

超伝導量子ビット応用に向けた 立方晶系 Al/AlN/Al/TiN のヘテロエピタキシャル成長

Hetero-epitaxial Growth of Cubic Al/AlN/Al/TiN for Superconducting Qubits

富士通¹, ○山口 淳一¹, 林 賢二郎¹, 近藤 大雄¹, 土肥 義康¹, 佐藤 信太郎¹

Fujitsu Limited¹, °J. Yamaguchi¹, K. Hayashi¹, D. Kondo¹, Y. Doi¹, and S. Sato¹

E-mail: yamaguchi.j@fujitsu.com

巨視的量子系の超伝導回路からなる超伝導量子ビットは、高い拡張性と制御性を備えており、実用的な大規模量子計算を可能にする有力な候補素子の一つである。超伝導量子ビットのジョセフソン接合 (JJ) には多結晶 Al で非晶質 AlO_x を挟んだ三層膜が広く利用されているが、それらの結晶性の乱れに起因する二準位系欠陥が量子ビットのコヒーレンス時間の短縮やゲート忠実度の低下を招くと懸念されている[1]。そこで本研究では、二準位系欠陥を抑制して量子ビットの特性向上を図ることを目的に、その構成積層膜のヘテロエピタキシャル成長を試みた。図(a)に積層膜の構成を示す。in situ PLD/MBE により、Si(100)基板上に全て立方晶系の TiN (50–100 nm)、次いで Al(50 nm)/AlN(1.5 nm)/Al(50 nm)の三層膜を順次成膜した (窒化膜は PLD、Al は MEB により成膜)。図(b)は各層成膜後の in situ RHEED 像である。Al/AlN/Al/TiN は、各表面の正方格子に由来するストリークが観測されており、エピタキシャル成長しているのが分かる。また、図(c)の Al/AlN/Al 断面部の TEM 像では正方格子が整然と配列しており、良好な JJ 界面が形成されているのが確認できる。Al を Si(100)基板上に直接エピタキシャル成長することは両者の格子定数の差が大きく困難だが、TiN が Al–Si 格子不整合緩和のバッファ層の役割を担い[2]、Al/AlN/Al のエピタキシャル成長を実現している。発表では、成膜条件や物性評価の詳細に加え、JJ 素子作製プロセス (Al の自然酸化を防止する保護膜形成や TiN の超伝導線路への適用) についても議論する。

Al を Si(100)基板上に直接エピタキシャル成長することは両者の格子定数の差が大きく困難だが、TiN が Al–Si 格子不整合緩和のバッファ層の役割を担い[2]、Al/AlN/Al のエピタキシャル成長を実現している。発表では、成膜条件や物性評価の詳細に加え、JJ 素子作製プロセス (Al の自然酸化を防止する保護膜形成や TiN の超伝導線路への適用) についても議論する。

[1] J. Lisenfeld *et al.*, npj Quantum Inf. **5**, 105 (2019).

[2] S. Kim *et al.*, Commun Mater. **2**, 98 (2021).

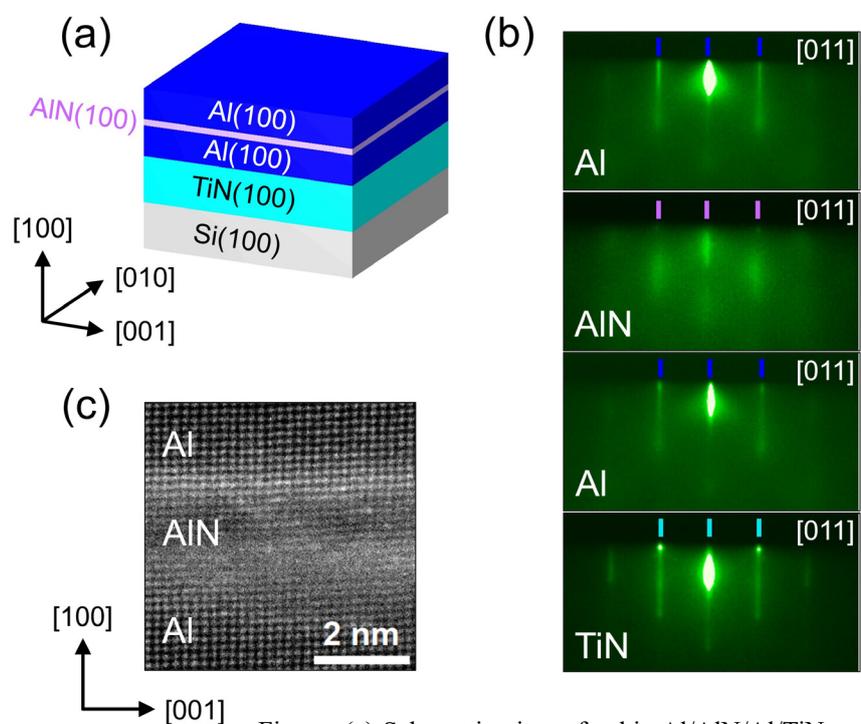


Figure: (a) Schematic view of cubic Al/AlN/Al/TiN on the Si(100) substrate. (b) in situ RHEED images of respective layers taken along the Si[011] azimuth. (c) Cross-sectional TEM image of the Al/AlN/Al junction.