

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101573208 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 18

(21) 申请号 200780049109. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 12. 21

B23Q 15/007(2006. 01)

B23Q 15/013(2006. 01)

(30) 优先权数据

11/620, 093 2007. 01. 05 US

(56) 对比文件

US 2004/0061959 A1, 2004. 04. 01, 说明书第 25 段至第 52 段, 附图 1-14.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2009. 07. 02

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2007/088575 2007. 12. 21

审查员 王锋

(87) PCT 申请的公布数据

W02008/085704 EN 2008. 07. 17

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 马克·E·加迪纳

杰弗里·E·克莱门茨

马克·R·杜普雷

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 顾红霞 彭会

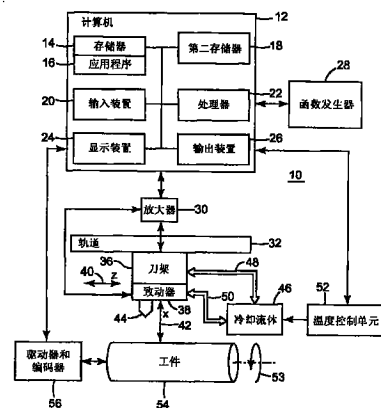
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 14 页

(54) 发明名称

在连续或断续快速刀具伺服机构中使用一个或多个具有衍射结构的机加工刀头的刀具

(57) 摘要

本发明公开一种刀具组件, 所述刀具组件具有能够沿待切削工件横向运动的刀架, 以及具有至少一个机加工刀头并且可具有其他刀头的致动器。所述致动器控制所述刀头沿 X 方向进入和离开所述工件的运动, 从而在所述工件中制造连续或不连续的衍射结构。所述机加工工件用来制造具有衍射结构的制品, 例如具有小透镜的光学膜。



1. 一种刀具组件,包括:

刀架;

致动器,所述致动器被构造为附接到所述刀架上并与控制器电通信;和

刀头,所述刀头具有至少一个衍射结构,所述刀头附接到所述致动器上并且被装配为相对于待切削的工件运动,所述致动器使所述刀头产生沿进入和离开所述工件的 X 方向的运动,

其中,在切削所述工件期间,所述刀头与所述工件不连续地接触,并且在切削所述工件期间中的至少一部分期间,所述刀头上的所述衍射结构与所述工件接触。

2. 根据权利要求 1 所述的刀具组件,其中所述刀头具有两个小面,所述两个小面中的每个小面上具有至少一个衍射结构。

3. 根据权利要求 1 所述的刀具组件,其中所述刀头具有两个小面和与所述两个小面毗连的基本上平坦的部分,所述平坦的部分上具有至少一个衍射结构。

4. 一种刀具组件,包括:

刀架;

致动器,所述致动器被构造为附接到所述刀架上并与控制器电通信;和

刀头,所述刀头具有至少一个衍射结构,所述刀头附接到所述致动器上并且被装配为相对于待切削的工件运动,所述致动器使所述刀头产生沿进入和离开所述工件的 X 方向的运动,

其中,在切削所述工件期间,所述刀头与所述工件连续地接触,并且在切削所述工件期间中的至少一部分期间,所述刀头上的所述衍射结构与所述工件接触。

5. 根据权利要求 4 所述的刀具组件,其中所述刀头中的所述衍射结构包括凹槽。

6. 根据权利要求 4 所述的刀具组件,其中所述刀头具有两个小面,所述两个小面中的每个小面上具有至少一个衍射结构。

7. 根据权利要求 4 所述的刀具组件,其中所述刀头具有两个小面和与所述两个小面毗连的基本上平坦的部分,所述平坦的部分上具有至少一个衍射结构。

8. 一种刀具组件,包括:

刀架;

致动器,所述致动器被构造为附接到所述刀架上并与控制器电通信;和

刀头,所述刀头具有至少一个衍射结构,所述刀头附接到所述致动器上并且被装配为相对于待切削的工件运动,所述致动器使所述刀头在切削所述工件期间产生在以下方向中的至少一个方向上的运动:进入和离开所述工件的 X 方向、在所述工件中时横向地沿着所述工件的 Z 方向、在所述工件中时横过所述工件的 Y 方向,或围绕平行于所述 Y 方向的轴线进入所述工件的旋转方向,其中在切削所述工件期间的至少一部分期间,所述刀头上的所述衍射结构与所述工件接触。

在连续或断续快速刀具伺服机构中使用一个或多个具有衍射结构的机加工刀头的刀具

背景技术

[0001] 加工技术可用于制造诸如微复制工具之类的多种工件。微复制工具常用于挤出工艺、注塑成型工艺、压花工艺、浇铸工艺等，以制造微复制型结构。所述微复制型结构可包括光学膜、研磨膜、粘合剂膜、具有自配合外形的机械紧固件，或具有尺寸相对较小（例如尺寸小于约 1000 微米）的微复制型结构的任何模制或挤出部件。

[0002] 所述微结构也可采用多种其他方法制成。例如，可通过浇铸和固化工艺将母模工具的结构从母模工具转移到诸如聚合物带材或坯料之类的其他介质上，形成生产工具；然后使用这一生产工具制造微复制型结构。可使用例如电铸之类的其他方法复制该母模工具。制造导光膜的另一备选方法是直接切削或加工透明材料，以形成适当的所述结构。其他技术包括化学蚀刻、喷砂处理或其他随机表面改性技术。

发明内容

[0003] 符合本发明的第一刀具组件包括刀架和致动器，该致动器被构造为用于附接到刀架以及用于与控制器电通信。具有至少一个衍射结构的刀头被附接到致动器并且被装配为相对于待切削的工件运动，并且致动器会使刀头形成在 X 方向进入和离开工件的运动。在切削工件期间，刀头与工件不连续地接触，并且在切削工件期间的至少一部分期间，刀头上的衍射结构与工件接触。

[0004] 符合本发明的第二刀具组件包括刀架和致动器，该致动器被构造为用于附接到刀架以及用于与控制器电通信。具有至少一个衍射结构的刀头被附接到致动器并且被装配为相对于待切削工件运动，并且致动器会使刀头形成在 X 方向进入和离开工件的运动。在切削工件期间，刀头与工件连续地接触，并且在切削工件期间的至少一部分期间，刀头上的衍射结构与工件接触。

[0005] 作为另外一种选择，第一和第二组件可包括被布置为彼此紧邻并且同时切削工件的多个刀头。多个刀头可各自任选地具有至少一个衍射结构。

附图说明

[0006] 附图包含在本说明书中并构成本说明书的一部分，并且它们结合具体实施方式阐明本发明的优点和原理。在附图中，

[0007] 图 1 为用于在工件中形成微结构的刀具系统的示意图；

[0008] 图 2 为示出用于刀具的坐标系的示意图；

[0009] 图 3 为用于刀具的示例性 PZT 叠堆的示意图；

[0010] 图 4A 为刀头座的透视图；

[0011] 图 4B 为用于固定刀头的刀头座的前视图；

[0012] 图 4C 为刀头座的侧视图；

[0013] 图 4D 为刀头座的俯视图；

- [0014] 图 5A 为刀头的透视图；
- [0015] 图 5B 为刀头的前视图；
- [0016] 图 5C 为刀头的仰视图；
- [0017] 图 5D 为刀头的侧视图；
- [0018] 图 6A 为断续切削 FTS 致动器的俯视剖面图；
- [0019] 图 6B 为示出致动器中 PZT 叠堆位置的前视剖面图；
- [0020] 图 6C 为致动器的前视图；
- [0021] 图 6D 为致动器的后视图；
- [0022] 图 6E 为致动器的俯视图；
- [0023] 图 6F 和 6G 为致动器的侧视图；
- [0024] 图 6H 为致动器的透视图；
- [0025] 图 7A 为示出断续切削的示意图,进入工件的入锥角基本上等同离开工件的出锥角；
- [0026] 图 7B 为示出断续切削的示意图,进入工件的入锥角小于离开工件的出锥角；
- [0027] 图 7C 为示出断续切削的示意图,进入工件的入锥角大于离开工件的出锥角；
- [0028] 图 8 为概念性地示出可使用具有断续切削 FTS 致动器的刀具系统制造的微结构的示意图；
- [0029] 图 9A 为机加工刀头的透视图；
- [0030] 图 9B 为机加工刀头的前视图；
- [0031] 图 9C 为机加工刀头的仰视图；
- [0032] 图 9D 为机加工刀头的侧视图；
- [0033] 图 10A 为具有机加工和非机加工刀头的多头工具的侧视图；
- [0034] 图 10B 为具有多个机加工刀头的多头工具的侧视图；
- [0035] 图 11A 和 11B 分别为概念性地示出微结构的侧视图和透视图,该微结构可以使用具有 FTS 致动器的刀具系统制造,该 FTS 致动器具有至少一个机加工刀头。
- [0036] 图 12A 和 12B 分别为概念性地示出微结构的侧视图和透视图,该微结构可使用具有断续切削 FTS 致动器的刀具系统制造,该 FTS 致动器具有至少一个机加工刀头。
- [0037] 图 13 为在两个小面上均具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0038] 图 14 为在一个小面上具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0039] 图 15 为具有采用台阶式高度变化的衍射结构的刀头的侧视图；
- [0040] 图 16 为沿着 90° 小面侧面具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0041] 图 17 为沿着平坦刀头具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0042] 图 18 为沿着弯曲刀头具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0043] 图 19 为具有形成为台阶式衍射结构的刀头的侧视图；
- [0044] 图 20 为具有透镜状衍射结构的刀头的侧视图；
- [0045] 图 21 为沿着弯曲小面具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0046] 图 22 为沿着多个线性小面具有衍射结构的刀头的侧视图；
- [0047] 图 23A 为离子铣削前的刀头的侧视图；
- [0048] 图 23B 为图 23A 中的刀头使用离子铣削在刀头的相同平面内形成衍射结构后的侧

视图；

[0049] 图 24A 为离子铣削前的刀头的侧视图；并且

[0050] 图 24B 为图 24A 中的刀头使用离子铣削在刀头的不同平面内形成衍射结构后的侧视图。

具体实施方式

[0051] 刀具系统

[0052] 在已公开的 PCT 专利申请 WO 00/48037 中描述了常规金刚石车削技术，该专利申请以引用的方式并入本文，如同对其作了完全阐述一样。在这些方法中使用的和用于制成光学膜或其他膜的装置可包括快速伺服机构工具。如 WO 00/48037 中所公开的，快速刀具伺服机构 (FTS) 是被称为固态压电 (PZT) 叠堆的 PZT 装置，PZT 叠堆快速调整附接到该 PZT 叠堆的刀具的位置。如下面详细描述的，FTS 使刀具可在坐标系内的各个方向做高精度和高速运动。

[0053] 图 1 为用于在工件中制造微结构的刀具系统 10 的示意图。微结构可包括位于制品表面上的、凹入制品表面的或从制品表面凸起的任何类型、形状以及尺寸的结构。例如，使用本说明书描述的所述致动器和系统制造的微结构可具有 1000 微米节距、100 微米节距、1 微米节距乃至约 200 纳米 (nm) 的亚光学波长节距。作为另外一种选择，在其他实施例中，微结构的节距可大于 1000 微米，这与其切削方法无关。提供这些尺寸仅出于示例性目的，使用本说明书描述的致动器和系统制造的微结构可具有使用系统可加工范围内的任何尺寸。

[0054] 利用计算机 12 控制系统 10。计算机 12 包括 (例如) 下列元件：存储一个或多个应用程序 16 的存储器 14；提供非易失性信息存储的二级存储器 18；接收信息或命令的输入装置 20；运行存储在存储器 14 或二级存储器 18 内或从另一个源接收的应用程序的处理器 22；输出视频显示信息的显示装置 24；以及诸如用于音频信息的扬声器或用于信息硬拷贝的打印机之类的以其他形式输出信息的输出装置 26。

[0055] 利用刀头 44 对工件 54 执行切削加工。使用驱动器和编码器 56 (例如由计算机 12 控制的电动机) 转动工件 54 时，致动器 38 控制刀头 44 的运动。在该实例中，工件 54 呈卷筒形式；然而，它也可以为平面状。可使用任何可加工的材料；例如，可使用由铝、镍、铜、黄铜、钢、或塑料 (例如，丙烯酸类树脂) 制成的工件。例如，使用的具体材料可取决于所需的具体应用，例如使用已加工的工件制成的各种膜。致动器 38 和下文所述的致动器可由 (例如) 不锈钢或其他材料制成。

[0056] 致动器 38 可拆卸地连接到刀架 36 上，刀架又被安装到轨道 32 上。刀架 36 和致动器 38 被构造在轨道 32 上，以沿箭头 40 和 42 所示的 X 方向和 Z 方向运动。计算机 12 经由一个或多个放大器 30 与刀架 36 和致动器 38 电连接。当用作控制器时，计算机 12 控制刀架 36 在轨道 32 上的运动并通过致动器 38 控制刀头 44 的运动，以便加工工件 54。如果致动器具有多个 PZT 叠堆，它就可使用分开的放大器独立地控制每个 PZT 叠堆，所述 PZT 叠堆用于独立地控制附接到其上的刀头的运动。如下面进一步说明的，计算机 12 可利用函数发生器 28 向致动器 38 提供波形，以便在工件 54 中加工各种微结构。

[0057] 通过不同元件的协调运动完成工件 54 的加工。具体地讲，在计算机 12 的控制下，该系统可以通过刀架 36 的运动协调并控制致动器 38 的运动，同时协调并控制工件在 C 方

向 53 的运动以及刀头 44 在 X 方向、Y 方向和 Z 方向中的一个或多个方向的运动,这些坐标将在下面说明。系统通常使刀架 36 在 z 方向做匀速运动,但也可以使用变速运动。刀架 36 和刀头 44 的运动通常与工件 54 在 C 方向的运动(如由线条 53 表示的旋转运动)同步。可以利用例如在计算机 12 的软件、硬件或其组合中执行的数字控制技术或数字控制器(NC)控制所有这些运动。

[0058] 工件的切削可包括连续的和间断的切削运动。对于卷筒形式的工件,切削可包括环绕或围绕卷筒的螺旋型切削(有时称为螺纹切削)或单个圆切削。对于平面形式的工件,切削可包括在工件上的或围绕工件的螺旋式切削或单个圆切削。还可采用 X 切削,这种切削涉及接近直线的切削形式,其中金刚石刀头可横向进出工件,但刀架的整体运动是直线的。切削也可包括这些运动类型的组合。

[0059] 工件 54 经过加工后,可用于制成在多种用途中使用的具有相应微结构的膜。这些膜的实例包括光学膜、摩擦控制膜以及微型紧固件或其他机械微结构化元件。通常使用涂层工艺制成膜,在涂层工艺中,将粘稠状态的聚合物材料涂布在工件上,使其至少部分固化,然后将其移除。已固化的聚合物材料通常形成膜的基本上透明的基底,该膜将具有相对于工件中的那些结构而言基本上相反的结构。例如,工件中的凹进导致所得膜中的凸起。工件 54 经过加工后,还可用于制造具有与刀具中的分立元件或微结构相对应的分立元件或微结构的其他制品。

[0060] 通过管路 48 和 50 利用冷却液 46 控制刀架 36 和致动器 38 的温度。温度控制单元 52 可以使冷却液在循环经过刀架 36 和致动器 38 的同时保持基本恒定的温度。温度控制单元 52 可以是用于控制流体温度的任何装置。冷却液可以是油产品,例如低粘度油。温度控制单元 52 和冷却液贮存器 46 可包括使流体循环经过刀架 36 和致动器 38 的泵,并且还通常包括使流体散热的冷却系统以使流体保持基本恒定的温度。使流体循环并提供流体温度控制的冷却和泵系统在本领域是已知的。在某些实施例中,为使要在工件中加工的材料保持基本恒定的表面温度,也可将冷却液用于工件 54。

[0061] 图 2 为示出了刀具(例如系统 10)坐标系的示意图。该坐标系示出了刀头 62 相对于工件 64 的运动。刀头 62 可与刀头 44 相对应,并且通常被附接到(与致动器附接的)刀头座 60 上。在该示例性实施例中,坐标系包括 X 方向 66、Y 方向 68 和 Z 方向 70。X 方向 66 是指沿基本上垂直于工件 64 的方向的运动。Y 方向 68 是指沿横过工件 64 的方向的运动,例如沿着基本上垂直于工件 64 的旋转轴线的方向的运动。Z 方向 70 是指在横向地沿着工件 64 的方向上的运动,例如在基本上平行于工件 64 的旋转轴线的方向上的运动。工件的旋转称为 C 方向,如在图 1 和图 2 中用箭头 53 表示的方向。如果工件不是卷筒形式,而是平面形式的,那么 Y 方向和 Z 方向就是指沿基本上垂直于 X 方向的方向横过工件的互相正交方向上的运动。平面形式的工件可包括(例如)由平面材料制成的转盘或任何其他构造。

[0062] 系统 10 可用于高精度的高速加工。这一类型的加工必须考虑多种参数,例如元件和工件材料的协调速度。通常必须(例如)与工件材料的热稳定性和特性一起考虑给定体积的待加工金属的比能量。有关加工的切削参数在下面的参考文献中有所描述,这些参考文献均以引用方式并入本文,如同对其作了完全阐述一样: Machining Data Handbook, Library of Congress Catalog Card No. 66-60051, Second Edition(1972)

(《加工数据手册》,1972年第二版,美国国会图书馆,目录卡号 66-60051);Edward Trent and Paul Wright, Metal Cutting, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-7069-X(2000)(《金属切削》,Edward Trent 和 Paul Wright,2000年第四版, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-7069-X);Zhang Jin-Hua, Theory and Technique of Precision Cutting, Pergamon Press, ISBN 0-08-035891-8(1991)(《精密切削的理论与技术》,Zhang Jin-Hua,培格曼出版公司,ISBN0-08-035891-8(1991));以及 M. K. Krueger et al., New Technology in Metalworking Fluids and Grinding Wheels Achieves Tenfold Improvement in Grinding Performance, Coolant/Lubricants for Metal Cutting and Grinding Conference, Chicago, Illinois, U. S. A., June 7, 2000(《金属加工液新技术和磨轮在磨削性能方面获得十倍改善 - 金属切削和磨削使用的冷却剂 / 润滑剂公会》, M. K. Krueger 等人,美国伊利诺斯州芝加哥,2000年6月7日)。

[0063] PZT 叠堆、刀头座和刀头

[0064] 图3为用于刀具的示例性PZT叠堆72的示意图。PZT叠堆用于使其与其相连的刀头运动并根据PZT效应运行,这是本领域已知的。根据PZT效应,施加到某些类型材料的电场会使这些材料沿一条轴线伸展,并且沿另一条轴线收缩。PZT叠堆通常包括包封在壳体84内并装配在基板86上的多个材料74、76和78。在该示例性实施例中,材料是易受PZT效应影响的陶瓷材料。仅以示例性目的示出三个盘状物74、76和78,但也可以根据(例如)具体实施例的要求使用任何数目的盘状物或其它材料,以及任何类型的形状的材料。柱88附着在盘状物上,并从壳体84中伸出。可以采用任何PZT材料制造盘状物,例如混合的、压制的、作为基部的和烧结的钛酸钡、锆酸铅或钛酸铅材料,以及以所列材料为基体的材料。也可采用(例如)磁致伸缩材料制造盘状物。

[0065] 如线条80和82所示的盘状物74、76和78的电连接件为这些盘状物提供电场,以使柱88运动。由于PZT效应并且基于所施加的电场类型,可以使柱88完成精确而细微的运动,例如在几微米内的运动。另外,可以将具有柱88的PZT叠堆72的端部紧靠一个或多个贝氏垫圈装配,所述垫圈为PZT叠堆提供预加负荷。贝氏垫圈具有一定的柔韧性,以使得柱88和与其附接的刀头可以运动。

[0066] 图4A-4D为示例性刀头座90的视图,如下文所述,所述刀头座将装配到PZT叠堆的柱88上,以便由致动器进行控制。图4A为刀头座90的透视图。图4B为刀头座90的前视图。图4C为刀头座90的侧视图。图4D为刀头座90的俯视图。

[0067] 如图4A-4D所示,刀头座90包括平面的后表面92、楔形的前表面94和具有倾斜或楔形侧面的凸出表面98。孔96用于将刀头座90装配到PZT叠堆的柱上。楔形表面98将用于装配加工工件的刀头。在该示例性实施例中,刀头座90包括平面表面,从而在装配到PZT叠堆上时,通过提供更大的接触表面积而增强其装配稳定性,并且刀头座包括楔形前表面,从而减少其质量。可利用粘合剂、硬钎焊、软钎焊、紧固件(例如螺栓)或其他方法将刀头座90装配在PZT叠堆的柱88上。

[0068] 可以根据(例如)具体实施例的要求使用其他构造的刀头座。术语“刀头座”旨在包括用于固定加工工件的刀头的任何类型的结构。刀头座90可采用(例如)下列一种或多种材料制造:烧结的碳化物、氮化硅、碳化硅、钢、钛、金刚石、或人造金刚石材料。优选地采用刚性轻质材料制造刀头座90。

[0069] 图 5A-5D 为示例性刀头 100 的视图, (例如) 将通过使用粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其它方法将所述刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上。图 5A 为刀头 100 的透视图。图 5B 为刀头 100 的前视图。图 5C 为刀头 100 的仰视图。图 5D 为刀头 100 的侧视图。如图 5A-5D 所示, 刀头 100 包括侧面 104、楔形和倾斜的前表面 106 和用于将刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上的底面 102。在致动器的控制下, 利用刀头 100 的前部 105 加工工件。刀头 100 可采用 (例如) 金刚石块制成。

[0070] 断续切削 FTS 致动器

[0071] 在切削期间, 可利用断续切削 FTS 致动器使刀头与工件不连续地接触, 从而形成不相邻的微结构, 以制造小型微结构。这些结构可用来制造薄膜光导、微流体结构、分段粘合剂、磨料制品、光学扩散片、高对比度光学屏幕、光偏转薄膜、抗反射结构、光混合结构和装饰薄膜。

[0072] 致动器可以具有其它优点。例如, 制造小到肉眼不可见的结构。例如, 这类结构减少了对液晶显示器中用于隐藏光提取结构的扩散片的需要。另一个优点是可制成线形或圆形的光提取结构。例如, 线形的光提取结构可与常规的冷阴极荧光灯 (CCFL) 光源结合使用。圆形的光提取结构可以形成在中心点位于通常放置 LED 的位置处的圆弧上。另一个优点涉及编程和结构布局, 其中所有结构均无需如同连续的凹槽一样地沿单根线布置。可通过布置沿着结构的间距、与结构正交的间距以及深度, 来确定性地调整光提取结构的面密度。此外, 可优选地通过选择切削面的角度或半角来形成光提取角度。

[0073] 例如, 这些结构的深度可以在 0 至 35 微米的范围内, 并且更典型地在 0 至 15 微米的范围内。对于卷筒形式的工件, 利用工件围绕 C 轴旋转的每分钟转数 (RPM)、FTS 的响应时间以及输入 FTS 的波形来控制任何单个结构的长度。例如, 可将结构长度控制在 1 至 200 微米。对于螺旋型切削, 也可以将与凹槽正交的间距 (节距) 编程为 1 至 1000 微米。如下面所示, 制造这些结构的刀头将锥入 (taper-in) 和锥出 (taper-out) 材料, 由此形成结构, 结构的形状由 RPM、FTS 的响应时间和输入 FTS 的波形、心轴编码器的分辨率和金刚石刀头的间隙角 (例如, 最大值为 45 度) 控制。间隙角可包括刀头的刀面角。结构可具有多种三维形状, 如对称形、非对称形、大致半球形、棱柱形、以及半椭球形。

[0074] 图 6A-6H 为用于实现断续切削微复制系统和工艺的示例性致动器 110 的视图。术语“致动器”指使得刀头基本上在 X 方向运动以加工工件的任何类型的致动器或其它装置。图 6A 为致动器 110 的俯视剖面图。图 6B 为示出 PZT 叠堆在致动器 110 中的位置的前剖视图。图 6C 为致动器 110 的前视图。图 6D 为致动器 110 的后视图。图 6E 为致动器 110 的俯视图。图 6F 和 6G 为致动器 110 的侧视图。图 6H 为致动器 110 的透视图。为了清楚起见, 图 6C-6H 中去掉了致动器 110 的一些细节。

[0075] 如图 6A-6H 所示, 致动器 110 包括能够固定 X 方向 PZT 叠堆 118 的主体 112。将 PZT 叠堆 118 附接到装有刀头 135 的刀头座 136 上, 以使刀头在如箭头 138 所示的 X 方向运动。PZT 叠堆 118 可以是如图 3 所示的示例性 PZT 叠堆 72。刀头座 136 和位于刀头座 136 上的刀头 135 可以采用如图 4A-4D 所示的刀头座和如图 5A-5D 所示的刀头。主体 112 还包括两个小孔 114 和 115, 这两个小孔用于利用例如螺栓将主体可拆卸地装配到刀架 36 上, 从而在计算机 12 控制下加工工件 54。

[0076] PZT 叠堆 118 牢固地装配在主体 112 上, 以得到精确控制刀头 135 运动所需的稳

定性。在该实例中,刀头 135 上的金刚石是相对于竖直面偏移 45 度的金刚石,但可以使用其他类型的金刚石。例如,刀头可为 V 型的(对称或非对称)、圆头的、扁平的或曲面刀具。由于不连续的(非相邻的)结构是在金刚石车削机上切削出来的,因此它们可为线形或圆形的。此外,由于结构不连续,因此它们甚至不需要沿单条线或单个圆圈布置。它们可伪随机地散布。

[0077] 通过诸如导轨 120 和 122 之类的导轨将 PZT 叠堆 118 固定在主体 112 中。可优选地通过沿导轨滑动 PZT 叠堆 118 的方法从主体 112 取出 PZT 叠堆 118,并且可以利用螺栓或其他紧固件将 PZT 叠堆 118 在主体 112 中固定就位。PZT 叠堆 118 包括用于接收来自计算机 12 的信号的电连接件 130。PZT 叠堆 118 的端盖包括口 128,该口用于接收来自贮存器 46 的冷却流体(例如油),使冷却流体围绕 PZT 叠堆循环并通过口 132 将冷却流体输送回贮存器 46,以保持对 PZT 叠堆的温度控制。主体 112 可包括用于引导冷却流体流经 PZT 叠堆 118 周围的合适的通道,并且可以利用温度控制单元 52 内的泵或其他装置使冷却流体循环。

[0078] 图 6B 为前剖视图,示出了 PZT 叠堆 118 在主体 112 中的位置,其中未示出 PZT 叠堆 118 的端盖。主体 112 的每个孔内均可包括用于将 PZT 叠堆牢固地固定就位的多根导轨。例如,导轨 120、122、142 和 144 包围 PZT 叠堆 118,以便在将 PZT 叠堆 118 装配在主体 112 中时将 PZT 叠堆 118 牢固地固定就位。附接到 PZT 叠堆 118 上的端盖可容纳螺栓或其它紧固件,以将 PZT 叠堆固定到导轨 120、122、142 和 144 中的一根或多根上,并且端盖还可将 PZT 叠堆 118 密封在主体 112 中,以使冷却流体围绕 PZT 叠堆 118 循环。PZT 叠堆 118 可包括位于 PZT 叠堆 118 与刀头座 136 之间的用于为 PZT 叠堆预加负荷的一个或多个贝氏垫圈。

[0079] 图 7A-7C 示出了使用上文所述的示例性致动器和系统对工件进行断续切削加工。具体地讲,图 7A-7C 示出了使用可变的刀头入锥角(taper-in angle)和出锥角(taper-out angle),并且可使用(例如)上文确定的参数控制这些角。图 7A-7C 分别示出了在利用不同的入锥角和出锥角切削工件之前和之后的工件的实例。用 $\lambda_{\text{入}}$ 表示入锥角,并且用 $\lambda_{\text{出}}$ 表示出锥角。术语入锥角和出锥角分别表示加工期间刀头进入工件和离开工件的角度。刀头移动通过工件时,入锥角和出锥角无需与刀头的角度相对应;相反,它们是指刀头接触和离开工件的角度。在图 7A-7C 中,刀头和工件可以使用(例如)上述的系统 and 元件来实现。

[0080] 图 7A 为示出断续切削 150 的示意图,其中进入工件 153 的入锥角基本上等于离开工件 153 的出锥角。如图 7A 所示,刀头 151 进入工件 153 的入锥角 152 基本上等于出锥角 154($\lambda_{\text{入}} \approx \lambda_{\text{出}}$)。刀头 151 进入工件 153 的持续时间决定了所得微结构的长度 L(156)。在使用基本上相等的入锥角和出锥角的情况下,通过利用刀头从工件中移除材料可形成基本上对称的微结构 158。可重复此过程以制造其他微结构,例如以距离 D(162) 分开的微结构 160。

[0081] 图 7B 为示出断续切削的示意图,其中进入工件 167 的入锥角小于离开工件 167 的出锥角。如图 7B 所示,刀头 165 进入工件 167 的入锥角 166 小于出锥角 168($\lambda_{\text{入}} < \lambda_{\text{出}}$)。刀头 165 在工件 167 内的停留时间决定了所得微结构的长度 170。使用小于出锥角的入锥角,通过利用刀头从工件中移除材料可形成非对称的微结构,例如微结构 172。可重复此过程制造其他微结构,例如以距离 176 分开的微结构 174。

[0082] 图 7C 为示出断续切削的示意图,其中进入工件 181 的入锥角大于离开工件 181 的出锥角。如图 7C 所示,刀头 179 进入工件 181 的入锥角 180 大于出锥角 182 ($\lambda_{入} > \lambda_{出}$)。刀头 179 在工件 181 内的停留时间决定了所得微结构的长度 184。使用大于出锥角的入锥角,通过利用刀头从工件中移除材料可形成非对称的微结构,例如微结构 186。可重复此过程制造其他微结构,例如以距离 190 分开的微结构 188。

[0083] 在图 7A-7C 中,用于表示入锥角和出锥角 (152、154、166、168、180、182) 的虚线旨在概念性地示出刀头进入和离开工件的角度实例。切削工件时,刀头可以以任何具体类型的路径运动,例如以直线路径、弯曲路径、包括直线运动和弯曲运动的组合路径、或由具体函数限定的路径运动。可选择刀头的路径以优化诸如完成工件切削的总时间的切削参数。

[0084] 图 8 为概念性地示出可通过以下方法制造的膜中微结构的示意图:使用具有断续切削 FTS 致动器的刀具系统制造机加工工件,然后使用此工件制造结构化薄膜。如图 8 所示,制品 200 包括顶面 202 和底面 204。顶面 202 包括断续切削的凸起微结构,例如结构 206、208 和 210,这些微结构的制造方法可为:使用上文的致动器和系统加工工件,然后使用此工件利用涂层技术制造薄膜或制品。在该实例中,每个微结构都具有长度 L,顺序切削的微结构以距离 D 分开,相邻的微结构以节距 P 分开。采用这些参数的实例见上文。

[0085] 机加工刀头

[0086] 图 9A-9D 为示例性机加工刀头 220 的视图,(例如)通过使用粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其他方法将该刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上。图 9A 为刀头 220 的透视图。图 9B 为刀头 220 的前视图。图 9C 为刀头 220 的仰视图。图 9D 为刀头 220 的侧视图。如图 9A-9D 所示,刀头 220 包括侧面 224、楔形和倾斜的前表面 226 以及用于将刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上的底面 222。例如通过使用上述系统,在致动器的控制下使用刀头 220 的前部 225 加工工件。刀头 220 是机加工的,因为其在前面部 225 上还具有微结构(例如,凹槽)221 和 223,并且微结构 221 和 223 也用于加工工件。机加工刀头中的微结构可具有上文确定的那些示例性形状和尺寸中的一种或多种。

[0087] 刀头 220 可采用例如金刚石块制成。可优选地通过离子铣削法制造微结构 221 和 223 以及机加工刀头上的其他微结构。制造刀头上的微结构的其他技术包括微放电加工、磨削、研磨、烧蚀或其他方法,以在刀头中产生刻痕或结构。作为另外一种选择,可以用常规方式研磨金刚石,并且将其精确地结合在一起,以制造具有微结构化结构的宏观工具组件。刀头的每个侧面上仅示出一个微结构只是为了进行示意性的说明;刀头可具有任意数量的微结构,以及微结构的任意形状、尺寸和构造。作为凹陷微结构的另外一种选择,机加工刀头可具有凸出微结构、或凹陷微结构和凸出微结构的组合。

[0088] 可在刀头座(例如刀头座 90)上装配一个以上的刀头,以加工工件。在这些实施例中,多个刀头加工工件,从而在工件中基本上同时地制造出多个微结构,例如,平行的微结构化凹槽或其他结构。图 10A 为具有机加工刀头和非机加工刀头的示例性多刀头工具 230 的侧视图。术语“非机加工”刀头是指一旦通过机加工制成,就不再经受另外的机加工(将用来制造刀头中的微结构)的刀头。多刀头工具 230 包括非机加工刀头 234 和具有微结构 238 的机加工刀头 236。刀头 234 和刀头 236 装配在诸如刀头座 90 的表面 98 的基座 232 上,并且可使用(例如)粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其他方法装配。刀头 234 和 236 之间的距离 240 确定了使用多刀头工具 230 加工的相应微结构的节距,其中微结构与刀头 236 对

应,刀头 236 具有在其内加工出的其他微结构。

[0089] 图 10B 为具有多个机加工刀头的多刀头工具 242 的侧视图。多刀头工具 242 包括具有微结构 248 的机加工刀头 246 和具有微结构 252 的另一个机加工刀头 250。刀头 246 和 250 装配在诸如刀头座 90 的表面 98 的基座 244 上,并且可使用(例如)粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其他方法装配。刀头 246 和 250 之间的距离 254 确定了使用多刀头工具 242 加工的相应微结构的节距,其中微结构与刀头 246 和 250 对应,刀头 246 和 250 中的每一个分别具有在其内加工出的、对应于微结构 248 和 252 的其他微结构。

[0090] 在图 10A 和 10B 中,仅示出两个刀头只是为了进行示意性的说明;多刀头工具可具有任意数量的刀头。多个刀头在加工时可以具有相同或不同的微结构,并且这些各个微结构可以具有上文所确定的那些示例性形状和尺寸中的一种或多种。多刀头工具中刀头之间的距离(节距 240 和 254)可以包括 1000 微米节距、100 微米节距、1 微米节距乃至约 200 纳米(nm)的亚光学波长节距。作为另外一种选择,在其他实施例中,多刀头工具中刀头之间的节距可以大于 1000 微米。在具有两个以上刀头的多刀头工具中,相邻刀头之间的节距可以相同或不同。提供这些尺寸仅出于示例性目的,使用本说明书描述的所述致动器和系统制造的微结构可具有使用所述系统可加工范围内的任何尺寸。

[0091] 如上所述,可以使用任何机加工刀头或多刀头工具加工工件 54,并且机加工工件可用于制造膜。例如,可以使用上述系统和工艺以连续切削或断续切削的方式对工件进行机加工。图 11A 和 11B 分别为概念性地示出微结构的侧视图和透视图,微结构可以使用具有 FTS 致动器的刀具系统制造,所述 FTS 致动器具有至少一个机加工刀头。如图 11A 和图 11B 所示,工件 260 具有连续机加工的微结构 262(例如,凹槽),微结构 262 中具有机加工微结构 263 和微结构 264(例如,脊),这些机加工微结构由相应机加工刀头中的微结构形成。

[0092] 图 12A 和 12B 分别为概念性地示出微结构的侧视图和透视图,所述微结构可以使用具有断续切削 FTS 致动器的刀具系统制造,所述 FTS 致动器具有至少一个机加工刀头。如图 12A 和 12B 所示,工件 270 具有不连续(断续切削的)机加工微结构 272(例如,不与其他机加工结构邻接的结构),微结构中具有机加工微结构 273 和微结构 274(例如,脊),这些机加工微结构由相应机加工刀头中的微结构形成。如上所述以及如图 7A-7C 所示,使用一个或多个机加工刀头的断续切削可改变刀头进入和离开工件的出锥角和入锥角。

[0093] 如上所述,然后可将工件 260 和工件 270 用于涂层技术中,以制造具有与工件 260 和工件 270 的微结构相对应的相反微结构的膜或其他制品。

[0094] 具有衍射结构的机加工刀头

[0095] 图 13-22 为具有衍射结构的示例性机加工刀头的视图,并且将(例如)通过使用粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其他方法将这些刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上。图 23A、23B、24A 和 24B 为示出制造刀头以在其中形成衍射结构的方法的示意图。图 13-22 中的刀头上示出的结构未按比例示出。相反,图 13-22 中示出的刀头旨在示出提供衍射的结构形状和构造的实例,并且这些结构可具有任意的尺寸和间距,其取决于(例如)结构所需的衍射的量。除衍射结构外,图 13-22 中示出的刀头可具有(例如)与刀头 100 相同的常规形状和构造,该刀头 100 具有两个小面、前表面 106,可任选地具有楔形前部 105。

[0096] 在一些实施例中,衍射结构是指膜或制品中引起光衍射的结构,或指当用于制造膜或制品时在膜或制品中形成衍射结构的工具中的结构。如上所述,具有衍射结构的膜或

制品由具有对应衍射结构的机加工工具制成。可调节衍射结构以在由机加工工具制成的膜或制品中获得所需的衍射量。具体地讲,衍射结构的尺寸和形状以及衍射结构之间的间距,可设计用于获得具体应用所需的光衍射的量和程度。例如,随着结构之间间距的减小,结构引起光衍射增加。因此,结构间隔的越远,引起的衍射越少,而结构间隔的越近,引起的衍射越多。在某些实施例中,例如,诸如凹槽之类的衍射结构的间隔可在 10 微米、5 微米、1 微米内,或在接近光的特定波长的距离内。在一个实施例中,衍射结构包括具有基本上为三角形横截面形状并且其间距为 650nm 的多个结构。例如,一个实施例包括 28 个此类结构,各结构以大约 650nm 间隔开。

[0097] 在其他实施例中,衍射结构是指具有在某些范围内或逼近该范围的尺寸的结构,该范围描述用于光学应用以及用于非光学应用的膜或制品(例如疏水性、微流体毛细管作用、摩擦控制膜、微型紧固件或其他机械微结构化元件)。

[0098] 在某些实施例中,本说明书中所描述的由机加工工具制成的膜将具有特定的标记,该标记表示该膜由此类工具制成。具体地讲,在一些实施例中,多刀头工具(如工具 230 和 242)用于对工具(工件 54)周围的一条或多条通道进行连续切削。当工具上的刀头通过工具基部(如基部 232 和 244)而保持恒定分开的距离时,由工具上的刀头制造的衍射结构或凹槽之间的距离(如距离 240 和 254)基本上为恒定的。通过线性马达在 Z 方向上以近似恒定的速度沿着工件的表面移动工具。然而,速度不是完全恒定的,这是因为,由于伺服系统中的噪声,线性马达偶尔会以稍大于标称速度的速度略微地向后或向前移动工具。这些速度变化导致凹槽之间距离的偶尔变化。一个具体应用中的典型变化为大约正或负 0.2 微米。重复地使刀头以恒定的距离对准此前已切削的相邻结构是很困难的,并且在很多应用中也不需要。由以这种方式切削的工具制成的膜将由此具有重复的衍射结构或凹槽组,该衍射结构或凹槽具有与多刀头工具上的刀头之间的距离(如距离 240 和 254)相对应的基本上恒定的距离,并且该膜将具有衍射结构或凹槽的组与组之间无规重复变化的距离,该距离是由工具在 Z 方向上速度的小变化引起的。

[0099] 图 13-22、23A、23B、24A 和 24B 中示出的工具可由(例如)金刚石块制成。刀头上的衍射结构可优选通过离子铣削制成。制造刀头上的衍射结构的其他技术包括微放电加工、磨削、研磨、烧蚀或其他方法,以在刀头中产生刻痕或结构。作为另外一种选择,可以用常规方式研磨金刚石,并且将其精确地结合在一起,以制造具有衍射结构的宏观工具。作为凹陷衍射结构的另外一种选择,机加工刀头可具有凸出衍射结构或凹陷衍射结构与凸出衍射结构的组合。

[0100] 可以使用图 13-22、23B 和 24B 中示出的示例性刀头中的任何一种来加工工件 54,并且机加工工件可用于制造如上所述的膜。可使用(例如)上述系统和方法以连续切削或断续切削的方式加工工件,以将衍射结构加工进工件。然后,机加工工件或工具可用于制造如上所述具有对应衍射结构的膜。可将这些膜制造为具有独特的衍射和折射光焦度。增强膜中这些独特的衍射和折射光学形式的示例性目的是为将光移出中心视区提供更多的选择,与只是在工具的刀头上指定半径范围相比更为灵活。

[0101] 如上所述,可使用离子铣削的金刚石通过横向进给或螺纹切削获得母模工具。横向进给和螺纹切削在美国专利 No. 7, 140, 812 和 No. 6, 707, 611 中有所描述,这些专利以引用的方式并入本文。在由用这些刀头加工的母模工具制成的膜中,结构无需存在于膜的每

一个凹槽中。例如,多头螺纹或横向进给切削可用于插入用常规金刚石和离子铣削金刚石切削的凹槽。离子铣削衍射结构可存在于典型的对称棱镜角(例如 90°)的两个小面中的仅一个小面上。这种类型的刀头允许对亮度分布进行更好的光学调节。离子铣削衍射结构有利于在诸如 BEF 之类的光学膜中获得更平滑的切断或亮度分布。当使用多刀头时,离子铣削结构还可有利于减少光学膜的切削时间。

[0102] 图 13 为两小面上具有衍射结构 302 和 304 的刀头 300 的侧视图。在该实例中,衍射结构 302 和 304 呈 V 形凹槽或凹口状。衍射结构之间的光栅间距 303 可为常数或使其改变以产生有价值或益处的不同特性。例如,通过改变光栅间距,技术人员可以使对应的光学膜中的发散分布较光栅间距恒定时更为平缓。该间距还有助于波长相关性以及改善颜色效果。离子铣削光栅的形状无需为 V 形,但通常应避免负的出模角。光栅凹槽或凹口的宽度和深度将通常小于一微米但也可以大于一微米。有很多形状可用来形成凹口或凹槽。对于可见光应用而言,光栅凹槽之间的距离 303 将通常在 0.5 微米至 10 微米的间距范围内,但也可以采用其他范围以满足设计目标。

[0103] 使用本设计制造的金刚石工具,其衍射结构 302 和 304 相隔(距离 303)5 微米,并且每个衍射结构在整个凹槽上的宽度为 1 微米。在这种情况下,衍射凹槽被示出为为离开折射区的光提供受控散射,最大程度地传播在膜样品中以大约 31° 角切断的光。该膜的衍射结构被示出为使用测角计进行光度测量以平稳地增强亮度分布。亮度分布可通过增大光栅间距和减少凹槽或结构的数量进行调节。作为另外一种选择,还可通过减小光栅间距和增加凹槽或结构的数量对分布进行细微调节。

[0104] 下述图 14-22 中离子铣削金刚石形式的实例示出用于调节亮度分布的其他实施例。

[0105] 图 14 为在一个小面上具有衍射结构 308 而在另一个小面 310 上没有结构的刀头 306 的侧视图。衍射结构 308 可包括 V 形凹槽或凹口并具有恒定或可变的光栅间距。

[0106] 图 15 为具有使用台阶式高度变化 313 的衍射结构 314 的刀头 312 的侧视图,该台阶式高度变化 313 在结构中可为恒定的或变化的。

[0107] 图 16 为沿着 90° (318)小面两侧 317 和 319 具有衍射结构 320 和 322 的刀头 316 的侧视图。为适用于设计或按照要求,衍射结构 320 和 322 可靠近刀头或靠近谷(远离刀头)。而且,衍射结构 320 和 322 可沿着 90° 小面壁随意布置。

[0108] 图 17 为沿着平坦刀头 325 具有衍射结构 324 的刀头 323 的侧视图。在一个实例中,刀头上这种类型的衍射结构构造由 10 微米宽(325)且具有 11 个间隔 1 微米的 V 形凹槽(324)的金刚石制成。

[0109] 图 18 为沿着弯曲刀头 327 具有衍射结构 328 的刀头 326 的侧视图。

[0110] 图 19 为具有衍射结构 332 的刀头 330 的侧视图,该衍射结构 332 沿着例如 90° 小面形成具有高度为 333 的台阶。

[0111] 图 20 为具有衍射结构 336 的刀头 334 的侧视图,该衍射结构 336 沿着刀头的大致平坦部分具有透镜形状。

[0112] 图 21 为沿着弯曲小面 340 具有衍射结构的刀头 338 的侧视图,该该衍射结构由沿着小面的相邻的凹凸部分形成。

[0113] 图 22 为沿着多个线性小面 344 具有衍射结构的刀头 342 的侧视图,该衍射结构由

沿着小面的相邻角的平坦部分形成。

[0114] 图 23A 和 23B 示出离子铣削刀头以制造衍射结构的方法。图 23A 为离子铣削前的刀头 350 的侧视图。刀头 350 可由例如金刚石块制成, 并且刀头 350 具有小面 352 和 354, 以及平坦刀头 356。图 23B 为使用离子铣削在刀头的相同的平面内形成衍射结构后刀头 350 的侧视图。具体地讲, 在平坦刀头 356 中心点处进行离子铣削形成谷 358 以制造其尖端位于大致同一平面 364 内的两个衍射结构 360 和 362。

[0115] 图 24A 和 24B 示出离子铣削刀头以制造衍射结构的另一种方法。图 24A 为离子铣削前的刀头 370 的侧视图。刀头 370 可由例如金刚石块制成, 并且刀头 370 具有小面 372 和 374, 以及平坦刀头 376。图 24B 为图 24A 中的刀头使用离子铣削在刀头的不同平面内形成衍射结构后的侧视图。具体地讲, 在偏心点处对平坦刀头 376 进行离子铣削形成谷 378 以制造其尖端位于平面 386 内的第一衍射结构 380 和其点位于不同于平面 386 的平面 384 内的第二衍射结构 382。可以重复图 23B 和 24B 中示出的制造衍射结构的方法, 以在刀头上制造若干衍射结构, 图 23B 和 24B 中示出的结构未按比例示出; 相反, 它们旨在说明用于在刀头上制造衍射结构的方法。

[0116] 使用上述具有衍射结构的刀头来制造微复制制品(例如薄膜), 可以提供多种有利的或期望的结构。例如, 可将其用于光照方向的光管理应用、柔化截光角、提取光导的光或在现有结构上产生装饰效果(例如在断续切削小透镜上的彩虹效果)。另外, 较大微结构上的衍射结构为偏转光提供另外的自由度。

[0117] 上述刀头可用于制造宏观级(1 微米及以上的尺寸)和纳米级(小于 1 微米的尺寸)结构, 并且该结构可使用一个或多个刀头以连续或断续切削模式制成。此外, 使用刀头的切削可以 X 方向、Y 方向或 Z 方向或这些方向的组合进入工具而完成。例如, 可使用具有多个致动器的刀头来切削结构。使用多个致动器刀具的系统在美国专利申请 No. 11/274723、11/273875、11/273981 和 11/273884 中有所描述, 这些专利均于 2005 年 11 月 15 日提交并均以引用的方式并入本文。作为另外一种选择, 可在工具中切削衍射结构而不使用致动器, 这可涉及使用这样的刀头的连续切削, 即在使用(例如)低频伺服机构的工具表面内保持基本恒定或非恒定深度的刀头。

[0118] 虽然已结合示例性实施例描述了本发明, 但应当理解的是, 对本领域的技术人员来说, 本发明的多种修改形式都是显而易见的, 本专利申请旨在包括对其的任何修改或变化。例如, 在不脱离本发明范围的前提下, 刀架、致动器和刀头可以使用各种类型的材料和构造。本发明应当仅受限于权利要求书及其等同物。

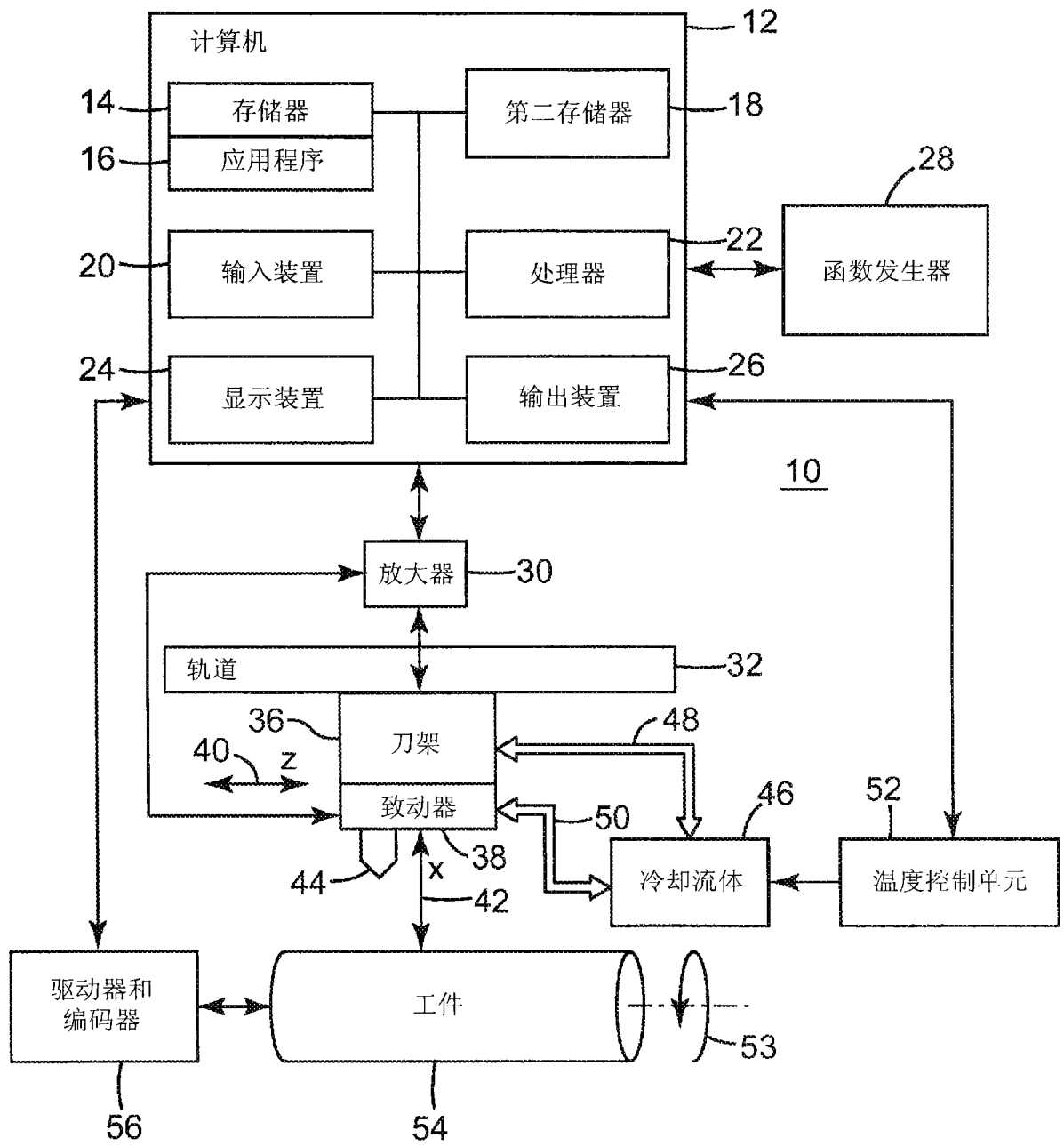


图 1

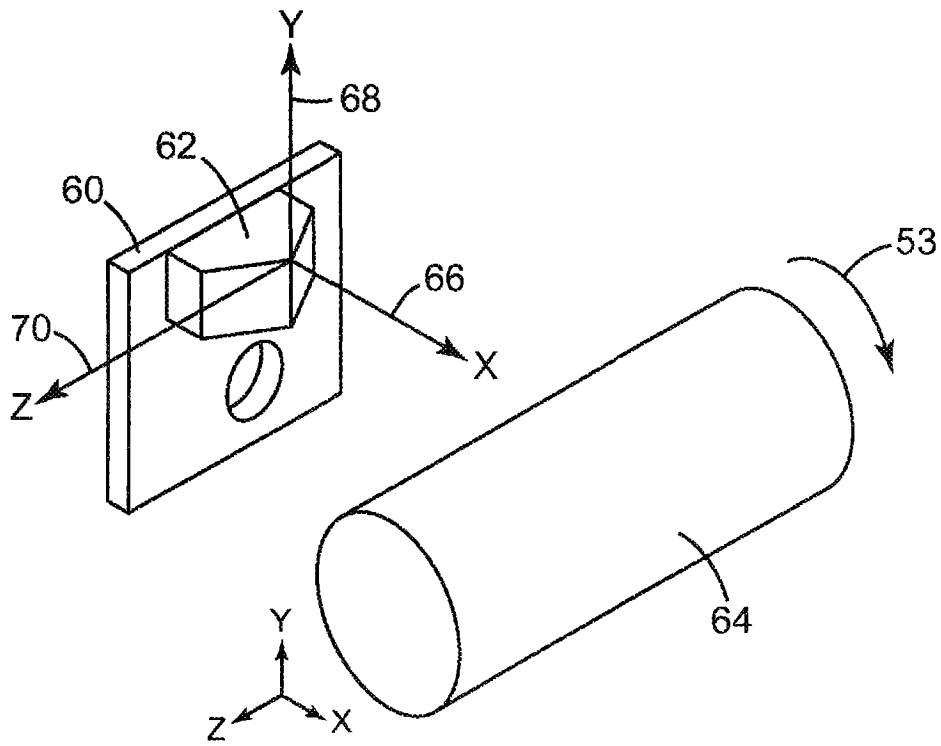


图 2

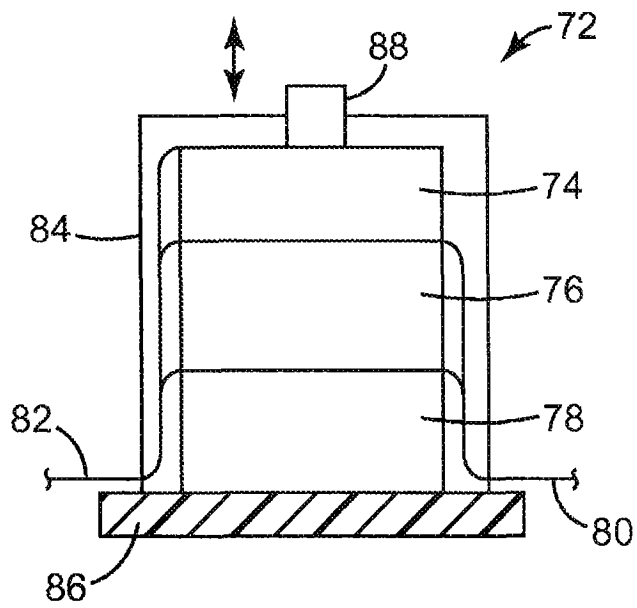


图 3

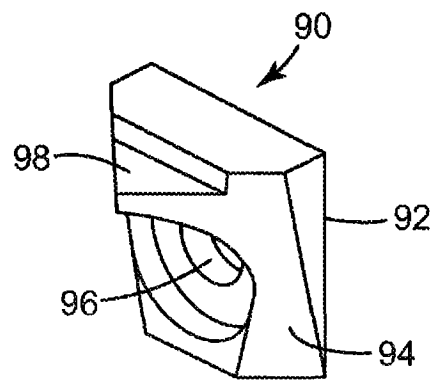


图 4A

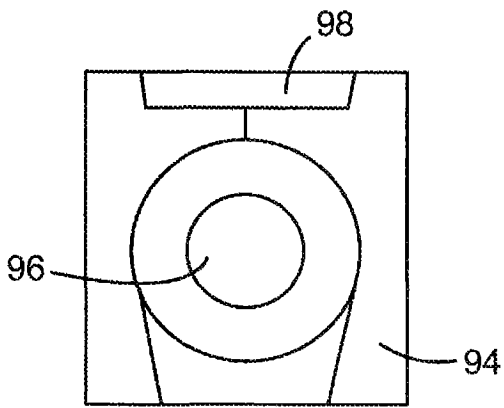


图 4B

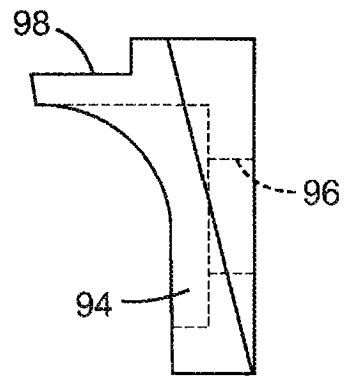


图 4C

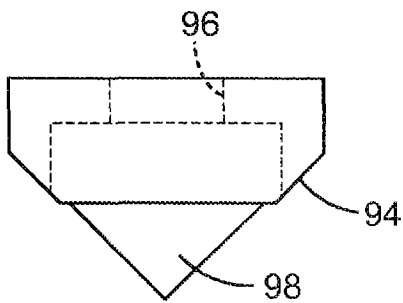


图 4D

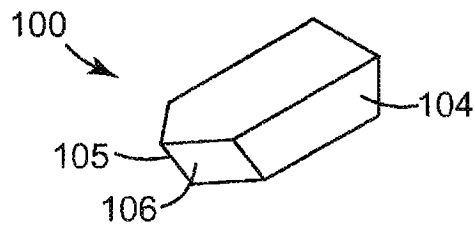


图 5A



图 5B

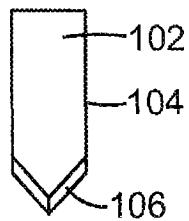


图 5C

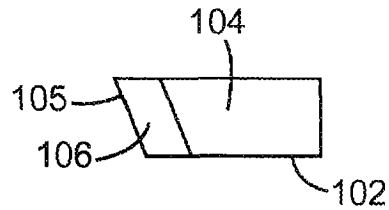


图 5D

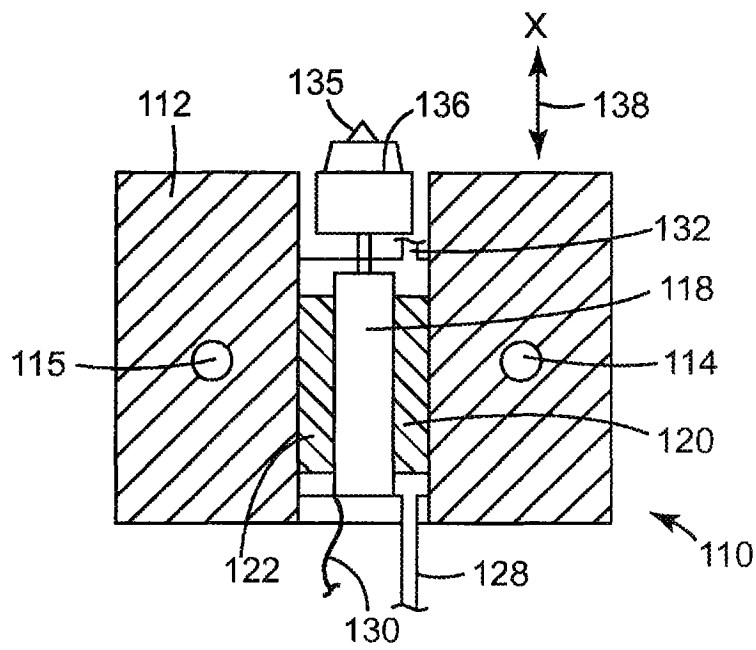


图 6A

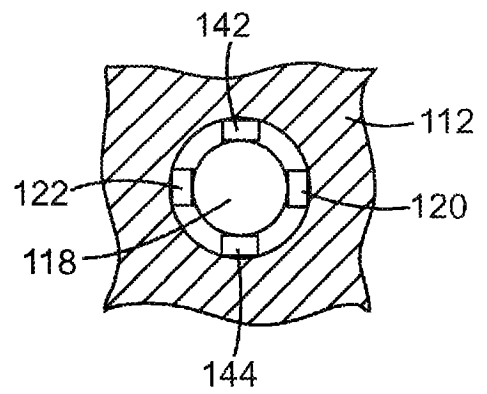


图 6B

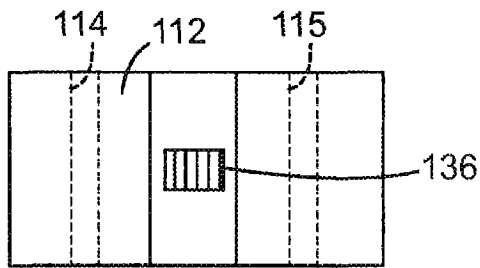


图 6C

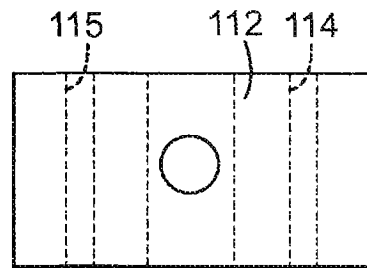


图 6D

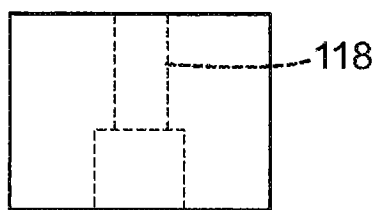


图 6E

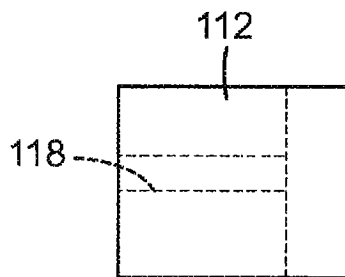


图 6F

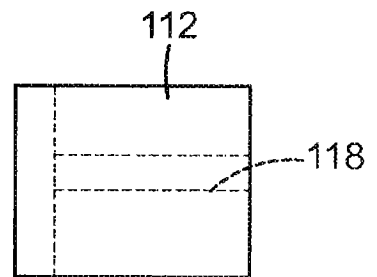


图 6G

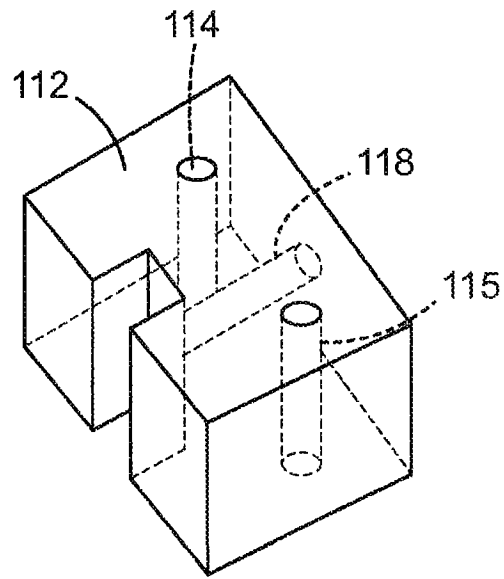


图 6H

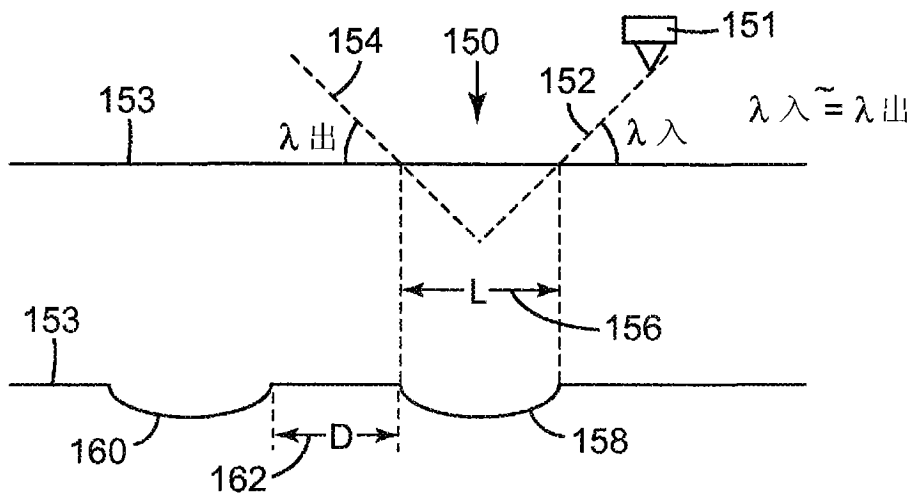


图 7A

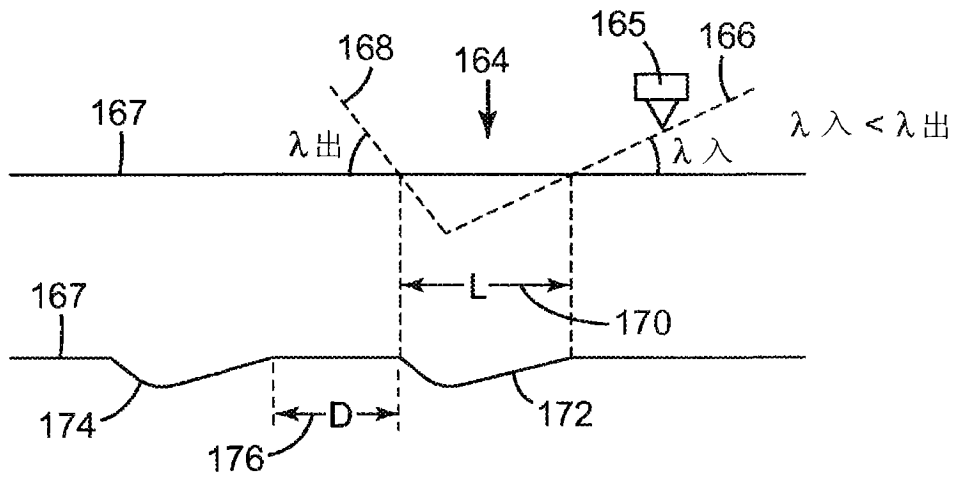


图 7B

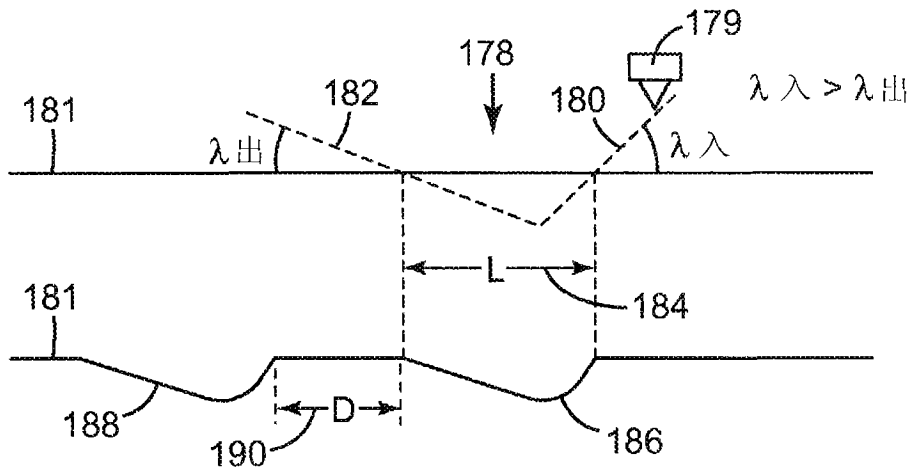


图 7C

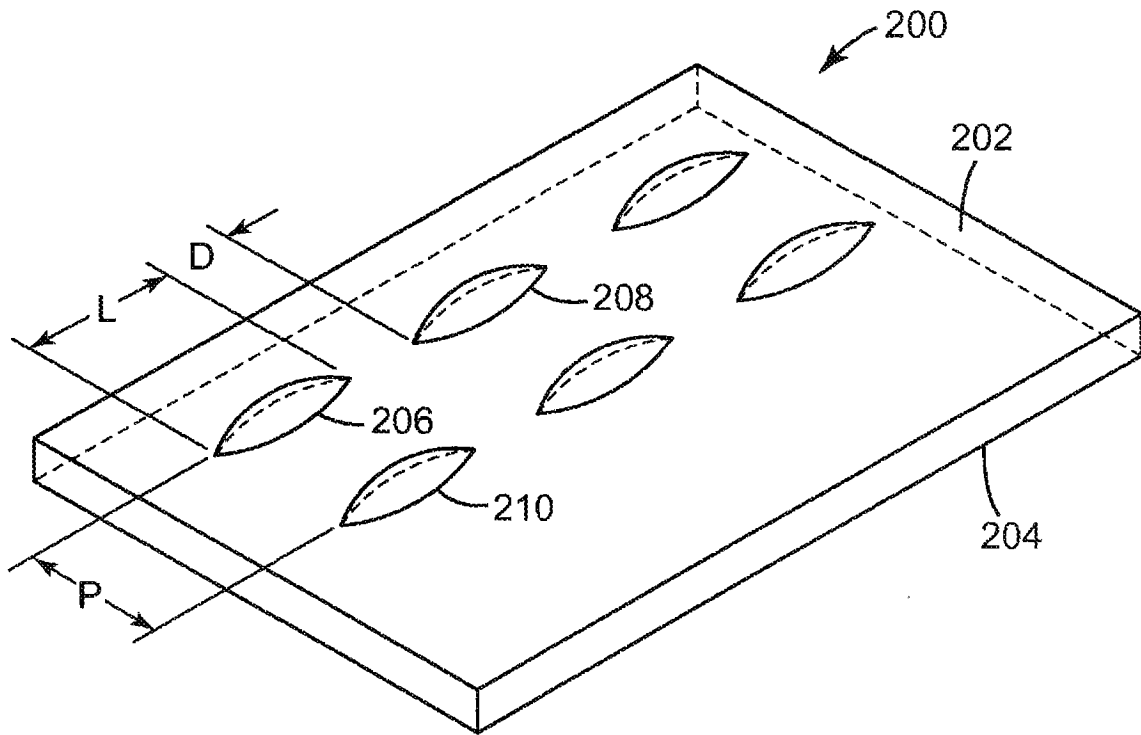


图 8

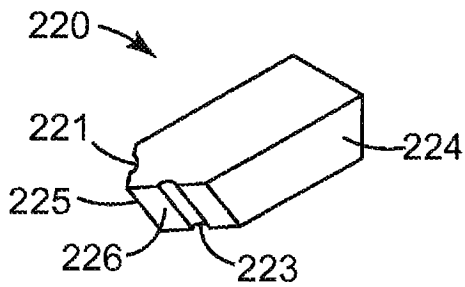


图 9A

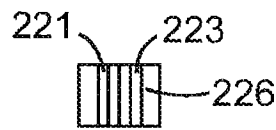


图 9B

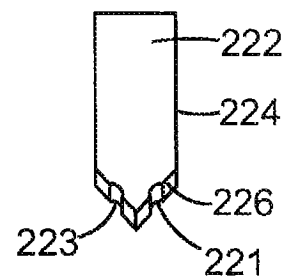


图 9C

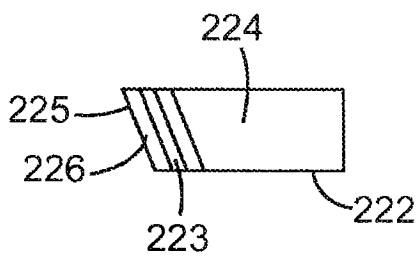


图 9D

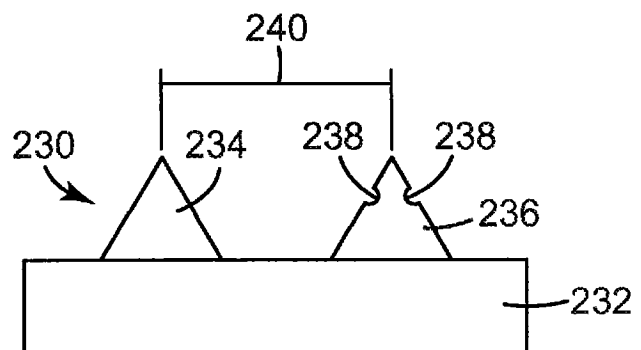


图 10A

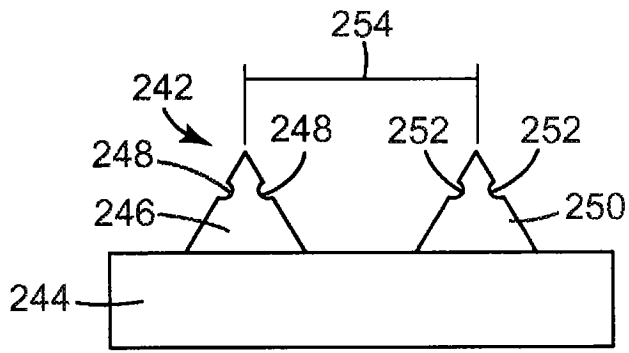


图 10B

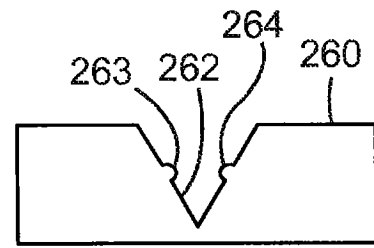


图 11A

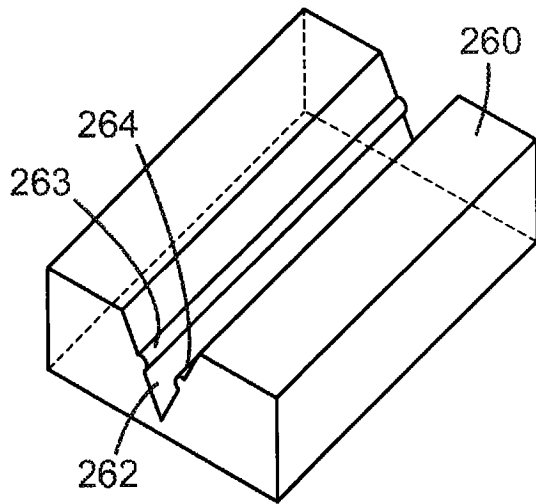


图 11B

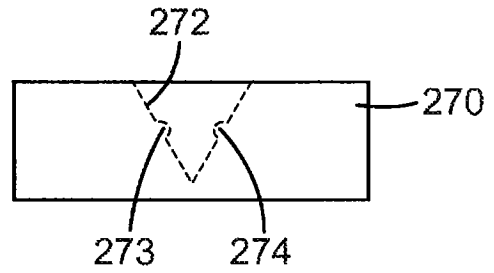


图 12A

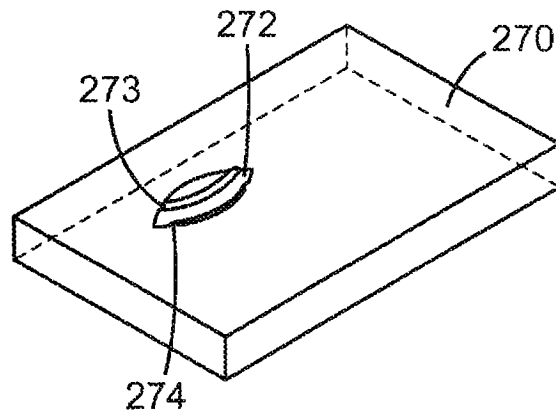


图 12B

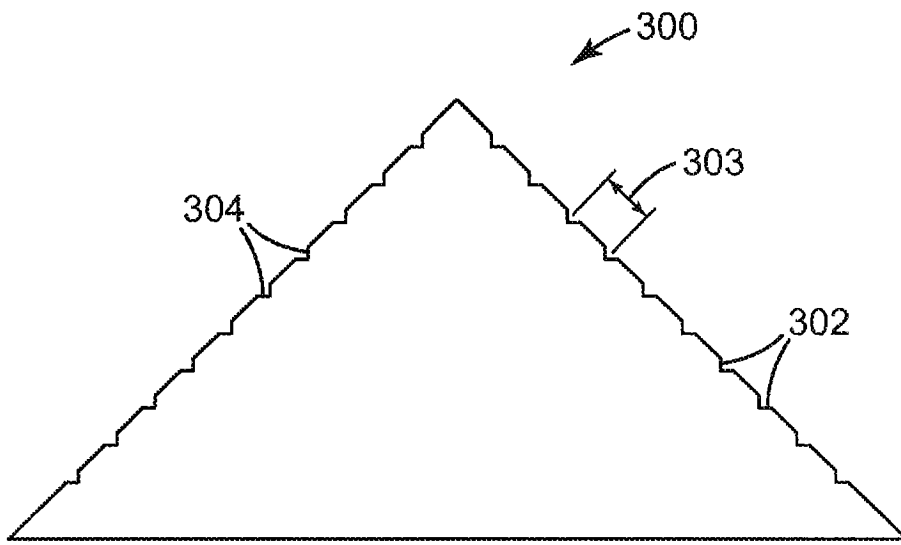


图 13

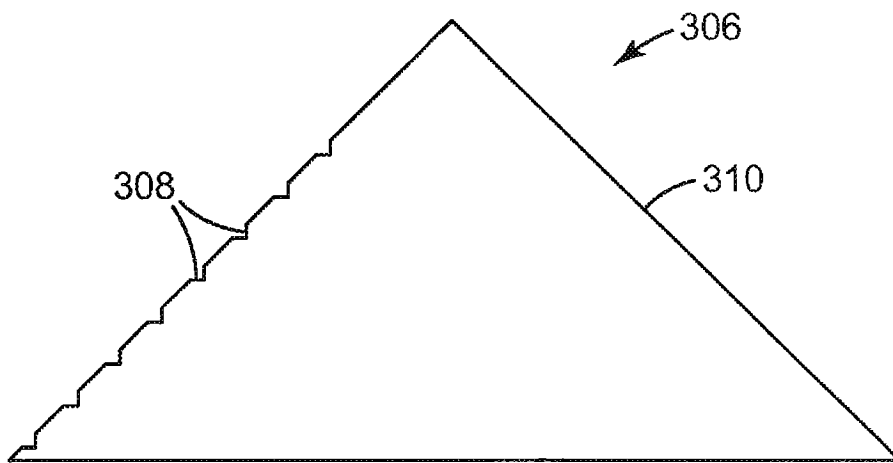


图 14

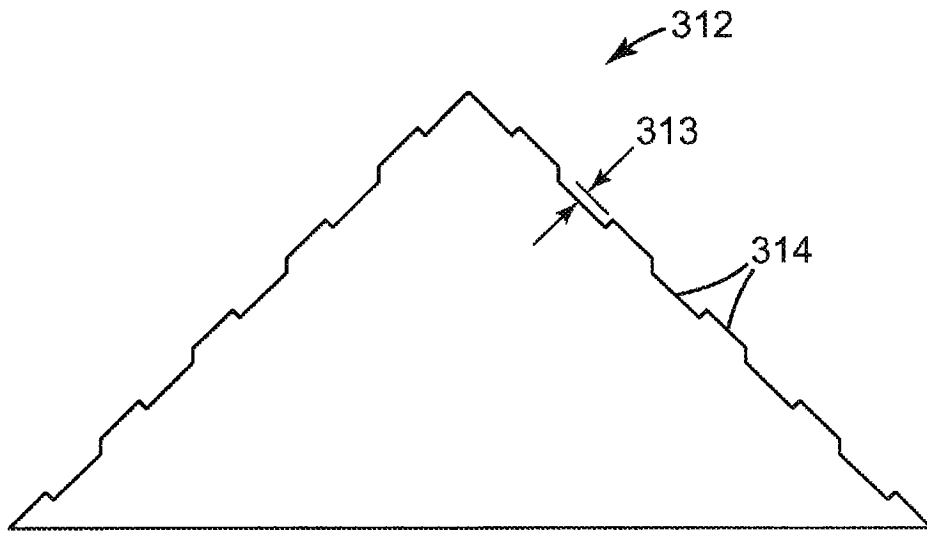


图 15

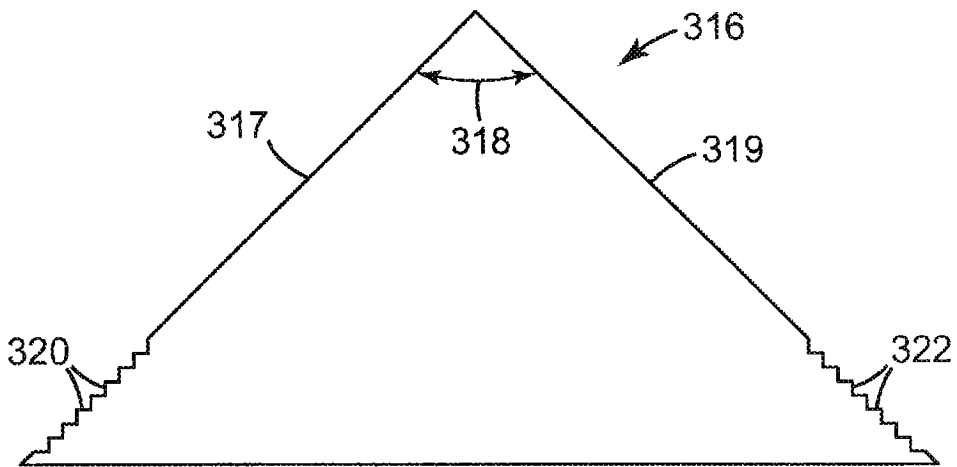


图 16

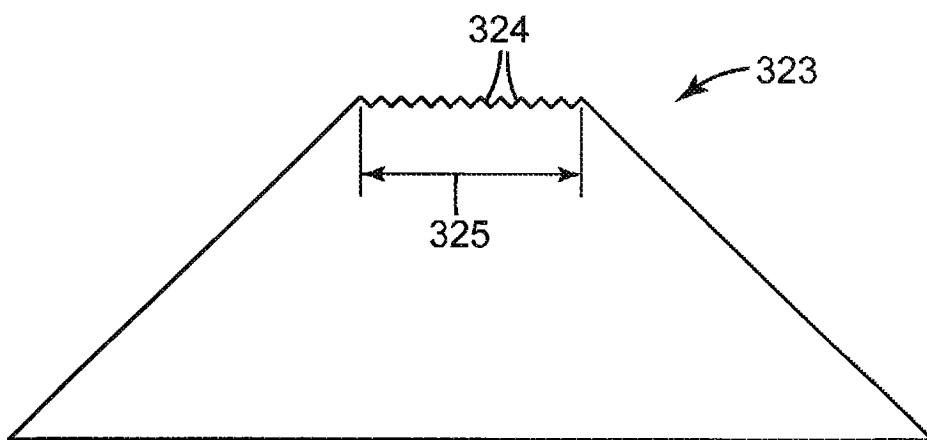


图 17

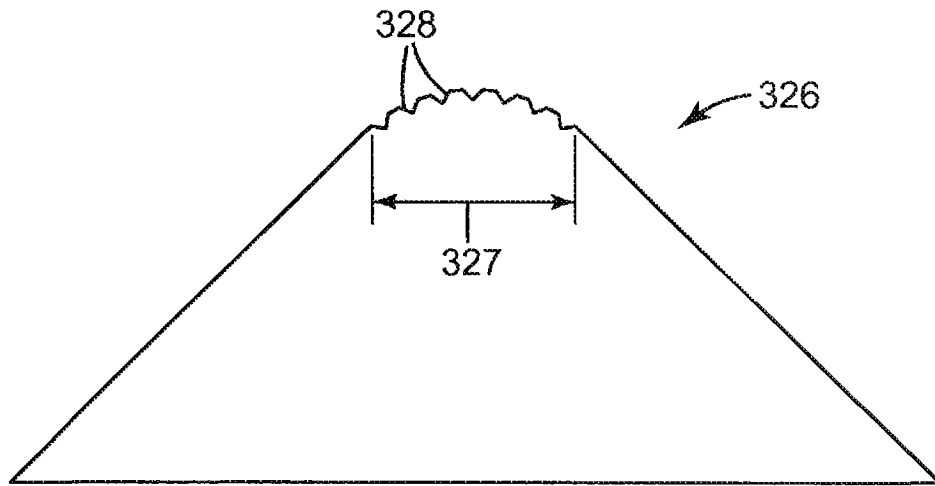


图 18

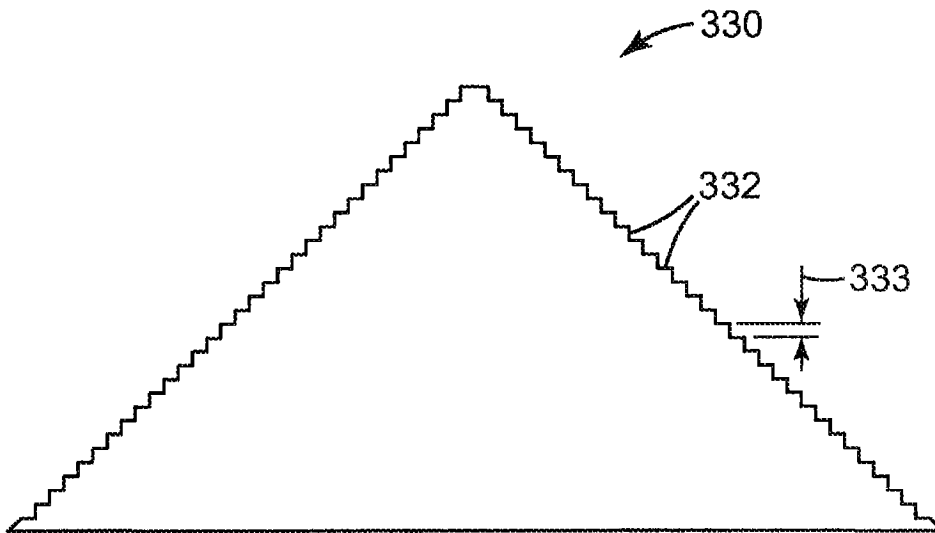


图 19

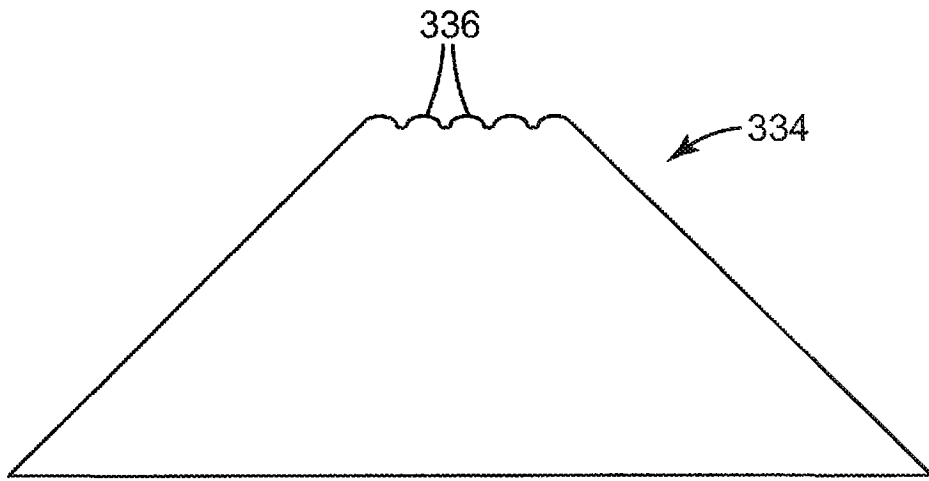


图 20

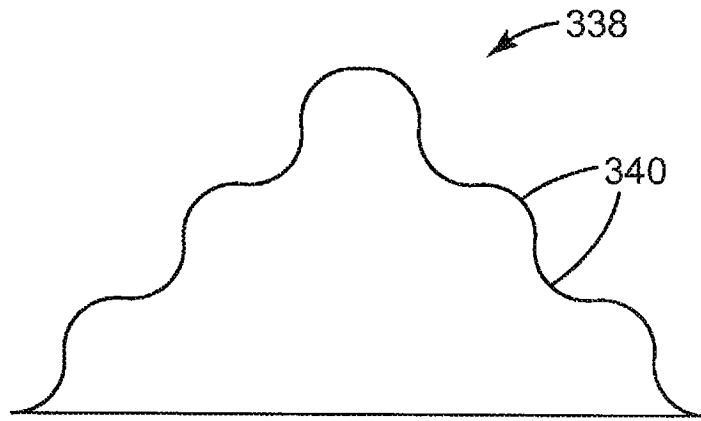


图 21

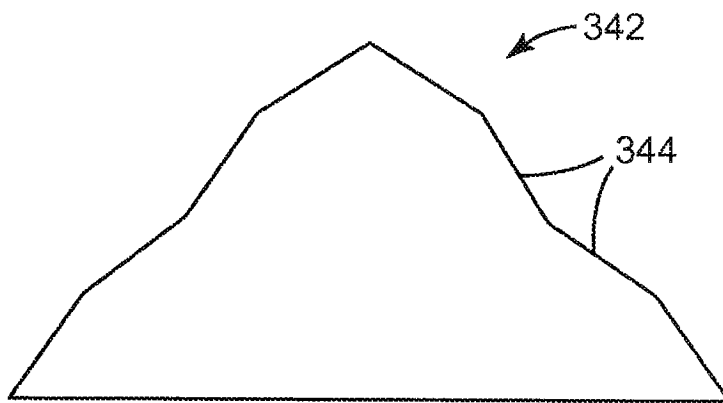


图 22

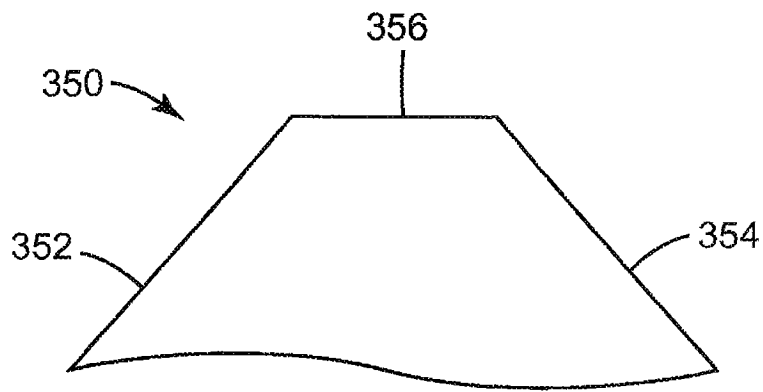


图 23A

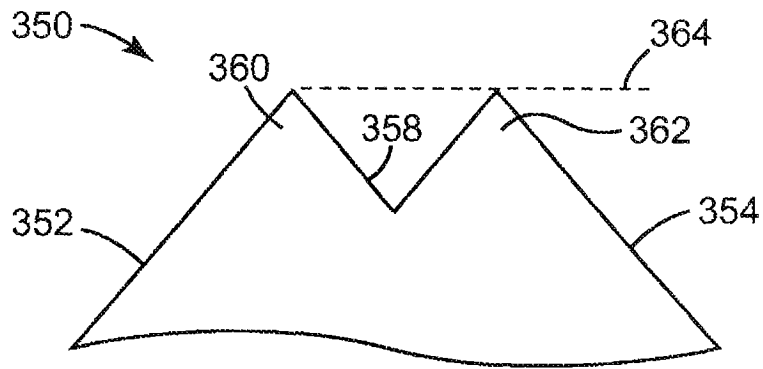


图 23B

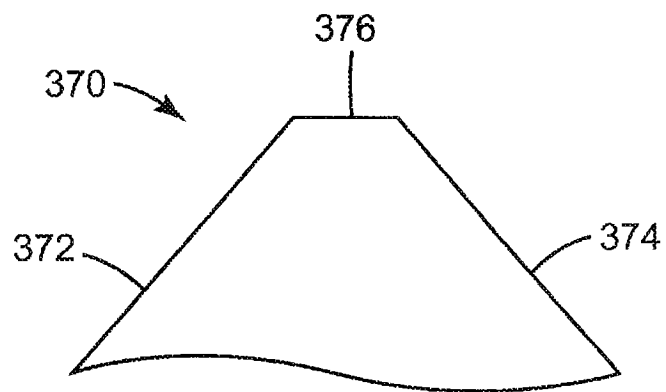


图 24A

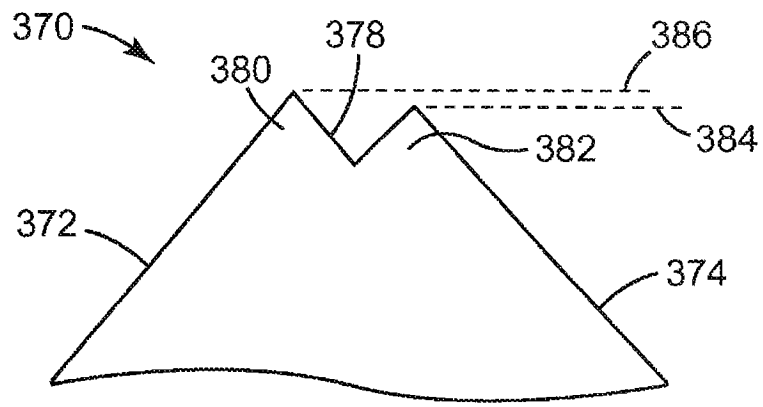


图 24B