

酸化物高温超電導体微粒子の衝撃圧縮による固化と磁気センサへの応用

東京工科大バイオニクス*¹, 近畿大院総合理工学*²,
東北福祉大*³, 東北大金研*⁴

毛塚博史*¹, 山形一斗*², 伊藤峯雄*², 菊地昌枝*³, 阿藤敏行*⁴, 川崎雅司*⁴, 福岡清人*⁴

Shock Compaction of Oxide Superconductor Particles for a Magnetic Sensor

Hiroshi Kezuka*¹, Kazuto Yamagata*², Mineo Itoh*², Masae Kikuchi*³, Toshiyuki Atou*⁴,
Masashi Kawasaki*⁴, and Kiyoto Fukuoka*⁴

*¹ Faculty of Bionics, Tokyo University of Technology, 1404-1 Katakura, Hachioji, Tokyo 192-8580

*² Graduate School of Science and Engineering, Graduate School of Kinki University,
3-4-1 Kowakae, Higashi-Osaka, Osaka 577-8502

*³ Tohoku Fukushi University, 1-8-1 Kunimi Sendai, 981-8522

*⁴ Institute for Material Research, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai, 980-8577

Key Words : Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O superconductor, shock-compaction, magnetic sensor, superconductor particle

Abstract : Shock compaction technique for Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O (BPSCCO) oxide superconductors particles have been investigated to obtain higher critical current density (J_c). From present research, BPSCCO specimens which were fabricated by shock-compaction technique are very attractive material as a highly sensitive magnetic sensor. The magnetic sensitivity of the specimen is about $10\%/ (10^{-4} \text{ T})$ over the range of measuring magnetic field B_{meas} from 0 to $4 \times 10^{-4} \text{ T}$, under constant $25 \times 10^{-4} \text{ T}$ of the biased magnetic field B_{bias} , which is about 10 times greater than that of a giant magnetoresistance (GMR) sensor.

1. はじめに

磁気センサは非接触で電磁気量や力学量の測定が可能である。そのため、磁気そのものの検出だけでなく、位置検出、方位検出、生体計測、非破壊検査、交通システム、防犯システム等、その応用分野は広範囲に渡る。近年、微小範囲で発生する微弱磁場の測定が可能な物性型の高感度磁気センサの開発要求が高まっている。このようなセンサを開発すると新規な磁気情報の発見や技術革新に結びつく可能性がある。そのため、様々な磁気効果を用いて高感度磁気センサの開発が進められている。BPSCCO 磁気センサの感度はこれまでの実験結果より、製作した酸化物超伝導体磁気センサの超伝導特性が良いほど高い感度を示すことがわかった。そこで、磁気センサの原材料である超伝導粒子の超伝導特性が改善できれば、より高感度な磁気センサを製作できる可能性がある。これまでの研究結果より、衝撃圧縮を実施しただけでは超伝導粒子の超伝導特性が悪くなるが、その後、焼成を施すと衝撃圧縮を行わず同様に焼成した試料と比較して超伝導特性が良くなる。本研究では、原材料の超伝導粒子の超伝導特性の改善を衝撃圧縮法を利用して試み、衝撃圧縮を施した試料を焼成、加工して磁気センサとして応用することについて調査を行った。その結果、製作したセンサでは約 $10\%/ (10^{-4} \text{ T})$ という非常に高い磁気感度が得られた。すなわち、巨大磁気抵抗 (GMR) センサの約 10 倍の感度を持つセンサの製作に成功した。

2. 実験方法

衝撃圧縮用試料は高温超伝導体粒子をプレス機によって約 300 MPa の圧力を加え、直径 10 mm、厚さ 1 mm のペレット状にした。銅製のターゲットに封入し、衝撃銃による衝撃圧縮後（約 4 GPa）、焼成を行っ

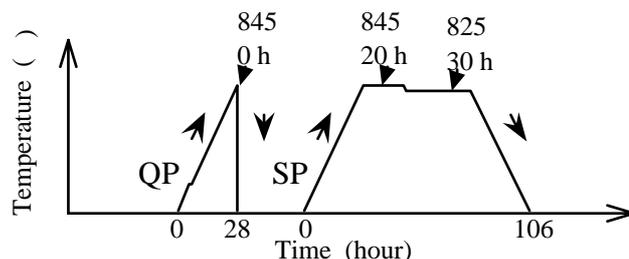


Fig. 1. Quenching and sintering processes for BPSCCO specimen after the shock compaction.

た。Fig. 1はBPSCCO 酸化物超伝導体試料の焼成プロセスである。焼成はクエンチングプロセス(QP)を行ってからシンタリングプロセス(SP)を実施した。クエンチングプロセスは急冷により非結晶化し、その後のシンタリングプロセスで超伝導相構成を容易にするためのプロセスである。これらのプロセスでさらに試料の超伝導特性を改善することが可能である。その後、センサとして応用した試料は短冊状(幅 3.7 mm、長さ 9.5 mm、厚さ 700 μm)に加工してその磁気感度等を調査した。

3. 結果および考察

製作した試料は 77.4 K において 19 A/cm² の電流密度の電流を流し、さらに一様なバイアス磁場 (25×10^{-4} T) を印加して抵抗 $R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}})$ を発生させ、磁気センサとして応用した。Fig. 2 に示すのは抵抗-磁場特性を示したものである。縦軸は印加磁場が 0 T のときの抵抗値 $R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}}=0 \text{ T})$ で各磁場における抵抗値をノルマライズしている。この磁場範囲 (0 T から 4×10^{-4} T) においてヒステリシス現象の発生は一切見られなかった。センサの磁気感度は約 10%/(10^{-4} T) という高い磁気感度を示した。この磁気感度は GMR センサ の約 10 倍の感度に匹敵した。なお、磁気感度 S は式(1)によって求めた。

$$S = \frac{100}{B_{\text{ex}}} \cdot \frac{R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}}) - R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}}=0 \text{ T})}{R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}}=0 \text{ T})} \quad \%/(10^{-4} \text{ T}) \quad (1)$$

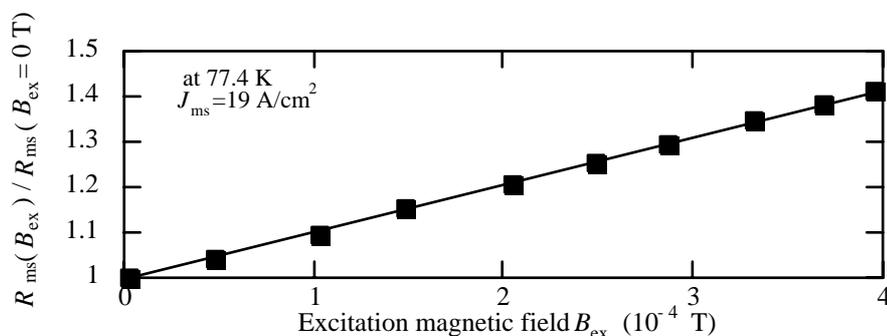


Fig. 2. Typical plots of the dependence of the resistance $R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}})$ on the excitation magnetic field B_{ex} for applied value of J_{ms} of 19 A/cm² at 77.4 K. Here, the values of R_{ms} were normalized by the resistance $R_{\text{ms}}(B_{\text{ex}}=0 \text{ T})$.

4. まとめ

製作した試料は77.4 Kにおいて19 A/cm²の電流密度の電流を流し、一様なバイアス磁場 (25×10^{-4} T) を印加して抵抗を発生させ、磁気センサとして応用した。0 T から 4×10^{-4} Tの磁場範囲においてヒステリシス現象の発生は一切見られなかった。センサの磁気感度は約10%/(10^{-4} T)という高い磁気感度を示した。この磁気感度はGMRセンサ の約10倍の感度に匹敵する磁気センサの製作に成功した。

5. 本研究に関する発表(投稿)論文

- 1) H. Kezuka et al., Shock-Compaction of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Particles, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol. 29, No. 4, pp. 1393-1395 (2004).
- 2) H. Kezuka et al., Shock Compaction of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconductor Particles for a Magnetic Sensor, Conference Proceedings of ICEE 2004, Vol. 3-2, pp. 657-660 (2004).
- 3) K. Yamagata et al., Characterizations of the Shocked-BPSCCO (Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O) Superconducting Particles for Making a Magnetic Sensor, Proceedings of the 21st Sensor Symposium, pp. 221-224 (2004).
- 4) H. Kezuka et al., Characterizations of the Surfaces of Shocked-Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Particles for a Magnetic Sensor, 51st AVS, to be publish.

利用機器名

一段式衝撃波発生装置