

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	田辺 賢士
論文題目	磁気渦構造を用いたスピン起電力の研究		
(論文内容の要旨)			
本研究は磁気渦構造を用いたスピン起電力について行われたものである。スピン起電力とはスピンに由来した新しい起電力であり、強磁性金属中のねじれた磁化構造が運動する時に発生するという特徴がある。しかしスピン起電力は磁化の運動に付随する複雑な効果であるため、磁化の運動よりも十分遅い時間スケールでの測定報告しかない。そこで本研究では磁気渦と呼ばれる特殊な磁化構造の運動を用いて、スピン起電力の局所的かつ実時間の検出が行われた。磁気渦とはマイクロメートルサイズの強磁性円盤に現れる渦状の磁化構造を指す。特に渦の中心部分の磁化構造は円盤垂直方向に磁化が向いており、コアと呼ばれている。コアは面内交流磁場によって共鳴的に励起することで定常的に面内旋回運動させることができる。このようなコアの運動はねじれた磁化構造の運動に相当するため、コア付近においてスピン起電力の発生が予想される。このスピン起電力を局所的にかつ実時間で検出を行うことが本研究の目的である。この研究ではスピン起電力の検出実験を行う前に、磁気渦のカイラリティ（渦の巻く向き）を電氣的に検出する実験が行われた。これは磁気渦の持つもう一つの自由度であるポーラリティ（コアの向き）とスピン起電力の関係を後に調べるために、カイラリティを電氣的に決定する方法が必要であったためである。 まず磁気渦構造を持つ $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金の円盤上に作製された 2 つの微細な電極間の抵抗値測定が行われた。磁場を印加して磁気抵抗効果を調べると、ゼロ磁場の軸に対して非対称な 2 種類の磁気抵抗曲線が得られた。磁気渦構造の磁場に対する応答を考慮すると、異方性磁気抵抗効果によってカイラリティに依存した 2 種類の磁気抵抗曲線が得られることがわかった。したがって、磁気抵抗測定によって磁気渦のカイラリティを判別することができることが明らかになった。 次に磁気渦構造を持つ $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金の円盤上に作製された 2 つの微細な電極を用いてスピン起電力の検出実験が行われた。その結果 $1\mu\text{V}$ 程度の周期的な起電力が検出された。この周期はコアの旋回運動の周期に一致し、コアが電極に近づいた際に大きな起電力が検出されることがわかった。さらに交流磁場の振幅を上げていくと、ある閾磁場以上でスピン起電力の振幅が突然減少した。これは既に磁気渦研究で報告されているコアの反転現象が原因であると考えることができる。最後にスピン起電力の検出からコアの向き（ポーラリティ）を決定する実験が行われた。上述した異方性磁気抵抗効果を用いてカイラリティを決定する方法を用いてカイラリティを固定し、弱い静磁場を印加しながら同様のスピン起電力検出実験を行った。スピン起電力の位相は無磁場では等しかったのに対して、弱い静磁場の印加によって 2 種類の位相に分裂した。この結果はポーラリティが起源であると考えことができ、位相のずれ方からポーラリティを決定することができることがわかった。 本研究は、磁化のねじれと同程度の局所領域で、磁化の時間変化と同程度の時間スケールでスピン起電力の検出に成功した初めて結果である。また異方性磁気抵抗効果を用いることで磁気渦のカイラリティを電氣的に決定することに成功した。さらに静磁場印加下におけるスピン起電力の位相からポーラリティを決定できた。これはスピン起電力の検出が磁化構造の決定に繋がる事を実験的に示したことになる。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、「磁気渦カイラリティの電氣的検出」、「磁気渦構造を用いたスピン起電力の研究」の2つの内容で構成されている。

「磁気渦カイラリティの電氣的検出」では $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金の磁気円盤を用いて磁気抵抗測定が行われた。磁場を印加して磁気抵抗効果を調べると、ゼロ磁場の軸に対して非対称な2種類の磁気抵抗曲線が得られた。磁気渦構造の磁場に対する応答を考慮すると、異方性磁気抵抗効果によってカイラリティに依存した2種類の磁気抵抗曲線が得られることがわかった。したがって、磁気抵抗測定によって磁気渦のカイラリティを判別することができることが明らかになった。この磁気抵抗測定によるカイラリティ検出法は、報告されているカイラリティの検出実験と比較して、容易かつ電氣的に検出できる点で意義があり、実際下記に述べるスピン起電力の実験においても利用されている。

「磁気渦構造を用いたスピン起電力の研究」では $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ の磁気円盤を用いてスピン起電力の検出実験が行われた。交流磁場を印加することで磁気円盤中のコアの面内旋回運動を励起し、このコアの運動によって発生するスピン起電力の検出が試みられた。磁気円盤上に作製された微細な電極を用いることで局所測定と実時間測定を両立することに成功している。コアの運動の励起に用いられた交流磁場の周波数および強度に対する依存性を調べることで、検出された起電力がコアの共鳴励起面内旋回運動によって発生したスピン起電力であることが確認された。さらに、交流磁場に重畳した静磁場を印加すると、実時間測定されたスピン起電力の位相がポーラリティに依存して変化することが見出され、位相からポーラリティを決定できることが明らかとなった。

以上のように、本研究は、スピン起電力と磁化の運動の関係を明確に示した点で学術的に大きな意義があり、スピン起電力の実時間測定から磁化ダイナミクスの見解を得ることが可能であることを示した点で磁性分野の発展に貢献するものと言える。したがって、本論文を博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。また、平成25年1月15日、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行ない、その結果合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降