

分子線エピタキシー法による単結晶 Nb 薄膜の作製と量子デバイス応用

Growth of single-crystal Nb thin films by molecular beam epitaxy and quantum device application

産総研 ○辻本 学, 浦出 芳郎, 藤田 裕一, 知名 史博,
野崎 友大, 野崎 隆行, 猪股 邦宏, 水林 亘AIST M. Tsujimoto, Y. Urade, Y. Fujita, F. China,
T. Nozaki, T. Nozaki, K. Inomata, and W. Mizubayashi

E-mail: m.tsujimoto@aist.go.jp

高純度かつ欠陥の少ない超伝導体薄膜の作製は、超伝導デバイスの性能向上を実現する手段の一つである。現在、超伝導量子ビットを代表とする量子デバイスは、AlやNbなどの多結晶薄膜を基盤としているが、不純物、結晶欠陥、粒界における散乱、準粒子など材料由来の要因によりデバイス性能の一部が制限されている。デバイスのさらなる高性能化と潜在能力の発揮には、製造プロセスの高度化に加え、材料の高純度化と均質化が求められる一方、エピタキシャル成長法などを用いた高純度かつ無欠陥の薄膜を用いたデバイス製造に関する研究は少ない。産業化を見据えた量産製造の観点では、ウエハ面内で均質かつ結晶方位の揃ったエピタキシャル成長薄膜や単結晶薄膜を用いることが理想的である。

本研究では、超高真空中の電子ビーム蒸着法を発展させた分子線エピタキシー (MBE) 法により、3 インチウエハ上に Nb 薄膜の作製を試みた。bcc 構造の Nb 薄膜と格子定数の近い R 面サファイア基板 Al_2O_3 (01 $\bar{1}2$) 上にヘテロエピタキシャル成長 [1,2] させた結果、結晶方位の揃った巨大な結晶粒を持つ単結晶 Nb 薄膜の作製に成功した。作製した薄膜の結晶構造解析を X 線回折法、微細構造観察を走査透過電子顕微鏡法、電気的特性を物理特性測定システム、表面形状を原子間力顕微鏡法で評価した。

成膜方法および基板加熱条件を変えて作製した Nb 薄膜の抵抗温度特性を図 1 に示す。MBE 法で基板加熱成膜した Nb 薄膜の超伝導転移温度は $T_c = 9.4$ K であり、バルク値に匹敵あるいはそれを上回る。また、残留抵抗比は 40 を超え、不純物や欠陥による電子散乱が少ないことを示唆している。講演では、MBE 法の詳細な成膜条件について述べ、 Al_2O_3 (01 $\bar{1}2$) 基板との格子整合の観点からエピタキシャル成長機構について議論する。さらに、量子デバイスへの応用に向けたプロセス開発の現状を報告する。

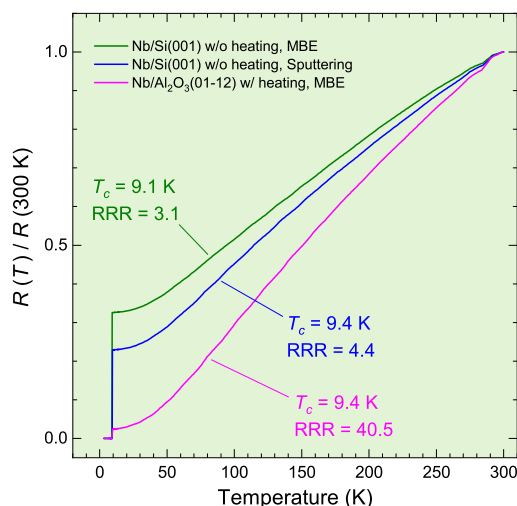


図 1: Temperature dependence of the electrical resistivity for Nb films deposited using DC sputtering and MBE techniques.

参考文献

- [1] G. Oya *et al.*, J. Appl. Phys. **60**, 1440 (1986).
- [2] A. R. Wildes *et al.*, Thin Solid Films **401**, 7 (2001).

謝辞 本講演で発表した研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP16007) の結果得られたものです。