



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101861227 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 25

(21) 申请号 200880116100. 3

(22) 申请日 2008. 08. 25

(30) 优先权数据

11/941, 206 2007. 11. 16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 05. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2008/074216 2008. 08. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/064527 EN 2009. 05. 22

(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 托马斯·R·科里甘

帕特里克·R·弗莱明

(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 何胜勇

(51) Int. Cl.

G02B 26/10(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2001208993 A, 2001. 08. 03,

US 6568816 B2, 2003. 05. 27,

US 6715888 B1, 2004. 04. 06,

US 4322600 A, 1982. 03. 30,

CN 2526171 Y, 2002. 12. 18,

JP 2001208993 A, 2001. 08. 03,

审查员 陈辉

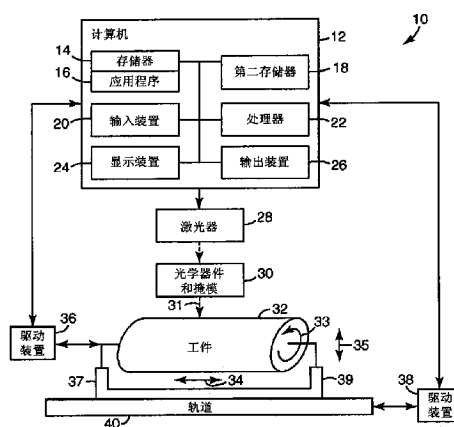
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

无缝激光刻蚀的辊模具

(57) 摘要

本发明描述了一种由大致圆柱形的工件制备经激光加工的模具的系统。所述系统包括形成激光束图像的激光器、设置在所述激光束内使所述激光束成形为图像的掩模、以及将所述激光束图像成像在所述工件的所述外表面上的光学系统。所述系统在所述激光器已启用的状态下协调所述工件的旋转运动和平移运动,以使用所述激光图像刻蚀所述工件的所述外表面,从而在所述工件的表面内形成微结构以制成所述圆柱形模具。



1. 一种制备经激光加工的模具的系统,包括:

形成激光束图像的激光器;

大致圆柱形的工件,其中所述系统能够使所述工件旋转并且使所述工件相对于所述激光束移动;以及

将所述激光束图像成像在所述工件的外表面上的光学系统,

其中所述系统能够在所述激光器已启用的情况下协调所述工件相对于所述激光束图像的旋转运动和平移运动,以使用所述激光束图像刻蚀所述工件的所述外表面,从而在所述外表面内形成微结构以制成大致圆柱形的模具,并且

基于所述工件的直径来选择所述激光束图像在与所述工件的旋转轴垂直的方向上的宽度,以在所述激光束图像的焦深之内刻蚀所述工件的所述外表面。

2. 根据权利要求1所述的系统,还包括设置在所述激光束内使所述激光束成形为所述图像的投影掩模。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述系统能够在所述激光器已启用的状态下协调所述工件的旋转运动,从而选择性地刻蚀所述工件的所述外表面。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述系统能够使所述工件在大致与所述激光束垂直的平移方向上移动。

5. 根据权利要求4所述的系统,其中所述系统能够在所述激光器已启用的状态下协调所述工件的旋转运动和平移运动,从而选择性地刻蚀所述工件的外表面。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述激光束图像能够在所述模具上以连续的螺旋图案刻蚀所述表面。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述激光束图像能够在所述模具上以不连续的螺旋图案刻蚀所述表面。

8. 根据权利要求1所述的系统,还包括涂覆在所述工件的所述外表面上的材料。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述材料包含聚合物材料。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述激光束图像在与所述工件的所述外表面垂直的方向上的偏离小于1微米。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学系统使所述激光束成形为大致矩形图像。

无缝激光刻蚀的辊模具

背景技术

[0001] 已经开发出激光刻蚀加工平台,用于在聚合物平板上形成复杂的纳米级结构化表面模具。这些平台采用准分子激光器来刻蚀固定在真空吸头上的聚合物板。光学组件控制激光束并且将掩模成像在聚合物表面上,从而刻蚀由掩模设计所控制的图案。已经证明这些系统能够形成具有机械性质和光学性质的各种结构。在这些平台上形成的结构可用于制成原型的扁平复制品。可通过将聚合物的镍仿制品焊入圆柱形套管,由扁平模具制成辊模具。此类套筒中会有接缝,这在由辊模具制备薄膜时是不利的。

[0002] 存在采用激光刻蚀通过其他方式来制备辊模具,特别是无缝圆柱形模具的需求。

发明内容

[0003] 符合本发明的第一个系统可由大致圆柱形工件制成经激光加工的模具。该系统包括产生激光束的激光器和用于处理激光束图像并且将处理过的激光束图像成像在工件外表面上的光学系统。对激光束图像的处理与工件外表面的曲率有关,并且提供了在曲面上准确成像的方式。该系统旋转工件并且使用激光束图像来刻蚀工件外表面,以在表面内形成微结构以制成大致圆柱形的模具。

[0004] 符合本发明的第二个系统可由大致圆柱形工件制成经激光加工的模具。该系统包括产生激光束的激光器和用于将激光束图像成像在工件外表面上的光学系统。该光学系统使激光图像在与工件外表面垂直的方向上的偏离小于 20 微米。该系统在激光器已启用的状态下协调工件的旋转运动和平移运动,以使用激光图像来刻蚀工件的外表面,从而在表面内形成微结构以制成大致圆柱形的模具。

附图说明

[0005] 附图包含在本说明书中并构成本说明书的一部分,并且结合具体实施方式阐明本发明的优点和原理。在附图中,

[0006] 图 1 为用于对圆柱形工件进行激光加工的系统的示意图;

[0007] 图 2 为示出了采用光学器件和掩模在工件上形成图像以对其进行加工的示意图;以及

[0008] 图 3 为示出了在工件上形成的图像的示意图。

具体实施方式

[0009] 激光加工系统

[0010] 激光加工系统可用于通过激光刻蚀来制成聚合物辊模具。如下所述,基于激光刻蚀系统的辊;例如,准分子激光器、光学系统以及包括涂覆有可加工材料(如聚合物)的辊的工件。光学系统可包括如下所述的光学组件、投影掩模支撑系统和成像光学器件。其他可能的光学系统可采用镜面反射技术或全息技术来进行如下所述的成像和刻蚀操作。

[0011] 图 1 为用于加工被称为工件的辊模具的示例性激光加工系统 10 的示意图。加工

可包括例如在工件中形成微结构。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。

[0012] 术语“微结构”是指至少一个尺寸（如高、长、宽或直径）小于 2 毫米（mm）并且优选地小于 1mm 的结构。采用本说明书所述系统形成的微结构可具有 1000 微米节距、100 微米节距、1 微米节距，或甚至约 200 纳米（nm）的亚光学波长节距。提供这些尺寸仅为示例性目的，采用本说明书所述系统形成的微结构可具有采用该系统能够加工的范围内的任何尺寸。

[0013] 系统 10 由计算机 12 控制。计算机 12 具有例如以下元件：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第二存储器 18；接收信息或命令的输入装置 20；运行存储在存储器 16 或第二存储器 18 中，或来自另一个来源的应用程序的处理器 22；输出视频信息的显示装置 24；以及以其他形式输出信息的输出装置 26，例如输出音频信息的扬声器或输出信息硬拷贝的打印机。

[0014] 由准分子激光器 28 和光学系统一起来加工工件 32。本例中的光学系统包括光学器件和投影掩模 30，其选择性地阻挡部分激光束 31 来形成图像，从而对工件 32 上的材料进行加工。在计算机 12 的控制下，激光器 28 可形成激光束 31 的脉冲。为了加工工件 32 的外表面，激光器、光学器件和投影掩模通常保持静止，同时工件 32 在大致与激光束 31 垂直的方向上旋转和平移。具体地讲，驱动装置 36 在计算机 12 的控制下使工件 32 按箭头 33 所示方向或相反方向旋转。就工件 32 的平移而言，工件由支架 37 和 39 来支撑，支架采用计算机 12 控制的驱动装置 38 使工件按箭头 34 所示方向沿着轨道 40 横向移动。通过驱动装置 38 的支架 37 和 39 还可配置成按箭头 35 所示在大致平行于激光束 31 的方向上移动工件。工件 32 按箭头 35 所示方向的移动可用于帮助精确调焦由激光束 31 形成的图像，使其成像在工件 32 的外表面上。作为另外一种选择，除了如箭头 33 所示的工件 32 的旋转外，激光器 28 和工件 32 可保持静止，同时光学器件和掩模 30 沿着工件平移。在可供选择的实施例中，系统 10 还可配置成对激光器 28 以及光学器件和掩模 30 沿着工件 32 平移时所产生的图像进行光程补偿。

[0015] 图 2 为示出了采用光学器件和投影掩模在工件上形成图像以对其进行加工的示意图。光学器件 42 为成像掩模 44 提供激光束 31。根据成像掩模 44 的构造，对成像光学器件 46 提供激光束 31 以将图像 48 投射到工件 32 的可加工材料 41 上。系统 10 采用成像而非光斑直写来加工工件 32。光斑直写与成像之间存在若干明显的不同。对于光斑直写，系统在透镜的焦点处作用。对于成像，系统在投影掩模的图像上作用。重叠技术被称为成形光斑直写，该成像技术采用投影掩模和成像透镜利用激光束形成简单的形状，如三角形或月牙形，然后移动该形状以得到加工所需的图像。对于光斑直写，像素为激光束，通常为圆形并且尽可能小。对于成形光斑直写，像素为成形光斑，但其比利用激光束可能得到的最小光斑大得多。对于成像，像素通常为可能的最小光斑，但是这些像素全部合并成一个刻蚀所需的成像结构。

[0016] 工件 32 通常具体为涂覆有激光可加工的聚合物材料的金属辊。金属辊可具体为例如涂覆有镍或铬的硬铜或钢。作为另外一种选择，工件 32 可具体为涂覆有可加工的聚合物材料的铝、镍、钢或塑料（如丙烯酸酯）。此类用于加工的聚合物材料的例子在美国专利申请 No. 11/278278 和 11/278290 中有所描述，两者均提交于 2006 年 3 月 31 日并且全文以

引用方式并入本文中。使用的具体材料可取决于例如具体的所需应用,如使用已加工工件制成的各种薄膜。可加工的聚合物材料可具体为例如聚酰亚胺和聚氨酯丙烯酸酯。类金刚石玻璃(DLG)涂层可用于利用激光刻蚀的聚酰亚胺辊来制成耐用的模具。DLG在2005年7月20日提交的美国专利申请 No. 11/185078 中有所描述,该专利全文以引用的方式并入本文中。含氟聚合物涂层也可用于提高刻蚀辊的耐久性。用作工件上刻蚀基底的其他材料包括聚碳酸酯、聚氨酯和丙烯酸酯。可通过涂覆一薄层镍、铬、银或其他材料来提高辊模具(工件)的耐久性,并且还可以增强其脱膜特性。

[0017] 系统还可用于加工其他材料,例如纳米晶金属和完全致密的陶瓷,尤其是金属氧化物。然而,与刻蚀聚合物所需的功率相比,这些材料需要约十倍的刻蚀功率。可利用该系统来刻蚀陶瓷;然而,制备较大的完全致密的陶瓷材料辊或涂覆其的辊均十分困难。因此,较小的陶瓷材料辊对刻蚀而言更为理想。

[0018] 可加工的特征尺寸取决于激光的波长和成像光学器件的数值孔径。数值孔径为可进入或离开光学系统或元件的经向光线的最大光锥顶角的正弦乘以光锥顶点所处介质的折射指数。

[0019] 工件 32 的加工由不同元件的协调移动来实现。具体地讲,系统在计算机 12 的控制下通过驱动装置 36 和驱动装置 38 来控制工件在方向 33、34 和 35 上移动,同时在激光器 28 的控制下协调那些运动,从而在工件 32 的表面上形成激光图像以对其进行加工。工件表面在加工期间可为静止的,或优选地可与电子和激光系统一起运动,其中电子和激光系统的延迟由计算机计算,以将图像准确置于表面上理想的位置。

[0020] 工件 32 加工完后可用于制成在多种用途中使用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他机械微结构化元件。这些薄膜通常采用涂层工艺制成:将粘稠状态的材料涂抹在工件上,使其至少部分硬化,然后将其移除。硬化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,工件中的凹进在所得薄膜中造成凸起。

[0021] 激光加工方法

[0022] 如上所述,激光器 28 以及光学器件和投影掩模 30 通常保持静止,同时工件 32 分别在方向 33 和 34 上轴向旋转和平移。与激光束垂直的辊的小范围运动的轴线(方向 35)可有助于对系统进行调焦。作为另外一种选择,此调整可通过移动光学器件、投影掩模或同时移动两者来实现。为了进行加工,在工件 32 处于正确位置时轴向旋转和平移工件,同时由计算机 12 控制激光器 28 发出激光。采用此技术,直径为 12 英寸(in)、长为 24 英寸的辊可在仅几小时内完全图案化形成浅图案。

[0023] 在基于辊的系统上成像以进行刻蚀的一个考虑因素为分辨率与焦深之间的平衡。下列等式总结了该关系:

$$[0024] \quad W = \frac{k_1 \cdot \lambda}{NA},$$

[0025] 其中 W 为分辨率, k_1 为常数, λ 为曝光波长, NA 为数值孔径;以及

$$[0026] \quad DOF = \frac{k_2 \cdot \lambda}{NA^2}, \text{ 其中 DOF 为焦深, } k_2 \text{ 为常数, NA 为数值孔径。}$$

[0027] 根据这些等式确定仅可通过增大系统的 NA 来提高给定光波长的分辨率。

[0028] 由于系统 10 在曲面上成像,因此基于图 3 所示示意图的几何分析说明了此系统的平衡。如图 3 所示,值 $\Delta X(56)$ 代表点 50 与点 51 之间的工件外表面 53 上图像的宽度。工件的半径为 $R(52)$,角 $\theta(54)$ 代表成像区域 56 的角距的一半。值 $\Delta Z(58)$ 代表垂直于工件外表面的成像区域 56 的垂直距离。根据图 3 所示成像的几何形状, $\Delta Z = R - R \cdot \cos(\theta)$, $\Delta X = 2 \cdot R \cdot \sin(\theta)$ 。表 1 汇总了此几何形状的示例值。对于直径为 12 英寸的辊,5mm 宽的图像将覆盖超过 20 微米 (μm) 的垂直距离,因而不能形成具有某些 DOF 值的合适图像。此外,希望增大系统的分辨率,这就要求减小 DOF。

[0029]

表 1		
R (in)	ΔX (mm)	ΔZ (μm)
6.00	5.00	20.51
6.00	1.00	0.82
6.00	3.49	10.00
10.00	5.00	12.30
10.00	1.00	0.49

[0030] 若干方法可以处理涉及在曲面上成像的考虑因素。第一种处理曲面上成像的方法涉及将准分子激光束转换为狭长光束 (如 $1mm \times 20mm$) 而非常用方光束 ($5mm \times 5mm$) 的光学组件。这样投影掩模便为狭长的,但不会限制由系统形成的图案的范围。如图 3 所示以及表 1 汇总,从工件轴线射下的 1mm 宽的光束 (距离 56) 偏离直径为 6 英寸的辊的成像平面的距离小于 1 微米 (距离 58)。在其他情况下,光学系统或投影掩模可配置成得到在与工件外表面垂直的距离内偏离小于 20 微米或 10 微米的图像。因此,采用非常大的圆柱体时,可限制弯曲方向上成像域的尺寸,以使得激光图像保持在大致成像焦距内,其中聚焦误差等于 $1/2 \Delta Z$ (距离 58)。

[0031] 在第二种方法中,最终成像光学器件可设计成处理激光束图像以产生圆柱形成像平面,在此情况下,系统 10 将平面图像从投影掩模投射到凸圆柱形 (工件) 上。此方法在一个方向上弯曲成像域,其涉及定位成像透镜组件中的柱面透镜。处理量通常与工件外表面的曲率大小有关,以将处理过的平面图像从投影掩模投射到工件的曲面上。可采用例如光线跟踪软件来设计此方法。处理投射到表面上的图像的技术在美国专利 No. 6,715,888 和 6,568,816 中有所描述,两者均以全文引用方式并入本文中。激光刻蚀加工优选生成弯曲成像域的第二种方法,因为该方法使激光器的主光线与圆柱形工件的外表面垂直,使得光线“指向”工件的中心轴线。

[0032] 第三种方法涉及使用弯曲掩模 (如刻蚀过的金属掩模) 来生成弯曲的成像域,其中掩模的曲率大小与工件外表面的曲率大小有关。

[0033] 虽然已结合示例性实施例描述本发明,但应当理解,对本领域的技术人员而言,许多修改形式都是显而易见的,本专利申请旨在涵盖其任何修改或变化。例如,可在不脱离本发明范围的情况下使用各种类型的激光器、成像光学器件、掩模和要刻蚀的材料。本发明应当仅受限于权利要求书及其等同物。

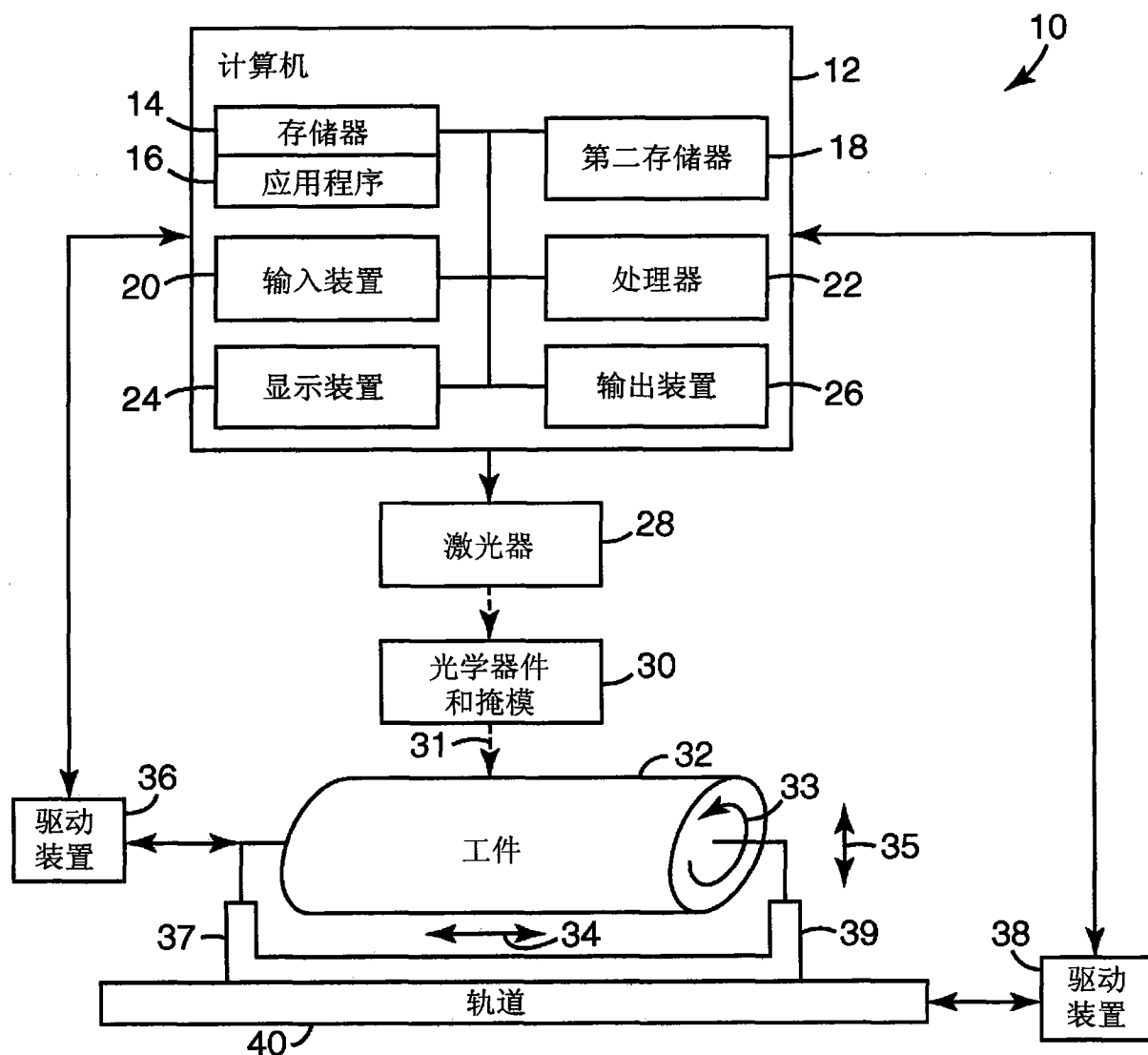


图 1

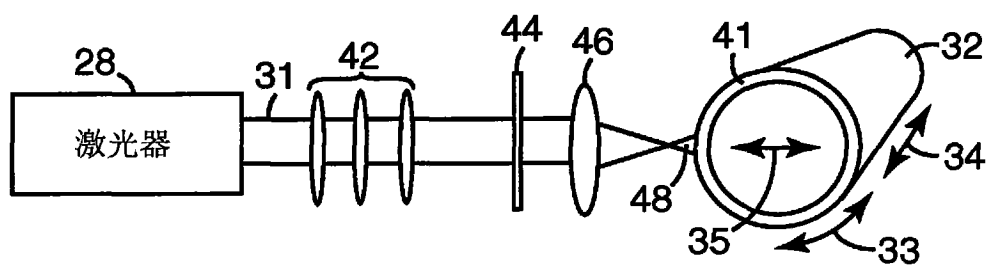


图 2

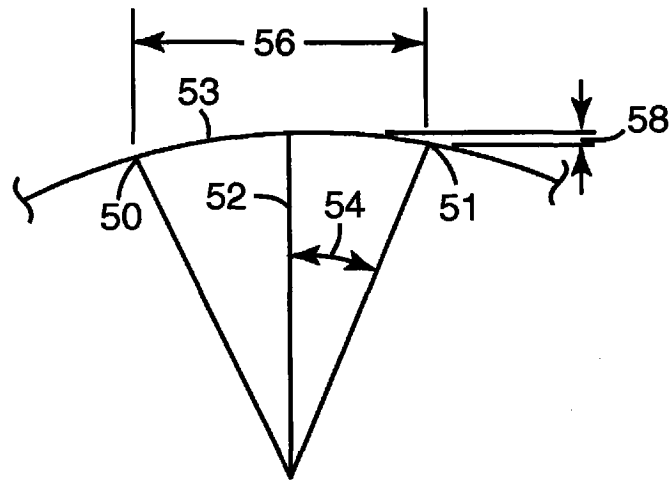


图 3