



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101828252 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 14

(21) 申请号 200880113115. 4

(22) 申请日 2008. 10. 15

(30) 优先权数据

60/981, 060 2007. 10. 18 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 04. 19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/011830 2008. 10. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02009/051763 EN 2009. 04. 23

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 约翰·M·德拉里奥斯

埃里克·M·弗里尔

迈克尔·拉夫金 杰弗里·马克斯

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 周文强 李献忠

(51) Int. Cl.

H01L 21/302 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 10294261 A, 1998. 11. 04,

US 2007084485 A1, 2009. 04. 19,

US 2007087950 A1, 2007. 04. 19,

审查员 李介胜

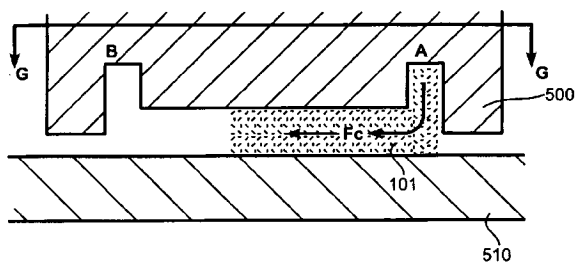
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 16 页

(54) 发明名称

用于优化图案化晶片清洁的设备和方法

(57) 摘要

提供用于清洁晶片表面、尤其是图案化晶片的表面的方法和设备。该清洁设备包括在面向该图案化晶片的表面上具有通道的清洁头，该晶片具有占主导地位的图案。流过该通道的清洁材料在图案化晶片的表面施加剪切力，其晶片的方位设为相对该清洁头的一定方向。该剪切力、该图案化晶片的一定方向和该清洁头提高该表面污染物的去除效率。



1. 一种用于分散清洁材料以去除图案化晶片表面上的污染物的清洁头,包括:
臂,用于将该清洁头保持为邻近该表面;

具有多个面向该图案化晶片表面的通道的清洁头,其中多个通道的每个具有两端,该两端的一个分散该清洁材料,该清洁材料从分散端流到该通道中的另一端,该分散端连接到该清洁材料的供应源;

该多个通道的每个布置为与该清洁头的长度之间的角度大于 0° 且小于 180° 。

2. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该多个通道中的一些互相平行。

3. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该清洁材料施加的剪切力包括垂直于该图案化晶片和该清洁头之间移动方向的分量。

4. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该清洁材料由单相、两相或三相组成。

5. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该清洁材料是泡沫、乳剂或凝胶。

6. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该图案化晶片具有占主导地位的图案,该图案化晶片在清洁期间相对该清洁头定向在一定方向。

7. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该多个通道不互相平行。

8. 根据权利要求 1 所述的清洁头,其中该多个通道形成螺旋图案。

9. 一种清洁系统,其具有用于分散清洁材料以去除图案化晶片表面上的污染物的清洁头,该系统包括:

传输机构,用于移动该图案化晶片朝向该清洁头;

晶片夹持器,用以将该图案化晶片夹持在相对该清洁头的一定方向,由该晶片夹持器夹持的图案化晶片设在该传输机构上以移动朝向该清洁头;以及

该清洁头具有多个通道,其中该多个通道的每个具有两端,该两端的一个分散该清洁材料,该材料从分散端流到该通道中的另一端,该分散端连接到该清洁材料的供应源,通过臂将该清洁头保持为邻近该图案化晶片的表面,所分散的清洁材料将沿该多个通道的每个的轴线方向的剪切力施加在该晶片上以帮助去除该图案化晶片表面上的污染物。

10. 根据权利要求 9 所述的清洁系统,其中有多个具有不同通道设计的清洁头,从该多个清洁头选取该清洁头以在该图案化晶片上获得最好的污染物去除效率。

11. 根据权利要求 9 所述的清洁系统,其中该多个通道定向为与该清洁头长度之间的角度大于 0° 且小于 180° 。

12. 根据权利要求 9 所述的清洁系统,其中该清洁材料施加的剪切力包括垂直于该图案化晶片和该清洁头之间移动方向的分量。

13. 根据权利要求 9 所述的清洁系统,其中该清洁系统有超过一个的清洁头,且每个清洁头有其自己的多通道的设计。

14. 根据权利要求 9 所述的清洁系统,其中该图案化晶片具有占主导地位的图案,该图案化晶片在清洁期间相对该清洁头定向在一定方向。

15. 根据权利要求 14 所述的系统,其中该占主导地位的图案是多个互相平行的线条。

16. 一种使用清洁头来分散清洁材料用以去除图案化晶片表面上的污染物的方法,包括:

将该图案化晶片以相对该清洁头的一定方向设在晶片夹持器中;

将该图案化晶片与该晶片夹持器设在该清洁头下方;以及

从该清洁头分散清洁材料以清洁该图案化晶片,其中该清洁头具有多个通道,该多个通道的每个具有两端,该两端的一个分散该清洁材料,该材料从分散端流到该通道的另一端,该分散端连接到该清洁材料的供应源,所分散的清洁材料将沿该多个通道的每个的轴线方向的剪切力施加到该晶片上以帮助去除该图案化晶片表面上的污染物。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,进一步包括:将该晶片夹持器和该图案化晶片移动朝向该清洁头。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,其中由该清洁材料施加的剪切力包括垂直于该图案化晶片和该清洁头之间移动方向的分量,该分量提高污染物去除效率。

19. 根据权利要求 16 所述的方法,其中该图案化晶片具有占主导地位的图案,该图案化晶片在清洁期间相对该清洁头定向在一定方向,该一定方向提高污染物去除效率。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中该占主导地位的图案由多晶硅线或金属互连线形成。

用于优化图案化晶片清洁的设备和方法

背景技术

[0001] 在半导体器件（如集成电路、存储单元等）制造中，执行一系列制造操作以在半导体晶片（“晶片”）上形成特征。这些晶片（或基片）包括具有限定在硅晶片上的多层结构形式的集成电路器件。在基片层，形成具有扩散区的晶体管器件。在之后的层中，使互连的金属线形成图案并且电连接到这些晶体管器件以形成需要的集成电路器件。并且，利用介电材料将图案化的导电层与其他导电层隔开。

[0002] 在该一系列制造操作过程中，晶片表面暴露于各种类型的污染物。实质上在制造操作存在的任何材料都是潜在的污染源。例如，污染源可包括，尤其是，处理气体、化学制剂、沉积材料和液体。各种污染物会作为粒子物质沉积在晶片表面。如果不去除该粒子污染，在该污染附近的器件将很可能不能工作。因此，必须基本上彻底地将污染从晶片表面清除，而不损伤限定在该晶片上的特征。然而，粒子污染尺寸往往处于制造在晶片上的特征的关键尺寸大小的量级。去除如此小的粒子污染而不对晶片上的特征造成不利影响是十分困难的。

[0003] 传统的晶片清洁方法严重依赖于机械力以从晶片去除粒子污染。随着特征尺寸持续减小并且变得更易碎，由于向晶片表面施加机械力而导致特征损坏的可能性增加。例如，具有高纵横比的特征在受到足够的机械力的冲击时易损坏而崩塌或者破碎。朝向减小的特征尺寸的趋势也会导致会导致损坏的粒子污染的尺寸减小，这使得清理问题进一步复杂化。尺寸足够小的粒子污染会进入晶片表面到达的区域，如被高纵横比特征围绕的沟槽或导电路径的桥等。因此，在现代半导体制造过程中污染物高效和无损去除表示需通过晶片清洁技术的持续进步来实现的持续挑战。应当认识到，用于平板显示器的制造操作遇到与上面讨论的集成电路制造同样的缺点。

[0004] 鉴于前面所述，需要清洁图案化晶片的设备和方法，其有效去除污染物并不会损伤该图案化晶片上的特征。

发明内容

[0005] 大体来讲，本发明的实施方式提供改进的、用于清洁晶片表面、尤其是图案化晶片表面的方法和设备。该设备包括在面向该图案化晶片的表面上具有通道的清洁头，该晶片具有占主导地位的图案。流过该通道的清洁材料在图案化晶片的表面施加剪切力，晶片相对该清洁头设在一定方向。该剪切力、该图案化晶片的一定方向和该清洁头提高该表面污染物的去除效率。应当认识到本发明可以许多方式实现，包括作为系统、方法和室。下面描述本发明的创新性实施方式。

[0006] 在一个实施方式中，提供用于分散清洁材料以去除图案化晶片表面上的污染物的清洁头。该清洁头包括将该清洁头保持为邻近该表面的臂。该清洁头具有多个面向该图案化晶片表面的通道。该多个通道的每个具有两端。该两端的一个分散该清洁材料，该清洁材料从分散端流到该通道中的另一端。该分散端连接到该清洁材料的供应源。所分散的清洁材料将沿该多个通道的每个的轴线方向的剪切力施加到该基片以促进该图案化晶片表

面上的污染物去除。

[0007] 在另一实施方式中,提供一种清洁系统,其具有用于分散清洁材料以去除图案化晶片的表面上的污染物的清洁头。该清洁系统包括传输机构,用以将该图案化晶片移向该清洁头。该清洁系统还包括晶片夹持器,用以将该图案化晶片夹持在相对该清洁头的一定方向。由该晶片夹持器夹持的图案化晶片设在该传输机构上以移动朝向该一个清洁头。

[0008] 该清洁系统进一步包括具有多个通道的清洁头。该多个通道的每个具有两端。该两端的一个分散该清洁材料,该材料从分散端流到该通道中的另一端。该分散端连接到该清洁材料的供应源。通过臂将该清洁头保持为邻近该图案化晶片的表面。所分散的清洁材料将沿该多个通道的每个的轴线方向的剪切力施加在该基片上以帮助去除该图案化的基片的表面上的污染物。

[0009] 在又一实施方式中,提供一种使用清洁头来分散清洁材料用以去除图案化晶片的表面上的污染物的方法。该方法包括将该图案化晶片以相对该清洁头的一定方向设在晶片夹持器中。该方法还包括将该图案化晶片和该晶片夹持器设在该清洁头下方。该方法进一步包括将该清洁材料从该清洁头分散到清洁该图案化晶片。该清洁头具有多个通道。该多个通道的每个具有两端。该两端的一个分散该清洁材料,该材料从分散端流到该通道的另一端。该分散端连接到该清洁材料的供应源。所分散的清洁材料将沿该多个通道的每个的轴线方向的剪切力施加到该基片上以帮助去除该图案化的基片的表面上的污染物。

附图说明

[0010] 通过下面结合附图的详细描述,将容易理解本发明,以及类似的参考标号指出相似的元件。

[0011] 图 1 说明按照本发明一个实施方式、与污染物颗粒相互作用的三态体。

[0012] 图 2A 说明按照本发明一个实施方式、清洁材料的固体成分介于污染物和该清洁材料的气体成分之间。

[0013] 图 2B 说明按照本发明一个实施方式、图 2 的污染物从该晶片表面去除。

[0014] 图 2C 示出按照本发明一个实施方式用于清洁晶片的清洁系统的俯视图。

[0015] 图 2D 是按照本发明一个实施方式、具有若干清洁材料分散孔的清洁头的仰视图。

[0016] 图 2E 示出按照本发明一个实施方式、将清洁材料 101 分散在晶片表面上的清洁头的侧视图。

[0017] 图 3A 示出按照本发明一个实施方式、示范性图案化晶片的俯视图。

[0018] 图 3B 示出按照本发明一个实施方式、放大的器件区域的俯视图。

[0019] 图 3C 示出按照本发明一个实施方式、放大的器件子区域的俯视图。

[0020] 图 3D(A) 示出按照本发明一个实施方式、在多晶硅线上方以顺时针方式转动的清洁刷的一部分。

[0021] 图 3D(B) 示出按照本发明另一实施方式、在多晶硅线上方以顺时针方式转动的清洁刷的一部分。

[0022] 图 3E 示出按照本发明一个实施方式、清洁刷施加的剪切力相对图案化晶片上多晶硅线的长度的角度与模片上缺陷数量的关系曲线。

[0023] 图 3F 示出按照本发明一个实施方式,之前描述的具有占主导地位的线条图案的

图案化晶片 301 在清洁头下方移动。

[0024] 图 3G 示出按照本发明一个实施方式、放大的器件区域的图示。

[0025] 图 4A 示出按照本发明一个实施方式、具有若干线条类型结构的基片部分的剖视图。

[0026] 图 4B 示出按照本发明一个实施方式、在具有若干线条类型结构的基片部分的剖视图上方的清洁材料。

[0027] 图 4C 示出按照本发明一个实施方式、在晶片表面上某个位置处剪切力的法向分量和平行分量之间的关系。

[0028] 图 4D 示出按照本发明一个实施方式、在晶片表面上另一位置处剪切力的法向分量和平行分量之间的关系。

[0029] 图 4E 示出按照本发明一个实施方式、缺陷数量与该清洁刷或清洁材料施加在该基片（或晶片）的特征上的剪切力的角度的两个函数关系曲线。

[0030] 图 5A 示出按照本发明一个实施方式、清洁头的三维（3D）视图。

[0031] 图 5B 示出按照本发明一个实施方式、图 5A 的清洁头的俯视图。

[0032] 图 5C 示出按照本发明一个实施方式、图 5A 的清洁头的另一三维（3D）视图。

[0033] 图 5D 示出按照本发明一个实施方式、通道 501 沿图 5A 中 G-G' 线切割的剖视图。

[0034] 图 5E 示出按照本发明一个实施方式、清洁材料从清洁头中的通道的一端流到该通道的另一端所产生的剪切力。

[0035] 图 5F 示出按照本发明一个实施方式、清洁头和基片的相对位置，以及该基片的移动方向。

[0036] 图 5G 示出按照本发明一个实施方式，具有填充清洁材料的清洁体的通道 501。

[0037] 图 5H 示出按照本发明一个实施方式，基片上各种剪切力之间的关系。

[0038] 图 5I 示出按照本发明一个实施方式，施加在晶片表面上的线条类型特征上的剪切力的图示。

[0039] 图 6A 示出按照本发明另一实施方式，清洁头和基片之间的相对位置和基片移动方向之间的关系。

[0040] 图 6B 示出按照本发明一个实施方式，基片表面上剪切力的图示。

[0041] 图 6C 示出按照本发明另一实施方式，清洁头和基片之间的相对位置、基片的移动方向和该晶片上的剪切力之间。

[0042] 图 6D 示出按照本发明又一实施方式，清洁头和基片之间的相对位置，基片的移动方向和该晶片上的剪切力。

[0043] 图 6E 示出按照本发明一个实施方式，基片上的剪切力。

[0044] 图 7 示出按照本发明一个实施方式，具有若干待选择用于清洁晶片的清洁头的清洁系统。

[0045] 图 8 示出按照本发明一个实施方式、从图案化晶片表面清洁污染物的工艺流程。

具体实施方式

[0046] 描述清洁晶片表面的方法和设备的实施方式。对于本领域技术人员，显然，本发明可不利用这些具体细节的一些或者全部而实施。在有的情况下，公知的工艺步骤和 / 或结

构没有说明,以避免不必要的混淆本发明。

[0047] 这里描述的实施方式提供有效去除污染物并且不会损伤该图案化晶片上特征的清洁设备和清洁方法,这些特征中可能包含高纵横比特征。尽管该实施方式提供关于半导体清洁应用的具体示例,但是这些清洁应用可以扩展到任何需要从基片去除污染物的技术。

[0048] 如这里所使用的,在一个实施方式中,该设备和方法包含三态清洁材料,包括气态、液态和固相。该气态和液态提供将该固相带到邻近基片表面上污染物颗粒的中介物。该三态体清洁材料的组分及其机制的进一步解释见美国专利申请 11/346,894(递交于 2006 年 2 月 3 日,主题为“Method for removing contaminations from substrate and for making cleaning solution”)、美国专利申请 11/347,154(递交于 2006 年 2 月 3 日,主题为“Cleaning compound and method and system for using the cleaning compound”)、美国专利申请 11/336,215(递交于 2006 年 1 月 20 日,主题为“Method and apparatus for removing contamination from substrate”)和美国专利申请 11/532,491(递交于 2006 年 9 月 15 日,主题为“Method and material for cleaning substrate”)。对使用该三态体清洁材料的设备和系统的进一步解释见美国专利申请 (11/346,894),递交于 2006 年 2 月 3 日,主题为“Method for removing contamination from substrate and for making cleaning solution”。

[0049] 清洁期间该固相与该颗粒相互作用以实现去除。基片(作为这里使用的示例)意指但不限于半导体晶片、硬盘、光盘、玻璃基片和平面显示面、液晶显示面等,其会在制造或搬运操作期间受到污染。对于实际的基片类型,表面可能以不同的方式受到污染,并且在处理该基片的具体产业中限定可接受污染程度。

[0050] 图 1 是按照本发明一个实施方式、示出用于从半导体晶片(“晶片”)105 去除污染物 103 的三态清洁材料 101 的污染物 103 的实体图的图示。该清洁材料 101 包括连续的液体媒质 107、固体成分 109 和气体成分 111。该固体成分 109 和气体成分 111 分散在该连续的液体媒质 107 内。

[0051] 大体上,该连续的液体媒质 107 可以是去离子水、碳化氢、选取的基液、氢氟酸(HF)、氨和其他化学制剂和/或 DI 水中化学制剂的混合物,其可以用来清洁和准备半导体基片的表面。在具体的示例中,该连续的媒质 107 是(去离子或其他的)水单独形成的含水液体。在另一实施方式中,含水液体由水与其他可在水中溶解的组分的混合物形成。在又一实施方式中,非含水液体由,尤其是,碳化氢、碳氟化合物、矿物油或酒精形成。不考虑该液体是含水或非含水,应当理解该液体可改性为包括离子或非离子溶剂和其他化学添加剂。例如,该液体的化学添加剂可包括助溶剂、pH 改性剂(如,酸和碱)、螯合剂、极性溶剂、表面活性剂、氢氧化氨、过氧化氢、氢氟酸、氢氧化钾、氢氧化钠、羟化四甲氨、和流变改性剂(如聚合物、颗粒和多肽)的任意组合。

[0052] 在一个实施方式中,该固体成分 109 的材料可以由脂族酸、羧酸、石蜡、蜂蜡、聚合物、聚苯乙烯、树脂、多肽和其他粘弹性材料形成。在一个实施方式中,用于该固体成分 109 的材料应当以超过在连续的液体媒质 107 内溶解度限制的浓度存在。并且,应当理解与特定固体材料相关的清洁效用会随着温度、pH 和其他环境条件变化。

[0053] 该脂族酸实际上表示任何由有机化合物形成的酸,其中碳原子形成开放的链。脂

肪酸是可用作该固体材料的脂族酸的一个示例。可以用作该固体的脂肪酸的示例包括,尤其是,月桂酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸、烯酸、芥酸、丁酸、己酸、辛酸、豆蔻酸、十七酸、山酸、木焦油酸(lignoseriac acid)、肉豆蔻烯酸、棕榈烯酸、神经酸(nervanic acid)、十八碳四烯酸、二十碳五烯酸、顺茺酸、碳五烯酸、木蜡酸、蜡酸及其混合物。在一个实施方式中,该固体材料 109 可表示从 C-1 到大约 C-26 各种碳链长度形成的脂肪酸的混合物(自然存在的脂肪酸仅有偶数个碳原子)。羧酸可由实际上任何包括一个或多个羧基(COOH)的有机酸形成。该羧酸可以是饱和的或不饱和的。它们可以是单个碳链或者有分支。该羧酸可包括从 C-1 到大约 C-100 的多种不同碳链长度的混合物。并且,该羧酸可包括长链的醇、醚和/或酮,高于在该连续媒质 107 中的溶解度限制。在一个实施方式中,用作固体的脂肪酸当与基片表面上的污染物颗粒接触时起到表面活性剂的作用。

[0054] 在一个实施方式中,该清洁材料 101 是非牛顿流体。非牛顿流体,如这里所使用的,是粘度随着施加的剪应力变化的流体。非牛顿流体并不遵循粘度的牛顿定律。剪应力是剪切速率的非线性函数。取决于表观粘度随着剪切速率如何改变,流动行为也发生变化。非牛顿流体的一个示例是软凝态物质,其处于固体和液体两个极端的中间地带。这些类型的材料可表现出屈服应力,并称作宾汉塑性流体。该软凝态物质容易受到外部应力变形,该软凝态物质的示例包括乳剂、凝胶剂、胶体、泡沫等。应当认识到乳剂是不相容液体的混合物如,例如,牙膏、蛋黄酱、水中的油等。

[0055] 图 2A-2B 示出按照本发明一个实施方式,该清洁材料 101 如何从该晶片 105 去除该污染物 103。如图 2A 所示,在该清洁材料 101 的液体媒质 107 内,该固体成分 109 介于该污染物 103 和该气体成分 111 之间。该液体媒质 107 内的气体成分 111 具有相关联的表面张力。所以,当将该气体成分 111 向下压到该固体成分 109 时,该气体成分 111 变形并在该固体成分 109 上施加向下的力(F_D)。这个向下的力(F_D ,其为法向分量)用来将该固体成分 109 移向该晶片 105 和其上的污染物 103。该固体成分 109 和污染物 103 之间的相互作用在迫使该固体成分 109 足够接近该污染物 103 时发生。这个距离可以在大约 10 纳米内。该固体成分 109 和污染物 103 之间的相互作用还在该固体成分 109 实际接触该污染物 103 时发生。这个相互作用也适用于固体成分 109 结合污染物 103 时。该固体成分 109 和污染物 103 之间的相互作用足以克服该污染物 103 和该晶片 105 之间的粘结力,以及该固体成分 109 和该污染物 103 之间任何排斥力。所以,当移动该固体成分 109 远离该晶片 105,与该固体成分 109 相互作用的污染物 103 也移动远离该晶片 105,即,从该晶片(或基片)105 清洁该污染物 103,如图 2B 所示。当将该清洁材料 101 从该基片表面去除时,该固体成分和所附着的污染物 103 可以从该基片表面去除。该清洁材料 101 可以通过溶解于流体如去离子水或去泡沫剂而从该基片表面去除。

[0056] 在一个实施方式中,用来从该晶片 105 去除该固体成分 109 的力是该固体成分 109 和该污染物 103 之间的范德瓦尔斯引力。如图 2B 所描述的,当该固体成分 109 从该晶片 105 去除时,粘合于该固体成分 109 的该污染物 103 也从该晶片 105 去除。应当认识到因为该固体成分 109 与该污染物 103 相互作用以实现该清洁工艺,该晶片 105 上污染物 103 的去除将取决于该固体成分 109 在该晶片 105 上的分布程度。此外,固体成分 109 可以是不同成分的混合物,与此相对的是全部是相同的组分。因此,该清洁溶液能够为具体的目的设计,即目标指向具体的污染物,或该清洁溶液可具有广谱的污染物目标,其中提供多种固体

成分。

[0057] 在一个实施方式中,该清洁材料 101 还受到剪切力 (F_s)。该剪切力 F_s 可用来移动该清洁材料 101 贯穿该晶片 105 的表面。剪切力 F_s 可以由于该基片 105 和用来分散该清洁材料 101 的分散头 (未示) 的相对运动而施加到该基片表面上,如下所述。

[0058] 图 2C 是按照本发明一个实施方式、用于清洁基片的系统的俯视图的简化示意图 200。晶片 220 在线性方向移动朝向清洁头 210。该清洁头由臂 250 夹持。该清洁头 210 提供 (或分散) 该清洁材料 101。在一个实施方式中,该清洁头 210 的长度 240 大于该晶片 220 的直径 250。晶片 220 仅在该清洁头下移动一次。在另一实施方式中,该清洁头 210 的长度 240 小于该晶片 220 的直径 250。晶片 220 在该清洁头 210 下移动多次以确保整个晶片 220 都被清洁。

[0059] 按照本发明一个实施方式,该清洁材料 101 可分散为泡沫、乳剂或凝胶,取决于应用和该清洁材料的化学组分。该清洁材料 101 可以由单相、两相或多相组成。关于两相体清洁材料的组分和其机制的进一步解释见美国专利申请 (11/519,354),递交于 2006 年 9 月 11 日,主题为“Method and System for Using Two-phases Substrate Cleaning Compound”。

[0060] 在一个实施方式中,该清洁材料 101 从储存器 270 (其可以加压) 通过供应管线 260 传输。或者,该清洁头 210 可在晶片 220 上方移动,而同时该晶片 220 可静止或者也在移动。

[0061] 图 2D 示出具有若干分散孔 211 以分散该清洁材料 101 的该清洁头 210 的示范性仰视图。图 2E 示出该清洁头 210 的侧视图的实施方式,将该清洁头 210 下方的清洁材料 101 组成的清洁体 230 分散到该晶片 220 的表面 221 上以清洁该表面 221。该晶片 220 在该箭头 222 指出的方向上、在该清洁头 210 下方移动。随着该晶片 220 在该清洁头 210 下方移动,该清洁体 230 在其后在该表面 221 上留下清洁材料 101 的轨迹 231。该清洁头 210 通过臂 250 保持邻近该晶片 220 的表面 221。该晶片 220 和该清洁头 210 之间的相对运动产生方向 232 上的、作用于晶片 220 的表面 221 上的清洁材料的剪切力,其与晶片移动方向 222 成 180° 。从该清洁头 210 分散出的清洁材料 101 在该清洁体 230 下方的基片的表面 221 上施加向下的力。如上面所讨论的,该向下的力帮助该基片表面上的污染物与该清洁材料 101 中的固体成分附着。该污染物由于该污染物和该清洁材料 101 中的固体成分附着而从该基片表面去除。

[0062] 该污染物 103 从该表面 221 去除并混在该清洁材料 101 中,以及可以在将该清洁物质从该晶片表面 221 去除时去除。在一个实施方式中,剪切力有助于从该晶片 220 的表面 221 去除污染物 (未示)。该剪切力在去除污染物中的作用将在下面详细描述。

[0063] 图 3 示出示范性图案化晶片 301 的俯视图。晶片 301 具有许多模片 302,其填充整个晶片 301。图 3A 中仅示出示范性的单个模片。模片 302 中,有许多器件,它们通过各种不同的植入、热处理、清洁、图案化、沉积、蚀刻和其他步骤形成。在一些处理步骤,有孤立的并且高出附近基片表面的器件特征。例如,多晶硅图案化之后的多晶硅结构 (或线条)。该多晶硅结构是在定位于一个方向的窄且长的线条。图 3A 中,模片 302 中有示范性器件区域 303。图 3B 示出放大的器件区域 303 的俯视图。在该示范性器件区域 303 中,有许多多晶硅结构,如器件子区域 304 中的多晶硅结构。图 3C 示出放大的器件子区域 304 的俯视图。

器件子区域 304 填充长而窄的多晶硅线,如多晶硅线 305。图案化晶片 301 绝大部分填充与多晶硅线 305 方向相同的多晶硅线。还可有其他多晶硅结构,如结构 306,其不定向为与多晶硅结构 305 方向相同。然而,与结构 305 相同方向的多晶硅结构可以是占主导地位的结构,取决于技术。

[0064] 对于高级器件技术,该多晶硅线的纵横比可以非常高,因为该多晶硅线宽度的连续收缩以缩短源极和漏极之间的距离而增加器件速度。然而,由于多晶硅线电阻系数的约束,该多晶硅结构的厚度不会急速收缩。结果,该多晶硅结构的纵横比增加。高纵横比结构更容易受到机械力的影响。金属连线也面临类似的由于高纵横比而受到机械力损坏的问题。

[0065] 图 3D(A) 示出按照本发明一个实施方式、围绕多晶硅线 311 上方的纵轴转动的清洁刷 310 的一部分。该多晶硅线 311 具有长度 L、宽度 W 和高度 H。该长度 L 远大于该宽度 W 和高度 H。该清洁刷 310 的该部分在该多晶硅线 311 的顶面 312 上施加力 313。该力 313 是垂直于(或在 90°)该多晶硅线 311 的长度 L。

[0066] 图 3D(B) 示出上面描述的、围绕多晶硅线 311' 上方的纵轴转动的清洁刷 310' 的一部分。该多晶硅线 311' 还具有长度 L、宽度 W 和高度 H。该长度 L 远大于该宽度 W 和高度 H。该清洁刷 310' 的该部分的长度垂直于该多晶硅线 311' 的长度。该清洁刷 310 在该多晶硅线 311' 的顶面 312' 上施加力 315。该力 315 平行于(或在 0°)该多晶硅线 311' 的长度 L。

[0067] 图 3E 示出清洁刷施加的剪切力相对图案化晶片上多晶硅线的长度的角度与晶片上缺陷数量的关系曲线。该清洁刷和多晶硅线之间的关系已经在图 3D(A) 和 (B) 中描述。图 3E 中示出缺陷数量的数据符合曲线 330,其为该清洁刷的力与该多晶硅线之间角度的函数。当该刷子垂直于以及该刷子力平行于该多晶硅线时(图 3E 的曲线 330 中的 0°),该缺陷数量几乎为零。当该刷子力在该多晶硅线的长度的 0° 时(如图 3D(B) 所示的关系),该刷子不会损伤该多晶硅线并且不会增加缺陷数量。

[0068] 该缺陷数量随着该刷子力和该多晶硅线的长度之间的角度增加而增加。当该刷子力在该多晶硅线的长度的 90° 时,该缺陷数量最大,如图 3E 的曲线 330 中可见。图 3E 中的结果示出当刷子力的方向垂直于该多晶硅线的长度施加时,该多晶硅线更可能受到损伤。这些结果表明在清洁期间施加到图案化的结构上的剪切力的角度会影响对图案化结构的损伤程度。尽管图 3E 中的结果是用清洁刷来清洁该基片而收集,剪切力的角度与缺陷数量的影响也适用于利用清洁材料如上述的清洁材料 101 清洁图案化晶片。

[0069] 图 3F 示出按照本发明一个实施方式、图案化晶片 301 在清洁头 302 下移动以待清洁。该清洁头 302 由臂 350 夹持。该图案化晶片 301 具有若干模片 302。每个模片具有占主导地位的线条图案,如在一个方向上的多晶硅线或金属线条,如图 3A-3C 中模片 302 中的器件区域 303 的器件子区域 304 中所述的。该器件子区域 304 的该多晶硅线 305,如图 3G 所示,定向为平行于该图案化晶片 301 的移动方向 310。晶片 301 在垂直于该清洁头 302 的长度的方向 310 移动。该晶片 301 上有方位标记 340 以与该晶片 301 上的模片如模片 302 的方位相关联。在一个实施方式中,该方位标记 340 是刻在该晶片上的晶片标识符。晶片 301 在晶片夹持器 320 中夹持。该晶片夹持器 320 构造为通过采用该方位标记 340 而将该晶片 301 保持在某个方位。该基片夹持器 320 和该方位标记 340 帮助将待处理的图案化晶

片 301 定位在特定的方位。

[0070] 图 4A 示出具有若干线条类型结构 P_1 、 P_2 和 P_3 的基片 420 的一部分的剖视图。线条 P_1 、 P_2 和 P_3 互相平行。 P_1 和 P_2 彼此靠近。 P_1 和 P_2 可以描述为密集图案的一部分。 P_3 是孤立的并且不靠近任何其他升高的结构。 P_3 可以描述为孤立图案的一部分。 P_1 和 P_2 之间是覆盖 P_1 和 P_2 之间的表面 402_I 的污染物 C_1 。污染物 C_1 靠近线条 P_1 和 P_2 。 P_2 和 P_3 之间是覆盖表面 402_{II} 的污染物 C_2 。污染物 C_2 远离线条 P_2 或线条 P_3 任一个。

[0071] 图 4B 示出清洁材料 401 (其类似于上面描述的清洁材料 101) 施加在图 4A 的基片 420 上。在施加该清洁材料 401 之后 (利用该基片 420 上、该清洁材料 401 的向下的力), 污染物 C_1 和 C_2 通过附着于该清洁材料 401 中的固体成分而离开表面 402_I 、 402_{II} 。该污染物去除机制已经在上面描述。该晶片 411 和该清洁材料 401 的分散头 (未示) 之间的相对运动产生污染物 C_1 上的剪切力 F_{S1} 和污染物 C_2 上的剪切力 F_{S2} 。 F_{S1} 具有分量 F_{P1} , 其平行于线条 P_1 、 P_2 、和 P_3 的纵向, 以及分量 F_{N1} , 其垂直于线条 P_1 、 P_2 和 P_3 的纵向。图 4C 示出 F_{S1} 、 F_{P1} 和 F_{N1} 之间的关系。图 4D 示出 F_{S2} 、 F_{P2} 和 F_{N2} 之间的关系。

[0072] 剪切力 F_{S1} 和 F_{S2} 取决于晶片 420 与该分散头的相对方位, 如图 2C 和 3F 中所述。如果晶片 420 定向为使线条 P_1 、 P_2 和 P_3 垂直于该分散头的长度, 如图 3F 和 3G 所示, 则剪切力 F_{S1} 、 F_{S2} 具有非零值的平行分量 F_{P1} 和 F_{P2} 。 F_{P1} 和 F_{P2} 平行于 P_1 、 P_2 和 P_3 的长度。 F_{N1} 和 F_{N2} 为零。 F_{N1} 和 F_{N2} 垂直于 P_1 、 P_2 和 P_3 的长度。如果晶片 420 定向为使得线条 P_1 、 P_2 和 P_3 平行于该分散头的长度, 如图 3F 和 3G 中晶片 301 转动 90° , 则剪切力 F_{S1} 、 F_{S2} 将具有非零值的法向分量 F_{N1} 和 F_{N2} 。 F_{P1} 和 F_{P2} 将为零。

[0073] 剪切力 F_{S1} 和 F_{S2} 有助于分别从该 P_1 、 P_2 和 P_3 结构去除污染物 C_1 和 C_2 。为了确保污染物 C_1 和 C_2 不会残留在结构 (如 P_1 、 P_2 和 P_3) 附近, 污染物 C_1 和 C_2 不仅需要从基片表面去除, 如表面 402_I 和 402_{II} , 而且污染物 C_1 和 C_2 应当尽可能远离结构 (如 P_1 、 P_2 和 P_3) 以防止污染物 C_1 和 C_2 与基片表面上的结构 (如 P_1 、 P_2 和 P_3) 重新附着。剪切力 (如剪切力 F_{S1} 和 F_{S2}) 可帮助从该基片表面上的结构 (如 P_1 、 P_2 和 P_3) 去除污染物 C_1 和 C_2 以提高污染物去除效率 (CRE) 或颗粒去除效率 (PRE)。例如, 如果 F_{S1} 只有该平行分量 F_{P1} , 而 F_{N1} 接近零, 则污染物 C_1 将沿 P_1 和 P_2 之间或靠近其上方移动, 并且很可能保持为接近 P_1 和 P_2 更长的时间, 并增加冲洗后污染物 C_1 留在该基片表面上、甚至在 P_1 和 P_2 之间的机会。

[0074] 然而, 如果 F_{S1} 具有非零法向分量 F_{N1} , 污染物 C_1 更可能从靠近 P_1 和 P_2 的区域移到 P_2 和 P_3 之间的区域。当污染物 C_1 在 P_2 和 P_3 之间的区域时, 污染物 C_1 更可能在将清洁材料 401 从基片 420 的表面去除时从基片 420 表面清洁掉, 如通过冲洗。污染物 C_2 在 P_2 和 P_3 之间的开放区域, 并且其去除更少受到 F_{S2} 是否具有非零法向分量 F_{N2} 的影响。

[0075] 如上面所讨论的, 剪切力 F_{S1} 的法向分量 F_{N1} 可有助于去除污染物 C_1 。然而, 如之前图 3E 中讨论的, 法向剪切力导致该基片表面上的结构损伤并由于特征的毁坏而增加缺陷数量。法向剪切力可提高已有污染物的清洁效率, 同时会损坏结构而产生额外的缺陷。需要对该法向剪切力优化以实现得到最佳的清洁结果。

[0076] 如图 3E 中可见, 大约 -20° 至大约 20° 的剪切力角度之间的区域中由于表面结构损伤导致的缺陷数量为零。施加具有这个区域中的剪切力角度的剪切力, 由于表面结构的损伤导致的缺陷几乎不存在, 又该剪切力的法向分量 (非零角度) 可有助于去除该基片表面上存在的污染物。图 4E 示出两个曲线 451 和 452, 其类似于图 3E 的曲线 330, 为按照本发

明一个实施方式、缺陷数量与该清洁刷或清洁材料施加到该基片（或晶片）上的特征上的剪切力的角度函数。曲线 451 和 452 用于具有不同图案的两个基片。该基片表面上特征的不同图案将得到不同的缺陷数量与剪切力角度关系的曲线。该特征的纵横比、该基片表面上特征图案的布局 and 密度将影响该曲线的形状。具有更均一分布和紧密封装特征的图案化晶片很可能具有更宽的、几乎没有损伤的剪切力角度区域，如曲线 452 的区域 B-B'。相反，具有孤立且不均一分布特征的图案化的基片很可能具有类似曲线 451 的缺陷数量曲线，其具有较窄的、几乎没有损伤的剪切力角度区域，如区域 A-A'。

[0077] 曲线 451 和 452 每个在靠近 0° 角度具有低缺陷数量的平区域。例如，曲线 451 具有角度和角度 A' 之间的区域，曲线 452 具有角度 B 和角度 B' 之间的区域。如上所述，在这些区域内，该缺陷数量相当低，但这些区域内的剪切力具有法向分量（非零角度），除了该角度为 0° 时。通过刷子或清洁材料任一个在该基片表面施加具有在这些区域内剪切力角度的剪切力可在几乎不对特征造成损伤的情况下得到高污染物去除效率（CRE）或颗粒去除效率（PRE）。

[0078] 如上面图 2C 中所讨论的，当该晶片 220 在该清洁头 210 下方移动，该晶片 220 和该清洁头之间的相对运动导致该清洁材料在该表面 221 上产生该方向 232 的剪切力。另外，关于图 3A-3G 的描述和讨论表明该图案化晶片 301 上占主导地位的图案相对该清洁头 302 的方位影响该晶片 301 上占主导地位的图案上的剪切力的方向。

[0079] 除了占主导地位的图案相对该清洁头的范围影响施加在晶片上占主导地位的图案上的剪切力的方向外，该晶片（或该晶片上的图案）上的剪切力的方向也可通过清洁头的设计修改。图 5 示出按照本发明一个实施方式、清洁头 500 的三维（3D）视图。该清洁头 500 具有若干用于分散清洁材料 501 的通道。每个通道 501 具有两端，A 端和 B 端。该清洁材料从 A 端分散并流到 B 端。A 端连接到清洁材料的供应源，如图 2C 的供应管线 260 和清洁材料储存器 270。

[0080] 图 5B 示出该清洁头 500 的俯视图。通道 501 的轴线 503 相对于该清洁头的宽度 504 的线成一定角度 α 。该角度 α 在大约 0° 至大约 180° 。图 5C 示出该清洁头 500 的另一 3D 视图。图 5C 示出通道 501 高出该清洁头的底面 570。该通道 501 在该清洁头 500 的底面上方的高度是 C，如图 5C 所示。

[0081] 图 5D 示出通道 501 的剖视图，其沿图 5A 的线条 G-G' 切开。图 5D 中，该清洁头 500 设在基片 510 上方，该基片在图 5A 中未示。清洁材料 101 从 A 端分散并在通道 501 中流到 B 端。该清洁头 500 设在晶片 510 上方。图 5E 示出具有 A 端和 B 端的通道 501 的俯视图。清洁材料从 A 端流到 B 端在该基片表面上产生剪切力 F_c ，如图 5D 和 5E 所示。该剪切力 F_c 的方向沿该通道 501 的轴 580。A 端连接到该清洁材料的供应源 101。在一个实施方式中，B 端连接到真空以帮助去除清洁材料。然而，在该 B 端的真空不会中断通道 501 中的清洁材料流并且不会在通道 501 和该晶片表面之间的材料体中产生清洁材料的空穴

[0082] 除了清洁材料在通道 501 流动产生的剪切力 F_c ，基片 510 在该清洁头 500 下方的移动还引入该清洁材料施加在该基片上的剪切力 F_w 。 F_w 是在该晶片移动方向的 180° 方向。图 5F 示出该清洁头 500 和该基片 510 之间的相对位置，以及该基片 510 的移动方向 520。基片 510 填充图案化的模片，如具有器件区域的模片 560，如器件区域 561。

[0083] 图 5G 示出具有清洁体 530 的通道 501，该清洁体填充有清洁材料 101。该清洁体

530 施加清洁材料从 A 端流动到 B 端而产生的剪切力 F_c 和该基片 520 (未示) 和该清洁头 500 之间的相对运动导致的剪切力 F_w 。图 5H 示出 F_c 和 F_w 合为该基片表面上的总剪切力 F_T 。 F_T 具有两个分量 F_{TN} 和 F_{TP} , 它们彼此垂直。图 5I 示出基片 510 上具有线条形特征 562 的放大的器件区域 561。该线条形特征 562 定向为垂直于该清洁头 500 的长度。该总剪切力 F_T 具有作用于该线条形特征 561 的法向分量 F_{TN} 和平行分量 F_{TP} 。图 5I 示出法向分量 F_{TN} 由清洁材料在该通道中的流动而引入到该晶片 (或基片) 的表面上以帮助从模片上的特征去除污染物 (或颗粒或缺陷), 以上面在图 4B-4D 中讨论的机制。该法向分量 F_{TN} 的大小受到该清洁头设计的影响, 包括通道的数量、通道的大小和该通道形状, 以及通道的角度 α , 还有清洁材料从 A 端流到 B 端引入的力 F_c 的大小。该清洁材料的属性和流率确定 F_c 的大小。

[0084] 具有分散清洁材料的清洁头的别的实施方式也是可以的。图 6A 示出按照本发明另一实施方式、具有分散清洁材料的通道 601 的清洁头 600 的俯视图。在该清洁头 600 下方, 基片 610 在垂直于该清洁头 600 的长度的方向 620 移动。这个实施方式中, 该通道 601 的长度平行于该清洁头 600 的长度。通道 601 也具有用于分散清洁材料至 B 端的 A 端。清洁材料从 A 端到 B 端的流动在该清洁头 600 下方的该基片 610 上引入剪切力 F_{C1} , 其在通道 601 中从 A 端到 B 端的方向, 如图 6B 所示。除了该剪切力 F_{C1} , 基片 610 的表面还受到另一剪切力 F_{w1} , 由该基片 610 和该清洁头 600 之间的相对移动产生。剪切力 F_{w1} 在与基片 610 的移动方向 620 相反的方向。图 6B 示出该两个彼此垂直的剪切力 F_{C1} 和 F_{w1} 。该清洁头 600 的设计相比清洁头 500 的设计能够提供更大的垂直于该晶片移动所引入的剪切力的剪切力。

[0085] 图 6C 示出按照本发明另一实施方式、具有分散清洁材料的通道 601' 和 602'' 的清洁头 600' 的俯视图。在该清洁头 600' 下方, 基片 610 在垂直于该清洁头 600 长度的方向 620 移动。这个实施方式中, 通道 601' 和 602'' 的长度与该清洁头 600' 的宽度 670 的线条有一定角度 α 。通道 601' 和 602'' 也有用于分散清洁材料到 B 端的 A 端。清洁材料从 A 端流到 B 端在下方的基片上引入剪切力 F_{C1} 和 F_{C2} , 在通道 601' 和 602'' 中 A 端到 B 端的方向, 如图 6C 所示。除了该剪切力 F_{C1} 和 F_{C2} , 该基片 610 的表面还受到另一剪切力 F_{w2} , 其由该基片 610 和该清洁头 600' 之间的相对移动产生。剪切力 F_{w2} 是在与基片 610 的移动方向 620 相反的方向。图 6C 示出基片 610 的上半部分 610_U 的表面受到两个剪切力 F_{C1} 和 F_{w2} , 而基片 610 的下半部分 610_L 受到两个剪切力 F_{C2} 和 F_{w2} 。通道 601' 和 602'' 的设计可能有益于移动该污染物至该基片 610 的外缘。

[0086] 图 6D 示出按照本发明又一实施方式、分散清洁材料的具有通道 601* 的清洁头 600* 的俯视图。该清洁头 600* 由臂 650 夹持。在该清洁头 600* 下方, 基片 610 在垂直于该清洁头 600* 长度的方向 620 移动。在这个实施方式中, 通道 601* 布置为螺旋形式, 开始于该清洁头 600* 的中心。通道 601* 也具有分散清洁材料至 B 端的 A 端、分散清洁材料至 D 端的 C 端和分散清洁材料至 F 端的 E 端。清洁材料的流动在下方的基片上形成螺旋剪切力 F_{CS} , 如图 6E 所示。该剪切力 F_{CS} 的方向和大小, 沿该清洁头 600* 变化。除了该剪切力 F_{CS} , 基片 610 的表面还受到另一剪切力 F_{w3} , 其由该基片 610 和该清洁头 600* 之间的相对移动产生。剪切力 F_{w3} 在基片 610 的移动方向 620 相反的方向。图 6E 示出该清洁头 600* 下方的基片 610 表面一部分上的剪切力 F_{CS} 和 F_{w3} 。 F_{w3} 施加在整个晶片 610 上。图 6D 中示出的清洁头设计在该晶片表面上施加螺旋剪切力要素, 并且可能有益于将该污染物和该清洁材料移向

该晶片的边缘。

[0087] 如上面所讨论的,用于不同产品(或器件)的晶片具有不同的特征图案。为了有效清洁不同类型的晶片,为不同的晶片图案选择不同的清洁头。图7示出具有若干清洁头701、702和703的晶片清洁室700,其具有不同的分散清洁材料的通道的设计。清洁头701、702和703分别由臂751、752和753保持在适当的位置。当晶片710设在室700待清洁时,该晶片710上的特征图案是已知的。晶片710在方向720下沿表面770移向该清洁头710、720和730。在一个实施方式中,该表面770在传送带760上。基于制造处理之前的研究,清洁头710具有最适于从该晶片表面去除污染物并且不会损伤该晶片表面上特征的通道。在一个实施方式中,晶片710设为沿表面770在特定方位移动以将该晶片上占主导地位的图案对准在预设的相对于该清洁头的角度。该晶片上的方位结构可以帮助定向。另外,晶片夹持器可用来确保在这个处理过程中保持该方位。

[0088] 图8示出从图案化晶片的表面清洁污染物的工艺流程800的实施方式。在步骤801,该图案化晶片由晶片夹持器稳定夹持。在一个实施方式中,该图案化晶片具有占主导地位的特征图案。在一个实施方式中,该图案化晶片由该晶片夹持器夹持在一定方向以将该占主导地位的图案与清洁头定向,用以从该图案化晶片的表面清洁污染物。在步骤802,该图案化晶片与该晶片夹持器设在该清洁头下方。该清洁头在面向该晶片的表面上具有若干通道。在一个实施方式中,每个通道具有两端。在另一实施方式中,该通道从该清洁头的表面凹下。在一个实施方式中,该清洁头选择为使得通道的设计最适于该图案化晶片。在步骤803,该图案化晶片与该晶片夹持器移向该清洁头。在步骤804,清洁材料从该清洁头分散到该清洁头下方的晶片表面以清洁该图案化晶片的表面。该清洁材料从每个通道的一端分散并流到每个通道的另一端。该清洁材料从分散端流到每个通道的另一端引入沿每个通道的轴的剪切力。该图案化晶片和该清洁头之间的相对移动在该清洁头下方的晶片表面上引入该清洁材料的剪切力。由该清洁材料引入的剪切力通过上面描述的机制提高该污染物去除效率(CRE)(或颗粒去除效率PRE)。

[0089] 尽管上面的讨论围绕从图案化晶片清洁污染物,但是该清洁设备和方法也可用来从未图案化晶片清洁污染物。另外,上面讨论的图案化晶片的示范性图案是突出线条,如多晶硅线或金属线条。然而,本发明的概念可用于形成占主导地位的图案的凹入的特征。例如,CMP之后的凹入过孔可在晶片上形成图案,最合适的通道设计可以是用来实现最佳的污染物去除效率。此外,该突出线条不必是直的线条。非直线特征,如L-形线条,也可形成占主导地位的图案。

[0090] 本发明的概念不仅是施加泡沫或乳剂形式的三态清洁材料,如上面的示范性实施方式所讨论的。本发明的概念可施加任何类型的清洁材料,其可以从清洁头分散并可当清洁材料在清洁头通道中移动时在晶片表面上施加剪切力。

[0091] 对于该晶片上不同类型的特征图案,清洁头的设计与该晶片上的图案匹配允许最大化污染物去除效率以及同时最小化由损坏的特征引入的缺陷,以实现最佳的清洁结果。

[0092] 尽管这里详细描述了本发明的几个实施方式,但是本领域技术人员应当理解,本发明可以实现为许多别的具体形式,而不背离本发明的主旨和范围。所以,当前的示例和实施方式应当认为是说明性而非限制性的,并且本发明不限于这里提供的细节,而是可在所附权利要求的范围内修改和实施。

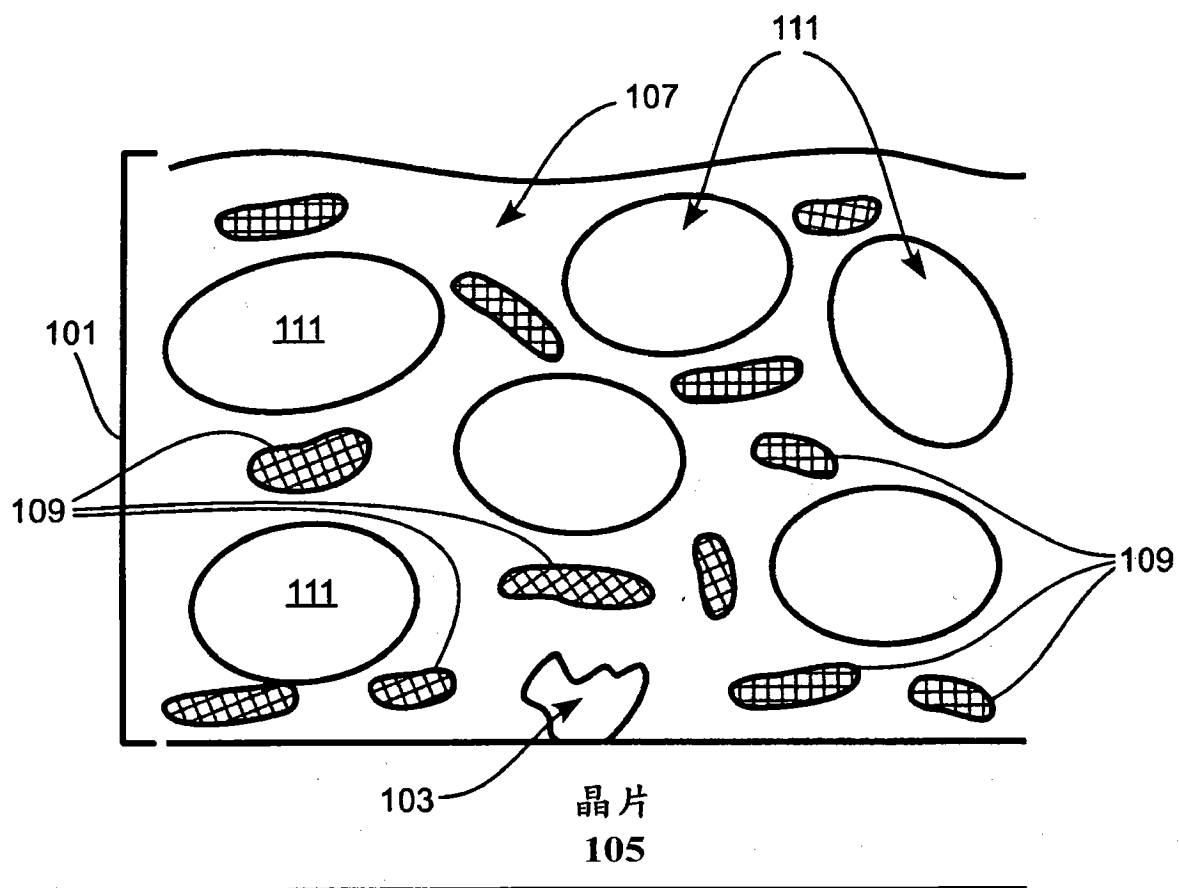


图 1

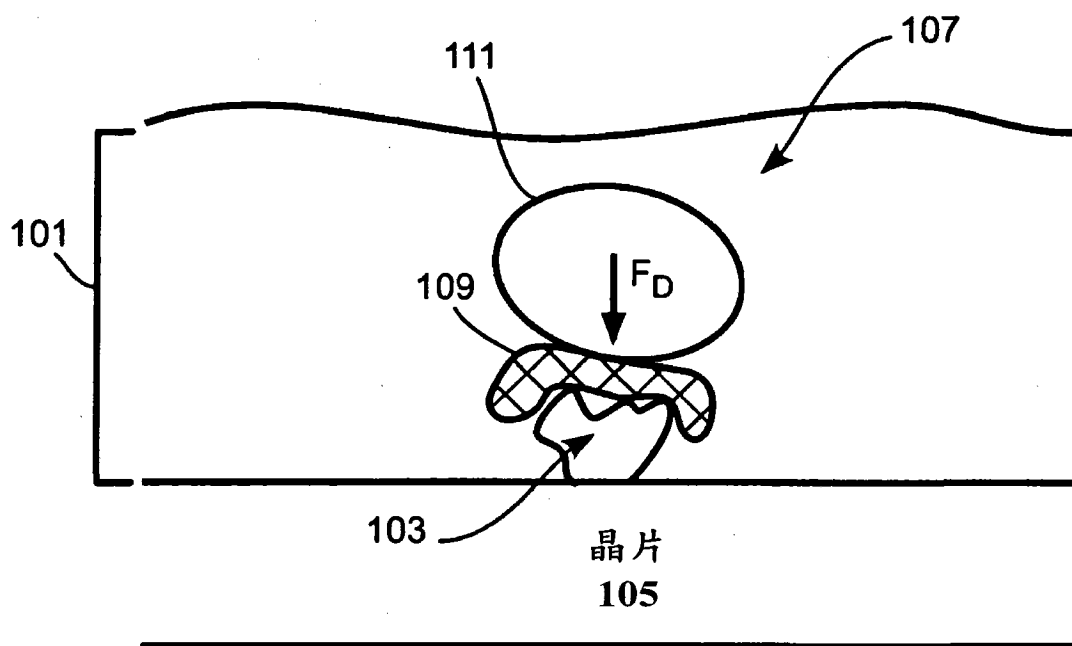


图 2A

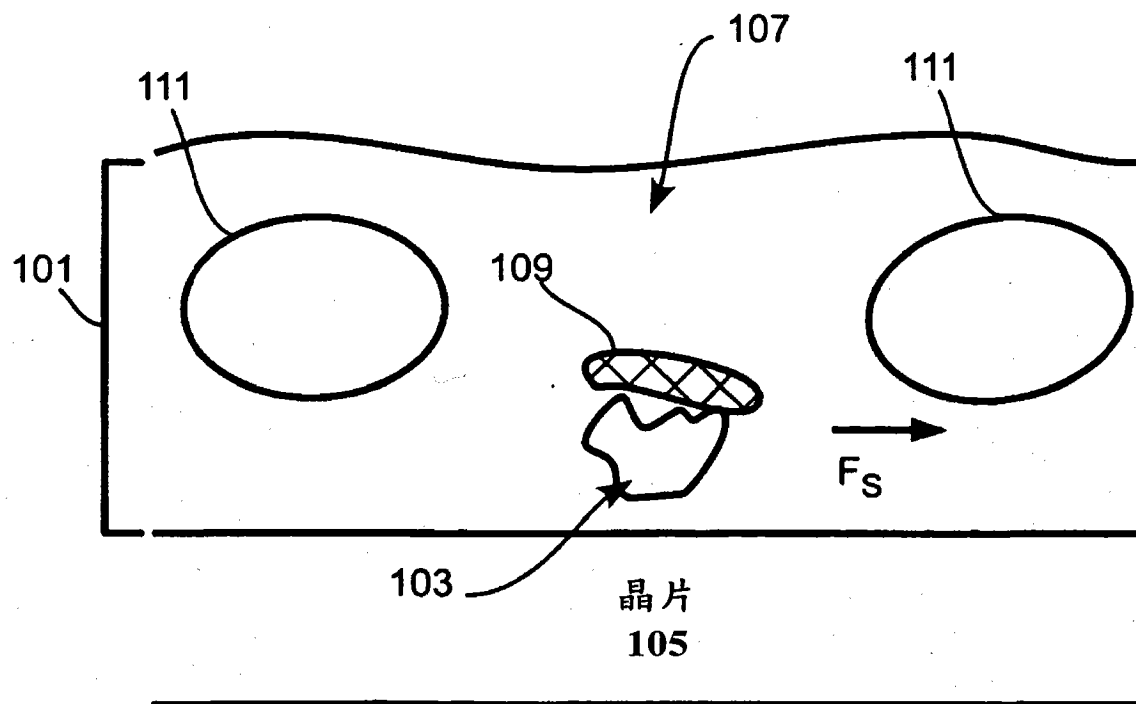


图 2B

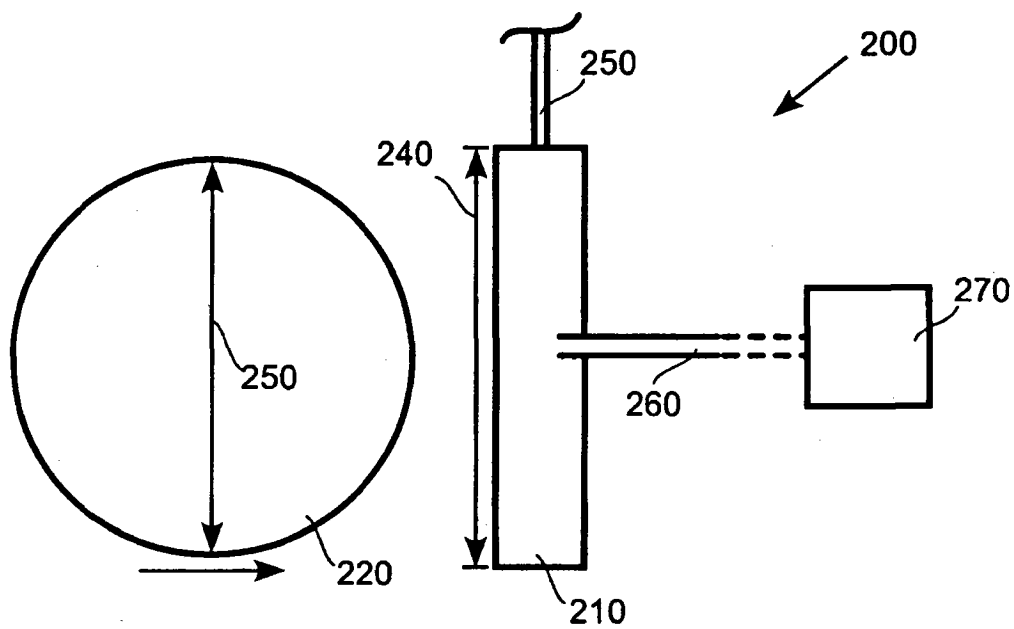


图 2C

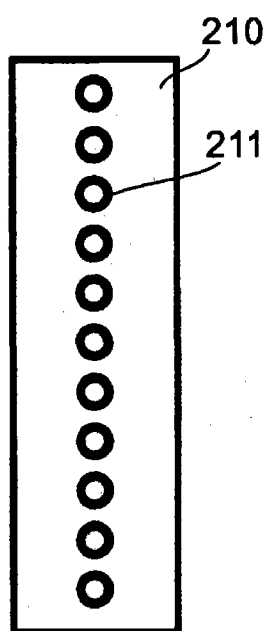


图 2D

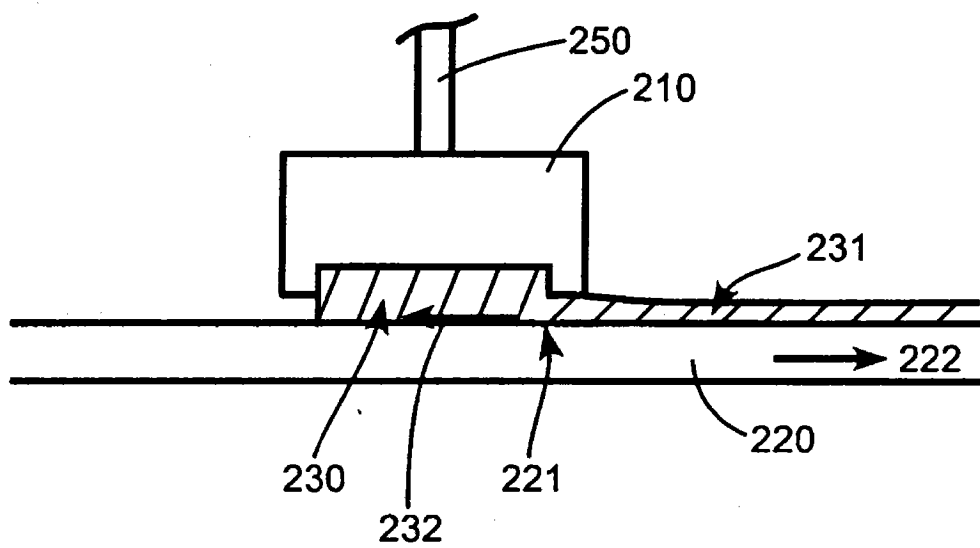


图 2E

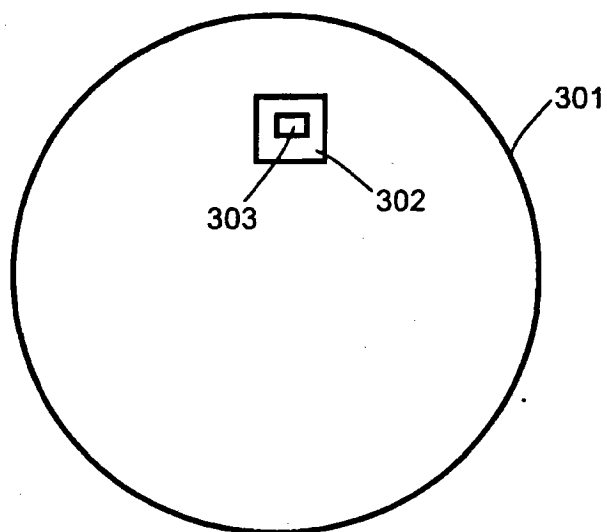


图 3A

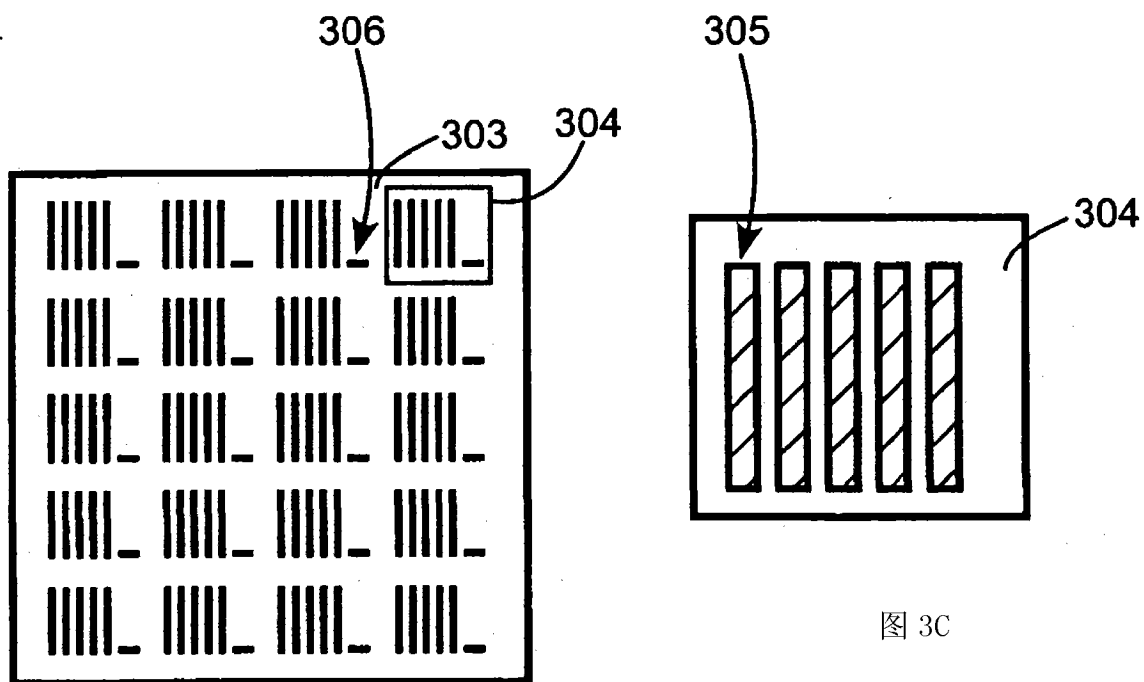


图 3B

图 3C

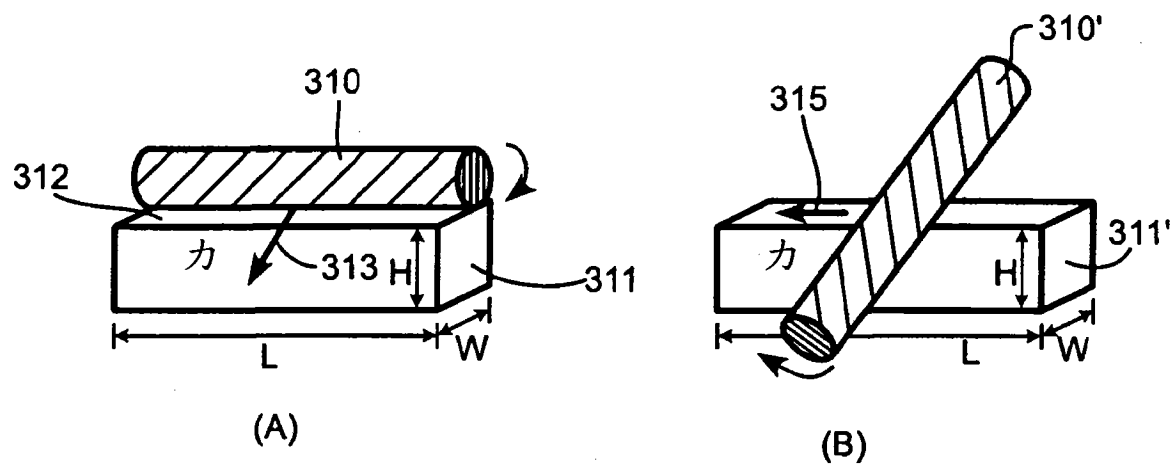


图 3D

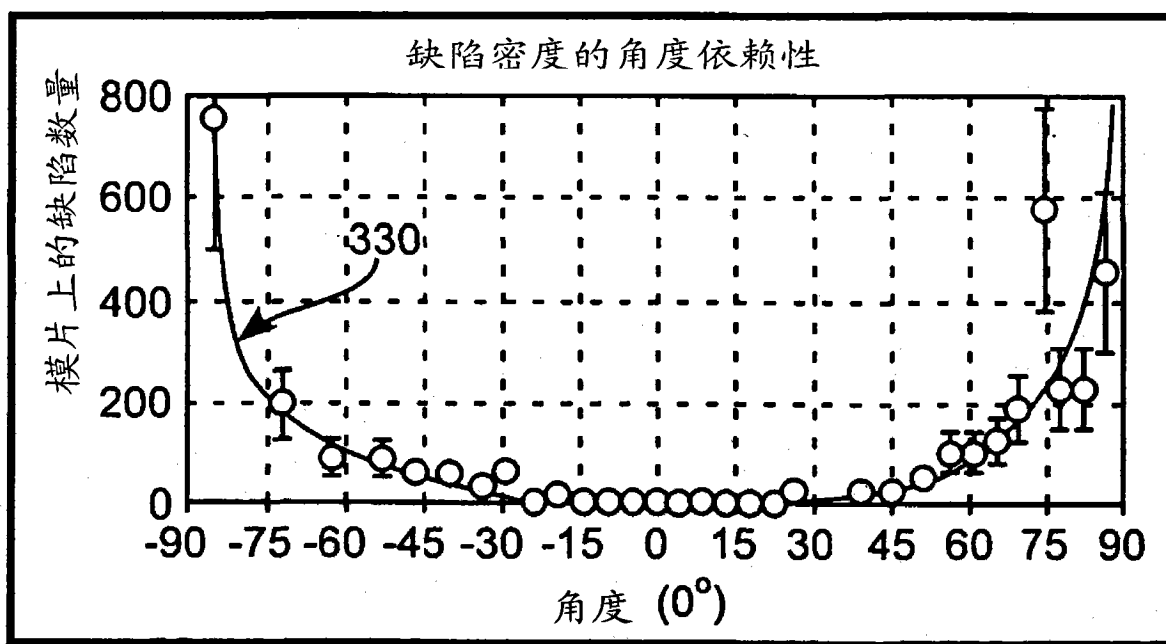


图 3E

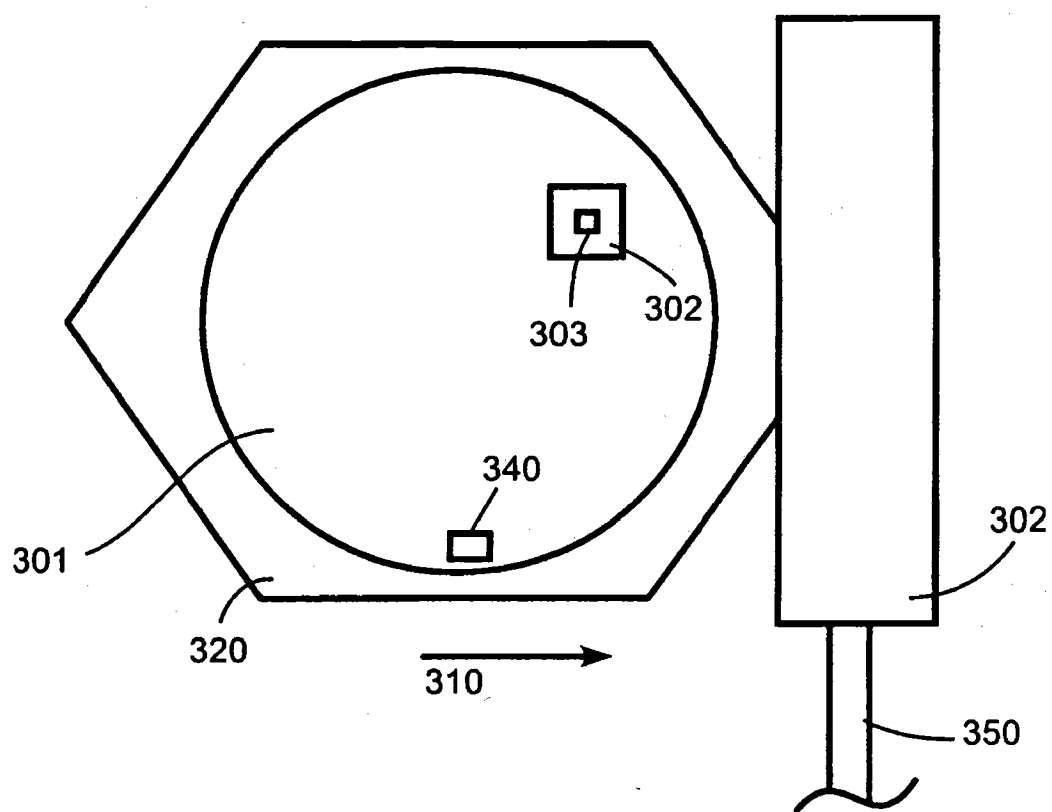


图 3F

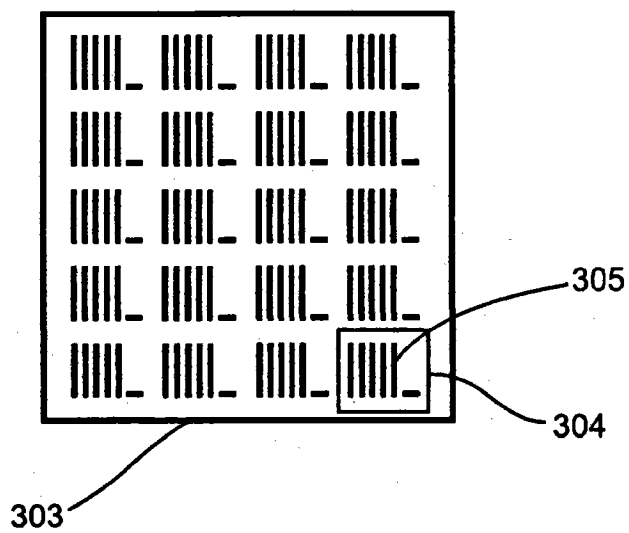


图 3G

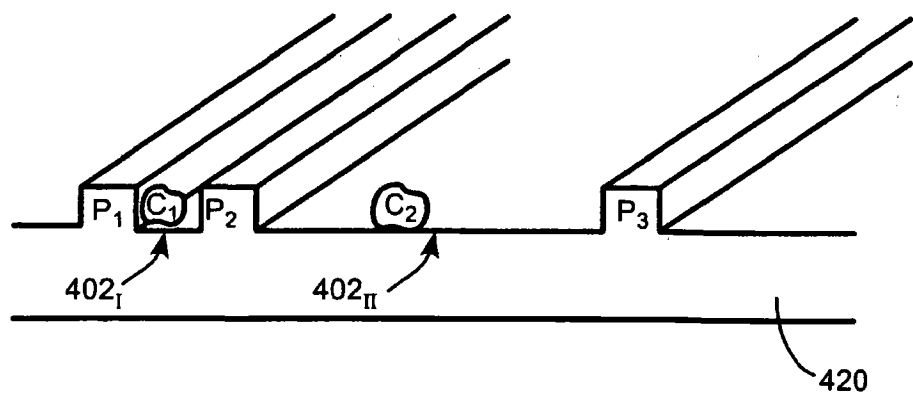


图 4A

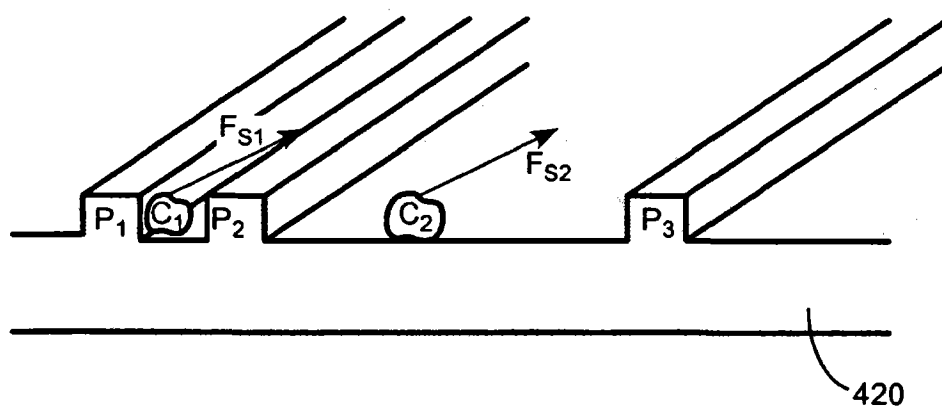


图 4B

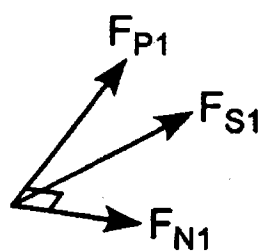


图 4C

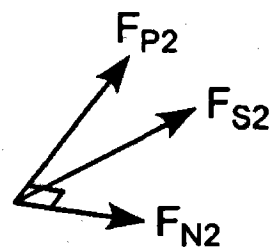


图 4D

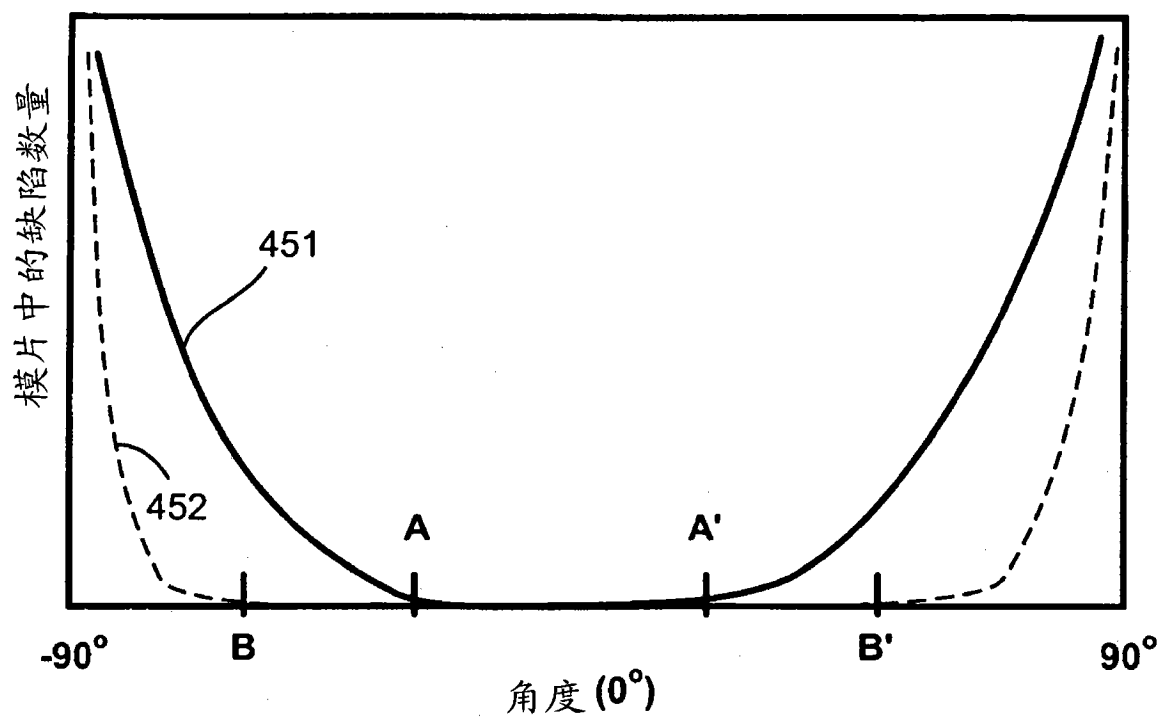


图 4E

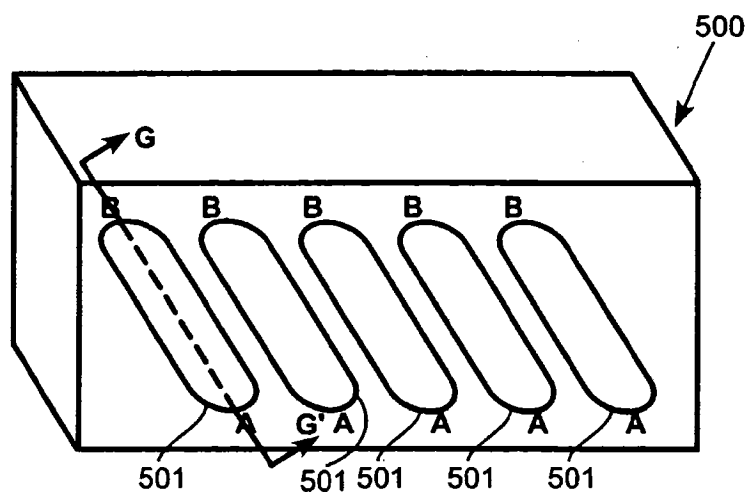


图 5A

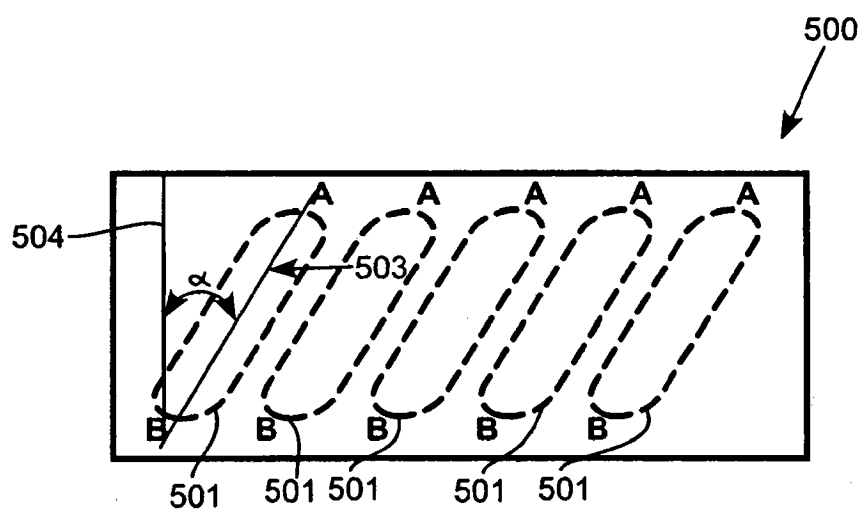


图 5B

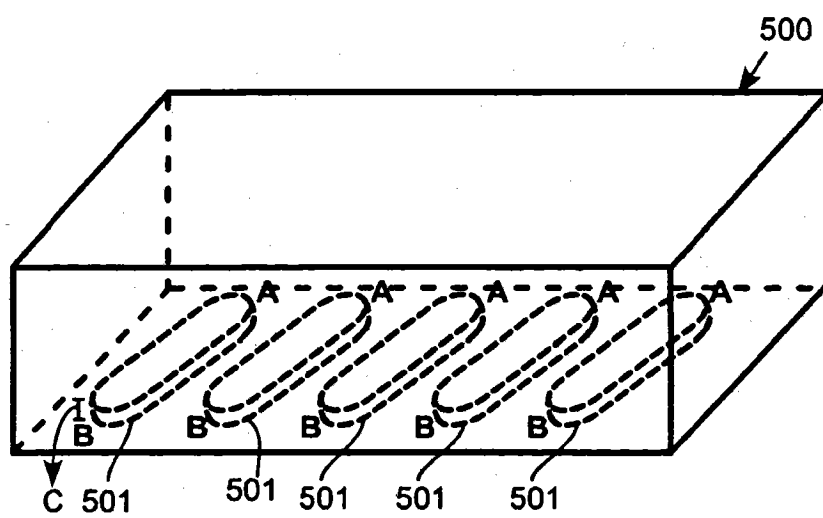


图 5C

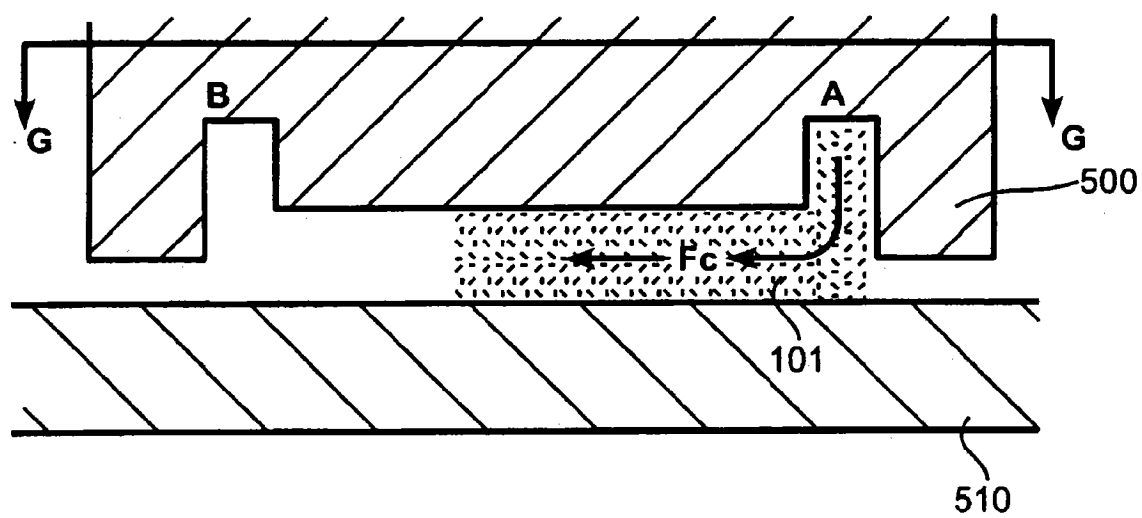


图 5D

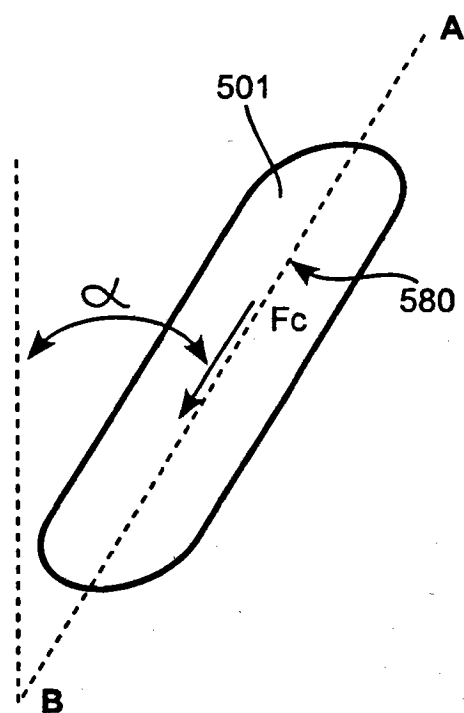


图 5E

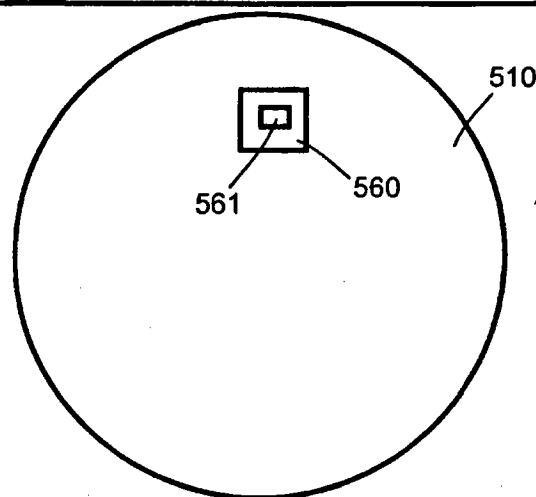
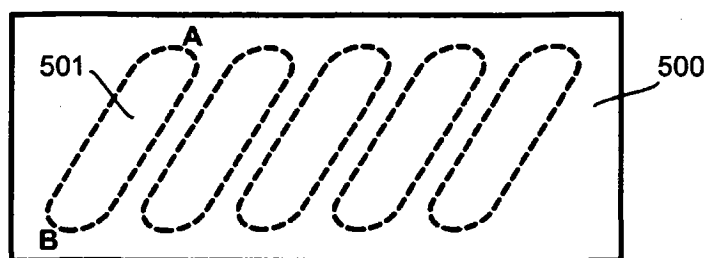


图 5F

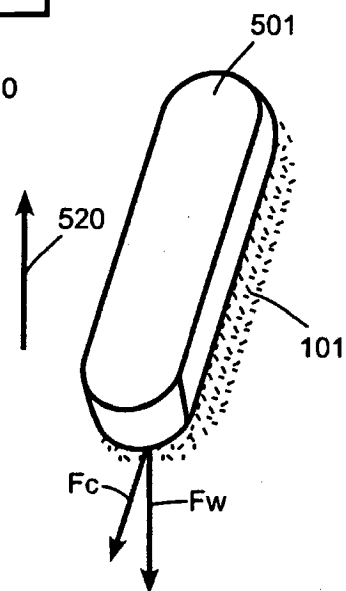


图 5G

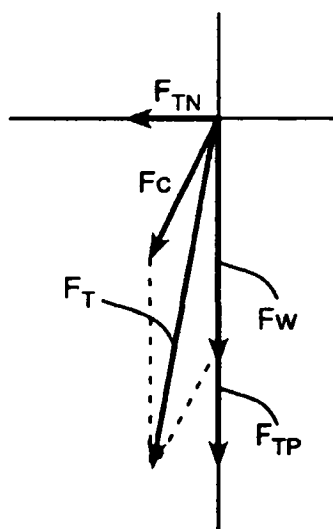


图 5H

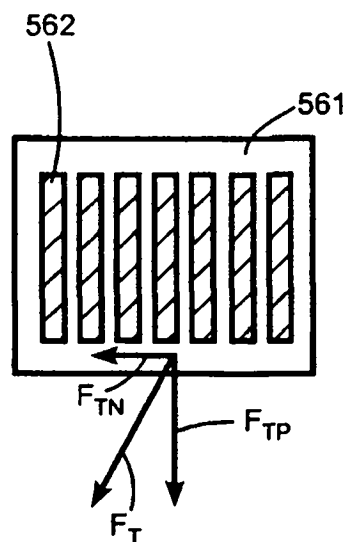


图 5I

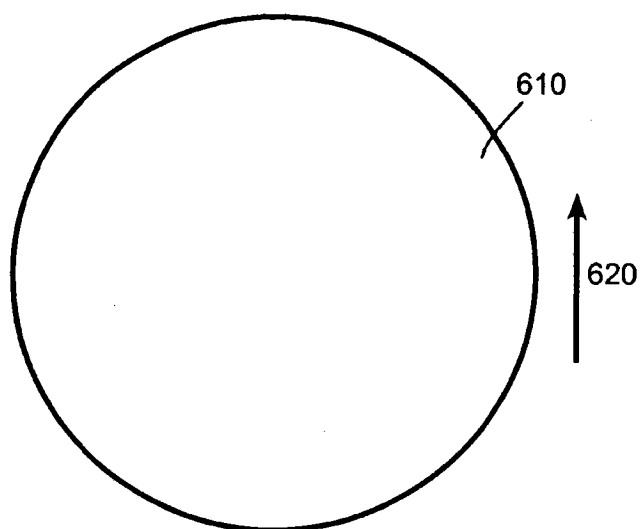
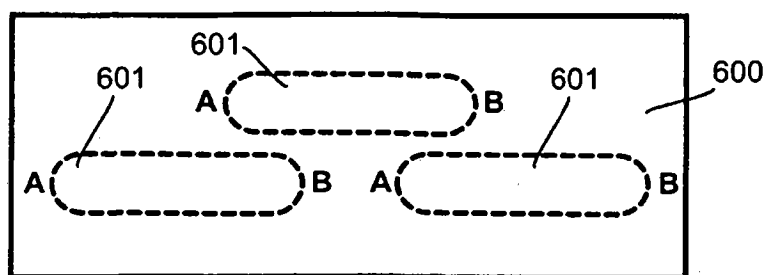


图 6A

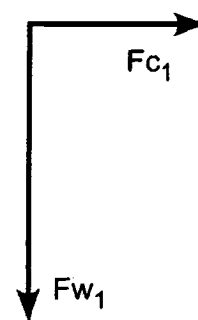


图 6B

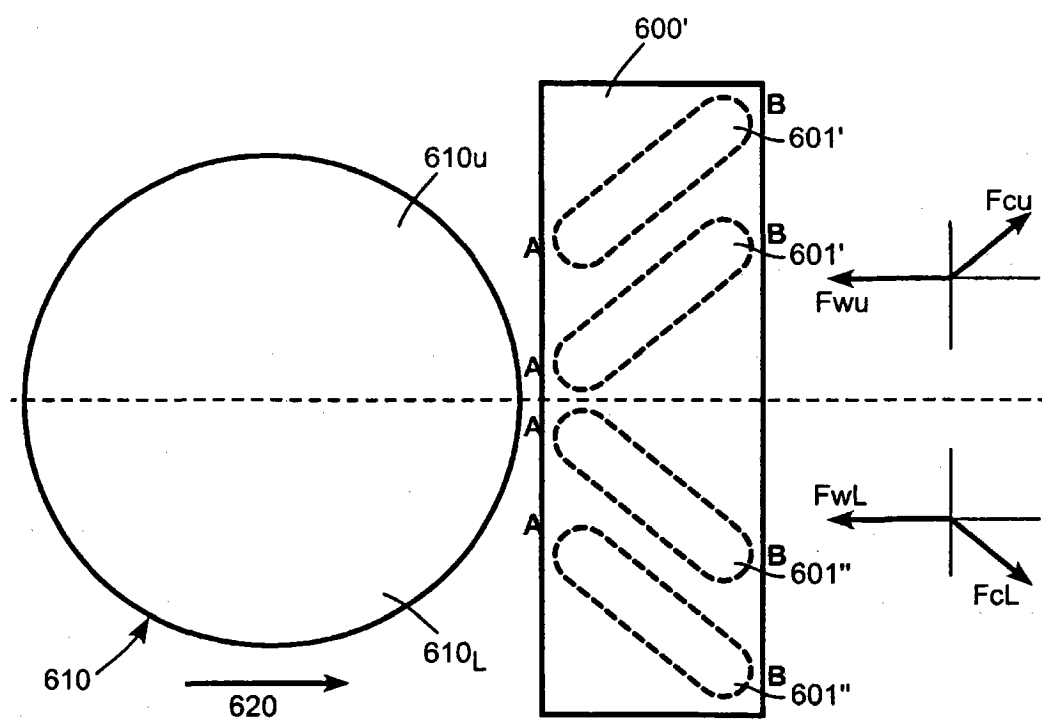


图 6C

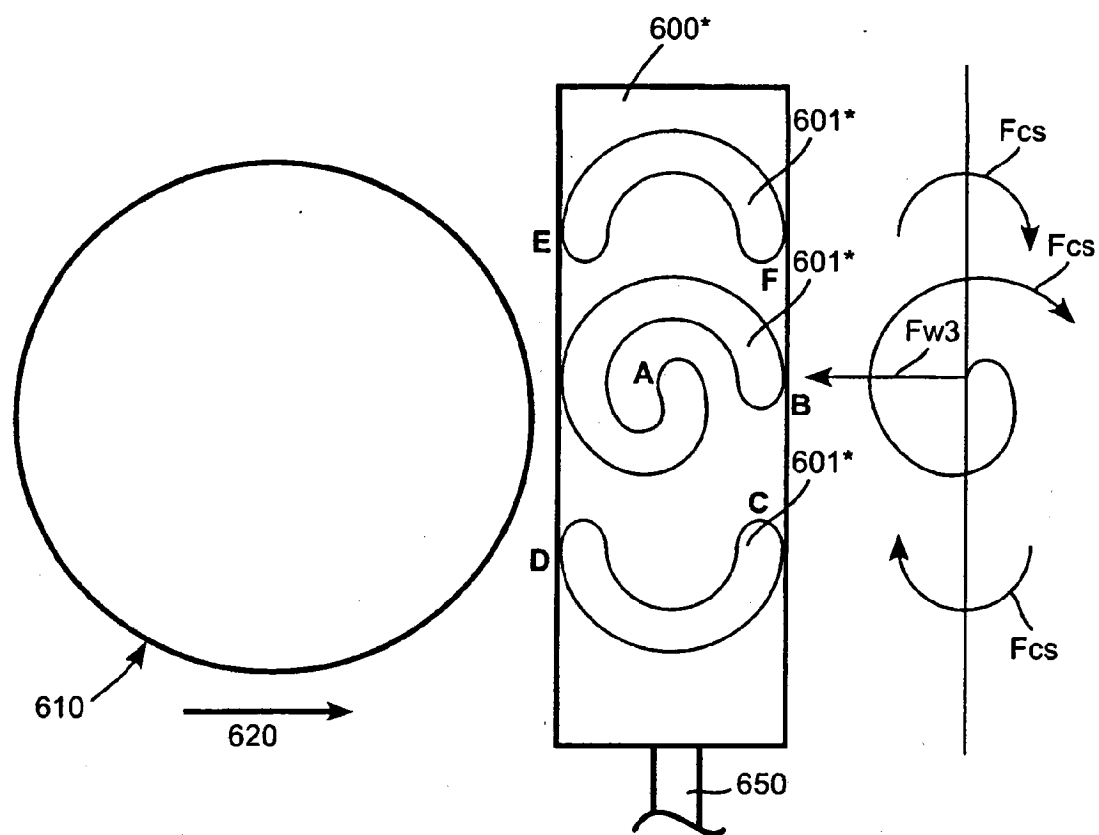


图 6D

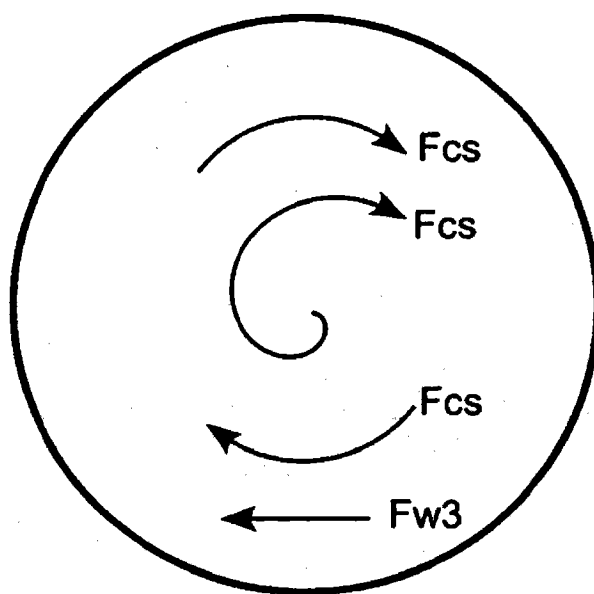


图 6E

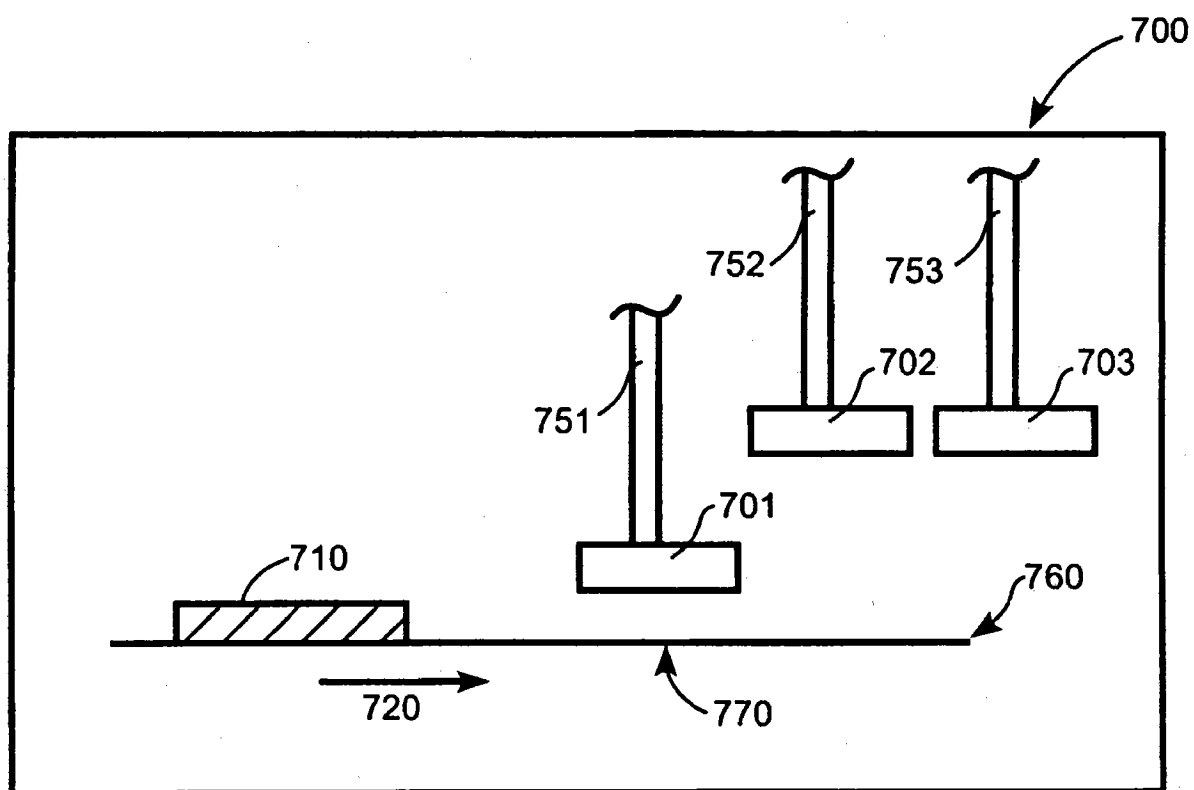


图 7

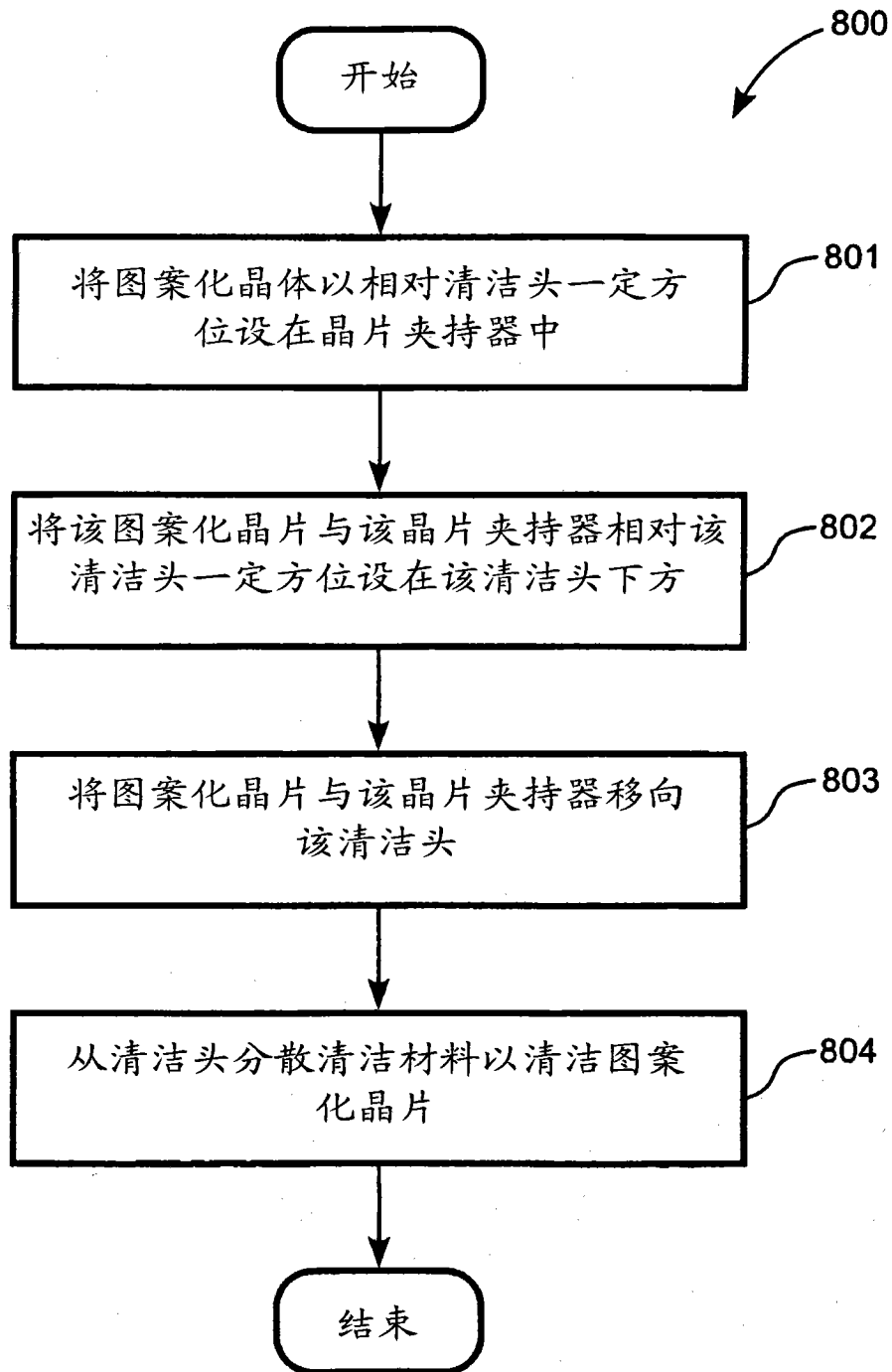


图 8