

母材粉砕法によるBi系高温超伝導ウィスカーの高速育成と成長機構検討

Mechanism Study of Rapid Growth of Bi-based High Temperature Superconducting Whiskers Using Pulverized-Glassy-Quenched Platelets

米子高専¹, 物材機構², 豊橋技科大³ °田中 博美¹, 山本 紗矢香¹, 松本 凌², 高野 義彦², 武藤 浩行³

National Inst. of Tech., Yonago College¹, National Inst. for Materials Science², Toyohashi Univ. of Tech.³

°Hiromi Tanaka¹, Sayaka Yamamoto¹, Ryo Matsumoto¹, Yoshihiko Takano², and Hiroyuki Muto³

E-mail: hitanaka@yonago-k.ac.jp

1. 序論

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n=1\sim3$) 高温超伝導ウィスカー (以後、Bi系超伝導ウィスカー) は、結晶性および電気的特性において優れている。そのため、Bi系超伝導ウィスカーは高温超伝導体の応用を目指した研究対象として適している。

一方、Bi系超伝導ウィスカーは作製効率が悪く大型のものが得られにくいという問題がある。

そこで我々は近年、Bi系超伝導ウィスカーの作製効率を改善するための検討を行ってきた。具体的には、母材であるガラス急冷体を粉砕し、育成雰囲気中の原料蒸気圧を高める手法を導入した[1]。この“母材粉砕法”を用いると成長速度が従来法 (ASGQP法: Al_2O_3 -Seeded Glassy Quenched Platelets Method [2]) と比べて大幅に改善する。しかしながら、その成長機構については不明な点が多い。

そこで本研究では母材粉砕法によるBi系超伝導ウィスカー育成の更なる高効率化を目指して、育成機構に関する諸検討を行った。

2. 実験方法

粉末状の材料を組成比 $\text{Bi} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu} = 1 : 1 : 1 : 2$ で計量・混合し、 1300°C のマッフル炉で熔融する。その後、 Al_2O_3 粉末を散布した鉄板で挟み込んで急冷することで母材を作製した。その後、作製したガラス急冷体 (以後、母材) を $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 0.7\text{mm}$ 程度に粉砕した。

次に、この粉砕した母材を Al_2O_3 燃焼ボート上に充填し、加熱処理することでウィスカーの育成を行った。この時、各育成条件は育成温度: $870\sim890^\circ\text{C}$ 、酸素流量: 120ml/min 、育成時間: $24\sim96\text{h}$ とした。育成したウィスカーの評価は走査型電子顕微鏡、抵抗-温度特性、電流-電圧特性、電子線プローブ微小部分分析などにより行った。

3. 結果と検討

図1に各育成法で得られたBi系高温超伝導ウ

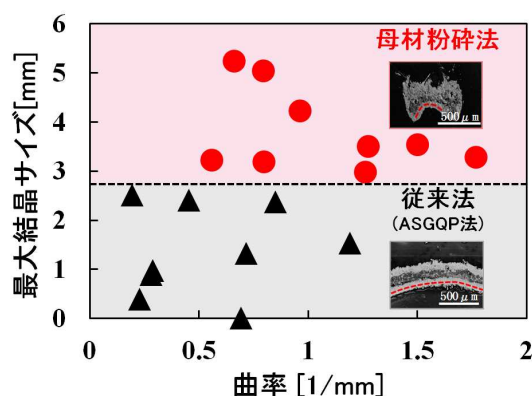


図1 母材粉砕法で育成したBi系超伝導ウィスカーの最大結晶サイズと母材曲率の関係 (育成時間: 96h)

ィスカーの最大結晶サイズ(a軸方向)と育成後の母材曲率の関係を示す。挿入図に示す母材断面の電子顕微鏡像から分かるように、従来法であるASGQP法に比べ母材粉砕法では母材が大きく湾曲した。このことから母材粉砕法では母材に加わった内部応力が大きいことが予想される。実際、10回程度の再現実験を行ったところ、母材粉砕法で育成した母材の曲率は、従来法であるASGQP法に比べて増加傾向を示した。また、母材曲率の増加に伴ってBi系超伝導ウィスカーの最大結晶サイズも改善されている。この結果は、母材断面の形状から予想された結果と矛盾しない。

一般に加熱時の材料曲率の大きさは残留応力と相関がある。従って、母材粉砕法によるBi系高温超伝導ウィスカー成長の駆動力は、これまで考えられてきた気相成長以外にも残留応力が関係していることが示唆された。

[1] 田中ら., 第74回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, p. 11-015 (2013).

[2] H. Uemoto et al., Physica C, Vol. 392-396, pp.512-514 (2003).