

[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 200610155973.8

[51] Int. Cl.

H01L 43/08 (2006.01)

G01R 33/09 (2006.01)

G11B 5/39 (2006.01)

[43] 公开日 2008年7月2日

[11] 公开号 CN 101212017A

[22] 申请日 2006.12.26

[21] 申请号 200610155973.8

[71] 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市 1110 信箱

[72] 发明人 李新化 邱凯 尹志军 钟飞

姬长建 陈家荣 王玉琦 林新华

陈池来 高理升

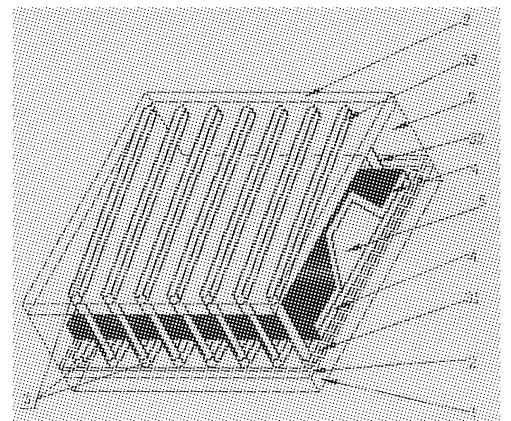
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

巨磁阻磁传感器及其制备方法

[57] 摘要

本发明公开了一种巨磁阻磁传感器及其制备方法。传感器包括基片(1)和其上的绝缘层(2)、夹裹有导电层(5)的铁磁层(4)，特别是夹裹有导电层(5)的铁磁层(4)外套装有线圈(3)，线圈(3)和铁磁层(4)均由绝缘层(2)裹覆；方法为先后分别多次使用掩模、光刻或离子刻蚀、直流磁控溅射、射频磁控溅射或等离子增强化学气相淀积、半导体薄膜加工工艺于基片上进行刻制、溅射和生成出线圈下层导线、下绝缘层、由铁磁层、导电层和铁磁层构成的磁电阻传感器、中绝缘层、线圈竖直导线、线圈上层导线和上绝缘层，并将线圈下层导线、线圈竖直导线和线圈上层导线电连接，从而制得巨磁阻磁传感器。它具有高的精度和灵敏度，易于工业化生产。



1、一种巨磁阻磁传感器，包括基片（1）和其上的绝缘层（2）、夹裹有导电层（5）的铁磁层（4），其特征在于所说夹裹有导电层（5）的铁磁层（4）外套装有线圈（3），所说线圈（3）和铁磁层（4）均由绝缘层（2）裹覆。

2、根据权利要求1所述的巨磁阻磁传感器，其特征是线圈（3）为溅射工艺形成的微型螺线管，其长、宽和高的尺寸分别为20~2000微米、10~2000微米和10~100微米。

3、根据权利要求1或2所述的巨磁阻磁传感器，其特征是线圈（3）的绕制方向为垂直于导电层（5）的电流方向。

4、根据权利要求1所述的巨磁阻磁传感器，其特征是基片（1）为硅片或石英片或蓝宝石片或碳化硅片。

5、根据权利要求1所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，包括基片的清洁和于其上进行的掩模、光刻或离子刻蚀、半导体薄膜加工工艺，其特征在于是按以下步骤完成的：

（a）先使用掩模、光刻或离子刻蚀工艺于基片上刻制线圈下层导线的阵列图形，再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料生成线圈下层导线阵列；

（b）先于基片上的线圈下层导线阵列的每根导线的两端部使用掩模工艺，再使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相沉积工艺于覆有线圈下层导线阵列的基片上生成下绝缘层；

（c）使用半导体薄膜加工工艺于下绝缘层上生成由铁磁层、导电层和铁磁层构成的磁电阻传感器；

（d）使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相沉积工艺于覆有磁电阻传感器的下绝缘层上生成中绝缘层，同时在生成中绝缘层的过程中配合使用掩模工艺来于基片上的线圈下层导线阵列的每根导线的两端部处的中绝缘层中生成空心柱；

（e）使用直流磁控溅射工艺于中绝缘层中的空心柱处溅射金属材料生成线圈竖直导线；

（f）先使用掩模、光刻或离子刻蚀工艺于中绝缘层上刻制线圈上层

导线的阵列图形，再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料生成线圈上层导线阵列，并使线圈上层导线阵列的每根导线的两端部分别与中绝缘层中的线圈竖直导线电连接；

(g) 使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相沉积工艺于覆有线圈上层导线阵列的中绝缘层上生成上绝缘层，从而制得巨磁阻磁传感器。

6、根据权利要求5所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，其特征是使用直流磁控溅射工艺生成线圈下层导线、线圈竖直导线和线圈上层导线的金属材料为金属金或金属银或金属铜或金属镍或其合金。

7、根据权利要求5或6所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，其特征是线圈下层导线和线圈上层导线的宽度均为0.5~1.5微米、厚度均为0.5~1.5微米。

8、根据权利要求5所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，其特征是下绝缘层、中绝缘层和上绝缘层均为二氧化硅层，其中，下绝缘层和上绝缘层的厚度均为2~2.5微米，中绝缘层的厚度为8~9.5微米。

9、根据权利要求5所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，其特征是铁磁层中的铁磁体为非晶或纳米晶的铁钴硅硼或钴硅硼或铁铜镍硅硼，其厚度为10~100nm。

10、根据权利要求5所述的巨磁阻磁传感器的制备方法，其特征是导电层中的导电体为金属金或金属银或金属铜或金属镍或其合金，其厚度为10~100nm。

巨磁阻磁传感器及其制备方法

技术领域 本发明涉及一种传感器及制法，尤其是巨磁阻磁传感器及其制备方法。

背景技术 巨磁电阻效应是近 10 年来发现的新现象。当在具有巨磁效应的材料中通以恒定的高频电流时，外部微弱的磁场变化就能够引起材料阻抗的明显变化，其变化率可高达 50% 以上。由于巨磁阻材料优异的磁场敏感性，即使在外加的电子线路中不引入任何放大设备的情况下仍然能够保持探测的稳定性和可靠性，因此结合巨磁阻抗效应高灵敏度、高响应度的特点并将之应用于弱磁场探测器，将大幅度地提高方向探测的准确度和精确度。目前，人们为了获得具有巨磁阻效应的磁传感器，作了一些尝试和努力，如在 2005 年 11 月 19 日公开的中国发明专利申请公开说明书 CN 1694275A 中披露的一种“基于软磁多层膜巨磁阻抗效应的磁敏器件”。它意欲提供一种具有巨磁阻抗效应的磁传感器。该磁敏器件由带二氧化硅层的硅衬底、引脚、曲折状三明治结构的软磁多层膜和偏置永磁体组成，其中，引脚从多层膜两端的铜层引出，并设置在衬底上，整个曲折状三明治结构的软磁多层膜位于带二氧化硅层的硅衬底上，偏置永磁体用环氧胶水粘贴于磁敏器件的背面。使用时，通过永磁体对多层膜的巨磁阻抗效应曲线进行偏置，使磁敏器件工作在线性区域。但是，这种磁敏器件存在着不足之处，首先，难以使粘贴于磁敏器件背面的永磁体发出的磁场磁力线严格地平行于多层膜所在的平面，从而既降低了其对磁场响应的灵敏度和测试的精确度，又不能保证其成为批量产品时的性能和质量的整齐划一；其次，环境或工作温度的升高，也易使环氧胶水软化，造成永磁体的位移，进而影响其灵敏度和精确度；再次，恶劣的工作场所，如处于抖动或震动的工作环境中，也易使永磁体脱落，而使其丧失功能；最后，作为提供偏置磁场的永磁体，一旦粘贴于磁敏器件背面后，其磁场强度就无法再行调整，从而使磁敏器件的使用环境和适用范围均受到了较大的限制。

发明内容 本发明要解决的技术问题为克服现有技术中的不足之处，提

供一种有着较高的精度和灵敏度、质量稳定，易于工业化生产的巨磁阻磁传感器及其制备方法。

巨磁阻磁传感器包括基片和其上的绝缘层、夹裹有导电层的铁磁层，特别是所说夹裹有导电层的铁磁层外套装有线圈，所说线圈和铁磁层均由绝缘层裹覆。

作为巨磁阻磁传感器的进一步改进，所述的线圈为溅射工艺形成的微型螺旋管，其长、宽和高的尺寸分别为 20~2000 微米、10~2000 微米和 10~100 微米；所述的线圈的绕制方向为垂直于导电层的电流方向；所述的基片为硅片或石英片或蓝宝石片或碳化硅片。

巨磁阻磁传感器的制备方法包括基片的清洁和于其上进行的掩模、光刻或离子刻蚀、半导体薄膜加工工艺，特别是它是按以下步骤完成的：(a) 先使用掩模、光刻或离子刻蚀工艺于基片上刻制线圈下层导线的阵列图形，再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料生成线圈下层导线阵列；(b) 先于基片上的线圈下层导线阵列的每根导线的两端部使用掩模工艺，再使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相淀积工艺于覆有线圈下层导线阵列的基片上生成下绝缘层；(c) 使用半导体薄膜加工工艺于下绝缘层上生成由铁磁层、导电层和铁磁层构成的磁电阻传感器；(d) 使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相淀积工艺于覆有磁电阻传感器的下绝缘层上生成中绝缘层，同时在生成中绝缘层的过程中配合使用掩模工艺来于基片上的线圈下层导线阵列的每根导线的两端部处的中绝缘层中生成空心柱；(e) 使用直流磁控溅射工艺于中绝缘层中的空心柱处溅射金属材料生成线圈垂直导线；(f) 先使用掩模、光刻或离子刻蚀工艺于中绝缘层上刻制线圈上层导线的阵列图形，再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料生成线圈上层导线阵列，并使线圈上层导线阵列的每根导线的两端部分别与中绝缘层中的线圈垂直导线电连接；(g) 使用射频磁控溅射工艺或等离子增强化学气相淀积工艺于覆有线圈上层导线阵列的中绝缘层上生成上绝缘层，从而制得巨磁阻磁传感器。

作为巨磁阻磁传感器的制备方法的进一步改进，所述的使用直流磁控溅射工艺生成线圈下层导线、线圈垂直导线和线圈上层导线的金属材料为金属金或金属银或金属铜或金属镍或其合金；所述的线圈下层导线和线圈上层导

线的宽度均为 0.5~1.5 微米、厚度均为 0.5~1.5 微米；所述的下绝缘层、中绝缘层和上绝缘层均为二氧化硅层，其中，下绝缘层和上绝缘层的厚度均为 2~2.5 微米，中绝缘层的厚度为 8~9.5 微米；所述的铁磁层中的铁磁体为非晶或纳米晶的铁钴硅硼 (FeCoSiB) 或钴硅硼 (CoSiB) 或铁铜钽硅硼 (FeCuNbSiB)，其厚度为 10~100nm；所述的导电层中的导电体为金属金或金属银或金属铜或金属镍或其合金，其厚度为 10~100nm。

相对于现有技术的有益效果是，其一，套装于夹裹有导电层的铁磁层外的线圈，既能为由铁磁层、导电层和铁磁层构成的磁电阻传感器提供偏置磁场，又能使其发出的磁场的磁力线精确地平行于磁电阻传感器，还不会受自身或外界的影响而使其与磁电阻传感器间发生任何相对位移，同时还易于通过调整线圈电流，方便地对其发出的磁场强度进行调节，进而使磁电阻传感器的适用性得以大大地增加。极大地提高了磁电阻传感器对磁场响应的灵敏度和测试的精确度，大大地稳定了其性能和质量，极易于工业化的生产；其二，对制得的本发明磁传感器测试后，由测试结果，即电阻随外部磁场的变化曲线可知，磁电阻变化率接近 100%，表现出了较高的巨磁阻效应，当在其上预加有一定的偏置磁场后，如果存在另外一个较小的外加磁场的方向与偏置磁场的方向相同，本发明磁传感器的磁电阻将增加，反之，磁电阻降低，印证了其具有对外部磁场方向高度灵敏辨别的性能；其三，制备方法科学、合理，且简单便捷、效果显著、易掌握，便于工业化实施。

作为有益效果的进一步体现，一是线圈为采用溅射工艺形成的微型螺旋管，其长、宽和高的尺寸分别为 20~2000 微米、10~2000 微米和 10~100 微米，使其不仅具有结构紧凑、体积小特点，还有着功耗低、制作成本也低的优点；二是线圈的绕制方向采用垂直于导电层的电流方向，除易于调整线圈，使其磁场发出的磁力线能与磁电阻传感器精确地平行之外，还因其磁场发出的磁力线与导电层电流流动时产生的磁场的磁力线间是呈垂直状态的，此时两者间的相互作用力最大，而得以能以最小的输入获得最大的偏置作用；三是基片选用硅片或石英片或蓝宝石片或碳化硅片，使基片原料的来源广且易得；四是线圈下层导线和线圈上层导线的宽度均选为 0.5~1.5 微米、厚度均选为 0.5~1.5 微米，完全满足了线圈工作时的对其通流量的需要；

五是下绝缘层、中绝缘层和上绝缘层均选用二氧化硅层，且其厚度仅为 2~9.5 微米，既满足了绝缘等级的要求，又有着制作成本低的特点。

附图说明 下面结合附图对本发明的优选方式作进一步详细的描述。

图 1 是本发明的一种基本结构示意图；

图 2 是对制得的本发明磁传感器进行测试后获得的电阻随外部磁场变化的曲线图，测试时的条件为温度为 25℃，驱动电流频率为 1MHz，图中的横坐标为外加磁场，纵坐标为磁阻。由测试结果可知，磁电阻的变化率接近 100%，表现出了较高的巨磁阻效应；图中 A 处所示为，当在本发明磁传感器上预加有一定的偏置磁场后，如果存在另外一个较小的外加磁场的方向与偏置磁场的方向相同，则本发明磁传感器的磁电阻将增加，反之，磁电阻将发生一定程度的降低，从而印证了本发明磁传感器在偏置磁场的作用下，具有对外部磁场方向的高度灵敏辨别性；

图 3 是本发明制备方法的过程示意图。

具体实施方式 参见图 1，巨磁阻磁传感器的构成为基片 1 上置有绝缘层 2 和线圈 3，线圈 3 中套装有夹裹着导电层 5 的铁磁层 4。其中，基片 1 为硅片。铁磁层 4 的厚度为 10nm，铁磁层 4 中的铁磁体采用非晶的铁钴硅硼 (FeCoSiB)。导电层 5 的厚度为 10nm，导电层 5 中的导电体选用金属铜。线圈 3 为溅射工艺形成的微型螺线管，其是由金属铜经溅射工艺而得到的线圈下层导线 31、线圈垂直导线 32 和线圈上层导线 33 相连接组成，其中的线圈下层导线 31 和线圈上层导线 33 的宽度均为 0.5 微米、厚度均为 0.5 微米；线圈 3 的绕制方向为垂直于导电层 5 的电流方向，其长、宽和高的尺寸分别为 80 微米、80 微米和 50 微米。绝缘层 2 为二氧化硅层，线圈 3 和铁磁层 4 均被该二氧化硅层裹覆住；该二氧化硅层由下绝缘层、中绝缘层和上绝缘层均组成，其中的下绝缘层和上绝缘层的厚度均为 2 微米，中绝缘层的厚度为 8 微米。

参见图 2 和图 3，巨磁阻磁传感器的制备方法为，首先用常规方法制得或从市场购得商业化的金属金、金属银、金属铜、金属镍和其合金、二氧化硅、非晶或纳米晶的铁钴硅硼 (FeCoSiB)、钴硅硼 (CoSiB) 和铁铜钨硅硼 (FeCuNbSiB)，接着，按以下步骤依次完成制备：a) 先使用掩模、光刻 (或

离子刻蚀)工艺于基片上刻制线圈下层导线 31 的阵列图形,再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料金属铜生成如图 3(a)图中所示的线圈下层导线 31 阵列;其中,线圈下层导线 31 的宽度为 0.5(可为 0.5~1.5)微米、厚度为 0.5(可为 0.5~1.5)微米。b)先于基片上的线圈下层导线 31 阵列的每根导线的两端部使用掩模工艺,再使用射频磁控溅射(或等离子增强化学气相淀积)工艺于覆有线圈下层导线 31 阵列的基片上生成下绝缘层;其中,下绝缘层为二氧化硅层,厚度为 2(可为 2~2.5)微米,在下绝缘层中对应线圈下层导线 31 阵列的每根导线的两端部处留有如图 3(b)图中所示的空心柱 30。c)使用半导体薄膜加工工艺于下绝缘层上生成如图 3(b)图中所示的由铁磁层、导电层和铁磁层构成的磁电阻传感器;其中,铁磁层中的铁磁体为纳米晶的铁钴硅硼(FeCoSiB),其厚度为 10(可为 10~100)nm,导电层中的导电体为金属铜,其厚度为 10(可为 10~100)nm。d)使用射频磁控溅射(或等离子增强化学气相淀积)工艺于覆有磁电阻传感器的下绝缘层上生成中绝缘层,同时在生成中绝缘层的过程中配合使用掩模工艺来于基片上的线圈下层导线 31 阵列的每根导线的两端部处的中绝缘层中生成如图 3(c)图中所示的空心柱 30;其中,中绝缘层为二氧化硅层,厚度为 8(可为 8~9.5)微米。e)使用直流磁控溅射工艺于中绝缘层中的空心柱 30 处溅射金属材料金属铜生成如图 3(d)图中所示的线圈垂直导线 32。f)先使用掩模、光刻(或离子刻蚀)工艺于中绝缘层上刻制线圈上层导线 33 的阵列图形,再使用直流磁控溅射工艺于其上溅射金属材料金属铜生成如图 3(e)图中所示的线圈上层导线 33 阵列,并使线圈上层导线 33 阵列的每根导线的两端部分别与中绝缘层中的线圈垂直导线 32 电连接;其中,线圈上层导线 33 的宽度为 0.5(可为 0.5~1.5)微米、厚度为 0.5(可为 0.5~1.5)微米。g)使用射频磁控溅射(或等离子增强化学气相淀积)工艺于覆有线圈上层导线 33 阵列的中绝缘层上生成上绝缘层;其中,上绝缘层为二氧化硅层,厚度为 2(可为 2~2.5)微米。从而制得如图 1 和图 3(f)图以及图 2 中曲线所示的巨磁阻磁传感器。

再分别选用金属材料中的金属金或金属银或金属镍或其合金、二氧化硅、铁磁体中的非晶或纳米晶的钴硅硼(CoSiB)或铁铜钨硅硼(FeCuNbSiB),重

复上述制备的过程，同样制得如图 1 和图 3 (f) 图以及图 2 中曲线所示的巨磁阻磁传感器。

显然，本领域的技术人员可以对本发明的巨磁阻磁传感器及其制备方法进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

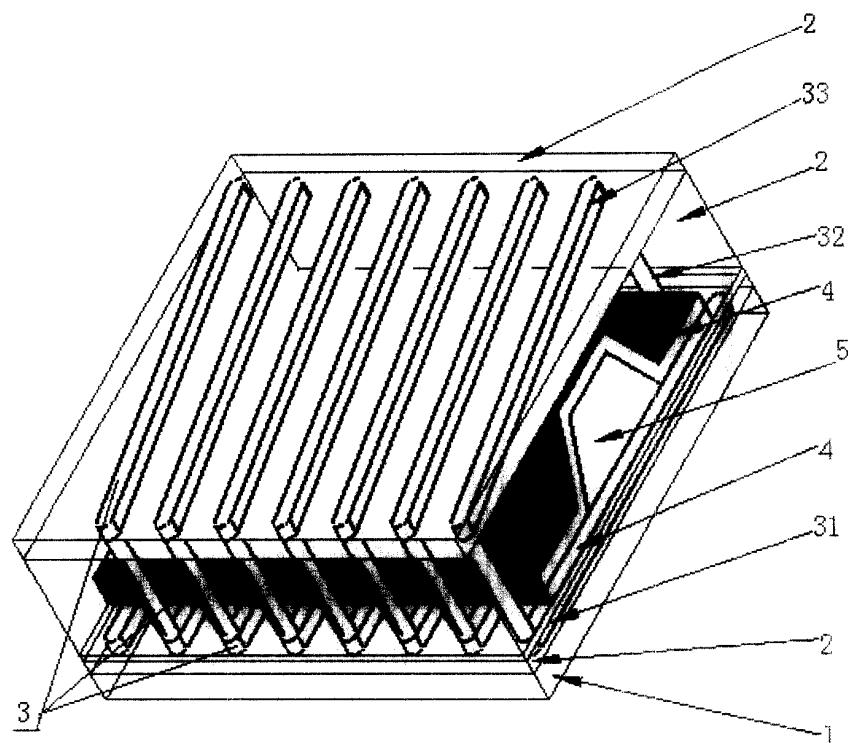


图 1

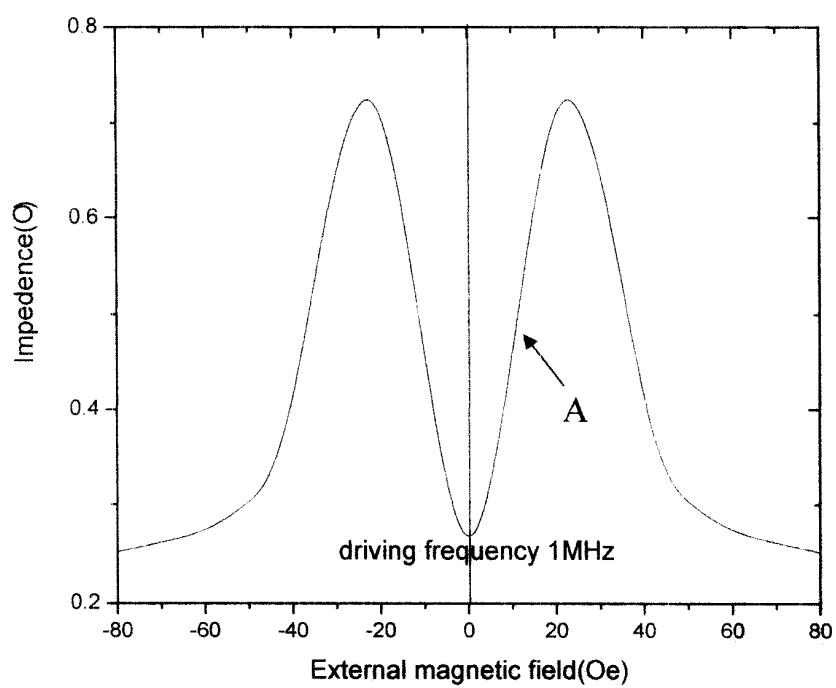
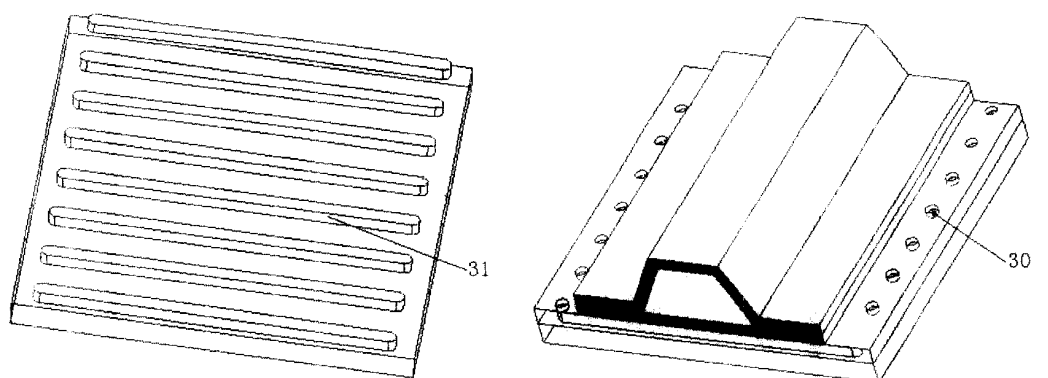
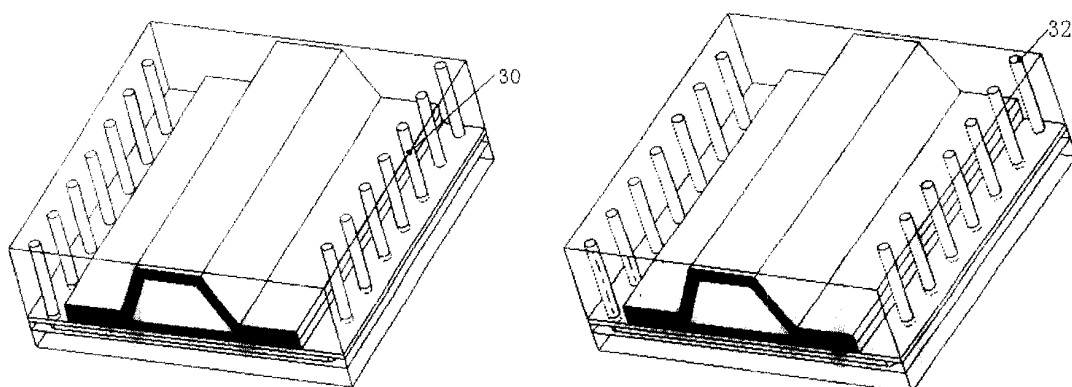


图 2



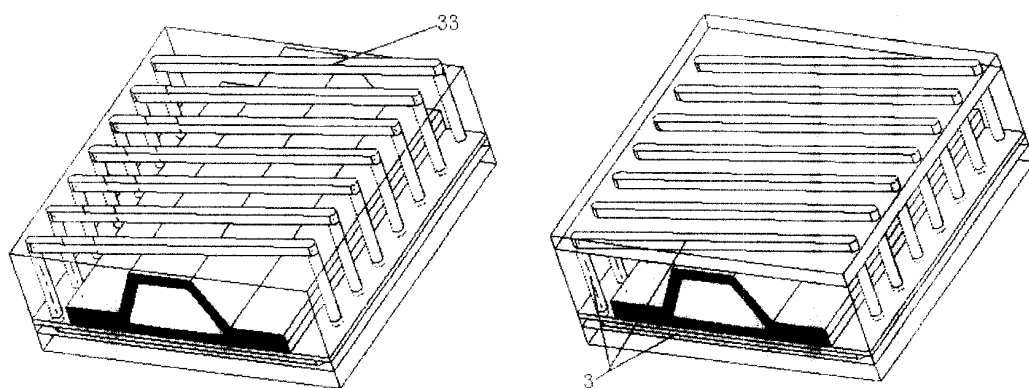
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

图 3