

压力传感器用 NiCr 纳米薄膜^{*}

彭银桥 周继承 龙思锐 周宏广

(中南大学信息科学与工程学院, 长沙 410075)

摘要: 采用离子束溅射纳米薄膜技术和半导体微细加工技术, 将纳米薄膜应变电阻直接制作在金属弹性体上, 实现了敏感元件与弹性体的原子结合, 有效地解决了传统压力传感器中“零点漂移”技术难题, 真正实现了在高温、振动等恶劣环境下的长期稳定性和可靠性。

关键词: 纳米薄膜; 离子束溅射; 压力传感器; 稳定性

PACC: 8115N; 7360D; 6855

中图分类号: TP212.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2003)S0-0091-03

1 引言

随着现代科学和技术的发展, 薄膜科学成为凝聚态物理学和材料科学研究的一个重要领域^[1~3]. 纳米薄膜是指尺寸在纳米量级的晶粒(或颗粒)构成的薄膜以及每层厚度在纳米量级的多层薄膜, 有时也称为纳米晶粒薄膜和纳米多层薄膜^[4,5]. 纳米薄膜分为两类: 一类是由纳米粒子组成的(或堆砌而成的)薄膜; 另一类薄膜是在纳米粒子间有较多的空隙或无序原子或另一种材料. 由于纳米薄膜在光学、化学、催化、敏感等方面具有很多特性, 因此具有广阔的应用前景. 传感器技术是现代信息技术的重要基础. 由于超大规模集成电路、通讯技术和计算机技术的飞速发展, 对传感器技术提出了更高的要求, 不仅要求传感器的精度高、还要能适应各种恶劣环境, 如: 高温、振动和腐蚀性测量介质等, 并且要求传感器长期稳定可靠^[6,7].

本文利用离子束溅射技术, 在经过研磨、抛光等预处理的不锈钢弹性体上制备了 NiCr 合金纳米薄膜, 对其进行了厚度测试和 SEM 分析. 并用其制作压力传感器, 由于纳米薄膜与弹性体的原子结合, 压

力传感器的零点漂移小, 适合在高温、振动等恶劣环境下使用. 经过长期测试, 其稳定性好.

2 研制

采用 17-4PH 不锈钢作弹性体材料. 经粗磨、细磨后, 用抛光液进行抛光, 直到弹体表面缺陷的直径小于 $0.1\mu\text{m}$. 用超声清洗设备、去离子水、丙酮和酒精进行清洗. 对预处理好的弹性体衬底材料依次用离子束沉积绝缘膜、NiCr 合金(6J22)电阻膜. NiCr 合金薄膜的镀膜工艺参数: 衬底温度为 $100\sim 200\text{C}$, 沉积速率为 $0.2\sim 0.3\text{nm/s}$, 工作气氛为高纯氩气, 气压控制在 $1.2\times 10^{-2}\sim 2.0\times 10^{-2}\text{Pa}$. 工艺流程如图 1 所示. 采用半导体微细加工技术形成如图 2 所示的纳米薄膜压力传感器芯片.

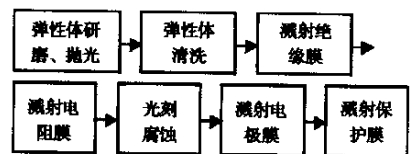


图 1 工艺流程

Fig. 1 Sketch of process

^{*} 国家自然科学基金(批准号: 69890227, 69771011, 69971007)和霍英东基金资助项目

彭银桥 男, 1969 年出生, 硕士, 主要从事离子束溅射薄膜制备与表征及计算机模拟技术方面的研究.

周继承 男, 1963 年出生, 教授, 博士生导师, 主要从事冶金材料和纳米材料及其模拟方面的研究.

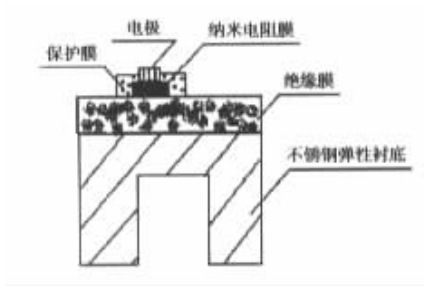


图 2 纳米薄膜压力传感器芯片

Fig.2 Chip of nanometer thin film pressure sensor

3 结果与讨论

对制得的 NiCr 纳米薄膜用轮廓仪进行了厚度测试,如图 3 所示,其厚度为 84.4nm. 对其表面进行

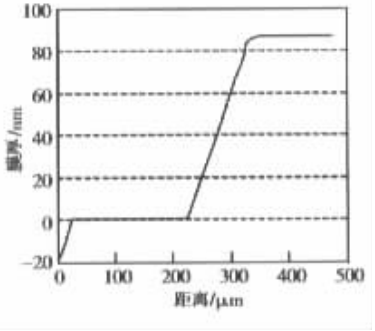
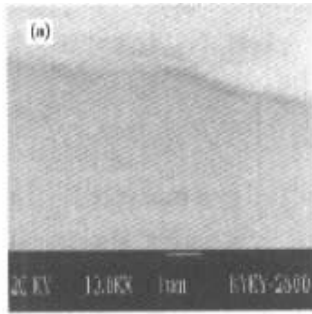


图 3 NiCr 纳米薄膜厚度

Fig.3 Thickness of NiCr nanometer thin film

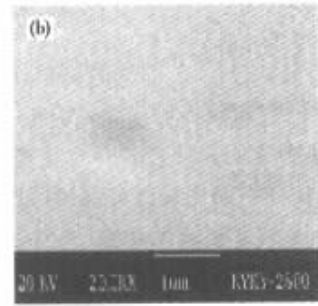


图 4 NiCr 纳米薄膜的 SEM 图

Fig.4 SEM of NiCr nanometer thin film

将传感器芯片装配成纳米薄膜压力传感器,然后对传感器进行零点补偿、温度补偿和灵敏度补偿,再用压力计、稳压电源和数字表对传感器进行测试.现将一个纳米薄膜压力传感器的测试数据列入表 1. 其中,量程单位为 MPa,输出电压单位为 μV ,电源电压为 9V,测试温度为 150 $^{\circ}C$.

表 1 纳米薄膜压力传感器的测试数据

Table 1 Measured data of nanometer thin film pressure sensor

输出 电压 行程	量 程	0	12	24	36	48	60
正行程 1		-10	2927	5865	8800	11737	14664
负行程 1		-10	2930	5869	8801	11740	14662
正行程 2		-10	2927	5868	8797	11736	14662
负行程 2		-10	2923	5865	8804	11738	14662
正行程 3		-10	2927	5869	8801	11737	14663
负行程 3		-11	2929	5868	8799	11736	14663

了扫描电子显微镜(SEM)分析,如图 4 所示,其中图 4(a)放大 10k 倍,图 4(b)放大 20k 倍. 实验表明,得到了连续、均匀的纳米级(小于 10nm)NiCr 薄膜.

对表 1 的数据进行计算,得到纳米薄膜传感器的性能,如表 2 所示. 从表 2 可知,纳米薄膜压力传感器可在 150 $^{\circ}C$ 高温下工作,其精度为 0.1 级,传感器稳定性非常好,每年的漂移小于满量程的 0.1%.

表 2 纳米薄膜压力传感器性能

Table 2 Performances of nanometer thin film pressure sensor

精度	非线性	迟滞	重复性	灵敏度	稳定性
0.1 级	0.03%FS	0.01%FS	0.04%FS	1.63mV/V	$\leq 0.1\%FS/年$

4 结论

利用离子束溅射方法制备了 NiCr 纳米薄膜及压力传感器. 利用 SEM 分析了 NiCr 纳米薄膜的表面. 用此种 NiCr 纳米薄膜制成了适应高温环境的高精度、高稳定性的压力传感器.

参考文献

- [1] Gleiter H. Prog Mater Sci,1989,33:223
- [2] Morokhov I D, Truslv L I, Chizhik S P. Highly dispersed metallic media. Atomizdat, Moscow, 1997
- [3] Bai Chunli. Nanometer science and technology and their developmental prospect. Industries of National Defense Science and Technology. 2001, 4: 57 (in Chinese) [白春礼. 纳米科技及其发展前景. 国防科技工业, 2001, 4: 57]
- [4] Zhang Shu, Lai Xin, Bi Jian, et al. Nanometer material manufacture technology and its development of research. Sichuan Normal School Transaction (Nature Science), 2001, 24(5): 516 [张姝, 赖欣, 毕剑, 等. 纳米材料制备技术及其研究进展. 四川师范大学学报(自然科学版), 2001, 24(5): 516]
- [5] Li Qiangyong. Development of nanometer thin film research. Vacuum and Low Temperature, 1994, 13(3): 162 (in Chinese) [李强勇. 纳米薄膜研究的进展. 真空与低温, 1994, 13(3): 162]
- [6] Kayser P, Godefroy J C, Leca L. High-temperature thin-film strain gauges. Sensors and Actuators, 1993, 37~38(A): 328
- [7] Prosser S J. Advances in sensors for aerospace applications. Sensors and Actuators, 1993, 37~38(A): 703

NiCr Nanometer Thin Film for Pressure Sensors^{*}

Peng Yinqiao, Zhou Jicheng, Long Sirui and Zhou Hongguang

(Information Science and Engineering School, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Nanometer thin film strain resistance is manufactured directly on the metallic elastic substrate by ion-beam sputtering technology and semiconductor micro-machining technology, which achieve atomic union between sensitive element and elastic substrate. This effectively solves the technical problem about “zero drift” of the traditional pressure sensors, and makes pressure sensors be stable and reliable for long-term on condition of harsh environment, such as high temperature and vibration and so on.

Key words: nanometer thin film; ion-beam sputtering; pressure sensors; long-term stability

PACC: 8115N; 7360D; 6855

Article ID: 0253-4177(2003)S0-0091-03

* Project supported by National Natural Science Foundation of China (Nos. 69890227, 69771011 and No. 69971007), Huo Yingdong Foundation
 Peng Yinqiao male, was born in 1969, graduate student. His interests are in manufacture and characteristic of ion-beam sputtering thin film and researches of computer simulation.

Zhou Jicheng male, was born in 1963, professor and advisor for PhD candidates. His interests are in researches of metal materials, nanometer materials and computer simulation to them.