

$\alpha$ -(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 傾斜バッファ層を導入した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の作製Fabrication of  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films using  $\alpha$ -(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> graded buffer layers

京大院工 °神野 莉衣奈, 内田 貴之, 金子 健太郎, 藤田 静雄

Kyoto Univ., Riena Jinno°, Takayuki Uchida, Kentaro Kaneko and Shizuo Fujita

E-mail: jinno.riena.68a@st.kyoto-u.ac.jp

近年、SiC や GaN の 3.4 eV よりも大きいバンドギャップを有する超ワイドバンドギャップ(Ultra Wide-Bandgap, UWBG)半導体材料の一つである、コランダム構造酸化ガリウム( $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)がパワーデバイスや深紫外発光デバイスの材料として注目を集めている[1]。  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は同じコランダム構造を有する sapphire( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)基板上に作製可能であり、また  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> や  $\alpha$ -In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> との混晶により、3.4~9.0 eV のバンドギャップ変調が可能である。しかし、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上に作製した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は移動度が  $\mu_{\text{Hall}} \leq 24 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$  と低いことが問題である[2]。低移動度の原因として  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜中に多く存在する転位による電子散乱が考えられる。本研究では、 $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を用いたデバイス応用に向けて、 $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜中の転位密度の低減および電気特性の改善を目的に  $\alpha$ -(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 傾斜バッファ層を導入した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の作製を行った。

図 1 に入射方向<1120>から見た作製した試料の断面 TEM 像を示す。バッファ層として  $\alpha$ -(Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ $\alpha$ -(Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の膜厚比を変化させた超格子を作製することにより、バッファ層中の  $\alpha$ -(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の Al 組成比の平均を徐々に変化した疑似傾斜バッファ層を作製した。図 1 より超格子内に歪みが集中し、バッファ層から  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜にかけて転位が減少していることが分かる。このバッファ層を導入することにより  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜中のらせん転位密度は  $3 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 、刃状転位密度が  $6 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$  と全体の転位密度を一桁以上低減させることに成功した。しかし、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上に直接作製した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> はらせん転位密度が  $10^7 \text{ cm}^{-2}$  以下[3]であったのに対し、らせん転位密度が増加している。 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上に直接作製した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は完全に格子緩和していたのに対し、図 2 に示すようにバッファ層を導入した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は一つ下の  $\alpha$ -(Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> から応力を受け歪んでいるためらせん転位が増加したと考えられる。

[1] S. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 030101(2015)

[2] K. Akaiwa: Dr.Thesis, Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University, Kyoto, 2016.

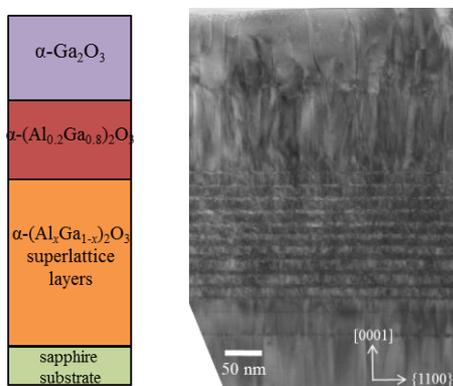
[3] K.Kaneko, et.al., Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 020201.

図 1 入射方向<1120>から見た  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ $\alpha$ -(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> buffer layers/sapphire の断面 TEM 像

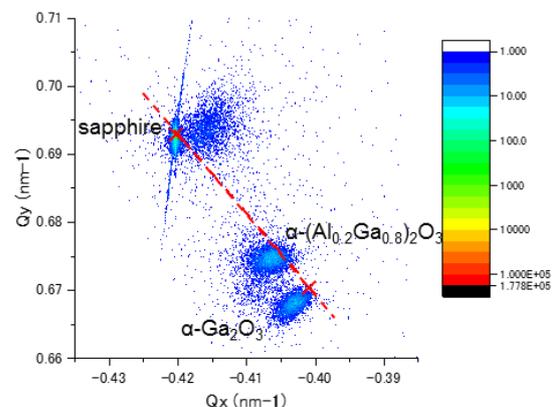


図 2 作製した  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1129)への逆格子マッピング測定 (X: sapphire 及び  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1129)の理論値)