

ビタミン C を添加した MgB₂バルクの超伝導特性Superconducting properties of MgB₂ bulks Synthesized by Vitamin C addition○笠原清太郎¹, 中山佳威², 鈴木将友¹, 三浦悠太¹, 久保田洋二³* Seitaro Kasahara¹, Yoshitake Nakayama², Masatomo Suzuki¹, Yuta Miura¹, Yoji Kubota³

We investigated the effect of Vitamin C (VC) addition on superconducting properties of MgB₂ bulks. All sample were fabricated by an in situ Mg diffusion method using compacted boron powder, compacted mixtures of VC and Boron powders, Mg powder. X-ray diffraction patterns showed that all samples consist of MgB₂ with a trace amount of MgO. The secondary phase is found to be independent of doping amounts despite of its oxygen content in the additive. The VC addition was found to be effective for the improvement of critical current densities for MgB₂ materials.

1. はじめに

2001 年に発見された MgB₂ 超伝導体は、金属系超伝導体のなかで最も高い臨界温度 $T_c = 39$ K を持っている。このことから、実用化に向け臨界電流密度 J_c を上げる研究がおこなわれている。また、SiC や炭素を添加することで J_c が向上するという報告がされている^[1]。ここでは、Vitamin C (以下を VC) を添加剤として使用した。B と Mg と VC の圧粉体に Mg を添加して熱処理をする方法と、B と VC の混合物を熱処理したものと Mg を混合した圧粉体に Mg を添加し熱処理する方法で MgB₂ を作製し、 J_c の向上を試みた。

2. 実験

試薬には、VC (99.6%, 粉, Wako), Mg (99.99%, 150 μ m, レアメタ), B (99%, 45 μ m, フルウチ) と Mg (99.9%, 3-5mm, レアメタ) を使用し、MgB₂ の質量に対し 2.5wt.% の VC と、0, 4, 6, 8wt.% の Mg を秤量した。試薬の混合には方法 I と II を用いた。前者は、Ar ガス中で B, 2.5wt.% の VC と 0, 4, 6, 8wt.% の Mg を混合し、試薬の組成比の異なる 4 種類の混合粉末 I を作製する。後者は、Ar ガス中で B と 2.5wt.% の VC を混合し、これを Ta 管に入れアーク溶接で封管する。これを石英管の中に真空封入し、240 $^{\circ}$ C で 1 時間の熱処理をする。次に、Ar ガス中で Ta 管の中から取り出した粉末に 0, 4wt.% の Mg を別々に加えて 2 種類の混合物 II を作製する。混合物 I, II をそれぞれ 9t - 10min で加圧し、圧粉体を作製する。それらを Ar ガス中で Ta 管にモル比 (B : Mg = 1 : 1) とする残りの Mg と一緒に入れ、アーク溶接し封管する。封管した Ta 管を 1100 $^{\circ}$ C で 5 分間、その後 710 $^{\circ}$ C

で 14, 24 時間の反応熱処理をし、急冷を行った。次に、695 $^{\circ}$ C で 30 分間で Ta 管内の残留 Mg の除去を行った。SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) を用いて磁化測定と X 線回折測定によって試料の超伝導特性と組成を評価した。 J_c は拡張 Bean モデルを用いて式 (1) より導出した。

$$J_c = \frac{\Delta M}{a \left(1 - \left(\frac{a}{3b} \right) \right)} \quad (1)$$

ここで、 ΔM は磁場の上昇時と下降時の磁化の差である。試料の大きさは $2a \times 2b \times 2c (a < b)$ の平板であり、直流磁場は $2a \times 2b$ 面に対して垂直方向に印加する。

3. 実験結果と考察

Table 1 には試料の諸元と熱処理条件を示。Table 1 の混合粉末の作製方法に方法 I, 方法 II を示す。

Figure 1 は #9, 10 と #4, 6, 8 の試料の XRD のパターンを示す。#4, 6, 8 から MgO の量は混合粉末を作製する際に添加した Mg の量に依存しない。#10 は #4, 6, 8 に比べ MgO のピークが小さいことがわかる。

Figure 2 は熱処理を 1100 $^{\circ}$ C で 5 分間の後、710 $^{\circ}$ C で 14 時間した試料の J_c 対 B_{ex} のグラフである。この図より、#1 の試料は全磁場領域で最も J_c が高くなることが分かる。また、710 $^{\circ}$ C で 14 時間と 24 時間の試料では 14 時間の試料の方が低磁場領域で J_c が高くなる。

Figure 3 は方法 II で作製した #9, 10 の試料と方法 I で

作製した#2, 4 の試料の J_C 対 B_{ex} のグラフである. これより, 明らかに#10の J_C が全領域で高くなる. この結果より試薬を混合する際, B と VC に熱処理を加える方法Ⅱは熱処理をしない方法Ⅰより高い J_C が得られると考えられる.

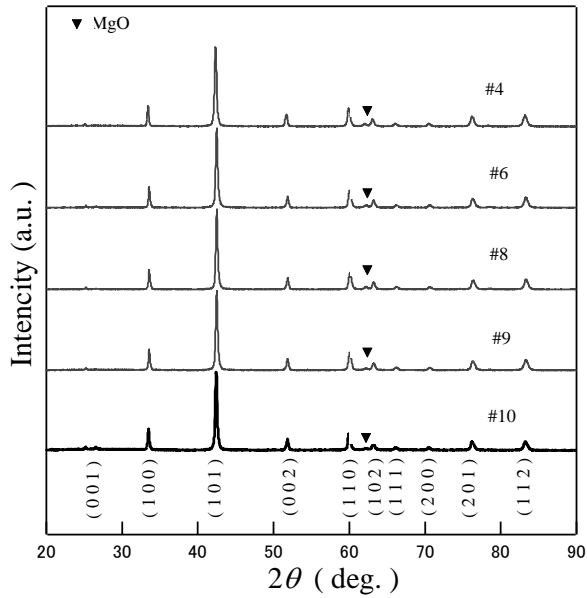


Figure 1. X-ray patterns

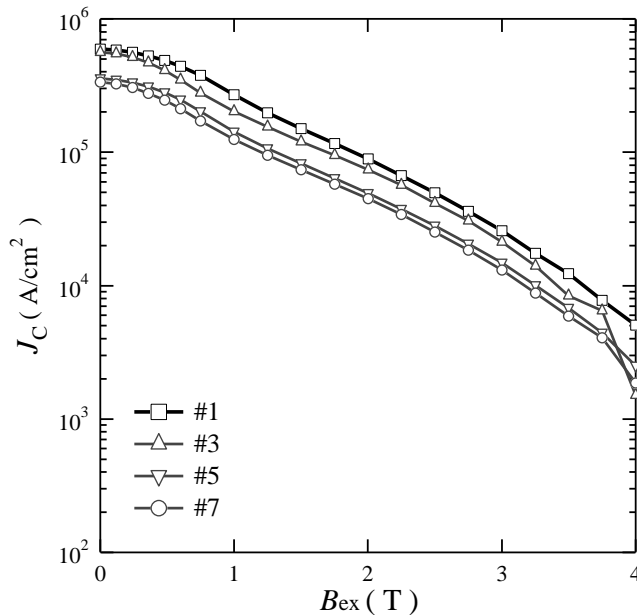


Figure 2. J_C at 20 [K] v.s. B_{ex} , Heat Treatment 710°C-14h, after 1100°C-5min.

今後, 方法Ⅱで熱処理条件やMgの量を変えて, さらなる J_C の向上をめざす予定である.

Table 1. Samples

試料	作製方法	Mg [wt.%]	熱処理条件
#1	I	0	1100°C-5min, 710°C-14h
#2			1100°C-5min, 710°C-24h
#3		4	1100°C-5min, 710°C-14h
#4			1100°C-5min, 710°C-24h
#5		6	1100°C-5min, 710°C-14h
#6			1100°C-5min, 710°C-24h
#7		8	1100°C-5min, 710°C-14h
#8			1100°C-5min, 710°C-24h
#9	II	0	1100°C-5min, 710°C-24h
#10		4	1100°C-5min, 710°C-24h

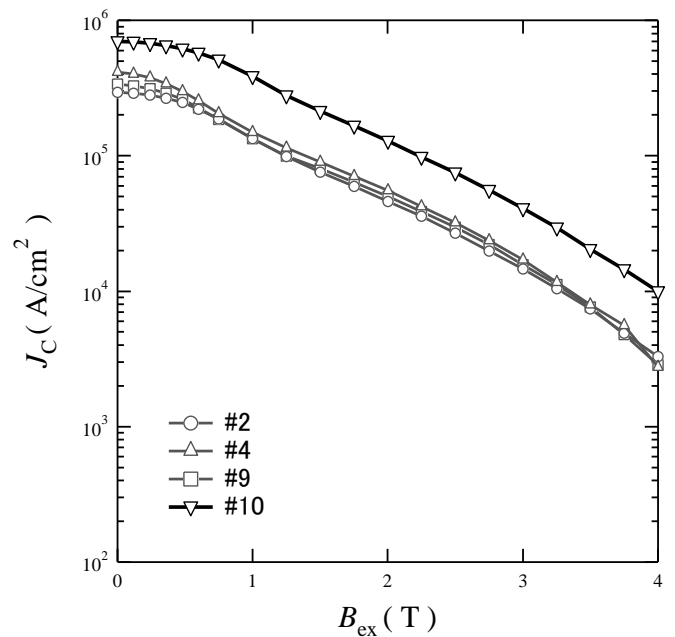


Figure 3. J_C at 20 [K] v.s. B_{ex} , Heat Treatment 710°C-24h, after 1100°C-5min.

参考文献

[1] S. X. Dou, S. Soltanian, J. Horvat, X. L. Wang, S. H. Zhou, M. Ionescu, H. K. Liu, P. Munroe, and M. Tomsic: "Enhancement of the critical current density and flux pinning of MgB2 Superconductor by nanoparticle SiC doping" Appl. phys. Lett. 81 (2002) 3419-3421