[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[6]
G11B 5/23
G11B 5/31

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 99106498.4

[43]公开日 1999年12月8日

[11]公开号 CN 1237755A

[22]申请日 99.5.14 [21]申请号 99106498.4
[30]优先权
[32]98.5.29 [33]US [31]09/087,322
[71]申请人 国际商业机器公司
地址 美国纽约州
[72]发明人 小R·E·丰塔纳 S·S·P·帕金
曾庆骅

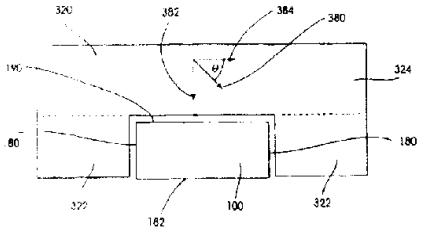
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 邹光新 王 岳

权利要求书4页 说明书16页 附图页数13页

[54]发明名称 有纵向和横向偏压的磁隧道结磁阻读出磁头

[57]摘要

一个磁隧道结磁阻读取磁头，具有放置在隧道势垒层的相对的两侧的固定铁磁 层和传感铁磁层，以及围绕着传感铁磁层的偏置铁磁层。一个电绝缘层将偏置 层和传感层的边缘分隔开。偏置层是一个连续边界的偏置层，可以将传感层的 三个边缘包围起来。可以将偏置层磁矩选择为与传感层的长边缘成一定角度。这样偏置层可同时提供为磁头提供线性响应的横向偏置场，以及用来稳定磁头 的纵向偏置场。偏置层还可以用分立的侧向部分和后向部分构成。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1. 一种与传感电路相连的磁隧道结器件，用来探测器件内电阻的变化，该器件包括:

一个衬底;

一个做在衬底上的第一导电引线;

一个做在第一引线上的磁隧道结叠层，包括一个在没有外加磁场的情况下具有固定磁矩的固定铁磁层，一个与固定铁磁层相接触的绝缘隧道势垒层，以及一个与绝缘隧道势垒层相接触的传感铁磁层，传感铁磁层一般为矩形，有一个长的后向边缘和两个相对的、短一些的侧向边缘;

一个与磁隧道结叠层相接触的第二导电引线;

一个做在衬底上、围绕着传感铁磁层的上述后向和侧向边缘并与该后向和侧向边缘分隔开的偏置铁磁层，偏置铁磁层的磁矩用来在没有外加磁场的情况下将传感铁磁层的磁矩偏置在一个优选的方向;

一个将偏置铁磁层和传感铁磁层在传感铁磁层的上述后向和侧向边缘处分开、彼此不接触的电学绝缘层;

据此，当把电引线与传感电路相连后，垂直流过上述叠层的各层的电流的电阻由固定和传感铁磁层的磁矩的相对取向决定，并且传感电流可避免旁路进入上述偏置铁磁层。

2. 根据权利要求 1 的器件，其中偏置铁磁层的磁矩在该层的平面内，其取向在大于-90 度小于+90 度之间，其中 0 度与一般平行于通常为矩形的传感铁磁层的后向边缘的纵向方向一致，并且沿着在没有外加磁场的情况下传感层的磁矩方向。

3. 根据权利要求 1 的器件，其中固定和传感铁磁层的磁矩的取向，在没有外加磁场的情况下一般是彼此正交的。

4. 根据权利要求 1 的器件，其中绝缘层还将偏置铁磁层与至少一个上述引线电绝缘。

5. 根据权利要求 1 的器件，其中第一电引线是底部引线，磁隧道结叠层做在衬底上使得固定铁磁层与第一电引线是导通的，第二电引线是顶部引线，与传感铁磁层是电接触的。

6. 根据权利要求 1 的器件，其中第一电引线是底部引线，磁隧道结叠层做在衬底上

使得传感铁磁层与第一电引线是导通的，第二电引线是顶部引线，与固定铁磁层是电接触的。

7. 根据权利要求 1 的器件，其中上述叠层的所有层一般都采用同样的、具有相邻侧向边缘的矩形。

8. 根据权利要求 1 的器件，其中磁隧道结叠层还包括一个与固定铁磁层相接触的反铁磁层，用于通过界面交换耦合将固定铁磁层的磁矩固定在优选的方向上。

9. 根据权利要求 1 的器件，其中偏置铁磁层由包含 Co，Pt 和 Cr 的合金做成。

10. 根据权利要求 1 的器件，其中偏置铁磁层包括一个铁磁薄膜和一个与第一铁磁薄膜

相接触并进行界面交换耦合的反铁磁薄膜。

11. 根据权利要求 10 的器件，其中铁磁薄膜由一种 Ni 和 Fe 的合金构成，而其中的反铁

磁薄膜由一种 Ni 和 Mn 的合金构成。

12. 根据权利要求 1 的器件，其中的偏置铁磁层包括两个分别位于传感铁磁层的两个侧向边缘附近的侧向区和一个位于传感铁磁层的上述后向边缘附近的后向区，其中的绝缘层还将两个侧向区与后向区分开。

13. 根据权利要求 12 的器件，其中侧向区的磁矩的取向与后向区的磁矩的取向不同。

14. 一种用来探测记录在磁性媒质上的数据的磁隧道结磁阻读取磁头，磁头具有与媒质面对的传感表面，包括：一个衬底；

一个做在衬底上的固定铁磁层，固定铁磁层的磁化方向固定地沿着一般与传感表面垂直的方向，使得在有来自于媒质的外加磁场情况下，磁化方向基本上不旋转；

一个位于固定铁磁层之上并与其接触的绝缘隧道势垒层；

一个位于隧道势垒层之上并与其接触的传感铁磁层，其磁化取向沿着一般与传感表面平行的优选方向，并且一般地与没有外加磁场时的固定铁磁层的磁化方向垂直，而且在存在来自于媒质的外加磁场的情况下，磁化方向可自由旋转，传感铁磁层一般为矩形，其长的传感边缘与传感表面平行，其长的后向边缘与传感边缘平行，以及两个短一些的、相对的侧向边缘；

一个做在衬底上、围绕着传感铁磁层的上述后向和侧向边缘并与该后向和侧向边缘分隔开的偏置铁磁层，用来在没有外加磁场的情况下将传感铁磁层的磁化方向偏置在上述优选的方向；

一个位于偏置和传感铁磁层之间的、用来将偏置层和传感层绝缘的一个电绝缘层；

一对电引线，每个引线分别与固定层和传感层之一相连，并且通过绝缘层与偏置层电绝缘，据此，当传感电流流经两个引线之间时，电流通常垂直穿过绝缘隧道势垒层而不进入偏置层。

15. 根据权利要求 14 的磁头，还包括一个与固定铁磁层相接触的反铁磁层，其通过界面交换耦合来固定固定铁磁层的磁化方向。

16. 根据权利要求 14 的磁头，其中电引线的第一个做在衬底上，并且其中的反铁磁层做在衬底上，位于衬底和固定铁磁层之间，固定铁磁层做在反铁磁层之上并与其相接触，据此，固定铁磁层的磁化方向可通过与反铁磁层的界面交换耦合来固定。

17. 根据权利要求 14 的磁头，其中电引线的第一个做在衬底上，并且其中的传感层位于第一引线和绝缘隧道势垒层之间。

18. 根据权利要求 14 的磁头，其中的固定铁磁层，隧道势垒层和传感铁磁层做成一个叠层，固定铁磁层和隧道势垒层的边缘与传感铁磁层的矩形边缘基本上是共面的，其中的绝缘层将上述叠层与偏置铁磁层和上述电引线绝缘。

19. 根据权利要求 14 的磁头，其中偏置铁磁层的磁化方向在该层的平面内，其取向在大于-90 度和小于+90 度之间，其中，0 度与一般平行于通常为矩形的传感铁磁层的后向边缘的纵向方向一致，并且沿着在没有外加磁场的情况下传感层的磁化方向。

20. 根据权利要求 14 的磁头，其中的偏置铁磁层由包含 Co，Pt 和 Cr 的合金做成。

21. 根据权利要求 14 的磁头，其中偏置铁磁层包括一个铁磁薄膜和一个与第一铁磁薄膜相接触并进行界面交换耦合的反铁磁薄膜。

22. 根据权利要求 20 的磁头，其中铁磁薄膜由一种 Ni 和 Fe 的合金构成，而其中的反铁磁薄膜由一种 Ni 和 Mn 的合金构成。

23. 根据权利要求 14 的磁头，其中的偏置铁磁层包括两个分别位于传感铁磁层的两个侧向边缘附近的侧向区和一个位于传感铁磁层的上



述后向边缘附近的后向区，其中的绝缘层还将两个侧向区与后向区分开。

24. 根据权利要求 23 的磁头，其中侧向区的磁矩的取向与后向区的磁矩的取向不同。

说　明　书

有纵向和横向偏压的磁隧道结磁阻读出磁头

本申请与序列号为 09/087,553，题目为“其自由铁磁层带有叠层内偏置的磁隧道结存储单元和采用该单元的存储阵列”和序列号为 09/087,334，题目为“带有叠层内偏置的磁隧道结磁阻传感器”的申请有关，二者都是和本申请同时提交的。

本发明一般地与磁隧道结（MTJ）器件有关，更具体地，与用做读取磁记录数据的磁阻（MR）磁头的带有纵向和横向偏置的 MTJ 器件有关。

一个磁隧道结（MTJ）器件包括两个由一个薄的绝缘隧道势垒层分开的铁磁层并基于自旋极化电子隧穿现象。其中的一个铁磁层在外加磁场的一个方向上具有较高的饱和场强，典型情况下是由于其矫顽力比另一个铁磁层要高。绝缘隧道势垒层足够薄使得在两个铁磁层之间可以发生量子力学隧穿。隧穿现象与电子自旋有关，使得 MTJ 的磁响应是两个铁磁层的相对取向和自旋极化的函数。

MTJ 器件最初曾被建议用做固态存储器的存储单元。MTJ 存储单元的状态通过测量当传感电流从一个铁磁层垂直通过 MTJ 到达另一个铁磁层时的 MTJ 电阻来确定。载流子隧穿通过绝缘隧道势垒层的几率决定于两个铁磁层的磁矩（磁化方向）的相对准直。隧穿电流是自旋极化的，意即从铁磁层之一，比方说，该层的磁矩是固定的或不旋转的，流过的电流主要由一种自旋类型的电子构成（自旋向上或向下，视铁磁层的磁矩取向而定）。隧穿电流自旋极化的程度由位于铁磁层和隧道势垒层界面处构成铁磁层的磁性材料的电子价带结构决定。因此第一个铁磁层相当于一个自旋滤波器。载流子隧穿的几率取决于具有和第二个铁磁层中的电流的自旋极化一样的自旋极化的电子态的多少。通常，如果第二个铁磁层的磁矩和第一个铁磁层的磁矩平行，那么可用的电子态就比第二个铁磁层的磁矩和第一个铁磁层的磁矩反平行时要多。这样，当两层的磁矩平行时载流子的隧穿几率最高，而当磁矩反平行时最低。当磁矩的取向既不是平行也不是反平行时，隧穿几率取中间值。因此，MTJ 存储单元的电阻取决于电流的自旋极化和两个铁磁层中的电子态。结果，其磁化方向没有唯一固定的铁磁层的两种可能的磁化方向就定义了存储单元的两种可能位状态（0 或 1）。

磁阻（MR）传感器通过一个由磁性材料制成的传感元件的阻抗变化来探测磁场信号，阻抗变化是传感元件感受到的磁通量的强度和方向的函数。通常的 MR 传感器，例如那些在磁记录磁盘驱动器中做为 MR 读出磁头用来读取数据的传感器，其工作是基于体磁性材料的各向异性磁阻（AMR）效应，典型的材料是坡莫合金（$Ni_{81}Fe_{19}$）。读取元件电阻的一个分量随着读取元件的磁化方向和通过读取元件的传感电流的方向之间的夹角的余弦的平方而变化。记录的数据可从磁性介质进行读取，例如磁盘驱动器中的磁盘，因为由磁性记录介质产生的外部磁场（信号场）使得读取元件中的磁化方向发生改变，进而引起读取元件的电阻的变化及相应的传感电流或电压的变化。在传统的 MR 读取磁头中，与 MTJ 器件相反，传感电流的方向与读取元件中的铁磁层平行。

也曾经建议将 MTJ 器件用做磁记录的磁阻（MR）读取磁头，如美国专利 No. 5,390,061 中所介绍的。但是，采用这种 MR 磁头的问题之一，在于开发一种合适的结构使得器件的输出信号与磁记录介质产生的磁场强度成线性关系并且是一种磁稳定器件。为了得到具有线性响应的 MTJ 器件非常困难，因为，不象 AMR 传感器，电流垂直通过铁磁层和隧道势垒，这样就没有给铁磁传感层提供任何横向偏置场。这样，为了使 MTJ 传感器对探测场具有线性响应，就必须采取另外的手段给 MTJ 传感器的铁磁传感层提供合适的横向偏置。另外，还必须采取措施保证铁磁传感层保持在单一磁畴状态。如果不采取这种措施，在铁磁传感层内可能形成多磁畴状态，这样会产生噪声进而降低器件的信噪比特性，并且，可能导致器件对探测场的响应不具有复现性。通过提供纵向偏置场可将器件稳定在一个基本上单一的磁畴状态。IBM 的美国专利 No. 5,729,410 介绍了一种采用铁磁材料对传感铁磁层进行纵向稳定或偏置的 MTJ MR 读取磁头，其中偏置材料放置在 MTJ 叠层的外面并通过电绝缘材料与叠层分开。

所需要的 MTJ MR 读取磁头是，可通过控制横向偏置场得到线性输出信号并通过纵向偏置场提供稳定的输出信号来对其性能进行优化。

本发明是一个 MTJ MR 读取磁头，它具有放置在隧道势垒层的相对的两侧的一个固定铁磁层和一个通常为矩形的传感铁磁层，以及围绕着传感铁磁层的侧边缘和后边缘的偏置铁磁层。一个电绝缘层将偏置层和传感层的边缘分隔开。偏置层是一个连续边界的偏置层，它具有侧向部

分和后向部分，可以将传感层的三个边缘包围起来。当偏置层是一个具有邻接的侧向部分和后向部分的单层时，可以将其磁矩选择为与传感层的长边成一定角度。这样偏置层可同时提供用来补偿施加在传感层上的横向铁磁耦合和静磁耦合场以便为 MTJ MR 读取磁头提供线性响应的横向偏置场，以及用来稳定磁头的纵向偏置场。偏置层还可以用分立的侧向部分和后向部分构成。分立的侧向部分可能具有与后向部分的磁矩不同方向的磁矩取向，以便提供正确组合的横向和纵向偏置场。

为了更全面地理解本发明的实质和优点，可以参考下面连带附图给出的详细介绍。

图 1 是用于根据本发明的 MTJ MR 读取磁头的传统磁记录磁盘驱动器的简化方块图。

图 2 是图 1 中的磁盘驱动器去掉顶盖后的顶视图。

图 3 是传统的集成式感应写入磁头/MR 读取磁头的垂直横截面，MR 读取磁头放置在屏蔽层中间并与感应写入磁头相邻。

图 4 是用于根据本发明的 MTJ MR 读取磁头的磁隧道结层和导电引线的横截面。

图 5A 和图 5B 是现有技术的 MTJ 读取磁头的顶视图和横截面图，在 MTJ 器件的左侧和右侧具有彼此电绝缘的纵向偏置区。

图 6 是图 5 中的现有技术的 MTJ 读取磁头的顶视图，示出了 MTJ 读取磁头相对于空气轴承表面的布置。

图 7 示出了由钉住的或固定的铁磁层施加在 MTJ 传感层上的铁磁耦合场和静磁耦合场。

图 8 是本发明的 MTJ MR 读取磁头的顶视图，它在隧道结的三个侧面带有可提供纵向和横向偏置场的铁磁偏置区。

图 9 是本发明的 MTJ MR 读取磁头的顶视图，它在隧道结的三个侧面带有分离的铁磁偏置区，其中在隧道结后向边缘的一个偏置区提供横向偏置场，而在隧道结侧向的分离部分提供一个纵向偏置场。

图 10A 到 10E 示出了根据图 8 的本发明的 MTJ MR 读取磁头的制作步骤。

图 11A 到 11E 示出了根据图 9 的本发明的 MTJ MR 读取磁头的制作步骤。

首先参照图 1，其中示出了一类采用 MR 传感器的现有技术磁盘驱动器的示意剖视图。磁盘驱动器包括一个基座 10，其上固定了一个磁盘驱动器马达 12 和一个传动器 14，和一个顶盖 11。基座 10 和顶盖 11 为磁盘驱动器提供了一个基本上密封的空间。典型情况下，在基座 10 和顶盖 11 之间有一个密封圈 13，并且有一个小通气孔（没有示出），用来平衡磁盘驱动器内部和外部环境的压强。通过机芯 18 将磁记录磁盘 16 和驱动器马达 12 相连，磁盘与机芯相连后，可以通过驱动器马达 12 来转动。在磁盘 16 的表面敷上一层薄的润滑膜 50。在托架，例如一个空气轴承滑动器 20 的尾端做一个读取/写入磁头或转换器 25。转换器 25 是一个包括一个感应写入磁头区和一个 MR 读取磁头区的写入/读取磁头，将根据图 3 对其进行介绍。滑动器 20 通过一个刚性臂 22 和悬架 24 与传动器 14 相连。悬架 24 提供一个将滑动器 20 推到记录磁盘 16 的表面的偏置力。在磁盘驱动器运行的过程中，驱动器马达 12 以固定速度将磁盘 16 转动，并且传动器 14，典型地是一个直线型或环形的音圈马达（VCM），一般沿径向移动滑动器 20，使其横穿磁盘 16 的表面，这样读取/写入磁头 25 就可以接触到磁盘 16 的不同数据道。

图 2 是去掉顶盖 11 后的磁盘驱动器的内部的顶视图，更详细地示出了悬架 24，它提供的力将滑动器 20 推向磁盘 16。悬架可以是传统类型的悬架，例如众所周知的 Watrous 悬架，如 IBM 的美国专利 No. 4,167,765 中所介绍的。这种类型的悬架还为滑动器提供用万向架固定的连接，使得滑动器悬在空气轴承上可以俯仰和左右摇摆。由转换器 25 从磁盘 16 上探测的数据被装在臂 22 上的集成电路芯片 15 中的信号放大和处理电路处理成一个数据读回信号。转换器 25 的信号通过软电缆 17 传给芯片 15，芯片 15 将其输出信号通过电缆 19 送给磁盘驱动器的电子线路（没有示出）。

图 3 是一个集成的读取/写入磁头 25 的横截面示意图，它包括一个 MR 读取磁头区和一个感应写入磁头区。磁头 25 通过抛光形成一个空气轴承表面（ABS），如上面所讨论的，ABS 通过空气轴承与旋转磁盘 16（图 1）的表面隔开。读取磁头包括一个夹在第一和第二间隙层 G1 和 G2 之间的 MR 传感器 40，它们又夹在第一和第二磁屏蔽层 S1 和 S2 之间。在传统的磁盘驱动器中，MR 传感器是一个 AMR 传感器。写入磁头包括一个线圈层 C 和绝缘层 12，它们夹在绝缘层 11 和 13 之间，这两个绝缘层

又夹在第一和第二极片 P1 和 P2 之间。在靠近 ABS 的两个极片的极端处，在第一和第二极片 P1，P2 之间夹着一个间隙层 G3，用来提供一个磁隙。在写入过程中，信号电流导入线圈层 C 中，将磁通量感应到第一和第二极层 P1，P2 中，使得磁通量集中在 ABS 处的极端附近。在写操作中，该磁通量可将转动磁盘 16 的环形道磁化。在读操作中，转动磁盘 16 上的磁化区将磁通量导入读取磁头的 MR 传感器 40 中，使得 MR 传感器 40 的阻抗发生改变。这些阻抗变化可通过检测 MR 传感器 40 中的电压变化而加以探测。电压变化经芯片 15（图 2）处理后驱动电子线路并转换成用户数据。图 3 所示的组合磁头 25 是一个“合并”式磁头，其中读取磁头的第二屏蔽层 S2 被用做写入磁头的第一极片 P1。在一个驮背式磁头（未示出）中，第二屏蔽层 S2 和第一极片层 P1 是分开的。

上面关于典型的带有 AMR 读取磁头的磁记录磁盘驱动器的介绍，以及附图 1 到 3，只是为了说明的目的。磁盘驱动器可能包括许多磁盘和传动器，每个传动器可支持许多滑动器。另外，磁头托架可不采用空气轴承滑动器，而是采用一种可以使磁头与磁盘保持接触或接近接触的滑动器，例如液体接触或其它类型的接触或接近接触的记录磁盘驱动器。

图 4 示出了一个带有用来代替图 3 中的读取/写入磁头 25 中的 MR 传感器 40 的 MTJ 传感器的现有技术的 MTJ MR 读取磁头。在一个合适的衬底 9 上形成了一个底部电引线 102。衬底可以是间隙层 G1 或者引线 102 可以直接在磁屏蔽层 S1 上形成。然后在底部电引线 102 和顶部电引线 104 之间以叠层的方式形成 MTJ100. 顶部电引线可以与屏蔽层 S2 电绝缘或者直接与屏蔽层 S2 相连以构成 MTJ 器件电子线路的一部分。

MTJ100 包括一个第一或底部电极多层叠层 110，一个绝缘的隧道势垒层 120，以及一个第二或顶部电极叠层 130。每个电极包括一个与隧道势垒层 120 直接连接的铁磁层，即铁磁层 118 和 132。

在电引线 102 上形成的电极叠层 110 包括一个做在引线 102 上的起始或“样板”层 112，一个做在样板层 112 上的一层反铁磁材料 116，以及一个做在下面的反铁磁层 116 之上并与反铁磁层交换耦合的“固定”铁磁层 118。铁磁层 118 被称为固定层是因为在所需要的范围内存在外加磁场时，它的磁矩或磁化方向不会转动。顶部电极叠层 130 包括一个“自由的”或“传感”铁磁层 132 和一个形成在传感层 132 之上的保护或覆盖层 134。传感铁磁层 132 不与一个反铁磁层交换耦合，因此当在

所需要的范围内存在外加磁场时，它的磁化方向可以自由旋转。传感铁磁层 132 的制作使得在没有外加磁场的情况下，它的磁矩或磁化方向（由箭头 133 示出）的取向一般与 ABS 平行（ABS 是一个与图 4 中的纸面平行的平面；又见图 3）并且一般地与固定铁磁层 118 的磁化方向垂直。正好位于隧道势垒层 120 下面的电极叠层 110 中的固定铁磁层 118，通过与其下面紧挨着的反铁磁层 116 发生界面交换耦合而使其磁化方向固定，该固定铁磁层也是底部电极叠层 110 的一部分。固定铁磁层 118 的磁化方向的取向一般与 ABS 垂直，即从图 4 中的纸面穿出或进入纸面（如箭头末端 119 所示）。

图 5A 和图 5B 分别示出了图 4 中的 MTJ MR 读取磁头的剖视图和顶视图，其中另外加了一个对传感铁磁层 132 的磁化进行纵向偏置的偏置铁磁层 150，和一个将偏置层 150 与传感铁磁层 132 和 MTJ 100 的其它层分开和隔离的绝缘层 160。图 5A-B 中的器件在 IBM 的美国专利 No. 5,729,410 中有更详尽的介绍。偏置铁磁层 150 由硬磁性材料，例如 CoPtCr 合金构成，其磁矩（由箭头 151 示出）与没有外加磁场时传感铁磁层 132 的磁矩 133 准直在同样的方向上。绝缘层 160，优选地为氧化铝（Al_2O_3）或氧化硅（SiO_2），其厚度足以将偏置铁磁层 150 与 MTJ 100 和电引线 102，104 电绝缘，但仍然薄到允许和传感铁磁层 132 发生静磁耦合。偏置铁磁层 150 的乘积 M*t（其中 M 是铁磁层中的材料单位面积的磁矩，t 是铁磁层的厚度）必须比传感铁磁层 132 的 M*t 大或相等，才能保证稳定的纵向偏置。由于传感铁磁层 132 通常使用的 $Ni_{(100-x)}$-$Fe_{(x)}$（x 约为 19）的磁矩约为适合于偏置铁磁层 150 的典型硬磁性材料，例如 $Co_{75}Pt_{13}Cr_{12}$ 的磁矩的两倍，偏置铁磁层 150 的厚度至少约为传感铁磁层 132 的厚度的两倍。

图 6 同样是图 5B 中所示的 MTJ MR 磁头的顶视图，但它示出了 MTJ 磁头相对于 ABS 的配置。虚线 161 代表 ABS 以及 MTJ MR 磁头做好后各层与其搭接的那根线。MTJ 100 被画成一个宽度 TW 的条带，与磁盘上记录数据的道宽相适应，搭接后的最终条带高度为 SH。记录数据道的宽度典型情况下比 TW 要宽。注意到为了清楚的目的我们参照了 MTJ 传感器的边缘，其上淀积了作为左侧和右侧边缘 180 的纵向偏置区 150。

传感电流 I 从第一电极引线 102 流出，垂直穿过反铁磁层 116，固定铁磁层 118，隧道势垒层 120，以及传感铁磁层 132，然后通过第二

电极引线 104 流出。如前所述。穿过隧道势垒层 120 的隧道电流的大小是与隧道势垒层 120 相邻并与其接触的固定和传感铁磁层 118，132 的相对磁化取向的函数。由记录数据产生的磁场使得传感铁磁层 132 的磁化方向转动偏离方向 133，即要么进入要么穿出图 4 中的纸面。这就改变了铁磁层 118，132 的磁矩的相对取向因而改变了隧道电流的大小，这种改变反映在 MTJ 100 电阻中的变化。这种电阻的变化被磁盘驱动器的电子线路探测并处理成从磁盘读回的数据。这种传感电流由于电学绝缘层 160 而无法到达偏置铁磁层 150，该绝缘层还将偏置绝缘层 150 与电引线 102，104 绝缘。

图 5A-5B 和图 6 中纵向偏置区 150 的存在使得 MTJ 铁磁传感层基本上稳定在单一磁畴状态。如果没有偏置区 150，那么出现在传感层 132 的边缘 180 处的磁极非常有可能导致在这些边缘处形成闭合磁畴。传感层的多磁畴状态将进一步产生噪声以及对本来同样的探测场产生无法重复的信号。

优选实施例

纵向偏置区可消除闭合磁畴以保证 MTJ 读取磁头的正常工作，除此之外，还有一个要求就是在外加的探测场中磁头的响应是线性的。这一点可通过适当地横向偏置传感层 132 的磁矩来实现。在没有任何外加探测场的静态，MTJ 读取磁头的最佳配置是，传感层 132 的磁矩取向基本上与 ABS161 平行并且基本上与钉住的或固定的铁磁层 118 的磁矩垂直。固定铁磁层 118 的磁矩取向基本上与 ABS 垂直。在这些条件下，传感层的磁矩的安排使得 MTJ 器件对探测场具有最大的灵敏度，因为 MTJ 器件的隧道电导随着传感层 132 和固定层 118 的磁矩方向的夹角呈余弦变化。而且，在器件的隧道电导饱和之前，由外加探测场引起的传感层的磁矩的最大角偏，对探测场的方向平行于或反平行于 ABS 的法线的情形都是一样的。

如图 7 所示。传感层 132 具有一个面对 ABS 的前向边缘 182，一个后向边缘 190 和侧向边缘 180。在没有任何外加探测场时，传感层 132 的磁矩取向由作用在传感铁磁层上的净等效磁场决定。如图 7 中所示意的，这主要是传感层 132 和固定铁磁层 118 之间的任何铁磁耦合场 H_F 和主要由固定铁磁层的边缘 185 处的磁极产生的、作用在传感层上的静磁

耦合场 H_D 之间平衡的结果。另外，传感层 132 可表现出一定的磁各向异性，这样有利于传感层的磁矩沿传感层平面内的特定方向取向。这种磁各向异性可能来自于构成传感层的铁磁材料的固有磁晶各向异性，或者可能通过在磁场中淀积传感铁磁层或者通过由传感层中的应力（例如在 MTJ 器件的处理过程中引入的）产生的传感层的磁致伸缩而感生得到。另外，可能存在一定的、来自于传感层的自静磁场的磁形状各向异性。

静磁耦合场 H_D 可以通过改变固定铁磁层的厚度或磁矩来改变，或者通过采用反铁磁耦合的夹心结构来构成固定铁磁层来改变，这种夹心结构包括两个被一个薄的反铁磁耦合层分开的铁磁层，如 1997 年 7 月 16 日提交的，IBM 的未决申请 No. 08/895,118 中所介绍的。铁磁耦合场 H_F 可以通过在隧道势垒层 120 和铁磁传感层 132 之间引入一个薄的非铁磁层来改变，如 1996 年 11 月 27 日提交的，IBM 的未决申请 No. 08/758,614 中所介绍的。但是采用另外的非铁磁层将降低 MTJ 器件的磁性隧穿响应的幅度。而且这些方法需要一个可能更加难于制作的更复杂的 MTJ 器件 100，并且可能需要可能无法得到的用于附加层的附加淀积源。另外，传感层的磁矩（因而其厚度）可由记录的磁性比特（bit）的密度来固定，这样磁性记录读取磁头的性能为最佳。

在传统的 MR 器件中，有一个作用在铁磁传感层上的附加磁场，该磁场是由平行于磁性器件的各层的电流产生的。相反地，在 MTJ 器件中电流是垂直通过铁磁层的，因而在传感层上产生一个可忽略的横向磁场。这样，在 MTJ 器件中，需要一种提供附加的横向磁偏置场的机制，以保证 MTJ 器件的最佳偏置。如图 8 所示，这种横向偏置场由一个铁磁偏置层 320 提供，它在传感层 132 的左侧和右侧边缘 180 附近有纵向偏置区 322（如图 7 中所示），沿着离开 ABS 平面的后向边缘 190 有一个横向偏置区 324。偏置层 320 将被称为连续边界偏置（CBB）层。MTJ 器件 100 的传感层的前向边缘 182，即处在 ABS 处的边缘，没有被覆盖，这样由磁性介质中的记录单元产生的磁通量可以为传感层所探测。MTJ 传感器的前向边缘可以如图 8 中那样直接放置在 ABS 处或者可以从 ABS 凹进去，且通量可以通过通量导槽引导到传感器的凹进去的前向边缘。在后向边缘 190 采用附加偏置区 324 可以产生中等幅度的横向偏置场（沿着图 8 中箭头 382 所指示的方向）。另外，通过将 CBB 层 320 的磁矩的方向变斜、偏离薄膜平面内的 ABS，如图 8 中的箭头 380 所指示的，可

以给 MTJ 100 加上一个纵向偏置场（沿着图 8 中箭头 384 的方向）。通过适当调整倾斜角θ，由 CBB 层 320 产生的横向偏置场的幅度可以在一个特定的范围内任意变化，这样可以获得对加在 MTJ 铁磁传感层上的横向场 H_D 和 H_F 的更全面的补偿。同时，CBB 层 320 提供了足够的用来稳定 MTJ 传感器的纵向偏置场。磁矩的方向 380 可介于+/-90 度之间，其中 0 度对应于与矩形传感层 132 的长边平行的纯纵向方向并且与没有外加磁场时的传感层的磁矩方向一致。选取合适的角度θ可以同时保证用来补偿横向场以得到线性响应的横向偏置以及用于稳定的纵向偏置。

如图 9 所示，在另外一个实施例中，CBB 层 425 可以做成三个不同的部分，在 MTJ 100 的传感铁磁层的侧边的两个纵向偏置区 420，以及背面或后面的横向偏置区 425。纵向偏置场由 MTJ 100 的左侧和右侧边缘 180 处的偏置区 420 提供，但是在本实施例中处在后向边缘 190 处的偏置区被做成一个分立的区域 425。这样两个偏置区 420 和 425 的磁矩可以独立设计以提供强度和方向都合适的横向和纵向偏置场。在最简单的实施例中，横向和纵向偏置区 420 和 425 的磁矩的方向沿着一个共同的倾斜角取向，沿着图 9 中的箭头 480 所指示的方向。这样纵向和横向偏置场沿着图 9 中的箭头 484 和 482 所指示的方向。在另一个实施例中，其中横向偏置部分 425 和纵向偏置部分 420 由不同硬度或高矫顽性的铁磁性材料构成，横向偏置区 425 的倾斜角 θ_T 和纵向偏置区 420 的倾斜角 θ_L 可以取不同的倾斜角。

下面介绍用于 MTJ 100（图 4）的一组代表性的材料。MTJ 100 的所有层都是在沿平行于衬底表面有外加磁场的条件下生长的。磁场用来对所有铁磁层的易磁化轴进行取向。首先在做为电引线 102 的 10-50nm 的 Au 层上形成一个 5nm 的 Ta 籽晶层（没有示出）。籽晶层由一种可促进面心立方（fcc）$Ni_{81}Fe_{19}$ 样板层 112 的（111）生长的材料构成。样板铁磁层 112 可促进反铁磁层 116 的生长。合适的籽晶层材料包括 fcc 金属，例如 Cu，以及 Ta 或者这些层的组合，例如 3-5nmTa/3-5nmCu。MTJ 基座电极叠层 110 包括一个生长在 10-20nm 的 Au 层 102 上的 Ta 籽晶层上的 4nm $Ni_{81}Fe_{19}$/10nm $Fe_{50}Mn_{50}$/8nm $Ni_{81}Fe_{19}$（分别为层 112，116，118）的叠层。Au 引线层 102 形成在做为衬底的氧化铝间隙材料 G1 上。接着，通过淀积然后等离子体氧化一个 0.5-2nm 的 Al 层来形成隧道势垒层 120。这样就做成了 Al_2O_3 绝缘隧道势垒层 120。顶部电极叠层 130 是一

个 5nmNi-Fe/10nmTa 的叠层（分别为 132，134 层）。Ta 层 134 用做保护帽盖层。顶部电极叠层 130 与一个做为电引线 104 的 20nmAu 层相接触。

注意到，由于电流垂直流过 MTJ 100 的各层，MTJ 100 的阻抗将主要由隧道势垒层 120 所贡献。这样，导电引线 102，104 每单位面积的阻抗可能比传统的 MR 读取磁头高很多，在传统 MR 磁头中电流平行各层流动。因此，引线 102，104 可以比传统的 MR 磁头结构中的引线做得更薄和/或更窄，并且/或者可以采用固有阻抗更高的材料，如合金或者元素的复合体。

底部电极叠层 110 的各层要光滑并且 Al_2O_3 隧道势垒层 120 没有可能使隧道结短路的针眼是很重要的。例如，采用已知的可在金属多层叠层中产生又好又强的磁阻效应的溅射技术来生长就足够了。

另外一种传感铁磁层 132 可以由处在传感铁磁层 132 和隧道势垒层 120 之间的界面处的 Co 或 $Co_{(100-x)}Fe_{(x)}$ 或 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$（x 约为 60）薄层构成，层 132 的体材料是一种低磁致伸缩材料，例如 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$（x 约为 19）。这类采用薄的 Co 或 $Co_{(100-x)}Fe_{(x)}$ 或 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$（x 约为 60）界面层的传感层的净磁致伸缩，通过对 132 层体材料的组成成分稍加改变就可以得到接近 0 的值。另一种固定铁磁层 118 可以基本上由体材料 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$ 层构成，在与隧道势垒层 120 的界面处有一个 Co 或 $Co_{(100-x)}Fe_{(x)}$ 或 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$（x 约为 60）薄层。采用 Co 或者最高极化的 $Ni_{(100-x)}Fe_{(x)}$（x 约为 60）或 $Co_{(100-x)}Fe_{(x)}$ 合金（x 约为 70）可以得到最大的信号。界面层的最佳厚度为 1-2nm。复合层的净磁致伸缩可以通过对组成成分稍加改变得到接近 0 的值。如果 118 层的体材料是 Ni-Fe，那么组成就是 $Ni_{81}Fe_{19}$，这种组成的 Ni-Fe 体材料具有零磁致伸缩。

Fe-Mn 反铁磁层 116 可以用 Ni-Mn 或 Ir-Mn 层或其它合适的反铁磁层来替换，它们能对固定层 118 中的铁磁材料交换偏置并且具有远远小于 Al_2O_3 势垒层 120 的阻抗。例如可以采用具有足够电导的反铁磁氧化物层。另外，在优选的实施例中固定铁磁层的磁矩是通过与一个反铁磁层的界面交换耦合来固定的，固定铁磁层可以采用“硬”的高矫顽性磁性材料来构成，因而就不需要反铁磁层了。因此，硬的固定铁磁层可以采用许多种铁磁材料来制作，例如 Co 和一种或多种其它元素的合金，

包括 Co-Pt 合金，Co-Pt-Cr 合金，Co-Cr-Ta 合金，Co-Cr 合金，Co-Sm 合金，Co-Re 合金，Co-Ru 合金，Co-Ni-X 合金（X=Pt，Pd，或 Cr），以及许多四元合金，例如 Co-Ni-Cr-Pt 和 Co-Pt-Cr-B。

图 4 中所示出并介绍的 MTJ 器件在 MTJ 100 的底部具有固定铁磁层，该器件也可以通过首先淀积传感铁磁层，接着淀积隧道势垒层、固定铁磁层和反铁磁层来制作。这样，这种 MTJ 器件的各层基本上是图 4 中所示的 MTJ 100 的反序。

制作本发明的 MTJ MR 读取磁头的工艺

首先参照图 10A-10E 的工艺流程图来介绍制作带有本发明的 CBB 层 320 的 MTJ MR 读取磁头的工艺。在这组图中，只给出了器件的顶视图用来说明制作图 8 中所示的 MTJ MR 磁头所必须的基本光刻布图步骤。

为了便于说明工艺，图 10A-10E 中没有示出构成 MTJ 100 的各个层，但是这一组层将单独称为 MTJ。在其上淀积各层的衬底（没有示出）可以是 G1 氧化铝间隙层也可以是屏蔽层 S1。薄膜生长采用充氩（Ar）气的磁控管溅射工艺，衬底处在室温。一定要细心以保证溅射生长可以做出非常平滑的薄膜。可以采用一个幅度为 20-1000e 的外加磁场，其方向在衬底的平面内，该磁场用来在生长铁磁层时引入磁各向异性。做为 MTJ 100 的构成的一部分，淀积将成为隧道势垒层 120 的铝层，然后在氧气压力为 100 mTorr、功率密度为 25W/cm^2 的条件下，用等离子体氧化 30-240 秒。这就做成了绝缘的氧化铝隧道势垒层 120。铝层的等离子态氧化是在没有打破工艺流程的真空情况下进行的。

尽管对 MTJ 器件的工作不是基本的，但是通过在基本上正交的磁场中淀积固定和传感铁磁层来引入磁各向异性是有益处的。在淀积 MTJ 100 的传感铁磁层 132 之前，并且在形成氧化铝隧道势垒层 120 之后，在衬底平面内将衬底转动约 90 度，使得衬底大致与外加磁场成横向。或者，可以旋转外加磁场。

在该工艺流程开始时，顺序淀积底部引线 102 和 MTJ 100（包括顶部帽盖层 134）。然后将这些层布图成底部电引线 102 的形状，图 10A 中示出了其中的一部分。在下一步，图 10B，采用光刻术形成一个与连续边界偏置区相应的开口区 325。这一步可以通过首先在 MTJ 100 上覆盖一个光致抗蚀剂层 310，然后进行曝光和布图以形成开口区 325 来实

现。这一步还限定了做为所形成的开口区 325 内部尺寸的 MTJ 100 的等效道宽 TW。如图 10B 所示，在引线 102 和 MTJ 100 上覆盖了一层正的光阻材料 310，显影后限定了道宽 TW。然后，将具有层 325 的形状的材料通过离子蚀刻从 MTJ 100 中去掉，直到电引线层 102。通过适当选择帽盖层 134（图 4）的材料，有可能在对 MTJ 的其它层进行蚀刻之前对帽盖层进行反应离子蚀刻。

下一步，在图 10C 中，通过光致抗蚀剂层 310 内的开口区 325 淀积起始的氧化铝绝缘层 330，CoPtCr 硬铁磁 CBB 层 320，以及随后的氧化铝绝缘层 330，留出一个电绝缘的偏置材料区用来构成 CBB 层 320。

绝缘层 330 和硬铁磁层 320 采用三种不同的淀积方法来形成。首先，用第一氧化铝淀积层来构成 330 层的底部并且根据 325 区离子蚀刻的深度，使 MTJ 100 的侧壁和后壁或者 MTJ 100（图 4）的顶端部分或各层保持一致。如果绝缘层的淀积采用了射频溅射淀积工艺，那么侧壁的绝缘层的厚度就比一个平的表面上的绝缘层要薄。在侧壁上的典型溅射效率是平的表面上的溅射效率的 1/2 或 3/4。第二步，硬的偏置铁磁层 320 的淀积采用的是定向淀积工艺，例如离子束淀积。保形淀积在 MTJ 100 的侧壁和后壁的第一氧化物绝缘层可用来将 CBB 层 320 和 MTJ 100 绝缘。第三步，最后淀积的绝缘层构成了 330 层的顶端区域并且覆盖或密封了 CBB 层 320 的顶部表面。

起始和随后的氧化铝层 330 优选地采用射频溅射形成，使得完全覆盖电引线 102 以及 MTJ 100 的各个边缘，在这些地方的厚度为 100-500Å。这种工艺可以导致一个具有很高完整性的绝缘体，因为保证传感电流不会旁路穿过 CBB 层 320 是很重要的。CBB 层 320，优选地为 CoPtCr 合金，优选地采用定向淀积工艺，例如离子束溅射淀积来构成，这样就没有边缘重叠，而且淀积的厚度约为传感层 132 的厚度的两倍。然后在一个剥离中将光致抗蚀剂层 310 和其上的氧化铝及硬偏置层去掉，得到一个位于 MTJ 100 的左侧，后向和右侧边缘的电绝缘的硬偏置铁磁层 320 的连续边界偏置区。图 10C 示出了该工艺的最终结果，为了清楚起见示出了绝缘体的隔离边缘。下一步，采用光刻技术通过对光致抗蚀剂层 340（图 10D）进行淀积和布图来构成 MTJ 100 的初始条带高度（抛光之前）。最后，通过离子蚀刻工艺将多余的隧道结材料去掉，直到电　导体层 102，

来完成图 10E 中所示的 MTJ 读取磁头的制作。这样 MTJ MR 磁头结构的制作基本上就完成了，只是需要最后制作器件的电引线。

在图 10A-10E 给出的工艺流程图中，第一个光刻步骤（图 10B）同时限定了传感器和传感器后向边缘的宽度。但是采用光刻技术来限定一个亚微米尺度的窄后向区域是比较困难的，因为光刻工艺中的曝光光源无法充分将形状 325 内部角落处的光致抗蚀剂材料去掉。另外，这种工艺流程只提供一个单一的连续边界偏置区 320，意即横向和纵向偏置场的强度不能独立变化而是彼此耦合的。为了解决这两个问题，图 11A-11E 示出了改进的工艺流程，它构成了图 9 中所示的 MTJ MR 读取磁头的实施例。

图 9 中所示的 MTJ MR 读取磁头所要求的工艺流程在图 11A-11E 中示出了。该工艺要求一个另外的光刻步骤来限定分立的后向边缘横向偏置区 425。同样，工艺起始时，顺序淀积底部引线 102 和 MTJ 100（包括顶部帽盖层 134）。然后将这些层布图成底部电引线 102 的形状，图 11A 中示出了其中的一部分。在下一步中，图 11B，采用光刻技术构成两个开口区 421，其中在 MTJ 传感器 100 的左侧和右侧边缘将淀积纵向偏置区。该步骤还限定了 MTJ 100 的等效道宽 TW。如图 11B 所示，在引线 102 和 MTJ 100 上涂了一层正性的光致抗蚀剂层 410，显影后限定了道宽 TW。接着，采用离子蚀刻从 MTJ 100 中将两个形状 421 内的材料去掉，直到电引线层 102。

下一步，在图 11C 中，通过光致抗蚀剂层 410 内的开口区 421 淀积起始的氧化铝绝缘层 430，CoPtCr 硬偏置铁磁层 420，以及随后的氧化铝绝缘层 430，留出一个电绝缘的偏置材料区用来构成纵向偏置铁磁区 420。该起始的和随后的氧化铝层 430 优选地采用射频溅射来形成，使得完全覆盖电引线 102 以及 MTJ 100 的各个边缘，在这些地方的厚度为 100-500A。该工艺可以导致一个具有很高完整性的绝缘体，因为保证传感电流不会旁路穿过硬纵向偏置区 420 是很重要的。硬偏置层 420，优选地为 CoPtCr 合金，优选地采用定向淀积工艺，例如离子束溅射淀积来构成，这样就没有边缘重叠，而且淀积的厚度约为传感层 132 的厚度的两倍。然后在一个剥离工艺中将光致抗蚀剂层 410 和其上的氧化铝及硬偏置层去掉，得到一个位于 MTJ 100 的左侧和右侧边缘的电绝缘的纵向偏置区 420。图 11C 示出了该工艺的最终结果，为了清楚起见示出了

绝缘体的隔离边缘。下一步，如图 11D 所示，采用一个另外的光刻步骤，利用光致抗蚀剂层 440 来限定一个开口区 445，在其中淀积铁磁材料以构成后向横向偏置区 425。该光刻步骤还限定了 MTJ 传感器 100 的后向边缘。执行一系列类似上述形成硬偏置区 420 的左侧和右侧边缘的那些离子蚀刻，淀积氧化铝绝缘层 460 和硬铁磁材料以及剥离等步骤，来形成后向区域 425，之后的结构如图 11E 所示。下一步，采用光刻术通过对光致抗蚀剂层 470（图 11F）进行淀积和布图来构成 MTJ 100 的初始条带高度（抛光之前）。最后，通过离子蚀刻工艺将多余的隧道结材料去掉，直到电子导电层 102，来完成图 11G 中所示的 MTJ 读取磁头的制作。这样 MTJ MR 磁头结构的制作基本上就完成了，只需要最后制作器件的电引线。

为了使 MTJ 器件获得对称输出特性，铁磁传感层 132 的磁化方向必须保持在图 4 中所示的方向，即沿着纵向方向而没有横向分量。这一点可通过平衡铁磁传感层在没有任何由记录介质产生的探测场的情况下所感受到的各种等效横向磁场来实现。这样就在传感和固定铁磁层之间占优势的铁磁耦合场 H_F，固定铁磁层产生的去磁化场 H_D 和由连续边界偏置层 320 或横向偏置层 420 产生的横向偏置场之间保持一种平衡。如前面在 MTJ 器件中所指出的，由于隧道电流是沿结构各层的法线流动，因此当电流在薄膜中流动时，感生的场非常小。H_F 决定性地依赖于铁磁薄膜和实际的结之间的界面的性质以及结的厚度。H_F 的变化可以从几个奥斯特（Oe）到 20-500e。H_D 依赖于传感器的几何结构，即最终的条带高度 SH 和固定铁磁层的厚度 t，以及固定铁磁磁化强度 M，变化关系为 $[4\pi\times(t/SH)\times M]$。因此，对于 t = 50Å，t=50Å，SH = 10,000Å，M = 800emu/cm^2 的情况，Ho 在 40 Oe 范围内。可以通过改变传感器的几何结构和界面的特性来改变 H_D 和 H_F。例如采用前面引用的 IBM 美国专利 5,465,185 中所介绍的反平行的固定层重叠的结构可以使 H_D 最小。这种层的净磁矩与两个固定薄膜之间的差值相等，该差值约为 5Å，所以 H_D 降到约 40e。H_F 可以通过改变界面的性质来改变。

在引线 104 布图好之后，MTJ MR 磁头结构基本上完成，还需要将固定铁磁层 118 的磁矩准直到合适的方向。用来和固定铁磁层 118 进行交换耦合的 Fe-Mn 层 116 在淀积时是反铁磁的。但是，它的磁矩必须重新准直使得它能在适当的取向上和固定铁磁层 118 发生交换耦合。将结

构放在退火炉中，将温度提高到约 180°C，该温度比 Fe-Mn 的分块温度要高。在这个温度下，Fe-Mn 与固定铁磁层 118 之间不再产生交换各向异性。在磁场中将两层 116，118 冷却可以产生铁磁层 118 的交换各向异性。固定铁磁层 118 的磁矩的取向沿着外加磁场的方向。这样，在退火炉中施加的磁场可以将固定铁磁层 118 的磁矩固定在所要求的垂直于 ABS 的方向上，如图 4 中的箭头 119 所示。这种结果的产生是由于在有铁磁层 118 的情况下对 Fe-Mn 层进行冷却，并沿着要求的方向采用外加磁场来磁化。因此，在低于 Fe-Mn 的分块（blocking）温度下，虽然存在由记录媒介产生的外加磁场，固定铁磁层 118 的磁矩基本上不旋转。

器件中的 MTJ 100 的最终条带高度 SH 是通过将光刻形成的前向传感边缘抛光到一个最终的尺度，回到线 161（图 6），来制作的，这样就完成了图 8 和 9 中所示的结构。

偏置铁磁层 320 和 420，425 可以由一个单层的高矫顽性材料来制作，这种材料可以是 Co 和一种或多种其它元素的合金，例如 Co-Pt 二元合金，或 Co-Pt-Cr 三元合金（例如，$Co_{75}Pt_{12}Cr_{13}$）或 Co-Pt-Ni 三元合金或 Co-Cr-Ta 三元合金。除了采用单层高矫顽性材料，偏置铁磁层可以是由一个第一铁磁薄膜和一个反铁磁薄膜构成的双层薄膜结构，其中反铁磁薄膜和第一铁磁薄膜相接触并发生界面交换耦合。反铁磁薄膜保证第一铁磁薄膜的磁矩沿期望的方向。铁磁薄膜可以是 Ni-Fe 而反铁磁薄膜可以是 Ni-Mn。在这种双层薄膜实施例中，反铁磁薄膜必须采用一种其分块温度与反铁磁层 116 所采用的材料的分块温度有足够差别的材料。Ni-Mn 的分块温度高于 450°C，而 Fe-Mn 的分块温度约为 200°C。因此由具有较高分块温度的反铁磁层所提供的交换偏置场，可以通过首先将器件加热到高于该分块值的温度并在一个沿任意一个铁磁层（150 或 118）的方向取向的磁场中进行冷却来固定，铁磁层与具有较高分块温度的反铁磁层之间发生交换耦合。然后，在第二步，当冷却到比另一个反铁磁层的分块温度稍高的温度时，将磁场的取向（或者器件的取向）旋转 90 度然后进一步冷却。

上面给出了 MTJ 器件用做 MR 读取磁头的详细介绍。但是，本发明完全适用于其它应用 MR 传感器的场合，例如用来测量器件，比如汽车轮子或齿轮的转动的传感器，或用来测量直线位置的传感器。

尽管本发明是参照优选实施例特别示出并加以介绍的，那些专业技术人员知道在不偏离本发明的实质和范围的前提下可以进行各种形式和细节上的改动。因此，公布的发明只做为说明之用，其范围由所附的权利要求界定。

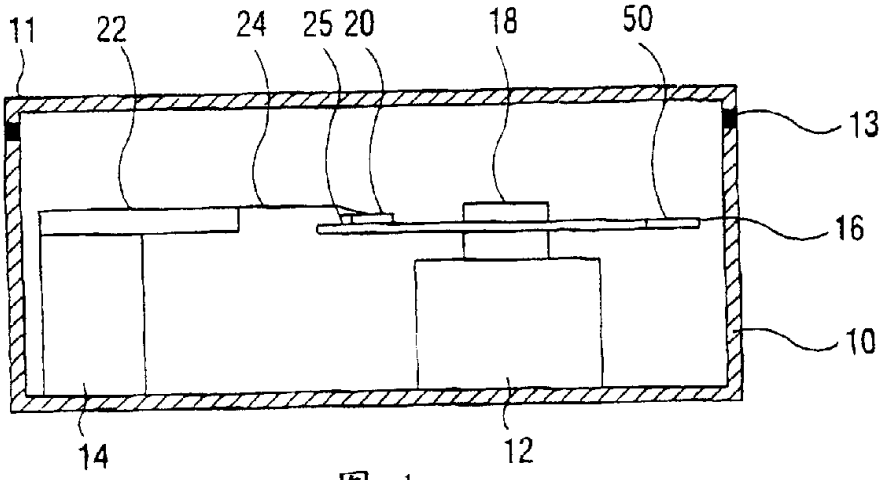


图 1
现有技术

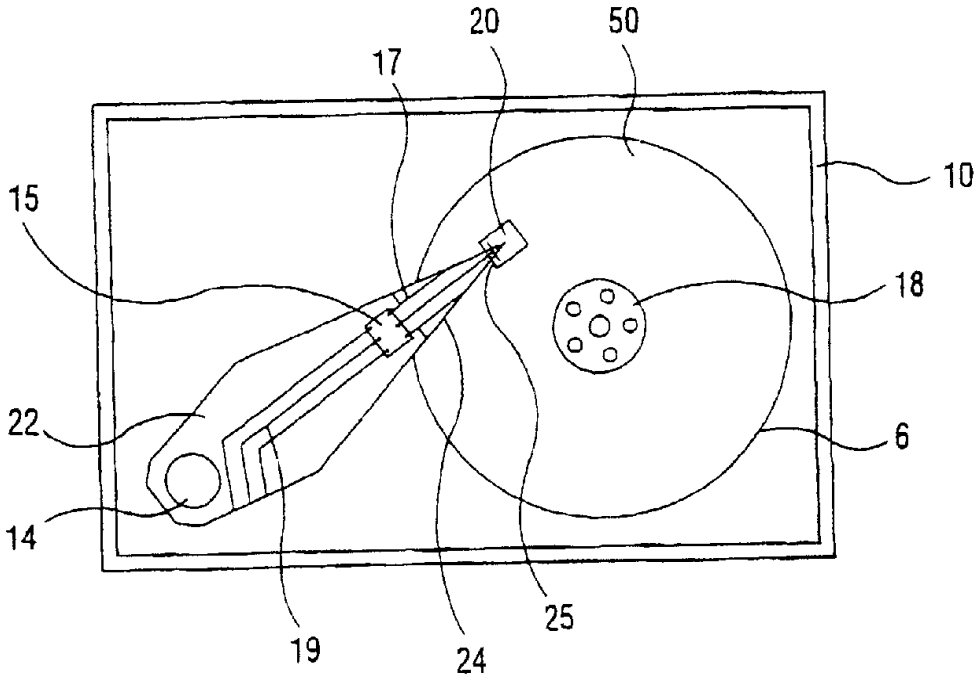


图 2 现有技术

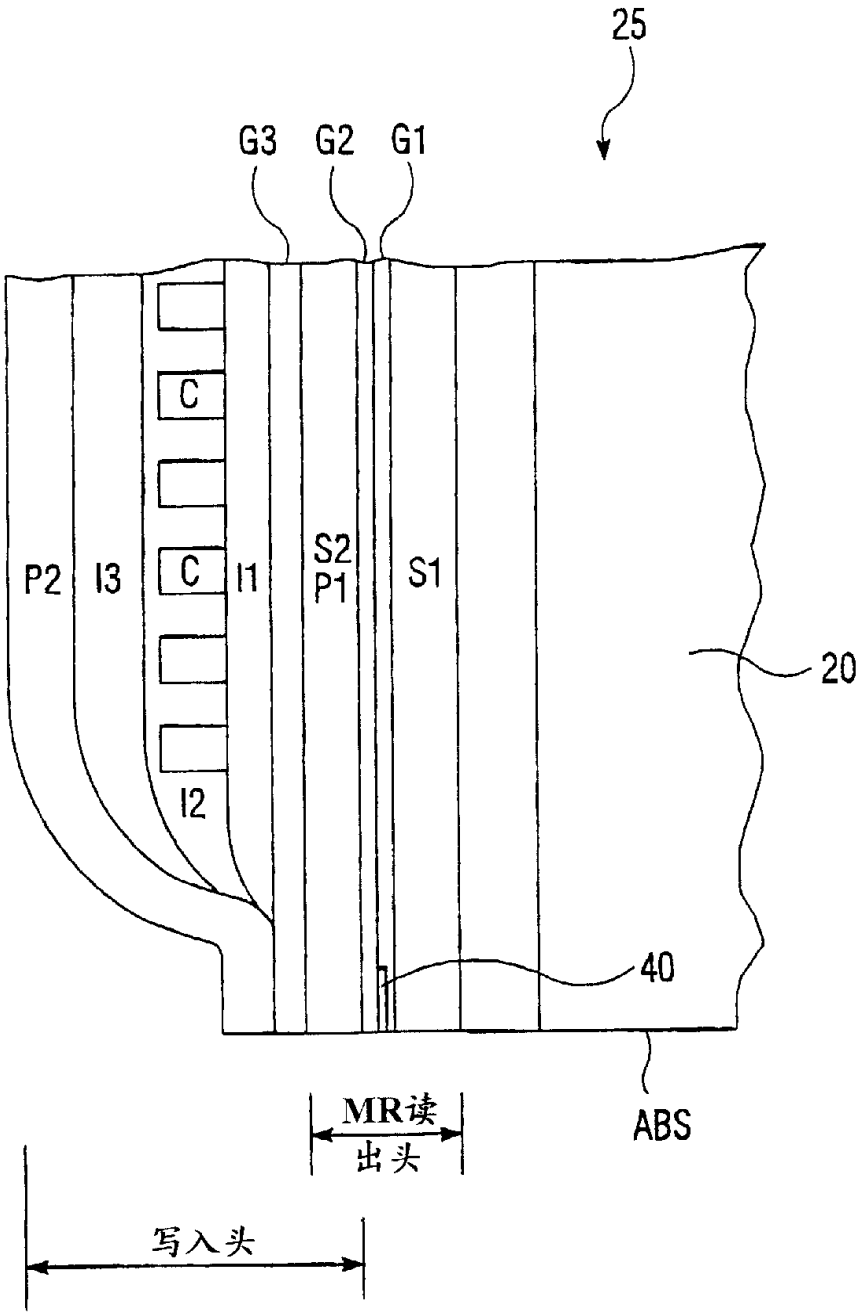


图 3
（现有技术）

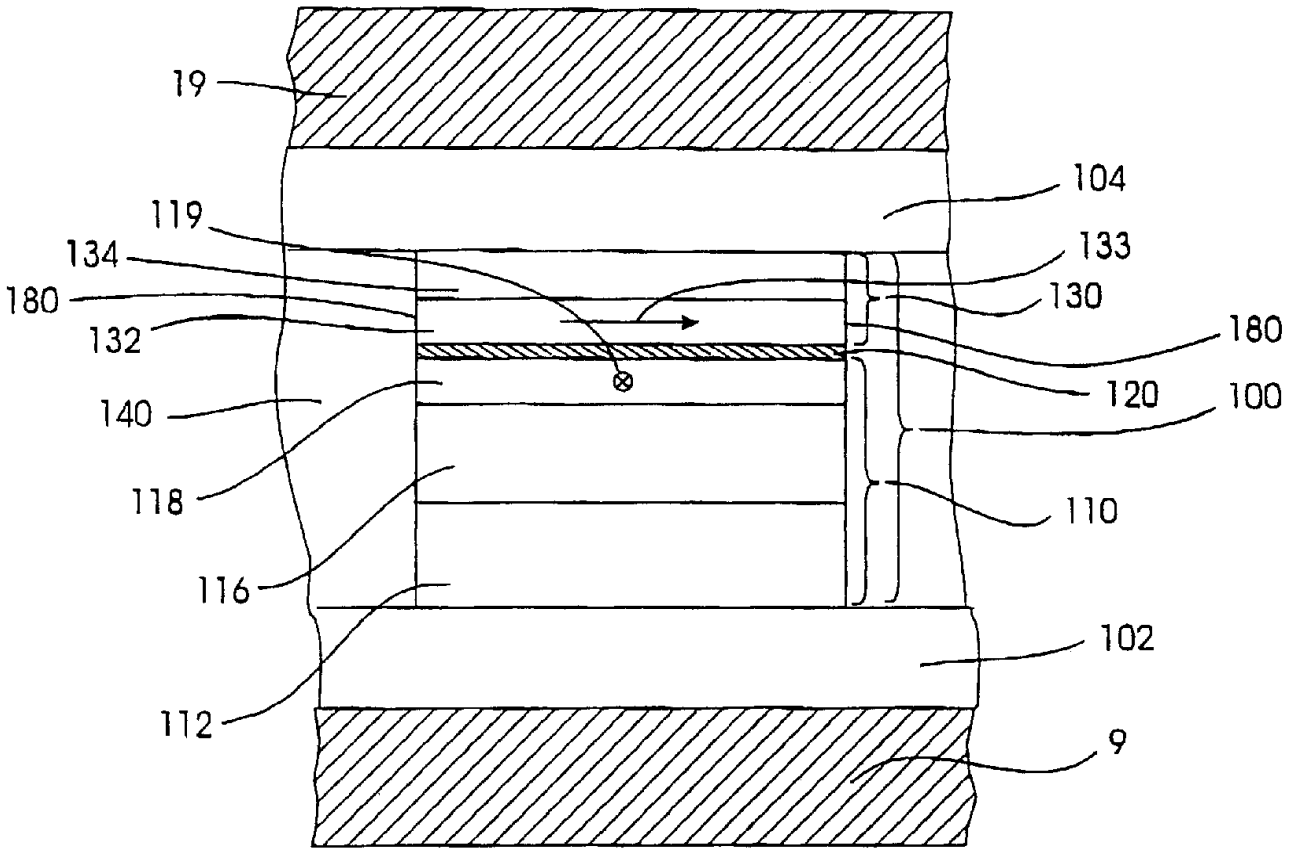

19
104
119
134
133
180
130
132
180
120
140
100
118
110
116
102
112
9

图 4
（现有技术）

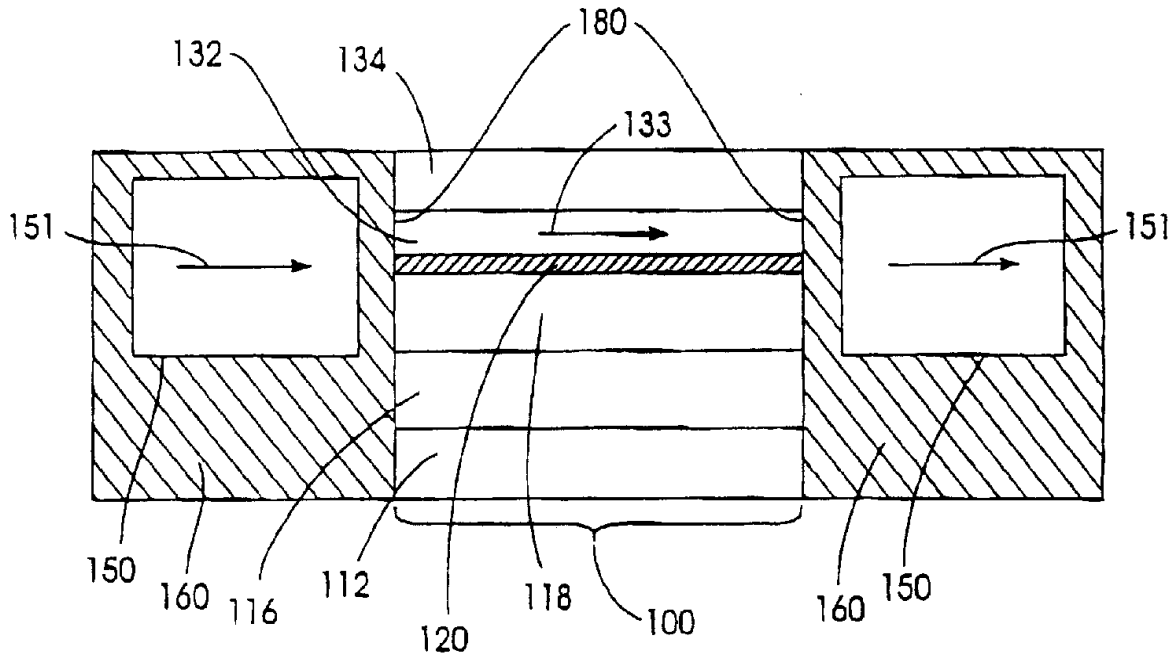


图 5A
（现有技术）

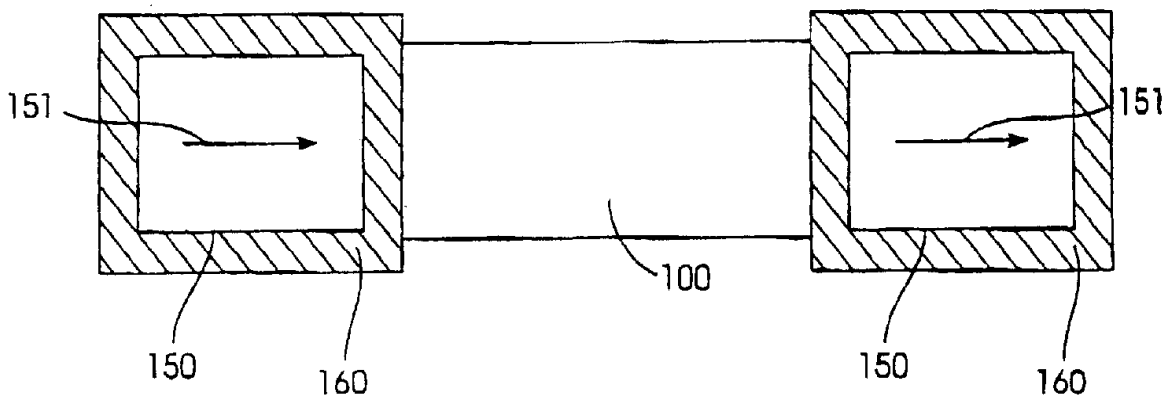


图 5B
（现有技术）

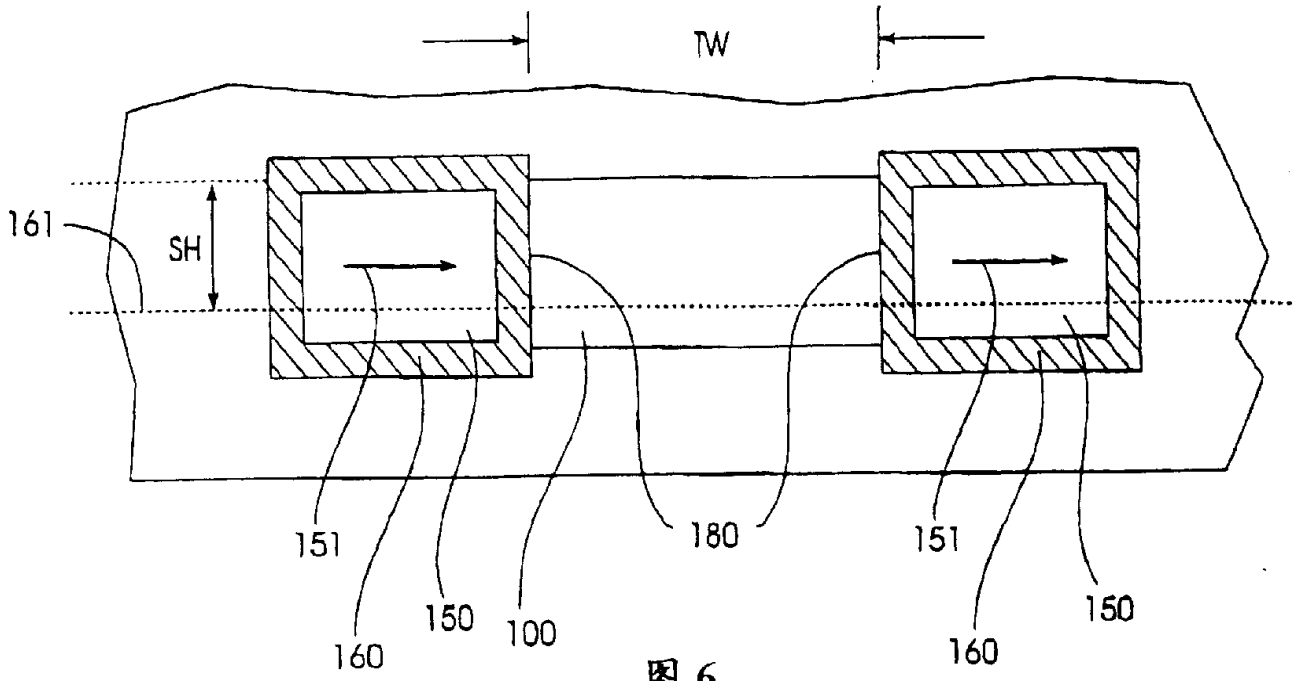

TW
161
SH
151
160
150
100
180
151
160
150

图 6
（现有技术）

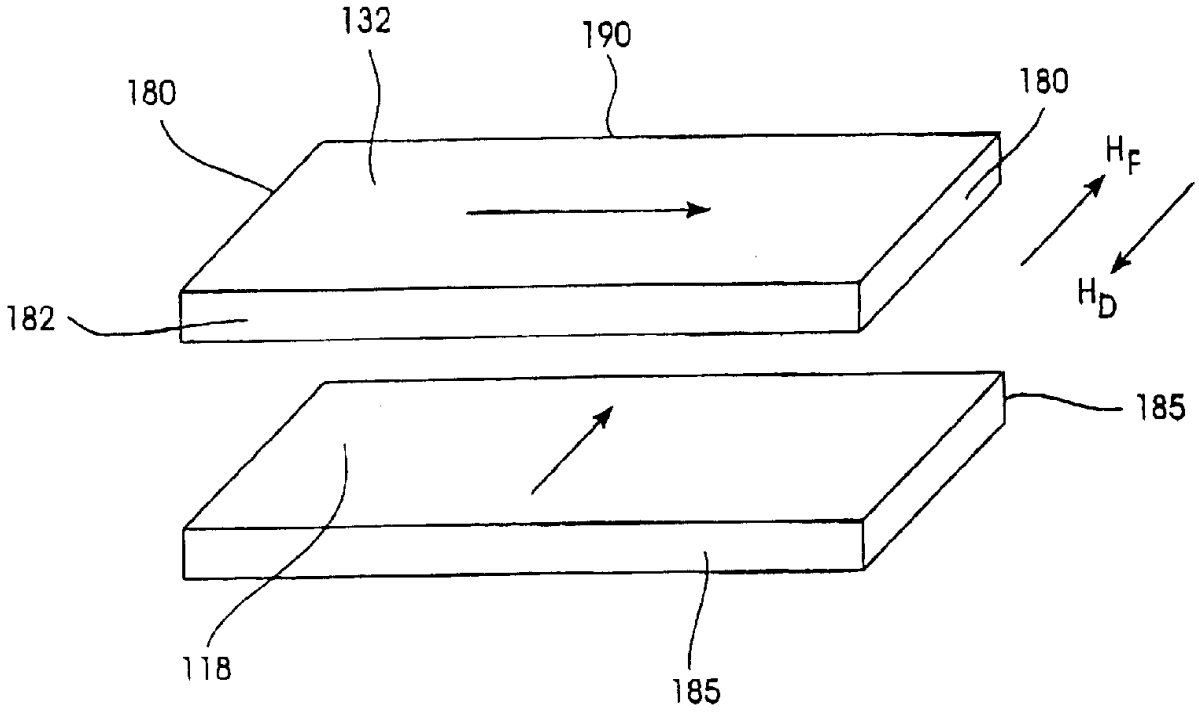

132
190
180
180
182
H_F
H_D
185
118
185

图 7

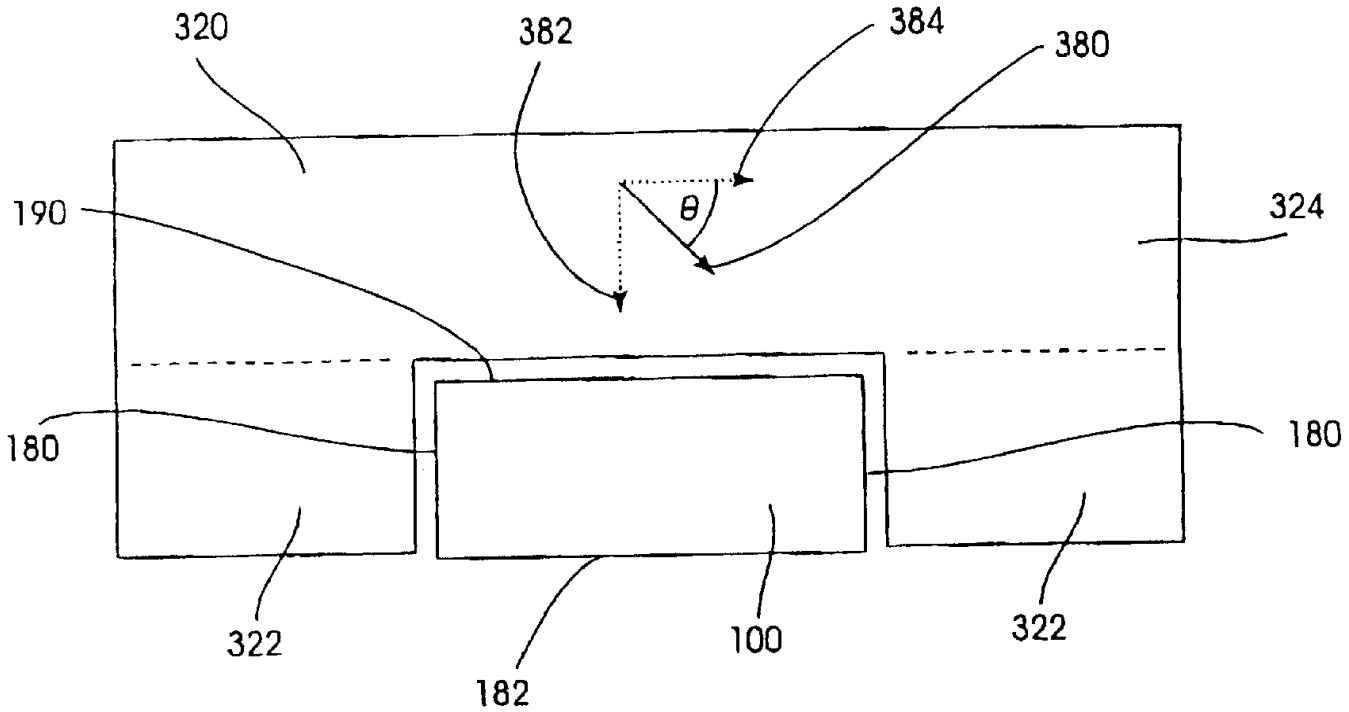


图 8

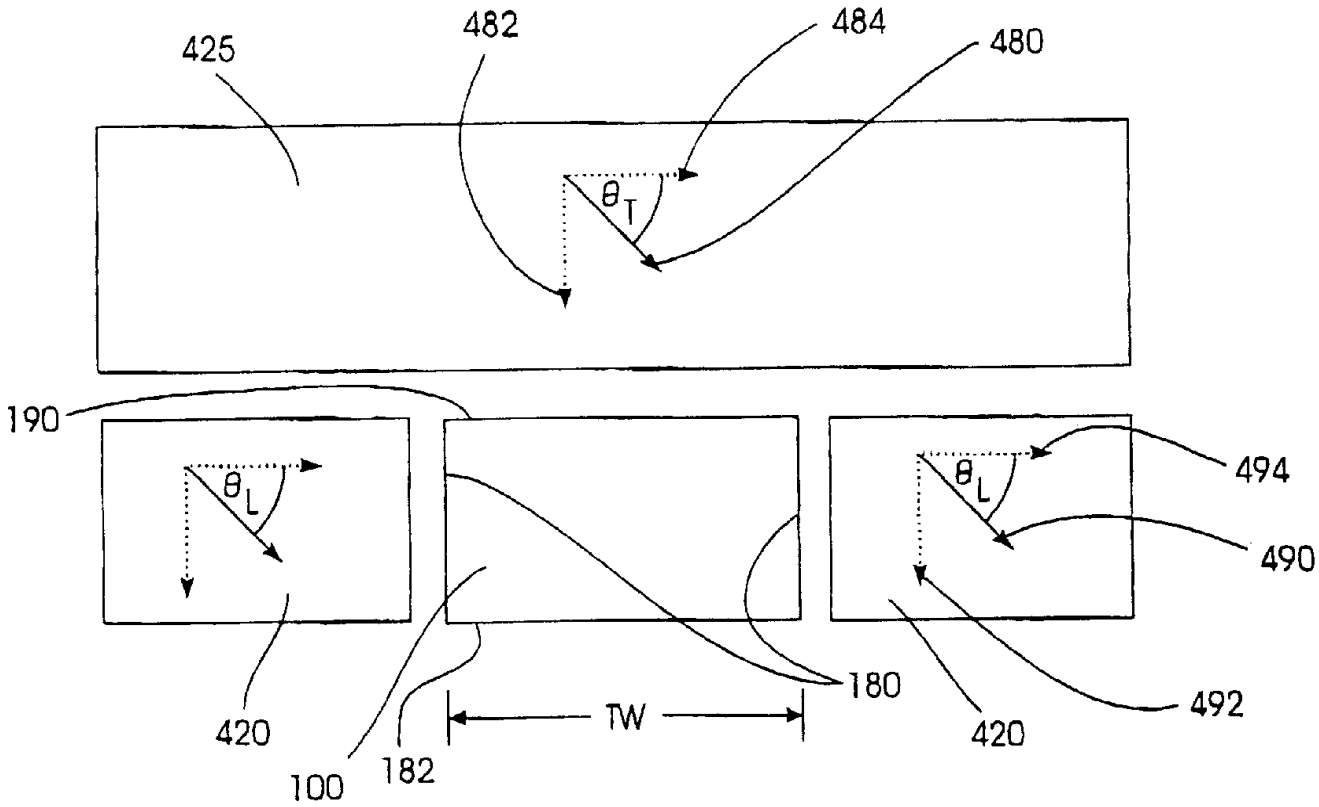

425
482
484
480
θ_T
190
θ_L
494
490
180
420
TW
420
492
100
182

图 9

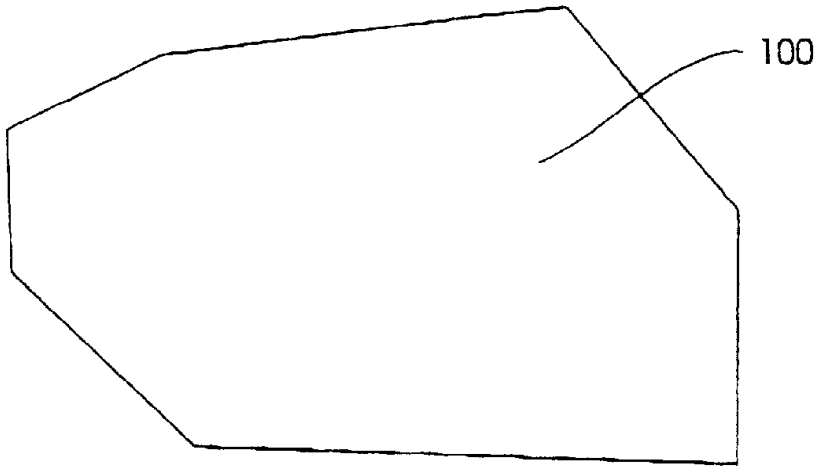


图 10A

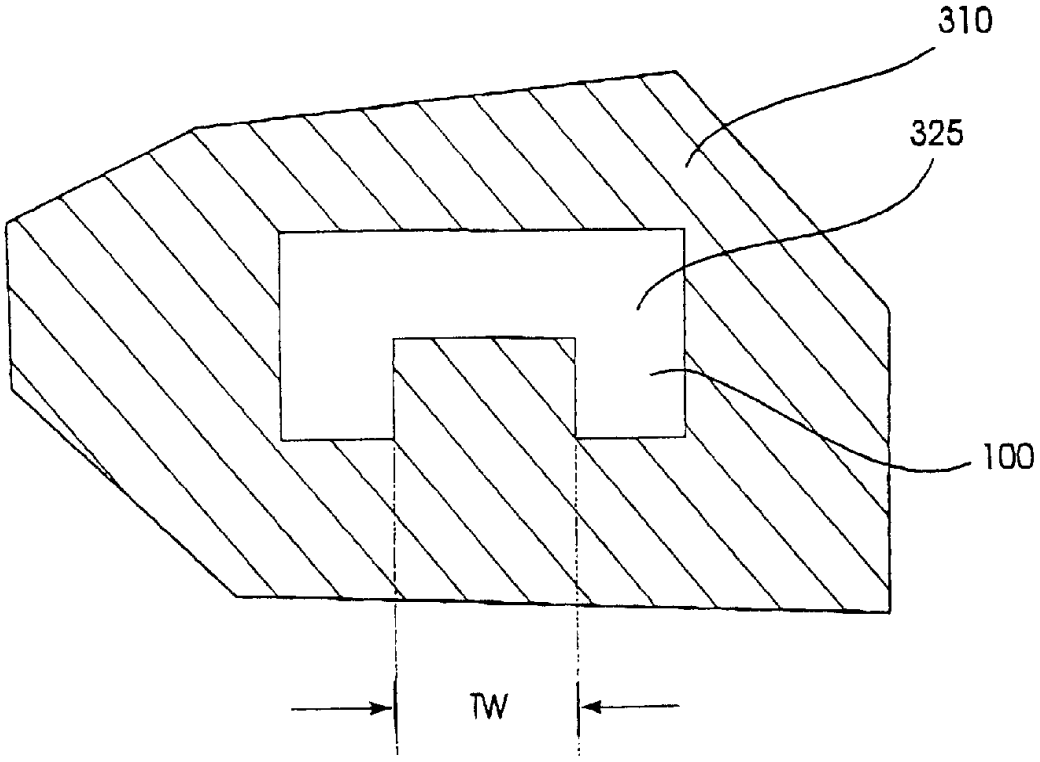


图 10B

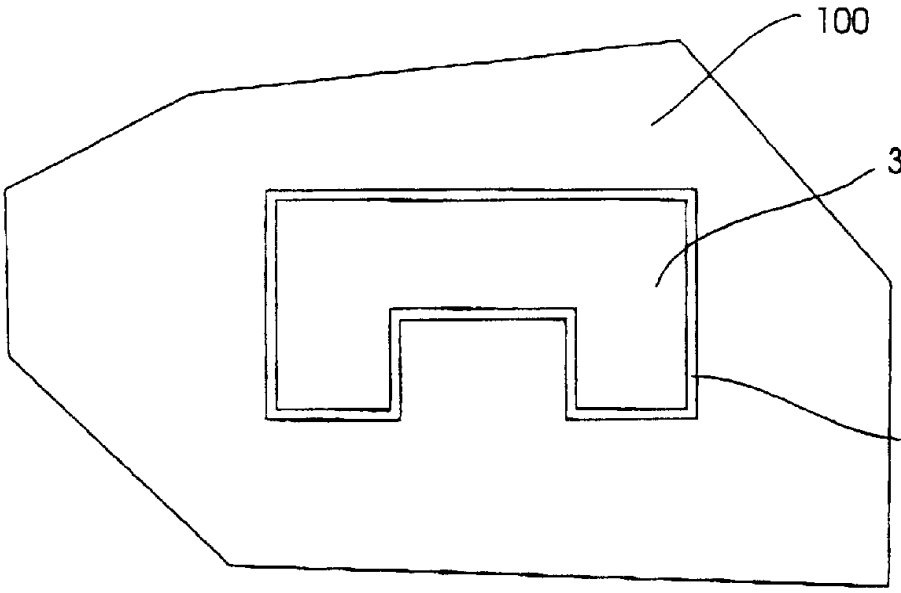


图 10C

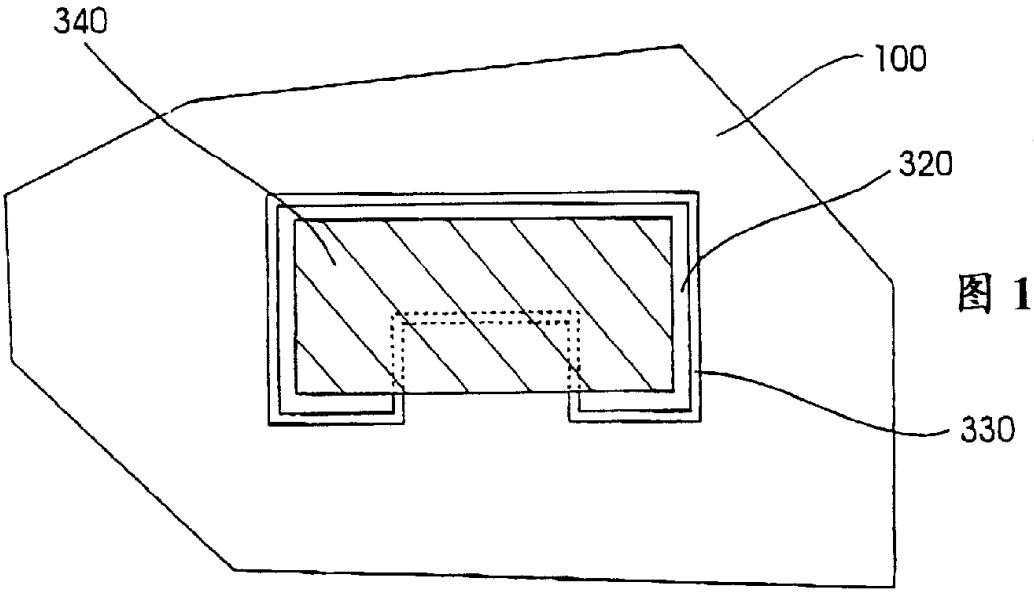


图 10D

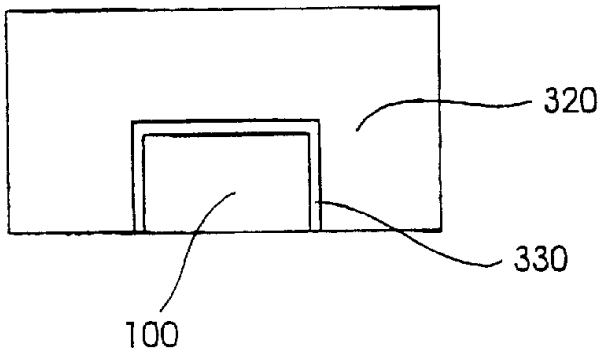


图 10E

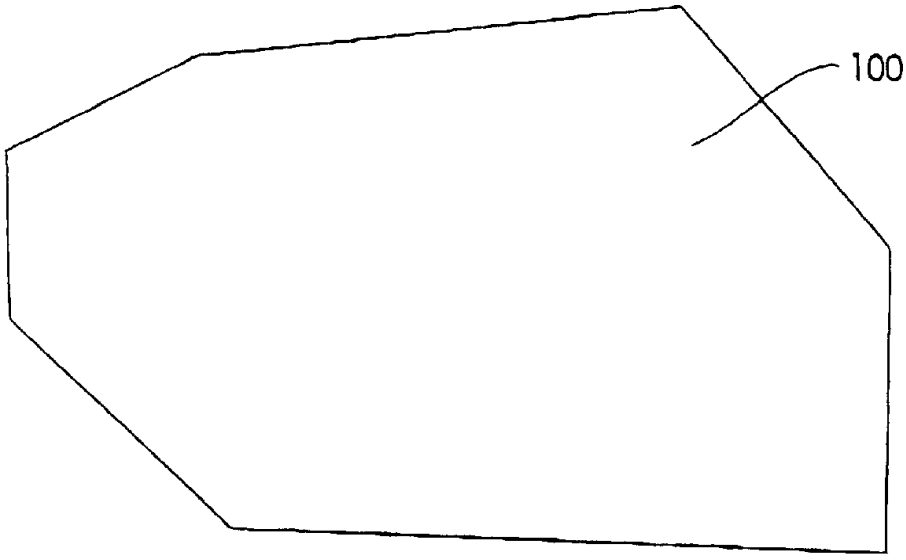


图 11A

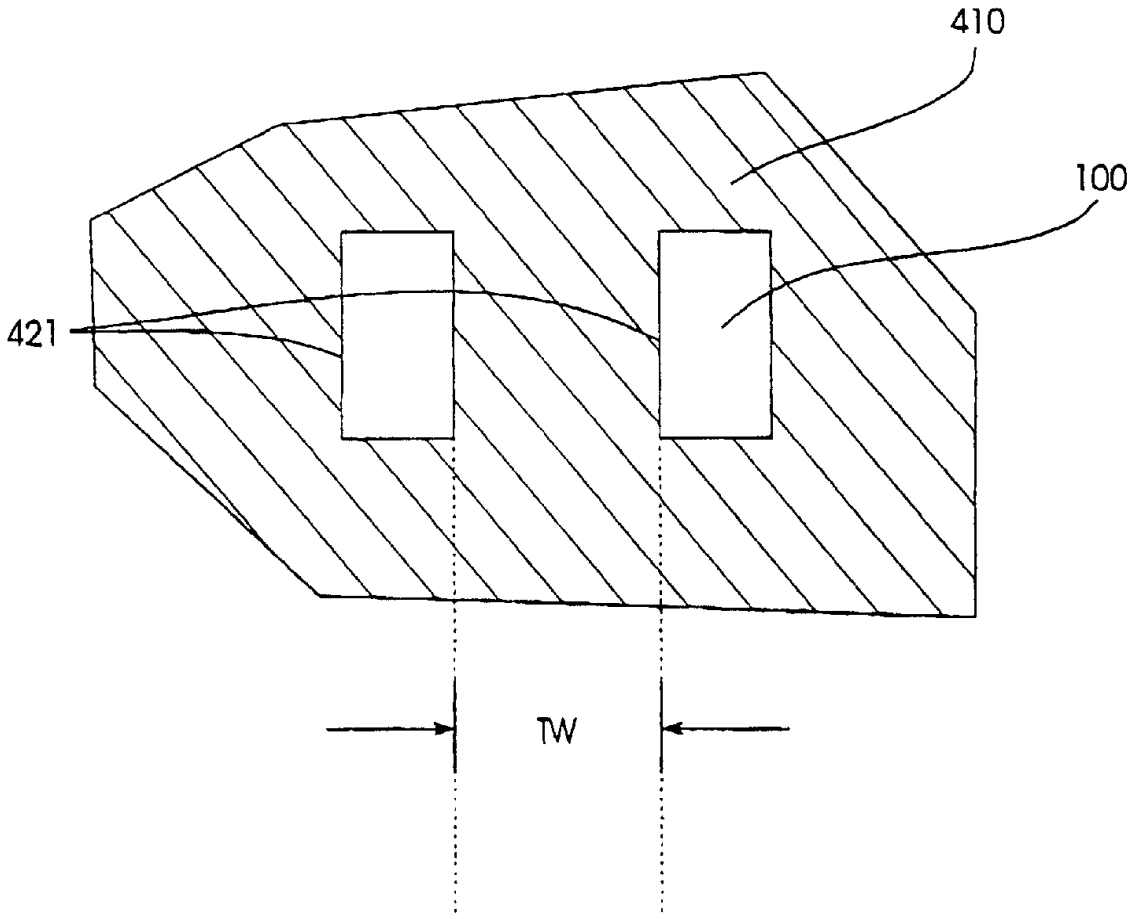


图 11B

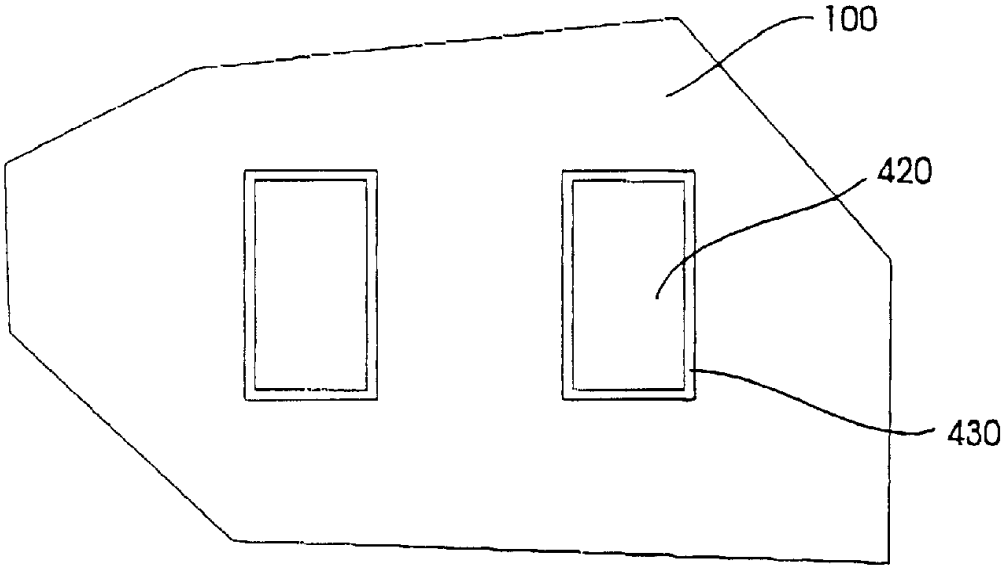


图 11C

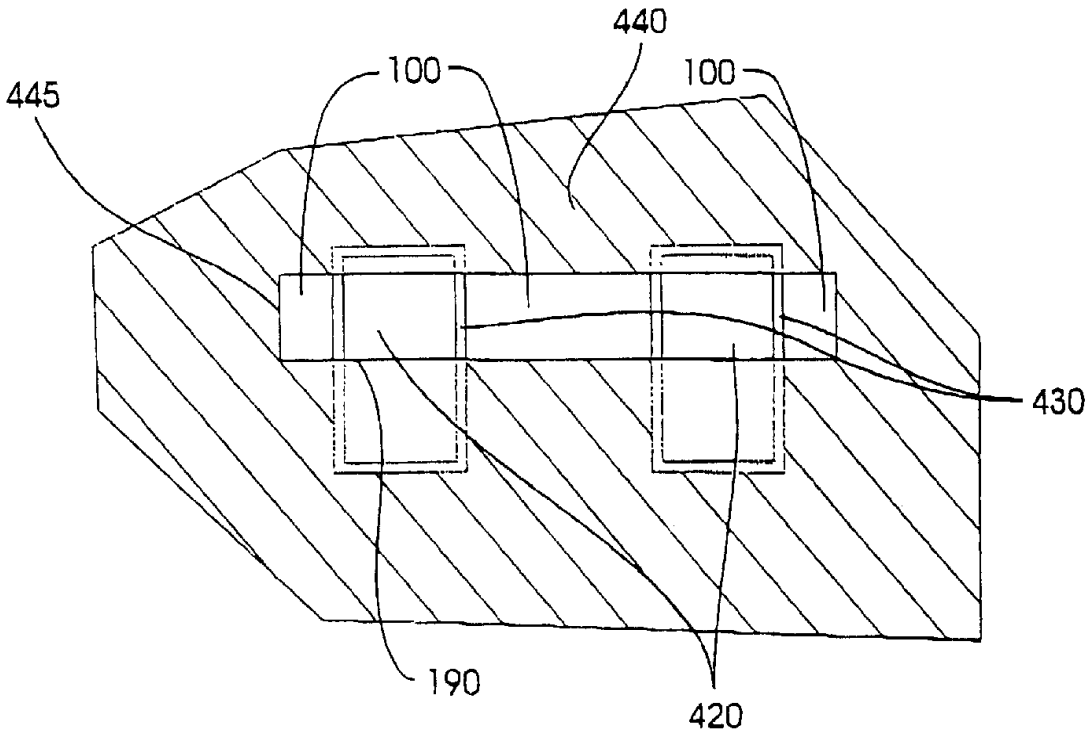


图 11D

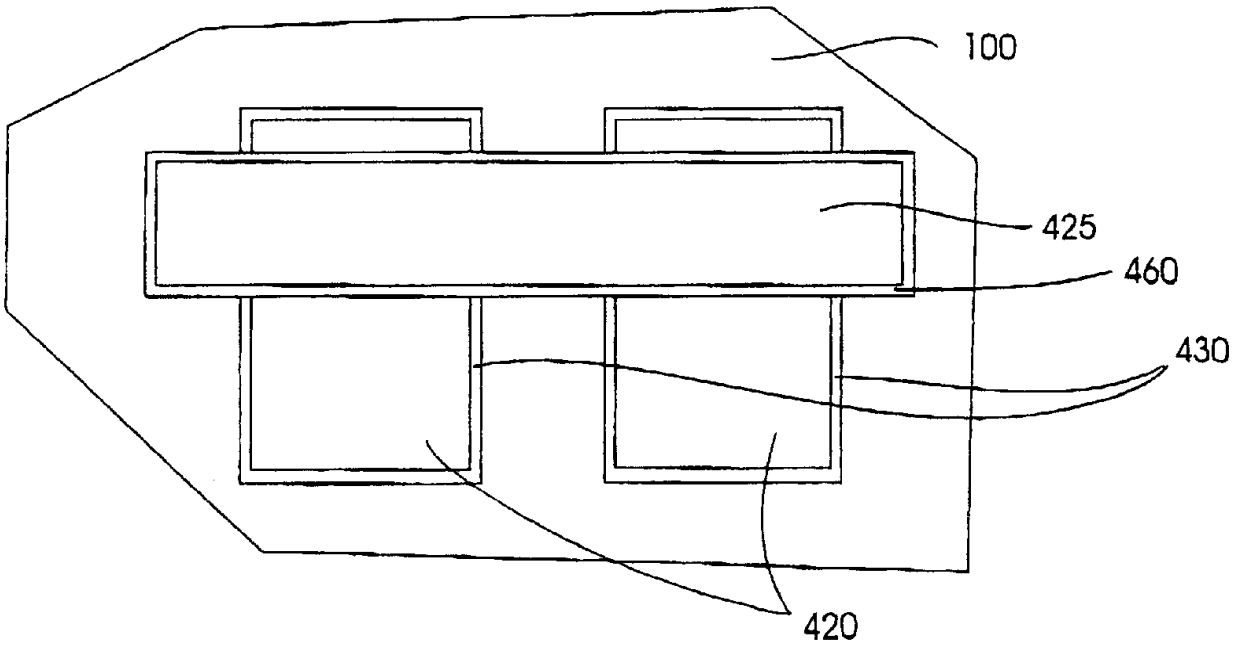


图 11E

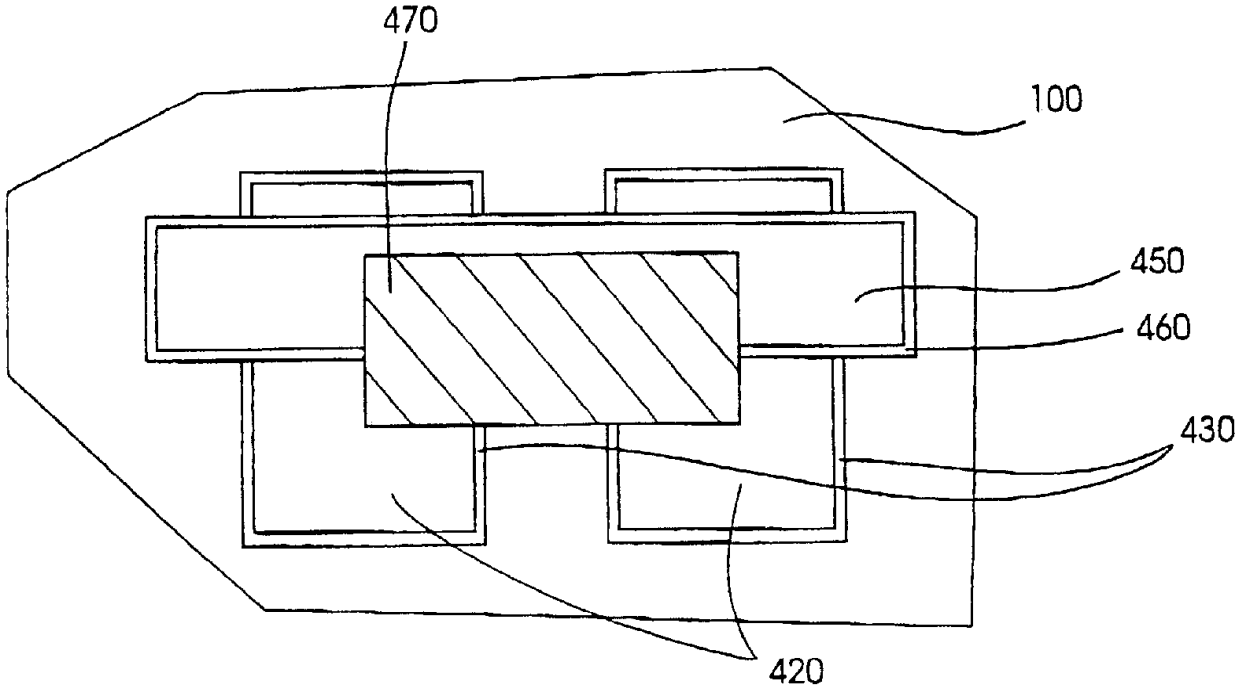


图 11F

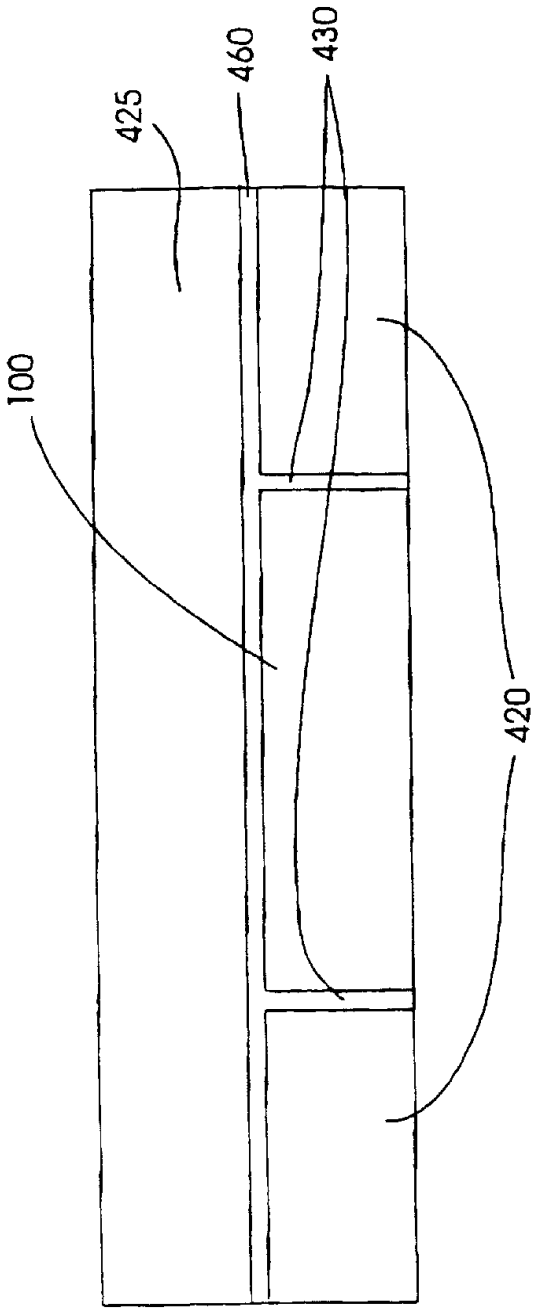


图 11G