

結晶／粒界の同一視野ナノ構造-組成-物性観察

～Nd-Fe-B永久磁石のイオンミリング-SEM-AFM観察～

SHEET No. 004

製品： 環境制御型原子間力顕微鏡 AFM5300E, ハイブリッドイオンミリング装置 IM4000 Plus, ショットキー走査電子顕微鏡 SU5000

背景および目的

電気自動車モータ等、需要が増加しているNd-Fe-B磁石の高性能化には、ナノレベルの構造、組織、磁性を結晶レベルで精密に制御し、それを観察・評価していく必要があります。ここでは、熱間加工Nd-Fe-B永久磁石※に対してイオンミリング-SEM-MFM（磁気力顕微鏡）による結晶／粒界の同一視野ナノ構造-組成-物性観察を行った事例を紹介します。

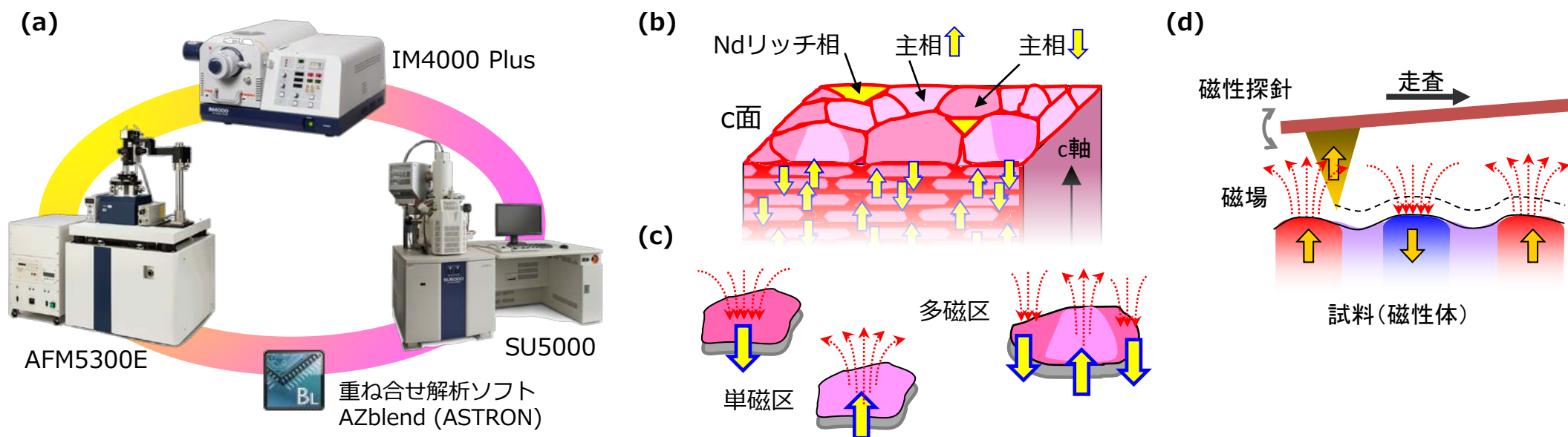


図1 (a) 熱間加工Nd-Fe-B磁石のイオンミリング平面加工およびSEM-AFM観察装置 (b) 熱間加工Nd-Fe-B磁石の結晶構造と熱消磁状態における磁化モデル (c) 単磁区、多磁区モデル (d) MFM（磁気力顕微鏡）の原理

※ 熱間加工Nd-Fe-B磁石は平均直径300 nm 程度、厚み50 nm 程度の扁平な微結晶がc軸の方向に配向しています。個々の微結晶はc軸に並行または反並行のスピンの（磁化）を持ち、1個の結晶が単一の磁化を持つ単磁区状態、複数の磁区に分かれた多磁区状態が存在します。熱消磁状態では試料全体で上向きと下向きのスピンの半数ずつになっています。

実験結果

図2にイオンミリング平面加工により結晶粒界が顕になった熱間加工磁石表面のSE（二次電子）像、BSE（反射電子）像、AFM像、MFM像を各々、重ね合わせた画像を示します。MFM/SE像では、個々の微結晶が単磁区か多磁区状態かを区別できるほど構造と磁性の関係が鮮明です。MFM/BSE像からは、BSE像で白く観察される磁性が無いNdリッチ相等が表面に存在し、MFM像ではこの領域のコントラストが弱くなっていることがわかります。¹⁾

SEM-MFM観察像の重ね合せにより、SEMのみ、あるいはMFMのみの単独の顕微鏡だけでは知りえない情報を豊富に得ることができました。

1) 山岡、辻川、安藤、蓮村、電気学会マグネティクス研究会（招待講演）、MAG-15-161, IEEEJapan, pp.39-43, 2015.

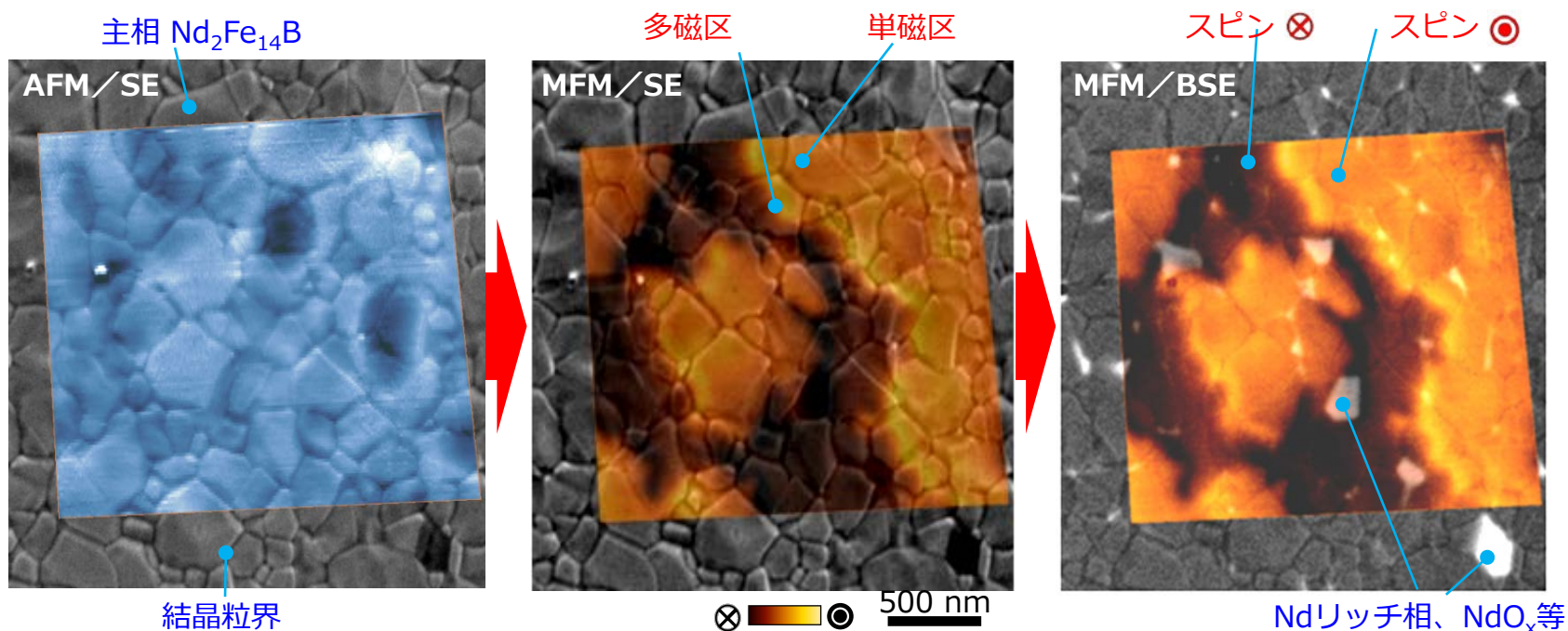


図2 熱間加工Nd-Fe-B磁石のSEM-MFM観察結果、Azblendによる重ね合せ解析（試料提供：大同特殊鋼株式会社様）

執筆者： 日立ハイテクサイエンス 応用技術部 山岡武博 辻川葉奈
日立ハイテクノロジーズ アプリケーション開発部 坂上万里 金子朝子 マーケティング部 立花繁明