

고온 폐열 활용을 위한 열전 발전용 산화물 열전 단위 모듈 연구
(Investigation on an Oxide Thermoelectric Unit Module for Power Generation from High-temperature Wasted Heat)

요업(세라믹)기술원 한지원, 최정규, 홍정오, 이영호, 이명현, 서원선

1. 서론

열전 발전 시스템(thermoelectric generation system)은 전도체에 온도차를 주면 기전력이 발생한다는 Seebeck 효과를 이용하여 열을 전기에너지로 변환하는 장치로, 산업 현장, 발전소, 쓰레기 소각장 등지에서 배출되는 폐열을 회수하여 전력화할 수 있는 최적의 장치로 인식되고 있다. 현재 Pb-Te, Si-Ge 합금계 물질이 열전 발전용 소재로 개발되었으나, 합금 소재들은 고온, 공기 중에서 산화를 피할 수 없어 내구신뢰성이 문제점으로 지적된다. 이에 고온에서 탁월한 내산화성을 갖는 산화물계를 대상으로한 열전 발전용 소재 및 모듈 개발이 새로운 연구 분야로 부각되고 있다. 본 연구에서는 n-형 열전 소재로 $(\text{ZnO})_m\text{In}_2\text{O}_3$ 를 p-형 열전 소재로 $\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 를 선정, 조성 m, x를 변화시키며 소재의 열전 물성(전기전도도, Seebeck 계수)을 조사하고 있으며, 이들 소재를 사용하여 단위 모듈을 제작, 이의 출력 성능을 평가하고 있다. 본 발표에서는 그 중간 결과를 보고하고자 한다.

2. 실험방법

$(\text{ZnO})_m\text{In}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 시편은 산화물, 탄산염을 출발 원료로 조성 m(4~9), x(0.8~1.2)를 변화시키며 고상 반응법으로 제조하였다. 이들의 전기전도도(σ) 및 Seebeck 계수(α)를 각각 직류 4 전극법, 정상 상태법으로 공기 중에서 온도의 함수로 측정하였다. 단위 모듈은 열전 성능이 좋다고 판단된 $(\text{ZnO})_9\text{In}_2\text{O}_3$, NaCo_2O_4 소결체를 각각 가로 1cm 세로 1cm 높이 2cm로 가공하여 Au를 전극으로 하여 제작하였다. 모듈에 소형 히터를 부착하여 온도차를 인가하고 출력 성능을 정전류 공급기와 디지털 전압계를 이용해 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

$(\text{ZnO})_m\text{In}_2\text{O}_3$ 와 $\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 의 열전 물성을 m, x를 변화시키며 조사한 결과 각각 m=8, x=1 조성이 가장 좋은 특성을 보였는데 출력인자 값(power factor= $\sigma\alpha^2$)이 각각 6.8×10^{-4} (880°C), 4.6×10^{-4} (780°C) $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ 였다. 단위 모듈은 고온측을 675°C, 저온측을 173°C로 하였을 때, 개회로 기전력 97mV, 최대 인가 전류 8mA, 최대 출력 0.2mW의 성능을 보였다. 전극과 소자의 접촉 저항을 무시하고, 각 소자의 test 조건에서의 저항으로부터 이론적으로 최대 인가 전류를 계산한 결과 6A였다. 실험치가 이론치와 매우 큰 차이(약 1000배)를 보인 것은 소자 특히 n형 소자인 $(\text{ZnO})_9\text{In}_2\text{O}_3$ 와 전극의 접촉 저항이 매우 큰 것에서 비롯되었는데, 이는 전극과 소자를 접합하기 위해 열처리하는 과정 중에 Zn가 전극인 Au에 녹아 들어가면서 계면에 부도체 층이 형성되었기 때문으로 판명되었다.