

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01F 41/02

H01F 7/06 B81C 1/00

B81B 7/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310115908.9

[43] 公开日 2004 年 11 月 17 日

[11] 公开号 CN 1547226A

[22] 申请日 2003.12.11

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司

[21] 申请号 200310115908.9

代理人 梁爱荣

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

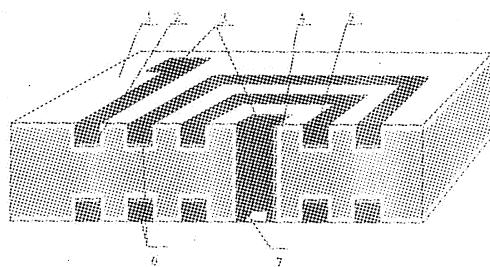
[72] 发明人 张平 吴一辉 杨杰伟 王淑荣  
郭占社

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称 深刻蚀平面电磁线圈及制作方法

[57] 摘要

本发明涉及用于微电机、微电磁传感器、执行器中平面电磁线圈的制作方法。利用光刻在 Si 片表面定义出线圈图形，再利用 Si 深刻蚀，按已定义出的线圈图形，在 Si 片表面刻蚀线圈槽和线圈引线通孔，在线圈槽内金属电铸得到金属结构，线圈槽内表面刻蚀的表面粗糙度将线圈镶嵌于线圈槽内。线圈包括：基底 1、线圈槽 2、线圈引线通孔 3、绝缘层 4、种子层 5、金属线 6、引线金属层 7。在 Si 片表面刻蚀线圈形状深槽，线圈镶嵌深槽内，不易从槽内脱落，解决了线圈与基底粘附不牢问题。解决光刻胶与基板的粘结和负胶去胶难的问题。采用薄胶光刻工艺条件要求的宽容度大，易于实现和重复，有利于提高成品率。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、深刻蚀平面电磁线圈的作方法，其特征在于：利用普通光刻技术在 Si 片表面定义出线圈图形，再利用 Si 深刻蚀技术，按已定义出的线圈图形，在 Si 片表面刻蚀得到用于镶嵌线圈金属导线的线圈槽和线圈引线通孔，在线圈槽内进行金属电铸，得到线圈的金属结构，利用线圈槽内表面在刻蚀过程中所产生的表面粗糙度，将线圈牢固地镶嵌于线圈槽内。

2、深刻蚀平面电磁线圈，包括：基底 1、线圈引线通孔 3、绝缘层 4、种子层 5、引线金属层 7，其特征在于还包括：圈槽 2、金属线 6，基底 1 表面刻蚀有线圈槽 2 和线圈引线通孔 3，在基底 1、线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 的外表面生长有绝缘层 4；在带有绝缘层 4 的线圈槽 2 的底部有种子层 5 和金属线 6；在带有绝缘层 4 的线圈引线通孔 3 的侧壁有种子层 5 和引线金属层 7，金属线 6 在同一平面上等间距多次绕制并镶嵌于线圈槽 2 内构成。

## 深刻蚀平面电磁线圈及制作方法

**技术领域：**本发明属于微电子机械系统技术领域，涉及用于微电机、微电磁传感器、执行器中平面电磁线圈的制作方法。

**背景技术：**平面电磁线圈是微电子机械系统中各种微电机、微电磁传感器、执行器中的重要组成部分。以往平面电磁线圈的制作工艺大多采用 LIGA 和 UV-LIGA 工艺，LIGA 工艺需使用同步辐射光源和 X 光掩模板，UV-LIGA 工艺是一种采用紫外厚胶光刻取代同步辐射光刻工艺的准 LIGA 技术，所使用的光刻胶是 SU-8 负性胶或其它正性厚胶。由于 Si 或 SiO<sub>2</sub> 基底的表面非常光滑，线圈与基底的接触面积很小，因此采用上述方法制作的线圈存在着与基底粘附不牢的问题，线圈在电磁力的作用下很容易从基底的表面脱落，影响其使用寿命。在电铸之后，还存在光刻胶难以去除的问题。特别是上述方法在制作双平面电磁线圈时，工艺难度较大，重复性很差，成品率很低。

**发明创造的内容：**为了解决背景技术中线圈与基底粘附不牢，电铸后难以去胶，工艺难度大，重复性差和成品率低的问题，本发明提出一种可用于制作平面电磁线圈的新工艺方法。

本发明提出首先利用普通光刻技术在 Si 片表面定义出线圈图形，再利用 Si 深刻蚀技术，按已定义出的线圈图形，在 Si 片表面刻蚀得到用于镶嵌线圈金属导线的线圈槽和线圈引线通孔，在线圈槽内进行金属电铸，得

---

到线圈的金属结构,利用线圈槽内表面在刻蚀过程中所产生的表面粗糙度,将线圈牢固地镶嵌于线圈槽内。

本发明的平面电磁线圈结构包括:基底1、线圈槽2、线圈引线通孔3、绝缘层4、种子层5、金属线6、引线金属层7,基底1表面刻蚀有线圈槽2和线圈引线通孔3,在基底1的本体上制备有通孔为线圈引线通孔3;在基底1、线圈槽2和线圈引线通孔3的外表面生长有绝缘层4;在带有绝缘层4的线圈槽2的底部有种子层5和金属线6;在带有绝缘层4的线圈引线通孔3的侧壁有种子层5和引线金属层7,金属线6在同一平面上等间距多次绕制并镶嵌于线圈槽2内构成,金属线6的两端分别制备有线圈引线通孔3。

本发明制作的平面电磁线圈工作时,可在金属线两端的线圈引线孔处接通电源,当有电流通过金属线时,在与线圈所在平面垂直的方向会产生一电磁场。

**本发明的积极效果:**为了解决背景技术中线圈与基底粘附不牢,电铸后难以去胶,工艺难度大,重复性差和成品率低的问题,本发明提出:

(1) 利用 Si 的深刻蚀技术,按线圈形状在 Si 片表面刻蚀出深槽,解决了线圈与基底粘附不牢的问题,利用深槽内表面在刻蚀过程中所产生的表面粗糙度,在于深槽内电铸形成线圈即金属线时,可使其牢固地镶嵌粘附于该深槽内,而不易从槽内脱落。

(2) 制作工艺采用普通紫外光刻技术和 Si 的深刻蚀技术,光刻胶采用正性薄胶,不需要 LIGA 和 UV-LIGA 技术所用的 PMMA、SU-8 负性胶和正性厚胶,因此可以解决光刻胶与基板的粘结和负胶难以去胶的问题。

(3) 采用普通薄胶光刻工艺，工艺条件要求的宽容度大，易于实现和重复，有利于提高成品率，因此克服了 LIGA 和 UV-LIGA 技术工艺难度大，重复性差和成品率低的问题。

#### 附图说明：

图 1 是本发明结构的立体示意图

图 2 是本发明基底的深刻蚀后的结构的剖面示意图，

图 3 是本发明的结构的剖面示意图

图 4 是本发明的双平面线圈的具体工艺过程图。

图 5 是本发明的单平面线圈的具体工艺过程图。

#### 具体实施方式：

**实施例 1：** 双平面电磁线圈包括在基底 1 上有 A 面和 B 面两部分，基底 1 的 A 面和 B 面均由线圈槽 2、线圈引线通孔 3、绝缘层 4、种子层 5、金属线 6 和引线金属层 7 组成。先采用普通紫外光刻技术在基底 1 的 A 面和 B 面分别定义线圈的图形可以选择为矩形或三角形或圆形或多边形；采用 Si 深刻蚀技术，分别刻蚀得到 A 面和 B 面的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3；对深刻蚀后的基底 1 进行热氧化，在基底 1 的外表面，线圈槽 2 和线圈引线孔 3 的内表面热氧化生长有绝缘层 4；利用溅射在热氧化后的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内沉积金属种子层 5；采用微电铸技术将基底 1 进行双面电铸，最终得到构成线圈的金属线 6 和引线金属层 7。利用线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内表面在刻蚀过程中所产生的表面粗糙度，可使线圈金属线牢固地镶嵌粘附于线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内。

#### 结构材料选择：

基底 1 采用高阻 Si 单晶材料，绝缘层 4 为热氧化形成的  $\text{SiO}_2$  材料，种子层 5 为金属铜，金属线 6 和引线金属层 7 均为金属铜。

### 具体工艺过程：

本发明提出的双平面电磁线圈工艺过程如图 4 所示。

(1) 在基底 1 的 A 面、B 面两面，分别光刻出平面线圈和线圈引线孔图形；用 Si 深刻蚀技术，刻蚀出线圈槽 2 和线圈引线通孔 3，其中线圈槽 2 的深度为  $20 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$ ，线圈引线通孔 3 为通孔，如图 4 中 (a) 所示；

(2) 将上述刻蚀后的基底 1 结构进行热氧化，使其表面形成绝缘层 4，得到如图 4 中 (b) 所示的结构；

(3) 在已形成绝缘层 4 的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内溅射沉积种子层 5，得到如图 4 中 (c) 所示的结构；

(4) 在溅射有种子层 5 的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内电铸形成金属线 6 和引线金属层 7，得到如图 4 中 (d) 所示的结构。

**实施例 2：**单平面电磁线圈包括在基底 1 的 A 面部分，基底 1 的 A 面由线圈槽 2、线圈引线通孔 3、绝缘层 4、种子层 5、金属线 6 和引线金属层 7 组成。先采用普通紫外光刻技术在基底 1 的 A 面定义出线圈的图形，线圈的图形可以选择为矩形或三角形或圆形或多边形；采用 Si 深刻蚀技术，刻蚀得到 A 面的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3；对深刻蚀后的基底 1 进行热氧化，在基底 1 的外表面，线圈槽 2 和线圈引线孔 3 的内表面热氧化生长有绝缘层 4；利用溅射在热氧化后的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内沉积金属种子层 5；采用微电铸技术将基底 1 进行单面电铸，最终得到构成

线圈的金属线 6 和引线金属层 7。利用线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内表面在刻蚀过程中所产生的表面粗糙度，可使线圈金属线牢固地镶嵌粘附于线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内。

**结构材料选择：**

实施例 2 的结构材料与实施例相同。

**具体工艺过程：**

本发明提出的工艺过程如图 5 所示。

(1) 在基底 1 的 A 面光刻出平面线圈和线圈引线孔图形；用 Si 深刻蚀技术，刻蚀出线圈槽 2 和线圈引线通孔 3，其中线圈槽 2 的深度为  $20 \mu m \sim 60 \mu m$ ，线圈引线通孔 3 为通孔，如图 5 中 (a) 所示；

(2) 将上述刻蚀后的基底 1 结构进行热氧化，使其表面形成绝缘层 4，得到如图 5 中 (b) 所示的结构；

(3) 在已形成绝缘层 4 的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内溅射沉积种子层 5，得到如图 5 中 (c) 所示的结构；

(4) 在溅射有种子层 5 的线圈槽 2 和线圈引线通孔 3 内电铸形成金属线 6 和引线金属层 7，得到如图 5 中 (d) 所示的结构。

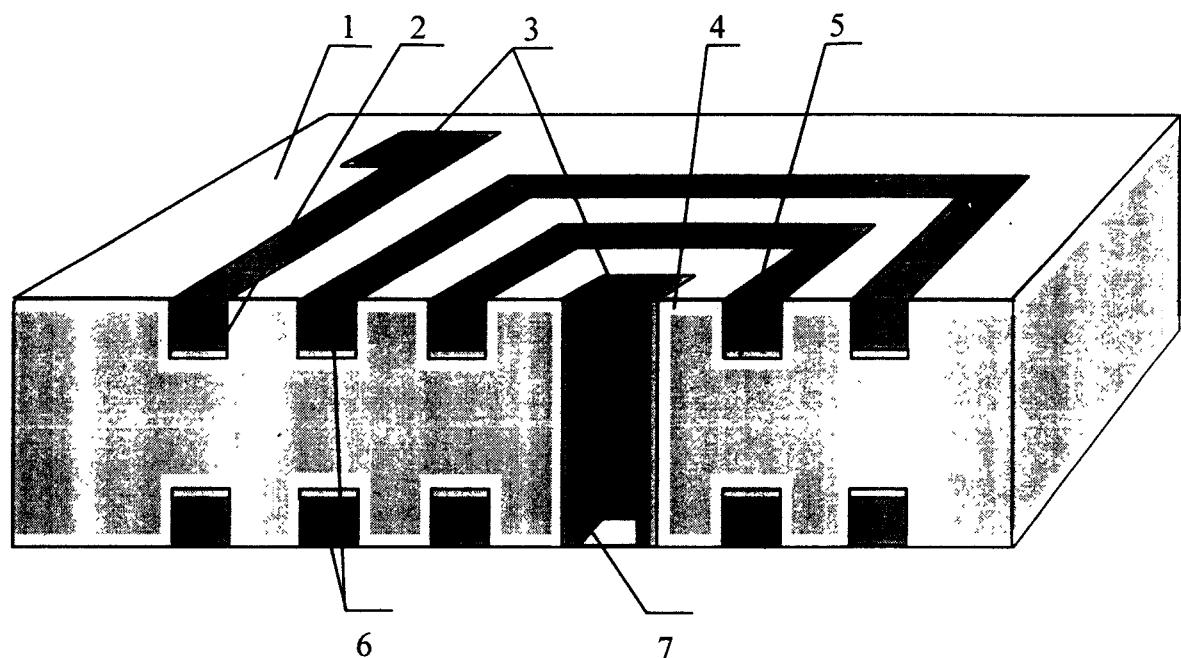


图 1

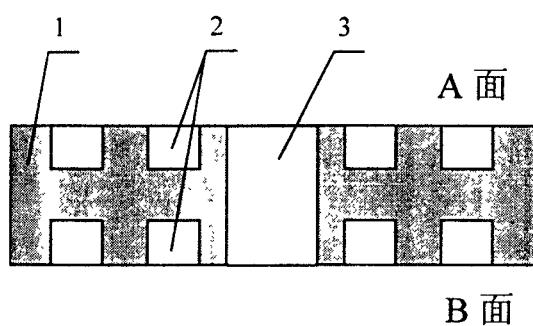


图 2

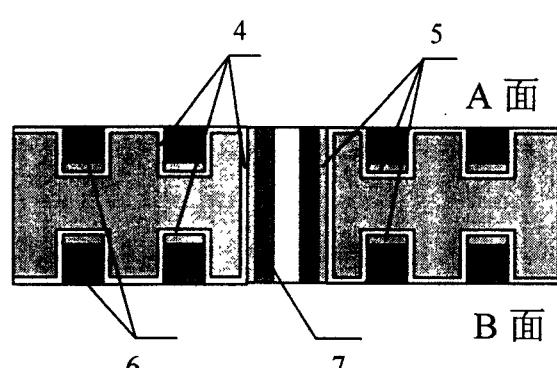


图 3

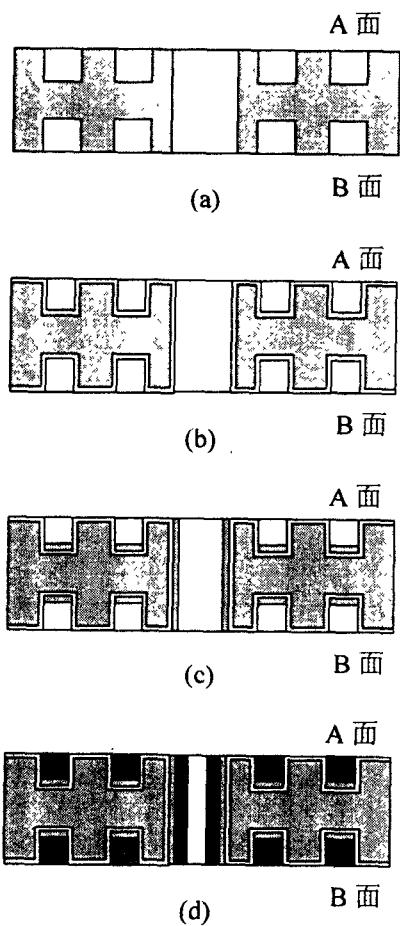


图 4

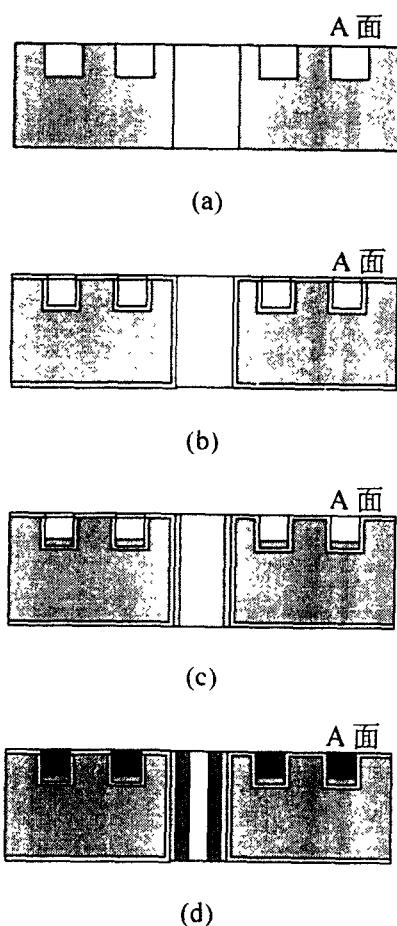


图 5