

令和元年6月25日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21632

研究課題名（和文）マトリクスと異なる磁性を有する欠陥とそれを利用した新たな機能性の創出

研究課題名（英文）Development of functionalities with magnetized defects

研究代表者

新津 甲大 (Niitsu, Kodai)

京都大学・工学研究科・助教

研究者番号：90733890

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題のメインテーマは材料内の欠陥における磁性を電子線ホログラフィーにより直接計測することであり、さらにこの狭所領域の磁性を活用し材料全体としての新奇な機能性を発現させることである。

交換スティフネスや磁気交換長といった磁気物性パラメータは、良質な単結晶による大規模な実験測定が必要なことが多い。このような困難を克服するため、本研究では単純な強磁性体であるFe、Niを用い、磁壁内のスピン構造を観察することで交換長を評価できる手法を確立した。これにより、180磁壁内部のスピン構造を電子線ホログラフィーで可視化することにより、交換長をはじめとする磁気物性の評価が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

交換スティフネスや磁気交換長といった磁気物性パラメータは、良質な単結晶による大規模な実験測定が必要なことが多く、このような試料調製、実験環境が構築できない材料についてこれらの情報を得ることは困難であった。このような困難を克服するため、本研究では単純な強磁性体であるFe、Niを用い、磁壁内のスピン構造を観察することで交換長を評価できる手法を確立した。これにより、ごく微量・多結晶・ナノ結晶の磁性体であっても180磁壁内部のスピン構造を電子線ホログラフィーで可視化することにより、交換長をはじめとする磁気物性の評価が可能となった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is the direct real-space detection of magnetism confined in narrow regions such as dislocations, twins and antiphase boundaries. Besides, it covers to develop novel functionalities by utilizing confined magnetism.

Precise determination of magnetic parameters such as magnetic stiffness and magnetic exchange length often requires high quality, large single crystals and well-tailored experiments, which hampers to determine these parameters of various materials. In this study, by using ferromagnetic elements of Fe and Ni, I have developed an easy-to-use method to measure these properties. We can exploit rich information on intrinsic magnetic properties by measuring spin textures within 180-deg magnetic boundaries by means of electron holography.

研究分野：材料科学

キーワード：磁性欠陥 電子線ホログラフィー 欠陥強磁性 転位 機能性材料

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

材料中に導入される種々の構造欠陥はマトリクスとは異なる幾何学的特徴を有することから、その物性においても異質な状況を惹起することがある。しかし、ナノスケールの構造欠陥における諸物性をピンポイントで検知することは容易ではなく、その学理の構築や材料科学への展開はほとんど為されていない。またこのような狭所領域の物性は、バルクへの寄与という観点からはほとんど検討されていないが、マトリクスと欠陥における物性交差相関を用いて新しい機能性を付与させることも可能であると考えられる。

2. 研究の目的

材料内の欠陥における磁性を電子線ホログラフィーにより直接計測することで、狭所領域の磁気物性に対する知見を深める。さらにこの狭所領域の磁性を活用し材料全体としての新奇な機能性を発現させる。

3. 研究の方法

種々の欠陥を導入した Ni 基ホイスラー合金、Fe-Al 合金を主な対象とし、(i)電子線ホログラフィーによる欠陥（転位、積層欠陥、APB 等）近傍のスピンテクスチャのピンポイント解析を行い、素構造としての欠陥の磁性について調査する。この中で有意な特徴が確認されたものについては (ii) LLG シミュレーションによる理論解析を行い、欠陥の量、導入方法を調整したうえで (iii)バルク物性の評価、新奇な機能性を付与した材料開発とその素過程の理論的理解を目指す。

4. 研究成果

Ni 基ホイスラー合金は強磁性のマトリクスを有するが、APB では規則配列の位相逆転に伴い反強磁性的なスピン構造が安定化されることを見出した。この関係から APB は 180 度磁壁と重畳する関係が容易に達成されるが、APB 密度が十分大きくなると磁壁導入のエネルギーが大きくなることからこの関係が破れることが想像される。本研究では逆位相ドメイン (APD) サイズを 20nm 程度まで微細化したホイスラー合金を作製し、磁気物性と磁区組織観察を行った。その結果、確かに APB と磁壁の重畳関係が破れ、通常の強磁性体とは全く異なる磁気物性、磁区組織が観察された。

このような関係の破れが起きる臨界 APD サイズは、強磁性交換長の大きさと密接に関係していると考えられる。しかしこの物性の正確な評価・測定には高度で希少な研究設備を使用する必要があり、温度依存性の測定まで行うことは難しい。そこで単純な強磁性体である Fe,Ni を用い、磁壁内のスピン構造を観察することで交換長を評価できる手法を確立した。これにより、180 度磁壁内部のスピン構造を電子線ホログラフィーで可視化することにより、交換長をはじめとする磁気物性の評価が可能となった。

5. 主な発表論文等

1. 新津甲大, 谷垣俊明, 原田研, 進藤大輔
『電子線ホログラフィーによる磁壁観察を通じたバルク磁気物性の評価』
まてりあ 58 (2019) 106.
2. 新津甲大, 水口知大, 許キョウ, 長迫実, 大沼郁雄, 谷垣俊明, 村上恭和, 進藤大輔, 貝沼亮介
『HAADF-STEM 像強度解析による逆位相境界における規則度と偏析の評価』
まてりあ 58 (2019) 95.
3. 新津甲大, 許勝, 木村勇太, 大森俊洋, 貝沼亮介
『極低温超弾性の発現とその弾性熱量効果』
まてりあ 58 (2019) 44-46.
4. K. Niitsu, T. Tanigaki, K. Harada, D. Shindo
“Temperature dependence of 180 domain wall width in iron and nickel films analyzed using electron holography”
Applied Physics Letters 113 (2018) 222407.
5. K. Niitsu, A. Sato, T. T. Sasaki, R. Sawada, Y. Cho, Y. Takada, T. Sato, Y. Kaneko, A. Kato, T. Ohkubo, D. Shindo, K. Hono, Y. Murakami
”Magnetization measurements for grain boundary phases in Ga-doped Nd-Fe-B sintered magnet”

6. K. Niitsu, Y. Kimura, T. Omori, and R. Kainuma
“Cryogenic superelasticity with large elastocaloric effect”
NPG Asia Materials **10** (2018) e457.
7. Y. Murakami, K. Niitsu, S. Kaneko, T. Tanigaki, T. Sasaki, Z. Akase, D. Shindo, T. Ohkubo and K. Hono
“Strain measurement in ferromagnetic crystals using dark-field electron holography”
Applied Physics Letters **109** (2016) 193102.

[雑誌論文] (計 24 件)

[学会発表] (計 41 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称：粒子線装置、観察法、および回折格子

発明者：原田 研、寫田恵子、新津甲大

権利者：原田 研、寫田恵子、新津甲大

種類：特許

番号：2016-083746

出願年：2016 年

国内外の別： 国内

名称：Biprism device and charged particle beam device

発明者：K. Harada, K. Shimada, K. Niitsu

権利者：K. Harada, K. Shimada, K. Niitsu

種類：特許

番号：PCT/JP2016/087541

出願年：2017 年

国内外の別： 国外

名称：バイプリズム装置、及び荷電粒子線装置

発明者：原田 研、寫田恵子、新津甲大

権利者：原田 研、寫田恵子、新津甲大

種類：特許

番号：2015-251027

出願年：2017 年

国内外の別： 国内

○取得状況 (計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

[その他]

ホームページ等：個人ホームページ <https://kodai-niitsu.jimdo.com/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。