HCl 支援がα-Ga_2O_3 薄膜作製に及ぼす影響

Effect of HCl support on the α-Ga_2O_3 thin films fabrication

高知工大 シス工[1]，総研[2] ○(D)安岡 龍哉[1], 刘 丽[2]，ダン タイジャン[2]，川原村 敏幸[1,2]
School of Sys. Eng. [1], Res. Inst. [2], Kochi Univ. of Tech.
○Tatsuya Yasuoka[1], Li Liu[2], Giang T. Dang[2], Toshiyuki Kawaharamura[1, 2]
E-mail: 256015k@gs.kochi-tech.ac.jp, kawaharamura.toshiyuki@kochi-tech.ac.jp

Ga_2O_3 は超ワイドバンドギャップ半導体の一つであり、パワーデバイスや光電子素子への応用が期待されている。Ga_2O_3 は 5 つの結晶構造(α-, β-, γ-, δ-, ε-)を取り得るが、その中でもα-Ga_2O_3 は 5 つの中で最大となる約 5.3 eV のバンドギャップを有している。また、同じ結晶構造を有するα-In_2O_3 やα-Al_2O_3 と混晶化を図ることで 3.7 – 8.7 eV の間でバンドギャップ変調可能であるため、より多くの注目を集めている。近年、HVPE 法や MOCVD 法により Ga_2O_3 を作製する際に反応場に存在する HCl がα、β、及びε相の選択的成長に影響を及ぼすことが示唆された [1)]。また、我々のグループもミスト CVD 法においてα-Ga_2O_3 を成膜時に HCl を支援することで表面平坦性を向上させることが可能であると報告した [2)]。しかし、その詳細なメカニズムは明確になっておらず、更なる調査が必要である。前回の発表 [3)]では Ga 前駆体として $GaCl_3$ を用いていたが、今回は $Ga(acac)_3$ を用いて、Ga 及び HCl 供給量を変化させて結晶性やその他薄膜品質に HCl がどのような影響を及ぼすのか調査した。

α-Ga_2O_3 は第三世代ミスト CVD 法を用いて作製した。第三世代ミスト CVD 法は、複数の溶液を別々に霧化した後、まぜまぜ器(ミスト混合器)に一度集め混合させ反応炉へと供給する手法であり、噴霧器を分けることで副反応を抑制することが可能である [4,5)]。今回は、a) $Ga(acac)_3$ を HCl を微量に添加した超純水に溶解させたもの、b) HCl 希釈水の 2 種類の溶液を用いて、それぞれの濃度やキャリアガス流量を変化させて成膜を行った。

Ga 供給レートに対する成膜速度の結果を図 1 に示す。黒色でプロットしたものは HCl 支援有り、赤色でプロットしたものは HCl 支援無しの結果である。HCl 支援無しの結果について着目すると、Ga 供給レートが 0.1 mmol/min までは Ga 供給レートの増加に比例して成膜速度が上昇しており、それより大きくなると成膜速度の増加は見られなかった。Ga 供給レートが 0.1 mmol/L 以下を A 領域、0.1 mmol/L 以上を B 領域とすると、HCl 支援無しでは A 領域では供給律速過程、B 領域では反応律速過程でα-Ga_2O_3 が成長したと考えられる。次に、A、B 領域における HCl の影響についてみると、A 領域では HCl 支援による成膜速度の上昇は見られないが、B 領域では HCl 支援により成膜速度が大きく上昇している。このことから、領域 B において HCl 支援によってα-Ga_2O_3 の成長過程が反応律速から供給律速へと変化していることが推察される。図 2 に各領域において HCl 支援量のみを変化させたときの AFM 測定結果を示す。各 AFM 結果の上部には HCl のキャリアガス条件、下部には膜厚と表面粗さの二乗平均平方根(RMS)を示している。表面粗さについて着目すると、A 領域においては HCl 支援量の増加に伴い表面粗さの改善が見られたが、B 領域では表面粗さは大きく悪化しており、A、B 領域で大きな差異が見られた。その他 HCl 支援による結晶性の変化や、Ga 前駆体の違いによる HCl が与える影響については、当日詳しく説明する。

1) H. sun et al, Cryst. Growth Des. **18**, 2370-2376 (2018), 2) T. Yasuoka et al, AIP Adv. **11**, 045123 (2021),
3) 安岡龍哉, 21p-B31-2, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会口頭発表 (2019), 4) T. Kawaharamura, JJAP 53 05FF08 (2014),
5) G. T. Dang et al., Appl. Phys. Lett. 113, 062102(2018)

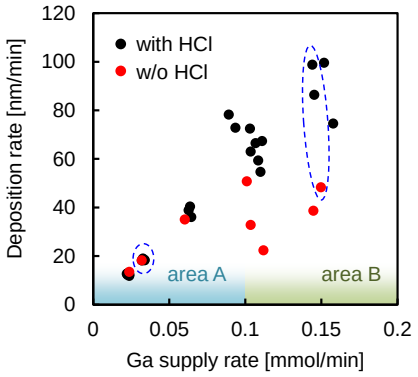

Fig.1 Deposition rate vs Ga supply rate

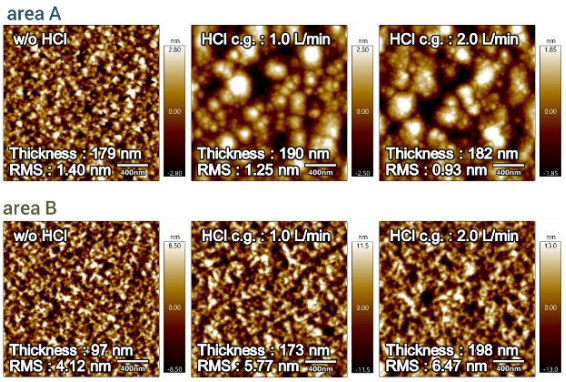

Fig.2 AFM results

© 2022年 応用物理学会