

**Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-PbBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub> 공정합금의 조직 변화에 따른 열전 성질**  
**(Microstructure and Thermoelectric Properties of**  
**Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-PbBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub> Eutectic Alloys)**

연세대학교 박창근, 이 등 희

### 1. 서 론

열전재료의 성능(성능지수  $Z = \alpha^2 \sigma / \kappa$ ) 향상을 위한 방법으로, Seebeck계수 ( $\alpha$ )와 전기전도도( $\sigma$ ) 값을 크게 해치지 않으면서 열전도도( $\kappa$ )의 값을 저하시키기 위한 연구가 시도되고 있다. 이러한 관점에서 고용체의 형성과 미세한 제2상의 존재를 통한 열전도도의 감소를 유도하여 결과적으로 성능지수를 높이는 연구가 폭넓게 시도되고 있는 바, 본 연구의 목적은 제2상의 분포형태에 따른 열전특성을 조사함으로써 성능 향상에 대한 방향을 제시하고자 하였다. 상온에서 열전특성이 매우 우수한 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>가 PbBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub>과 공정조직을 형성한다는 사실로부터, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-PbBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub> 공정합금을 제조함에 있어 응고조건을 달리하였고 이에 따른 미세구조의 변화가 열전특성에 미치는 영향을 조직검사, 열전계수측정 등을 통하여 조사하였다.

### 2. 실험방법

Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-PbBi<sub>4</sub>Te<sub>7</sub>의 모합금을 제조하기 위하여 순도 99.99%의 Bi, Pb, Te를 칭량하여 내경 15mm 석영관안에서 800℃, 24시간 진공 용해한 후 수냉시켰다. 용융시 비중차이로 인한 편석을 방지하기 위하여 상하로 기계적 진동을 가하여 주었다. 이렇게 제조된 모합금을 수직형 Bridgman 로를 사용하여 액상의 온도구배(70℃/cm, 170℃/cm)와 응고속도(5, 10, 20, 30 mm/h)를 달리 하면서 일방향 응고시켰다. 이렇게 제조된 시편에 대해 성장방향과 수직 및 평행한 방향으로의 Seebeck계수, 전기전도도, 열전도도 및 성능지수를 측정하였다. 일정온도 구배법으로 Seebeck계수를, 4-단자법으로 전기전도도를, 그리고 Harman법으로 성능지수를 측정하였고 열전도도는 계산( $\kappa = \alpha^2 \sigma / Z$ )에 의해 간접적으로 구하였다.

Bi, Te, Pb의 용점 및 증기압의 차이로 인하여 용융시 발생하는 모합금과

일방향응고된 시편과의 조성의 변화를 알아보기 위하여 습식법(ICP)으로 성분분석을 행하였다. 일방향 응고된 시편의 미세조직의 변화를 알아보기 위하여 성장방향과 수직 및 평행한 방향에 대하여 광학현미경으로 미세조직을 관찰하고 EDS를 통해 미세조직의 조성을 조사하였다.

### 3. 실험결과

금냉으로 제조된 모합금과 일방향 응고재는 상온에서 n-type반도체의 특성을 나타내었고 일방향 응고재가 모합금보다 Seebeck계수가 다소 감소하였는데 이는 일방향 응고시의 재용해에서 비롯된 미세한 조성의 변화때문에 carrier의 농도가 증가되었기 때문이라고 판단되었다.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ - $\text{PbBi}_4\text{Te}_7$  일방향 응고시  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 의 벽개면(001)을 따라  $\text{PbBi}_4\text{Te}_7$ 가 성장하고 성장속도가 증가할수록  $\text{PbBi}_4\text{Te}_7$ 상간격이 감소되었음을 확인하였다. Seebeck 계수의 결정이방성은 보이지 않았으나, 전기전도도는 응고방향과 평행한 방향에서 수직 방향보다 2~3배 크게 나타났다. 이로인해 열전성능지수 또한 이방성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

### 4. 참고문헌

- [1] N.K.Abrikosov, et al., Semiconducting and II-VI, IV-VI, and V-VI Compounds (Plenum Press, New York, 1969).
- [2] M.M.Fleurial, et al., Proc. 8th ICTEC 23 (1989).
- [3] 김창모, 장경욱, 심재동, 이동희, 대한금속학회지 29, 1105 (1991)
- [4] V.V.Leonov and E.N.Chunarev, Inorganic Materials, Vol.16, No.12 (1980)
- [5] Robert R. Heikes and Roland W.Ure, Jr. Thermoelectricity (Interscience publishers, New York-London 1961)