



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103563054 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201280026607. 6

代理人 陆嘉

(22) 申请日 2012. 05. 25

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/301 (2006. 01)

13/160, 891 2011. 06. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 11. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/039746 2012. 05. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/173768 EN 2012. 12. 20

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 W-S·类 S·辛格

M·R·亚拉曼希里 B·伊顿

A·库玛

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

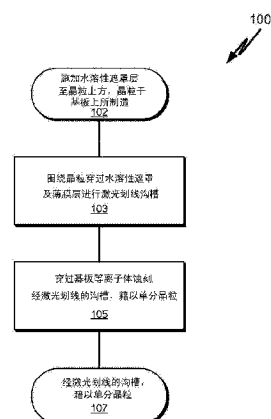
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

通过激光与等离子体蚀刻的基板切割所用的
水溶性遮罩

(57) 摘要

本发明揭示切割具有数个 IC 的基板的方法。方法包括以下步骤：在半导体基板之上形成遮罩，遮罩包含水溶性材料层。利用飞秒 (femtosecond) 激光划线工艺来图案化遮罩，以提供具有间隙的图案化遮罩。图案化步骤曝露基板介于 IC 之间的区域。随后，经由图案化遮罩中的间隙蚀刻基板藉以单分 (singulate) IC，并洗去水溶性材料层。



1. 一种切割包含数个 IC 的基板的方法,所述方法包括以下步骤:

在所述基板上形成遮罩,所述遮罩覆盖并保护所述 IC,所述遮罩包含水溶性材料层,水溶性材料层接触所述 IC 的上表面;

利用激光划线工艺藉以图案化所述遮罩,以提供具有间隙的图案化遮罩、暴露所述基板介于所述 IC 之间的区域;以及

经由所述图案化遮罩中的所述间隙藉以等离子体蚀刻所述基板,以单分所述 IC。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中利用所述激光切割工艺藉以图案化所述遮罩的步骤包含以下步骤:使用飞秒(femtosecond)激光形成沟槽,且其中,所述水溶性材料包含水溶性聚合物,以及其中,蚀刻所述半导体基板的步骤包含以下步骤:使用深沟槽蚀刻工艺藉以蚀刻所述沟槽,在所述深沟槽蚀刻工艺期间将所述水溶性材料维持在低于 100℃。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其中使用所述飞秒激光划线工艺藉以图案化所述遮罩的步骤包含以下步骤:使用具有小于或等于 530 纳米的波长与小于或等于 500 飞秒的激光脉冲宽度的激光。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中形成所述遮罩的步骤进一步包含以下步骤:在所述 IC 间的区域内形成厚度不大于 20 μm 的所述水溶性材料层,且所述水溶性材料层在 IC 的上凸起表面上的厚度至少为 10 μm。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中形成所述遮罩的步骤包含以下步骤:施加下列至少一者:聚乙烯醇(poly(vinyl alcohol))、聚丙烯酸(poly(acrylic acid))、聚甲基丙烯酸(poly(methacrylic acid))、聚丙烯酰胺(poly(acrylamide))、或聚环氧乙烷(poly(ethylene oxide)),以接触所述 IC 的上表面。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中形成所述遮罩的步骤包含以下步骤:施加聚乙烯醇以接触所述 IC 的所述上表面。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述施加步骤包含以下步骤:

在所述 IC 的所述上表面上旋转涂布水溶性聚合物的水溶液;以及干燥所述水溶液。

8. 如权利要求 7 所述的方法,进一步包含以下步骤:利用背侧研磨工艺藉以薄化所述基板,其中在所述背侧研磨工艺之后实行所述旋转涂布步骤。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述施加步骤包含以下步骤:

在所述 IC 的所述上表面上真空迭层所述水溶性材料的干膜。

10. 如权利要求 9 所述的方法,进一步包含以下步骤:利用背侧研磨工艺藉以薄化所述基板,其中在所述背侧研磨工艺之后实行所述真空迭层步骤。

11. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包含以下步骤:在等离子体蚀刻所述基板之后,利用水溶液移除所述水溶性遮罩。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述移除步骤包含以下步骤:利用加压水喷流润洗除去所述水溶性遮罩。

13. 一种用于切割半导体基板的系统,所述半导体基板包含数个 IC,所述系统包含:

激光划线模块,所述激光划线模块用于图案化遮罩并暴露基板介于所述 IC 间的区域,所述遮罩包含水溶性材料层;

等离子体蚀刻模块,所述等离子体蚀刻模块实体上耦接至所述激光划线模块,所述等

离子体蚀刻模块通过等离子体蚀刻所述基板藉以单分所述 IC；

机器手传送腔室,所述机器手传送腔室将经激光划线的基板从所述激光划线模块传送至所述等离子体蚀刻模块;以及

湿工艺模块,所述湿工艺模块在等离子体蚀刻所述基板之后洗去水溶性遮罩。

14. 如权利要求 13 所述的系统,其中所述激光划线包含具有小于或等于 530 纳米的波长与小于或等于 500 飞秒的脉冲宽度的飞秒激光。

15. 如权利要求 13 所述的系统,进一步包含:

旋转涂布器,所述旋转涂布器将所述水溶性材料的水溶液施加至所述基板上;以及

加热板,所述加热板将所述水溶液干燥为所述水溶性材料。

通过激光与等离子体蚀刻的基板切割所用的水溶性遮罩

技术领域

[0001] 本发明的实施例属于半导体工艺的领域,且详言之,本发明是关于切割基板的遮罩方法,各个基板上具有 IC。

背景技术

[0002] 在半导体基板工艺中,IC 形成在基板(亦称为晶片)上,通常基板是由硅或其他半导体材料所构成。一般而言,利用各种半导体、导体或绝缘材料的薄膜层来形成 IC。使用各种已知工艺使这些材料经掺杂、沉积及蚀刻,以在同一块基板上同时形成数个 IC,诸如内存装置、逻辑装置、光伏装置等。

[0003] 在形成装置之后,将基板安装至诸如附着膜的支撑构件上,支撑构件延伸横跨膜框架,且基板经“切割(diced)”以将各个个别装置或“晶粒”彼此分离藉以供封装等。就现今而言,划线与锯切是两个最普及的切割技术。就划线而言,具有钻石尖端(diamond tipped)的划线器沿着预先形成的刻划线横跨基板表面移动。通过施加压力(例如,使用辊),使基板沿着刻划线而分离。就锯切而言,具有钻石尖端的锯子沿着街道(street)切开基板。就单分薄基板(例如,单分 50-150 μm 厚的块体硅)而言,常规的方法仅能产出不良的工艺品质。当从薄基板单分晶粒时可能会面临的一些挑战,包括形成微裂缝(microcrack)、在不同层之间的剥离(delamination)、无机介电层的剥落(chipping)、保持严格的切口宽度控制、或控制剥蚀深度控制的精确度。

[0004] 亦设想过等离子体切割的使用,然而用于图案化光阻的标准平版印刷术操作可能使执行成本过高。另一可能阻碍等离子体切割的实施的限制在于沿着街道(street)切割常见金属(例如,铜)的等离子体工艺可能会产生生产问题或产量限制。最后,特别(但不限于)取决于基板的厚度与上表面形貌、等离子体蚀刻的选择性以及基板的上表面上存有的材料所需,等离子体切割工艺的遮罩可能会产生问题。

发明内容

[0005] 本发明实施例包括遮罩半导体基板的方法,用于包括激光划线及等离子体蚀刻两者的混合切割工艺。

[0006] 在一实施例中,切割具有数个 IC 的半导体基板的方法包括以下步骤:在半导体基板上形成遮罩,遮罩包括水溶性材料,水溶性材料覆盖并保护 IC。利用激光划线工艺将遮罩图案化,藉以提供具有间隙的图案化遮罩,而暴露基板介于 IC 之间的区域。随后,经由图案化遮罩中的间隙对基板进行等离子体蚀刻,藉以将 IC 单分成晶片。

[0007] 在另一实施例中,用于切割半导体基板的系统包括:耦接至相同平台的飞秒激光、等离子体蚀刻腔室以及湿站(wet station)。

[0008] 在另一实施例中,一种切割具有数个 IC 的基板的方法包括以下步骤:在硅基板的前侧上形成聚乙烯醇(PVA)的水溶性遮罩层。遮罩覆盖并保护设置在基板的前侧上的 IC。IC 包括具有凸块的铜凸起上表面,凸块由诸如聚酰亚胺(PI)的钝化层所围绕。在凸块与钝

化层下方的次表面 (subsurface) 薄膜包括低 κ 层间介电 (ILD) 层以及铜互连层。利用飞秒激光划线工艺来图案化水溶性材料、钝化层以及次表面薄膜,藉以暴露硅基板介于 IC 之间的区域。利用深硅等离子体蚀刻工艺经由间隙来蚀刻硅基板,藉以单分 IC,且随后在水中洗去 PVA 层。

附图说明

[0009] 本发明实施例通过附图的范例来说明,但并非受限于附图,其中:

[0010] 图 1 为例示根据本发明实施例的混合激光剥蚀-等离子体蚀刻单分方法的流程图。

[0011] 图 2A 为例示根据本发明实施例将水溶性遮罩层旋转涂布至待切割基板上的方法的流程图。

[0012] 图 2B 为例示根据本发明实施例将水溶性遮罩层施加至待切割基板的干膜迭层方法的流程图。

[0013] 图 3A 为例示根据本发明实施例在晶片薄化之前将水溶性遮罩层施加至待切割基板的方法的流程图。

[0014] 图 3B 为例示根据本发明实施例在晶片薄化之后将水溶性遮罩层施加至待切割基板的方法的流程图。

[0015] 图 4A 为例示根据本发明实施例包括数个 IC 的半导体基板的截面图,对应图 1 所述的切割方法的操作 102。

[0016] 图 4B 为例示根据本发明实施例包括数个 IC 的半导体基板的截面图,对应图 1 所述的切割方法的操作 103。

[0017] 图 4C 为例示根据本发明实施例包括数个 IC 的半导体基板的截面图,对应图 1 所述的切割方法的操作 105。

[0018] 图 4D 为例示根据本发明实施例包括数个 IC 的半导体基板的截面图,对应图 1 所述的切割方法的操作 107。

[0019] 图 5 为例示根据本发明实施例将水溶性遮罩施加至包括数个 IC 的基板的上表面与次表面薄膜上的截面图。

[0020] 图 6 为例示根据本发明实施例利用遮罩移除所用的整合湿站进行激光与等离子体切割基板的工具布局的方块图。

[0021] 图 7 为例示根据本发明实施例示例性计算机系统的方块图,示例性计算机系统控制本文所述遮罩、激光划线、等离子体切割方法的一个或多个操作的自动执行。

具体实施方式

[0022] 本发明描述了切割基板的方法,各个基板上具有数个 IC。在下列的描述中,为例示性描述本发明实施例而阐述了诸多特定的细节,例如飞秒激光划线及深硅等离子体蚀刻的情况。然而,显而易见地,本领域的普通技术人员可在没有这些特定细节的情况下实现本发明实施例。在其他情况下,为避免不必要的混淆本发明实施例,并未描述诸如 IC 制造、基板薄化、贴胶 (taping) 等已知方面。本说明书通篇所指的“一实施例”表示,连结实施例所描述的特定特征、结构、材料或特性是包括在本发明的至少一实施例中。因此,在说明书通篇

出现多次的“在一实施例中”的词并非必须参照至本发明的同一实施例。进一步言之,可以任何适当的方式结合一个或多个实施例中的特定特征、结构、材料或特性。再者,应了解在附图中所示的各种示例性实施例仅为示例性质,且不须按比例绘制。

[0023] 在本文使用术语“耦接”及“连接”以及其他类似用语来描述部件之间的结构关系。应了解,这些术语并非意指部件彼此之间为同义词。更明确地说,在特定实施例中,可使用“连接”表示两个或两个以上个元件彼此之间为直接实体接触或电性接触。可使用“耦接”表示两个或两个以上个元件彼此之间为直接或间接(具有其他中介(intervening)元件介于两个或两个以上个元件之间)实体接触或电性接触,及/或两个或两个以上个元件彼此协同(co-operate)或交互作用(例如,为一因果关系)。

[0024] 本文所使用的术语“之上(over)”、“之下(under)”、“介于(between)”以及“上(on)”代表一材料层相对于其他材料层的相对位置。因此,例如,设置在另一层之上或之下的一层可直接接触另一层或具有一个或多个中介层。再者,设置于两层之间的一层可直接接触这两个层或可具有一个或多个中介层。相对地,位于第二层“上”的第一层与该第二层接触。除此之外,在不考量基板的绝对定向的情况下,假定相对于基板实行操作而提供一层相对于其他层的相对位置。

[0025] 一般而言,涉及初始激光划线及后续等离子体蚀刻的混合基板或基板切割工艺于单分晶粒时使用水溶性遮罩。可使用激光划线工艺干净地移除未图案化(亦即,毯覆(blanket))遮罩层、钝化层、以及次表面薄膜装置层。随后,可在暴露基板或基板部分剥蚀之后终止激光蚀刻工艺。随后,可采用混合切割工艺的等离子体蚀刻部分蚀穿整块基板(例如穿过整块单晶硅),藉以单分或切割晶片。

[0026] 根据本发明的一实施例,使用飞秒激光划线与等离子体蚀刻的结合将半导体基板切割成个别或单一的 IC。在一实施例中,飞秒激光划线是实质上(若非完全)非平衡(non-equilibrium)的工艺。举例而言,基于飞秒的激光划线可位于热损害可忽略的区域。在一实施例中,使用激光划线单分具有超低 κ 膜(亦即,具有低于 3.0 的介电常数)的 IC。在一实施例中,利用激光直接曝写(writing)而除去了平版印刷图案化的操作,使遮罩材料为非光敏性(non-photosensitive),并以非常少的花费实行基于等离子体蚀刻的切割工艺来分开基板。在一实施例中,在等离子体蚀刻腔室中使用穿硅通孔(TSV)型蚀刻来完成切割工艺。

[0027] 图 1 为例示根据本发明实施例的混合激光剥蚀-等离子体蚀刻单分工艺 100 的流程图。图 4A-4D 为例示根据本发明实施例、与方法 100 中的操作相对应的、包括第一 IC425 及第二 IC426 的基板 406 的截面图。

[0028] 参照图 1 的操作 102,并对应的图 4A,遮罩层 402 形成于基板 406 之上。一般而言,基板 406 是由任何适于承受薄膜装置层形成于基板上的生产工艺的材料所构成。例如,在一实施例中,基板 406 为基于 IV 族材料,诸如但不受限于单晶硅、锗或硅/锗。在另一实施例中,基板 406 为 III-V 族材料,诸如在发光二极管(LEDs)的制造过程中使用的 III-V 族材料基板。在装置制造期间,基板 406 的厚度通常为 $600\mu\text{m}$ - $800\mu\text{m}$,但如图 4A 所示,基板 406 已经薄化至 $50\mu\text{m}$ 到 $100\mu\text{m}$,且薄化基板现通过承载件所支撑,例如,承载件可为背胶带 410,背胶带 410 延伸横越框架(未例示)并利用晶粒贴附膜(die attach film, DAF) 408 附着至基板背侧。

[0029] 在一些实施例中,第一 IC425 及第二 IC426 包括内存装置或互补式金属氧化半导体 (CMOS) 晶体管,内存装置或互补式金属氧化半导体晶体管在硅基板 406 中制造并包覆在介电堆迭中。可在装置或晶体管之上形成数个金属互连,且由介电层围绕数个金属互连,且数个金属互连可用来电耦接装置或晶体管藉以形成 IC425、IC426。制造街道 427 的材料可相似或相同于用来形成 IC425、IC426 的材料。例如,街道 427 可包括介电材料、半导体材料及金属化的薄膜层。在一实施例中,街道 427 包括相似于 IC425、IC426 的测试装置。街道 427 的宽度可为介于 $10\ \mu\text{m}$ 至 $100\ \mu\text{m}$ 之间的任意宽度。

[0030] 在一些实施例中,遮罩 402 包括覆盖在 IC425、IC426 的上表面的水溶性材料层。遮罩层 402 也可覆盖介于 IC425、IC426 之间的中介街道 427。在混合激光划线、等离子体蚀刻切割方法 100 (图 1) 期间,水溶性材料层用来保护 IC425、IC426 的上表面。在激光划线操作 103 之前,遮罩层 402 为未图案化,激光划线操作 103 是利用激光划线来剥蚀部分设置于街道 427 的上的遮罩层 402,藉以实行刻划线的直接曝写。

[0031] 图 5 为例示根据本发明实施例包括水溶性层 502 的一实施例的截面图 500,水溶性层 502 接触 IC426 的上表面及街道 427。如图 5 所示,基板 406 具有上表面 503,薄膜装置层设置于上表面 503 上,上表面 503 相对于底表面 501,底表面 501 接合 DAF408 (图 4A)。一般而言,薄膜装置层材料可包括但不限于有机材料 (例如,聚合物)、金属、或无机电质 (诸如二氧化硅或氮化硅)。图 5 例示的示例性薄膜装置层包括二氧化硅层 504、氮化硅层 505、铜互连层 508,并具有低 κ (例如,小于 3.5) 或超低 κ (例如,小于 3.0) 层间介电层 (ILD) (例如,碳掺杂氧化物 (CDO)) 设置于薄膜装置层之间。IC426 的上表面包括凸块 512 (通常为铜),凸块 512 由钝化层 511 (通常是聚酰亚胺 (polyimide, PI) 或类似的聚合物) 所围绕。凸块 512 及钝化层 511 因而构成 IC 的上表面,以及薄膜装置层形成次表面 IC 层。凸块 512 从钝化层 511 的上表面延伸至凸块高度 H_b ,在示例性实施例中,凸块高度 H_b 的范围介于 $10\ \mu\text{m}$ 和 $50\ \mu\text{m}$ 之间。

[0032] 在一实施例中,水溶性层 502 为遮罩层 402,因此遮罩层 402 不包括其他材料层。不像其他常规的遮罩材料 (如光阻)、无机介电硬遮罩 (如二氧化硅或半硅氧烷),可在不损伤下方钝化层 511 及 / 或凸块 512 的情况下容易地移除包括水溶性层 502 的遮罩。当水溶性层 502 为遮罩层 402 时,水溶性材料层 502 不仅在常规的划线工艺期间作为污染保护层,而是可在后续等离子体蚀刻街道期间提供保护。因此,水溶性层 502 需具有足够的厚度以承受等离子体蚀刻工艺,以保护凸块 512 (为铜) 若暴露至等离子体可免于受到损伤、氧化或其他污染。水溶性层 502 的最小厚度为后续等离子体蚀刻 (例如图 1 中的操作 105) 达成的选择性的函数。等离子体蚀刻选择性至少取决于水溶性层 502 的材料 / 组成以及所采用的蚀刻工艺。

[0033] 在一实施例中,水溶性材料包括水溶性聚合物。许多应用上诸如此类的聚合物为容易购得的,例如洗衣袋及购物袋、刺绣品 (embroidery)、绿色包装等。然而,本发明由于对最大膜厚度、蚀刻阻抗、热稳定性、自基板施加及移除材料的机械性、以及微污染的严格需求,本发明所用的水溶性材料的选择较为复杂。水溶性层 502 在街道的最大厚度 $T_{\max}$ 受限于激光透过遮罩剥蚀而图案化的能力。水溶性层 502 可较 IC425 及 IC426 厚以及 / 或者较街道 427 的边缘厚,街道 427 的边缘不形成街道图案。因此, $T_{\max}$ 通常为与激光波长相关联的光学转换效率的函数。由于 $T_{\max}$ 与街道 427 相关联,可选择街道特征形貌、街道宽度、以

及施加水溶性层 502 的方法来达成期望的 $T_{\max}$ 。在特定实施例中,水溶性层 502 的厚度 $T_{\max}$ 小于 $30\ \mu\text{m}$,且 $T_{\max}$ 小于 $20\ \mu\text{m}$ 为有利的,而多道激光需要较厚的遮罩。

[0034] 在一实施例中,水溶性层 502 的温度稳定于至少 60°C (较佳稳定在 100°C ,且理想稳定于 120°C),以避免材料在后续等离子体蚀刻工艺期间温度升高而产生过度交联(excessive crosslinking)。一般而言,过度交联对材料的可溶性有不利的影响,使得蚀刻后(post-etch)的移除更为困难。取决于实施例,水溶性层 502 可以湿式的方式施加至基板 406 上藉以覆盖钝化层 511 及凸块 512,或者水溶性层 502 可以干膜迭层的方式施加。对于任一模式的应用而言,示例性材料包括下列至少一者:聚乙烯醇、聚丙烯酸、聚甲基丙烯酸、聚丙烯酰胺、或聚环氧乙烷,亦容易获得许多其他水溶性材料,特别是干膜迭层。迭层所用的干膜可仅包括水溶性材料或可进一步包括同为水溶性或非为水溶性的附着层。在特定实施例中,干膜可包括对 UV 敏感的附着层,在 UV 曝射下,对 UV 敏感的附着层的附着黏合强度随之降低。此等 UV 曝射可能在后续等离子体蚀刻期间发生。

[0035] 实验上,对于本文中他处所述的示例性硅等离子体蚀刻工艺而言,在约 1:20 (PVA:硅)的蚀刻选择率下,已发现聚乙烯醇(PVA)可提供介于 $1\ \mu\text{m}/\text{min}$ 和 $1.5\ \mu\text{m}/\text{min}$ 之间的蚀刻速率。其他示例性材料可提供相似的蚀刻表现。因此,IC 的上凸起表面的上的最小厚度(例如,图 5 中的 $T_{\min}$)可通过等离子体蚀刻深度 D_E 来决定,其中 D_E 同为基板厚度 T_{sub} 及激光划线深度 D_L 的函数。在 D_E 为至少 $50\ \mu\text{m}$ 的示例性实施例中,水溶性层 502 的厚度至少为 $5\ \mu\text{m}$ (且至少 $10\ \mu\text{m}$ 较为有利),藉以为 D_E 提供至少 $100\ \mu\text{m}$ 的充足边际。

[0036] 当水溶性层 502 具有小于 $30\ \mu\text{m}$ 的厚度 $T_{\max}$ 以及 $10\ \mu\text{m}$ 或更大的 $T_{\min}$ 时,将水溶性层 502 施加至基板较预防污染的喷洒涂覆的需求更为严苛。图 2A 为例示根据本发明实施例将水溶性遮罩层旋转涂布至待切割基板上的方法 200 的流程图。在操作 202,将基板装载至旋转涂布系统上或将基板传送至整合平台的旋转涂布模块中。在操作 204,将水溶性聚合物的水溶液旋转涂布至钝化层 511 及凸块 512 之上。利用 PVA 溶液进行的实验显示出 $50\ \mu\text{m}$ 的非平坦覆盖产生大于 $5\ \mu\text{m}$ 的 $T_{\min}$ 与在街道处小于为 $20\ \mu\text{m}$ 的 $T_{\max}$ 的凸起。

[0037] 在操作 208,在(例如)加热板上干燥水溶液,并将基板卸载以进行激光划线或在真空下将基板传送至激光划线模块。就水溶性层 502 具有吸湿性的特定实施例而言,真空传送是特别有利的。可取决于材料、基板形貌及期望的层厚度选择旋转与分散参数。应选择干燥温度及时间以提供足够的蚀刻阻抗,同时避免产生让移除变得更加困难的过度交联。取决于材料所需,示例性干燥温度范围从 60°C 至 150°C 。举例而言,发现 PVA 在 60°C 仍保持可溶,但在达到 150°C 的温度范围的界限时变得较为难以溶解。

[0038] 在另一实施例中,施加水溶性层 502 作为一干膜迭层,藉以覆盖钝化层 511 及凸块 512。图 2B 为例示根据本发明实施例将水溶性遮罩层施加至待切割基板的迭层方法 250 的流程图。从操作 202 开始,将基板装载至迭层系统上或将基板传送至整合平台的迭层模块中。在操作 306,于真空下使用常规前侧贴胶设备的技术来实行干膜迭层,并经调整以相容小于 $30\ \mu\text{m}$ 的 $T_{\max}$ 膜厚度。在采用不具有附着层的干膜的特定实施例中,靠着凡得瓦(Van der Waals)力或静电力将干膜固定至钝化层 511 及/或凸块 512。干膜迭层操作 306 可进一步包括对干燥水溶性膜进行加热的热工艺,藉以改良钝化层 511 及凸块 512 之上的膜的加热,及/或可控制钝化层 511 及凸块 512 之上的膜的收缩与延展。在操作 220 完成迭层方法 250,卸载基板以进行激光划线或在真空下将基板传送至激光划线模块。对水溶性层

502 具有吸湿性的特定实施例而言,真空传送是特别有利的。

[0039] 取决于实施例所需,可在背侧研磨 (BSG) 之前或之后实行旋转涂布方法 200 或干膜迭层方法 250。对于具有 $750\text{ }\mu\text{m}$ 常规厚度的基板而言,由于旋转涂布是较成熟的技术,在背侧研磨之前实行旋转涂布方法 200 较为有利。然而,在其他替代实施例中,在背侧研磨之后实行旋转涂布方法 200, (例如) 通过可旋转夹头支撑薄基板与贴附框架而实行。由于干膜迭层一般是用于薄化基板的成熟的技术,可在背侧研磨之后实行迭层方法 250 较为有利。然而,在替代实施例中,在背侧研磨之前实行迭层方法 250 作为前侧胶带堆迭的第一层,在该前侧胶带堆迭的第一层上首先施加相对较厚的常规的 BSG 胶带。

[0040] 图 3A 为例示在晶片薄化之前将遮罩层 402 施加至待切割基板的方法 300 的流程图。方法 300 在操作 355 始于接收凸起并钝化的基板。在操作 304, 形成水溶性遮罩层 (例如, 水溶性层 502)。因此, 操作 304 可续用 (entail) 如本文中他处所述的方法, 以湿式或干式施加水溶性遮罩层。在操作 360, 在水溶性遮罩层之上形成前侧胶带。可在水溶性遮罩层之上施加诸如但不限于 UV 胶带的任何常规的前侧胶带。在操作 370, 从背侧薄化基板, 例如, 可通过研磨例示于图 5 中的基板 406 的底表面 501 薄化基板。在操作 375, 将背侧支撑件 411 附加至经薄化的基板。例如, 可施加背侧胶带 410, 以及随后移除前侧胶带以暴露水溶性遮罩层。根据本发明一实施例, 随后方法 300 回到操作 103 (图 1) 以完成方法 100。

[0041] 图 3B 例示在晶片薄化之后将遮罩层 402 施加至待切割基板的方法 350 的流程图。方法 350 在操作 355 始于接收凸起并钝化的基板。在操作 360, 可将诸如但不限于 UV 胶带的任何常规的前侧胶带施加至 IC 之上。在操作 370, 从背侧薄化基板, 例如可通过研磨例示于图 5 中的基板 406 的底表面 501 来薄化基板。在操作 375, 将背侧支撑件 411 附加至经薄化的基板。例如, 可施加背侧胶带 410, 且随后从水溶性遮罩层移除前侧胶带。在操作 304, 随后形成水溶性遮罩层 (例如水溶性层 502)。操作 304 可再度续用本文他处所示的方法, 以湿式或干式施加水溶性遮罩层。根据本发明一实施例, 随后方法 350 回到操作 103 (图 1) 以完成方法 300。

[0042] 现回到方法 100 的操作 103, 并相对应的图 4B, 通过激光划线工艺的剥蚀而图案化遮罩层 402, 形成沟槽 412, 延伸次表面薄膜装置层, 并暴露基板 406 介于 IC425 及 IC426 之间的区域。因此, 使用激光划线工艺来剥蚀起初形成于 IC425、IC426 间的街道 427 的薄膜材料。根据本发明一实施例, 如图 4B 所示, 使用基于激光的划线工艺对遮罩层 402 进行图案化的步骤包括形成沟槽 414, 沟槽 414 部分穿入基板 406 介于 IC425 及 IC426 间的区域中。

[0043] 在图 5 所示的示例性实施例中, 取决于钝化层 511 及次表面薄膜装置层的厚度 T_F 及水溶性层 502 (被包括作为遮罩 402 的一部分的任何附加的材料层) 的厚度 $T_{\max}$, 激光划线深度 D_L 的范围大致介于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 至 $50\text{ }\mu\text{m}$ 之间, 深度范围介于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 至 $20\text{ }\mu\text{m}$ 之间较有利。

[0044] 在一实施例中, 参照本文所述的飞秒激光, 利用脉冲宽度 (历时) 在飞秒范围 (亦即, 10^{-15} 秒) 内的激光来图案化遮罩层 402。为达成干净的激光划线切片 (cut), 激光参数的选择 (例如脉冲宽度) 对于发展出成功的激光划线与切割工艺可能是关键的, 以使碎片、微裂缝及分层减到最少。相较于长脉冲宽度 (例如, 皮秒或纳秒), 飞秒范围内的激光频率有利地减轻热损害问题。尽管尚未受理论支持, 如现此技术领域者周知, 飞秒能量源可避免出现在皮秒源的低能量再耦合 (recoupling) 机制, 并且飞秒源可较纳秒源提供更

大的热非平衡 (thermal nonequilibrium)。若使用纳秒或皮秒激光源, 存在于街道 427 中的各种薄膜装置层材料在光学吸收与剥蚀机制上的表现会有相当大的差异。例如, 在一般情况下所有的市售激光波长对诸如二氧化硅的介电层皆可实质上穿透。相对地, 金属、有机物 (例如, 低 κ 材料) 及硅可轻易地耦合光子, 特别是基于纳秒或基于皮秒的激光照射下。在涉及两个或两个以上的无机介电质、有机介电质、半导体或金属的堆迭结构中, 若选择了非最佳的激光参数, 以激光照射街道 427 可能会不利地造成分层。例如, 穿过高带隙能量介电质 (如具有约 9eV 带隙的二氧化硅) 而无可量测的吸收的激光会在下方金属层或硅层中被吸收, 致使金属层或硅层产生显著的汽化。汽化可能产生高压, 而很可能致使中间层 (interlayer) 产生严重的分层或微裂缝。已验证基于飞秒的激光照射工艺可避免或减轻此等材料堆迭的微裂缝或分层。

[0045] 可选择基于飞秒的激光工艺的参数以对无机及有机介电质、金属以及半导体具有实质相同的剥蚀特性。例如, 二氧化硅的吸收性 / 吸收率 (absorptance) 为非线性, 而可变得与有机介电质、半导体及金属的吸收性 / 吸收率的较为一致 (in-line)。在一实施例中, 利用高强度及短脉冲宽度的基于飞秒的激光工艺来剥蚀薄膜层的堆迭, 薄膜层的堆迭包括有机介电质、半导体或金属中的一个或多个以及二氧化硅层。根据本发明的一实施例, 通过高峰值强度 (照射) 特征化适当的基于飞秒的激光工艺, 高峰值强度通常可在多种材料中造成非线性交互作用。在一个这样的实施例中, 飞秒激光源的脉冲宽度大约介于 10 飞秒至 450 飞秒的范围之间, 尽管较佳介于 50 飞秒至 500 飞秒之间。

[0046] 在一些实施例中, 激光发射可以宽频带或窄频带光学发射光谱横跨可见光谱、紫外线 (UV)、及 / 或红外线 (IR) 光谱的任何组合。至于飞秒激光剥蚀, 一些特定的波长可较其他波长提供较佳的表现。例如, 在一实施例中, 与具有接近或位于 IR 范围的波长的基于飞秒的激光工艺相较, 具有接近或位于 UV 范围的波长的基于飞秒的激光工艺提供较清洁的剥蚀工艺。在特定实施例中, 适用于半导体基板或基板划线的飞秒激光是基于约小于或等于 540 纳米的波长的激光, 较佳介于 250 纳米至 540 纳米之间的范围。在特定实施例中, 对具有小于或等于 540 纳米的激光而言, 脉冲宽度小于或等于 500 飞秒。然而, 在替代实施例中, 使用双重激光波长 (例如, IR 激光与 UV 激光的组合)。

[0047] 在一实施例中, 激光及相关联的光学路径在工作表面上约 $3\mu\text{m}$ 至 $15\mu\text{m}$ 的范围内 (然而介于 $5\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围内为有利的) 提供焦点。在工作表面的空间射束轮廓可为单一模式 (高斯, Gaussian) 或是具有高顶 (top-hat) 轮廓形状的射束。在一实施例中, 激光源的脉冲重复率约介于 300kHz 至 10MHz 的范围之间, 然而较佳约在 500kHz 至 5MHz 的范围之间。在一实施例中, 激光源在工作表面传递的脉冲能量介于 $0.5\mu\text{J}$ 至 $100\mu\text{J}$ 的范围之间, 然而较佳约介于 $1\mu\text{J}$ 至 $5\mu\text{J}$ 的范围之间。在一实施例中, 激光划线工艺沿着工作物件表面以约 500mm/sec 至 5m/sec 间的范围 (然而较佳约介于 600mm/sec 至 2m/sec 间的范围) 内的速率运作。

[0048] 可仅以单道激光执行划线工艺或以多道激光执行划线工艺, 但以不超过两道较为有利。可以一系列单一脉冲 (在给定脉冲重复率下) 或一系列脉冲突发 (burst) 的方式施加激光。在一实施例中, 激光射束产生的切口宽度约介于 $2\mu\text{m}$ 至 $15\mu\text{m}$ 的范围之间, 然而如在装置 / 硅介面量测, 在硅基板划线 / 切割中的切口宽度较佳约在 $6\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围之间。

[0049] 回头参照图 1 及图 4C, 经由图案化遮罩层 402 中的沟槽 412 蚀刻基板 406, 藉以单

分 IC426。根据本发明的一实施例，蚀刻基板 406 包括以下步骤：如图 4C 所示，蚀刻利用基于飞秒的激光划线工艺所形成的沟槽 412，最终蚀穿整个基板 406。

[0050] 在一实施例中，蚀刻基板 406 的步骤包括以下步骤：使用等离子体蚀刻工艺。在一实施例中，使用通孔蚀刻工艺。例如，在特定实施例中，基板 406 的材料蚀刻速率大于每分钟 $25\ \mu\text{m}$ 。在等离子体蚀刻操作 105，可于高功率下操作高密度等离子体源。示例性功率范围介于 3kW 与 6kW 之间或更多。

[0051] 在一示例性实施例中，在大于常规硅蚀刻速率的约 40% 的硅蚀刻速率下，使用深硅蚀刻（亦即，如穿硅通孔（TSV）蚀刻）来蚀刻单晶硅基板即基板 406，并同时保持实质上精确的轮廓控制以及侧壁无渗穴（scallop-free）的情况。在整个等离子体蚀刻工艺持续期间，可透过降温至 -10°C 到 -15°C 间的静电夹头（ESC）施加冷却功率来控制水溶性遮罩上的高功率效应，藉以将水溶性遮罩层的温度维持低于 100°C ，以及较佳介于 70°C 至 80°C 之间。在此等温度下，可有利地维持遮罩的水溶性。

[0052] 在特定实施例中，等离子体蚀刻续用与数个蚀刻循环在时间上交错的数个保护性聚合物沉积循环。工作循环可能从约为 1:1 的示例性工作循环开始变化。例如，蚀刻工艺可具有历时 250ms 至 750ms 的沉积循环以及历时 250ms 至 750ms 的蚀刻循环。在沉积循环与蚀刻循环之间，蚀刻工艺的化学品（如对于示例性硅蚀刻实施例采用 SF_6 ）可与沉积工艺化学品（采用聚合的 C_xF_y 气体，例如 C_4F_6 或 C_4F_8 ，但不限于此）交替使用。如本领域普通技术人员所知，可在蚀刻循环与沉积循环之间改变工艺压力，藉以在特定循环中设定偏好的工艺压力。

[0053] 在操作 107，移除遮罩层 402 来完成方法 300。在一实施例中，利用水来洗去水溶性遮罩，例如可使用去离子水的加压喷流、或浸没在室温或加热的水浴中来洗去水溶性遮罩。在一替代实施例中，可使用本领域熟知的水溶剂溶液洗去遮罩层 402，本领域熟知的水溶剂溶液的移除速率在 pH 低于去离子水的 pH 时较强。如进一步在图 4D 所示，等离子体单分工艺或遮罩移除工艺二者之一可进一步将晶粒接着膜 908 图案化，而暴露背胶带 910 的顶部分。

[0054] 单一工艺工具 600 可经配置以实行混合激光剥蚀 - 等离子体蚀刻单分工艺 100 中的许多或所有的操作。例如，图 6 例示根据本发明实施例与激光划线设备 610 耦合的集群工具 606 的方块图，该集群工具是供激光及等离子体切割基板所用。参照图 6，集群工具 606 耦接工厂介面 602 (FI)，工厂介面 602 具有数个负载锁定 604。工厂介面 602 可以是适当的大气端口 (atmospheric port)，以作为外部制造设施与集群工具 606 之间的介面，外部制造设施具有激光划线设备 610。工厂介面 602 可包括具有手臂或乘载片 (blade) 的机器手，具有手臂或乘载片的机器手用于将基板（或基板的乘载件）从储存器单元（例如前开口统一吊仓 (pod)）传送至集群工具 606 或激光划线设备 610，或将基板传送至集群工具 606 与激光划线设备 610 两者。

[0055] 激光划线设备 610 也耦接至 FI602。在一实施例中，激光划线设备 610 包括飞秒激光。飞秒激光用于实行混合激光与蚀刻单分工艺 100 的激光剥蚀部分。在一实施例中，激光划线设备 610 也包括可移动阶台，可移动阶台经配置以移动基板或相对于基于飞秒的激光移动基板（或基板的乘载件）。在特定实施例中，飞秒激光亦为可移动。

[0056] 集群工具 606 包括一个或多个等离子体蚀刻腔室 608，等离子体蚀刻腔室 608 通过

机器人传送腔室 650 耦接至 FI, 机器人传送腔室 650 含有用于真空传送基板的机器人手臂。等离子体蚀刻腔室 608 适于实行混合激光与蚀刻单分工艺 100 的等离子体蚀刻部分。在一示例性实施例中, 等离子体蚀刻腔室 608 进一步耦接至 C_4F_8 及 C_4F_6 源中至少一者以及 SF_6 气体源。在特定实施例中, 一个或多个等离子体蚀刻腔室 608 为可自位于美国加州桑尼微尔 (Sunnyvale) 的应用材料公司购得的 Applied Centura® Silvia™ 蚀刻系统, 但亦可购买其他适当的蚀刻系统。在一实施例中, 超过一个等离子体蚀刻腔室 608 包括在整合平台 600 的集群工具 606 部分中, 藉以使单分或切割工艺能有高制造产量。

[0057] 集群工具 606 可包括适于实行混合激光剥蚀 - 等离子体蚀刻单分工艺 100 的功能的其他腔室。在图 6 所示的示例性实施例中, 湿工艺模块 614 耦接至机器人传送模块 650, 以在等离子体蚀刻基板之后洗去剩余的水溶性遮罩。湿工艺模块 614 可包括 (例如) 加压水喷射喷流或其他溶剂分注器。

[0058] 在其他实施例中, 沉积模块 612 可为旋转涂布模块或迭层模块, 用于施加本文所述的水溶性遮罩层。若沉积模块 612 为旋转涂布模块, 沉积模块 612 可包括可转动夹头, 可转动夹头适于以真空或其他方式夹住安装在乘载件 (诸如安装在框架上的背胶带) 上的薄化基板。若沉积模块 612 为迭层模块, 如本领域普通技术人员所知, 沉积模块 612 可包括胶带卷轴及晶片贴胶机构。

[0059] 图 7 例示计算机系统 700, 可执行计算机系统 700 中的一组指令使机器执行一个或多个本文所述的划线方法, (例如) 藉以分析来自标签的反射光而辨认至少一个微机械人造物 (micromachine artifact)。示例性计算机系统 700 包括处理器 702、主内存 704 (例如, 只读内存 (ROM)、快闪内存、动态随机存取内存 (DRAM) (诸如同步 DRAM (SDRAM) 或 Rambus DRAM (RDRAM) 等)、静态内存 706 (例如, 快闪内存、静态随机存取内存 (SRAM) 等)、以及第二内存 718 (例如, 数据储存装置), 其中上述所述装置透过总线 730 与彼此通信。

[0060] 处理器 702 表示一个或多个诸如微处理器、中央处理单元及其类似物的通用处理装置。详言之, 处理器 702 可为复杂指令集计算 (complex instruction set computing, CISC) 微处理器、精简指令集计算 (reduced instruction set computing, RISC) 微处理器、超长指令字 (very long instruction word, VLIW) 微处理器等。处理器 702 可为一个或多个专用处理装置, 例如专用集成电路 (application specific integrated circuit, ASIC)、现场可编程门阵列 (field programmable gate array, FPGA)、数字信号处理器 (digital signal processor, DSP)、网络处理器及其类似物。处理器 702 经配置以执行处理逻辑 726, 进而实行本文所述的操作与步骤。

[0061] 计算机系统 700 可进一步包括网络接口装置 708。计算机系统 700 也可包括视频显示器单元 710 (例如, 液晶显示器 (LCD) 或阴极射线管 (CRT))、字母数字输入装置 712 (例如, 键盘)、光标控制装置 714 (例如, 鼠标)、以及信号产生装置 716 (例如, 麦克风)。

[0062] 第二内存 718 可包括机器可存取存储介质 (或更明确地说, 计算机可读存储介质) 731, 机器可存取存储介质 731 上储存可体现一个或多个本文所述的方法或功能的一组或多组指令 (例如, 软件 722)。在计算机系统 700 执行软件 722 期间, 软件 722 可完整地或至少一部分地常驻于主内存 704 之中及 / 或处理器 702 之中, 主内存 704 及处理器 702 亦构成机器可读存储介质。可进一步通过网络接口装置 708, 通过网络 720 传送和接收软件 722。

[0063] 机器可存取存储介质 731 还可用来储存图形识别算法 (pattern recognition algorithms)、人造物形状数据 (artifact shape data)、人造物位置数据 (artifact position data)、或粒子火花数据 (particle sparkle data)。尽管示例性实施例中所示的机器可存取存储介质 731 是单一介质,然应将术语“机器可存取存储介质”视为包括储存一组或多组指令的单一介质或多个介质 (例如集中式数据库或分布式数据库,及 / 或相关联的高速缓存或服务器)。应将术语“机器可读存储介质”视为包括可储存或编码一组指令的任何介质,通过机器执行指令并使机器实行本发明的一个或多个方法。应将术语“机器可读存储介质”相应视为包括但不限于固态内存、光学及磁性介质。

[0064] 因此,本文揭示切割半导体基板的方法,各个基板具有数个 IC。本发明于上文所述的示例性实施例 (包括摘要中的叙述) 并非意使本发明穷举所揭示的内容或受限于所揭示的精确形式。本文为例示目的描述了本发明的特定实施例或范例,然而本领域的普通技术人员将可理解在本发明的技术范畴下,各种等效物的修改亦为可行。因此,本发明的技术范畴由伴随的权利要求所决定,而可对照权利要求的阐述来理解本发明。

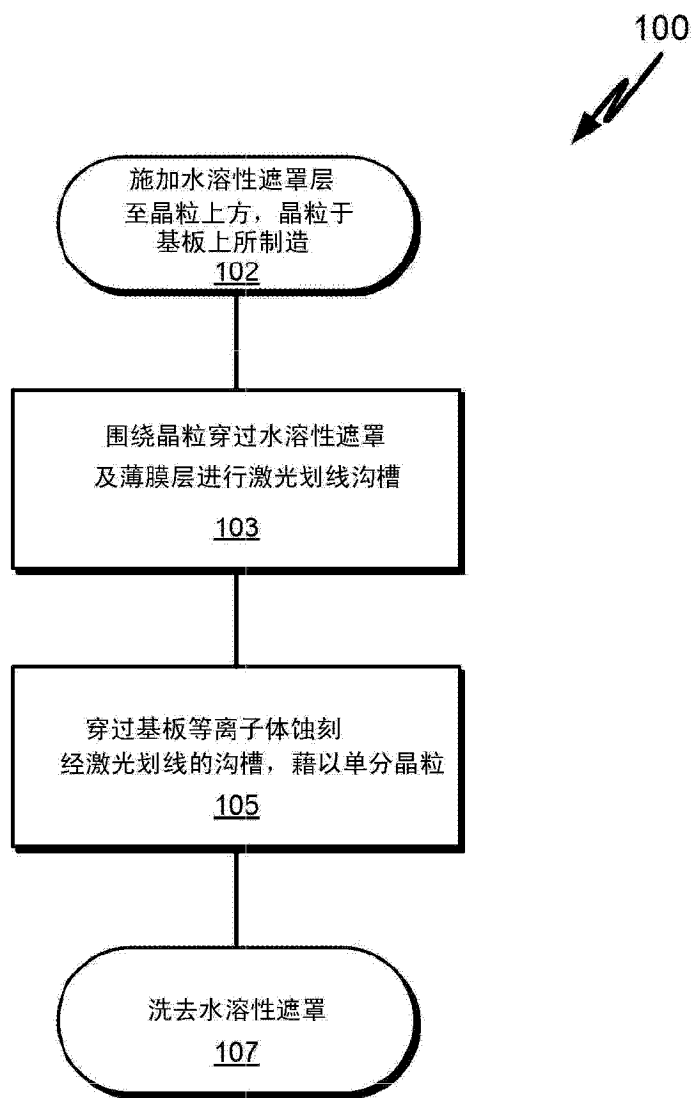


图 1

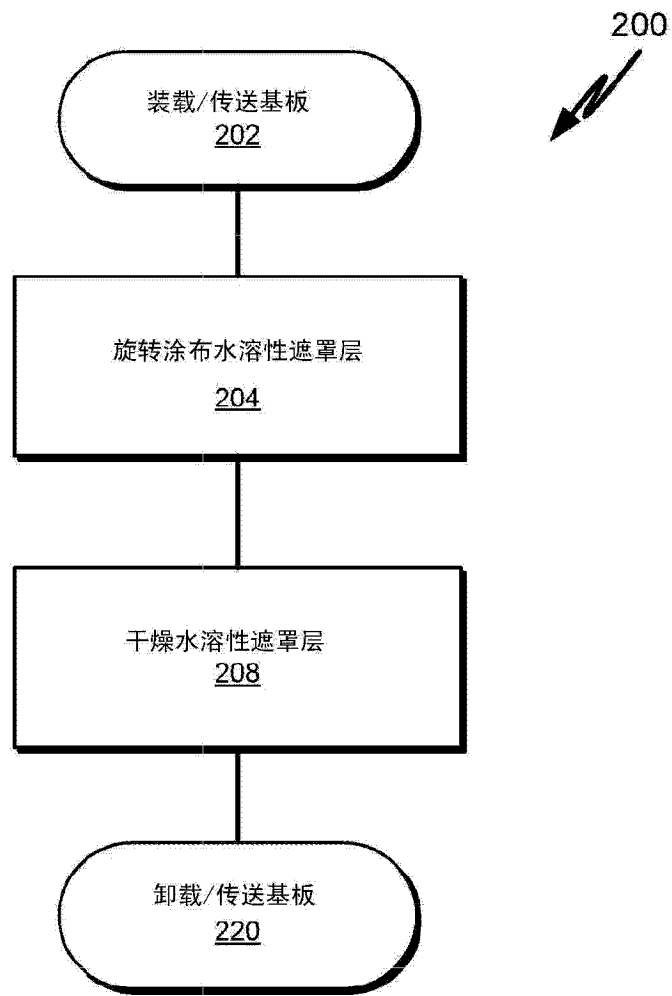


图 2A

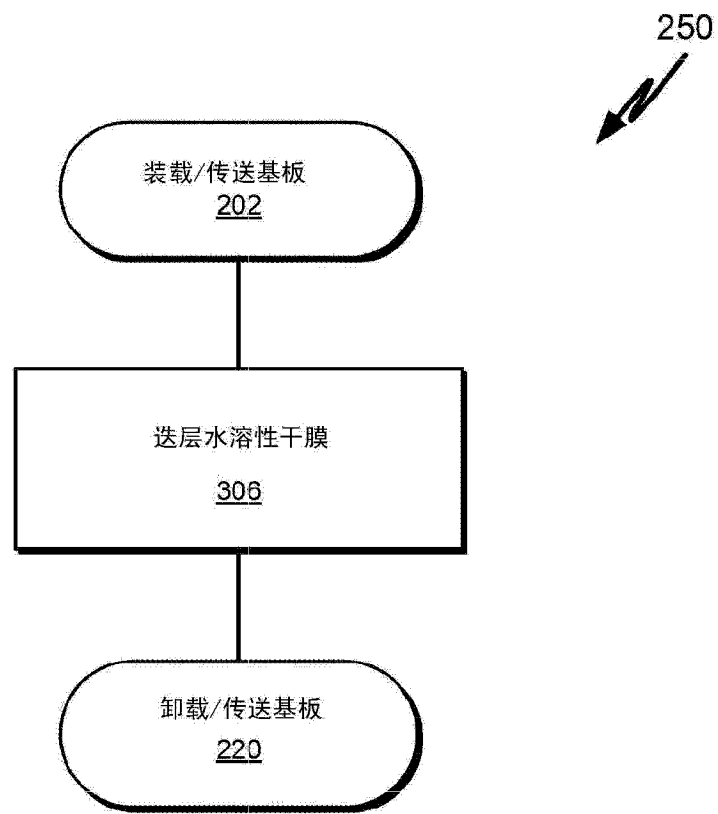


图 2B

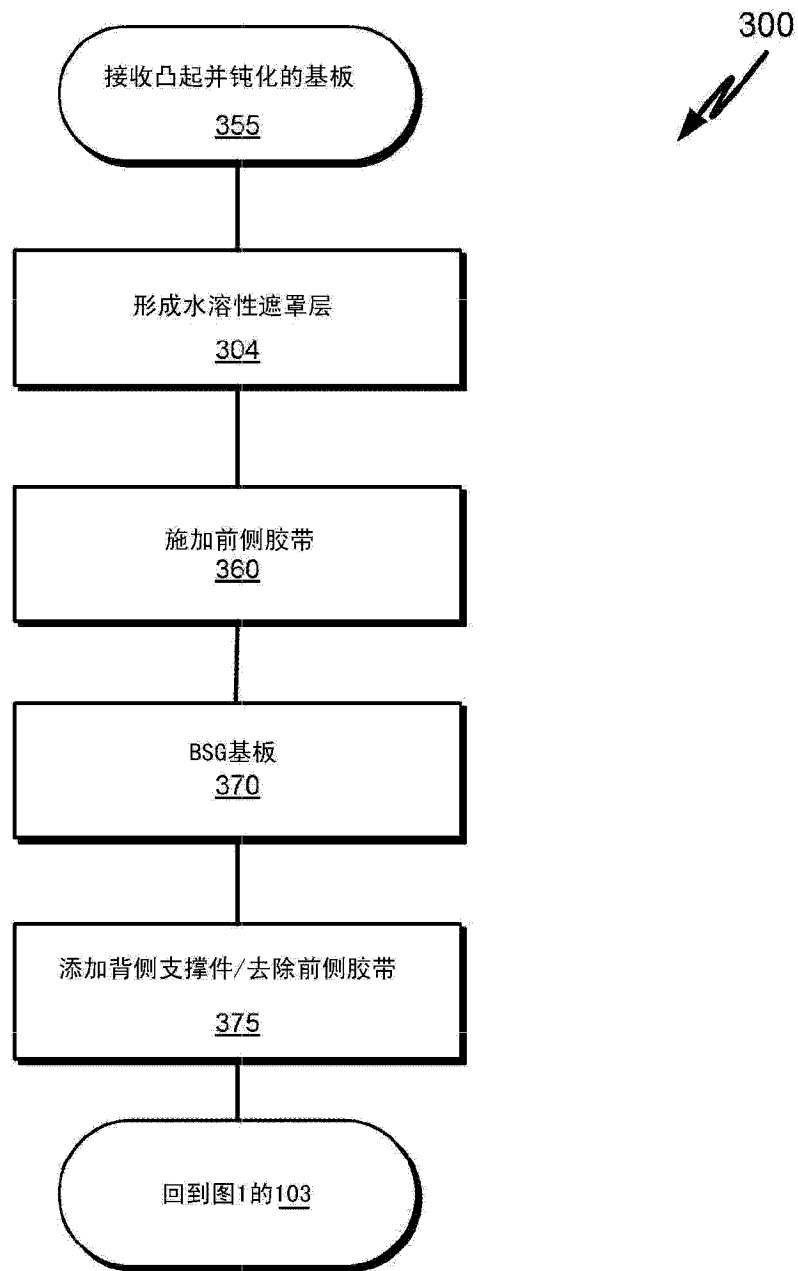


图 3A

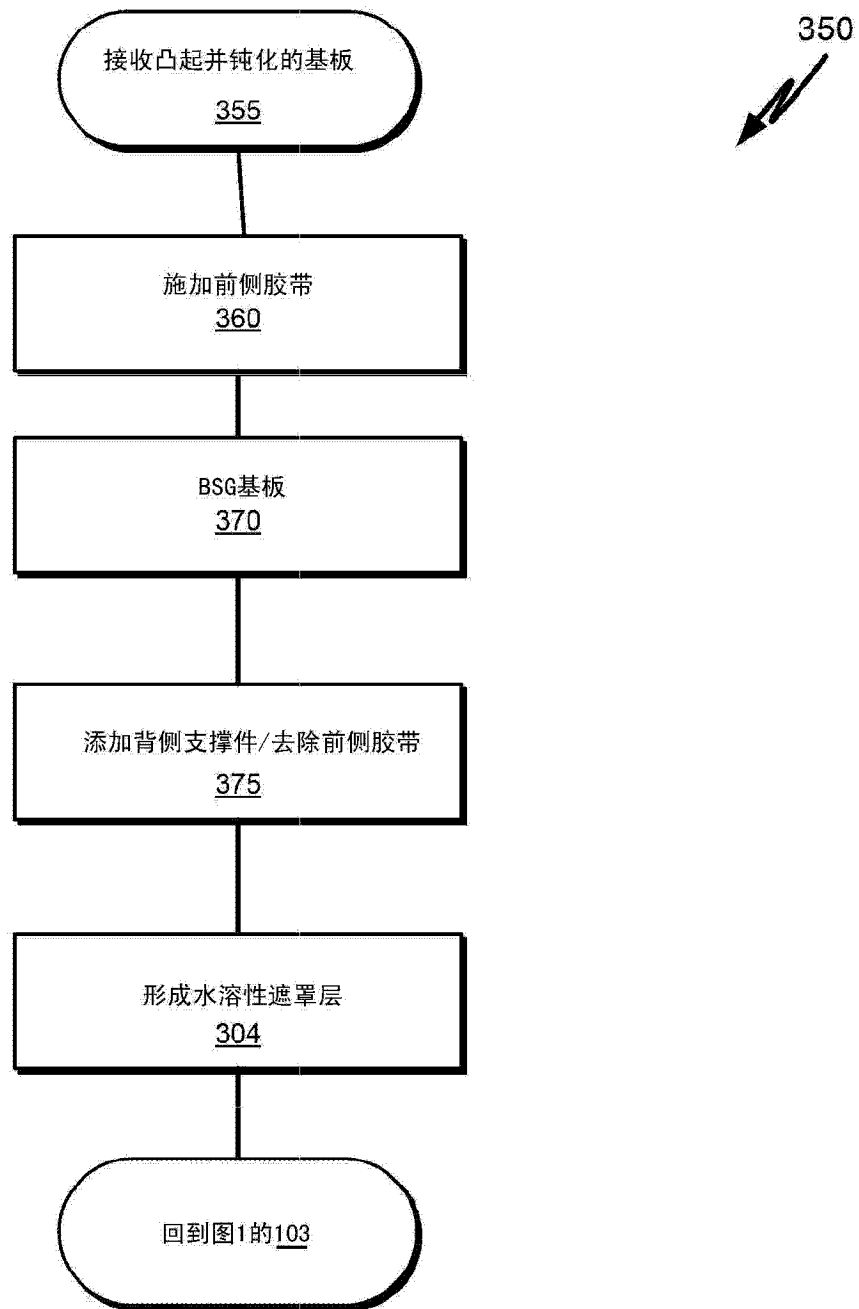


图 3B

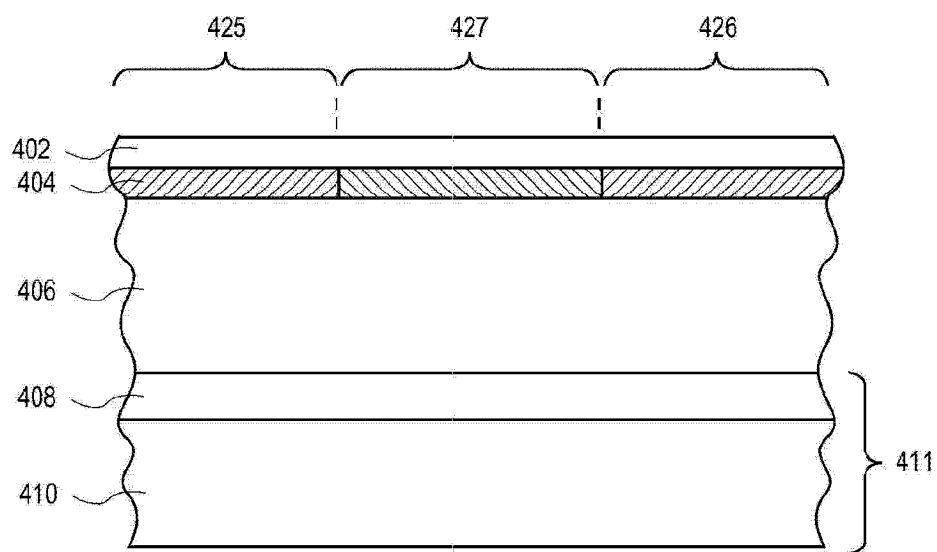


图 4A

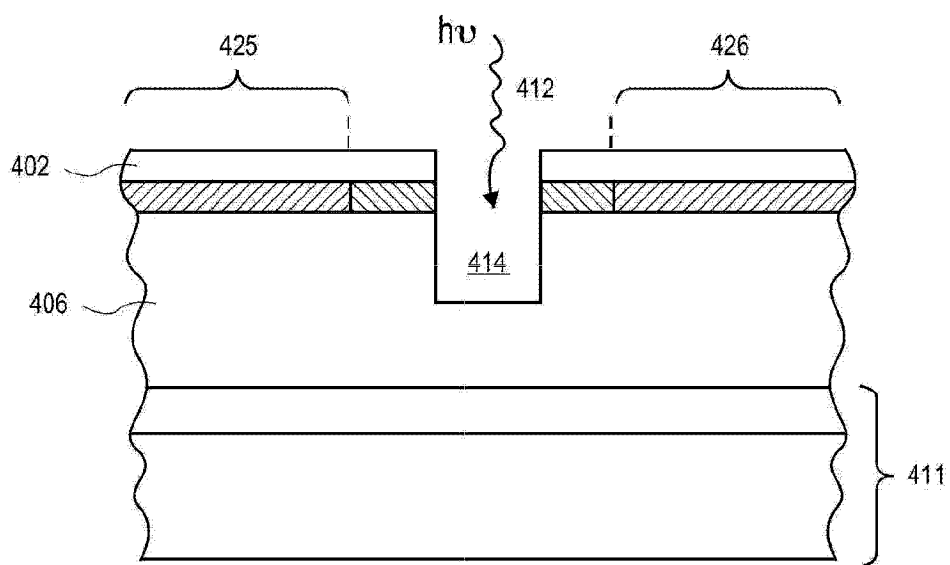


图 4B

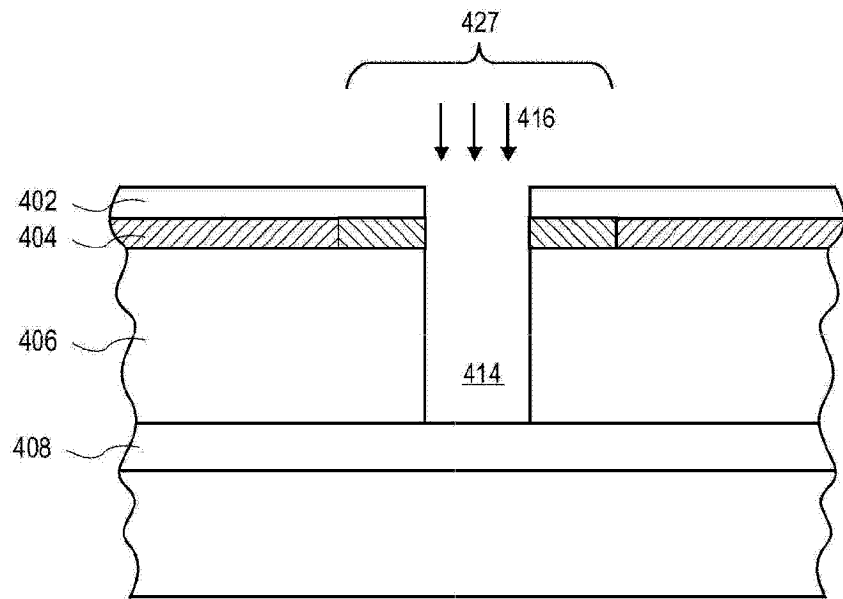


图 4C

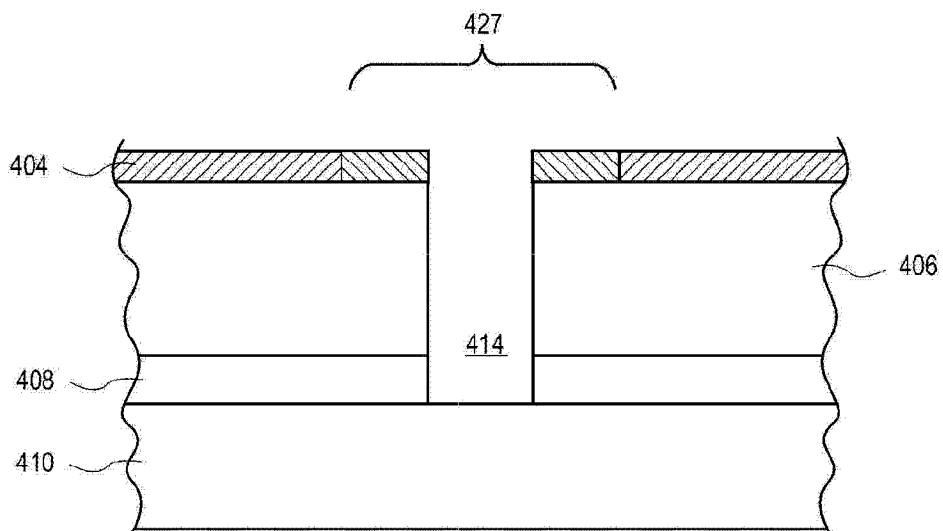


图 4D

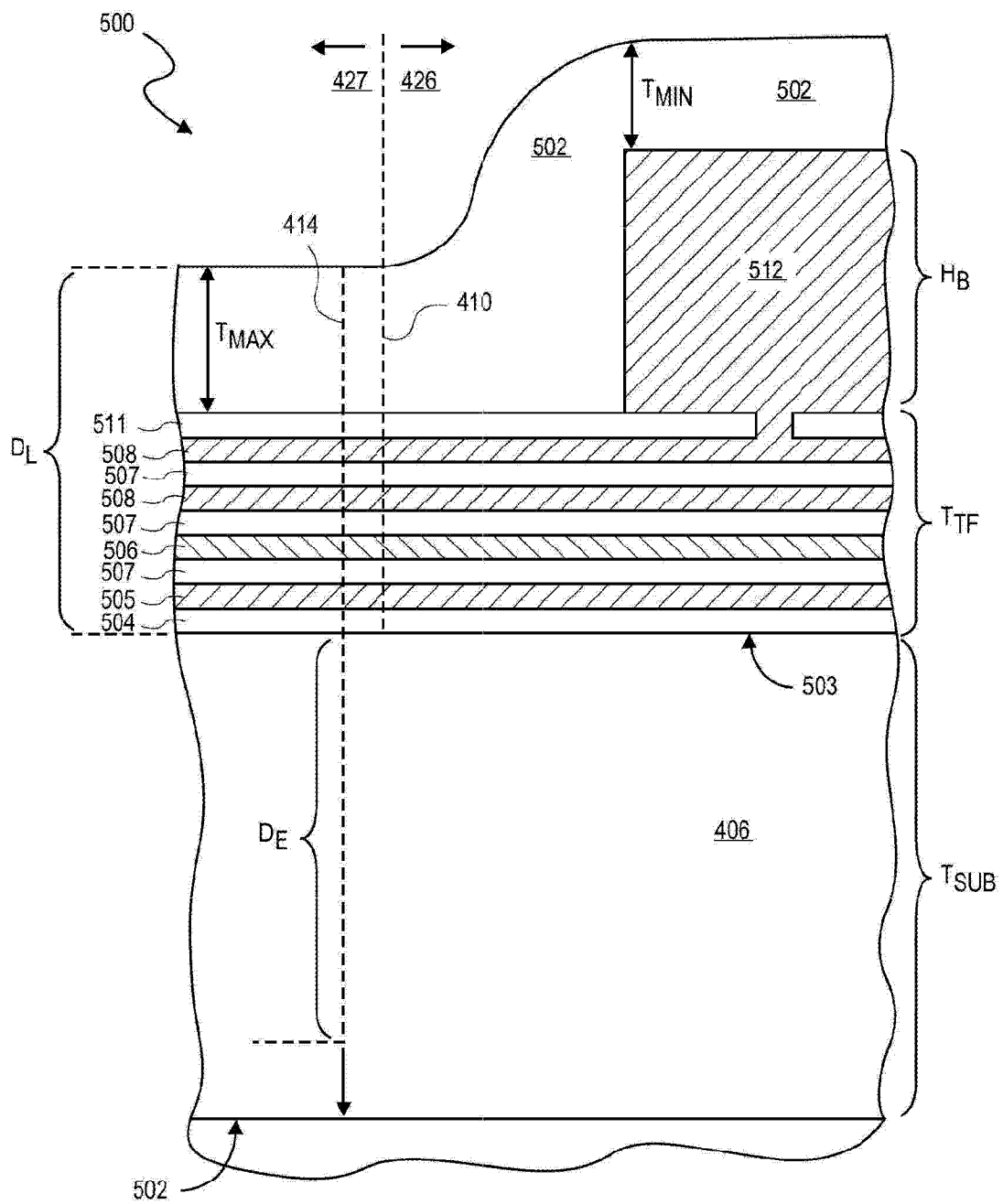


图 5

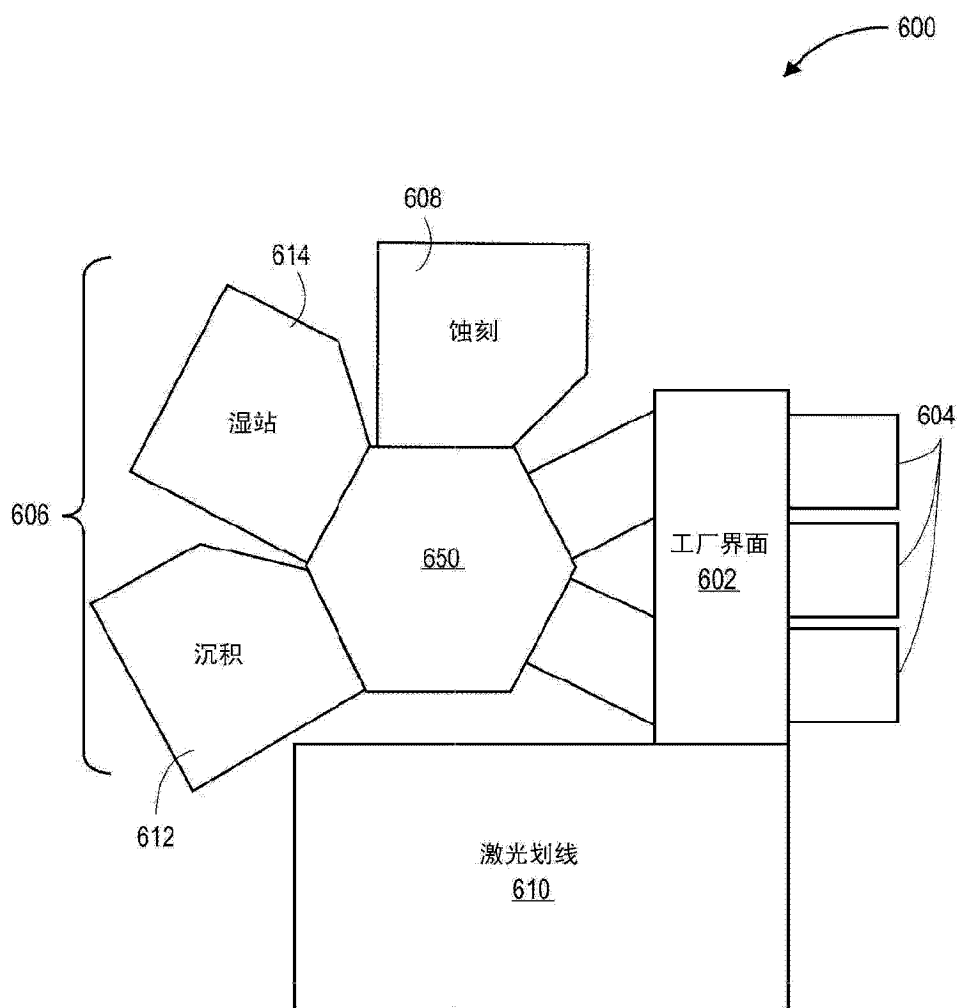


图 6

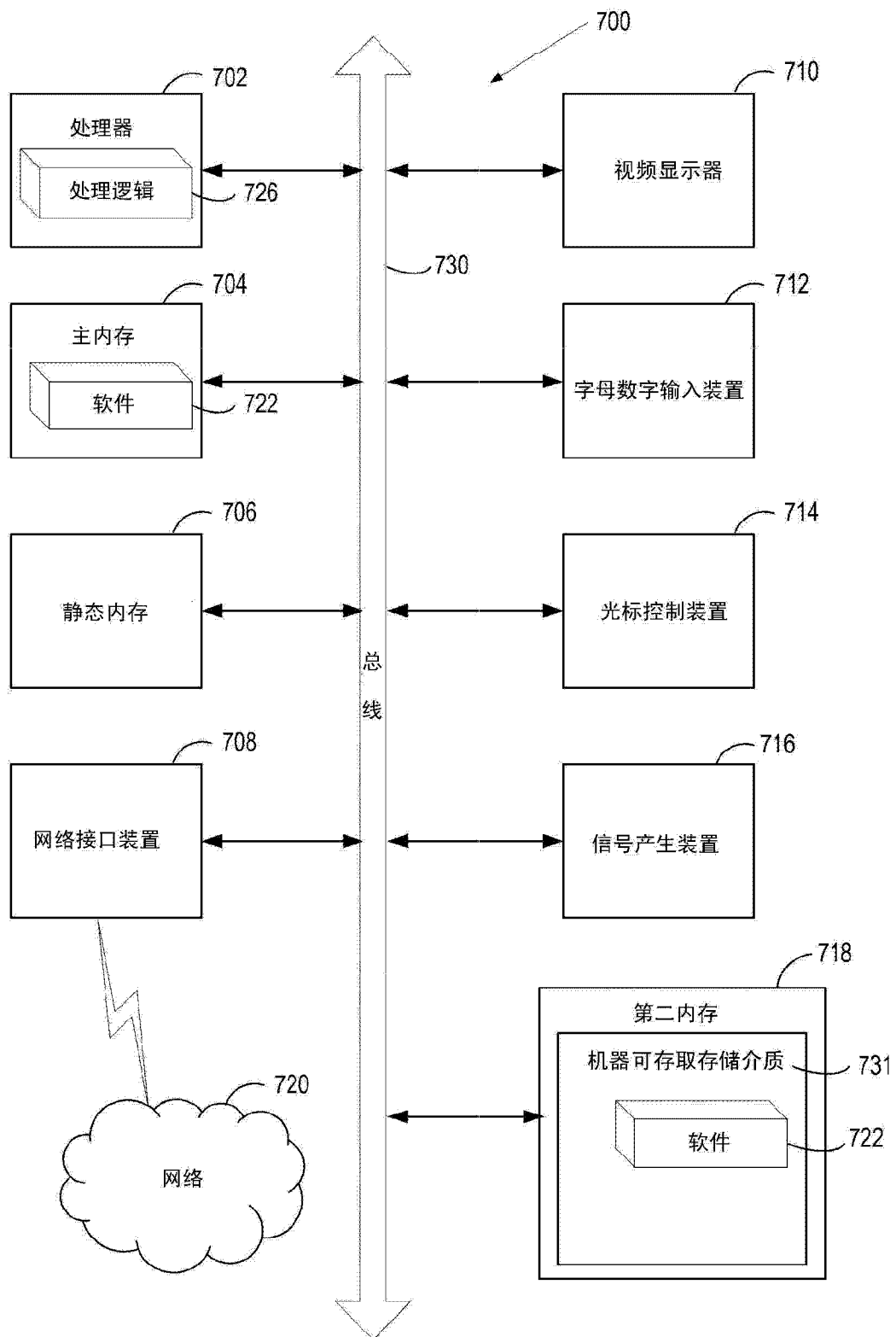


图 7