

전기도금법에 의해 전착된 Bi_xTe_y 박막의 전기 및 열전 특성Thermoelectric/electrical characterization of electrodeposited Bi_xTe_y thin films유인준^a, 이규환^a, 김양도^b, 임재홍^a^a한국기계연구원 부설 재료연구소 전기화학연구실 (E-mail:marine84@kims.re.kr)^b부산대학교 재료공학과

초 록 : Electrodeposition of thermoelectric materials, including binary and ternary compounds, have been attracting attentions, because its many advantages including cost-effectiveness, rapid deposition rate, and ease of control their microstructure and crystallinity by adjusting electrodeposition parameters. In this work, Bi_xTe_y films were potentiostatically electrodeposited using Au/Ni(80/20 nm)/Si substrate as the working electrode in solutions consisting of 10mM TeO_2 and 1M HNO_3 where $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ was varied from 2.5 to 10 mM. Prior to electrodeposition potentiostatically, linear sweep voltammograms (LSV) were acquired with a standard three-electrode cell. The Bi_xTe_y films deposited using the electrolyte containing low Bi ions shows p-type conductivity, which might be attributed by the large incorporation of Te phases. Near stoichiometric Bi_2Te_3 thin films were obtained from electrolytes containing 5mM $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$. This film shows the maximum Seebeck coefficient of $-100.3 \pm 12.7 \mu\text{V}/\text{K}$. As the increase of Bi ions in electrolytes decreases the Seebeck coefficient and resistivity. The maximum power factor of $336.2 \mu\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}^2$ was obtained from the film deposited using the solution of 7.5mM $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$.

1. 서론

여러 화합물 반도체 중 Sb_2Te_3 , Bi_2Te_3 , 그리고 Bi_2Se_3 과 같은 A_2B_3 형 화합물은 열전소자에 적용가능성이 좋아서 광범위하게 연구되고 있다. A_2B_3 형 화합물 중 특히 Bi_2Te_3 는 단독 또는 다른 원소와 합금하여 태양전지, 열전소자, 그리고 상-변환 소자 등으로 이용된다. Bi_2Te_3 박막을 형성하는 여러 방법 중에 전기화학적 전착법은 박막의 조성 및 두께 제어가 용이하고 비용적 측면이나 형성속도 측면에서도 타 방법에 비하여 유리하기 때문에 주목을 많이 받고 있다. 하지만 전기화학적 전착법에 의해 얻어진 박막은 점 결함, 높은 내부에너지와 결정성이 낮다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 전해질의 농도를 제어하여 화학양론을 만족하는 Bi_2Te_3 박막을 형성하였다. 그리고 전착된 박막의 전기 및 열전 특성을 평가하였다.

2. 본론

본 연구에서는 Au/Ni(80/20 nm)/Si 기판을 working electrode로 사용하여 1.5M의 HNO_3 에 10mM의 TeO_2 를 용해시킨 후, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 의 함량을 2.5~10mM로 다양하게 하여 전착 실험을 실시하였다. 전기 도금에 앞서 LSV를 그려 도금 전위를 확인한 후, 전기도금을 실시하였다. Bi 이온의 함량이 낮은 전해액에서 얻은 Bi_xTe_y 박막은 p-type으로 확인되었다. 이와 같은 현상은 박막 내 다량의 p-type 특성을 갖는 Te 상의 존재로 기인한 결과로 사료된다. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 의 함량이 5mM일 때, 화학양론을 만족하는 Bi_2Te_3 박막을 얻을 수 있었다. 이 박막은 $100.3 \pm 12.7 \mu\text{V}/\text{K}$ 인 최대의 Seebeck 계수를 가졌다. 전해액 내 Bi 이온의 함량이 증가할수록 Seebeck 계수는 감소하고 전도도는 증가하였다. 7.5mM $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 용액에서 얻은 박막에서 power factor는 벌크형 재료의 약 10%인 $336.2 \mu\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}^2$ 의 값을 얻었다. 이는 박막의 결정성이 벌크형 재료에 비해 떨어져 전자의 이동도가 낮기 때문이라고 사료된다.

3. 결론

전기화학적 방법으로 전착시킨 Bi_2Te_3 박막의 열전 특성을 분석한 결과, 도금용액 내 Bi 이온의 함량이 증가할수록 박막의 Te 함량이 감소하는 것을 알 수 있었다. Bi 이온의 함량이 5mM 일 때, 화학양론을 만족하는 박막을 얻을 수 있었고, 7.5mM 일 때, $336.2 \mu\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}^2$ 으로 가장 높은 power factor 값을 얻었다.

참고문헌

1. Yoo. B. Y., et. al., Electrochimica Acta, 50 (2005) 4371-4377