

中性粒子ビームによる Nb 表面酸化膜組成が Q 値に与える影響

Effect of Nb surface oxide composition by Neutral beam on Q value

東北大流体研¹, 東北大 AIMR², 産総研³, 東理大⁴ ○(M)紺野 太吉¹, (P)大堀 大介¹,

日高 睦夫³, 遠藤 和彦³, 向井 寛人⁴, 蔡 兆申⁴, 寒川 誠二^{1,2,3}

IFS, Tohoku Univ.¹, AIMR, Tohoku Univ.², AIST³, TUS⁴, ○(M)T. Konno¹, (P)D. Ohori¹, M. Hidaka³,

K. Endo³, H. Mukai⁴, J.S. Tsai⁴, S. Samukawa^{1,2,3}

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

【緒言】

AI・IoT 社会の発展により膨大なデータを解析し、高速に最適解を得ることが求められている。経路最適化を始めとする総当たり計算に対して、量子コンピュータを用いることで高速化できることが分かっている[1]。量子ビットに情報を入力出力するために Nb を用いた超伝導共振器が必要になる。Nb 酸化膜には絶縁体の Nb₂O₅ と金属的な性質を有する NbO や NbO₂ などのサブオキシドがある[2]。これらの Nb 酸化膜組成は Nb 酸化前のイオンエッチングやスパッタエッチング処理と関連していることも指摘されている[3]。そこで、本研究では中性粒子ビーム(NB)を用いて、Nb 表面の酸化膜組成を変化させて共振器の Q 値への影響を調べた。

【実験方法と結果】

Nb 加工時の表面酸化膜形成を議論するために、Si ウェハ上にスパッタ法を用いて Nb 膜を 200 nm 堆積させた試料と、50 nm 堆積させた試料に共振器パターンをつけたものを用意した。用意した試料に対して、中性粒子ビーム (NB) でそれぞれ加工を行った。プロセスガスは Cl₂ または SF₆ を使い、それぞれのガスに対して Bias パワーを 0 W と 16 W で加工した。加工時のステージ温度は 30 °C とした。Nb 加工前後での表面 XPS 測定で得られた Nb3d 信号を Nb metal、Nb₂O₅、NbO₂、NbO の 4 つにピーク分離を行い、その含有比を求めた。Fig. 1 に各加工条件に対するエッチングレートを示す。両ガスとも高い下部バイアスにおいてエッチングレートは増加した。一方で、0 W において、Cl₂ NB では NB のエネルギーが低く、Nb はエッチングされなかった。Fig. 2 に各加工条件に対する Nb3d 信号中の組成比を示す。Cl₂, 0 W において、エッチング前後でサブオキシドの含有量は変化しなかった。Cl₂, 16 W の場合、Nb₂O₅ が減少しサブオキシドが増加した。一方で、SF₆, 0 W ではサブオキシドの増加が認められなかった。そこで、Cl₂, 16 W と SF₆, 0 W の条件で共振器を作製した。SF₆, 0 W は Cl₂, 16 W と比べておよそ 10 倍高い Q 値を得た。側壁に対するエッチングの影響は、底面より非常に弱いパワーであることが考えられるが、この結果から側壁のエッチング界面にもサブオキシドが生成され、共振器の Q 値を低下させることが示唆された。以上より、高い Q 値の超伝導共振器の実現には、エッチング処理における表面酸化膜組成の制御が重要であることが分かった。

【参考文献】

- [1] C. Neill, et al., Science **360**, 195-199 (2018).
- [2] G. V. Chandrashekar, et al., J. Solid State Chem. **2**, 528-530 (1970).
- [3] J.E. Nordman, et al., Phys. Lett. **36 A**, 52 (1971).

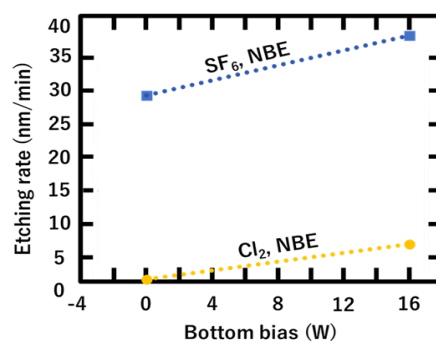


Fig. 1 Etching rate under each processing condition.

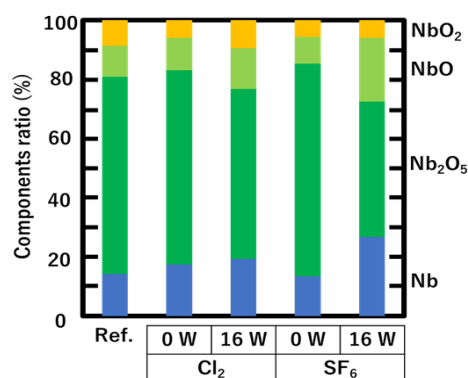


Fig. 2 Components ratio of Nb3d signal on Nb surface with Cl₂ NB and SF₆ NB.