

輻射加熱による Nb₃Ge 超伝導薄膜の作製 2

Preparation of Nb₃Ge superconducting thin films with radiation heating 2

情通機構¹, 国立天文台² ○川上 彰¹, 寺井弘高¹, 鶴澤佳徳²

NICT¹, NAOJ², °A. Kawakami¹, H. Terai¹, Y. Uzawa²

E-mail: kawakami@nict.go.jp

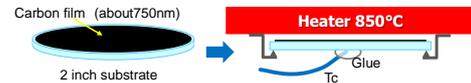
超伝導 SIS ミキサは, その構造に起因する比較的大きな接合容量から, 動作周波数帯での優れた同調回路が不可欠である. そこで我々は, 1.5 THz 帯 SIS ミキサの実現に向けて, A15 型超伝導材料である Nb₃Ge 薄膜成膜法の検討を行っている.

Nb₃Ge は最高で T_C~23 K を示し, そのギャップ周波数は 2 THz に達すると予想される[1]. 本研究では膜組成制御の自由度が高い多元同時スパッタ法を用いて Nb₃Ge 成膜を開始した. 既に A 面サファイア基板に成膜した Nb₃Ge 薄膜は, 膜厚約 180 nm において T_CZero ~21.0 K, 抵抗率 ρ_{25K} ~45 μΩcm の優れた特性を報告している[2]. しかし SIS ミキサへの導入にはいくつかの課題が存在し, その一つは基板加熱方式と考えている. 前出の Nb₃Ge 成膜では, 10 mm 角の A 面サファイア基板を直接ヒーターに機械的に固定し加熱することで, 良好な Nb₃Ge 薄膜成膜を達成した. しかし SIS ミキサへの導入には, 大面積基板での成膜が求められており, ヒーターへの機械的固定では, 再現性良い良好な熱コンタクトの確保は困難と考えている. そこでヒーターとは非接触で基板加熱を行う輻射加熱法を検討している.

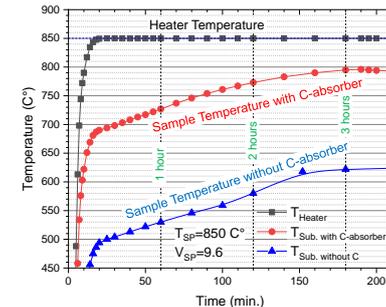
今回熱源には, インコネル製のブロックヒーターを使用した. この場合, ヒーター温度は内装した熱電対により正確に把握でき, また輻射加熱される基板は少なくともヒーター温度を超えることはない. ヒーター輻射熱を基板で効率良く吸熱させるため, 基板裏面に膜厚約 750 nm の炭素(C)膜を成膜, また C 膜付着力向上のため, 基板との間に膜厚 480 nm の Nb 膜を付加している.

図 1 にヒーター温度を 850 °C に設定した時の基板表面温度の時間変化を示す. まず両面光学研磨 2 インチ A 面サファイア基板(t=0.3 mm)の裏面に C/Nb 二層膜を熱吸収体として成膜, 次に直径 0.5 mm の K シース熱電対を耐熱性無機接着剤にて基板表面に接着, 基板表面温度を測温している. 比較として, C 熱吸収体の無いサファイア基板の表面温度も同様に測定した. ヒーター電源投入後, 約 20 分でブロックヒーターは設定温度(850 °C)に到達したが, 基板表面温度はその後徐々に上昇し, 3 時間後に 795 °C に到達・飽和した. 一方, 熱吸収膜の無いサファイア基板の表面温度は, 3 時間後も 622°C にとどまった.

Nb₃Ge 成膜は, ヒーター電源投入 2 時間後から開始した. 図 2 に成膜した Nb₃Ge 薄膜の(a)XRD

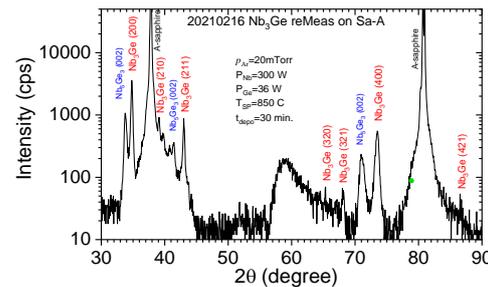


(a) 基板表面温度の測温方法.

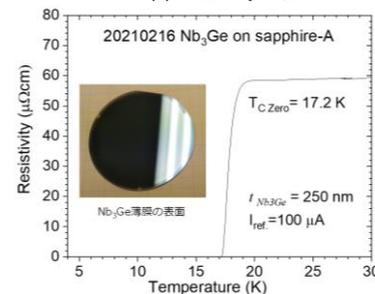


(b) ヒーター及び基板表面温度の時間変化

図1 輻射加熱法による基板加熱



(a) XRD パターン



(b) 抵抗-温度特性

図2 輻射加熱により成膜した Nb₃Ge 薄膜

パターンと(b)抵抗-温度特性を示す. XRD パターンにおける赤色の格子面反射は Nb₃Ge 結晶相によるもので, 青色は Nb₅Ge₃ 結晶相の反射である. 得られた Nb₃Ge は(n00)配向傾向が強く, また Nb₅Ge₃ (00n)配向傾向も強く確認できる. 抵抗-温度特性(b)から, 超伝導転移温度は T_CZero=17.2 K, 抵抗率は ρ_{25K}=58.9 μΩcm であった. また Nb₃Ge 薄膜表面は, 目視上基板全面にわたり均一で, 良好な金属光沢を示していた.

【参考文献】[1]中川愛彦, 真空, 第 22 巻, 第 1 号, 1-8, (1979).

[2] 川上他, 応用物理学会春季学術講演会, 11p-S321-2 (2019)