

交番磁気力顕微鏡を用いた NdFeB 焼結磁石 の可逆的な磁壁移動の検出

曹 永澤、趙 越、吉村 哲、榎 智仁*、西内 武司*、齊藤 準
(秋田大、日立金属*)

Detection of reversible magnetic domain wall movement by alternating magnetic force microscopy
for NdFeB sintered magnets

Y. Z. Cao, Y. Zhao, S. Yoshimura, *T. Maki, *T. Nishiuchi, H. Saito
(Akita Univ., *Hitachi Metals, Ltd.)

はじめに 磁性材料の特性向上には、磁気特性や磁気物性と構造との相関の解明に加えて、磁区構造を把握し制御することが重要となる。本研究で用いる交番磁気力顕微鏡(alternating magnetic force microscopy; A-MFM)は、磁区観察に広く用いられている磁気力顕微鏡(MFM)をベースとして開発された、高い空間分解能を有し機能性に優れた手法である¹⁾。本報告ではA-MFMの新たな機能として、可逆的な磁壁移動を高感度で検出・画像化する手法を提案する。

方法 A-MFM は、探針の磁化を交流磁場の印加により周期的に変化させることで、試料から発生する磁場を、探針試料間の交番磁気力を利用して計測する。A-MFM では超常磁性探針を用いることで、磁場の計測方向を探針に印加する交流磁場の方向に固定した磁場計測を行うことができる。A-MFM では通常は探針に印加する交流磁場により試料磁化が変化しない範囲で、試料から発生する直流磁場を計測しているが、交流磁場により試料磁化が変化する場合には、試料から発生する交流磁場の計測も同時に可能になる。磁場による試料磁化の変化には、試料磁化の磁化回転と磁壁移動があるが、本研究では磁壁移動の検出に着目し、交流磁場による可逆的な磁壁移動の検出を試みた。観察試料として、消磁状態のNdFeB異方性焼結磁石(中程度の配向度)のab面を用いて、試料面に垂直方向に交流磁場を印加して、直上の自作したCo-Gd₂O₃系超常磁性探針を励磁し、試料から発生する試料面に垂直方向の直流磁場と交流磁場を大気雰囲気下で同時計測した。

結果 図1に、ab面における垂直磁場の、(a)直流磁場像、(b)交流磁場像を示す。圧粉成形時の磁場の印加方向は図の水平方向である。図中の点線は結晶粒界の位置である。試料空間に印加した交流磁場の振幅は800 Oeである。直流磁場像では、結晶粒内で、多磁区構造が明瞭に観察されている。交流磁場像では、直流磁場像の明暗の境界に位置する磁壁の可逆的な移動に伴って発生する交流磁場を観察できる。図では磁壁の場所の違いにより移動幅や交流磁場強度が異なることがわかる。磁壁移動は振幅200 Oe以上で検出された。この値は試料面に垂直方向に直流磁場を印加したときに磁壁が移動を始める磁場と同様であった。従来の磁壁移動の検出には直流磁場を変化させながら磁壁位置を比較することが必要であったのに対して、本手法では、像の比較なしに、磁壁移動を高感度で計測できるので、本手法は、磁壁移動の容易さや、磁壁のピンング箇所等を評価する上で、有用と考えている。講演では、A-MFMで得られる直流磁場像および交流磁場像の計測信号を、可逆的な磁壁移動をモデル化して行ったシミュレーション結果と比較することで、計測理論を検討した結果についても報告する。

参考文献 1) H. Saito, まぐね/*Magnetics Jpn.*, 11, 214 (2016).

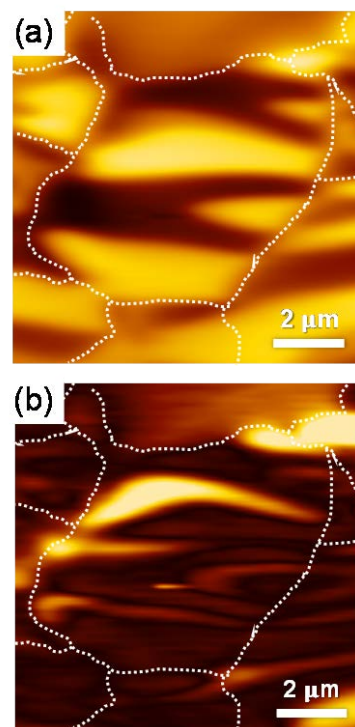


図1 A-MFMによる試料面に垂直方向の、(a)直流磁場像、(b)交流磁場像