

良導電性を有する非磁性酸化物で観測した負の磁気抵抗効果

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

磁気抵抗効果は、磁場により物質の導電性が変化する現象である。磁気抵抗効果を応用した技術はハードディスクが代表例であるが、これは磁性多層膜での巨大磁気抵抗を利用したものである。導電性を担うキャリアの軌道・スピンを制御し、巨大な磁気抵抗効果をもたらす物質を探索・開発していくことは、今後の情報化社会を支える上で非常に重要であり、現在も機能開発に向けた活発な研究がおこなわれている。

銅を始めとする通常金属は豊富な伝導電子を内在する。その磁気抵抗効果は、主に磁場から受けるローレンツ力により、強制的に伝導電子の軌道が変化させられることにより生じる。一般的に、電子軌道の変化は、物質内での電子の散乱確率を増加させる。このため、電気抵抗が増加する「正の磁気抵抗効果」が観測される。これとは対照的に、伝導電子の散乱確率が減少する、すなわち電気抵抗が減少する「負の磁気抵抗効果」については、実際に伝導電子濃度の高い、非磁性の通常金属において観測されたことがなかった。

■ 活動内容

我々は、Delafossite構造をもつPdCoO₂に着目して研究をおこなった。PdCoO₂は、図に示すように、Pdのみからの層と、Co-Oから構成される層が互いに積層した層状構造を有する。Pd層の二次元的ネットワークが極めて良い導電性を担い、低温でのキャリアの平均自由行程は10 μmを超える。また、層状構造を反映して、電子構造(フェルミ面)は単純な、単一の擬二次元的なハーフフィルドの電子面を持つ。この物質に対し、磁場下での層間方向の電気抵抗を測定した。

磁場方向をPd面内方向に最大35テスラまでの磁場を印加すると、Pd面間方向の磁気抵抗は「正の磁気抵抗効果」を示した。磁気抵抗は350,000%に達し、飽和する傾向がない。この正の磁気抵抗効果は、半古典的な枠組みで理解できる。すなわち、磁場の増加により電子軌道が面内に閉じ込められた結果、面間方向への伝導が妨げられ電気抵抗が増加する。それとは対照的に、磁場方向をPd面間方向に印加すると、磁気抵抗は磁場とともに顕著に減少する「負の磁気抵抗効果」が観測された。図に示すように、30テスラまでで70%もの抵抗の減少がみられた。

負の磁気抵抗効果は、ハードディスクの基本となる磁性多層膜で見られている。これは薄膜内の局在磁性スピン

が伝導電子と相互作用することにより生じる。また、不純物置換した半導体においても局在効果に伴う負の磁気抵抗効果が観測されている。ところが、PdCoO₂で見られた「負の磁気抵抗効果」は、上の2つのメカニズムでは説明できない。なぜなら、PdCoO₂は非磁性酸化物であること、また、ハーフフィルド電子状態をもち伝導電子濃度が非常に高いからである。

今回観測した負の磁気抵抗効果は、PdCoO₂のみで観測された、特殊な現象ではないことも分かった。PdCoO₂の類似物質であるPtCoO₂、さらに層状ペロフスカイト構造を有するSr₂RuO₄においても負の磁気抵抗効果を観測した。このことから、今回見いだした「負の磁気抵抗効果」は、極めて伝導度の良い物質において普遍的現象であると言える。この新しい「負の磁気抵抗効果」のメカニズムについては、強磁場下の量子限界近くにおける、前方散乱が支配的なモデルに基づく解釈が試みられている。

新たなメカニズムを利用した、より低い磁場下で発現する大きな負の磁気抵抗効果を示す物質開発など、今後の発展に期待できる。

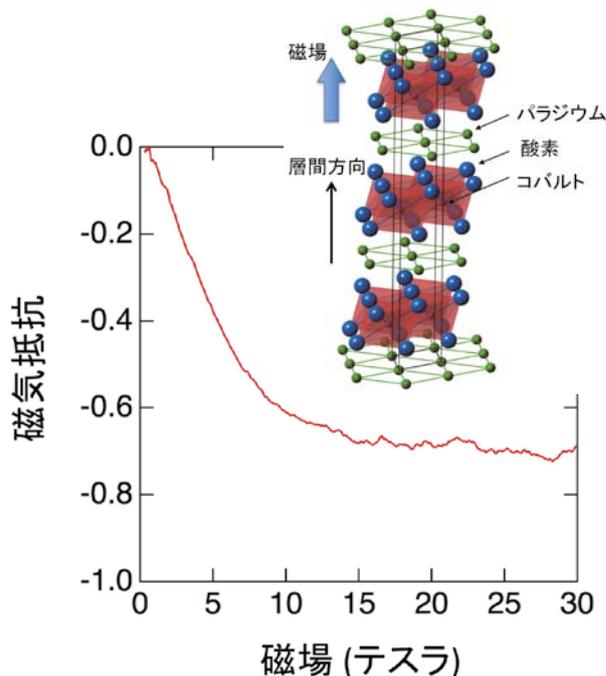


図: PdCoO₂の結晶構造と、負の磁気抵抗効果。

代表発表者 菊川 直樹 (きくがわ なおき)

所属 物質・材料研究機構

機能性材料研究拠点

量子輸送特性グループ

問合せ先 〒305-0003 茨城県つくば市桜 3-13

TEL: 029-859-2791 FAX: 029-863-5599

菊川 直樹

■キーワード: (1) 負の磁気抵抗効果
(2) 非磁性酸化物
(3) 良導電性