

審査の結果の要旨

氏名 佐藤 樹

本論文では、反強磁性体 MnTiO_3 を対象として、電気磁気効果に基づいた磁気ドメインの観測と制御に関する研究が展開されている。実用材料としての磁性体はこれまで、ほとんど強磁性体に限られていた。ところが、近年、反強磁性体の中でも電子スピンを反転した状態が元の状態と明確に区別をつくスピン配列を有する物質が特異な輸送現象や光学現象を示すことが見いだされており、外場応答が速く漏れ磁場がないことから注目を集めている。強磁性体を応用する際に N 極と S 極の向きを制御する必要があるのと同じように、反強磁性体を応用するためには磁気ドメインを揃えたり反転させたりする必要がある。しかし、反強磁性体は強磁性体と異なり、磁気ドメインの制御や観測の手法が限られている。いくつかの反強磁性体に対しては、非線形光学効果を利用した磁気ドメインイメージングが報告されているが、一枚の画像を取得するのに必要な時間が比較的長いことと強いレーザー光の照射が必要なことが問題である。そこで、本論文では、線形光学応答による磁気ドメインの観測が主要な課題として取り上げられている。

本論文は、全 6 章から構成されている。第 1 章は、線形の電気磁気効果とその光学周波数への拡張として理解される光学的な電気磁気効果に関して紹介したのちに、本研究において、単純な反強磁性体における光の方向二色性の検証、方向二色性に基づく磁気ドメインイメージング法の開拓、電場と磁場を同時に印加した場合の磁気ドメイン壁の運動のイメージングによる追跡の三点を目的とすることを述べている。第 2 章では本研究で行われた MnTiO_3 単結晶の作製、磁化測定、磁場下の電気分極測定、光学吸収スペクトル測定、および、透過光像の測定に関して具体的な方法が述べられている。第 3 章では、まず、方向二色性の一種の磁気キラル二色性について過去の研究報告が紹介されている。その後、 MnTiO_3 が反強磁性相で単純なスピン配列にも関わらず線形の電気磁気効果が期待されることを述べ、実験的に確認したことを報告している。続いて、結晶の三回対称軸に沿って伝搬する光に対する方向二色性が研究されている。 Mn^{2+} イオンの原子内 d-d 電子遷移に起因する 2.2eV 付近の吸収ピークの強度の温度変化、光の伝搬方向依存性、外部電場・磁場依存性、偏光依存性が丁寧に調べられた結果、反強磁性相では外場が全くないときにも自発的な方向二色性が現れることが明確に示されている。この方向二色性の微視的な起源として、マンガンに配位する酸素八面体のねじれとマンガンイオンの磁気モーメントが本質的であると提案している。第 4 章では、過去の反強磁性体の磁気ドメインイメージングに関する報告がまとめられたうえで、本研究で MnTiO_3 単結晶に対して磁気ドメインイメージングを適用した結果がまとめられている。磁気ドメインごとに方向二色性の符号が反転することを利用して、透過光像に特徴的なコントラストを観測するとともに、その温度変化から反強磁性ドメインを反映したものであることが確認されている。通常のランプを光源としているにも関わらず、1 秒程度の露光時間で直径 1.5 ミリメートルほどの視野のイメージングが行われて

おり、空間分解能は数十マイクロメートルとなっている。第5章では、弱い直流磁場とパルス電場で磁気ドメインを反転させる際の過渡的な様子がイメージングで捉えられている。さらに、磁気ドメインパターンの変化とパルス電場強度の関係が詳細に研究され、パルス電場印加前後のドメイン壁の移動量より、ドメイン壁の速さと移動度が見積もられている。見積もられたドメイン壁の移動度は、強誘電体における電気分極ドメイン壁の移動度と同程度であると結論付けている。さらに、低温側から磁気転移温度に近づくにつれてドメイン壁の移動度が大きくなることも明らかにされている。第6章では、以上の結果に基づいて本研究で得られた知見を総括している。

磁化を全く持たない反強磁性体で方向二色性が確認されたのは本研究が初めてである。さらに、その性質を磁気ドメインイメージング手法に応用することに成功し、実際に電場と磁場で磁気ドメイン壁が移動する様子をとらえたことは、高く評価できる。

なお、第3章は木村尚次郎、阿部伸行、徳永祐介、有馬孝尚各氏との、第4章と第5章は阿部伸行、徳永祐介、有馬孝尚各氏との共同研究であるが、いずれも、論文提出者が主体となって、研究の計画、単結晶の作製、すべての物性測定、および解析を行っており、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上1915字