

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B24B 1/00 (2006.01)

B24B 7/22 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99815985.9

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100372648C

[22] 申请日 1999.12.1 [21] 申请号 99815985.9
[30] 优先权

[32] 1998.12.1 [33] GB [31] 9826369.2

[32] 1998.12.1 [33] GB [31] 9826371.8

[32] 1998.12.1 [33] GB [31] 9826372.6

[86] 国际申请 PCT/GB1999/004014 1999.12.1

[87] 国际公布 WO2000/032353 英 2000.6.8

[85] 进入国家阶段日期 2001.8.1

[73] 专利权人 伦敦大学学院

地址 英国伦敦

[72] 发明人 R·宾厄姆 D·C·赖利

[56] 参考文献

US 5516327 1996.5.14

US 5482496 1996.1.9

US 4617764 1986.10.21

审查员 冯宪萍

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 郑建晖 杨松龄

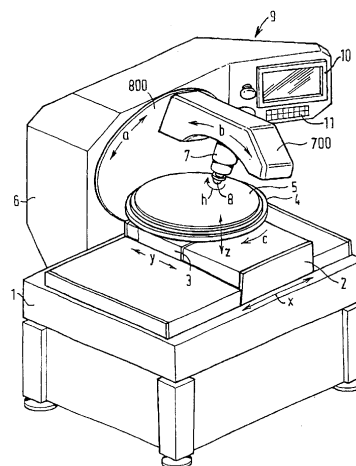
权利要求书 5 页 说明书 8 页 附图 27 页

[54] 发明名称

抛光的设备和方法

[57] 摘要

一种用于磨削或抛光工件的设备，其包括：一个用于支承工件的支承表面；一个沿转动轴线布置并绕该转动轴线转动的工具头部件；一个具有可用于磨削或抛光工件的表面的加工部件，该加工部件沿所述转动轴线设置在工具头部件上，并与其一起绕转动轴线转动；用于驱动工具头部件和安装在工具头部件上的加工部件以绕转动轴线转动的第一驱动装置；用于安装工具头部件的工具头安装装置；用于驱动工具头安装装置的第二驱动装置，其可使工具头部件的转动轴线倾斜于与该转动轴线相交的旋进轴线，并随着转动轴线绕旋进轴线的旋进来将工具头部件移动到倾斜位置；以及用于使工具头安装装置运动而穿过支承表面的第三驱动装置。



1. 一种用于磨削或抛光工件的设备，该设备包括：

一个用于支承所述工件的支承表面；

一个沿转动轴线布置并绕该转动轴线转动的工具头部件；

一个具有可用于磨削或抛光所述工件的表面的加工部件，该加工部件沿所述转动轴线设置在所述工具头部件上，并与所述工具头部件一起绕所述转动轴线转动；

用于驱动所述工具头部件和安装在其上的所述加工部件绕所述转动轴线转动的第一驱动装置；

用于安装所述工具头部件的工具头安装装置；

用于驱动所述工具头安装装置的第二驱动装置，其可使所述工具头部件的所述转动轴线相对于与所述转动轴线相交的旋进轴线倾斜，并随着所述转动轴线绕所述旋进轴线的旋进来将所述工具头部件移动到倾斜位置；以及

用于使所述工具头安装装置运动而穿过所述支承表面的第三驱动装置。

2. 根据权利要求1所述的设备，其特征在于，所述第一驱动装置被设置成沿所述支承表面的横向方向来驱动所述加工部件的表面，所述第二驱动装置适合于使所述加工部件的所述表面相对于所述支承表面上的一个位置转动，从而使所述加工部件的所述表面和所述支承表面之间横向相对运动的方向相对于所述支承表面上的所述位置转动。

3. 根据权利要求1或2所述的设备，其特征在于，所述第二驱动装置布置成可使所述工具头部件运动到倾斜位置，所述倾斜位置分布在所述转动轴线绕所述旋进轴线旋进的 360° 角的整数部分上。

4. 根据权利要求1或2所述的设备，其特征在于，所述第二驱动装置布置成可使所述工具头部件按旋进步距运动。

5. 根据权利要求4所述的设备，其特征在于，所述第二驱动装置布置成可使所述工具头部件按旋进步距运动，所述旋进步距关于旋进轴线对称分布在绕所述旋进轴线旋进的 360° 角的整数部分上。

6. 根据权利要求1或2所述的设备，其特征在于，所述第二驱动装置布置成可以旋进步距递增地进行旋进，该旋进步距不是 360° 角的整数部分。

7. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 所述工具头安装装置布置成这样的, 即: 所述旋进轴线在所述磨削部件或其附近与所述转动轴线相交。

8. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 包括用于控制所述第一和第二驱动装置的控制装置, 这样, 所述工具头部件绕所述转动轴线的运动速率小于所述工具头部件的转动速率。

9. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 所述工具头安装装置包括正交布置的第一和第二弧形部件, 每个弧形部件的曲率中心位于穿过所述加工部件或靠近所述加工部件的一条轴线上, 所述工具头部件的第二端部通过所述第二驱动装置固定在所述第一和第二弧形部件上, 从而使所述工具头部件的第二端部绕弧形部件的各相应轴线沿相应的正交弧运动。

10. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 所述第三驱动装置布置成也可使所述工具头部件朝着和背离所述支承表面的方向运动。

11. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 所述支承表面布置成可相对于所述工具头安装装置转动。

12. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 所述加工部件是球形的。

13. 根据权利要求12所述的设备, 其特征在于, 所述加工部件是柔性的。

14. 根据权利要求1或2所述的设备, 其特征在于, 包括控制装置, 该控制装置可操纵地接收所述工件的外形表面信息, 并控制所述第二驱动装置, 以便使所述工具头部件在磨削或抛光位置处绕垂直于所述工件表面的所述旋进轴线旋进。

15. 根据权利要求14所述的设备, 其特征在于, 所述控制装置可操纵地接收所述工件的粗糙度信息和所述加工部件切削所述工件材料的切削率信息, 以便控制所述第三驱动装置使所述工具头安装装置按一个重复的修琢图型运动, 并在每个成型过程中控制所述第一、第二和第三驱动装置切削小于4倍的工件抛光或磨削区域的局部平均粗糙度值的量。

16. 根据权利要求15所述的设备, 其特征在于, 所述控制装置适合于控制所述第二驱动装置, 以便对于每个修琢图型利用绕所述旋进轴线的不同倾斜位置。

17. 一种磨削或抛光工件表面的方法，该方法包括：

将工件安装在一个支承装置上；

使一个沿转动轴线布置的工具头部件相对倾斜，从而使所述转动轴线相对于与所述转动轴线相交的旋进轴线倾斜，所述工具头部件具有沿所述转动轴线轴向布置在所述工具头部件上的加工部件，所述加工部件具有可用于磨削或抛光所述工件表面的表面，所述旋进轴线在所述加工部件的所述表面的接触区域处垂直于所述工件的表面；

使所述工具头部件绕所述转动轴线转动；

使所述加工部件的所述表面与所述工具的所述表面接触，从而使所述加工部件的所述表面沿所述工件的所述表面的横向方向运动；

使倾斜的工具头部件运动到绕所述旋进轴线转动的倾斜位置；以及

使倾斜的工具头部件运动，从而使所述加工部件和所述工件的所述表面沿一个修琢图型相对运动。

18. 根据权利要求17所述的方法，其特征在于，使倾斜的工具头部件运动到绕所述旋进轴线转动的倾斜位置的步骤保持一个角度，所述工具头部件恒定地以该角度倾斜于所述旋进轴线。

19. 根据权利要求17或18所述的方法，其特征在于，对于绕所述旋进轴线转动的多个倾斜位置中的每一个，所述倾斜的工具头部件以其所述的修琢图型运动。

20. 根据权利要求17或18所述的方法，其特征在于，绕所述旋进轴线转动的所述倾斜位置分布在绕所述旋进轴线转动的整数角上。

21. 根据权利要求17或18所述的方法，其特征在于，所述工具头部件逐步地运动到绕所述旋进轴线转动的所述倾斜位置。

22. 根据权利要求21所述的方法，其特征在于，所述倾斜位置对称地以绕所述旋进轴线转动的整数角分布在所述旋进轴线周围。

23. 根据权利要求21所述的方法，其特征在于，所述倾斜位置不是绕所述旋进轴线转动的 360° 角的整数部分。

24. 根据权利要求17或18所述的方法，其特征在于，所述旋进轴线在所述加工部件或其附近与所述转动轴线相交。

25. 根据权利要求17或18所述的方法，其特征在于，所述工具头部件绕所述旋进轴线的运动速率小于所述工具头部件的转动速率。

26. 根据权利要求17或18所述的方法, 其特征在于, 所述工件相对于所述工具头部件转动。

27. 根据权利要求17或18所述的方法, 其特征在于, 所述加工部件是球形的。

28. 根据权利要求27所述的方法, 其特征在于, 所述加工部件是柔性的, 通过控制所述加工部件相对于所述工件的所述表面的位置来控制所述工件的所述表面与所述加工部件之间的接触面积。

29. 根据权利要求17或18所述的方法, 其特征在于, 根据所述工件的外形表面信息来控制所述工具头部件的运动。

30. 根据权利要求29所述的方法, 其特征在于, 包括接收所述工件的粗糙度和所述加工部件切削所述工件材料的切削率信息, 控制所述工具头部件使其按一个重复的修琢图型运动, 并在每个修琢图型中控制材料的切削, 使切削小于4倍的工件抛光或磨削区域的局部平均粗糙度值的量。

31. 根据权利要求30所述的方法, 其特征在于, 对于每个修琢图型利用所述工具头部件的不同旋进转动。

32. 一种用于磨削和/或抛光工件的设备, 该设备包括:

一个用于支承所述工件的支承表面;

一个带有用于磨削和/或抛光所述工件的表面的工具头;

一个用于支承所述工具头并使其朝着和背离所述支承表面运动的机械结构;

一个安装在所述机械结构上的倾斜机构, 其可使所述工具头绕一个枢转点以一定角度倾斜于所述支承表面; 以及

一个通过控制所述机械结构和所述倾斜机构来控制所述工具头的所述表面的位置和倾斜度的控制装置, 当通过控制所述机械结构来使所述表面倾斜时, 所述控制装置可操纵地补偿所述表面的运动。

33. 根据权利要求32所述的设备, 其特征在于, 所述控制装置通过计算由倾斜所引起的所述表面的位置变化来可操纵地进行补偿控制。

34. 根据权利要求32所述的设备, 其特征在于, 所述控制装置通过查找由倾斜所引起的所述表面的位置变化来可操纵地进行补偿控制。

35. 一种用于磨削或抛光工件的方法, 该方法包括:

将工件安装在一个支承装置上;

利用一个机械结构按修琢图型来移动工具头，所述工具头具有用于磨削或抛光所述工件的表面；

在修琢过程中，使所述工具头绕一个枢转点以一定角度倾斜于所述工件；以及

根据所述工具头的倾斜度来控制所述工具头的位置，以便补偿由于所述工具头倾斜所引起的所述表面相对于所述工件的运动。

36. 根据权利要求35所述的方法，其特征在于，计算由于所述工具头倾斜所引起的所述表面相对于所述工件的运动，并用其来控制所述机械结构。

37. 根据权利要求35所述的方法，其特征在于，利用倾斜角来查找由于所述工具头倾斜所引起的所述表面相对于所述工件的运动，并用其来控制所述机械结构。

抛光的设备和方法

技术领域

本发明总体涉及一种用于磨削或抛光工件的抛光设备及其方法。

本发明还涉及一种用来磨削或抛光工件的工具和安装在工具上的磨杯 (abrasive cup)。

背景技术

对工件表面进行磨削或抛光的技术可应用于包括生产半导体装置和光学部件在内的很多不同的工业领域。这要求提供具有特定表面轮廓和特定表面精度也就是光洁度的表面。在光学抛光领域,存在两种不同的技术,其一是利用尺寸与工件尺寸相类似的工具进行抛光。其局限性是工具要按照特定的工件来设计且不能通用。为减小这种局限性,GB2163076公开了一种活性抛光方法,其中,作用于工件上的压力分布是可变化的,以适应于进行不同的磨削或抛光。

在第二种技术中,工具基本上小于工件,并在工件上运动来进行磨削或抛光。例如,US4128968就公开了这样一种技术。其中,两个衬垫保持与工件表面接触,并产生相对转动和沿围绕工件表面的螺旋路径运动。W097/00155公开了另一种这样的技术,其采用具有柔性加工表面的工具来控制其与工件表面相接触的有效面积。其优点是可控制抛光过程中任意一个时刻所抛光的区域。

在这些现有技术中,工具通常绕垂直于工件的轴线转动。其局限性是在轴线处没有相对运动,因此该处的切削或磨削率为0。使用这种具有这种切削轮廓形状的工具在利用自动抛光或磨削方法时很难获得所需要的目标轮廓形状。

在W097/00155中,通过利用一种在工件表面上设置一个“假想的枢转点”的结构,从而使工具与工件的迎角是可变的。其优点是确保在工具倾斜时与工件接触的工具中心不会产生横向或竖直方向的运动。但是,其机械结构非常复杂和庞大。

US4958463公开了一种不同的技术,其中,弹性加工部件可绕其平行于工件表面的轴线转动,从而在加工部件和工件表面之间产生相对横向运动。加工部件可转动地固定在一个安装部件上。固定加工部件的安装

部件也垂直于工件表面转动。尽管这种技术不会有在接触中心区域的材料未被切削这样的缺陷，但其需要一个包括两台马达的复杂结构来提供绕两个轴线的转动。

发明内容

根据本发明的第一个方面，就是要提供一种磨削或抛光工件的方法和装置。工件固定在抛光机的固定表面上，具有用于磨削或抛光工件的表面的抛光头按照一个修琢图型 (figuring pattern) 在工件上运动来抛光或磨削工件。除了抛光头按照修琢图型运动以外，进行磨削或抛光的抛光头表面可通过使抛光头倾斜和转动，从而在工件表面上沿横向运动。通过使抛光头运动到倾斜抛光头绕垂直于工件表面的旋进轴线旋进的位置，就可使所述表面的横向运动方向转动。

因此，根据本发明的这个方面，在工具接触区域中心的切削率就不会为0，简单地倾斜抛光头，从而使相对于工件横向运动的表面随着时间的推移在任何情况下都可提供一种非轴向对称的切削轮廓形状。但是，在需要决定性的自动抛光时，轴向对称的切削轮廓形状具有其优点。为了使一段时间内的平均切削轮廓形状对称，抛光头就运动到相对于工件表面旋进的位置处，这样，工具表面的横向相对运动的方向就进行了转动。因此，随着时间的推移，在一种情况下由这种横向运动在工件表面所产生的任何轮廓形状都将在多个转动角度处产生，从而就减小了缺陷，并形成一种轴向对称的轮廓形状。

本发明这个方面的另一个优点是磨削表面的运动是自湿润的。在磨削表面和工件之间的冷却/润滑流体或浆液可通过抛光作用而被携带到工具下面。相反，在利用工具绕垂直于工件表面的轴线转动的现有技术中，冷却/润滑流体在离心力作用下趋于向抛光区域的周边运动。

本发明的这个方面可应用于任何形式的倾斜转动工具，例如，一个可绕轴线转动的锥形工具，该转动工具可在工件和磨削表面之间相对横向运动，并可旋进以使横向运动的方向转动。

为了实现均匀化，最好，旋进是在至少360°的整个角度范围内进行。这可通过增大旋进量来实现。最好，这种增量超过一个旋进周期。在一个实施例中，旋进增量不是360°角的一个整数分度部分 (integer division)，这样，每个循环的相对横向运动方向是不同的。在另一个实施例中，增量关于360°旋进循环周期对称。

在一个优选实施例中，表面包括一个从头部延伸的柔性球形部分。当柔性部分绕其倾斜轴线转动时，球形部分就形成一个与工件接触的区域，其中存在有相对的横向运动。

磨削表面可包括布或沥青（pitch），磨浆例如金刚石磨浆铺设在布或沥青上。或者，可使用粘结在磨削表面上的粘结磨料。当使用这种粘结磨料时，只需要冷却/润滑流体。

根据本发明的第二个方面，提供一种抛光或磨削的设备或方法，其中，工具头通过机械结构进行固定，该工具头具有用于磨削或抛光的表面，并可用于工件的修琢。机械结构包括一个倾斜机构，该机构可使工具头绕一个枢转点倾斜，从而使其相对于工件倾斜。在此情况下，工具头不仅可沿工件轮廓面运动，而且可倾斜以沿表面运动或以所需的角度倾斜于表面。由于枢转点不在工件上，因此，当工具头倾斜时，工具头表面就穿过或离开工件移动。这可通过计算或查找所需的补偿值来进行补偿，从而控制机械结构沿横向或竖直方向移动。

本发明的这个方面与W097/00155所公开的现有技术不同之处在于：可通过利用以任何空间角度倾斜的一个直角的弧形轨道结构来提供一个非常简单的枢转结构。为了能够利用这样一个简单的枢转结构，抛光表面的位移必须通过控制器来进行补偿，该控制器可确定空间倾斜角度并补偿横向和竖直方向的位移。另外，即使利用W097/00155中公开的假想枢转点，如果使用软表面例如柔性材料，就必须补偿在工具头压到工件上时产生的柔性材料的位移。

无论是本发明的第一个方面还是第二个方面都可通过利用计算机控制的抛光装置来实现。因此，本发明的这两个方面可体现为一种通过控制处理器来控制抛光装置的计算机程序和存储该计算机程序的载体介质。由于计算机程序可在网络如Internet上进行传递，因此，本发明的这些方面可体现为一种载有用于通过控制处理器来控制抛光或磨削装置的计算机程序的信号。

本发明的第三个方面提供一种改进的W097/00155的软工具。该软工具设有一个可拆卸地安装到软工具上的磨杯，其中，一个片材被预制成软工具表面的形状来用于抛光，该片材具有足够的柔性，从而在磨削或抛光过程中其可由于软工具的压缩而产生变形。通过一个可拆卸地安装到软工具固定装置上的支承件在片材的周围进行固定。

由于在抛光或磨削过程中片材会发生磨损，因此应将它从工具上卸下。由于用于抛光的工具表面是柔性的，因此，膜片也必须是柔性的，以便与柔性工具的柔性相适应。

由于软工具的柔性且需要片材随其弯曲而弯曲，因此，最好设置可允许片材和柔性工具表面之间产生相对横向运动的装置。鉴于软工具表面和片材的曲率半径不同，因此这是必须的。允许产生相对横向运动的适当装置包括润滑剂或未固化的粘结剂。使用未固化的粘结剂的优点是片材被粘结到软工具的表面，并可从其所提供的支承中获益。换句话说，在磨削或抛光过程中，片材所承受的一些横向力可传递给软工具。如果另外使用润滑剂，由于片材从其周边开始被机械地驱动，因此，片材就必须具有足够的扭转强度来承受磨削或抛光过程中工具被拖着经过工件表面时所承受的力。

本发明的第四个方面提供一种磨削或抛光工件的方法和设备，该设备具有一个软工具头，软工具头包括一个在不破坏流体密封的情况下可从工具本体上拆卸下来的流体充入腔。工具本体是一个沿转动轴线延伸的回转体，在其一端设有一个用于向工具头的流体腔传递压力的压力传递装置。工具头可拆卸地安装在工具本体上，其包括一个工具头外壳、一个工具头流体传递装置和构成密封流体腔的弹性膜片。工具头流体压力传递装置与工具本体的压力传递装置相互配合以将压力传递给位于流体腔头部的流体。弹性膜片通过工具头外壳在其周边进行固定，并以曲面形式延伸，以便在磨削或抛光过程中将压力作用于工件。

本发明的这个方面提供了一种弹性加工部件，可通过控制加工部件内的流体压力来控制该加工部件的弹性。在由于磨损或需要更换不同尺寸的工具头时，这种工具头的优点是便于更换。

在本发明的一个实施例中，工具本体具有一个终止于压力传递装置并充有流体的流体腔。这可使流体压力从单独设置在可转动工具中的流体压力控制装置通过流体腔传递到工具头本体腔。由于在工具头和工具本体中使用了两个单独的流体充入腔，因此，工具头可方便地从工具本体上卸下而不会破坏流体密封。

在一个实施例中，流体压力从工具本体流体腔通过分别安装在工具本体和工具头上的各自的位移装置传递到工具头流体腔。各自的位移装

置相互连接来传递压力。其可直接物理连接或通过中介物质例如通过空气进行连接。

本发明的第五个方面提供一种用于控制对工件的抛光或磨削的方法和装置。其采用确定了工具影响函数的数据。对于预定的停留时间 (dwell time) 或工具速度, 影响函数确定工件材料的切削模型。将所需要的轮廓形状与当前的工件表面轮廓形状进行比较, 并确定它们之间的不同之处。可通过利用影响函数对预定位置的停留时间或工具速度进行数值优化来确定工件表面预定位置处的停留时间或工具速度, 从而减小成本函数。

最好重复该方法, 其中, 可反复确定各个停留时间或工具速度的成本函数, 直到找到与最优停留时间或工具速度有关的最小成本函数, 以便基本上可得到所需要的轮廓形状。

因此, 对于该方法, 预定位置是为了影响函数的应用, 且该方法仅是通过简单地使一组数值最优化来获得结果。

还有很多的方法来用于这种优化。其可减小目标切削轮廓形状和预期切削轮廓形状之间偏差的平方和。为了确定停留时间或工具速度的候选值, 可使用遗传算法。计算停留时间或工具速度的成本函数来判断推荐值是否是保存在“基因”库中的候选值。

在一个实施例中, 所需要的轮廓形状包括圆形工件所需要的径向轮廓形状, 因此其仅仅是一个二维轮廓形状。该径向函数可同样地应用于工件表面的所有半径。影响函数也被定义成一个二维函数, 且预定位置包括通过工件表面上的径向位置。因此, 数值优化技术只包括在考虑所获得的轮廓形状的径向偏差时, 对确定工件表面径向位置的停留时间的一系列数值所进行的优化。

在本发明的一个更复杂的实施例中, 在横跨整个工件表面区域的范围确定所需要的轮廓形状, 因此, 所需要的轮廓形状是一个三维轮廓形状。影响函数也因此而必须确定为一个三维函数或至少是一个映射成三维的二维径向函数的投影。影响函数所要作用的预定位置包括一个工件表面位置的二维数组。因此, 在本发明的该实施例中, 数值分析技术必须确定工件表面位置二维数组的停留时间或工具速度。为了减少计算时间, 可利用位置数组的粗网格来确定位置停留时间或工具速度。中间位置的停留时间或工具速度可在必要的地方通过插值确定。例如, 当工具头所要描划的修琢图型包括圆形模型图时, 就通过插值来确定沿工具头

所要描划的弧的停留时间或工具速度。如果修琢图型包括光栅扫描图时，就对线性光栅图型进行插值来确定沿工具头磨削修琢过程中所经路径的停留时间或工具速度。

附图说明

下面将结合附图对本发明的实施例进行描述。

图1是利用本发明一个实施例的软工具的抛光设备的透视图；

图2是图1所示抛光设备的部件图，其中示出了转台和z轴详细的运动结构；

图3是图1所示抛光设备的部件图，其中示出了使抛光头旋进的弧形轨道结构；

图4是图1所示抛光设备的抛光头的截面图；

图5是抛光头的转动部件与固定部件之间的连接部分的详细局部截面图；

图6是抛光头内的辐条部件的透视图；

图7是与小工具头配合的另外的工具本体的截面图；

图8是图7所示工具本体的另一个视图，示出了一个作为配件的大工具头；

图9是安装到工具头上的磨杯的视图；

图10是用于磨杯结构的片状材料的视图；

图11是除了图10所示片状材料以外的可用于磨杯的片状磨料的视图；

图12是制造磨杯过程中一系列表示所进行的操作步骤的示意图；

图13是制造磨杯的流程图；

图14a是现有技术中使用软工具进行抛光的示意图；

图14b是采用现有技术的方法和本发明实施例的方法的软工具切削外形图线；

图14c示出了在该实施例中利用软工具的方法；

图15示出了在该实施例中利用软工具以一定角度从工件上切削材料的样本图；

图16是利用现有技术的方法从工件上切削材料的样本图；

图17是软工件压靠在工件上时压力在其直径上的分布图；

图18是抛光头以旋进角 θ 旋进的视图；

图19是旋进角的计算图；
图20是投影在球面上的图19所示信息的视图；
图21是显示工具和工件表面相交的视图；
图22是影响函数的样本图；
图23是工具影响函数的二维图；
图24显示了投影到曲面透镜上的影响函数；
图25是图24的局部放大图；
图26示出了工件上所形成的磨削槽或磨削图形；
图27是需要加工的部分制成的透镜的轮廓图；
图28是抛光透镜所需的停留时间的图；
图29是利用图28所示的停留时间所预计的最终轮廓图；
图30是抛光过程的流程图；
图31a和31b是映射到工件表面上的动态影响函数图；
图32是表面粗糙度的示意图；
图33显示了通过抛光来减小表面粗糙度；以及
图34显示了另一种加工部件。

具体实施方式

图1是采用本发明一个实施例的软工具的抛光机的透视图。

抛光机包括一个防振刚性平台1。在平台1上安装了一个可沿x方向运动的X-滑动机构。在X-滑动机构2上安装了一个可沿y方向运动的Y-滑动机构3。在Y-滑动机构3上安装一个可沿c方向转动的转台4。转台4通过一个z方向运动机构（未示出）安装在Y-滑动机构3上，以便使转台4可沿z方向运动。转台4具有一个支承表面，工件5固定在该支承表面上进行抛光或磨削。因此，这种结构就可使工件5沿4个轴线也就是x、y、z和c运动。

抛光机还设有一个支承件6，支承件6上装有一个可使抛光头7转动的枢转机构。抛光头7可沿轴向转动，并包括一个设置在轴向下端的加工部件8来抛光或磨削工件5。因此，加工部件8绕轴向转动的轴线为h。

安装在支承件6上的枢转机构包括一个呈臂状安装的第一枢转机构700，以便使抛光头7在第一平面内绕加工部件8上的枢转点转动。第一枢转机构700安装在第二枢转机构800上，第二枢转机构800可使抛光头7绕

垂直于第一枢转机构700的枢转平面的平面内的枢转点转动。这两个垂直的枢转机构的转动轴线为a和b。

抛光机的支承件6还装有计算机控制系统9，计算机控制系统9包括显示器10和控制输入装置11。以便于使用者输入控制信号来控制工件5和加工部件8的运动，并观察所显示的抛光或磨削过程信息。

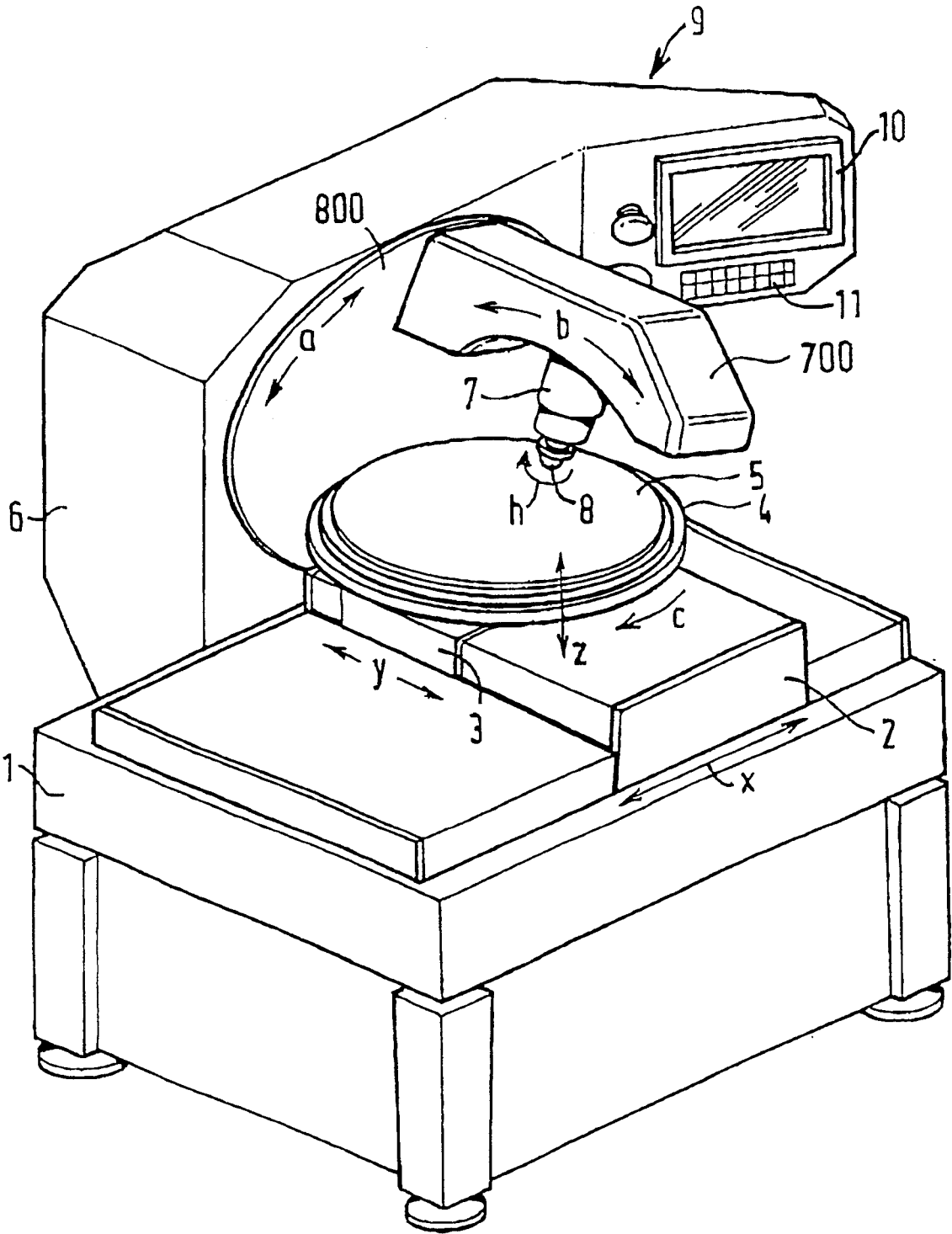


图 1

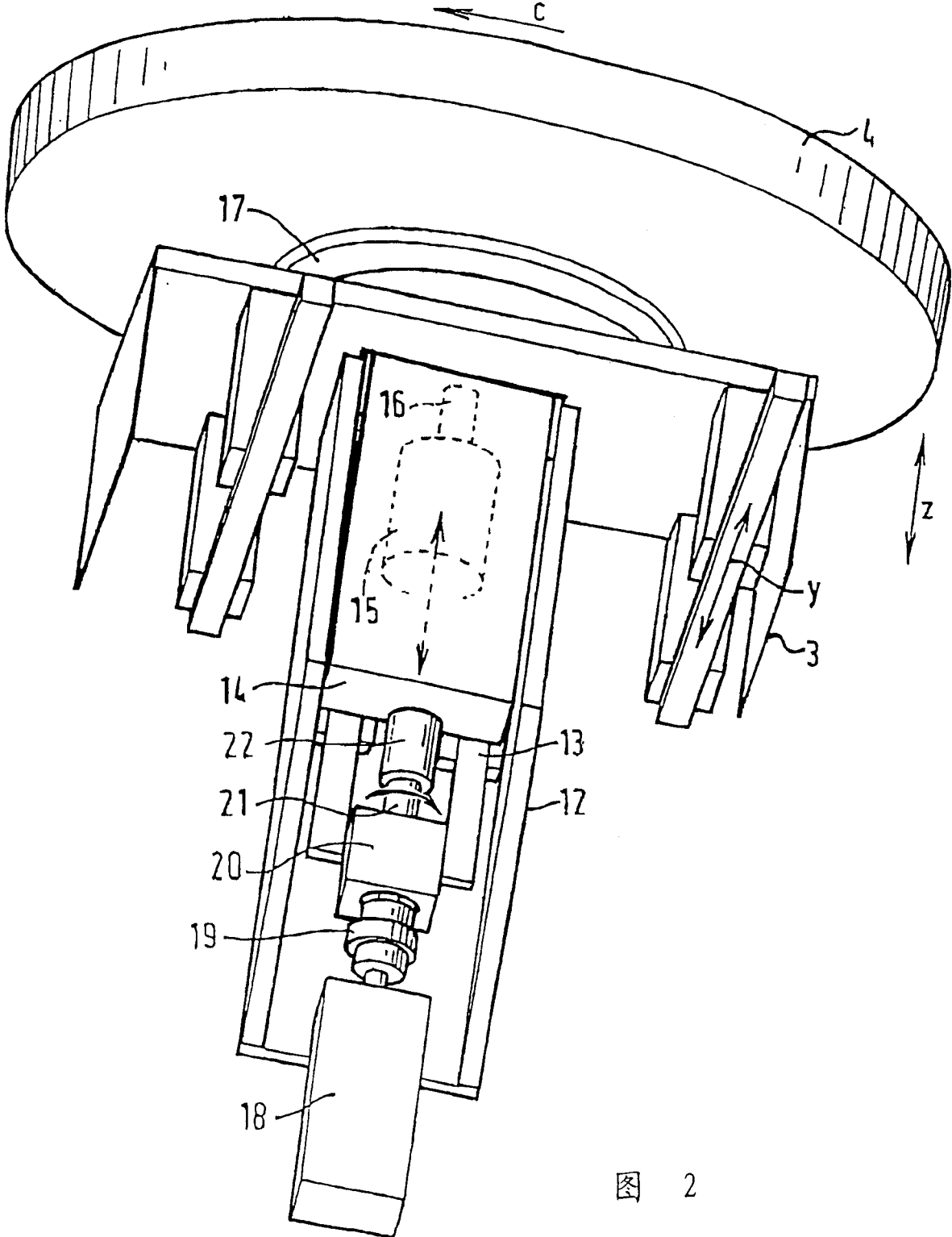


图 2

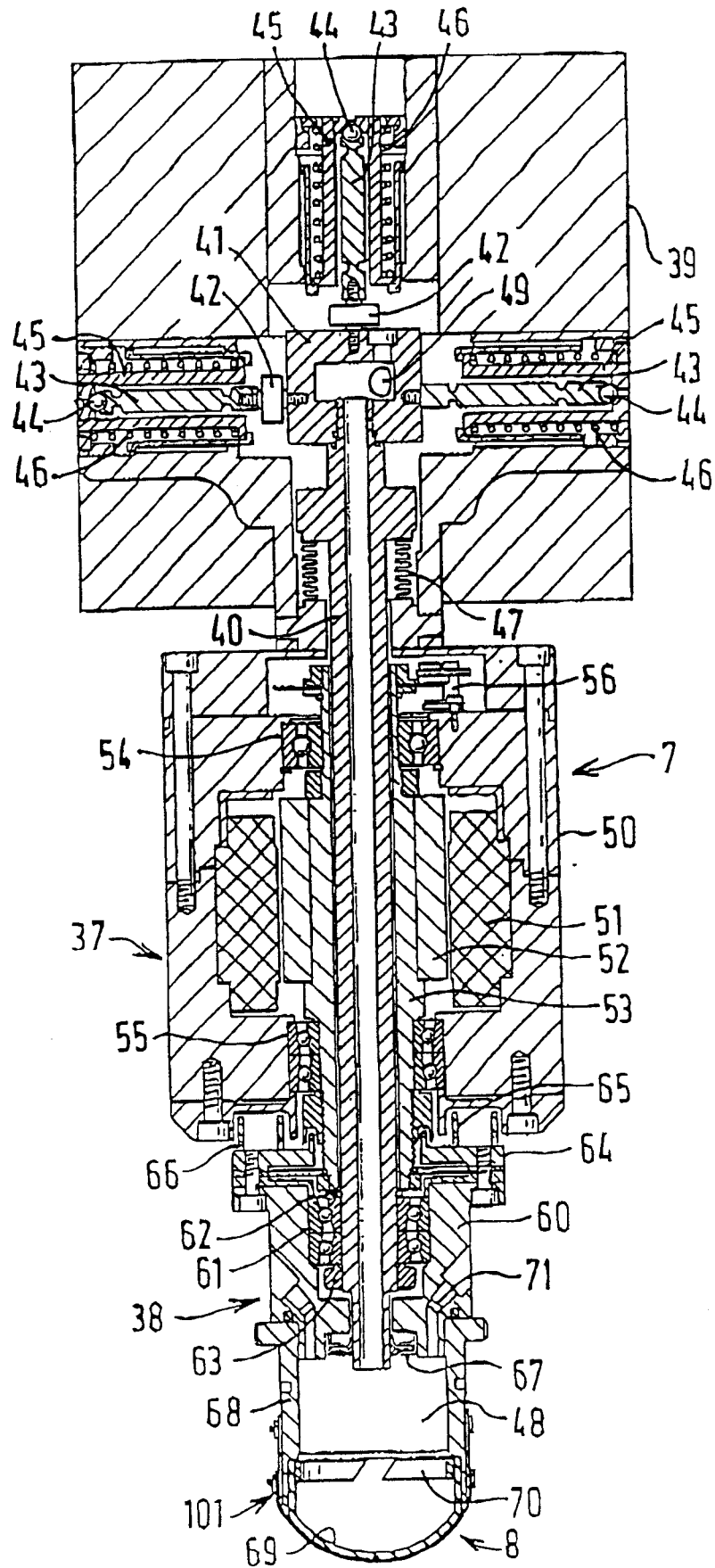


图 4

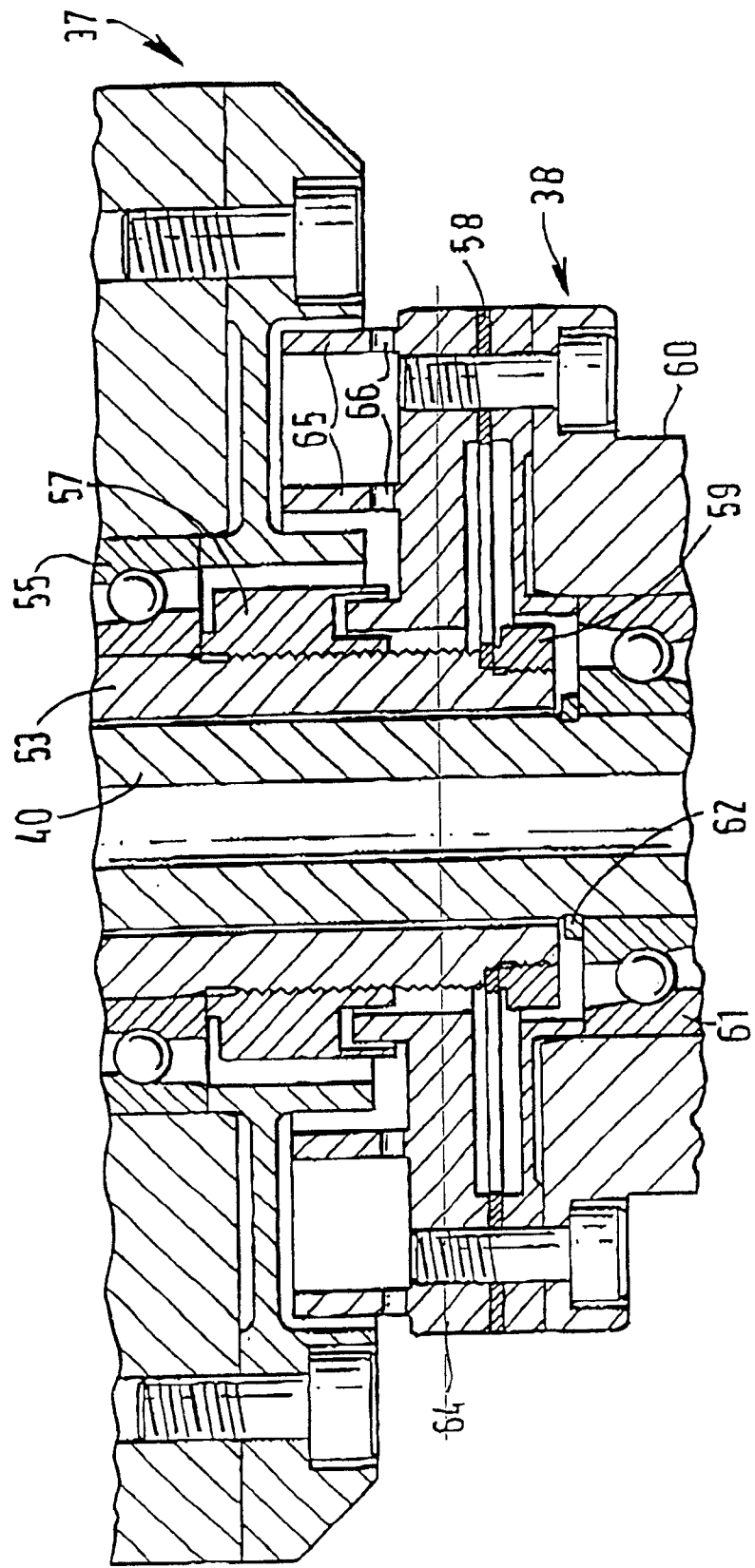


图 5

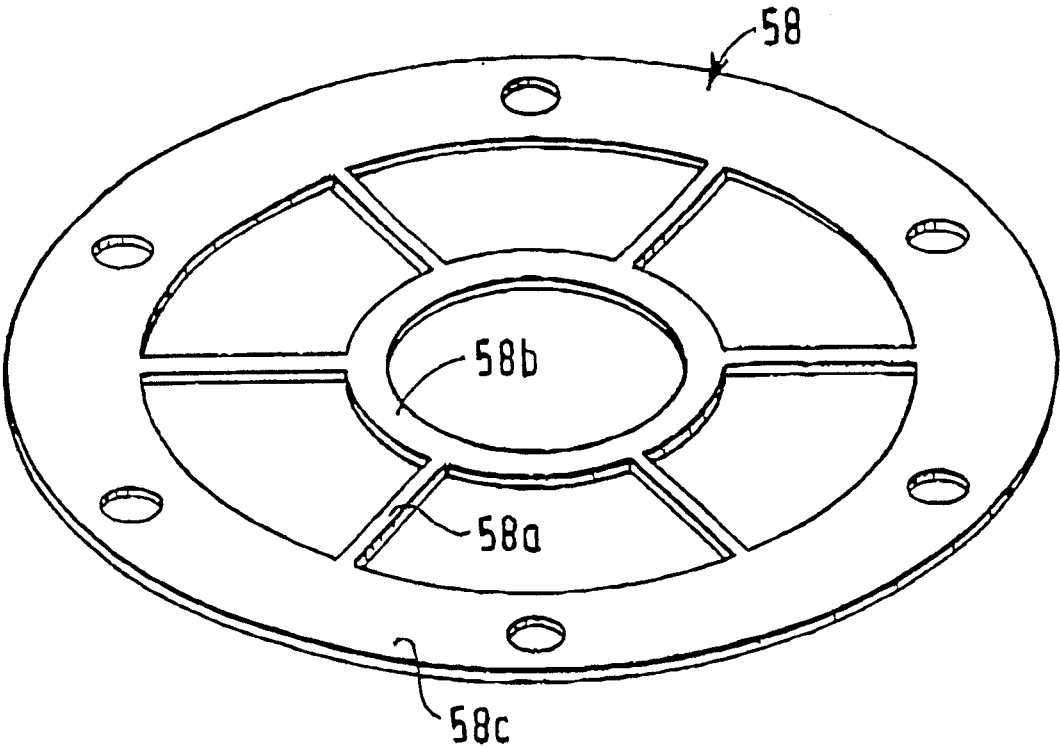


图 6

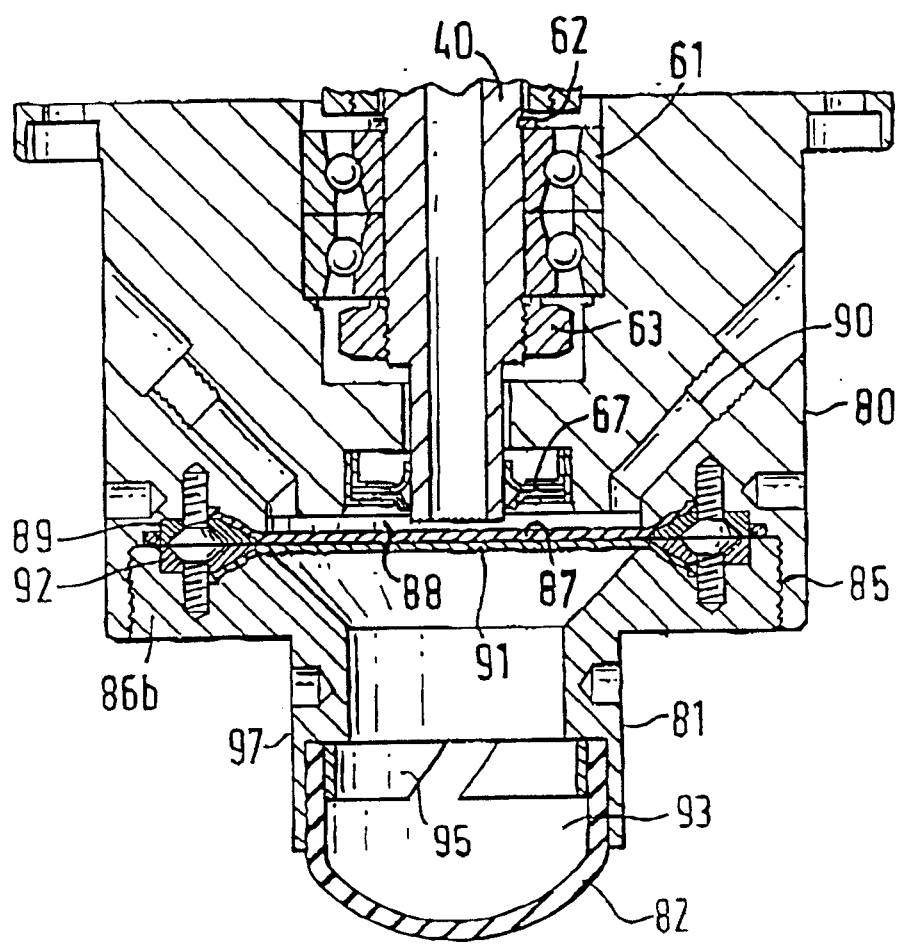


图 7

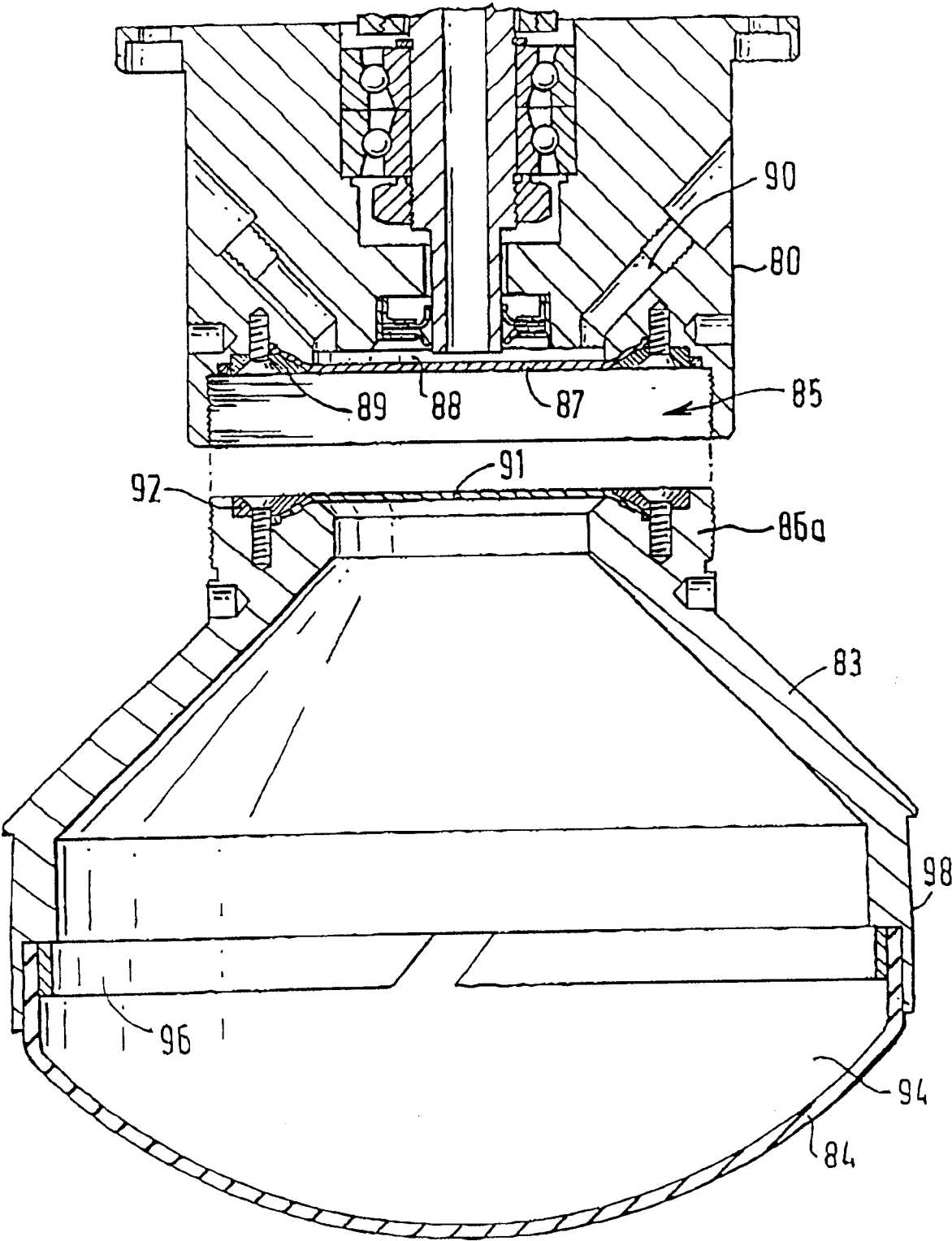


图 8

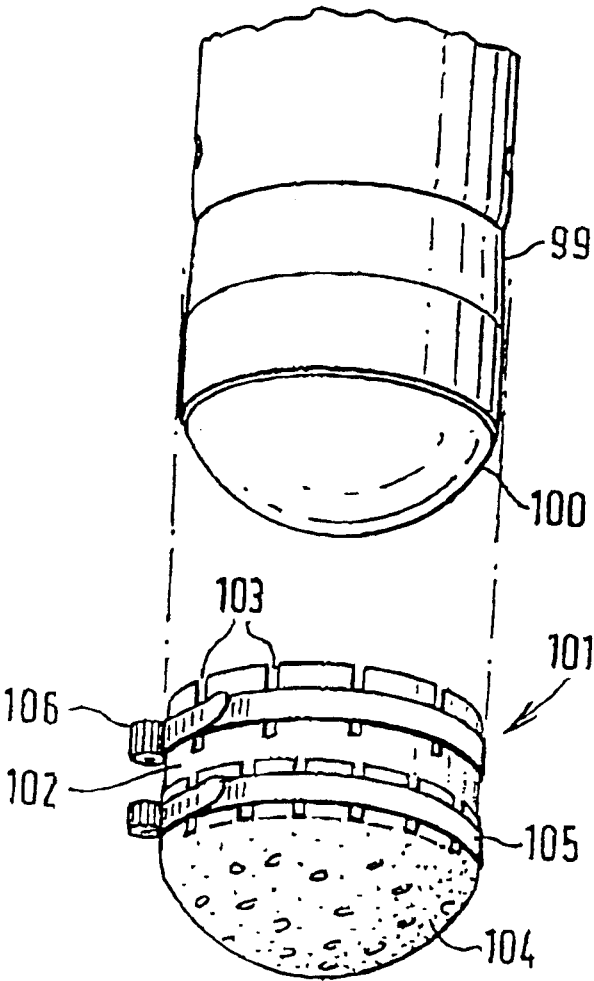


图 9

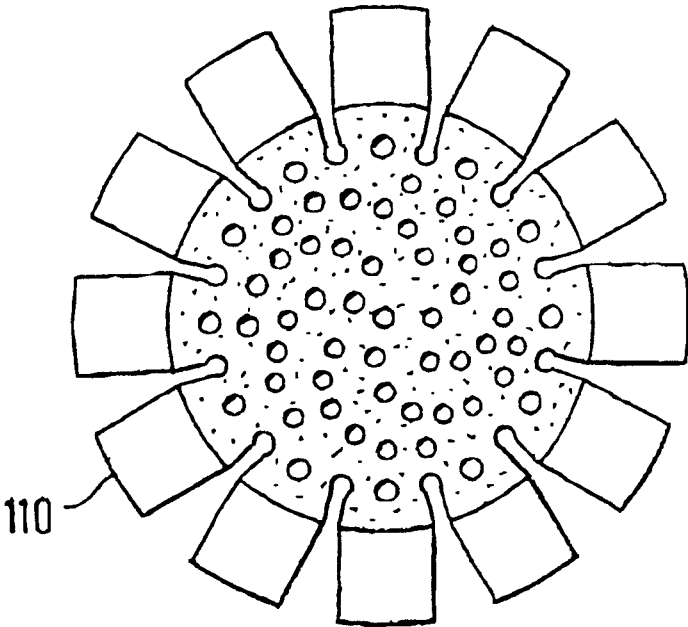


图 10

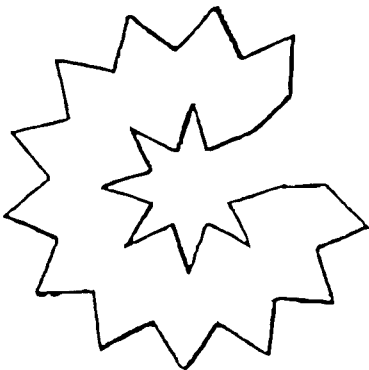


图 11

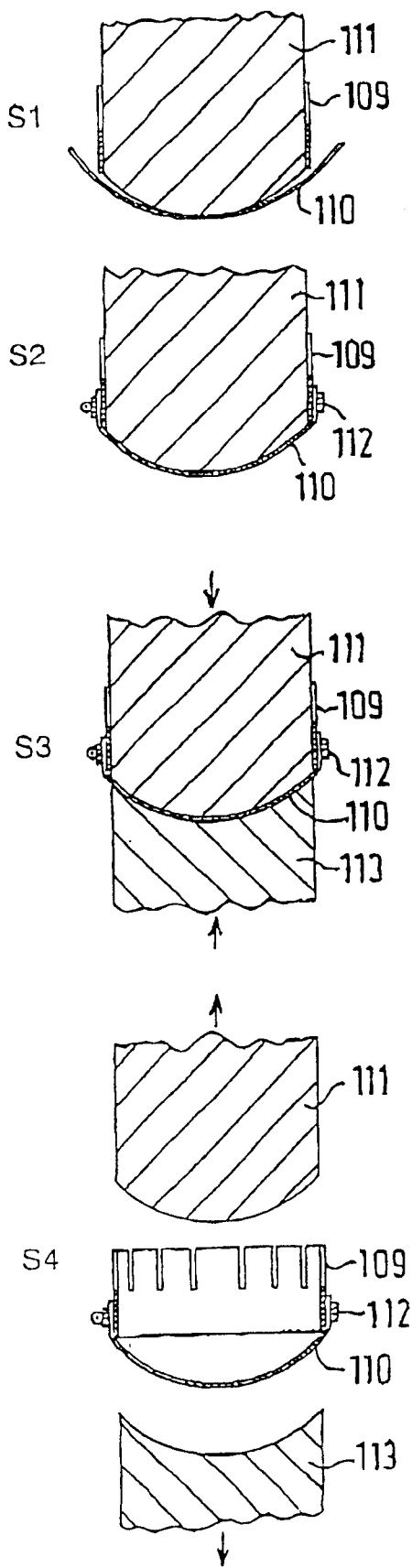


图 12

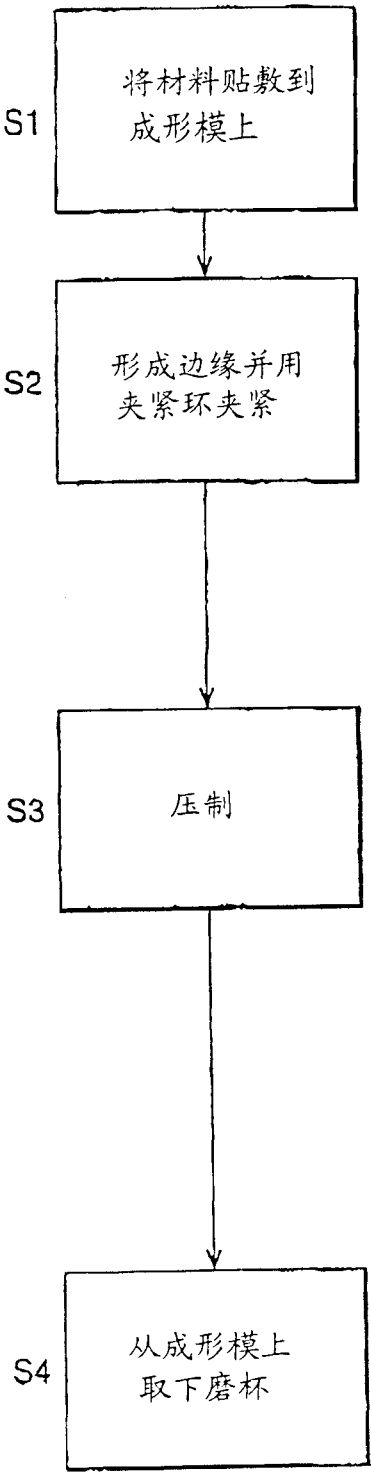


图 13

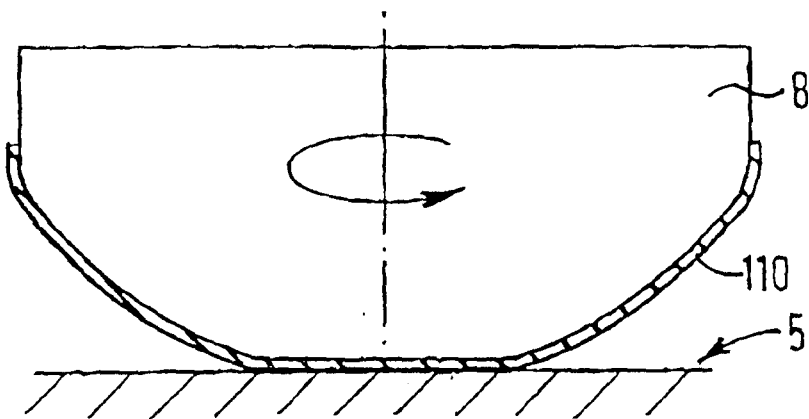


图 14a

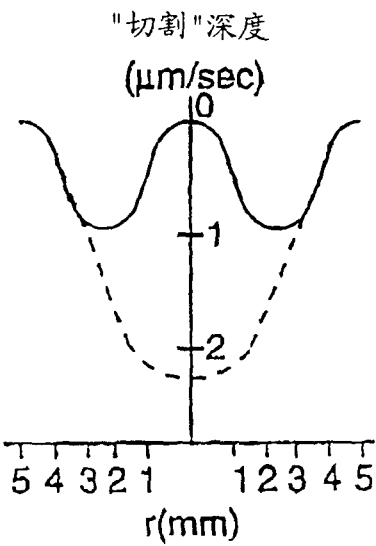


图 14b

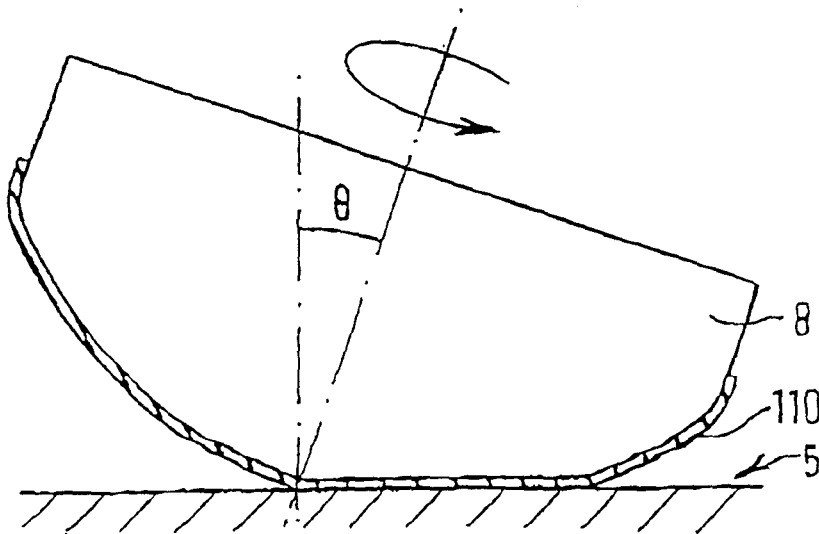


图 14c

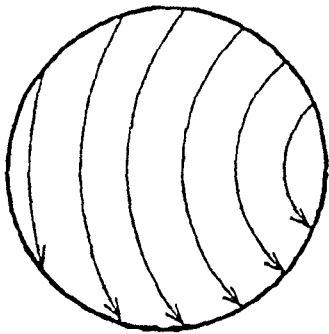


图 15

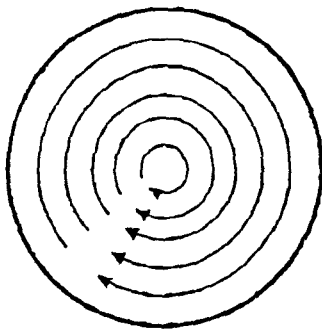


图 16

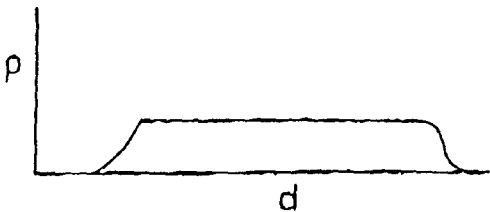


图 17

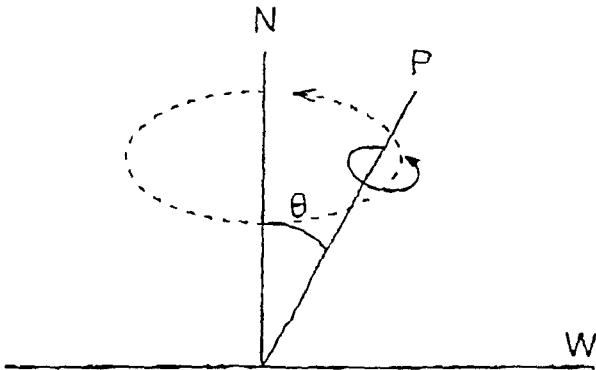


图 18

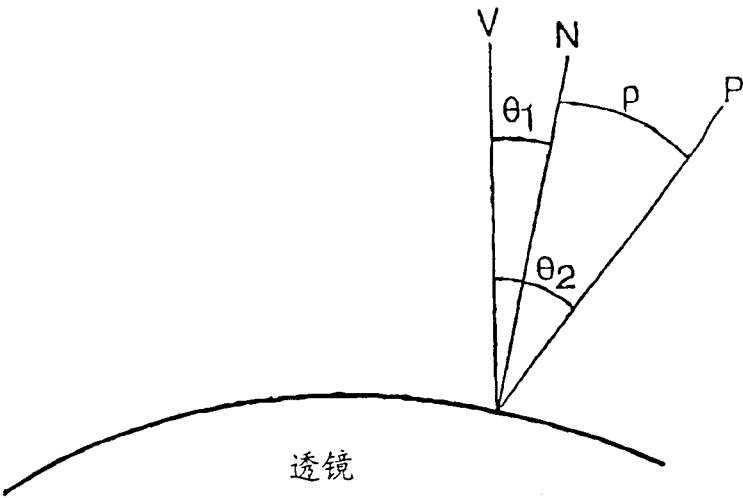


图 19

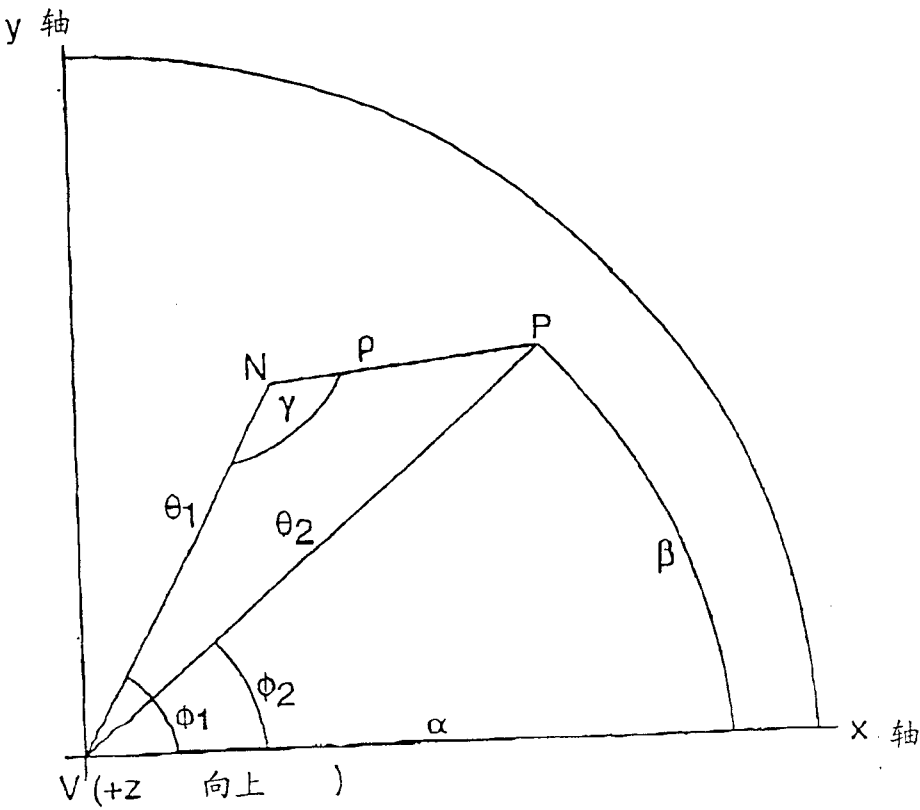


图 20

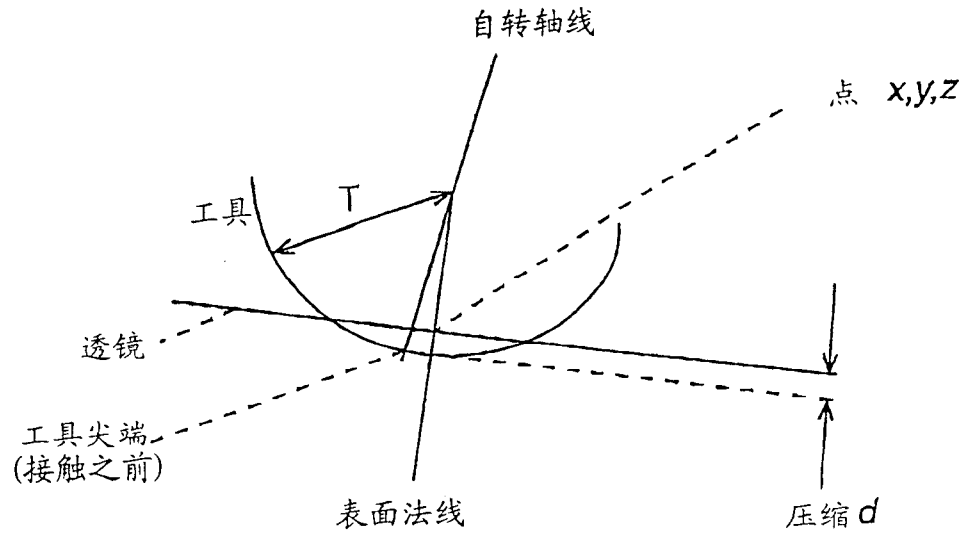


图 21

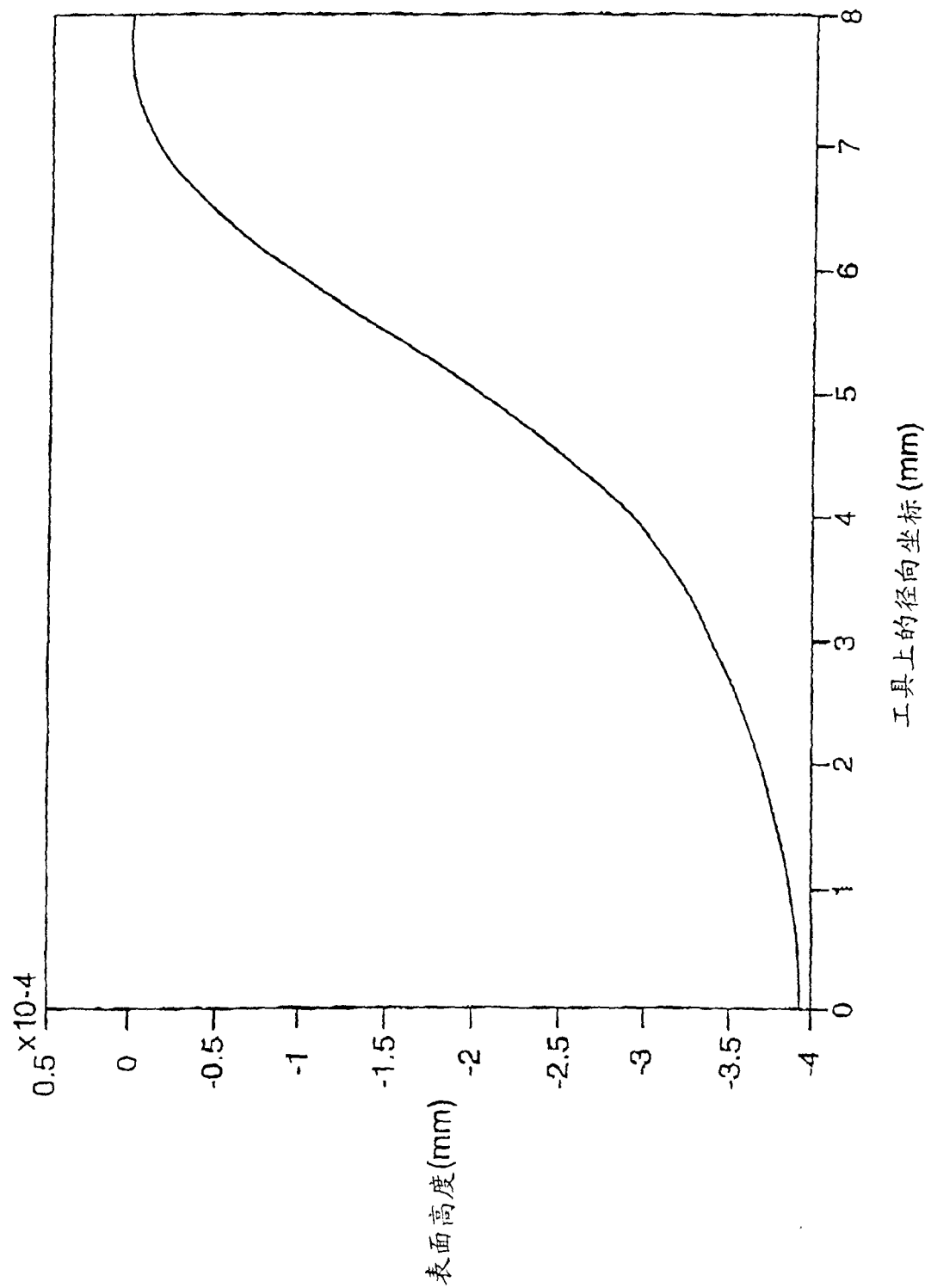


图 22

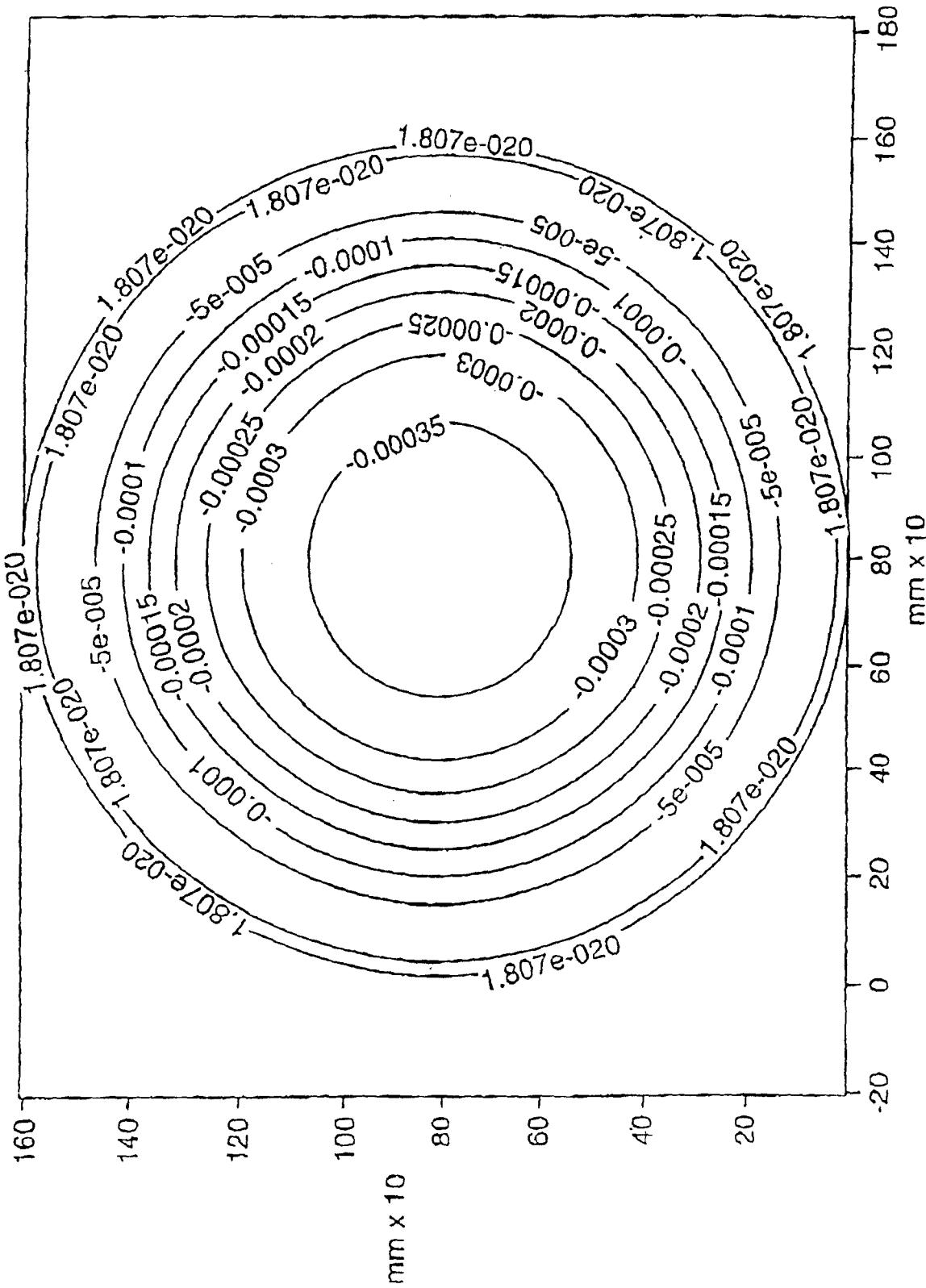


图 23

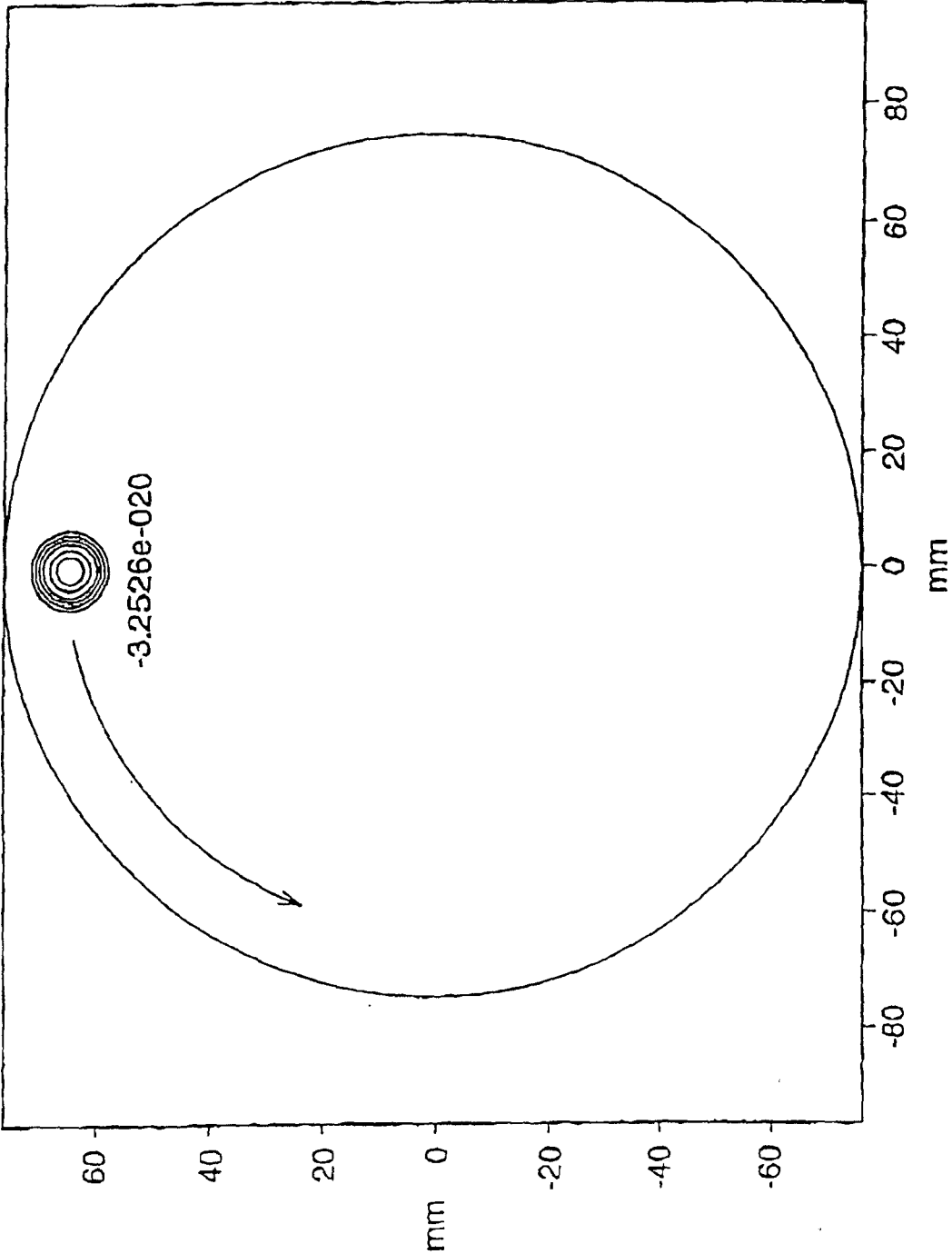
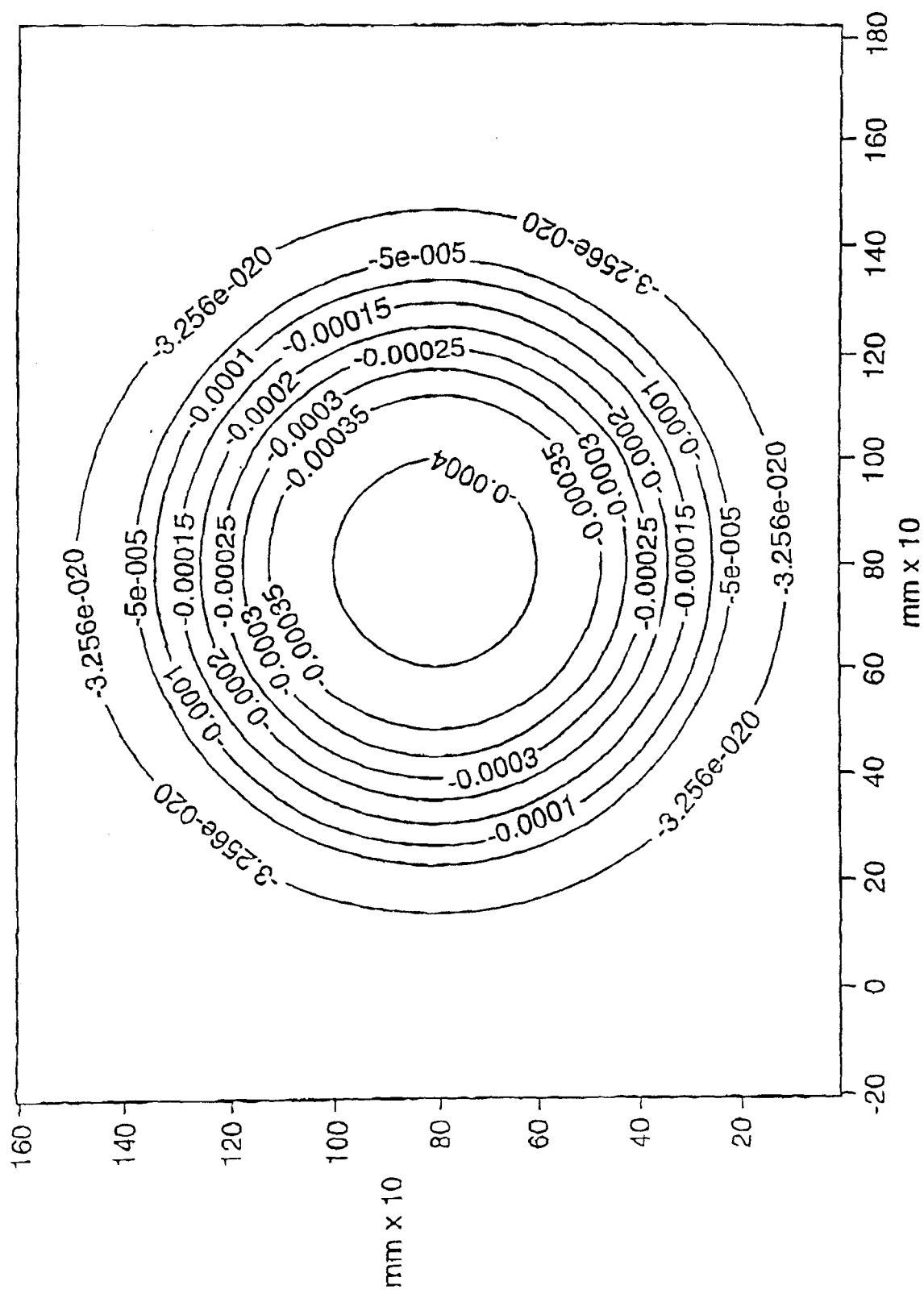


图 24



25

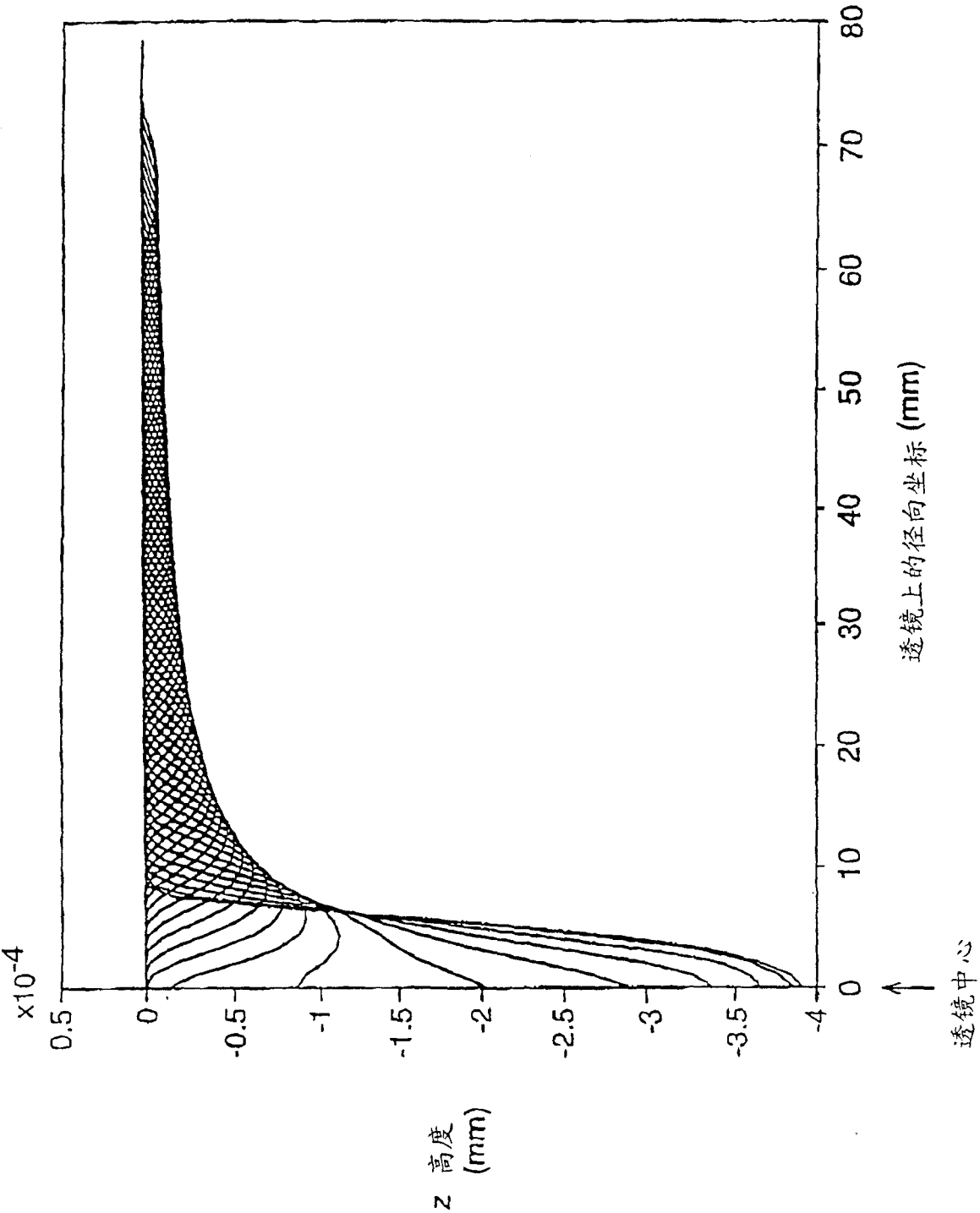
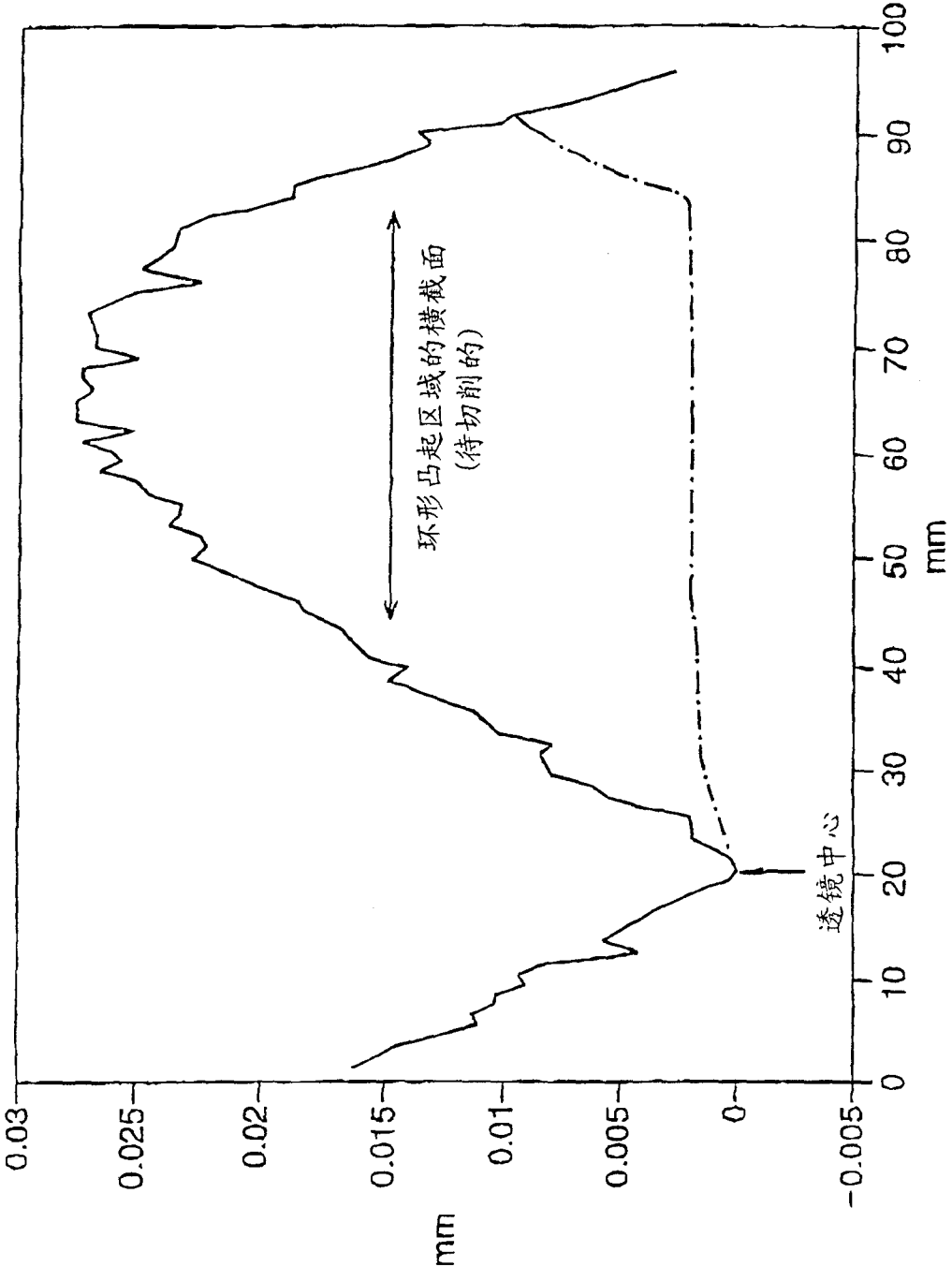


图 26



透镜上的半径
图 27

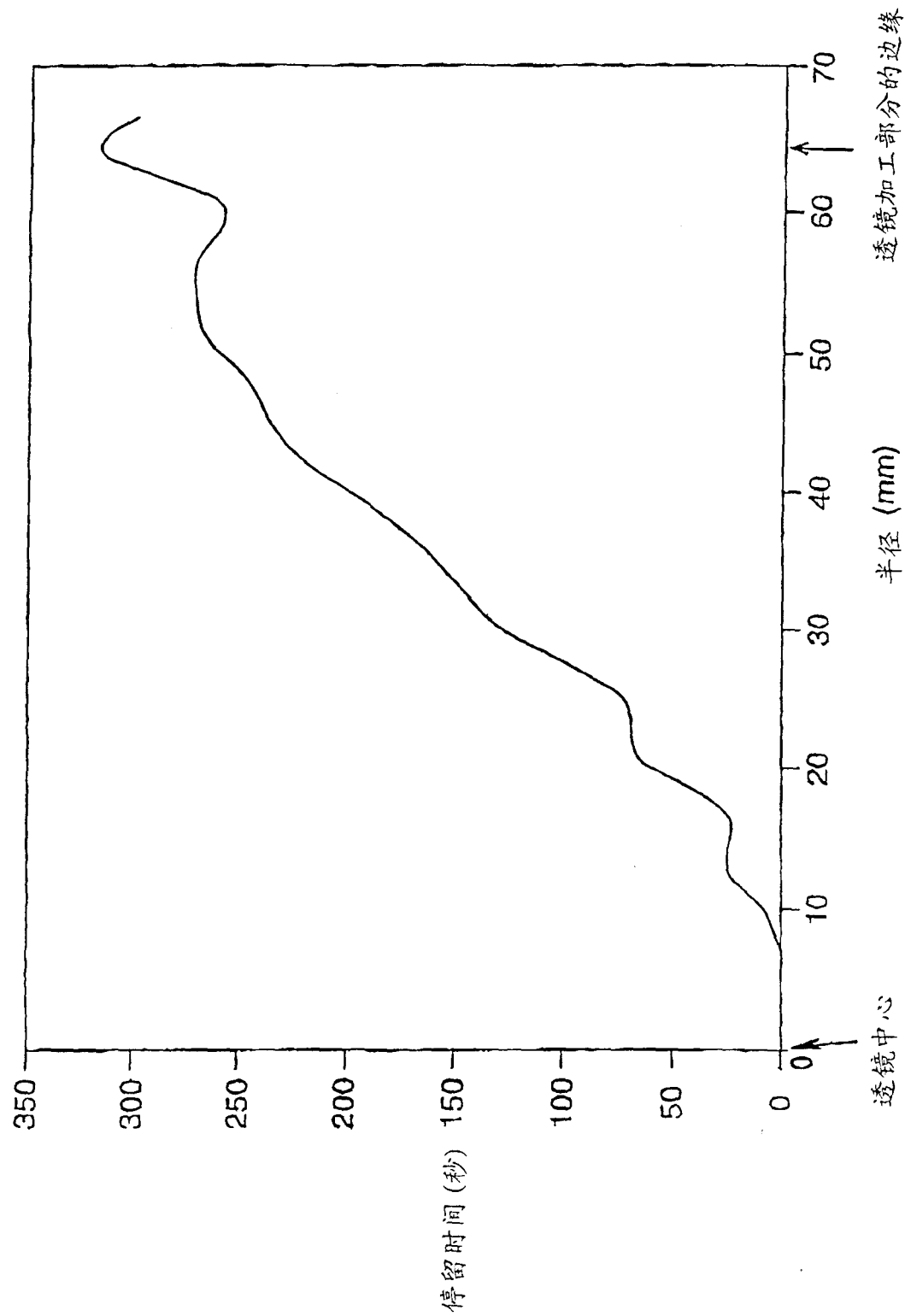


图 28

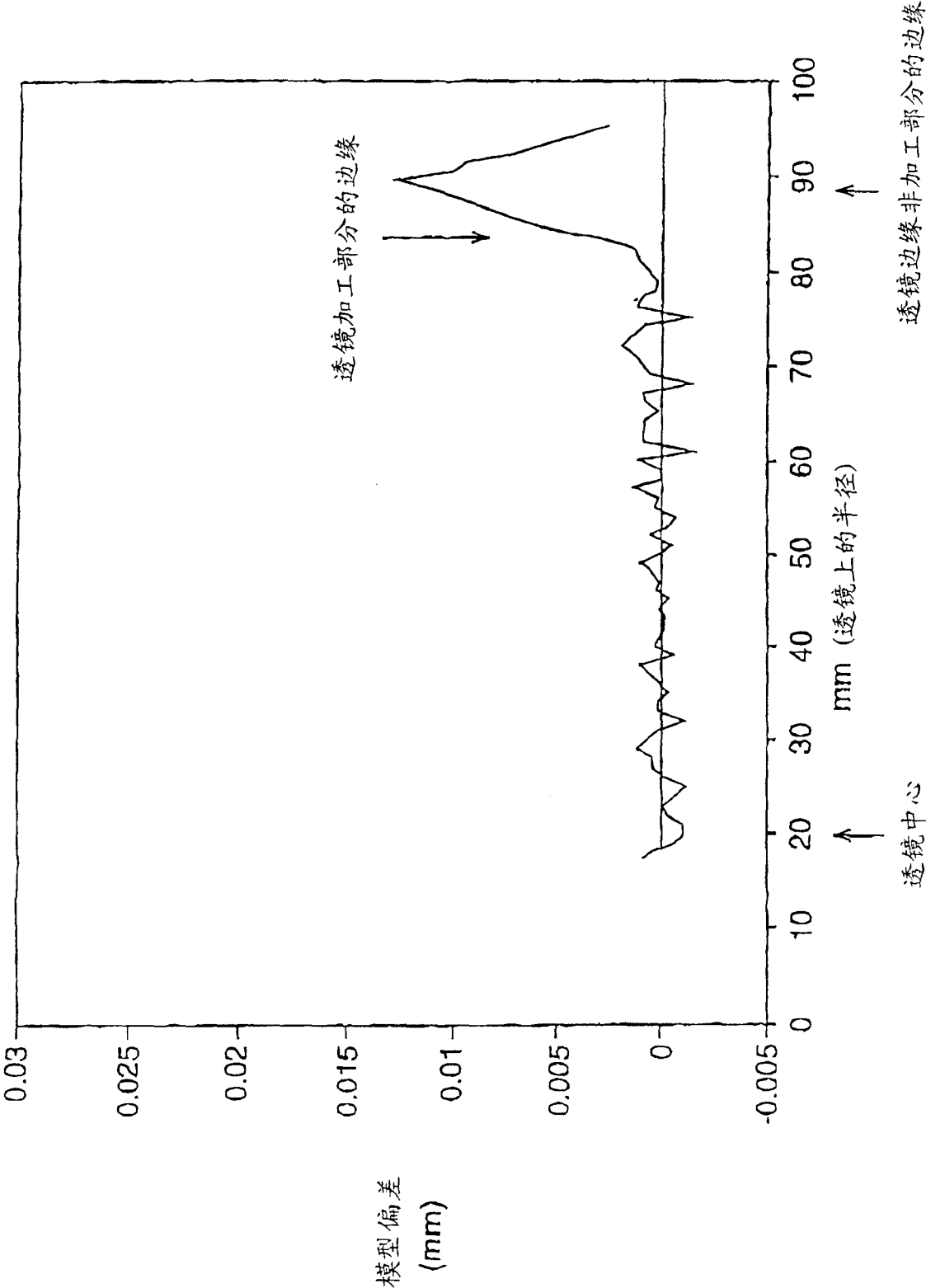


图 29

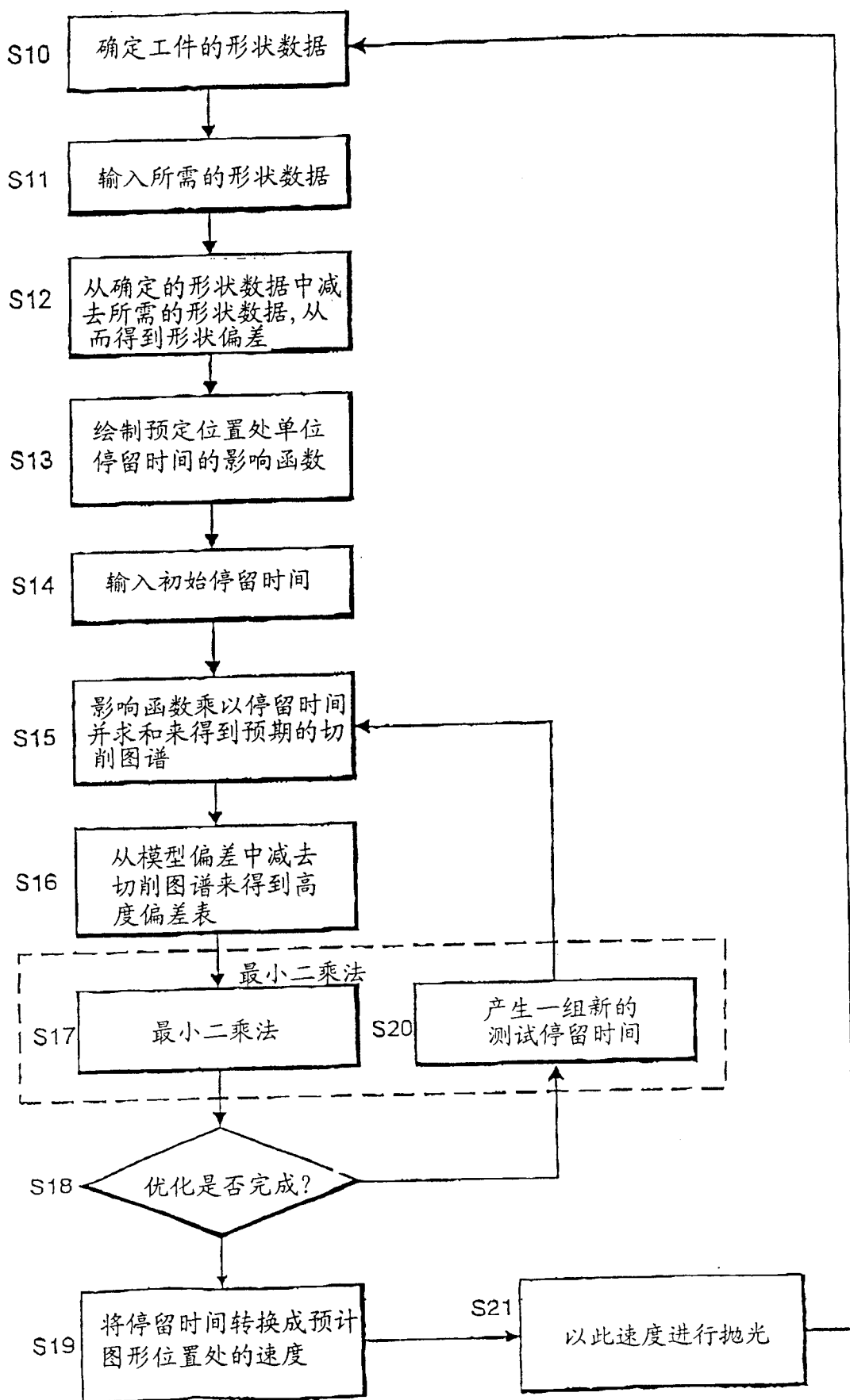


图 30

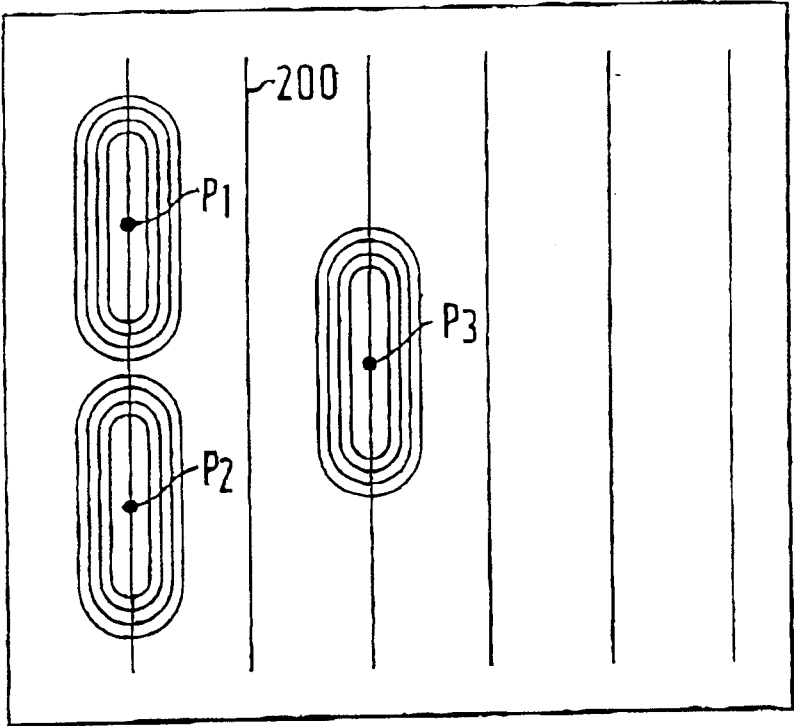


图 31a

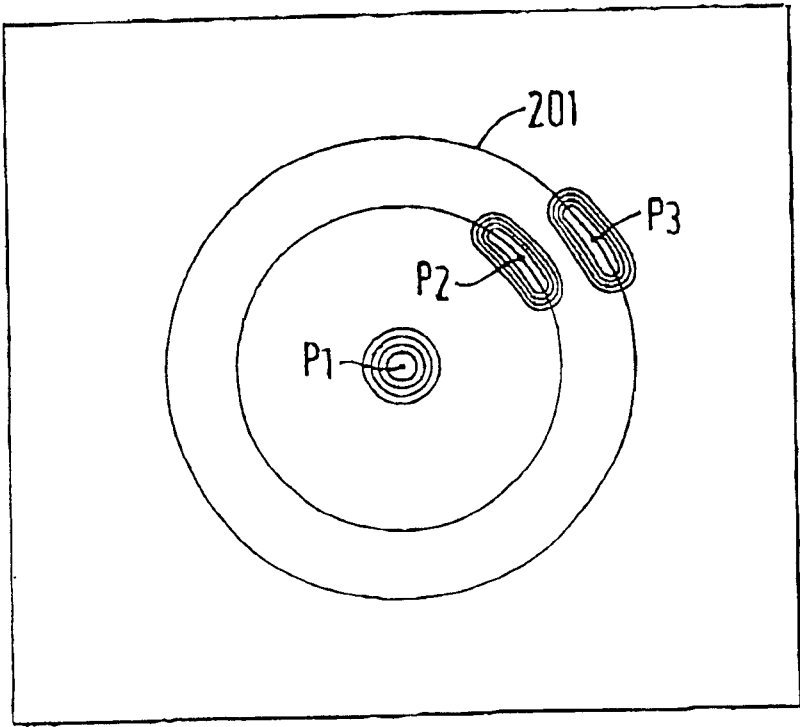


图 31b

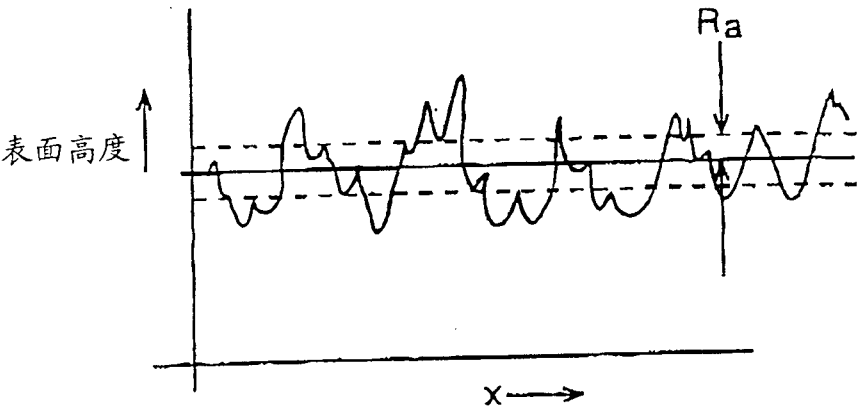


图 32

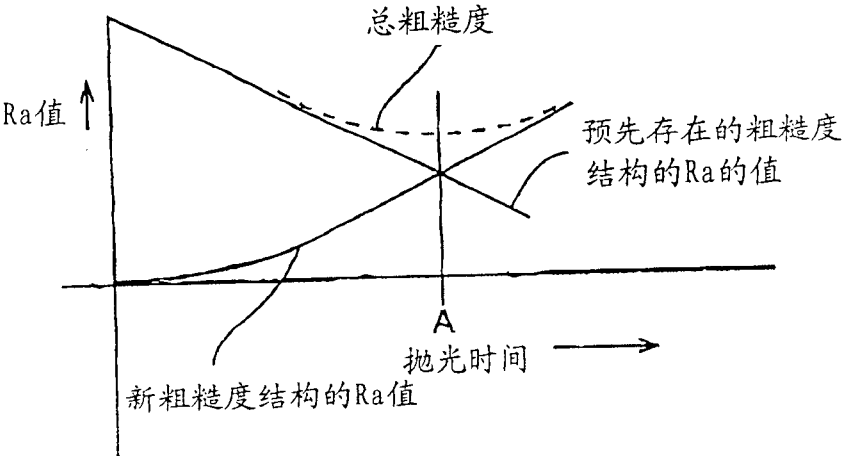


图 33

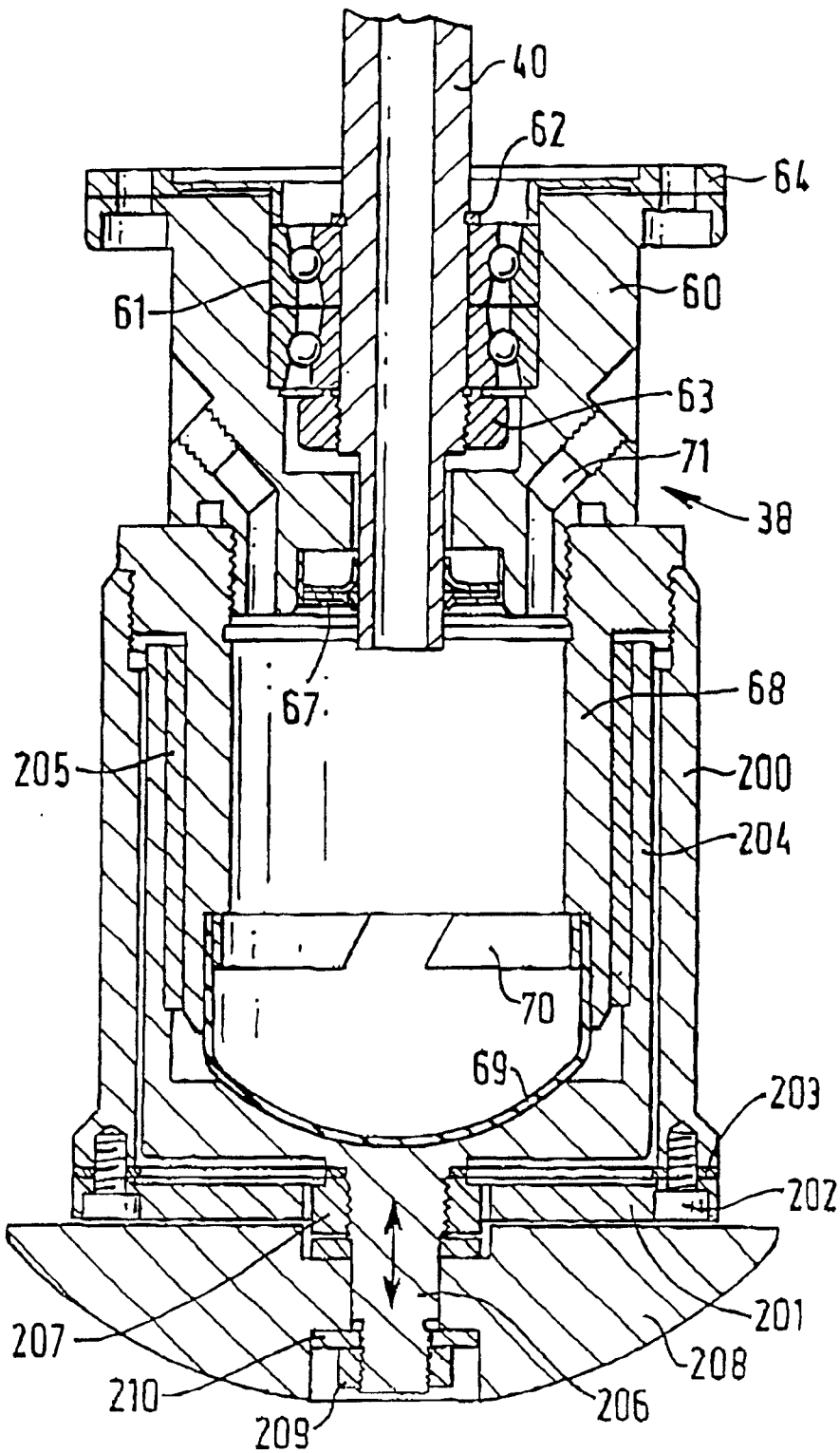


图 34