

Bi-2223 テープ材組織と臨界電流特性に 及ぼす磁場の影響

Effect of the magnetic fields on microstructure and critical current properties
of the Bi-2223 tapes

秋田大工学資源学部 魯 小葉、菅原和久、
東北大金研 渡辺和雄、東北大学低温センター 野島 勉

X.Y. Lu^A, K. Sugawara^A, K. Watanabe^B and T. Nojima^C

^A Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University,

^B Institute for Materials Research, Tohoku University,

^C Center for Low Temperature Science, Tohoku University

1. はじめに

我々はこれまでに Bi-2223 相組成を用い Bi-2223 相の生成と配向性について溶融・凝固・焼結プロセスにより検討してきた。溶融・凝固により生成した超伝導相は Bi-2201 および Bi-2212 相で、表面および基板界面近傍では薄く配向して生成し、Bi-2223 相は凝固後の長時間の焼結により生成し、配向性は凝固生成した Bi-2201 および Bi-2212 相の配向性を受け継ぐことを明らかにした。さらに、強磁場中での半溶融・凝固後の Bi-2223 相の生成と配向性を調べた。半溶融・凝固後の試料では磁場方向に c 軸配向した Bi-2212 相が生成した。さらに大気中 840 で 240 h 焼結すると、これらの c 軸配向した Bi-2212 相は c 軸配向した Bi-2223 相に転換する。これまでの磁場中での Bi 系超伝導相の結晶成長はバルク試料により検討したが、Bi-2223 テープ材組織と臨界電流特性に及ぼす磁場の影響についてまだ検討していなかった。

本研究では、原料に高体積率で Bi - 2223 相が得られる市販の共沈 Bi - 2223 粉末を用い銀シーステープ線材を作製し、強磁場中でそれらを焼結処理することにより高密度化および高配向化を図り、高 J_c 材料の作製を試みるものである。高密度化および高配向化には半溶融処理が有効

に働き、そのとき同時に強磁場を付加することは、結晶の帯磁率の異方性を利用して配向性をさらに改善することが期待される。

2. 実験方法

$\text{Bi}_{1.85}\text{Pb}_{0.35}\text{Sr}_{1.90}\text{Ca}_{2.05}\text{Cu}_{3.05}\text{O}_x$ 組成の湿式共沈粉末（同和株式会社製）を用いて、PIT 法により、銀シース Bi-2223 テープ材を作製した。これらのテープ試料をイソライトレンガにのせ、超伝導マグネットに組み込まれた電気炉中にテープ試料表面が磁界 H_a に垂直になるようにセットし、大気中 0 ~ 10T 磁場中で 835 ~ 855 範囲での温度で 120 時間の焼結処理を行った。これらのテープ試料を X 線回折、帯磁率測定、臨界電流密度測定、SEM 観察などにより、テープ材の組織および超伝導特性について検討した。

3. 実験結果および考察

Fig.1 には 10T 磁場中でそれぞれ 835 、 840 、 845 、 850 で 120 時間焼結した試料の帯磁率の温度依存性を示す。全ての試料には 2 種類の超伝導相（Bi-2212 相と Bi-2223 相）に相当する反磁性が約 80 K と 108K で現われる。835 と 840 で焼結した試料が 845 と 850 で焼結した試料より大きな Bi-2223 相の反磁性

を示した。

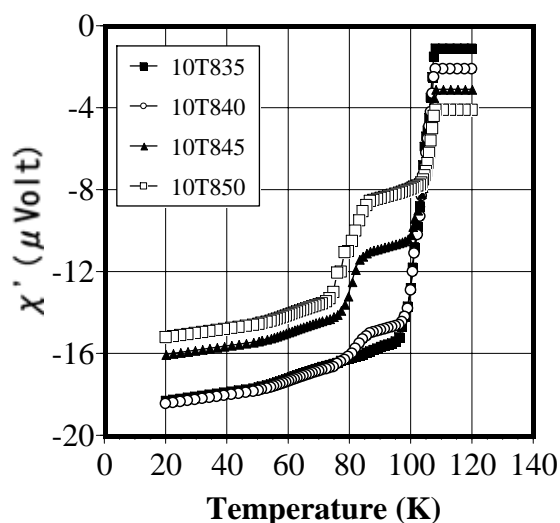


Fig.1 10 T 磁場中でそれぞれ 835 、840 、845 、850 で 120 時間焼決して試料の帯磁率の温度依存性

Fig.2 は磁場をかけてないで 840 で焼結したテープ試料の銀界面付近と中心部での X 線回折パターンである。銀界面付近での c 軸ピークが中心部での c 軸ピークより強く現れることが見られる。

Fig.3 は 10T、840 で焼結したテープ試料の銀界面付近と中心部での X 線回折パターンである。銀界面付近だけではなく中心部でも c 軸ピークが強く現れた。以上の結果より、840 で焼結す

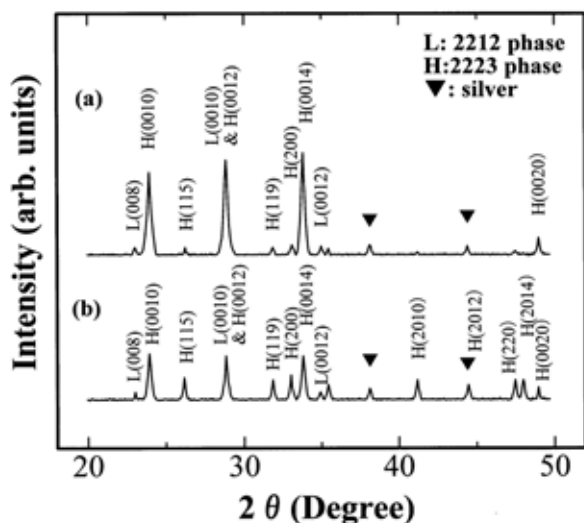


Fig.2 855 -0T で半溶融処理したテープ試料の銀界面付近(a)と中心部(b)での X 線回折パターン

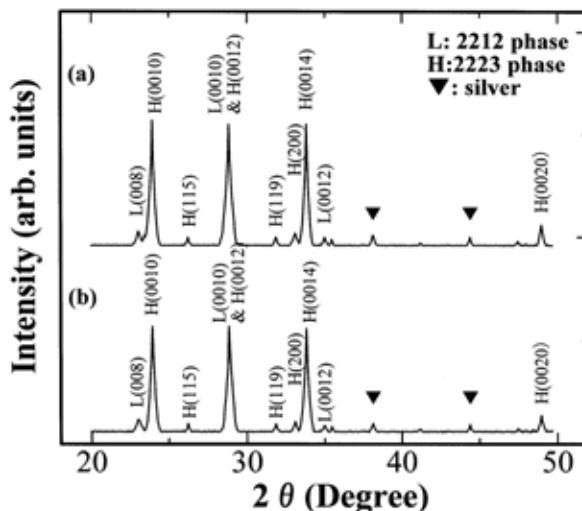


Fig.3 855 -10T で半溶融したテープ試料の銀界面付近(a)と中心部(b)での X 線回折パターン

る時磁場をかけると、テープ材中心部での Bi-2223 相の配向性が高くなることが分った。

Fig.4 は 10T で 835 、840 、845 焼結したテープ試料の中心部での X 線回折パターンである。835 で焼結したテープ材では高い Bi-2223 相の生成率を示したが、低い c 軸配向性を示した。845 で焼結したテープ材はでは高い Bi-2223 配向性を示したが、Bi-2223 相の生成率が低かったことを示した。さらに、10 T 磁場中 840 で焼結したテープ材では高い Bi-2223 相の配向性と生成率を示したことが分った。

Fig.5 は 0T、4T、10T で 840 焼結したテープ試料の中心部での X 線回折パターンである。10T で焼結したテープ材では高い Bi-2223 相の c 軸配向性を示し、0 T で焼結したテープ材はでは低い Bi-2223 配向性を示した。840 で焼結過程における磁場の増加によって、Bi-2223 相の c 軸配向性が増大することを示したが、磁場の増加により Bi-2223 相生成率の影響をあまりしなかったことが分った。

Fig.6 と Fig.7 はそれぞれ 0T と 10T 磁場処理した試料の SEM 写真である。磁場を付加しない場合は c 軸配向した Bi-2223 結晶が試料の表面層 (Fig.6b) に存在し、内部は (Fig.6a) ように Bi-2223 結晶の配向性は全く見られないのに対して、10T

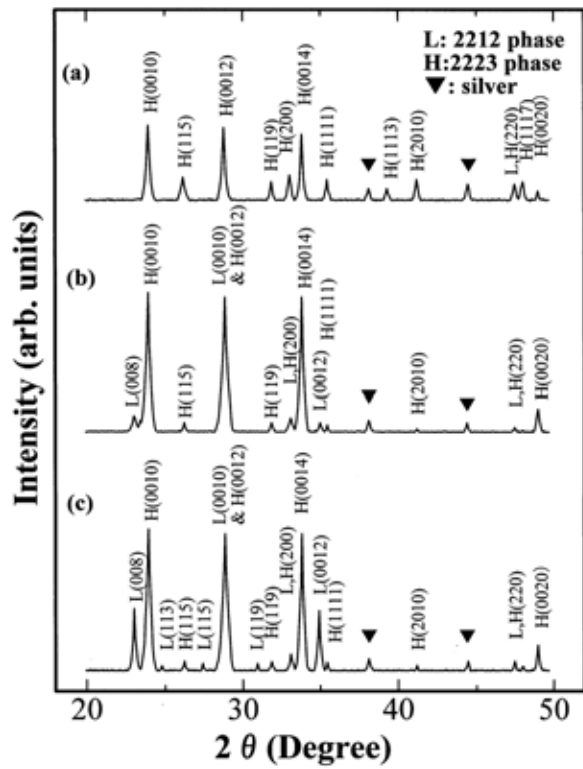


Fig.4 10T で 835 (a)、840 (b)、845 (c) 焼結したテープ材試料の中心部での X 線回折パターン

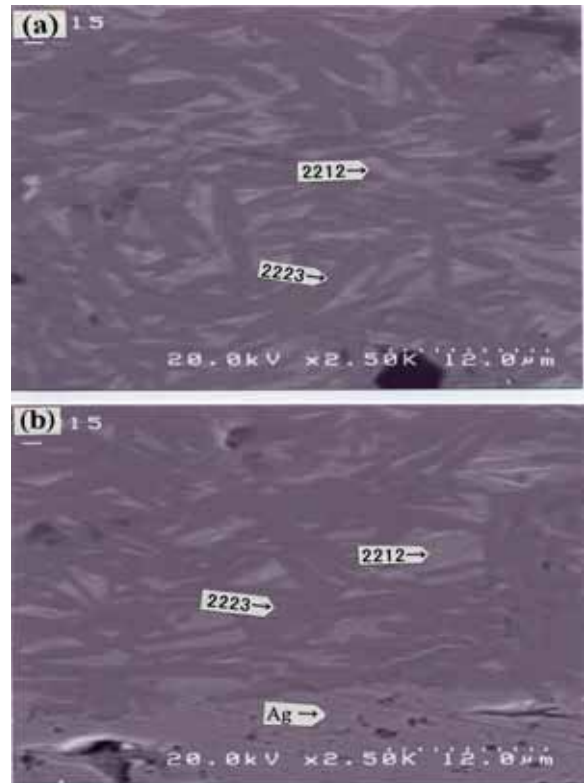


Fig.6 0T、840 で焼結したテープ材試料の中心部(a)と表面層(b)での SEM 写真

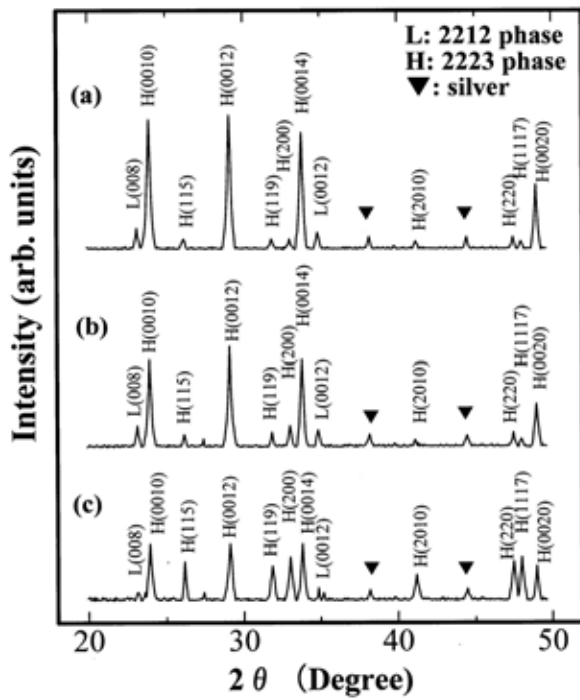


Fig.5 840 で 10T(a)、4T (b)、0T(c)で焼結したテープ材試料の中心部での X 線回折パターン

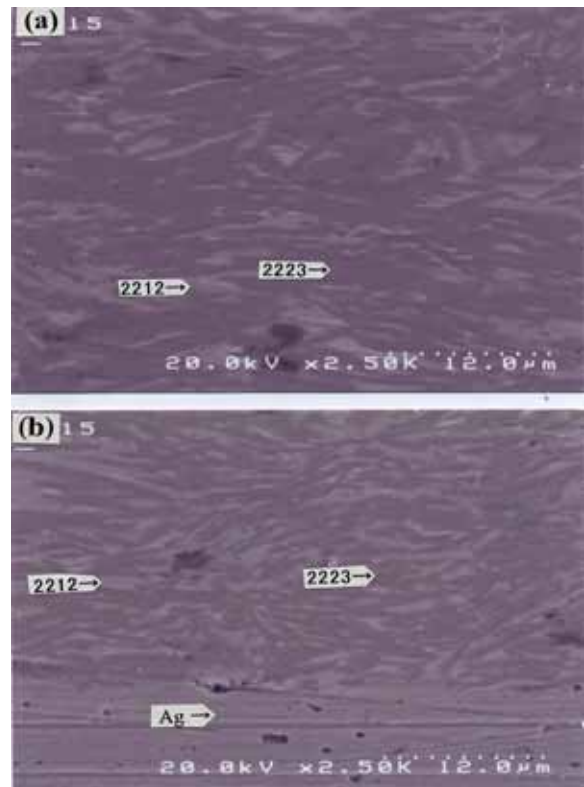


Fig.7 10T、840 で焼結したテープ材試料の中心部(a)と表面層(b)での SEM 写真

の強磁場を付加した場合には、c軸配向したBi-2223結晶が表面層 (Fig.7b)だけでなく、試料の内部 (Fig.7a)にも存在することがわかった。この結果はX線回折実験の結果 (Fig.2とFig.3)と一致している。

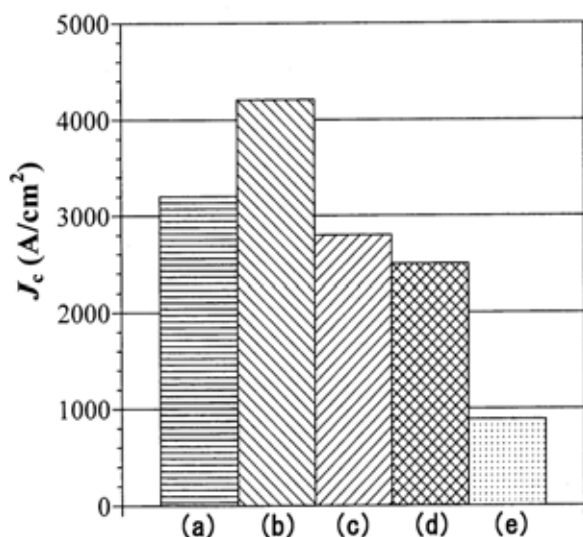


Fig.8 835 °C-10T(a), 840 °C-10T(b), 840 °C-0T(c), 845 °C-10T(d), 850 °C-0T(e)処理したテープ材の臨界電流密度

Fig.8 はそれぞれ 10T-835 °C、0T-840 °C、10T-840 °C、10T-845 °C、10T-850 °C 処理したテープ材の臨界電流密度を示す。840 °Cでの焼結過程において磁場印加しない場合より、10T磁場印加した場合の試料で高い臨界電流密度を示した。さらに 10T磁場中で 835 °C、840 °C、845 °C、850 °C、855 °C 温度で 120時間焼結実験を行った結果より、10T磁場中840 °Cで120時間焼結した試料の臨界電流密度は最も高かったことがわかった。

4.まとめ

10T磁場中で835 °C、840 °C、845 °C、850 °C、855 °C 温度で120時間焼結実験を行った結果より、10T磁場中840 °Cで120時間焼結した試料の臨界電流密度は最も高かったことがわかった。835 °Cで焼結したテープ材ではBi-2223相の生成率が高いですが、Bi-2223相のc軸配向性が低かった。845 °Cで焼結したテープ材では高いBi-2223配向性を示したが、Bi-2223相の生成率が低かった。10T磁場中840 °Cで焼結したテープ材では高いBi-2223相の配向性と生成率を示した。