

(Pb,Sn)Te/(Bi,Sb)₂Te₃ 경사기능재료의 열전발전 특성
(Thermoelectric Power Generation Characteristics
of the (Pb,Sn)Te/(Bi,Sb)₂Te₃ Functional Gradient Materials)

홍익대학교 이광용 연대중 오태성
 한국과학기술연구원 현도빈

서론 : 최근 에너지 절약 및 환경보호의 관점에서 폐열의 재활용이 가능한 열전발전에 대한 관심이 고조되고 있다. 열전발전 시스템의 효율은 열전재료의 성능지수에 의존하나 열전재료의 성능지수는 온도 의존성이 매우 크기 때문에, 한 종류의 열전재료를 사용하여서는 고온단과 저온단 사이에 큰 온도 기울기를 갖는 열전발전 시스템의 효율 향상이 어려웠다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 최근 각 온도 영역에서 성능지수가 가장 우수한 열전재료들을 분할접합하여 경사기능화 함으로써, 시스템 양단간의 온도 범위에서 열전발전소자의 성능지수를 증가시켜 에너지 변환효율을 향상시키고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 열전발전 시스템에는 다양한 열원의 이용이 가능하나, 이중에서도 특히 소각로 배열이나 화석연료 배열을 이용한 중온용 열전발전 시스템이 저온이나 고온용 발전 시스템에 비해 소규모로 적용이 가능하기 때문에 실용화가 용이하다. 중온용 열전발전에 사용하기 위한 경사기능 열전발전소자로는 고온단은 200~500℃ 영역에서 최적 성능지수를 나타내는 PbTe계 재료, 저온단은 100℃까지의 온도 영역에서 최적성능지수를 나타내는 Bi₂Te₃계 재료로 구성하는 것이 가장 적합하다. 본 연구에서는 열전발전용 PbTe/Bi₂Te₃계 경사기능소자를 개발하기 위한 일환으로, 가압소결법을 이용하여 0.5 at% Na₂Te를 첨가한 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te와 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃를 분할접합시킨 p형 경사기능소자를 제조하여 열전발전 특성을 분석하였다.

실험방법 : 기계적 합금화 공정을 사용하여 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃ 및 Na₂Te를 0.5 at% 첨가한 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 합금분말을 제조하였다. (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃ 및 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 합금분말들을 각기 냉간 압축하여 5×5×10 (mm) 크기의 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃ 및 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 단일소자 성형체를 제조하였다. (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 경사기능소자를 제조하기 위해, 분할접합비를 변화시키며 공구강 몰드 내에 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃와 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 분말을 분리하여 장입후 냉간압축하여 5×5×10 (mm) 크기의 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 분할접합 성형체를 제조하였다. (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃와 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 단일 성형체 및 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 분할접합 성형체를 10⁵ torr의 진공 중에서 500℃로 1시간 유지하여 가압소결하였다. (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃와 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 단일 열전소자 및 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 경사기능소자의 Seebeck 계수, 전기비저항 및 열전도도를 상온에서부터 400℃ 범위에서 측정하고 성능지수를 평가하였다. (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃와 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 단일소자 및 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 경사기능소자의 양단간에 50~320℃ 범위의 온도차 (ΔT)를 인가하여 이에 따른 발전출력을 측정하였다.

실험결과 : 25~200℃의 온도에서는 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃가 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 경사기능소자 및 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te보다 더 높은 성능지수를 나타내었으나, 200~350℃에서는 경사기능소자가 가장 우수한 성능지수를 나타내었으며 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃의 성능지수는 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te보다 저하였다. 소자 양단간의 온도차 ΔT가 300℃ 이상인 경우 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃와 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te의 경사기능화에 의해 발전출력의 향상을 이룰 수 있었으며, ΔT가 320℃일 때 경사기능소자는 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃ 및 (Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 단일소자에 비해 각기 13.6% 및 179% 향상된 최대 발전출력을 나타내었다. 양단간의 온도차 ΔT에 따른 Seebeck 계수의 측정값과 전기비저항의 예측값을 이용하여 구한 (Bi_{0.2}Sb_{0.8})₂Te₃/(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Te 경사기능소자의 최대 발전출력의 예측값은 실제 측정값과 매우 잘 일치하였다.