

Spin Coating 법을 이용한 VF₂-TrFE/Si(100) 구조의 제작 및 특성

이우석, 정상현, 곽노원, 김가람, 윤형선, 김광호
 청주대학교 전자공학과

Fabrication and Properties of VF₂-TrFE/Si(100) Structure by using Spin Coating Method

Woo-Seok Lee, Sang-Hyun Jeong, No-Won Kwak, Ga-Ram Kim, Hyeong-Sun Yun, Kwang-Ho Kim
 Cheongju Univ.

Abstract : The ferroelectric vinylidene fluoride-trifluoroethylene (VF₂-TrFE) and Al₂O₃ passivation layer for the Metal/Insulator/Ferroelectric/Semiconductor (MIFS) structure were deposited using spin coating and remote plasma atomic layer deposition (RPALD), respectively. A 2.5 ~ 3 wt % diluted solution of purified vinylidene fluoride-trifluoroethylene (VF₂: TrFE=70:30) in a DMF solution were prepared and deposited on silicon wafer at a optimized spin speed. After annealing in a vacuum ambient at 150 ~ 200 °C for 60 min, upper insulator layer were deposited at temperature ranging from 100 ~ 150 °C by RPALD. We described electrical and structural properties of MIFS fabricated by spin coating and RPALD methods.

Key Words : VF₂-TrFE copolymer, Spin Coating, MFS, Remote Plasma Atomic Layer Deposition(RPALD)

1. 서론

오늘날 개개인에게 휴대용 정보기기가 널리 보급됨에 따라 이러한 비휘발성 메모리 수요가 급증하고 있다. 비휘발성 강유전체 메모리(Non-Volatile Ferroelectric Random Access Memory-NVFRAM)는 전원의 공급이 중단 되어도 정보를 기억 할 수 있으며 휴대용 정보기구나 스마트카드의 메모리로 활용이 유망한 반도체 소자이다[1].

NVFRAM은 DRAM에서 Capacitor부분의 재료를 상유전체 물질에서 강유전체 물질로 대체 시킨 형태로 전원 공급이 차단되어도 정보를 기억 할 수 있고 또한 데이터 고속처리를 가능하도록 한 차세대 메모리 소자이다[2]. NVFRAM은 간단한 셀 구조로 인해 고집적화에 용이하나 Capacitor에 적용되는 강유전체 재료의 특성에 따라 집적도의 큰 차이를 보일 것으로 예상된다. 따라서 현재까지의 NVFRAM 연구는 고집적화에 유리한 강유전체 재료 개발에 초점을 맞추어 이루어지고 있다.

Si 기판위에 강유전체 박막을 직접 증착함에 있어서 계면 특성에서 Leakage Current, Interface 특성이 좋지 않은 단점이 있었다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 RPALD (Remote Plasma Atomic Layer Deposition)법[3, 4]을 이용하여 넓은 Band Gap 과 높은 유전상수 그리고 높은 Breakdown Field[5]를 갖고 있는 Al₂O₃박막을 증착하여 문제점을 줄일 수 있다고 판단하였다.

본 연구에서는 제조공정이 비교적 쉽고 빠른 Spin Coating법을 이용하여 Si 기판위에 강유전체 물질인 VF₂-TrFE 박막을 증착 시키고 Passivation layer 로서 Al₂O₃을 증착시켜 MIFS 구조의 전기적인 특성과 구조적인 특성을 연구하였다.

2. 실험

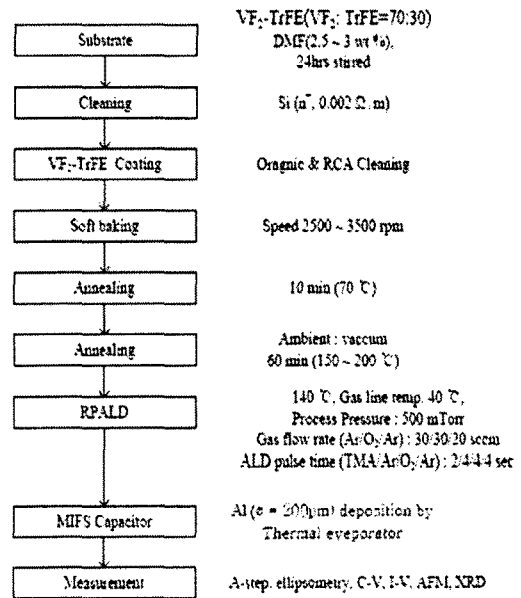


Fig. 1 강유전체 물질인 VF₂-TrFE 와 Al₂O₃을 이용한 MIFS 소자의 공정 순서도

Fig. 1은 VF₂-TrFE와 Passivation layer로써 Al₂O₃ 박막을 이용한 MIFS 소자의 제작 순서도이다. Si 기판은 고농도로 도핑된 Si (n⁺, 0.002 Ω·cm)을 기판으로 사용하였고. 유기클리닝과 RCA 클리닝 (H₂O : NH₄OH : H₂O₂ (5 : 1 : 1) for 15 min, H₂O : HCl : H₂O₂ (5 : 1 : 1) for 15 min) 그리고 2.5 % HF처리 후 VF₂-TrFE 용액을 Spin Coating 법을 이용하여 (2500 ~ 3500 rpm, 2 ~ 20 sec) 박막을 증

작 하였다. 그 후 Hot plate를 이용하여 70 °C 에서 5분 동안 열처리 후 Rapid Thermal Annealing (RTA)을 이용하여 150 ~ 200 °C 조건의 온도에서 60분 동안 후 열처리를 하였다. 그리고 Passivation layer로서 Al₂O₃ 박막을 RPALD 장비를 이용하여 140 °C 분위기에서 각각 ALD pulse time (TMA/Ar/O₂/Ar)은 2/4/4/4 sec로 정하여 진행 하였다. 상부 전극은 열 증착기를 이용하여 Al(6N-Al)을 직경 200 μm 의 원형 메탈 마스크를 사용하여 증착하였고, 제작된 MIFS 구조의 게이트 누설전류를 측정하기 위하여 HP4140B와 용량-전압 특성을 평가하기 위하여 HP4284A 를 사용하여 전기적 특성을 확인하였다. X-Ray Diffraction (XRD) 및 Atomic Force Microscope (AFM)를 사용하여 구조적 특성을 확인하였다.

3. 결과 및 검토

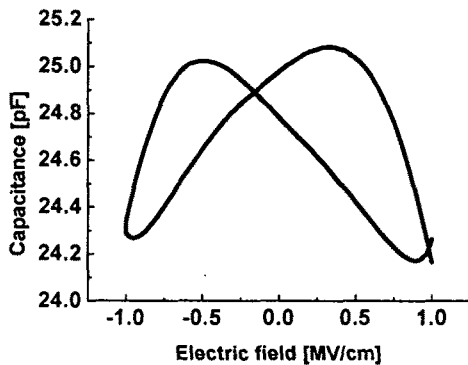


Fig. 2 고농도로 도핑된 Si (n⁺, 0.002 Ω·cm) 기판위에 VF₂-TrFE를 증착시킨 MIFS 소자의 C-V 곡선

Fig. 2는 Al/Al₂O₃/VF₂-TrFE/n⁺-Si(100) 구조의 C-V 특성 곡선이다. 이러한 VF₂-TrFE 박막의 특성은 Polarization(분극현상)으로 인하여 두 개의 봉우리와 같은 형태의 히스테리시스 특성을 나타내고 있다. 이러한 결과는 Spin Coating 법을 이용하여 Si 기판위에 증착된 VF₂-TrFE 박막이 강유전성을 지닌다는 것을 알 수 있다. 이러한 강유전성 물질인 VF₂-TrFE 박막의 유전상수는 8.6 이었다.

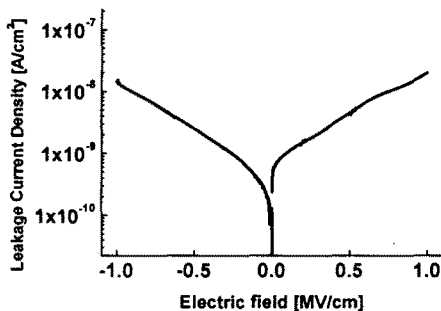


Fig. 3 고농도로 도핑된 Si (n⁺, 0.002 Ω·cm) 기판위에 VF₂-TrFE를 증착시킨 MIFS 소자의 누설전류 밀도 곡선

Fig. 3 은 Al/Al₂O₃/VF₂-TrFE/n⁺-Si(100) 구조의 누설전류 밀도 특성 곡선이다. MIFS 구조에서 누설전류 밀도는 ±1 MV/cm 의 전계에서 약 1.7×10⁻⁸ A/cm² 정도 유지하였다.

4. 결론

VF₂-TrFE 박막을 Spin coating법을 이용하여 Si (n⁺, 0.002 Ω·cm) 기판위에 박막을 증착시킨 후 RTA를 사용하여 150 ~ 200 °C 범위에서 열처리시켰다. 그 후 Passivation Layer로서 Al₂O₃층을 증착시켰다. 열처리에 따른 VF₂-TrFE 박막의 XRD 측정결과 강유전성의 β상이 나타나는 것을 확인하였다. 그리고 이러한 β상이 150 °C 에서 가장 뚜렷하게 나왔고 175 °C에서 peak이 감소함을 보였기 때문에 150 °C 에서 최적의 특성을 확인하였다.

MIFS 구조 C-V 특성 곡선에서 VF₂-TrFE 박막의 Polarization(분극현상)으로 두 봉우리와 같은 히스테리시스 특성을 확인하였고, Spin Coating법으로 성장시킨 VF₂-TrFE 박막이 강유전성이 나타나는 것을 확인하였다. Capacitance 특성으로부터 VF₂-TrFE 박막의 유전상수는 8.6 이었고, 누설전류 밀도는 ±1 MV/cm 의 전계에서 약 1.7×10⁻⁸ A/cm² 정도 유지하는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] J. F. Scott and C. A. Paz de Araujo, Science, Vol. 246, p.1400, 1989.
- [2] S. Y. Wu, "A New Ferroelectric Memory Device, Metal-Ferroelectric-Semiconductor Transistor", IEEE Trans. Electron Device, Vol. ED-21, No. 8, pp. 499-504, Aug. 1974.
- [3] M. AsifKhan, X. Hu, G. Sumin, A. Lunev, J. Yang, R. Gaska, and M. S. Shur, IEEE Electron Device Lett., 21, 63 (2000).
- [4] M. AsifKhan, X. Hu, A. Tarakji, J. Yang, R. Gaska, and M. S. Shur, Appl. Phys. Lett., 77, 1339 (2000).
- [5] M. D Groner, J. W Elam, F. H Fabreguette, S. M George, Thin Solid Films 413, 186 (2002).