

Nd-Fe-B 焼結磁石のマクロな磁区構造と微細組織

九州大学大学院生 渡邊 奈月 九州大学大学院生(現:日立金属) 梅本 博史
九州大学大学院総合理工学研究院 板倉 賢 西田 稔
静岡理工科大学物質生命科学科 小林久理真

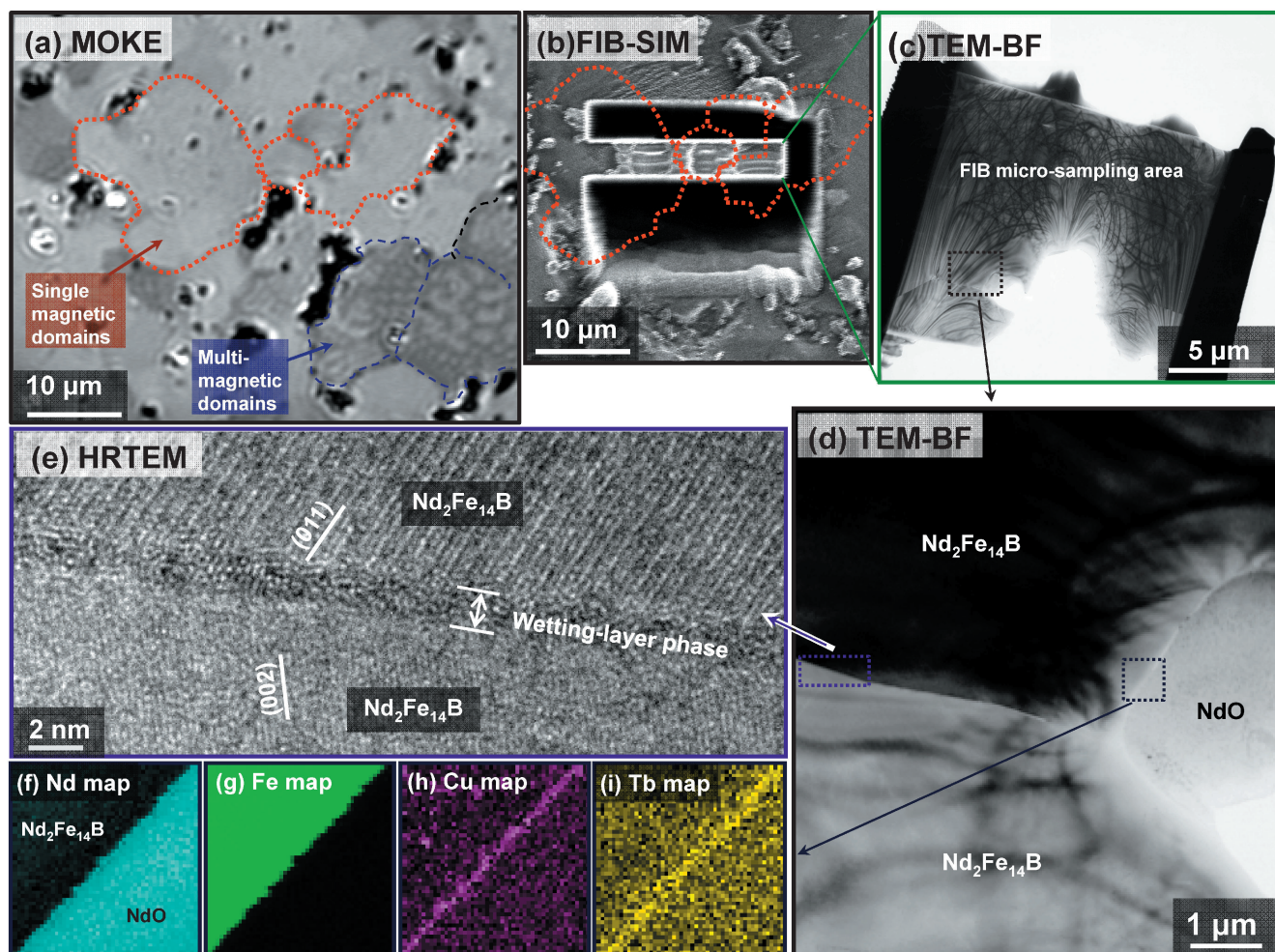


Fig. 1 (a) Kerr 効果偏光顕微鏡像, (b) 集束イオンビーム-走査イオン顕微鏡像, (c) サンプル領域の TEM 明視野像, (d) Nd-Fe-B 焼結磁石粒界部の TEM 明視野像, (e) 高分解能 TEM 像, (f)-(i) STEM-EDS 元素マッピング像.

電気自動車(EV)用のモーター等に搭載する Nd-Fe-B 焼結磁石の需要が高まっており, 熱減磁を克服するために重希土類元素をできるだけ低減して高保磁力化することが急務になっている. 最近, 主に透過電子顕微鏡(TEM)を用いた高度な微細構造解析が種々試みられ, Nd₂Fe₁₄B 粒を取り囲む極薄粒界層の存在が指摘され始めている⁽¹⁾. しかし TEM 観察では, 試料のごく限られた領域の微細構造しか解析できないため, 磁気特性に及ぼす影響を直接評価することが困難であった.

そこで著者らは, まず 5 T 着磁後に磁場を取り去った状態での磁区構造をカー効果偏光顕微鏡(MOKE)により観察した(Fig. 1(a)). 多磁区となって磁化を失った粒子群と着磁状態を保ったままの単磁区粒の領域が観察できた. この優れた抗磁力を有する

単磁区粒の粒界部を狙って集束イオンビーム(FIB)マイクロサンプリング法で切り出し(Fig. 1(b), (c)), その特定箇所について TEM 観察を行った(Fig. 1(d)-(i)). Nd₂Fe₁₄B 相同土および Nd 粒界相(NdO 相)との粒界に幅 2 nm 程の極薄界面相(wetting-layer phase)の存在が確認され, この相が Nd-Cu-Tb を含むアモルファス相であることが明確となった.

以上のように, マクロな磁区構造とナノレベルの微細構造を直結させた解析法は, 高保磁力化に最適な粒界構造を解明する上で極めて有用である.

文 献

- (1) 例えば: N. Watanabe, H. Umemoto, M. Itakura, M. Nishida and K. Machida: J. Phys. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1(2009), 01203.

(2009年7月21日受理)

Magnetic Domain Structure and Microstructure of Nd-Fe-B Sintered Magnets; Natsuki Watanabe*, Hiroshi Umemoto*, Masaru Itakura**, Minoru Nishida**, Kurima Kobayashi***(*Graduate School, Kyushu University, Kasuga. **Department of Applied Science for Electronics and Materials, Kyushu University, Kasuga. ***Department of Materials and Life Science, Shizuoka Institute of Science and Technology, Fukuroi)

Keywords: hard magnet, magnetic domain structure, scanning transmission electron microscope-energy dispersive spectroscopy(STEM-EDS), elemental mapping

TEM specimen preparation: FIB microsampling technique(HITACHI FB-2000 K)

TEM utilized: JEOL JEM-3200FSK(300 kV), FEI TECNAI-F20(200 kV)

Observation conditions: MOKE, FIB-SIM, TEM BF, HRTEM, STEM-EDS