능동냉각을 위한 Bi-Te 열전 박막 기술 개발

Bi-Te thermoelectric thin film for active cooling method

*#현승민[1], 전성재[1,2], 오민섭[1,2], 이후정[2], 이학주[1], 장봉균[1]

*#S. Hyun[1] (hyun@kimm.re.kr), S. Jeon[1,2] , M. Oh[1,2], H. Lee[2], H. J. Lee[1], B. Kim[1]

[1]한국기계연구원 나노역학실, [2]성균관대학교 신소재공학과

Key words : Bi-Te, thermoelectric film, active cooling, package

1. 서론

전자 부품의 소형화와 다 기능화 등으로 인하여 전자부품 패키지 산업은 2D 패키지에서 고집적화와 비용 절감이 가능한 3D 멀티칩 패키지로 발전하고 있다[1]. 3D 멀티칩 패키지 기술 개발을 위해서는 실리콘 기판 사용 시 via 형성 공정, Cu filling 공정등 각 층간 좋은 전기적 상호 연결 및 신뢰성 있는 패키지 형성을 위한 많은 공정들이 필요하다[2]. 특히 적층 패키지 사용 시 발생하는 열로 인한 소자의 성능 저하 및 소자의 수명 저하 등이 발생할 수 있는데, 이런 열적 신뢰성 문제를 향상시킬 수 있는 방법이 필요하다. 열적 신뢰성을 향상시키기 위해서는 열전 재료의 열전 효과를 한 국부적 냉각 방법이 있다.

열전 효과는 물질에 온도 차이가 생길 때 전기 전압이 생성되거나 전기 전압 차이가 있을 때 온도 단차가 생기는 것 이다. 열전 효과를 측정 하는 기준으로는 ZT (figure of merit) 또는 파워 팩터를 측정하여 재료의 열전 특성을 측정한다[3]. 여기서 각각의 물리적 측정값으로는 전기전도율, 열전도율, 제벡 계수 등이 있다. 일반적인 좋은 열전 재료는 높은 제벡 계수, 좋은 전기전도도와 낮은 열전도율을 가지는 재료를 말한다.

열전 재료를 3D 패키지에 적용하기 위해서는 박막 형태로 만들어서 사용을 하여야한다. 열전 박막을 만들 수 있는 방법으로는 evaporation, ion beam sputtering, pulsed laser deposition, RF sputtering 법 등이 있다 [4-8]

본 연구에서는 3D 멀티칩 패키지에서 최적의 열전 효과를 기대할 수 있는 Bi-Te 열전 재료(열전 박막)를 sputtering 공정을 사용하여 제조한 후 열처리 조건에 따른 열전 특성 변화에 대하여 알아보았다.

2. 실험 방법

Bi-Te 열전 박막을 co-sputtering 방식을 사용하여 기판 위에 증착하였다. 기판은 300㎚ 두께의 SiO_2 산화막이 증착된 4인치 실리콘 웨이퍼를 사용하였으며, 증착할 때 기본 진공도는 5 x 10^{-7} torr 이하이고, 작업 진공도는 3 mTorr로 유지하였다. Bi와 Te의 증착 속도를 조절하여 Bi_2Te_3의 조성을 형성 하였다. 후 열처리한 후 Bi-Te 박막의 표면 변화를 관찰하였다. 표면 형상관찰은 주사현미경을 이용하여 측정하였으며, 박막의 조성등의 분석은 EDS을 사용하여 분석하였다. 박막의 전기적 성질은 홀 계수 측정을 사용하여 분석하였고, Bi-Te 박막의 제벡 계수는 온도 구배 법을 이용하여 측정 평가 하였다.

3. 결과

그림 1은 Co-sputtering으로 증착된 Bi-Te 박막의 다양한 후 열처리에 따른 조성 변화를 보여 준다. 200℃ 까지 열처리를 하는 동안 Te 함량의 변화는 거의 없었으나 400℃에서 급격한 Te 함량 변화를 보였다. 그림 2는 후 열처리에 따른 표면 변화를 관찰한 주사 현미경 사진이다. 200℃이하에서 열처리한 이미지에서는 표면이 매우 평탄하고 조밀한 것을 관찰 할 수 있었다. 400℃에서 열처리한 시편의 경우 표면이 매우 거칠고 조직이 커진 것을 확인 할 수 있었다. 아래 그림 3은 열처리 조건에 따른 Bi-Te 박막의 홀 계수 측정과 제벡 계수 측정 결과를 보여주고 있다. 상온에서 증착한 박막 보다 후 열처리를 한 박막의 전기적 성질 및 제벡계수가 더 좋아 짐을 관찰할 수 있다.

4. 결론

Bi-Te 박막을 co-sputtering 방식을 사용하여 제작한 후 후 열처리 조건을 달리하여 열전 특성을 비교 평가하였다. 200°C 이하에서 오랜 시간 동안 후 열처리한 박막은 좋은 열전 특성을 보여 주고 있다. 박막의 증착 조건 및 후 처리 공정 등을 제어 하면 Bi-Te 박막의 열전 특성을 보다 더 향상 시킬 수 있을 것으로 기대 된다.

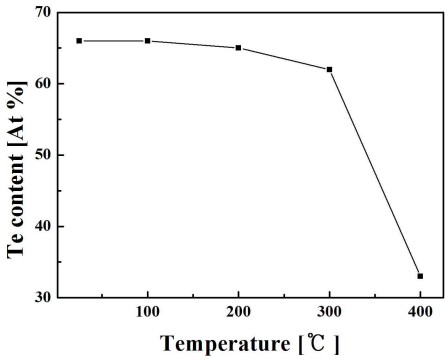

Fig. 1 Te content change in Bi-Te film with different post annealing temperature. The films were annealed 2 hours at each temperature.

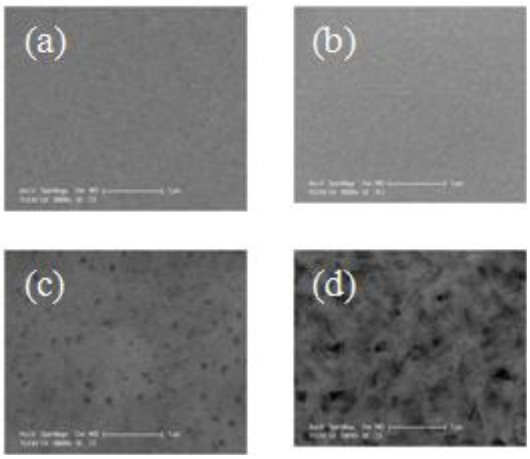

Fig. 2 SEM images of Bi-Te film. (a) as-deposited film (b) 200°C annealed film (c) 300°C annealed film (d) 400°C annealed film

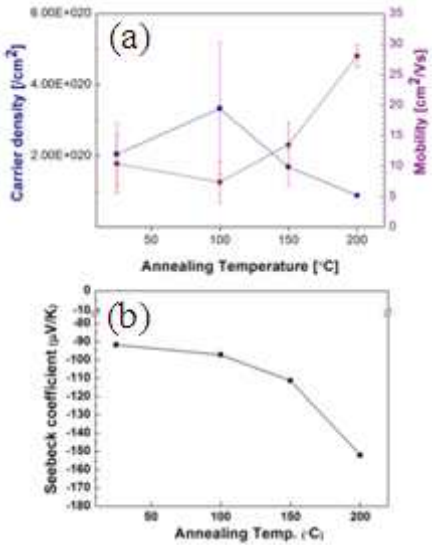

Fig. 3 Thermoelectrical property of Bi-Te films with different annealing temperature. (a) electrical property (b) seebeck coefficient

후기

본 연구는 지식경제부, 산업기술연구회의 협동연구사업 일환인 "차세대 반도체 MCP 핵심 기술 개발 사업" 의 지원에 의한 것입니다

참고문헌

1. Eloy, J.C. et al., "Advanced Packaging", Yole Development, Lyon, France 2006.
2. Bio Kim. "3D integration with TSV technology" SEMI Technology Symposium (STS) 2009
3. " Thermoelectrics Handbook;Macro to Nano", edited by M. Rowe, CRC, 2006
4. Cho, K. W. Kim I.H, Mater. Lett. **59,** 966-970, 2005.
5. Noro H, et al. J. Appl. Phys. **73**, 1252-1260, 1993.
6. Raghuveer S. Makala, K. Jagannadham, B. C. Sales, J. Appl. Phys. **94**, 6, 3907-3918, 2003
7. Kwon S. D, et al., J. Electron. Mater. **38**, 920-924, 2009.
8. Kim D. H, et al. , Thin Solid Films **510**, 148-153, 2006