

단일 나노선의 열전물성 측정용 열전 MEMS 플랫폼 개발

신호선¹, 전성기², 이 우¹, 유 진², 송재용¹

¹한국표준과학연구원 나노소재평가센터, ²한국과학기술원 신소재공학과

열전재료는 제백효과(Seebeck effect)에 의해 폐열을 전기에너지로 변환시킬 수 있는 소재로서, 기존의 열전재료가 나노수준으로 크기가 줄어들 경우 양자제한효과에 의한 제백계수의 증가와 표면산란에 의한 열전도도 감소로 인해 벌크재료에 비해 높은 에너지변환효율을 가질 수 있을 것으로 기대되고 있다. 에너지 변환효율은 열전성능계수인 $ZT=S^2\sigma T/k$ 로 정의되며 따라서 우수한 열전재료는 높은 제백계수 S 와, 높은 전기전도도 σ 및 낮은 열전도도 k 를 갖는 재료여야 한다. 그러나 나노소재는 낮은 측정 신호와 측정소자준비가 어려워 기존 측정시스템으로는 원활한 측정이 어렵다. 특히 열전도도의 경우 나노소재 자체의 열전도도보다 나노소재 주변 구조에 의한 열전도도가 큰 경우 정확한 열전도도 평가가 어렵다. 본 연구에서는 나노선의 열전물성을 평가하기 위해 MEMS기반 기술을 이용하여 열전물성 측정플랫폼(MEMS-based thermoelectric measurement platform, MTMP)을 개발하였다. 개발된 MTMP는 얇은 Si nitride 브릿지들이 허공에 떠 있는 두 개의 아일랜드 형태의 멤브레인 구조를 지지하는 형태로 제작되었으며, 한 쪽 아일랜드구조 위에는 나노히터가 있어 두 아일랜드 구조 사이에 온도구배를 만들 수 있도록 제작되었다. 제작된 멤브레인을 이용하여 전기화학적 방법으로 합성한 Bi-Te 계 나노선의 S , σ 그리고 k 를 측정하였다. 측정결과 화학양론적 미세구조를 갖는 단결정 Bi₂Te₃ 나노선은 300 K의 측정온도에서 $S=-57 \mu\text{V/K}$, $\sigma=3.9\times 10^5 \text{ S/m}$, $k=2.0 \text{ W/m-K}$ 의 측정값으로 $ZT=0.19$ 였다. 본 연구에서 개발한 MTMP는 나노선 뿐만 아니라 나노플레이트의 열전 측정에도 활용할 수 있는 구조로서 나노열전소재 측정에 널리 활용될 수 있다.

Keywords: 열전, 나노선, MEMS, 열전도도, 제백계수