

レーザー加熱による異常ネルンスト効果の時間分解測定

水口将輝^{1,2,3}、齊藤真博^{1,4}、飯浜賢志⁵、Himanshu Sharma^{1,2}、小嗣真人⁴、水上成美^{3,5,6}
 (1) 東北大金研、(2) JST-CREST、(3) 東北大 CSRN、(4) 東京理科大、(5) 東北大 WPI-AIMR、(6) 東北大 CSIS)

Time-dependent measurements of the anomalous Nernst effect using a laser heating

M. Mizuguchi^{1,2,3}, M. Saito^{1,4}, S. Iihama⁵, H. Sharma^{1,2}, M. Kotsugi⁵, S. Mizukami^{3,5,6}

(¹IMR, Tohoku Univ., ²JST-CREST, ³CSRN, Tohoku Univ., ⁴Tokyo Univ. Sci.,

⁵WPI-AIMR, Tohoku Univ., ⁶CSIS (CRC), Tohoku Univ.)

はじめに

熱磁気効果の一つである異常ネルンスト効果は、熱電変換素子などのエネルギーハーベスティング技術への応用が期待されている¹⁾。我々は、これまでに主に薄膜について、異常ネルンスト効果の系統的な測定を行ってきた。その結果、 $L1_0$ 型規則合金 FePt が比較的大きな異常ネルンスト効果を示すことを見出し²⁾、異常ネルンスト効果を用いた熱電素子への応用の可能性について報告した³⁾。また、様々な規則合金における異常ネルンスト効果と磁気異方性の相関⁴⁾や、ハーフホイスラー合金における異常ネルンスト効果の低温特異性⁵⁾についても報告した。実際に、異常ネルンスト効果の応用を見据えた場合、熱流に対する高速時間応答が重要な知見となる。そこで、本研究では、熱スピン流から異常ネルンスト電圧への変換過程についてさらに考察を深めるため、パルスレーザーを用いて試料を加熱し、異常ネルンスト効果の時間分解測定を行った。特に、試料の膜厚や磁気異方性と時間分解異常ネルンスト効果の関係について、詳細な検討を行った。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタリングにより、 $L1_0$ 型規則合金 FePt 薄膜を作製した。膜厚が 1 - 500 nm の範囲で複数の膜厚の試料を作製した。振動試料型磁力計を用いて作製した薄膜の磁気特性の評価を行った。異常ネルンスト効果の測定時には、波長 800 nm の Ti: Sapphire レーザーを光源とするパルス幅 120 fs のレーザーパルスを繰り返し周波数 1 kHz で試料に照射した。光源から発振されたレーザー光は、ポンプ光とプローブ光に分割され、それぞれ光学パスを通過して試料に照射した。レーザー光は、光チョッパーを介して 800 Hz に変調した。薄膜面内方向に 15 kOe の磁場を印加した。磁場方向と直交する方向に端子を取り付け、ストレージオシロスコープで電圧をモニタした。

実験結果

いずれの試料についても、パルスレーザーの照射後に、電圧が急激に増加する振る舞いが見られた。レーザー強度を増加すると、観測される電圧が比例して大きくなった。また、印加する磁場の角度を変化すると、電圧も系統的に変化した。これらの結果から、レーザーパルスにより FePt 薄膜面直方向に熱勾配が生じ、これによる異常ネルンスト効果から電圧が生じていると考えられる。膜厚を変えた試料で測定を行ったところ、ネルンスト電圧の膜厚依存性が大きいことが分かった。これは、薄膜内に生じる熱勾配の分布が、膜厚に強く依存しているためと考えられる。当日は、磁気異方性との相関や、有限要素法による熱勾配の分布の計算結果と実験結果の比較などについても議論する。

本研究の一部は、科学研究費補助金・基盤研究(A) (17H01052) および JST-CREST 研究 (JPMJCR1524) の支援を受けた。

参考文献

- 1) M. Mizuguchi and S. Nakatsuji, *Sci. Tech. Adv. Mater. (review)*, **20**, 262 (2019).
- 2) M. Mizuguchi *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **5**, 093002 (2012).
- 3) Y. Sakuraba, M. Mizuguchi *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **6**, 033003 (2013).
- 4) K. Hasegawa, M. Mizuguchi *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **106**, 25245 (2015).
- 5) H. Sharma, M. Mizuguchi, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, SBBI03 (2019).