

비냉각 적외선 감지소자 응용을 위한 V₂O₅ 박막의 전기적 특성

남성필*, 이성갑**, 배선기***, 이영희*
 광운대학교*, 경상대학교**, 인천대학교***

Electrical Properties of V₂O₅ Thin Films for the uncooled Infrared Detector

Sung-Pill Nam*, Sung-Gap Lee**, Seon-Gi Bea***, Young-Hie Lee*
 Kwangwoon University, Gyeongsang University, ***University of Incheon

Abstract - The V₂O₅ thin films deposited on Pt/Ti/SiO₂/Si substrates by RF sputtering method exhibited fairly good TCR and dielectric properties. It was found that film crystallinity, dielectric properties, and TCR properties were strongly dependent upon the annealing temperature. The dielectric constants of the V₂O₅ thin films annealed at 300℃ were 37.7, with a dielectric loss of 2.535, respectively. Also, the TCR values of the V₂O₅ thin films annealed at 300℃ were about -2.65%/K.

그림 1은 후열처리 온도에 따른 V₂O₅ 박막의 증착횟수에 따른 X-선 회절 모양을 나타내고 있다. 후열처리 온도가 증가함에 따라 이차상인 V₂O₃의 피크가 감소하였으며, V₂O₅상 (440), (330)의 결정화가 진행됨을 나타내고 있다. 후열처리 온도가 상대적으로 낮게 되면 각 원소간의 반응이 불완전하여 성분원소, 중간상 및 파이로클로상 등의 피크로 인해 유전율 및 유전손실에 영향을 줄 것으로 생각된다.

1. 서 론

적외선을 검출하여 이용하는 기술은 군사적 용도뿐만 아니라, 의학 분야 등 우리생활의 여러 분야에 매우 중요하게 응용될 수 있으며, 따라서 이러한 적외선 검출소자에 대한 연구개발이 지난 수십 년 간 계속되어 왔다. 최근에 미세가공 기술의 발달과 더불어 많은 수의 배열(FPA)을 갖는 비냉각형 적외선 감지 소자를 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 발달된 미세가공 기술은 상온에서 동작하며 높은 감지도를 갖는 열 형태의 적외선 감지소자의 제조를 가능하게 하고 있다.[1],[2],[3] 열 형태의 적외선 감지소자는 이용되는 원리에 따라 볼로미터, 열전대쌍, 초전검출기의 세가지 형태로 나뉘며, 이 중에서 볼로미터는 기존의 반도체 공정을 이용하여 제조가 가능하며 높은 응답특성을 갖는 등의 장점으로 인해 많은 연구가 진행되고 있다. 볼로미터용 적외선 감지층으로는 금속, 산화바나듐, YBaCuO와 SiGe등의 반도체 물질 등 많은 재료들이 있으며, 이러한 재료들 중 상온에서 높은 열저항계수(TCR)를 갖는 산화바나듐이 비냉각형 적외선 감지소자를 위한 가장 적합한 물질이라 할 수 있다. 낮은 저항을 가지며 높은 TCR값을 갖는 산화바나듐 박막의 증착은 비냉각형 적외선 감지소자의 제작에 필수적이라 할 수 있다.[4],[5],[6] V₂O₅는 박막 증착이 용이하고 낮은 온도에서 열처리가 가능하며 넓은 온도 범위에서 우수한 열적 감도를 보이므로 방사 에너지 흡수층과 조합하여 적외선과 같은 방사 에너지를 검출하는 센서로의 응용이 시도되었고 화학 센서, 축온 및 열감지 영상소자 등의 제조를 위한 물질로서 광범위하게 응용되어 왔다.[7] 본 실험에서는 텅스텐을 첨가한 V₂O₅ 박막을 Pt/Ti/SiO₂/Si의 기판에 증착하여 후열처리에 따른 구조적, 전기적 특성에 대해서 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 RF Sputtering method에 사용할 세라믹스 타겟을 제조하기 위하여 V₂O₅ 벌크 세라믹스를 일반소성법으로 제조하였다. 출발원료는 V₂O₅(순도 99.9%)와 W(순도 99.9%)를 각 조성식에 따라 평량한 후, 분산매로서 에틸알콜과 지르코니아 불을 이용하여 24시간동안 불밀 과정을 통해 혼합하였으며, Hot magnetic Stirrer를 사용하여 magnetic bar로 혼합·건조하였다. 건조한 시료를 핸드 밀로 혼합·분쇄를 하고 소결성을 향상시키기 위해 시편에 소결제로서 폴리비닐(PVA) 5wt%를 첨가하여 혼합한 후 성형 밀도를 높이기 위해 100mesh의 체로 체치기를 하였다. 소결제를 첨가한 시료는 원통형 금형(φ= 2inch)에 분말을 넣고 1000kg/cm²의 압력으로 성형한 후, 성형한 시료를 300℃/hr.의 승온 속도로 650℃의 소결온도에서 3시간 동안 소결하였다. 제조한 V₂O₅ 세라믹스 타겟을 이용하여 Pt/Ti/SiO₂/Si의 기판 위에 RF Sputtering method를 이용하여 V₂O₅ 박막을 증착하였다. 증착시 공정조건으로 증착 압력은 3×10⁻³[Torr], RF Power는 80[W], 증착 시간은 30[min.]으로 고정하였으며, 산소분압의 조절을 위해 Ar/O₂ 비를 40/10으로 고정하여 증착하였다. V₂O₅ 박막의 결정구조 및 결정성에 대해 조사하기 위해 X-선 회절 분석을 하였으며, 표면에서의 결정립의 형태, 결정립계 및 기공 등의 미세구조는 SEM과 AFM으로 분석하였다. 전극이 형성된 V₂O₅ 박막의 온도에 따른 유전특성은 Impedance Analyser (HP4192A)를 사용하여 측정된 값과 박막의 두께 값을 이용하여 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

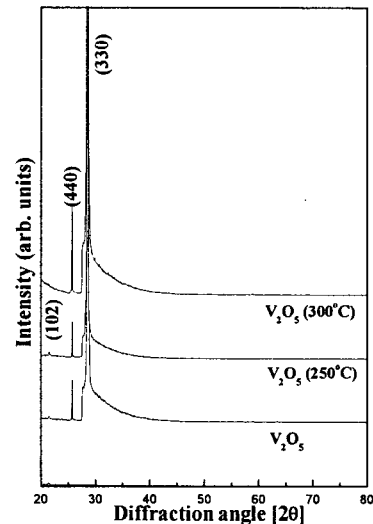


그림 1. 후열처리 온도에 따른 V₂O₅ 박막의 XRD 회절 패턴

후열처리 온도에 따른 V₂O₅ 박막의 온도 증가에 따른 저항변화를 측정하여 상온저항과 TCR값을 그림 2에 나타내었다. 열처리 온도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 나타내었으며 이것은 열처리를 통해 산소가 삼입된 V₂O₅박막 내에 V₂O₃의 상이 V₂O₅의 상으로 변화하여 높은 TCR값을 갖는 산화바나듐 박막을 제조할 수 있음을 알 수 있다. 300℃에서 30분간 열처리한 V₂O₅ 박막의 TCR값은 약 -2.65%/℃로 매우 높은 값을 얻을 수 있었으며 이러한 값은 높은 TCR값이 요구되는 적외선 감지소자에 매우 적합한 값이라고 여겨진다.

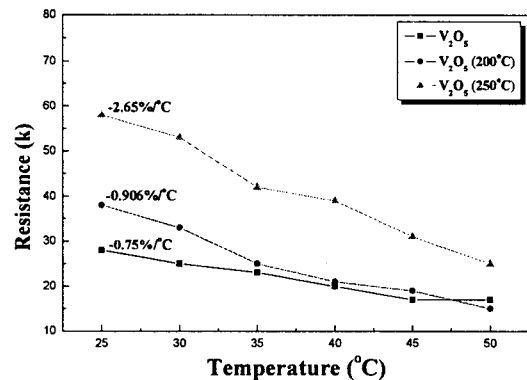


그림 2. 후열처리 온도에 따른 V₂O₅ 박막의 TCR값의 변화

후열처리 온도에 따른 V_2O_5 박막의 유전 상수와 유전손실 값을 그림 3에 나타내고 있다. 열처리 온도가 올라감에 따라 유전상수의 값이 증가하였으며, 이는 V_2O_3 의 상이 감소하고 V_2O_5 박막이 형성되어 유전율이 증가한 것으로 사료된다. 또한 유전손실의 증가는 볼로미터형 비냉각 적외선 검출기에 인가된 전계의 누설전류를 증가시키고 이로 인한 유전손실 잡음을 증가시키므로 개선해야 할 것으로 사료된다.

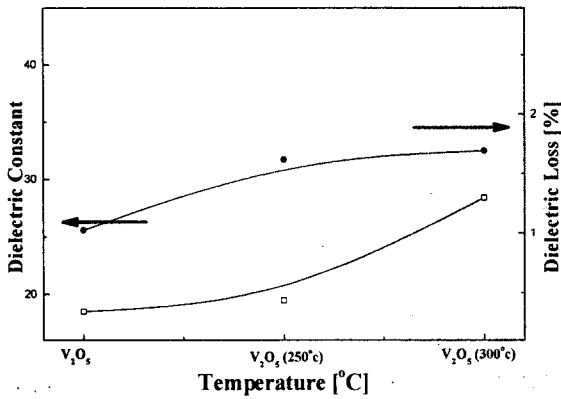


그림 3. 후열처리 온도에 따른 V_2O_5 박막의 유전특성

300°C에서 30분간 산소분위기에서 열처리한 V_2O_5 박막의 유전상수를 그림 4에 나타내었다. 약 65°C 부근에서 유전율이 증가하였다가 감소하는 것으로 상전이 현상이 나타난 것으로 사료된다. 이것은 산소 분위기에서 열처리한 경우 박막 내부의 입자 증대로 인해 유전 및 초전 특성이 향상되었음을 알 수 있다.

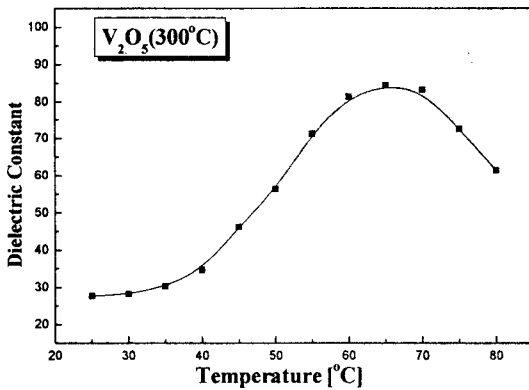


그림 4. 300°C에서 열처리한 V_2O_5 박막의 유전특성

4. 결론

RF Sputtering method를 이용하여 V_2O_5 박막을 제조하여 후열처리 온도에 따른 박막의 구조 및 전기적 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 후열처리 온도가 증가함에 따라 이차상인 V_2O_3 상의 최절강도는 감소하였으며 정방정계 V_2O_5 의 (440), (330)회절강도가 증가하였다. 300°C에서 30분간 산소분위기에서 열처리한 V_2O_5 박막의 TCR값은 약 $-2.65\%/^{\circ}C$ 로 매우 높은 값을 얻을 수 있었으며 이러한 값은 높은 TCR값이 요구되는 적외선 감지소자에 매우 적합한 값이라고 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(제 R-2005-7-094 호)주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] A. Tanaka, S. Matsumoto, et. al, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 43, (1996) p.1844
- [2] D. Manno, A. Serra, M. Di Giulio, Appl. Phys. Lett. Vol. 61, (1997) p. 2709
- [3] Y. Shimizu, K. Nagase, N. Miura, N. Yamazoe, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 29, (1990) p. L1708
- [4] Y. Zhao, Z. C. Feng, Y. Liang, Appl. Phys. Lett. Vol. 71, (1997) p.2227
- [5] D. Barreca, J. Electrochem. Soc. Vol. 146, (1999) p.551
- [6] F.C. Case, J. Vac. Sci. Technol. Vol. 4 (2002) p.234
- [7] J.F. Denatale, P. J. Wood, A.B. Harker, J. Appl. Phys. Vol. 66, (1989) p.5844