

금속 강자성/비자성 이중층 구조에서 국소 레이저 유도 자화열전의 선폭 의존성

Kyeong-Dong Lee^{1*}, Dong-Jun Kim¹, Byong-Guk Park¹, Seung-Hyun Kim², Jong-Hyun Lee²,
Jong-Ryul Jeong², Ki-Suk Lee³, Hyon-Seok Song^{4,5}, Jeong-Woo Sohn^{4,5}, and Sung-Chul Shin^{4,5}

¹Department of Materials Science and Engineering, KI for the Nanocentury, KAIST, Daejeon, 305-701, Korea

²Department of Materials Science and Engineering, Graduate School of Green Energy Technology,
Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

³School of Mechanical and Advanced Materials Engineering, UNIST, Ulsan, 689-798, Korea

⁴Department of Physics and CNSM, KAIST, Daejeon, 305-701, Korea

⁵Department of Emerging Materials Science, DGIST, Daegu, 711-873, Korea

1. 서론

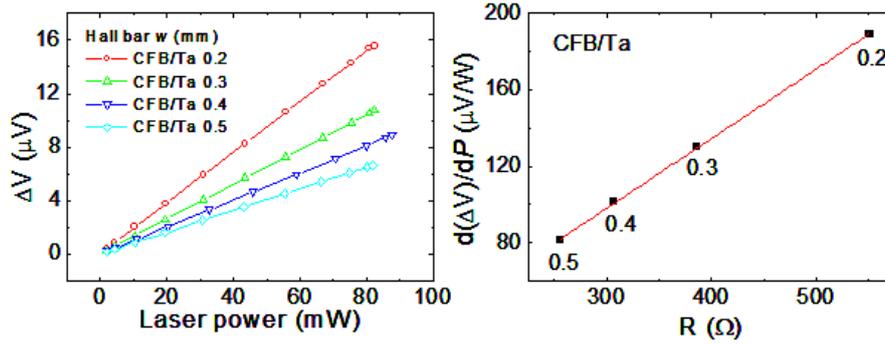
열전 현상을 이용한 에너지 수확 기술과 스핀전류를 활용한 스핀트로닉스 기술 개발에서 금속 강자성/비자성 이중층 구조에서의 자화열전 현상을 탐구하는 일은 흥미롭다. 이는 기존 연구가 비금속 강자성/비자성 이중층 구조에서 역스핀홀(inverse spin Hall) 현상등을 이용하여 순수 스핀전류를 활용한 저전력 기술에 초점을 맞춘 것이나 혹은 금속 강자성 단일층에서 anomalous Nernst 현상 (ANE)을 이용하여 열전신호 효율을 높이기 위해 연구한 것과는 다르게 두 현상이 혼재된 구조에서의 활용성을 탐구하는 일이기 때문이다. 이런 역스핀홀 현상 및 ANE가 혼재된 구조에서 여러 물질 및 stack 구조에서의 특성을 적절히 비교하는 방법이 필요하며 이를 체계적으로 접근하기 위해 선폭을 변화시키며 자화열전 현상을 탐구하였다.

2. 실험방법

0.2 - 0.5 mm의 선폭을 갖고 1.4 mm 길이를 갖는 CoFeB(15 nm)/Ta(15 nm) Hall-bar 구조를 제작하였다. 시료에 열을 가하기 위해 레이저를 Hall-bar 구조 중심에 가하였다. 레이저 빔 크기는 80 μm 이며 파워는 2-90 mW로 800 nm 중심파장을 갖는 티타늄 사파이어 레이저를 사용하였다. 레이저 인가 후 발생하는 열전 신호를 Hall-bar구조 전극에 연결된 나노볼트미터로 측정 하였다. 자기장을 sweep하면서 열전이력곡선의 반전 자장과 자기이력곡선의 자화반전 자장 크기가 매칭됨을 확인하였으며 Hall-bar 구조에서 인가 자장에 수직한 bar에서만 열전 신호가 관찰됨으로써 관찰된 신호가 역스핀홀 현상이나 ANE로 생각되는 자화열전 신호임을 확인하였다.

3. 실험결과

다음 그림은 CoFeB/Ta 시료의 선폭(w)에 대한 자화열전 신호(ΔV)를 측정한 결과이다. 좌측의 그림은 레이저 파워에 의해 신호가 선형으로 비례함을 보이면서 레이저 열에 의한 현상임을 시사하고 있다. 시료 선폭(전체 전기저항)에 대한 특성을 살펴보기 위해 신호 증가의 기울기를 구하여 우측 그림에 나타내었다. 이들 기울기는 시료의 전체 전기저항에 잘 비례함을 확인하였다.



4. 고찰

강자기 공명 스핀 펌핑 실험에서는 역스핀홀 현상이 선편에 대해 일정한 자화열전 값을 보임이 보고되고 있다.¹ 최근 금속 강자성 단일층 구조에서 국소 레이저 유도에 의한 ANE 현상이 선편에 반비례함을 보고하여 국소 여기의 경우 선편에서의 shunting 효과가 존재함을 보였다.² 본 연구에서는 역스핀홀과 ANE가 혼재된 금속 강자성/비자성 이중층 구조에서도 선편에 반비례하여 결과적으로 shunting 효과를 고려할 때 전체 전기저항으로 신호를 정규화 해야 함을 발견하였다.

5. 결론

금속 강자성/비자성 이중층 구조에서 국소 레이저 유도 자화열전 신호의 선편 의존성을 조사하였다. 관찰된 열전 신호는 비자성 층에서의 역스핀홀 현상과 강자성 층에서의 ANE현상의 자화열전 특성을 보였으며 선편의 국소 히팅에 의한 shunting 효과가 관찰 되었다. 이런 shunting 효과는 전체 전기저항에 선형 상관관계가 있음을 관찰하였다.

6. 참고문헌

- [1] H. Nakayama, K. Ando, K. Harii, T. Yoshino, R. Takahashi, Y. Kajiwara, K. Uchida, Y. Fujikawa, and E. Saitoh, Phys. Rev. B **85**, 144408 (2012).
- [2] M. Weiler, M. Althammer, F. D. Czeschka, H. Huebl, M. S. Wagner, M. Opel, I. -M. Imort, G. Reiss, A. Thomas, R. Gross, and S. T. B. Goennenwein, Phys. Rev. Lett. **108**, 106602 (2012).