



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99803830.X

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1143128C

[22] 申请日 1999.3.10 [21] 申请号 99803830.X

[30] 优先权

[32] 1998.3.11 [33] US [31] 60/077,518

[86] 国际申请 PCT/US99/05226 1999.3.10

[87] 国际公布 WO99/46576 英 1999.9.16

[85] 进入国家阶段日期 2000.9.8

[71] 专利权人 纳幕尔杜邦公司

地址 美国特拉华州威尔明顿

[72] 发明人 林立

审查员 田金涛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

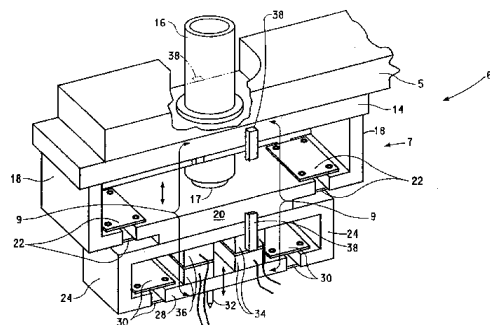
代理人 周备麟 林长安

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 11 页

[54] 发明名称 测定薄膜和涂层抗擦伤性能的装置和方法

[57] 摘要

一种定量和定性表征薄膜或涂层(尤其是汽车车身的涂层)的划伤和擦伤特性的装置和方法。该装置具有一个用于穿入和划伤待测试的涂层的显微刻划器,并带有用于检测所加的力和刻划器划伤的 lengths 和深度以及被划伤的涂层表面的几何形状的相关机构,以及用于检测、分析和比较测试结果的装置。



1. 一种测定试样(56)的抗擦伤性能的装置(1), 含有:
一个安装在上述装置(1)的立柱(4)上的刻划器导引机构(6),
该机构具有一个装有刻划器(32)的驱动刻划器的机构(7)和一个检
5 测该刻划器(32)移向和移离上述试样的表面的距离的装置(9); 和
一个设置在上述装置(1)的底座(2)上的试样移送机构(8),
该机构具有一个固定上述试样(56)并使上述试样(56)的表面垂直
于上述刻划器(32)的夹持器(13)和一个可沿与上述刻划器(32)
相切的方向移动上述试样(56)的台架(11), 从而使上述刻划器(32)
10 的针尖在受到驱动而同时进入上述试样(56)时, 就在上述薄膜或涂
层的表面上产生划痕。
2. 根据权利要求1的装置, 其特征在于, 上述的试样移送机构
(8)还具有一个用于在上述刻划器(32)刻划上述试样(56)时检测
上述试样所受切向力的第三检测器(51)。
- 15 3. 根据权利要求1或2的装置, 其特征在于, 还含有一个计算
机装置(10), 该装置(10)具有:
一个控制发向和来自上述刻划器导引机构(6)和试样移送机构(8)
的输入和输出信号以便按照软件程序来控制上述刻划器(32)和上述
试样的移动的装置(12A);
20 一个用于产生刻划上述试样的表面的可处理数据的装置;
一个用于存贮上述可处理数据的装置; 和
一个按目视的或曲线的形式显示上述可处理数据的装置。
4. 根据权利要求3的装置, 其特征在于, 上述的可处理的数据
包括:
25 在上述的刻划器针尖移过上述试样的表面但未刻划该表面时所测
得的划伤前的轮廓数据;
在上述针尖进入上述试样时所测得的针尖位移轮廓数据;
上述针尖沿上述划痕移动时所测得的划伤后的轮廓数据; 和
在上述针尖进入上述试样时测得的法向力的曲线数据。
- 30 5. 根据权利要求4的装置, 其特征在于, 上述的可处理的数据
还包括在刻划上述试样时所测得的切向力的曲线数据。
6. 根据权利要求1的装置, 其特征在于, 上述的刻划器驱动机

构(7)具有:

一个固定在上述立柱(4)的臂件(5)上的静止支架(14);

一个固定在上述静止支架(14)上用于使通过第一柔性件(22)与上述静止支架(14)柔性连接的可移式支架(20)移动的供能器(16),
5 上述的第一柔性件(22)使上述可移式支架(20)只有一个自由度;
和

一个通过第二柔性件(30)与上述可移式支架(20)柔性连接的刻划器夹具(28), 上述的第二柔性件(30)使上述的刻划器夹具(28)只有一个自由度, 因此, 当上述供能器(16)通电时, 上述的可移式
10 支架(20)和安装有上述刻划器(32)的上述刻划器夹具(28)便只沿垂直于上述试样(56)的表面的方向移动。

7. 根据权利要求6的装置, 其特征在于, 上述的供能器(16)是一种低压压电转换器。

8. 根据权利要求6的装置, 其特征在于, 上述的第一(22)和
15 第二柔性件(30)各具有一对膜片弹簧。

9. 根据权利要求6的装置, 其特征在于, 上述的第一柔性件(22)具有一对固定在上述的可移式支架(20)和静止支架(14)的两端的膜片弹簧。

10. 根据权利要求6的装置, 其特征在于, 上述的第二柔性件(30)具有一对固定在上述刻划器夹具(28)和上述可移式支架(20)的两端的膜片弹簧。

11. 根据权利要求6的装置, 其特征在于, 上述的第一柔性件(22)具有3对径向地固定在上述可移式支架(20)和上述静止支架(14)上的3个位置的膜片弹簧, 因此, 每对上述的膜片弹簧彼此相隔 120° 。

25 12. 根据权利要求1的装置, 其特征在于, 上述的检测上述刻划器(32)的移动量的装置(9)具有:

一个用于检测上述刻划器(32)穿入上述试样(56)内的穿入量的第一检测器(34); 和

30 一个用于检测上述刻划器(32)穿入上述试样(56)时上述试样所受的法向力的第二检测器(36)。

13. 根据权利要求12的装置, 其特征在于, 上述的第一检测器(34)具有一个安装在固定于上述静止支架(14)上的支柱(38)上的固定

的第一检测部件和一个固定在上述刻划器夹具（28）上的可移动的第一检测部件。

14. 根据权利要求13的装置，其特征在于，上述的固定的第一检测部件与上述的可移动的第一检测部件构成一对电容传感器。

5 15. 根据权利要求12的装置，其特征在于，上述的第二检测器（36）具有一个固定在上述可移式支架（20）上的固定的第二检测部件和一个固定在上述刻划器夹具（28）上的可移动的第二检测部件。

16. 根据权利要求15的装置，其特征在于，上述的固定的第二检测部件与上述的可移动的第二检测部件构成一对电容传感器。

10 17. 根据权利要求1的装置，其特征在于，上述的刻划器（32）的针尖是用金刚石、刚玉、黄玉或石英制成的。

18. 根据权利要求1的装置，其特征在于，上述的涂层是涂在汽车车身、传统眼镜、镜头、木质基板、塑料基板或纸质基板上的透明涂层。

15 19. 一种测定试样抗擦伤性能的方法，包含如下步骤：

将上述试样（56）固定在测试装置（1）的台架（11）上；

使刻划器（32）垂直地定位在上述试样（56）的待测表面上方，并使上述刻划器（32）的针尖与上述试样（56）的上述表面相接触；和

20 驱动上述刻划器（32）的针尖按预定速度进入上述试样（56）的表面，与此同时，按预定的速度沿规定的方向移动与上述刻划器（32）相切的上述试样（56），从而划伤上述试样（56）的上述表面，在其表面上产生划痕。

20. 根据权利要求19的方法，其特征在于，还包含如下步骤：

25 产生对应于上述试样（56）的上述划痕的信号，并将该信号转换成可处理的数据；和

将上述可处理数据按目视的或曲线的形式显示出来。

21. 一种测定试样抗擦伤性能的方法，包含如下步骤：

将上述试样（56）固定在测试装置（1）的台架（11）上；

30 使刻划器（32）垂直地定位在上述试样（56）的待测表面上方，并使该刻划器（32）的针尖与上述试样（56）的上述表面相接触；

通过在与上述刻划器（32）相切的试样（56）上按规定方向移动

上述针尖画出上述试样(56)表面上一段预定距离的表面轮廓图,并
存贮所得到的划伤前的轮廓数据;

5 驱动上述刻划器(32)的上述针尖按预定速度进入上述试样(56)
的表面,与此同时按预定速度沿预定方向使处于与上述刻划器(32)
相切的方向上的试样(56)移动一段与上述划伤前轮廓数据相同的预
定距离,以便在上述试样(56)的上述表面上产生划痕,并将所得到的
针尖位移轮廓数据存贮起来;

10 通过按预定方向移动上述针尖在与上述刻划器(32)相切的上述
划痕上移动一段预定的距离而画出上述试样(56)表面上的划痕的轮
廓,并将所得到的划伤后的轮廓数据存贮起来;

将上述的划伤前的轮廓数据、针尖位移轮廓数据和划伤后的轮廓
数据转换成可处理的数据;和

将上述可处理数据按目视的或曲线的形式显示出来。

15 22. 根据权利要求21的方法,其特征在于,上述的画出表面轮廓
的步骤和画出表面划痕轮廓的步骤还包含:

调节上述针尖触碰试样(56)表面的法向力,或者说调节上述针
尖在足以确定划痕轮廓而又不改变表面或划痕的纵断面高度上与划痕
相接触的法向力;

20 通过利用来自闭环控制系统的连续反馈而保持上述的画出表面轮
廓和画出表面划痕轮廓的步骤中作用在上述纵断面高度上的上述法向
力的值。

23. 根据权利要求21的方法,其特征在于,还包含如下步骤:

检测在上述针尖进入上述的试样(56)时上述试样(56)所受到
的法向力,并将所得到的法向力曲线数据存贮起来;

25 检测在上述试样(56)被划伤时上述试样(56)所受到的切向力,
并将所得到的切向力曲线数据存贮起来;和

将上述的法向力曲线数据和上述的切向力曲线数据集中到上述的
可处理数据内。

测定薄膜和涂层抗擦伤性能的装置和方法

本发明总的涉及薄膜和涂层机械性能的测试，更具体地说，涉及涂层抗划伤和擦伤性能的测试方法及所用的装置。

在原则上，凡会使涂层表面产生应力的运动物体与涂层表面的接触都可能引起涂层擦伤。例如，在汽车车身的涂层上可以看到上述擦伤过程的发生，因为车身的涂层通常要受到诸如污物、灰尘等的磨蚀、洗车时的表面磨损、以及风化作用等的损害。涂层表面擦伤有碍于外表的美观，对于亮丽的彩色涂层或透明的涂层尤其不希望受到划伤或擦伤。涂层的抗划伤和擦伤的性能取决于其物理性质例如涂层组分的屈服强度、韧度、杨氏模量和硬度。上述物理性质又与涂层组分中含有的聚合物的性质如玻璃化转变温度和化学结构等有密切关系。因此，在选用涂层组分中的组元例如聚合物时测试涂层的抗划伤和擦伤性能就成为十分重要的工作。例如，通过将含有某种聚合物的涂层组分的抗擦伤性能与含另一种聚合物的涂层性能相比较就可以确定哪一种聚合物更适合于制成具有长期的最佳色泽和其他物理性质的涂层。

有一种方法规定对涂层表面按照规定的方式摩擦一种指定规格的砂纸，使涂层表面产生损伤。由砂纸上的砂粒的多个接触点造成涂层表面损伤，然后按目视方法定量测量，通常是以 0~10 个等级定量表示，其中标号 10 表示没有损伤，0 代表全部损伤。另外，也可以将一种涂层上产生的损伤与另一种不同组分的涂层在相同的测试条件下产生的损伤进行目视比较，而确定哪一种涂层所受的损伤较小。不过，由于所有目视观察方法都带有主观性，这就使不同测试人员测试的结果有所偏差，致使上述测试结果不够客观。另外，所用砂纸虽然都是标准化的，但可能具有不同的砂粒结构，这也会明显影响对涂层产生的损伤结果。而且也很难定量地测定由砂纸上许多砂粒接触点所造成的损伤。另外，在上述划伤动作过程中由测试者用手指施加的压力也容易变化，结果不同测试者所测损伤结果也容易波动。因此，需要一种比现有技术的带主观性且不可再现的测试方法较少主观性且更有再现性的测试涂层抗擦伤性能的装置。

Wu 在《材料研论杂志 (J. Mater. Res.)》 Vol. 6. No. 2 P 407 ~

426 (Feb, 1991) (材料研究协会) 上发表的论文中谈到一种有关的装置。但所述的装置不能对各种各样的涂层基板在高通过速度的条件下十分稳定地再现测试结果。

5 本发明的第一方面旨在提供一种测定各种试样抗擦伤性能的装置, 该装置具有:

一个安装在上述装置的立柱上的刻划器导引机构, 该机构具有一个安装有一个刻划器的驱动刻划器的机构和一个检测上述刻划器移向和移离上述试样的表面的距离的装置; 和

10 一个设置在上述装置的底座上的试样移送机构, 该机构具有一个固定上述试样并使上述试样的表面垂直于上述的刻划器的夹持器, 和一个可沿与上述刻划器相切的方向移动上述试样的台架, 从而使上述刻划器的针尖在受到驱动而同时进入上述试样内时, 就在上述的薄膜或涂层试样上产生划痕。

15 本发明的第二方面在于提供一种如上述第一方面所述的装置, 其中上述的刻划器驱动机构具有: 一个固定在上述立柱的臂件上的静止支架; 一个固定在上述静止支架上用于使通过第一柔性件与上述静止支架柔性连接的可移式支架移动的供能器, 上述的第一柔性件使上述可移式支架只有一个自由度; 和一个通过第二柔性件与上述可移式支架柔性连接的刻划器夹具, 上述的第二柔性件使上述的刻划器夹具只
20 有一个自由度, 因此, 当上述供能器通电时, 上述的可移式支架和安装有上述刻划器的上述刻划器夹具便只沿垂直于上述试样的表面的方向移动。

25 本发明的第三方面在于提供一种如上述第二方面所述的装置, 其中, 上述的第一柔性件具有 3 对径向地固定在上述可移式支架和上述静止支架上的 3 个位置的膜片弹簧, 因此, 每对上述的膜片弹簧彼此相隔 120° 。

此外, 本发明还涉及一种测定试样抗擦伤性能的方法, 包含如下步骤:

将上述试样固定在测试装置的台架上;

30 使刻划器垂直地定位在上述试样的待测表面上方, 并使其针尖与上述试样的上述表面相接触; 和

驱动上述刻划器的上述针尖按预定速度进入上述试样的表面, 与

此同时，按规定速度沿规定方向移动与上述刻划器相切的上述试样从而划伤上述试样的上述表面，在其表面上产生划痕。

下面参看附图结合具体实施例详细说明本发明，附图中：

图 1 示出薄膜或涂层在粘-塑性变形过程中产生的显微划伤的 3 维微观形态显微照片 (AFM)；

图 2 示出薄膜或涂层在在破断变形过程中产生的显微划伤的 3 维 AFM；

图 3 是本发明测试装置的各种零件的配置简图；

图 4 是本发明测试装置的刻划器导引机构的透视图；

图 5 是本发明测试装置的刻划器导引机构的上视图；

图 6 是本发明测试装置的试样移送机构的分解透视图；

图 7 是本发明测试装置的试样移送机构的夹持器和台架部分的平面图；

图 8 是沿图 7 的 8-8 线的侧剖视图；

图 9、10 和 11 是使用本发明测试装置获得的典型显微划伤试验结果的曲线图。

下面详细说明本发明的实施例。

5 本文所用的“薄膜”一词是指一种大致平坦的自由状态的片层例如聚酯薄膜或者说薄片。“涂层”一词是指一种涂敷在基材表面上的涂层组分的粘附层。

本发明的装置和方法旨在测定薄膜或涂层的抗擦伤和划伤性能。所述装置可在涂层试验表面上制造出一种精确模拟薄膜或涂层表面上通常可看到的划伤和擦伤的显微划痕。划伤和擦伤的现象是复杂的，本申请人已确定在划伤和擦伤过程中留在涂层表面上的典型的显微痕迹或皱纹具有两种不同的形式。擦伤缺陷（如图 1 所示）是一种在薄膜或涂层的粘-塑性变形过程中产生的基本上平滑的痕迹，或者如图 2 所示，是一种在薄膜或涂层破损变形过程中产生的龟裂痕迹。这两种不同类型的操作对于观察者的目视效果是大不相同的。本申请人发现，图 1 所示的操作对于训练过的专家会比外行人更容易看见，而对图 2 所示的损伤，即使是未经专门训练观察这类缺陷的外行人也很容易看出。因此，本发明提出一种可在预定的可再现的条件下在涂层上产生上述损伤的更为客观的测试方法。

20 本发明总的提出一种测试装置，该装置带有可使试样表面发生变形（即显微划伤）的机构，并可用目视方法和曲线图形式记录测试表面的变形信息，然后分析划伤损坏情况。

图 3 简单示出本发明的测试装置 1 的各种部件。测试装置 1 具有一个置于平台 3 上的底座 2。上述平台 3 是很防振的，可彻底地防止振动传递到测试装置 1 上。普通的缓冲机构例如空气减震器（未示出）就很适合作平台 3。例如可采用 Newport 公司（Irvine, CA）提供的研究系列桌面型 No. RS 4000-48-12 缓冲装置。底座 2 上设置一个装有臂件 5 的立柱 4。上述臂件 5 最好是可调节的，以便使臂件 5 可沿立柱 4 上、下定位。在臂件 5 上固定一个刻划器导引机构 6，而在底座 2 上设置一个试样移送机构 8。测试装置 1 还具有一个普通的计算机装置 10，例如可从 Redmond 微软公司（华盛顿）购得的按 Windows[®] NT 工作系统运行的 IBM 一兼容制计算机。计算机装置 10 含有可调节来自和发向刻划器导引机构 6 和试样移送机构 8 的输入和输出信号的装置 12A，以便控制

置于刻划器导引机构 6 的刻划器 32 (见图 4 和 5) 和试样 56 (见图 6 和 8) 的移动, 上述试样 56 的形式可以是一种薄膜或涂敷在基板上的涂层。可按照由 LABVIEW[®] Kersion 5.0.1 可编程软件提供的软件程序来控制刻划器 32 和试样 56 的移动, 上述软件可从 Austin 国家仪器公司 (Texas) 购得。计算机装置 10 还具有用于产生来自试样 56 的刻划表面而产生的可处理的数据的普通装置和存贮上述可处理的数据的普通装置以及用于显示可目视的可处理数据或例如在 CRT 屏幕 12 或曲线绘制器 (未示出) 上显示上述可处理的数据的装置。

在试验过程中, 采用视频系统 014 记录试样 56 的表面产生的变形, 然后进行划伤损坏情况的分析。频率系统 014 对于刻划器 32 的定位、试样 56 的调平和试验的调整都十分有用。视频系统 014 是一种普通的系统。它最好与普通的视频记录系统 (未示出) 相连接, 以便在试验过程中存贮由视频系统 014 所产生的图象。也可用一台显微镜 (未示出) 来观察所测试的涂层的损伤情况。测试装置 1 最好置入隔热室 (未示出) 内, 使其所有部件都保持在恒温 (最好是室温) 下。最好在上述隔热室内从全局上设置多个照明灯, 以便在试验中对测试装置 1 的各种部件进行调节并在寻找试样 56 表面上产生的划痕过程中照亮刻划器 32 的针尖和试样 56 的表面。

下面进行更详细的说明。图 4 和 5 示出刻划器导引机构 6 的细节, 该机构 6 具有一个其内装有刻划器 32 的刻划器驱动机构 7 和一个检测刻划器 32 移向和移离试样 56 表面的距离的检测装置 9。

刻划器驱动机构 7 具有一个固定在臂件 5 上的静止支架 14。该静止支架 14 通过第一柔性件 22 与可移式支架 20 的两端相连接, 上述的柔性件 22 固定在静止支架 14 的端部 18 上, 从而使可移式支架 20 只有一个自由度。可移式支架 20 的两端 24 通过第二柔性件 30 与刻划器夹具的两端相连接, 从而使刻划器夹具 28 只有一个自由度。第一柔性件 22 和第二柔性件 30 各有一对分别连接在静止支架 14 的端部 18 和可移式支架 20 的端部 24 上的膜片弹簧。该膜片弹簧是用镍-铁合金制成的, 该合金可从 Hamilton 精密金属公司 (Lancaster, PA) 购得, 这种合金不仅在宽的温度范围内具有恒定的弹性模量和高的屈服强度, 而且还是比有其他弹簧材料低的热膨胀系数。第一柔性件 22 和第二柔性件 30 设计成具有上述的固定端的双悬臂结构是为了抵抗弯矩

和切向力。因此允许它们只有一个自由度（通常是垂直方向的自由度）。刻划器 32 置于其夹具 28 的中央即与夹具 28 之两端等距离处，以便进一步保证刻划器 32 只具有一个移动自由度，即设有转动或者说角位移。刻划器 32 的针尖的形状可以是圆形的，其半径为 1~10 微米，该针尖也可以是角锥体形的，它用金刚石、刚玉、黄玉或者说石英制成。所需的针尖硬度取决于试样 56 的硬度，最好是采用金刚石的尖部。例如，可以用瑞士 Lyss 的 Synton 公司提供的刻划器 32，其圆形尖部的半径为 3 μm 。

刻划器驱动机构 7 还具有设置在静止支架 14 上的供能器 16。该供能器 16 的致动芯 17 固定在可移式支架 20 上，因此，当供能器 16 通电时，可移式支架 20 和装有刻划器 32 的刻划器夹具 28 便仅沿垂直于试样 56 的表面移动。供能器 16 最好具有一个低压压电转换器（LVPZT）和一个为 LVPZT 供给能量的控制器。如果对上述的 LVPZT 加上电压，它们就会伸长。因此，人们可按预定方式使刻划器 32 起动和连续移动。采用从 Physik Instremante, (PI) Gmb H&Co 的 Polytec PI 子公司（Auburn, MT）购得的工作电压高达 120V 的型号为 Nos. P-840.60 或 P-841.60 的 LVPZT 与其控制器一起可使刻划器 32 的总的位移量达 90 μm 左右，其分辨能力为 2nm。试样 56 表面所受到的法向力高达 100 毫牛顿，分辨能力为 2 微牛顿。

检测刻划器 32 移向和移离试样 56 的表面的距离的检测装置 9 具有一个测量刻划器 32 针尖穿入试样 56 的距离的第一检测器 34 和一个测量刻划器 32 针尖穿入试样 56 时试样 56 所受到的法向力的第二检测器 36。第一检测器 34 和第二检测器 36 分别测出针尖穿透量和法向力的数据，这些数据被传送到计算机装置 10 的控制输入和输出信号的装置 12A。该装置 12A 根据上述数据控制供入供能器 16 的能量，并按照通过计算机装置 10 提供的软件程序来控制刻划器 32 和试样 56 的移动。

在置于静止支架 14 和可移式支架 20 的任一侧边上的一对支柱 38 上安装第一检测器 34 的一个固定的第一部件，固定在静止支架 14 上的支柱 38 可使可移式支架 20 和刻划器夹具 28 在其间自由地移动。在刻划器夹具 28 上安装第一检测器 34 的一个可移动的第一部件，致使在刻划器夹具 28 移动时，可按刻划器夹具 28 的移动来改变第

一检测器 34 的固定的第

一部件与可移动的第一部件之间的间隙，从而产生一个可传输到控制输入和输出信号的装置 12A 的模拟输出信号。同理，在可移式支架 20 上安装第二检测器 36 的一个固定的第二部件，而在刻划器夹具 28 上则安装第二检测器的一个可移的第二部件，以便在刻划器夹具 28 移动时，可按照试样 56 所受到的法向力来改变第二检测器 36 的固定的第二部件与可移动的第二部件之间的间隙，从而产生一个可传送到控制输入和输出信号的装置 12A 的模拟输出信号。上述的第一检测器 34 和第二检测器 36 可以是相同的，例如可从 Pyhsik Instremante, (PI) GmbH&Co 的子公司 Polytec PI 公司 (Aubum, MT) 购得的 D-050-00 型电容传感器。

图 6、7 和 8 示出试样移送机构 8 的细节。图 6 示出用于沿与刻划器 32 相切的方向移动试样 56 的台架 11 的细节，当驱动刻划器 32 的针尖进入试样 56 并同时移动试样 56 时便在试样 56 的表面上产生划痕。图 6、7 和 8 还示出在其上面固定试样 56 以使其表面与刻划器 32 相垂直的夹持器 13 的细节。

如图 6 所示，台架 11 具有一个固定在测试装置 1 的底座 2 上的第一台架座 40 和一个安装在第一台架座 40 上面的第二台架座 42，从而使固定在第二台架座 42 上的夹持器 13 可沿 X 和 Y 轴移动并精确定位。根据来自计算机装置 10 的输入信号，驱动第一台架座 40 的机构 60 和驱动第二台架座 42 的机构 58 使固定在第二台架座 42 上面的夹持器 13 发生沿 X 轴和 Y 轴的移动。由 Melles Griot 公司 (Irvine, CA) 提供的 Nanomorer™ 系统是合适的台架系统之一。这种显微定位器的分辨能力为 50nm，绝对精度为 $\pm 1\mu\text{m}$ ，总的移动范围是 25mm。

如图 6、7 和 8 所示，夹持器 13 具有一个固定在第二台架座 42 上的试样夹持支座 44，如有必要的话，可在试样夹持支座 44 与第二台架座 42 之间设置一种硅氧烷化合物的减震膜片 62，以便进一步减少来自第二台架座 42 的任何高频噪音传到试样夹持支座 44 上。最好在试样夹持支座 44 与第二台架座 42 之间设置一对互相成 90° 定位的普通单轴倾斜平台 (未示出) 以便于调平固定在夹持器 13 上的试样 56。例如由 Newport 公司 (Irvine, CA) 提供的单轴倾斜平台 (型号为 TGN 80) 就很适用于上述目的。这类平台的移动范围是 $\pm 2.5^\circ$ ，分辨能力为 20 弧度秒，灵敏度为 2 弧度秒。

在试样夹持支座 44 上固定一对楔入块 49, 该楔入块 49 通过第三柔性件 48 与“I”形块 46 相连接(第三柔性件 48 固定在“I”形块 46 的分支上), 使“I”形块 46 具有唯一的沿所示方向的自由度。第三柔性件 48 各具有一对与楔入块 49 的每一侧和“I”形块 46 的每个分支相连的膜片弹簧。该膜片弹簧用可从美国宾夕法尼亚州 Lancaster 的 Hamilton 精密金属公司购得的镍-铁合金制成。“I”形块 46 位于试样夹持支座 44 的表面上方, 可沿箭头所示方向前后自由移动。在“I”形块 46 上面固定一个试样夹具 50, 该试样夹具 50 具有跨在一对安装杆上的一对试样夹头 52, 每个试样夹头 52 带有一个夹紧螺钉 54, 因此, 可通过夹紧螺钉 54 上紧在试样 56 前后的试样夹头 52 而将试样 56 固定之。

测试装置 1 还具有一个用于检测在刻划器 32 的针尖移过试样 56 的表面使试样划伤时试样 56 所受到的切向力的第三检测器 51。该第三检测器 51 的固定的第三部件安装在试样夹持支座 44 上, 它的可移动的第三部件安装在“I”形块 46 的侧面上, 因此, 当刻划器 32 划伤试样 56 的表面时, 上述第三检测器 51 的固定的第三部件与可移动的第三部件之间的间隙就会随试样 56 所受的切向力的大小而变化。然后将所产生的模拟输出信号传送到调控输入和输出信号的装置 12A 上。上述的第三检测器 51 可与第一检测器 34 或第二检测器 36 相同。例如可从 Physik Instremente, (PI) GmbH&Co 公司在美国麻萨诸塞州 Auburn 的 Polytec PI 子公司购得的 D-050-00 型电容传感器。

可根据第一柔性件 22、第二柔性件 30 和第三检测器 51 的膜片弹簧的尺寸和供能器 16 的功率来改变测试装置 1, 使装置 1 具有适合于各种测试用途的不同的检测能力和分辨能力。

测试装置 1 可以在厚度为 1~1000 μm 的涂层或薄膜上产生显微划伤以检测它们的抗擦伤能力。进行这种试验时, 将试样 56 固定在试样夹具 50 上。然后, 先用气泡水平仪调平试样 56, (最好用单轴倾斜平台) 以便通过扫描试样 56 的表面大致调平试样 56 的受测表面。使用可调节的臂件 5 使刻划器 32 靠近试样 56。并使用视频系统 014 使刻划器 32 的针尖靠近到离试样 56 的被测表面 5 μm 内, 也就是刻划器针尖与其倒影大致互相触碰的时候。最后通过供能器 16 所产生的位移进行最后的总调节。也就是, 当供能器 16 通电时推动可移式支架 20,

该支架又推动装有刻划器 32 的刻划器夹具 28, 以便使针尖与试样 56 的受测表面相接触。实现上述接触时, 第二检测器 36 测出试样 56 的表面所受的
法向力, 该法向力被调节到不足以使下面的试样 56 的表面产生明显损伤的恒定法向力。一般来说, 对于树脂涂层而言, 上述法向力约为 20 微牛顿 (μN)。

首先, 通过按照驱动台架 11 的预定速度沿预定的方向使刻划器 32 的针尖在待刻划的试样 56 的表面上移动一段预定的距离 (通常为 3mm), 并调节刻划器 32 的针尖在足以接触试样表面但不损伤该表面的纵断面高度上接触试样 56 的表面的法向力, 也就是将该法向力调节到 $20\mu\text{N}$ 。在画出表面轮廓时利用来自台架 11 和计算机装置 10 形成的闭环控制系统的连续反馈在上述的纵断面高度上保持上述法向力的值。将所得数据作为划伤前轮廓数据存贮在计算机装置 10 的存储器内。

然后, 驱动刻划器 32 的针尖按预定速度进入试样 56 的表面, 并同时参考已存贮的划伤前轮廓数据、按照台架 11 产生的速度沿同一预定方向移动试样 56 的表面通过同一预定距离进行滑行式刻划。因此, 在对试样 56 的表面进行滑行式刻划时利用划伤前数据可以消除由于试样 56 的表面变化即凸起的凹陷所产生的任何误差。结果, 刻划器的针尖划出一道不受试样 56 的表面变化影响的预定深度的划痕。所得到的信号作为针尖位移轮廓数据存贮在计算机装置 10 的存贮器内。一般情况下, 在滑行式刻划过程中, 试样 56 表面所受法向力开始时为 0, 然后, 在延迟 5 秒后。在试样 56 连续移动的同时, 法向力平稳地以 $0.02\text{mN}/\text{sec}$ 的速率增加到预定的最大值, 如果需要的话, 上述速率可逐步提高, 也可保持恒定值。

最后, 通过使刻划器 32 的针尖按照驱动台架 11 通过同一预定距离的预定速度在相同的纵断面高度上的法向力即 $20\mu\text{N}$ 的法向力下沿画出预划伤试样表面轮廓图时的同一预定方向移动刻划器的针尖而画出划痕表面的轮廓。在利用来自台架 11 和计算机装置 10 形成的闭环控制系统的连续反馈而画出划痕的轮廓时, 在纵断面高度上保持上述法向力值。所得到的信号作为划伤后的轮廓数据存贮在计算机装置 10 的存贮器中。将上述的预划伤轮廓数据、针尖位移轮廓数据和划伤后的轮廓数据变成可处理的数据, 然后在显示器 12 上按目视的或曲线图的形式显

示出来，以确定试样 56 的耐擦伤性能。

另外，测量出刻划器 32 针尖进入试样 56 时试样 56 所受的
法向力，并作为法向力曲线数据存贮之。再测量出试样 56 划伤时试样所受的切向力，并作为切向力曲线数据存贮之。将上述法向力和切向力曲线数据集中到可处理数据内。

用本发明的方法和装置 1 测定的试样 56 包括各种涂层。图 9 示出对涂敷在一种黑色底层上的用苯乙烯-丙烯酸/蜜胺组分制成的约 30 μ m 的透明的面涂层进行显微划伤试验得到的结果。使用的刻划器 32 是带有 1 μ m 金刚石尖部的刻划器。

图 10 和 11 示出对两种不同的透明涂层进行显微划伤试验所获得的结果。

图 9、10 和 11 的线图迹中的迹线 A 代表试样 56 的未损伤表面的划伤前的曲线，迹线 D 代表刻划器 32 的针尖穿入试样 56 并移过预定距离时的针尖位移曲线，迹线 B 代表划伤后的曲线。从迹线 D 和 B 可以看出，在表面划伤后，涂层发生明显的恢复。迹线 D 和 E 是试样 56 在试验时所受到的切向力和法向力的曲线。以迹线 B 的划伤后的轮廓深度减去迹线 A 的预划伤轮廓深度，便得出涂层的操作程度。

在刻划试验的早期，迹线 A 和 B 是重叠的，这意味着涂层的变形全都恢复了，就是说，该变形是弹性变形。随着载荷的增加，上述两条迹线开始分离，意味着开始发生粘-塑性变形，在图 1 中可看到该变形的放大形态，随着法向力的增大，涂层的变形量平稳地增加。在图 9 的约 4.1mm 距离（法向力为 3mN）处以及在图 10 上约 2.15mm 距离（法向力为 1.8mN）处，迹线 B 的形状发生突然的变化。由迹线 D 所示的切向力曲线和迹线 D 所示的针尖位移曲线开始发生剧烈波动，这表明已发生破裂，在图 2 可看到该破裂的放大形态，随着法向力进一步增大，破裂的频率和加幅度都增大，最终产生碎片。将图 9、10 和 11 所示的涂层试验数据相比较时可以看出。图 11 所示的涂层的抗擦伤性能较差，因为随着显微划伤的产生，涂层很早就开始发生破裂。另外，涂层在弹性区或粘-塑性区停留时间越长，迹线 B 与迹线 A 越靠近，涂层的抗擦伤性能越好。

本发明也可用于通过使刻划器 32 按预定的速度和预定的法向力对各种表面穿入预定的均匀的深度，然后将各种表面上产生的显微划痕进

行比较来比较各种表面的抗擦伤性能。另外，本发明的测试装置也可用于通过例如画出试样表面的轮廓来测定涂层或薄膜的表面粗糙度和硬度，或通过使刻划器针尖穿透涂层或薄膜的整个厚度来测试涂层或薄膜的厚度均匀性。

- 5 本发明很适合于测定各种涂层的抗擦伤性能，这些涂层包括例如：用作汽车维护的木质的、塑料的或纸质基板上的透明的和带色的涂层；涂在眼镜（护目镜）镜片上的抗划伤涂层；涂在照相机和望远镜的镜头上的抗反射和遮光涂层；各种金属涂层例如在金属底板上电镀的铬和二氧化钛（TIN）涂层和在金属底板上的化学镀的镍、铜、银和金的
- 10 涂层。

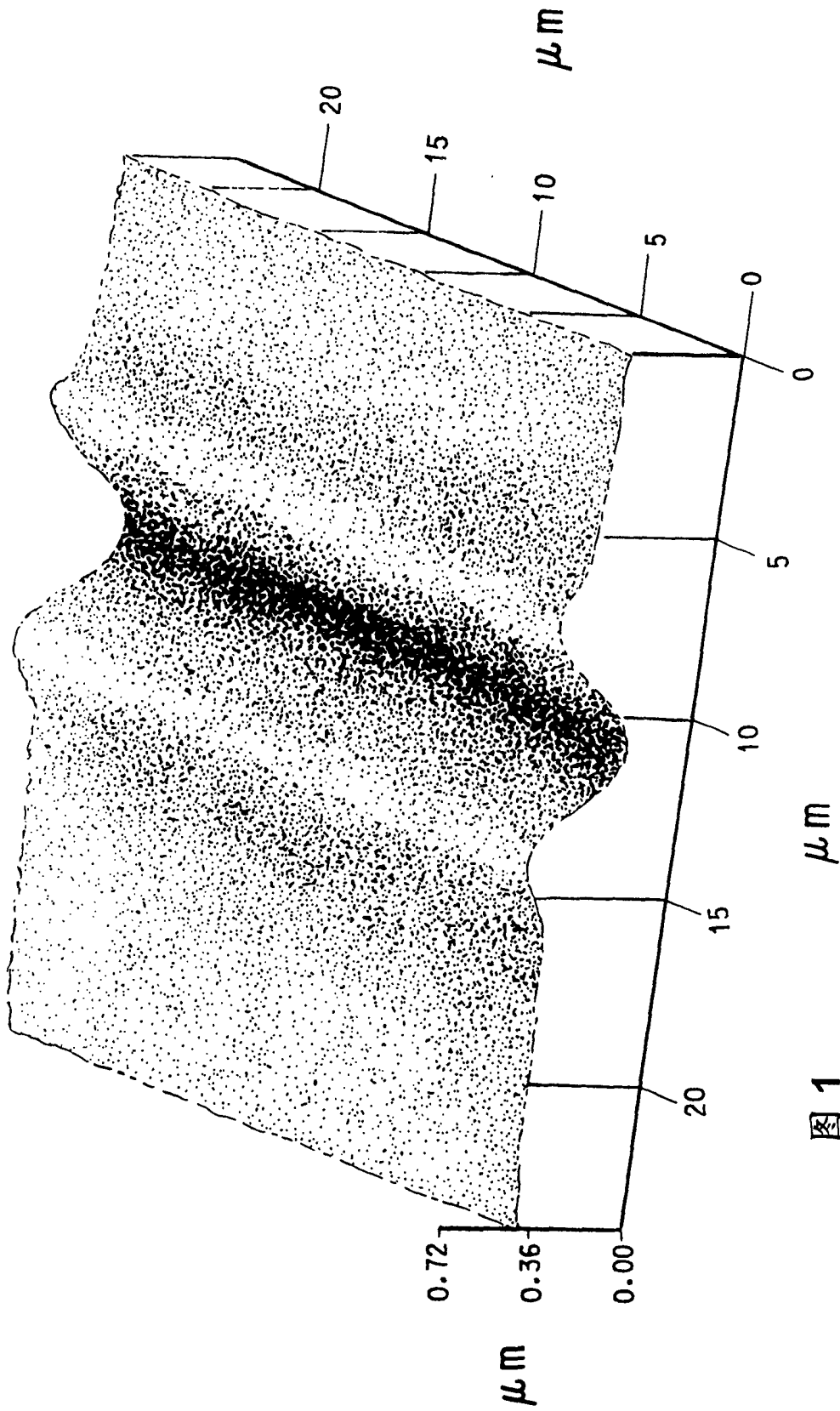


图1

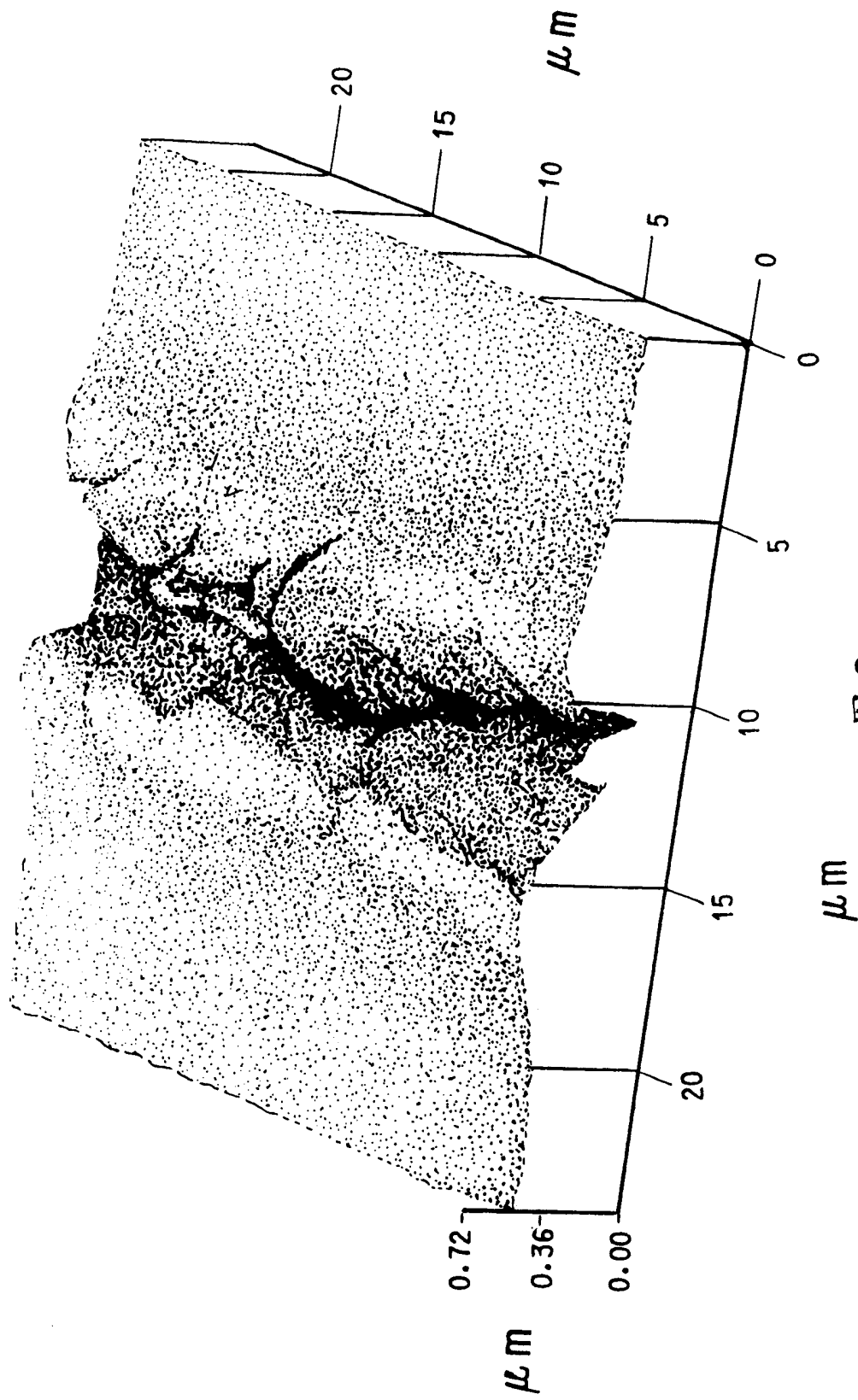


图 2

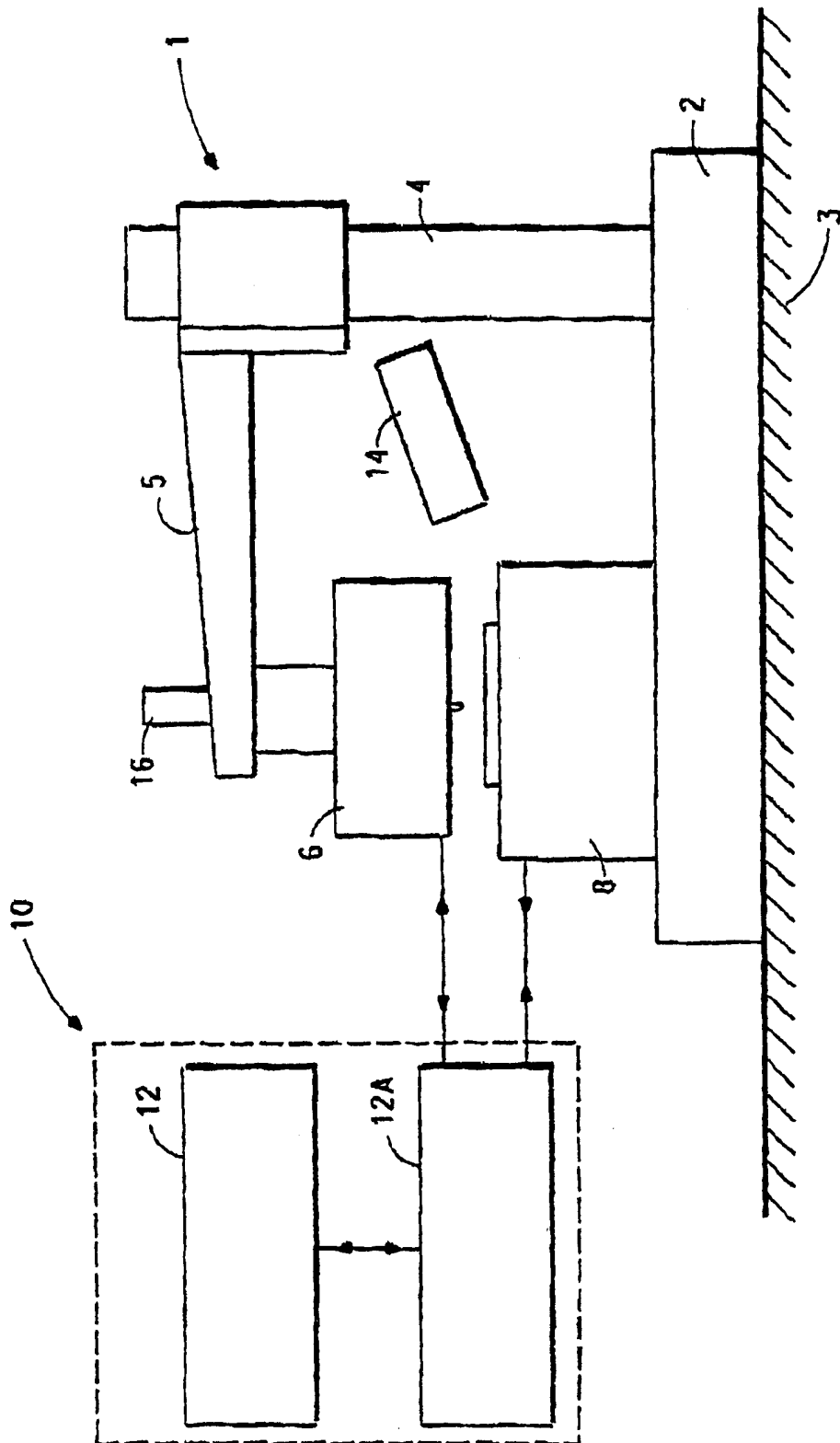


图 3

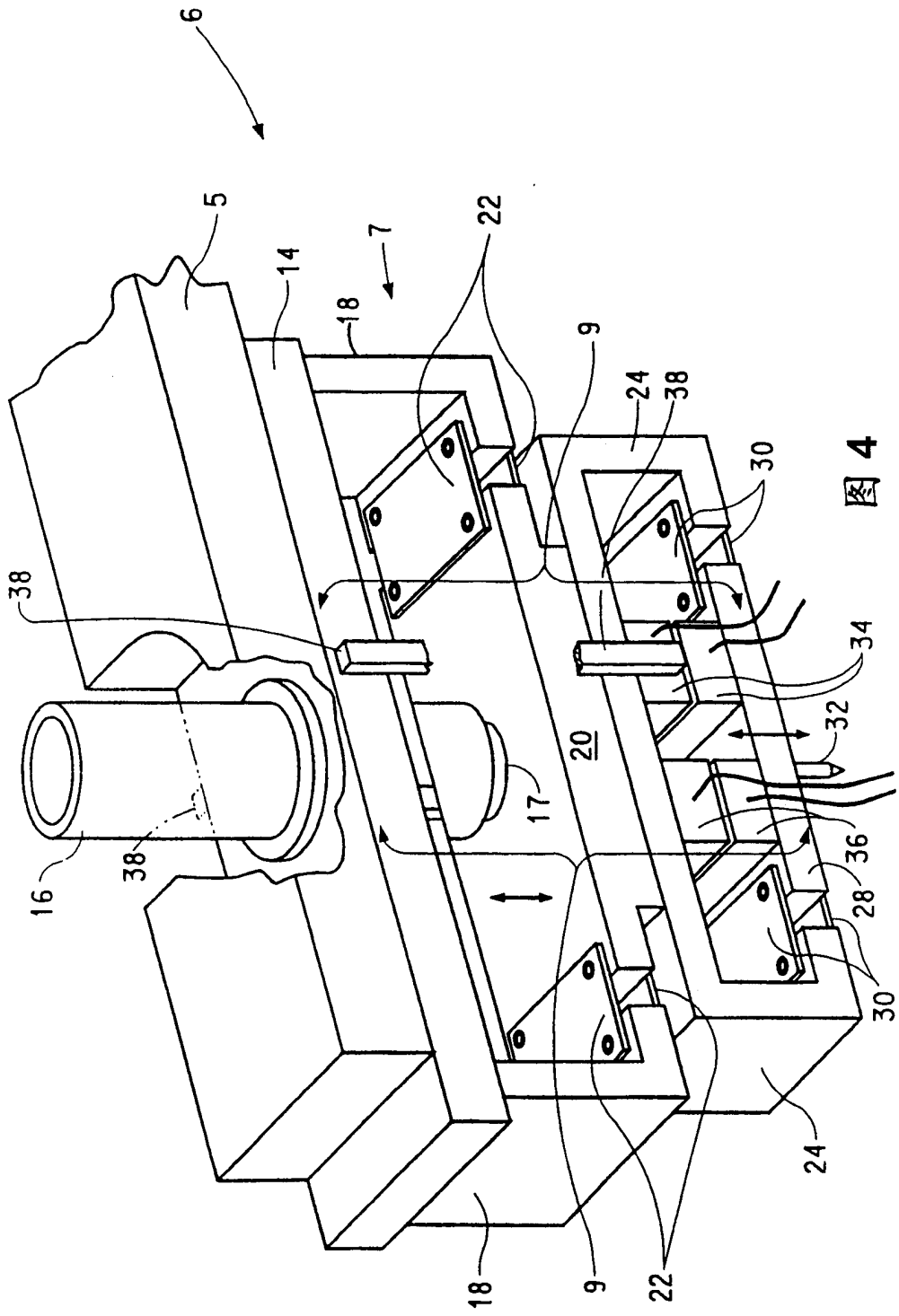


图 4

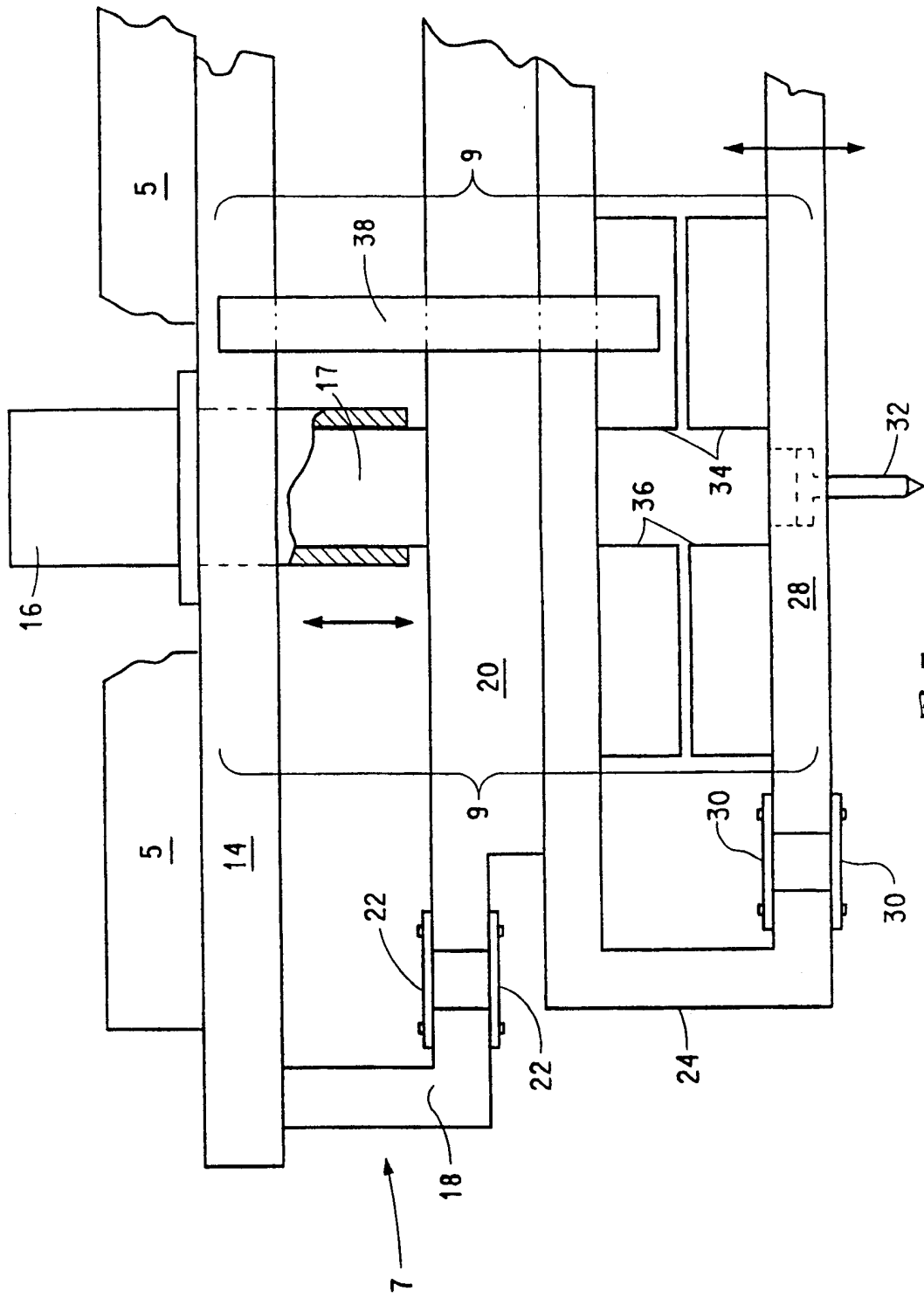


图 5

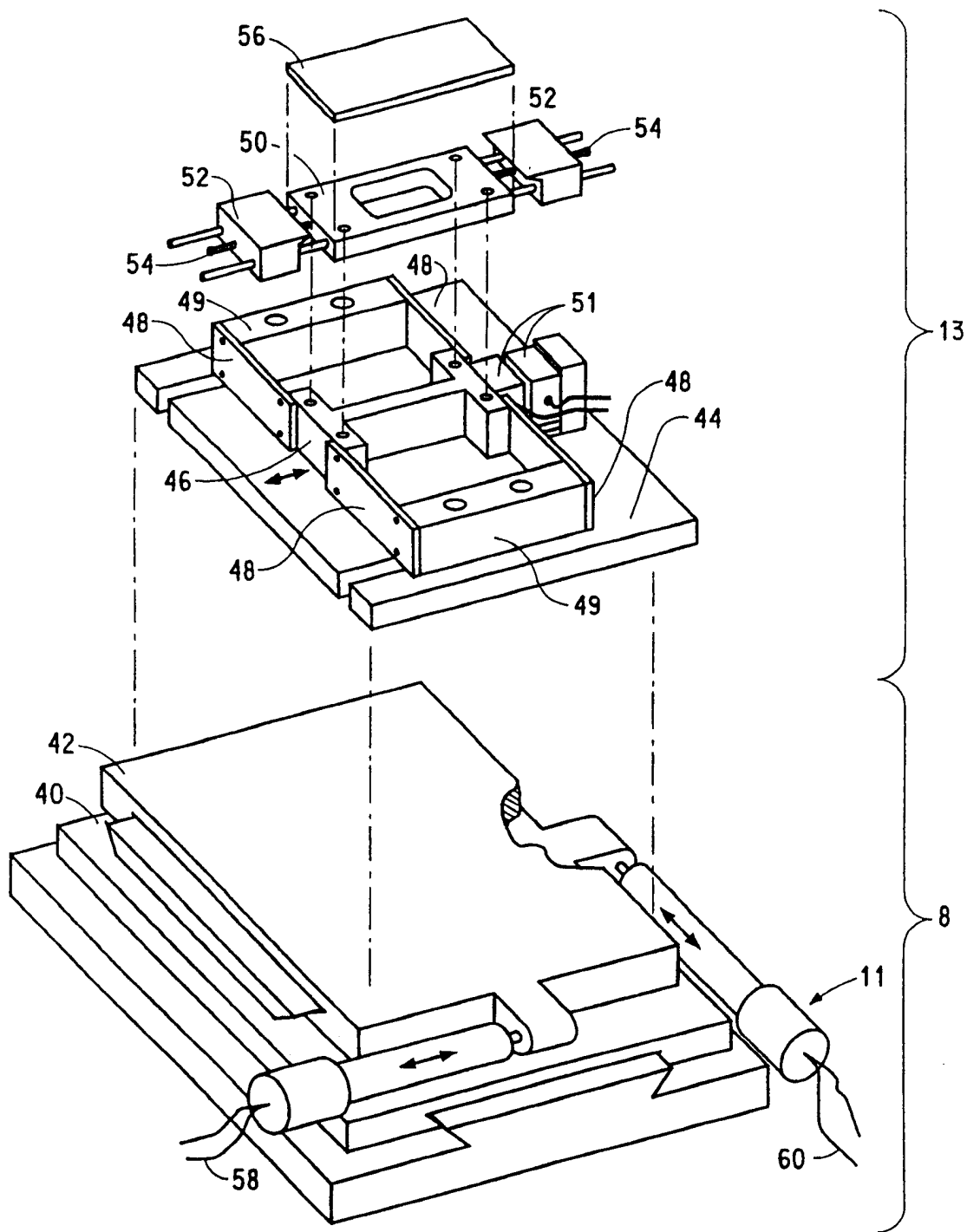


图 6

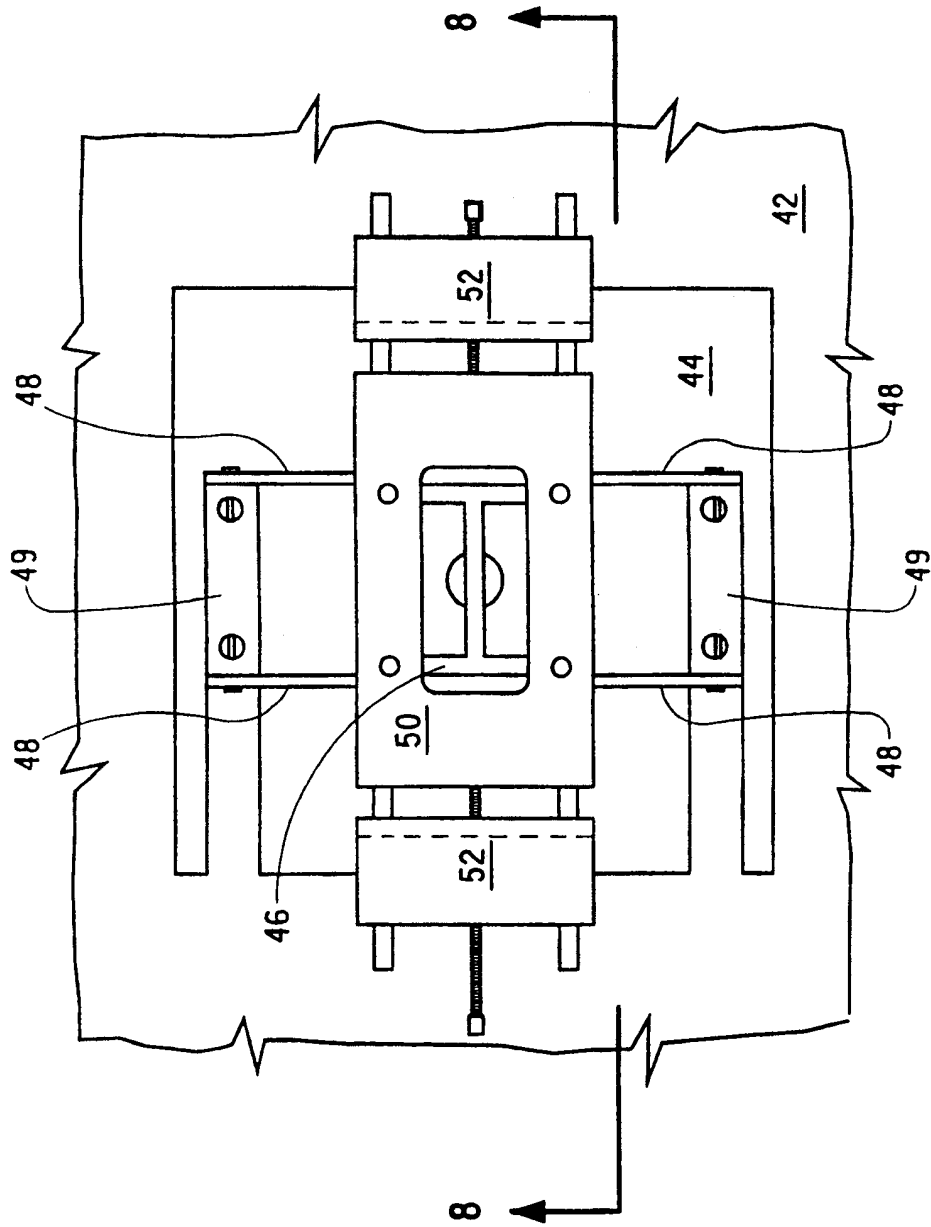


图 7

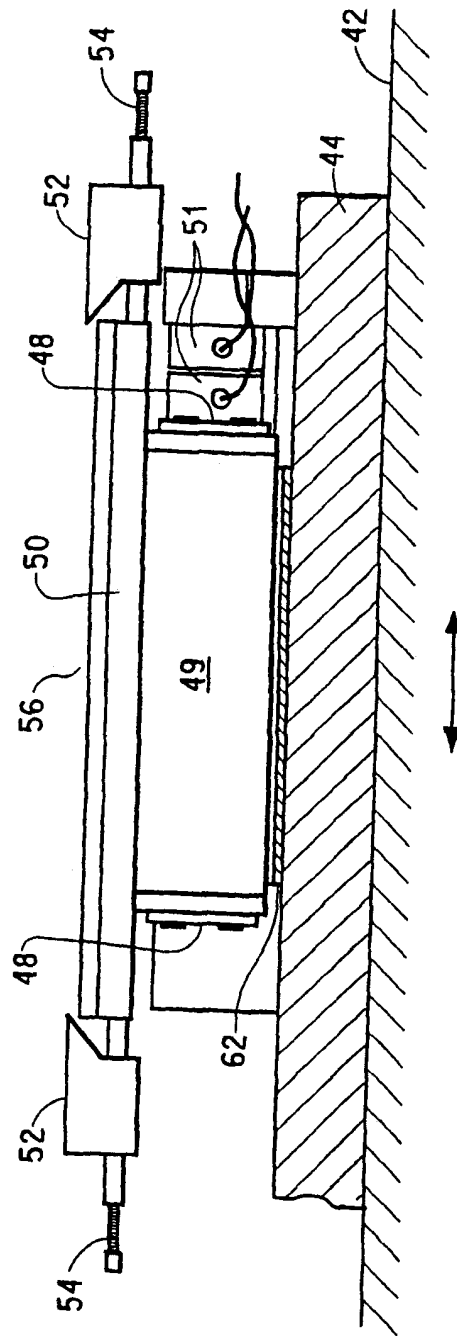


图 8

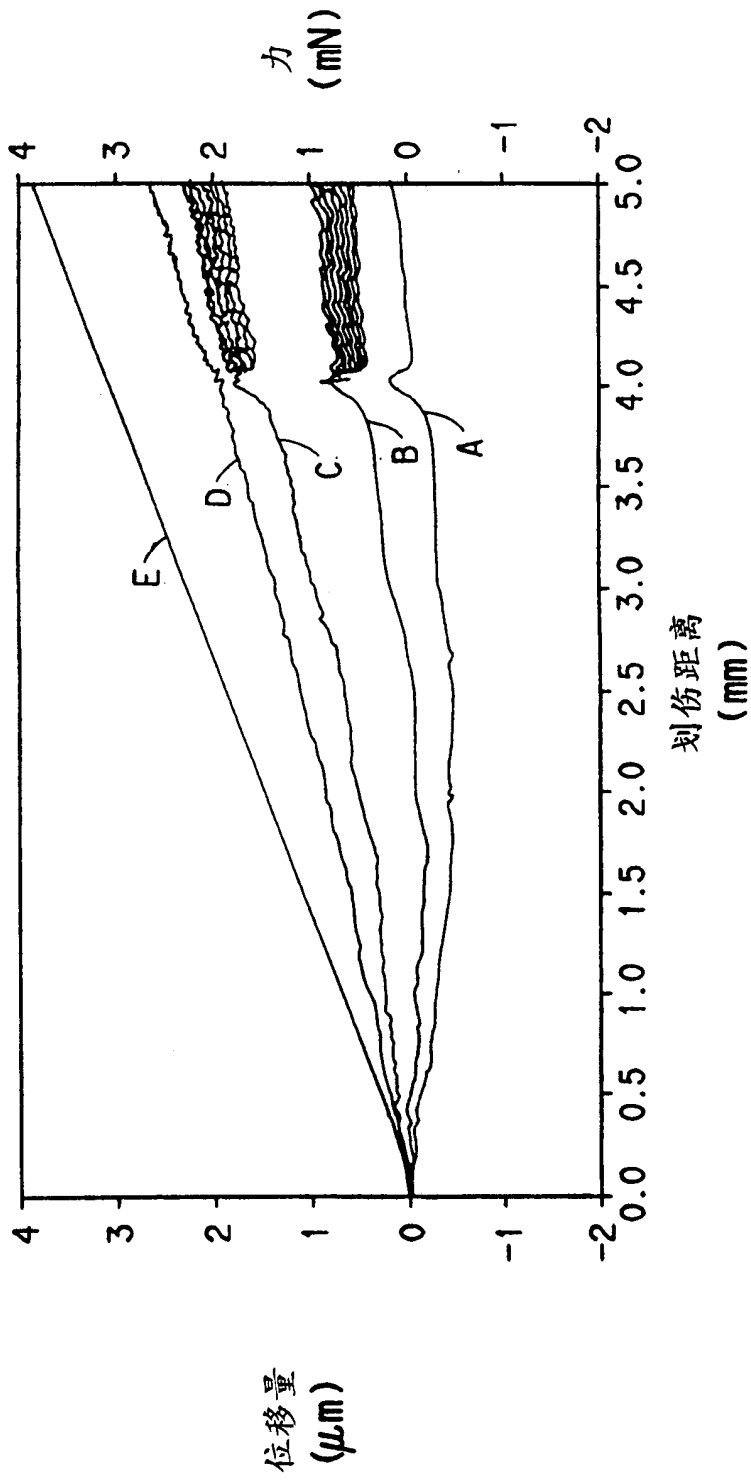


图 9

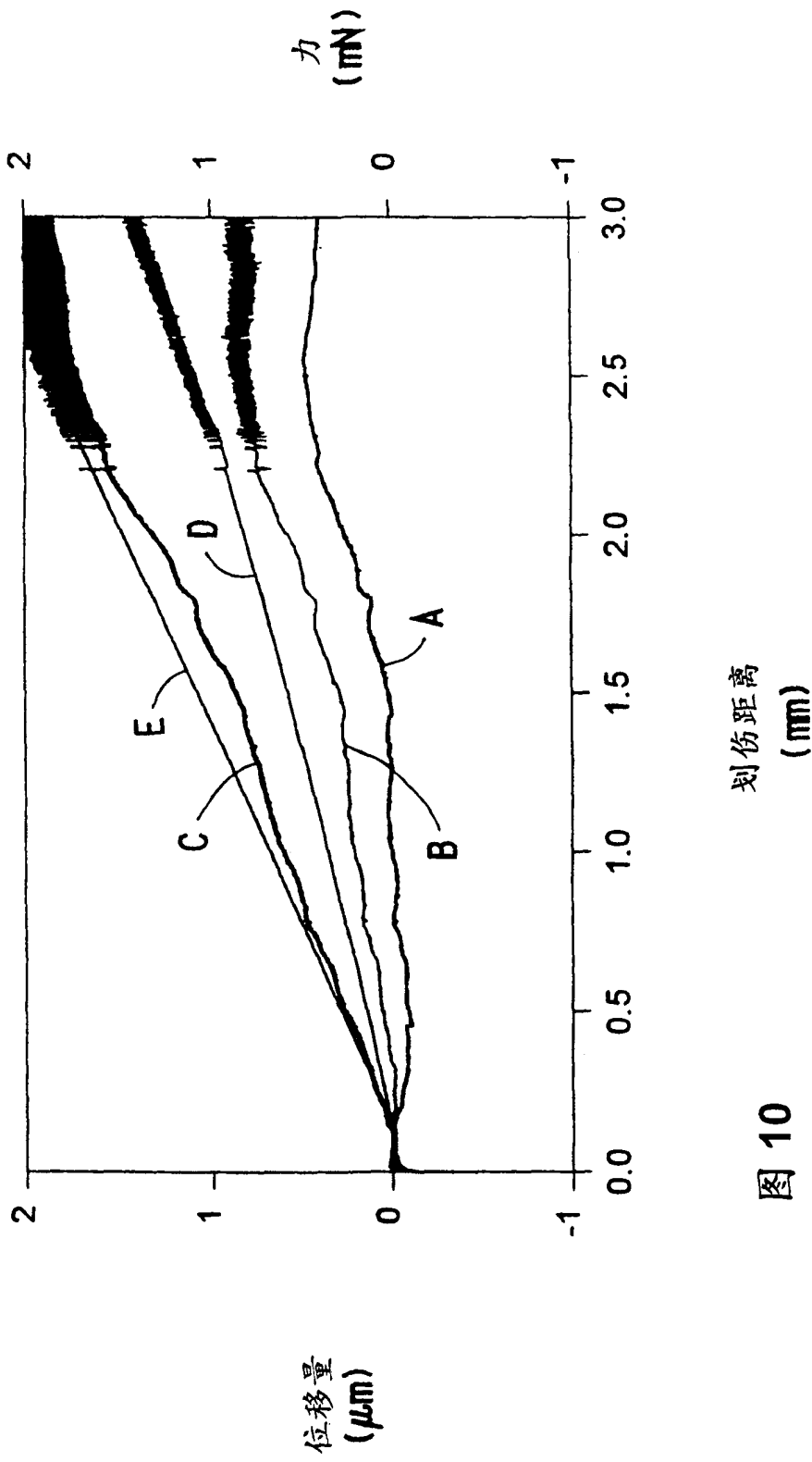


图 10

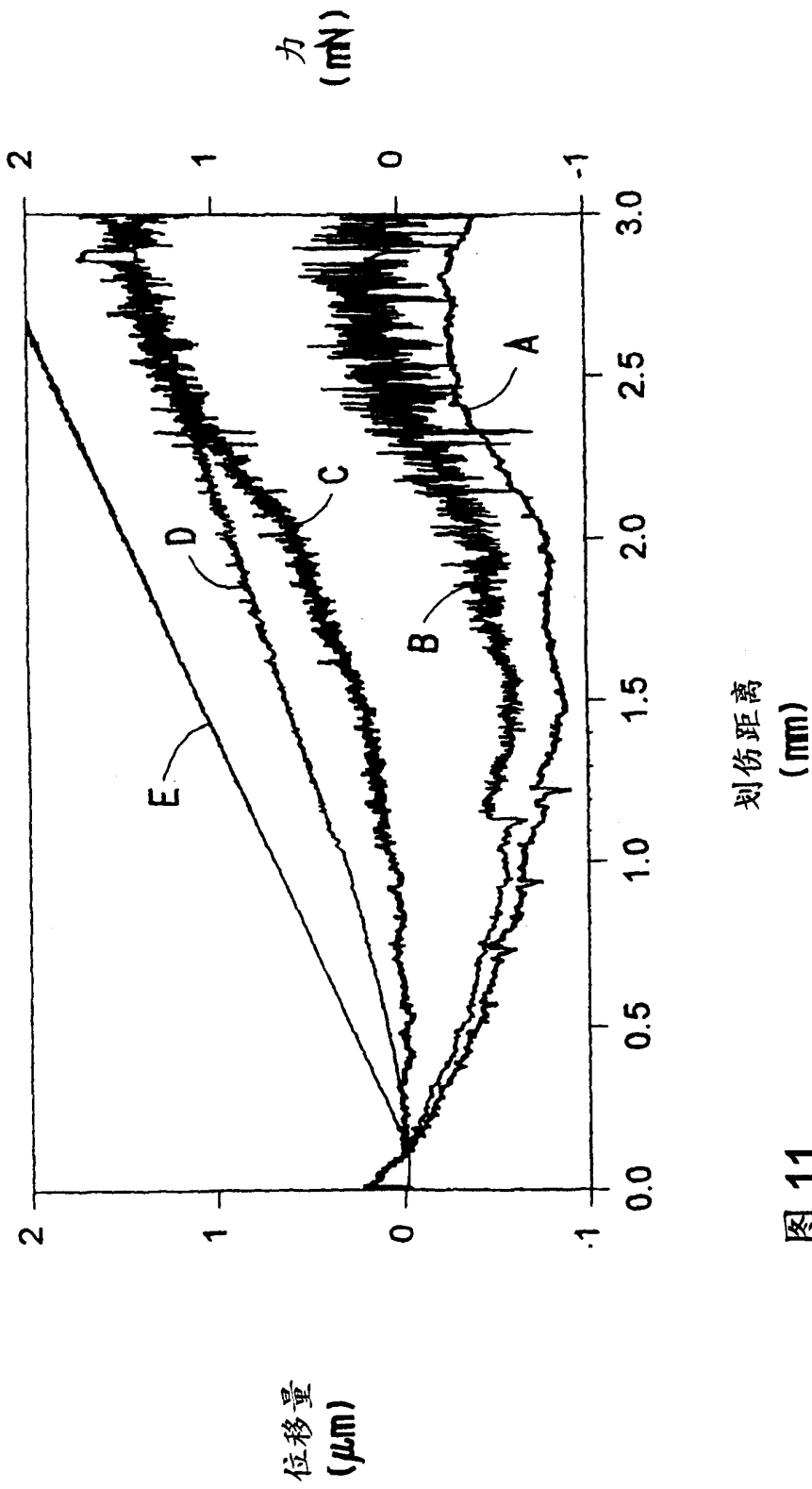


图 11