

交番磁気力顕微鏡を用いたフェライト磁石の破断面における 直流および交流磁化成分の磁気イメージング

曹永澤, 江川元太, 吉村哲, 齊藤準
(秋田大学)

Magnetic imaging of DC and AC components of magnetization at fractured surface
of ferrite magnet by alternating magnetic force microscopy

Y. Cao, G. Egawa, S. Yoshimura, H. Saito
(Akita Univ.)

はじめに 我々が開発した交番磁気力顕微鏡 (Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM) は, 従来の磁気力顕微鏡では困難であった, 試料表面近傍での高分解能磁場測定を可能にした顕微鏡であり, さらに直流磁場のゼロ検出ならびに極性検出が可能な特長を有する. 昨年, A-MFM に磁気飽和のない超常磁性探針を組み合わせることで, 強い直流磁場を発生する永久磁石が計測できることを報告した¹⁾. A-MFM は探針に交流磁場を印加して探針の磁化を周期的に変化させることで試料の直流磁化成分との間に生じる交番磁気力を利用して, 試料の直流磁化成分を画像化する. 超常磁性探針では磁化が交流磁場の方向のみに周期的に変化するので, 直流磁場の計測軸を交流磁場方向と一致させた計測精度に優れた磁区観察が可能であり, 永久磁石の破断面においても磁区構造が明瞭に観察できる. さらに, 試料の磁化に交流磁場に追従して可逆的に変化する成分がある場合には, 探針の交流磁化との間で磁場周波数の2倍の周波数の引力が生じるので, 試料の交流磁化成分の画像化も同時に可能になる. 永久磁石において交流磁場印加時に磁化が変化しない成分 (直流磁化成分) と磁化が可逆的に変化する交流磁化成分とを同時観察することは, 磁化反転機構を考察する上で有用と考えられる. ここで, 交流磁化成分の強度は交流磁化率に比例すると考えられる. 本発表では, フェライト磁石の破断面において本手法を適用した結果を報告する.

方法 A-MFM は市販のプロープ顕微鏡 (日立ハイテクサイエンス製, L-trace II) の試料ステージの下に交流電磁石を設置して構成し, 交流磁場を試料ステージに垂直方向に印加して, 直上の超常磁性探針 (Gd_2O_3 -FeCo 探針を自作) を励磁し, Sr フェライト異方性焼結磁石 (結晶粒径: 約 $1\mu m$, 保磁力: 約 3 kOe) の破断面を大気雰囲気中で観察した.

結果 Fig. 1 に消磁状態の c 面の破断面において, 超常磁性探針を用いて観察した A-MFM 像を示す. 試料空間に印加した交流磁場の振幅は 200 Oe である. 図(a)の表面形状像では, 表面凹凸は約 $1.5\mu m$ であり, 通常の磁気力顕微鏡では磁区の識別が困難であったが, 図(b), (c)の垂直方向の直流磁場の強度像および極性像に見るように, 消磁状態での磁区構造が明瞭に観察できることがわかる. ここで極性像では垂直磁場の上向き/下向き (表面磁極の極性) が明暗として明瞭に識別できる. 図(d)で示した試料の交流磁化成分から発生する垂直方向の交流磁場の強度像の明部は, 磁化が交流磁場により可逆的に変化する交流磁化率の大きな箇所に対応している. 講演では, 実験手法の詳細, および試料の直流磁化成分と交流磁化成分との大きさの相関, ならびに結晶粒との関係について検討した結果を述べる. 測定試料は日立金属(株)様からご提供いただきました.

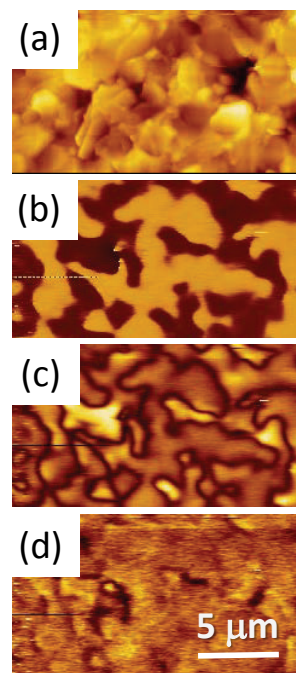


Fig.1 (a) topographic image, (b) polarity image and (c) intensity image of DC magnetic field and (d) intensity image of AC magnetic field for fractured surface of sintered Sr ferrite magnet.

参考文献 1) 中山 他, 第 39 回日本磁気学会学術講演概要集, 8pD-1 (2015).