REBCO 線材の低コスト化に向けた導電性 Nb–TiO_2 中間層の酸素耐性

Oxygen Tolerance of Conductive Nb–TiO_2 Buffer Layers toward Cost Reduction of REBCO Coated Conductors

島根大総理工[1]，京大院エネ科[2] ○長瀬 侑弥[1]，舩木 修平[1]，山田 容士[1]，土井 俊哉[2]

Shimane Univ.[1], Kyoto Univ.[2], ○Yuya Nagase[1], Shuhei Funaki[1], Yasuji Yamada[1], Toshiya Doi[2]

E-mail: s151087@matsu.shimane-u.ac.jp

【はじめに】現在開発されている $REBa_2Cu_3O_y$ (REBCO)超伝導線材は、基材からの不純物の拡散を防ぐ絶縁性の中間層を介して REBCO 超伝導層を堆積させている。さらに、クエンチ時に大電流を迂回させるための Ag 層、Cu 層からなる安定化層を上部に堆積させた構造となっており、材料コストの低減が困難となっている。そこで、導電性を有する中間層を介して金属基材へ電流を迂回させることで、安定化層を必要としない、従来の REBCO 超伝導線材よりも安価な線材開発に期待が寄せられている[1, 2]。

高い導電性を有し、上層の REBCO が 2 軸配向する格子定数を有した中間層候補材料として、Ti の一部に Nb を置換させたアナターゼ型 Nb–TiO_2 がある。しかしながら、Nb–TiO_2 は n 型の導電性を示すため、REBCO の成膜温度下では、雰囲気中の酸素と反応し、キャリアの減少による抵抗率の増加が懸念される。そこで本研究では、Nb–TiO_2 薄膜へ異なる酸素分圧、温度で酸素アニールを施し、高温の雰囲気が電気特性に与える影響を調査した。

【実験方法】金属モル比が Ti : Nb = 95 : 5 となるように混合された TiO_2 + Nb_2O_5 焼結体をターゲットに用い、RF マグネトロンスパッタリング法により $SrTiO_3$ (STO) 基板上に室温下で非結晶の Nb–TiO_2 前駆体薄膜を作製した。この前駆体薄膜に真空中(pO_2 < 6×10^{-2} Pa)において 500ºC で 1 h の熱処理を施し、アナターゼ型 Nb–TiO_2 薄膜を得た。この Nb–TiO_2 薄膜を pO_2 = 3, 10 Pa、アニール温度 500, 600, 700ºC で、それぞれ 1 h アニールした後、直流四端子法で低温度領域での温度変化を測定した。

【実験結果】図に結晶化させた直後の Nb–TiO_2 薄膜および、高温酸素アニール後の膜のρ–T 特性の変化を示す。酸素アニール温度が高くなるに従って、酸素分圧によらず、金属的から半導体的になっている。室温でのホール効果測定よりキャリア密度の減少が見られることから、酸素アニール温度の上昇によって、縮退半導体から通常半導体になったためと考えられる。

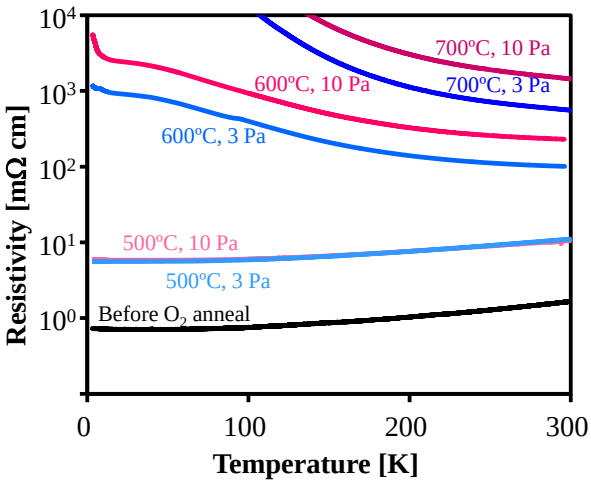


Fig. Temperature dependence of resistivity of Nb–TiO_2 thin films annealed at 500, 600, 700ºC in pO_2 = 3, 10 Pa.

【謝辞】本研究の一部は、JST-ALCA, JPMJAL1109 の支援を受けたものである。

【参考文献】

[1] 土井 俊哉 他, 日本金属学会誌 第 80 巻 第 7 号(2016) 428-433

[2] 土井 俊哉 他, 応用物理 84 (2015) 419-4

© 2019年 応用物理学会