

M/CGS 이중구조를 갖는 박막소자의 온도특성분석

권영호, 문형돈, 김화영, 김영호
수원대학교

The Analysis of temperature characteristics on M/CGS thin film devices

Y.H. Kwon, H.D. Moon, H.Y. Kim, Y.H. Kim
Suwon Univ.

Abstract

Metal/chalcogenide glass semiconductor(CGS) thin film devices were produced in the vacuum evaporator by the methode of vacuum thermal evaporation. We investigated the influence of the correlations of thickness of metal and CGS upon the concentration of Metal in a CGS thin film. It has shown that M/CGS thin film devices were very sensitive to temperature.

Key Words : Chalcogenide glassy semiconductor(칼코게나이드 유리 반도체), Vacuum evaporator(진공 증착기), Quenching technique(급속 냉각 기술), Thermal Sensor(온도 센서)

1. 서 론

산업 전반과 일상생활에 걸쳐 온도의 정확한 측정과 관리는 매우 중요하다. 이상적인 온도센서는 측정범위가 넓고 정확하며 소형으로 가격이 저렴하고 대량생산이 가능해야 한다. 그러나 이러한 센서는 현실적으로 존재하지 않기 때문에 사용자는 용도에 맞는 것을 선택하여 사용할 수밖에 없다. 비교적 정밀성이 크게 요구되지 않고 다량으로 사용되는 곳에는 접촉식 온도센서들이 사용되고 있으나 비접촉식이고 다기능화 된 온도센서들이 개발되어 점차 시장을 확장해나가고 있는 추세이다.

접촉식 온도센서의 대표적인 것으로 백금의 저항치가 변하는 원리를 이용한 백금저항온도센서가 현존하는 온도센서 중 가장 정확도가 높아 표준온도센서로 사용된다. 하지만 가격이 비싼 것이 흠이다. As-Se계 칼코게나이드 유리 반도체(chalcogenide glassy semiconductor:CGS)는 금속을 도핑 함으로써 전기전도도의 변화가 일어나고, 온도 증가에 따라 저항이 감소하는 현상을 보인다.

일반적으로 As-Se계의 칼코게나이드 유리 반도체는 Cu 또는 Ag 등과 같은 금속을 도핑 함으로써 온도, 습도, 조도 등의 자연환경에 민감한 센서 제조에 응용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고감도의 온도센서에 응용하기 위하여 As-Se계의 칼코게나이드 유리 반도체를 제조하고, As-Se계의 칼코게나이드 유리 반도체에 Cu를 도핑하여 Cu/As₂₀Se₈₀를 갖는 Cu/CGS 소자를 제작하였다. Cu증착 비율을 달리 한 소자를 AES를 통해 Depth-profiling하여 CGS로부터 Cu의 도핑 분포를 확인하였고, 도핑농도에 따라 소자의 온도 특성변화를 확인하고, 온도센서로서의 응용 타당성을 연구하였다.

2. 실험

2.1 As-Se 합성

As-Se계의 칼코게나이드 유리 반도체를 만들기 위해 As-Se을 20:80의 비율로 Weighing하여 웨일츠튜브에 넣고 진공상태로 밀봉 후 앰플로 제작한다. 제작된 앰플은 Tube Furnace에서 900℃로

24hr 가열 As와 Se가 모두 용융 되도록 하며, 상온으로 Quenching시켜 비정질 상태의 $As_{20}Se_{80}$ 을 얻는다.

2.2 소자제작

기판으로는 Al_2O_3 를 ultrasonic에 acetone과 IPA, DI water로 세척하여 사용하였고, 전극 재료는 Ni-Cr을 패턴 증착하여 사용하였다. 전극 증착시 $\sim 10^{-7}$ torr의 초기 진공을 갖는 sputtering system에서 증착하였다. Cu와 $As_{20}Se_{80}$ 모두 초기 작업 진공도 3.0×10^{-5} torr를 유지시키며 증착 하였다. $As_{20}Se_{80}$ 은 Mo boat와 Cu는 W boat를 사용하였다. Cu와 $As_{20}Se_{80}$ 은 한 chamber 내에서 Cu와 $As_{20}Se_{80}$ 가 동시 증착 되도록, Cu 증착 후 바로 $As_{20}Se_{80}$ 를 증착하였다. 증착된 막의 두께는 profiler와 SEM을 이용하여 측정하였고, AES(Perkin-Elmer/Model660)를 통해 Cu/CGS의 두께 비율에 따라 Depth-profiling을 하였다. 분석 저항 변화는 KEITHLEY 157A를 사용하여 측정하였다. 온도변화는 항온·항습시험기인 Challenge 160C/ACE를 사용하였다.

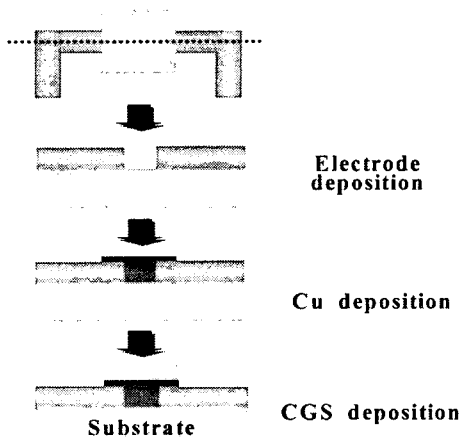
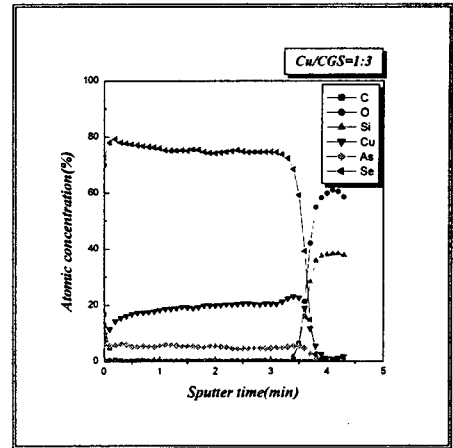


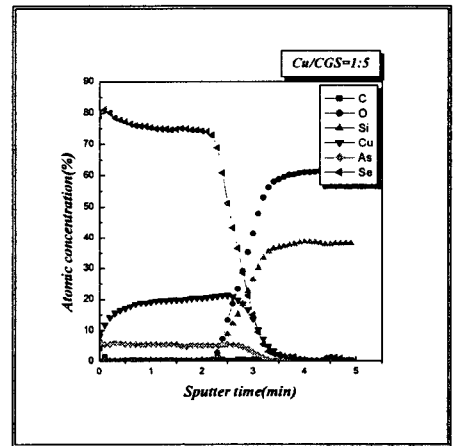
그림 1. 박막온도센서 공정 단면도

3. 결과 및 고찰

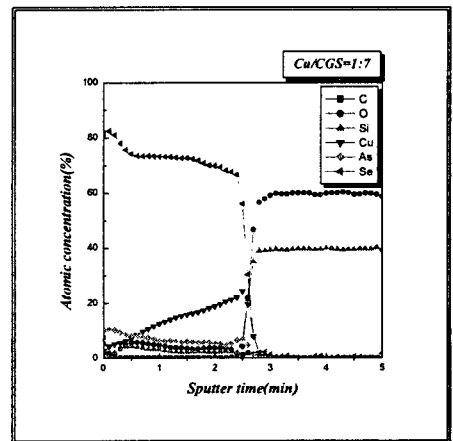
그림 2는 AES(Perkin-Elmer/Model660)를 통해 Cu/CGS의 두께 비율에 따라 Depth-profiling한 것으로서 소자표면에서 기판표면으로 근접해가면서 조성형태를 분석한 것이다. (a)에서 (c)로 갈수록 Cu의 증착 되는 양을 500Å ~ 200Å 줄였고 그에



(a) Cu:CGS=1:3



(b) Cu:CGS=1:5

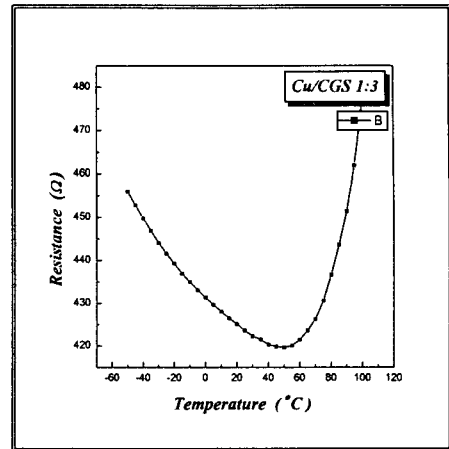


(c) Cu:CGS=1:7

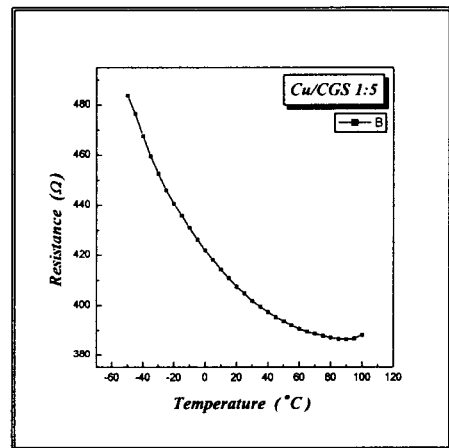
그림 2. Cu:CGS비율에 따른 AES Depth-profiling 분석.

따라 표면에 검출되는 Cu의 양이 줄어드는 경향을 보였다. 공통적으로 Cu가 고르게 표면까지 doping됨을 확인할 수 있었고 Cu가 doping 되어도 As와 Se($As_{20}Se_{80}$)의 조성비는 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 그림 (a)는 Cu가 가장 두꺼운 것으로 Sputter time이 약 3.7min을 보였다. 가장 오랜 시간이 걸렸다. 이는 Cu가 As나 Se보다 월등히 단단하므로 depth profiling 되는 시간이 Cu의 양에 따라 좌우된 것으로 보인다. 또한 Cu가 표면까지 거의 같은 양을 유지하면서 $As_{20}Se_{80}$ 까지 doping되었다. 그림 (b)도 미량의 Cu가 기판에 존재하지만 표면까지 고르게 doping됨을 보였다. Sputter time은 (a)보다 짧은 약 2.9min으로 Cu의 양의 차이 때문이라고 예상되어진다. 그림 (c)는 각각 250 Å이하의 Cu로 두께가 증착하였고 Sputter time은 2.6min, 1.6min로 앞에서와 같은 경향을 보였다. (c)는 기판에 남아 있는 Cu를 발견할 수 없었고 표면으로 갈수록 Cu의 양이 줄어들었지만 역시 표면에서도 Cu를 발견할 수 있었다. 전체적으로 C(carbon)가 미량 발견된 것은 진공증착(vacuum thermal evaporation)시에 발생된 것으로 보이며 아주 미량이므로 무시하였다. 또한 1:7의 200 Å이하의 Cu에서도 표면까지 doping됨을 확인하였다. AES분석 결과 autodoping되는 것을 확인할 수 있었으며 Cu/CGS의 두께가 1:7에서는 Cu가 100% doping되었으나 1:3과 1:5소자의 경우 기판 표면에 Cu가 남아있는 것으로 확인되었다. 또한 상온에서 센서 저항 값이 Cu/CGS 두께 비에 따라 수백Ω ~ 수십kΩ으로 나타났다.

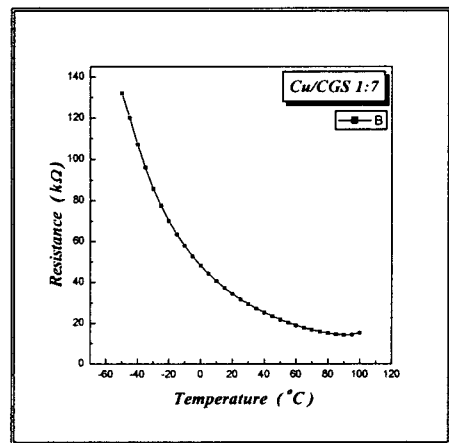
그림 3은 Cu/CGS의 두께 비율에 따라 온도변화에 대한 저항 특성변화이다. Cu/CGS두께비(1:3~1:7)조건으로 제작된 소자를 온도에 따른 저항변화를 측정하였고, 측정온도 범위는 -50℃에서 100℃까지 설정하였다. Cu/CGS비율에 따라 상온에서 나타나는 초기 저항값과 온도에 따른 저항 변화특성이 다를 수 있다. Cu의 양이 많았을 경우 상온에서의 저항값이 작고 Cu의 양이 적을수록 저항값은 크게 형성되었다. 우선 그림 (a) Cu/CGS 비율이 1:3으로 형성된 경우 상온에서의 저항값이 425Ω 정도로 낮았으며 온도에 따른 저항을 볼 때도 변화폭이 10℃ 변화에 5Ω 정도로 아주 작은 변화폭을 보였다. 또한 온도가 증가할수록 저항 변화폭이 줄어들기 시작하면서 약 60℃ 정도에서는 저항이



(a) Cu:CGS=1:3



(b) Cu:CGS=1:5



(c) Cu:CGS=1:7

그림 3. 박막온도센서의 온도변화에 따른 저항 특성.

급격히 증가하는 경향을 보였다. 이는 Cu의 증착 비율이 상대적으로 높아서 전형적인 금속의 정온도 특성을 보임을 알 수 있었다. 그림 (b)는 Cu/CGS 비율이 1:5로 형성된 것으로 상온에서 400 Ω 정도의 저항을 보였고 -50 $^{\circ}\text{C}$ ~ -40 $^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 10 $^{\circ}\text{C}$ 변할 때 저항폭이 18 Ω , -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 0 $^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 10 $^{\circ}\text{C}$ 변할 때 저항폭이 9 Ω 을 보이면서 온도가 올라갈수록 서서히 저항의 폭이 감소하는 경향을 보였다. 상온으로 들어서면서는 10 $^{\circ}\text{C}$ 당 변하는 저항의 폭이 더욱 감소하였다. 온도가 80 $^{\circ}\text{C}$ 정도에 들어서면서 거의 저항의 변화가 일어나지 않았고 90 $^{\circ}\text{C}$ 가 되면서는 오히려 저항의 증가하려는 경향을 보였다. 이는 온도가 올라가면서 내부적 조성의 변화가 일어났다고 보여진다. 그림(c)는 Cu/CGS 비율이 1:7로 형성된 것으로 상온에서의 저항이 30k Ω 정도로 높은 저항값을 나타내었고 -50 $^{\circ}\text{C}$ ~ -40 $^{\circ}\text{C}$ 사이에 10 $^{\circ}\text{C}$ 변할 때 저항폭이 25k Ω , -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 0 $^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 10 $^{\circ}\text{C}$ 변할 때 저항폭이 10k Ω 의 변화를 나타내었다. 상온으로 들어서면서 10 $^{\circ}\text{C}$ 당 변하는 저항의 폭이 5k Ω 정도로 위에서와 마찬가지로 서서히 감소하는 경향을 보였다. 역시 온도가 80 $^{\circ}\text{C}$ 정도에 들어서면서 부터는 저항의 변화가 일어나지 않았고 90 $^{\circ}\text{C}$ 가 되면서는 저항의 증가 경향도 보였다. 그림3을 통해 Cu/CGS의 증착비율에 따른 온도 변화에 대한 저항의 변화를 보았고, 저항의 변화폭이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 As와 Se계 칼코게나이드 유리 반도체를 제조하고, 이것을 Cu로 도핑하여 Cu/CGS heterostructure를 가진 소자를 제작하였다. 이 소자는 AES 분석결과 Cu가 CGS 증착하는 과정에 동시에 autodoping 되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 온도 증가에 따라 저항이 감소하는 현상이 관찰되었고, 이것이 선형적인 기울기를 나타내었다. Cu의 증착 비율을 달리 하여 초기 저항 값에 변화를 주었으며, Cu 비율이 증가할수록 초기 저항 값이 감소하였다.

위 사항을 종합하여 온도에 따른 저항의 변화를 갖는 것으로 온도센서에서 센싱부로 사용이 가능할 것으로 사료된다. 하지만 비정질의 재료를 사용하기 때문에 재현성이 가장 큰 문제로 대두된다. 이러한 문제를 해결한다면 고감도의 온도센서에

응용이 가능할 것이 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Z.U. Borisova, "Glassy Semiconductors", Plenum Press, 37-69, 321-334, 1984.
- [2] Klimontovich Yu. L., "Entropy decrease in self-organization process. S-theorem", Letters to J. Tech. Phys, V.9. 1412, 1983.
- [3] Prigogine I., "Time, structure and fluctuations", J. Successes of Phys. Sci., V.131. Issue 2.p. 185-207, 1980.
- [4] Klimontovich Yu. L., "Determination of the comparative degree of the ordering of state of the open system on the base of S-theorem using the experimetal data", Letter to J. Tech. Phys. V.14. 631, 1988.
- [5] Kogan Ya. D., Terentyev V. F., "Synergy : New technologies for receiving the metallic materials and their properties", M. Part 1. p.40, 1991.
- [6] Shilo V. P., "The regions of glassy state in chalcogenide melts. Author's essay of cand", Inst. of Gen. Inorg. Chem., p.18, 1967.
- [7] S. P. Vikhov, G. A. Yushka, V. N. Ampilgov, Physics and Technique of Semiconductors, V. 18(2), 348, 1991.