

審査の結果の要旨

氏名 杉山 一生

本論文では、転位や粒界などの格子欠陥コア領域周辺に広がる点欠陥により生じる電気・磁気物性について、走査プローブ顕微鏡を用いた物性測定と透過型電子顕微鏡及びその関連手法を用いた構造解析とを併用することにより、詳細に論じられている。結晶性材料が持つ機能特性は、転位や粒界などの格子欠陥の存在により大きく左右される。格子欠陥が物性に影響を及ぼす原因は色々と考えられるが、中でも格子欠陥コア領域の周辺に存在する点欠陥は電気伝導性や結晶中の磁氣的相関に対して大きな影響を及ぼすものと考えられる。しかしながら、これまでこうした点欠陥と電気・磁気物性との関係は未だ十分に理解されていると言ひ難い。これは、よく制御された格子欠陥を材料中に導入し、その位置で選択的に物性測定や構造解析を行うことが難しく、特定の格子欠陥と物性との1対1の関係が得られていないためであるといえる。本論文では、双結晶法や薄膜製膜等の材料作製手法を駆使して目的とする格子欠陥を導入し、最先端の走査プローブ顕微鏡手法を用いてその物性を測定することで、転位や粒界などの格子欠陥コア領域周辺に広がる点欠陥と、格子欠陥における局所的な電気・磁気物性との関係を明らかにしている。

本論文は、第1章において序論、第2章において局所的な点欠陥の集積に起因した磁性について、第3章において欠陥構造と局所的なイオンダイナミクスとの関係について、第4章では結論が述べられている。第2章と第3章はそれぞれ2節に分けられ、各節において独立した研究内容を記している。

第1章では、転位や粒界において局所的に生じる物性の起源について、これまでの報告結果をレビューしている。これらを踏まえた上で本研究の目的が記述されており、本論文の学術的な位置づけや重要性を明確に読み取ることができる。

第2章1節では、パルスレーザー堆積法により作製されたNiO薄膜中に導入された転位における磁性と点欠陥との関係が述べられている。磁気力顕微鏡による測定から、NiO薄膜中の転位が局所的に4 Tを上回る極めて大きな保磁力を有した強磁性体となっていることが示されている。また、透過型電子顕微鏡

と第一原理計算を組み合わせた解析により、このような磁性が転位のコア周辺領域に導入された点欠陥に由来するものであることについて明らかにしている。

第2章2節では双結晶法により作製した TiO_2 の小傾角粒界周辺に Fe を添加することによって、 Fe 添加領域に限って局所的な強磁性を付与できることが示されている。その際、エネルギー分散分光法による組成マッピングの結果と磁気力顕微鏡の測定結果から、磁性発現領域が Fe 添加領域と一致することを明らかにしている。以上、第2章の成果により、局在電子系、遍歴電子系の別を問わず、転位や粒界周辺に点欠陥を集積させることで局所的に磁性を付与できることが示されている。

第3章1節では、パルスレーザー堆積法により Pt 基板上に製膜された NiO 薄膜における点欠陥分布と電氣的性質、構造との関係が明らかにされている。電気化学歪み顕微鏡法によるイオンダイナミクスの空間分解測定と、透過型電子顕微鏡による構造解析、有限要素法による薄膜中応力場の解析とを組み合わせることにより、 Pt 基板と NiO 薄膜との界面で立体構造が形成されていることを明らかにしている。すなわち、その立体の角の位置において歪みが集中することにより多量の酸素空孔が形成され、結果として大きな抵抗変化現象を示すことが示されている。

第3章2節では、双結晶法により粒界性格を制御して作製した SrTiO_3 対称傾角粒界近傍における点欠陥分布と粒界傾角との関係が明らかにされている。電気化学歪み顕微鏡法による測定から、粒界周辺の点欠陥分布は歪み場に大きく依存し、コア構造やコアにおける電荷等への依存が小さいことが示されている。以上、第3章の成果により、界面等の存在による歪み場の導入により、点欠陥量や点欠陥の易動性などを容易に制御することができ、これによって局所的な電氣的物性を制御できることが示されている。

第4章では本論文が総括されている。

本論文では材料中の転位や粒界などを利用し、その周辺に点欠陥を集積させることで、局所的な電気・磁気物性を制御できることがはじめて示されている。このような成果は、材料中の欠陥を制御することによってバルクの物性を向上させる目的のみならず、格子欠陥の存在を積極的に利用することで、局所的に極微デバイスを作りこむ「格子欠陥デバイス」の実現へとつながる研究内容として高く評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。