

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	池淵 徹也
論文題目	スピンプンピングを用いたスピン流生成効率およびスピン流伝送現象の結晶配向依存性の評価		
(論文内容の要旨)			
<p>電子は「電荷」と「スピン」の2つの自由度を持つ。「電荷」は電圧で制御することが可能でありエレクトロニクスに利用されてきた。一方、「スピン」は磁場で制御可能であり、永久磁石やハードディスクなど磁気工学に利用されてきた。1988年の巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見を発端として、電子の「電荷」と「スピン」の両自由度を複合的に利用するスピントロニクスと呼ばれる研究分野が発展してきた。</p> <p>スピントロニクスの分野ではスピン流が重要な役割を担っている。スピン流は保存せずスピン拡散長のスケールで情報を喪失するため、長いスピン拡散長をもつ材料および機構が求められる。また、スピン流を利用するためには、そもそもスピン流を発生させなければならない。このスピン流を発生させる手段として、磁化ダイナミクスからスピン流を生成するスピンプンピングという現象がある。スピンプンピングは、強磁性体/非磁性体が接合した素子において強磁性体の磁化が運動しているとき、隣接した非磁性層に強磁性体の角運動量が受け渡された結果、非磁性層内でスピン流が発生する現象である。スピンプンピングの利点は隣接層で生じたスピン流の拡散や伝搬を強磁性体の歳差運動の磁気緩和を用いて評価できる点にある。</p> <p>本研究の目的は、非磁性層や反強磁性層におけるスピン流物性を調査することである。本論文では、「エピタキシャルPt/FeNi系におけるスピントルク角の結晶配向依存性」、「単結晶NiO薄膜における長距離スピン流伝送」2つの研究が報告されている。</p> <p>(1) エピタキシャルPt/FeNi系におけるスピントルク角の結晶配向依存性</p> <p>本研究では、スピントルク強磁性共鳴法を用いて、Pt/FeNi系のエピタキシャルPt薄膜のスピントルク角の結晶方位依存性を調査した。スピントルク効果を定量的に評価するために、ダンピングトルク効率、Pt/FeNi界面におけるミキシングコンダクタンス、Pt層におけるスピン拡散長を見積もった。これら一連の測定によって、Ptにおけるスピントルク効果の大きさは、電流の方向ではなく、スピン流の方向に強く依存することが定性的に示された。</p> <p>(2) 単結晶NiO薄膜における長距離スピン流伝送</p> <p>反強磁性体におけるスピン流の伝送は、スピン超流動の発現が期待されるなど反強磁性スピントロニクスにおける最も興味深いテーマの一つである。本研究では、単結晶NiOの(111)方向および(001)方向へのスピン拡散長を調査した。NiO/FeNiエピタキシャル膜において、スピンプンピングによるFeNi層のダンピング増大からNiO中のスピン拡散長を見積もった。NiO(111)面試料についてはスピン拡散長が50 nmであると見</p>			

積もることができた。一方、NiO(001)面試料に関しては、ダンピング定数の試料厚さ依存性が得られなかった。この結果の解釈として、(1)NiO/FeNi界面においてスピン伝達が全く行われず、(2)NiOにおけるスピン拡散長が異常に長く作製試料の厚さ (<100nm) では変化が見られない、の2つの可能性がある。どちらが正しいのかを検証するために、Pt/NiO/FeNiについてスピン流伝送を調べた。1つ目の解釈が正しい場合、NiOにてスピン流は伝搬しないのでPtの有無で結果に相違がないはずである。2つ目の解釈が正しい場合、NiO中を伝搬するスピン流がPt層で拡散するため、Ptの有無で大きく影響が出るはずである。その結果、Pt層の追加によってFeNiのダンピング増大が確認された。この実験結果は2つ目の解釈を支持しており、スピン流がPt層まで到達したことを意味する。すなわち、エピタキシャルNiO膜の(001)方向へのスピン拡散長が100nmより十分に長いことが明らかとなった。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本学位論文は、「エピタキシャル Pt/FeNi 系におけるスピホール角の結晶配向依存性」と「単結晶 NiO 薄膜における長距離スピ流伝送」、二つの内容で構成されている。

「エピタキシャル Pt/FeNi 系におけるスピホール角の結晶配向依存性」では、強磁性共鳴法によるスピポンピングを用いて、Pt / FeNi 系のエピタキシャル Pt 薄膜のスピホール角の結晶方位依存性を調査し、Pt におけるスピホール効果の大きさは電流の方向ではなく、スピ流の方向に強く依存することを報告した。本研究結果は、スピホール角の大きな物質の材料探索に対する新たな指針であると考えられる。

「単結晶NiO薄膜における長距離スピ流伝送」では、単結晶NiO(111)面およびNiO(001)面を有するNiO/FeNi二層膜およびPt/NiO/FeNi三層膜において、NiO中のスピ流伝送を調査し、スピ拡散長の面方位依存性を報告した。さらに、NiO(001)面試料のスピ拡散長が従来報告されていた値よりも長く、スピ超流動の可能性を示唆していることも明らかにした。本研究結果は、反強磁性体中のスピ流の長距離輸送を実現しており、反強磁性体スピントロニクス重要な知見となっている。

本学位論文で示された二つの研究結果は、どちらも、スピ流の伝搬という物理現象に対して基礎的かつ応用的な知見を与えている。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和4年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降