

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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

H01L 43/00

G01R 33/06

G11B 5/37



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510040154.4

[43] 公开日 2005 年 11 月 9 日

[11] 公开号 CN 1694274A

[22] 申请日 2005.5.20

[21] 申请号 200510040154.4

[71] 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130 信箱

[72] 发明人 孔德义 张东风 梅 涛 倪 林  
张正勇 陶永春 单建华 孙 磊

[74] 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责  
任公司

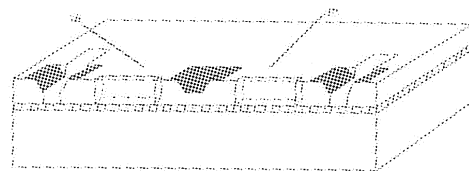
代理人 赵晓薇

权利要求书 5 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称 磁敏传感器阵列及其制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种单片式磁敏传感器阵列及其制造方法。传感器阵列由多个相同的磁敏感单元以二维方式排列而成，每个磁敏感单元为由两个相同的磁敏二极管组成的差分对结构，磁敏二极管是双注入型或单注入型磁敏二极管，其中每个磁敏二极管仅有一个位于二极管侧面的有效高复合面。其制作方法是先采用半导体平面工艺在具有 SOI 衬底的高阻单晶硅层上制作磁敏二极管阵列，然后采用 MEMS 技术在每个磁敏二极管的侧面及不同的磁敏感单元之间刻蚀出硅槽，形成磁敏二极管的有效高复合面及实现不同磁敏感单元之间的隔离。该传感器阵列具有抑制温度漂移能力强、灵敏度高、稳定性好的特点，可直接应用于单点或分布式磁场强度的测量。



1、一种磁敏传感器阵列，包括多个相同的以二维方式排列的磁敏感单元即阵列单元，其特征在于：

每一磁敏感单元均包括两个结构完全相同并且相互对称的磁敏二极管（1A，1B）并由其组成差分对，所说二极管（1A，1B）是单注入型磁敏二极管或双注入型磁敏二极管，其中，每个磁敏感单元的结构为：

1.1、高阻单晶硅层（1）的上表面置有三条平行的梯形槽（6A，6，6B），所说梯形槽（6）的上宽为12~15微米、下宽为5~8微米、长度为30微米、高度为10微米，所说梯形槽（6A，6B）上宽为12~15微米、下宽为5~8微米、长度为95微米，梯形槽（6A，6B）的槽底延伸至SOI衬底的绝缘层处，所说梯形槽（6A，6）间的中心距及梯形槽（6，6B）间的中心距均为150微米；

1.2、所说磁敏二极管（1A，1B）的与梯形槽（6A，6，6B）相垂直的侧表面上置有两块高深宽比的凹硅槽（4A，4B），所说凹硅槽（4A，4B）的深度为20微米、宽度为2微米、长度为100微米，凹硅槽（4A，4B）位于两两梯形槽（6A，6，6B）中间，凹硅槽（4A，4B）的一个侧面分别形成磁敏二极管（1A，1B）的有效高复合面；

1.3、所说磁敏二极管（1A，1B）为双注入型时，所说梯形槽（6）的槽内表面置有公共区（2），梯形槽（6A，6B）的斜边分别置有另一区（2A，2B）；

1.4、所说磁敏二极管（1A，1B）为单注入型时，所说梯形槽（6）的槽内表面置有公共区（8），梯形槽（6A，6B）的斜边分别置有另一区（8A，8B）；

1.5、公共区(2)为由受主杂质扩散形成的 $P^+$ 区,另一区(2A, 2B)均为由施主杂质扩散形成的 $N^+$ 区,或者,公共区(2)为由施主杂质扩散形成的 $N^+$ 区,另一区(2A, 2B)均为由施主杂质扩散形成的 $P^+$ 区;

1.6、所说高阻单晶硅层(1)为P型材料时,公共区(8)为由受主杂质扩散形成的 $P^+$ 区,另一区(8A, 8B)均为能与高阻区(3A, 3B)形成整流接触的金属材料区,或者,公共区(8)为能与高阻区(3A, 3B)形成整流接触的金属材料,另一区(8A, 8B)均为由受主杂质扩散形成的 $P^+$ 区;所说高阻单晶硅层(1)为N型材料时,公共区(8)为由施主杂质扩散形成的 $N^+$ 区,另一区(8A, 8B)均为能与高阻区(3A, 3B)形成整流接触的金属材料区,或者,公共区(8)为能与高阻区(3A, 3B)形成整流接触的金属材料,另一区(8A, 8B)均为由施主杂质扩散形成的 $N^+$ 区;

1.7、公共区(2, 8)的表面覆有电极(5),另一区(2A, 8A)的表面覆有电极(5A),另一区(2B, 8B)的表面覆有电极(5B);

1.8、所说高阻单晶硅层(1)的上表面覆有二氧化硅绝缘层(7);

1.9、所说电极(5A, 5B)分别串接电阻(9A, 9B)后的接点与电极(5)间跨接有直流稳压电源(11),差分信号(10)由所说电极(5A)与电极(5B)间引出。

2、根据权利要求1所述的磁敏传感器阵列,其特征是具有SOI衬底的高阻单晶硅层(1)为轻掺杂的N型或P型材料,其室温下的电阻率大于100欧姆·厘米。

3、一种如权利要求1所述的磁敏传感器阵列制作的方法，其特征在于：

选择具有SOI衬底的100晶面的高阻单晶硅层(1)，N型或P型均可，采用外延工艺将高阻单晶硅层(1)外延到20微米，然后采用RCA标准清洗步骤进行化学清洗；

采用热氧化工艺在高阻单晶硅层(1)表面生长一层1微米厚的二氧化硅；

交替采用光刻、TMAH腐蚀液进行各向异性腐蚀、热氧化工艺，分两次在高阻单晶硅层(1)的相应位置处分别制作出梯形槽(6)及梯形槽(6A, 6B)；

当制作如(1A, 1B)所示的双注入型磁敏二极管时，在梯形槽(6)内扩散受主杂质形成P<sup>+</sup>区作为公共区(2)，在梯形槽(6A, 6B)内分别扩散施主杂质形成N<sup>+</sup>区作为另一区(2A, 2B)，或者，在梯形槽(6)内扩散施主杂质形成N<sup>+</sup>区作为公共区(2)，在梯形槽(6A, 6B)内分别扩散受主杂质形成P<sup>+</sup>区作为另一区(2A, 2B)，形成公共区(2)和另一区(2A, 2B)的先后次序没有要求，但两次扩散过程之间需进行一次热氧化和一次光刻，公共区(2)及另一区(2A, 2B)的杂质浓度不低于 $10^{17}/\text{cm}^3$ ；

当制作如(1A, 1B)所示的单注入型磁敏二极管时，若高阻单晶硅层(1)为P型材料，在梯形槽(6)内扩散受主杂质形成P<sup>+</sup>区作为公共区(8)，在梯形槽(6A, 6B)内分别淀积能与高阻区(3A, 3B)形成整流接触的金属材料作为另一区(8A, 8B)，或者，在梯形槽(6)内淀积能与高阻区(3A, 3B)

形成整流接触的金属材料作为公共区(8),在梯形槽(6A,6B)内分别扩散受主杂质形成P<sup>+</sup>区作为另一区(8A,8B);若高阻单晶硅层(1)为N型材料,在梯形槽(6)内扩散受主杂质形成N<sup>+</sup>区作为公共区(8),在梯形槽(6A,6B)内分别淀积能与高阻区(3A,3B)形成整流接触的金属材料作为另一区(8A,8B),或者,在梯形槽(6)内淀积能与高阻区(3A,3B)形成整流接触的金属材料作为公共区(8),在梯形槽(6A,6B)内分别扩散受主杂质形成N<sup>+</sup>区作为另一区(8A,8B)。形成公共区(8)和另一区(8A,8B)的先后次序是,先在磁敏二极管的一端形成P<sup>+</sup>区或N<sup>+</sup>区,然后在磁敏二极管的另一端淀积能与高阻区(3A,3B)形成整流接触的金属材料区,并随后进行一次光刻以除去梯形槽斜边以外的该种金属材料,公共区(8)及另一区(8A,8B)的杂质浓度不低于 $10^{17}/\text{cm}^3$ ;

当制作如(1A,1B)的双注入型磁敏二极管或单注入型磁敏二极管时,公共区(2,8)和另一区(2A,2B,8A,8B)的形成都是在相应的梯形槽(6A,6,6B)被TMAH腐蚀液刻蚀成形并经过化学清洗后随即进行的;

采用PECVD工艺淀积一层二氧化硅绝缘层,然后通过光刻工艺刻蚀出公共区(2,8)和另一区(2A,2B,8A,8B)的金属引线孔窗口;

淀积金属铝,并再次通过光刻工艺完成梯形槽(6A,6,6B)处电学信号的引出以及整个传感器阵列内部引线的互连,随后进行合金化处理;

采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，刻蚀梯形槽（6A，6，6B）处底部除去铝后裸露的硅直至硅下面的二氧化硅绝缘层，长度为 95 微米。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻，若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻；

采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，在磁敏二极管（1A，1B）的与梯形槽（6A，6，6B）相垂直的侧表面制作高深宽比的凹硅槽（4A，4B），凹硅槽（4A，4B）的一个侧面形成（1A，1B）的有效高复合面。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻，若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻。

## 磁敏传感器阵列及其制造方法

**所属领域** 本发明涉及传感器领域，特别涉及到磁敏传感器阵列及其制造方法。

**背景技术** 最早的磁敏传感器可以追溯到中国古代的“指南针”，伴随现代科学技术的发展，不同材料的磁敏传感器种类繁多，霍尔器件、磁敏二极管、磁阻器件等半导体磁敏器件是其中应用最为广泛的一类，而磁敏二极管则是半导体磁敏器件中非常重要的一种磁敏传感器。磁敏二极管可以检测到 $10^{-1}$ ~ $10^4$ Gauss 的磁场，其磁灵敏度比普通霍尔器件大 2~3 个数量级，并且其结构简单，被广泛应用于磁场探头、无接触开关等。

磁敏二极管是一种长基区二极管，有双注入型和单注入型两种，双注入型磁敏二极管的灵敏度要高于单注入型磁敏二极管，因此在设计时被经常采用，但后者的制作工艺比前者要简单。无论是单注入型还是双注入型磁敏二极管，其基区都是高阻半导体单晶材料。对于常用的双注入型磁敏二极管，在其两端设置了施主重掺杂区  $N^+$ 区和受主重掺杂区  $P^+$ 区，并在磁敏二极管的一个表面设置一个高复合区。当外界磁场加在平行于高复合区表面、且垂直于载流子运动方向时，载流子受洛伦兹力作用偏向或背离复合区，在恒定电压输入的情况下，流过磁敏二极管的电流会发生改变。根据磁敏二极管的电流变化情况，即可获知外界磁场的大小。

制作磁敏二极管的材料主要有锗、硅和制作在绝缘层上的单晶硅层 SOI，其结构一般是长方体，通常将高复合区设置在磁敏二极管的上表面或下表面(参见：“Sensitivity Limits in SOS magnetodiode，” O.S.Lutes, P.S.Nussbaum, O.S.Aadland, IEEE Transactions on Electron Devices, vol. ED-27, No. 11, pp.

2156-2157 (Nov. 1980) , “Double Injection Type Magnetodiode formed on a SOI substrate,” H. Takeyama, K. Senoo, T. Otuki, and M. Kimura, The Transactions of The Institute of Electrical Engineers of Japan, MAY 2002, Volume 122-E (5): 280. ). 这种磁敏二极管要求被测磁场的方向必须与其上表面平行, 它对于磁力线垂直于磁敏二极管上表面的磁场不敏感。另外, 目前常见的磁敏二极管多为分立器件, 温度特性较差, 并且只能进行单点磁场测量, 尚未出现能够测量磁场二维分布的单片式磁敏二极管阵列。对于单片式磁敏二极管阵列而言, 被测磁场的方向只能与阵列平面垂直, 这就要求阵列中每个磁敏二极管都对该方向的磁场具有最高的灵敏度, 因此磁敏二极管的高复合区只能制作在其侧面。

**发明内容** 本发明的目的就是针对上述磁敏二极管分立器件的不足之处而提供一种测量磁场二维分布的单片式磁敏二极管阵列, 该磁敏二极管阵列能够测量单点或分布式磁场强度的磁场, 用于分布式磁场测量的磁敏传感器阵列及其制造方法。

本发明的技术方案是: 一种磁敏传感器阵列, 包括多个相同的以二维方式排列的磁敏感单元即阵列单元, 其特征在于: 每一磁敏感单元均包括两个结构完全相同并且相互对称的磁敏二极管并由其组成差分对, 所说二极管是单注入型磁敏二极管或双注入型磁敏二极管, 其中, 每个磁敏感单元的结构为:

高阻单晶硅层上的沟槽为三条平行的梯形槽, 三条梯形槽的上宽均为 12~15 微米、下宽均为 5~8 微米, 位于中间的梯形槽的长度为 30 微米、高度为 10 微米, 位于两边的两个梯形槽的长度为 95 微米、其槽底延伸至 SOI 衬底的绝缘层处, 位于两边的与位于中间的梯形槽间的中心距均为 150 微米;

磁敏二极管的与梯形槽相垂直的侧表面上置有两块高深宽比的凹硅槽, 凹硅槽的深度为 20 微米、宽度为 2 微米、长度为 100 微米, 凹硅槽位于两两梯形槽中间, 凹硅槽的一个侧面分别形成磁敏二极管的有效高复合面;



当磁敏二极管是双注入型时，其公共区是  $P^+$  区，两个另一区都是  $N^+$  区，或者，其公共区是  $N^+$  区，两个另一区都是  $P^+$  区；

当磁敏二极管是单注入型时，若高阻单晶硅层为 P 型材料，磁敏二极管的公共区是  $P^+$  区，两个另一区都是能与高阻区形成整流接触的金属材料区，或者，公共区是能与高阻区形成整流接触的金属材料区，两个另一区都是  $P^+$  区；

当磁敏二极管是单注入型时，若高阻单晶硅层为 N 型材料，磁敏二极管的公共区是  $N^+$  区，两个另一区都是能与高阻区形成整流接触的金属材料区，或者，公共区是能与高阻区形成整流接触的金属材料区，两个另一区都是  $N^+$  区；

磁敏二极管都只具有一个有效高复合面，该高复合面分别为具有高深宽比的凹硅槽的一个侧面，其目的是使得每个磁敏二极管对于磁力线垂直于其上表面的磁场具有最高的灵敏度；

公共区的表面覆有电极，两个另一区的表面也覆有电极；

位于两端的电极分别串接电阻后的接点与位于中间的电极间跨接有直流稳压电源，组成差分电路，差分信号由所说位于两端的电极间引出；

具有 SOI 衬底的高阻单晶硅层为轻掺杂的 N 型或 P 型材料，其室温下的电阻率大于 100 欧姆·厘米。

本发明中提到的磁敏传感器阵列的制作方法，其特征在于：

选择具有 SOI 衬底的 100 晶面的高阻单晶硅层，N 型或 P 型均可，采用外延工艺将高阻单晶硅层外延到 20 微米，然后采用 RCA 标准清洗步骤进行化学清洗；

采用热氧化工艺在高阻单晶硅层表面生长一层 1 微米厚的二氧化硅；

交替采用光刻、TMAH 腐蚀液进行各向异性腐蚀、热氧化工艺，分两次在高阻单晶硅层的相应位置处分别制作出梯形槽；

当制作双注入型磁敏二极管时，在中间的梯形槽内扩散受主杂质形成  $P^+$  区

作为公共区，在两边的梯形槽内分别扩散施主杂质形成  $N^+$  区作为两个另一区，或者，在中间的梯形槽内扩散施主杂质形成  $N^+$  区作为公共区，在两边的梯形槽内分别扩散受主杂质形成  $P^+$  区作为两个另一区。形成公共区和两个另一区的先后次序没有特别的要求，但两次扩散过程之间需进行一次热氧化和一次光刻；

当制作单注入型磁敏二极管时，若高阻单晶硅层为 P 型材料，在中间的梯形槽内扩散受主杂质形成  $P^+$  区作为公共区，在两边的梯形槽内分别淀积能与高阻区形成整流接触的金属材料作为两个另一区，或者，在中间的梯形槽内淀积能与高阻区形成整流接触的金属材料作为公共区，在两边的梯形槽内分别扩散受主杂质形成  $P^+$  区作为两个另一区；

若高阻单晶硅层为 N 型材料，在中间的梯形槽内扩散受主杂质形成  $N^+$  区作为公共区，在两边的梯形槽内分别淀积能与高阻区形成整流接触的金属材料作为两个另一区，或者，在中间的梯形槽内淀积能与高阻区形成整流接触的金属材料作为公共区，在两边的梯形槽内分别扩散受主杂质形成  $N^+$  区作为两个另一区。

形成公共区和两个另一区的先后次序是，先在磁敏二极管的一端形成  $P^+$  区或  $N^+$  区，然后在另一端淀积能与高阻区形成整流接触的金属材料区，并随后进行一次光刻以除去梯形槽斜边以外的该种金属材料；

当制作如双注入型磁敏二极管或单注入型磁敏二极管时，公共区和两个另一区的形成都是在相应的梯形槽被 TMAH 腐蚀液刻蚀成形并经过化学清洗后随即进行的；

采用 PECVD 工艺淀积一层二氧化硅绝缘层，然后通过光刻工艺刻蚀出公共区和另一区的金属引线孔窗口；

淀积金属铝，并再次通过光刻工艺完成三个梯形槽处电学信号的引出以及整个传感器阵列内部引线的互连；随后进行合金化处理；

采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，刻蚀两边的梯形槽处底部除去铝后裸露的硅直至硅下面的二氧化硅绝缘层，长度为 95 微米。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻；

采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，在磁敏二极管的与梯形槽相垂直的侧表面制作高深宽比的凹硅槽，凹硅槽的一个侧面形成磁敏二极管的有效高复合面。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻。

上述制作工艺的加工对象是指包括磁敏二极管在内的传感器阵列中的所有磁敏二极管。

本发明的有益效果是：该传感器阵列的每个磁敏感单元与外部电阻及直流稳压电源相连后都可以组成差分电路，借助于此，抑制了温度漂移、电源电压抖动等因素引起的共模干扰，与由分立的磁敏二极管组成的差分电路相比，该传感器阵列的每个敏感单元构成的差分电路，在稳定性及可靠性方面得到了较大提高，且其磁灵敏度为磁敏二极管对中两个磁敏二极管正反向磁灵敏度之和；

采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，在磁敏感单元中磁敏二极管的侧表面上制作出的高深宽比的凹硅槽，利用凹硅槽的一个侧面作为磁敏二极管的有效高复合面，而利用凹硅槽的对面未破坏的高阻半导体单晶作为磁敏二极管的低复合面，从而使传感器阵列对垂直于芯片表面方向的磁场具有最高的磁灵敏度。

采用半导体平面工艺结合微机械加工的制作方法，使该传感器阵列的磁敏感单元具有很高的集成度且每个磁敏感单元都可以单独工作，因此该传感器阵列可直接应用于单点或分布式磁场强度的测量，也可将其改装为触觉传感器并应用于机器人技术领域。

**附图说明** 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明。

图 1 是本发明中磁敏传感器阵列的一个阵列单元的结构外观图；

图 2 是本发明中双注入型磁敏二极管差分对作为阵列单元时的截面图；

图 3 是本发明中单注入型磁敏二极管差分对作为阵列单元时的截面图；

图 4 是本发明中双注入型磁敏二极管差分对作为阵列单元时感应外磁场时的典型电路连接；

图 5 是本发明中单注入型磁敏二极管差分对作为阵列单元时感应外磁场时的典型电路连接。

**具体实施方式** 图中 1. 高阻单晶硅层, 1A. 左侧的磁敏二极管, 1B. 右侧的磁敏二极管, 2. 双注入型磁敏二极管的公共区, 2A. 双注入型磁敏二极管 1A 的另一区, 2B. 双注入型磁敏二极管 1B 的另一区, 3A. 磁敏二极管 1A 的高阻区, 3B. 磁敏二极管 1B 的高阻区, 4A. 磁敏二极管 1A 侧面的凹硅槽, 4B. 磁敏二极管 1B 侧面的凹硅槽, 5. 公共区 2, 8 表面的金属电极, 5A. 另一区 2A, 8A 表面的金属电极, 5B. 另一区 2B, 8B 表面的金属电极, 6. 用于制作公共区 2, 8 的梯形槽, 6A. 用于制作另一区 2A, 8A 的梯形槽, 6B. 用于制作另一区 2B, 8B 的梯形槽, 7. 二氧化硅层, 8. 单注入型磁敏二极管的公共区, 8A. 单注入型磁敏二极管 1A 的另一区, 8B. 单注入型磁敏二极管 1B 的另一区, 9A. 与 5A 连接的外部电阻, 9B. 与 5B 连接的外部电阻, 10. 阵列单元的电压输出信号, 11. 直流稳压电源。

如图 2 所示, 磁敏二极管 1A, 1B 是双注入型磁敏二极管, 其中, 公共区 2 为  $P^+$  区, 另一区 2A, 2B 为  $N^+$  区; 双注入型磁敏二极管 1A, 1B 也可以制作为另外一种结构, 即公共区 2 为  $N^+$  区、另一区 2A, 2B 为  $P^+$  区。

如图 3 所示, 磁敏二极管 1A, 1B 为单注入型磁敏二极管, 此时的高阻单晶硅层 1 为 P 型材料, 其中, 公共区 8 为  $P^+$  区, 另一区 8A, 8B 为能与高阻区

3A, 3B 形成整流接触的金属材料区, 磁敏二极管 1A, 1B 也可以制作为另外一种结构, 即公共区 8 为能与高阻区 3A, 3B 形成整流接触的金属材料区, 另一区 8A, 8B 为  $P^+$  区; 若高阻单晶硅层 1 选取为 N 型材料, 则磁敏二极管 1A, 1B 可以制作为下面的结构: 公共区 8 为  $N^+$  区, 另一区 8A, 8B 为能与高阻区 3A, 3B 形成整流接触的金属材料区, 或者, 公共区 8 为能与高阻区 3A, 3B 形成整流接触的金属材料区, 另一区 8A, 8B 为  $N^+$  区。

在图 2 与图 3 中, 磁敏二极管 1A, 1B 的长度为 150 微米、宽度为 250 微米。三条平行的梯形槽 6A, 6, 6B 位于高阻单晶硅层 1 上, 梯形槽 6 的上宽为 12~15 微米、下宽为 5~8 微米、长度为 30 微米、高度为 10 微米, 梯形槽 6A, 6B 上宽为 12~15 微米、下宽为 5~8 微米、长度为 95 微米, 梯形槽 6A, 6B 的槽底延伸至 SOI 衬底的二氧化硅层处, 所说梯形槽 6A, 6 间的中心距及梯形槽 6, 6B 间的中心距均为 150 微米。磁敏二极管 1A, 1B 的与梯形槽 6A, 6, 6B 相垂直的侧表面上置有两块高深宽比的凹硅槽 4A, 4B, 凹硅槽 4A, 4B 的深度为 20 微米、宽度为 2 微米、长度为 100 微米, 凹硅槽 4A, 4B 位于两两梯形槽 6A, 6, 6B 中间, 凹硅槽 4A, 4B 的一个侧面形成磁敏二极管 1A, 1B 的有效高复合面。公共区 2, 8 的表面覆有电极 5, 另一区 2A, 8A 的表面覆有电极 5A, 另一区 2B, 8B 的表面覆有电极 5B。在磁敏二极管 1A, 1B 上表面部分的二氧化硅层 7 起到表面钝化与保护作用, 同时由于高阻单晶硅层 1 在制备过程中的加工处理及表面悬挂键的存在等原因, 使其表面具有较高的载流子复合速率, 生长一层二氧化硅层 7 后可以减小硅片表面对载流子的俘获作用, 从而减小上表面对体内载流子寿命的影响。

磁敏传感器阵列制作在具有 SOI 衬底的高阻单晶硅层 1 上, 磁敏感单元以二维方式阵列。处于不同列的磁敏感单元, 采用在梯形槽 6A, 6B 底部刻蚀出的长度为 95 微米、高度为高阻单晶硅层厚度的硅槽加以隔离; 处于同一列而不

同行的磁敏感单元,因为它们之间隔着较大面积的高阻半导体,磁敏二极管 1A, 1B 的宽度  $W$  远大于其中的载流子的扩散长度,因此在一个磁敏感单元中的载流子受到磁场作用偏转后,基本已被在宽度方向的半导体体内复合中心复合掉,不会被注入到相邻的磁敏感元中,所以处于同列的磁敏感单元之间也具有较好的隔离。

该磁敏传感器阵列的制作方法是:

下面先介绍磁敏二极管 1A, 1B 为双注入型时的磁敏传感器阵列的制作方法: ①选择具有 SOI 衬底的 100 晶面的高阻单晶硅层 1, N 型或 P 型均可,其室温下的电阻率大于 100 欧姆·厘米,采用外延工艺将高阻单晶硅层 1 外延到 20 微米,然后采用 RCA 标准清洗步骤进行化学清洗;

②采用热氧化工艺在高阻单晶硅层 1 表面生长一层 1 微米厚的二氧化硅;然后在高阻单晶硅层的相应位置处光刻并利用 TMAH 各向异性腐蚀,形成具有一定坡度的梯形槽 6;对梯形槽 6 进行化学清洗,随后立即在梯形槽 6 中进行杂质扩散形成公共区 2,公共区 2 为扩散受主杂质形成的  $P^+$  区或扩散施主杂质形成的  $N^+$  区;

③采用热氧化工艺在单晶硅层表面生长一层 1 微米厚的二氧化硅;然后在高阻单晶硅层的相应位置处光刻并利用 TMAH 各向异性腐蚀,形成具有一定坡度的梯形槽 6A, 6B;对梯形槽 6A, 6B 进行化学清洗,随后立即在梯形槽 6A, 6B 中进行杂质扩散形成另一区 2A, 2B,若公共区 2 为  $N^+$  区,则另一区 2A, 2B 为  $P^+$  区,若公共区 2 为  $P^+$  区,则另一区 2A, 2B 为  $N^+$  区, $P^+$  区和  $N^+$  区的杂质浓度均不低于  $10^{17}/\text{cm}^3$ ;

④采用 PECVD 工艺淀积一层 0.5 微米厚的二氧化硅,然后通过光刻工艺刻蚀出梯形槽 6A, 6, 6B 内的公共区 2 和另一区 2A, 2B 的引线孔窗口;

⑤淀积金属铝,并再次通过光刻工艺完成梯形槽 6A, 6, 6B 处电学信号的

引出以及整个传感器阵列内部引线的互连；随后进行合金化处理；

⑥采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，刻蚀梯形槽 6A, 6B 处底部除去铝后裸露的硅直至硅下面的二氧化硅绝缘层，长度为 95 微米。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻。

⑦采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，在磁敏二极管 1A, 1B 与梯形槽 6A, 6, 6B 相垂直的侧表面上制作两块高深宽比的凹硅槽 4A, 4B, 凹硅槽 4A, 4B 的一个侧面形成 1A, 1B 的有效高复合面。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻。

上述磁敏二极管 1A, 1B 是双注入型时的传感器阵列的制作工艺中，步骤 ②与③的次序可以互换。

下面介绍磁敏二极管 1A, 1B 是单注入型时的磁敏传感器阵列的制作方法：

①选择具有 SOI 衬底的 100 晶面的高阻单晶硅层 1, N 型或 P 型均可，其室温下的电阻率大于 100 欧姆·厘米，采用外延工艺将高阻单晶硅层 1 外延到 20 微米，然后采用 RCA 标准清洗步骤进行化学清洗；

②采用热氧化工艺在单晶硅层表面生长一层 1 微米厚的二氧化硅；然后在高阻单晶硅层的相应位置处光刻并利用 TMAH 各向异性腐蚀，形成具有一定坡度的梯形槽 6 或梯形槽 6A, 6B, 对梯形槽 6 或梯形槽 6A, 6B 进行化学清洗，随后立即在梯形槽 6 内扩散杂质形成公共区 8 或在梯形槽 6A, 6B 内扩散杂质形成另一区 8A, 8B, 若高阻单晶硅层 1 为 N 型材料，则该步骤中扩散的杂质为施主型杂质；若高阻单晶硅层 1 为 P 型材料，则该步骤中扩散的杂质为受主型杂质，扩散后的施主型杂质或受主型杂质的浓度均不低于  $10^{17}/\text{cm}^3$ ；

③采用热氧化工艺在单晶硅层表面生长一层 1 微米厚的二氧化硅；然后在

高阻单晶硅层的相应位置处光刻并利用 TMAH 各向异性腐蚀，形成具有一定坡度的梯形槽 6A，6B 或梯形槽 6；对梯形槽 6A，6B 或梯形槽 6 进行化学清洗，随后立即在梯形槽 6A，6B 内淀积能与高阻区 3A，3B 形成整流接触的金属材料形成另一区 8A，8B 或在梯形槽 6 内淀积能与高阻区 3A，3B 形成整流接触的金属材料形成公共区 8，并在沉积金属后进行一次氧化并光刻除去具有整流接触的另一区 8A，8B 或公共区 8 以外的该种金属材料；

④采用 PECVD 工艺淀积一层 0.5 微米厚的二氧化硅，然后通过光刻工艺刻蚀出梯形槽 6A，6，6B 内的公共区 8 和另一区 8A，8B 的引线孔窗口；

⑤淀积金属铝，并再次通过光刻工艺完成梯形槽 6A，6，6B 处电学信号的引出以及整个传感器阵列内部引线的互连；随后进行合金化处理；

⑥采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，刻蚀梯形槽 6A，6B 处底部除去铝后裸露的硅直至硅下面的二氧化硅绝缘层，长度为 95 微米。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻；

⑦采用 MEMS 技术中的 ICP 硅深刻蚀工艺或激光刻蚀工艺，在磁敏二极管 1A，1B 与梯形槽 6A，6，6B 相垂直的侧表面上制作两块高深宽比的凹硅槽 4A，4B，凹硅槽 4A，4B 的一个侧面形成 1A，1B 的有效高复合面。若采用 ICP 硅深刻蚀工艺，需提前再进行一次基于光刻胶作为掩膜的光刻；若采用激光刻蚀工艺，则不需要再进行任何光刻。

磁敏传感器阵列用于外界磁场感应时，阵列中的每一个磁敏感单元都采用恒压源输入的方式，并通过连接外部分压电阻构成差分电路，从而每一个磁敏感单元都可以单独工作。因为磁敏二极管在“大注入”条件下才具有较高的磁灵敏度，因此外部电阻 9A，9B 和直流稳压电源 11 的大小应能够保证磁敏二极管 1A，1B 工作在大注入状态下，具体数值没有严格要求。



如图4所示,磁敏二极管1A,1B是双注入型,其中,公共区2为P<sup>+</sup>区,另一区2A,2B为N<sup>+</sup>区,此时电极5与直流稳压电源11的正极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的负极相连;当公共区2为N<sup>+</sup>区、另一区2A,2B为P<sup>+</sup>区时,此时电极5与直流稳压电源11的负极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的正极相连。

如图5所示,磁敏二极管1A,1B是单注入型,此时的高阻单晶硅层1为P型材料,其中,公共区8为P<sup>+</sup>区,另一区8A,8B为能与高阻区3A,3B形成整流接触的金属材料区,此时电极5与直流稳压电源11的正极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的负极相连;当公共区8为能与高阻区3A,3B形成整流接触的金属材料区,另一区8A,8B为P<sup>+</sup>区时,此时电极5与直流稳压电源11的负极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的正极相连。若高阻单晶硅层1为N材料,公共区8为N<sup>+</sup>区,另一区8A,8B为能与高阻区3A,3B形成整流接触的金属材料区,此时电极5与直流稳压电源11的负极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的正极相连,或者,公共区8为能与高阻区3A,3B形成整流接触的金属材料区,另一区8A,8B为N<sup>+</sup>区,此时电极5与直流稳压电源11的正极相连,电极5A,5B分别串接电阻9A,9B后与直流稳压电源11的负极相连。

在上述情况下,差分信号10都是从电极5A与电极5B间引出。

本发明提供的磁传感器阵列,能够检测垂直于硅片表面方向的磁场。下面以磁敏二极管1A,1B是双注入型的为例,介绍其工作原理。磁敏二极管在正向偏压下,即上文介绍的电路连接方式,当外部磁场 $B=0$ 时,理论上,输出的差分信号10为零,磁敏二极管中的载流子在电场力作用下从P<sup>+</sup>区漂移到N<sup>+</sup>区空穴或从N<sup>+</sup>区漂移到P<sup>+</sup>区电子,侧面的有效高复合面对载流子的影响很小。当

磁场方向为垂直于硅片表面向下时，磁敏二极管 1A 中的载流子运动方向与磁场方向垂直，受洛仑兹力作用而偏向作为有效高复合面的凹硅槽 4A，并在那里被有效高复合面的缺陷等俘获，引起磁敏二极管 1A 内阻增大，而右边的磁敏二极管的载流子受洛仑兹力作用则偏向于另一侧面运动，此时绝大部分载流子被体内复合中心复合掉，磁敏二极管 1B 的内阻将略为减小或基本不变。温度对磁敏二极管输出信号的影响主要源于两个因素，其一是热激发的载流子参与漂移，其二是载流子迁移率随温度的变化。由于两磁敏二极管距离为微米量级，它们对于环境温度变化的感知可以认为是相同的，而且效果等同，从而磁敏二极管 1A、1B 温度漂移在差分输出信号中被补偿掉，而其磁灵敏度则为磁敏二极管 1A 与 1B 正反向磁灵敏度之和。同时，这种电路结构对于由电源电压抖动等引起的共模干扰，也具较好的抑制作用。该传感器阵列可直接应用于单点或分布式磁场强度的测量，也可将其改装为触觉传感器并应用于机器人技术领域，电路的稳定性及可靠性都较高。同理，当被测磁场垂直于硅片表面上时，右边的磁敏二极管 1B 是磁敏感部分，而左边的磁敏二极管 1A 主要起到温度补偿的作用。当磁敏感单元工作在反向电压时，因为磁敏二极管 1A 与 1B 中 P-N 结的反向漏电流很小，故磁敏感效应也很小。

当磁敏二极管 1A、1B 为单注入型时，其工作原理与磁敏二极管 1A、1B 为双注入型时的基本相同。不同之处在于，在双注入型磁敏二极管中，参与形成电流的是  $N^+-\pi$  结向  $\pi$  区注入的电子和  $P^+-\pi$  结向  $\pi$  区注入的空穴， $\pi$  是指高阻半导体，而在本发明的单注入型磁敏二极管阵列中，参与形成电流的则主要是  $P^+-\pi$  结向  $\pi$  区注入的空穴及部分由金属越过阻挡层注入  $\pi$  区的电子，或者，是  $N^+-\pi$  结向  $\pi$  区注入的电子及部分由金属越过阻挡层注入  $\pi$  区的电子。

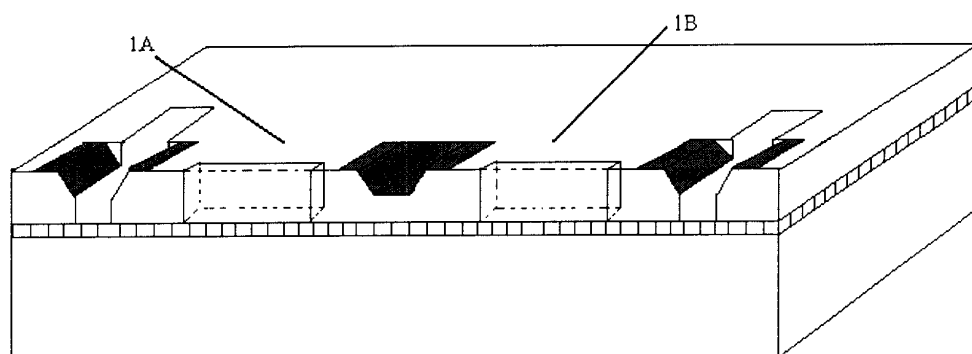


图 1

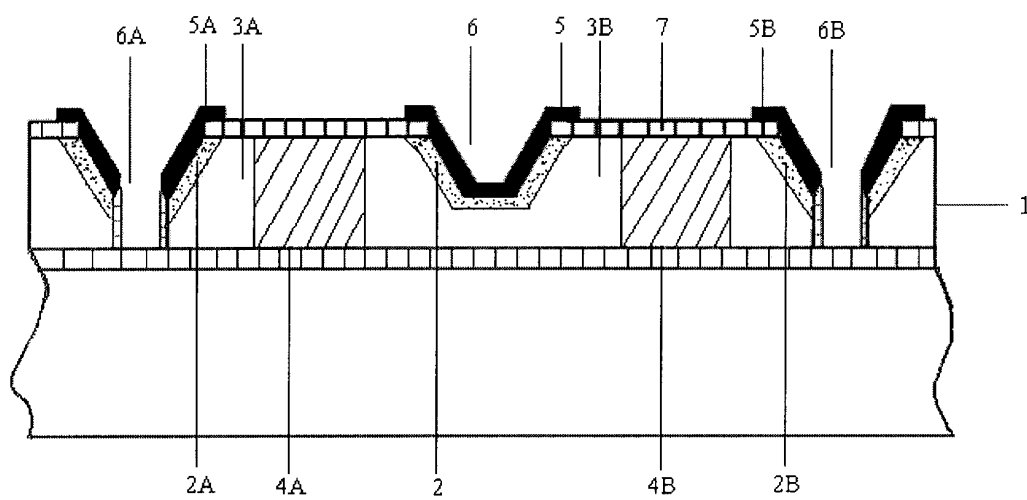


图 2

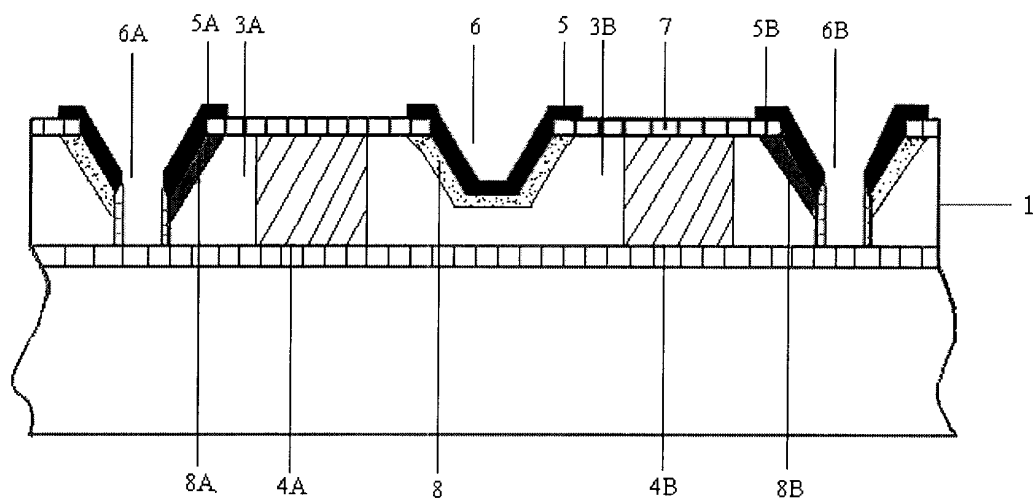


图 3

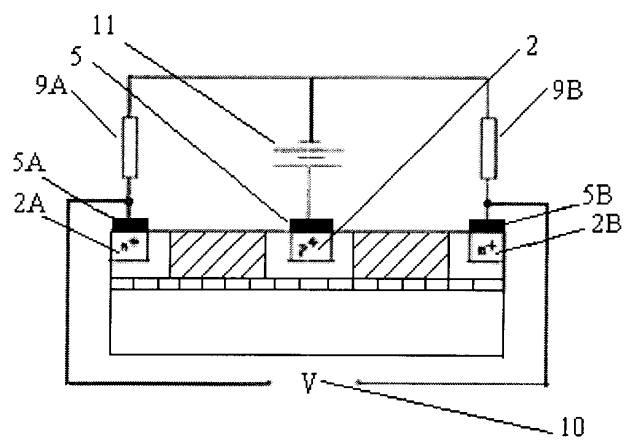


图 4

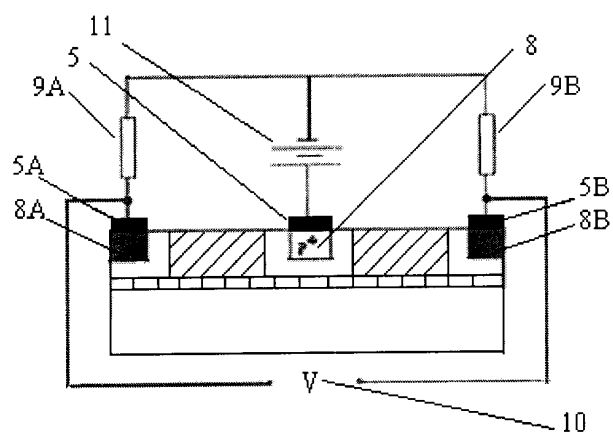


图 5