

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C30B 33/00 (2006.01)

B28D 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01817631.3

[45] 授权公告日 2006年8月16日

[11] 授权公告号 CN 1270000C

[22] 申请日 2001.7.30 [21] 申请号 01817631.3

[30] 优先权

[32] 2000.10.20 [33] DE [31] 10052154.1

[86] 国际申请 PCT/EP2001/008800 2001.7.30

[87] 国际公布 WO2002/034973 德 2002.5.2

[85] 进入国家阶段日期 2003.4.18

[71] 专利权人 弗赖贝格化合物原料有限公司

地址 德国弗赖贝格

[72] 发明人 拉尔夫·哈默 安德烈·克伦韦克特

蒂洛·弗拉德 科妮莉亚·库曼

拉尔夫·格鲁辛斯基

审查员 贾连锁

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 张兆东

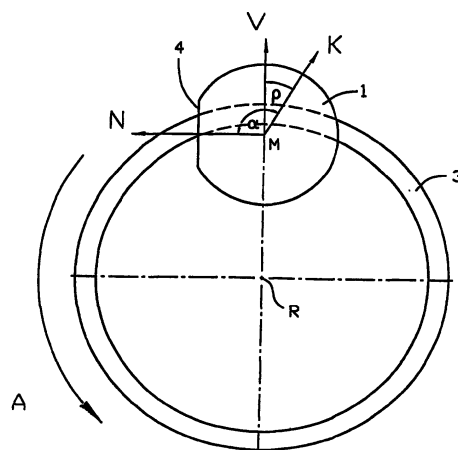
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

分割单晶的方法和装置以及对该方法用于确定单晶取向的调节装置和试验方法

[57] 摘要

提供一种用于分割单晶，特别是分割 GaAs 单晶的方法，其中使一待切成至少两部分的单晶(1)和一切割工具(2、3；8、8a、8b、8c)相互相对沿进给方向(V)移动，并且将单晶(1)定向成使一规定的结晶方向(K)位于切割平面(T)内，其特征在于，在规定的结晶方向(K)与进给方向(V)之间的夹角(ρ)这样选择，即使得在切割过程中沿垂直于切割平面作用到切割工具上的各力相互抵消。



1. 一种用于分割单晶材料的方法，其中使一待切成至少两部分的单晶(1)和一切割工具(2、3；8、8a、8b、8c)沿进给方向(V)相互相对移动，并且将单晶(1)定向成使一规定的结晶方向(K)位于切割平面(T)内，其特征在于，在规定的结晶方向(K)与进给方向(V)间的夹角(ρ)这样选择，即，使得在切割过程中沿垂直于切割平面(T)作用到切割工具上的各力相互抵消或合成一预定的力。

2. 按照权利要求1所述的方法，其特征在于，在切割过程中测量切割工具(2、3；8、8a、8b、8c)的偏移(X)并且使单晶(1)根据测得的值以规定的结晶方向(K)在切割平面(T)内转动。

3. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征在于，分割借助于内孔锯实现。

4. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征在于，分割借助于钢丝锯实现。

5. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征在于，切割前的角度(ρ)通过试验方法确定。

6. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征在于，角度(ρ)的调准经由一调节装置在实际的切割装置以外进行。

7. 按照权利要求1或2所述的方法，其特征在于，该方法用于分割GaAs单晶(1)。

8. 一种用于实施按权利要求1或2所述方法的分割单晶的装置，它包括一切割工具(2、3；8、8a、8b、8c)、一用于单晶(1)的支架和一用于使支架和切割工具沿进给方向(V)相互相对移动的驱动装置，该进给方向(V)垂直于单晶(1)的中心纵向轴线(M)延伸；设有一用于转动支架的转动装置(5)，借其支架可转动，从而使单晶(1)可以绕其中心纵向轴线(M)转动；其特征在于，设有一测量装置(6)，用于测量切割工具在一垂直于进给方向(V)的方向上的偏移(X)。

9. 按照权利要求8所述的装置，其特征在于，设有一控制装置，

它与测量装置(6)和转动装置(5)相连接并这样控制转动装置(5),即将单晶转动到使切割工具的偏移基本上为零或达到一预定的值。

10. 按照权利要求8或9所述的装置,其特征在于,该装置为一内孔锯装置。

11. 按照权利要求8或9所述的装置,其特征在于,该装置为一钢丝锯装置。

12. 用于实施按权利要求6所述方法的调节装置,其中单晶(1)构成具有中心纵向轴线(M)的基本上为圆柱形的并且单晶具有一平面的外表面部分(4),以及一规定的单晶结晶方向(K)相对于在平面的外表面部分上的法线(N)在垂直于中心纵向轴线(M)的平面内具有一已知的角度(α);该装置包括一设置在垂直定位的支架(51)上具有下边缘(54)的止挡,该下边缘(54)与垂直线间包含一预定的角度(γ)。

13. 按照权利要求12所述的装置,其特征在于,所述止挡可调节高度。

14. 按照权利要求12或13所述的装置,其特征在于,设有具有不同的角度(γ)的可更换的各种止挡。

15. 用于确定在按权利要求1或2所述方法的规定的结晶方向(K)与进给方向(V)之间的最佳角度的试验方法,它包括以下步骤:

将一单晶分割成多个垂直于中心纵向轴线的预定厚度的部分(20a至20e),其中单晶构成为具有中心纵向轴线(M)的基本为圆柱形的并且该单晶具有一外部的特征(4),其相对于一规定的单晶结晶方向(K)的取向是已知的;

连接各个部分,使每一部分的外部的特征占有一相对于中心纵向轴线的不同的角方位;

在一切割装置中同时将这样组成的单晶(20)切成各个圆片,它具有以后要制造的晶片的厚度;

测量这样生产的圆片的表面平面度和/或厚度;

确定规定的结晶方向(K)相对于切割工具的进给方向(V)的最

佳的角度 (ρ)。

16. 按照权利要求 15 所述的试验方法, 其特征在于, 所述外部的特征为一平面或凹槽。

分割单晶的方法和装置以及对该方法用于确定单晶取向的调节装置和试验方法

技术领域

本发明涉及分割单晶的方法和装置以及对该方法用于确定单晶取向的调节装置和试验方法。

背景技术

为了在半导体技术中应用，将由晶体培育产生的单晶切成单个圆片，即所谓晶片。已知的分割方法是内孔锯（Innenlochsägen）和钢丝锯（Drahtsägen）。在分割单晶时产生的切削力导致内孔锯的切割圆盘或钢丝锯的钢丝的侧向偏移。因此产生晶片的不均匀的厚度或表面具有其他的不均匀性例如歪斜和弓曲。在硅单晶中特别出现表面波动性的问题。这降低了生产的晶片的质量并从而降低了高质量晶片的产量。

为了解决这个问题已知在内孔锯的情况下测量切割圆盘的偏移并通过压缩空气的作用予以校正。但该方法具有缺点，即用于冷却切割圆盘涂覆的冷却剂膜受压缩空气的影响，这又影响分割时的冷却。此外，已知将单晶安装于一专门成形的支架中，以便设置相当于在切割圆盘偏移时产生的力的反力用以将其相反地抵消。在钢丝锯的情况下不可能主动地影响钢丝的偏移。

发明内容

本发明的目的是，提供分割单晶的方法和装置以及对该方法用于确定单晶取向的调节装置和试验方法，借其或借助于它们可以避免上述问题。

该目的通过按照本发明的用于分割单晶的方法和装置以及用于确定单晶取向的调节装置和试验方法来达到。

按本发明用于分割单晶材料的方法，其中使一待切成至少两部分的单晶和一切割工具相互相对沿进给方向相互相对移动，并且将单晶定向成使一规定的结晶方向位于切割平面内，其特征在于，在规定的

结晶方向与进给方向间的夹角这样选择，即，使得在切割过程中沿垂直于切割平面作用到切割工具上的各力相互抵消或合成一预定的力。

按照优选的实施方式，在切割过程中测量切割工具的偏移并且使单晶根据测得的值以规定的结晶方向在切割平面内转动。分割借助于内孔锯实现或者分割借助于钢丝锯实现。切割前的角度通过试验方法确定。角度的调准经由一调节装置在实际的切割装置以外进行。该方法用于分割 GaAs 单晶。

按本发明用于分割单晶的装置，它包括一切割工具、一用于单晶的支架和一用于使支架和切割工具沿进给方向相互相对移动的驱动装置，该进给方向垂直于单晶的中心纵向轴线延伸；设有一用于转动支架的转动装置，借其支架可转动，从而使单晶可以绕其中心纵向轴线转动；其特征在于，设有一测量装置，用于测量切割工具在一垂直于进给方向的方向上的偏移。

按照优选的实施方式，设有一控制装置，它与测量装置和转动装置相连接并这样控制转动装置，即将单晶转动到使切割工具的偏移基本上为零或达到一预定的值。该装置为一内孔锯装置或者该装置为一钢丝锯装置。

该方法和装置的优点是，提高了晶片的质量并能够以较高的进给速度进行分割。因此内孔锯可以特别是用于 GaAs 单晶，甚至用于 6 英寸直径和需要时更大的晶片。此外，由于改善的生产的晶片质量可以在相当大程度上取消通常的精加工步骤。

按本发明的调节装置，其中单晶构成具有中心纵向轴线的基本上为圆柱形的并且单晶具有一平面的外表面部分，以及一规定的单晶结晶方向相对于在平面的外表面部分上的法线在垂直于中心纵向轴线的平面内具有一已知的角度；该装置包括一设置在垂直定位的支架上具有下边缘的止挡，该下边缘与垂直线间包含一预定的角度。

按照优选的实施方式，所述止挡可调节高度。设有具有不同的角度的可更换的各种止挡。

用于确定在结晶方向与进给方向之间的最佳角度的试验方法，它包括以下步骤：将一单晶分割成多个垂直于中心纵向轴线的预定厚度

的部分，其中单晶构成具有中心纵向轴线的基本为圆柱形的并且该单晶具有一外部的特征，其相对于一规定的单晶结晶方向的取向是已知的；连接各个部分，使每一部分的外部的特征占有一相对于中心纵向轴线的不同的角方位；在一切割装置中同时将这样组成的单晶切成各个圆片，它具有以后要制造的晶片的厚度；测量这样生产的圆片的表面平面度和/或厚度；确定规定的结晶方向相对于切割工具的进给方向的最佳的角度。

按照优选的实施方式，所述外部的特征为一平面或凹槽。

附图说明

由借助于附图对实施例的描述得出本发明的其他特征和实用性。

附图中：

图 1 为用于内孔锯的装置沿单晶的中心纵向轴线的示意俯视图；

图 2 为按照本发明的一种实施形式用于内孔锯的装置的示意侧视图；

图 3 为用于钢丝锯的装置的示意透视图；

图 4 为按照本发明的一种实施形式用于钢丝锯的装置的示意侧视图；

图 5 为内孔锯情况下一个晶片的示意侧视图；

图 6 为在内孔锯中产生的各个力的图示；

图 7 为在分割 GaAs 单晶的过程中对于微观裂纹的交联 (Vernetzung) 取决于切割工具的一个进给方向的临界切进深度图；

图 8 为借助于内孔锯在分割 GaAs 单晶的过程中取决于切割工具的进给方向各轴向反力分量的合力的极限值图，其导致切割工具的横向偏移；

图 9 为取决于规定的晶体方向相对于切割工具的进给方向的调准的晶片的歪斜图，例如由 GaAs 单晶借助于内孔锯产生的；

图 10 为取决于规定的晶体方向相对于切割工具的进给方向的调准的晶片的糙粗度图，例如对 GaAs 单晶；

图 11 为用于确定规定的晶体方向相对于钢丝锯的切割工具的进

给方向的最佳角度的按本发明的测试方法的一种步骤的示意图；

图 12 为用于调节单晶的装置的示意透视图。

具体实施方式

如由图 1 和 2 显而易见的，本发明的装置按照本发明的第一实施形式具有一内孔锯装置。包括中心纵向轴线 M 的基本上圆柱形的单晶 1 由一未示出的支架保持。内孔切割圆盘 2 以已知的方式由包括一同心的孔的金属圆盘构成。在其边界通过安装许多钻石粒子构成切削刃 3，并可绕一转动轴线 R 相对于单晶这样转动地支承，从而使单晶的中心纵向轴线 M 与切割圆盘的转动轴线 R 彼此平行地延伸。设有一未示出的驱动装置，借其切割圆盘 2 可以以确定的速度绕转动轴线 R 沿图 1 中所示方向 A 转动。单晶 1 可通过一进给装置的驱动沿图 2 中所示进给方向 V 向切割圆盘 2 的方向移动，从而使切割圆盘 2 可以在一垂直于单晶 1 的中心纵向轴线 M 的平面内完全切过单晶 1。此外，设有一驱动装置用于单晶 1 以速度 W 垂直于切割圆盘 2 或沿其中心纵向轴线的方向移动。

如特别由图 1 显而易见的，单晶 1 不是完整的圆柱形的，而具有一平面的外表面部分 4，即所谓平面，它在培育单晶 1 以后以确定的方式这样制成，即已知一角度 α ，该角度 α 为一规定的结晶方向 K，对于 GaAs 单晶例如 [011]-方向，与平面的外表面部分 4 上的法线 N 在一垂直于中心纵向轴线 M 的平面内的夹角。由于角度 α 是已知的，因此在规定的结晶方向 K 与单晶的进给方向 V 之间在一垂直于单晶的中心纵向轴线 M 的平面内并从而在切割平面 T 内的夹角 ρ 也是已知的。应该指出，代替平面也可以在单晶的外面上设置一所谓凹口的槽。决定性的仅仅是一外部的特征，其布置相对于规定的结晶方向是已知的。

如图 2 中所示，该装置还在单晶 1 的远离切割圆盘 2 的一端具有一装置 5，用于单晶 1 绕其中心纵向轴线 M 的转动。此外设有一传感器 6 用以在从单晶 1 上分割一圆片形部分 1a 的过程中测量切割圆盘 2

从切割平面 T 向外的偏移 X, 该圆片形部分 1a 构成后来的晶片. 传感器 6 和用于转动单晶 1 的装置 5 经由一控制装置 7 相互连接, 后者构成为使其根据测得的切割圆盘 2 的偏移 X 操纵转动装置 5, 以使单晶 1 转到一预定的角方位, 从而规定的结晶方向 K 与进给方向 V 之间相应于一测得的切割圆盘 2 的偏移 X 占有预定的角度 ρ .

在一变形的实施形式中, 分割单晶的装置为一钢丝锯装置, 如图 3 和 4 中所示. 相当于图 1 和 2 中所示装置的部件用相同的标记表示. 如图 3 中所示, 单晶 1 保持于一未示出的支架中, 该支架可经由一进给装置的驱动向钢丝锯 8 的钢丝区域移动和再返回. 钢丝锯 8 包括许多平行延伸的钢丝 8a、8b、8c, 它们由未示出的滚子拉紧并且可在垂直于单晶 1 的中心纵向轴线 M 的平面内沿箭头所示的方向 A 和 B 移动. 该装置还包括一装置 9 用以在单晶 1 的一侧将含有钻石粒子的研磨膏涂覆到钢丝 8a、8b 和 8c 上, 和一装置 10 用以清洁穿过单晶后的钢丝并用以排除由于钢丝通过单晶产生的去除量. 或者, 钻石粒子已牢固地结合于钢丝中而借助于研磨膏的涂覆是不需要的. 类似于图 2 中所示的装置, 该实施形式, 如图 4 中所示, 同样具有一用于转动单晶 1 的装置 5、一检测钢丝 8a、8b 或 8c 的偏移的传感器和一根据检测的钢丝偏移控制装置 5 以转动单晶 1 的控制装置 7.

以下结合附图 5 至 10 描述按照图 1 和 2 的装置的操作.

在将单晶 1 安装于支架中以后支架沿图 2 中所示方向 W 由一驱动装置使之移动, 而在单晶的自由端 1a 与切割圆盘 2 之间保持一距离 a, 该距离稍大于待生产的晶片的厚度. 然后单晶 1 通过驱动装置沿图 2 和 5 中所示进给方向 V 以进给速度 v 朝切割圆盘 2 的方向移动, 后者在其侧绕其转动轴线沿图 1 中所示方向 A 转动. 转动的切割圆盘 2 切入单晶 1 以分割一部分 1a, 它由单晶 1 构成后来的晶片. 切割圆盘 2 的切削刃 3 的钻石粒子在切割过程中达到一临界的切进深度后在单晶 1 中产生微观裂纹, 它由于相互交联导致材料去除量. 该临界的切进深度取决于钻石粘子相对于规定的结晶方向 K 的移动方向. 宏观上看该临界的切进深度取决于角度 ρ , 它为规定的结晶方向 K 与进给方向

V 在一垂直于单晶的中心纵向轴线 M 的平面内的夹角。已发现临界的切进深度在切入的切割圆盘 2 的各对置的侧面 S、S' 是不同的。图 7 示出对于规定的结晶方向 K 相对于进给方向 V 的不同的调准角度 ρ 的在图 5 中所示的位于切割圆盘 2 对面的前面 S 和后面 S' 的临界的切进深度。在前面 S 和后面 S' 上相对于切割圆盘 2 的该不同的切进深度导致不同的临界负荷，即对于前面 S 为 L_X^- 而对于后面 S' 为 L_X^+ 。因此，切削刃 3 受到来自前面 S 和后面 S' 的不同的反力 F_X^- 、 F_X^+ 作用，此外还受在撞到单晶 1 的材料上时沿进给方向 V 作用的反力 F_z ，如图 6 中所示。该不同大小的与方向有关的反力 F_X^- 、 F_X^+ 导致一合力 F，后者导致与方向有关的横向偏移 X。

如图 8 中所示，由反力 F_X^- 、 F_X^+ 和 F_z 的合成形成的合力 F 取决于相对于规定的结晶方向 K 的进给方向 V，即取决于角度 ρ ，该角度 ρ 为该两方向在垂直于单晶 1 的中心纵向轴线的切割平面内相互间的夹角。根据单晶的材料或在半导体情况下同样根据掺杂和其他的因素具有优选的角度，在该角度时上述各反力平衡并且切割圆盘 2 无横向偏移地切入单晶 1 中。

在按照本发明的方法中，上述各反力被用来在切削过程中校正切割圆盘的横向偏移 X。为此，如图 2 中所示，借助于传感器 6 测量切割圆盘的偏移 X 或轴向切削力分量 F_a 或 F_b 。根据测得的值经由控制装置 7 操纵装置 5 以转动单晶 1，从而使在规定的结晶方向 K 与进给方向 V 间的角度 ρ 这样调准，即将由于反力 F_X^- 、 F_X^+ 引起的横向偏移调节到基本上为零。在指定的情况下其还有优点是，使切割圆盘或切割工具以确定的方式轻微地偏移。这同样借助于角度 ρ 的调准来实现。

该方法同样可用于图 3 和 4 中所示的钢丝切割装置，其中在这种情况下测量一条或多条钢丝的偏移。

结果是，如图 9 和 10 中所示，借助于将各反力用来主动地影响横向偏移，通过使单晶绕其中心纵向轴线 M 的转动以便在规定的结晶方向 K 与进给方向 V 之间调准一规定的角度 ρ 得到歪斜和粗糙度 r_a 的校正。

规定的结晶方向 K 相对于进给方向 V 的优选的角度, 在该角度时在切削过程中切割工具的偏移变为零, 取决于单晶的材料。该角度对于单晶的每一种材料凭经验上 (empirisch) 借助于试验方法来确定, 其中如图 11 中所示, 将一规定的材料的单晶 20 分割成多个圆片 20a 至 20e, 其厚度相当于以后要制造的晶片的厚度的多倍。接着将这些圆片粘接到一支架 21 上, 使其平面的外表面部分 (平面) 40a 至 40e 例如在一钢丝锯装置中以各相对于进给方向 V 不同的角度设置。随后将这样由圆片 20a 至 20e 组成的单晶 20 在切割装置中同时切成单独的晶片并测量这样得到的晶片的晶片表面的粗糙度和歪斜。这种方法常常重复直到为最佳的分割求得优选的角度。这样求得的角度用作为以后在图 1 至 4 中所示的装置中待分割的单晶的切割过程的开始值, 其中角度调准经由装置 5 和控制装置 7 的重调用作为在切割过程中的校正。

为了将单晶 1 在规定的结晶方向 K 与进给方向 V 间的预定的角度 ρ 下装入图 1 至 4 中所示的装置中, 设有图 12 中所示的调节装置。该调节装置具有一底板 50 和一由其垂直向上延伸的支架 51。在支架 51 上设有一滑块 52, 它例如可以在一未示出的导轨上沿垂直方向上下移动并且借助于一固定装置 53 可锁定于一规定的高度。滑块 52 具有呈三角形的伸出部分 54, 其下边缘 54a 与垂直线间包括一预定的角度 γ 。调节时单晶 1, 它与一用于将单晶装入一图 1 至 4 中所示的分割装置中的连接件 55 固定连接, 粘接到例如由石墨制成的板条 56 上, 其中所用的粘合剂为一种在一预定的时间后才硬化的粘合剂, 从而单晶 1 在板条 56 上仍可在一定的时间内绕其中心纵向轴线 M 转动。然后将单晶 1 连同连接件 55 和板条 56 装入调节装置中, 其中滑块 52 事先固定到该单晶型式所需要的高度。通过单晶 1 与连接件 55 和板条 56 一起在角形件 54 的下面的移动将单晶 1 调节成使其平面的外表面部分 4 贴紧角形伸出部分 54 的下边缘 54a。其中, 伸出部分 54 的下边缘 54a 与垂直线间形成的角度 γ 这样选择, 即对于该特定的单晶 1 在规定的结晶方向 K 相对于垂直线之间调准一规定的优选的角度 ρ 。在单晶 1 牢

固地固定在板条 56 上以后，将其装入装置中以便分割。进给方向 V 与垂直线相一致。从而角度 ρ 是确定的。

以上描述的本发明的特别优点是，借此特别是具有 6 英寸或需要时更大的直径的 GaAs 晶片可以利用内孔锯无困难地加以分割，因为提高的进给速度是可能的。

本发明不限于半导体单晶（单纯元件、半导体、半导体化合物）的分割。相反，按照本发明的方法和装置也可用于分割任何的单晶，如光学单晶或陶瓷。

图3

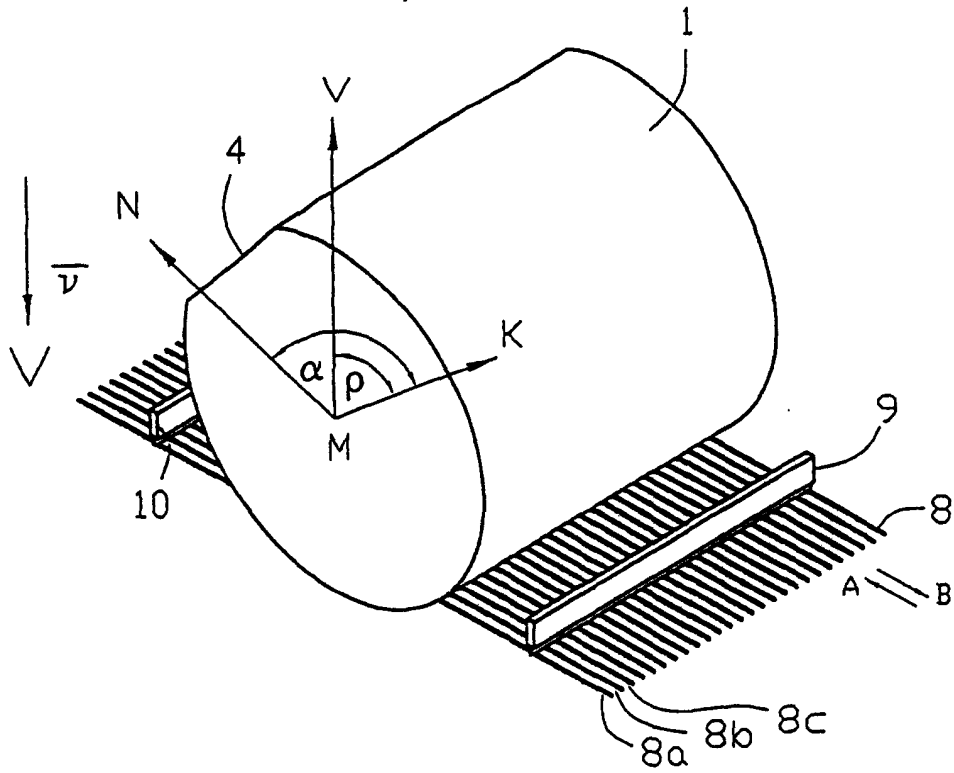


图4

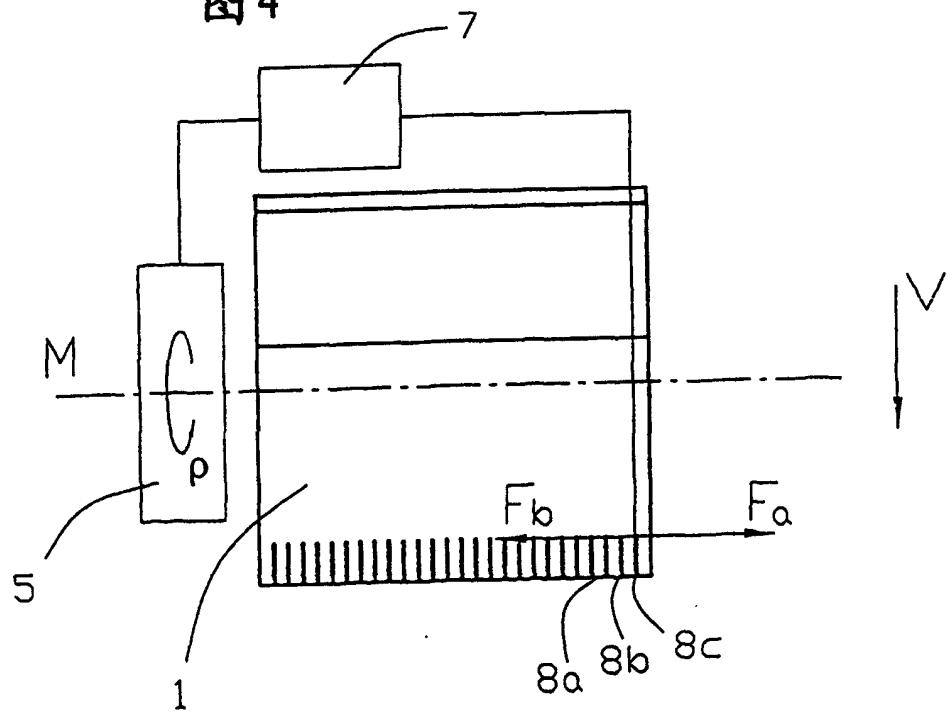


图5

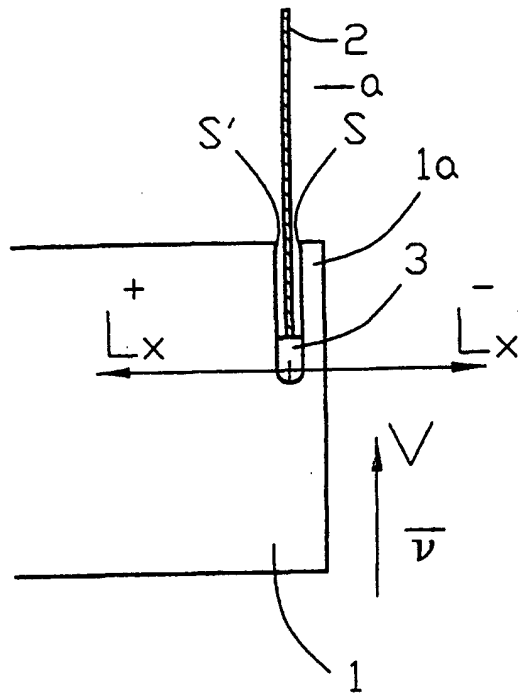


图6

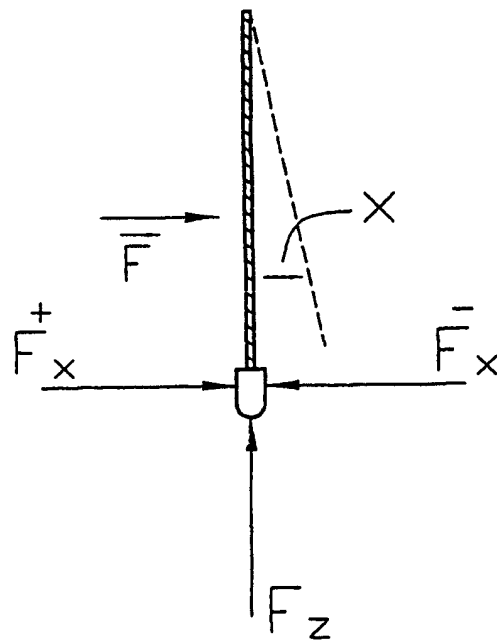


图7

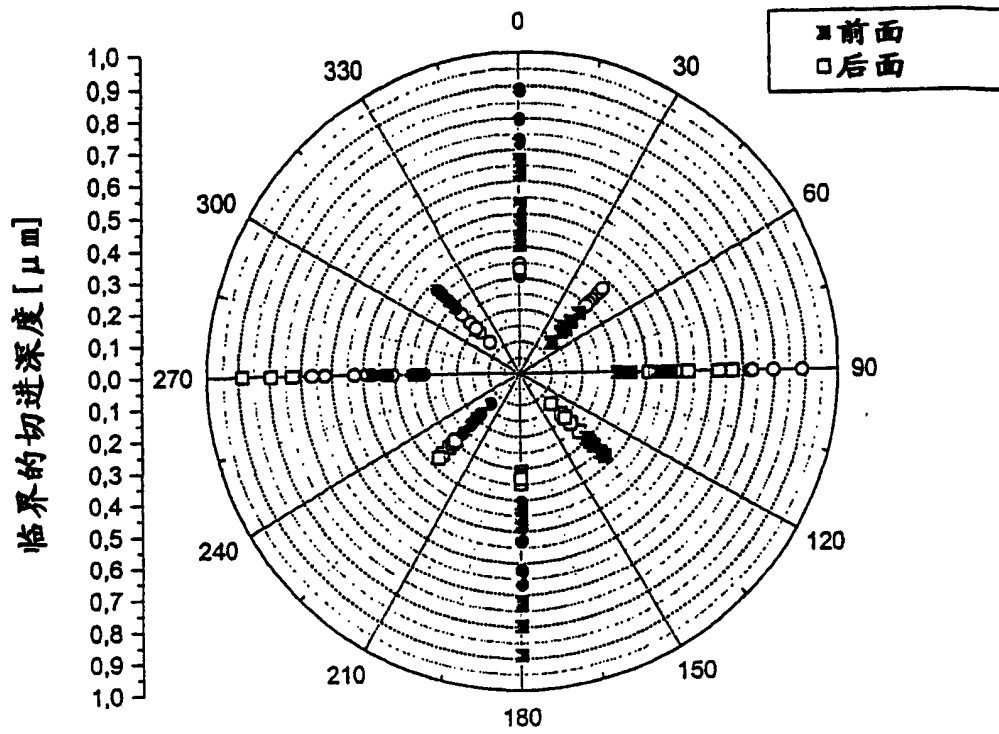


图8

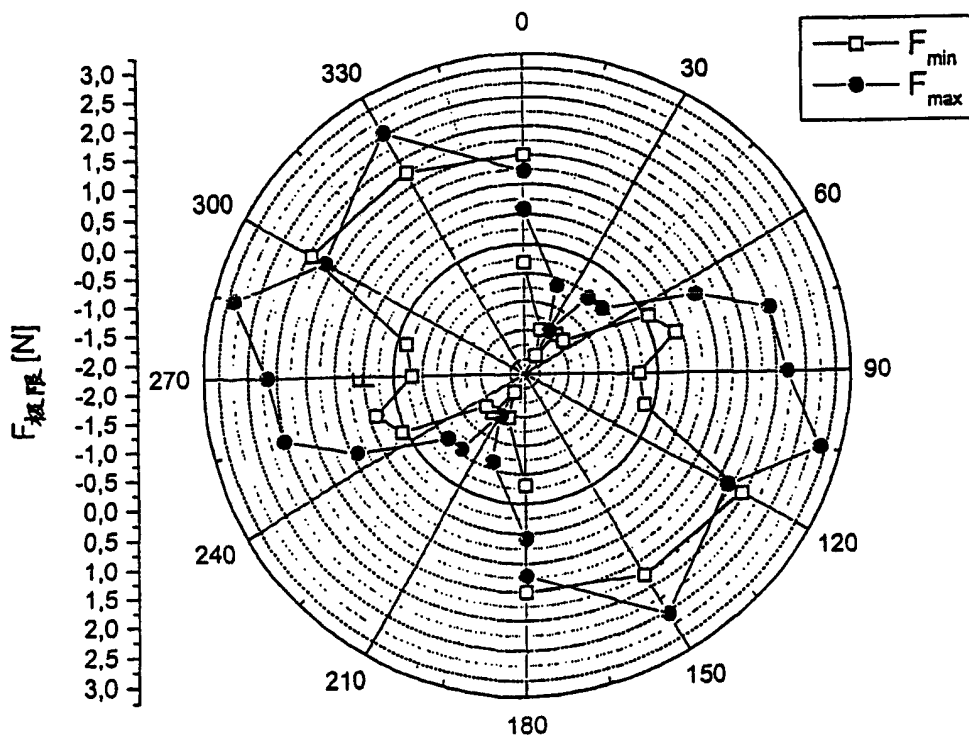


图9

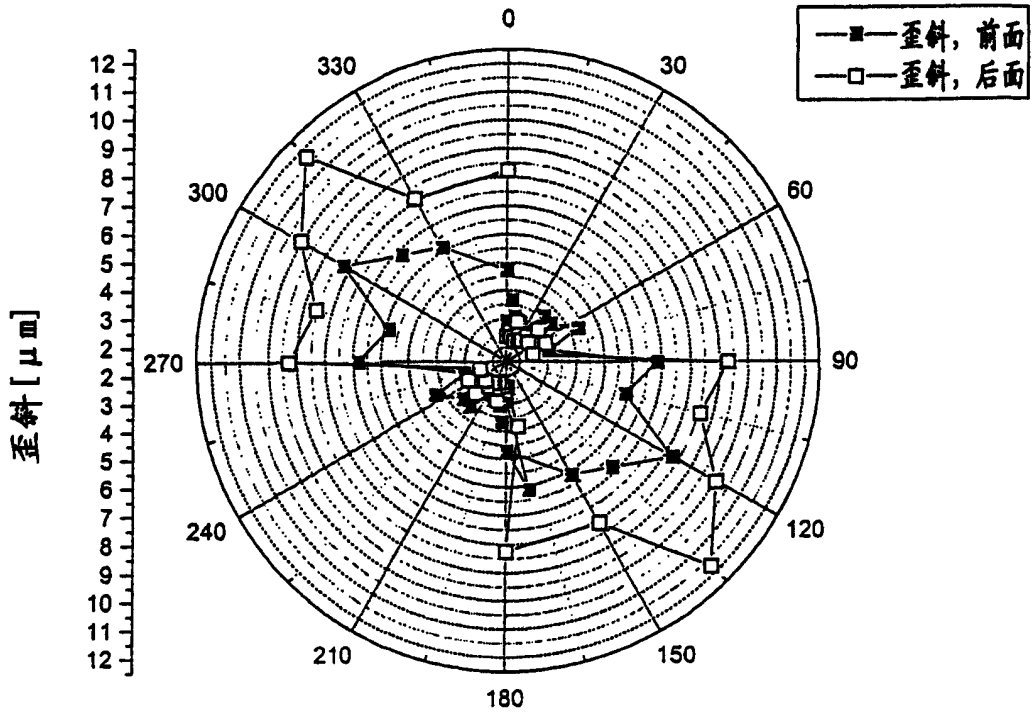


图10

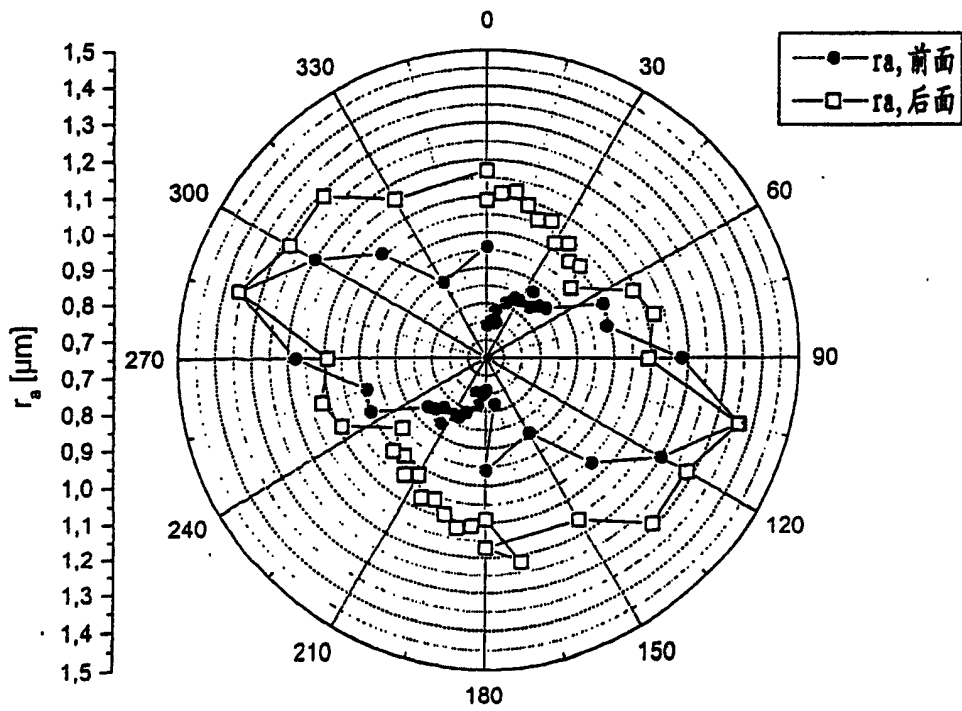


图11

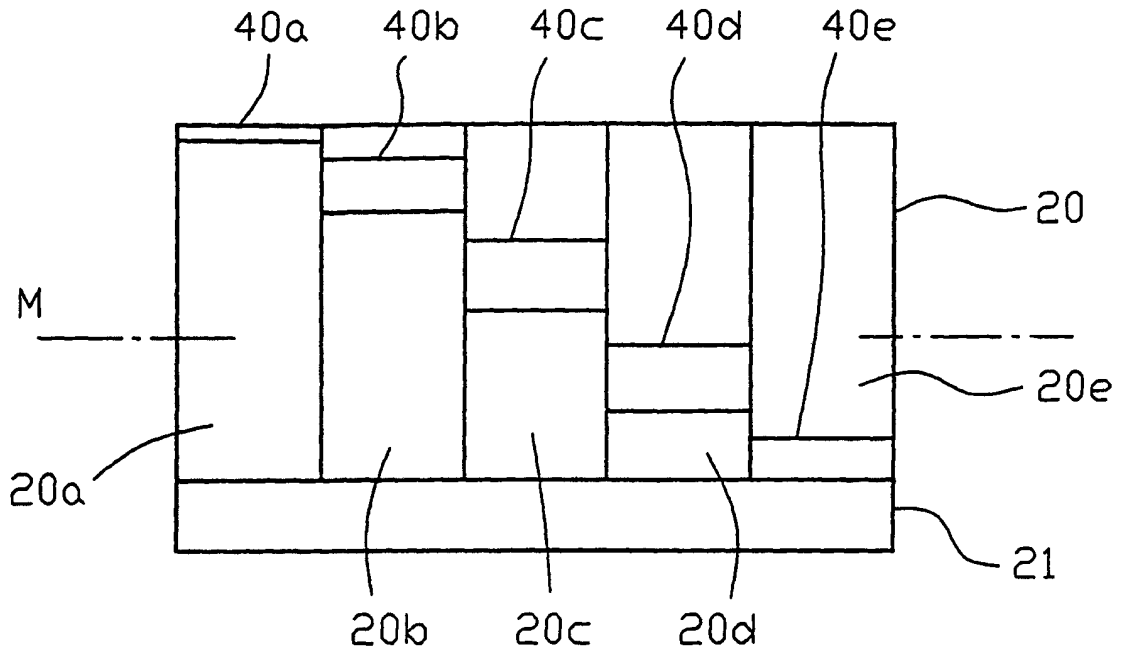


图12

