

## GaCl-O<sub>2</sub>系 HVPE 法による β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成長における過剰 Cl<sub>2</sub> 供給効果

### Effect of excess Cl<sub>2</sub> supply on HVPE growth of β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by GaCl-O<sub>2</sub> system

東京農工大工 °(M1)森 あかね, (M2)税本 雄也, 後藤 健, 熊谷 義直

Tokyo Univ. Agric. and Tech., °Akane Mori, Yuya Saimoto, Ken Goto, Yoshinao Kumagai

E-mail: s203927z@st.go.tuat.ac.jp

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は4.5 eVの広いバンドギャップを有し、高耐圧・低損失なパワーデバイス材料として注目を集めている。すでにGaCl-O<sub>2</sub>系ハライド気相成長(HVPE)法を用いて高精度にキャリア密度制御( $n = 10^{15} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )された高速ホモエピタキシャル成長により縦型デバイス作製用のエピ付き基板が量産されている[1]。しかし、GaCl-O<sub>2</sub>系ではGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成長時の自由エネルギー変化が大きいため、気相中で形成されるGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉体が成長層表面に落下し成長を阻害する問題がある。我々の研究グループでは、Ga源にGaCl<sub>3</sub>を用いれば自由エネルギー変化が小さな成長となることを熱力学解析により報告している[2]。今回、GaCl-O<sub>2</sub>系に過剰Cl<sub>2</sub>を加えGaClの一部をGaCl<sub>3</sub>化し、粉体形成の抑制を試みたので報告する。

実験は大気圧ホットウォール縦型石英反応炉を用いて実施した。800°Cに保った原料部(1段目)で金属GaとCl<sub>2</sub>(1)(供給分圧 $P^{\circ}_{\text{Cl}_2} = 3.6 \times 10^{-4} \text{ atm}$ )を反応させGaClを得て、原料部(2段目)で過剰Cl<sub>2</sub>(2)を加えGaClをGaCl<sub>3</sub>化した。この際、Cl<sub>2</sub>(1)に対するCl<sub>2</sub>(2)の比 $R = P^{\circ}_{\text{Cl}_2(2)}/P^{\circ}_{\text{Cl}_2(1)}$ をパラメーターとした。成長部(1000°C)で別途供給したO<sub>2</sub>(供給分圧 $P^{\circ}_{\text{O}_2} = 2.0 \times 10^{-1} \text{ atm}$ )とGa源を反応させ、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を成長させた。基板にはc面サファイアおよびβ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)を用いた。また、熱反応流体シミュレーター(HEpiGaNS)を用い成長挙動の予測を行い、実験結果と比較した。

図1に実験およびシミュレーションで得られたGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成長速度のR値依存性を示す。基板によらずほぼ同じ成長速度が得られ、R値の増加によりGaClが一部GaCl<sub>3</sub>化するため成長速度は線形に減少した。この結果は、シミュレーション結果と同様の挙動であるが、成長速度がほぼ0となるRの値( $R = 1.7$ )はシミュレーション結果( $R = 2.2$ )よりも小さく、原料部(1段目)の反応が平衡未達であることが示唆される。 $R \geq 1.0$ の時 $R = 0.0$ で見られたエピ層表面の粉体は抑制されており過剰Cl<sub>2</sub>供給効果が確認された。

本研究の一部は新エネルギー開発機構(NEDO)JPNP12004の援助を受けた。

[1] K. Goto *et al.*, Thin Solid Films, **666**, 182 (2018).

[2] T. Kamo *et al.*, IWGO2019, POS 1.26 (2019).

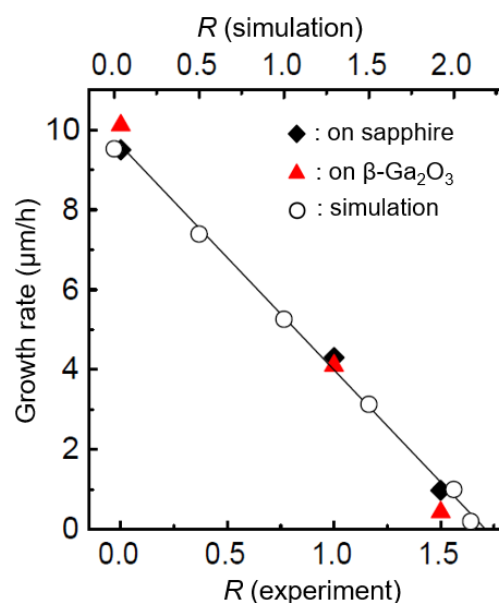


Fig.1 Dependence of growth rate on R.