

# 水素ラジカルを用いた HVPE GaN 結晶成長 (2)

## HVPE GaN Growth using Hydrogen Radical (2)

神田芽生<sup>1)</sup>  
指導教員 永吉浩<sup>1)</sup>

1) 東京工業高等専門学校 電子工学科 環境エネルギー研究室

キーワード: HVPE, GaN, 水素ラジカル

### 1. はじめに

GaNは優れた光学的、電気的特性を持ち、青色発光ダイオードや青紫レーザーダイオード、パワーデバイスの材料として注目されている。しかし、GaNの成長に主に用いられるMOVPE法は有機金属化合物を使用するため不純物として結晶内に炭素原子を含み、原料物質が高価だという欠点がある。

本研究では水素ラジカルとGaの反応により水素化ガリウムを生成し、これを原料として GaN を生成する新たな GaN 結晶成長法を試みた。この方法は従来からある塩化物を利用した HVPE 法や MOVPE 法よりもガスの取り扱いが容易で安価、高純度化しやすい利点がある。さらに水素ラジカルを直接成長表面に導入して、水素ラジカルによる選択エッチング反応により表面反応をコントロールし結晶欠陥を低減できる可能性がある。

我々はこれまで一般的な石英管ハーネスを用い石英管にウール状のタングステンを詰め、石英管ごと外部から加熱し石英管に水素ガスを流入することで加熱されたタングステンウールを触媒として水素ラジカルを発生させていた。この方法で GaN 結晶成長を確認したが反応時間の経過に伴って触媒の活性が低下する傾向が表れた。石英管を 1200°C で加熱していたため水素ラジカルによって石英管内壁のエッチングが生じ、発生した H<sub>2</sub>O または OH によって触媒が酸化され活性が低下していた可能性がある。今回、タングステン触媒と金属 Ga の加熱に誘導加熱方式を導入して温度上昇を抑えることを試みた。

### 2. 実験

図 1 に装置の概略図を示す。装置は石英の二重管構造をしており、2 台の誘導加熱装置によってタングステン触媒と Ga をそれぞれ加熱する。誘導加熱装置を用いて水素ラジカルが発生に十分な触媒温度と反応に十分な Ga の温度が得られることを確認するために、タングステン触媒と Ga の誘導加熱装置の出力に対する温度の変化を測定した。タングステン触媒は、従来の水素ラジカル発生方法で使用していた 0.09mm φ のタングステンワイヤをウール状に丸めたものと、誘導加熱装置で効率的に渦電流が発生するように 0.5mm φ のタングステンワイヤをリング状に結び、リングが連なるように折りたたんだものを使用し、それぞれの誘導加熱装置の出力に対する温度の変化を測定した。触媒加熱用の誘導加熱装置は出力 18kW、誘導コイルに流れる電流は 30kHz、最大 700A である。実験条件を表 1 に示す。

### 3. 結果・考察

図 2 に誘導加熱装置の出力に対するタングステン触媒と Ga の温度を示す。誘導加熱に適した形状のタングステン触媒を使用することで触媒温度が

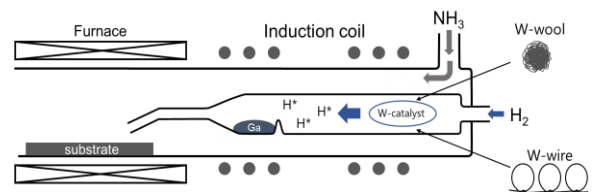


図 1 実験装置の概略図

表 1 GaN 結晶成長条件

ヒーターの温度 [°C]	950
Ga 加熱用誘導加熱装置の出力 [%]	80~102.7
W 触媒加熱用誘導加熱装置の出力 [%]	95
H <sub>2</sub> 流量 [sccm]	40~160
NH <sub>3</sub> 流量 [sccm]	48
装置内圧力 [Torr]	20
成長時間 [h]	1~2

1300°C以上に達し、誘導加熱でも水素ラジカルの発生に十分な触媒温度が得られている。

Ga は液体状態で誘導加熱され、最大出力において 850°C以上に達している。以上の結果から誘導加熱を用いて触媒、Ga 原料ともに反応に十分な温度に加熱可能なことを確認した。誘導加熱方式の導入によって実験の繰り返しによる成長速度の低下現象がなくなり、安定で再現性の良い結晶成長実験が可能となった。

図 3 に成長物の SEM 画像を示す。表面には多数の六角柱結晶が島状に成長しており、典型的な結晶成長初期の表面モフォロジーを示している。向きをそろえた六角形の面が現れており、C 軸方向に向きをそろえてエピタキシャル成長していることが分かる。さらに成長が進めば島同士が融合して膜状になっていくと推定される。図 4 にラマンスペクトルの測定結果を示す。ラマンスペクトルからも GaN 結晶成長を確認できた。

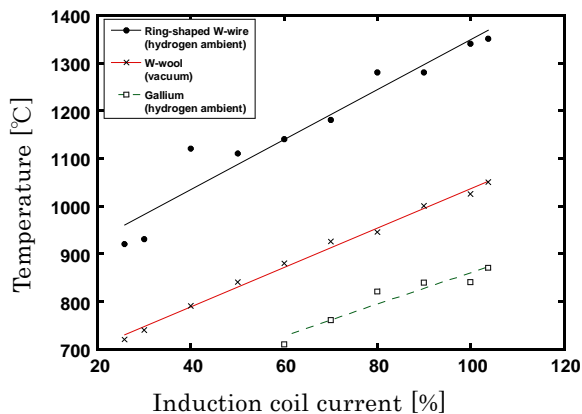


図 2 誘導加熱装置の出力-温度特性

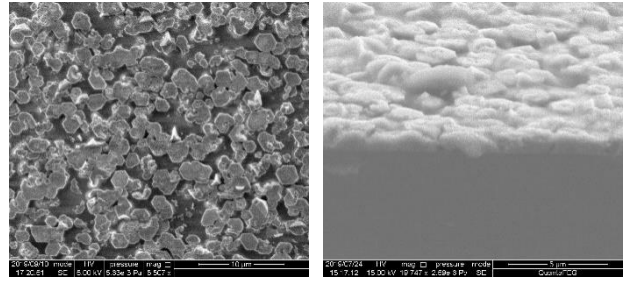


図 3 成長物の SEM 画像

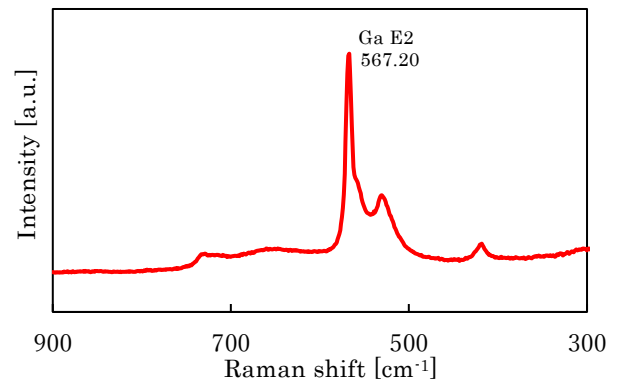


図 4 成長物のラマンスペクトル

#### 4. まとめ

水素ラジカルによる石英管内壁のエッチングを防ぐためにタングステン触媒と Ga の加熱に誘導加熱方式を導入し、水素ラジカルの発生に十分な 1300 °C以上の触媒温度を得た、また Ga も反応に十分な 850°C以上に加熱できることを確認した。

誘導加熱装置を導入した実験装置で GaN の成長を試み、成長物の SEM 画像とラマンスペクトルから GaN の成長を確認した

[1] Hiroshi Nagayoshi, et al. Journal of Crystal Growth 275, (2004)pp.939-942

[2] 神田, 永吉 第 10 回 大学コンソーシアム八王子要旨集 2018\_206\_P008