



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101299957 B

(45) 授权公告日 2011.06.22

(21) 申请号 200680040709.8

(22) 申请日 2006.10.31

(30) 优先权数据

60/731,756 2005.10.31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.04.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/060381 2006.10.31

(87) PCT申请的公布数据

W02007/053826 EN 2007.05.10

(73) 专利权人 CRS 合伙公司

地址 美国俄亥俄

(72) 发明人 C·J·罗伯茨

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 蹇炜

(51) Int. Cl.

A61B 3/10(2006.01)

(56) 对比文件

US 4812448, 1989.03.14, 说明书第5栏第37-53行.

US 5131739 A, 1992.07.21, 说明书第2栏第18-32行, 第4栏第40-46, 66-68行, 第5栏第28-39行, 第7栏第31-34行, 第8栏第3-50行、图1, 5, 6.

US 4621644, 1986.11.11, 说明书第5栏第56-66行.

CN 2317809 Y, 1999.05.12, 全文.

US 5159361 A, 1992.10.27, 说明书第4栏第36-42行, 第8栏第7-10行, 第10栏第19-24行、图3.

CN 2649051 Y, 2004.10.20, 全文.

US 6149609 A, 2000.11.21, 全文.

审查员 陈飞

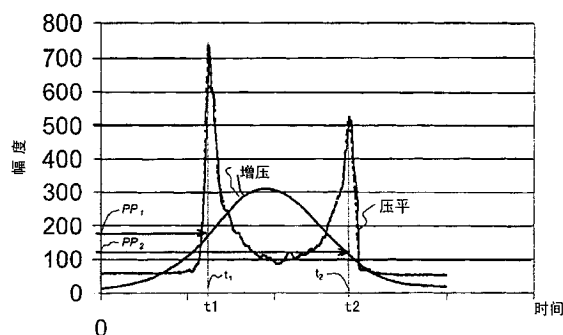
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于测量物体的变形特征的方法和装置

(57) 摘要

本发明的实施例总体涉及用于测量可变形目标表面的变形特征的装置和方法。本发明的测量原理可以应用于多种有机(如,人、动物或植物组织)和无机材料,这些材料具有能够通过施加非接触力而变形的表面。这些表面可以是光漫射且非透明的或光非漫射且透明的。本发明的示例实施例涉及用于测量角膜的变形特征的设备。该设备包括角膜地形仪和与角膜地形仪操作地集成的非接触眼压计。一方面,角膜地形仪是基于网格立体成像的地形仪。本发明设备的使用实现了用于测量角膜的变形特征的方法。除以上列出的可测量的变形特征外,能够测量屈光力、眼内压力、角膜滞后、角膜弹性、角膜粘度及多个已知角膜地形特征。



1. 一种用于在整个变形时间间隔期间测量活体角膜的变形特征的设备,包括:
角膜地形仪;以及
非接触目标表面变形力装置,
所述角膜地形仪和所述非接触目标表面变形力装置为所述设备的操作地和物理地集成的部件。
2. 如权利要求1所述的设备,其中,所述角膜地形仪包括沿所述设备的操作轴设置的高速像机。
3. 如权利要求1所述的设备,其中,所述非接触目标表面变形力装置是基于空气吹气的眼压计。
4. 如权利要求3所述的设备,其中,所述非接触目标表面变形力装置提供计量的、校准的空气脉冲。
5. 如权利要求1所述的设备,其中,所述非接触目标表面变形力装置沿所述设备的第一操作轴设置,此外,其中所述角膜地形仪包括沿所述设备的第二操作轴设置的高速像机,以及沿所述设备的第三操作轴对齐的光学系统,该光学系统包括格栅物体和光源用于投射格栅图像,此外,其中所有操作轴是方向独立的。
6. 如权利要求5所述的设备,其中,所述第一操作轴在所述第二和第三操作轴中间。
7. 如权利要求6所述的设备,其中,所述第一操作轴是所述设备的中心操作轴。
8. 如权利要求1所述的设备,其中,所述角膜地形仪是基于网格立体摄影的地形仪。
9. 一种用于测量活体角膜的变形特征的方法,包括:
提供一种设备,所述设备包括用于对所述活体角膜进行地形特征测量的地形仪;
将所述活体角膜安置于合适的测量位置;
提供非接触目标表面变形力装置,其与所述地形仪操作地集成并能够使所述活体角膜变形;
在变形时间间隔期间使所述活体角膜变形;以及
在所述变形时间间隔期间与所述角膜的所述变形同时进行多次所述地形特征测量。
10. 如权利要求9所述的方法,其中,包括提供对称的表面变形力。
11. 如权利要求9所述的方法,其中,包括提供空气压力脉冲作为表面变形力。
12. 如权利要求9所述的方法,其中,在所述变形时间间隔期间进行多次所述地形特征测量包括在选择的时间或在所述变形时间间隔期间通过选择的事件触发所述地形仪。
13. 如权利要求12所述的方法,其中,所述选择的时间或事件包括角膜凸状态、第一压平态、角膜凹状态、第二压平态中的至少一个。
14. 如权利要求9所述的方法,其中,测量的所述活体角膜的变形特征是所述变形时间间隔期间表面压痕的幅度。
15. 如权利要求9所述的方法,其中,测量的所述活体角膜的变形特征是所述变形时间间隔期间对所述活体角膜的对称或非对称的测量。
16. 如权利要求9所述的方法,其中,测量的所述活体角膜的变形特征是所述变形时间间隔期间表面压痕形状的测量。
17. 如权利要求9所述的方法,其中,测量的所述活体角膜的变形特征是所述变形时间间隔期间表面压痕面积的测量。

18. 如权利要求 9 所述的方法,其中,测量的所述活体角膜的变形特征是滞后、角膜弹性、以及角膜粘度的至少之一的测量。

用于测量物体的变形特征的方法和装置

[0001] 相关申请交叉参考

[0002] 本申请要求 2005 年 10 月 31 日申请的美国临时申请 60/731756 号的优先权。

[0003] 发明背景

[0004] 1. 发明领域

[0005] 本发明的实施例总体涉及一种通过在变形间隔中物体表面中的改变来测量可变形物体的特征的方法和装置。更具体地,本发明的实施例涉及一种活体角膜的物理和生物机械特征的测量。

[0006] 2. 相关技术说明

[0007] 通过测量物体表面特征能够披露很多与物体的物理和机械性质相关的信息。如果物体的表面响应施加的力是可变形的,则通过测量表面特征中的改变可以提供进一步有用的信息。大量有机和无机物体具有可变形的表面,对它们的测量在很多领域是令人感兴趣的。尤其令人感兴趣的是,示例物体是人眼的角膜。对眼睛的物理的、生物机械的、光学的和所有其它特征的理解的广泛兴趣明显收到了推动。多年来,已经提出了关于眼睛的结构和动力学性质的不同理论。近年来,将角膜作为固体结构模拟的较早理论已让位于至今仍未被完全理解的分层的、生物动力学地响应的结构。

[0008] 通过测量角膜的多种地形特征,已经获得了对角膜的结构和其与眼睛的其它部分的相互作用的增加的理解。这些地形特征包括角膜曲率和相对于参考表面的隆起,以及本领域已知的其它特征。角膜地形测量设备可选地称为地形仪 (topographer),角膜地形仪 (keratographer) 或角膜曲率计 (地形仪是指用于测量物体表面的地形特征的装置的通称,而角膜地形仪或角膜曲率计则更具体地涉及角膜测量)。不同的设备利用不同的测量原理来确定角膜的多种地形特征。例如,一些设备利用基于 Placido 的反射成像分析。基于 Placido 的设备能够测量角膜的曲率参数,但是典型地不能直接测量表面隆起。Orbscan 前节分析仪 (Bausch&Lomb 公司) 是一种利用扫描光学狭缝的地形特征测量设备。设备软件提供表面隆起、角膜厚度及表面曲率的直接测量。另外一种商业设备是 Par Technology 公司开发的 PAR CTS™ 角膜地形系统 (PAR)。PAR 成像系统是利用网格摄影方法。PAR CTS 成像系统将已知的格栅几何结构透射到前面的角膜表面上,其通过偏轴的像机观察。其它的地形特征测量技术包括共焦显微镜方法、光学相干层析成像、超声、光学干涉测量法和其它方法,它们都是本领域所公知的。

[0009] 虽然角膜的多种地形特征的测量能够提供与视力和角膜形状对视力性能的影响相关的健康信息,但是角膜地形本身不能披露彻底理解角膜的结构和功能所需的角膜的物理和生物机械性质。为更好理解角膜的生物机械和生物动力学性能,有必要知道与角膜弹性和黏弹性的相关的信息。用于研究这些性质的一种技术是用已知的力使角膜变形并测量角膜对力的响应。该类型的示例装置是本领域已知的眼压计。眼压计用于测量眼内压力 (IOP),其最初作为接触类型的仪器开发,意指测量过程中仪器的一部分与角膜接触。此类型的公知仪器是最初在二十世纪五十年代开发的 Goldmann 压平眼压计 (GAT)。GAT 测量弄平 (“压平”) 角膜的已知区域所需的力,并且现今用作其它类型眼压计与之比较的标准以

获得测量精度。

[0010] 诸如 GAT 的接触眼压计引起的患者的不舒适导致了“非接触”眼压计的开发,非接触眼压计通过将由泵机构通过放电管生成的空气脉冲瞄准角膜以引起压平来操作。当角膜由流体脉冲引起变形时,光电系统通过探测从倾斜地入射到角膜上的光束的角膜反射光来监控角膜。当角膜的反射表面变平时,在压平的时刻会产生峰值探测器信号。事实上,在非接触型 IOP 测量中,角膜实际上从初始的凸起状态经过压平的第一状态变形到稍微凹陷的状态,并且当空气脉冲衰减时,容许从凹状经过压平的第二状态恢复到凸状。

[0011] 美国专利 6419631 和 6875175 中公开了一种测量 IOP 的方法和一种非接触眼压计,通过在适用的法律和细则容许的最大程度上参照它们的整体将其公开并入。商业上,此技术称为 Reichert (Depew, 纽约) Ocular Response Analyzer™。根据可从 <http://ocularresponse.reichertoi.com> 得到的张贴信息,Reichert Ocular Response Analyzer 利用一种动力学双向压平过程来测量称作角膜滞后的角膜组织的性质。角膜滞后指的是测量间隔中向内移动的压平点和向外移动的压平点处空气脉冲的压力值中的差异(向内移动指最初的凸起角膜形状移动到弄平状况,而向外压平点指后空气脉冲凹陷角膜表面在其恢复到正常凸起表面形状过程中向压平点移动)。因为角膜滞后看似可重复测量,所以其可以提供一种用于标识和分类角膜的多种状况的有用的度量。例如,据称角膜滞后的测量有助于标识和分类诸如角膜膨胀和 Fuch's 营养不良的状况,并且有助于青光眼的诊治和治疗。不同角膜状况的滞后测量中的差异能够更好地报告关于角膜的生物机械和生物动力学性质。由于角膜滞后测量对呈现角膜生物机械状态的完整特征是可信的,因此相信其在筛选屈光手术患者及预测和控制手术结果中具有另外的潜在应用。有兴趣的读者可以登陆前面提到的网址获得制造商提供的更多信息。

[0012] 鉴于用于测量诸如比如是地形特征和滞后的前述技术、能力和装置,发明者意识到通过技术的组合和不同装置的集成能够获得另外的好处。发明者还意识到需要新的和改进的方法和装置,其能够更有效地测量角膜的性质,导致对角膜生物机械学和生物动力学的更好理解。

发明内容

[0013] 本发明的实施例总体涉及用于测量可变形目标表面的变形特征的装置和方法。应当理解,本发明的测量原理可以应用于多种有机(如,人、动物或植物组织)和无机材料,这些材料具有能够通过施加非接触力而变形的表面。这些表面可以是光漫射且非透明的或光非漫射且透明的。并入有能够提供在变形间隔期间使目标表面变形的无接触力的元件的适用于在变形间隔过程中或期间(即整个期间)测量可变形目标的表面地形特征的装置在此声称的发明的范围内。同样地,本发明涉及一种用于测量可变形目标表面的变形特征的装置,该装置包括地形仪和与地形仪集成并沿所述设备的第一操作轴设置的非接触目标表面变形仪。

[0014] 本发明提供了一种用于在整个变形时间间隔期间测量活体角膜的变形特征的装置,包括:角膜地形仪;以及非接触目标表面变形力装置,所述角膜地形仪和所述非接触目标表面变形力装置为所述设备的操作地和物理地集成的部件。

[0015] 本发明还提供了一种用于测量活体角膜的变形特征的方法,包括:提供一种设备,

所述设备包括用于对所述活体角膜进行地形特征测量的地形仪；将所述活体角膜安置于合适的测量位置；提供非接触目标表面变形力装置，其与所述地形仪操作地集成并能够使目标表面变形；在变形时间间隔期间使所述活体角膜变形；以及在所述变形间隔期间与所述角膜的所述变形同时进行多次所述地形特征测量。

[0016] 根据一方面，所述地形仪包括沿所述设备的第二操作轴设置的高速相机。需要合适的相机或探测器以在变形期间捕获时序图像或特定变形事件的静止图像。所述装置还包括光学系统，该光学系统包括栅格物体和光源于用于投射沿所述设备的第三操作轴对准的栅格图像。在特定方面，第二和第三轴中的至少一个偏离第一轴。更具体地，所有轴的方向独立。

[0017] 在其中目标物体是眼睛的活体角膜的相关方面中，地形仪有利地是计算机辅助的基于视频角膜地形图的地形仪（于此称作角膜地形仪）。在特定方面，所述角膜地形仪是修改的 PAR CTS 成像设备。根据另一方面，非接触目标表面变形仪是基于空气压力脉冲的装置。在特定方面，所述非接触目标表面变形仪是一种非接触眼压计。

[0018] 根据用于测量可变形目标表面的变形特征的相关方法实施例，提供了一种包括用于进行目标表面的地形特征测量的地形仪和非接触力产生元件装置的设备。待测目标表面关联于设备合适地安置。在变形过期间，目标表面受到力并经历响应变形。在变形过程中，进行多次地形特征测量。示例地形特征测量可以包括，但不限于，表面曲率、表面隆起、表面压痕、表面变形对称度、表面变形形状、表面变形面积、表面变形滞后、及弹性、粘度和压力。

[0019] 本发明的示例和特定的有益实施例涉及一种用于测量角膜变形特征的设备，该设备包括角膜地形仪和与角膜地形仪操作地集成到一起的非接触眼压计。在特别有益的方面，角膜地形仪是基于网格立体摄影的（rasterstereography-based）地形仪。具体地，角膜地形仪是修改的 PAR CTS 成像设备。

[0020] 利用前述设备实现了一种用于测量角膜的变形特征的方法。除上面列举的可测量的变形特征外，还能测量屈光力、眼内压力、角膜滞后、角膜弹性、角膜粘度及其它已知角膜地形特征。

[0021] 本发明的其它特征和优点在下面的详细描述中提出，对本领域技术人员而言，该特征和优点的部分从下述描述是明显的并且通过如于此描述（包括权利要求及附图）的实践本发明可以认识到它们。

[0022] 应当理解，前述总体描述和下面的详细描述仅是本发明的示例，企图提供用于理解如声明的本发明的性质和特征的概述或框架。附图被包括以提供对本发明的进一步的理解，并且被并入和构成此说明书的部分。附图示例了本发明的多个实施例，并且与描述一起用于解释本发明的原理和操作。

[0023] 附图简述

[0024] 图 1 是根据本发明的实施例的设备的示意性平面视图；

[0025] 图 2A 是第一压平时刻角膜的示意性力的示图；

[0026] 图 2B 是第二压平时刻角膜的示意性力的示图；

[0027] 图 3 是示出针对根据本发明的实施例的变形特征测量的压平探测和增压压力信号的图示；

[0028] 图 4 是对角膜表面空气吹气变形前，投射的 PAR CTS 栅格在模拟角膜上的顶视图；

[0029] 图 5 是对角膜表面空气吹气变形后,投射的 PAR CTS 栅格在模拟角膜上的顶视图;

[0030] 图 6 是对应于图 5 中所示的变形的角膜压痕的示意性侧视图;以及

[0031] 图 7 是示出较窄、较深的角膜压痕的图 6 中所示的角膜压痕的示意性侧视图。

[0032] 发明实施例详述

[0033] 本发明的实施例总体涉及用于测量可变形目标表面的变形特征的设备。本发明的示例实施例为图 1 中所示的用于测量活体角膜的变形特征的设备 10。在可能的任何地方,在所有附图中使用相同的参考数字表示相同或类似的部分。设备 10 包括角膜地形仪 20 以及为设备的可操作地和物理地集成的元件的非接触眼压计 30。

[0034] 图 1 中所示的设备的角膜地形仪 20 是基于网格立体摄影的地形仪,其是仿造 PAR CTS 角膜地形系统的。美国专利 4995716 号和 5159361 号中公开了该系统,通过好像其整体中充分提出的参照最充分容许的程度将该专利的公开并入于此。角膜地形仪 20 包括沿设备 10 的第二操作轴 76 设置的高速像机/探测器 32 和光学系统 42,该光学系统 42 包括格栅物体 44 和光源 45,用于投射格栅图像,沿设备 10 的第三操作轴 78 对准。目标物,在此是眼 88 的角膜 87,沿由虚线 98 所示的测量平面中的中心设备轴 82 设置。为 PAR CTS 角膜地形仪 20 的元件的多个透镜和滤光器未示出。

[0035] 示例设备 10 还包括沿第一操作轴 72 设置的非接触眼压计 52。轴 72 和轴 82 是共平面的。从而第二和第三操作轴 76、78 是偏置的。在示例方面中,非接触眼压计 52 是 Reichert Ocular Response Analyzer,在前述美国专利 6419631 号和 6875175 号中提出了其描述。一旦角膜合适地安置于测量平面 98,以生成被测量的空气脉冲瞄准角膜来开始测量。由空气脉冲撞击角膜的脉冲能量可逆地将角膜从凸状的初始状态经由压平的第一状态 P1 变形到凹状的状态。当空气脉冲衰减或通过切断泵螺旋管来可控制地减小空气脉冲时,角膜从凹状经由压平的第三状态 P2 恢复到凸状的初始状态。此变形在图 3 中所称的整个变形间隔 T 中发生。图 2A 和 2B 是示出在忽略动力学影响的情况下在测量间隔期间在第一压平时刻 (t_1) (图 2A) 和第二压平时刻 (t_2) (图 2B) 作用在角膜 C 上的力的简化示图。图中 F1 表示入射的空气脉冲的向内的力, F2 表示弯曲角膜自身所需的力,而 F3 表示归因于眼内压力的向外的力。

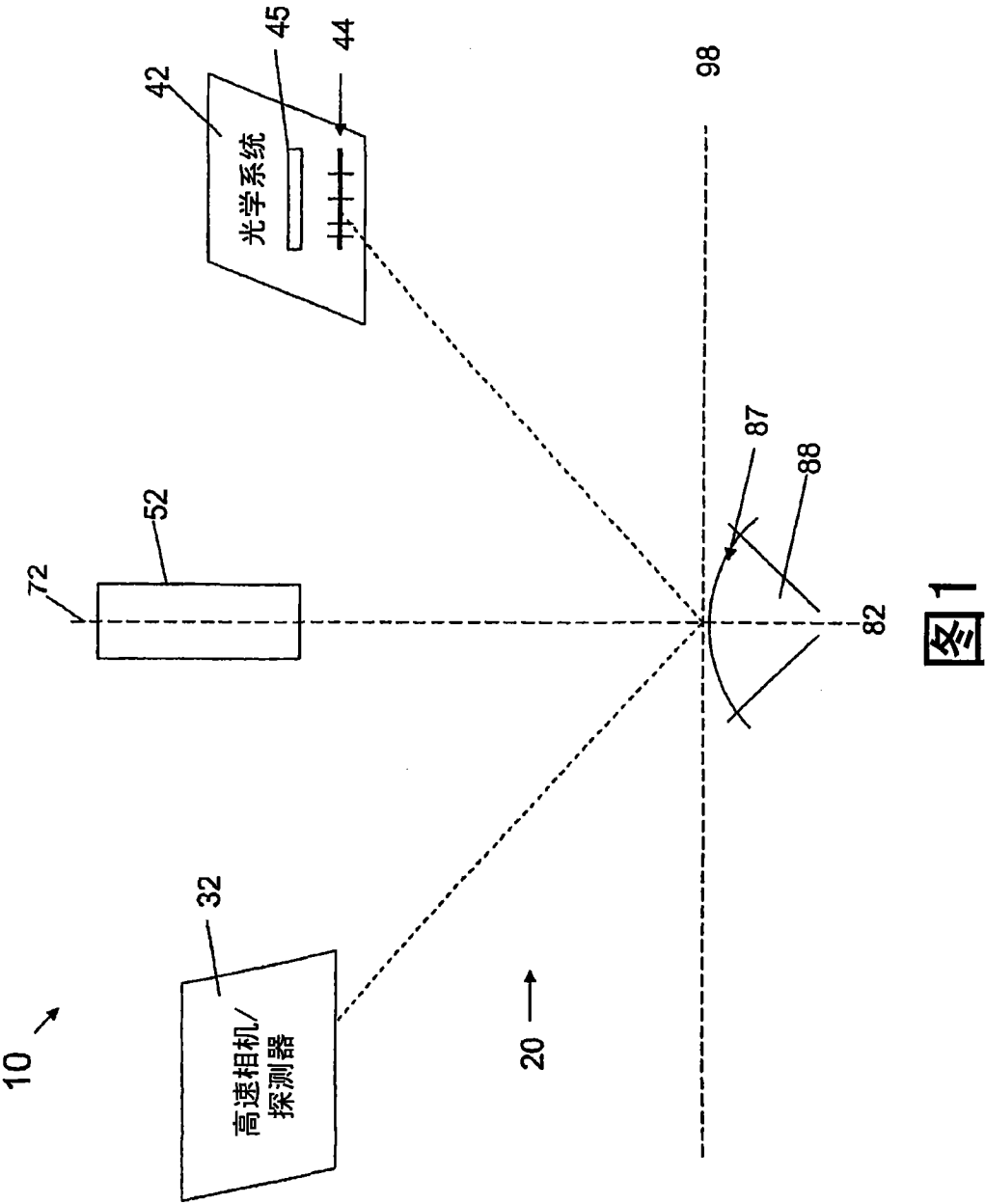
[0036] 基于 Ocular Response Analyzer 的操作原理,在变形间隔 T 中,在峰值增压压力或/和在任何预定的触发点,角膜地形仪 20 能够方便地触发在 t_1 的事件 P1、在 t_2 的事件 P2,以获得多个变形特征测量。

[0037] 根据示例设备实施例,使用修改的结合有高速相机/探测器作为设备 10 中的角膜地形仪 20 的 PAR CTS 系统是有益的,因为摄像机 32 和光学系统 42 的偏离轴 76、78 提供眼压计 52 的中心化位置。虽然基于 Placido 的地形仪不容许中心地设置眼压计,但是其它的地形特征测量设备可以提供用于设备 10 中的合适的物理布置。

[0038] 图 4 和 5 分别显示模拟的在角膜表面空气吹气变形前和变形后的 PARCTS 格栅图像。图 6 示例对应于图 5 的宽的、浅的角膜压痕。为比较示例,图 7 示出了比图 6 中的要窄和深的角膜压痕。图中示例较软或较硬的角膜可以不同地响应于施加的变形力。

[0039] 利用上述设备实施例能够测量多个变形特征。例如,能够在变形间隔期间测量表面变形的幅度、对称或不对称度、形状和面积,以及压平深度、角膜曲率、隆起、滞后、角膜弹性和粘度和 IOP。

[0040] 能够不脱离本发明的精神和范围而对本发明作出多种修改和变化,这对本领域技术人员来说是明显的。因此,本发明含盖了本发明的修改和变化,只要它们属于所附权利要求和其等同的范围内。



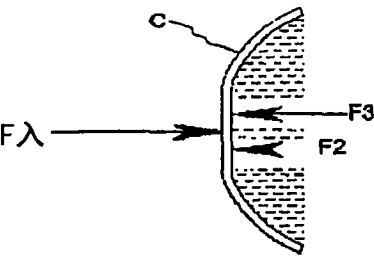


图2A

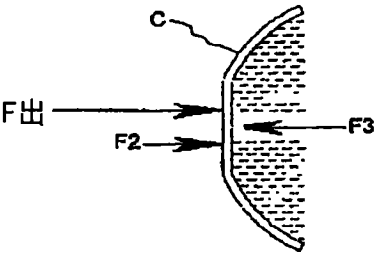


图2B

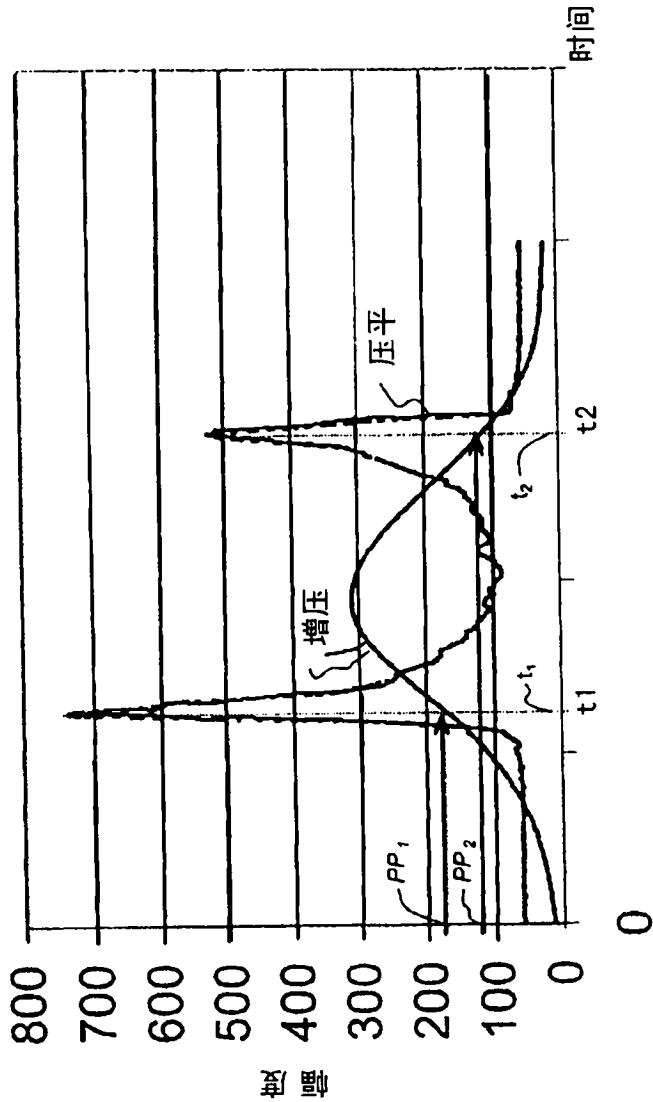


图3

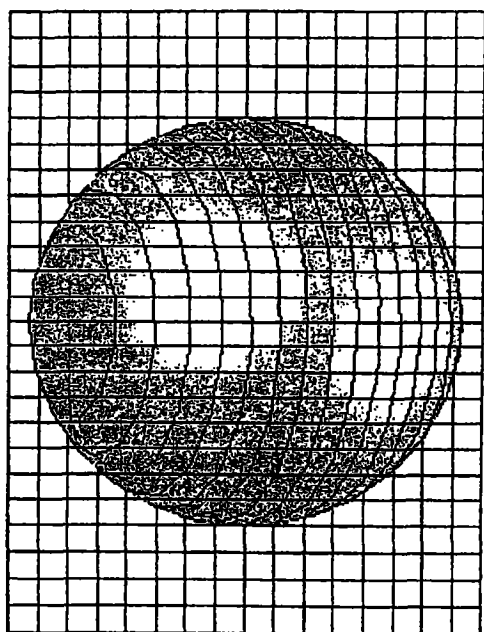


图4

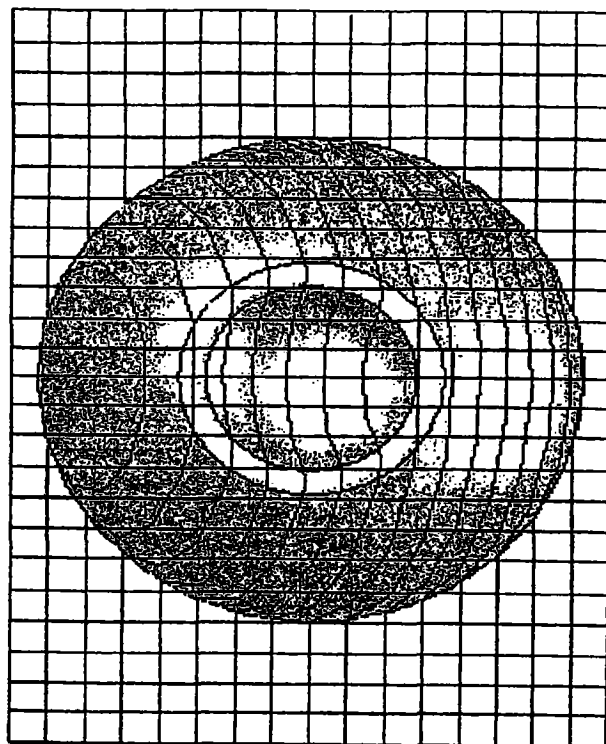


图5

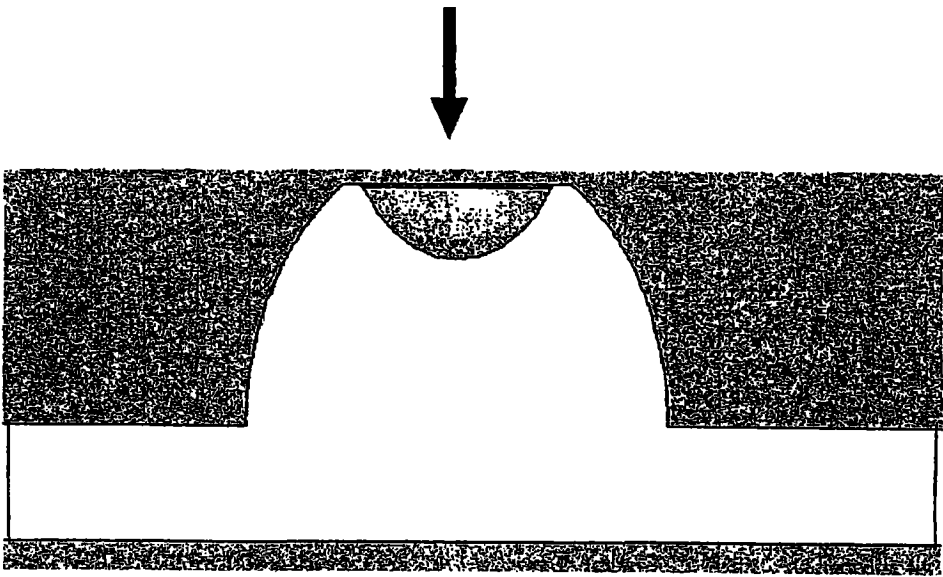


图6

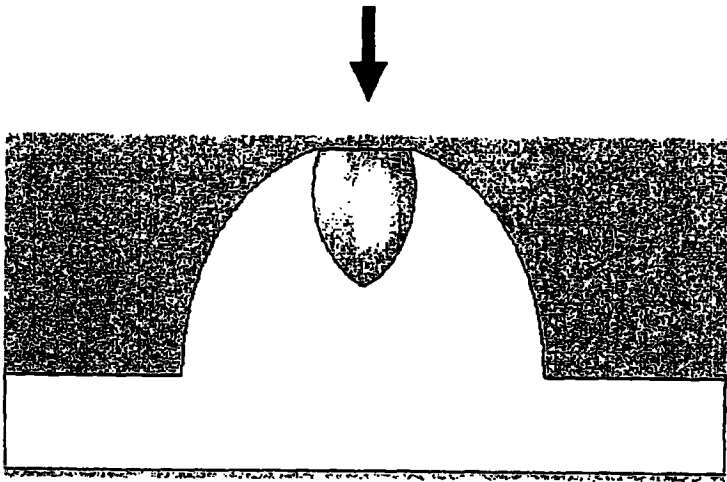


图7