

電流誘起有効磁場測定における熱の影響

河口真志、森山貴広、水野隼翔、山田貴大、柿塚悠、小山知弘*、千葉大地*、小野輝男
(京都大、*東京大)

Thermal artifacts in the current induced effective fields measurement.

M. Kawaguchi, T. Moriyama, H. Mizuno, K. Yamada, H. Kakizakai, T. Koyama*, D. Chiba*, T. Ono
(Kyoto Univ., *Univ. of Tokyo)

はじめに

近年、強磁性金属多層膜を舞台として電流に誘起される有効な磁場が精力的に研究されている。この有効磁場は、磁化の動力学の観点からはスピンオービットトルクとも呼ばれ、スピン軌道相互作用を起源としていると考えられている。その大きさはアンペールの法則に従って電流によって誘起される古典的なエルステッド磁場に比べて一桁以上の値が報告されている¹⁾。これらを利用して省電力な磁化操作が期待できるため基礎・応用両面で注目を集めている。

この有効磁場を研究するにあたって、様々な測定方法が開発されてきた。その中で最も簡潔で広く行われているものが、電圧を検出する方法である。これらの方法では、磁化の変化が引き起こす抵抗変化を通して間接的に有効磁場の大きさを決定する。しかしながら、直接測定しているものは電圧であるため、有効磁場によるものではない電圧の寄与を拾ってしまう可能性がある。その中で最も注意すべきものは熱起電力による寄与である。有効磁場は電流によって誘起されるため、その測定を行う際に電流を流す必要があり、発熱によって温度勾配が生じる。強磁性体中において温度勾配が存在することで、異常ネルンスト効果による起電力が生じる。この異常ネルンスト効果による起電力は磁化と温度勾配に依存するため、有効磁場による電圧変化と同じような外部磁場・電流依存性を持つ可能性があり、注意深く分離する必要がある。今回、我々は異常ネルンスト効果による起電力の寄与を分離する方法を考案し、測定を行った。本講演ではその結果を報告する。

実験方法

スパッタで製膜されたFeを強磁性層とする金属多層膜を30 μm幅の細線に加工し、電流を流しながら細線幅方向の電圧を測定した。このとき、外部磁場を面内に印加して磁化を面内に飽和させ、外部磁場の方向を回転させて角度依存性を調査した。この測定を異なる電流方向についてそれぞれ行った。得られた電圧から横抵抗を算出し、電流方向の異なる二つのデータの差分をとった。その結果について考察を行い、データをフィッティングすることによって有効磁場の大きさを決定するとともに、フィッティングパラメータの外部磁場強度に対する依存性から有効磁場によるものではない電圧の寄与を決定した。

実験結果

MgO(2.2 nm)/Fe(*X* nm)/Pt(1.7 nm)/Ta(2.2 nm)/GaAs sub.における、異常ネルンスト効果によるものと考えられる起電力と、有効磁場による起電力の比を図1に示す。ここで、符号が負であることは、異常ネルンスト効果を考慮しない場合には有効磁場の大きさが過小評価されることを示している。実験の結果、異常ネルンスト効果による寄与は場合によっては有効磁場の大きさの数十%程度に達することがわかった(図1)。この結果は、電流誘起有効磁場の測定において熱による影響を注意深く取り除く必要があることを示している。

参考文献

- 1) M. Kawaguchi *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **6**, 113002 (2013).

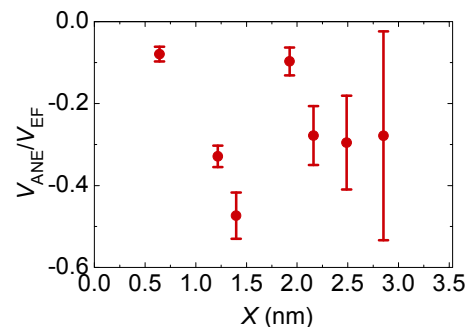


図 1. 様々な試料における異常ネルンスト効果による電圧。外部磁場強度が 100 mT の場合における V_{ANE} と有効磁場による電圧 V_{EF} の比。