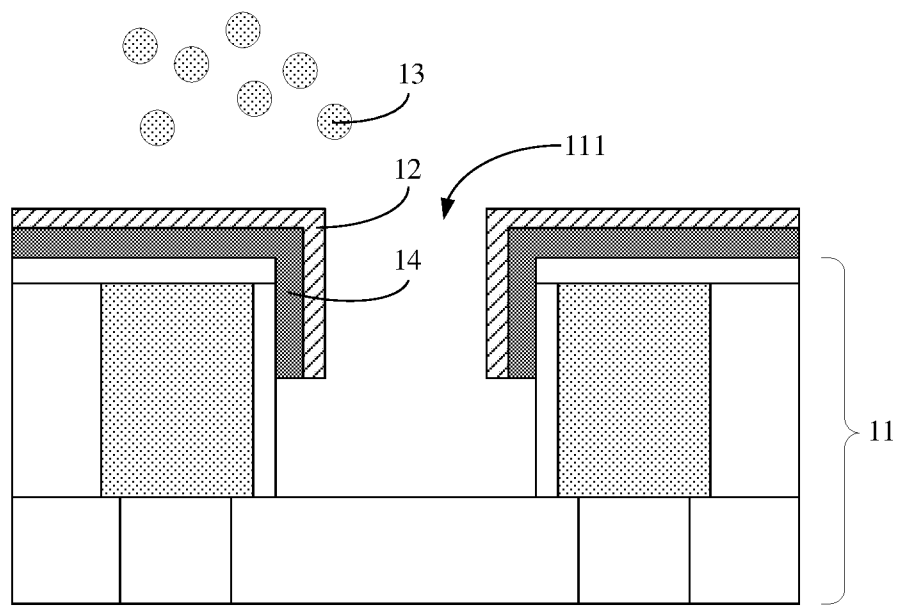


图 11

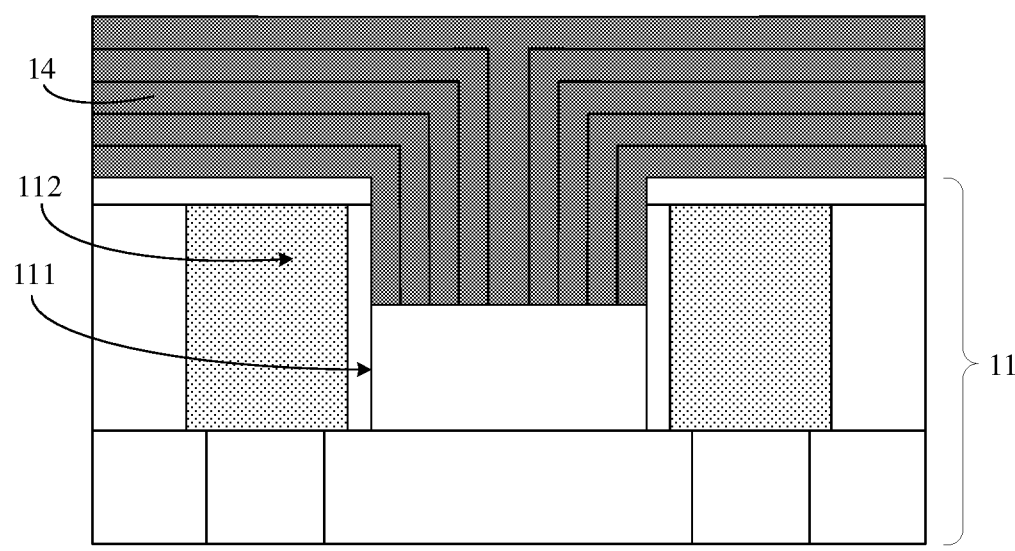


图 12

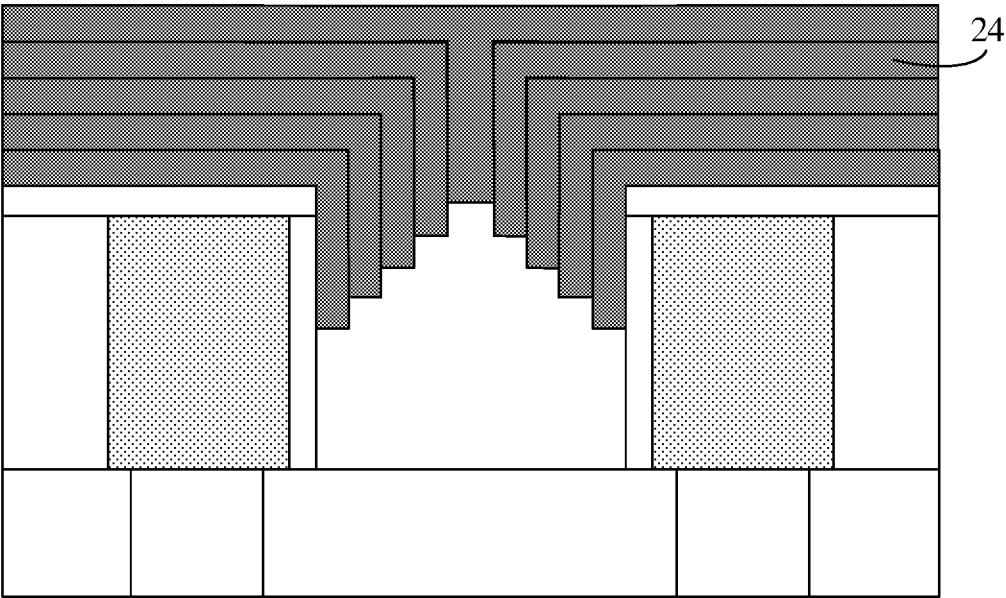


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/097399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 23/528(2006.01)i; H01L 21/768(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, IEEE, CNKI: 凹槽, 侧壁, 介质层, 空隙, 气隙, 间隙, 多层, groove, side, spacer, dielectric, air, gap, multilayer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016086966 A1 (MACRONIX INTERNATIONAL CO., LTD.) 24 March 2016 (2016-03-24) description paragraphs [0029]-[0041], figures 1A-1K	12-13
A	CN 109478534 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 15 March 2019 (2019-03-15) entire document	1-14
A	CN 106935544 A (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY LIMITED) 07 July 2017 (2017-07-07) entire document	1-14
A	US 2011021036 A1 (BRAECKLMANN, G. et al.) 27 January 2011 (2011-01-27) entire document	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 August 2021

Date of mailing of the international search report

27 August 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/097399

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2016086966	A1	24 March 2016	US	9337208 B2	10 May 2016
CN	109478534	A	15 March 2019	US	2018047617 A1	15 February 2018
				WO	2018029556 A1	15 February 2018
				DE	112017003172 T5	28 March 2019
				GB	201901614 D0	27 March 2019
				US	2018047615 A1	15 February 2018
				GB	2567363 B	28 August 2019
				US	2018261494 A1	13 September 2018
				US	10418277 B2	17 September 2019
				GB	2567363 A	10 April 2019
				US	2019267279 A1	29 August 2019
				JP	2019527933 A	03 October 2019
				US	9892961 B1	13 February 2018
				US	10115629 B2	30 October 2018
CN	106935544	A	07 July 2017	KR	20170080443 A	10 July 2017
				US	2018076141 A1	15 March 2018
				US	2017221827 A1	03 August 2017
				KR	101866074 B1	04 July 2018
				US	9852992 B2	26 December 2017
				US	2019157204 A1	23 May 2019
				DE	102016117486 A1	06 July 2017
				US	10879179 B2	29 December 2020
				US	10157843 B2	18 December 2018
				US	9653348 B1	16 May 2017
				TW	201810591 A	16 March 2018
				TW	I579998 B	21 April 2017
				CN	106935544 B	03 December 2019
US	2011021036	A1	27 January 2011	TW	I484593 B	11 May 2015
				US	2012126413 A1	24 May 2012
				TW	201007883 A	16 February 2010
				US	8071459 B2	06 December 2011
				WO	2009127914 A1	22 October 2009
				US	8264060 B2	11 September 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/097399

A. 主题的分类

H01L 23/528(2006.01)i; H01L 21/768(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPDOC, CNPAT, IEEE, CNKI:凹槽, 侧壁, 介质层, 空隙, 气隙, 间隙, 多层, groove, side, spacer, dielectric, air, gap, multilayer

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 2016086966 A1 (MACRONIX INTERNATIONAL CO., LTD.) 2016年 3月 24日 (2016 - 03 - 24) 说明书第[0029]-[0041]段, 附图1A-1K	12-13
A	CN 109478534 A (国际商业机器公司) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文	1-14
A	CN 106935544 A (台湾积体电路制造股份有限公司) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-14
A	US 2011021036 A1 (BRAECKLMANN, G. 等) 2011年 1月 27日 (2011 - 01 - 27) 全文	1-14

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2021年 8月 12日

国际检索报告邮寄日期

2021年 8月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

颜庙青

电话号码 86-(10)-53961449

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/097399

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	2016086966	A1	2016年 3月 24日	US	9337208	B2	2016年 5月 10日
CN	109478534	A	2019年 3月 15日	US	2018047617	A1	2018年 2月 15日
				WO	2018029556	A1	2018年 2月 15日
				DE	112017003172	T5	2019年 3月 28日
				GB	201901614	D0	2019年 3月 27日
				US	2018047615	A1	2018年 2月 15日
				GB	2567363	B	2019年 8月 28日
				US	2018261494	A1	2018年 9月 13日
				US	10418277	B2	2019年 9月 17日
				GB	2567363	A	2019年 4月 10日
				US	2019267279	A1	2019年 8月 29日
				JP	2019527933	A	2019年 10月 3日
				US	9892961	B1	2018年 2月 13日
				US	10115629	B2	2018年 10月 30日
CN	106935544	A	2017年 7月 7日	KR	20170080443	A	2017年 7月 10日
				US	2018076141	A1	2018年 3月 15日
				US	2017221827	A1	2017年 8月 3日
				KR	101866074	B1	2018年 7月 4日
				US	9852992	B2	2017年 12月 26日
				US	2019157204	A1	2019年 5月 23日
				DE	102016117486	A1	2017年 7月 6日
				US	10879179	B2	2020年 12月 29日
				US	10157843	B2	2018年 12月 18日
				US	9653348	B1	2017年 5月 16日
				TW	201810591	A	2018年 3月 16日
				TW	1579998	B	2017年 4月 21日
				CN	106935544	B	2019年 12月 3日
US	2011021036	A1	2011年 1月 27日	TW	1484593	B	2015年 5月 11日
				US	2012126413	A1	2012年 5月 24日
				TW	201007883	A	2010年 2月 16日
				US	8071459	B2	2011年 12月 6日
				WO	2009127914	A1	2009年 10月 22日
				US	8264060	B2	2012年 9月 11日