

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780013281.2

[43] 公开日 2009 年 4 月 29 日

[51] Int. Cl.
G01R 33/07 (2006.01)
H01L 43/06 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101421635A

[22] 申请日 2007.3.28

[21] 申请号 200780013281.2

[30] 优先权

[32] 2006.4.13 [33] JP [31] 111100/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/056710 2007.3.28

[87] 国际公布 WO2007/119569 日 2007.10.25

[85] 进入国家阶段日期 2008.10.13

[71] 申请人 旭化成电子材料元件株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 片冈诚 角田胜己 山县曜
金山裕一

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇 张会华

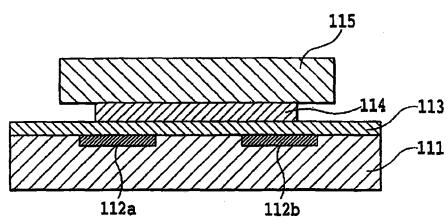
权利要求书 6 页 说明书 37 页 附图 24 页

[54] 发明名称

磁传感器及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供磁传感器及其制造方法。该磁传感器考虑了磁性体的基底层与半导体基板的接触面积而磁特性极为稳定。在半导体基板(11)上，设有以与该半导体基板的表面处于同一平面的方式互相隔开规定间隔地埋入的多个霍尔元件(12a、12b)，在霍尔元件上以及半导体基板上，隔着保护层(15)设有基底层(14)，该基底层(14)由金属或树脂构成，具有与多个霍尔元件不同的热膨胀率，具有覆盖该多个霍尔元件的区域的至少局部的面积，在基底层上设有面积大于该基底层的面积的、具有磁放大功能的磁收敛板(15)。减小磁性体的基底层与半导体基板的接触面积而减少偏离电压的产生。



1. 一种磁传感器，该磁传感器包括设有多个霍尔元件的半导体基板、和设置于该半导体基板上的具有磁放大功能的磁性体，其特征在于，

在上述半导体基板上设有作为上述磁性体的基底的基底层，上述基底层具有与上述多个霍尔元件不同的热膨胀率，具有覆盖上述多个霍尔元件的区域的至少局部的面积，上述磁性体具有比上述基底层的面积更大的面积。

2. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体及上述基底层为圆形。

3. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体及上述基底层为多边形。

4. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述基底层为树脂。

5. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述基底层为金属。

6. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体的膜厚大于等于 $1\mu\text{m}$ 且小于 $15\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求6所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体的膜厚大于等于 $5\mu\text{m}$ 且小于等于 $14\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体通过电解电镀而形成。

9. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述基底层由第1金属膜和设置在该第1金属膜上的含有Cu的第2金属膜构成，上述第1金属膜设置在上述半导体基板上，由Ti、W或者TiW合金构成。

10. 根据权利要求9所述的磁传感器，其特征在于，

上述第2金属膜的膜厚为 $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ 。

11. 根据权利要求9所述的磁传感器，其特征在于，
上述第2金属膜的热膨胀率为15~20ppm/℃。

12. 根据权利要求9所述的磁传感器，其特征在于，
上述磁性体由含有Ni、Fe、Co中的2种以上的合金构成，
其热膨胀率为10~15ppm/℃。

13. 根据权利要求12所述的磁传感器，其特征在于，
在上述半导体基板与上述第1金属膜之间设有聚酰亚胺保
护层。

14. 根据权利要求1~9中任一项所述的磁传感器，其特征
在于，

上述基底层由第1金属膜构成，该第1金属膜设置在上述半
导体基板上，由Ti、W或者TiW合金构成；上述磁性体由第2
金属膜和磁性体合金膜构成；该第2金属膜通过溅射法或者真
空蒸镀法形成在该第1金属膜上，由NiFe构成，膜厚为0.1~
3μm；该磁性体合金膜设置在该第2金属膜上，通过电解电镀形
成，由NiFe构成。

15. 根据权利要求14所述的磁传感器，其特征在于，
上述第1金属膜的膜厚为0.01~1μm。

16. 根据权利要求14或15所述的磁传感器，其特征在于，
在上述半导体电路与上述第1金属膜之间设有保护层。

17. 根据权利要求2所述的磁传感器，其特征在于，
上述多个霍尔元件的感磁面的中心位置位于距上述磁性体
的中心位置为上述磁性体的半径距离的0.58~0.99倍的区域
内。

18. 根据权利要求17所述的磁传感器，其特征在于，
从上述霍尔元件的上表面到上述磁性体的底面的距离为
9~20μm。

19. 根据权利要求1所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体的底面以覆盖上述多个霍尔元件的区域的至少局部的方式配置，该磁性体的侧面具有锥形状。

20. 根据权利要求19所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体是上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。

21. 根据权利要求20所述的磁传感器，其特征在于，

上述锥角 α 为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。

22. 根据权利要求19所述的磁传感器，其特征在于，

上述磁性体是上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为锐角的正锥形状。

23. 一种磁传感器的制造方法，该磁传感器包括设有多个霍尔元件的半导体基板、和设置在该半导体基板上的具有磁放大功能的磁性体，其特征在于，

该磁传感器的制造方法包括以下工序：在上述半导体基板的表面埋入形成上述多个霍尔元件；在上述多个霍尔元件上形成保护层；在上述保护层上形成具有与该多个霍尔元件不同的热膨胀率的、具有覆盖该多个霍尔元件的区域的至少局部的面积的基底层；在该基底层上形成面积比该基底层的面积更大的磁性体。

24. 根据权利要求23所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护层上形成电解电镀用的基底金属层；通过光刻法，在上述基底金属层上以上述多个霍尔元件的上表面周围成为开口部的方式形成抗蚀层；通过电解电镀，在上述基底金属层上的上述开口部形成上述磁性体。

25. 根据权利要求23或24所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

能够以可将上述磁性体的膜厚控制为大于等于 $1\mu\text{m}$ 且小于 $15\mu\text{m}$ 的方式形成上述磁性体的膜厚。

26. 根据权利要求25所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

能够以可将上述磁性体的膜厚控制为 $5\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 的方式形成上述磁性体的膜厚。

27. 根据权利要求23所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护膜上形成由Ti、W或者TiW合金构成的第1金属膜；在上述第1金属膜上形成含有Cu的第2金属膜；在上述第2金属膜上形成具有磁放大功能的磁性体合金膜。

28. 根据权利要求27所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

将上述第2金属膜的膜厚形成为 $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ 。

29. 根据权利要求27或28所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

上述第2金属膜通过溅射法或者真空蒸镀法而形成。

30. 根据权利要求27、28或29所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

通过电解电镀，在上述第2金属膜上形成具有磁放大功能的磁性体合金膜。

31. 根据权利要求23所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下

工序：通过溅射法或者真空蒸镀法在上述保护膜上形成由Ti、W或者TiW合金构成的第1金属膜；通过溅射法或者真空蒸镀法在该第1金属膜上形成由NiFe构成的、膜厚为 $0.1 \sim 3\mu\text{m}$ 的第2金属膜；通过电解电镀在该第2金属膜上形成由NiFe构成的磁性体合金膜。

32. 根据权利要求31所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

上述第1金属膜的膜厚形成为 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 。

33. 根据权利要求23所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护层上形成电解电镀用的基底金属层；通过抗蚀剂图案形成，在上述基底金属层上，以上述多个霍尔元件上成为具有锥形状的开口部的方式形成抗蚀层；通过电解电镀，在上述基底金属层上的上述开口部形成具有上述磁放大功能的磁性体，使得该磁性体的底面覆盖上述多个霍尔元件的区域的至少局部。

34. 根据权利要求33所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

通过光刻法将上述磁性体形成为使上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。

35. 根据权利要求34所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

使上述锥角 α 为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。

36. 根据权利要求33所述的磁传感器的制造方法，其特征在于，

通过光刻法将上述磁性体形成为使上述半导体基板的表面

与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为锐角的正锥形状。

磁传感器及其制造方法

技术领域

本发明涉及磁传感器及其制造方法，更详细地讲，是涉及包括具有磁放大功能的磁性体和多个霍尔元件的可以检测2维或3维方向的磁性的磁传感器及其制造方法。

背景技术

以往，公知有组合霍尔元件和具有磁放大功能的磁性体(磁收敛板)而成的磁传感器。例如，专利文献1中所述的装置涉及可以检测3维磁场方向的磁场方向检测传感器，包括具有平坦形状的磁收敛板和配置在磁收敛板的端部区域的霍尔效应元件。

通过这样的构造，具有利用磁收敛板可以检测水平磁场、并且可以进一步放大霍尔效应元件所存在的区域的磁场这样的效果。

由于霍尔效应元件位于磁场的水平成分最大的转轴区域，因此还具有这样的效果，即，可以在永久磁铁的端部位置独立地、聚集该霍尔效应元件地配置霍尔效应元件，另外还可以利用磁收敛板进一步放大霍尔效应元件的区域的磁场。

图1是用于说明以往的磁传感器的构造图(参照专利文献1)，图中附图标记1表示半导体基板，附图标记2a、2b表示霍尔元件，附图标记3表示保护层，附图标记4表示基底层，附图标记5表示磁收敛板。

图2是用于说明以往的磁传感器的磁收敛板的制造方法的工序图，表示将磁性体带粘贴于半导体基板11的工艺。首先，准备IC加工完毕的晶圆。接着，使用环氧粘接剂将磁性体带(非

晶质金属带)粘接在晶圆上。接着，通过光刻法形成磁收敛图案14。接着，进行非晶质金属蚀刻。这样，在半导体基板11上形成磁收敛板。在这种情况下，以将霍尔元件的感磁面的中心位置配置于磁收敛板的圆周缘附近的方式进行制作。另外，此时的磁收敛板的膜厚为 $20\mu\text{m}$ 以上。该磁收敛板是通过以湿蚀刻加工较厚的磁性体带来制作而成的。此时的环氧粘接剂的厚度大致为 $2\sim4\mu\text{m}$ ，从霍尔元件的上表面到磁收敛板底面的距离大致为 $6\sim8\mu\text{m}$ 。另外，此时的磁收敛板5的厚度为 $15\mu\text{m}$ 。而且，在这种情况下，半导体基板1的表面与磁收敛板5的侧面所成的角度大致为 90° 。

另外，专利文献2中所述的内容涉及这样的磁传感器，即，该磁传感器包括具有磁放大功能的磁收敛板，利用半导体霍尔元件检测自该磁收敛板的端部泄漏的磁通量，在形成半导体霍尔元件之后，通过电解镀金属堆积软磁性薄膜而形成磁收敛板，在通过溅射将作为第1金属膜的Ti薄膜堆积至 $0.05\mu\text{m}$ 之后，利用干膜抗蚀剂以开口的状态形成相当于磁性体的图案，将作为第2金属膜的Ni-Fe合金薄膜堆积至 $0.07\mu\text{m}$ ，具有2层构造，作为第1金属层的Ti薄膜用于提高基底绝缘层与Ni-Fe合金薄膜的紧贴性。

通过上述那样的制造方法可以具有这样的效果，即，可以通过依照LSI制造工序的制造方法、小型且容易地制造具有由霍尔元件及软磁性材料构成的磁收敛板的磁传感器，从而使磁收敛板靠近半导体霍尔元件，可以使磁传感器高灵敏度化。

在使用磁性体带作为磁收敛板的情况下，由于使用环氧粘接剂将其粘接在半导体基板上，因此，存在在下方的霍尔元件产生很大的应力的问题。另外，在使用磁性体带的情况下，还存在无法控制磁性体的厚度的问题。

并且，在图1所示的磁传感器中，由于半导体基板1与磁收敛板2之间所采用的粘接剂在凝固时会收缩，因此，对晶圆上施加较高的张力，导致晶圆整体产生翘曲这样的问题。在增厚该粘接剂时，粘接力升高，但灵敏度降低而进一步收缩，难以将涂敷的粘接剂加工、成型得较薄且均匀。另外，在厚度过薄时粘接力减弱，但因变薄而使传感器灵敏度升高。

这样，难以在维持粘接力（缓和应力）且考虑粘接剂的厚度的同时谋求提高灵敏度并降低灵敏度偏差。

另外，以往，从获得规定的灵敏度的方面考虑，使粘接剂的厚度为 $2\sim4\mu\text{m}$ 左右，不易保持该粘接剂的厚度的均匀性。结果，必须将以往的磁传感器中的从霍尔元件的上表面到磁收敛板的底面的距离限制在 $6\sim8\mu\text{m}$ 以下，又存在难以在保持该距离的同时抑制灵敏度偏差这样的问题。

接着，在考虑使用专利文献2中所述的制造方法制造图1所示的构造的磁传感器的情况时，由于基底金属层和磁收敛板具有相同大小的面积而与半导体基板接触，因此，对霍尔元件、搭载的IC施加的应力增大，结果，导致产生偏离电压。

因此，即使减小磁性体及基底金属层的面积而减小其与半导体基板的接触面积，也存在这样的问题，即，因磁性体错位而导致的霍尔元件所存在的区域的磁通量密度的偏差、磁饱和加快，需要一定程度的磁性体及基底金属层的面积。

在这样地制造的磁传感器中还存在这样的问题，即，虽然在通过溅射将作为第1金属膜的Ti薄膜堆积为 $0.05\mu\text{m}$ 之后，将作为第2金属膜的Ni-Fe合金薄膜堆积为 $0.07\mu\text{m}$ ，在半导体基板与磁收敛板之间设置2层构造的金属膜，但是作为第1金属层的Ti薄膜用于提高基底绝缘层与Ni-Fe合金薄膜的紧贴性，并未对这2层金属板与磁收敛板的热膨胀率有任何关注，因此，

会因金属膜的Ti、W、TiW合金与磁收敛板5的NiFe的热膨胀差而产生磁致伸缩，结果，组合霍尔元件和磁性体而成的磁传感器的磁特性变得不稳定。

在图1所示的磁传感器中还存在这样的问题，即，由于将霍尔元件的感磁面的中心位置配置在磁收敛板的圆周缘附近，因此，与磁收敛板的直径变动、水平面内的错位相对应地，X轴、Y轴的灵敏度的偏差增大，X轴、Y轴的灵敏度与Z轴的灵敏度的平衡恶化。

另外，在上述专利文献中，并未特别提到从霍尔元件的上表面到磁收敛板的底面的距离，考虑到粘接力、加工性和灵敏度、灵敏度偏差这一点，一般认为该距离大致为 $6\sim8\mu\text{m}$ 。

作为其他的问题，在图1所示的磁传感器中还存在这样的问题，即，由于半导体基板1的表面与磁收敛板5的侧面所成的角度大致为 90° ，因此，磁收敛板的垂直的侧面位于霍尔元件的旁边，虽然磁通量集中于该侧面而提高了感磁功能，但是在磁通量过于集中时，会发生磁饱和而很难确保传感器输出的线性。

发明内容

本发明即是鉴于这样的问题而做成的，其目的在于提供组合霍尔元件和具有磁放大功能的磁性体的、考虑到磁性体的基底层与半导体基板的接触面积而使磁特性极为稳定的磁传感器及其制造方法。

本发明的目的还在于，提供可控制磁性体的厚度而不使霍尔元件产生很大的应力的磁传感器及其制造方法。

本发明的目的还在于，提供在半导体基板与磁性体之间设置2层构造的金属膜而磁特性极为稳定的磁传感器及其制造方法。

本发明的目的还在于，提供组合霍尔元件和具有磁放大功能的磁性体的、将霍尔元件的感磁面的中心位置配置在自磁性体的端部向内侧离开规定距离的位置而控制X轴、Y轴的灵敏度变动和Z轴的灵敏度变动的2维或3维磁传感器，而且，提供使X轴、Y轴的灵敏度和Z轴的灵敏度的平衡良好的3维磁传感器以及它们的制造方法。

本发明的目的还在于，提供考虑到霍尔元件与磁性体的距离而抑制灵敏度偏差的磁传感器及其制造方法。

本发明的目的还在于，提供在将磁性体的侧面做成锥形状而斟酌磁通量相对于磁性体的集中程度而考虑磁饱和的同时、不会导致灵敏度升高或者灵敏度降低而可以确保线性的磁传感器及其制造方法。

专利文献1：日本特开2002-71381号公报

专利文献2：日本特开2003-142752号公报

为了达到上述目的，本发明的磁传感器包括设有多个霍尔元件的半导体基板、和设置于该半导体基板上的具有磁放大功能的磁性体，其特征在于，在上述半导体基板上设有作为上述磁性体的基底的基底层，上述基底层具有与上述多个霍尔元件不同的热膨胀率，具有覆盖上述多个霍尔元件的区域的至少局部的面积，上述磁性体具有比上述基底层的面积更大的面积。

还优选为，上述磁性体及上述基底层为圆形或多边形。

还优选为，上述基底层为树脂或金属。

还优选为，上述磁性体的膜厚大于等于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $15\mu\text{m}$ ，更优选为大于等于 $5\mu\text{m}$ 、小于等于 $14\mu\text{m}$ 。

还优选为，上述磁性体通过电解电镀而形成。

还优选为，上述基底层由第1金属膜和设置在该第1金属膜上的含有Cu的第2金属膜构成，上述第1金属膜设置在上述半导

体基板上，由Ti、W或者TiW合金构成。

在这种情况下优选为，上述第2金属膜的膜厚为 $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ 。或者优选为，上述第2金属膜的热膨胀率为 $15 \sim 20\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

还优选为，上述磁性体由含有Ni、Fe、Co中的2种以上的合金构成，其热膨胀率为 $10 \sim 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

而且优选为，在上述半导体基板与上述第1金属膜之间设有聚酰亚胺保护层。

还优选为，上述基底层由第1金属膜构成，该第1金属膜设置在上述半导体基板上，由Ti、W或者TiW合金构成；上述磁性体由第2金属膜和磁性体合金膜构成；该第2金属膜通过溅射法或者真空蒸镀法形成在该第1金属膜上，膜厚为 $0.1 \sim 3\mu\text{m}$ ，由NiFe构成；该磁性体合金膜设置在该第2金属膜上，由通过电解电镀形成的NiFe构成。

在这种情况下优选为，上述第1金属膜的膜厚为 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 。另外，也可以在上述半导体电路与上述第1金属膜之间设置保护层。

还优选为，上述多个霍尔元件的感磁面的中心位置位于距上述磁性体的中心位置为半径距离的 $0.55 \sim 1.0$ 倍的区域内。

还优选为，从上述霍尔元件的上表面到上述磁性体的底面的距离为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ 。

还优选为，上述磁性体的底面以覆盖上述多个霍尔元件的区域的至少局部的方式配置，该磁性体的侧面具有锥形状。

特别还优选为，上述磁性体是上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。

还优选为，上述锥角 α 为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。

另一方面还优选为，上述磁性体是上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为锐角的正锥形状。

上述那样的磁传感器可以通过以下工序制造而成：在上述半导体基板的表面埋入形成上述多个霍尔元件；在上述多个霍尔元件上形成保护层；在上述保护层上形成具有与该多个霍尔元件不同的热膨胀率的、覆盖该多个霍尔元件的区域的至少局部的面积的基底层；在该基底层上形成面积比该基底层的面积更大的磁性体。

特别是优选为，形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护层上形成电解电镀用的基底金属层；通过光刻法，在上述基底金属层上，以上述多个霍尔元件的上表面周围成为开口部的方式形成抗蚀层；通过电解电镀，在上述基底金属层上的上述开口部形成上述磁性体。

采用这样的方法，能够以可将上述磁性体的膜厚控制为大于等于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $15\mu\text{m}$ ，特别是 $5\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 的方式形成上述磁性体。

还优选为，作为其他制造方法，形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护膜上形成由Ti、W或者TiW合金构成的第1金属膜；在上述第1金属膜上形成含有Cu的第2金属膜；在上述第2金属膜上形成具有磁放大功能的磁性体合金膜。在这种情况下优选为，将上述第2金属膜的膜厚形成为 $0.1 \sim 2\mu\text{m}$ 。

还优选为，上述第2金属膜通过溅射法或者真空蒸镀法而形成。

还优选为，通过电解电镀，在上述第2金属膜上形成具有磁放大功能的磁性体合金膜。

还优选为，作为其他制造方法，形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：通过溅射法或者真空蒸镀法，在上述保护膜上形成由Ti、W或者TiW合金构成的第1

金属膜；通过溅射法或者真空蒸镀法，在该第1金属膜上形成膜厚为 $0.1 \sim 3\mu\text{m}$ 的由NiFe构成的第2金属膜；通过电解电镀，在该第2金属膜上形成由NiFe构成的磁性体合金膜。

在这种情况下优选为，将上述第1金属膜的膜厚形成为 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 。

还优选为，作为其他制造方法，形成上述基底层的工序和形成上述磁性体的工序包括以下工序：在上述保护层上形成电解电镀用的基底金属层；通过抗蚀剂图案形成，在上述基底金属层上，以在上述多个霍尔元件上形成具有锥形状的开口部的方式形成抗蚀层；通过电解电镀，在上述基底金属层上的上述开口部形成具有上述磁放大功能的磁性体，使得上述磁性体的底面覆盖上述多个霍尔元件的至少局部的区域。

在这种情况下还优选为，通过光刻法，将上述磁性体形成为使上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。特别是还优选为，使上述锥角 α 为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。

还优选为，通过光刻法，将上述磁性体形成为使上述半导体基板的表面与上述磁性体的侧面内侧所成的锥角 α 为锐角的正锥形状。

采用本发明，由于包括设置在半导体基板上的、具有与多个霍尔元件不同的热膨胀率的、具有覆盖该多个霍尔元件的区域的至少局部的面积的基底层、和设置在该基底层上的、面积大于该基底层的面积的、具有磁放大功能的磁性体，因此起到这样的效果，即，减小磁性体的基底层与半导体基板的接触面积而减少偏离电压的产生，可以实现磁特性极为稳定的磁传感器。

另外，由于不使用以往那样的环氧粘接剂而临时设置聚酰

亚胺层，之后形成磁收敛板，因此，起到在加工中途不会因环氧粘接剂而导致晶圆翘曲这样的问题的效果。

并且，采用本发明，由于包括设置在半导体电路上且由Ti、W或者TiW合金构成的第1金属膜、设置在该第1金属膜上且含有Cu的第2金属膜、和设置在该第2金属膜上且具有磁放大功能的磁性体合金膜，因此起到这样的效果，即，通过将与该磁性体合金膜、即磁收敛板相连接的金属膜做成2层构造，并调整该金属膜的热膨胀率而使其与磁收敛板之间的界面的热膨胀率与磁收敛板相同，从而可以完成磁特性极为稳定的磁传感器。

并且，采用本发明，通过使磁性体的膜厚大于等于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $15\mu\text{m}$ 、并利用电解电镀形成磁性体，可以控制膜厚，从而可以实现不会使霍尔元件产生很大的应力的磁传感器。特别是在Si单片的霍尔元件中，抑制因压电效应产生的偏离电压，可以实现更高精度的磁测定。

并且，采用本发明，由于多个霍尔元件的感磁面的中心位置位于距磁收敛板的中心位置为上述收敛板的半径距离的 $0.55\sim0.95$ 以及 $0.95\sim1.0$ 倍的区域内，因此起到这样的效果，即，相对于磁收敛板的直径变动、水平面内的错位，X轴、Y轴的灵敏度的偏差变小，可以实现使X轴、Y轴的灵敏度与Z轴的灵敏度的平衡良好的磁传感器。

并且，采用本发明，由于使从霍尔元件的上表面到磁收敛板的底面的距离为 $9\sim20\mu\text{m}$ ，因此，虽然灵敏度绝对值降低，但相对于磁收敛板的平面内错位、垂直方向上的距离变化，灵敏度变化减小。另外，起到这样的效果，即，可通过获得中间层的厚度来调整厚度，从而抑制灵敏度的偏差。具有这样的效果，即，由于可获取中间层的厚度，因此，也可抑制因磁收敛板底面侧的空腔等而产生的灵敏度变动。

并且，采用本发明，由于磁性体的侧面具有锥形状，因此，可以实现在将该磁性体的侧面做成锥形状而斟酌磁通量相对于磁性体的集中程度来考虑磁饱和的同时、不会导致灵敏度升高或者灵敏度降低而可以确保线性的磁传感器。

附图说明

图1是用于说明以往的磁传感器的构造图。

图2是用于说明以往的磁传感器的磁收敛板的制造方法的工序图。

图3是用于说明本发明的磁传感器的一个实施例的构造图。

图4A是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图4B是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图4C是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图4D是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图4E是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图5A是用于说明磁收敛板为圆形的情况下其直径与偏离电压的关系的图，表示磁收敛板的直径为 $200\mu\text{m}$ 的情况。

图5B是用于说明磁收敛板为圆形的情况下其直径与偏离电压的关系的图，表示磁收敛板的直径为 $230\mu\text{m}$ 的情况。

图6是基于图5A、5B所示的数据图表化而成的图。

图7A是表示本发明的磁传感器的磁收敛板的膜厚的图，表

示薄膜的情况。

图7B是表示本发明的磁传感器的磁收敛板的膜厚的图，表示厚膜的情况。

图8是表示磁收敛板的磁放大率与磁收敛板膜厚的关系的图。

图9是表示本发明的磁传感器中的磁收敛板的半径与磁放大率的关系、以及磁收敛板的缘远离霍尔元件（感磁面的中心位置）时的灵敏度变动倾向的图。

图10是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得出的、X轴、Y轴的磁灵敏度与磁收敛板直径的关系的图。

图11是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得出的、Z轴的磁灵敏度与磁收敛板直径的关系的图。

图12是表示X轴、Y轴的磁灵敏度/Z轴的磁灵敏度之比与磁收敛板直径的关系的图。

图13是表示本发明的磁传感器中的霍尔元件周围的磁通量分布的图。

图14是表示灵敏度变化量与磁收敛板的半径的关系的图。

图15是表示灵敏度变化量与磁收敛板的位置沿与外加磁场平行的方向位移的量的关系的图。

图16是用于说明本发明磁传感器的一个实施例的构造图。

图17A是比较本发明与以往的霍尔元件的磁特性的图，表示磁性体中存在变形的情况的霍尔元件的磁特性。

图17B是比较本发明与以往的霍尔元件的磁特性的图，表示磁性体中不存在变形的情况的霍尔元件的磁特性。

图18A是表示本发明的IC晶圆的图，表示IC晶圆。

图18B是图18A的X VIII B - X VIII B概略剖视图。

图19A是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施

例的工序剖视图。

图19B是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图19C是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图19D是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图19E是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图19F是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图20是通过磁性体合金膜的热膨胀率将磁致伸缩的关系表示于表中的图。

图21是用于说明本发明磁传感器的一个实施例的构造图。

图22A是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图22B是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图22C是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图22D是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图22E是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图22F是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

图23是通过磁性体合金膜的热膨胀率将磁致伸缩的关系

表示于表中的图。

图24A是用于说明本发明的磁传感器的一个实施例的构造图，表示将磁收敛板的侧面做成正锥形状的构造。

图24B是用于说明本发明的磁传感器的一个实施例的构造图，表示将磁收敛板的侧面做成倒锥形状的构造。

图25A是用于说明将磁收敛板的侧面做成正锥形状以及倒锥形状的方法的图，表示正锥形状的制作方法。

图25B是用于说明将磁收敛板的侧面做成正锥形状以及倒锥形状的方法的图，表示倒锥形状的制作方法。

图26A是表示锥形状的特征的图，表示正锥形状。

图26B是表示锥形状的特征的图，表示倒锥形状。

图27是表示与锥角 α 的变化相对应的非线性的外加磁场依存性的图。

图28是表示外加磁场输入600G时的锥角 α 与非线性的关系的图。

图29是表示磁灵敏度与锥角 α 的关系的图。

图30是表示以磁收敛板厚度为 $12\mu\text{m}$ 、磁收敛板半径为 $165\mu\text{m}$ 的构造表示灵敏度比变化为零的极点位置的数值解析例的图。

图31是表示以与图30同样的构造表示灵敏度比变化率为零的位置的数值解析例的图。

具体实施方式

下面，参照附图说明本发明的各实施例。

图3是用于说明本发明的磁传感器的一个实施例的构造图，图中附图标记111表示半导体基板，附图标记112a、112b表示霍尔元件，附图标记113表示保护层，附图标记114表示基

底层，附图标记115表示磁收敛板。

本发明的磁传感器是通过组合半导体基板111和具有磁放大部分功能的磁收敛板115而成的，该半导体基板111埋入形成有多个霍尔元件112a、112b。在半导体基板111上，以与该半导体基板111的表面处于同一平面的方式设有互相隔开规定距离地埋入的多个霍尔元件112a、112b。

另外，在霍尔元件112a、112b上以及半导体基板111上设有保护层，在该保护层113上设有基底层114，该基底层114由金属或树脂构成，具有与多个霍尔元件112a、112b不同的热膨胀率，并具有覆盖该多个霍尔元件112a、112b的区域的至少局部的面积。另外，在该基底层114上设有面积大于该基底层114的面积的、具有磁放大功能的磁收敛板115。该磁收敛板115由NiFe构成。另外，磁收敛板115以及基底层114优选为圆形或多边形。

图4A～图4E是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

首先，如图4A所示，作为LSI制造工艺，在Si基板111上形成IC电路和霍尔元件。即，在由Si、GaAs构成的半导体基板111中，以与该半导体基板111的表面处于同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入形成多个霍尔元件112a、112b（制作磁传感器芯片）。在此基础之上，再通过使聚酰亚胺形成图案，从而在半导体基板111上形成由聚酰亚胺构成的保护层113（聚酰亚胺图案形成）。

接着，如图4B所示，通过溅射法或者真空蒸镀法，在半导体基板111上形成TiW和Cu层作为电解电镀的基底层114，通过光刻法制作磁收敛板115的图案。即，通过溅射法，在保护层113上形成由金属（或者树脂）构成的、具有与多个霍尔元件

112a、112b不同的热膨胀率的基底层114(形成基底层)。接着，通过在霍尔元件112a、112b上方形成开口部106a这样的抗蚀剂图案形成，在基底层114上形成抗蚀层116(形成抗蚀剂图案)。

接着，如图4C所示，通过电解电镀在图案上形成磁收敛板115。即，利用电解电镀，在基底层114上的开口部116a中形成由NiFe构成的、具有磁放大功能的磁收敛板115(磁性体电镀处理)。该磁收敛板115是通过电解电镀制作Fe-Ni系合金而成的，优选由强磁性铁镍合金、镍钼铁超导磁合金(Fe-Ni系合金)构成，向其中添加Co可减少磁滞现象，因此更优选。进一步优选由珀明德磁合金(permendur)(Fe-Co系合金)或者铁硅铝磁合金(Fe-Si-Al系合金)构成。

接着，如图4D所示，剥离抗蚀剂图案116(除去抗蚀剂图案)。结果，磁收敛板115残留在基底层114上。

接着，如图4E所示，对基底层114进行过蚀刻而使其小于磁收敛板115。即，以NiFe为掩模对基底层114进行过蚀刻。在这种情况下，未蚀刻NiFe而仅选择蚀刻基底层114。由此，由于做成具有覆盖该多个霍尔元件112a、112b的区域的至少局部的面积、且面积小于磁收敛板115的基底层114，因此，减小磁收敛板115的基底层114与半导体基板111的接触面积而减少偏离电压的产生，做成磁特性极为稳定的磁传感器。

最后，通过切割将多个磁传感器芯片分离成单体芯片(切割)。

图5A、图5B及图6用于说明磁收敛板与基底金属层为圆形且面积相等的情况下其直径与偏离电压的关系的图，图5A表示磁收敛板的直径为200μm的情况下霍尔元件的偏离电压(mV/mA/√个；3个样品)，图5B表示磁收敛板的直径为230μm的情况下霍尔元件的偏离电压(mV/mA/√个；15个样品)。另

外，图6是基于图5A、图5B所示的数据图表化而成的。

在比较磁收敛板的直径为 $230\mu\text{m}$ 的情况和 $200\mu\text{m}$ 的情况时，直径不同的磁收敛板的基底层与半导体基板的接触面积比为 $(230 \times 230):(200 \times 200) = 1:0.75$ 。此时霍尔元件的偏离电压比为 $1:0.6$ （实测值）。即意味着，若减小磁收敛板115的直径而减小其与半导体基板111的接触面积，则偏离电压也变小。这一点可通过图6所示的图表明确。

磁收敛板115具有磁放大功能，需要相对于多个霍尔元件的配置区域具有一定程度的面积，其面积的减小当然是有限度的。因此，可以通过减小该磁收敛板115的基底层114与半导体基板111的接触面积来减小偏离电压。本发明发现，通过这样地基于偏离电压的实测值减小基底层与半导体基板的接触面积，可以减小偏离电压。

这样，为了消除因基底金属层与磁收敛板具有相同大小的面积地与半导体接触会对霍尔元件、搭载的IC施加很大的应力而导致产生偏离电压，本发明通过减小磁收敛板的基底层与半导体基板的接触面积来减少偏离电压的产生，获得磁特性极为稳定的磁传感器。

磁收敛板的膜厚

图7A及图7B是表示具有不同膜厚的磁收敛板的磁传感器的图，图7A表示薄膜的情况，图7B表示厚膜的情况。

在半导体基板121上，设有以与该半导体基板121的表面处于大致同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入的多个霍尔元件122a、122b。实际上，在霍尔元件与磁收敛板之间设有IC布线层等。

另外，在霍尔元件122a、122b上以及半导体基板121上设有用于电解电镀磁收敛板123的基底金属层（未图示）。另外，

在该基底金属层上，可通过电解电镀控制膜的厚度地形成有具有磁放大功能的磁收敛板123。该磁收敛板123由NiFe构成，采用磁性体。另外，磁收敛板123及基底金属层优选为圆形或多边形。

另外，磁收敛板123的底面配置为覆盖多个霍尔元件122a、122b的区域的至少局部。另外，磁收敛板123的膜厚优选为大于等于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $15\mu\text{m}$ ，最佳为 $5\sim14\mu\text{m}$ 。

图8是表示磁收敛板的磁放大率与磁收敛板膜厚的关系的图。磁放大率除了取决于膜厚之外，还取决于磁性体的导磁率，膜厚越薄、导磁率越低，则磁放大率越低。即使磁收敛板膜厚为 $1\mu\text{m}$ ，只要可确保磁性体的导磁率为3000以上，就不会导致磁放大率降低。3000这样的导磁率的磁性体是即使采用电解电镀工艺也可充分达到的值。

下面，说明磁收敛板的膜厚的下限值 $5\mu\text{m}$ 及上限值 $14\mu\text{m}$ 为最佳的依据。

磁性体越薄，磁饱和越快。现今，作为采用这种构思的用途，存在方位角传感器和旋转角度传感器。在获得的磁性材料的饱和磁通量密度的值（典型的为1T左右）中，在膜厚为 $5\mu\text{m}$ 以下的情况下，会在大致 20mT 左右开始磁饱和。一般认为，磁饱和较快时，会在用途、磁设计上受到很大限制。因此，不得不说除特殊用途之外，在 $5\mu\text{m}$ 以下情况下使用在实际应用中是很难的。

另外，在方位角传感器中，沿着磁收敛板的厚度方向（垂直方向）具有若干磁收敛效果，方位角传感器的灵敏度增加10%左右。在膜厚为 $5\mu\text{m}$ 以下的情况下，垂直方向上的磁收敛效果大致为零，导致S/N降低。另外，在膜厚极薄时（例如 $1\mu\text{m}$ 以下），横向（XY方向）的磁放大效果也降低而无法实际应用。

因此，将膜厚的下限值设为 $5\mu\text{m}$ 。

此外，由图8可明确，作为工艺上的优点，通过使膜厚为 $5\mu\text{m}$ 以上可以大幅度放宽磁性体所要求的导磁率的规格，从而可以确保成膜的工艺边界条件（process margin）。

在上述专利文献中，磁收敛板的膜厚为 $15\mu\text{m}$ 。如上所述，在该膜厚为 $15\mu\text{m}$ 时，会在霍尔元件产生很大的应力。因此，本发明中将上限值设为 $14\mu\text{m}$ 以下。

如图7B所示，在将磁收敛板123的膜厚做成厚膜的情况下，对霍尔元件122a、122b施加的应力变大，偏离（offset）因压电效应而增大。由此，霍尔元件的检测精度降低。

因此，如图7A所示，在将磁收敛板123的膜厚做成薄膜的情况下，对霍尔元件122a、122b施加的应力变小，偏离变化变小。由此，霍尔元件检测精度的降低减小。

这样，由于使设置于半导体基板上的磁收敛板的膜厚大于等于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $15\mu\text{m}$ ，优选为 $5\sim 14\mu\text{m}$ ，而比以往的膜厚 $15\sim 20\mu\text{m}$ 更薄，而且可通过电解电镀控制膜厚，因此，可以实现不会对霍尔元件产生很大的应力的磁传感器。

这样，虽然以往的磁收敛板的膜厚为 $15\sim 20\mu\text{m}$ ，但可以通过电解电镀使其变薄至 $5\sim 14\mu\text{m}$ ，从而可以减小对霍尔元件施加的应力。特别是在Si单片的霍尔元件中，抑制因压电效应产生的偏离电压，可以实现更高精度的磁测定。

霍尔元件与磁性体的距离

本发明中从霍尔元件122a、122b上表面到磁收敛板123底面的距离A为 $9\sim 20\mu\text{m}$ 。由此，虽然灵敏度绝对值降低，但相对于磁收敛板的平面内错位、垂直方向的距离变化，灵敏度变化减小，可以通过获得中间层的厚度来调整厚度，抑制灵敏度的偏差。

图9是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得出的、本发明的磁传感器中的磁收敛板的半径与磁放大率的关系的图。在某一点上，可确认与通过实测求得的磁放大率相比仅相差约7%。由该图9可知，在半径 $R = 100\mu\text{m}$ 时，从霍尔元件上表面到磁收敛板底面的距离 A 为 $6\mu\text{m}$ 的实例（case）下，磁收敛板的厚度 $10\mu\text{m}$ 时约为2.05倍，距离=9、厚度 $T = 15$ 时约为1.72，距离=11、厚度 $T = 15$ 时约为1.6，距离 $A = 15$ 、厚度 $T = 15$ 时约为1.6。在半径 $R = 110\mu\text{m}$ 时，距离=9、厚度 $T = 15$ 时约为1.42，距离=11、厚度 $T = 15$ 时约为1.36，距离=15、厚度 $T = 15$ 时约为1.32，距离=20、厚度 $T = 13$ 时约为1.17。

这样可知，即使从霍尔元件上表面到磁收敛板底面的距离为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ ，只要与要求的灵敏度放大率相对应地选择磁收敛板的半径 R ，就可获得可实际应用的磁传感器。另外，对于灵敏度的降低，可以通过适当选择灵敏度较高的霍尔元件的构造、或者与IC的积分功能并用来弥补初级的磁放大率，因垂直距离远离而导致灵敏度实质上降低在实际应用上没有问题。

图10是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得出的、X轴、Y轴的磁灵敏度与磁收敛板直径的关系的图，表示水平方向的磁灵敏度。在固定霍尔元件在水平面、垂直面内的位置的状态下，将磁收敛板的厚度、半径 R 和霍尔元件上表面与磁收敛板的底面之间的距离作为参数进行计算而得。

可知，虽然随着从霍尔元件112a、112b上表面到磁收敛板115底面的距离成为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ ，灵敏度绝对值降低，但是相对于磁收敛板垂直方向上的距离变化，灵敏度变化减小。由此同样可知，对于水平面内的错位，灵敏度变化也减小。可以通过获得中间层的厚度来调整厚度，从而抑制灵敏度偏差。

图11是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得

出的、Z轴的磁灵敏度与磁收敛板直径的关系的图，表示垂直方向的磁灵敏度。在固定霍尔元件在水平面、垂直面内的位置的状态下，将磁收敛板的厚度、半径R和霍尔元件上表面与磁收敛板的底面之间的距离作为参数进行计算而得。

可知，虽然随着从霍尔元件112a、112b上表面到磁收敛板115底面的距离成为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ ，灵敏度绝对值降低，但是相对于磁收敛板垂直方向上的距离变化，灵敏度变化减小。由此同样可知，对于水平面内的错位，灵敏度变化也减小。可以通过获得中间层的厚度来调整厚度，从而抑制灵敏度偏差。

图12是表示通过采用积分环节法进行的静磁场3维解析得出的、X轴、Y轴的磁灵敏度/Z轴的磁灵敏度之比与磁收敛板直径的关系的图，表示水平方向的磁灵敏度与垂直方向的磁灵敏度之比。在固定霍尔元件在水平面、垂直面内的位置的状态下，将磁收敛板的厚度、半径R和霍尔元件上表面与磁收敛板的底面之间的距离作为参数进行计算而得。

可知，虽然随着从霍尔元件112a、112b上表面到磁收敛板115底面的距离成为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ ，灵敏度比绝对值降低而接近1，但是相对于磁收敛板垂直方向上的距离变化，灵敏度变化减小。由此同样可知，对于水平面内的错位，灵敏度变化也减小。可以通过获得中间层的厚度来调整厚度，从而抑制灵敏度、灵敏度比的偏差。

假定将灵敏度比绝对值（X/Z或者Y/Z）的目标定为1以上的情况下，在本数值解析例中，在霍尔元件上表面 - 磁收敛板底面之间距离 = $20\mu\text{m}$ 、磁收敛板的直径为 $240\mu\text{m}$ 、磁收敛板的厚度为 $16\mu\text{m}$ 的条件下，灵敏度比绝对值小于1。在未求得X、Y轴与Z轴之间的灵敏度平衡的情况下，例如，也可以在半径窄的一侧选择例如直径为 $200\mu\text{m}$ 等，使距离为 $9 \sim 20\mu\text{m}$ 的更大的

范围。

这样，由于使磁传感器中从霍尔元件上表面到磁收敛板底面的距离为 $9\sim 20\mu\text{m}$ ，因此，可以实现相对于磁收敛板在水平面内的错位、垂直方向上的距离变化而灵敏度变化减小、可抑制灵敏度偏差的磁传感器。

霍尔元件相对于磁性体的半径方向的位置

在本发明中，多个霍尔元件的感磁面的中心位置与磁收敛板的端部之间的距离，是多个霍尔元件112a、112b的感磁面的中心位置位于距磁收敛板115的中心位置为半径距离的约60~90%的区域内的距离。或者，是位于距磁性体（圆盘状磁收敛板的几何）中心为半径距离的约0.6~约0.9倍的区域内的距离。例如，在磁收敛板的半径为 $115\mu\text{m}$ 的情况下，霍尔元件的感磁面的中心位置配置在 $115 \times 0.6 \sim 115 \times 0.9 = 69 \sim 103.5\mu\text{m}$ 的区域内。即，在距磁收敛板的端部 $11.5 \sim 46\mu\text{m}$ 内侧的区域内配置感磁面的中心位置。

实际上，由于相对于设置在半导体基板上的霍尔元件的位置，在其上最终形成有磁收敛板，因此，为了使霍尔元件的感磁面的中心位置自多个霍尔元件之间距离的中心沿水平方向离开 $87\mu\text{m}$ 的距离，在从此处起离开 $28\mu\text{m}$ 的位置配置磁收敛板的端部，而形成半径为 $115\mu\text{m}$ 的磁收敛板。

例如，在磁收敛板的半径为 $135\mu\text{m}$ 的情况下，在 $135 \times 0.6 \sim 135 \times 0.9 = 81 \sim 121\mu\text{m}$ 的区域内配置霍尔元件的感磁面的中心位置。即，在距磁收敛板的端部 $14 \sim 57\mu\text{m}$ 内侧的区域内配置感磁面的中心位置。

图13是表示本发明的磁传感器中的霍尔元件周围的磁通量分布的图。图中实线所示的曲线表示水平-垂直磁转换特性。在半导体基板213的端部分别显示出峰值，朝向中心具有平缓

的倾斜。由该特性图可知，在半导体基板的内侧存在平缓的倾斜，通过在该倾斜部分配置霍尔元件，从而相对于磁收敛板的直径变动、水平面内的错位，X轴、Y轴的灵敏度偏差减小，可以使X轴、Y轴的灵敏度与Z轴的灵敏度的平衡良好。

参照图9，是表示磁收敛板边缘远离霍尔元件（感磁面的中心位置）时的灵敏度变动倾向的图。可知，虽然灵敏度是随着磁收敛板的半径（尺寸）增加、霍尔元件与磁收敛板边缘的距离变大而降低，但是灵敏度变化减小。以下，表示基于积分环节法的3维静磁场解析的结果。相对磁导率是通过固定霍尔元件的水平面内位置来计算出的。纵轴表示与输入磁场强度相对应的磁放大率。可知，越是磁场分布图中的直线区域，磁放大率的变化越一致。

参照图10可知，随着磁收敛板边缘位置较远地远离霍尔元件的水平面内位置（随着半径R增加），X轴与Y轴的灵敏度变小，在磁收敛板的厚度为 $15\mu\text{m}$ 的情况下，直径 $2R$ 大致为稍大于 $270\mu\text{m}$ ，水平方向的磁放大率为1。在磁收敛板的厚度也考虑几种变化时，例如，若磁收敛板的厚度也考虑为 $4\sim 5\mu\text{m}$ 左右，则磁收敛板的直径为 $280\mu\text{m}$ 左右较为妥当（半径R相当于 $140\mu\text{m}$ ，从霍尔元件的感磁面的中心位置 $87\mu\text{m}$ 到磁收敛板的端部距离 $53\mu\text{m}$ ，比为 $87/140 = 0.62$ ）。

若假设 $2R = 200\mu\text{m}$ ，则比为 $87/100 = 0.87$ 。若也加上磁收敛板的实际尺寸的公差，则上限需要为0.9左右。

另外，参照图11，在固定了霍尔元件的水平面内位置的状态下，将磁收敛板的厚度、半径R和霍尔元件上表面与磁收敛板底面之间的距离作为参数进行计算。

可知，随着磁收敛板边缘位置较远地远离霍尔元件的水平面内位置（随着半径R增加），Z轴的灵敏度变小，在磁收敛板

的厚度为 $15\mu\text{m}$ 的情况下，直径 $2R$ 大致为稍大于 $300\mu\text{m}$ ，水平方向的磁放大率为1。在磁收敛板的厚度也考虑几种变化时，例如，若磁收敛板的厚度也考虑为 $30\mu\text{m}$ ，则磁收敛板的直径为 $300\mu\text{m}$ 以上较为妥当（半径 R 相当于 $150\mu\text{m}$ ，从霍尔元件的感磁面的中心位置 $87\mu\text{m}$ 到磁收敛板的端部距离 $63\mu\text{m}$ ，比为 $87/150 = 0.58$ ）。

图12表示水平方向的磁灵敏度与垂直方向的磁灵敏度之比。是在固定了霍尔元件的水平面内位置的状态下，将磁收敛板的厚度、半径 R 和霍尔元件上表面与磁收敛板底面之间的距离作为参数计算得出的。

可知，随着磁收敛板边缘位置较远地远离霍尔元件的水平面内位置（随着半径 R 增加），X轴与Y轴的灵敏度变小，直径 $2R$ 大致为稍大于 $260\mu\text{m}$ ，水平方向的磁放大率与垂直方向的磁放大率之比为1。在磁收敛板的厚度也考虑几种变化时，例如，若磁收敛板的厚度也考虑为 $4\mu\text{m}$ ，则磁收敛板的直径为 $280\mu\text{m}$ 左右较为妥当（半径 R 相当于 $140\mu\text{m}$ ，从霍尔元件的感磁面的中心位置 $87\mu\text{m}$ 到磁收敛板的端部距离 $53\mu\text{m}$ ，比为 $87/140 = 0.62$ ）。若也加上磁收敛板的实际尺寸的公差，则下限至少需要为0.6左右。

假定霍尔元件处于 $(X, Y) = (87, 20)$ 的位置的情况下，正确的是，从各感磁面中心的几何中心到霍尔元件的感磁面中心的距离为 $89.27\mu\text{m}$ 。因而，从87变为89.27，假定使因工艺而产生的磁收敛板的变动幅度为 $2 \sim 3\mu\text{m}$ 左右、半径为 $100 \sim 150\mu\text{m}$ 的情况下，比如下记表1所示。因而，在该实例下，最小为0.58、最大为0.92的范围即可。

表1

实例	矢径距离 [um]	磁收敛板半径 [um] 感磁面中心位置(比)	半径min [um] 感磁面中心位置(比)	半径max [um] 感磁面中心位置(比)
1	89.27	100.00 0.8927	97.50 0.9156	102.50 0.8709
2	89.27	115.00 0.7763	112.50 0.7935	117.50 0.7597
3	89.27	140.00 0.6376	137.50 0.6492	142.50 0.6265
4	89.27	150.00 0.5951	147.50 0.6052	152.50 0.5854

图14是表示灵敏度变化量与磁收敛板的半径的关系的图，表示与磁收敛板的尺寸变动以及垂直方向的分离距离变动相关的磁灵敏度变动。将其替换为相对的灵敏度变化，与磁收敛板的尺寸变化相对应地将其绘成曲线。在固定了霍尔元件的水平面内位置的状态下，决定磁收敛板在水平平面内的位置、垂直方向的位置、厚度、半径R的中心和霍尔元件上表面 - 磁收敛板底面之间的距离，将中心半径处的灵敏度作为基准1，将使半径增减时磁放大率的变化绘成曲线。将作为基准的半径表示为中心。可知，随着磁收敛板边缘位置较远地远离霍尔元件的水平面内位置（随着半径R增加），灵敏度变化一样。

图15是表示灵敏度变化量与磁收敛板的位置沿与外加磁场平行的方向位移的量的关系的图，表示与磁收敛板在水平面内错位相关的磁灵敏度变动。将灵敏度变化替换为相对的变化，与磁收敛板的位置的位移量相对应地将其绘成曲线。在固定了霍尔元件的水平面内位置的状态下，固定磁收敛板的厚度、半径R和霍尔元件上表面与磁收敛板底面之间的距离，（在由多个霍尔元件的各感磁面中心构成的几何中心与圆形磁收敛板的半径中心重合的条件下）以将目标半径作为中心时的灵敏度为基准表示灵敏度变化。可知，对于与霍尔元件在水平面内的位置关系，随着磁收敛板边缘位置较远地远离（随着半径R增加），灵敏度变化减小。

基于图9~图15以及表1，列举实际应用的范围。例如，实际的范围是：磁收敛板半径 $R = 96 \sim 100 \sim 130 \sim 150 \mu\text{m}$ 、霍尔元件 - 磁收敛板底面之间的垂直分离距离 = $9 \sim 10 \sim 11 \sim 12 \sim 20 \mu\text{m}$ 、磁收敛板厚度 $T = 4 \sim 10 \sim 16 \sim 30 \mu\text{m}$ 左右。

以相对于磁收敛板半径的比表示此时各霍尔元件的感磁面中心位置与磁收敛板端部之间的距离时，例如，各霍尔元件的感磁面中心处于半径为 $0.58 \sim 0.92$ 的区域内，这在谋求降低灵敏度偏差、或者使 X 轴、Y 轴的灵敏度与 Z 轴的灵敏度之比平衡这一点上较佳。考虑到条件多少也有些差异，“半径为 $0.55 \sim 0.95$ 的区域”为目标。

根据磁收敛板、霍尔元件之后的集成电路的信号处理算法，有时，霍尔元件感磁面中的作为 X、Y 轴的换算灵敏度与作为 Z 轴的换算灵敏度之比超出 1 左右的范围，在这种情况下，并不限定为上述的“半径为 $0.55 \sim 0.95$ 的区域”。

例如，在使霍尔元件感磁面中的作为 X、Y 轴的换算灵敏度与作为 Z 轴的换算灵敏度之比为 2 倍左右的实例下，作为一个例子，在磁收敛板厚度为 $10 \mu\text{m}$ 左右 ~ $16 \mu\text{m}$ 左右、磁收敛板半径为 $155 \sim 165 \sim 175 \mu\text{m}$ 左右的条件下，霍尔元件感磁面中心配置在相对于圆形磁收敛板端部靠内侧大致 $-5 \sim -6 \mu\text{m}$ 的位置。距该磁收敛板端部大致 $-5 \sim -6 \mu\text{m}$ 附近的位置是灵敏度变化较小的极点区域。

(对于霍尔元件感磁面中的作为 X、Y 轴的换算灵敏度与作为 Z 轴的换算灵敏度之比为 1 倍左右的情况，) 与磁收敛板半径同霍尔元件感磁面(中心)位置的关系为 $0.55 \sim 0.95$ 的区域的实例相比可知，在该实例时，灵敏度变动、串音(与其他轴之间的信号泄漏相伴随的角度误差)较小。

图 30 是表示以磁收敛板厚度为 $12 \mu\text{m}$ 、磁收敛板半径为

$165\mu\text{m}$ 的构造表示灵敏度比变化为零的极点位置的数值解析例的图，图31是表示以同样的构造表示灵敏度比变化率为零的位置的数值解析例的图。

对于交调失真，在磁收敛板厚度为 $12\mu\text{m}$ 、磁收敛板半径为 $115\mu\text{m}$ 、霍尔元件 - 磁收敛板底面之间的分离距离为 $10\mu\text{m}$ 、霍尔元件感磁面（中心）位置为 $(X, Y) = (87, 20)\mu\text{m}$ 的构造中，X轴Z轴之间其他轴角度误差以数值计算约为 $1.3\text{度}/\mu\text{m}$ ，而在磁收敛板厚度为 $12\mu\text{m}$ 、磁收敛板半径为 $165\mu\text{m}$ 、霍尔元件 - 磁收敛板底面之间的分离距离为 $10\mu\text{m}$ 、霍尔元件感磁面（中心）位置为 $(X, Y) = (160, 20)\mu\text{m}$ 的构造中，X轴Z轴之间其他轴角度误差以数值计算约为 $0.4\text{度}/\mu\text{m}$ 。

这样可知，（对于霍尔元件感磁面中的作为X、Y轴的换算灵敏度与作为Z轴的换算灵敏度之比为2倍左右的实例）灵敏度变动较小，交调失真较小，存在有用的区域。在工艺上，可通过将磁收敛板的错位抑制在 $\pm 2 \sim 3\mu\text{m}$ 左右以内来实现。

在以霍尔元件感磁面（中心）位置与磁收敛板半径的关系来表示时，在上述构造中，为 $150/155 = 0.9677$ 、 $160/165 = 0.9696$ 附近，使磁收敛板半径的公差为 $2 \sim 3\mu\text{m}$ 左右，将磁收敛板半径与霍尔元件感磁面（中心）的关系表示如下。在霍尔元件感磁面位置相对于磁收敛板端沿水平方向朝向中心 $-5\mu\text{m}$ （若半径为 $165\mu\text{m}$ ，则沿着X轴方向距磁收敛板中心 $160\mu\text{m}$ 的坐标位置）、沿垂直方向 $20\mu\text{m}$ （沿着Y轴方向距磁收敛板中心 $20\mu\text{m}$ 的坐标位置）时，关系为 $0.9493 \sim 0.9883$ 。或者，将以通过X坐标、Y坐标位置计算的矢径方向上的长度表示的、从磁收敛板中心到霍尔元件的感磁面（中心）的距离作为目标时，如表2所示，感磁面（中心）位置与磁收敛板半径的关系为 $0.9608 \sim 0.9923$ 。因而可知，位置关系为 $0.95 \sim 1$ 也是有用的。

表2

实例	矢径距离 [μm]	磁收敛板半径 [μm]	半径min [μm]	半径max [μm]
		感磁面中心位置(比)	感磁面中心位置(比)	感磁面中心位置(比)
1	151.33	155.00	152.50	157.50
		0.9763	0.9923	0.9608
2	161.25	165.00	162.50	167.50
		0.9772	0.9923	0.9627
3	171.17	175.00	172.50	2.50
		0.9781	0.9923	0.9644

虽然上面叙述了0.55~0.95是有用的，但由于像本例子这样0.95~1也是有用的，因此，归纳可知0.55~1是最有用的范围。

基底金属层

由于形成有霍尔元件的基板与形成于磁性体之下的基底层的热膨胀率不同，因此，产生应力，导致产生偏离。因此，在本发明中，通过改造基底金属层的构造，可以形成产生偏离更少的磁传感器。

图16是用于说明改进基底金属层后的本发明的磁传感器的一个实施例的构造图，图中附图标记311表示半导体电路，附图标记312表示磁收敛板（磁性体合金膜），附图标记313表示半导体基板，附图标记314a、314b表示霍尔元件，附图标记315表示保护膜，附图标记316a表示第1金属膜，附图标记316b表示第2金属膜。

磁收敛板312由NiFe构成，其膜厚优选为5~30 μm 。另外，金属膜具有由第1金属膜316a和第2金属膜316b构成的2层构造，第1层的第1金属膜316a由Ti、W或者TiW合金构成，其膜厚优选为0.01~1 μm ，最佳为0.05 μm 。另外，第2层的第2金属膜316b由NiFe构成，其膜厚优选为0.1~3 μm 。

图17A、图17B是比较本发明与以往的霍尔元件的磁特性（霍尔输出与磁场强度）的图，图17A表示在磁性体中存在变

形时霍尔元件的磁特性，图17B表示在磁性体中不存在变形时霍尔元件的磁特性。

由此可知，由于将金属膜做成2层构造、并使第2金属膜的膜厚为 $0.1 \sim 3\mu\text{m}$ ，因此，可消除因金属膜与磁收敛板的热膨胀率而导致的磁致伸缩，在磁性体中不存在变形时的霍尔元件的磁特性可获得线性的磁特性。

图18A、图18B是表示本发明的IC晶圆的图，图18A是IC晶圆，图18B是图18A的X VIII B - X VIII B概略剖视图。图18B中的C区域表示后述的图19A所示的磁传感器芯片。

图19A～图19F是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

首先，如图19A所示，在由Si、GaAs构成的半导体基板313中，以与该半导体基板313的表面处于同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入形成多个霍尔元件314a、314b，接着，在半导体基板313上用 SiO_2 、 SiN 等形成IC布线层317，形成半导体电路311（制作磁传感器芯片）。在此基础之上，再通过使聚酰亚胺形成图案，从而在半导体电路311上形成由聚酰亚胺构成的保护层315（聚酰亚胺图案形成）。

接着，如图19B所示，通过溅射法或者真空蒸镀法，在保护层315上形成由Ti、W或者TiW合金构成的、膜厚为 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 的第1金属膜316a（形成基底层）。

接着，如图19C所示，通过溅射法或者真空蒸镀法，在第1金属膜316a上形成由NiFe构成的、膜厚为 $0.1 \sim 3\mu\text{m}$ 的第2金属膜316b（形成中间层）。

接着，如图19D所示，通过在霍尔元件314a、314b上方形成开口部318a这样的抗蚀剂图案形成，在第2金属膜316b上形成抗蚀层318（形成抗蚀剂图案）。

接着，如图19E所示，利用电解电镀，在第2金属膜316b上的开口部318a中形成膜厚为 $5\sim 30\mu\text{m}$ 的、具有磁放大功能的磁性体合金膜（磁收敛板）312（磁性体电镀处理）。该磁性体合金膜312是通过电解电镀制作Fe-Ni系合金而成的，优选由强磁性铁镍合金、镍钼铁超导磁合金（Fe-Ni系合金）构成，向其中添加Co可减少磁滞现象，因此更优选。进一步优选由珀明德磁合金（Fe-Co系合金）或者铁硅铝磁合金（Fe-Si-Al系合金）构成。

接着，如图19F所示，除去抗蚀剂图案318（除去抗蚀剂图案）。结果，磁性体合金膜312残留在第2金属膜316b上。

接着，虽未图示，但以NiFe为掩模进行Cu蚀刻。在这种情况下，未蚀刻NiFe而仅选择蚀刻Cu。蚀刻液可以是碱系或酸系的任一种（Cu蚀刻）。另外，以NiFe为掩模进行Ti蚀刻。在这种情况下，未蚀刻NiFe而仅选择蚀刻Ti。蚀刻液可以是碱系或酸系的任一种（Ti蚀刻）。

最后，通过切割将多个磁传感器芯片分离成单体芯片（切割）。

图20是表示第2金属膜的膜厚与磁致伸缩的关系的图。由该图可明确，在使第2金属膜的膜厚为 $0.05\mu\text{m}$ 及 $0.07\mu\text{m}$ 的情况下，残留有磁致伸缩，但在使膜厚为 $0.1\sim 3\mu\text{m}$ 的情况下，未产生磁致伸缩。

为了消除以往那样的因金属膜的Ti、W、TiW合金与磁收敛板的NiFe的热膨胀差而导致产生磁致伸缩，这样地制作的磁传感器通过将与磁收敛板相连接的金属膜做成2层构造，并使第2金属膜的膜厚为 $0.1\sim 3\mu\text{m}$ ，可以截断因第1金属膜与磁性体合金膜312磁性体合金膜的热膨胀差而产生的磁致伸缩，从而可以实现极为稳定的磁传感器。

图21是用于说明改进基底金属层后的本发明的磁传感器的另一实施例的构造图，图中附图标记411表示半导体电路，附图标记412表示磁收敛板（磁性体合金膜），附图标记413表示半导体基板，附图标记414a、414b表示霍尔元件，附图标记415表示保护膜，附图标记416a表示第1金属膜，附图标记416b表示第2金属膜。

本发明的磁传感器是将形成有霍尔元件414a、414b的半导体电路411、和作为磁性体合金膜的磁收敛板412组合而成的。半导体电路411由半导体基板413、和以与该半导体基板413的表面处于同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入到半导体基板413表面的多个霍尔元件414a、414b构成。

另外，保护层415以配置于霍尔元件414a、414b上方的方式设置在半导体电路411上，在该保护层415上设有第1金属膜416a和在其之上的第2金属膜416b。另外，在该第2金属膜416b上设有具有磁放大功能的磁收敛板412。

另外，图21中虽未图示，但实际上在半导体电路411与保护层415之间设有IC布线层（在说明后述的图22A之后的制造方法的图中有图示）。

磁收敛板412由含有Ni、Fe、Co中的2种以上的合金构成，其热膨胀率优选为10～15ppm/℃，特别是其热膨胀率为12ppm/℃最佳。另外，该磁收敛板412的膜厚优选为5～30μm。

另外，金属膜具有由第1金属膜416a和第2金属膜416b构成的2层构造，第1层的第1金属膜416a由Ti、W或者TiW合金构成，其热膨胀率优选为4～10ppm/℃，Ti的热膨胀率为8ppm/℃最佳，W的热膨胀率为4ppm/℃最佳。该第1层的第1金属膜416a的膜厚优选为0.01～1μm。

另外，第2层的第2金属膜416b含有Cu，其热膨胀率优选

为 $15 \sim 20 \text{ ppm}/\text{^\circ C}$ ，该第2层的第2金属膜416b的膜厚优选为 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

由于将这样的金属膜做成2层构造、并考虑到各层的热膨胀率，因此，可消除因金属膜与磁收敛板的热膨胀率而导致的磁致伸缩，在磁性体中不存在变形时的霍尔元件的磁特性可获得线性的磁特性。

图22A～图22F是用于说明本发明的磁传感器制造方法的一个实施例的工序剖视图。

首先，如图22A所示，在由Si、GaAs构成的半导体基板413中，以与该半导体基板413的表面处于同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入形成多个霍尔元件414a、414b，其次，在半导体基板413上用 SiO_2 、 SiN 等形成IC布线层417，形成半导体电路411（制作磁传感器芯片）。在此基础之上，再通过使聚酰亚胺形成图案，从而在半导体电路411上形成由聚酰亚胺构成的保护层415（聚酰亚胺图案形成）。另外，该保护层415形成也可以根据情况而省略。

接着，如图22B所示，通过溅射法或者真空蒸镀法，在保护层415上形成由Ti、W或者TiW合金构成的、膜厚为 $0.01 \sim 1 \mu\text{m}$ 的第1金属膜416a（形成基底层）。如上所述，该第1层的第1金属膜416a的热膨胀率优选为 $4 \sim 10 \text{ ppm}/\text{^\circ C}$ ，Ti的热膨胀率为 $8 \text{ ppm}/\text{^\circ C}$ 最佳，W的热膨胀率为 $4 \text{ ppm}/\text{^\circ C}$ 最佳。

接着，如图22C所示，通过溅射法或者真空蒸镀法，在第1金属膜416a上形成含有Cu的、膜厚为 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 的第2金属膜416b（形成中间层）。如上所述，该第2层的第2金属膜416b的热膨胀率优选为 $15 \sim 20 \text{ ppm}/\text{^\circ C}$ 。

接着，如图22D所示，通过在霍尔元件414a、414b上方形成开口部418a这样的抗蚀剂图案，从而在第2金属膜416b上形

成抗蚀层418(形成抗蚀剂图案)。

接着，如图22E所示，利用电解电镀，在第2金属膜416b上的开口部418a中形成膜厚为5~30μm的、具有磁放大功能的磁性体合金膜(磁收敛板)412(磁性体电镀处理)。该磁性体合金膜412是通过电解电镀制作Fe-Ni系合金而成的，优选由强磁性铁镍合金、镍钼铁超导磁合金(Fe-Ni系合金)构成，向其中添加Co可减少磁滞现象，因此更优选。进一步优选由珀明德磁合金(Fe-Co系合金)或者铁硅铝磁合金(Fe-Si-Al系合金)构成。

接着，如图22F所示，除去抗蚀剂图案418(除去抗蚀剂图案)。结果，磁性体合金膜412残留在第2金属膜416b上。

接着，虽未图示，但以NiFe为掩模进行Cu蚀刻。在这种情况下，未蚀刻NiFe而仅选择蚀刻Cu。蚀刻液可以是碱系或酸系的任一种(Cu蚀刻)。另外，以NiFe为掩模进行Ti蚀刻。在这种情况下，未蚀刻NiFe而仅选择蚀刻Ti。蚀刻液可以是碱系或酸系的任一种(Ti蚀刻)。

最后，通过切割将多个磁传感器芯片分离成单体芯片(切割)。

图23是通过磁性体合金膜的热膨胀率将磁致伸缩的关系表示于表中的图。该图23表示使TiW的合金比为100~0%(100%时为纯W, 0%时为纯Ti)的情况下热膨胀系数与霍尔元件的磁特性。由该图23可知，在磁性体合金膜的热膨胀率为10~15ppm/℃的情况下，不存在磁致伸缩。

为了消除以往那样的因金属膜的Ti、W、TiW合金与磁收敛板的NiFe的热膨胀差而导致产生磁致伸缩，这样地制作的磁传感器通过将与磁收敛板相连接的金属膜做成2层构造，并调整该金属膜的热膨胀率而使其与磁收敛板之间的界面的热膨胀

率与磁收敛板相同，从而可以获得磁特性极为稳定的磁传感器。

磁性体侧面的形状

图24A、图24B是用于说明本发明的磁传感器的另一实施例的构造图，图24A是将磁收敛板的侧面做成正锥形状的构造，图24B是将磁收敛板的侧面做成倒锥形状的构造。图中附图标记511表示半导体基板，附图标记512a、512b表示霍尔元件，附图标记515表示磁收敛板。

磁收敛板515的底面配置成覆盖多个霍尔元件512a、512b的区域的至少局部，该磁收敛板515的侧面具有正锥形或者倒锥形形状。

即，如图24A所示，磁收敛板515是半导体基板511的表面与磁收敛板515的侧面内侧所成的锥角 α 为锐角的正锥形状。另外，如图24B所示，磁收敛板515是半导体基板511的表面与磁收敛板515的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。该倒锥角 α 优选为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。

通过做成这样的构造，在正锥形状中，由于在霍尔元件的附近配置有锐角的磁收敛板的侧面，因此，磁通量易于集中在该锐角部分，可以提高灵敏度。另一方面，在倒锥形状中，由于在霍尔元件的附近配置有钝角的磁收敛板的端面，因此，难以在霍尔元件附近发生磁收敛板的饱和，结果，不会导致灵敏度降低而容易确保线性。

下面，比较图24A所示的将磁收敛板的侧面做成正锥形状的构造、和图24B所示的将磁收敛板的侧面做成倒锥形状的构造，说明其特征。

图25A、图25B是用于说明将磁收敛板的侧面做成正锥形状以及倒锥形状的方法的图，图25A表示正锥形状的制作方法，图25B表示倒锥形状的制作方法。

在图25A中，在形成于通过半导体工艺形成的霍尔元件上的磁性体513上形成抗蚀层514，以该抗蚀层514为掩模湿蚀刻磁收斂板而除去抗蚀层514。这样，通过湿蚀刻磁性体513，在磁性体513的侧面形成正锥形状。

但是，如图26A所示，在该正锥形状的构造中，磁通量易于集中在锐角部分，在磁放大功能方面，在与像以往那样侧面为垂直面的磁收斂板相比提高了灵敏度这一点上较为有利，但在磁通量过于集中时，存在产生磁饱和这样的问题，因此，根据锐角程度，存在线性降低这样的问题。

相对于此，在图25B中，利用电解电镀在通过半导体工艺形成的霍尔元件上形成磁收斂板，改变光刻法的条件而制作倒锥形状的磁收斂板515。利用光刻法的条件，以霍尔元件之上成为倒锥形状的开口部516a的方式在抗蚀层516的侧面形成倾斜，之后，利用电解电镀在该开口部516a中形成具有磁放大功能的磁收斂板515而除去抗蚀层516。这样，在磁收斂板515的侧面形成倒锥形状。这种情况下，半导体基板表面与磁收斂板的侧面内侧的所成锥角 α 优选为 $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ 。即，如图26B所示，在该倒锥形状的构造中，通过做成钝角，缓和磁通量集中而难以发生磁饱和，不会导致灵敏度降低而可以谋求提高线性。

这样，由于在磁收斂板515的侧面具有正锥形状或倒锥形状，因此，与以往的垂直形状相比具有各自的特征。通过做成正锥形状，磁通量易于集中在磁收斂板端部，结果，灵敏度上升。另外，作为其他效果，在为了缓和对磁收斂板的封装应力而在其上进一步由聚酰亚胺形成保护层的情况下，可以期待通过做成正锥形状来改良有效区域相对于锐角部分的不足这样的效果。在这种情况下，要求在传感器的使用范围中不产生磁饱和的程度的锐角程度。相对于此，在做成倒锥形状的情况下，

由于可以缓和磁通量的集中，因此可以获得线性升高这样的效果。这样，可以根据使用目的适当地选择，大幅度提高了磁传感器的应用方式。以往的磁收敛板的侧面与半导体基板表面所成的角度大致为90°，完全没有做成本发明的锥形形状这样的构思。由这一点也可知本发明的磁收敛板在应用价值上的高度。

以上，基于图25A、图25B以及图26A、图26B，针对将磁收敛板的侧面做成正锥形状的情况和倒锥形状的情况，说明了其特征，但特别要进一步说明做成倒锥形状的情况的线性。

图27是表示与锥角 α 的变化相对应的非线性的外加磁场依存性的图。可知，在使非线性规格为0.2%时，可外加的磁场因做成倒锥形状而变宽（范围扩大）。

图28是表示外加磁场输入600G时的锥角 α 与非线性的关系的图。由该图28可知，做成倒锥形状时可获得稳定的线性。另外，图29是表示磁灵敏度与锥角 α 的关系的图。由该图29可知，通过做成正锥形状而灵敏度升高。

接着，说明本发明的磁传感器的制造方法（倒锥形状）的一个实施例。

首先，在由Si、GaAs构成的半导体基板511中，以与该半导体基板511的表面处于同一平面的方式互相隔开规定距离地埋入形成多个霍尔元件512a、512b（制作磁传感器芯片）。

接着，通过溅射法或者真空蒸镀法，在多个霍尔元件上形成电解电镀用的基底金属层（形成基底金属层）。

接着，如图25B所示，通过在霍尔元件512a、512b上方形成倒锥形状的开口部516a这样的抗蚀剂图案，在基底金属层上形成抗蚀层516（形成抗蚀剂图案）。

接着，利用电解电镀，在基底金属层上的开口部516a上，以磁收敛板515的底面覆盖霍尔元件512a、512b的区域的至少

局部的方式、以倒锥形状形成具有磁放大功能的磁收敛板515(磁性体电镀处理)。

在这种情况下，通过光刻法，将磁收敛板515形成为使半导体基板511的表面与磁收敛板515的侧面内侧所成的锥角 α 为钝角的倒锥形状。

该磁收敛板515是通过电解电镀制作Fe-Ni系合金而制成的，优选由强磁性铁镍合金、镍钼铁超导磁合金(Fe-Ni系合金)构成，向其中添加Co可减少磁滞现象，因此更优选。进一步优选由珀明德磁合金(Fe-Co系合金)或者铁硅铝磁合金(Fe-Si-Al系合金)构成。

接着，除去抗蚀剂图案516(除去抗蚀剂图案)。结果，磁性体合金膜515残留在基底金属层上。

最后，通过切割将多个磁传感器芯片分离成单体芯片(切割)。

以上，说明了制作倒锥形状的情况，但可明确，在制作正锥形状的情况下，也可以经过同样的工序来制作。

这样，由于以磁收敛板的底面覆盖多个霍尔元件的区域的至少局部的方式配置，该磁收敛板的侧面具有锥形状，因此，可以在将该磁性体的侧面做成锥形状而斟酌磁通量相对于磁性体的集中程度来考虑磁饱和的同时、实现灵敏度的提高或者线性的提高。

工业实用性

本发明涉及包括多个霍尔元件和具有磁放大功能的磁性体的、可以检测2维或3维方向上的磁性的磁传感器及其制造方法，特别是，提供组合霍尔元件和具有磁放大功能的磁性体的、考虑了磁性体的基底层与半导体基板的接触面积而使磁特性极为稳定的磁传感器及其制造方法，因此，减小磁性体的基底层

与半导体基板的接触面积而减少偏离电压的产生，可以提供磁特性极为稳定的磁传感器。另外，由于不使用以往那样的环氧粘接剂而临时设置聚酰亚胺层，之后形成磁收敛板，因此，起到在加工中途不会因环氧粘接剂而导致晶圆翘曲这样的问题的效果。

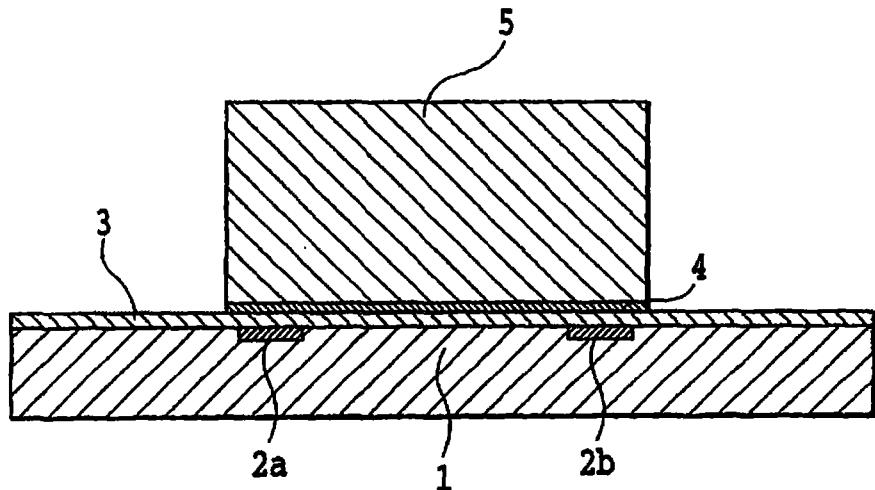


图 1

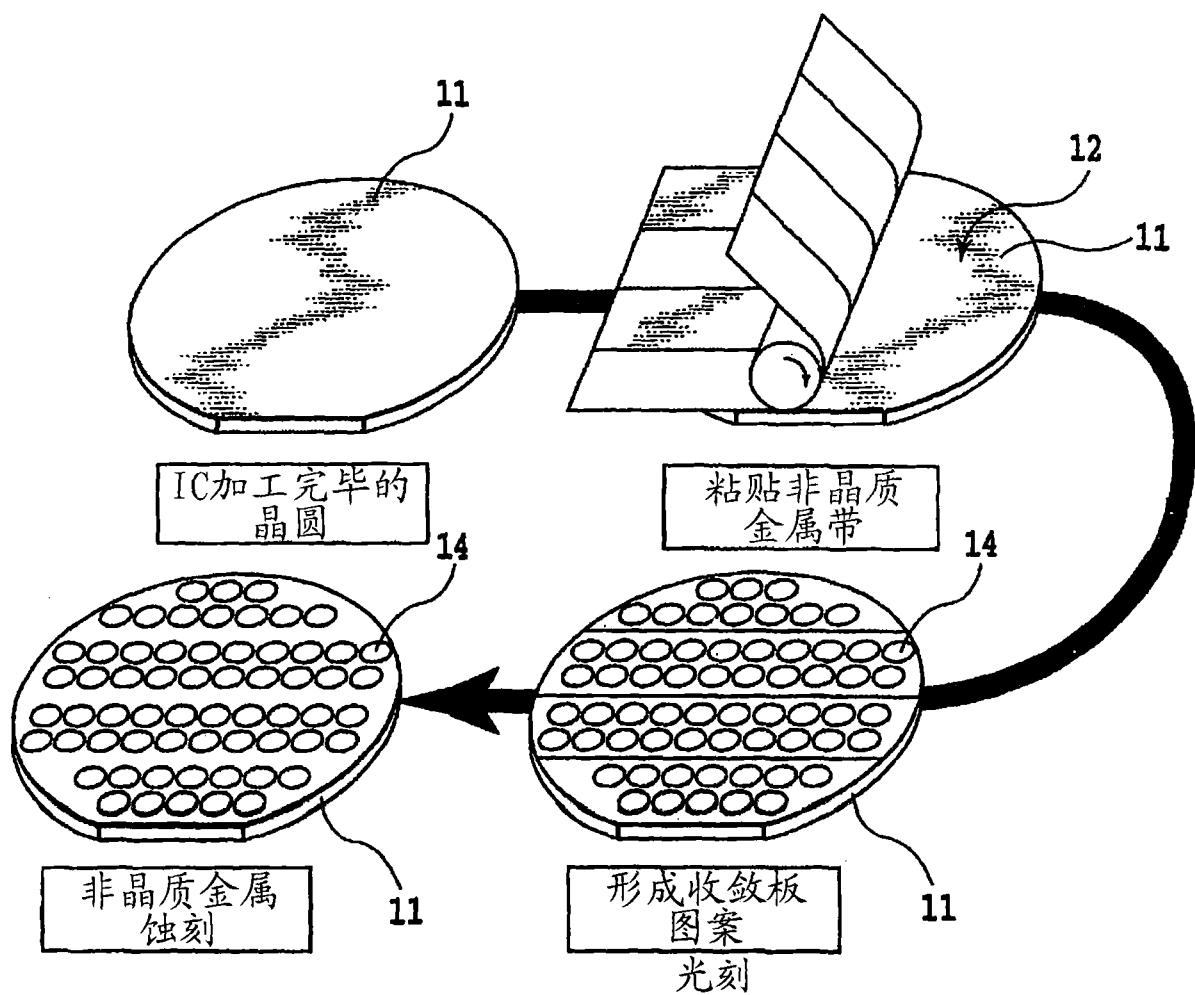


图 2

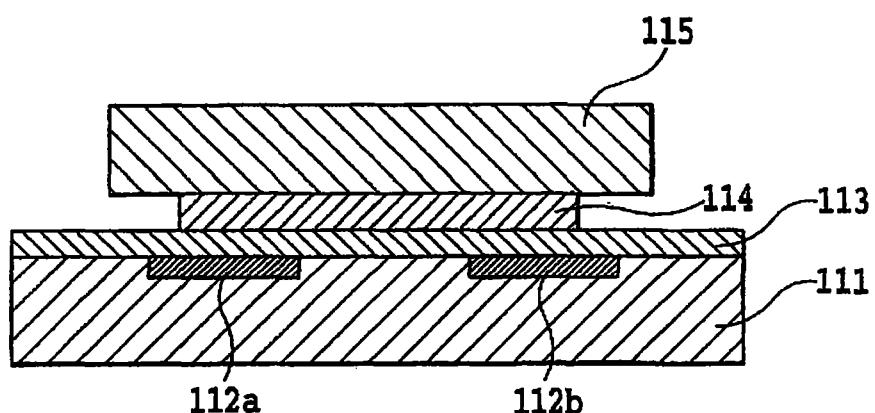


图 3

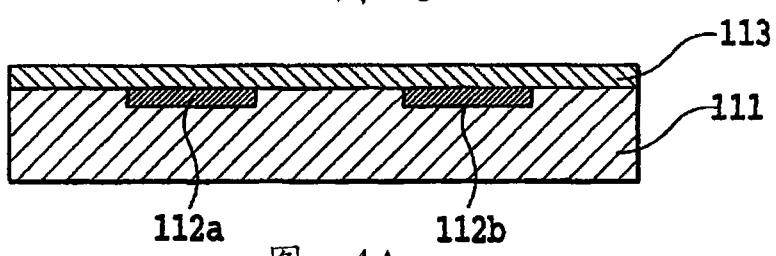


图 4A

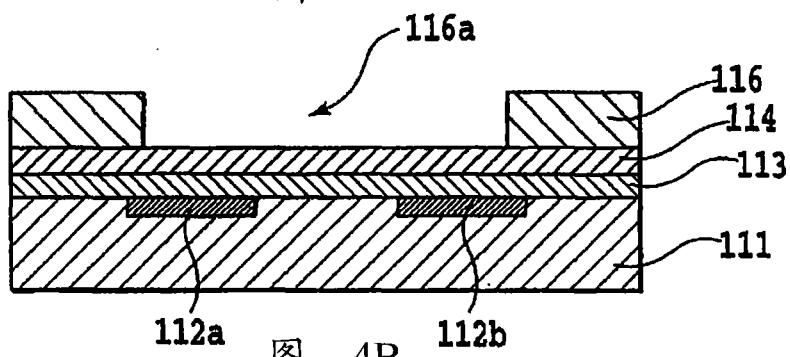


图 4B

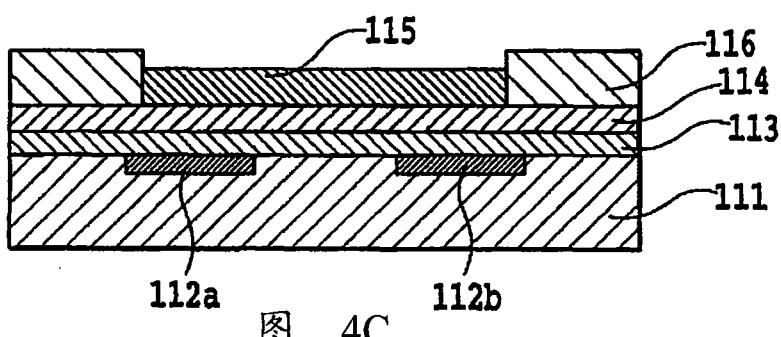


图 4C

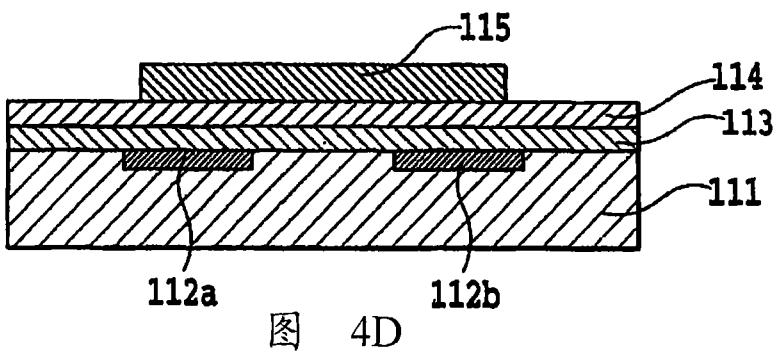


图 4D

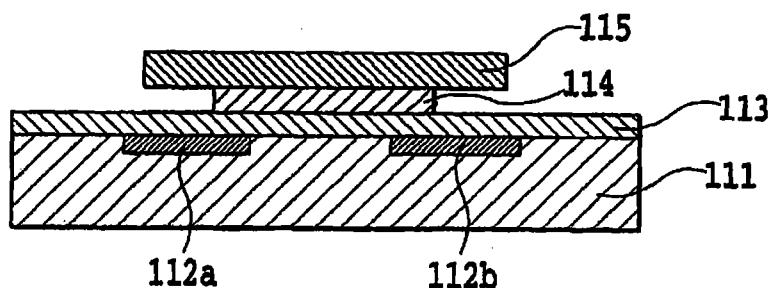


图 4E

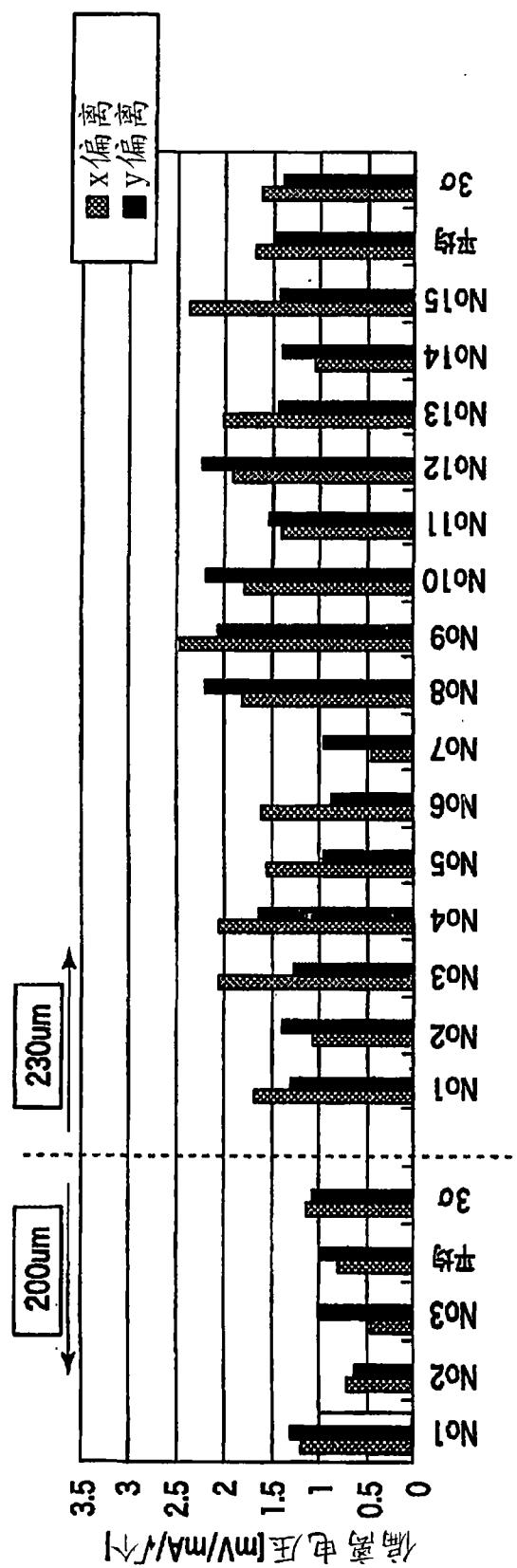
霍尔元件偏离电压 [mV/mA/ $\sqrt{\text{个}}$]
(磁收敛板 $200 \mu\text{m}$)

	No1	No2	No3	平均	3σ
x 偏离	1.176349	0.680544	0.448262	0.768385	1.11572
y 偏离	1.293169	0.596325	0.994327	0.961274	1.048788

图 5A

(磁收敛板 230 μm)																
No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	No8	No9	No10	No11	No12	No13	No14	No15	平均	3σ
1.657706	1.04043	2.03929	2.031852	1.524655	1.591181	0.430379	1.774465	2.435647	1.756815	1.375312	1.889866	2.005268	1.027751	2.352829	1.662865	1.555092
1.276203	1.35902	1.243619	1.601473	0.944933	0.845824	0.929641	2.170933	2.039209	2.154611	1.508363	2.204944	1.409254	1.37667	1.407896	1.498498	1.357242

图 5B



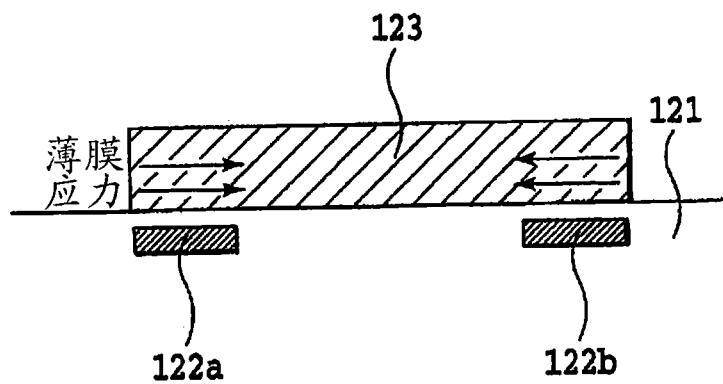


图 7A

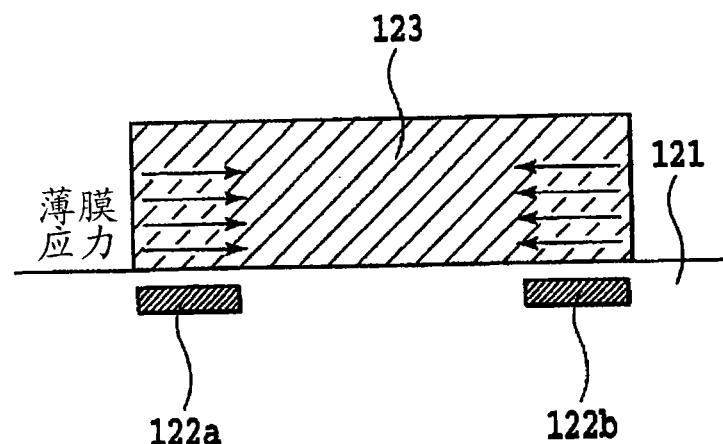


图 7B

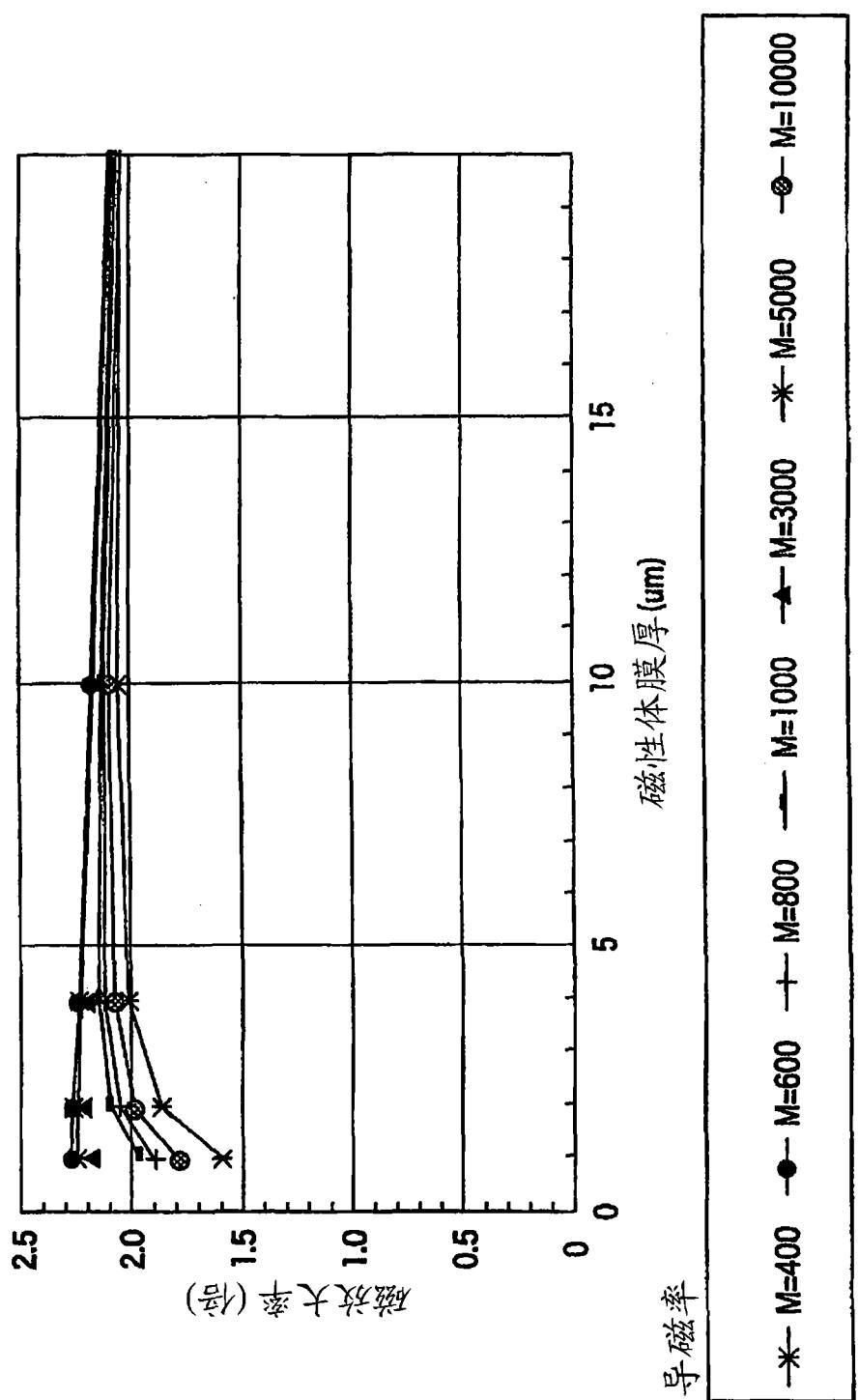


图 8

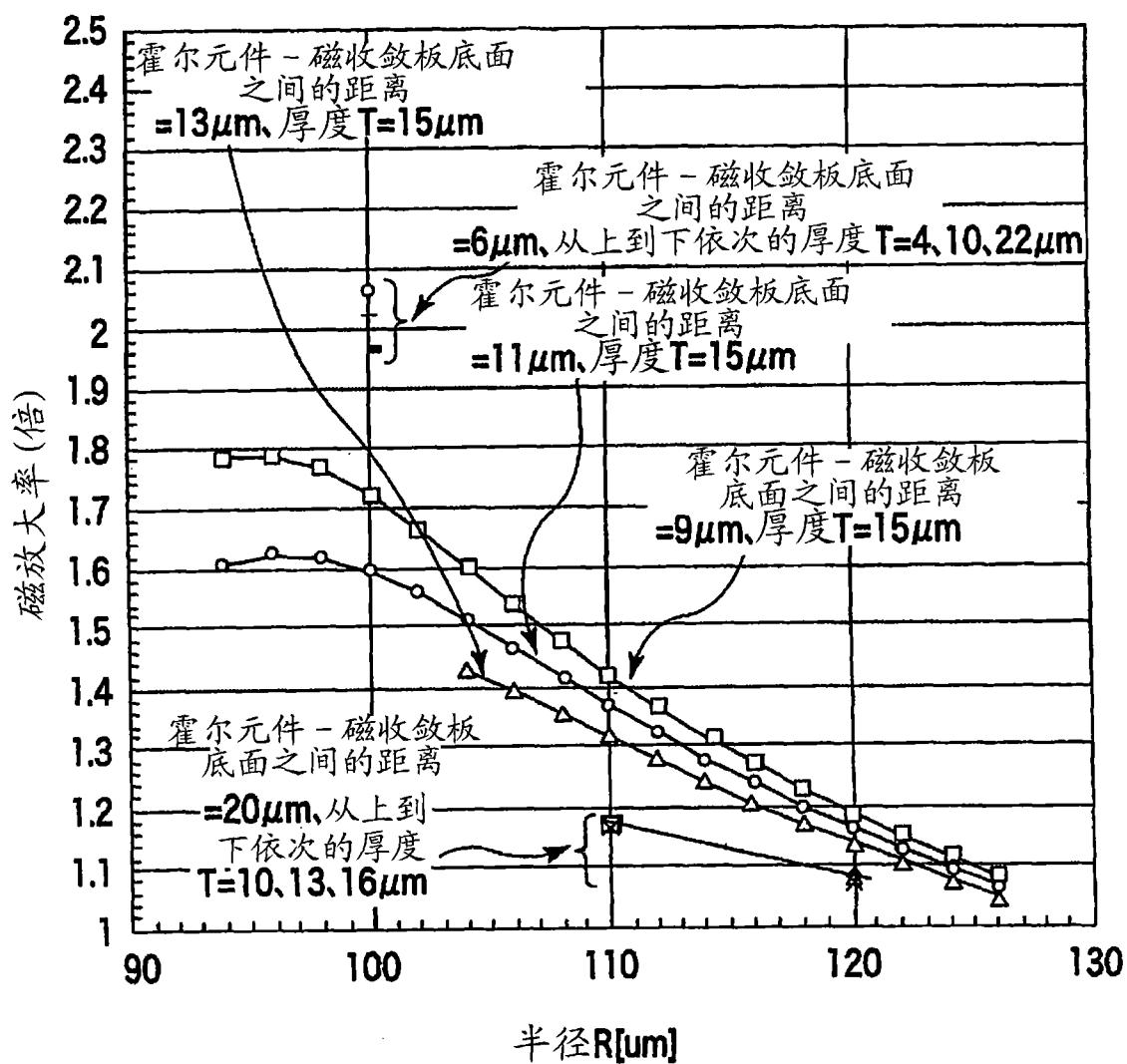


图 9

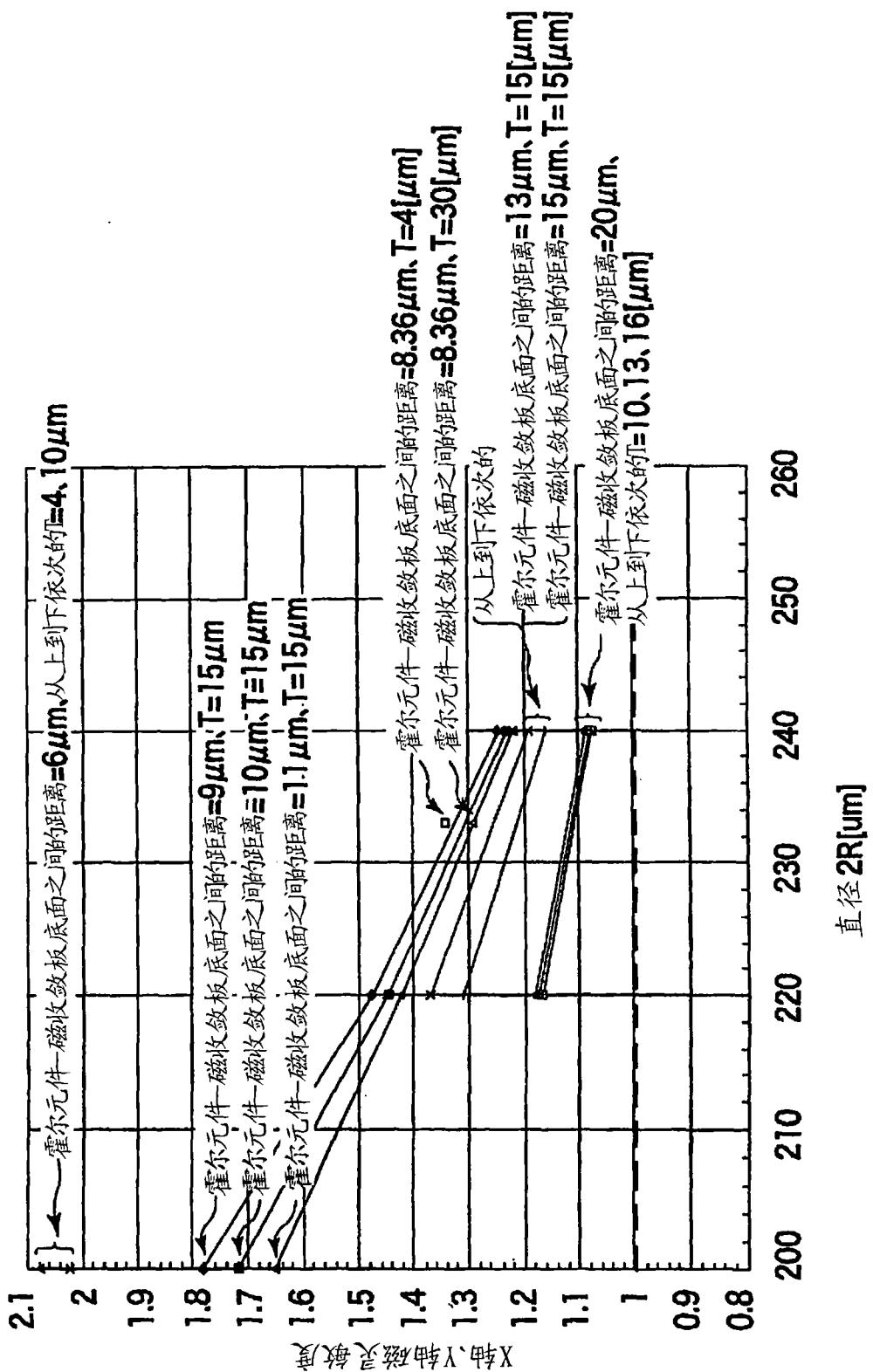


图 10

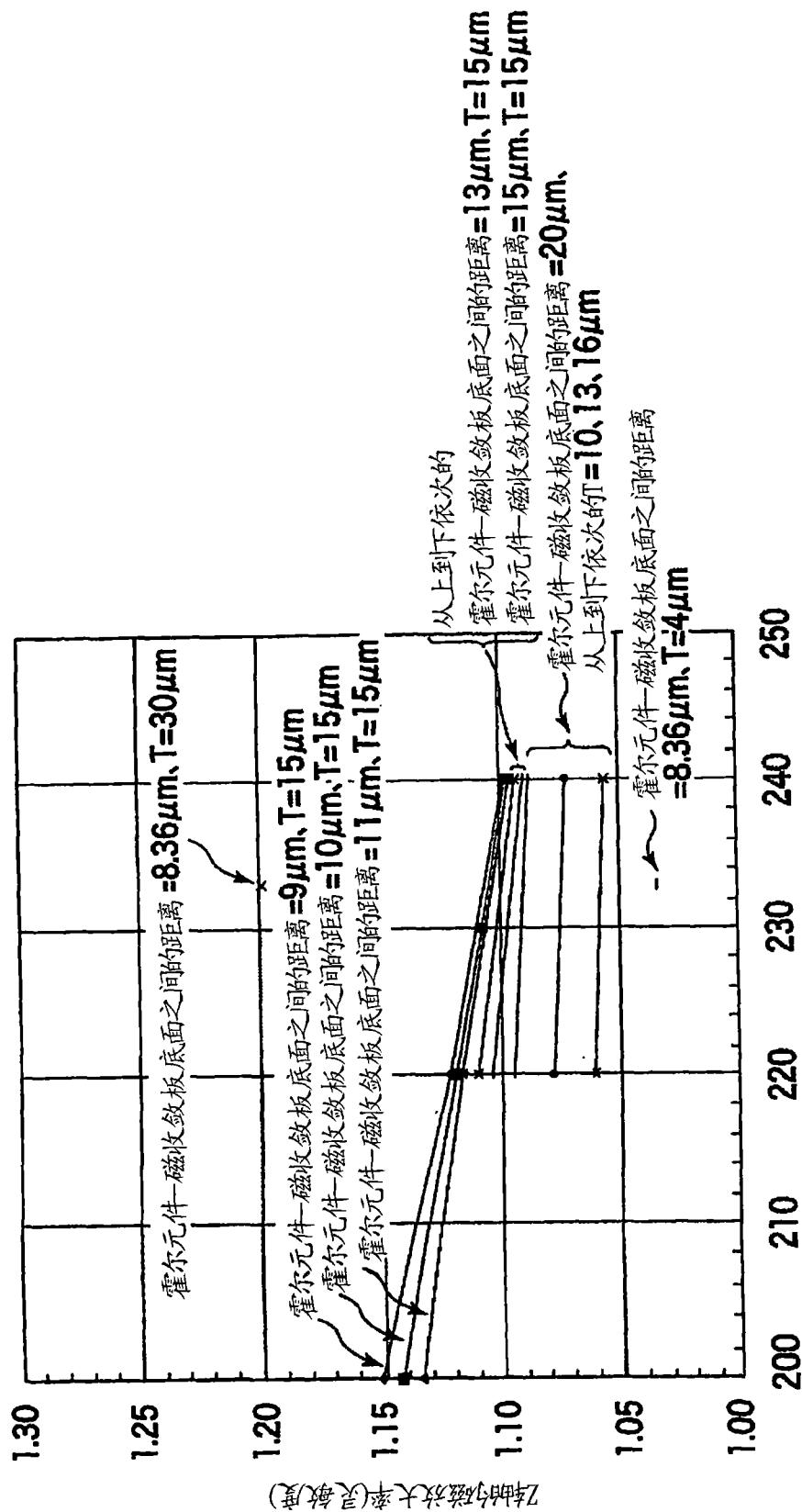


图 11

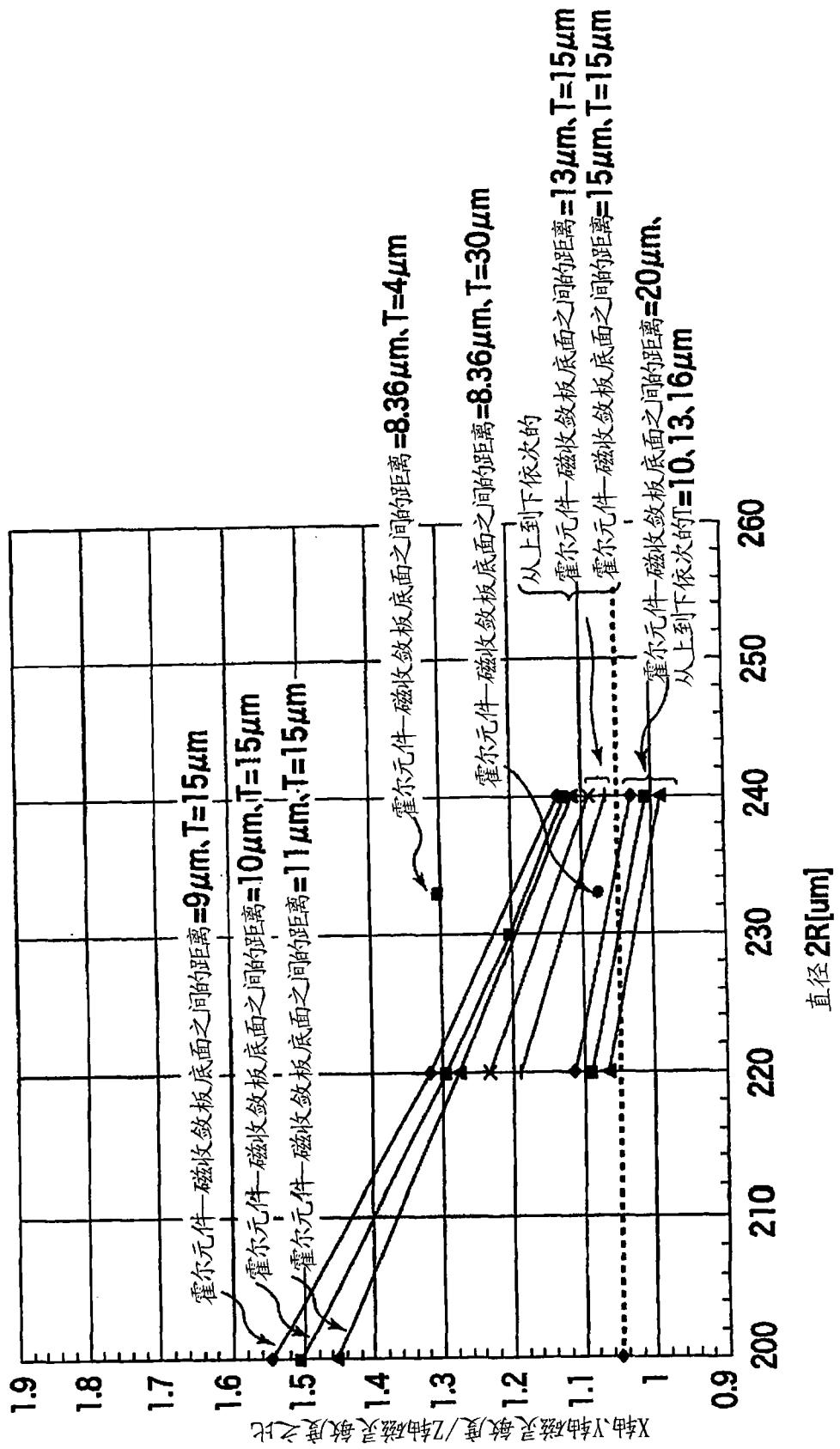


图 12

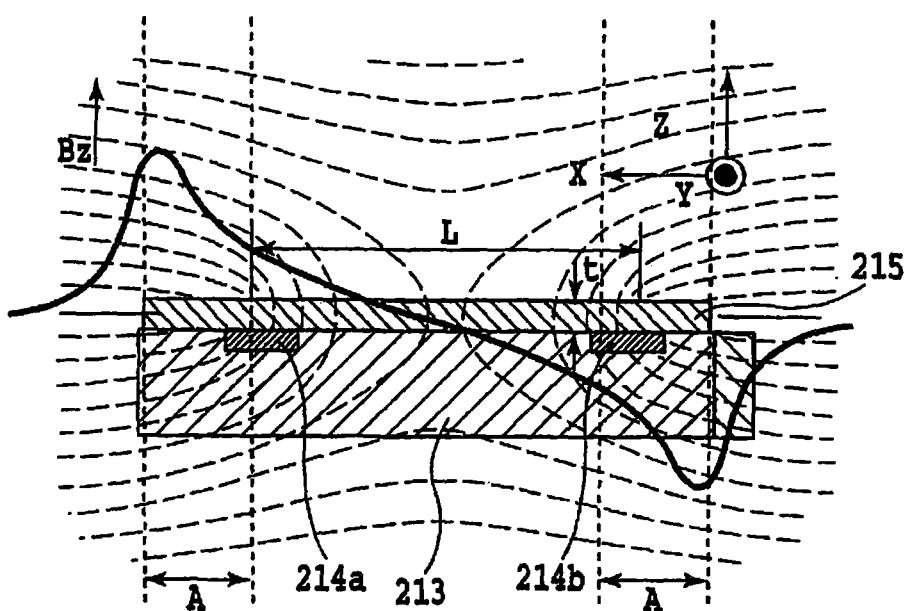


图 13

□ 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 9 μm

○ 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 11 μm

× 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 13 μm

□ 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 9 μm

○ 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 11 μm

× 符号:霍尔元件—磁
收敛板底面之间的
距离 = 15 μm

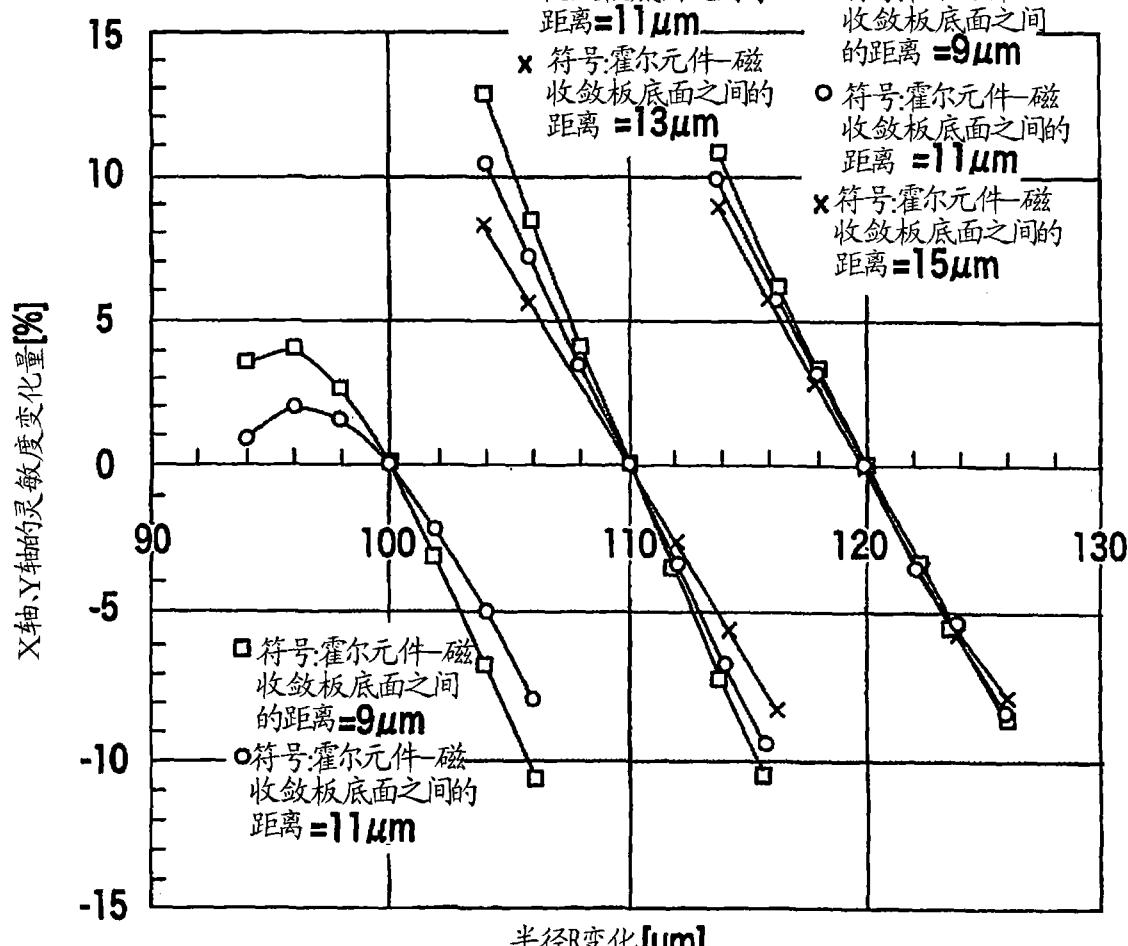


图 14

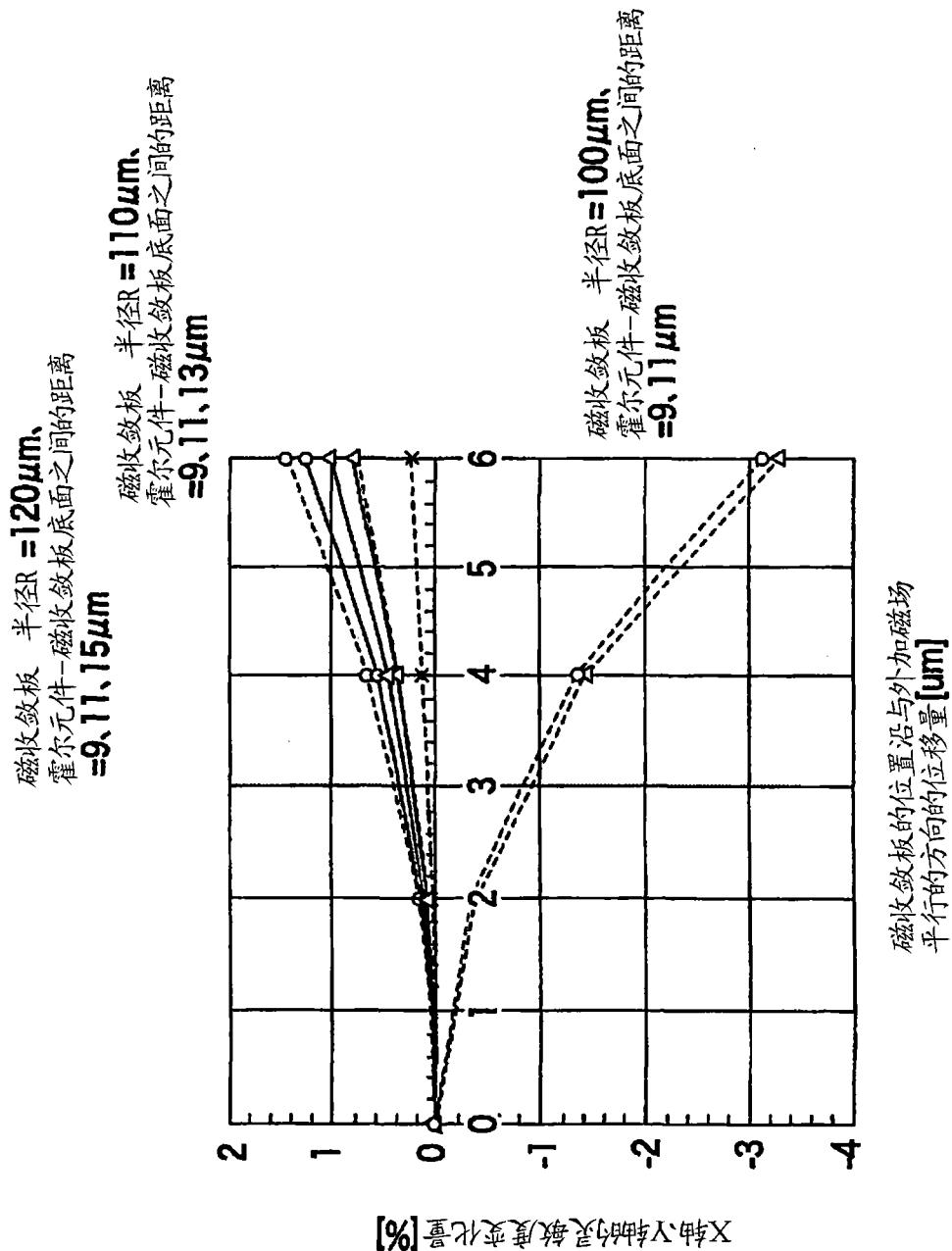


图 15

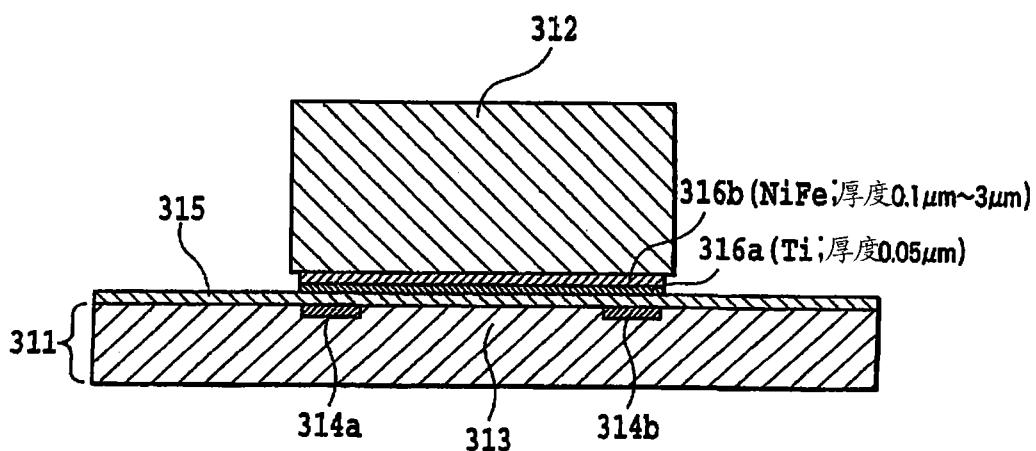


图 16

磁性体中存在变形的情况下霍尔元件的磁特性

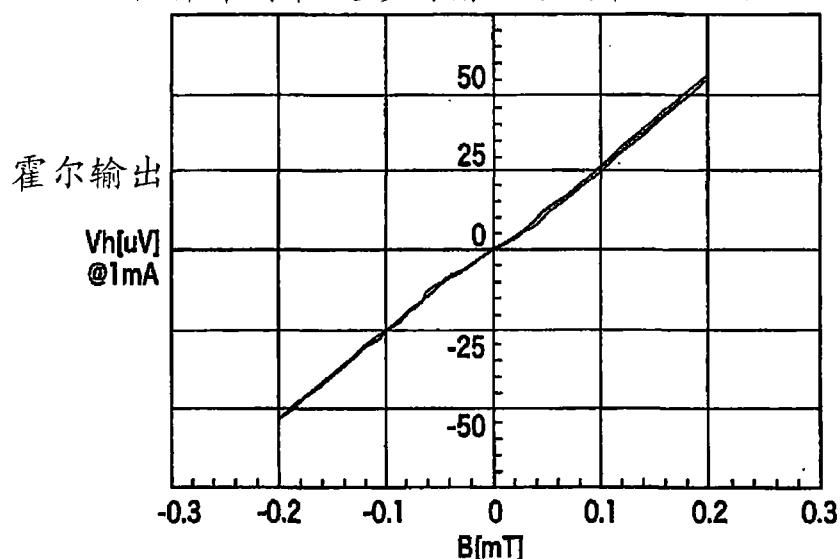


图 17A

磁性体中不存在变形的情况下霍尔元件的磁特性

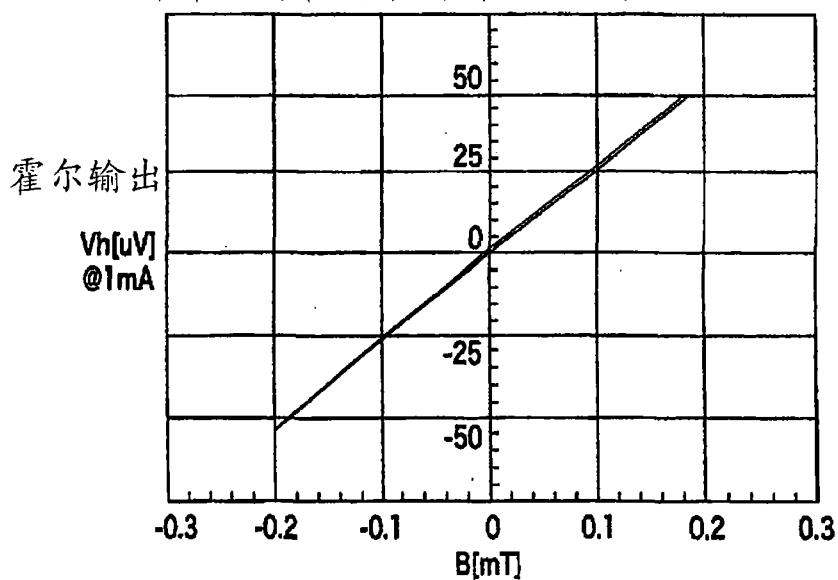


图 17B

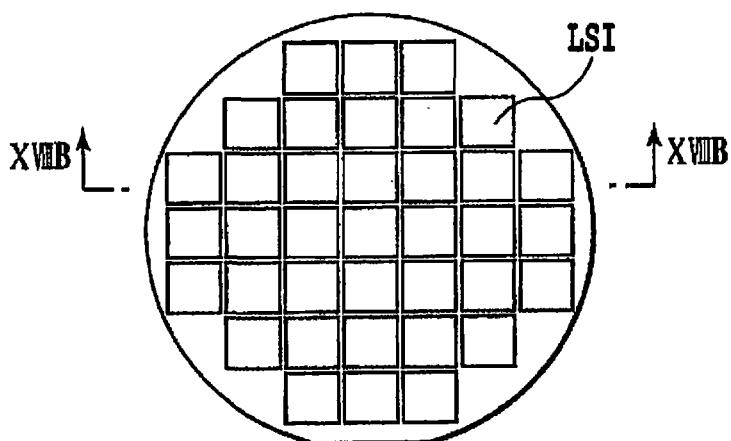


图 18A

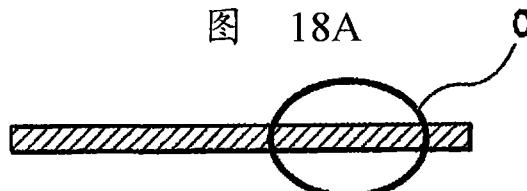


图 18B

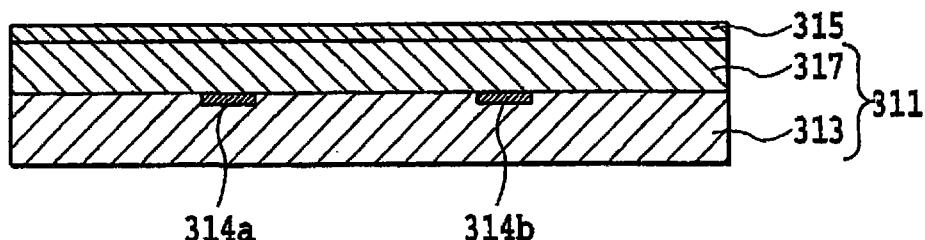


图 19A

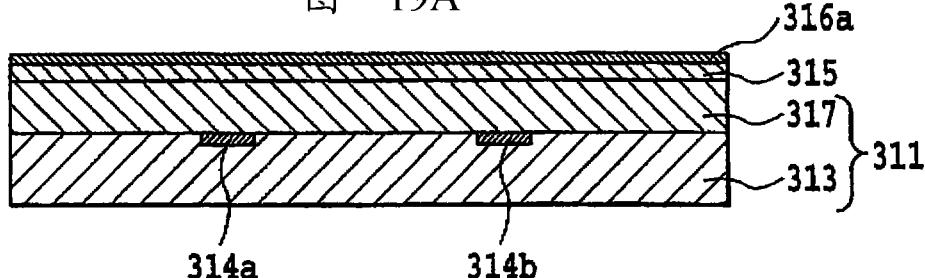


图 19B

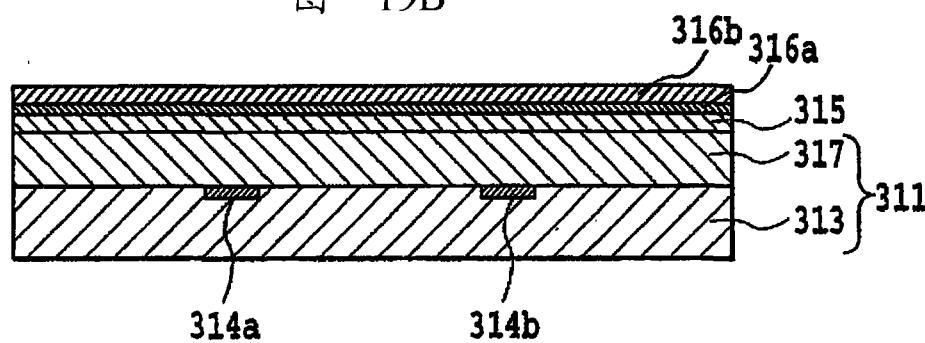


图 19C

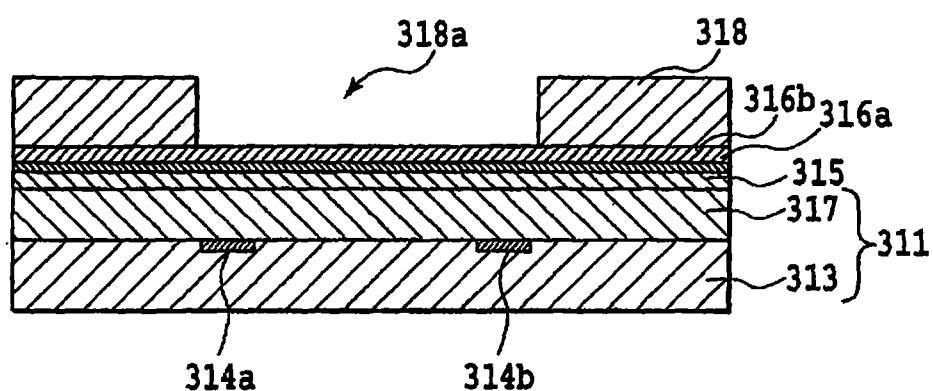


图 19D

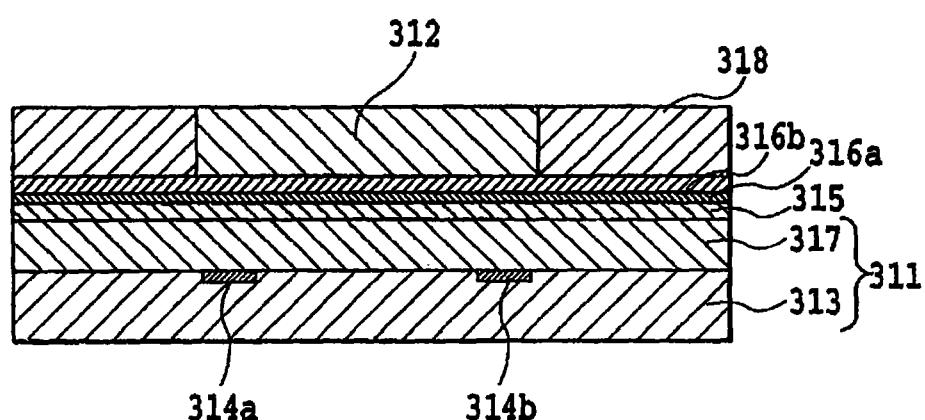


图 19E

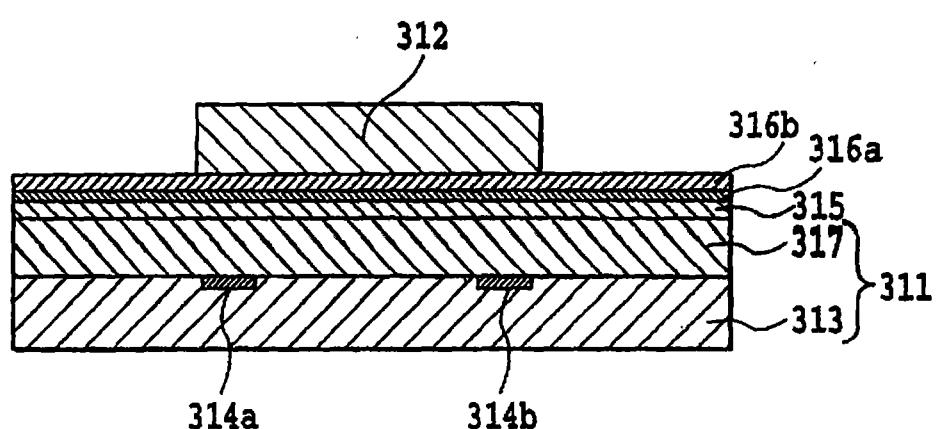


图 19F

第二金属膜厚度	变形
0.05μm	有
0.07μm	有
0.1μm	无
1μm	无
2μm	无
3μm	无
4μm	无法测定

图 20

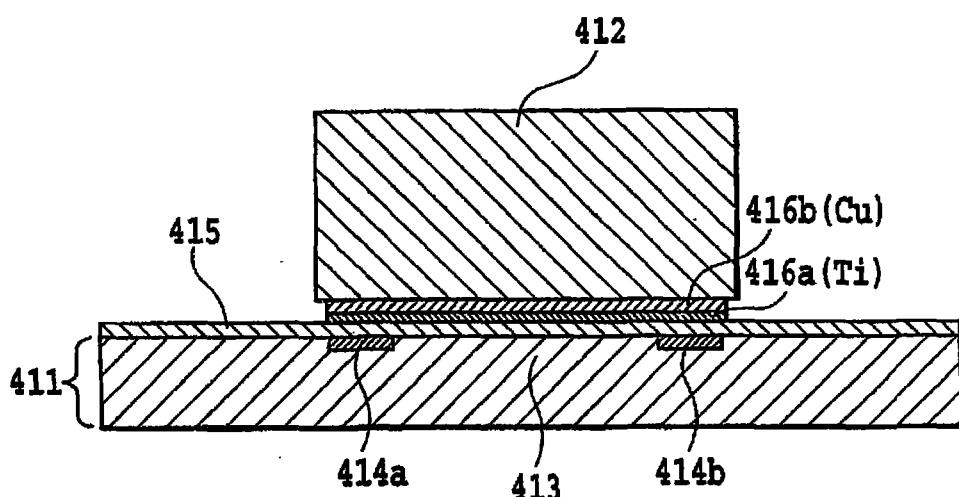


图 21

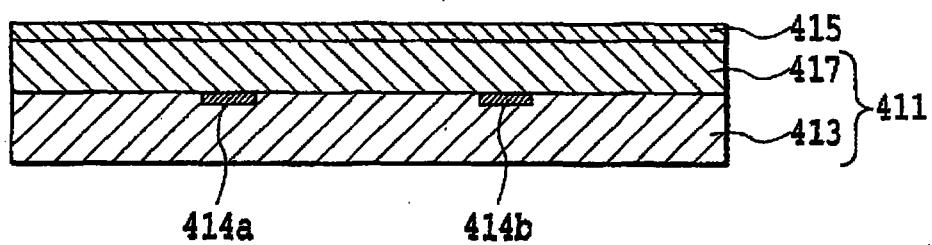


图 22A

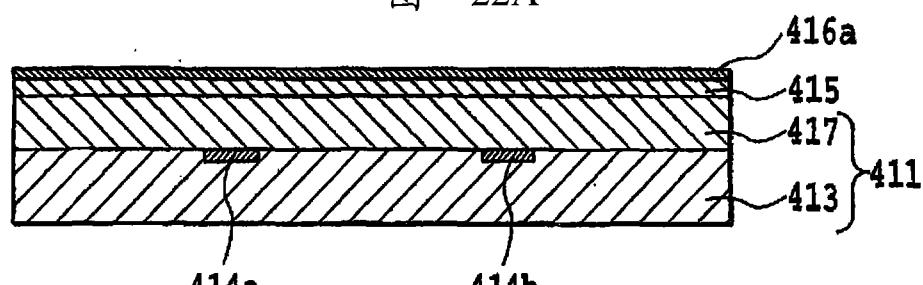


图 22B

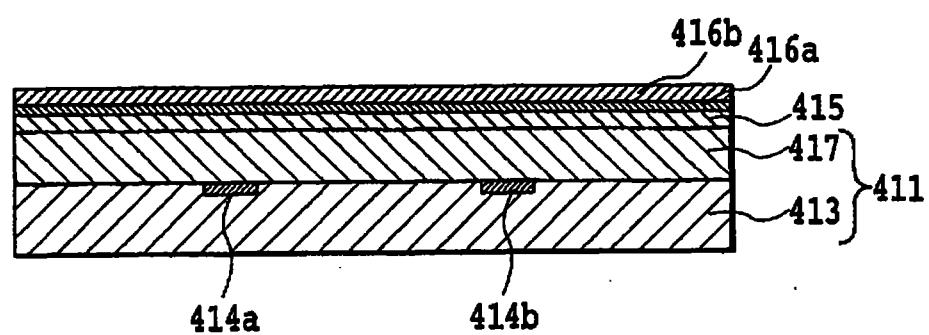


图 22C

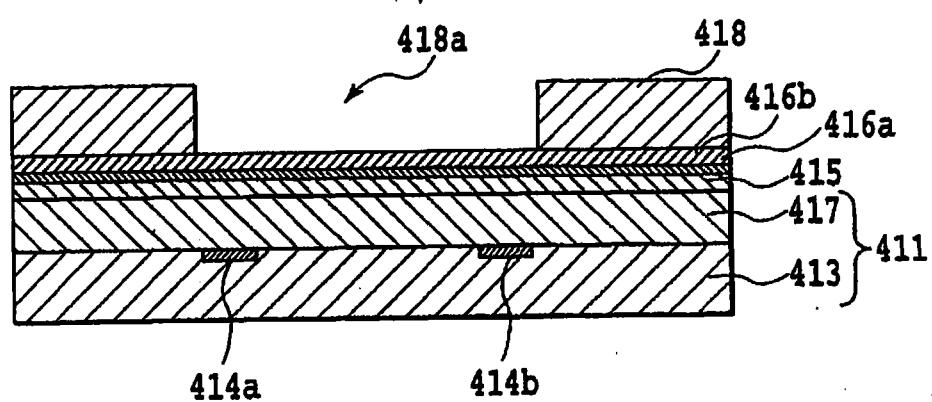


图 22D

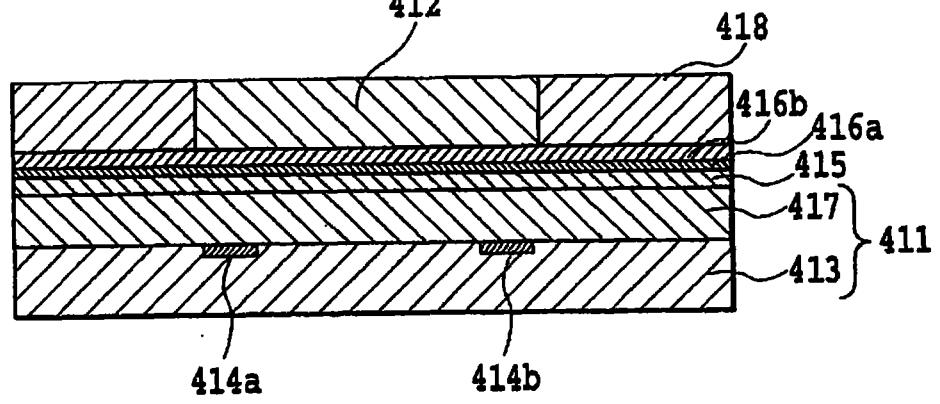


图 22E

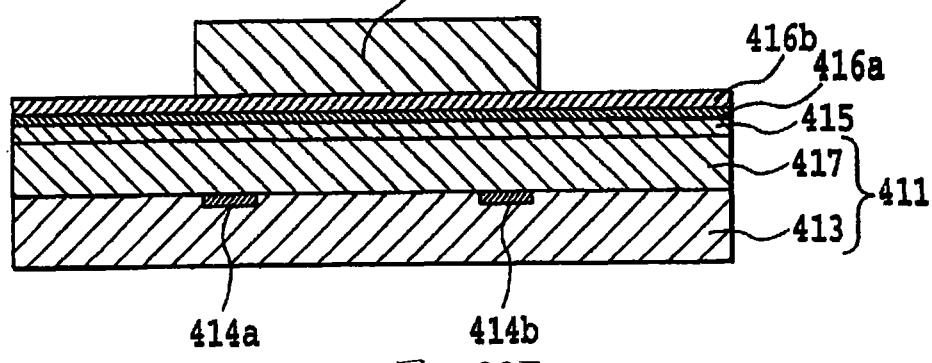


图 22F

磁性体合金膜的 热膨胀系数 [ppm / °C]	霍尔元件 磁特性
8	有变形
10	无变形
12	无变形
15	无变形
18	有变形
20	有变形

图 23

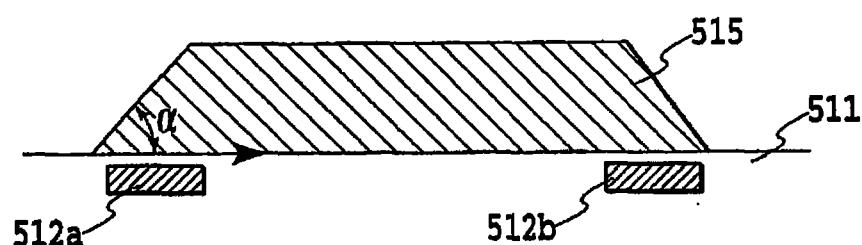


图 24A

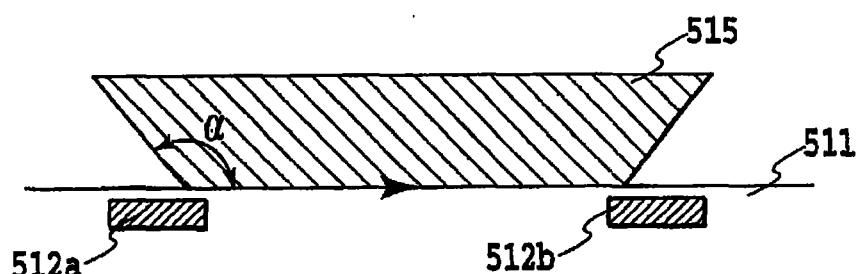


图 24B

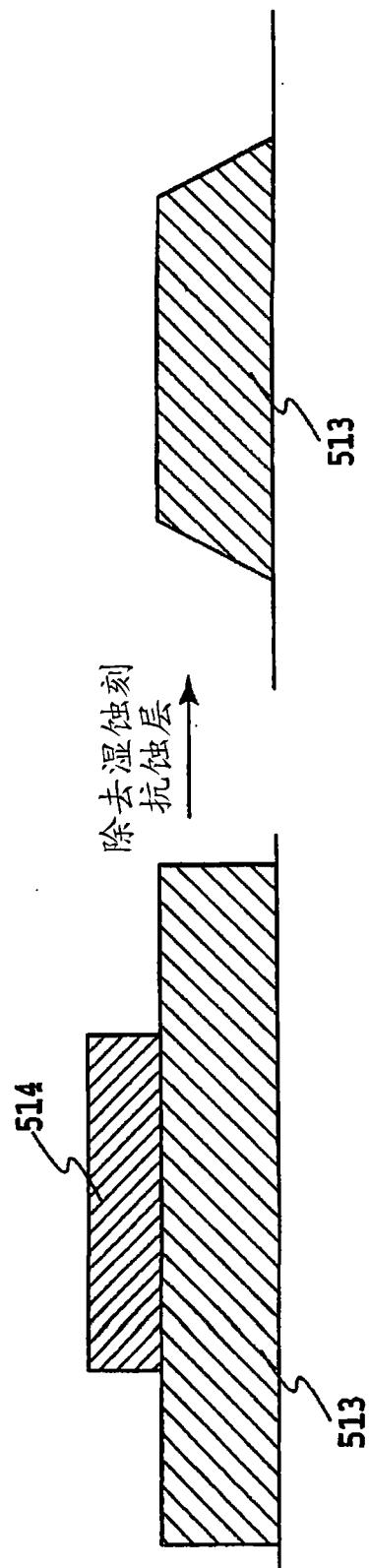


图 25A

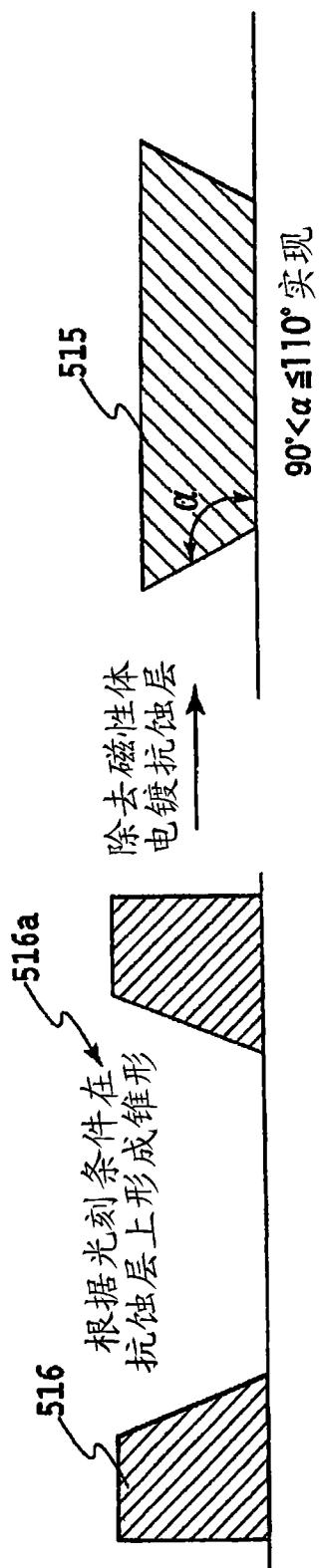


图 25B

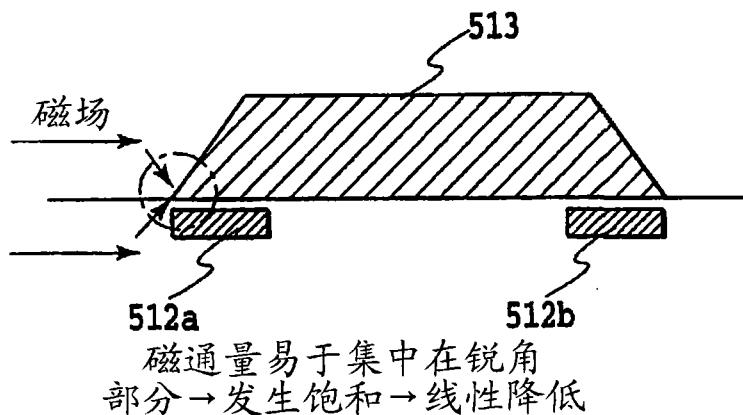


图 26A

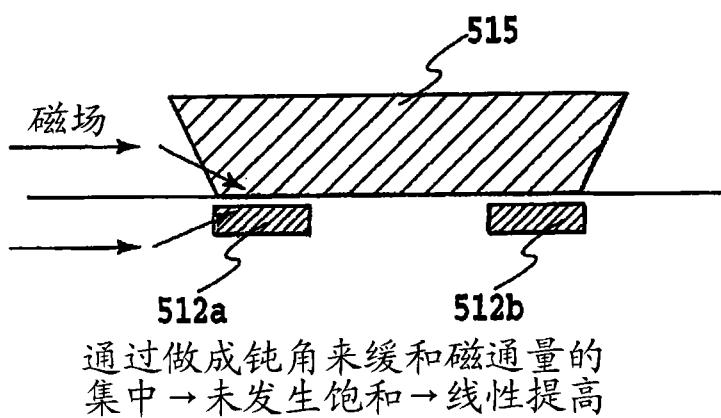


图 26B

与锥角 α 的变化相对应的非线性的外加磁场依存性

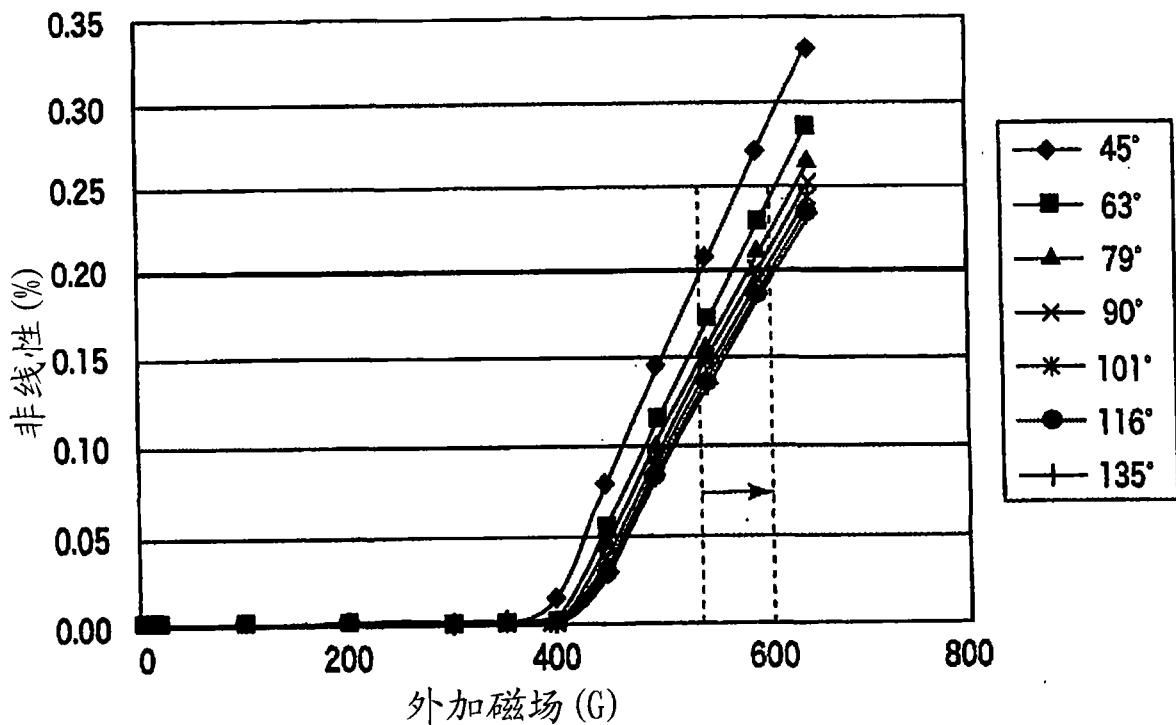


图 27

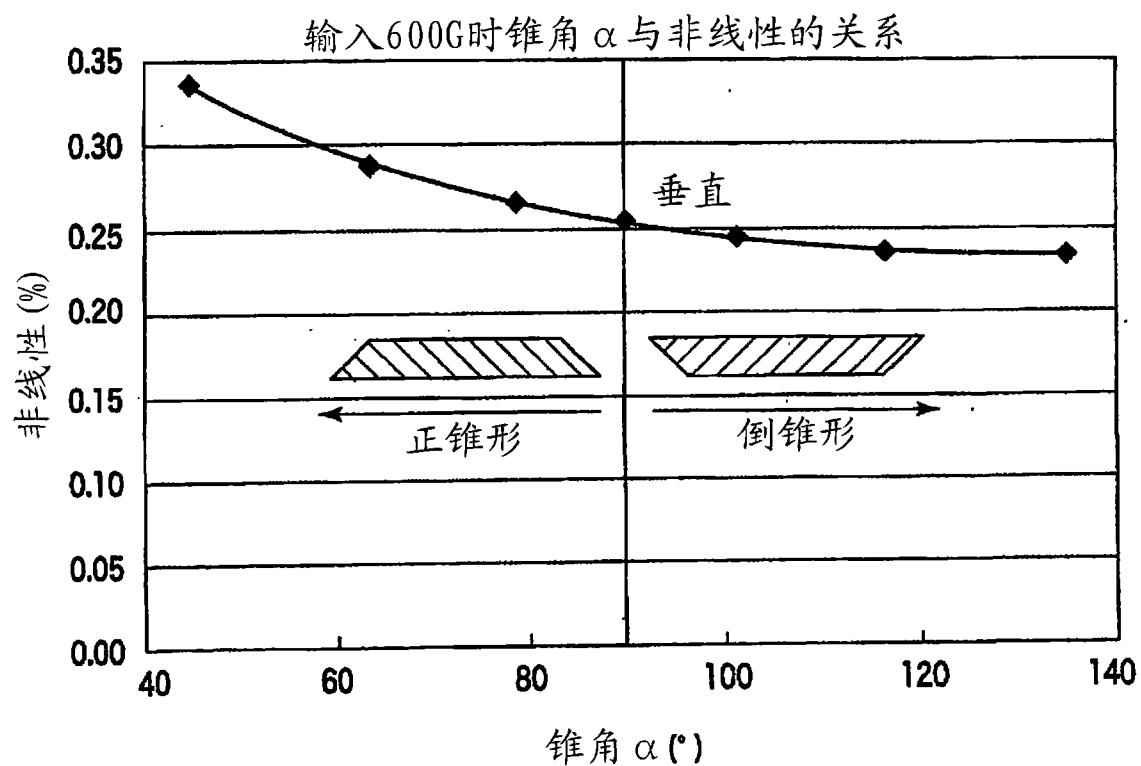


图 28

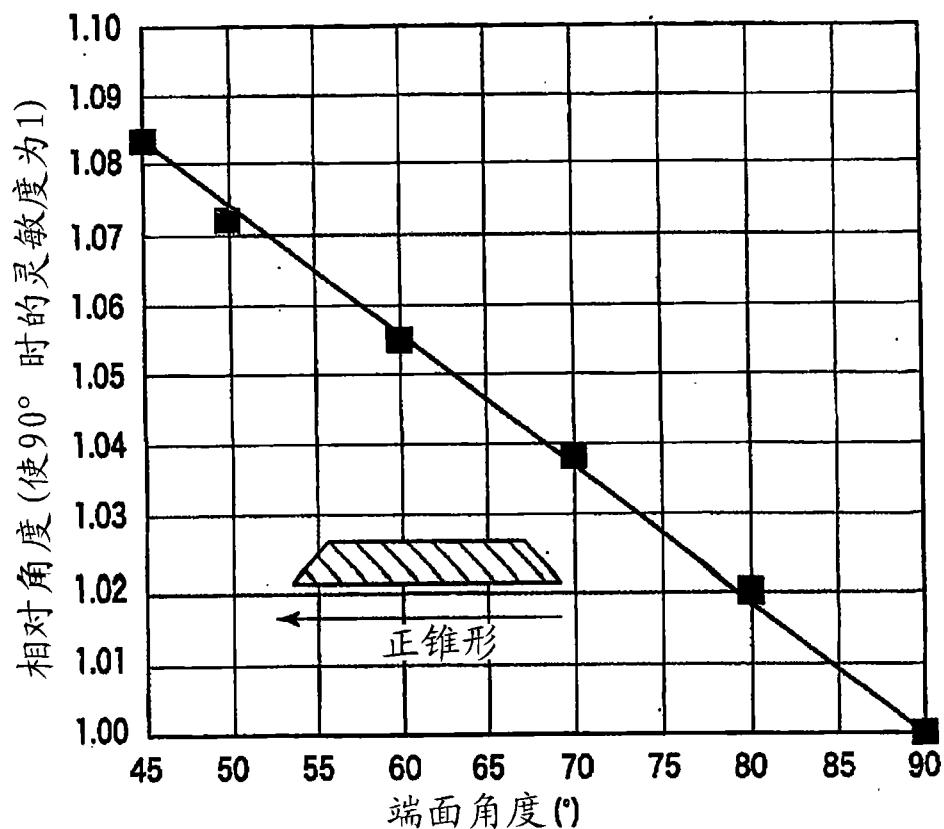


图 29

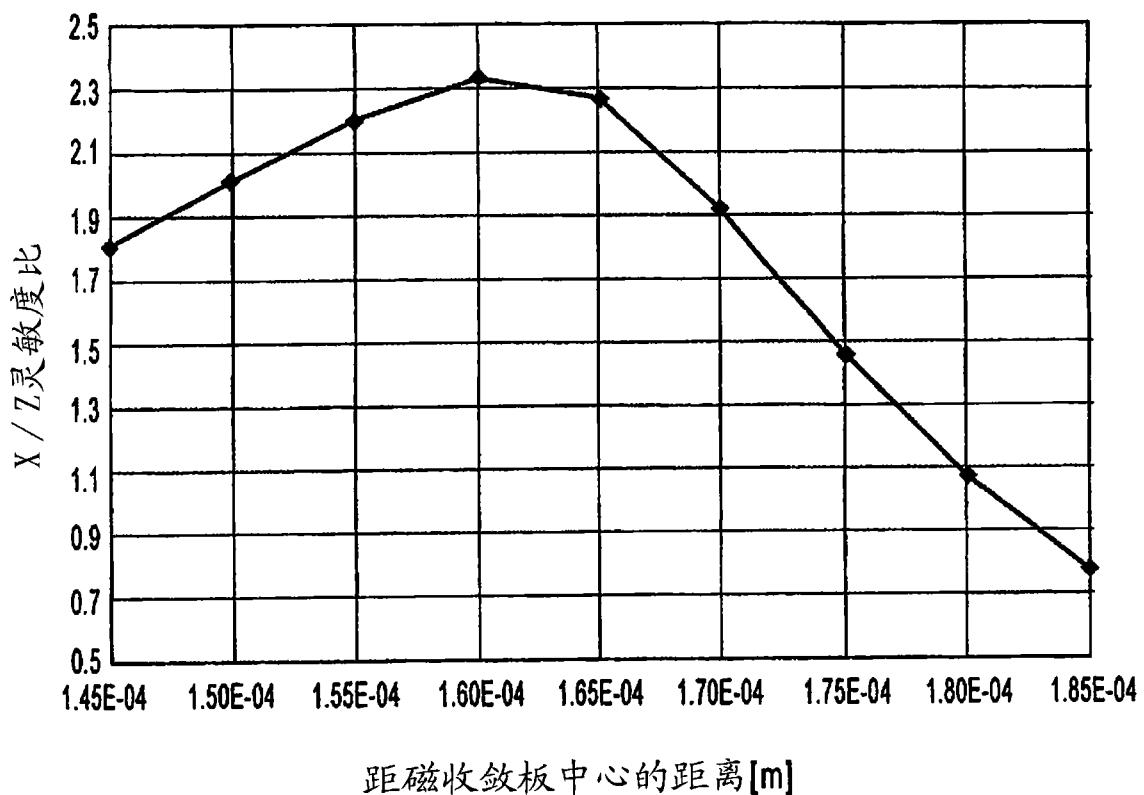


图 30

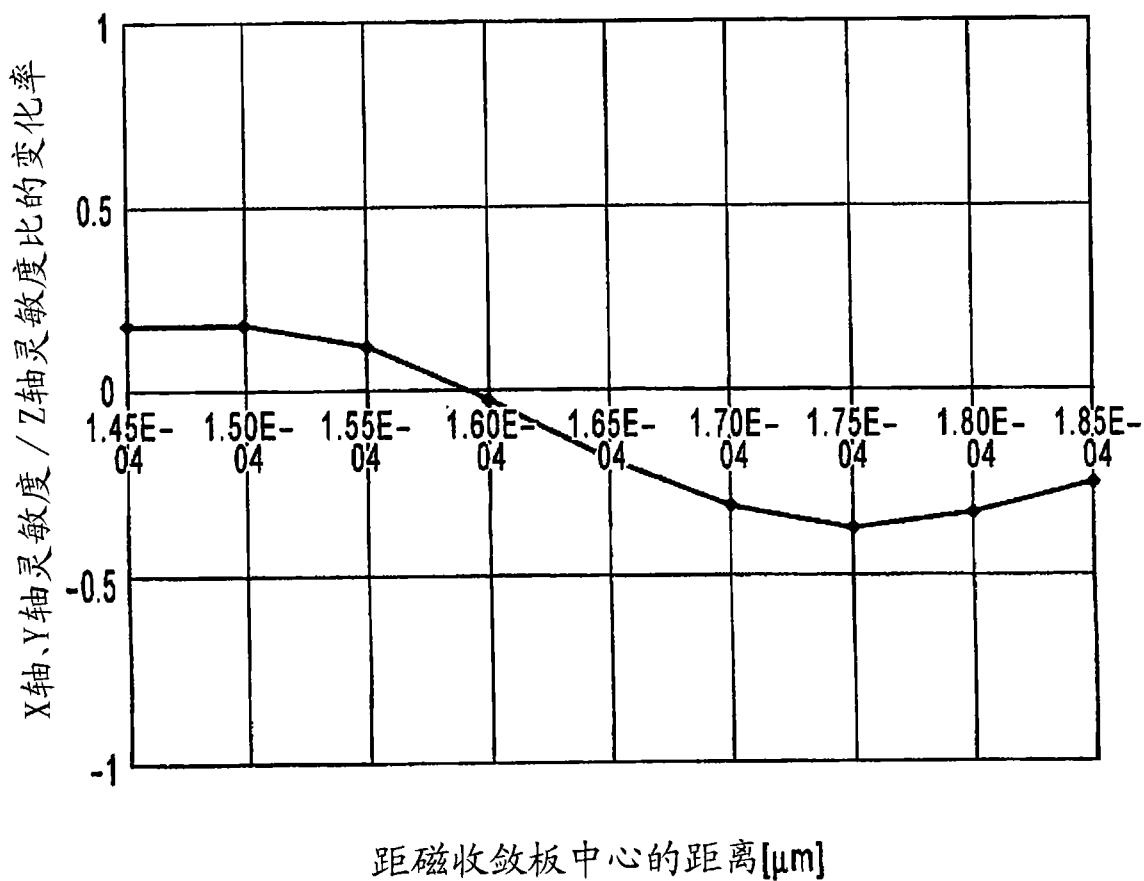


图 31