

感温塗料を用いたロックインサーモリフレクタンスの高感度化と 熱スピン効果測定への適用

Increasing the Sensitivity of Lock-in Thermoreflectance Using Thermochromic Paint and Application to the Measurements of Thermo-spin Effects

名大¹, NIMS², 東北大金研³, 東北大 CSRN⁴

○(M1) 高萩 敦¹, 井口 亮², 長野 方星¹, 内田 健一^{2,4}

Nagoya Univ.¹, NIMS², IMR Tohoku Univ.³, CSRN Tohoku Univ.⁴,

°Atsushi Takahagi¹, Ryo Iguchi², Hosei Nagano¹, Ken-ichi Uchida^{2,4}

E-mail: takahagi.atsushi@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

近年、熱とスピントロニクス融合研究分野である「スピнкаロリトロニクス」が急速に発展している。磁性・スピントロニクス材料に特有の熱電・熱スピン効果が次々と発見され、ナノ～マイクロスケールの熱制御原理として注目を集めている。しかし、スピнкаロリトロニクスの研究の大部分は電流やスピン流（スピン角運動量の流れ）を出力とした現象に関するものであり、熱を出力とする熱スピン効果に関する研究は未だ限定的である。これはナノ～マイクロスケールで生じるスピン流由来の熱は小さく、電気的検出と比較して検出・評価が難しいからである。

ここで、熱スピン効果の熱的検出法に注目する。代表的な熱スピン効果の一つであるスピンペルチェ効果（Spin Peltier effect: SPE）は熱電対[1]やロックインサーモグラフィ法[2]による温度変化測定によりその基本的特性が明らかになった。また、ロックインサーモリフレクタンス（Lock-in thermoreflectance: LITR）法[3]により温度変化の過渡応答特性が調査されている。この内、ロックインサーモグラフィ法や LITR 法は非接触かつ高感度な温度測定技術であり、スピнкаロリトロニクス分野において非常に強力なツールとなっている。

本研究では LITR 法の温度分解能の向上を目指す。LITR 法は試料の反射率の温度依存性を利用した温度検出とロックイン検出を組み合わせた手法である[3]。LITR 法に限らず各種サーモリフレクタンス測定は反射率の温度依存性が既知である金属薄膜（Au、Al など）を試料表面に成膜して行うのが一般的であるが、本研究では、温度に依存して色が大きく変化する感温塗料を反射膜材料として利用することで、従来よりも高感度に熱スピン効果を測定可能であることを実証する。反射膜に感温塗料を用いた LITR 法により SPE の温度変調を測定したところ、一般的な反射膜材料と比較して今回用いた感温塗料の温度変化と反射率変化の変換係数は 100 倍以上良い性能であり、それに伴う LITR 法の温度分解能の向上を確認した。本手法は SPE のみならず、電流などの励起に応答して生じる各種吸発熱現象の高感度計測に適用可能である。本講演では、以上の実験・解析の詳細について発表する。

[1] J. Flipse *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **113**, 027601 (2014).

[2] S. Daimon *et al.*, *Nat. Commun.*, **7**, 13754 (2016).

[3] T. Yamazaki *et al.*, *Phys. Rev. B*, **101**, 020415(R) (2020).