

CTR (Critical Temperature Resistor) 특성을 갖는 VO₂ 온도센서의 dimension 변화에 대한 전기저항성 특성과 온도의존성

오준석, 송건화*, 이영희, 정홍배, 조원주
광운대학교 전자재료공학과, 티네스트*

Electric resistance and temperature dependence characteristics of VO₂ thermistor with various dimension variation

Jun-Seok Oh, Keon-Hwa Song*, Young-Hie Lee, Hong-Bay Chung and Won-Ju Cho
Kwangwoon Univ, *Tnest.

Abstract : VO₂ thermistor was fabricated on Al₂O₃ substrate. and has a CTR (Critical Temperature Resistor) characteristic. VO₂ thermistor has a about 10⁶ resistance(Ω) in normal temperature. But When temperature is a about 80°C, Resistance of VO₂ thermistor is a about some hundred resistance. The resistance of VO₂ thermistor increased with increasing length and decreasing width.

Key Words : CTR, VO₂, Sensor, Thermistor

1. 서 론

현대 사회에서는 전반적인 산업이나 가정에서의 실생활에 있어서 센서(sensor)의 중요성은 매우 크다. 센서는 보통 여러 가지의 세라믹 재료를 혼합하여 만들어지고, 그 용도 및 필요성에 의해서 센서의 응용범위가 확대되고 있다. 특히, 현대사회에서 전자기기의 발열로 인한 화재사고는 빈번히 일어나고 있으며 이러한 화재사고를 미리 예방하기 위해서는 온도의 변화를 감지할 수 있는 온도 센서가 매우 중요하다고 할 수 있다. Thermistor는 온도에 따라서 전기 저항값이 변화하는 반도체 온도 센서이다. Thermistor의 종류에는 크게 구성하고 있는 물질의 성질에 따라서 NTC(Negative Temperature Coefficient) thermistor와 PTC(Positive Temperature Coefficient) thermistor로 분류된다. NTC는 온도가 증가함에 따라서 저항이 감소하는 특징을 보이고, PTC는 온도가 감소함에 따라서 증가하는 특징을 보인다. NTC의 경우에는 광범위한 온도 범위에서 저항이 지수적으로 떨어지는 반도체 원래의 성질이 강하고, PTC의 경우에는 아주 작은 온도 범위위에서도 큰 저항 변화를 일으키는 전기적인 성질에 영향을 주는 유전 특성의 변화에 원인이 있다고 볼 수 있다. [1] 위와 같은 thermistor는 신뢰성, 부정확성, 내구성과 같은 문제점을 보완해야 하며 현재 핵심기술은 90% 이상 일본이 독점하고 있는 상황이기 때문에 새로운 thermistor의 개발이 요구된다. 이러한 요구를 충족시켜 줄 수 있는 신개념의 thermistor로써 CTR (Critical Temperature Resistor) 특성을 갖는 센서가 최근 각광받고 있다. CTR 특성은 특정온도를 전후하여 전기 저항값이 10²~10⁵(Ωcm) order 정도의 차이를 나타내면서 급격히 변화하는 특성을 말한다. [2], [3] 본 논문에서는 VO₂를 이용하여 CTR 특성을 갖는 thermistor를 제작하고 VO₂의 dimension 변화에 대한 전기 저항성 특성과 온도의존성을 살펴보았다.

2. 실험

소자의 제조에는 출발물질로 V₂O₅ (99.6%, Aldrich)를 사용하였으며, 첨가물로는 CaO (99%, high purity), SrO (99.5%, Cerac), Cr₂O₃ (99.999%, Cerac), La₂O₃ (99.99%, Cerac), TiO₂ (99.9%, Cerac)를 사용하였다. 순수한 V₂O₅ 혼합체를 Al₂O₃ 기판위에 V₂O₅ 혼합체를 인쇄하였다. 이때 V₂O₅ 혼합체는 0.05mm 간격으로 0.1mm ~ 0.5mm의 폭(width)을 갖는 line pattern으로 인쇄하였다. V₂O₅ 혼합체를 환원시키기 위하여 tube furnace에 시료를 투입한 후 청정도를 유지하기 위해 약 30분 간 진공상태로 만들어준다. 진공상태에서 N₂ 분위기를 만들어 주기 위하여 4L/min의 가스주입량으로 N₂ 가스를 주입한 후 200°C에서 1시간 버닝을 실시하고 450°C에서 45분 동안 열처리를 통하여 V₂O₅ 혼합체를 환원 시켰다. 환원된 시료는 E-beam evaporator를 이용하여 약 150nm 정도의 두께를 갖는 Aluminum 전극을 형성시켰다. 이때 형성된 전극과 전극 사이의 거리는 0.5, 1, 2, 3mm의 간격으로 형성시켜 최종적으로 환원된 VO₂의 길이는 0.5, 1, 2, 3mm로 하였고, 폭은 각각 0.05mm 간격으로 0.1mm ~ 0.5mm 까지 하였다. 위와 같은 방법으로 환원된 시료를 상온과 고온에서 두께와 길이에 따라서 I-V 측정을 통하여 저항을 구하였으며 고온에서의 측정은 금으로 코팅된 hot chuck을 이용하여 80°C에서 측정하였고 hot chuck의 오차범위는 ±1°C 이다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 환원된 VO₂ 시료를 0.2mm의 길이로 고정시키고 폭(width) 변화에 따른 저항-온도 특성을 나타낸다. 0.2, 0.3, 0.4mm의 폭을 갖는 시료를 측정하였으며 폭이 증가할수록 저항이 감소하는 것을 확인하였다. 최고저항값 R_H값과 최저저항값 R_L의 비율은 0.2mm의 폭에서 가장

크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그림 2는 R_H 값과 R_L 의 비율이 가장 큰 0.2mm의 폭을 갖는 시료에서 길이를 0.5, 1, 2, 3mm로 변화시키면서 저항-온도 특성을 나타낸다. 환원된 VO₂ 시료의 길이가 증가할수록 저항값은 증가하는 것을 확인하였다. 고온(80°C)에서의 저항값 역시 상온(25°C)에서와 마찬가지로 길이가 가장 긴 0.3mm의 시료가 가장 큰 저항값을 가지는 것을 확인하였다. 또한 R_H 값과 R_L 의 비율은 시료의 길이가 증가할수록 커지는 것을 확인하였다. 따라서 VO₂를 이용하여 온도 센서를 설계할 때 길이와 폭을 설계하여 원하는 저항값을 얻을 수 있다. 그림 3은 상온과 고온에서의 저항-길이 특성을 나타낸다. 상온에서의 저항값은 0.2mm의 폭을 갖는 시료가 저항값이 가장 큰 것을 확인하였고, 0.4mm의 폭을 갖는 시료가 저항값이 가장 작은 것을 확인하였다. 위와 같이 폭이 감소할수록 저항이 커지는 경향이 고온에서도 유지되는 특성을 확인할 수 있다.

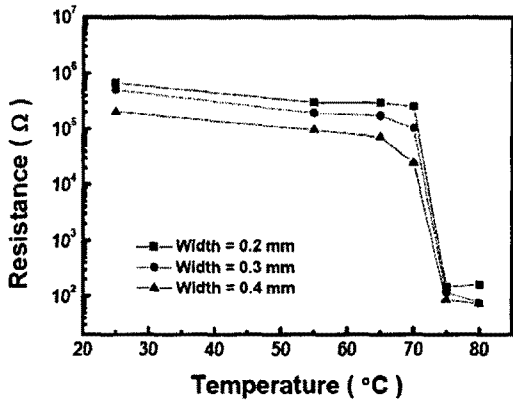


그림 1. 2mm의 길이를 갖는 시료에서 폭 변화에 따른 저항-온도 특성

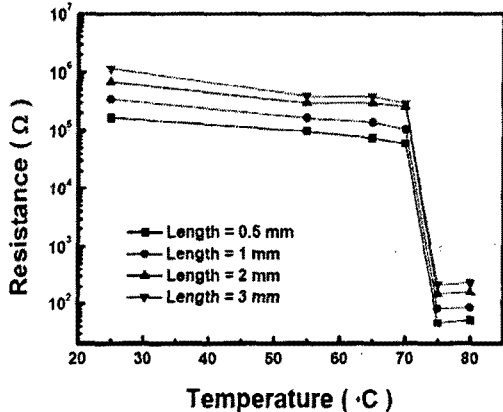


그림 2. 0.2mm의 폭을 갖는 시료에서 길이 변화에 따른 저항-온도 특성

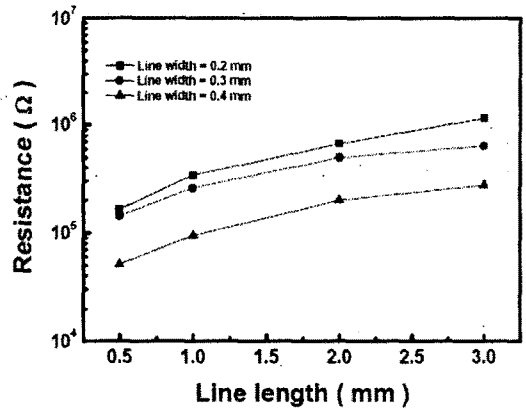


그림 3. 상온(25°C)에서의 저항-길이 특성

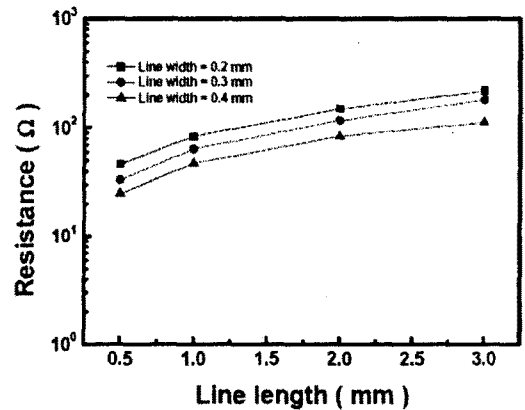


그림 4. 고온(80°C)에서의 저항-길이 특성

4. 결론

본 연구에서는 CTR 특성을 갖는 VO₂ 온도센서를 제작함에 있어서 시료의 폭과 길이를 조절하여 그에 따른 저항값의 변화를 확인하였고 상온과 고온에서의 측정을 통하여 저항값의 변화를 확인하였다. 시료의 길이가 증가할수록, 시료의 폭이 감소할수록 저항값은 증가하는 것을 확인하였고 이와 같은 경향성이 고온에서도 유지되는 것을 확인하였다. 따라서 VO₂를 이용하여 온도센서를 설계할 때 원하는 저항값을 얻기 위해서는 적절한 폭과 길이의 선택이 필요하다.

감사의 글

본 실험은 중소기업청의 “산학협력실 지원사업을 통해 개발된 결과물임.”

참고 문헌

- [1] Journal of the Korean of Electrical and Electronics Material Engineers, Vol.11, pp 546-551.1998
- [2] Yin Dachuan, et al. Materials Research Bulletin, Vol. 31, pp. 335-340, 1996
- [3] F. Beteille, et al. Journal of Sol-Gel Science and Technology 13, 915-921, 1998