

表面平坦化処理を施した AlN 上への NbN エピタキシャル成長

Epitaxial growth of NbN on atomically flat AlN surfaces

東京大学生産技術研究所 ○紀平 俊矢, 前田 亮太, 小林 篤, 上野 耕平, 藤岡 洋

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

○S. Kihira, R. Maeda, A. Kobayashi, K. Ueno, and H. Fujioka

E-mail: kihira@iis.u-tokyo.ac.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(SNSPD)は、従来の半導体アバランシェフォトダイオード検出器と比べて、幅広い波長領域において光子の検出効率が高いというメリットを持つ。窒化ニオブ(NbN)は、SNSPD 材料の中でも超伝導転移温度が高く(~16K)、高速で応答できることが知られている。通常、NbN-SNSPD は多結晶薄膜で作製されるため、素子内における臨界電流の不均一性が問題となっており¹⁾、高品質単結晶 NbN 薄膜のエピタキシャル成長技術の開発が求められている。窒化物半導体の(0001)面と NaCl 型 NbN(111)面の格子不整が小さいため(AlN に対しては-0.2%)、窒化物半導体上には高品質 NbN 薄膜が成長すると考えられる。しかしながら、結晶対称性の観点から、六方晶 AlN(0001)上には、立方晶 NbN(111)は双晶をなして成長する可能性があり、実際に、AlN の原子ステップが NbN の双晶成長を引き起こすことが確認されている²⁾。本研究では、基板として用いる AlN の表面処理を行うことで原子ステップ構造を制御し、双晶のない NbN の成長を試みた。

サファイア上に作製した AlN(0001)テンプレート基板として用いた。AlN テンプレート上にスパッタ法で AlN をホモエピタキシャル成長させ、窒素雰囲気中 1750°C で 3 時間アニール処理を施した。その後、再びスパッタ法で NbN を 800°C でエピタキシャル成長させた。作製した NbN 薄膜の表面モフォロジー及び結晶性を AFM, XRD, EBSD 等で評価した。

ホモエピタキシャル成長させた AlN には、単分子層(高さ~0.25nm)のステップアンドテラス構造が観察された。この AlN を 1750°C でアニール処理し、表面の AFM 像を取得した結果を図 1 (a)に示す。高温アニール処理を施すことで、ステップバンチングが促進され、テラス面積が拡大した。この AlN 上に 800°C でエピタキシャル成長させた NbN 薄膜の AFM 像を図 1 (b)に示す。AlN のテラス上に平坦な NbN 薄膜が成長していることが分かる。図 2 に 800°C で成長させた NbN の EBSD 方位マッピング結果を示す。2×2μm²を超える領域にわたり、双晶のない単結晶領域の存在が確かめられた。以上の結果は、AlN に適切な処理を施すことで、NbN の結晶方位を制御でき、単結晶領域を拡大できることを示している。

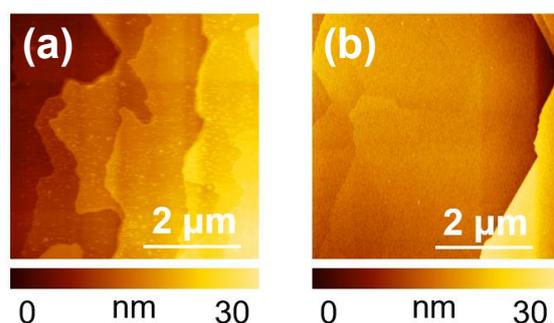


Fig. 1 AFM images of (a) an AlN(0001) surface annealed at 1750 °C and (b) a NbN(111) film grown on the AlN surface at 800 °C.

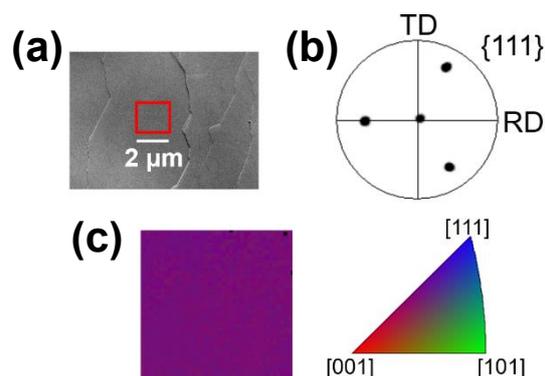


Fig. 2 (a) SEM image of a NbN(111)/AlN(0001) surface. (b) EBSD {111} pole figure and (c) rolling direction mapping for the selective area in (a).

【参考文献】 1) Chang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **117**, 132601 (2020). 2) A. Kobayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **117**, 231601 (2020).