

# $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)表面のステップ-テラス形成およびエピタキシーへの応用

## Thermal Stability of $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) Surface and Its Application to Epitaxial Growth

京工織大工芸 <sup>○</sup>(M1)村上 翔平, (M2)關 裕介, 岡田 有史, 角野 広平

Kyoto. Inst. Tech., <sup>○</sup>Shohei Murakami, Yusuke Seki, Arifumi Okada, Kohei Kadono

E-mail: aokada@kit.ac.jp

ワイドギャップ半導体  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は絶縁破壊電界強度が高く、次世代パワーデバイスの材料として期待されている。しかしこの物質は n 型になる一方で p 型とするのはきわめて困難である。 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた p-n 接合作製のアプローチとして、p 型の層に NiO を用いたヘテロエピタキシーがある。NiO/ $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 界面の欠陥を抑制するためには、様々な原子配列の基板において成長初期過程の詳細に関する知見を得ることが重要である。基板表面はステップ-テラス構造を持っていることが理想であるが、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は面方位によって安定性が異なり[1], 最適な熱処理温度が異なる[2]。ここでは、(001)表面の熱処理条件および NiO 成長への応用の可能性を検討した。

Sn ドープ  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)ウエハをカットし、アセトンで洗浄した後、電気炉にて大気中で 10~30 h 保持し、自然冷却した。NiO は Ni の真空蒸着と酸化およびゾルゲル法[3]で作製した。試料表面は大気中の原子間力顕微鏡 (AFM) および超高真空での走査トンネル顕微鏡 (STM) で観察した。表面近傍の組成や電子状態は X 線光電子分光 (XPS) で測定した。また光吸収・発光スペクトルからバンドギャップおよび熱処理に伴うバルクの物性変化を調べた。

Fig. 1 に、大気中 800 °C で合計 20 時間熱処理した  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)の AFM 像を示す。挿入図に断面プロファイルの一例を示すように、テラス上に存在している粒子またはアイランドの高さはほぼ一定であり、ステップ-テラス構造の生成を示唆していた。オフセット角が付いていない(201)面の場合は 400 °C の熱処理で原子レベルで平坦なテラスが生成し、600 °C でファセッティングが開始する傾向にあったこと[2]に対し、この面方位では原子の移動が起こりにくく、平坦な面の形成には高い温度が必要であった。図中左下の挿入図にゾルゲル法で作製された NiO の一例を示す。作製方法によらず、本研究の範囲内で得られた NiO は粒子状となった。

References: [1] S. Mu, et al., *APL Mater.* **8**, 091105 (2020); [2] A. Okada et al., *Appl. Surf. Sci.* **574**, 151651 (2022). [3] Y. Kokubun et al., *Appl. Phys. Express* **9**, 091101 (2016).

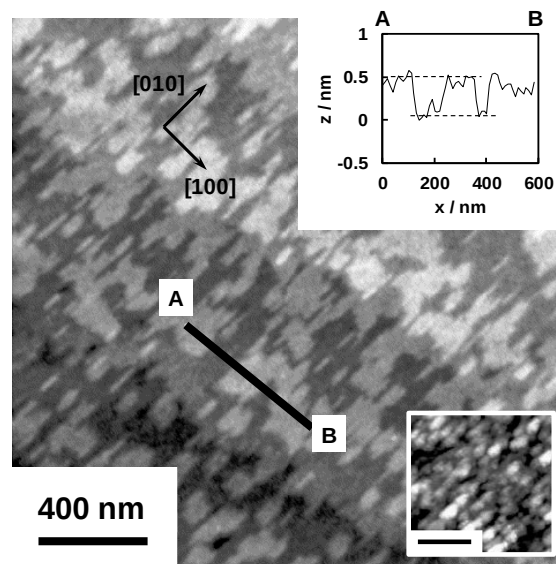


Fig. 1 An example of AFM image of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) annealed at 800 °C in air for 20 h in total. Upper right panel: Cross-sectional profile along the line AB. Lower left panel: NiO-deposited surface via sol-gel method. The scale bar corresponds to 100 nm.