

論文の内容の要旨

論文題目 エレクトロマグノンにおけるテラヘルツ帯での光機能性の研究

氏 名 肉倉 洋恵

スピンと電場の直接の相互作用が特定の物質群で実現し、近年非常に注目を集めている。その代表例がスピン秩序由来の強誘電性が発現するマルチフェロイクスである。私はこのマルチフェロイクスでの電気磁気結合によって生じる新しい光機能性に着目して研究を行った。この電気と磁気の結合を反映した動的性質として、エレクトロマグノンと呼ばれる電場応答を示す磁気共鳴がテラヘルツ帯に現れる。エレクトロマグノンは多彩な光学効果を示しテラヘルツ帯の新しい光機能を担う可能性のある現象の一つとして注目されている。

本研究では、らせん磁気構造をもつ室温マルチフェロイクスであるY型ヘキサフェライトを研究対象物質とし、エレクトロマグノンの室温化、基礎特性の解明、光学効果の探索、エレクトロマグノンによる磁化制御を目指し研究を行った。

研究開始当初、エレクトロマグノンの観測は低温に限られており室温化が望まれていた。室温でらせん磁性となる物質であること、結晶構造の観点から候補物質を選定し、エレクトロマグノンの室温での観測を目指した。 $\text{BaSrCo}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ と $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Cu}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ の2つの物質において室温でエレクトロマグノンを観測することに成功した。また両物質において巨大な磁気クロミズムが観測された。 $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Cu}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ においては磁気転移に伴う劇的な磁気クロミズムを実現した。

エレクトロマグノンでは先行研究を含め通常の磁気共鳴と異なる振る舞いが報告されていたが、その起源は明らかになっていなかった。そこで先行研究で磁気構造が詳しく調べられている物質 $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ を用いて、磁気構造とエレクトロマグノンの相関を詳しく調べた。各磁気構造に対し一つのエレクトロマグノンのモードが存在することを明らかにし、磁気構造相転移に対応してエレクトロマグノンの共鳴エネルギーとスペクトル強度が一次転移的に変化する結果が得られた。磁気構造とエレクトロマグノン共鳴の間に強い相関の詳細な解析から磁気波数の大きさがエレクトロマグノンの共鳴エネ

ルギーに著しく寄与していることを示した。前章で見出した巨大磁気クロミズムの起源も、本研究の結果によって理解することが可能である。

次にエレクトロマグノンを用いた光学応答の探索を行い、磁気光学ファラデー効果に着目した。 $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ においてエレクトロマグノン共鳴における巨大なファラデー効果の共鳴を観測した。観測されたファラデー効果は、磁化に対するスケーリングから大きく外れており磁気構造にファラデー効果を巨大化する秩序の存在が示唆される。磁気構造とファラデー効果の関係を詳しく調べたところ、格子非整合から格子整合へ磁気相転移するとファラデー効果の増強が起きており、格子整合がファラデー効果に寄与することが分かった。これは、マルチフェロイクスの示す新しい光機能性であり、らせん磁性の波数という内部自由度が光学応答に大きく寄与することを明らかにしたものである。

最後にこの巨大共鳴であるエレクトロマグノンを利用した磁性の制御の研究を行った。近年超高速メモリなど応用の観点から光磁性制御は盛んに研究されている。エレクトロマグノンは光電場との直接相互作用するため、光電場による高効率な磁性制御が期待されている。高強度テラヘルツ光によってエレクトロマグノンを強励起することで磁性制御を目指した。 $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ を用いてエレクトロマグノン励起、可視光透過率プローブを行った。この測定において電気光学カー効果をプローブし、エレクトロマグノン励起により生じた分極や磁化を時間分解で観測した。高強度テラヘルツ光入射したとき可視光透過率に著しい変化を観測することに成功した。可視光透過率の温度依存性の結果から、らせん磁気相で大きな応答を観測しエレクトロマグノンの寄与であることが明らかになった。また温度依存性を詳しく解析したところテラヘルツ帯のエレクトロマグノンの共鳴励起によってギガヘルツ帯で大振幅の磁気共鳴が励起されていることがわかった。この研究により新しい光電場による磁性のコヒーレント制御が可能であることが明らかになった。

Y型ヘキサフェライトを舞台としてエレクトロマグノンの室温化、基礎特性の解明、巨大ファラデー効果の実現、磁性のコヒーレントを実現した。