



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102224574 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 11

(21) 申请号 200980147108. 0

(22) 申请日 2009. 11. 19

(30) 优先权数据

61/117, 540 2008. 11. 24 US

12/620, 818 2009. 11. 18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 05. 24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/065193 2009. 11. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/059857 EN 2010. 05. 27

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 王建乐 钟华 陶荣 张宏

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国 王金宝

(51) Int. Cl.

H01L 21/288 (2006. 01)

(56) 对比文件

KR 20010004718 A, 2001. 01. 15, 全文.

KR 20050011105 A, 2005. 01. 29, 全文.

KR 20060078112 A, 2006. 07. 05, 全文.

审查员 闫东

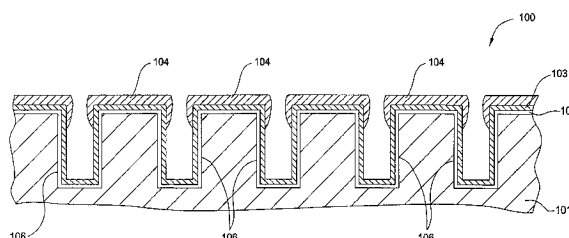
权利要求书2页 说明书6页 附图13页

(54) 发明名称

利用有机表面钝化及微差电镀延迟进行由底部往上镀层的方法

(57) 摘要

本发明的实施例大体上是关于处理半导体基板的设备和方法。实施例提供处理基板的方法, 包括在内含沟槽或过孔结构的基板上形成种子层、使用有机钝化膜涂覆部分种子层以及将沟槽或过孔结构浸没在电镀液以沉积导电材料至未被有机钝化膜覆盖的种子层上。



1. 一种处理基板的方法, 包含:

在 内含沟槽或过孔结构的基板上形成种子层;

以有机钝化膜涂覆所述种子层的一部分, 其中所述有机钝化膜到达所述沟槽或过孔结构内的一深度, 以覆盖所述沟槽或过孔结构上部之上的所述种子层而不覆盖所述沟槽或过孔结构下部上的所述种子层; 以及

将所述沟槽或过孔结构浸没在电镀液, 以沉积导电材料至未被所述有机钝化膜覆盖的所述沟槽或过孔结构下部上的所述种子层上, 以使导电材料以从底部往上的方式填充所述沟槽或过孔结构。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述有机钝化膜能溶于所述电镀液。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 其中涂覆所述种子层的一部分的步骤包含在所述基板之上旋涂含有有机界面活性剂的液态溶液。

4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中涂覆所述种子层的一部分的步骤还包含依据所述有机钝化膜旋涂至所述沟槽或过孔结构内的目标深度来决定旋涂转速。

5. 如权利要求 3 所述的方法, 其中所述有机界面活性剂包含 1-2-3- 苯并三氮唑 (BTA)。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中所述液态溶液包含异丙醇 (IPA)。

7. 如权利要求 2 所述的方法, 其中涂覆所述种子层的一部分的步骤包含将所述基板浸渍在含有有机界面活性剂的液态溶液。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述液态溶液包含:

疏水性载体; 以及

悬浮在所述疏水性载体中的所述有机界面活性剂。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 还包含:

从所述电镀液移出所述基板;

移除所述钝化膜而露出先前被所述钝化膜覆盖的所述种子层的所述部分; 以及

将所述基板浸没在所述电镀液, 以电镀所述导电材料至所述基板上。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其中移除所述钝化膜的步骤包含退火处理所述基板。

11. 一种处理基板的方法, 包含:

在 内含沟槽或过孔结构的基板上沉积种子层;

旋涂所述基板而形成钝化膜, 其中所述钝化膜到达所述沟槽或过孔结构内的一深度, 以覆盖所述沟槽或过孔结构上部之上的所述种子层而不覆盖所述沟槽或过孔结构下部上的所述种子层; 以及

将所述沟槽或过孔结构浸没在电镀液, 以沉积导电材料至未被所述钝化膜覆盖的所述种子层上, 并使所述钝化膜溶于所述电镀液, 其中所述钝化膜藉由延迟在所述沟槽或过孔结构的上部上电镀导电材料, 从而能由底部往上填充所述沟槽或过孔结构。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中旋涂所述基板的步骤包含控制所述钝化膜沿着所述沟槽或过孔结构的侧壁所到的深度。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其中控制所述深度的步骤包含:

提高转速以缩减所述深度; 以及

降低所述转速以增加所述深度。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其中控制所述深度的步骤进一步包含在旋涂期间,使用不同黏度的载体来缩减所述深度。

利用有机表面钝化及微差电镀延迟进行由底部往上镀层的方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体上是关于处理半导体基板的设备和方法。本发明的实施例特别是关于进行由底部往上镀层的方法和设备。

背景技术

[0002] 随着半导体装置尺寸不断缩小,制造时在半导体基板上形成的沟槽或过孔结构(via structure)也变得更窄、深宽比更高。窄开口和高深宽比通常对后续材料填充过程造成困难和挑战。从而,在进行填充时,窄的开口将被狭缩,以致填充材料内可能形成空隙。

[0003] 若填充过程需要衬里、阻障层或种子层(seed layer),例如需要种子层的电镀过程,则问题变得更明显。种子层一般利用物理气相沉积(PVD)工艺沉积在沟槽或过孔结构。为完全覆盖沟槽或过孔表面,种子层通常在沟槽或过孔入口附近、和沟槽或过孔底部附近较厚。种子层较厚部分的电阻较小,因此可吸引更多电镀电流,因而电镀较快。由于沟槽或过孔开口附近的电镀较快,在填满沟槽或过孔前,开口附近的电镀材料将会狭缩开口,而在沟槽或过孔内形成空隙。空隙会降低形成在沟槽或过孔中的互连线(interconnect)的电导率并减低互连线的物理强度,因此不希望有空隙产生。

[0004] 图1示意性地表示电镀沟槽或过孔的问题。沟槽或过孔结构14形成在基板10的介电材料11内。阻障层16接着沉积在沟槽或过孔结构14上。种子层12接着沉积在阻障层16上。种子层12在沟槽或过孔结构14的入口17附近较厚,故入口17附近的电镀较快。金属层13接着沉积填充沟槽或过孔结构14。如图1所示,沉积金属层13时,空隙15形成在高深宽比的沟槽或过孔结构14中。

[0005] 传统制造工艺通常在电镀前实行溅射工艺来缩减入口17附近的种子层12厚度。溅射一般利用阳离子来物理性击出种子层的原子。阳离子(如正氩离子)通常在等离子体腔室产生后、加速朝向靶材。加速期间,阳离子获得动量而撞击基板的顶表面。离子物理性击出种子层的原子。然而,离子会撞击整个基板。此外,溅射击出的粒子需额外清洁处理,且仍可能是后续处理的潜在污染源。

[0006] 因此,需要改善在沟槽或过孔结构内电镀导电材料的方法和设备。

发明内容

[0007] 本发明的实施例大体上是关于处理半导体基板的设备和方法。本发明的实施例特别是关于便于由底部往上填充沟槽或过孔结构的方法和设备。

[0008] 一个实施例提出处理基板的方法,包含形成种子层在具沟槽或过孔结构的基板上、使用有机钝化膜涂覆部分种子层、以及将沟槽或过孔结构浸没在电镀液以沉积导电材料至未被有机钝化膜覆盖的种子层上。

[0009] 另一个实施例提出处理基板的方法,包含沉积种子层在基板的沟槽或过孔结构的表面、涂铺钝化膜至基板上以覆盖沟槽或过孔结构的顶部开口附近的种子层、以及将沟槽

或过孔结构浸没在电镀液以电镀导电材料在沟槽或过孔结构中,其中电镀时,钝化膜溶于电镀液。

[0010] 又一个实施例提出处理基板的方法,包含沉积种子层至具沟槽或过孔结构的基板上、旋涂基板而形成钝化膜覆盖至少一部分的种子层、以及将沟槽或过孔结构浸没在电镀液以沉积导电材料至未被钝化膜覆盖的种子层上并使钝化膜溶于电镀液。

附图说明

[0011] 因此,为了详细理解本发明的上述特征,可配合参考实施例获得上文简要概述的本发明的更特定描述,部分实施例已表示在附图中。须注意的是,虽然附图仅揭露本发明特定实施例,但其并非用以限定本发明的范围,因为本发明可允许其它同等有效的实施例。

[0012] 图 1 示意性地表示电镀沟槽或过孔结构的问题。

[0013] 图 2A-2D 示意性地表示根据本发明一个实施例的填充沟槽或过孔结构的方法。

[0014] 图 3 为根据本发明一个实施例的填充沟槽或过孔结构的概要工艺流程图。

[0015] 图 4A-4C 示意性地表示根据本发明一个实施例的涂铺钝化膜的方法。

[0016] 图 5 示意性地表示根据本发明另一个实施例的涂铺钝化膜的方法。

[0017] 图 6A-6D 示意性地表示根据本发明一个实施例的填充沟槽或过孔结构的方法。

[0018] 图 7 为根据本发明一个实施例的填充沟槽或过孔结构的概要工艺流程图。

[0019] 图 8 为根据本发明一个实施例的过孔填充结果的光学电子显微镜图像。

[0020] 图 9 为根据本发明一个实施例的沟槽填充结果的透射电镜 (TEM) 图像。

[0021] 为助于理解,在可能的情况下已使用相同的元件符号来代表相同的组件。应理解某一个实施例的组件应当可并入其它实施例,在此不另外详述。

具体实施方式

[0022] 本发明的实施例大体上是关于处理半导体基板的设备和方法。本发明的实施例特别是关于便于由底部往上填充沟槽或过孔结构的方法和设备。本发明的一个实施例提出在沉积填充材料至沟槽或过孔结构前,使用钝化膜涂覆部分沟槽或过孔结构。在一个实施例中,钝化膜形成在沟槽或过孔结构的顶部开口附近,用以延迟后续沉积工艺在顶部开口附近沉积填充材料。

[0023] 在一个实施例中,电镀工艺用来沉积填充材料至沟槽或过孔结构,且钝化膜可溶于电镀液。在电镀过程之初,在钝化膜溶于电镀液前,填充材料仅沉积在沟槽或过孔结构的底部,因而造成由底部往上填充。因此,本发明的方法能由底部往上填充,而不需使用侵入离子来物理性攻击沟槽或过孔结构和基板。

[0024] 在一个实施例中,钝化膜包含界面活性剂。在一个实施例中,界面活性剂包含平面分子。在一个实施例中,涂覆钝化膜包含在具有沟槽或过孔结构的基板上旋涂界面活性剂的液态溶液。在另一个实施例中,涂覆钝化膜包含将沟槽或过孔结构浸渍在界面活性剂的液态溶液。

[0025] 图 2A-2D 示意性地表示根据本发明一个实施例的填充沟槽或过孔结构的顺序。图 3 为图 2A-2D 中所示的填充沟槽或过孔结构的过程 200 的概要流程图。

[0026] 过程 200 的方块 210 包含在基板中形成沟槽或过孔结构。沟槽或过孔结构一般用

来形成半导体装置的不同部分。例如,沟槽或过孔结构常用于保持导电材料于其中并形成半导体装置的互连线。图 2A 为基板 100 的截面侧视图,基板 100 具有沟槽或过孔结构 106 形成在介电材料 101 内。在一个实施例中,沟槽或过孔结构 106 用来在其中形成导电互连线。

[0027] 过程 200 的方块 220 包含在沟槽或过孔结构上沉积阻障层。阻障层常用于防止互连线中的铜扩散进入邻近区域。如图 2A 所示,阻障层 102 形成在沟槽或过孔结构 106 内,以防止后续沉积至沟槽或过孔结构 106 的导电材料扩散进入介电材料 101。

[0028] 过程 200 的方块 230 包含在沟槽或过孔结构上沉积种子层。如图 2A 所示,种子层 103 沉积在基板 100 整个顶表面的阻障层 102 上。种子层 103 构成导电表面供后续镀层工艺(如电镀)使用。种子层 103 可使用物理气相沉积(PVD)沉积而得到。由于 PVD 工艺的本质的原因,种子层 103 在顶部开口的厚度通常比在沟槽或过孔结构 106 侧壁的厚度厚。如上所述,种子层 103 的不均匀度若未经处理,则后续电镀将形成空隙。

[0029] 过程 200 的方块 240 包含使用钝化膜涂覆部分种子层。在一个实施例中,钝化膜涂覆在沟槽或过孔结构上部的种子层上。钝化膜用来避免金属沉积覆盖底下的种子层。在一个实施例中,钝化膜包含表面作用剂,也称为界面活性剂。

[0030] 在一个实施例中,钝化膜在种子层各处有不同厚度。例如,钝化膜在沟槽或过孔结构上部的种子层上的厚度远比在沟槽或过孔结构下部的种子层上的厚度厚。钝化膜可溶于水。当沟槽或过孔结构浸没在水基电镀液时,较薄的钝化膜下部会先溶解而露出底下的种子层来沉积填充材料,因此可由底部往上填充。

[0031] 在一个实施例中,界面活性剂为具平面分子的有机化合物且可溶于水。在一个实施例中,界面活性剂包含 1-2-3- 苯并三氮唑(BTA)或类似化合物。

[0032] 在一个实施例中,钝化膜 104 可包含用于种子层 103 所含的材料的抗腐蚀剂。在一个实施例中,该抗腐蚀剂包含咪唑(IMA)。

[0033] 图 2A 表示形成在沟槽或过孔结构 106 的顶部的钝化膜 104。位于沟槽或过孔结构 106 下部的种子层 103 未为钝化膜 104 所覆盖。

[0034] 在一个实施例中,涂覆钝化膜 104 包含旋涂界面活性剂的液态溶液。在另一个实施例中,涂覆钝化膜 104 包含将沟槽或过孔结构浸渍在界面活性剂的液态溶液。涂铺钝化膜 104 的方法将配合图 4 及 5 在后面详述。

[0035] 过程 200 的方块 250 包含使用导电材料填充沟槽或过孔结构。在一个实施例中,藉由将沟槽或过孔结构浸没在电镀液以进行填充沟槽或过孔结构。

[0036] 图 2B 表示基板 100 浸没在电镀液 105,且电镀液 105 接触沟槽或过孔结构 106 的表面。尽管图 2B 显示基板 100 以装置面朝上被“包覆”(“socked”)在电镀液 105 中,但熟悉此技术的人应当可把基板 100 放成任何适当位置,例如面朝下且浸渍在电镀槽。

[0037] 如图 2B 所示,导电材料 107 从未被钝化膜 104 覆盖的部分种子层 103 生长。在此情况下,种子层 103 的下部直接接触电镀液 105,而导电材料 107 以从底部往上的方式填充沟槽或过孔结构 106。

[0038] 图 2C 示意性地表示基板 100 经电镀一段时间后的截面侧视图。导电材料 107 已填充沟槽或过孔结构 106 的底部,沟槽或过孔结构 106 的顶部依旧被钝化膜 104 覆盖。然而,钝化膜 104 将溶于电镀液 105 中。如图 2D 所示,钝化膜 104 最终会完全溶于电镀液 105,而

让导电材料 107 沉积至沟槽或过孔结构 106 的顶部。

[0039] 图 4A-4C 示意性地表示根据本发明一个实施例的涂铺钝化膜的方法。特别是,钝化膜可能是旋涂而得到的界面活性剂层。因旋涂过程的离心力所致,涂铺的钝化膜从沟槽或过孔结构顶部到沟槽或过孔结构底部呈厚度缩减剖面。高转速造成在沟槽或过孔结构底部不会涂覆或涂覆很少的材料。基于相同论点,溶液物性在输送保护界面活性剂至预定深度结构方面也扮演同样的角色。

[0040] 由于界面活性剂可溶于电镀液或电解质中,因此在界面活性剂溶解前,当界面活性剂覆盖沟槽或过孔结构顶表面时,沟槽或过孔结构的底部表面会先暴露给电解质。如此可实现由底部往上电镀。

[0041] 如图 4A 所示,可利用旋涂装置 300 涂铺钝化膜,如图 2A 的钝化膜 104。旋涂装置 300 一般包含基板支撑组件 301,用以在顶表面 301a 支撑基板 302 及绕着心轴 301b 转动基板 302。旋涂装置 300 进一步包含液体分配器 304,用以分配液态溶液 303 至放在基板支撑组件 301 上的基板 302。

[0042] 当基板支撑组件 301 快速转动基板 302 时,液态溶液 303 大致分配在基板 302 上。如图 4B 所示,液态溶液 303 散布在整个基板 302,接着因离心力飞出基板 302 而留下薄层 305 在基板 302 上。

[0043] 图 4C 为基板 302 上的薄层 305 的放大图。如图 4C 所示,基板 302 内含沟槽或过孔结构 306。藉由调整旋涂的转速、液态溶液 303 的性质或所述组合,可将旋涂形成的薄层 305 控制在沟槽或过孔结构 306 的上部内。

[0044] 在一个实施例中,藉由调整基板 302 的转速,可控制薄层 305 在沟槽或过孔结构 306 内的深度 307。在一个实施例中,藉由提高基板 302 的转速,可缩减深度 307;藉由降低基板 302 的转速,可增加深度 307。

[0045] 液态溶液 303 一般包含载体和溶质,例如界面活性剂或抗腐蚀剂。在一个实施例中,载体包含异丙醇 (IPA)。

[0046] 在另一个实施例中,藉由调整液态溶液 303 的载体性质,可控制薄层 305 在沟槽或过孔结构 306 内的深度 307。在一个实施例中,藉由选择更亲水性或挥发性的载体,可增加深度 307。在一个实施例中,藉由调整载体的黏度,可调整深度 307。

[0047] 在又一个实施例中,藉由调整液态溶液 303 的溶质性质,可控制薄层 305 在沟槽或过孔结构 306 内的深度 307。溶质性质通常会改变液态溶液的性质。

[0048] 在一个实施例中,在旋涂后,载体蒸发而留下溶质残留在基板 302 上的薄层 305 中。在一个实施例中,薄层 305 包含若干个溶质分子层,例如界面活性剂或抗腐蚀剂。在另一个实施例中,在旋涂后,可烘烤基板 302,以将载体由薄层 305 中蒸发。

[0049] 图 5 示意性地表示藉由将基板浸渍在液态溶液来涂铺钝化膜。内含沟槽或过孔结构 403 的基板 401 面朝下且浸渍在液态溶液 402 中以形成钝化膜,例如图 2A 中的钝化膜 104。液态溶液 402 一般含有疏水性载体,以在沟槽或过孔结构的上部(靠近沟槽或过孔结构入口的部分)形成薄膜。

[0050] 图 6A-6D 示意性地表示根据本发明一个实施例,填充不同尺寸的沟槽或过孔结构的方法。图 7 为根据图 6A-6D 所示的方法来填充沟槽或过孔结构的过程 600 的概要流程图。

[0051] 过程 600 的方块 610 包含在具有不同尺寸的沟槽或过孔结构的基板上沉积种子

层。如图 6A 所示,大沟槽或过孔结构 506 和小沟槽或过孔结构 505 形成在基板 500 的介电材料 501 内。阻障层 507 沉积在沟槽或过孔结构 505、506 的表面。种子层 502 沉积在阻障层 507 上。种子层 502 可通过物理气相沉积 (PVD) 沉积而得到。因 PVD 工艺的本质的原因,种子层 502 在顶部开口的厚度通常比在沟槽或过孔结构 505、506 侧壁的厚度厚。

[0052] 过程 600 的方块 620 包含使用钝化膜涂覆部分种子层。钝化膜可涂覆在沟槽或过孔结构上部的种子层上。钝化膜用来避免金属沉积覆盖底下的种子层。在一个实施例中,钝化膜包含界面活性剂。如上述图 4 及 5 所示,钝化膜可藉由旋涂或将基板浸渍在液态溶液而形成。如图 6A 所示,钝化膜 503 形成在沟槽或过孔结构 505、506 的上部上。

[0053] 过程 600 的方块 630 包含使用导电材料填充沟槽或过孔结构。在一个实施例中,藉由将沟槽或过孔结构浸没在电镀液以填充沟槽或过孔结构。类似上述过程 200 的电镀过程,钝化膜藉由延迟电镀沟槽或过孔结构的上部,从而能由底部往上填充沟槽或过孔结构。

[0054] 图 6B 表示基板 500 已浸没在电镀液中一段时间后的电镀结果。高深宽比的小沟槽或过孔结构 505 大部分已填入导电材料 504,而大沟槽或过孔结构 506 的内部则大多仍未填充。钝化膜 503 依旧覆盖种子层 502。

[0055] 此时,若钝化膜 503 溶于电镀液中,则仍将基板 500 留在电镀液中,直到大沟槽或过孔结构 506 也被填充。填充高深宽比的沟槽或过孔结构时,电镀速度通常设定成低速,以减少空隙形成。填充小沟槽或过孔结构 505 后,不需维持低电镀速度。因此希望能改变电镀参数来提高填充大沟槽或过孔结构 506 的电镀速度。

[0056] 过程 600 的方块 640 包含在使用导电材料填充窄沟槽或过孔结构后,干燥基板。

[0057] 过程 600 的方块 650 包含退火处理基板,以移除残余钝化膜。方块 640、650 能使先前覆盖的种子层不再被钝化膜覆盖。图 6C 表示已移除钝化膜后的基板 500。

[0058] 过程 600 的方块 660 包含将基板浸没在电镀液,以沉积导电材料至基板上。在一个实施例中,方块 660 的电镀过程的电镀速度比方块 630 的电镀过程快。在一个实施例中,方块 630、660 使用相同的电镀液。在另一个实施例中,方块 630、660 使用不同的电镀液。如图 6C 所示,小沟槽或过孔结构 505 和大沟槽或过孔结构 506 均填入导电材料 504。

[0059] 过程 600 特别适用于基板上的沟槽或过孔结构差异很大的情况。方块 630、660 的电镀速度可设定成不同,以免高深宽比的沟槽内形成空隙并加快填充大尺寸的沟槽的速度。

[0060] 过程 600 也适用于钝化膜不溶于电镀液的情况。

[0061] 图 8 为根据本发明一个实施例的过孔填充结果的光学显微镜图像。在图 8 中,过孔形成在硅基板,深度约为 140 微米、直径约 14 微米。在涂覆钝化膜前,先沉积厚度约 6000 埃的铜种子层。涂覆钝化膜时,将溶于异丙醇 (IPA) 的 1-2-3- 苯并三氮唑 (BTA) 液态溶液旋涂在基板上。接着将涂覆的基板浸没在电镀液,以电镀铜至基板上。图 8 为电镀后的图像。铜主体以白色表示。如图 8 所示,过孔以由底部往上的方式填入铜。

[0062] 图 9 为根据本发明一个实施例的沟槽结构填充结果的透射电镜图像。沟槽结构底部附近的关键尺寸为 25 纳米 (nm)。根据本发明的实施例,涂铺钝化涂层后,利用电镀工艺将铜填入沟槽。沟槽由底部往上填充。可看到电镀铜像蘑菇般“溢出”沟槽,而原本的铜种子层仍然完整无缺。

[0063] 尽管本发明是描述沟槽或过孔结构填充应用,但本发明的实施例当可应用到填充

其它结构,例如沟槽与过孔组合、或任何其它开口。

[0064] 虽然本发明的实施例已公开如上,然而在不脱离本发明的范围的情况下,应当可衍生出其它的和进一步的实施例,因此本发明的保护范围应当以所附的权利要求书所界定的范围为准。

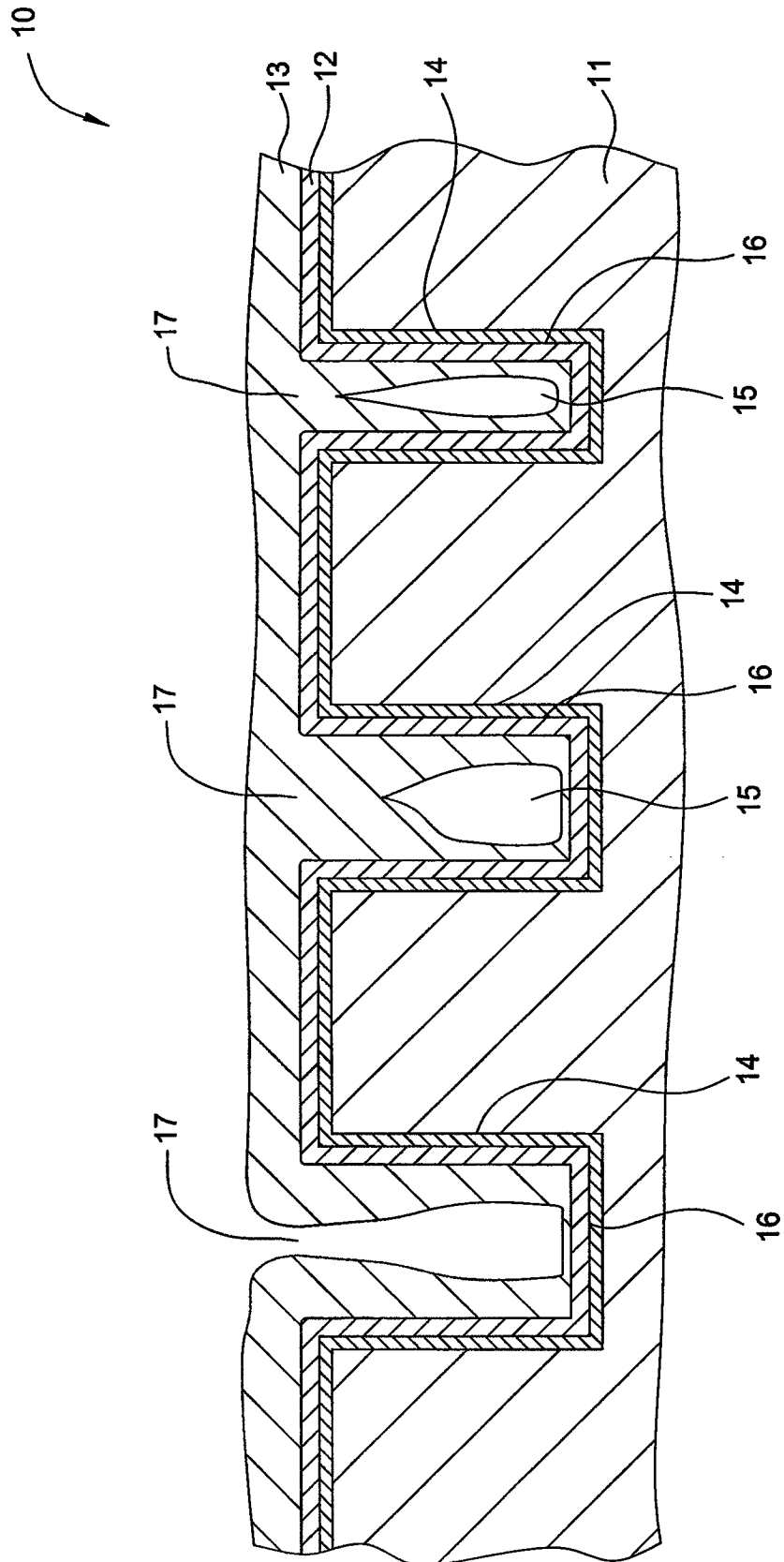


图 1

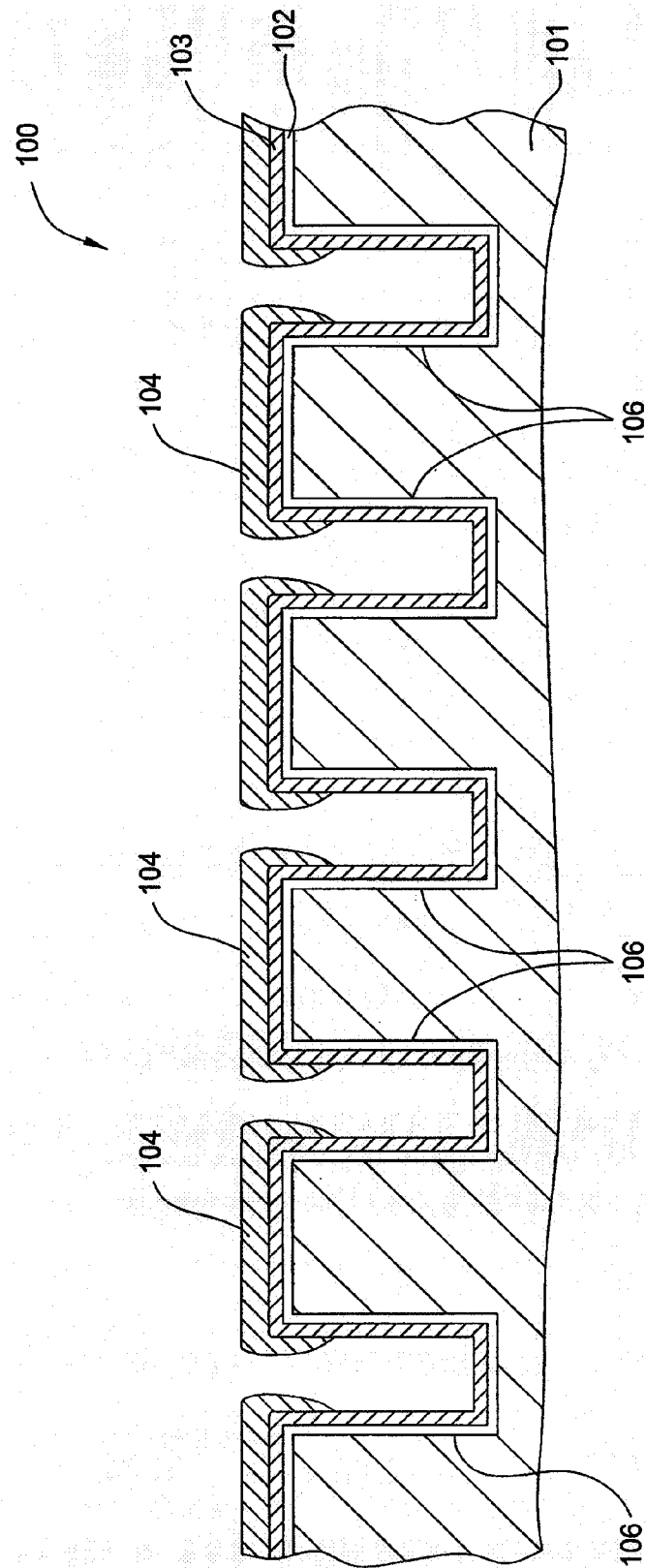


图 2A

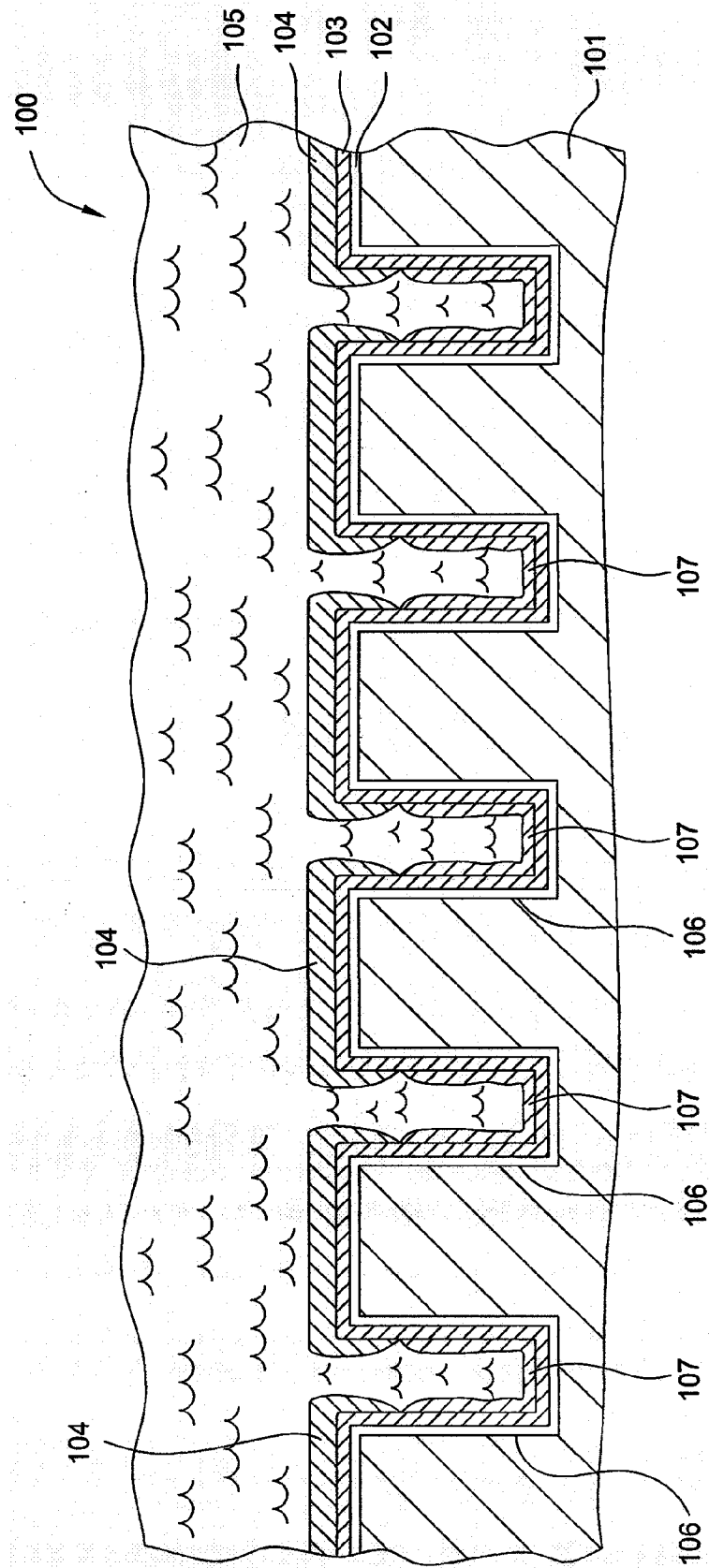


图 2B

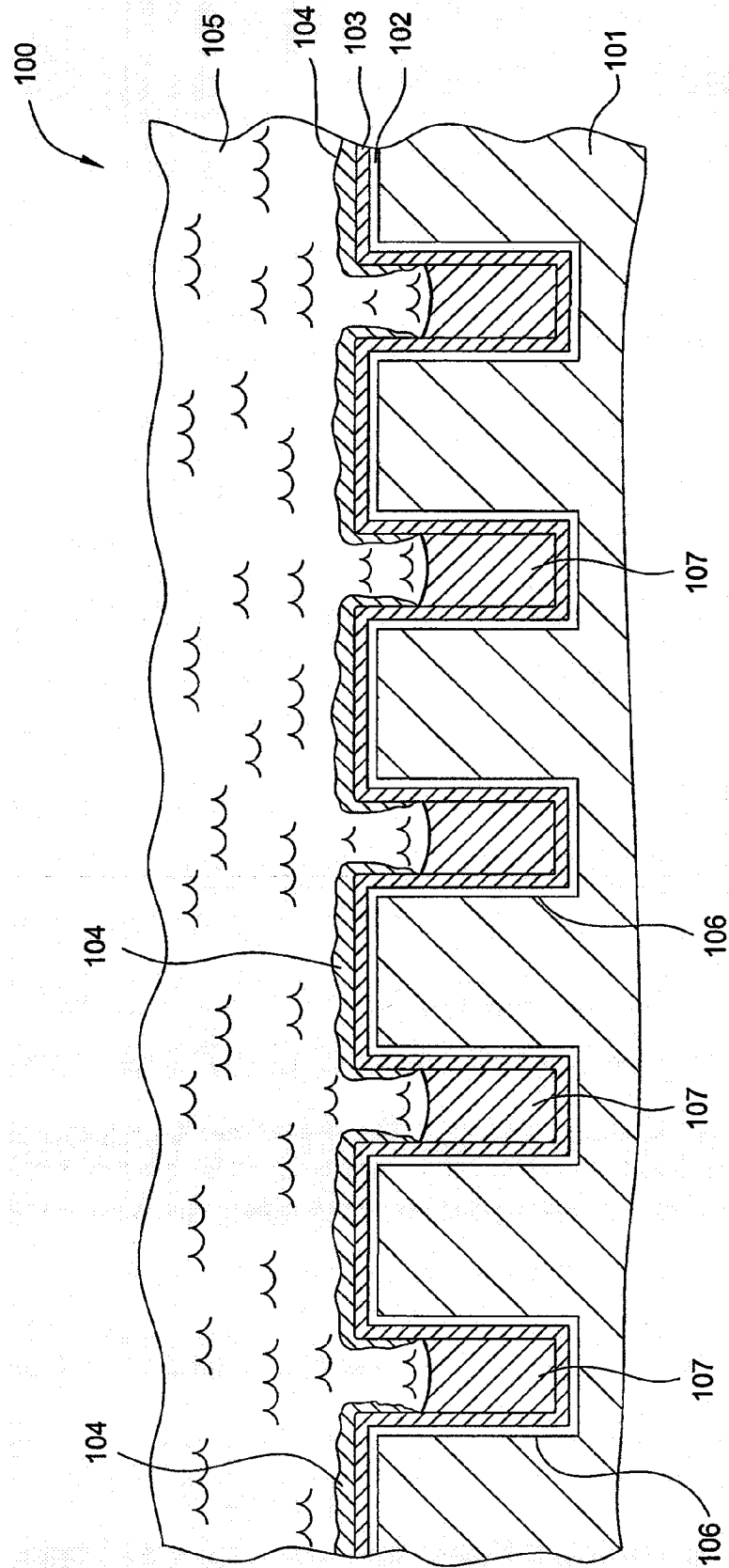


图 2C

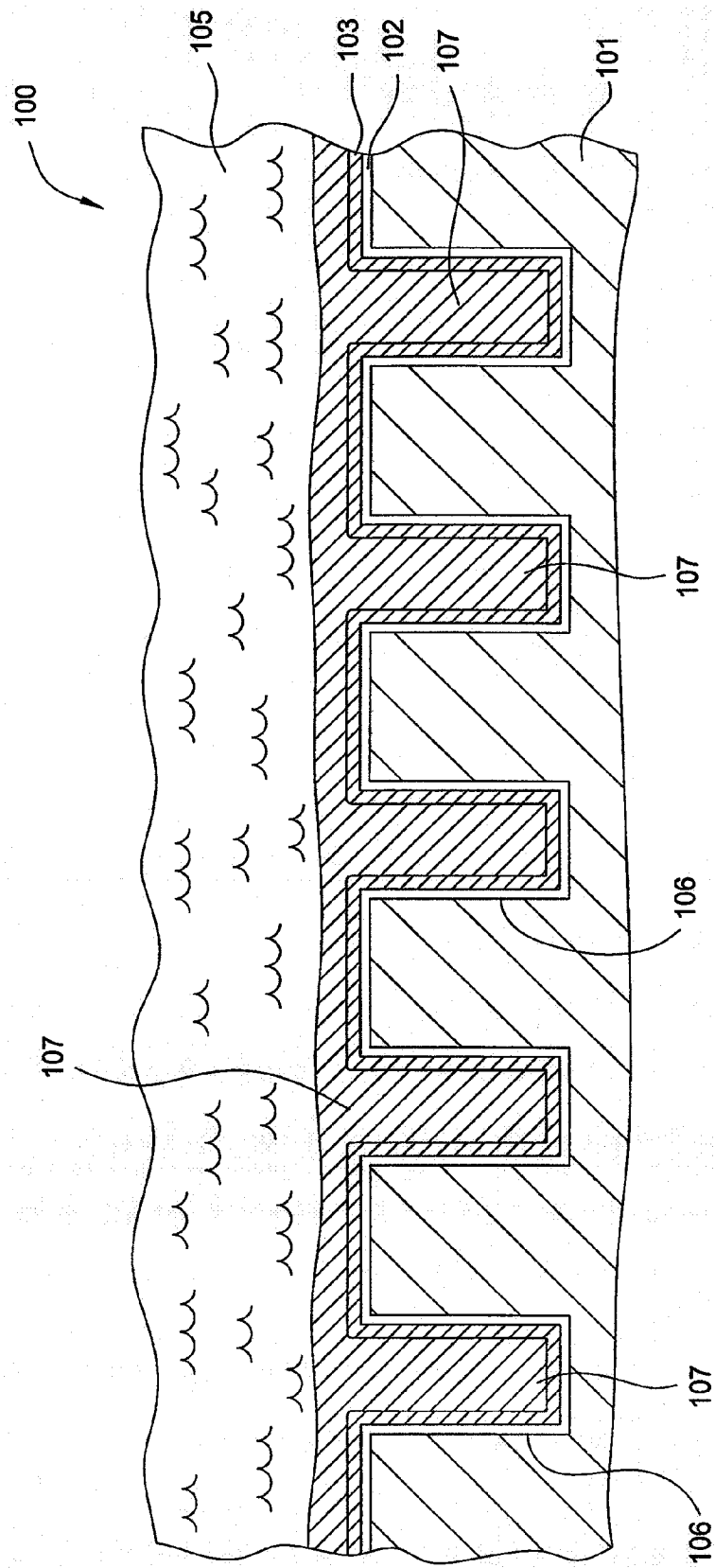


图 2D

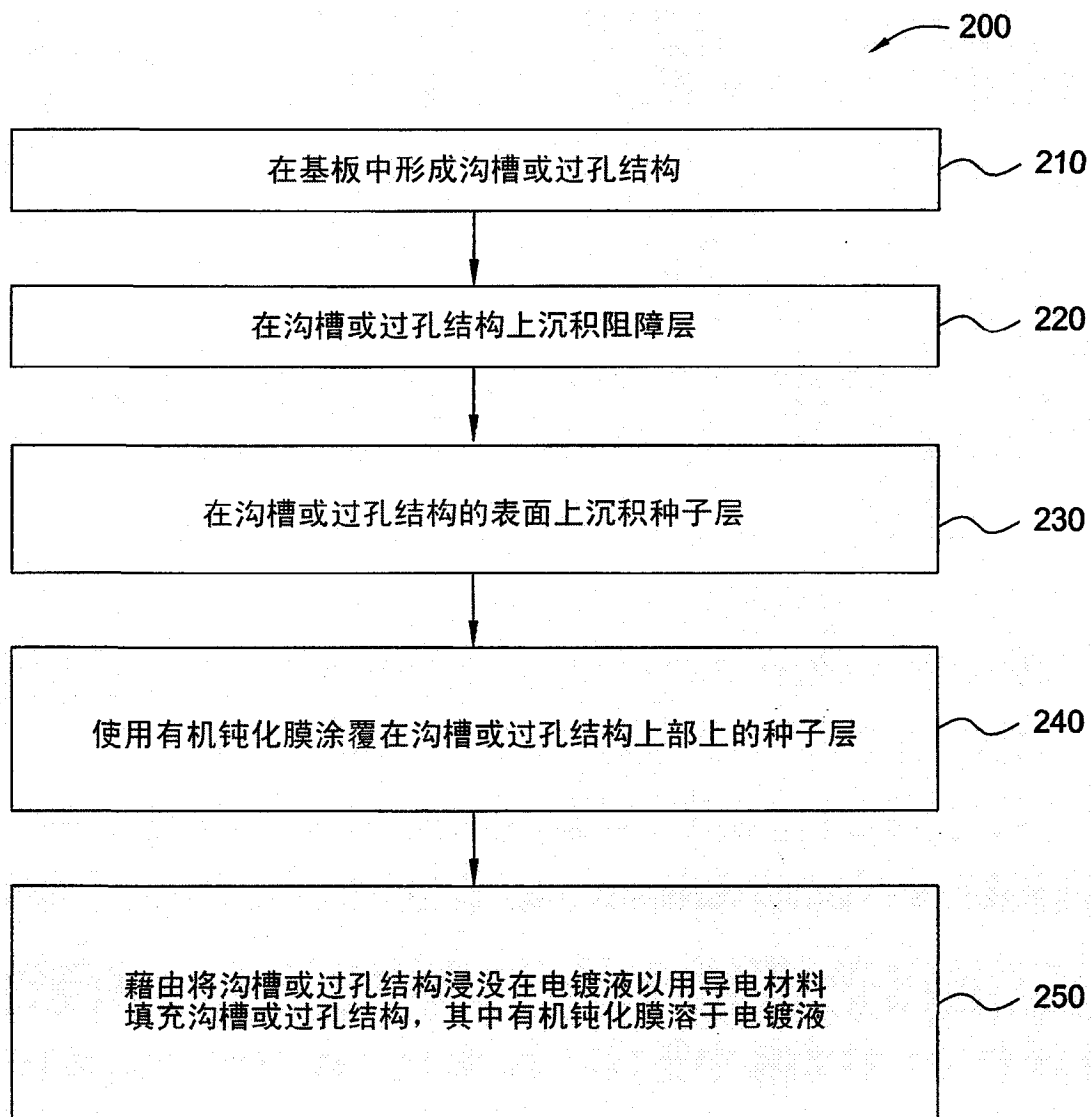


图 3

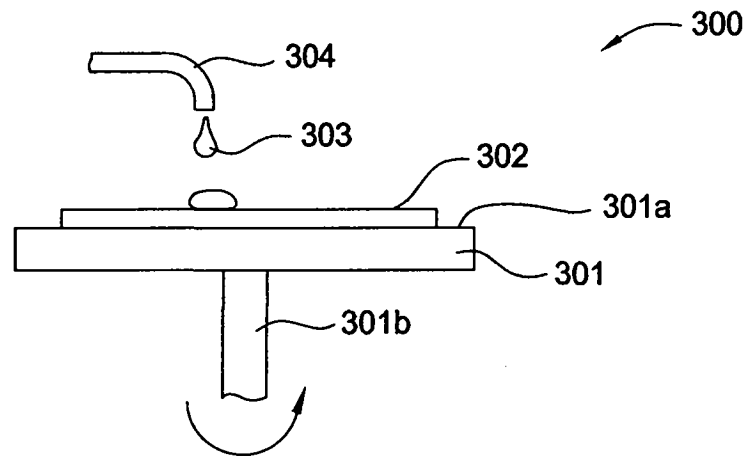


图 4A

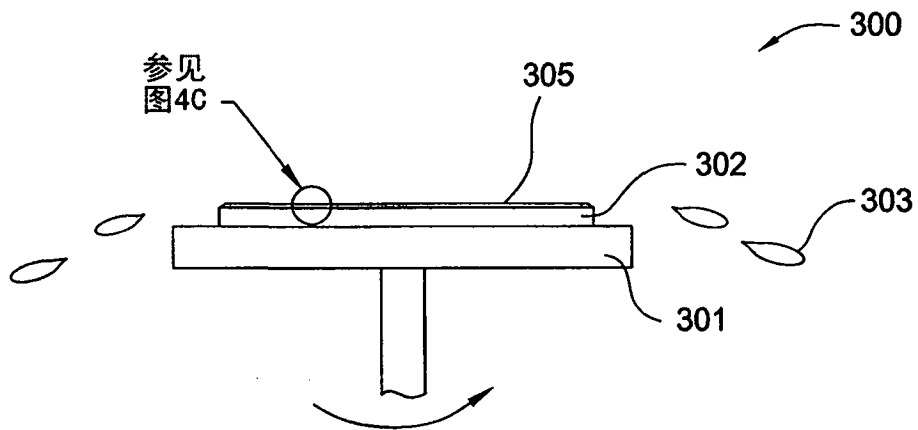


图 4B

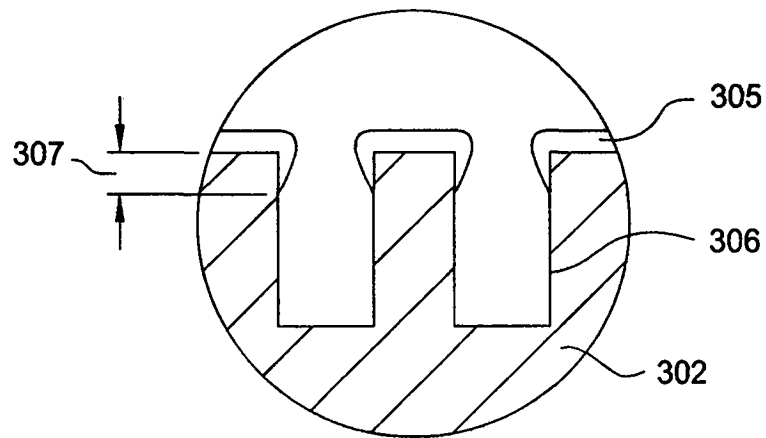


图 4C

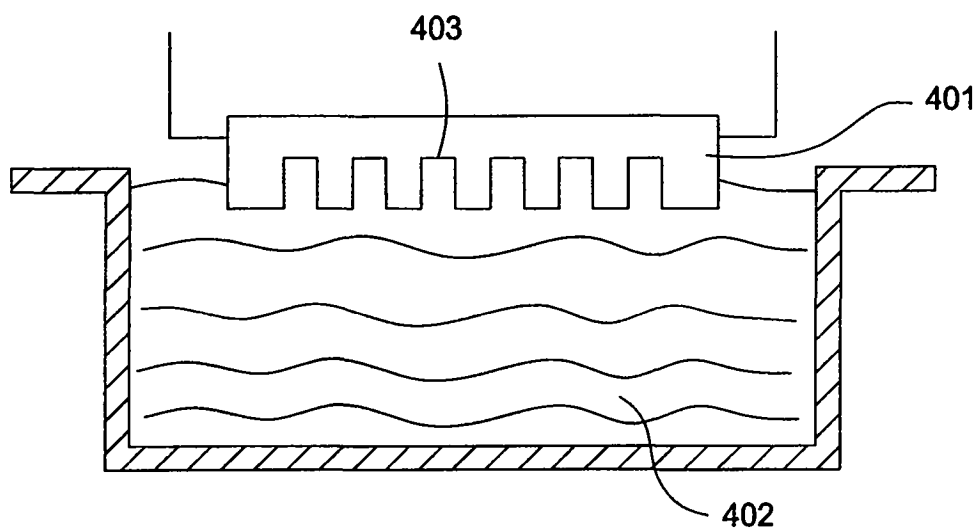


图 5

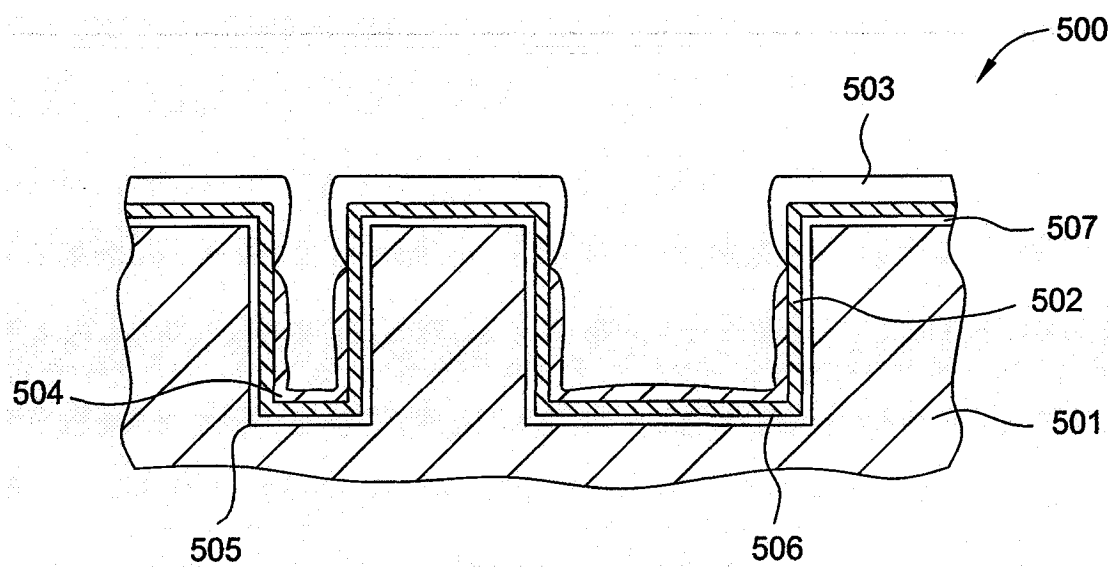


图 6A

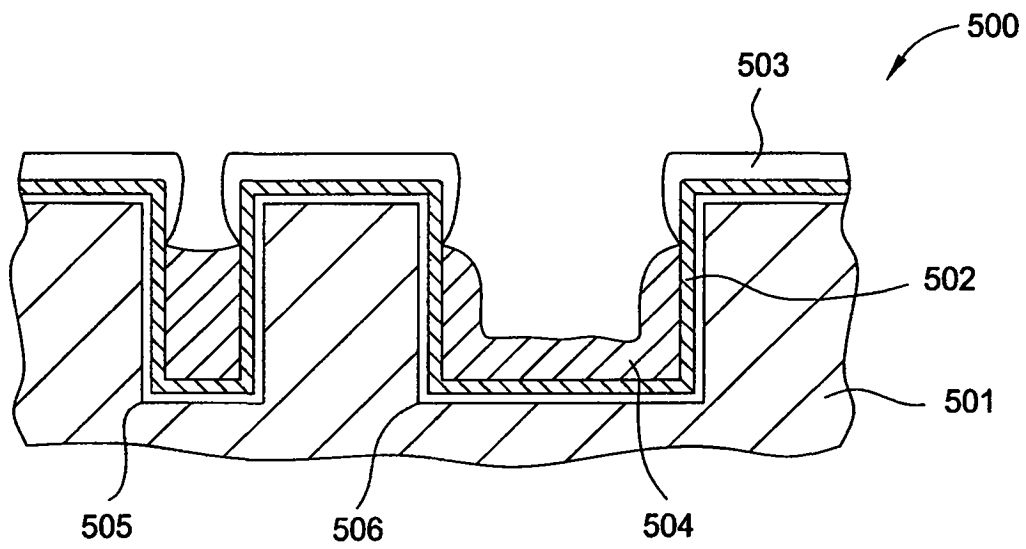


图 6B

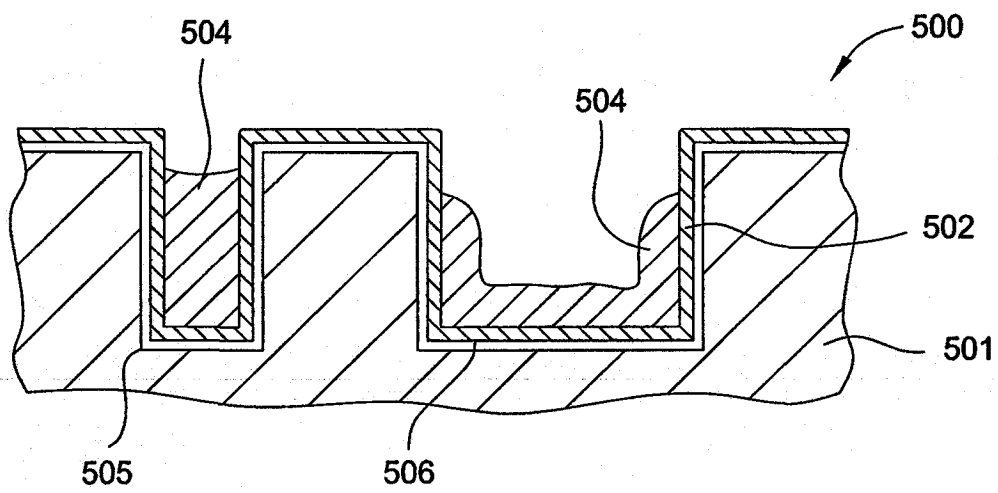


图 6C

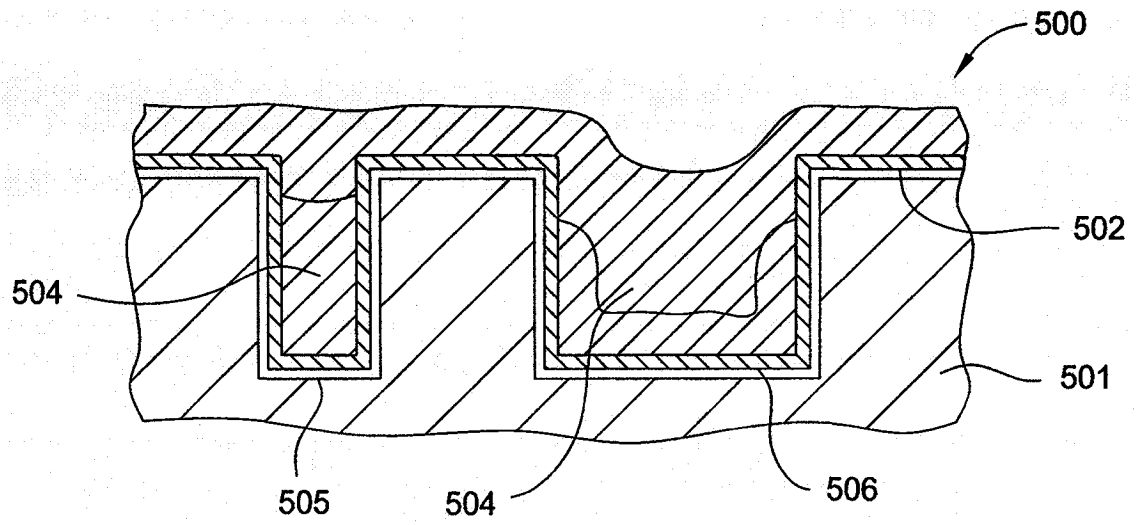


图 6D

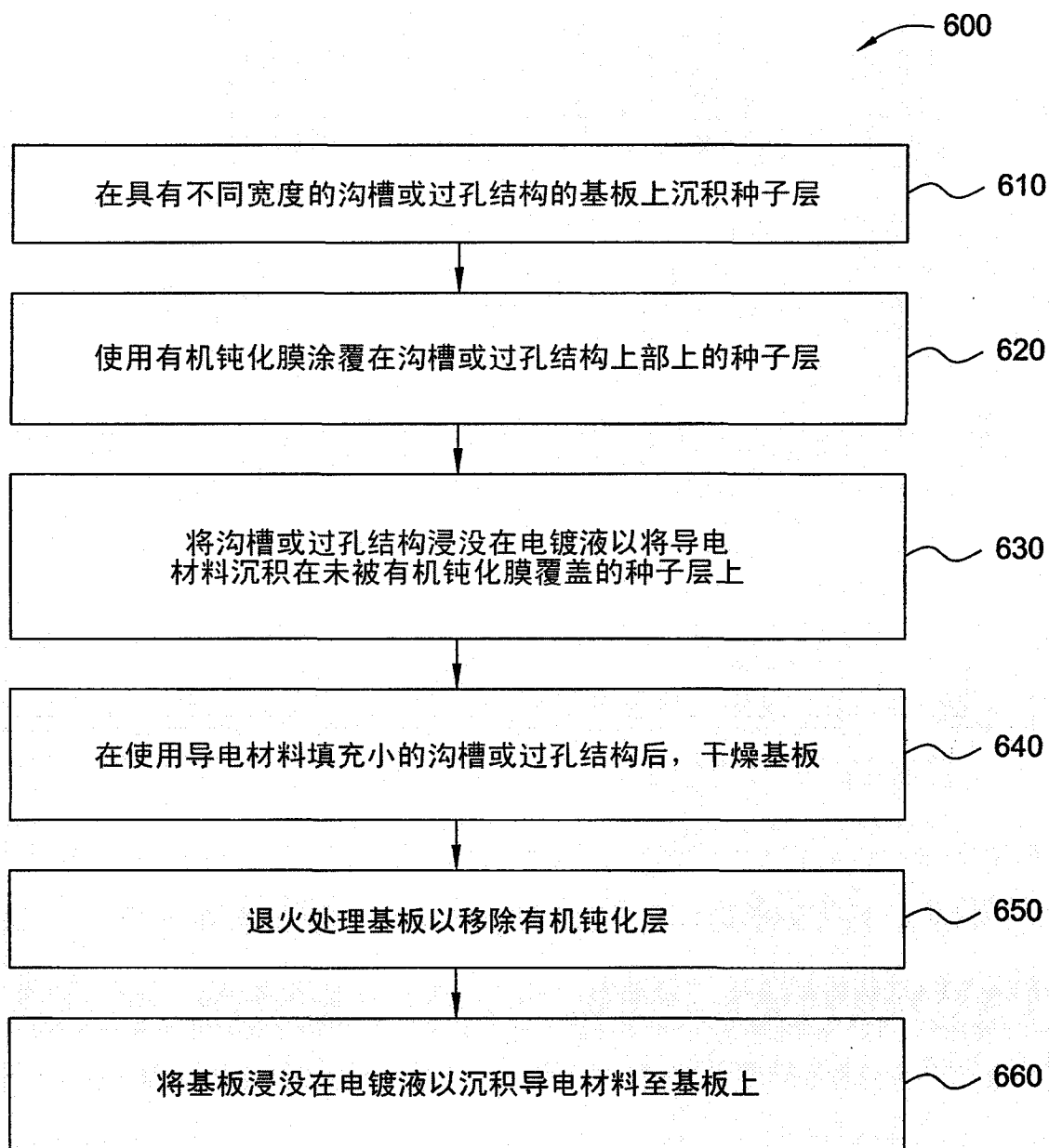


图 7

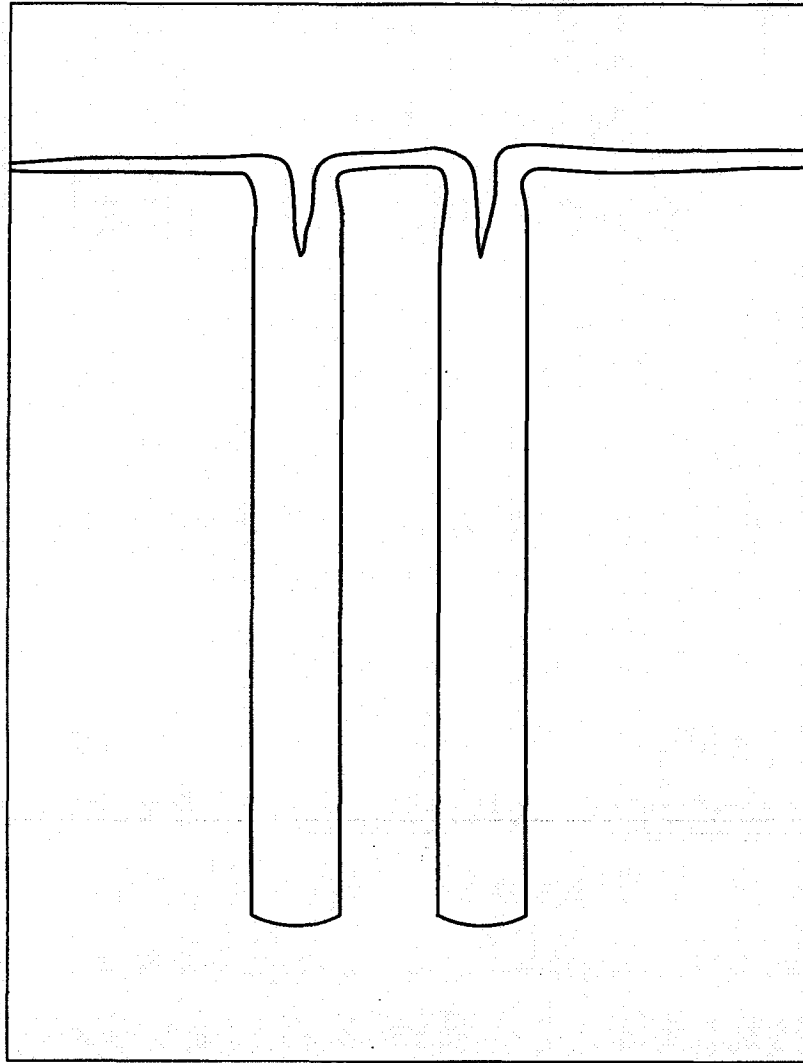


图 8

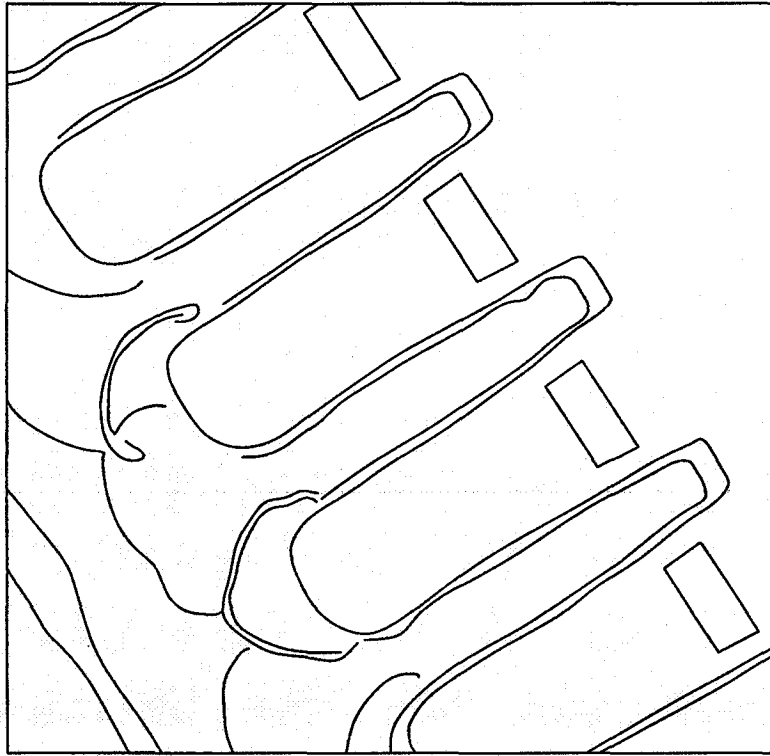


图 9