

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/127 (2006.01)

G11B 5/187 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410100230.1

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100449612C

[22] 申请日 2004. 12. 13

[21] 申请号 200410100230.1

[30] 优先权

[32] 2004. 3. 31 [33] US [31] 10/815,286

[73] 专利权人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

[72] 发明人 徐一民 李 邝 李瑞隆

伊恩·R·麦克法迪恩

詹姆斯·L·尼克斯

尼尔·L·罗伯逊

马森·L·威廉斯第三

[56] 参考文献

US5473491A 1995. 12. 5

US2003/0117749A1 2003. 6. 26

JP7-153025A 1995. 6. 16

US6150046A 2000. 11. 21

US6501619B1 2002. 12. 31

审查员 张明霞

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 马高平 杨 梧

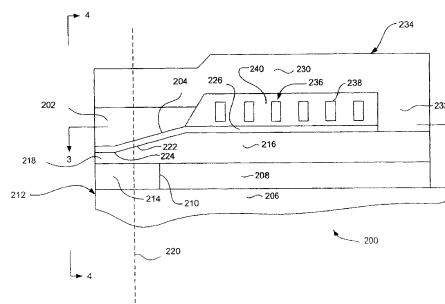
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 10 页

[54] 发明名称

具有屏蔽的垂直写入头的拖尾边缘锥形设计
及其制造方法

[57] 摘要

一种具有锥形拖尾屏蔽设计并用于垂直磁记录的磁性写入头，用于提高写入磁通和改善磁场梯度性能。



1. 一种用于垂直磁记录的写入元件，包括：

写入极，其在限定空气支承表面的平面终止并具有平行于空气支承表面的轨道宽度；

返回极，其在后间隙区域中与所述写入极磁性连接并具有比所述轨道宽度大的宽度；

所述写入极为一层或多层具有锥形表面部分的磁性材料，其中所述写入极随与空气支承表面距离的增加逐渐变得更厚；

磁屏蔽，其与返回极磁性连接，并具有与所述写入极的所述锥形表面平行并与所述写入极通过非磁性写入间隙层分开的锥形表面部分。

2. 如权利要求 1 所述的写入元件，其中所述磁屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成小于 90 度的角。

3. 如权利要求 1 所述的写入元件，其中所述磁屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成 60 到 90 度之间的角。

4. 如权利要求 1 所述的写入元件，其中所述磁屏蔽设置有张开部分，该张开部分具有随着与所述空气支承表面距离的增加而增加的横向宽度，并且其中所述张开部分开始于比所述磁屏蔽锥形表面更靠近所述空气支承表面。

5. 如权利要求 1 所述的写入元件，其中所述写入极设置有张开部分，该张开部分具有随所述空气支承表面距离的增加而增加的横向宽度，并且其中所述锥形表面开始于比所述磁屏蔽张开部分更靠近所述空气支承表面的位置。

6. 如权利要求 1 所述的写入元件，其中所述磁屏蔽进一步包括两个横向张开的翼部分。

7. 如权利要求 6 所述的写入元件，其中所述横向张开的翼部分在比所述磁屏蔽的所述锥形表面部分更靠近空气支承表面的点开始。

8. 一种用于垂直磁记录的磁性写入元件，包括：

磁性写入极，所述磁性写入极为一层或多层具有锥形表面部分的磁性材料，其中所述磁性写入极随与空气支承表面距离的增加而逐渐变厚；

磁性返回极，其具有大于所述写入极的宽度，所述返回极在后间隙区域中与所述写入极磁性连接；

拖尾屏蔽,该屏蔽具有邻近于所述写入极并通过非磁性写入间隙与所述写入极分开设的锥形表面。

9. 如权利要求 8 所述的写入元件,其中所述拖尾屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成小于 90 度的角。

10. 如权利要求 8 所述的写入元件,其中所述拖尾屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成 60 到 90 度之间的角。

11. 如权利要求 8 所述的写入元件,其中所述屏蔽进一步包括两个横向张开的翼部分。

12. 如权利要求 8 所述的写入元件,其中所述横向张开的翼部分在比所述磁屏蔽的所述锥形表面部分更靠近空气支承表面的点开始。

13. 一种用于垂直磁记录的磁性写入元件的制造方法,包括:

沉积第一层磁性材料;

沉积从空气支承表面位置凹进的掩模层;

进行从所述掩模向空气支承表面位置延伸导致锥形表面的离子研磨操作,该锥形表面从所述掩模到空气支承表面位置向下倾斜;

除去所述掩模;

沉积一层非磁性写入间隙材料; 以及

沉积第二层非磁性材料。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述离子研磨操作以相对于沉积的第一层磁性材料、掩模层、非磁性写入间隙材料和第二层非磁性材料中的任何一层的表面小于 80 度的角进行。

15. 如权利要求 13 所述的方法,进一步包括在沉积所述第一层磁性材料后,沉积一层 Ta。

16. 一种用于垂直磁记录并具有锥形拖尾屏蔽的磁头的制造方法,所述方法包括:

形成具有从空气支承表面位置凹进的端部的磁性成形层;

沉积第一层非磁性材料;

进行第一次化学机械抛光工艺以产生跨过所述成形层和所述非磁性材料层上表面而形成的平面表面;所述非磁性材料沉积在所述成形层的所述端部以及所述空气支承表面的位置;

沉积第一磁性材料层;

沉积第二磁性材料层,所述第二磁性材料层比所述第一磁性材料层通过离子研磨更容易除去;

沉积具有从所述空气支承表面位置凹进的端部的掩模;

进行离子研磨操作以在所述第二磁性材料层上形成锥形表面,所述锥形表面从所述掩模向所述空气支承表面位置向下倾斜;

除去所述掩模;

沉积非磁性写入间隙材料层;

在所述非磁性写入间隙材料层上沉积第三磁性材料层;

使所述第三磁性材料层平面化; 以及

在所述第三磁性材料层上形成返回极。

17. 如权利要求 16 所述的方法,进一步包括在沉积所述第二磁性材料层后,沉积一层 Ta。

18. 如权利要求 16 所述的方法,进一步包括在沉积所述非磁性写入间隙材料层后,沉积一层金刚石型碳。

19. 如权利要求 16 所述的方法,其中以相对于所述第一磁性材料层的法向大于 15 度角进行离子研磨操作。

具有屏蔽的垂直写入头的拖尾边缘锥形设计及其制造方法

技术领域

本发明涉及垂直磁记录，具体涉及为了提高磁场强度和场梯度性能而采用拖尾屏蔽锥形的拖尾屏蔽设计。

背景技术

位于计算机心部的是磁盘驱动器，它包括磁盘、其中安装包括写入和读取头的磁头组件的滑动件、悬臂和传动臂。当磁盘旋转时，邻近盘表面的空气和它一起移动，这使得滑动件在极薄的一般称为空气支承（air bearing）的空气衬垫上飞行。当滑动件在空气支承上飞行时，传动臂摆动悬臂，将磁头组件置于旋转磁盘上所选择的圆形轨道上，其中由写入和读取头分别写入和读取信号场。写入和读取头连接到处理电路，该电路根据计算机程序工作以执行写入和读取功能。

通常磁盘驱动为纵向磁记录系统，其中将磁数据记录为在磁盘表面纵向形成的磁性转变。磁盘表面沿数据轨道的方向被磁化，然后转换到相反方向，两个方向都与磁盘表面平行并与数据轨道方向平行。

然而，数据密度要求迅速逼近物理极限。例如，增加数据容量要求降低位（bit）的尺寸，这相应要求降低磁介质的晶粒尺寸。由于晶粒尺寸减小，要求写入一位数据的磁场成比例地增加。使用常规的纵向写入头技术要写入一位数据而产生足够强的磁场的能力正达到它的物理极限。

克服该物理极限的一种方法是引入垂直记录。在垂直记录系统中，将数据位垂直于磁盘表面的平面进行磁性记录。磁盘可以在它的表面具有相对高的矫顽力材料，并在表面正下方具有相对低的矫顽力材料。具有小横截面和很高磁通的写入极发射垂直于磁盘表面的强集中磁场。从写入极发射的该磁场足够强，以克服表面材料的高矫顽力并沿垂直于它的表面的方向磁化它。然后该磁通流过相对磁性弱的底层并在邻近写入元件返回极的位置回到磁盘表面。写入元件的返回极具有大大高于写入极的横截面，由此在返回极位

置流过磁盘的磁通（以及在磁盘和返回极之间造成的磁场）被充分分布以解决磁通太弱而不能克服磁盘表面材料矫顽力的问题。用这种方式，由写入极发出的磁化不被返回极擦除。

本领域的技术人员可以理解，磁盘表面的高矫顽力材料很难磁化，特别在提高小磁性晶粒尺寸时。已经发现，稍微转动磁场角度可以提高转变灵敏度（transition sharpness）并获得更好的介质信号噪音比(signal to noise ratio)。为了获得此目的，已经提议将拖尾屏蔽置于写入间隙附近，并与返回极磁性连接。该屏蔽将有效吸引从写入极发射的场，由此使它稍微改变角度。

采用此方法遇到的挑战是一些场被屏蔽损失，为弥补此损失而提高的写入场可能导致由于停留场（stay field）而引起的邻近轨道干扰。换句话说，使用拖尾屏蔽而改变从写入极发射的磁场角度有利地降低了对于垂直磁转变所必需的切换场（switching field），提高了用其写入数据的速度。然而，切换场的提高以损失磁场为代价。这是因为一些场泄漏到屏蔽（平行于磁盘表面方向），导致由写入极发射的更弱的场。感觉仍然需要用于使垂直写入极磁场倾斜而使磁场损失最小化的机构。另外，具有这样功能的机构必须是可批量生产的和具有实用价值的。

发明内容

本发明提供一种用于垂直磁记录的写入元件，包括：

写入极，其在限定空气支承表面的平面终止并具有平行于空气支承表面的轨道宽度；

返回极，其在后间隙区域中与所述写入极磁性连接并具有比所述轨道宽度大的宽度；

所述写入极为一层或多层具有锥形表面部分的磁性材料，其中所述写入极随与空气支承表面距离的增加逐渐变得更厚；

磁屏蔽，其与返回极磁性连接，并具有与所述写入极的所述锥形表面平行并与所述写入极通过非磁性写入间隙层分开的锥形表面部分。

优选，所述磁屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成小于 90 度的角。

优选，所述磁屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成 60 到 90 度之间的角。

优选，所述磁屏蔽设置有张开部分，该张开部分具有随着与所述空气支承表面距离的增加而增加的横向宽度，并且其中所述张开部分开始于比所述磁屏蔽锥形表面更靠近所述空气支承表面。

优选，所述写入极设置有张开部分，该张开部分具有随所述空气支承表面距离的增加而增加的横向宽度，并且其中所述锥形表面开始比所述屏蔽张开部分更靠近所述空气支承表面。

优选，所述磁屏蔽进一步包括两个横向张开的翼部分。

优选，所述横向张开的翼部分在比所述锥形表面部分更靠近空气支承表面的点开始。

本发明提供一种用于垂直磁记录的磁性写入元件，包括：

磁性写入极，其具有轨道宽度并终止在空气支承表面；

磁性返回极，其具有大于所述写入极的宽度，所述返回极在后间隙区域中与所述写入极磁性连接；

拖尾屏蔽，该屏蔽具有邻近于所述写入极并通过非磁性写入间隙与写入极分开设置的锥形表面。

优选，所述拖尾屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成小于90度的角。

优选，所述拖尾屏蔽的所述锥形表面相对于所述空气支承表面形成60到90度之间的角。

优选，所述屏蔽进一步包括两个横向张开的翼部分。

优选，所述横向张开的翼部分在比所述锥形表面部分更靠近空气支承表面的点开始。

本发明提供一种用于垂直磁记录的磁性写入元件的制造方法，包括：

沉积第一层磁性材料；

沉积从空气支承表面位置凹进的掩模层；

进行从所述掩模向空气支承表面位置延伸导致逐渐变细的表面的离子研磨操作；

除去所述掩模；

沉积一层非磁性写入间隙材料；以及

沉积第二层非磁性材料。

优选，所述离子研磨操作在相对于所述沉积层小于80度的角进行。

优选，进一步包括在沉积所述第一层磁性材料后，沉积一层 Ta。

本发明提供一种用于垂直磁记录并具有锥形拖尾屏蔽的磁头的制造方法，所述方法包括：

形成具有从空气支承表面位置凹进的端部的磁性成形层；

沉积第一层非磁性材料；

进行第一次化学机械抛光工艺以产生跨过所述成形层和所述非磁性材料层上表面而形成的平面表面；所述非磁性材料沉积在所述成形层的所述端部以及所述空气支承表面的位置；

沉积第一磁性层；

沉积第二磁性材料层，所述第二材料层比所述第一磁性材料层通过离子研磨更容易除去；

沉积具有从空气支承表面位置凹进的端部的掩模；

进行离子研磨操作以在所述第二磁性材料层上形成锥形表面，所述锥形表面从所述掩模向所述空气支承表面位置向下倾斜；

除去所述掩模；

沉积非磁性写入间隙层；

在所述非磁性写入间隙材料上沉积第三层磁性材料；

使所述第三层磁性材料平面化；以及

在所述第三磁性材料层上形成返回极。

优选，进一步包括在沉积所述第二层磁性材料后，沉积一层 Ta。

优选，进一步包括在沉积所述非磁性写入间隙材料层后，沉积一层金刚石型碳。

优选，以相对于所述第一磁性材料层的法向大于 15 度角进行离子研磨操作。

本发明提供一种用于垂直记录的磁性写入头，它具有增强的写入场和写入梯度性能。写入头包括写入极和具有锥形表面的拖尾屏蔽。钉（stitch）到拖尾屏蔽的返回极在远离空气支承（ABS）表面的位置与写入极磁性连接。

拖尾屏蔽的锥形表面可以与写入极的邻近锥形表面平行。在垂直磁性写入头中拖尾屏蔽的使用改善了写入性能，但是也导致从写入头到屏蔽通过写入间隙泄漏所损失的场，这可能导致写入场强度的降低。拖尾屏蔽的锥形表面降低了该损失的场，同时保留了具有所呈现的拖尾屏蔽的优点。通过使屏

蔽表面成锥形，并优选写入极的邻近部分，任何泄漏到传感器的场将朝着 ABS 方向倾斜。该磁场矢量的分量处于所需的垂直于 ABS（朝向磁介质）的方向，因此为磁场强度做出贡献。实验表明通过使用该锥形屏蔽大大提高了写入性能。

为了避免可能导致邻近的轨道干扰的侧面写入，锥形尾部屏蔽可以包括横向张开的翼部分以及锥。这些横向张开的翼部分在比锥形开始点更靠近 ABS 的点开始。

附图说明

为了更充分地理解本发明的特性和优点以及使用的优选实施方式，应结合附图参考下面的具体说明。

图 1 是可以包括本发明的磁性存储系统的示意图；

图 2 是根据本发明一个实施例的垂直磁性写入头的横截面图；

图 3 是沿图 2 的线 3-3 截取的平面图。表示用于图 2 所示的实施例中的写入极；

图 4 是沿图 2 的线 4-4 截取的、图 2 中所示的实施例的 ABS 图。

图 5-8 是在制造的中间阶段磁性写入元件部分的横截面图；

图 9 是根据本发明实施例的锥形屏蔽的透视图；以及

图 10 是图 9 中所示的锥形屏蔽的侧视图。

具体实施方式

下面的说明是目前认为实施本发明的最好的实施例。本说明是用于说明本发明的一般原理，不意味着对所要求的发明内含的限制。

参考图 1，其示出包括本发明的磁盘驱动器 100。如图 1 所示，至少一个可旋转的磁盘 112 被支撑在主轴 114 上并通过磁盘驱动电机 118 旋转。在每个磁盘上的磁记录在磁盘 112 上是同心数据轨道环状图形的形式（未示出）。

至少一个滑动件 113 位于磁盘 112 附近，每个滑动件 113 支持一个或多个磁头组件 121。随着磁盘的旋转，滑动件 113 在磁盘表面 122 上径向里外移动，由此磁头组件 121 可以读取写入所需数据的磁盘的不同轨道。每个滑动件 113 通过悬臂 115 连接于传动臂 119。悬臂 115 具有微小的弹力，它将

滑动件 113 偏压靠在磁盘表面 122。每个传动臂 119 连接于传动部件 127。如图 1 所示的传动部件 127 可以是音圈电机 (VCM)。VCM 包括在固定磁场内可以移动的线圈, 线圈移动的方向和速度由控制器 129 提供的电机电流信号控制。

在磁盘存储系统工作期间, 磁盘 112 的旋转在滑动件 113 和磁盘表面 122 之间产生空气支承, 它在滑动件上施加一个向上的力或抬起力。因此在正常工作期间, 空气支承抵消悬臂 115 的微小弹力并支持滑动件 113 离开磁盘表面并与磁盘表面稍微向上保持小的、基本恒定的间隔。

磁盘存储系统的各种零件在工作中由控制单元 129 产生的控制信号控制, 例如存取控制信号和内部时钟信号。通常, 控制单元 129 包括逻辑控制电路、存储部件和微处理器。控制单元 129 产生控制信号以控制各种系统工作, 例如在线 123 上的驱动电机控制信号和在线 128 上的头定位与寻找控制信号。在线 128 上的控制信号提供所需的电流波形以将滑动件 113 优化移动和定位到磁盘 112 上的所需的数据轨道。通过记录通道 125, 写入和读取信号传送到写入和读取头 121 与和从写入和读取头 121 传送。

典型磁盘存储系统的上述描述和图 1 的附加说明仅用于说明目的。而磁盘存储系统可以包含大量的磁盘和传动臂, 且每个传动臂可以支撑多个滑动件是显而易见的。

参考图 2, 本发明提供用于垂直记录的写入头 200, 其具有包含用于提高磁场性能的锥形表面 204 的拖尾屏蔽 202。将写入头设置在介电层 206 上, 该介电层可以是如氧化铝 Al_2O_3 或一些其它的非磁性材料。介电层 206 通常形成在读取元件 (未示出) 的顶部并从此与写入头 200 分开。

磁性成形层 208 形成在基板 206 上并具有端部 210, 其从空气支承表面 (ABS) 212 凹进。非磁性介电材料 214 填充成形层 208 的端部 210 与 ABS 212 之间的间隔。成形层 208 和填充材料 214 优选具有共面的上表面, 该上表面由化学机械抛光工艺产生。

继续参考图 2, 写入极 216 在成形层上形成并具有延伸到 ABS 表面 212 的极端 218。这里写入极从极端区 218 的 ABS 直线向后延伸一段短距离, 在由线 220 表示的张开点, 写入极开始向外横向张开, 参考图 3 可以更容易看出。参考图 2, 写入极具有锥形部分 222, 其可以在点 224 开始, 该点可以处于写入极 216 的张开点 220 之前, 或者可以处于张开点 220 之后 (即离

ABS 更远), 这取决于设计要求。

在写入极上形成薄的非磁性写入间隙层 226。写入间隙层 226 可以由多种非磁性材料形成, 例如氧化铝 Al_2O_3 , 并优选由一层氧化铝和一层金刚石型碳形成, 下面将描述原因。

在写入元件 200 的极端区 218 中, 锥形拖尾屏蔽 202 形成在写入间隙层 226 上。拖尾屏蔽具有其赖以形成的写入极 216 的形状, 在其底部具有锥形 204, 它与写入极 216 的锥形 222 一致。在这种意义上, 锥形基本上开始于离 ABS 212 相同的距离 224 处。

磁性返回极 230 被钉 (stitch) 到拖尾屏蔽 202 的顶部并向后延伸到后间隙区 232, 在此它与写入极 208 磁性连接, 于是形成磁轭 234。写入元件 200 还包括导电线圈 236, 其具有通过磁轭 234 的多个绕组 238 (以横截面示出)。非磁性介电层 240 环绕线圈 236 的绕组 238 并且各绕组 238 绝缘。

磁屏蔽 202 的存在增强了场梯度, 并通过有利地倾斜由写入极 216 发射的写入场而提高切换场性能。然而, 从前拖尾屏蔽的存在意味着写入场的损失。现有技术设计已经使用拖尾屏蔽和与其邻近的写入极, 它们从 ABS 无锥形地直接向后延伸。换句话说, 与写入间隙接触的拖尾屏蔽和写入极的表面垂直于 ABS 延伸。在写入极和使用该设计的屏蔽之间的磁场损失可以描述为方向与 ABS 平行并与所发射写入场的主要所需方向垂直的矢量。因此, 损失磁场的该矢量无分量贡献于写入场。通过在拖尾屏蔽上提供锥形 228, 在写入极和拖尾屏蔽之间的磁场泄漏转向到磁介质。然后该矢量的分量贡献于写入场并提高写入场强度。实验表明通过使用这种锥形拖尾屏蔽 202, 对写入场性能有显著改善。拖尾屏蔽 202 的锥形表面部分限定了一个平面, 该平面相对于 ABS 具有优选小于 90 度的角, 更优选相对于 ABS 具有 60 度到 90 度之间的角。

图 5-8 示出制造此种垂直写入头 200 的锥形拖尾屏蔽的工艺。参考图 5, 成形层 502 和邻近的如氧化铝的非磁性材料层 504 形成在基板 (未示出) 上。这些可以通过本领域技术人员熟悉的工艺形成, 并可以包括使用光刻胶掩模 (未示出) 的光刻工艺, 溅射沉积导电籽晶 (seed) 层和电镀成形层 502。成形层 502 由如 NiFe 的材料构成。

然后可以沉积第一层磁性写入极材料 506, 例如通过电镀。优选该层写入极材料为高磁饱和度低矫顽力材料, 并优选由如 CoFe、NiFe 或它们的合

金的高磁性饱和材料（高 B_{sat} ）与分散在其间的如 Cr,Ru 等的非磁性膜的叠层形成。然后在第一层 506 的顶部沉积第二层写入极材料 508。该第二层 508 可以是比第一层 506 更容易通过反应离子腐蚀去除的磁性材料。

接着可以沉积一层 Ta，随后形成如光刻胶的掩模 512。如图 5 所示，掩模 512 的前边缘终止于所需的锥形终止点并且掩模从此向后延伸。

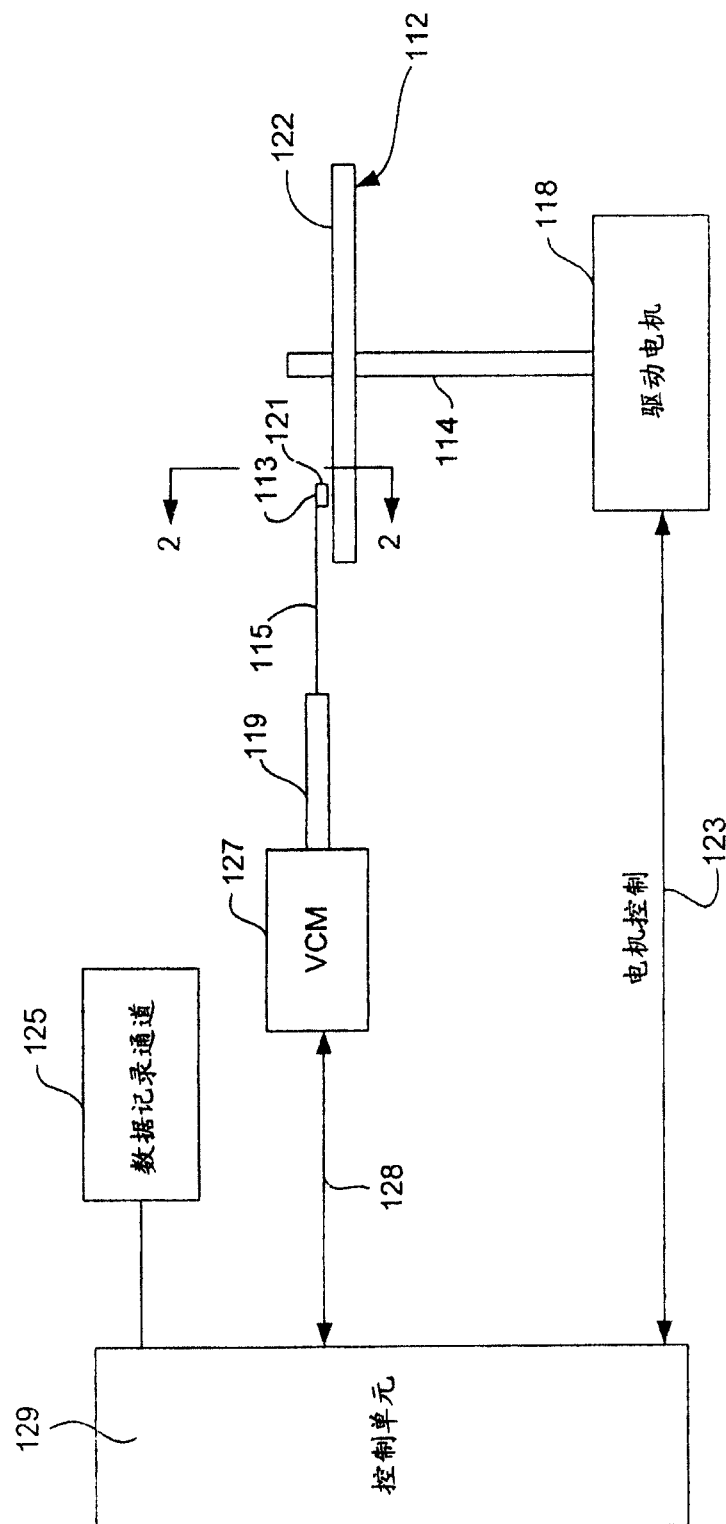
参考图 6，可以进行 RIE 工艺以去除 Ta 层 510 和 508 的部分。优选以所示的角度进行 RIE 工艺，由此掩模的阴影效应将促进也在图中示出的材料的锥形去除。由于上述原因，第一磁极层 506 由不易被 RIE 去除的材料构成，当达到该表面时，表面趋向平坦，并且在此点 RIE 工艺应该停止。

参考图 7，去除掩模 512 并沉积写入间隙层 702 和金刚石型碳（DLC）704 的连续的薄层。写入间隙材料可以是几种非磁性材料，并优选为氧化铝。可以通过溅射沉积来沉积写入间隙层 702 和 DLC 704。此后通过如籽晶层溅射的工艺沉积一层相对更厚的磁性屏蔽材料 706，例如 NiFe。然后可进行化学机械抛光工艺 CMP 708，使用 DLC 层 704 作为 CMP 的停止层，由此 CMP 工艺 708 结束在所需的水平面 710。

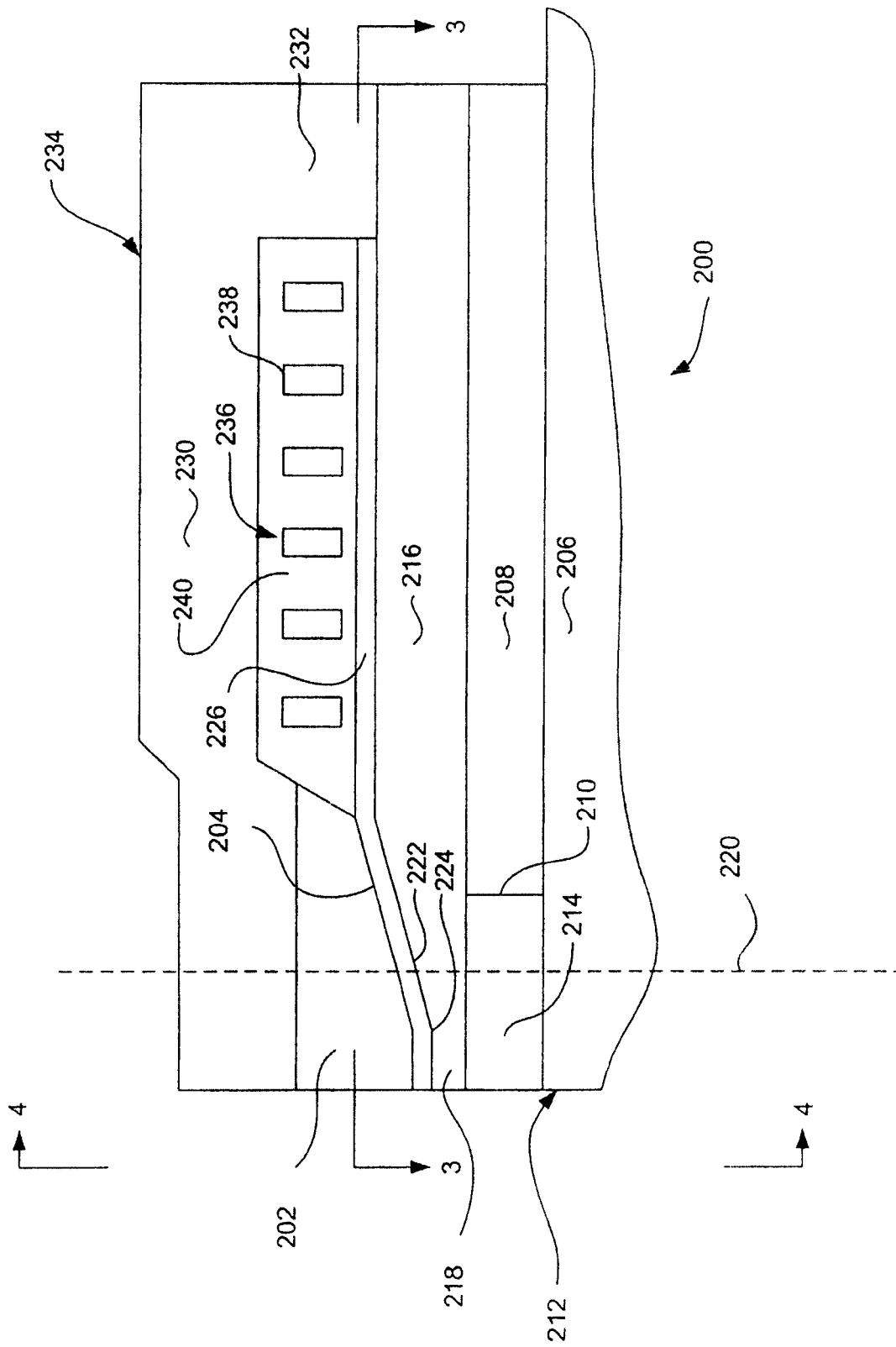
参考图 8，然后返回极 230 可以由例如 NiFe 的磁性材料构成。尽管在图 8 中不能看到，但返回极 230 横向上比屏蔽 202 或写入极端 218 宽得多。

参考图 9 和 10，锥形屏蔽 902 的实施例可以包括横向延伸的张开或翼 904。该张开 904 对降低可能干扰磁介质 112（图 1）上数据的邻近轨道的侧面写入是有益的。为获得最佳性能，该侧向延伸的张开或翼 904 优选沉积在锥形线的前面（即更靠近 ABS）。

虽然上面已经描述了各种实施例，但是应该理解它们仅用于举例示出，而不作为限制。其它的落入本发明范围的变化和实施例毫无疑问对本领域技术人员是显而易见的。例如，尽管本发明参考具有形成在写入极上（即尾部）的返回极的写入器来描述，但本发明也可以实施在具有在写入极下（即前部）的返回极的垂直写入元件。因此，优选实施例的外延和范围不应由任何上述说明性实施例限制，而应该根据下面的权利要求及其等同物限定。



一
四



2

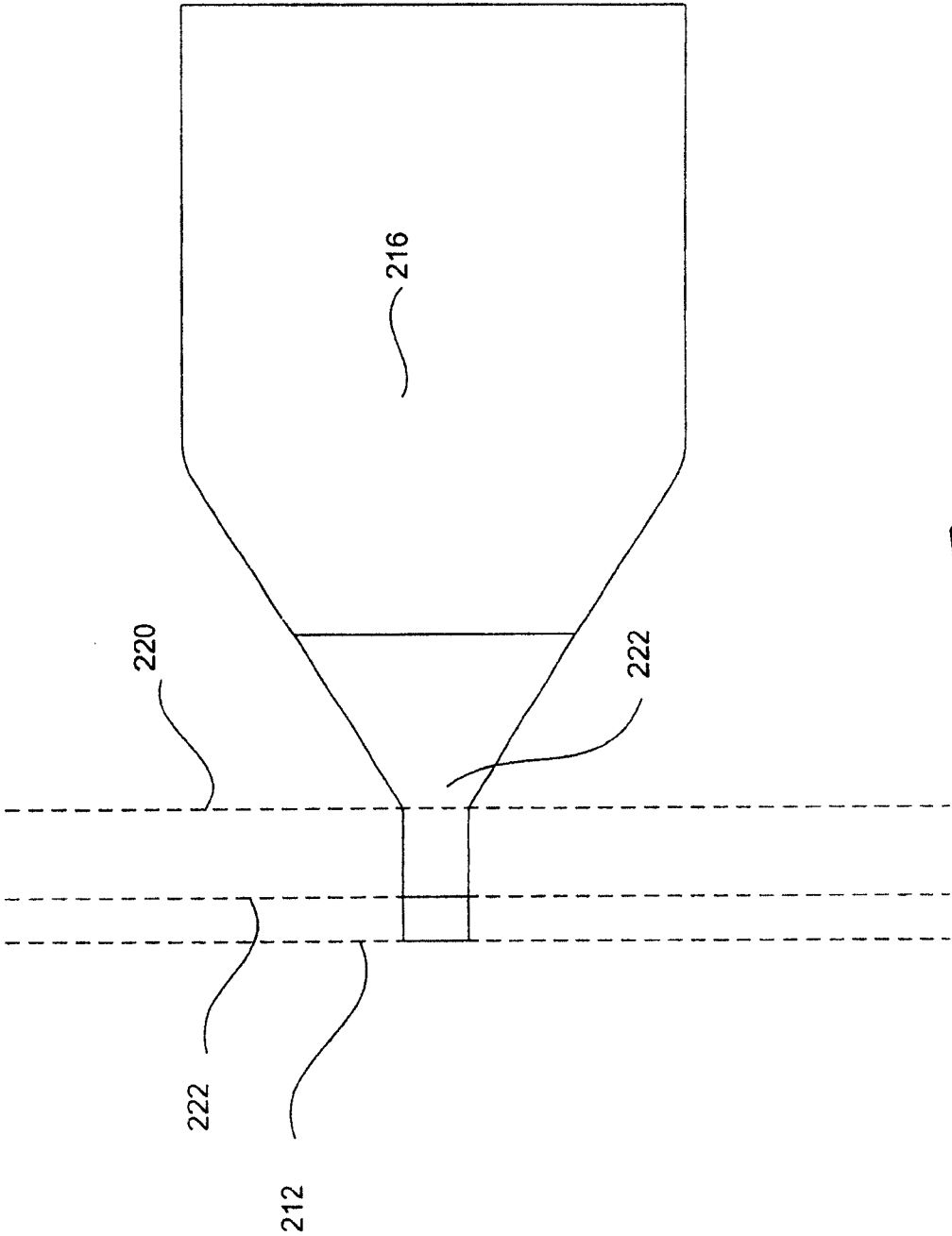


图 3

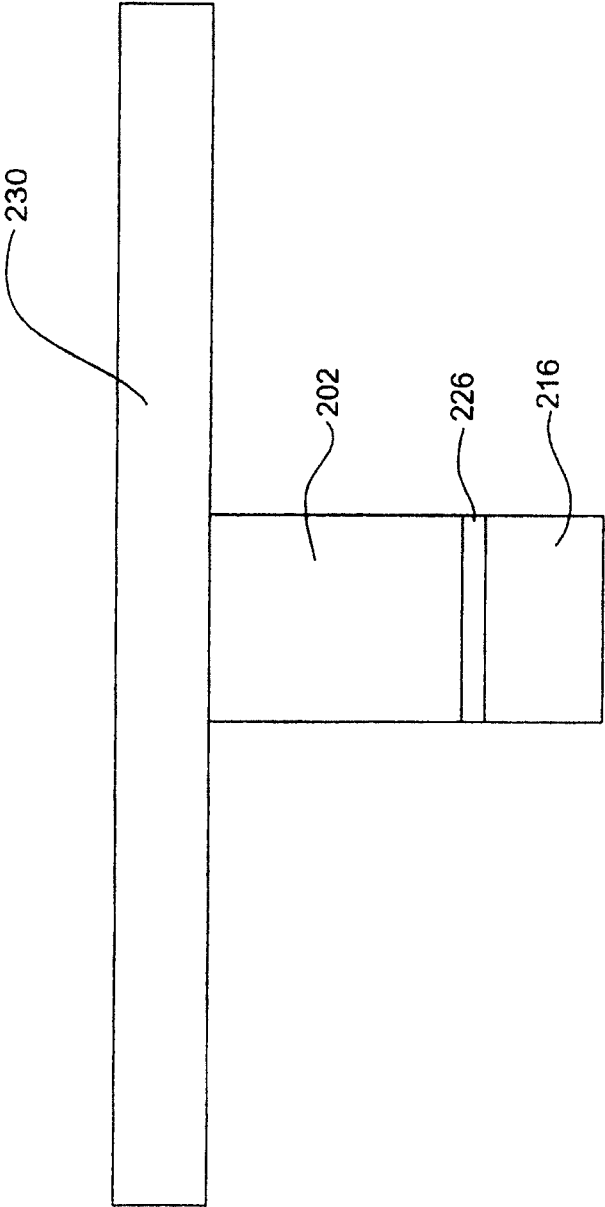


图 4

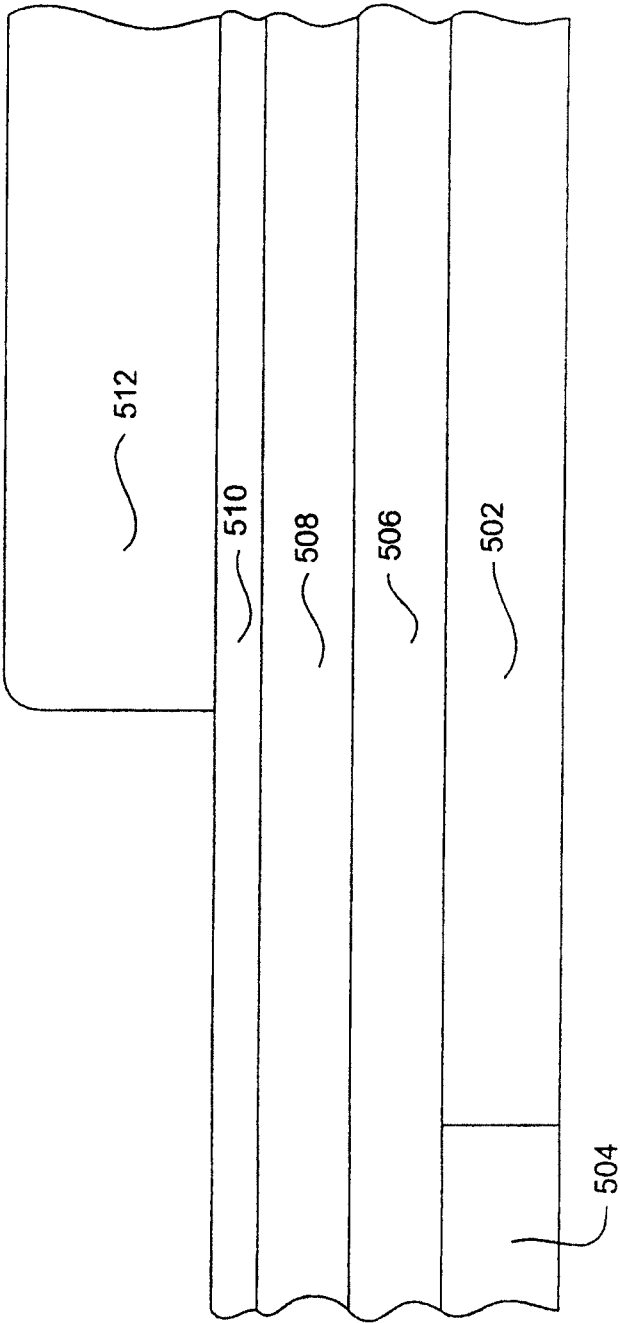


图 5

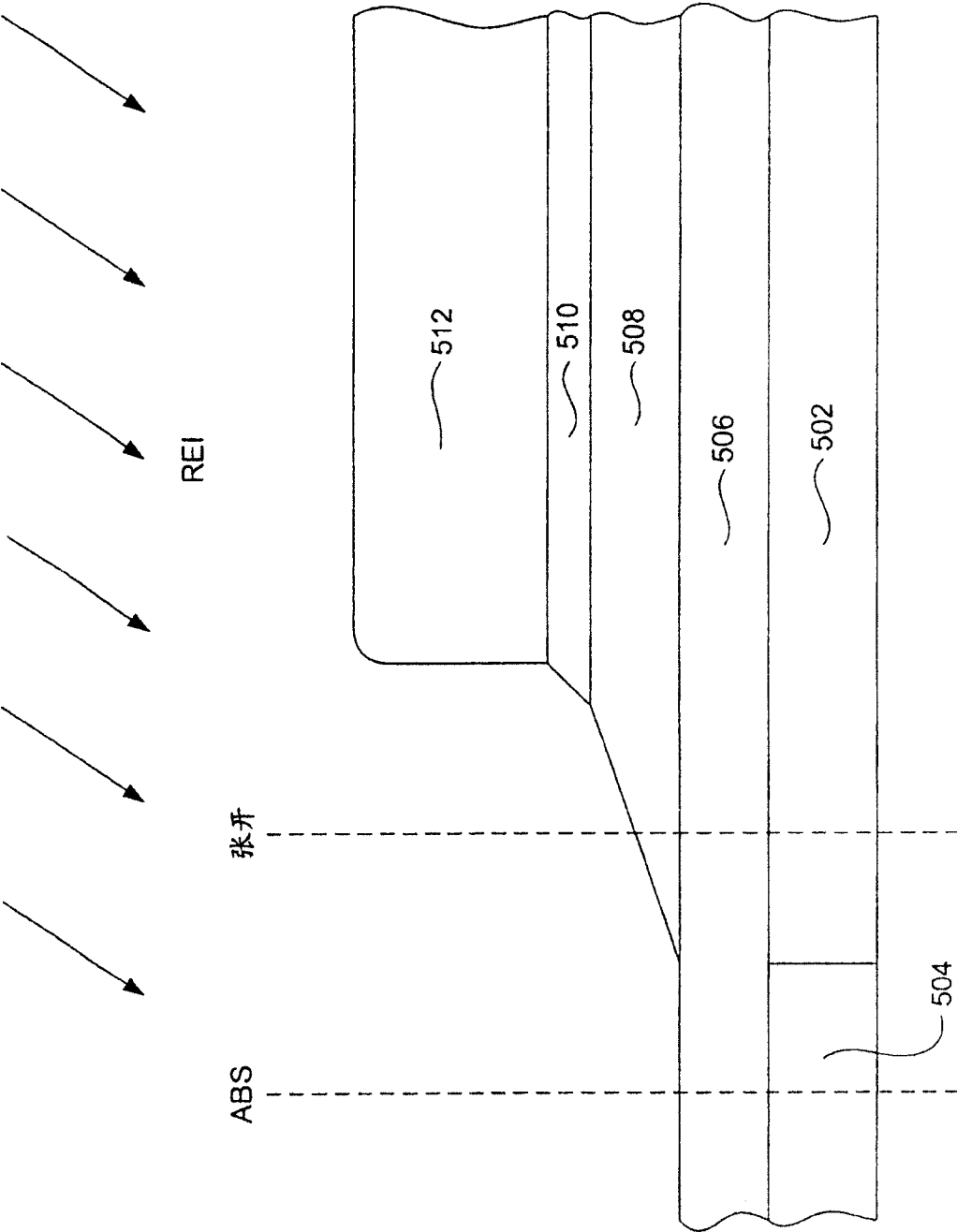
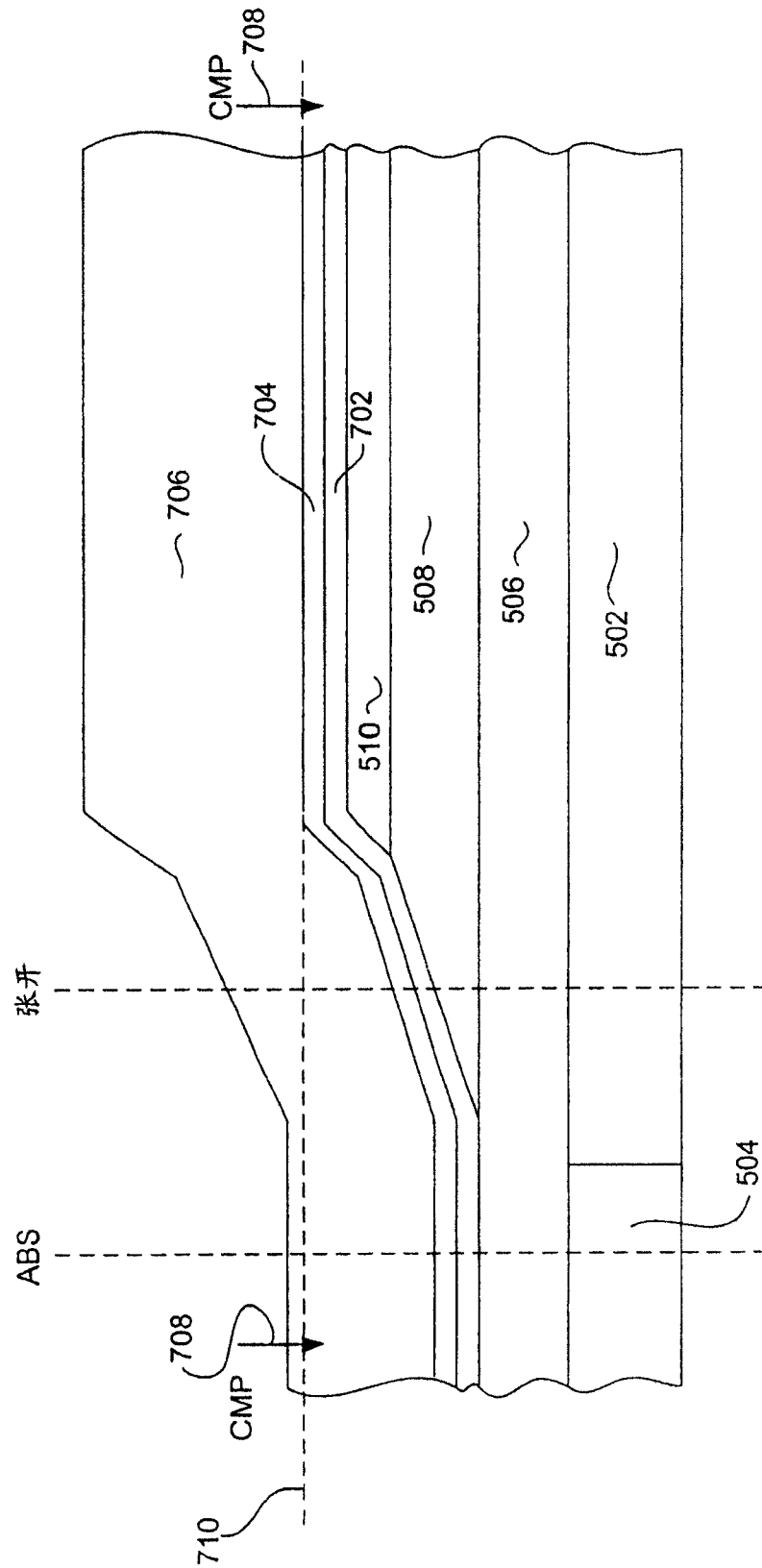


图 6



7
圖

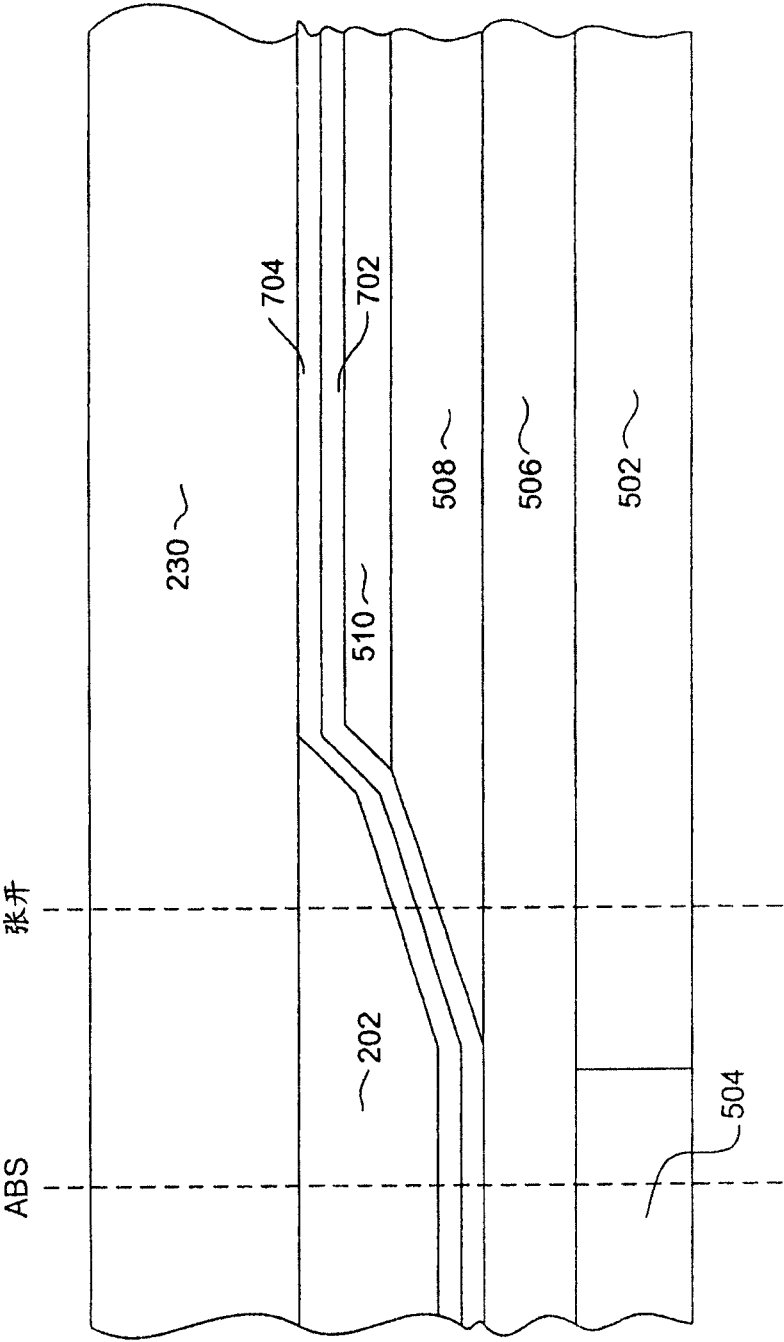


图 8

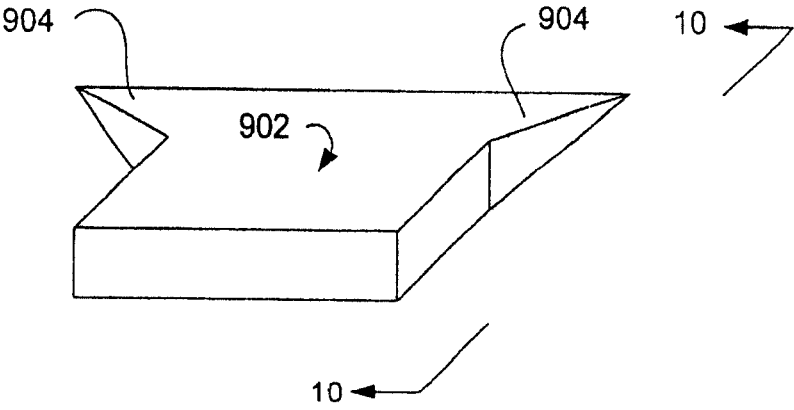


图 9

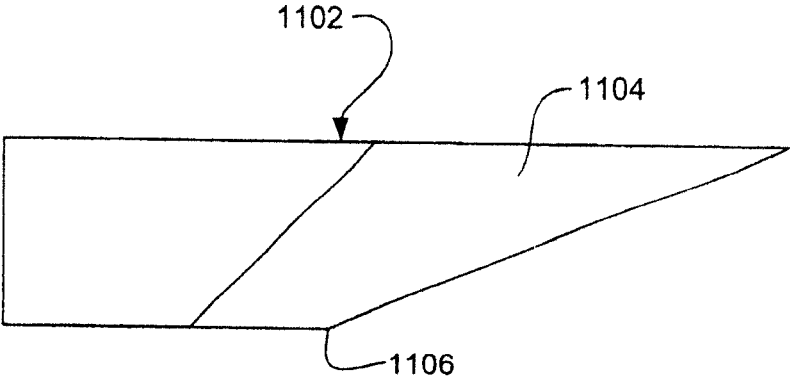


图 10