

NMR の HTS プローブ開発における基礎的検討

Fundamental study in the development of HTS NMR probe

山工大¹,^{○(M1)}渡辺 真伸¹, 佐藤 秀哉¹, 佐藤 敬介¹, 市川 光¹, 齊藤 敦¹, 大嶋 重利¹Yamagata Univ.¹, Masanobu Watanabe¹, Shuya Sato¹, Keisuke Sato¹, Ko Itikawa¹,Atsushi Saito¹, Shigetoshi Oshima¹E-mail: tsh23840@st.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導体(HTS)は常伝導金属に比べて低いマイクロ波損失(表面抵抗: R_s)を有していることから次世代NMRプローブ材への応用が検討されている^[1]。500 MHz NMR では 11.7 T の外部磁場が印加され、その高磁場下で R_s は銅の百分の一以下の $25 \mu\Omega$ が求められる^[2]。さらに NMR プローブは 10^{-4} T 程度の横磁場を発生させる必要がある為に $2\sim 10$ MA/cm² の臨界電流密度(J_c)が必要とされる。

本研究では基板面に平行及び垂直に磁場を印加した YBCO、YBCO/BHO 薄膜の J_c 磁場依存性を調査し、NMR への応用の可能性を調査したので報告する。

2. 実験方法

YBCO はパルスレーザー堆積(PLD)法を用いて、MgO(100)基板上に成膜した。BHO の導入には YBCO 粉末と BHO 粉末を混合し加圧焼結したターゲットを用いる混合ターゲット法を用い、BHO を 1.5 wt% 添加した。

作成した YBCO 薄膜の J_c は直流四端子法を用いて評価した。この際、臨界電流値の決定は電界基準法を用い $5 \mu\text{V}/\text{cm}$ とした。 R_s 導出には以下の理論式より導き出した。

$$R_s [\text{m}\Omega] = 1.8 \times J_c^{-1} [\text{MA}/\text{cm}^2] \text{ at } 21.8 \text{ GHz} \quad (1)$$

この結果に 2 流体モデルを用いた第 II 種超伝導体の R_s の磁場依存性を表す理論式を用いてフィッティングを試みた。

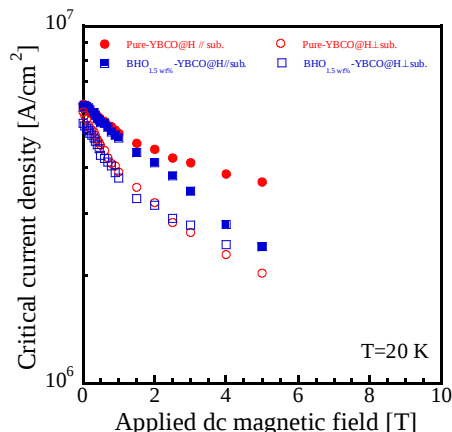
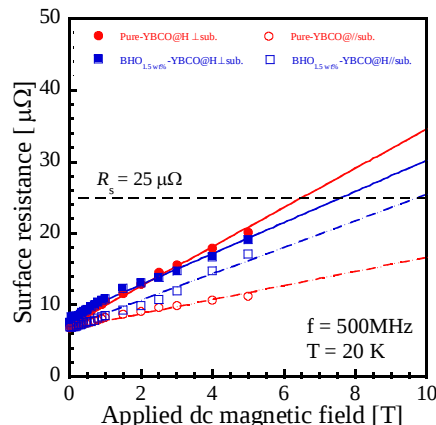
$$R_s(B) = R_s(0T) + \frac{B\Phi_0}{2\lambda_L\eta_{\text{low}}(B,T,d)} \left(B \ll \frac{\omega\mu_0\lambda_L^2}{\Phi_0\hat{\mu}} \right) \quad (2)$$

3. 実験結果

Fig.1 に 20 K 下での J_c の磁場依存性を示す。結果、膜面に垂直に磁場を印加した場合、高磁場側での J_c の向上が見られ BHO の持つ c 軸相関ピンが有効に働いていることがわかる。膜面に平行に磁場を印加した場合は、YBCO の方が磁場増加に対する J_c 劣化が抑えられる。これは YBCO の結晶構造に起因する固有ピンの影響によるものだと考えられる。

Fig.2 に(2)式を用いて計算した 20 K での R_s の磁場依存性を示す。膜面に垂直に磁場を印加した場合、YBCO/BHO では Pure-YBCO に比べ R_s 低減が見られた。しかし膜面に平行に磁場を

印加した場合は Pure-YBCO の方が R_s が小さく 11.7 T で $25 \mu\Omega$ 以下になる可能性がある事がわかった。

Fig.1. The dc magnetic field dependence of the J_c Fig.2. The dc magnetic field dependence of the R_s

4. まとめ

NMR プローブの超伝導化に向けて BHO を 1.5 wt% 添加した YBCO 薄膜と Pure-YBCO 薄膜の磁場中 J_c の測定を行った。結果、YBCO 薄膜は 500 MHz NMR 材に有効である可能性がある事がわかった。しかし、BHO を添加した事による磁場中 R_s の改善があまり見られなかったため今後、BHO の添加量の検討を行う必要がある。詳細は講演の際に述べる。

5. 参考文献

[1] William W. Brey, et al., Journal of Magnetic Resonance. 179 (2006) 290-293

[2] T. Honma, et al., Physica C. (2012), to be published.