

# フラクタル構造を有する Mg/MgO/MgB<sub>2</sub>/Mg<sub>2</sub>Si ナノ複合体の合成とその超伝導特性

## Synthesis of Mg/MgO/MgB<sub>2</sub>/Mg<sub>2</sub>Si nanocomposites with fractal structure and their superconducting properties

神戸大<sup>1</sup>, 大阪公立大<sup>2</sup> ◯(M2)橋本 碧維<sup>1</sup>, 櫻井 敬博<sup>1</sup>, 太田 仁<sup>1</sup>, 瀬戸 雄介<sup>2</sup>, 内野 隆司<sup>1</sup>

Kobe Univ.<sup>1</sup>, Osaka Metropolitan Univ.<sup>2</sup>,

◯Aoi Hashimoto<sup>1</sup>, Takahiro Sakurai<sup>1</sup>, Hitoshi Ohta<sup>1</sup>, Yusuke Seto<sup>2</sup>, Takashi Uchino<sup>1</sup>

E-mail: 216s215s@stu.kobe-u.ac.jp

**【緒言】** 2種類以上の材料を組み合わせることにより作製される複合材料は、単独の材料では持ち得ない性質の発現が期待される。超伝導体-半導体複合体は、次世代のスピン트로ニクス・フォトエレクトロニクスデバイスの基幹材料として有望視されているだけでなく、新しいスピン秩序発現の場としても注目を集めている[1]。そこで本研究では、近年我々の研究グループが見出した Mg/MgO/MgB<sub>2</sub> 超伝導ナノ複合体[2]の出発原料として Si 元素を加えて半導体 Mg<sub>2</sub>Si を導入することで、超伝導体-半導体ナノ複合体の合成及び超伝導特性の探索を試みた。この Mg/MgO/MgB<sub>2</sub> ナノ複合体は Mg (金属), MgO (絶縁体), MgB<sub>2</sub> (超伝導体) がクリーンな界面を保ちながらフラクタル的に混合した構造を持つ。この特異な微細構造が超伝導近接効果を階層的に引き起こすために、超伝導体である MgB<sub>2</sub> が希薄 (約 16 vol%) であっても約 39 K で系全体としてバルク的な超伝導特性を示すという特性を有する [2]。本研究では、この Mg/MgO/MgB<sub>2</sub> ナノ複合体への半導体 Mg<sub>2</sub>Si の導入の効果を構造、超伝導特性の観点から調べることを目的とした。

**【実験】** Mg/B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 混合粉末に対して、Si 源として SiO 粉末を 5Mg + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + xSiO (x = 0 ~ 0.22) の組成比となるようになるように加え、Ar 雰囲気下、700 °C、6 時間で加熱することにより粉末状の超伝導体-半導体ナノ複合体を合成した。得られた粉末試料に対してさらに真空中、700 °C ~ 1100 °C で SPS 焼結を行い、緻密なバルク状の超伝導体-半導体ナノ複合体を作製した。これらの試料に対して X 線粉末回折 (XRD) 測定、磁化測定を行った。

**【結果と考察】** バルク体試料の XRD 測定及びリートベルト解析の結果 (Figure 1) より、全ての試料で MgB<sub>2</sub> の生成、さらに SiO 添加試料では Mg<sub>2</sub>Si の生成が確認された。700 °C 焼結試料の H = 10 Oe におけるゼロ磁場冷却 (ZFC) 磁化 M の温度 T 依存性 (M-T) (Figure 2(a)) より、SiO 添加試料ではバルク的な完全反磁性がより高温でかつ狭い転移幅で達成されることがわかった。T = 2 K における磁化 M の外部磁場 H 依存性 (M-H) (Figure 2(b)) より、SiO 添加試料では磁束ピンニング力の増大が見られた。焼結温度を 700 °C から 1100 °C に上昇させると、SiO 添加・非添加試料のいずれも顕著な転移幅の減少が観察された (Figure 3(a))。また M-H ヒステリシス (Figure 3(b)) より、1100 °C 焼結試料においても SiO 添加による磁束ピンニング力の増大が見られた。これらの結果は、Mg<sub>2</sub>Si が Mg/MgO/MgB<sub>2</sub> ナノ複合体の超伝導近接効果による位相整合状態を壊すことなく磁場排斥効果及び磁束ピンニング力を増強させる効果があることを示唆している。

[1] I. Suemune *et al.*, Appl. Phys. Express **3**, 054001 (2010).

[2] T. Uchino, N. Teramachi, *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 035146 (2020).

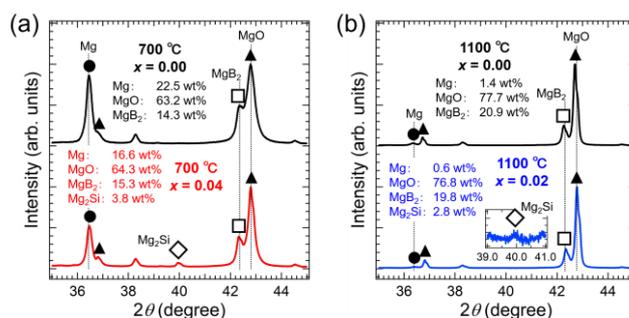


Figure 1. XRD patterns and the results of quantitative Rietveld analysis of the SPS-treated samples sintered at (a) 700 °C (x = 0.00, 0.04) and (b) 1100 °C (x = 0.00, 0.02). Inset shows a magnified view near 2θ = 40°.

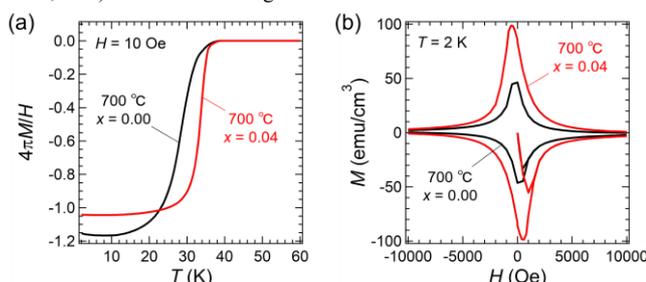


Figure 2. (a) ZFC 4πM/H-T (H = 10 Oe) curves and (b) M-H hysteresis (T = 2 K) of the SPS-treated samples for x = 0.00 and 0.04 sintered at 700 °C.

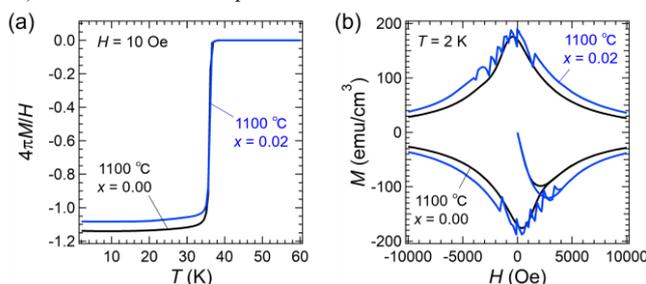


Figure 3. (a) ZFC 4πM/H-T (H = 10 Oe) curves and (b) M-H hysteresis (T = 2 K) of the SPS-treated samples for x = 0.00 and 0.02 sintered at 1100 °C.