

氏 名	はやし だ ひろ とし 林 田 洋 寿
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2886 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学位論文題目	MIEZE 型中性子共鳴スピネコー分光器の開発

論文調査委員 (主査) 教授 川 端 祐 司 教授 伊 藤 秋 男 准教授 田 崎 誠 司

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、MIEZE型中性子共鳴スピネコー分光器の開発に関する研究を行ったものであり、5章からなっている。

第1章は「序論」である。本研究の背景と目的及び意義を述べ、本論文の目的が以下の3点であることを明らかにしている。1) MIEZEを高分解能化し、磁性体研究に有効であり、MIEZE-SANSへの実用も期待できる装置を開発すること。2) 経路分散の影響を補正するための一手法を提案し、その有効性を示すこと。3) 磁性流体の超常磁性運動を観測し、MIEZEの磁性体研究への有効性を実証すること。

第2章では、「高エネルギー分解能MIEZEの開発」について述べている。周波数1MHzのMIEZEシグナルの観測を目指して、純アルミフラットワイヤーを用いてRSFを開発し、0.5MHz駆動のRSFの開発に成功した。また、1MHzのMIEZEシグナルを観測するために、0.1 μ secの時間分解能を持ち、検出面厚さが0.2mmの2次元位置検出器を導入した。このようにMIEZEの高エネルギー分解能化に伴い、各デバイスの導入も行い、総合的にMIEZEの開発を行った。その結果、周波数1MHzのMIEZEシグナルの観測に成功した。このシグナルは、周波数では世界最高性能であり、MIEZE-SANSの実現の可能性を示すことができた。

次に、ワイヤー間ギャップでの減極を軽減するために、20mm幅フラットワイヤーを用いたRSFを開発した。更にギャップにエナメル線を挿入してギャップの漏れ磁場を補正して減極を軽減させることに成功した。これによりビームの縦幅を16mmまで広げることに成功し、ビーム強度が5倍になった。長時間安定駆動できる周波数として0.3MHzを選び、試料～検出器間距離 L_{sd} を0.5mから0.8mに伸ばして、 $\omega_s=0.3$ MHz、 $\lambda=0.81$ nmにおいて、最終的にスピネコータイム1.6nsecを達成した。また、MIEZE用に0.05～0.7MHzの範囲でインピーダンス整合が可能な整合器を導入して0.05～0.3MHzの周波数帯でMIEZEは長時間安定駆動を実現した。これはスピネコータイムでは0.3～1.6nsecに対応するものであり、0.3MHzの駆動周波数において0.65という高いビジビリティのMIEZEシグナルを得た。

第3章では、「磁性流体ダイナミクスの測定」について述べている。試料後に2ndアナライザーを設置することで、スピンフリップ散乱とスピンノンフリップ散乱とに分離して、MIEZEで磁性流体のダイナミクス測定を行った。これから核散乱成分と磁気散乱成分とに分離してそれぞれビジビリティを求めている。また、経路分散の評価も行い、ビジビリティの補正を行った。この結果、0.3, 0.8, 1.6nsecの時間レンジで、15.3, 11.6, 9.24nmの実空間サイズで核散乱のビジビリティは1であった。このことから、今回用いた試料において、このサイズで0.3, 0.8, 1.6nsecの時間に対応する粒子の拡散運動が存在しないことが分かった。

一方磁気散乱のビジビリティは0.3, 0.8, 1.6nsecにおいて、全ての実空間サイズで減衰が見られた。つまり0.3, 0.8nsecではQ依存が見られ、実空間でのサイズが小さい(Qが大きい)ほどビジビリティの減衰が大きくなった。 $Q=0.54$ nm⁻¹(11.6nm)のレンジでは、0.3nsecよりも0.8nsec、0.8nsecよりも1.6nsecの時間レンジで動く磁気モーメントの数が徐々に多くなる傾向にあることが分かった。また、 $Q=0.41$ nm⁻¹では、0.3, 0.8nsecの時間レンジで動く磁気モーメントの数よりも1.6nsecで動

く磁気モーメントの数が多いことが分かった。

この様に 2nd アナライザーを設置してスピンフリップ成分とノンフリップ成分とを分離し、かつこれらを同じ実験配置で測定できるという新たな手法に着手し、超常磁性運動の観測に成功した。これによって MIEZE の有効性を実証することができた。

第 4 章では、「高周波 RSF のパルス中性子への適用」について述べている。MIEZE の J-PARC への設置を見据えて、0.5MHz 駆動での RSF のパルス中性子適応実験を行った。既に RSF のパルス中性子対応の実験は周波数 0.1MHz でなされているが、本研究では 0.5MHz で駆動する RSF を開発し、更に高周波電流を効率よく振動磁場コイルに流すためのインピーダンス整合器を導入した。これらの開発により、0.5MHz でのパルス中性子のスピンフリップに成功し、0.3nm~0.75nm の波長域に渡って、0.93 という高いスピン反転率を得た。この結果、J-PARC への適応が可能となったことが示された。

第 5 章では、各章で得られた結果をまとめるとともに、今後の課題を加えて本研究の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、MIEZE 型中性子共鳴スピンエコー分光器の開発に関する研究を行ったものであり、以下のような成果が得られた。

1) 実効周波数 1 MHz の MIEZE シグナルの観測を目指して、純アルミフラットワイヤーを用いた RSF を開発し、0.5MHz 駆動の RSF の開発に成功した。1 MHz の MIEZE シグナルを観測するため、0.1 μ sec の時間分解能を持ち、検出面厚さが 0.2mm の 2 次元位置検出器を導入した。この様な開発を行い、実効周波数 1 MHz の MIEZE シグナルの観測に成功した。この成果により、MIEZE の高分解能化を達成し、MIEZE-SANS の実用可能性を示すことに成功した。

2) RSF のワイヤー間ギャップの影響を軽減するため、幅 20mm のフラットワイヤーを用い、更にワイヤー間ギャップにエナメル線を挿入することでギャップでの減極を軽減させることに成功した。その結果、 $\omega_s = 0.3$ MHz 駆動で MIEZE の長時間安定駆動を実現した。更に、試料-検出器間距離 L_{sd} を 0.8m に伸ばし、 $\omega_s = 0.3$ MHz、 $\lambda = 0.81$ nm において、スピンエコータイム 1.6nsec を達成した結果、磁性流体の物性研究に使用できる装置の開発に成功した。

3) 本研究では 2nd アナライザーを設置してスピンフリップ成分とノンフリップ成分とを分離し、かつこれらを同じジオメトリで測定できるという、これまでになかった新たな手法に着手し、MIEZE を用いた超常磁性運動の観測に成功した。

4) シミュレーションによって経路分散の効果を再現し、この手法が汎用的に有効であることを明らかにした。

本論文は、実用に値する MIEZE 型中性子共鳴スピンエコー分光器の開発を行い、実際に磁性流体を試料として、その有効性・実用性を実証したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 1 月 30 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。