

Experimental study on dynamically generated spin and orbital currents in metallic multi-layered structures

大日方, 初良

<https://hdl.handle.net/2324/7329408>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (理学) , 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名	大日方 初良			
論 文 名	Experimental study on dynamically generated spin and orbital currents in metallic multi-layered structures (動的に生成されたスピン流及び軌道流に関する実験的研究)			
論文調査委員	主査	九州大学	教授	木村 崇
	副査	九州大学	准教授	光田 暁弘
	副査	九州大学	准教授	中村 祥子
	副査	九州大学	教授	湯浅 裕美 (システム情報科学研究院)

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

スピン角運動量の流れを表すスピン流は、磁性体中のスピン方向の高感度検出や高効率な操作に適用できることが知られており、スピントロニクス分野において、最も重要な物理量の一つとして認識されている。しかしながら、スピン流に付随する現象においては、一般に、得られる信号強度が小さいことに加え、電流磁気効果等に起因する類似現象との切り分けが困難なため、様々な論争が繰り広げられていた。とりわけ、強磁性共鳴現象を用いてスピン流を生成する動的スピン注入法においては、渦電流や熱流が重畳されるため、観測される信号はより複雑になり、スピン流起因現象の定量的解析は、極めて困難とされていた。本論文では、信頼性の高い動的スピン注入が可能な素子構造を考案し、同構造を様々な系に適用して、スピン流付随現象の定量的解明に成功している。

本研究者は、これまでに報告されていた強磁性/非磁性重金属の二層膜を用いた動的スピン注入実験における電流磁気効果や磁気熱電効果等に起因した擬似信号の問題点を具体的に指摘し、高い電気伝導率を有する 100 nm 程度の厚さの Cu 膜を組み合わせることで、擬似信号が大幅に抑制され、観測される信号の殆どが動的スピン注入による逆スピンホール効果で定量的に説明できることを実証した。更に、同構造を強磁性/非磁性/強磁性金属の三層膜に適用することで、スピンポンピングと熱スピン注入を独立に制御し、動的スピン注入における熱スピン注入の寄与を定量的に算出することに成功した。また、同実験を発展させ、強磁性体の膜厚依存性を調べることで、動的スピン注入における熱スピン注入においては、マグノンスピン流の寄与が伝導電子スピン流に比べて数倍大きくなることも見出した。

最終章においては、本構造が軌道角運動量の流れに対応する軌道流の検出にも適用できることを実証した。同研究者は、これまでの強磁性/非磁性重金属層の間に、Cr スペーサ層を挿入し、重金属として様々な 4d,5d 遷移金属を用いた場合に観測されるスペクトルを系統的に調べ、軌道ホール伝導率に関する先行理論研究と比較した。その結果、生成されたスピン流が Cr 内で軌道流へと変換され、各種重金属内における逆軌道ホール効果を介した電気信号として観測されることを見出した。

これら一連の結果は、動的スピン注入実験において問題視されていた電流、渦電流、熱流の付随信号の最小化により、信頼できるスピン流の解析手法を確立するとともに、スピン流の物理的特性の解明、及びスピン流に付随する新奇な量子物理現象の観測をも可能にした研究であり、スピントロニクス分野において極めて価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。