

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99813493.7

[43] 公开日 2001 年 12 月 12 日

[11] 公开号 CN 1326393A

[22] 申请日 1999.3.31 [21] 申请号 99813493.7

[30] 优先权

[32] 1998.11.23 [33] US [31] 09/198,160

[86] 国际申请 PCT/US99/07066 1999.3.31

[87] 国际公布 WO00/30801 英 2000.6.2

[85] 进入国家阶段日期 2001.5.21

[71] 申请人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

共同申请人 麦克罗拉斯激光体系有限公司
兰姆达物理有限公司

[72] 发明人 C·L·休梅克 D·J·特雷德维尔
B·布格哈特 S·V·戈沃科夫

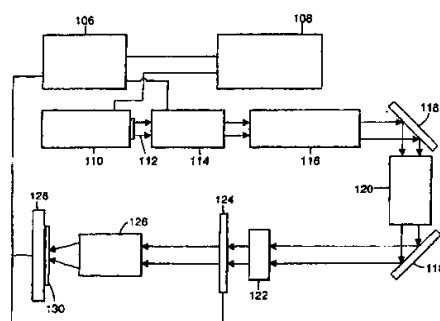
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 钱慰民

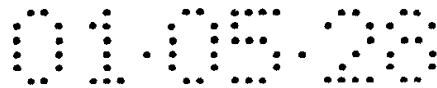
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图页数 8 页

[54] 发明名称 烧蚀激光特征物形状的再现控制

[57] 摘要

本发明涉及一种用于提高在衬底上形成的激光烧蚀特征物之形状的精度的过程,尤其在衬底为聚合物制品的情况下。所述过程包括用透过延迟片的激光照射聚合物制品,其中延迟片选自:固定可调节的片、旋转片和自转片。延迟片最好是四分之一波或半波的倍数。本发明还涉及一种用于在衬底中制作烧蚀特征物的激光器设备,该设备包括辐射源;位于辐射源和被照射衬底之间的掩模;以及延迟片。其中延迟片是固定可调片、旋转片或自转片。





权 利 要 求 书

1. 一种在衬底中形成激光烧蚀特征物的激光器设备，其特征在于，包括：
辐射源，它能够发射激光；
掩模，用于照射位于辐射源和被照射衬底之间的所述烧蚀特征物；
至少一个延迟片，它选自以下物体组成的组：旋转板、固定的可调节板，以及自转板，所述板位于辐射源和掩模之间；
其中所述设备形成一烧蚀特征物，与以前用不包含所述旋转半波片或自转四分之一波片的激光设备在衬底上形成的特征物相比，所述特征物具有所述掩模上所述特征物的更精确的形状。
2. 一种在衬底中形成激光特征物的激光器设备，其特征在于，包括：
辐射源，它产生大体上为线偏振的激光；
掩模，用于照射位于辐射源和被来自辐射源的辐射照射的衬底之间的所述特征物；
半波片或固定的四分之一波片，它位于辐射源和掩模之间，所述波片在烧蚀期间旋转；
其中所述设备形成一烧蚀特征物，与以前用不包含所述旋转半波片或固定四分之一波片的激光设备在衬底上形成的特征物相比，所述特征物具有所述掩模上所述特征物的更精确的形状。
3. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，至少一个延迟片选自以下物体组成的组：四分之一波的倍数和半波的倍数。
4. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，延迟片选自以下物体组成的组：四分之一波的奇数倍和半波的奇数倍。
5. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，所述延迟片是固定的可调节的波片。
6. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，所述延迟片是旋转片，并且所述延迟片在处理时均偏振效应期间机械旋转。
7. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，所述延迟片经选择用于补偿所述激光的偏振，并且产生大体上的圆偏振光。
8. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，辐射源是一激光器，选自以下装置组成的组：准分子激光器、Nd/YAG 激光器、Nd/YLF 激光器和 CO₂

激光器。

9. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，所述准分子激光器使用一种气体，所述气体选自以下物质组成的组：氮、氙、氟、氯、HCl、氖和氩。

10. 如权利要求 1 或 2 的所述的激光器设备，其特征在于，所述延迟片提供大体上沿一预选方向的线偏振，从而形成椭圆形的烧蚀特征物，该特征物的主轴与所述预选方向对准。

11. 一种用于控制通过烧蚀衬底制成的激光烧蚀特征物的过程，其特征在于，包括以下步骤：a) 提供如权利要求 1 或 2 所述的设备；以及 b) 用透过延迟片的激光通过掩模照射衬底，其中所述延迟片选择以下物体组成的组：固定可调节的片、旋转片和自转片，所述烧蚀特征物的形状比用不包含延迟片的激光设备形成的烧蚀特征物更精确。

12. 如权利要求 11 所述的过程，其特征在于，通过对所述衬底上存在的特征进行机器显示以及精确的移动控制，对准所述激光烧蚀特征物。

13. 如权利要求 11 所述的过程，其特征在于，在衬底中制成的所述激光特征物是盲特征物。

14. 如权利要求 11 所述的过程，其特征在于，在衬底中制成的所述激光特征物是椭圆孔或圆孔。

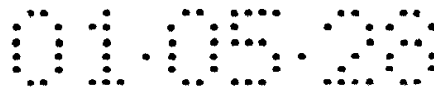
15. 如权利要求 14 所述的过程，其特征在于，特征物的出口直径小于约 30 微米。

16. 如权利要求 14 所述的过程，其特征在于，产生不止一个孔，并且圆孔的平均椭圆度小于约 1 微米。

17. 如权利要求 11 所述的过程，其特征在于，衬底是聚合物薄膜。

18. 如权利要求 17 所述的过程，其特征在于，聚合物薄膜是聚酰亚胺。

19. 如权利要求 18 所述的过程，其特征在于，所述聚合物薄膜是包含喷墨打印头中成份的喷嘴。



说明书

烧蚀激光特征物形状再现控制

发明背景

发明领域

本发明涉及一种在衬底上形成具有更精确形状但形状畸变小的烧蚀特征物的方法和设备，尤其适用于聚合物衬底。

相关技术的描述

用掩模和成像透镜系统在聚合物材料上形成激光器烧蚀特征物是众所周知的。在此工艺中，用激光照射掩模上的特征物。然后，将透过掩模上透明图案的激光成像到诸如聚合物薄膜等衬底上，在衬底上发生烧蚀过程。

图 1 示出了传统准分子激光器加工系统的基本布局。一般地说，计算机通过与系统操作人员联系的接口控制系统。计算机控制启动脉冲激光器系统和伺服系统。伺服系统的功能是，对掩模和衬底卡盘定位，以便将激光器研压(milled)图案与衬底上的其它特征物适当对准。为此，通常将一可视系统(未图示)与计算机系统相连。伺服系统或计算机可以控制衰减模块，以改变进入系统中的紫外线辐射量。另一种方法是，通过调节激光器的高电压或者控制能量设置点来改变激光器的脉冲能量，并由激光器内部脉冲的能量控制回路保持激光器的脉冲能量。

在此图中，用箭头表示紫外线光束的光路，它体现了系统内部紫外线能量的流向(这里，箭头只是示意性的，并不表示实际的光线路，一般两路光线不平行)。紫外线功率由脉冲式准分子激光器发出。激光器一般以 100-300 Hz 的频率点火，用持续时间大约为 20-40 纳秒的脉冲进行经济加工。典型的工业准分子激光器的时均功率为 100-150 瓦，但由于脉冲的持续时间短，所以峰值功率可以达到兆瓦。这些高功率在加工多种材料中较为重要。

离开激光器的输出端后，紫外线能量一般要穿过衰减器；但是，这是一个可供选择的部件，并不是所有激光器加工系统中都有的。衰减器可以实现一种或两种可能的功能。在第一种功能中，衰减器对光列(optical train)的恶化进行补偿。如此用途的衰减器允许激光器运行在较窄的脉冲能量带(从而

处于一个受限制的高电压电平范围内)中，以便长时间地进行更稳定的操作。利用系统中的新型光学镜片，可以将衰减器设置成能够耗散一部分激光器功率。当光学镜片本身退化并开始吸收能量时，调节衰减器以提供附加光能。对于此功能，可以使用一个或多个简单的手动衰减板。衰减板一般是具有特殊介电膜的石英或熔融石英板，用以将一部分激光器能量转射向衰减器外罩内的吸光收集器。

衰减器的另一个可能功能是对激光器功率进行短期控制。在这方面，用步进电动机或伺服系统驱动衰减器，并且调节衰减器，以便在衬底上提供适当的能量密度(每单位面积的能量)，从而实现合适的工艺控制。

离开衰减器后，紫外线能量传播到扩束望远镜(可选的)。扩束望远镜用于调节光束的截面积，以适当提供对光束均质器(beam homogenizer)的入射光线。通过在离开均质器时形成正确的照明数值孔径而对总的系统分辨率有很重要的影响。典型的准分子激光光束在水平与垂直方向上是不对称的。一般称准分子激光光束为“顶帽式高斯分布”，指在激光器出射方向(通常为垂直方向)之间，光束分布是“顶帽形的”(开始时相对平坦，并在边缘处急剧下降)。在横向方向上，光束具有一典型的强度分布曲线，该曲线看上去是高斯性质的，比如一条常规的概率曲线。

扩束望远镜对这些方向上的功率分布进行一定程度的相对调整，以减小(但不完全消除)因这两个正交光束方向上数值孔径(光锥半角的正弦值)不同而使成像到衬底上的图案发生畸变，因为成像分辨率是数值孔径的直接函数。

图中示出了在扩束望远镜和均质器之间有一个平直束折叠式反射镜。大多数系统由于空间的局限只能容纳少量的这类反射镜以便将系统折叠在有效的空间内。一般来说，可以将反射镜放置在各部件之间，但在某些区域内，能量密度会非常高。因此，要仔细选择反射镜的位置，以避免这些高能量密度的区域。总的来说，系统设计者会限制折叠式反射镜的数量，以最大程度地降低光学镜片更换成本和对准难度。

接着，紫外线光进入光束均质器。均质器的目的是在掩模平面产生一个均匀的强照射场。它还决定了照射场的数值孔径(即，入射到掩模上的光锥的半角的正弦值)。如上所述数值孔径会影响总的系统分辨率。由于准分子光束的某些部分比其它部分热，所以均匀照射要求将光束解析成较小分段，并且光束在掩模平面上延伸和覆盖。本领域已知几种方法，其中一些方法基于例

如美国专利 4,733,944 和 5,414,559 所揭示的传统的折射光学镜片，两项专利的内容通过引用包括在此。均质过程还可以基于例如美国专利 5,610,733 所揭示的衍射或全息光学镜片，该专利的内容通过引用包括在此。另一种方法是，基于连续起伏微透镜阵列(Nikoladjeff 等人在 1997 年的《应用光学》第 36 卷，第 32 期，第 8481-8489 页上发表的“用于准分子激光光束均质化的、在熔融石英中重复的衍射微透镜”对此有描述)。

离开光束均质器后，光传播到场透镜，场透镜用于收集来自均质器 28 的光，并将其适当耦合到成像透镜中。根据应用，场透镜可以是简单的球面透镜、柱面透镜、其变形或组合。场透镜的精心设计和放置对于在透镜的衬底侧实现远心成像是很重要的。

掩模一般放在场透镜的附近。掩模带有一图案，该图案将被复制在衬底上。此图案一般比衬底上所需的尺寸大(2-5 倍)。成像透镜设计，可以在将掩模成像到衬底上的过程中放大(或缩小)掩模。这可以获得以下所需性能，即在掩模平面上保持较低的紫外线能量密度，而在衬底平面上保持较高的能量密度。大比例的缩小通常会限制衬底平面上可用的场的大小。

掩模可以通过以下方式制成，即在石英或熔融石英衬底上涂覆铬或铝，然后用光刻或其它已知方法将图案刻蚀在金属层内。另一种方法是，熔融石英掩模上的反射层和/或吸收层可以包含一系列介电层，诸如美国专利 4,923,772 和 5,298,351 中所描述的介电层。两专利的内容通过引用包括在此。

成像透镜的目的是缩小掩模图案并将其转传到衬底上。如果图案在每一维上缩小到 $1/M$ ，那么能量密度将升高 M^2 乘以成像透镜的透射系数(一般约 80%)。在最简单的情况下，成像透镜是单元件透镜。一般，成像透镜是一个复杂的多元件透镜，它被设计成用于减小像中的各种像差和畸变。成像透镜最好被设计成具有为实现所需图像质量所必需的最少元件，以便提高透光率，降低成像透镜的成本。一般来说，成像透镜是光束列中最昂贵的部件之一。

成像透镜在衬底上产生掩模之图案的缩小像。每次激光器发射，都将一个强的具有图案的区域照射在衬底上。结果，在被照射区域刻蚀衬底材料。可以对许多衬底材料如此成像，特别是对聚合物材料。各种商品名的聚酰亚胺是微电子应用和喷墨应用中最通用的材料。

图 1 所描述的系统是一种“典型的”系统。对于那些没有具体要求的应用来说，系统可以进一步简化但仍可以产生烧蚀部分，只是在特征物容限、

重复性或两方面有一些损失。在应用的具体需要驱使下，对这种典型构造作一些改变对于系统来说是不足为奇的。例如，在美国专利 4,940,881 中，揭示了在成像透镜和掩模之间插入一个旋转的折射元件，这将在一定程度上控制烧蚀孔的形状。所述专利的内容通过引用包括在此。

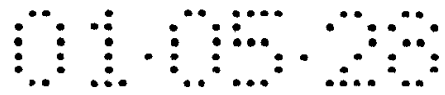
对聚合物材料进行激光烧蚀有许多应用。一些应用或其中的一些部分在例如电气通路 (electrical via) 的容限方面没有要求，而是将重点放在小尺寸、高密度特征物和低成本上。其它应用对容限和重复性有很高的要求。后一类应用的例子有诸如喷墨打印头喷嘴制造和配药喷嘴制造等液流应用。在这些应用中，对精确尺寸、形状和制造重复性的要求很严格。此系统的细节结构难于获得严格容限和产品重复性。另外，工艺参数和光学部件都对获得最严格的可能容限起着重要的作用，达到亚微米级。

本发明的目的是一种在这些要求较高的应用中用于将激光烧蚀特征物的形状控制到亚微米等级并且限制变形的装置。在本发明中，通过光束偏振效应的作用，用两个装置来控制诸如孔或喷嘴等烧蚀特征物的形状。根据激光器谐振器的结构，激光器光束本身可以随机偏振，或者具有较高的偏振性，例如具有线偏振或者另一种更一般的偏振状态。即使激光器是随机偏振的，光束衰减器和折叠式反射镜的作用也会产生部分偏振。其它系统构件根据其具体情况也可能产生一定的偏振。由于圆形孔对许多电子应用特别重要，所以我们将着重于对圆形孔的椭圆度控制，但是本发明同样适用于其它烧蚀特征物的几何形状。

当部分偏振光入射到部分烧蚀特征物的侧壁上时，由于正在形成特征物，所以入射紫外光线的反射率是光的偏振和入射角的函数。被反射的紫外光能量肯定不能用于吸收和烧蚀。结果，当正在形成特征物时，被吸收的辐射量在孔或喷嘴的周围按方位角变化，偏振将椭圆引入烧蚀孔或喷嘴。简单的几何考虑表明，其它形状的特征物也会因此效应而变形。

发明内容

本发明提供了一种针对上述一个或多个缺陷和不足解决办法。本发明可以产生并控制聚合物薄膜中激光烧蚀特征物的形状。本发明利用以下事实，即偏振光的吸收和反射与随机偏振光不同。此现象被用来提供畸变较小的激光烧蚀特征物，从而更精确地再现掩模上的特征物，但不引起畸变，例如，



影响烧蚀孔的圆度或椭圆度。

依照本发明，可以将一个自转的半波片或一个固定的四分之一波片放在系统中，以消除实质上偏振光束的负面影响，以产生更精确地烧蚀特征物。在一个主要方面，本发明可以减小烧蚀特征物形状的畸变，其中所述畸变是因偏振效应产生反射率差异而导致的。

在一个实施例中，通过实施本发明可以制造出比不使用旋转半波片或固定四分之一波片所生产的孔更圆的孔。

发明人已经发现，将诸如半波片等旋转延迟片放在光束列中可以在系统上逐个改变激光脉冲的偏振状态。用此时间平均烧蚀期间的偏振效应，从而与不使用此光学镜片的系统(如图 1 所示)相比生产形状更精确的特征物。对于包含圆孔的实施例，在光路中增加此光学镜片大大减小了孔椭圆度过程变化。值得注意，关于这一点，自旋半波片的旋转速度相对于激光重复速率是重要的。为了产生大体圆形的孔，必须调整激光重复速率和旋转速度之间的关系，使得每个激光脉冲的电场矢量指向不同方向，并且使电场矢量的分布接近均匀。如果旋转频率和激光点火频率彼此成整数倍，那么电场矢量分布实际上是有规则的，并且趋于产生/保持对孔圆度的偏差。

另外，对光源起偏(例如，谐振器中的棱镜或 Brewster 角板)并且使用四分之一波片或者最好用半波片，可以很方便地制作出椭圆孔。操作人员很容易改变椭圆度的主轴，但不改变掩模。

由此，通过实施本发明，用半波片或四分之一波片可以改变来自偏振光源的偏振状态。当用线偏振光照射时，包含圆特征物的掩模将产生椭圆的孔，椭圆孔的长轴对应于偏振轴，如图 3 所示。另一方面，如图 6 所示，通过改变四分之一波片的定向，四分之一波片具有可以将线偏振转换成圆偏振光或椭圆偏振光的效果。利用四分之一波片形成激光烧蚀孔可以产生圆孔或椭圆孔。如图 7 所示，通过简单地将四分之一波片旋转到一较佳的固定方向可以改变椭圆度长轴的位置。通过简单地改变一个光学镜片的定向而不改变投影掩模来修正孔几何形状的能力是一个强有力和且适应性很强的工艺参数。

可以看出，本发明的过程可以用来烧蚀各种激光烧蚀特征物或材料。例如，本发明可以用来在半导体制造过程中利用诸如 X 射线和包括深紫外线的紫外线等各种辐射源在有机或无机光致抗蚀性材料中刻蚀图案。另外，本发明的过程可以用来在衬底中烧蚀特征物，这些特征物或者完全横穿过衬底，

或者形成一个空穴，其给定深度小于衬底的总深度(称为“盲”通路或孔)。

在一种应用中，激光器在聚合物衬底上形成许多孔，用于喷墨打印头。在热喷墨打印头点火期间，会蒸发少量的油墨。被蒸发的油墨使墨滴通过指向打印介质喷孔射出。热喷墨打印的质量取决于喷孔的特性。喷孔的关键属性包括孔出口的形状(包括椭圆度)、孔壁的轮廓等等。

在一个主要方面，本发明提供了一种用于控制通过激光烧蚀衬底而制造的特征物之椭圆度的过程，该过程包括：用透过四分之一波片或半波片的激光照射衬底，以便在衬底中形成一特征物。

在另一个主要方面，本发明提供了一种用于在衬底中制孔的设备，该设备包括：辐射源；掩模，它位于辐射源和被来自辐射源的辐射照射的衬底之间；半波片或四分之一波片，它位于辐射源和掩模之间。另一种方法是，将自旋的半波片或四分之一波片放在掩模和成像透镜之间，这也能提供形状控制。

如本文中所使用的，这些术语具有以下含义：

1. 术语“椭圆度”指一数值，该数值等于长轴直径减去短轴直径。
2. 术语“激光烧蚀的特征物”包括空穴、孔、通路、喷嘴等，并且可以完全烧蚀穿透衬底或者仅部分穿透衬底(“盲”特征物)。

附图概述

图 1 示出了一个传统激光器系统的概貌。

图 2 示出了一激光器系统，图示了两种可供插入延迟波片的选择。

图 3A-3D 示出了当在基本上线偏振的光束中使用半波片时，孔的椭圆长轴跟随电场矢量。

图 4A 和 4B 示出了用固定半波片照射一部件所获得的椭圆度数据的统计处理控制图。这些采样产生诸多数据，其平均椭圆度为 1.17 微米。

图 5A 和 5B 示出了用旋转半波片照射一部件所获得的椭圆度数据的统计处理控制图。这些采样产生诸多数据，其平均椭圆度为 0.15 微米。

图 6A-6C 示出了用四分之一波片获得的激光电场矢量的偏振和旋转，这里基本上以线偏振光入射。

图 7A-7C 示出了对椭圆度的控制，其中通过将四分之一波片旋转到各种固定角度(例如在烧蚀期间不旋转)，以获得从圆偏振至各种椭圆偏振的改变的

偏振状态(7B)，从而实现对椭圆度的控制。

本发明的详细描述

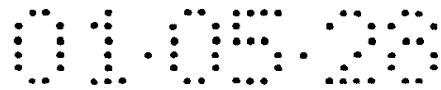
图 1 示出了一种传统激光器系统的典型布局。所用激光器的类型将根据被烧蚀衬底而定。例如，用于制造喷墨打印头的聚合物薄膜一般是诸如“Kapton™”和“Upilex™”等聚酰亚胺，其厚度大约为 50 微米(2 密耳)。对于此应用，通常使用准分子激光器，例如氪和氙等稀薄气体、氟气和氯气等卤素、KrF(波长为 248 纳米)以及 XeCl(波长为 308 纳米)。一般来说，准分子激光器通常产生 20-40 纳秒范围内的脉冲宽度。激光器的功率可以根据系统中光学部件的数量和类型进行选择，以便将在大约 400-1000 毫焦耳/厘米²范围内的能量密度传递到衬底上。

在图 1 中，激光器 110 发射激光 112。计算机 108 控制该系统。计算机 108 控制脉冲激光器系统和伺服系统 106 的启动。

当出射激光器 110 后，光束 112 通常通过望远镜 116。从准分子激光器射出的光束 112 一般呈矩形，并且对于许多应用来说其截面积经常太小。望远镜 116 用于改变光束大小，好比用本领域众所周知的两个或三个透镜望远镜在一个或两个轴上伸展或压缩光束。光束 112 还通常许多转向反射镜 118，这些反射镜足以将光束 112 折叠到有效空间内。反射镜可以放在各种位置，放在光束均质器 120 之前或者之后。

光束 112 通过均质器 120。均质器可以是本领域内已知的折射均质器，或者是衍射均质器。均质器的目的是，将激光光束的能量分布均匀地分布在掩模上，以便均匀烧蚀。当均质器 120 是衍射均质器时，激光器 110 最好提供发散度较低的光束，诸如如本领域所知由非稳定谐振器产生的光束。当均质器是折射均质器时，由于折射均质器对高发散光线的灵敏度较低，所以可以使用稳定的谐振器。

减小光束发散度的一种方法是，在激光器中使用腔内棱镜。腔内棱镜的作用是消除从准分子辐射源射出的高发散光线，使所得的光束满足衍射均质器的要求。如本文中所讨论的，由于棱镜会对光束起偏，所以使用本发明的波片是有利的。当把棱镜与波片结合时，非稳定谐振器可以获得相同的结果。但是，即使是使用非稳定谐振器的系统也会产生不希望有的孔椭圆度，因为衰减器衬底、反射镜和其它光学表面都存在部分起偏的作用。



当离开均质器 120 之后，激光光束 112 穿过场透镜 122，射到投影掩模或成像掩模 124 上。场透镜 122 将照射场耦合到成像透镜中，并且将光瞳放在透镜的远心光阑位置上。

适于实施本发明的成像掩模是已知的。美国专利 5,378,137 描述了可用于实施本发明的一类掩模的一个代表性的例子。一般地说，掩模包括一透明的熔融石英衬底，衬底具有一不透明的或反射的薄层。不透明材料可以是已被溅射到衬底上的一层铬、紫外线增强涂层、或者任何其它合适的反射或不透明涂层。另一种方法是，将一种反射材料沉积透明衬底上，例如多个交替的介电层，它们具有不同的折射率，并且具有适当的层数和层厚，可以通过异相反射光对光进行有效的部分或全部破坏。

投影掩模 124 包括许多孔，它们的形状与希望在用于阻挡一部分激光 112 的反射或吸收层中形成的烧蚀特征物的形状相同，从而可以在通过投影或成像透镜 126 之后形成一个激光图案，并将其投射到由衬底卡盘 128 保持在适当位置的衬底 130 上。如美国专利 5,417,897 所述，还可以改变掩模，使烧蚀特征物具有变化的壁面倾角。

成像透镜的光焦度可以根据投影需要而变化，并且一般提供一种向下游聚焦光束的步骤。例如，投影透镜可以一个 5X 透镜，它将来自投影掩模 124 的图像缩小到 1/5，但将能量密度增大到 25 倍(乘以透镜的透射系数，一般为 70-90%)。

图 2 示出了包括本发明波片的激光器系统。在图 2 中，激光器 210 发射激光 212。在图 2 中，激光 212 首先进入可选择的衰减器 214。然后，激光 212 通过望远镜 216。通过望远镜 216 之后，在一较佳实施例中，激光 212 射到波片 232 上。

此波片应该放在光束中，其位置例如是光线最接近平行于光轴的地方。另外，波片的这一位置将减小或消除当波片在烧蚀期间自旋时其任何倾斜或楔形所产生的影响，以便当射到掩模上时像是固定的。波片还可以放在系统的其它位置，最好放在衰减器和尽可能多的反射镜的后面，因为这些元件会改变偏振状态。波片的使用寿命是光强的函数，当光束接触或穿过系统中的光学元件时，其强度会降低。因此，光学镜片的寿命可以是将波片放在哪里

的一个因素。

波片的第二个有用位置是位置 234。在此位置上，光与光轴的平行程度不

如位置 225，但如果成像系统的数值孔径较小(例如，在分辨率非常低的系统中)，此位置是可接受的。但是，由于此位置位于均质器之后，所以该光学镜片的任何倾斜或楔形都将影响掩模上像的稳定性。但是，如果照射场充分照射掩模上的特征物，且均匀照射，那么照射场的移动对像平面内的最终烧蚀结果几乎没有影响。

第三种选择未图示，它位于掩模 224 和成像透镜 226 之间。将光学镜片放在该位置上还会在成像系统中产生较小的球面像差；但是，此影响非常小，并且几乎没有后果。由于像不稳定，所以此位置上的自旋镜片的任何楔形或倾角都将影响最终的烧蚀结果。

无论使用哪一个位置，激光光束 212 都必须入射投影掩模 224，并且形成一激光光束图案，以便在透过投影或成像透镜 226 之后投射到衬底 230 上。衬底卡盘 228 将衬底保持在适当的位置。

尽管在本系统中仅使用了一个波片，但在本发明的其它系统中可以使用多个延迟波片。

当衬底是诸如聚酰亚胺薄膜等聚合物时，可以由一盘架提供聚合物，并将聚合物定位在激光器系统的衬底台上。然后，激光器重复发射脉冲一段预定的时间，以烧蚀聚合物，形成一特征物。有各种因素会影响特征物的几何特征，包括使用本文所讨论的波片、功率、能量密度、激光脉冲的数量等等。然后，取下所得到的聚合物，将新的聚合物放在衬底台上。

图 3A-3D 示出了激光通过固定半波片 310 后致使激光 311 起偏而造成的孔的椭圆度。在图 3A 中，激光光束 311 由电场矢量 312(“E”场矢量)和磁场矢量 313(“M”场矢量)组成。已知通过激光烧蚀衬底制成的出射孔的长轴是与电场矢量对准的。因此，如图 3C 中椭圆 321 所表示的，“E”矢量会影响出射孔的圆度(椭圆度)，对于图 3A 所示的矢量，图 3C 显示了与孔椭圆度的长轴对准电场矢量。同样，在图 3B 中，激光通过具有不同偏振轴的固定半波片。电场矢量和磁场矢量与图 3A 的相反。因此，对于此配置，图 3D 示出了由椭圆 322 表示的出射孔的椭圆度，它再次与孔椭圆度的长轴对准。

用图 2 所示系统射出的激光照射厚度为 50 微米的聚酰亚胺薄膜，以形成出口直径大约为 30 微米的孔。利用线偏振光束，对于固定的半波片，平均长轴为 1.17 微米(标准偏差为 0.42)，而对于旋转半波片，平均长轴只有 0.15 微米(标准偏差为 0.47)。如图 4C 所示，在图 3、4、5、6 和 7 中定义的椭圆

度是 $x(\text{最大值}) - y(\text{最大值})$ 。此椭圆度的定义不如(长轴-短轴)，这是由软件对用于实证研究的自动显微镜的限制所产生的。但是，即使用这些不太理想的测量，也能清楚地证明此作用的量化结果和数值。

图 4A 和 4B 示出了用通过固定半波片的激光照射一部分并形成 50 个孔时获得的椭圆度数据。此图是用来导出上述结论的统计处理控制图。发现平均椭圆度(x 最大值与 y 最大值之差)为 1.17 微米，标准偏差为 0.42 微米。需要注意的是，对标准偏差 0.42 微米有贡献的变化包括来自烧蚀工艺和测量工具两者的贡献。估计测量贡献是对观察到的随机变化的一个重要贡献因子。如上所述，图 4C 示出了在这些试验中使用的椭圆度定义。

图 5A 和图 5B 示出了用通过自旋半波片的激光照射一部件并形成 50 个孔时获得的椭圆度数据。此图是用来导出上述结论的统计处理控制图。由图可见，用自旋半波片产生的孔的圆度被明显改善；即平均椭圆度(x 最大值减去 y 最大值)只有 0.154 微米，小于使用固定波片时 1 个数量级。图 5C 也示出了所用的椭圆度定义。

图 6A-6C 示出了用固定的四分之一波片将基本上线偏振的电场(6A)转换成圆偏振光束(6B)或椭圆偏振光束(6C)的情况，转换依赖于相对入射 E 场矢量的定向。

图 6A 和 6C 的现象被制作在图 7A-7C 上。图 7A 所示的表包含许多椭圆度的数据点，它们是四分之一波片相对于入射 E 场矢量的旋转角的函数。图 7B 示出了如何根据旋转角度，通过改变的椭圆偏振光束来控制椭圆度；每个椭圆表示一特定角度，其数值写在每个椭圆的上方。因此，当使用四分之一波片时，在偏振角为 ± 45 度时椭圆度最小，圆度最大，相当于圆偏振；而 0 度偏振角则产生最大的椭圆度。图 7C 示出了对 Y 最大值和 X 最大值的测量，这两个值用于计算椭圆度 = X 最大值 - Y 最大值。

说明书附图

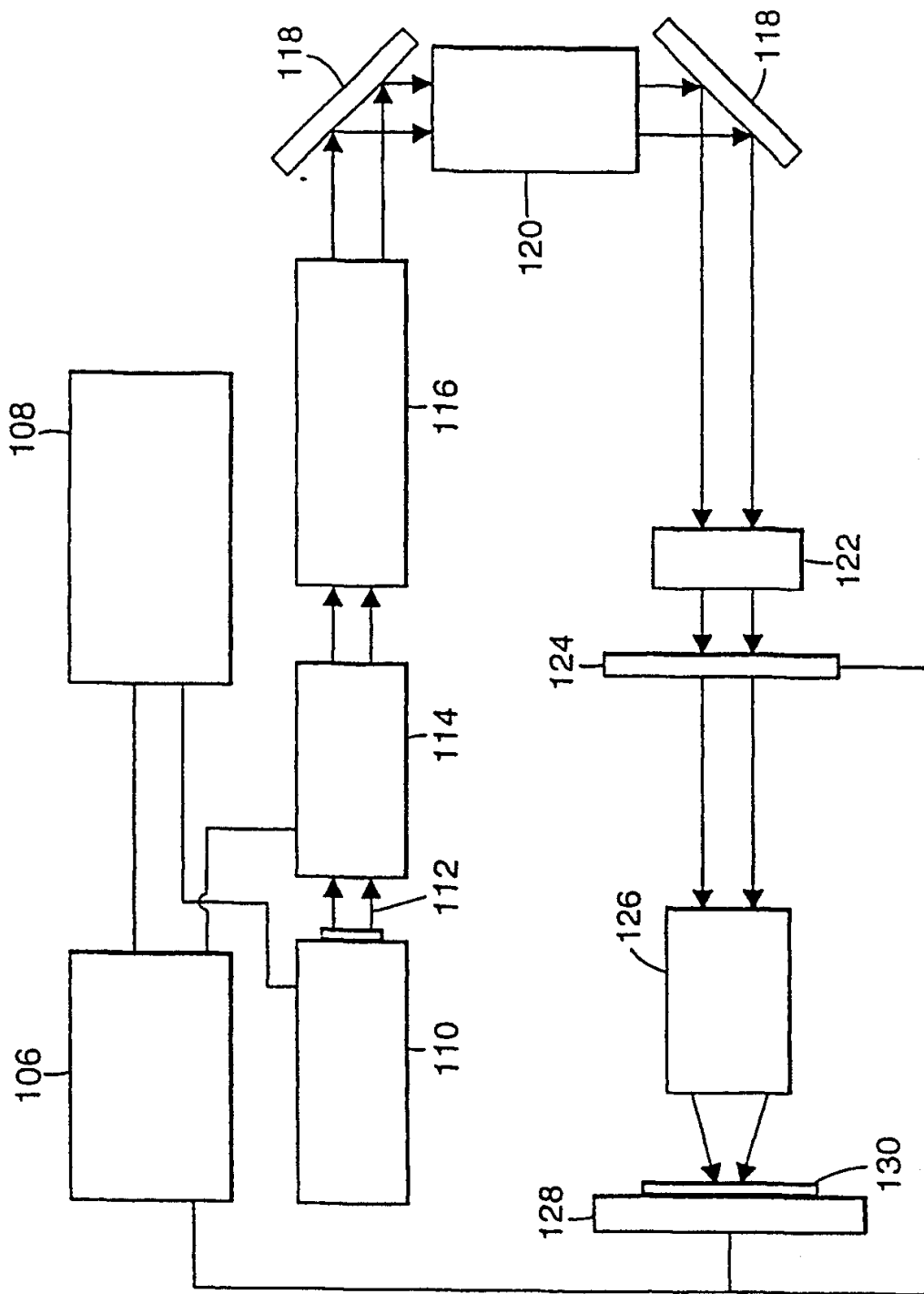
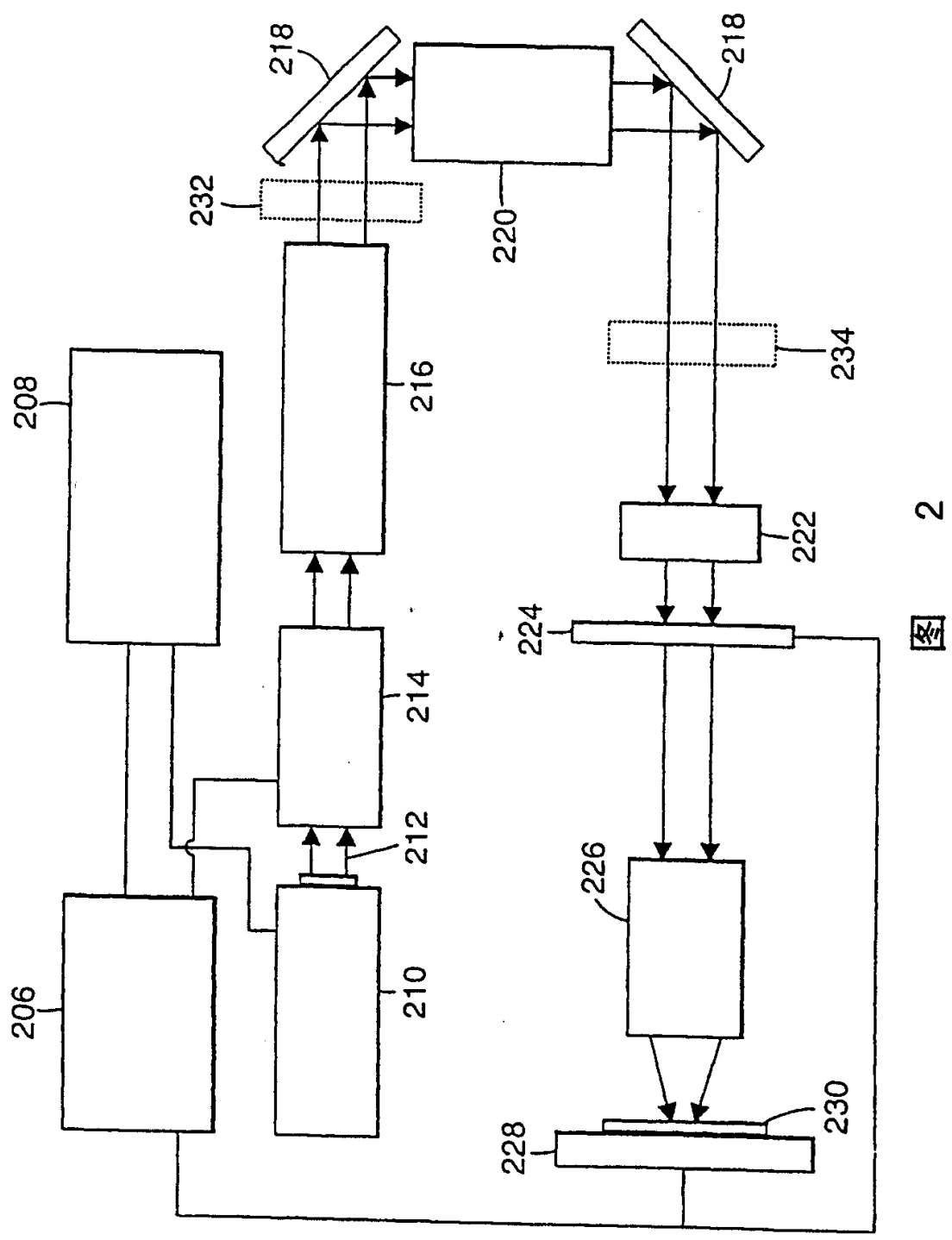


图 1



2

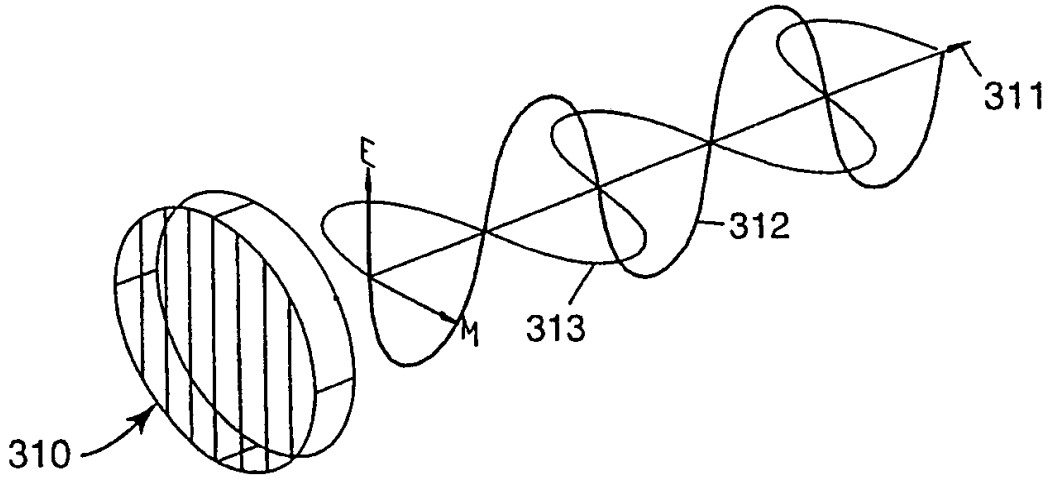


图 3A

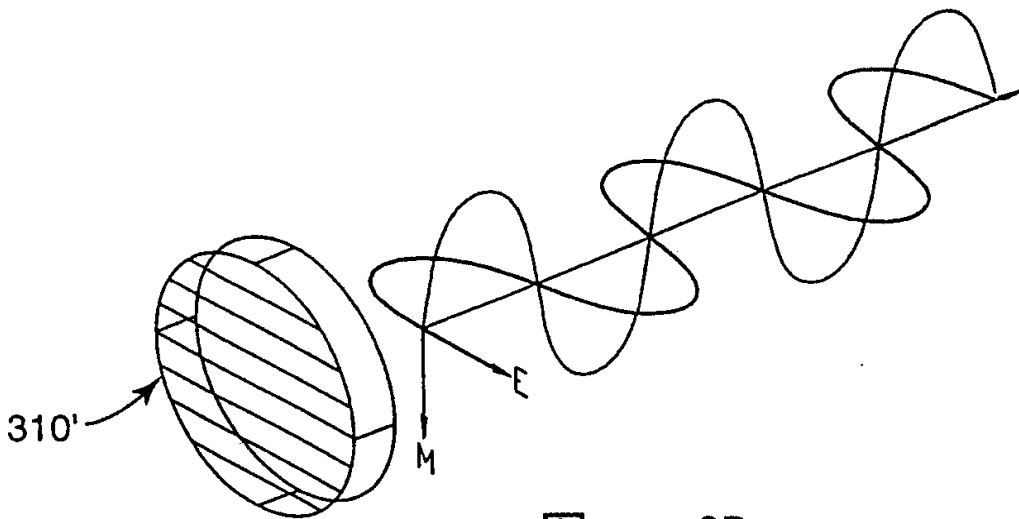


图 3B

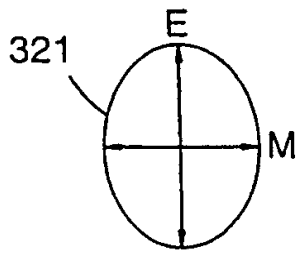


图 3C

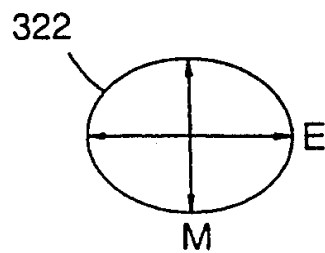


图 3D

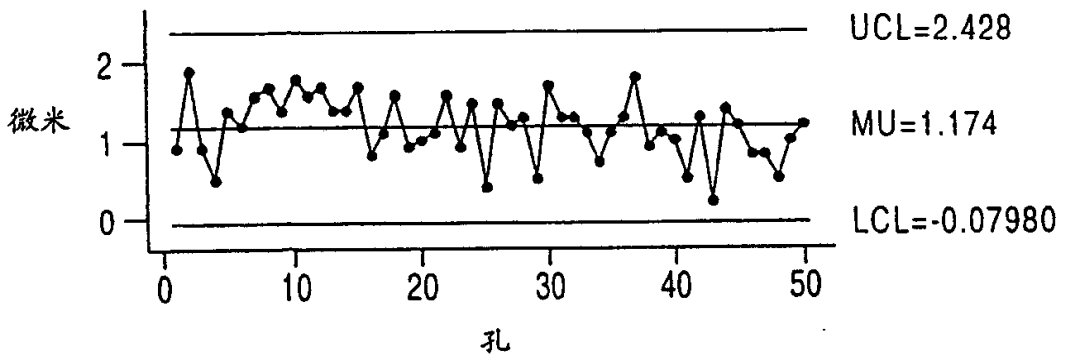


图 4A

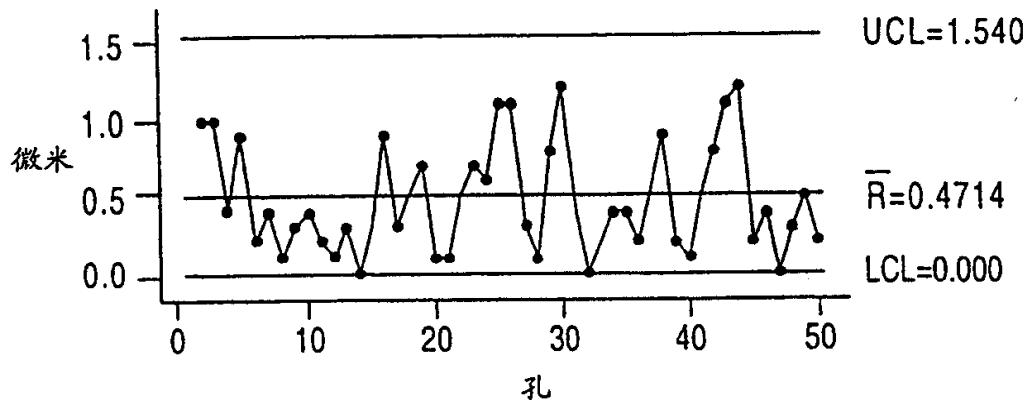


图 4B

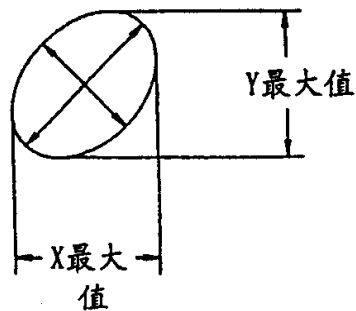


图 4C

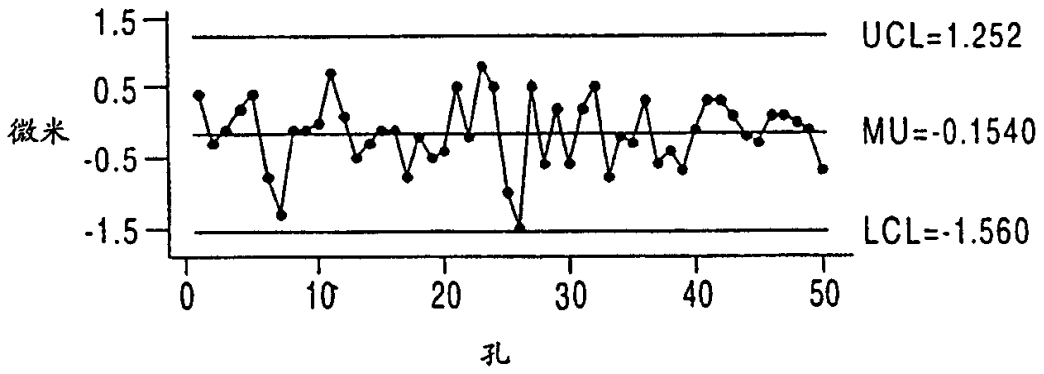


图 5A

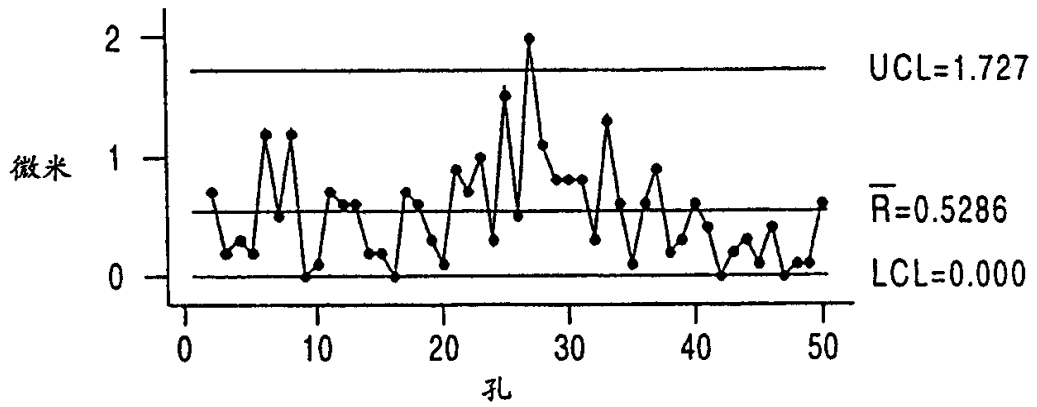


图 5B

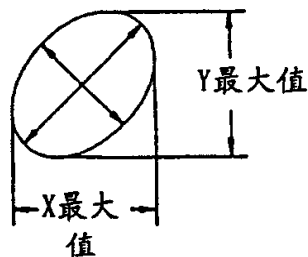


图 5C

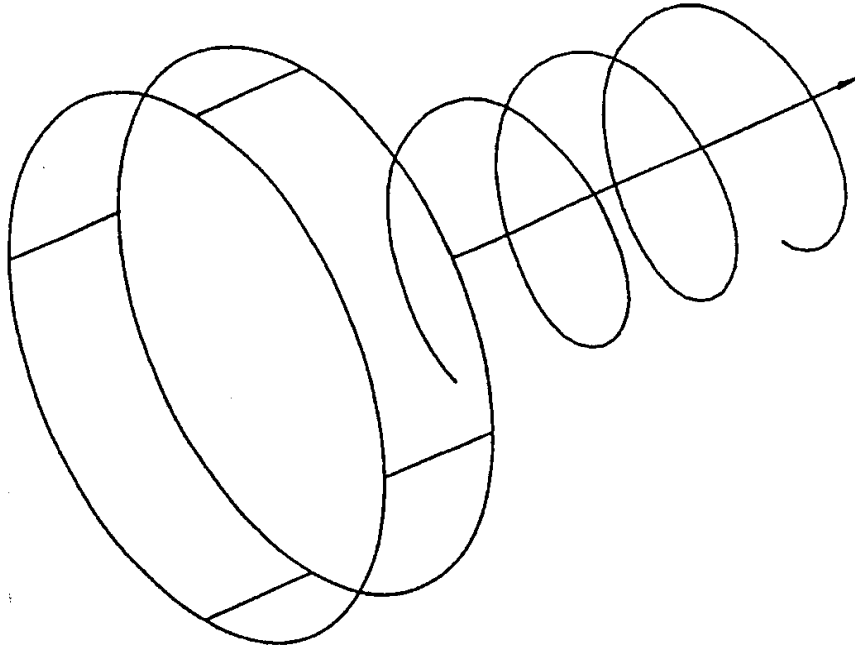


图 6A

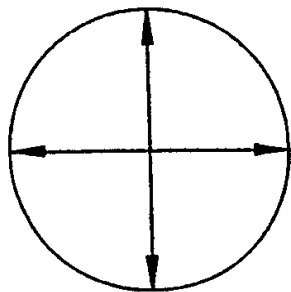


图 6B

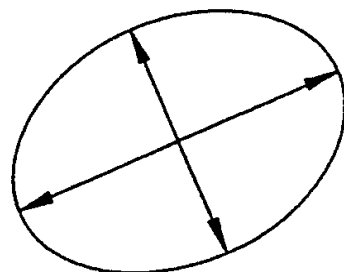


图 6C

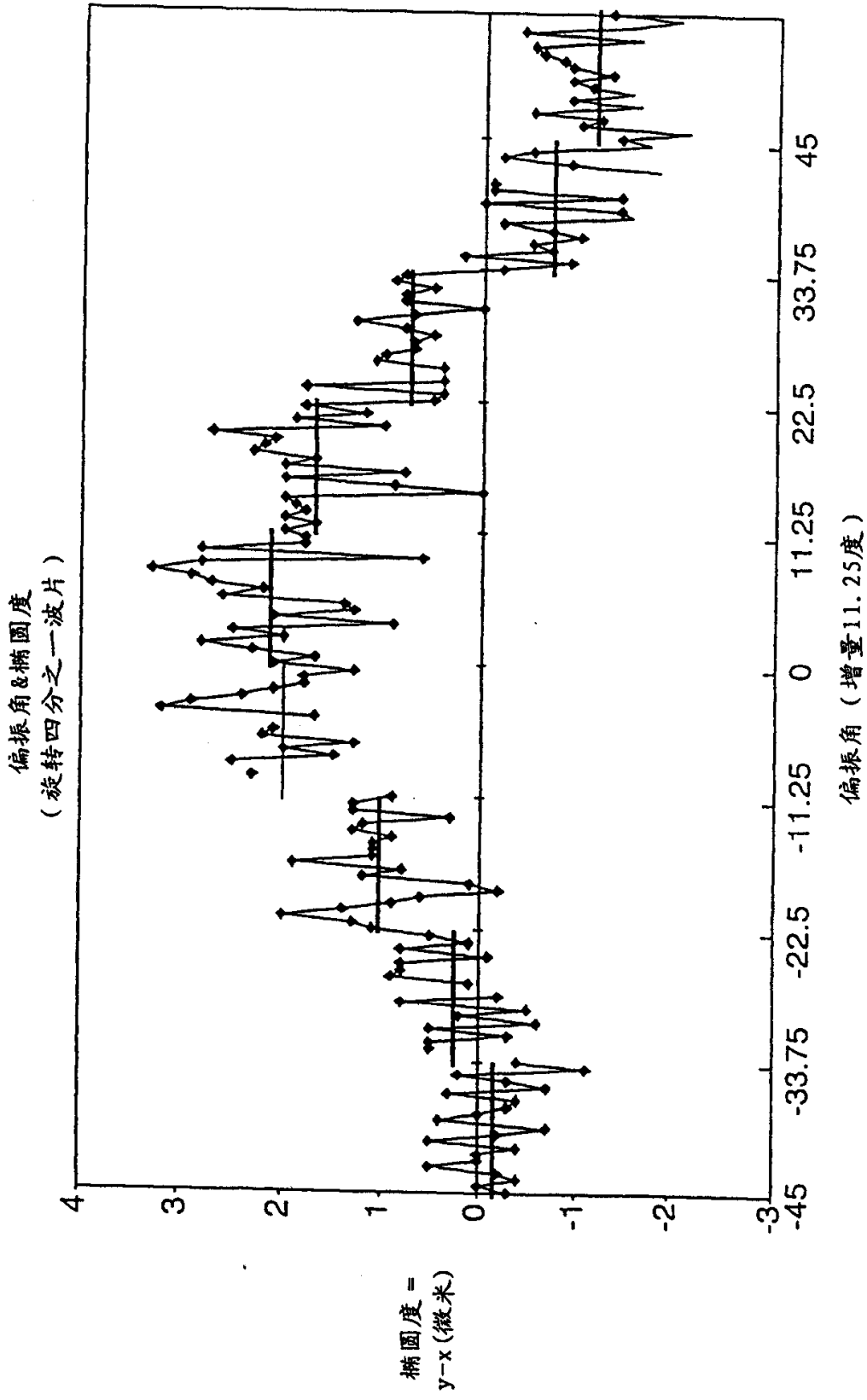


图 7A

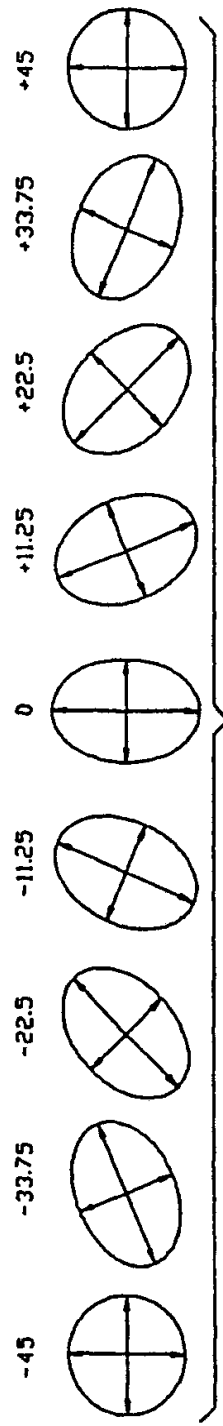


图 7B

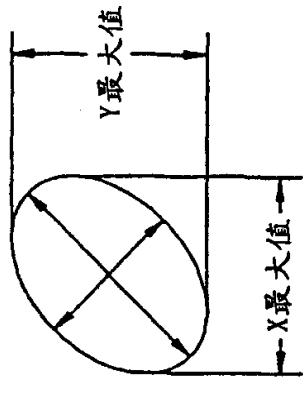


图 7C