

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	小林 裕太
論文題目	カイラル反強磁性体の磁気輸送特性に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究は、カイラル反強磁性体の磁気輸送特性を調査したものである。カイラル反強磁性体はその磁気構造に起因したトポロジカルな輸送特性を示す。本論文では、輸送測定法を用い、カイラル反強磁性体のトポロジカル輸送およびその磁気構造の制御に着目して研究を行った。</p> <p>1つ目の研究課題は、「カイラル反強磁性体$L1_2$-Mn_3Ir(111)薄膜における外因性異常ホール効果」である。異常ホール効果にはベリー曲率によって生じる内因性寄与と、散乱によって生じる外因性の寄与がある。カイラル反強磁性体においては双方の寄与が対称性から許されているが、これまでは内因性の寄与に主眼が置かれてきた。</p> <p>内因性寄与と外因性寄与は緩和時間を用いて分類される。内因性寄与はバンド構造に依り決定され緩和時間に依存しない。他方、外因性寄与は散乱によって生じる寄与であるために緩和時間に依存する。電気伝導度は緩和時間に比例するため、異常ホール伝導度の電気伝導度依存性を測定することで2つの寄与を調査できる。本研究ではカイラル反強磁性体$L1_2$-Mn_3Irの(111)配向薄膜を作成し、その異常ホール効果および磁化の温度依存性からカイラル反強磁性体における外因性異常ホール効果の寄与を調査した。</p> <p>異常ホール伝導度の温度依存性を測定したところ、7~300Kの温度変化に伴い80%の減少が見られた。他方、同様の温度変化に伴う磁化の変化は40%であった。従って、この温度変化に伴う異常ホール伝導度の変化は緩和時間に依存するものであると考えられ、外因性異常ホール効果の寄与を示唆するものである。本研究により、カイラル反強磁性体の異常ホール効果における外因性の寄与の重要性が指摘された。</p> <p>2つ目の研究課題は「Mn_3Sn/Pt薄膜におけるスピン軌道トルク磁化反転のパルス幅依存性」である。カイラル反強磁性体の磁気構造は重金属層から注入されるスピン流によって制御可能であることが知られている。その機構として、ランダウ=リフシッツ=ギルバート方程式に基づく動的なものやジュール熱によるアシストを伴うものが提案されている。</p> <p>他方、強磁性体のスピン軌道トルク磁化反転では、パルス幅の変化に伴い動的な機構と確率的な機構での移り変わりが起こる。反転の機構の変化は、反転に必要な臨界電流値のパルス幅依存性で特徴づけられる。動的な機構では、臨界電流値がパルス幅に対して線形に変化する。他方、確率的な機構では、臨界電流値はパルス幅に対して対数的に変化しその傾きの逆数が熱安定性に対応する。本研究では、カイラル反強磁性体におけるスピン軌道トルク磁化反転のパルス幅依存性を確立的な磁化反転の領域において調査し、その熱安定性を評価した。更に、透過電圧から磁化反転の起こる際のデバイス温度を見積もりジュール熱の寄与を評価した。</p> <p>磁化反転のパルス幅依存測定からMn_3Snの磁化反転に必要な臨界電流値はパルス幅の増加に伴い単調減少することが明らかになった。傾きから求められた熱安定性は室温で131.1であった。続いて、透過電圧から磁化反転の際のデバイス温度の見積もりを行った。磁化反転の際のデバイス温度は390Kであり、異常ホール効果の温度依存測定から見積もられたネール点とおおよそその一致が見られた。パルス幅の増加に伴うデバイス温度の上昇も見られた。従って、本測定ではパルス幅の増加によるジュール熱の</p>			

上昇も臨界電流値を単調減少させうることが明らかになった。ジュール熱が従来の確立的機構をアシストすることを考慮すると実際の熱安定性は今回推定された値より大きくなると考えられる。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は「カイラル反強磁性体 $L1_2$ - Mn_3Ir (111)薄膜における外因性異常ホール効果」及び「 Mn_3Sn/Pt 薄膜におけるスピン軌道トルク磁化反転のパルス幅依存性」の2つの内容で構成されている。

「カイラル反強磁性体 $L1_2$ - Mn_3Ir (111)薄膜における外因性異常ホール効果」では、カイラル反強磁性体 $L1_2$ - Mn_3Ir の(111)配向薄膜をスパッタ法により作成し、ホール抵抗測定により異常ホール効果を評価している。本研究では(111)配向薄膜で(001)配向薄膜に比較して顕著な応答が見られることが明らかにしている。また、異常ホール伝導度の温度依存性から外因性寄与の重要性を指摘している。本研究は高いネール点、優れた耐腐食性といったスピントロニクス材料として有望な特性を持つ $L1_2$ - Mn_3Ir (111)薄膜の物性を明らかにするとともに、カイラル反強磁性体における外因性異常ホール効果探索の重要性を示したものである。

「 Mn_3Sn/Pt 薄膜におけるスピン軌道トルク磁化反転のパルス幅依存性」ではカイラル反強磁性体 Mn_3Sn のスピン軌道トルク磁化反転のパルス幅依存性から熱安定性の評価を行っている。更に、磁化反転の際のデバイス温度を透過電圧から見積もることでジュール熱の磁化反転に及ぼす影響を調査している。測定結果より、ジュール熱が磁化反転に有意な変化をうみうることを明らかにしている。更にジュール熱が従来の確立的機構をアシストすることを考慮すると今回見積もられた熱安定性は下限値であることを示している。本論文はカイラル反強磁性体の熱安定性を見積もる上でのジュール熱の重要性を指摘したものであり、今後のカイラル反強磁性体研究における重要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6年1月16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