

石英基板上での大面積・高品質 NbTiN 薄膜成膜法

Large area and high quality NbTiN thin film deposition method on quartz substrate

情通機構¹, 山形大学², 静岡大学³, 国立天文台⁴

○川上彰¹, 安藤綜真², 鈴木康大², 小松源³, 齊藤敦², 武田正典³, 寺井弘高¹, 鶴澤佳徳⁴

NICT¹, Yamagata Univ.², Shizuoka Univ.³, NAOJ⁴

○A. Kawakami¹, S. Ando², K. Suzuki², G. Komatsu³, A. Saito², M. Takeda³, H. Terai¹, Y. Uzawa⁴

E-mail: kawakami@nict.go.jp

超伝導 SIS ミキサは、極薄トンネル障壁を二つの超伝導電極で挟んだ構造を基に、電極間に流れるトンネル電流の強い非線形性を利用した優れたミキサ素子である。しかし構造に起因する比較的大きな接合容量から、優れた同調回路が不可欠である。現在、国立天文台 ALMA 望遠鏡 Band10 (787-950GHz)用の SIS ミキサは、熔融石英基板上に NICT において高品質 NbTiN 超伝導薄膜 ($T_c \sim 15K$, $\rho_{20K} \sim 90 \mu\Omega cm$)を成膜し、国立天文台において Al/SiO₂/NbTiN 同調回路に形成、Nb/AlO_x/Nb 接合と組み合わせることで量子雑音限界の 5 倍以下という優れた雑音性能の受信機を実現している。しかし高品質 NbTiN 超伝導薄膜を再現性良く大面積に形成することは困難で、今回、Nb バッファ層を導入した新たな NbTiN 成膜法を検討したので報告する。

我々は従来から単結晶 MgO 基板を用いた NbN 薄膜のエピタキシャル成長を実施してきた[1]。その過程で NbN(100)薄膜上に Nb 薄膜が 45 度回転して(100)成長することを見出した。図 1 に MgO 基板上にヘテロエピタキシャル成長した NbN(200nm)/Nb(210nm)/NbN(5nm)多層膜の XRD パターン及び ϕ -スキャンを示す。その一方で DC スパッタ法により成膜した Nb 薄膜は、ガラス等アモルファス基板上においても比較的容易に(110)配向傾向の強い多結晶薄膜を形成することがわかっている。そこでこの Nb 多結晶薄膜上に NbN 薄膜を成膜した場合、Nb(100)面内を 45 度回転して(100)成長し、結果として基板面に対し、主体的には(111)方向に成長すると考えた。また DC 反応性スパッタ法による NbN 薄膜の結晶性は、下地の結晶性に大きく依存することがわかっており、比較的容易に結晶化が得られる Nb 薄膜をバッファ層として大面積に形成できれば、良好な結晶性を有する NbN 及び NbTiN 薄膜を大面積基板上に再現性良く形成できると考えた。

今回、NbN 及び NbTiN 薄膜成膜には DC 反応性スパッタ法、Nb 成膜には DC スパッタ法、MgO 成膜には RF スパッタ法を用いた。成膜方法に関して文献[1],[2]に記載の手法を用いている。まず NbN (50 nm) /Nb (50 nm)二層膜を熔融石英基板上に成膜し、(111)配向の強い NbN 薄膜が得られることを確認した。次に NbN と同じ結晶構造を持つ NbTiN 薄膜の Nb バッファ層上への成膜を試みた。図 2 に NbTiN(235nm)/MgO(1nm)/NbTiN(57nm)

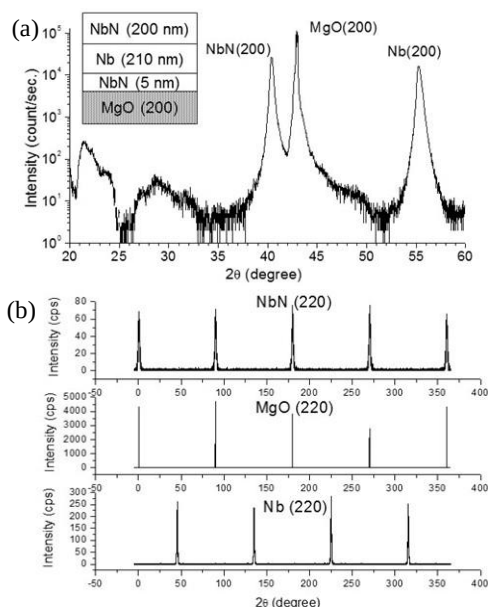


Fig. 1 Nb epitaxial growth on single-crystal NbN thin film. (a) XRD pattern of the multilayer. (b) ϕ -scan pattern.

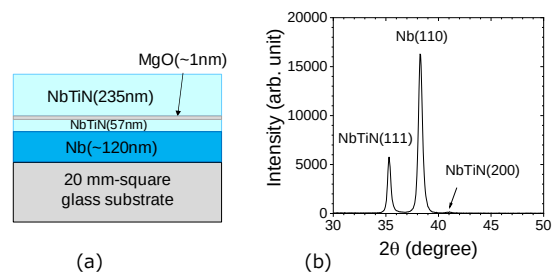


Fig. 2 A cross-sectional schematic (a) and XRD pattern (b) of NbTiN/MgO/NbTiN/Nb multilayer deposited on glass substrate.

/Nb(120nm)多層膜の断面概略図と XRD パターンを示す。ここで層間の MgO は、上部 NbTiN 薄膜の抵抗率導出の為に挿入したエッチングストップパーである。XRD パターンから Nb 薄膜上の NbTiN 薄膜は、主体的には(111)配向傾向が強い多結晶膜であった。同多層膜に抵抗率測定用四端子パターンを形成し、多層膜の温度特性を測定、その後、上部 NbTiN 薄膜のみを除去した後、再度温度特性を測定することで、上部 NbTiN 薄膜の 20K における抵抗率(ρ_{20K})及び超伝導転移温度(T_c)を評価した。結果として Nb バッファ上に形成した NbTiN 薄膜は、 $T_c = 14.9 K$, $\rho_{20K} = 89.9 \mu\Omega cm$ の良好な直流特性を示した。表面抵抗等高周波特性に関して当日報告する。

【参考文献】 [1] A. Kawakami, Z. Wang, S. Miki, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* vol. 11, No.1, pp. 80-83, 2001. [2] A. Kawakami, Z. Wang, *J. Appl. Phys.* 90, pp. 4796-4799, 2001..