

多孔硅技术在硅基微型燃料电池中的应用*

王晓红 谢克文 周 俊 刘理天

(清华大学微电子学研究所, 北京 100084)

摘要: 多孔硅作为一种新型材料, 利用其疏松多孔的特性及与 IC 加工的兼容性, 将其用于硅微质子交换膜燃料电池的研究中, 作为其电极扩散层. 对多孔硅膜的性能、制备工艺及多孔硅膜表面金属淀积工艺进行了研究, 提出一套基于 MEMS 加工技术和薄膜淀积技术的制作硅微质子交换膜燃料电池的工艺.

关键词: 微型质子交换膜燃料电池; 多孔硅; MEMS

EEACC: 2575B; 0580; 8410G

中图分类号: TN304.05; TM911.48

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2003)S0-0198-04

1 引言

近年来, 基于 MEMS 技术的各类微型器件发展迅速, 并且有了广泛的应用, 但与之相应的微型能量提供系统(micropower systems)的发展则较慢, 严重减弱了微器件和微系统在微型化、集成化等方面的优势. 广义的 SOC(system on chip)是指将微型传感器、执行器、控制电路以及能量提供装置等都集成到一个芯片上. 这就要求, 能量提供装置在体积上与其它 MEMS 器件相当, 具有固态结构、高效、较低的热损耗、使用寿命长、可采用微机械加工技术进行制作等特点.

燃料电池是将燃料和氧化物(通常为氢气和氧气)通过化学反应释放的化学能连续直接地转换成电能的装置. 燃料电池本身具有如下优点: (1) 直接将化学能转化成电能, 能量转换效率高; (2) 安全可靠, 管理操作方便; (3) 环境污染小, 无有害气体, 无噪声.

利用 MEMS 加工技术和薄膜制备技术, 在硅片上研制出微型燃料电池, 是 MEMS 技术与电化学技术的交叉与结合, 正在引起世界上 MEMS 和燃料电池研究领域人员的重视^[1~4]. 本文介绍一种

基于 MEMS 技术的硅基微型质子交换膜燃料电池(μ PEMFC), 利用光刻和体硅腐蚀技术得到输送燃料的微通道; 提出了利用多孔硅技术制作电极扩散层; 并对多孔硅技术在微燃料电池中的应用做了较深入的研究.

2 燃料电池原理与结构

燃料电池是由阴极、阳极和电解质构成的. 当在阳极(负极)上连续通入燃料, 如气态氢气或者液态甲醇等, 而在阴极(正极)上连续通入纯氧或者空气, 这样就可以在电极上连续发生电化学反应, 并产生持续的电流.

质子交换膜燃料电池(PEMFC)单元的结构如图 1 所示(采用常规技术)^[5]. 通常采用重金属铂(Pt)作为电极反应的电极催化层, 在其表面进行电极反应; 同时加入疏松多孔的材料作为气体扩散电极来增大反应界面, 一般采用碳布材料. 质子交换膜燃料电池中间的电解质是固态的高分子聚合物薄膜, 大多采用美国杜邦公司研制的 Nafion 系列产品. 它的作用是: 其一为阳极产生的 H^+ (即质子) 提供从阳极到阴极的通道; 其二作为隔膜隔离两个电极的反应气体. 此外, PEMFC 一般都有与膜电极紧

* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 90207023)

王晓红 女, 1963 年出生, 博士, 副研究员, 主要从事 MEMS 器件及集成方法的研究.

谢克文 男, 1978 年出生, 硕士研究生, 研究方向为半导体传感器的集成和工艺.

0.3 μm).

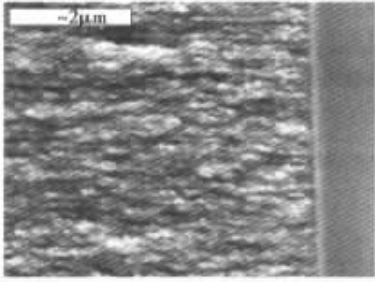


图 4 多孔硅断面的 SEM 照片

Fig. 4 SEM photograph of the porous silicon cross section

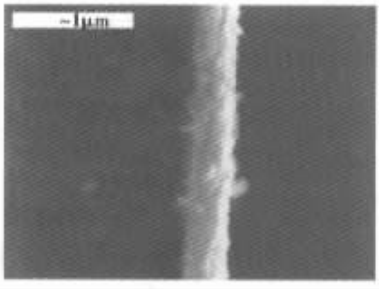


图 5 多孔硅层上淀积金属膜的 SEM 照片

Fig. 5 SEM photograph of deposition of metal film on the porous silicon

3.3 PEMFC 制备的工艺流程

(1) 备片: 75mm, (100) n 型, 双面抛光, 高掺杂硅片 (掺杂浓度在 10^{18}cm^{-3} 左右).

(2) 热氧化 SiO_2 ; LPCVD Si_3N_4 (掩膜层), 如图 6(a) 所示.

(3) 硅片 1: 光刻; 双面同时进行 KOH 腐蚀, 正面和背面的重叠区域完全打通, 完成硅片 1 的工艺, 如图 6(b) 所示.

(4) 硅片 2: 光刻背面腐蚀窗口; KOH 腐蚀, 留正面膜厚 $20\mu\text{m}$ 左右, 如图 6(c) 所示.

(5) 硅片 2: 光刻正面窗口, Si_3N_4 作掩膜, 在 HF 溶液中进行阳极氧化, 将正面所留的薄膜全部形成多孔硅; 多孔硅的表面溅射金属铂 (Pt), 作为电极催化层, 如图 6(d) 所示.

(6) Nafion 薄膜的处理.

(7) 将硅片 1 和 Nafion 薄膜及硅片 2 三部分进行键合. 这样就得到了 μPEMFC 的一个单元, 如图 6(e) 所示.

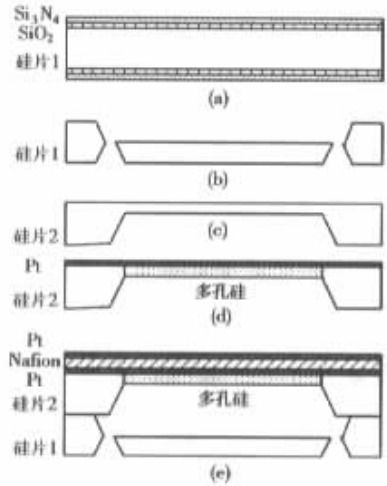


图 6 μPEMFC 制备的工艺流程

Fig. 6 process flow of μPEMFC fabrication

4 结论

本文介绍一种基于 MEMS 技术的硅基微型质子交换膜燃料电池以及一套基于 MEMS 加工技术和薄膜淀积技术的 μPEMFC 制作工艺. 并提出利用多孔硅材料制作电极扩散层, 同时进行了多孔硅膜制备工艺, 及多孔硅膜上金属淀积工艺的研究. 研究结果表明, 合适的多孔硅膜是 μPEMFC 中电极扩散层理想的应用材料.

参考文献

- [1] Woo Young Sim, Geun Young Kim, Sang Sik Yang. Fabrication of micro power source (MPS) using a micro direct methanol fuel cell (μDMFC) for the medical application. The 14th IEEE International Conference on MEMS 2001, 2001: 341
- [2] Klitsner T, Barron C C, Sylwester A P, et al. Fuel cell and membrane. International Patent, WO 00/69007, 2000
- [3] Jankowski A F, Morse J D. MEMS-based thin-film fuel Cells. International Patent, WO 00/45457, 2000
- [4] Laurent M, Nils P, Jorg M. Miniaturized fuel cells based on microsystem technologies. Fuel Cells Bulletin, 2001, 4 (39): 9
- [5] James L, Andrew D. Fuel cell systems explained. Chichester, West Sussex, New York, Wiley, 2000
- [6] Chen Junfeng, Xu Cailu, Mao Zongqiang, et al. Platinum deposition on carbon nanotubes and properties of proton exchange membrane fuel cell. Science in China(A), 2001, 31(6): 530 (in Chinese) [陈军峰, 徐才录, 毛宗强, 等. 碳纳

米管表面沉积铂及其质子交换膜燃料电池的性能. 中国科学(A), 2001, 31(6): 530]

Journal of Semiconductors, 2002, 23(6): 688 (in Chinese)

[谢克文, 王晓红, 陈兢, 等. 用于 MEMS 的选择性形成多孔硅技术的研究. 半导体学报, 2002, 23(6): 688]

[7] Xie Kewen, Wang Xiaohong, Chen Jing, et al. Investigation of selectively forming porous silicon used in MEMS. Chinese

Design of μ PEMFC Fabricated with Porous Silicon*

Wang Xiaohong, Xie Kewen, Zhou Jun and Liu Litian

(Institute of Microelectronics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: A novel material porous silicon is used as diffusion layer in μ PEMFC (micro proton exchange membrane fuel cells) for its loose and porous structure and compatibility with IC process. Study of the formation of porous silicon and metal sputter deposition on the porous silicon is performed. A fabrication process of μ PEMFC based on the technology of MEMS and film deposition is presented.

Key words: μ PEMFC; porous silicon; MEMS

EEACC: 2575B; 0580; 8410G

Article ID: 0253-4177(2003)S0-0198-04

* Project supported by National Natural Science Foundation of China(No. 90207023)

Wang Xiaohong female, was born in 1963, PhD, associate professor. She is engaged in the research on the MEMS devices and the method of integrated MEMS fabrication.

Xie Kewen male, was born in 1978, graduate student. He is engaged in the research on the integration and process of semiconductor sensors.

Received 16 September 2002, revised manuscript received 24 October 2002

©2003 The Chinese Institute of Electronics