

## 超伝導体/半導体ナノ複合材料の合成と超伝導特性

## Synthesis and superconducting properties of superconductor/semiconductor nanocomposites

神戸大<sup>1</sup> ○(M1)橋本 碧維<sup>1</sup>, 櫻井 敬博<sup>1</sup>, 太田 仁<sup>1</sup>, 内野 隆司<sup>1</sup>Kobe Univ.<sup>1</sup>, °Aoi Hashimoto<sup>1</sup>, Takahiro Sakurai<sup>1</sup>, Hitoshi Ohta<sup>1</sup>, Takashi Uchino<sup>1</sup>

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

【緒言】ナノ複合材料は、そのヘテロ界面に由来する新しい物性発現が期待されることから、近年盛んに研究が進められている。しかし、超伝導結晶を含むナノ複合材料に関してはその合成が容易でないことから、これまであまり研究が進展していない。近年、我々の研究グループは、Mg と  $B_2O_3$  のモル比が 5 : 1 の混合粉末を不活性ガス雰囲気下で 700 °C 程度で加熱すると、 $B_2O_3$  の融解と Mg との酸化還元反応が同時に起こり、絶縁体の MgO、超伝導体の  $MgB_2$ 、そして未反応の金属 Mg が微視的に混合したナノ複合材料が合成可能であることを報告した[1]。また、超伝導体である  $MgB_2$  が体積分率で 16 % 程度と希薄であっても、約 39 K で系全体としてゼロ抵抗と完全反磁性というバルク的な超伝導特性を示すことを見出した。また近年、超伝導体/半導体界面などのヘテロ界面を有するハイブリッド材料は、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ばかりでなく、新しいスピン秩序発現の場としても興味を持たれている。そこで本研究では、出発原料として代表的な半導体である Si 元素を Si 粉末あるいは SiO 粉末として新たに添加することにより、超伝導体と半導体が共存したナノ複合材料の合成を試みた。また、放電プラズマ焼結 (SPS) により緻密化させたバルク焼結体の構造特性についても調べた。

【実験】Mg/ $B_2O_3$  混合粉末に対して、Si 粉末及び SiO 粉末を  $5Mg + B_2O_3 + xSi, ySiO$  ( $x = 0.00 \sim 0.68, y = 0.00 \sim 0.87$ ) 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超伝導/半導体ナノ複合材料を合成した。SiO 添加試料についてはさらに SPS 焼結を行い、緻密なバルク体を作製した。これらの試料に対して X 線粉末回折 (XRD) 測定、FE-SEM/EDX 観察、磁化測定、磁気抵抗率測定を行った。

【結果と考察】粉末試料の XRD 測定結果 (Figure 1) より、Si 粉末及び SiO 粉末を添加することにより半導体結晶である  $Mg_2Si$  が生成することがわかった。粉末試料の  $T = 2$  K における磁化  $M$  の外部磁場  $H$  依存性 ( $M-H$ ) (Figure 2) より、Si 添加試料では磁束ピンング力が低下し、SiO 添加試料では増加することがわかった。超伝導特性の向上が見られた SiO 添加試料についてはさらに SPS 焼結によりバルク体を作製し、焼結後の構造変化を XRD 測定により分析した (Figure 3)。その結果、いずれの試料についても焼結温度 600 °C では  $MgB_2$  及び  $Mg_2Si$  のピーク強度は維持されるものの、焼結温度 1200 °C ではこれらの結晶のピーク強度は殆ど消失した。したがって、試料内に  $MgB_2/Mg_2Si$  を共存させた状態で、SPS 焼結を行うためには、焼結温度は 600 °C 程度までに押さえる必要があることが分かった。発表では、このようにして作製した焼結試料の超伝導特性についても報告する。

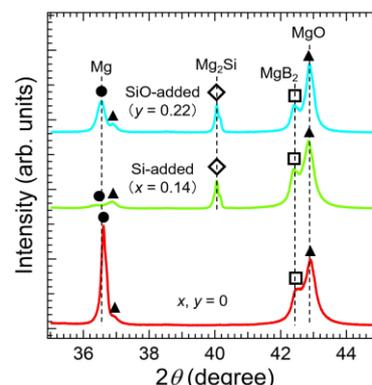
[1] T. Uchino, N. Teramachi, *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 035146 (2020).

Figure 1. XRD patterns of the powder samples.

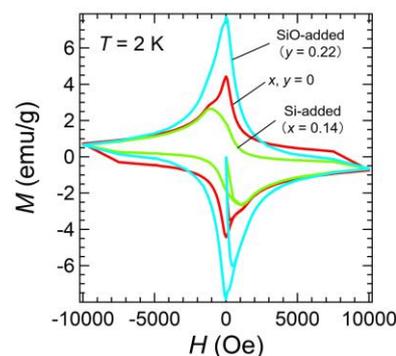
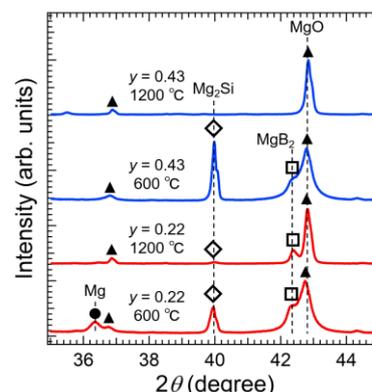
Figure 2.  $M-H$  hysteresis of the powder samples.

Figure 3. XRD patterns of the SPS samples. The sintering temperatures are indicated in the figure.