

輻射加熱による Nb₃Ge 超伝導薄膜の作製

Preparation of Nb₃Ge superconducting thin films by radiation heating

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。従来から多くの同調回路には、低損失材料として超伝導薄膜が使用されてきたが、その結果、超伝導転移温度(T_c)に起因するギャップ周波数(f_g)が、ミキサ動作上限周波数を決める一要因となっている。例えばニオブ(Nb)の f_g は約 725 GHz、窒化ニオブ(NbN)が約 1.38 THz である。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 $T_c \sim 23$ K を示し、その f_g は 2 THz に達すると予想される[1]。また同材料は微細加工が容易、明確な結晶異方性が無い、良好な電氣的接続が可能など、SIS ミキサ構築に有利な特徴を有している。そこで本研究では成膜方法として、Nb, Ge 各々の成膜速度を独立して制御できる多元同時 DC スパッタ法により Nb₃Ge 成膜を試みている。既に A 面サファイア基板上に成膜した Nb₃Ge 薄膜は、膜厚約 180 nm において $T_{C\text{ Zero}} \sim 21.0$ K、抵抗率 $\rho_{25K} \sim 45 \mu\Omega\text{cm}$ の優れた特性を示した[2]。しかし電波天文応用において、多くは導波管型ミキサで実績を上げており、低誘電率である石英基板上への Nb₃Ge 成膜が実現できれば、プロセス・設計において導入が容易になる。そこで今回、輻射加熱による大面積石英基板への Nb₃Ge 成膜を試みた、

石英基板はサファイア基板やヒーター面材料であるインコネル等と比べ、線熱膨張係数が一桁程度小さい。その為サファイア同様にヒーター面に押し付けて 850°C 以上に加熱すると、容易に割れてしまう。また熱伝導率も低く、大面積基板に対して機械的接触による均一な加熱は困難と考え、輻射加熱を試みている。まず基板裏面に熱吸収膜として炭素(約 750 nm)/Nb(約 480 nm)の二層膜を成膜、ヒーター面と約 1mm のギャップを介して非接触で配置、ヒーターからの熱輻射で基板加熱を試みた(図 1(a)参照)。ここで熱吸収膜は、ヒーター温度(800-920°C)からの輻射光のピーク波長(約 2.5 μm)で、20%以下の反射率が得られるように膜厚を設定している。

図 2 に成膜した Nb₃Ge 薄膜の XRD パターン(a)及び R-T 特性(b)を示す。Nb₃Ge 薄膜成膜条件としては Ar ガス圧 0.27 Pa, Nb 及び Ge 印加電力は各 300 W, 27 W, 基板加熱ヒーターの設定温度は

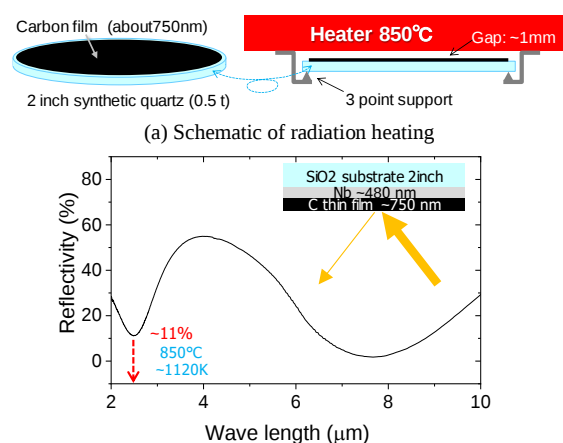
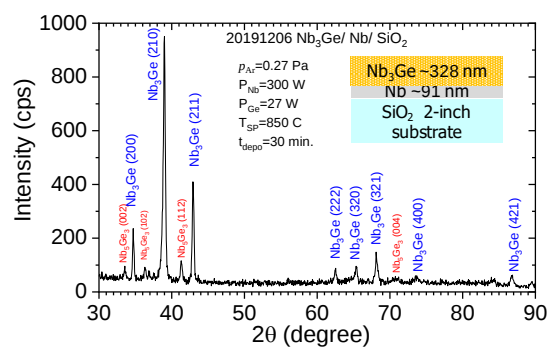


Fig. 1 Radiation heating for Nb₃Ge deposition



(a) XRD pattern of the Nb₃Ge thin film

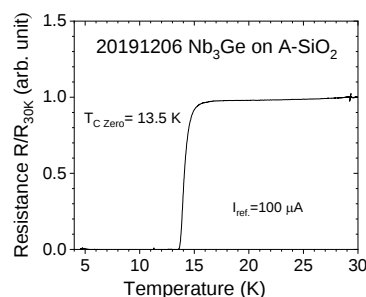


Fig. 2 The properties of fabricated Nb₃Ge thin films

850°Cである。また基板-Nb₃Ge 薄膜間の熱ストレス緩衝の目的で、Nb 薄膜(91 nm)を配置している。図 2(a)から Nb₃Ge ピークが確認でき、格子定数は約 0.516 nm であった。これはサファイア基板上での Nb₃Ge 薄膜(0.513 nm)と比べ長く、成膜条件の最適化が必要である。図 2(b)から得られた $T_{C\text{ Zero}}$ は約 13.5 K であった。詳細は当日報告する
【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)