

Dip Coating 법에 의한 Al/VF₂-TrFE/Si(100) 구조의 제작 및 특성

김가람, 정상현, 윤형선, 이우석, 곽노원, 김광호
 청주대학교

Fabrications and Properties of Al/VF₂-TrFE/n⁺-Si(100) Structures by Dip Coating Methode

Ka-Lam Kim, Sang-Hyun Jeong, Hyeong-Seon Yun, Woo-Seok Lee, No-Won Kwak, Kwang-Ho Kim
 Cheongju Univ.

Abstract : Ferroelectric vinylidene fluoride-trifluoroethylene (VF₂-TrFE) copolymer films were directly deposited on degenerated Si (n⁺, 0.002 Ω·cm) using by dip coating method. A 1~3 wt% diluted solution of purified vinylidene fluoride-trifluoroethylene (VF₂:TrFE=70:30) in a dimethylformamide (DMF) solvent were prepared and deposited on silicon wafers using dip coating method for 10 seconds. After Post-Annealing in a vacuum ambient at 100~200 °C for 60 min, upper aluminum electrodes were deposited by thermal evaporation through the shadow mask to complete the MFS structure. The ferroelectric β-phase peak of films, depending on the annealing temperature, started to show up around 125 °C, and the intensity of the peak increased with increasing annealing temperature. Above 175 °C, the peak started to decrease. The C-V characteristics were measured using a Precision LCR meter (HP 4284A) with frequency of 1MHz and a signal amplitude of 20 mV. The leakage-current versus electric-field characteristics was measured by mean of a pA meter/DC voltage source (HP 4140B).

Key Words : VF₂-TrFE, Dip Coating, MFS, C-V, I-V

1. 서 론

강유전체(ferroelectric)를 사용한 memory는 강유전체 박막의 분극 반전과 그 히스테리시스 특성을 이용한 고속의 데이터 처리, 낮은 소비 전력, 데이터의 비휘발성 등의 장점을 가지고 있어 MFS 구조 소자가 많은 연구 개발이 이루어지고 있다. 이 MFS 구조의 소자는 전기적 특성이 중요하기 때문에 전자기동도가 크면 작은 전압으로 큰 전류를 흐르게 하는 것이 가능하게 됨에 따라 높은 이동도를 가지기 위해서는 캐리어가 트랩 되는 곳이 적어야 한다. 따라서 정상적인 동작을 하려면 강유전체(ferroelectric) 박막과 Si 사이 계면의 계면준위밀도(interface trap density)가 적어야만 한다.[1-3] 강유전성 뿐만 아니라 압전성(piezoelectric), 초전성(pyroelectric)을 띠는 강유전 polymer 박막은 FRAM, 변환기, 센서 등 많은 곳에 사용되고 있으며 polymer 박막을 증착시키는 방법은 solution spin coating 이나 solution casting, Langmuir-Blodgett(LB), CVD, dip coating 등의 여러 가지 방법이 있다. 일반적으로 이러한 증착 방법은 200 °C 이하의 온도에서 이루어진다.[4] 강유전 VF₂-TrFE를 사용하여 박막을 입힌 것이 나와 있지 않기 때문에 본 논문에서는 VF₂-TrFE copolymer 박막을 dip coating법을 이용하여 MFS 구조를 제작하고 전기적 특성 및 구조적 특성을 평가하였다.

2. 실험

순서도를 보이고 있다. 기판으로 사용된 wafer는 고농도로 도핑된 실리콘 (n⁺, 0.002 Ω·cm)을 사용하였고, 준비된 wafer는 유기 및 RCA 클리닝 (H₂O : NH₄OH : H₂O₂ (5 : 1 : 1) for 15 min, H₂O : HCl : H₂O₂ (5 : 1 : 1) for 15 min) 후 즉시 dip coating 법에 의해 VF₂-TrFE 용액에 10초 동안 dipping 시켰다. 제작된 sample은 hot plate를 이용하여 70 °C 에서 10분 동안 건조시킨 후 RTA (Rapid Thermal Annealing)를 이용하여 100~200 °C 온도에서 60 분 동안 후 열처리를 진행하였다.

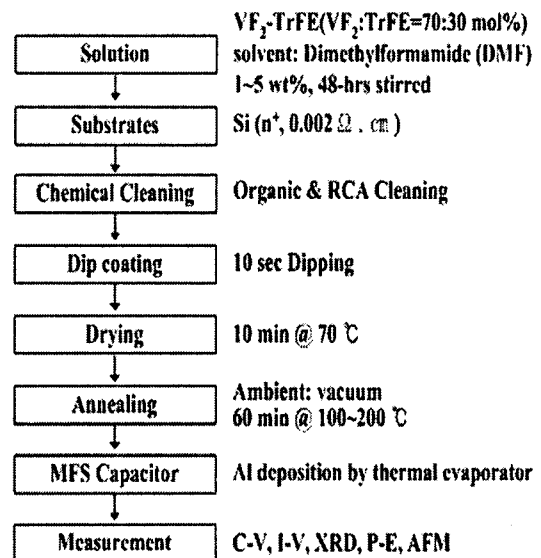


Fig. 1은 VF₂-TrFE를 이용하여 제작된 MFS 소자의 제작

Fig. 1 MFS devices fabrication flow chart using VF₂-TrFE copolymer.

MFS 소자의 전기적 특성 평가를 위해 전극은 열 증착기(Thermal Evaporator)로 200 μm 의 알루미늄 (6N-Al) 원형 전극을 증착하고, 이렇게 제작된 MFS 구조의 게이트 누설전류를 측정하기 위해서 HP 4140B와 용량-전압 특성을 평가하기 위하여 HP 4284A를 사용하였고 RT66A를 사용하여 P-E 특성을 측정하였다. 또한 MFS 소자의 구조적 특성을 평가하기 위하여 X-Ray Diffraction(XRD) 및 Atomic Force Microscope(AFM)를 사용하였다.

3. 결과 및 검토

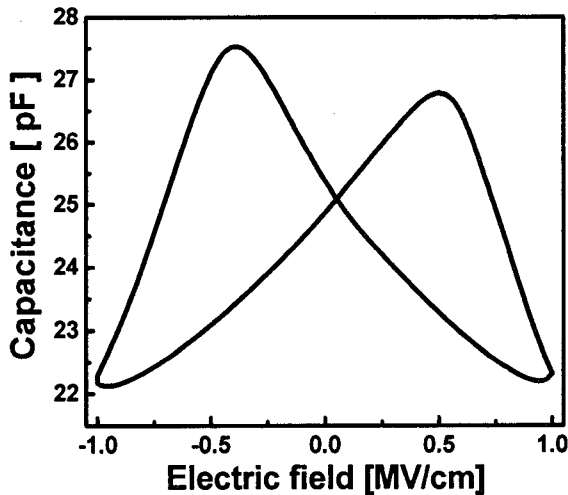


Fig. 2 The C-V characteristics of MFS capacitors with $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ copolymer films on $n^+\text{-Si}(100)$ wafer.

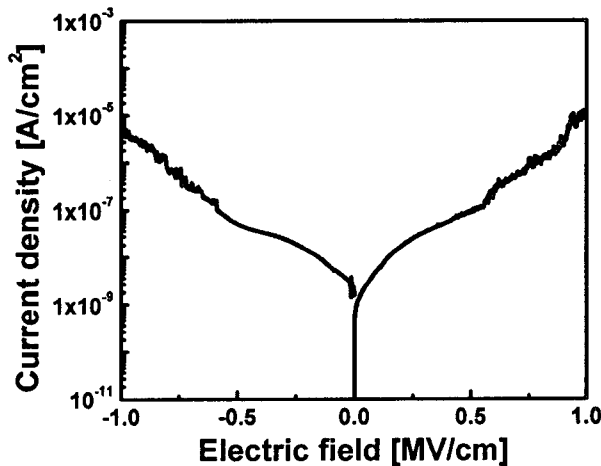


Fig. 3 The gate leakage current density of MFS capacitors with $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ copolymer films on $n^+\text{-Si}(100)$ wafer.

Fig 2는 진공분위기에서 150 $^{\circ}\text{C}$ 에 열처리한 $\text{Al}/\text{VF}_2\text{-TrFE}/n^+\text{-Si}(100)$ 구조의 C-V 특성을 보인다. 그림에서 보여지듯이 MFS 구조의 C-V 특성은 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막의 분극현상으로 인하여 두 개의 봉우리와 같은 히스테리시스

스 특성을 보이고 이 결과는 Dip coating 법에 의해 코팅된 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막이 강유전성을 가진다는 것을 의미한다. 또한 이 커패시턴스 특성으로부터 구해진 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막의 유전상수는 약 8.5였다.

Fig. 3은 $\text{Al}/\text{VF}_2\text{-TrFE}/n^+\text{-Si}(100)$ 구조의 누설전류밀도 특성을 보인다. MFS 구조의 누설전류 밀도는 ± 1 MV/cm 의 전계에서 7.5×10^{-6} A/cm^2 을 유지하였다.

4. 결론

Dip coating 법을 이용하여 Si (n^+ , 0.002 $\Omega\text{-cm}$) 기판위에 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막을 코팅한 후 RTA (Rapid Thermal Annealing)를 사용하여 100~200 $^{\circ}\text{C}$ 온도 범위에서 후 열처리를 진행하였다. 후 열처리 온도에 따른 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막의 구조적 특성은 X-Ray Diffraction(XRD) 측정결과 강유전성의 β 상이 나오는 것을 확인할 수 있었고, β 상이 나타나는 후 열처리 온도는 125 $^{\circ}\text{C}$ 에 나오기 시작하여 175 $^{\circ}\text{C}$ 에서 peak이 감소함을 보여 150 $^{\circ}\text{C}$ 범위에서 최적의 특성을 확인할 수 있었다. 이렇게 제작된 MFS 구조의 C-V 특성은 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막의 분극현상으로 인하여 두 개의 봉우리와 같은 히스테리시스 특성을 보이고 이 결과는 Dip coating 법에 의해 입혀진 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막이 강유전성을 가진다는 것을 의미한다. 또한 이 커패시턴스 특성으로부터 구해진 $\text{VF}_2\text{-TrFE}$ 박막의 유전상수는 약 8.5였고, 누설전류 밀도는 ± 1 MV/cm 의 전계에서 7.5×10^{-6} A/cm^2 을 유지하였다.

참고 문헌

- [1] S.S. Eaton, D.B. Butler, M. Parris, D. Wilson, H. McNeillie, A Ferroelectric Nonvolatile Memory, 1988 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Digest of Technical Papers, pp. 130-131, 329, 1998.
- [2] K.-H. Kim, Metal-Ferroelectric-Semiconductor(MFS) FET's Using $\text{LiNbO}_3/\text{Si}(100)$ Structures For Nonvolatile Memory Operation IEEE Electron Device Letters, 19, pp. 204-206, 1998.
- [3] Kwang-Ho Kim, Jin-Ping Han, Soon-Won Jung, Tso-Ping Ma, Ferroelectric DRAM(FEDRAM)FET with Metal/ $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9/\text{SiN}/\text{Si}$ Gate Structure, IEEE Electron Device Letters, 23(02), pp. 82-84, 2002.
- [4] Q. M. Zhang, H. Xu, F. Fang, Z. Y. Cheng, F. Xia, and H. You, Observation of Critical Thickness of Crystallization in Spin Cast Ferroelectric Thin Films, J. Appl. Phys, 89, pp. 2613-2616, 2001.