

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B23Q 15/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780015569.3

[43] 公开日 2009年5月13日

[11] 公开号 CN 101432096A

[22] 申请日 2007.4.23

[21] 申请号 200780015569.3

[30] 优先权

[32] 2006.5.10 [33] US [31] 11/431,811

[86] 国际申请 PCT/US2007/067201 2007.4.23

[87] 国际公布 WO2007/133897 英 2007.11.22

[85] 进入国家阶段日期 2008.10.29

[71] 申请人 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

艾伦·B·坎贝尔

戴尔·L·埃内斯

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 顾红霞 彭会

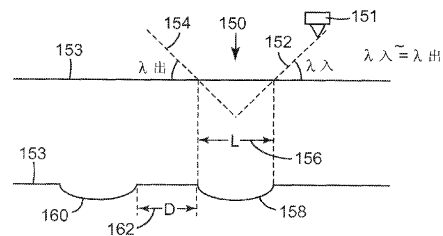
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称

连续或断续切削型快速刀具伺服装置中的使用一个或多个机加工刀头的刀具

[57] 摘要

一种刀具组件，包括刀架和致动器，所述刀架能够沿待切削工件横向运动，所述致动器具有至少一个机加工刀头并且可以具有其它刀头。所述致动器控制所述刀头沿进入和离开所述工件的 X 方向运动，从而在所述工件中制造连续或不连续的微结构。所述机加工刀头在微结构内提供微结构。所述机加工工件可用于制造微结构化制品，例如具有不相邻的小透镜的薄膜。



1. 一种刀具组件，包括：
刀架；
致动器，其被构造为连接到所述刀架并与控制器电通信；以及
刀头，其具有至少一个微结构，所述刀头连接到所述致动器并且被
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进入和
离开所述工件的 X 方向上运动，
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
微结构与所述工件接触。
2. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中所述刀头中的所述微结构包
括凹槽。
3. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中在切削所述工件期间，所述
刀头进入所述工件的入锥角基本上等于所述刀头离开所述工件的出
锥角。
4. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中在切削所述工件期间，所述
刀头进入所述工件的入锥角小于所述刀头离开所述工件的出锥角。
5. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中在切削所述工件期间，所述
刀头进入所述工件的入锥角大于所述刀头离开所述工件的出锥角。
6. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中所述致动器包括输送流经所
述致动器的用于冷却所述致动器的流体的口。
7. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，还包括设置在所述刀头附近的至
少一个另外的刀头，其中在切削所述工件期间中的至少一部分期
间，所述刀头和所述另外的刀头同时与所述工件接触。
8. 根据权利要求 7 所述的刀具组件，其中所述另外的刀头具有至少一
个微结构，并且在切削所述工件期间中的至少一部分期间，所述另
外的刀头上的所述微结构与所述工件接触。
9. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中所述刀架被构造为使所述致
动器在沿所述工件的 Z 方向上以基本恒定的速度运动。

10. 根据权利要求 1 所述的刀具组件，其中所述工件由以下材料中的一种组成：铝、镍、铜、黄铜、钢或塑料。
11. 一种刀具组件，包括：
 - 刀架；
 - 致动器，其被构造为连接到所述刀架并与控制器电通信；以及
 - 刀头，其具有至少一个微结构，所述刀头连接到所述致动器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进入和离开所述工件的 X 方向上运动，
 - 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的至少一部分期间，所述刀头上的所述微结构与所述工件接触。
12. 根据权利要求 11 所述的刀具组件，其中所述刀头中的所述微结构包括凹槽。
13. 根据权利要求 11 所述的刀具组件，其中所述致动器包括输送流经所述致动器的用于冷却所述致动器的流体的口。
14. 根据权利要求 11 所述的刀具组件，还包括设置在所述刀头附近的至少一个另外的刀头，其中在切削所述工件期间的至少一部分期间，所述刀头和所述另外的刀头同时与所述工件接触。
15. 根据权利要求 14 所述的刀具组件，其中所述另外的刀头具有至少一个微结构，并且在切削所述工件期间的至少一部分期间，所述另外的刀头上的所述微结构与所述工件接触。
16. 根据权利要求 11 所述的刀具组件，其中所述刀架被构造为使所述致动器在沿所述工件的 Z 方向上以基本恒定的速度运动。
17. 根据权利要求 11 所述的刀具组件，其中所述工件由以下材料中的一种组成：铝、镍、铜、黄铜、钢或塑料。
18. 一种切削工件的方法，所述方法包括：
 - 提供刀架；
 - 提供致动器，所述致动器被构造为连接到所述刀架并与控制器电通信；

使具有至少一个微结构的刀头位于所述致动器中，以便相对于待切削的工件运动；以及

构造所述致动器，以使所述刀头在进入和离开所述工件的 X 方向上运动以便切削所述工件，并且通过所述控制器向所述致动器提供信号，使得在切削所述工件期间的至少一部分期间，所述刀头上的所述微结构与所述工件接触。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，还包括：在切削所述工件期间，保持所述刀头与所述工件连续地接触。
20. 根据权利要求 18 所述的方法，还包括：在切削所述工件期间，保持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，改变所述刀头进入所述工件的入锥角和所述刀头离开所述工件的出锥角。

连续或断续切削型快速刀具伺服装置中的使用 一个或多个机加工刀头的刀具

背景技术

机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、浇注工艺等，以形成微复制结构。所述微复制结构可以包括光学薄膜、研磨薄膜、粘合剂薄膜、具有自配合外形的机械紧固件、或具有尺寸相对较小（例如小于约 1000 微米的尺寸）的微复制结构的任何模制或挤出部件。

也可采用多种其它方法制成微结构。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卷材之类的其它介质上，以形成生产工具；然后使用这一生产工具制造微复制结构。可以使用其它方法（例如电铸）来复制所述母模工具。制造导光薄膜的另一备选方法是直接切削或机加工透明材料，以形成适当的结构。其它技术包括化学蚀刻、喷砂处理或其它随机表面改性技术。

发明内容

根据本发明的第一刀具组件包括刀架和致动器，所述致动器被构造为用于连接到刀架并与控制器进行电通信。具有至少一个微结构的刀头被连接到所述致动器并且被装配为相对于待切削工件运动，并且所述致动器使所述刀头在进入和离开所述工件的 X 方向上运动。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的至少一部分期间，所述刀头上的所述微结构与所述工件接触。

根据本发明的第二刀具组件包括刀架和致动器，所述致动器被构造为用于连接到刀架并与控制器进行电通信。具有至少一个微结构的刀头被连接到所述致动器并且被装配为相对于待切削工件运动，并且所述致动器使所述刀头在进入和离开所述工件的 X 方向上运动。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的至少一部分期间，所述刀头上的所述微结构与所述工件接触。

作为另外一种选择，所述第一和第二刀具组件可以包括被布置为彼此接近并且同时切削所述工件的多个刀头。这些多个刀头中的每一个都可以可选地具有至少一个微结构。

附图说明

附图包含在本说明书中并构成本说明书的一部分，并且与具体实施方式一起阐明本发明的优点和原理。在附图中，

图 1 为在工件中形成微结构的刀具系统的示意图；

图 2 为示出用于刀具的坐标系的示意图；

图 3 为用于刀具的示例性 PZT 堆的示意图；

图 4A 为刀头座的透视图；

图 4B 为用于保持刀头的刀头座的前视图；

图 4C 为刀头座的侧视图；

图 4D 为刀头座的俯视图；

图 5A 为刀头的透视图；

图 5B 为刀头的前视图；

图 5C 为刀头的仰视图；

图 5D 为刀头的侧视图；

图 6A 为断续切削型 FTS 致动器的俯视剖视图；

图 6B 为示出 PZT 堆在致动器中的位置的前剖视图；

图 6C 为致动器的前视图；

图 6D 为致动器的后视图；

图 6E 为致动器的俯视图；

图 6F 和 6G 为致动器的侧视图；

图 6H 为致动器的透视图；

图 7A 为示出断续切削的示意图，其中进入工件的入锥角基本上等于离开工件的出锥角；

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；

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；

图 8 为概念性地示出可使用具有断续切削 FTS 致动器的所述刀具系统制造的微结构的示意图。

图 9A 为机加工刀头的透视图；

图 9B 为机加工刀头的前视图；

图 9C 为机加工刀头的仰视图；

图 9D 为机加工刀头的侧视图；

图 10A 为具有机加工刀头和非机加工刀头的多头工具的侧视图；

图 10B 为具有多个机加工刀头的多头工具的侧视图；

图 11A 和 11B 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 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；以及

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。

具体实施方式

刀具系统

常规的金刚石车削技术在已公开的 PCT 专利申请 WO 00/48037 中有所描述，该 PCT 专利申请的全文以引用的方式并入本文。在这些方法中使用的用于制成光学薄膜或其它薄膜的装置可包括快速伺服工具。如 WO 00/48037 中所公开的，快速工具伺服装置 (FTS) 是被称为 PZT 堆的固态压电 (PZT) 装置，PZT 堆快速调整连接到所述 PZT 堆的刀具的位置。如下面详细描述，FTS 使刀具可以在坐标系内的各个方向做高精度度的高速运动。

图 1 为在工件内制造微结构的刀具系统 10 的示意图。微结构可以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，甚至约 200 纳米(nm)的亚光学波长节距。作为另外一种选择，在其它实施例中，微结构的节距可大于 1000 微米，这与其切削方法无关。提供这些尺寸仅为示例性目的，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该系统可加工的范围内的任何尺寸。

利用计算机 12 控制系统 10。计算机 12 包括（例如）下列元件：存储器 14，其用于存储一个或多个应用程序 16；第二存储器 18，其提供非易失性信息存储；输入装置 20，其用于接收信息或命令；处理器 22，其用于执行存储在存储器 14 或第二存储器 18 中的、或来自另一个来源的应用程序；显示装置 24，其用于输出视频信息显示；以及输出装置 26，其用于以其它形式输出信息，例如用于输出音频信息的扬声器或用于输出信息硬拷贝的打印机。

利用刀头 44 对工件 54 执行切削加工。在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。在此实例中，工件 54 被显示为辊形的；然而，工件也可以是平面形式的。可以使用可加工的任何材料；例如，可利用铝、镍、铜、黄铜、钢或塑料（例如，丙烯酸树脂）制成工件。要使用的具体材料可以取决于（例如）具体的期望应用，例如使用加工好的工件制备的各种薄膜。致动器 38 和下文所述的致动器可由（例如）不锈钢或其它材料制成。

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 构造为可在轨道 32 上沿箭头 42 所示的 X 方向和箭头 40 所示的 Z 方向运动。计算机 12 通过一个或多个放大器 30 与刀架 36 和致动器 38 电连接。当作为控制器使用时，计算机 12 控制刀架 36 沿轨道 32 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 堆，它就可以使用分开的放大器以便分别控制每个 PZT 堆，所述 PZT 堆用于独立地控制连接在其上的刀头的运动。如下面详细说明的，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。

通过各种部件的协调运动完成工件 54 的机加工。具体地讲，在计算机 12 的控制下，该系统可通过刀架 36 的运动协调和控制致动器 38 的运动，同时协调和控制工件在 C 方向 53 上的运动以及刀头 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，但也可以使刀架 36 做变速运动。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。

工件的切削可以包括连续和不连续的切削运动。对于辊形的工件，切削可包括环绕或围绕辊的螺旋型切削（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型切削或单个圆切削。还可以采用 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，但是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。

在加工完成之后，工件 54 可用于制备用在多种应用中的具有相应微结构的薄膜。这些薄膜的实例包括光学薄膜、摩擦控制薄膜以及微型紧固件或其它机械微结构化元件。通常使用涂层工艺制备薄膜，其中将粘稠状态的聚合材料施加到工件上，使其至少部分固化，然后移除。由固化聚合物材料构成的薄膜将具有与工件中的结构基本上相反的结构。例如，工件中的凹陷导致所得薄膜中的凸起。加工完成后，工件 54 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它制品。

通过管路 48 和 50 使用冷却流体控制刀架 36 和致动器 38 的温度。温度控制单元 52 能够使冷却流体在循环流过刀架 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。冷却流体可以是油产品，例如低粘度油。温度控制单元 52 和冷却流体的贮存器 46 可包括使流体循环流过刀架 36 和致动器 38 的泵，并且通常还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。使流体循环并对其提供温度控制的冷却系统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表面温度保持基本恒定，也可以将冷却流体施加到工件 54。

图 2 为示出刀具（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 可以与刀头 44 相同，并且通常连接到与致动器相连的刀头座 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。如果工件不是辊形，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垂直方向上的运动。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它构造。

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，例如元件的协调速度和工件材料。通常必须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，这些专利均以引用方式并入本文：Machining Data Handbook, Library of Congress Catalog Card No. 66-60051, Second Edition (1972)（《加工数据手册第二版》，国会图书馆目录卡片编号 No. 66-60051，第二版(1972)）；Edward Trent and Paul Wright, Metal Cutting, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-7069-X (2000)（《金属切削》，第四版，作者：Edward Trent 和 Paul Wright，出版商：Butterworth-Heinemann，国际标准图书编号：ISBN 0-7506-7069-X (2000)）；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》，作者：Zhang Jin-Hua，出版商：Pergamon Press，国际标准图书编号：ISBN 0-08-035891-8 (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》，作者：Krueger 等人，美国伊利诺斯州芝加哥，2000 年 6 月 7 日）。

PZT 堆、刀头座和刀头

图 3 为用于刀具的示例性 PZT 堆 72 的示意图。PZT 堆根据本领域中已知的 PZT 效应运行，用于使与其相连的刀头运动。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 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。

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 进行精确而细微（例如在几微米内）的运动。另外，可以将具有柱 88 的 PZT 堆 72 的端部紧靠一个或多个贝氏垫圈装配，所述垫圈为 PZT 堆提供预加负荷。贝氏垫圈具有一定的柔韧性，以使得柱 88 和与其连接的刀头可以运动。

图 4A-4D 为示例性刀头座 90 的视图，如下文所述，所述刀头座装配到 PZT 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

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 堆的柱上。楔形表面 98 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 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）或其它方法将刀头座 90 装配在 PZT 堆的柱 88 上。

可以根据（例如）具体实施例的要求使用其它构造的刀头座。术语“刀头座”旨在包括用于保持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。

图 5A-5D 为示例性刀头 100 的视图，通过使用（例如）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。

断续切削 FTS 致动器

在切削期间，利用断续切削 FTS 致动器使刀头与工件不连续地接触，以制造小型微结构，从而形成不相邻的微结构。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、光重定向薄膜、抗反射结构、光混合膜和装饰薄膜。

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。在光导上方使用交叉的 BEF（增强亮度）薄膜也会产生光混合作用，这种光混合作用与这些小型结构一起消除了对扩散层的需要。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。

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。对于辊形的工件，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。结构可具有任何类型的三维形状，例如对称的、非对称的、半-半球状的、棱柱形的和半椭球形的形状。

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 的俯视剖视图。图 6B 为示出 PZT 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。

如图 6A-6H 所示，致动器 110 包括能够保持 X 方向 PZT 堆 118 的主体 112。将 PZT 堆 118 连接到装有刀头 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 堆 118 可以是如图 3 所示的示例性 PZT 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。

PZT 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，但可以使用其它类型的金刚石。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）结构是在金刚石车床上切削出来的，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。

通过诸如导轨 120 和 122 之类的导轨将 PZT 堆 118 固定在主体 112 中。可优选地通过沿轨道滑动 PZT 堆 118 的方法从主体 112 取出 PZT 堆 118，并且可以利用螺栓或其它紧固件将 PZT 堆 118 在主体 112 中固定就位。PZT 堆 118 包括用于接收来自计算机 12 的信号的电连接件 130。PZT 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 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 堆的温度控制。主体 112 可包括用于引导冷却流体流经 PZT 堆 118 周围的合适的通道，并且可以利用温度控制单元 52 内的泵或其它装置使冷却流体循环。

图 6B 为前剖视图，示出了 PZT 堆 118 在主体 112 中的位置，其中未示出 PZT 堆 118 的端盖。主体 112 的每个孔内均可包括用于将 PZT 堆牢固地保持就位的多根导轨。例如，导轨 120、122、142 和 144 包围 PZT 堆 118，以便在将 PZT 堆 118 装配在主体 112 中将 PZT 堆 118 牢固地保持就位。连接到 PZT 堆 118 上的端盖可容纳螺栓或其它紧固件，以将 PZT 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 堆 118 密封在主体 112 中，以使冷却流体围绕 PZT 堆 118 循环。PZT 堆 118 可包括位于 PZT 堆 118 与刀头座 136 之间的用于为 PZT 堆预加负荷的一个或多个贝氏垫圈。

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，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。入锥角和出锥角不必与刀头穿过工件移动时的角度一致；相反，它们是指刀头接触和离开工件时的角度。在图 7A-7C 中，刀头和工件可以是（例如）上文的系统和部件。

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 ($\lambda_{\lambda} \approx \lambda_{\text{出}}$)。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它微结构，例如以距离 D(162) 分开的微结构 160。

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 ($\lambda_{\lambda} < \lambda_{\text{出}}$)。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它微结构，例如以距离 176 分开的微结构 174。

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 ($\lambda_{\lambda} > \lambda_{\text{出}}$)。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它微结构，例如以距离 190 分开的微结构 188。

在图 7A-7C 中，用于表示入锥角和出锥角的虚线 (152、154、166、168、180、182) 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。可选择刀头的路径以优化诸如完成工件切削的总时间等切削参数。

图 8 为概念性地示出微结构的示意图，微结构的制造方法可为：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。

机加工刀头

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、软钎焊或其它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 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。

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它微结构。制造刀头上的微结构的其它技术包括微放电加工、磨削、研磨、烧蚀或其它方法，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。出于示例性目的，在刀头的每一侧上仅显示一个微结构；刀头可具有任何数目的微结构，并且这些微结构可具有任何形状、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。

可以在刀头座（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它结构。图 10A 为具有机加工刀头和非机加工刀头的示例性多头工具 230 的侧视图。多头工具 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 等基座 232 上，并且可使用（例如）粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其它方法装配。刀头 234 和 236 之间

的距离 240 确定了使用多头工具 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它微结构。

图 10B 为具有多个机加工刀头的多头工具 242 的侧视图。多头工具 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 等基座 244 上，并且可使用例如粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其它方法装配。刀头 246 和 250 之间的距离 254 确定了使用多头工具 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 的其它微结构。

在图 10A 和图 10B 中，出于示例性目的，仅示出了两个刀头；多头工具可具有任何数目的刀头。多个刀头在加工后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，甚至约 200 纳米(nm)的亚光学波长节距。作为另外一种选择，在其它实施例中，多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。提供这些尺寸仅为示例性目的，使用本说明书描述的致动器和系统制成的微结构可具有使用系统可加工的范围内的任何尺寸。

如上所述，可以使用任何机加工刀头或多头工具加工工件 54，并且机加工工件可用于制造薄膜。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。

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，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,不与其它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。

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薄膜或其它制品。

使用上述机加工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、伪批量楔式提取,或者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,较大宏观结构上的微结构可为重定向光提供另外的自由度。

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于物。

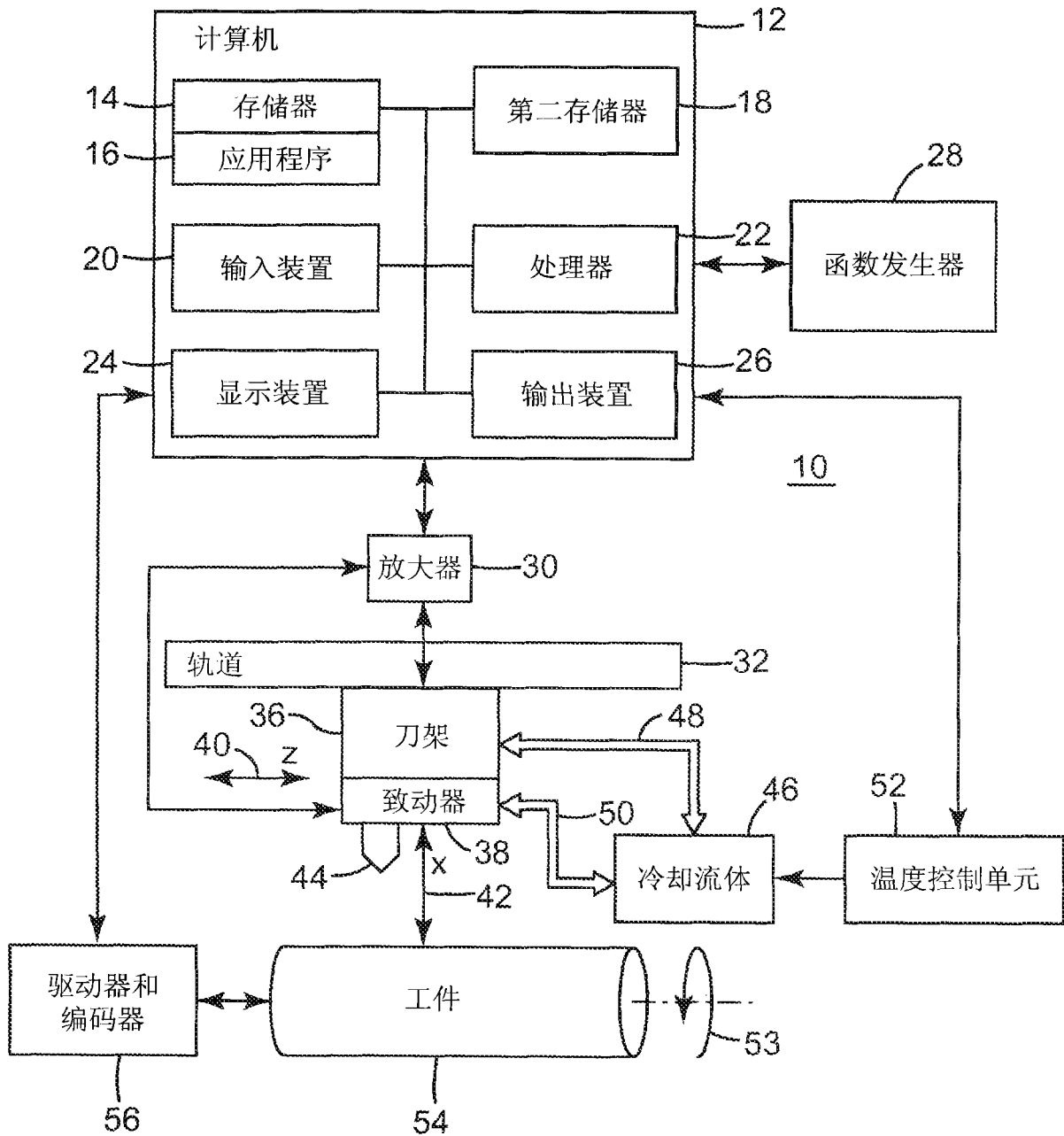


图1

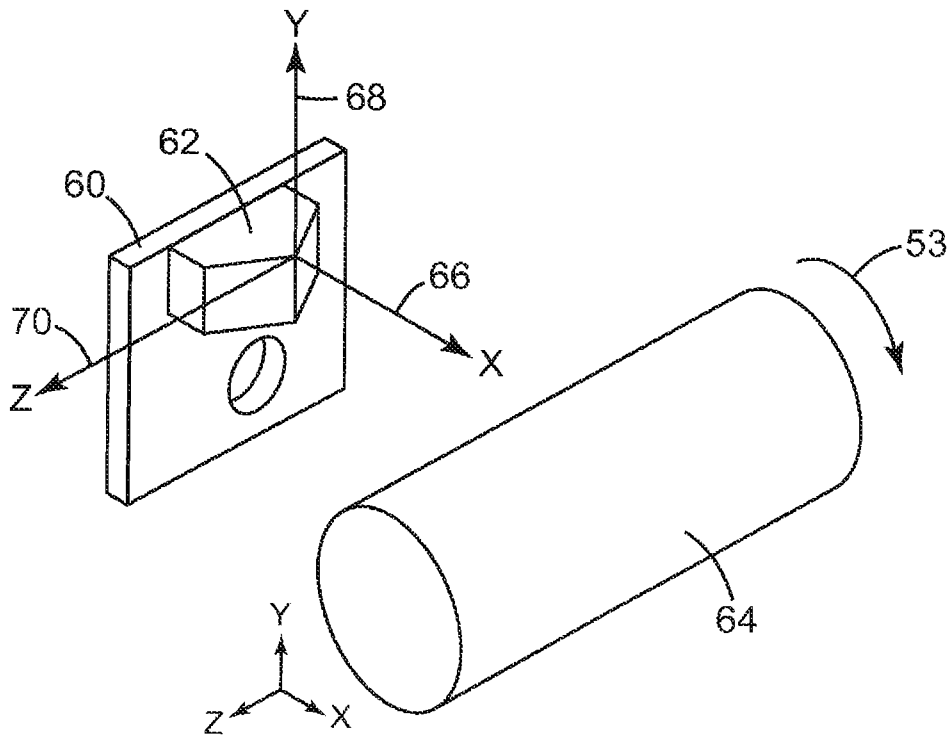


图2

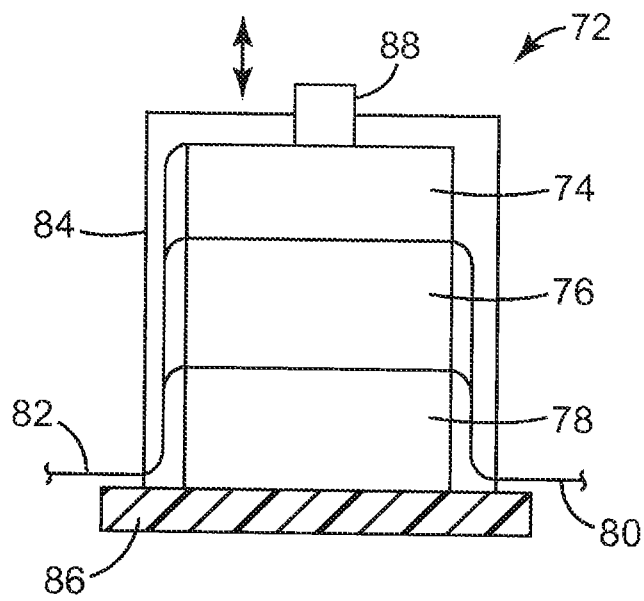


图3

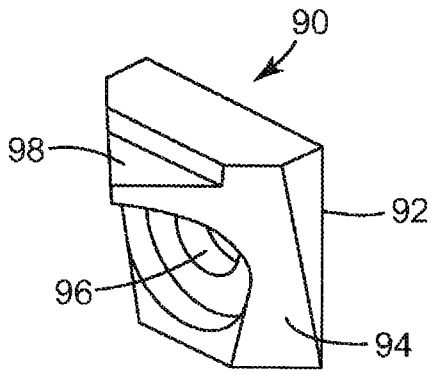


图4A

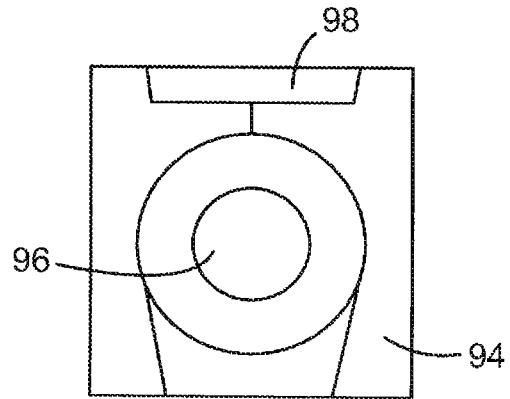


图4B

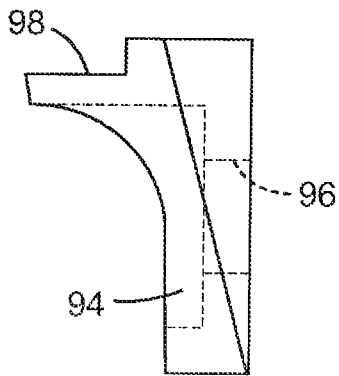


图4C

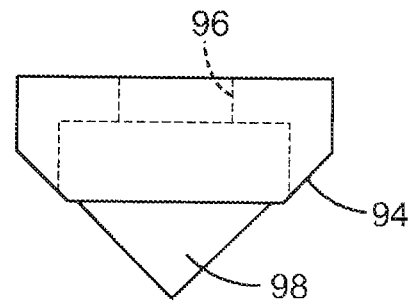


图4D

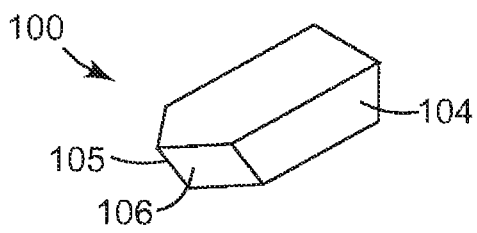


图5A



图5B

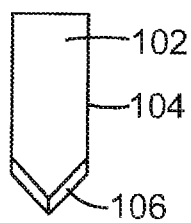


图5C

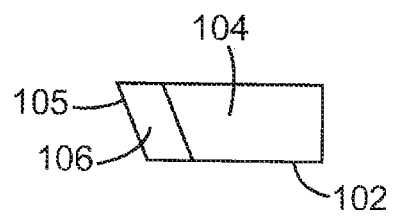


图5D

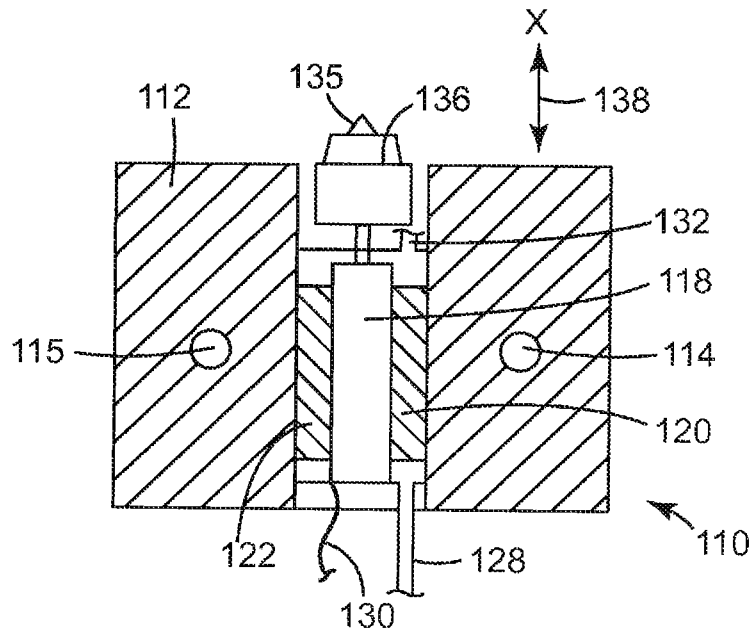


图6A

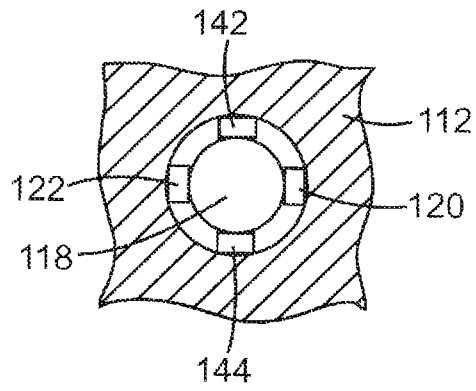


图6B

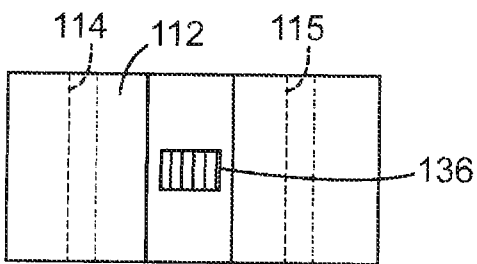


图6C

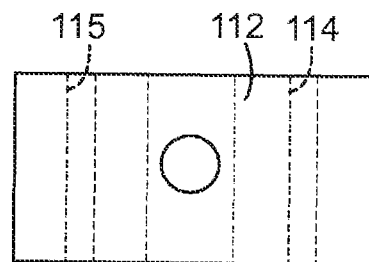


图6D

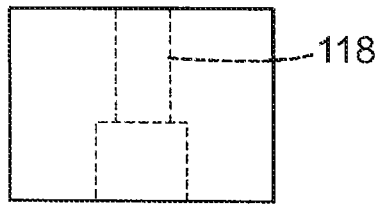


图6E

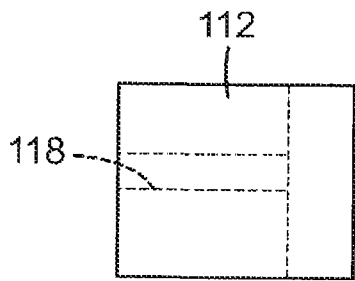


图6F

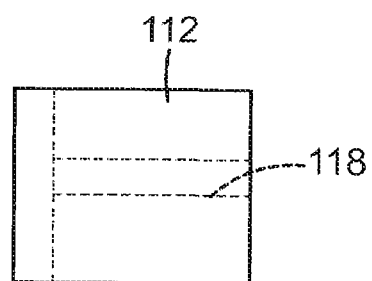


图6G

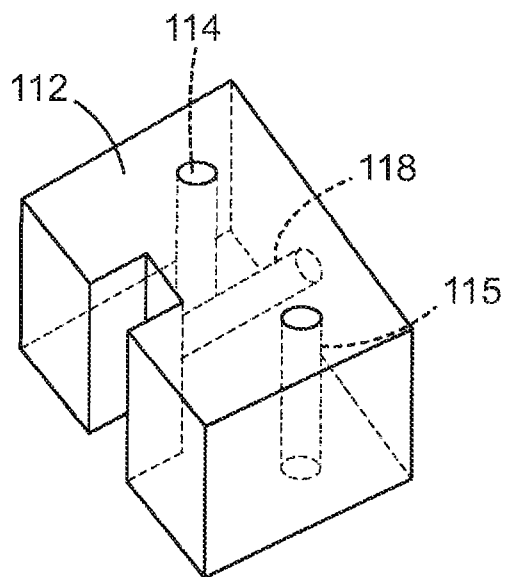


图6H

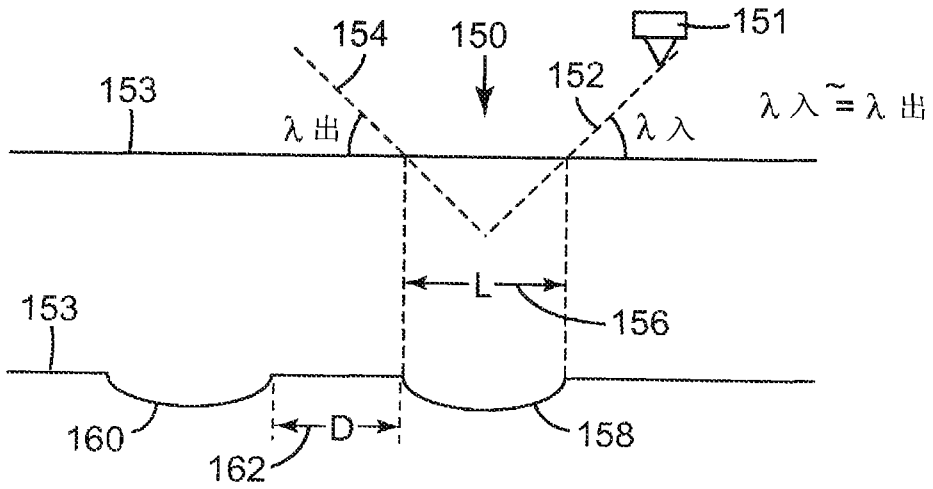


图7A

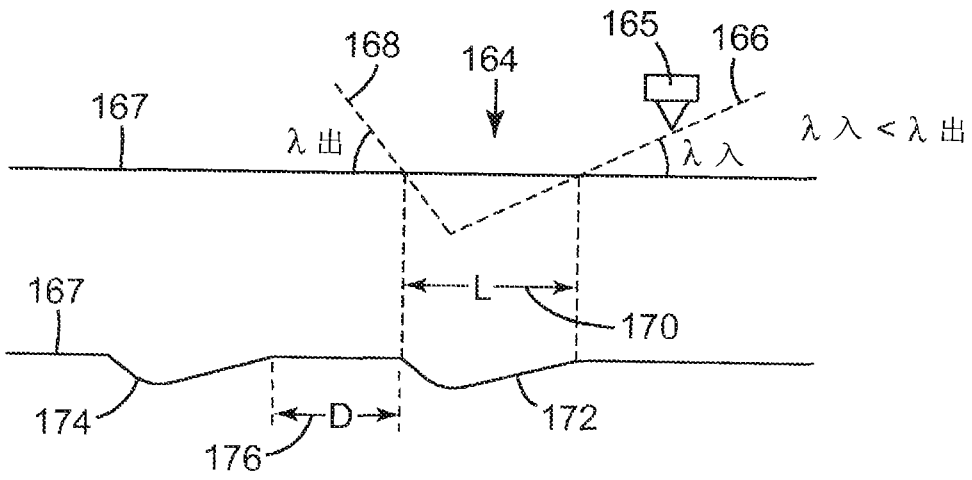


图7B

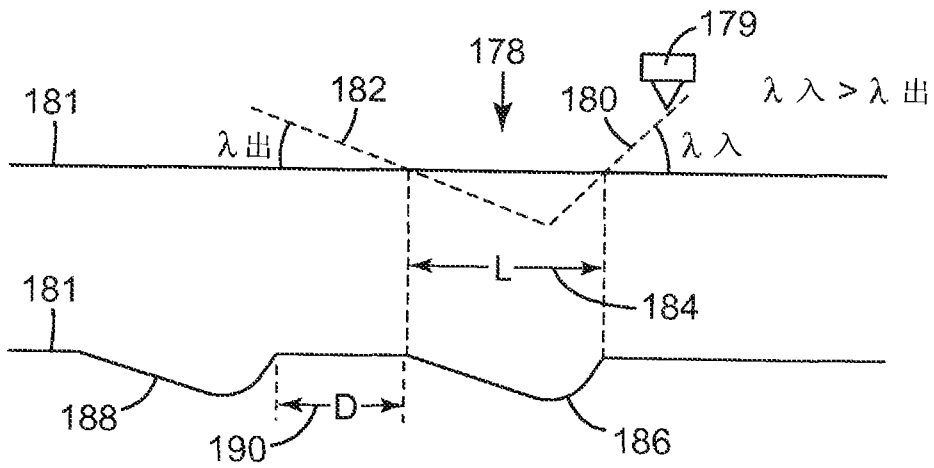


图7C

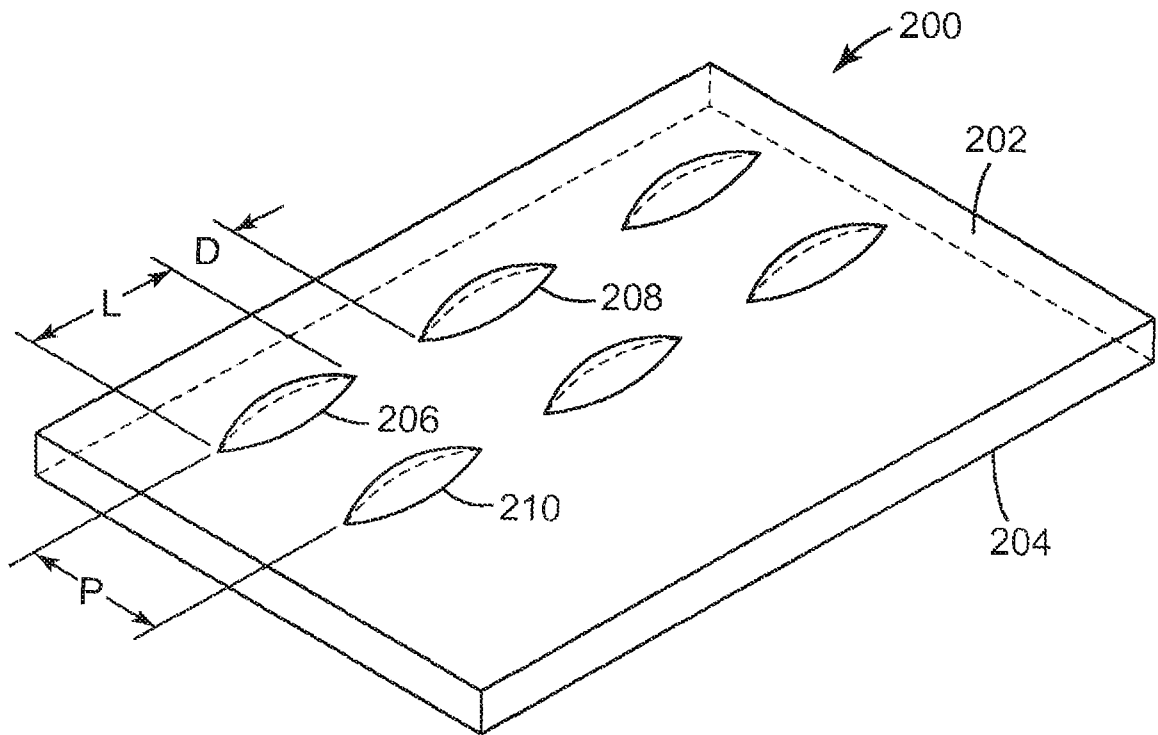


图8

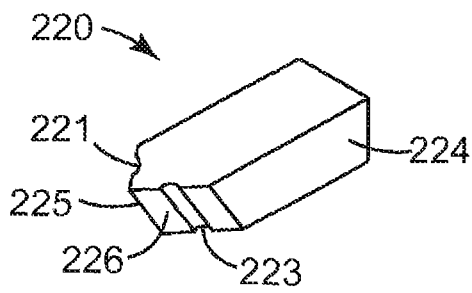


图9A

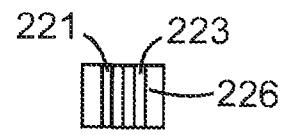


图9B

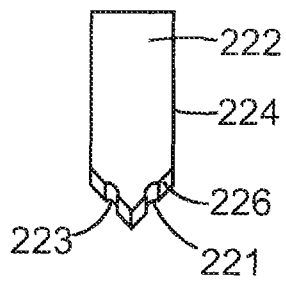


图9C

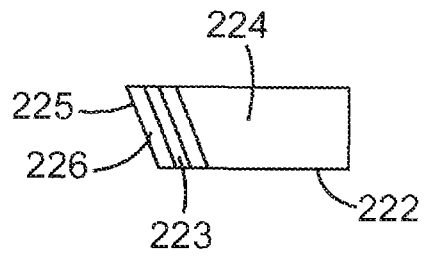


图9D

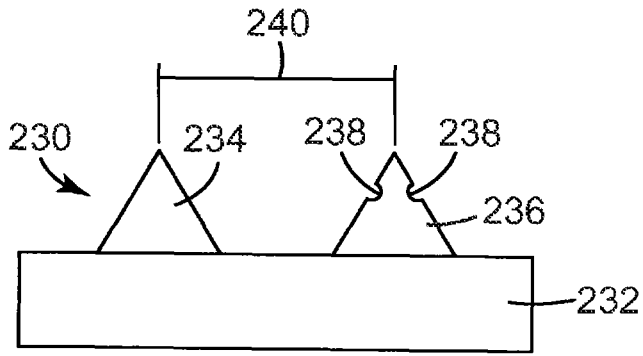


图10A

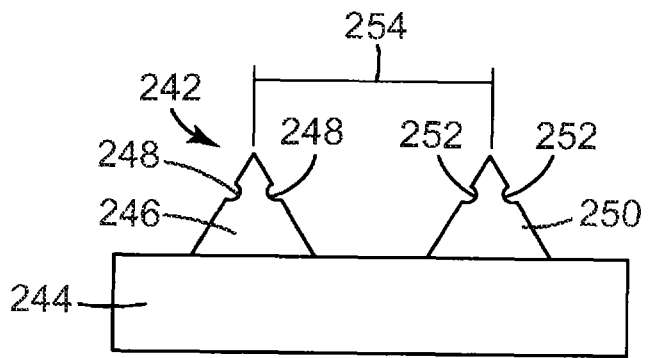


图10B

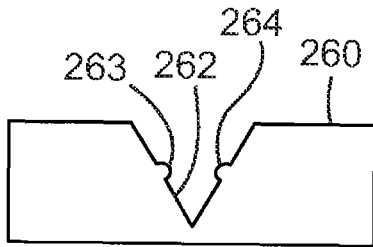


图11A

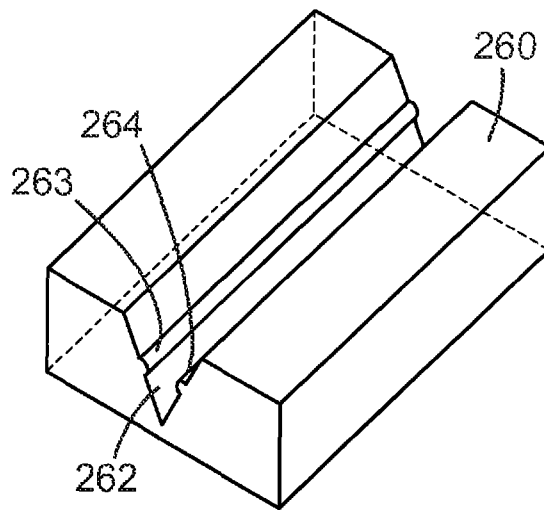


图11B

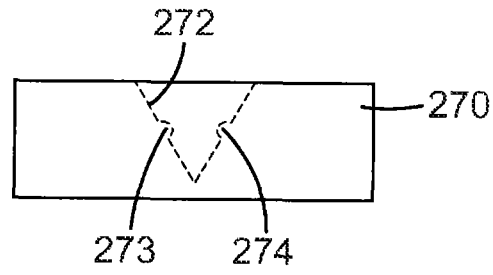


图12A

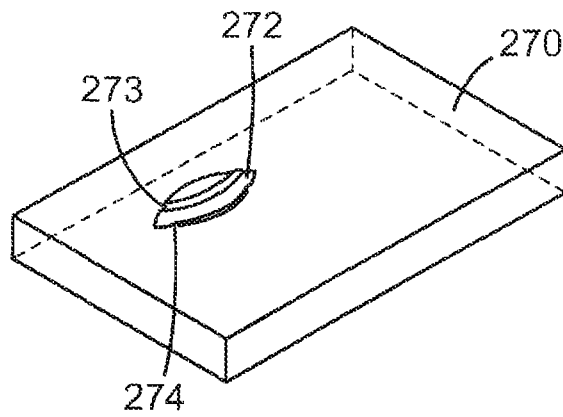


图12B