

# 열전 박막을 이용한 열전 p/n junction 소자의 power 와 전극 접촉 저항 측정

## Measurement of Contact resistance and Power from Thermoelectric p/n Junction Devices

\*전성재<sup>1</sup>, #현승민<sup>2</sup>, 이후정<sup>2</sup>

\*S.-j. Jeon<sup>1</sup>, #S. Hyun (hyun@kimm.re.kr)<sup>2</sup>, H.-J. Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 나노역학연구실, <sup>2</sup>성균관대학교 신소재공학부

Key words : Thermoelectric, Peltier device, p/n junction

### 1. 서론

최근 들어 전 세계적으로 열전 소재를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 열전소재를 이용한 응용기술에는 연구는 폐열을 이용한 발전 열 냉각, 냉장 등 매우 다양하게 응용할 수 있으며 실제 적용된 사례가 보고되고 있고 일부 제품화 하여 판매하고 있다.<sup>1</sup>

특히, 전자 제품의 소형화와 기능의 다양화로 인한 고집적화 멀티 칩 패키지로 전자 부품 패키지 기술이 발전하고 있는데, 고집적화로 부품을 평면상에 놓는 2D 방식이 아니라 적층시킬 수 있는 3D 멀티 칩 패키지로 전자 부품 패키지 기술이 발전하고 있다. 이 기술에서 각 층간의 전기적 연결과 신뢰성이 매우 중요한 이슈가 되어 왔고, 소자 구동 시 발생하게 되는 많은 열이 소자의 성능과 수명의 저하와 같은 신뢰성에 문제로 나타날 수 있다. 최근 주요 프로세서에서 국부적으로 발생하는 열을 효율적으로 방출하는 문제가 제품화에 결정적인 영향을 미치고 있다.<sup>1</sup>

여러 냉각 기술 중 열전 박막을 이용한 냉각 기술 개발은 국부적으로 발생하는 열 문제를 효과적으로 감소시킬 수 있을 것이라 기대하여 많은 주목을 받고 있다.<sup>1</sup>

냉각소자는 Peltier 효과를 이용한 소자로 Peltier 소자라고 하며, p 타입과 n 타입의  $(\text{Bi,Sb})_2(\text{Te,Se})_3$  로 구성하여 전류를 흘려주었을 때 한쪽에선 열을 흡수하고 한쪽에선 열을

방출하는 소자이다.<sup>1</sup>

Peltier 소자를 소형화 하였을 때 두 가지 고려해야 할 사항이 있는데, 낮은 leg 길이로 인하여 heat flux 의 양이 증가하였기 때문에 100 W/cm<sup>2</sup> 이상의 heat flux 를 열전도를 할 수 있도록 기관의 열전도율이 높아 져야 한다는 점과 열전재료와 전극재료 사이의 접촉저항의 값이 10-11  $\Omega\text{m}^2$  이하의 값으로 매우 낮은 접촉저항 값을 가져야 하며 이는 곧 높은 Power factor 를 가지는 고효율의 성능을 갖는 소자를 의미한다.<sup>2,3</sup>

높은 Power factor 를 갖는 열전 박막 개발뿐만 아니라, 전극과 열전재료 사이의 접촉 저항이 낮은 재료 또한 개발할 필요가 있다.

본 연구에서는 각각의 열전박막  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  와  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  를 이용하여 Au/Ti 전극간의 접촉저항을 측정하고 두 박막을 이용하여 간단한 열전 p/n 정션(junction) 을 제작하여 열전소자 성능을 평가하였다.

### 2. 본론

p/n junction 제작에 필요한 n-type 의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  와 p-type 의  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  박막을 co-evaporator 방법을 통하여 473 K 에서 증착하였다. 각각의 박막은 상온에서  $\text{SiO}_2(300 \text{ nm})/\text{Si}$  기관에 약 1000 nm 의 두께로 증착하였다. n-type 의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  박막은 bismuth source 와 tellurium source 로 동시에 증착하였고 p-type 의  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  박막은 각각 bismuth, antimony, Te source 를

동시에 증착하여 박막을 형성하였다. 박막 증착 후 Energy dispersive spectroscopy (EDS) 로 조성을 확인 하였으며 각각의 박막의 Te 약이 59~61 at. % 사이의 조성 값을 확인하였다. 마찬가지로 Bi-Sb 의 비율도 1:3 의 비율로 증착되었음을 확인하였다.

각각 두 열전 박막의 접촉저항 측정은 Transmission line model (TLM)<sup>4</sup> 방법으로 측정하였고 시편의 패턴 형상은 아래 그림 1 과 같다. 열전 박막의 두께는 약 1000 nm 이며, 각 전극의 간격은 0.1 mm ~ 1 mm 로 0.1 mm 의 간격으로 가로 세로 1 mm X 1.5 mm 크기이다.

$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  박막과 Au/Ti 박막의 사이의 접촉저항 값 결과는 그림 2 에 나타내었다.

### 3. 결론

본 연구에서는 473 K 에서 증착한 열전 박막을 이용하여 열전박막과 전극 사이의 접촉저항을 측정하였다. 열전재료와 전극재료 사이의 접촉저항의 값이  $10\text{-}11 \Omega\text{m}^2$  보다는 높은 값으로 측정되었다. 이는 결국 열전 p/n junction 소자를 제작하여 측정하였을 때의 결과 값에도 영향을 미쳤다.

이는 높은 온도에서 증착된 열전박막의 표면의 상태로 인하여 전극과 열전박막 사이의 큰 저항이 발생한 것으로 사료된다. 따라서 박막의 열전 성질과 박막과 전극 계면의 상태가 접촉저항을 줄일 수 있는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. D. M. Rowe, Thermoelectrics Handbook; Macro to Nano, Sec.V, CRC Taylor & Francis Book, 2006.
2. Fleurial, J.-P., et al., "Thermoelectric microcoolers for thermal management applications, Proceedings of the 16th International Conference on Thermoelectrics", 641-645, 1997.
3. Semenouk, V., et al., "Novel high performance thermoelectric microcoolers with diamond substrates, Proceedings of the 16th International Conference on Thermoelectrics," 683-686, 1997.

4. G. K. Reeves, et al., "Obtaining the specific contact resistance from transmission line model measurement," IEEE Electron device letters, EDL-3, 5, 111-113, 1982

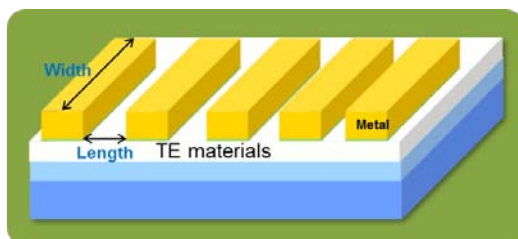
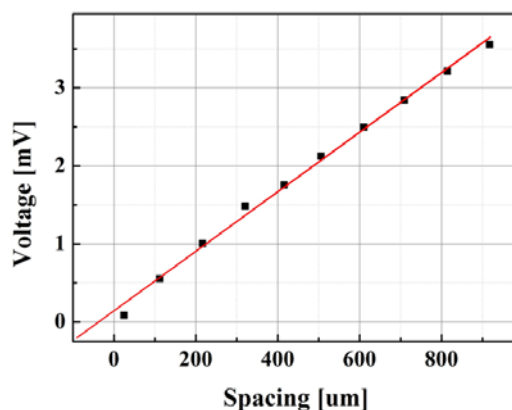


Fig. 1 TLM sample structure



$R_{sheet}$	$L_T(\mu\text{m})$	$\rho_c(\Omega\text{cm}^2)$
0.00381	18.53	1.30

Fig. 2 TLM characteristic curve and result of contact resistance between  $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$  and Au/Ti films