

HVPE 法を用いた In_2O_3 成長における成長速度の影響

Influence of Growth Rate on Halide Vapor Phase Epitaxy of In_2O_3

東京農工大院工¹, 東京農工大 GIR², リンチョーピン大³

○須賀 隆之¹, 中畑 秀利¹, 小西 敬太¹, 富樫 理恵^{1,2}, 村上 尚^{1,2},

Plamen P. Pascov³, Bo Monemar^{2,3}, 熊谷 義直^{1,2}

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.¹, TUAT GIR², Linköping Univ.³

○Takayuki Suga¹, Hidetoshi Nakahata¹, Keita Konishi¹, Rie Togashi^{1,2}, Hisashi Murakami^{1,2}

Plamen P. Pascov³, Bo Monemar^{2,3}, and Yoshinao Kumagai^{1,2}

E-mail: s165537x@st.go.tuat.ac.jp

In_2O_3 系のワイドバンドギャップ混晶($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ は、新たな電子デバイス材料や光学デバイス材料として注目を集めている。我々は熱力学解析に基づき、ハライド気相成長(HVPE)法を用いて β -ガリア型構造酸化ガリウム($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$)やピクスバイト型構造酸化インジウム($c\text{-In}_2\text{O}_3$)の高温(1000°C)・高速成長を実現している [1,2]。本研究では c 面サファイア基板上への $c\text{-In}_2\text{O}_3$ の HVPE 成長において、成長速度の違いが結晶構造に与える影響について調査したので報告する。

原料ガスに InCl と O_2 ガス、キャリアガスとして N_2 を用いて、大気圧ホットウォール型縦型石英管反応炉内で $c\text{-In}_2\text{O}_3$ を成長した。上流部に設置した In 金属を 800°C に保持し、 Cl_2 ガスと反応させ InCl を生成した。下流部では InCl と O_2 を混合し、サファイア基板上に 1000°C で $c\text{-In}_2\text{O}_3$ (111) 膜の成長を行った。成長時間は 1 時間、成長速度は原料ガスの VI/III 原子供給比と原料分圧を変化させることにより調整した。

$c\text{-In}_2\text{O}_3$ の成長速度を増加させるため、① InCl の原料分圧(P_{InCl}^0)を固定して VI/III 比を高める(O_2 供給分圧を高くする)、② VI/III 比を固定して P_{InCl}^0 を増加させる、という 2 種類の方法を試みた。①について VI/III 比を 2~100 まで増加させた場合でも、成長速度が飽和せずに増加し続けるという結果から、高い VI/III 比であっても成長表面は In 過剰状態であると予想される。図 1 は異なる成長条件であるが、ほぼ同じ成長速度(9~10 $\mu\text{m}/\text{h}$)で成長された $c\text{-In}_2\text{O}_3$ の鳥瞰走査型電子顕微鏡(SEM)像である。異なる成長条件であっても表面モフォロジーには大きな変化は見られず、X 線回折 2θ - ω プロファイル及び極点図測定においても同等の結果が得られた。①、②の双方で、成長速度の増加に伴って表面モフォロジー及び成長膜の結晶性は劣化した。これらの結果から、HVPE 法による $c\text{-In}_2\text{O}_3$ 厚膜の成長においては、成長速度が最も重要な成長パラメータであると考えられる。表面モフォロジーが最も良好なサンプル(成長速度: 1.5 $\mu\text{m}/\text{h}$)でホール効果測定を行ったところ室温で n 型導電性を示し、キャリア密度は $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、移動度は $134 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ であった。

本研究の一部は科研費新学術領域研究 No.16H06417 の援助を受けた。

[1] K. Nomura *et al.*, *J. Cryst. Growth*, **405**, 19 (2014).

[2] R. Togashi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 1202B3 (2016).

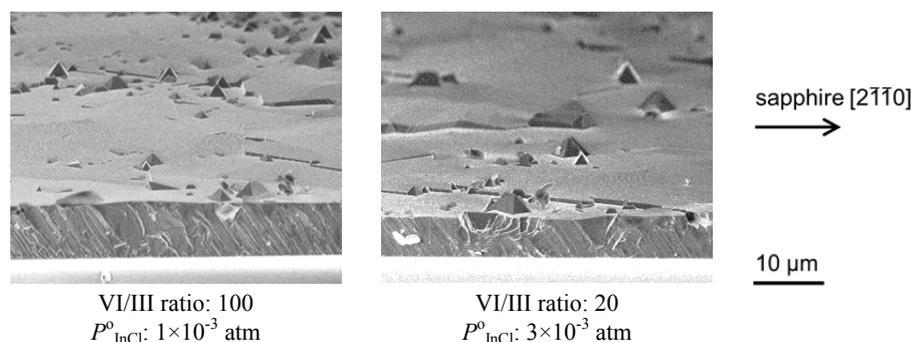


Fig. 1 Bird's-eye-view SEM micrographs of $c\text{-In}_2\text{O}_3$ layers grown on (0001) sapphire by HVPE at 1000°C with different growth conditions.