

準安定相酸化ガリウムのハライド気相成長

Halide Vapor Phase Epitaxy of Meta-stable Gallium Oxides

物質・材料研究機構 大島 祐一

National Institute for Materials Science, Yuichi Oshima

E-mail: OSHIMA.Yuichi@nims.go.jp

酸化ガリウム(Ga_2O_3)は5種類以上の結晶構造をとることが報告されている[1]。それらの中でも最安定とされる β 相が GaN や SiC のパワーデバイスを凌駕し得るワイドバンドギャップ半導体材料として精力的に研究開発される一方で、 α 相、 ε 相といった準安定相もまたワイドバンドギャップ半導体材料として有望であり、しかも、多様な混晶の形成や自発分極など β 相には無いユニークな特徴をもつものがあることがわかってきた。デバイス応用のために重要な、単相でのエピタキシャル成長の報告も近年相次いでいる。本講演では、ハライド気相成長法(Halide Vapor Phase Epitaxy, HVPE)法による α - Ga_2O_3 および ε - Ga_2O_3 相の成長について、我々の取り組みを中心に紹介する。

α - Ga_2O_3 のバンドギャップは β 相のそれ(4.5-4.9 eV)よりもやや大きく、5.3 eV 程度と報告されている。結晶構造はサファイアや他の多くの酸化物と同じコランダム構造である。 α - Ga_2O_3 は粉末の合成が1952年に報告されているが[1]、最初のエピタキシャル成長は近年ミスト CVD 法により c 面サファイア基板上で実現された[2]。HVPE による成長は我々のグループが最初である[3]。HVPE 成長は常圧下で行い、金属ガリウムと塩化水素ガスとの反応で発生させた塩化ガリウムガスと、酸素ガスを原料に用いた。成長温度は550°C程度、基板はc面サファイアである。成長速度は原料供給量とともに単調に増加し、鏡面を維持したままで100 $\mu\text{m}/\text{h}$ を超える成長速度も可能なことがわかった。

ε - Ga_2O_3 は1952年の最初の報告[1]以降、粉末合成のみが報告されてきたが、 β 相を数十%含む混合物であった。詳しい構造解析は最近になって Playford らが中性子回折により初めて行い、GaN や AlN と同じ空間群 $P6_3mc$ (PDF# 01-082-3196)に属すると報告している[4]。我々は、GaN や AlN 基板上に HVPE 法で Ga_2O_3 の成長を行うと、 β 相の混入が無く、XRD ω -2 θ および pole figure 測定の結果が Playford らの結果に一致することを見出した[5]。成長した膜のバンドギャップは約4.9eVで、 β 相のそれと同程度であることも明らかにした。高温 XRD 測定の結果から、 β 相への転移は700°C程度までは起こらず、 α 相よりも安定な可能性があることがわかった。

[1] R. Roy, V. G. Hill, and E. F. Osborn, J. Am. Chem. Soc. 74, 719 (1952).

[2] D. Shinohara and S. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys. 47, (2008).

[3] Y. Oshima E. G. Villora, Y. Matsushita, S. Yamamoto, K. Shimamura, Appl. Phys. Express 8, 055501 (2015).

[4] H. Y. Playford, A. C. Hannon, E. R. Barney, and R. I. Walton, Chem. Eur. J, 19, 2803 (2013).

[5] Y. Oshima E. G. Villora, K. Shimamura, J. Appl. Phys, 118, 085301 (2015).