

文章编号: 1007- 2985(2006) 01- 0107- 03

$\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的制备及在栅场效应管中的应用

杨朝霞

(吉首大学化学化工学院, 湖南 吉首 416000)

摘要: 采用化学溶液沉积法, 用价格低廉的原料成功地制备了 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 介质膜. 制膜过程简单, 成本低廉, 得到的薄膜具有良好的绝缘性和较高的介电常数. 用其制备的绝缘栅场效应管与相同尺寸的 SiO_2 绝缘栅场效应管相比, 前者具有较高的跨导和较低的开启电压.

关键词: $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜; 介电常数; 绝缘栅场效应管

中图分类号: O646. 54

文献标识码: B

钛酸铋系列具有不同的组分和结构, 如 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, $\text{Bi}_2\text{O} \cdot \text{Ti}_2\text{O}_3$ 等. 其中 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 晶体的晶格参数为 $a = b = c = 2.068 \text{ nm}$, 属于立方晶系^[1], 因而 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜没有压电和铁电性; 但 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 具有较高的介电常数^[2], 适合在动态随机存取存储器 (DRAM) 中作存储媒体, 使记忆单元面积减少, 从而实现超大规模集成. 此外, $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 还能用作绝缘栅场效应管的栅极材料以提高绝缘栅场效应管的跨导, 降低开启电压, 提高耐击穿特性, 减少器件尺寸, 降低成本等. 为此, 很多文献都报道了如 SrTiO_3 ^[3-4], $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ^[5-8] 等薄膜, 但有关 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的报道却很少. 笔者用化学溶液沉积法制备了 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜, 并将该膜用于绝缘栅场效应管的研制.

1 实验部分

1.1 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的制备

称取一定量的硝酸铋 ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 溶解于冰醋酸中, 并适当加热以加速其溶解. 待溶液冷却至室温后, 加入少量的乙酰丙酮并逐滴加入一定量的钛酸四丁酯, 使金属元素 Bi 和 Ti 的物质的量比为 1:1, 同时不断搅拌, 再加入乙二醇甲醚以调节溶液的浓度和粘度, 随后用过滤器滤除溶液中的杂质和悬浮物, 从而得到 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 前驱体溶液. 然后, 用匀胶机进行旋转镀膜, 使 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 前驱体溶液涂布在 $n\text{-Si}(100)$ 衬底上, 再将得到的湿膜以 8 min 的速度升温到 $350 \text{ }^\circ\text{C}$, 并在此温度下加热分解 25 min 使其分解为无机非晶膜 (薄膜只含 Ti, Bi, O 元素). 最后, 高温退火使无机非晶膜发生相变, 从而得到晶态的 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜. 为了得到较厚的薄膜, 采用多层镀膜方式. 图 1 为制膜的工艺流程.

1.2 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 绝缘栅场效应管的研制

实验证明, $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜具有良好的绝缘性和相对较高的介电常数, 因此将该膜用于研制绝缘栅场效应管. 器件的断面结构如图 2 所示. 整个器件的制作过程较复杂, 制作工序主要包括氧化、 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的

收稿日期: 2005- 03- 11

作者简介: 杨朝霞 (1973-), 女 (苗族), 湖南省花垣县人, 吉首大学化学化工学院高级实验师, 主要从事分析化学研究.

生长和四次光刻在内的 16 道工序. 图 3 为 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 绝缘栅场效应管的制作工艺流程.

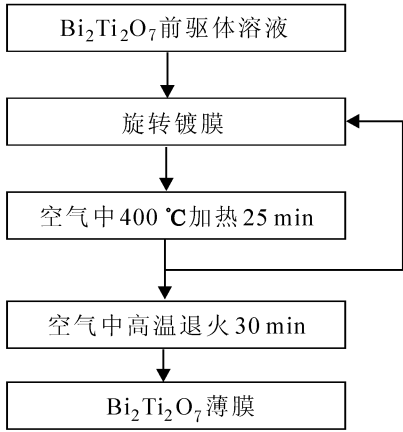


图 1 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的制备工艺流程

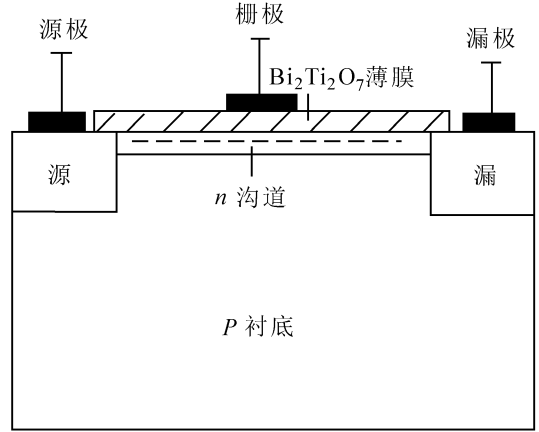


图 2 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 绝缘栅场效应管的剖面结构示意图

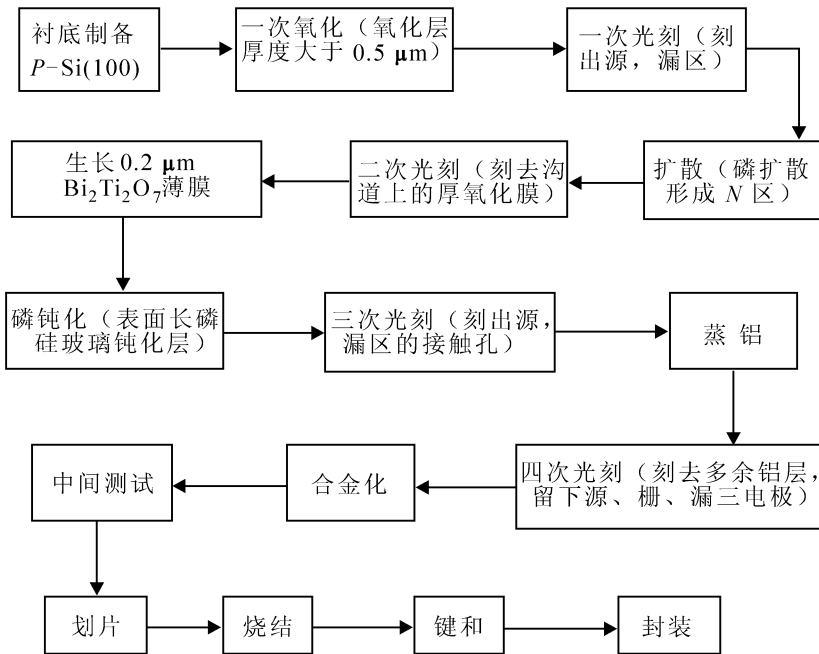


图 3 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 绝缘栅场效应管的制作工艺流程

2 结果与讨论

2.1 薄膜的结晶性和电学性质分析

图 4 是沉积在 $n\text{-Si}(100)$ 衬底上的 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的 X 射线衍射图. 薄膜的退火温度为 500°C , 退火时间为 30 min . 从图 4 可看出, 薄膜具有很强的 (222) 和 (444) 衍射峰, 表明在该条件下退火得到的 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜具有很强的 (111) 取向, 为取向膜, 薄膜的衍射峰都很强, 峰尖锐, 半峰宽小, 这说明该法制备的 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜具有良好的结晶性.

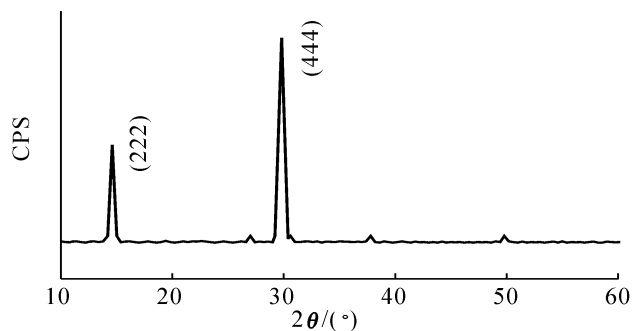


图 4 $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 薄膜的 X 射线衍射图

2.2 器件的测试

对制备的 Bi₂Ti₂O₇ 绝缘栅场效应管的跨导和开启电压进行测试, 测试仪器为 HP4145B(美国 HP 公司产品), 测试条件为 $V_{DS} = 0.5 \text{ V}$, 并与具有相同尺寸的 SiO₂ 绝缘栅场效应管进行比较, 表 1 为测试结果.

表 1 Bi₂Ti₂O₇ 绝缘栅场效应管与 SiO₂ 绝缘栅场效应管的跨导和开启电压比较

场效应管种类	测试结果	
	跨导 m	开启电压 V
SiO ₂ 绝缘栅场效应管	1.1	2.6
Bi ₂ Ti ₂ O ₇ 绝缘栅场效应管	2.2	1.8

从测试结果看, 制作的 Bi₂Ti₂O₇ 绝缘栅场效应管的跨导明显比 SiO₂ 绝缘栅场效应管的大, 而其开启电压比 SiO₂ 绝缘栅场效应管的低. 它的这 2 项性能都远优于 SiO₂ 绝缘栅场效应管.

参考文献:

- [1] SHIMADA S, KODAIRA K, MATSUSHITA T. Crystal Growth of Bismuth Titanates and Titanium Oxide from Melts in the System Bi₂O₃-V₂O₅-TiO₂ [J]. J. Crystal Growth, 1977, 41: 317-320.
- [2] FU L W, WANG H, SHANG S X, et al. Preparation and Characterization of Bi₂Ti₂O₇ Thin Films Grown by Metalorganic Chemical Vapor Deposition [J]. J. Crystal Growth, 1994, 139: 319-321.
- [3] JOSHI P C, KRUPANIDHI S B. Structural and Electrical Characteristics of SrTiO₃ Thin Films for Dynamic Random Access Memory Applications [J]. J. Appl. Phys., 1993, 73: 7 627-7 634.
- [4] KAMALASANAN M N, DEEPAK N, SUBHAS CHANDRA. Structural, Optical, and Dielectric Properties of Sol-Gel Derived SrTiO₃ Thin Films [J]. J. Appl. Phys., 1993, 74: 679-686.
- [5] HORIKAWA T, MIKAMI N, MAKITA T, et al. Dielectric Properties of (Ba, Sr)TiO₃ Thin Films Deposited by RF Sputtering [J]. Jpn. J. Appl. Phys., 1993, 32: 4 126-4 130.
- [6] ROY D, KRUPANIDHI S B. Liquid Crystal Millimeter Wave Electronic Phase Shifter [J]. Appl. Phys. Lett., 1993, 62: 1 056-1 067.
- [7] IVANOV D, CARON M, OUELLET L, et al. Structural and Dielectric Properties of Spin-on Barium-Strontium Titanate Thin Films [J]. J. Appl. Phys., 1995, 77: 2 666-2 671.
- [8] DANIELLE M TAHAN, AHMAD SAFARI, LISA C KLEIN. Preparation and Characterization of Ba_xSr_{1-x}TiO₃ Thin Films by a Sol-Gel Technique [J]. J. Am. Ceram. Soc., 1996, 79: 1 593-1 598.

Preparation of Bi₂Ti₂O₇ Thin Film and Its Application in Insulation Gate Field Effect Transistor

YANG Zhao-xia

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

Abstract: The Bi₂Ti₂O₇ thin film was successfully prepared by chemical solution deposition technique on n -Si (100) using bismuth nitrate and titanium butoxide as the starting materials. The film presents very good insulating property and has relatively high dielectric constant. Compared with the SiO₂ insulation gate field effect transistor of the same size, it can greatly increase the transconductance and lower the cut-in voltage.

Key words: Bi₂Ti₂O₇ thin film; dielectric constant; insulation gate field effect transistor

(责任编辑 易必武)