

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

佐々木遼

近年の物性物理学ではスピン軌道相互作用を起源とする新奇物理現象が主に電子系において多く発見されている。例えばラシュバ分裂した系やトポロジカル絶縁体のような物質では、スピン方向が運動量方向に依存したバンド構造が形成される。そのような系では電流とスピン流との間の変換現象が生じ、応用の観点からも盛んに研究されている。これらの電子系における新奇現象に刺激され、電子以外の、フォトンや磁気励起であるマグノンの状態やそれによる輸送現象にも類似の新奇現象が期待されるため、最近盛んに研究が行われている。しかし物質中の最も基本的な励起であるフォノンにおいてはこのような観点からの研究があまり行われていなかった。佐々木氏はこの点に注目し、マイクロ波領域の高周波弾性波励起を手法とし、具体的には表面弾性波デバイスを利用して、フォノン-マグノン結合に関連した新奇フォノン現象の観測を目的として研究を行い、本論文を提出した。

本論文は4章からなる。

第1章は導入であり、本研究の動機となる背景や先行研究が記されている。電子やマグノン、フォトンにおける最近発見された新奇現象について概観し、それらとの対応からフォノンに関する非自明な現象について考察がなされている。また、実験手法である表面弾性波の特性とその励起手法である表面弾性波デバイスの原理についても解説がなされている。最後に研究の目的が記されている。

第2章は表面弾性波の非相反伝搬の研究について記されている。伝搬方向の反転で応答が異なる非相反性（ダイオード効果）が近年電子やフォトン、マグノンにおいて報告されているが、この非相反性を弾性波において観測することを目的とした研究である。高周波表面弾性波を励起できるデバイスを作製し、強磁性体のNi薄膜と結合した表面弾性波デバイスを対象とした実験を行なっている。まず、実験方法としてデバイスの作製方法とパルス変調信号を用いた時間分解測定法についての解説を行ない、その後で、実験結果が述

べられる。磁場強度と磁場方位に依存した表面弾性波の変化と非相反性についての観測結果を示し、その磁場変化の起源を Ni 薄膜における強磁性共鳴との結合から説明している。磁気弾性結合に基づいた有効磁場を理論的に考察することで、磁場によって変化する表面弾性波の非相反性について説明し、非相反性の起源を表面弾性波の回転する変位に起因する有効磁場の偏向の伝搬方向依存性から説明している。

第 3 章はマルチフェロイック物質である CuB_2O_4 を用いた表面弾性波デバイスに関する記述である。マルチフェロイック物質は主に電磁気現象に注目されて研究が行なわれているが、そこでの新奇弾性波現象の観測を目的とした研究について記されている。マルチフェロイック物質である CuB_2O_4 を圧電基板として用いた表面弾性波デバイスを作製し、3 GHz ほどの高周波表面弾性波の励起に成功したことが報告されている。磁気転移点以下の低温下において磁場によって表面弾性波の信号が変化することを観測し、それが CuB_2O_4 における反強磁性共鳴との結合によるものであることを示している。磁場方位によって磁場依存性が変化することを説明するために、磁気弾性結合による有効磁場によって励起される反強磁性共鳴をランダウーリフシッツ方程式に基づいて導出し、表面弾性波の磁場方位依存性について考察を行なっている。

第 4 章では本論文の結論、全体の総括および今後期待される展望について記述されている。

以上のように本論文は、強磁性マグノンと結合した表面弾性波の非相反伝搬の観測とその詳細な測定、理論の提唱を行っており、弾性波の非相反現象の研究に大きく貢献したとすることができる。またマルチフェロイック物質の単結晶中で弾性波励起とフォノン-反強磁性マグノン結合の観測に初めて成功しており、表面弾性波-強磁性マグノン結合の研究を、マルチフェロイック物質および反強磁性マグノンとの結合へ拡張しており、その実験手法やマルチフェロイックスの磁気物性の弾性波デバイスへの応用といった観点からも高く評価できる。

本論文における研究成果は、東北大学理学研究科の小野瀬佳文教授らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって遂行したものであり、その寄与は十分であると判断できる。よって、本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。