

비냉각 적외선 검출기용 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 구조적, 전기적 특성

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

Structural and Electrical Properties of $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ Thin Films for the Uncooled Infrared Detector

Sung-Pill Nam, Ki-WonRyu*, Sung-Gap Lee**, Seon-Gi Bea***, Young-Hie Lee
 Kwangwoon University, *Yeoju Institute of Technology, **Gyeongsang University, ***University of Incheon

Abstract : The films of Vanadium tungsten oxide, $V_{1.85}W_{0.15}O_5$, were grown on Pt/Ti/SiO₂/Si substrate by RF sputtering method. The $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 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 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thin films annealed at 300°C were 55, with a dielectric loss of 1.435, respectively. Also, the TCR values of the $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thin films annealed at 300°C were about -3.6%/K.

Key Words : $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ thin film, TCR, Dielectric property, Annealing temperature

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. 오늘날에는 적외선 검출 기술을 응용하여 군사용 분야뿐만 아니라, 나이트비전, 화재 및 가스센서, 방범 시스템 등 민수용 분야뿐 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 열적 감도와 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 발산되는 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 적

외선을 검출하는 센서로 연구되었고 바이오센서, 습도센서, 인체감지센서 등에 광범위하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 바나듐산화물에 상전이 온도를 낮추기 위하여 텅스텐을 첨가하였다.[6][7] 본 실험에서는 텅스텐을 첨가한 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막을 Pt/Ti/SiO₂/Si의 기판에 증착하여 증착온도에 따른 구조적, 전기적 특성에 대해서 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 세라믹스 타겟을 이용하여 Pt/Ti/SiO₂/Si의 기판 위에 RF Sputtering method를 이용하여 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막을 증착하였다. 증착 시 공정조건으로 증착 압력은 3×10^{-3} [Torr], RF Power는 80[W], 증착 시간은 30[min.]으로 고정하였으며, 증착온도를 150~350°C 변화하여 증착하였다. $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 결정구조 및 결정성에 대해 조사하기 위해 X-선 회절분석을 하였으며, 표면에서의 결정립의 형태, 결정립계 및 기공 등의 미세구조는 SEM과 AFM으로 분석하였다. 전극이 형성된 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 온도에 따른 유전특성은 Impedance Analyser (HP4192A)를 사용하여 측정된 값과 박막의 두께 값을 이용하여 계산하였다.

표 1. $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 증착 조건

Target	$V_{1.85}W_{0.15}O_5$
Substrate	Pt/Ti/SiO ₂ /Si
Target-substrate distance	70 [mm]
Base pressure	5×10^{-6} [Torr]
Sputtering pressure	3×10^{-3} [Torr]
Deposition time	60 [min.]
RF power	100 [W]
Gas flow rate(Ar/O ₂)	50/20
Annealing temp.	150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C

3. 결과 및 고찰

$V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 증착 온도를 서로 달리하여 증착한 박막의 X-선 회절 모양을 그림 1에 나타내고 있다. 증착온도가 증가함에 따라 이차상인 V_2O_5 의 피크가 감소하였으며, $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 상 (440), (330)의 결정화가 진행됨을 나타내고 있다. 이것은 증착온도가 증가함에 따라 이차상 V_3O_5 , V_2O_3 가 이것은 V-O결합에 영향을 크게 받은 것으로 산소의 영향을 받은 것으로 사료된다. vanadium과 tungsten의 혼합상에서는 조성에 변화와는 관계없이 Ar/O₂비의 산소 양에 의해서 결정된다고 사료된다. 산소비와 증착온도가 증가함에 따라 tungsten에 대한 이차상보다 vanadium에 대한 이차상이 증가한 것은 vanadium 원자에 비해 비중이 높은 tungsten 원자가 높은 산소비에 따라 다른 원자들 보다 적게 스퍼터링 되어 나타난 것으로 사료된다. 산소의 비가 증가하게 되면 각 원소간의 반응이 불완전하여 성분원소, 중간상 및 파이로클로상 등의 피크로 인해 유전을 및 유전손실에 영향을 줄 것으로 생각된다.

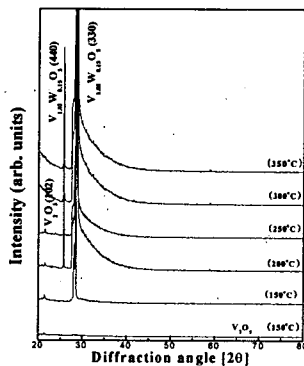


그림 1. 증착 온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 XRD 회절모양

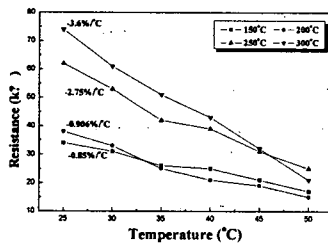


그림 2. 증착온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR값의 변화

증착온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 온도변화에 따른 저항변화를 측정하여 상온저항과 TCR값을 그림 2에 나타내었다. 증착온도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 나타내었으며 이것은 산소의 비에 따라 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막 내에 V_2O_5 의 상이 V_3O_5 의 상으로 변화하여 높은 TCR값을 갖는 산화바나듐 박막을 제조할 수 있음을 알 수 있다. 300°C에서 증착한 경우 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR값은 약 -3.6%/°C로 매우 높은 값을 얻을 수 있었으며 이러한 값은 높은 TCR값이 요구되는 적외선 감지소자에 매우 적합한 값이라고 여겨진다.

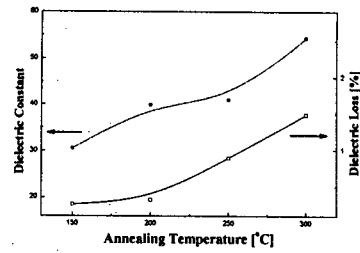


그림 3. 증착온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전 특성

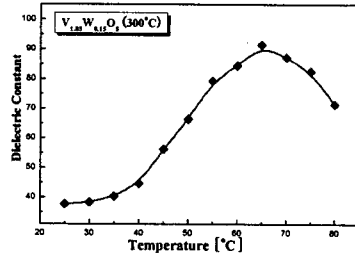


그림 4. 온도에 따른 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 유전 특성

4. 결론

RF Sputtering method를 이용하여 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막을 제조하여 증착온도를 서로 달리하여 박막의 구조 및 전기적 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하였다. 열처리 온도가 증가하면서 산소와 바나듐이 반응을 활발히 하여 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 결정화에 기인한 것으로 사료된다. 또한, 500°C 이상에서 증착한 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막에서는 결함의 형태인 산소 공공(oxygen vacancy)과 바나듐 취발에 의해 기공이 증가하였으며 이것은 유전 손실로 증가로 사료된다. 400°C에서 증착한 $V_{1.85}W_{0.15}O_5$ 박막의 TCR값은 약 -3.6%/°C로 매우 높은 값을 얻을 수 있었으며 이러한 값은 높은 TCR 값이 요구되는 저항 볼로미터형 적외선 감지소자에 매우 적합한 값이라고 사료된다.

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. Matisik, 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] G. S. Nadkarni and V. S. Shirodkar, Vol. 105, pp.115-129,1983. 87-91