

Bi-2223 テープ線材の特性に及ぼす加圧焼結処理の効果

98232074 松下研究室 宮本麻依子

はじめに Bi-2223はアスペクト比の大きい a 、 b 軸方向に成長した板状結晶で、圧延などの機械的処理によって容易に配向することから、超伝導テープ線材に適した材料であると言える。しかし、現在のテープ線材の性能は十分なものとは言えず、実際の応用のためには更なる線材の臨界電流特性の改善が必要とされている。そこで、本研究ではPIT(Powder In Tube)法における焼結プロセスに一般的な大気圧焼結処理がなされた試料と特性改善を目的として加圧焼結処理がなされた試料の比較を行うことによって、加圧焼結処理が臨界電流特性にどのような効果を及ぼしているかを評価する。ここではBi系超伝導線材の問題として、弱結合や超伝導フィラメントのソーセージングによる低い n 値が挙げられる点について、超伝導フィラメントの観察を行なうことにより、加圧焼結処理によるソーセージングへの影響を比較する。尚 n 値とは、 E - J 曲線の電界の立ち上がりを表した関係式 $E \propto J^n$ における指数であり、抵抗遷移の鋭さを表す尺度である。そして n 値は一般に、高温・高磁界において低下する性質をもつ。またここでは、結晶の c 軸配向や、不可逆磁界等に対するの加圧焼結処理の効果についても検討する。

実験 試料は、住友電気工業（株）から提供されたPIT法により作製されたBi-2223銀シース多芯線材で、大気圧焼結処理と加圧焼結処理をした二種類である。臨界温度 T_c は加圧焼結処理がなされた試料1で107 K、大気圧焼結処理がなされた試料2で108 Kで、77.3 Kの自己磁界中での臨界電流 I_c は試料1が126 A、試料2は104 Aであった。テープの長さ方向に沿った断面の様子を光学顕微鏡によって観察し、超伝導フィラメントの厚さをテープの長さ方向に沿って1.5 mm間隔で測定し、厚さの分布を得た。また、Bi-2223銀シーステープ線材の E - J 特性と臨界電流密度 J_c を評価するために、通電法である四端子法（抵抗法）を用いた。この測定法では、磁界印加角度を変化させた。臨界電流密度は $E_c = 1.0 \times 10^{-4}$ V/mの電界基準で決定した。更に磁氣的測定としてSQUID磁力計を用いて、 J_c - B 特性を評価するために直流磁化法を用いた。

結果及び検討 図1はテープの長さ方向に沿って光学顕微鏡で観測した試料1,2の超伝導フィラメントの厚さの分布である。試料1は図のヒストグラムの実線の平均値 $\langle d \rangle = 15.8 \mu\text{m}$ 及び標準偏差 $\sigma_d = 4.5 \mu\text{m}$ の正規分布によって近似できる。同様に試料2では $\langle d \rangle = 18.7 \mu\text{m}$ 、 $\sigma_d = 5.8 \mu\text{m}$ の正規分布によって近似できる。 $\sigma_d/\langle d \rangle$ の値を比較すると試料1が0.28、試料2が0.31であることから加圧焼結によりフィラメントの分布がよりシャープになっていると言える。また、正規分布の近似から外れた厚いフィラメントが加圧焼結試料で少なくなっており、こうしたことから加圧焼結処理により、フィラメントのソーセージングが改善されたと言える。

n 値についての測定結果を図2に示す。図2の測定は液体窒素中(77.3K)で、四端子法(通電法)によって測定した。また磁界印加角度は、テープ面に対して垂直方向である。図2より、試料2に対して試料1の n 値は全体的に向上しており、特に低磁界領域でその差が大きく表れている。また、試料2に比べると試料1は各磁界での J_c が向上しており、特に不可逆磁界近傍においてその傾向が顕著である。以上の加圧焼結による特性向上は、フィラメント内の空隙の減少によって、結晶の c 軸配向が改善され、これによって磁束ピンニング特性が改善されたことを示唆している。

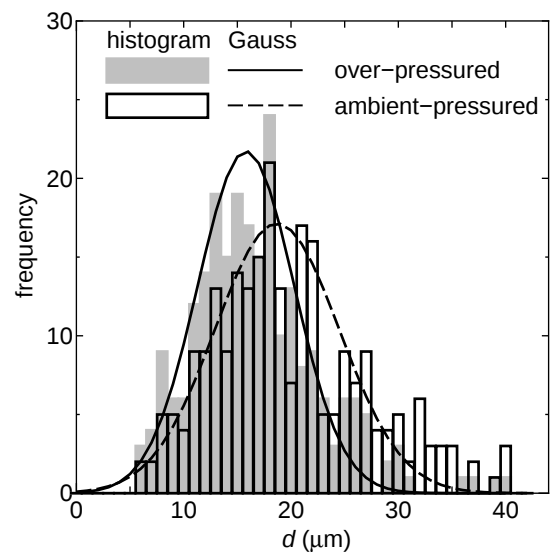


図1 試料1と試料2の超伝導フィラメントの厚さの分布

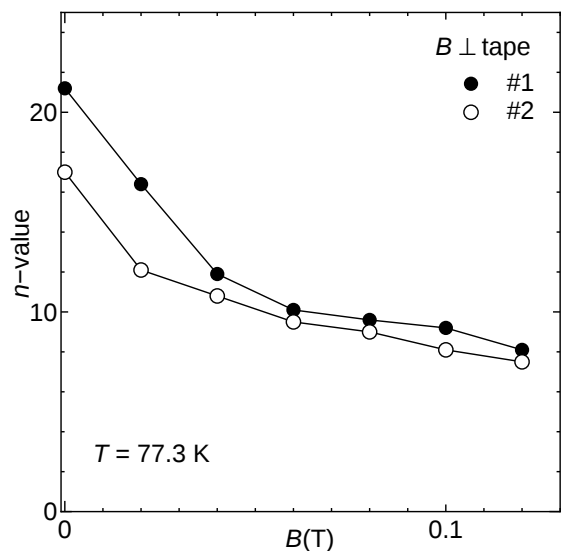


図2 試料1と試料2の n 値の比較