두 번째 Ag 층을 적용한 $Ag/Ge_1Se_1Te_2$ 물질의 광학적 특성 연구

김현구, 한송이, 김재훈, 구상모, 정홍배
광운대학교 전자정보공과대학 전자재료공학과

Optical properties of $Ag/Ge_1Se_1Te_2$ material with secondary Ag layer adoption

Hyun-Koo Kim, Song-Lee Han, Jae-Hoon Kim, Sang-Mo Koo, Hong-Bay Chung
Department of Electronic Materials Engineering, Kwangwoon Univ.

Abstract : For phase transition method, good record sensitivity, low heat radiation, fast crystallization and hi-resolution are essential. Also, a retention time is very important part for phase-transition. In our past papers, we chose composition of $Ge_1Se_1Te_2$ material to use a Se factor which has good optical sensitivity than conventional Sb. Ge-Se-Te and $Ag/Ge_1Se_1Te_2$ samples are fabricated and irradiated with He-Ne laser and DPSS laser to investigate a reversible phase change by light. Because of Ag ions, the Ag layer inserted sample showed better performance than conventional one. We should note that this novel one showed another possibility for phase-change random access memory.

Key Words : Chalcogenide, Ge-Se-Te, Phase-change, Ag layer

1. 서 론

1960년대 말부터 여러 가지 비정질 칼코게나이드계 물질에서의 메모리 스위칭 현상이 보고된 이래 지속적인 연구가 진행되어 오고 있다. [1-4] 비정질 칼코게나이드계 물질에서 나타나는 스위칭 현상은 비휘발성 메모리 소자로서 그 응용가치가 크며, 광기억소자나 컴퓨터 메모리 어레이 등으로 이용할 수 있다.

이 물질의 광학적 응용 또한 상변화 물질을 발전시키는 계기가 되었는데, 1986년 R.Baton 등[5]은 Sb_2Se계 박막에 20mW, 50ns의 Kr^+레이저 펄스로 기록하였으며, 6.9mW, 200ns의 펄스로 소거가 가능함을 관찰하였으나 결정화과정에서 상분리가 일어나는 것이 관찰되었다.

1992년 M. Chen등[6]에 의해 진공 열 증착 방법으로 제조한 Ge-Te-Sb 박막의 가역적 변화에 대한 다중 층 구조와 레이저 펄스의 폭 의존성이 제시 됐으나 결정화 속도를 줄이는 데에는 크게 기여하지 못했다. 이에 대해 1993년 Iwasaki 등[7]은 RF Sputtering 방법으로 제작한 Ag-In-Sb-Te을 이용하여 가역적 광 기록 특성에 영향을 미치지 않고 선속도를 7m/s까지 향상시키는 데 성공하였으며, 1994년 C. N. Alfonso 등[8]은 DC 마크네트론 Sputtering 방법으로 제작한 GeSb계 물질에서 Ar^+ 레이저와 He-Ne 레이저를 이용하여 5ps의 레이저 펄스로 결정화 시키는 데 성공하였다.

이러한 상변화 방법에 의한 광 기록에 이용되는 기록 매질이 갖추어야할 조건으로는 매질의 기록감도가 우수하여야 하며, 고 분해능과 높은 신호 대 잡음비, 낮은 열 확산도를 갖고, 긴 수명시간, 빠른 결정질 상변환을 가져야 하며, 비교적 높은 기록 및 소거 횟수 등이 요구된다.

본 실험에서는 기존의 광 저장 장치에서 사용하고 있는 Ge-Sb-Te계 물질을 대체하기 위하여 광 감도가 우수한 Se 물질을 포함하고 있는 Ge-Se-Te계 물질을 선택하였다. 그리고 Ag layer를 상부와 하부에 서로 다른 두께로 증착하고 빛을 이용한 저항의 변화를 살피고자 했다.

2. 실 험

그림 1.은 제작된 소자의 개략도이다. 그림에서 볼 수 있듯이 상부 전극과 하부전극을 Al으로 증착했다. 그림에서는 상대적인 두께 차이를 알 수 없지만, Ag의 상, 하부층은 30nm, 100nm로 각각 증착됐으며 각 전극은 200nm이다. 상변화 물질은 150nm의 두께이며 1.5Å/s의 안정된 증착률로 증착했다.

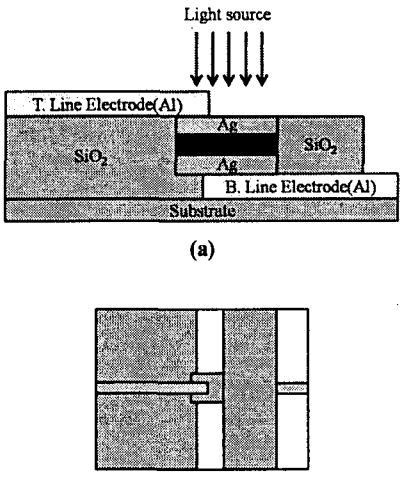

그림 1. (a) 소자의 단면도, (b) 위에서 본 소자의 개략도.

이해를 돕기 위해 그림 1.의 (b)에서는 상단에서 봤을 때의 개략도를 보여준다. 그림 상의 Light source로는 DPSS Laser와 He-Ne Laser를 사용했다. 또한 각 전극으로부터 Multimeter system을 이용하여 저항 값을 관찰했다.

물론 그림 상에 표현은 안했지만 결과 값 비교를 위해 두 번째 Ag 층이 없고 하부 Ag 층만 적용된 샘플도 같은 방법과 구조로 제작되었다.

3. 결과 및 고찰

아래 그림 2.와 그림 3.은 두 번째 Ag 층의 적용 여부에 따른 그래프이다

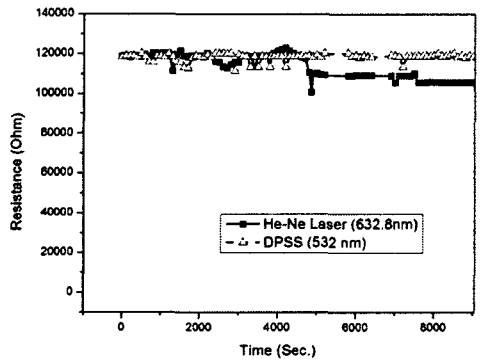

그림 2. 하부 Ag 층만 적용된 $Ag/Ge_1Se_1Te_2$ 소자의 조사 시간에 따른 저항 값 그래프

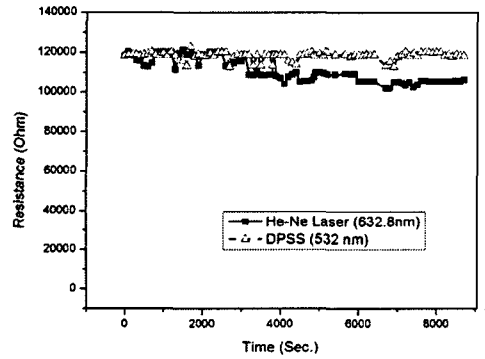

그림 3. 두 번째 Ag 층이 적용된 $Ag/Ge_1Se_1Te_2$ 소자의 조사 시간에 따른 저항 값 그래프

그림 2.를 보면 초기 저항은 높은 고 저항 영역을 갖는다. DPSS Lasaer를 조사한 샘플은 특징할만한 변화를 찾을 수 없었다. 시간이 지남에 따라 He-Ne Laser를 조사한 경우, 약 4200초 영역에서 20KΩ정도의 저항 강하가 나타난다. 계속된 측정에서 더 이상 괄목할 만한 저항 변화는 측정할 수 없었다.

상부에 두 번째 Ag 층을 적용한 그림 3의 경우에도 역시 DPSS Laser는 실험적 차이를 제외하고는 큰 변화를 관찰할 수 없었다. 그런데 He-Ne Laser를 조사한 실험에서는 minor tick을 무시하면 약 3000초 영역에서 저항 변화가 관찰되었다.

그림 3.의 저항 변화는 그림 2.의 저항변화보다 1200초 앞선 매우 빠른 변화를 보였다. 두 샘플 모두 Laser를 이용한 결정화와 Ag ion의 filament path 형성이 저항의 저하를 가져왔다. 그런데 하부 층에만 Ag 층이 있는 구조보다 두 번째 Ag 층이 적용된 경우 filament path의 형성이 보다 빨리 일어났기 때문이다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 optical disk에서 사용되어 오던 Ge-Sb-Te 계 물질보다 고밀도, 고성능을 갖는 새로운 물질인 Ge-Se-Te 계 물질을 이용하여 그 성능을 향상시키고자 Ag layer와 secondary Ag layer를 적용하고 그 결과를 고찰했다.

실험 결과 Ge-Se-Te 계 물질에 이중으로 Ag 층을 형성하면 기존 bare one이나 Ag/Ge-Se-Te보다 빠른 저항 변화를 확인 할 수 있었다. 다만, 본 실험에서는 다루지 않은 더 두꺼운 비율에 Ag layer는 주목할 만한 결과 값을 얻을 수 없었고 가역적인 실험이 아직 해결 과제로 남아 있다.

결과를 통해서 기존 물질이 아닌 새로운 조성의 상변화 매질로도 optical device로써의 활용 가능성을 더욱 확신할 수 있었다. 더 높은 저항 변화를 찾는다면 그 실용화 가능성도 고려가 가능하다.

감사의 글

This research was supported by the MKE (Ministry of Knowledge Economy), Korea under the ITRC (Information Technolgy Research Center) Support program supervised by the IITA (Institute of Information Technology Advancement) (IITA-2008-C1090-0801-0018)

참고 문헌

[1] A. Madan and M. P. Shaw, "The physics and Applications of Amorphous Semiconductors", Academic Press, p.382-408, 1988

[2] Mott and Davis, "Electronic processes in Non-crystalline Materials", Oxford University Press, p.507-512, 1979

[3] T. Matsushita, T. Yamagami, and M. Okuda, "Switching Phenomena Observed on Ge-Se-In System", Japan. J. Appl. Phys., Vol.11, pp.422, 1972

[4] A. Hamada, M. Saito, and M. Kikuchi, "Energy Gap Discrepancy in Amorphous Semiconductors of As-Te-Ge System", Japan. J. Phys., Vol.1., pp530, 1971

[5] R. Barton, C. R. Davis, K. Rubin and G, Lim, Appl. Phys. Lett., Vol48, No.19, p.1255. 1986

[6] M. Chen, K. A. Rubin and D. P. Birnie, J. Appl. Phys., 71, p.3680, 1992

[7] H. Iwasaki et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol.32, Part1, No.11B, p.5241, 1993

[8] C. N. Alfonso, J. Solis, J. F. Trull and M. C. Morilla, J. Appl. Phys., Vol.75, No.12, p.7788, 1994