

## PMC 응용을 위한 비정질 칼코게나이드 박막의 열적특성

구용운, 남기현, 최혁, 정홍배  
 광운대학교 전자재료공학과

### Investigation of thermal Characteristics with Amorphous Chalcogenide Thin Film for Programmable Metallization Cell

Long-Yun Ju, Ki-Hyeon Nam, Hyuk Choi, Hong-Bay Chung  
 Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon Univ. 139-701, Seoul, Korea

**Abstract** - In the present works, we investigate the thermal characteristics on Ag/As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> and Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> amorphous chalcogenide thin film structure for PMC (Programmable Metallization Cell). As the results of resistance change with the temperature on Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> amorphous chalcogenide thin film, the resistance was abruptly dropped from the initial resistance of 1.32 M Ω to the saturated value of 800 Ω at 203°C. On the other hand, the resistance increased to 1.3 M Ω at 219°C.

후 물 속에서 급랭시켰다.[6] 칼코게나이드 박막은 corning glass 위에 열진공 증착기 (thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10<sup>-6</sup>Torr의 진공도에서 200nm의 두께를 갖도록 제작하였고, Ag는 30nm 두께로 제작하였다, 하부전극(AI)은 150nm, 상부전극(AI)은 150nm로 제작하였다.SiO<sub>2</sub>는 300nm 로 제작하였다. 그림 1은 샘플 구조도이다.

#### 1. 서 론

정보화와 통신화가 가속됨에 따라 문자, 음성 및 영상의 복합적 이용과 쌍방향 소통이 가능한 기기가 요구되고 있다. 이를 위해서는 더 많은 정보를 더욱 빠르게 처리할 수 있는 능력을 가진 반도체 소자가 필요 하는데, 이를 위해서는 시스템의 성능향상이 필수적이며, 그 핵심부품인 메모리소자의 초고속화, 초고집적화 및 절전화가 관건이다. 이러한 경제/산업적인 고용량 정보 저장에 필요한 초고집적화가 가능한 비휘발성 메모리 소자 개발의 필요성이 그 어느 때보다도 커지고 있다. 기존의 DRAM 고정은 1T/1C 구조의 단위cell을 이루고 있는데, 소자의 크기가 작아짐에 따라 Capaciter의 난이도가 점점 더 올라가게 되어, 높은 수율을 가지는 DRAM cell의 제작이 매우 어렵게 된다. 그래서 기존의 DRAM을 대체 할 수 있는 비휘발성을 가지는 메모리의 필요성이 크게 요구되고 있다. [1]

한편 최근에는 칼코게나이드 계 등의 박막에 금속 이온을 도핑하여 전기적 자극에 의해 박막의 전기 저항의 변화를 이용하여 새로운 개념의 메모리 소자(PMC)의 개발 가능성에 대하여 보고되고 있다. 이러한 소자는 순방향 전압에서 낮은 전기적 저항을 역방향 전압에서 높은 저항값을 유지하여 높은 저항비를 나타낸다고 하였다.[2]

비정질 칼코게나이드 매질은 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내고 열적, 전기적 및 광학적 특성을 나타내는 물질로 보고되었다.[3-4] 본 연구에서는 As-S 와 As-Ge-Se-S 계 비정질 칼코게나이드 박막[5]에 Ag를 도핑 시켜 그에 따른 열처리에 의한 저항변화 특성을 연구하여 스위칭 소자 및 차세대 메모리 소자 PMC매질로써의 가능성을 확인하고자한다.

#### 2. 본 론

본 실험에서는 순도는 5N(99.999 %)의 As, Ge, Se, S 원소를 사용하였으며, 각 원소의 표면 산화막을 진공 중에서 가열하여 제거한 후, As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>의 조성비에 알맞게 원자량비로 환산하여 전자 저울(Alsep, MEV-198A)을 이용하여 0.001 mg까지 정확히 평량하였다. 먼저, 벌크 제작을 위해 평량된 각 시료를 10 mm의 내경을 갖는 석영관에 넣어 약 1×10<sup>-5</sup> Torr의 진공 상태에서 봉입하였다. 이때 사용한 석영관은 질산 용액을 24시간, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액에 24시간 동안 넣어 각각 내부의 무기물과 유기물을 제거한 후 증류수와 메탄올을 이용하여 세척, 건조시켜 사용하였다. 진공 봉입한 석영관은 브리지만형 실리콘넷 전기로에서 200°C에서 2시간, 600°C에서 2시간 이상을 유지시켜서 각각의 원소들을 충분히 반응시킨 후 서서히 온도를 상승시켜 960°C부근에서 25시간 이상 용융상태를 유지하였으며 각 원소들의 균일한 혼합을 위해 1시간 간격으로 섞어주었다. 반응이 완료된 석영관을 비정질 상을 얻기 위해 공기 중에서 약 10초간 급랭한

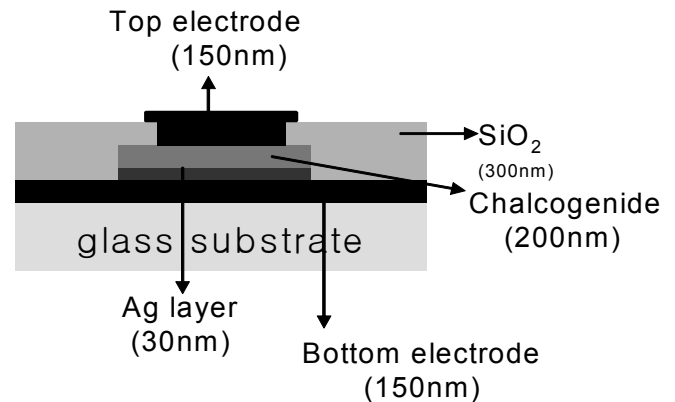


그림 1. 샘플 구조도

칼코게나이드 Ag/As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 와 Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 열적특성을 관찰하기 위하여 오븐을 사용하여 상온에서 300°C 까지 온도를 올리고 다시 상온으로 내렸을 때의 저항 변화를 실시간으로 측정하고 RS232 케이블을 이용하여 데이터를 컴퓨터에 저장 저항변화를 확인하였다.

#### 3 결과 및 고찰

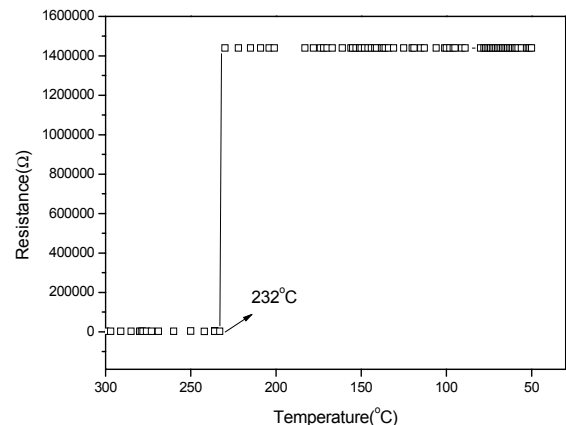


그림 2. Ag/As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 박막에서의 온도에 의한 저항변화 특성(21°C-300°C)

그림 2는 Ag가 도핑 된  $As_2S_3$  박막의 온도에 의한 저항변화 특성을 나타낸 그림이다 그림에서 볼 수 있듯이 상온에서 300℃ 까지 온도를 올렸을 때 초기 저항 1.45MΩ에서 216℃ 부근에서 저항이 300Ω으로 감소 되었다.

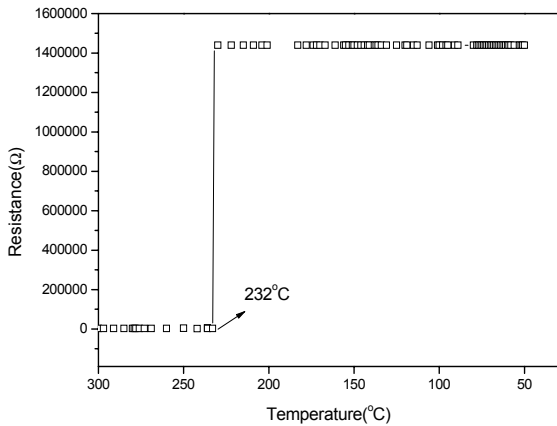


그림 3. Ag/ $As_2S_3$  박막에서의 온도에 의한 저항변화특성(300℃-21℃)

그림 3은 Ag 가 도핑된  $As_2S_3$  박막을 300℃에서 다시 상온으로 내렸을 때의 저항변화 특성을 나타낸 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 300℃에서 상온으로 내렸을 때 저항이 300 Ω 부근에서 유지하는 특성 보였으며 232℃로 되었을 때 다시 초기 저항, 즉 고 저항 상태로 회복하는 특징을 보여주었다.

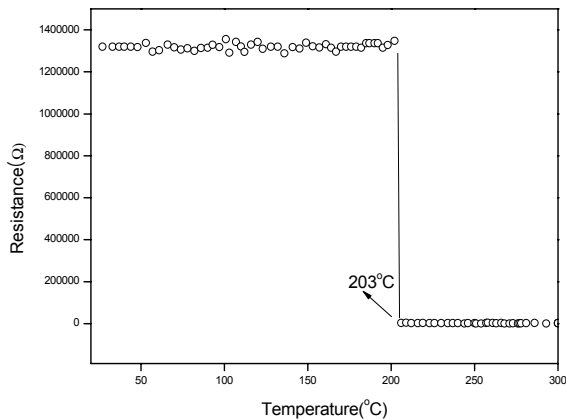


그림 4. Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막에서의 온도에 의한 저항변화 특성(21℃-300℃)

그림 4는 Ag가 도핑 된  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막의 온도에 의한 저항 변화 특성을 나타낸 그림이다 그림에서 볼 수 있듯이 상온에서 300℃ 까지 온도를 올렸을 때 초기 저항 1.32MΩ에서 203℃ 부근에서 저항이 800Ω으로 감소 되었다.

그림 5는 Ag 가 도핑 된 비정질 칼코게나이드  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막을 300℃에서 다시 상온으로 내렸을 때의 저항변화 특성을 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 300℃에서 상온으로 내렸을 때 저항이 800 Ω 부근에서 유지하는 특성 보였으며 219℃로 되었을 때 다시 초기저항, 즉 고 저항 상태로 회복하는 특징을 보여주었다. 이 결과로 부터 우리는 고 저항(on state) 상태에서 저 저항 상태(off state)로 변하는 것은 Ag 이온이 칼코게나이드 박막에 침투하여 물리적, 화학적 반응을 일으켜 칼코게나이드 박막 내에 Ag+이온 filament 채널을 형성하여 저항변화를 일으킨 것으로 여기 된다.

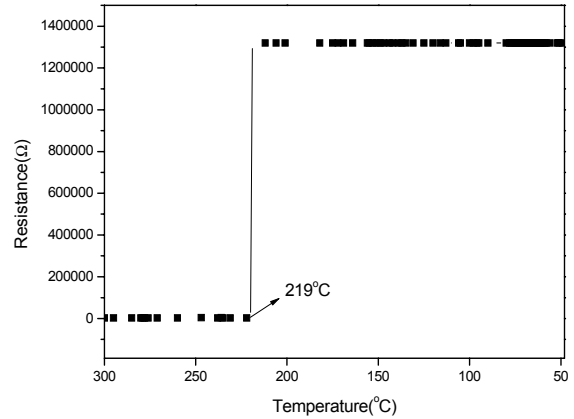


그림 5. Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막에서의 온도에 의한 저항변화 특성(300℃-21℃)

#### 4. 결 론

본 실험에서는 PMC응용을 위한 비정질 칼코게나이드 Ag/ $As_2S_3$  와 Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  PM박막에서의 열적특성을 연구하였다. Ag/ $As_2S_3$  박막일 경우 216℃에서 저 저항상태 즉 off state로 되었으며 Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막일 경우 203℃에서 저 저항 상태로 되었으며 300℃에서 다시 상온으로 온도를 내렸을 때 각각 232℃, 219℃ 정도의 온도에서 다시 고 저항 상태 즉 on state로 회복하였다. metal이 도핑된 비정질 칼코게나이드  $As_2S_3$  박막과  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막이 가지고 있는 다양한 열적, 전기적, 광학적 특성은 스위칭 소자 및 차세대 메모리 소자 PMC 매질로써의 가능성 확인할 수 있다.

#### 감사의 글

This research was supported by the MIC(Ministry of Information and Communication), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program supervised by the IITA (Institute of Information Technology Assessment) (IITA-2006-C1090-0603-0018)

#### [참 고 문 헌]

- [1] S. J. Zilker, T. Bieringer, D. Haarer, R. S. Stein, J. W. van Egmond, and S. G. Kostromine, Adv. Mater, V.10, N. 11, pp. 855-859, 1998
- [2] Y.W.Koo, J.H.Kim, W.J.Cho, H.B.Chung, Microelectronic Engineering V.84 P.1652-1655, 2007
- [3]. T.Todorov, L. Nikolova and N. Tomova, Appl. Opt. V. 23(23), pp. 4309-4312, 1984
- [4] T. Todorov, N. Tomova and L. Nikolova, Opt. Commun, V. 47, pp.123-127, 1983
- [5] C. H. Yeo, S. J. Jang, J. I. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 12, N. 12, pp.1192-1197, 1999
- [6] K.N.Lee,, J.I. Park, H. B. Chung, J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V.7, N. 3, June, 2006