

曲げひずみ印加による *REBCO* コート線材の面内ドメイン制御とその超伝導特性への影響

Domain control of *REBCO* coated conductors by bending strain and its impacts on superconducting properties

東北大金研¹ ○岡田 達典¹、島村 雄飛¹、淡路 智¹

IMR, Tohoku Univ.¹, ○Tatsunori Okada¹, Yuhi Shimamura¹, Satoshi Awaji¹

E-mail: tatsunori.okada.d8@tohoku.ac.jp

強磁場マグネット応用において、*REBa₂Cu₃O_{7-δ}* (*REBCO*、*RE* は希土類元素/Y) コート線材は巻線時の曲げひずみや、通電時の電磁力による一軸ひずみに曝される。直方晶の *REBCO* は面内に双晶構造を成し、*a* (*b*) 軸が通電電流方向に揃った A (B) ドメインは印加ひずみに対して異なる応答を示す^[1,2]。金研強磁場センターではこれまで、曲げひずみ^[3] や一軸伸長ひずみ^[2,4] 印加下での熱処理による面内ドメイン制御に取り組んできた。その過程で、*REBCO* コート線材を室温下で曲げたまま静置するだけで面内ドメインが変化することを見出した^[4]。これは、**コイル巻線後の *REBCO* のドメイン構造は短尺線材での状態から変化しており、コイル化した *REBCO* コート線材の超伝導特性が短尺線材での測定結果とは全く別物である可能性も示唆する。**よって、ドメイン分率変化が *REBCO* 線材の超伝導特性に与える影響の解明は重要である。

そこで本研究では、(i) 伸長/圧縮性の曲げひずみ ε_b 印加による SuNAM 製 GdBCO 線材の面内ドメイン制御、(ii) ドメイン分率評価のための X 線回折測定、(iii) ドメイン制御した *REBCO* コート線材に対する 15 T までの面内磁場下における直流輸送特性を評価した。但し、曲げひずみによってドメイン制御を施しても、ひずみを徐荷することでドメイン分率が制御前の値に向けて緩和していく^[5] ため、実験 (ii)・(iii) は実験 (i) と同じ曲げひずみ状態で行なった。

その結果、(200)・(020) 回折ピークの強度比・面積比から求めた A ドメイン分率 f_A が、 $-0.43\% \leq \varepsilon_b \leq +0.43\%$ の伸長 (圧縮) 曲げひずみにより線形に減少 (増加) することを確認した。つまり、**少なくとも $|\varepsilon_b| \leq +0.43\%$ の曲げひずみ領域において f_A を制御可能である。** ε_b に凡そ線形変化する f_A と対照的に、ゼロ磁場下の電気抵抗率から定めた超伝導転移温度 T_c は $|\varepsilon_b|$ に伴って減少した。一方で、磁場中電気抵抗率から定めた上部臨界磁場 $B_{c2}^{\parallel ab}$ (0K) (WHH モデル^[6] を適用) や不可逆磁場 $B_{irr}^{\parallel ab}$ (0K) (線形外挿) は $|\varepsilon_b|$ に依らず、TAFI 状態⁷ のピン止めポテンシャル $U_0(B\parallel ab, 77.3K)$ や臨界電流密度 $J_c(B\parallel ab, 77.3K)$ は $|\varepsilon_b|$ に応じて増大する傾向が見られた。すなわち、 **T_c の低下にも関わらず、面内磁場中での通電特性は向上した。**反射 XRD から *c* 軸長が $|\varepsilon_b|$ とともに増大する傾向が見られ、「キャリア供給層-Cu-O₂ 間距離の伸長によるキャリア数の減少」「Fermi 面の 2 次元化 (=有効質量異方性の増大) に伴う面間コヒーレンス長の縮小」と考えれば、 $|\varepsilon_b|$ に伴う T_c 低下と面内磁場中特性の向上を定性的に説明できそうであるが、より詳細な調査が必要である。

[謝辞] 本研究は、東北大学金属材料研究所における共同研究 (202211-HMKGE-0401、202312-HMKPC-0402) と JSPS 科研費 国際共同研究加速基金 (海外連携研究 23KK0073) の支援の下で実施しました。

1) U. Welp *et al.*, Phys. Rev. Lett., **69** (1992) 2130.

2) S. Awaji *et al.*, Sci. Rep., **5** (2015) 11156.

3) T. Suzuki *et al.*, IEEE TAS, **23** (2013) 8000104.

4) T. Suzuki *et al.*, IEEE TAS, **25** (2015) 8400704.

5) T. Okada *et al.*, IEEE TAS, **31** (2021) 6601006.

6) N.R. Werthamer *et al.*, Phys. Rev., **147** (1966) 295.

7) P.W. Anderson and Y.B. Kim, Rev. Mod. Phys., **36** (1964) 39.