

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	平田 雄翔
論文題目	磁気コンプトン散乱によるGdFeフェリ磁性合金の補償温度評価およびTb/CoFeB人工フェリ磁性体における磁壁クリープ現象の研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究は遷移金属希土類元素フェリ磁性垂直磁化膜の角運動量補償温度並びにその近傍における磁壁ダイナミクスに関するものである。角運動量補償温度の決定及び、その近傍における、磁壁ダイナミクスの解明はこれらの材料のスピントロニクスデバイスへの応用上重要な課題である。本論文では大別して2つの事項について報告している。</p> <p>1つ目の研究課題は「磁気コンプトン散乱によるGdFeフェリ磁性合金の補償温度評価」である。本研究は、磁気コンプトン散乱測定によって元素、スピン、軌道別の微視的な磁化の温度依存性を明らかにし、それらを元に角運動量補償温度を評価することを目的として行われた。まず、$Gd_{22.5}Fe_{77.5}$試料の全磁化の温度依存性から、磁化補償温度ならびにキュリー温度を決定した。次に、同試料を用いて磁気コンプトン散乱測定を10 K~289 Kの温度範囲で行った。これにより、試料のスピン選択磁化の温度依存性を得た。さらに、得られた磁気コンプトンプロファイルの形状から、Gd元素の4f電子軌道とFe元素の3d電子軌道の寄与を分離し、それぞれの元素のスピン選択磁化を得た。また、Gdの軌道選択磁化は0であるため、スピン選択磁化と全磁化の差分はFeの軌道選択磁化の値に相当する。これにより、Feの軌道選択磁化を求めたところ、軌道選択磁化のスピン選択磁化のおよそ2.2%の大きさであることが明らかになった。これは先行研究の結果とも良い一致を示している。得られた、Feのスピン、軌道選択磁化の値と補償温度の値を用いて角運動量補償温度を求めたところ202 ± 2 Kであった。本実験により、磁気コンプトン散乱による微視的な磁気特性と各補償温度の詳細が明らかになった。</p> <p>2つ目の研究課題は「Tb/CoFeB 人工フェリ磁性体における磁壁クリープ現象の解明」である。本研究は、フェリ磁性体中の磁壁クリープ移動現象を観測し、角運動量との相関を明らかにすることを目的として行われた。実験には、Tb層とCoFeB層の磁化が反平行に配列した人工フェリ磁性体を用いられ、細線状に加工した試料を用いて磁場駆動磁壁移動速度が調査された。その結果、CoFeB膜厚が厚く、全体膜厚が厚い試料ほど、同一磁場下における磁壁速度が速くなることが分かった。これは強磁性体試料において報告されている結果と逆の傾向である。この結果について考察を行うために、Creep Scaling則に従って解析を行い、特性速度v_0及びCreep Scaling定数αのCoFeB膜厚依存性を調査したところ、特性速度v_0及びCreep Scaling定数αが共にCoFeB膜厚に対して線形に増大していることが明らかになった。さらに特性速度v_0の増大は磁壁速度の増大に寄与し、Creep Scaling定数αの増大は磁壁速度の減少に寄与することから、Tb/CoFeBフェリ磁性試料においては特性速度v_0によって磁壁速度が支配的に決定されていることが本実験により明らかになった。この起源として、特性速度v_0とdamping定数、及びdamping定数とフェリ磁性体における角運動量の関係式より、特性速度v_0と角運動量の間には正の相関があることが示唆され、CoFeB膜厚の変化に伴うTb/CoFeB試料の角運動量の変化が寄与している可能性が報告された。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究は「磁気コンプトン散乱によるGdFeフェリ磁性合金の補償温度評価」および「Tb/CoFeB 人工フェリ磁性体における磁壁クリープ現象の解明」の2つの内容で構成されている。

まず、「磁気コンプトン散乱によるGdFeフェリ磁性合金の補償温度評価」では、磁気コンプトン散乱測定ならびにSQUID測定によって元素、スピン、軌道別の磁化の温度依存性の調査が行われた。その結果、SQUID測定の結果から磁化補償温度、キュリー温度が得られた。さらに、磁気コンプトン散乱測定の結果から、スピン選択磁化の温度依存性が明らかになった。そして、得られた磁気コンプトンプロファイルをその形状からGd元素の4f電子軌道とFe元素の3d電子軌道の寄与を分離し、それぞれの元素のスピン選択磁化を得た。また、Gdの軌道選択磁化は0であるため、スピン選択磁化と全磁化の差分はFeの軌道選択磁化の値に相当する。これにより、Feの軌道選択磁化を求めた。そして得られた、値を用いて角運動量補償温度を評価した。これまで、角運動量補償温度の評価には磁壁速度の観測や、バーネット効果を利用した手法などが用いられてきたが、磁気コンプトン散乱測定の結果に基づいた角運動量補償温度の評価は行われてこなかった。本研究は、フェリ磁性体における微視的な磁気特性の温度依存性、ならびに補償温度について詳細を明らかにし、また磁気コンプトン散乱測定が角運動量補償温度の評価に有効であることを示したという点において意義を持つ。

次に、「Tb/CoFeB 人工フェリ磁性体における磁壁クリープ現象の解明」では、Tb層とCoFeB層の磁化が反平行に配列した人工フェリ磁性体を用いられ、細線状に加工した試料を用いて磁場駆動磁壁移動速度が調査された。その結果、CoFeB膜厚の増大に伴い、同一磁場下における磁壁速度が速くなることが分かった。また、この結果について解析を行った結果、特性速度 v_0 及びCreep Scaling定数 α が共にCoFeB膜厚に対して線形に増大していることが分かった。さらに特性速度 v_0 の増大は磁壁速度の増大に寄与し、Creep Scaling定数 α の増大は磁壁速度の減少に寄与することから、Tb/CoFeBフェリ磁性試料においては特性速度 v_0 によって磁壁速度が支配的に決定されていることが明らかになった。この起源として、特性速度 v_0 とdamping定数、及びdamping定数とフェリ磁性体における角運動量の関係式より、特性速度 v_0 と角運動量の間には正の相関があることが示唆され、CoFeB膜厚の変化に伴うTb/CoFeB試料の角運動量の変化が寄与している可能性が報告された。これまで、フェリ磁性体において磁壁クリープ現象を観測した例はなく、磁壁速度の全体膜厚依存性は強磁性試料における先行報告例と異なる。この結果は、著者が報告している通り、CoFeB膜厚の変化に伴うTb/CoFeB試料の角運動量の変化の寄与を示唆するものであり、今後のフェリ磁性体における角運動量補償温度と磁壁クリープ移動速度の研究に新たな観点を与えるものであると期待する。

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3年1月19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