

두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 전기적 특성

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

Electrical Properties of $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ Thin Films with Thickness

Seung-Hwan Lee*, Sung-Gap Lee**, Seon-Gi Bae***, Young-Hie Lee*
 Kwangwoon University*, Gyeongsang University**, Incheon University***

Abstract - The films of the vanadium tungsten oxide, $V_{1.85}W_{0.15}O_5$, were grown on Pt/Ti/SiO₂/Si substrate by RF sputtering method. It was found that film crystallinity, dielectric properties, and TCR properties were strongly dependent upon the thin film thickness. As increasing of $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thickness, the grain size, morphology, and crystallinity increased. The dielectric constants of $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thin films deposited at 150nm were 71.11, with a dielectric loss of 0.015, respectively. Also, The $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thin films showed good TCR values of -3.45%/K.

1. 서 론

적외선 검출기는 오래전부터 야간전투에서의 시야확보등과 같은 군사용 감시 및 추적 시스템에 주로 사용되어 왔으며, 최근에는 열 영상 시스템에 응용되고 있다. 오늘날에는 적외선 검출 기술을 응용하여 군사용 분야뿐만 아니라, 나이트비전, 화재 및 가스센서, 방범 시스템 등 민수용 분야뿐만 아니라, 전자기기, 의학적 분야에 까지 광범위하게 사용되고 있다. [1][2]일반적으로 적외선 검출기는 검출형태에 따라 광 검출기와 열 검출기형태로 나누어진다. 광 검출기는 열 검출기에 비해 상대적으로 우수한 열적감도와 빠른 반응시간에도 불구하고 냉각장치가 필요하다. 그렇기 때문에 열 검출기는 광 검출기에 비해 제작 단가가 저렴하고, 소형화가 가능하며, 검출가능한 적외선 파장도 더 넓다. 이러한 이유 때문에 열 검출형 적외선 검출기에 대한 관심이 증가되고 있다. 비 냉각형 적외선 감지소자의 종류로는 저항방사열계(bolometer), 초전(pyroelectric), 열전대(thermopile)등의 적외선 검출기가 있으며[3][4], 이 중에서 저항방사열계는 상온에서 동작하는 저항체로 구성되며, 원리는 입사된 적외선에 의한 온도의 변화에 의해 저항의 변화를 이용하여 소자의 전기 전도도나 열팽창과 같은 온도 의존성이 높은 물리적 성질을 변화시키게 되며 이것을 측정함으로써 물체로부터 방산되는 적외선을 검출하는 소자이다.[5] 저항방사열계의 감지소자의 물질로는 큰 온도계수와 높은 TCR값을 가지고, 낮은 잡음특성과 열처리온도를 갖는 바나듐 산화물이 적합하다. 여러 바나듐 산화물 중에서 가장 보편적으로 연구되는 V_2O_5 (Vanadium pentoxide)는 낮은 온도에서 열처리가 가능하며 넓은 온도 범위에서 우수한 열적 감도를 보이므로 적외선을 검출하는 센서로 연구되었고 바이오센서, 습도센서, 인체감지센서 등에 광범위하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 바나듐산화물에 상전이 온도를 낮추기 위하여 텅스텐을 첨가하였다.[6][7]

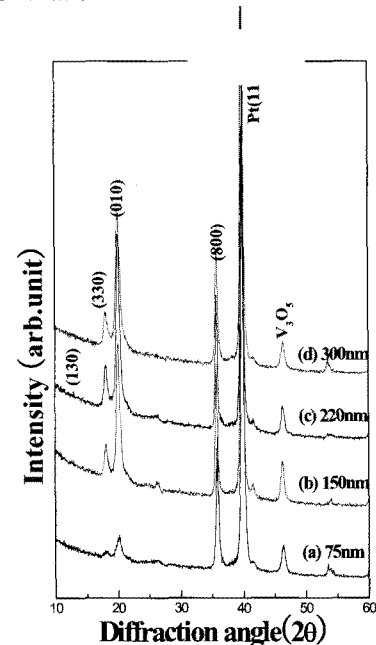
2. 실험

$V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막을 제조하기 위하여 순도 99.9%인 V_2O_5 와 WO_3 를 출발물질로 하여서 전통적인 세라믹스 제조 방법으로 타겟을 제작하였다. V_2O_5 와 WO_3 를 평량식에 맞춰서 평량 하고 분산매인 에틸알콜과 지르코니아 불과 함께 24시간동안 혼합 및 분쇄를 하였다. 혼합 및 분쇄된 시료를 24시간 동안 건조한 후 600°C로 하소하였다. 하소 후에 성형성을 높이기 위해서 100mesh의 체로 체치기를 하고 원통형 금형($\phi=2inch$)에 분말을 넣고 1000kg/cm²의 압력으로 성형한 후 3°C/min의 승온 속도로 650°C에서 5시간동안 소결을 하였다. 제조된 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 타겟은 RF sputtering 방법을 이용하여 Pt/Ti/SiO₂/Si 기판에 증착하였다. 증착 전에 바나듐 표면의 산화층 형성에 의한 재현성 저하를 막기 위해서 Ar/O₂분위기에서 RF Power를 50[W]로하고 20분 동안 pre-sputtering을 하였다. 증착조건은 RF Power 은 80[W], 증착압력은 3×10⁻³ [Torr]로 고정하였고 Ar/O₂는 50/20으로 유지하였다. Sputtering 공정의 변수는 여러 가지가 있으나 본 실험에서 사용된 변수는 증착시간을 변화하여 실험을 진행하였다. Vanadium tungsten oxide 박막의 결

정구조 및 결정성을 위해 X-선 회절 분석(X-ray diffraction)을 하였으며, 박막의 미세구조 및 Grain size등은 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscopy)을 이용하여 관찰하였다. 온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전특성은 Impedance Analyser (HP4192A)로 측정하였다.

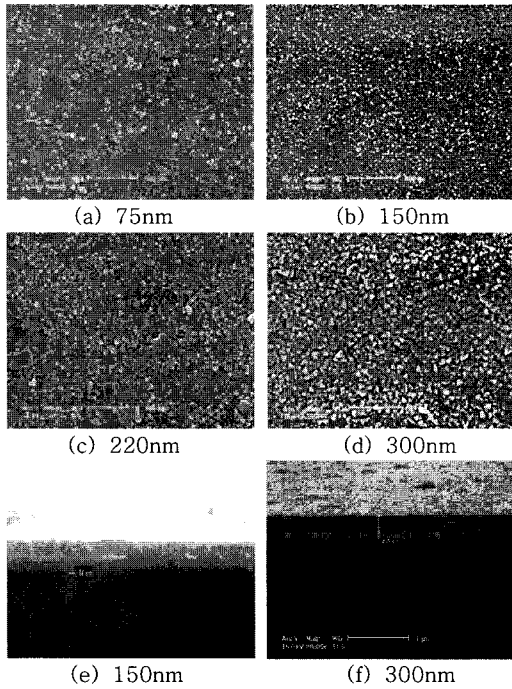
3. 결과 및 고찰

그림 1은 두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 X-선 회절 모양을 나타내고 있다. 두께가 증가함에 따라 이차상인 V_2O_5 의 피크가 감소하였으며, $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 상 (330)의 피크는 증가하였다. 이것은 증착두께의 영향을 받은 것으로 Tungsten의 영향을 받은 것으로 사료된다. 증착두께가 75nm일 때에는 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 상 (330)가 관찰 되지 않고, 이차상인 V_2O_5 피크가 관찰되는 것으로 보아 이것은 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 로 결정화가 이루어지지 않았다는 것을 확인 할 수 있다, 이것으로써 박막의 두께가 얇으면 V_2O_5 의 특성을 나타내며, 두께가 두꺼워질수록 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다.



〈그림 1〉 두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 XRD 회절모양

두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 표면과 단면구조를 FE-SEM을 이용하여 그림 2에 보여주고 있다. 두께가 증가함에 따라 결정립의 크기(5~7nm)는 거의 변화하지 않았으며, 균일한 박막을 나타내고 있다. 박막의 두께는 Ar/O₂의 비가 50/20, RF power 80[W], 30분간 증착한 경우 약 150nm의 두께가 나타났으며 분당 약 50Å의 증착율을 나타내고 있다. 전체적인 박막에서 기공이 나타났으며 이것은 산화 바나듐 박막의 낮은 용점(V_2O_5 : 670°C) 때문에 표면으로부터 바나듐의 out diffusion과 산소와의 반응 정도가 심해져 많은 양의 바나듐이 휘발로 인하여 TCR 값에 영향을 줄 것으로 사료된다. 두께가 75nm인 박막의 경우 이차상으로 인하여 완전한 상이 생성되지 못한 것으로 사료된다.

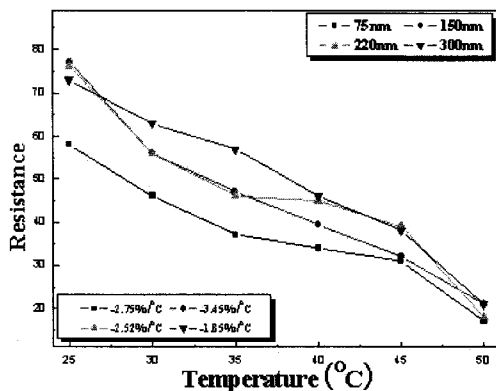


〈그림 2〉 두께비에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 단면과 표면구조

두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 저항변화를 측정하여 상온저항과 TCR 값을 그림 3에 나타내었다. $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR은 감지층의 온도 변화에 따른 저항 변화를 나타내는 수치를 나타내고 있으며 다음과 같은 식으로 측정하였다.

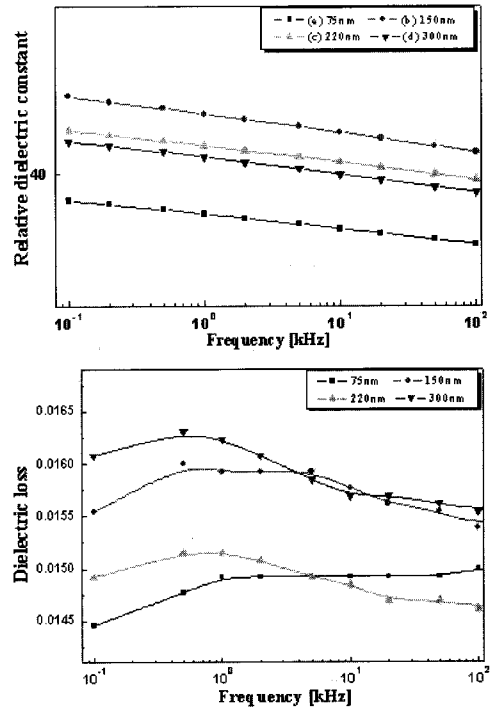
$$\alpha(TCR, \%/K) = dR/RdT \times 100$$

식에서 R은 상온에서의 저항을 나타내고 있다. 두께가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 나타내었으며 이것은 두께가 증가함에 따라 바나듐과 텅스텐의 결합상인 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 상이 형성된 것으로 사료된다. 일반적으로, 텅스텐은 금속 물질중에서 저항이 크며 온도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 가지고 있다. 금속의 저항은 온도가 증가함에 따라 내부 격자의 열진동에 의해 자유 전자의 이동도가 큰 영향을 받으므로 증가하게 되며, 전형적으로 약 0.2%/℃의 TCR값을 나타내고 있다. 그러나, 저항이 높은 물질일수록 잡음이 증가하는 단점을 가지게 된다. 두께가 150nm인 경우 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR값은 약 -3.45%/℃로 매우 높은 값을 얻을 수 있었으며 이러한 높은 TCR값이 요구되는 비냉각 적외선 감지소자에 매우 적합한 값을 나타내고 있다.



〈그림 3〉 두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR값의 변화

두께에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전상수를 그림 4에 나타내었다. 두께가 증가함에 따라 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전상수 값은 감소하였으며, 유전손실의 증가는 비냉각 적외선 검출기에 인가된 전계의 누설전류를 증가시키고 이로 인한 유전손실 잡음을 증가시키므로 개선해야 할 것으로 사료된다. 이러한 유전손실 값의 증가는 증착온도가 증가함에 따라 결합의 형태인 산소 공공의 영향으로 사료된다.



〈그림 4〉 주파수에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전 특성

4. 결 론

두께를 달리한 RF Sputtering method를 이용하여 제작한 두께가 다른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막을 제조하여 두께에 따른 박막의 구조 및 전기적 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 두께가 증가할수록 이차상인 V_3O_5 의 상의 피크가 감소하였으며 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 (330) 피크는 증가함을 알 수 있다. $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막은 뛰어난 TCR값과 유전특성을 나타내었고, 두께가 150nm인 경우 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전상수와 유전손실 값은 각각 71.11, 0.015이고, 또한 TCR값은 -3.45%/K이다. 이러한 값은 높은 TCR값이 요구되는 적외선 감지소자에 매우 적합할 것이라고 여겨진다.

감사의 글

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

[참고 문헌]

- [1] P.V.V. Jayaweera, S.G. Matisk, K. Tennakone, et. al, Infrared Physics & Technology, Volume 50, Issues 2-3, April 2007, Pages 279-283
- [2] William Nunley and J Scott Bechtel, Infrared ptoelectronics-devices and application, Marcel Dekker, Inc., 1987.
- [3] E L. Dereniak and G D. Boreman, Infrared detectors and systems, A Wiley Interscience Publication, 1996.
- [4] A. Tanaka, S. Mastsumoto, N. Tsukamoto, S. Itoh, K, et. al, IEEE Trans. Electron. Dev. ED-43 (1996) 1844-1850
- [5] Nguyen Chi-Anh, Hyun-Joon Shin, KunTae Kim, Yong-Hee Han, Sung Moon, Sensors and Actuators A: Physical, Volumes 123-124, 23 September 2005, Pages 87-91
- [6] G. S. Nadkarni and V. S. Shirodkar, Vol. 105, pp.115-129, 1983.
- [7] Jianqiu Shi, Shuxue Zhou, Bo You, Limin Wu, Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 91, Issue 19, 23 November 2007, Pages 1856-1862.