

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	小見山 遥
論文題目	表面に局在するスピン波および弾性波伝搬特性の電気・光学測定		
(論文内容の要旨)			
本学位論文では、基板とその上に蒸着された磁性薄膜から成る系において、表面付近に局在するスピン波と弾性波に注目している。先行研究で用いられてきた電気測定に加えて、スピン波および表面弾性波の光学イメージング測定を導入することでそれらの伝搬特性の詳細を調査した。 まず一つ目の研究課題は、磁性薄膜中で発現する「スピン波伝搬の非相反性の起源」の解明である。スピン波の伝搬方向に依存してその挙動を変調させる非相反性は、スピン波を用いた情報処理デバイス実現の核となる現象であるため、その起源の解明は極めて重要である。その重要性からこれまでに複数の先行研究でアンテナを介した電気測定を用いた非相反性の調査が行われてきた。しかしこの測定ではアンテナ位置におけるスピン波のシグナルしか得られず、このシグナルには励起の効果と伝搬の効果の両方が含まれるため、非相反性を引き起こす起源がどちらの効果なのか特定することは難しい。実際にこれまでは励起の効果による非相反性については複数の先行研究で議論されてきている一方で、伝搬の効果による非相反性については未解明である。また、これまでの非相反性に関する研究では、特定の磁場配置しか用いられてこなかった。そこで本研究では、従来の電気測定に加えてスピン波の光学イメージング測定を導入することで、スピン波の空間分布を可視化した。さらにこれらの測定を印加する磁場の角度を掃引しながら行った。これらにより、励起の効果と伝搬の効果に弁別して、スピン波伝搬の非相反性を引き起こす起源を解明した。調査の結果、励起の効果と伝搬の効果がそれぞれ異なる磁場角度領域において、スピン波伝搬の非相反を増大させる起源になっていることを見出した。本結果は、スピン波伝搬の非相反性においては、励起の効果だけでなく伝搬の影響も考慮する必要があることを示している。 二つ目の研究課題は、「スピン波－表面弾性波間結合の定量評価」手法の確立である。本研究で注目する基板とその上に蒸着された磁性薄膜から成る系においてはスピン波と表面弾性が共存する。表面弾性波の歪みにより磁性体中のスピン間の距離や角度が変化するため、磁気弾性結合を介してスピン波と表面弾性波の間でエネルギー交換が起き、スピン波－表面弾性波間結合系が形成される。この結合系を適切に利用するためには、結合の大きさを定量的に理解し、最適化を行うことが必須である。従来、この結合の大きさを評価する指標として結合強度 g という電気測定によって評価可能なパラメータが用いられてきた。しかし、結合強度 g を決めるパラメータのうち、表面弾性波のモード体積 V_{SAW}、磁気弾性定数bと歪みの大きさ D がデバイスおよび膜質に依存して変化する未知のパラメータであることが結合を定量的に理解するうえで問題であった。そこで本研究では表面弾性波の光学イメージング測定を行い、表面弾性波の空間分布を可視化し V_{SAW} の評価を行った。さらに、この光学測定結果を電気測定による結合強度 g の評価結果と組み合わせることで、膜ごとに磁気弾性定数と歪みの大きさの積 bD を同定する手法を確立した。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、基板とその上に蒸着された磁性薄膜から成る系で発現する、「スピン波伝搬の非相反性の起源」の解明と「スピン波－表面弾性波間結合の定量評価」の二つの内容で構成されている。

「スピン波伝搬の非相反性の起源」の解明では、電気測定と光学イメージング測定を用いてスピン波の空間分布を可視化した。これらの測定を印加する静磁場の角度を掃引しながら行うことで、スピン波伝搬の非相反性の磁場角度依存性を観測した。その結果、励起および伝搬の非対称性がそれぞれ異なる角度領域で非相反性の起源となっていることを明らかにした。これまでは磁場を伝搬方向に対して垂直に印加した状況において、主にスピン波励起効率の非対称による非相反性が注目されてきた。しかし本研究結果から、スピン波伝搬の非相反性を増大させる自由度として、新たにスピン波の伝搬特性と印加する磁場角度が非常に重要であることが示唆された。また、一般的にスピン波の伝搬特性は相反的になると考えられてきたが、本研究では特定の磁場角度においては伝搬特性が非相反的な振る舞いを示すことを見出した。よって本結果は未知のスピン波の伝搬特性を明らかにしたものである。本研究で開発した測定手法および得られた知見は今後のスピン波伝搬の非相反性に関する研究の基盤となることが期待される。

「スピン波－表面弾性波間結合の定量評価」では、電気測定と表面弾性波の光学イメージング測定を組み合わせることで、スピン波－表面弾性波間結合の大きさを決定する各パラメータの評価を行った。結合の大きさを決めるパラメータのうち、磁気弾性結合定数 b と表面上の歪みの大きさ D は膜質に依存し、また表面弾性波が存在している領域の体積 V_{SAW} はデバイスの構造および材料に依存し変化してする。これら未知のパラメータにより、結合の大きさの再現や最適化が困難であった。本研究では表面弾性波の光学イメージング測定を施すことにより表面弾性波の空間分布を可視化し、 V_{SAW} の評価を行った。さらに電気測定により評価した結合の大きさと、光学イメージング測定により評価した V_{SAW} の結果を組み合わせることで、膜質に依存する磁気弾性結合定数と歪みの大きさの積 bD の同定を行った。以上により結合の大きさを支配するパラメータのうちこれまで未知であったものを解消した。また本手法の妥当性は、異なる構造を持つデバイスによって評価した bD がほぼ同じ値を持つことから確かめられている。本研究で確立した V_{SAW} および bD の評価手法はスピン波－表面弾性波結合系の研究を定量的に進め、結合系の制御を行うための基盤となる手法である。

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7年1月14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。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降