

収差補正 STEM による $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ ナノ結晶軟磁性合金中の Cu ナノクラスターイメージング

東北大学研究教育基盤技術センター先端電子顕微鏡センター 西嶋雅彦
東北大学金属材料研究所超低損失ナノ結晶軟磁性材料研究開発センター 竹中佳生 竹内 章 牧野彰宏
東北大学金属材料研究所不定比化合物材料科学研究部門 今野豊彦

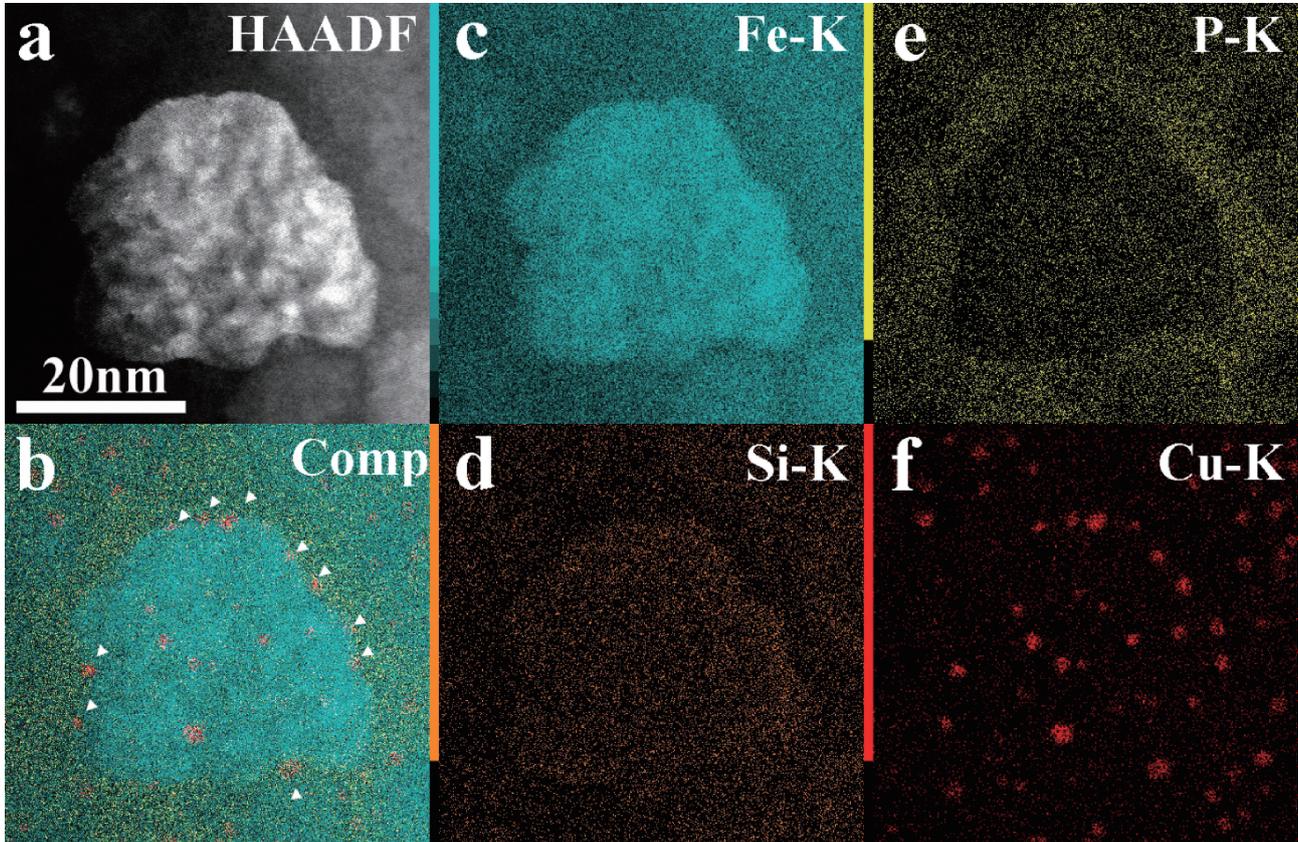


Fig. 1 $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ の α -Fe ナノ結晶の (a) HAADF-STEM 像と (b) STEM-EDS Composite map, (c) Fe-K map, (d) Si-K map, (e) P-K map, (f) Cu-K map.

送電網に用いるトランスから自動車、電化製品のモーターに至るまで磁気-電気変換時の磁気損失(エネルギーロス)は、国内全電力消費量の約3.4%にも達する。従って磁気損失の低減により電力効率を改善し更なる省エネルギーを達成する事が期待されている。超低損失ナノ結晶軟磁性合金 FeSiBPCu ⁽¹⁾は、磁気性能を落とさずに磁気損失を大幅に低減出来る革新的軟磁性材料であり、現在商用サイズでの薄帯製造に成功し⁽²⁾、実用化開発が盛んに進められている。本合金の良好な磁気特性と低損失は非晶質組織の熱処理により形成される α -Fe ナノ結晶組織により発現し、ナノ結晶粒径や体積分率、組成に依存する。

本研究では $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ 合金の α -Fe ナノ結晶に対し、球面収差補正型 STEM によるナノ領域元素分析を行った。Fig. 1 に $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ 中に形成され

た α -Fe ナノ結晶の (a) HAADF-STEM 像と (b)~(f) STEM-EDS Mapping の結果を示す。その結果、Si は粒内に多く、P はナノ結晶を取り囲む母相にはき出され非晶質相を安定化させている。Cu はナノ結晶をとり囲む表面近傍にはっきりと微細なナノクラスター(1~2 nm)として分布し⁽³⁾、 α -Fe ナノ結晶とよく整合して bcc 構造をとる。

文 献

- (1) A. Makino: IEEE Trans. Magn., **48**(2012), 1331.
- (2) A. D. Setyawan, K. Takenaka, P. Sharma, M. Nishijima, N. Nishiyama and A. Makino: J. Appl. Phys., **117**(2015), 17B715.
- (3) M. Nishijima, M. Matsuura, Y. Zhang and A. Makino: Philos. Mag. Lett., **95**(2015), 277.

(2016年7月26日受理)[doi:10.2320/materia.55.598]

Direct Imaging of Cu Nano-Cluster in an $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ Nanocrystalline Soft Magnetic Alloy by Spherical Aberration Corrected STEM; Masahiko Nishijima*, Kana Takenaka**, Akira Takeuchi**, Toyohiko J. Konno*** and Akihiro Makino** (*The Electron Microscopy Centre, Technology Center for Research and Education Activities, Tohoku University, Sendai. **Research and Development Centre for Ultra High Efficiency Nanocrystalline Soft Magnetic Material, Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai. ***Materials Science of Non-Stoichiometric Compounds, Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai)

Keywords: STEM (scanning transmission electron microscopy), EDS (energy dispersive spectrometry), Cu nano-cluster, nanocrystalline soft magnetic material

TEM specimen preparation: Ion Milling (3~0.2 keV Ar⁺ irradiation angle 5°)

TEM utilized: JEOL JEM-ARM200F (200 kV)