



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93119617.5

[51]Int.Cl⁵

B23K 26/00

[43]公开日 1994年8月17日

[22]申请日 93.9.29

[30]优先权

[32]92.9.29 [33]US[31]935,607

[32]93.6.22 [33]US[31]080,885

[71]申请人 博士伦有限公司

地址 美国纽约州

[72]发明人 K·L·奥普戴克

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

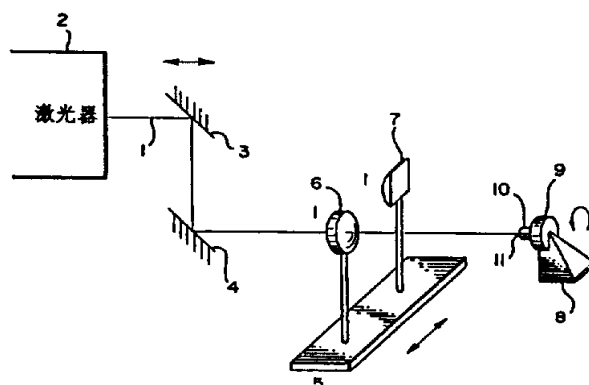
代理人 曹济洪 张志醒

说明书页数: 10 附图页数: 5

[54]发明名称 激光烧蚀扫描法

[57]摘要

本发明公开了一种改进的通过烧蚀修整靶面的方法，能够减少被烧蚀的有机物残渣在靶面上的沉积。



<60>

权 利 要 求 书

1、一种光致烧蚀靶面的方法，包括步骤：

a) 将脉冲紫外幅射光束射在靶面上预定的起始扫描区；

b) 使所述光束沿离开所述预定起始扫描区并朝向靶面第一边缘的方向扫描；

c) 以递进的方式旋转靶；

d) 使光束返回靶面上所述预定起始扫描区；

e) 使所述光束沿着离开所述预定起始扫描区并朝向与所述靶面第一边缘相反的另一边缘的方向扫描，并依序重复上述步骤c)、d)和e)，使整个靶面受到扫描。

2、一种光致烧蚀靶面的方法，包括步骤：

a) 将脉冲紫外幅射光束射在靶面上预定的起始扫描区；

b) 使所述光束沿离开所述预定起始扫描区并朝向靶面第一边缘的方向扫描；

c) 将靶旋转 180° ；

d) 使光束返回靶面上所述预定起始扫描区；

e) 使光束沿着离开所述预定起始扫描区并朝向与所述靶面第一边缘相反的另一边缘的方向扫描，使整个靶面受到扫描。

3、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述脉冲紫外幅射光束由准分子激光器发出。

4、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述靶面由交联聚合物材料构成。

5、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述靶面为热固性材料。

6、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述靶面为热塑性材料。

7、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述脉冲紫外幅射光束的能量密度为约20毫焦耳/厘米²至约5000毫焦耳/厘米²。

8、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述光束的能量密度约为1焦耳/厘米²。

9、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述预定起始扫描区为平分线。

10、一种如权利要求2所述的方法，其特征在于所述靶为接触透镜。

11、一种光致烧蚀靶面的方法，包括步骤：

a) 将脉冲紫外幅射光束射在靶面上预定的起始扫描区；

b) 使所述光束沿离开所述预定起始扫描区并朝向靶面第一边缘的方向扫描；

c) 使所述光束不起作用；

d) 使该光束返回预定起始扫描区；

e) 使所述光束重新起作用；

f) 使所述光束沿着与步骤b) 扫描完全相反的方向扫描，使整个靶面受到扫描。

12、一种通过烧蚀光致分解精制的修整靶面，包括步骤：

a) 将脉冲紫外幅射光束射在靶面上预定的起始扫描区；

b) 使所述光束沿离开所述预定起始扫描区并朝向靶面边缘的方

向扫描；

c) 将靶面旋转 180° ；

d) 使该光速返回靶面的预定起始扫描区；

e) 使该光束沿着离开所述预定起始扫描区并朝向与所述靶面第一边缘相反的另一边缘的方向扫描，使整个靶面受到扫描。

13、一种如权利要求12所述的靶面，其特征在于所述的靶面是能够为第二个表面赋予光学性能或者表面几何形状特征的工具。

14、一种如权利要求12所述的方法，其特征在于所述的靶面为接触透镜。

15、一种通过烧蚀光致分解修整的角膜靶面，包括步骤：

a) 将脉冲紫外幅射光束射在靶面预定的起始扫描区；

b) 使所述光沿离开所述预定起始扫描区并朝向靶面第一边缘的方向扫描；

c) 使所述光束不起作用；

d) 使该光束返回靶面上的预定起始扫描区；

e) 使该光束沿着与步骤b) 中扫描方向完全相反的方向，自所述预定起始扫描区到与所述靶面第一边缘相反的另一边缘扫描，使整个靶面受到扫描。

激光烧蚀扫描法

本发明涉及通过烧蚀靶面进行激光修整的领域 还涉及利用激光精修靶面以及由这类烧蚀方法修整过的靶进行精加工的方法。

利用激光束修整表面是众所周知的。八十年代初即已发现, 发射紫外频率范围的脉冲激光, 通过烧蚀光致分解(APD) 可作用于靶面。后来曾经发现, 通过采用APD, 每个脉冲可以除去大约1微米靶材料量级的靶材料层。

另外还曾指出, APD对被烧蚀材料下面新露出的材料特性并无明显的改变。这种现象被解释为, 紫外激光器在极短时间内提供足够的能量, 实际上能够破坏聚合物靶材料的共价键而不会使基底加热(参见美国专利NO. 4, 417, 948及NO. 4, 568, 632)。除此之外, 美国专利NO. 5, 061, 342中公开了采用APD的扫描方法。

根据进一步研究还发现, 某些材料被烧蚀时能够产生不等量的烧蚀有机物残渣, 其中有些会重新沉积在靶材料的表面上。可以确信, 这种重新沉积的残渣将阻止对被烧蚀的靶面的修整作用。

此外, 还发现, 某些材料不能象其它材料那样被干干净净地进行蚀刻。尚无对靶面进行烧蚀, 同时还能去掉来自该靶面的重新沉积和粘附的残渣, 并避免残渣进一步沉积的方法。

现在已制定出一种改进的烧蚀表面的方法, 按这种方法可同时除去沉积的残渣又能避免随后残渣积聚。为了在选定的靶上得到所需的最终表面, 在继续对靶面剩余部分进行烧蚀过程之前, 必须先 从靶面上除去烧蚀过程中形成成为重新沉积并粘附在靶面上的残渣。

按照本发明公开了一种光致烧蚀靶面的方法, 包括步骤: α) 将

脉冲紫外辐射束射在靶面的预定起始扫描区；b) 使所述光束沿离开所述预定起始扫描区朝向靶面第一边缘的方向扫描；c) 以递进方式转动该靶；d) 使光束返回靶面所述预定起始扫描区；e) 使该光束沿着离开所述预定的起始扫描区朝向与上述靶面的第一边缘相反的另边缘方向扫描，并按顺序重复上述步骤c)，d) 和e)，使整个靶面都能被扫描。

按照本发明还公开了一种光致烧蚀靶面的方法，包括步骤：a) 将脉冲紫外辐射束射在靶面上预定的起始扫描区；b) 使所述光束沿着离开所述预定起始扫描区朝向靶面的第一边缘的方向扫描；c) 将靶旋转 180° ；d) 使光束返回靶面上所述预定起始扫描区；e) 使该光束沿着离开所述预定起始扫描区朝向与上述靶面的第一边缘相反的另边缘的方向扫描，使整个靶面都受到扫描。

进一步的设想是，本申请提出的发明特别适用于整形加工交联的、热固性、热塑性或者其它材料，其中包括适用于作接触透镜的光学透明材料。

图1表示接触透镜坯料的横截面。图中虚线为所需的最终复曲面的放大。

图2为作比较用的描绘从边缘至边缘(或称EE)的常规扫描方法示意图。

图3为描绘从中心至边缘(即CE)的改进的扫描方法示意图。

图4为描绘CE扫描方法提出的典型实验装置示意图。

图5为作比较用的表示Ultem[™]未被刻蚀的表面照片。

图6为表示采用EE方法刻蚀Ultem[™](通用电气公司, pittsfield, Mass.) 靶面的照片。

图7为表示采用CE方法刻蚀的Ultem™(通用电气公司, pittsfield, Mass.)靶面的照片。

如图1所示, 通过在光学区的周围除去较多的材料, 可以将复曲面的曲线配置在接触透镜坯料靶上。对于本领域技术熟练的专业人员应当理解, 使用本发明能产生随意形状的表面, 现有的图形仅只为了说明的目的。

图2表示将激光器固定, 激光束首先射在靶面的一个边缘上的位置 t_0 , 采用从边缘到边缘(EE)方法用激光束扫描接触透镜表面。随后的步骤是夹持该靶面横过激光束光路移动, 直至光束到达其相反边缘, 这个步骤最终止于位置 t_1 , 于是整个靶面受到扫描。

按照本发明的一个实施例, 图3表示将激光器固定在使光束射在该透镜平分线的位置。随后的步骤是夹持该透镜移动, 使激光器能从该平分线向靶面第一边缘对靶面进行扫描。因此该步骤便由起始位置 t_0 移动到位置 $t_{1/2}$ 。随后的步骤是使被固定的透镜返回其起始位置 t_0 。然后再次使激光束作用在透镜平分线上, 并随之使其从位置 t_0 移动到位置 t_1 , 使激光束扫过余下的靶面到达所述第一边缘的相反边缘, 从而使整个靶面都得到扫描。

应当明白, 移靶可以夹持台架使其固定, 而使激光束移过靶面。还应理解, 在优选实施例中, 在台架移动到位置 $t_{1/2}$ 之后, 使该台架返回到位置 t_0 。台架转 180° 后再一次扫描到位置 $t_{1/2}$, 于是整个靶面都受到扫描。

图4表示种采用本发明的优选装置。自准分子激光器(2)发出原始激光束(1)。该原始激光束射向一第一扫描镜(3), 再射向第二扫描镜(4)。随后该原始激光束将射向可动光束变换平台(5), 该平台

包括可产生高能量密度的聚焦透镜(6)。光束变换平台还包括产生低能量密度光束的柱面镜(7)。变换后的光束将射向靶台(8)。

靶台包括可旋转的机构(9)，其上固定有安装机构(10)，用以将靶(11)固定在适当位置。

图5及6中可清楚地看到，常规的EE扫描在45倍放大倍率时表面上留有可以看到的有机物残渣。然而由图7的照片中可以清楚地看到，除了采用从中心到边缘(CE)的扫描方法而不改变系统中的装置，使用这种CE方法留下的是不带烧蚀物残渣的可见的清晰表面。

图7所示的结果之所以值得注意，在于试图烧蚀诸如Ultem[™] (通用电气公司, Pittsfield, Mass.)和Radel[™] (Amoco, Atlanta, Ga)等各种热塑性化合物时遇到了困难。如这些照片中表示的那样，使用这里所描述的CE扫描方法，Ultem[™]的表面被干干净净地进行烧蚀，在45倍放大倍率下没有可见的烧蚀物残渣。图6则表示Ultem[™]的表面被进行常规的EE扫描之后，遗留下显著的烧蚀物残渣。

本发明涉及一种修整光学表面的新方法，以使其产生球面、柱面或不同的折射本领、形状系数或者其它的表面几何形状方面的变化。这种新方法是对美国专利NO. 5, 061, 342中教导的工艺过程的改进，其整个内容作为这里的参考。

本发明的方法在于利用紫外辐射从靶面上烧蚀材料，以便在靶上产生所需要的最终表面。适于进行烧蚀的靶面包括接触透镜、接触透镜坯料、用于制做接触透镜的模具、用于制做这种模具的工具，以及任何可在物体，如接触透镜上直接或间接给出所需要的可以预测的最终球面、柱面或不同的折射本领、不同形状因子或其它表面几何形状的装置。

为了得到所需的最终结果，往往需从靶面上除去不等量的材料。例如为了在接触透镜上产生复曲面，需从光学区的边缘或其周围除掉比光学区中央部位为多的材料(参见图1)。因此，为了产生这种复曲面，与光学区的中央部位受到扫描，其表面被烧蚀而产生的有机物残渣相比，光学区周围将产生的烧蚀物残渣量要更大些。

复曲面接触透镜理解为可校正由象散现象引起的视觉灵敏度不足的镜头。这样的透镜具有柱面的折射元件，经过光轴的各平面的折射本领并非恒量，而是在一个平面内具有最大的折射本领，且在垂直此第一平面的另一平面内具有最小的折射本领。

已经发现，当激光束在透镜上开始其扫描以产生复曲面时，则透镜表面上会随机地重新沉积出显著的被烧蚀物残渣。一些残渣沿激光束扫描光路重新沉积在透镜靶上。一旦出现这种情况，则随着激光的继续扫描，激光束首先碰到的材料不再是原来的靶面，而是重新沉积的和周围新粘附的残渣。

尽管美国专利NO. 5, 061, 342中描述的所谓“从边缘到边缘”扫描得出的最终表面通常是对其它公知的表面修整方法(诸如钉板条之类)的改进，但应相信，有时会产生有机物残渣，妨碍得到最佳结果的可能性。

因此，正如本发明所设想的那样，最初将光束置于预定的起始扫描区，譬如处在透镜的平分线上，再朝着该透镜的第一边缘进行扫描。在一个最佳实施例中，当光束到达该第一边缘时，停止扫描，使光束返回预定的起始扫描位置。随后最好将固定该透镜或别的靶子的平台旋转180°，使得光束象在扫过前面那“一半”靶面那样沿着同一方向移动。这时，激光束再一次起作用，扫描移向与第一

边缘相反的另一边缘，从而对靶面的所有剩余部分进行扫描。按照这种方式，似乎会有更多的烧蚀物残渣被有效地事先逐渐“扫除”离开光学区，不会出现对所要求的最终表面的干扰。

应当理解，靶面上的平分线是穿过靶面中心延伸的一条线。（靶面形状无需是圆形的或者球面的）。

因此，要按照本发明获得改进的烧蚀结果，可以沿着“从中心到边缘”或者“从边缘到中心”的方向继续进行光束扫描，这仅取决于基于原始靶面的条件所需要的最后结果如何。换言之，在任何给定位置须从靶面上除去的材料的多寡，决定了光束扫描在该处开始还是结束。

因而可以认定，为了减少靶面上的残渣积聚，光束的扫描必须开始于靶面上需去掉的材料量最少并且是形成残渣量最少的位置处。因而技术熟练的专业人员将会理解，可以从任何可能的各种位置开了始扫描和结束扫描，以便对任何形状的初始靶在得出所需的一切完美的表面效果。

此外，预定的起始扫描区可以是靶的平分线，也可以是位于靶面平分线和靶面边缘之间的一条线或一个区域。因此可以预料，本发明可用于制做球面透镜及非球面透镜，其中包括复曲面、双焦点和多焦点透镜，但不局限于此。所需要的是激光束要从起始扫描区到一个边缘进行扫描，接下去至少要有一次沿着从起始扫描区向外朝第二边缘的后续扫描等，以便使整个靶面都受到扫描。因此可以预料，本发明能够用来制做标准透镜及球面透镜，其中包括复曲面、双焦点或多焦点透镜，但不局限于此。

举例来说，可将该台架旋转任意角度，并按照譬如每次 20° 的

重复增量进行扫描，直至整个靶面完全受到扫描。在修整接触透镜表面的情况下，靶面通常为大约象准分子激光器产生的原始光束一样宽的光学区。

因此，可以通过将台架旋转 180° 并进行一次穿过光学区的扫描(或者两次CE扫描)，实现对整个靶面的扫描。然而正如对本领域技术熟练人员容易看到的那样，可以将光束变换成象转动靶子所要求的那样窄，例如按 20° 增量旋转；接下去的每次都从平分线到靶子边缘进行扫描。

应当理解，在沿着一个方向从中心到一个边缘进行扫描之后，随之让不起作用的激光束返回中心，再沿相反方向朝着光束起始扫描所朝向的边缘相反的边缘进行扫描。按照这种方式，整个靶面都能受到扫描，但夹持靶子的平台并不旋转，或者全然不动。如果被扫描的靶子不能方便或准确地旋转，例如仰卧的病人作角膜外科手术，那么本实施例就是非常重要的了。

加在每单位面积靶上的激光能量通称为能量密度，对于紫外辐射来说，常常用每平方厘米毫焦耳(mJ/cm^2)来表示。按照本发明进行扫描的激光能量密度范围最好从大约20至大约5000毫焦耳/厘米²；从约500至约2000毫焦耳/厘米²更好，而从750至约1500毫耳/厘米²为最好。

尽管本发明的方法可在任何给定的能量等级上操作，然而本领域的熟练技术人员应当理解，一定的材料将需要一定的能量密度，以便通过烧蚀而有效地改变表面的特性。

“交联”聚合物材料被理解为表示任何具有由元素、基团或由通称为交联剂的复合剂构成的桥(bridge)将其聚合物分子的两个链

的某种结合的聚合物材料。

“热固性”材料一词是指加热时不可逆固化或“凝固”的聚合物材料。对比起来，“热塑性”材料被理解为是指受热时变软并能恢复至其起始状态的聚合物。

尽管本发明非常适于接触透镜的修整，但修整接触透镜扣状物(button)、接触透镜坯料、模具以及用来制做模具和接触透镜的工具，也是本发明所考虑的。实际上，任何用以赋予光学性能或者表面几何形状的工具，都可由本发明加以修整。在同时提出并一起转让的美国专利申请NO. 07/953, 425中，公开了通过这种用来制做模具的工具进行激光扫描修整表面，继而再将该模具按浇铸法制做接触透镜。

本发明被认为对于其它的激光扫描应用也是有用的，诸如角膜修复以及其它把烧蚀物残渣看成妨碍扫描后得到质量更好的靶面的操作过程。

下面的实例只用来进一步说明本发明的情况，不应构成对发明的限定。

实例 1—5

在Ultem™上烧蚀出的复曲面

采用美国专利NO. 5, 061, 342中公开的扫描方法，以每个样品大约140个脉冲的速率烧蚀Ultem™样品。使用的标准能量密度约为940毫焦耳/厘米²。

这些样品予先全部经目视进行透射检查和反射检查。尽管如本领域的熟练人员所了解的那样，任何适宜的清洗剂都能使用，但各例中的样品都使用Axarel™ (Dupont, Wilmington, Del) 清洗剂进行

清洗。然后对样品进行照相，接着使用ZYGO标记IV的干涉仪进行曲线观察。

进而提出以下的定义：

EE扫描，即“从边缘到边缘”的扫描，是指从光学区的一个边缘开始，越过靶子继续进行到光学区的另一边缘穿越靶面的单次扫描。

CE扫描，即“从中心到边缘”的扫描，是指从光学区的中心开始，并继续越过靶到光学区的一个边缘，再将靶旋转 180° ，使光束返回起始位置并重复该扫描的单次扫描。

例1 边缘至边缘扫描

采用约140个脉冲的标准扫描分布，对平坦的UItem™样品扫描。

图6示出EE扫描的结果。在扫描起始处附近存在与扫描垂直的暗带；从透射光和反射光中都很容易目视观察到该暗带。用清洗剂Axarel清洗之后，黑环完全消失，暗带减少但仍很明显。

例2

图7示出CE扫描的结果。在第一扫描侧存在有细小的暗带；从反射光中容易看到这个暗带。用Axarel清洗后，黑环消失，仅在透射光中轻微可见暗带，而从反射光中则完全不可见。

尽管这些实例用的样品全是平的，但对凸的和凹的样品重复所做的实验，基本上具有同样的结果。

例3 不平整度的比较

对两个平的UItem样品进行修整，一个用CE扫描法，另一个用EE扫描法。用Talysurf表面光度仪对所得样品进行分析。

采用了下列定义：

样品1——用EE扫描；

样品2——用CE扫描；

全区——指整个刻蚀区域；

1区——指中心左侧(EE扫描为最后刻蚀)；

2区——指中心右侧(EE扫描为最先刻蚀)。

样 品	区 域	不平整度* (平均)	改 进
1	全 区	0.1378	——
2	全 区	0.0774	44%
1	1	0.0614	——
2	1	0.0289	53%
1	2	0.1152	——
2	2	0.0351	70%

*平均表面不平整度是以微米测得的(μm)。该数据证实采用CE法可显著降低平均表面不平整度。

对于本领域技术熟练的专业人员而言，按照这里给出的教导可对于本发明作出其它许多修改和变化，因而应当理解，在权利要求书范围内，可以不同于这里的特定描述去实施本发明。

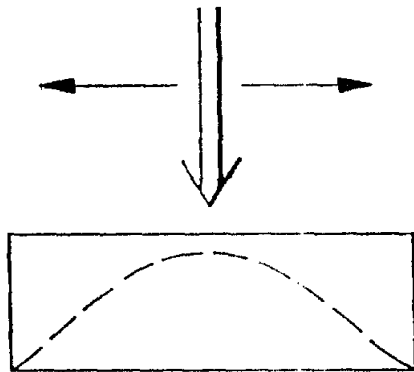


图 1

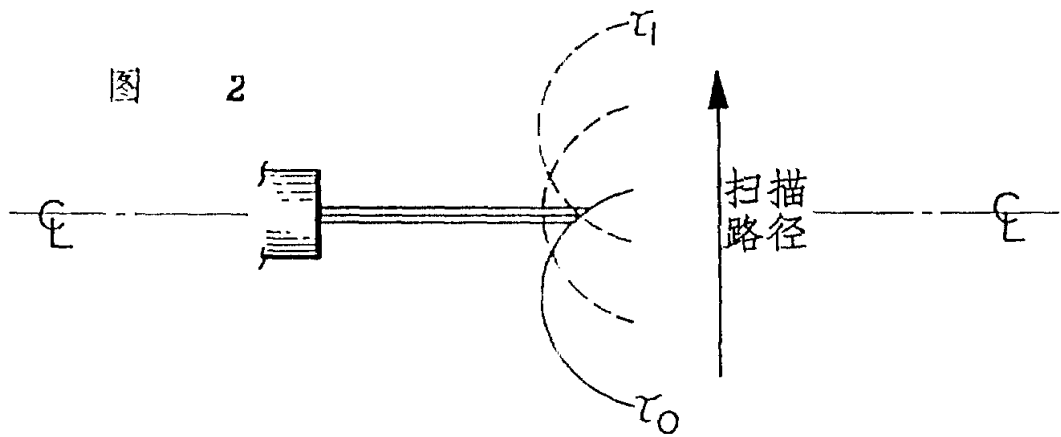


图 2

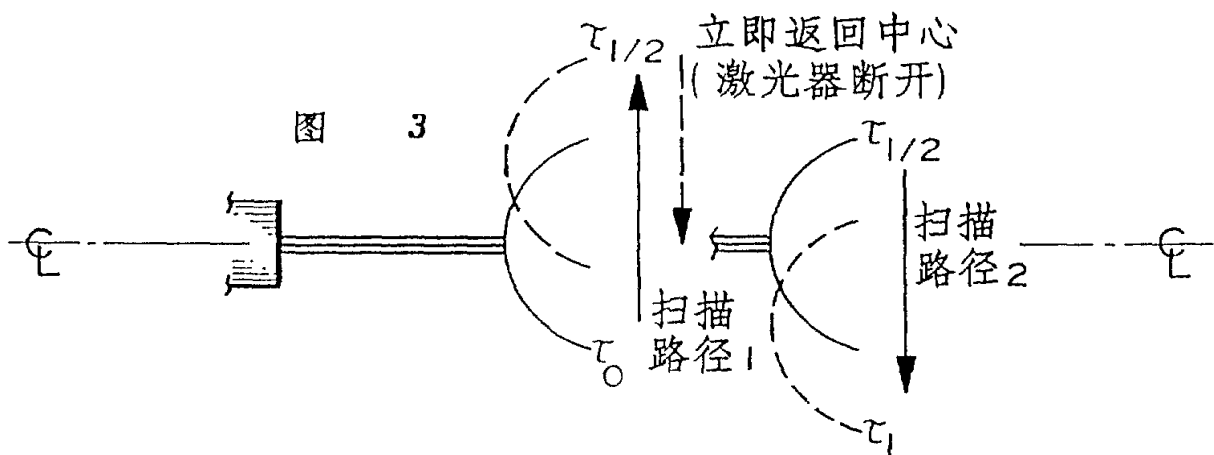
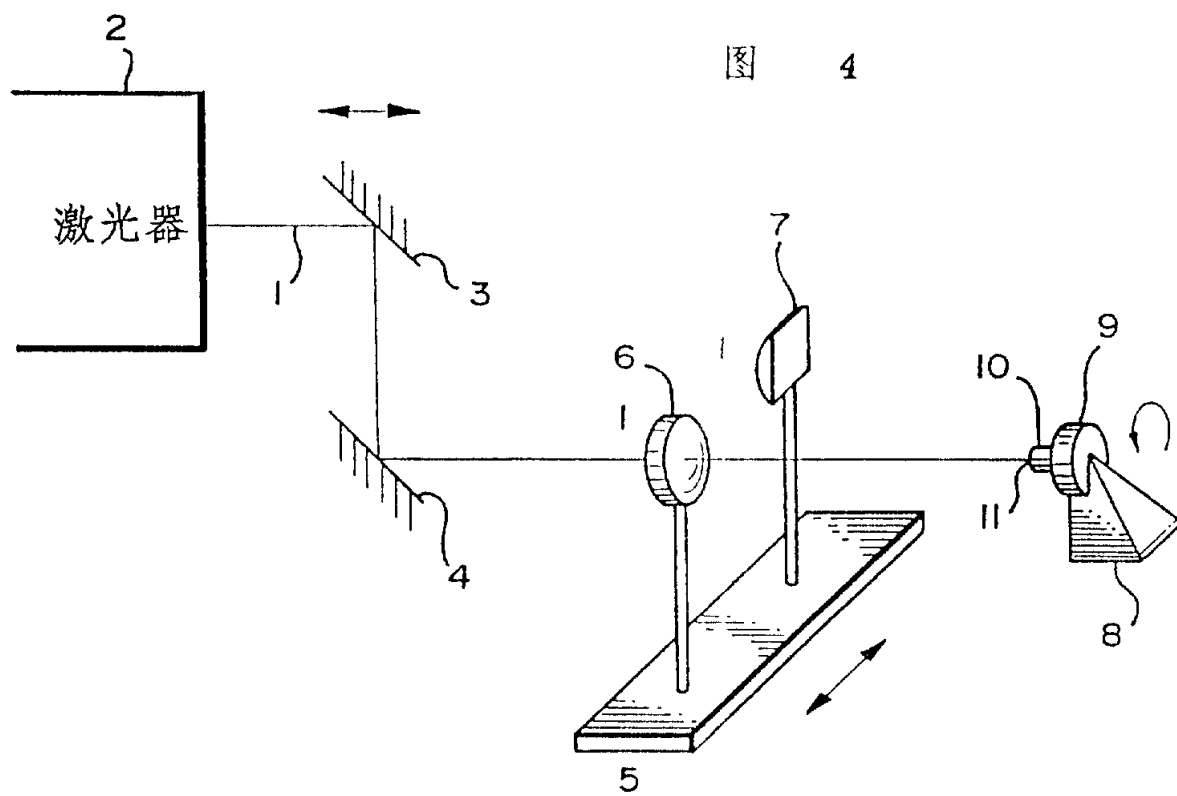


图 3



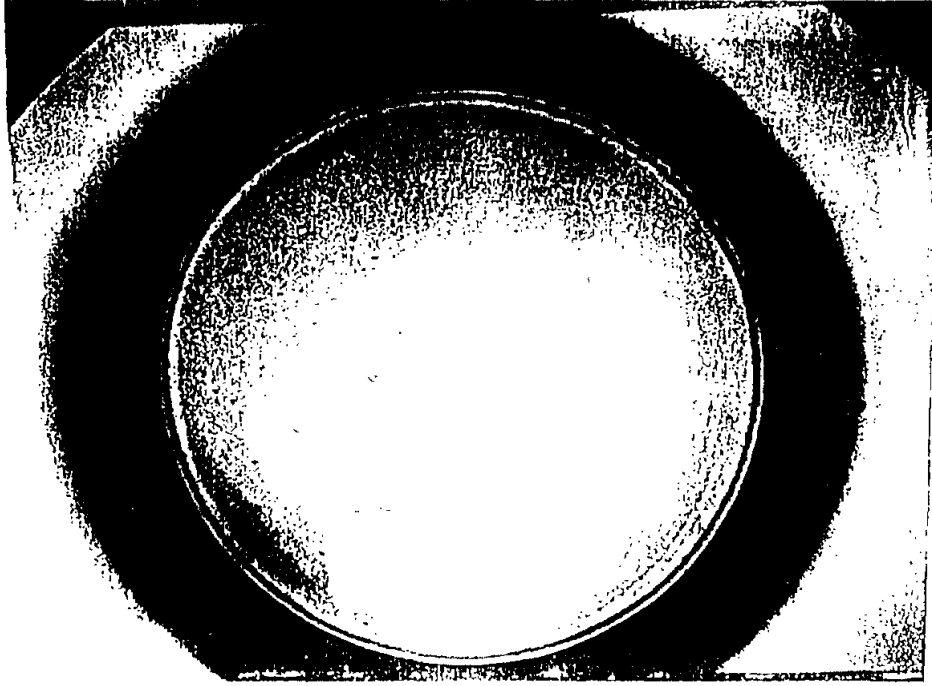


图 5

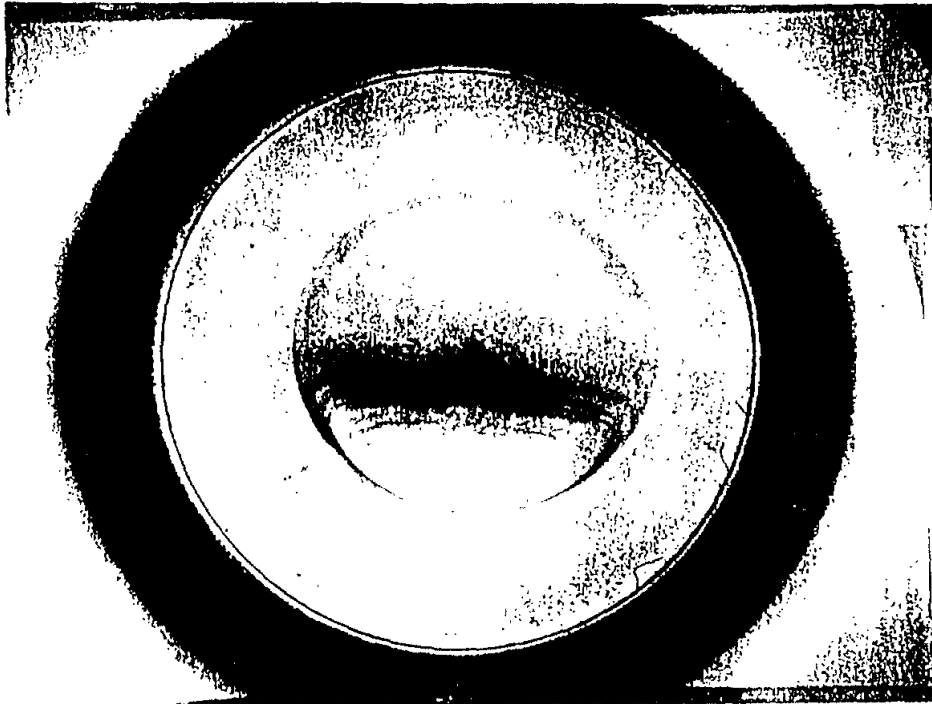


图 6

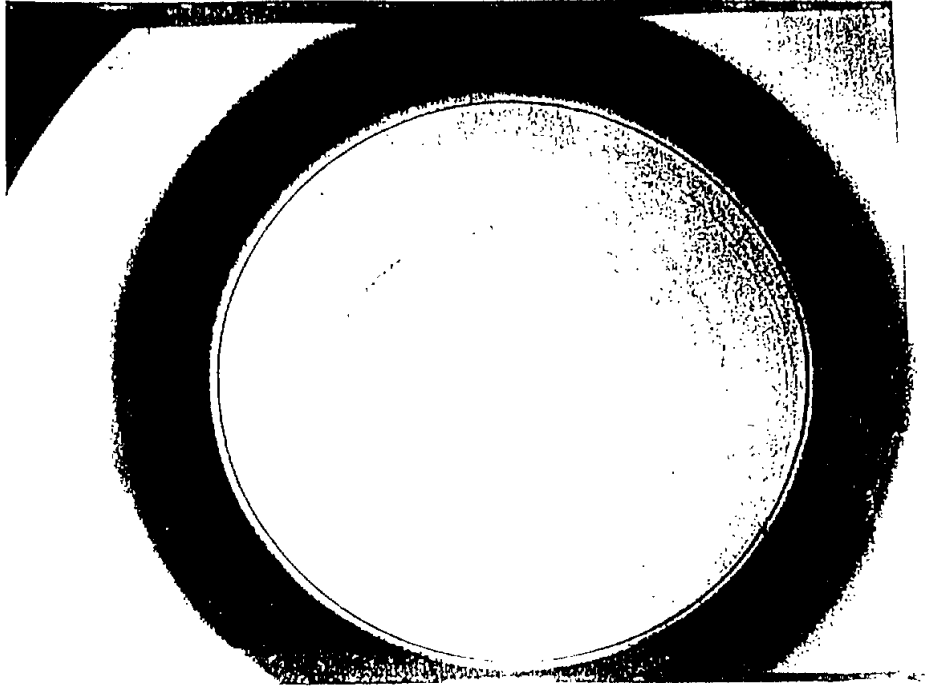


图 7