

열처리조건에 따른 MIM 박막의 Capacitance-Voltage 특성

김진사*, 최영일*, 송민중**, 신철기***, 최운식****
 조선이공대학교*, 광주보건대학교**, 부천대학교***, 세한대학교****

C-V Characteristics of MIM Thin Film with Annealing Conditions

Jin-Sa Kim*, Young-Il Choi*, Min-Jong Song**, Cheol-Gi Shin***, Woon-Shik Choi****
 Chosun College of Science & Technology*, Gwanju Health College University**,
 Bucheon University***, Sehan University****

Abstract - In this paper, the MIM thin films were deposited on Si substrate by sputtering method. And MIM thin films were annealed at 400~600 °C using RTA. The capacitance density of MIM thin films were increased with the increase of annealing temperature. The maximum capacitance density of 0.62 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ was obtained by annealing temperature at 600 °C. The voltage dependence of dielectric loss showed about 0.03 in voltage ranges of -10~+10 V.

1. 서 론

휘발성 메모리는 단위 셀을 하나의 캐패시터와 트랜지스터로 구성할 수 있어서 빠른 동작속도, 많은 기록횟수 및 고집적화 등의 잇점 때문에 대표적인 메모리 소자로 알려져 있다. 또한 비휘발성 메모리는 전원 공급이 없어도 데이터가 손상되지 않고 남아있는 특성과 함께 10^{12} 이상의 기록가능 횟수, 빠른 동작속도 및 작은 동작전압 등의 잇점을 가지고 있는 것으로 널리 알려져 있다.[1] 고유전을 재료중에 비휘발성 메모리용 유전체 박막재료로 널리 알려진 재료는 PZT계 재료이고, PZT계 재료는 잔류 분극량과 유전율이 크기 때문에 비휘발성 재료로 우수한 장점을 가지고 있다. 그러나 절연과피 전압이 낮고 누설전류가 크다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 IrO_2 , RuO_2 와 같은 산화물 전극을 사용하여 개선하려는 노력을 하고 있다. 또한 산화물 전극은 집적화 시키는데 어려움이 있고, 세라믹 유전체 박막은 Bi 산화물층이 완충층 역할을 하는 비스무스층이 반복적으로 존재하여 피로특성이 우수하다고 알려져 있다. 또한 동작전압이 작고 고집적화에 뛰어난 특성을 가지고 있다. 이러한 박막을 제조하는 방법으로는 MOD법, MOCVD, 졸-겔법 및 스퍼터링법이 이용되고 있지만 세라믹 유전체 박막을 제조하기가 어려워 다양한 공정방법을 통해 세라믹 유전체 박막 제조에 노력하고 있다.[2,3] 이러한 유전체 박막은 분극과 전기장의 관계에 이력현상이 있어서 자발분극의 크기와 방향이 인가전계의 방향에 따라 바뀌고, 자발분극의 방향과 크기가 전압을 인가하지 않는 상태에서도 그대로 존재한다. 이러한 특성을 이용하여 유전체 박막을 비휘발성 메모리 소자로 응용할 수 있다.[4,5]

따라서 본 연구에서는 RF 스퍼터링법을 이용하여 실리콘 기판 위에 세라믹 박막을 실온에서 증착한 후, 열처리 온도에 따른 MIM 구조의 Capacitance-Voltage 특성에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험

RF 스퍼터링법으로 세라믹 박막을 실온에서 1시간 동안 증착하였다. 증착시 Working pressure는 5×10^{-3} Torr이고, RF power는 60 W이며, Gas flow ratio(Ar/ O_2)는 7/3으로 하였다. 또한 실온에서 증착한 후 RTA에 의해 400~600 °C로 열처리하였으며, 연구에 사용된 기판은 Si 웨이퍼 위에 상부전극 Pt를 증착하여 MIM 구조를 사용하였다. Si 웨이퍼는 같은 크기로 절단하여 초음파 세척하프로서 표면에 있는 불순물을 제거하였다. 또한 Capacitance-Voltage 특성을 측정하기 위하여 상부전극은 스퍼터링법을 이용하여 Pt를 일정한 두께로 증착하여 MIM 구조가 되도록 하였다. 열처리한 MIM 구조 박막의 정전용량 특성은 전압 ± 10 V, OSC Level 0.5 V에서 Impedance Analyzer 4294A를 사용하여 측정하였다.

3. 고 찰

RTA 400~600 °C에서 각각 열처리된 MIM 구조 박막의 정전용량 및 유전손실은 인가전압에 따라 측정하였다. 인가전압 -10~+10 V이고, 여기서 정전용량 밀도는 열처리 온도가 증가함에 따라 증가되었고, 열처리 온도 600 °C에서는 정전용량이 0.62 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 으로 나타남을 알 수 있었다. 이러한 현상은 박막 증착시 박막내부에 존재하는 비정질이 열처리를 통하여 결정화되기 때문으로 생각된다. 또한 각 열처리 온도에서 유전손실이 약 0.03 이하로 우수한 값을 얻을 수 있었다. 이러한 유전손실을 나타내는 원인은 다양하게 있지만 다결정 구조의 세라믹 박막에서는 불안정한 결정과 결정 내부의 불순물 때문으로 생각된다. 따라서 MIM 구조 박막에서도 열처리온도가 증가함에 따라 산화층이 유전층의 두께를 감소시켜 인가전압 -10~+10 V에서 정전용량은 증가되고, 유전손실은 작은 값을 나타내는 것으로 사료된다.

4. 결 론

RF sputtering법을 이용하여 세라믹 박막을 증착하여 RTA에 따른 Capacitance-Voltage 특성을 측정하는 결과는 다음과 같다. 인가전압 -10~+10 V에서 정전용량은 열처리온도가 증가함에 따라 증가하였고, 열처리 온도 600 °C에서는 정전용량이 0.62 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 이상으로 나타남을 알 수 있었다. 또한 각 열처리온도에서 유전손실이 약 0.03 이하로 안정된 값을 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Chang, Z. Yang, L. Wei and B.Liu " Effects of AETiO₃ additons on phase structure, microstructure and electrical properties of (K_{0.5}Na_{0.5})NbO₃ ceramics", Materials Science and Engineering A, Vol. 427, pp.301, 2006.
- [2] D. Song, "Effects of rf power on surface morphological, structural and electrical properties of aluminium-doped zinc oxide films by magnetron sputtering", Applied Surface Science, Vol. 254, No. 1, pp.113, 2008.
- [3] Keisuke Saito, Masatoshi Mitsuya, Norimasa Nukaga, Isao Yamaji, Takao Akai and Hiroshi Funakubo, "Method of Distinguishing SrBi₂Ta₂O₉ Phase from Fluorite Phase Using X-Ray Diffraction Reciprocal Space Mapping", Jpn.J.Appl.Phys. Vol.39 Pt.1, No.9B, pp5489-5495, 2000.
- [4] C Bedoya, Ch Muller, F Jacob, Y Gagou, M-A Fremy and E Elkaim "Magnetic- field-induced orientation in Co-doped SrBi₂Ta₂O₉ ferroelectric oxide" J. Phys.: Condens. Matter 14, No.45 pp.11849-11857, 2002.
- [5] Jin-Sa Kim "Electrical Properties with Annealing Temperature of SBN Thin Film", Trans. KIEE, Vol. 59, No. 6 pp.1083-1085, 2010.