$BaHfO_3$ナノ粒子を添加したTFA-MOD-(Y,Gd)$Ba_2Cu_3O_x$線材の強磁場臨界電流特性

High-Field Critical-Current Properties of TFA-MOD-(Y,Gd)$Ba_2Cu_3O_x$ with $BaHfO_3$ Nanoparticles

東北大金研[1]，産総研[2]　◦岡田 達典 [1], 今井 悠斗 [1], 淡路 智 [1], 中岡 晃一 [2], 町 敬人 [2], 和泉 輝郎 [2]

Institute for Materials Research, Tohoku Univ. [1], AIST [2],
◦Tatsunori Okada[1], Yuto Imai[1], Satoshi Awaji[1], Koichi Nakaoka[2], Takato Machi[2], Teruo Izumi[2]
E-mail: tatsu.okada@imr.tohoku.ac.jp

低コストでの線材作成を実現する手法として、トリフルオロ酢酸をベースとした金属有機化合物堆積法（TFA-MOD 法）による*RE*$Ba_2Cu_3O_x$（*RE*BCO）線材の作成が注目されている。近年、$BaMO_3$ナノ粒子を添加した線材が精力的に研究されており、ナノ粒子種・密度の変更[1]や中間熱処理の導入[2]により、比較的高温領域での臨界電流特性の向上が報告されてきた。特に最近では、1回塗布膜厚d_{once}を従来手法よりも小さくすることで、より微小なナノ粒子を高密度に分布させる手法が試みられ、J_c特性の更なる向上が報告されている[3]。これらナノ粒子添加TFA-MOD-*RE*BCO線材のJ_c特性は、液体窒素温度を中心とした高温・低磁場領域において幾つか報告されている。一方で、低温・強磁場下における報告は殆どなく、これら条件下における高密度・微小ナノ粒子のピン止め特性は明らかになっていない。

そこで本研究では、最近合成が進められている$BaHfO_3$（BHO）ナノ粒子を添加した TFA-MOD-*RE*BCOコート線材に着目し、液体ヘリウム温度までの低温・30T 級の強磁場下を含む広範な温度・磁場条件下でのJ_c特性測定を行なった。測定に用いたTFA-MOD-(Y,Gd)BCOコート線材は、1回塗布膜厚d_{once} ≈ 27 nm（新手法[3]）とd_{once} ≈ 170 nm（従来手法）のものを用いた。東北大金研強磁場センターが保有する28T ハイブ リッドマグネットおよび 25T 無冷媒超伝導マグネット等を用い、27 Tまでの磁場下かつ4.2 K–90 Kの広い温度域において、臨界電流密度J_cの温度・磁場・角度依存性を四端子法(E_c = 1 μVcm) にて測定した。

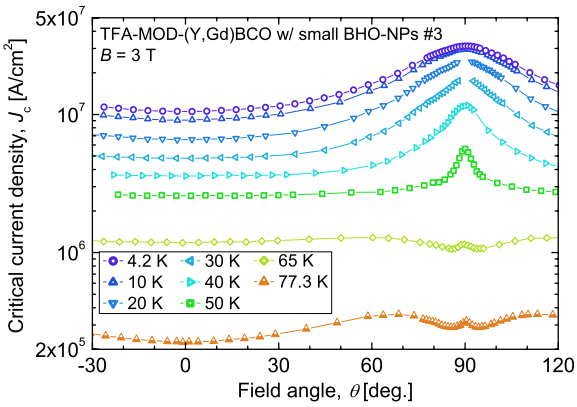

図 1 : d_{once} ≈ 27 nm試料#3のJ_cの磁場印加角度θ依存性。θ = 0deg.が面直磁場配置。

測定結果の一例として、小粒径BHOナノ粒子が期待されるd_{once} ≈ 27 nm試料の臨界電流密度の磁場印加角度依存性を図 1 に示す。ナノ粒子無添加試料（非掲載）に比べ、あらゆる温度・磁場範囲でJ_cが向上し、BHOナノ粒子が有効なピン止め中心として機能していることが示唆された。また、特徴的な振舞いとして、高温領域にて面平行磁場（θ = 90deg.）配置付近で$J_c(\theta)$に落ち込みが見られた。特に65 Kでの測定結果では、この落ち込みが最小値を与えている（図 1 ）。このようなJ_cの落ち込みは、BHOナノ粒子の粒径が大きくなると期待されるd_{once} ≈ 170 nm試料（非掲載）では確認されず、ナノ粒子の粒径が強く影響していることが示唆される。

当日は、TEM観察によるナノ粒子サイズ・分布の情報も踏まえ、BHOナノ粒子添加TFA-MOD-(Y,Gd)BCOコート線材におけるピンニング特性について報告・議論したい。

【謝辞】本研究は、平成28-29年度 産総研–東北大マッチング研究支援事業「極低温強磁場応用を目指したMOD線材の開発」の助成を受け遂行されました。

[1] 例えば、M. Miura, *et al*., APEX **2** (2009) 023002., SuST **26** (2013) 035008., Sci. Rep. **6** (2016) 20436.
[2] 例えば、T. Izumi, *et al*., Physics C **463** (2007) 510., K. Kimura, *et al*., IEEE TAS **25** (2015) 664204., K. Nakaoka *et al*., IEEE TAS **26** (2016) 8000304.
[3] T. Izumi, *et al*., IEEE TAS **27** (2017) 661604., K. Nakaoka *et al*., SuST **30** (2017) 055008.

© 2017年 応用物理学会