

水素ラジカルを用いた HVPE GaN 結晶成長

HVPE GaN growth using hydrogen radical

神田芽生¹⁾
指導教員 永吉浩¹⁾

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

我々はこれまで水素ラジカルと金属 Ga の反応でガリウムハイドライドを生成し GaN 等の成長を試みてきたが、ホットフィラメントを用いた場合蒸発したフィラメントが不純物として混入するなどの欠点があった。今回タングステン触媒温度を 1000°C 程度に抑えたまま水素ラジカルを効果的に発生できるように改良して GaN 結晶成長を試み、結晶 GaN が成長することを確認した。

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、電気的性能を持ち、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炭素原子を含み、原料物質が高価だという欠点がある。

そこで本研究では水素ラジカルと金属ガリウムの反応により水素化ガリウムを生成し、これを原料として窒化ガリウムを生成する新たな窒化ガリウム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。

我々はこれまでホットフィラメントを用いて生成した水素ラジカルと金属 Ga の反応でガリウムハイドライドを生成し GaN 等の成長を試みてきた。[1] しかしホットフィラメントを用いた場合蒸発したフィラメントが不純物として混入するなどの欠点があった。今回タングステン触媒温度を 1000°C 程度に抑えたまま水素ラジカルを効果的に発生できるように改良し GaN 結晶成長を試みた。

2. 実験

図 1 にホットフィラメントを用いた水素ラジカルの生成方法を示す。また図 2 に本実験で用いた水素ラジカルの生成方法を示す。本実験ではタングステンフィラメントが蒸発して不純物として混入することを防ぐためにフィラメントの温度を 1000°C 程度に抑え、低温でも効率的に水素ラジカルを生成できるように 0.09mm φ のタングステンワイヤをウール状の球に丸めて表面積を稼ぎ、分解効率が低下しないよう改良した。

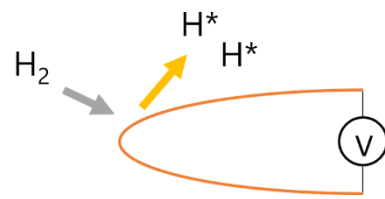


図 1 ホットフィラメント法

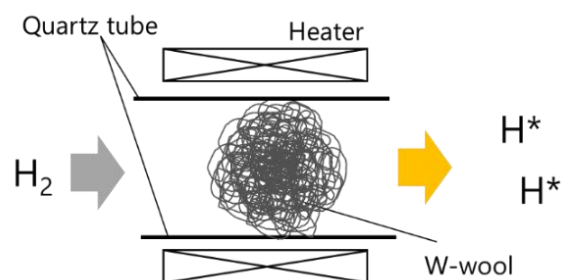


図 2 水素ラジカルの生成方法

図2に装置の概略図を示す。また、図3に装置の画像を示す。反応容器は石英の二重管構造をしている。内側の石英管に水素ガスを流入し、発生した水素ラジカルが液体 Ga に照射されると Ga が GaH₃ として蒸発し、成長部に輸送される。成長部に輸送された GaH₃ と外側の石英管に流入された NH₃ の気相反応によって GaN を生成する。

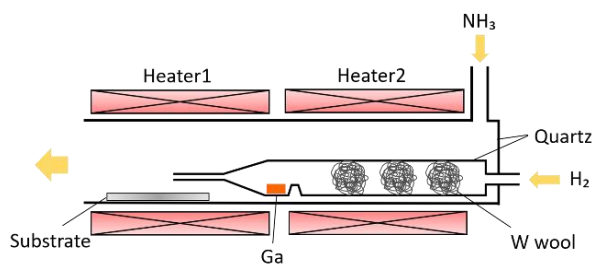


図2 実験装置の概略図

GaN の成長時に内側の石英管から未反応の水素ラジカルが成長基板表面に到達可能であり、Si 基板は水素ラジカルによってエッチングされるため水素ラジカルが基板に到達していることをSi表面の状態から判別した。また成長部に水素ラジカルが到達したときアンモニアの分解も促され、Si 基板表面に窒化膜が形成される。Si₃N₄ 薄膜形成によって現れる干渉縞からアンモニアの分解が行われていることを確認した。実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

圧力[Torr]	10~20
Heater1の温度[°C]	950~1150
Heater2の温度[°C]	1100
H2流量[sccm]	20~80
NH3流量[sccm]	5.4~120
堆積時間[min]	60~90

3. 結果・考察

図3(a), (b)に得られた成長物のSEM画像を示す。成長初期に低温バッファ層を成長するなどの処理は行っていない。このため荒れた表面状

態であるが、明確に六方晶構造を反映しており、GaN 結晶が成長していることが確認できる。

図4に成長物のラマン測定の結果を示す。ラマン測定の結果からも GaN 結晶が成長できていることを確認した。

今後はサファイア基板を導入してエピタキシャル成長を試みる予定である。

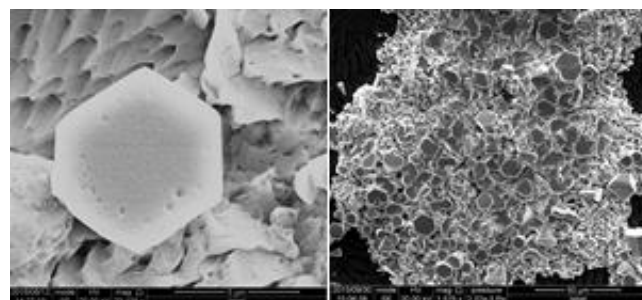


図3 堆積物のSEM画像の例

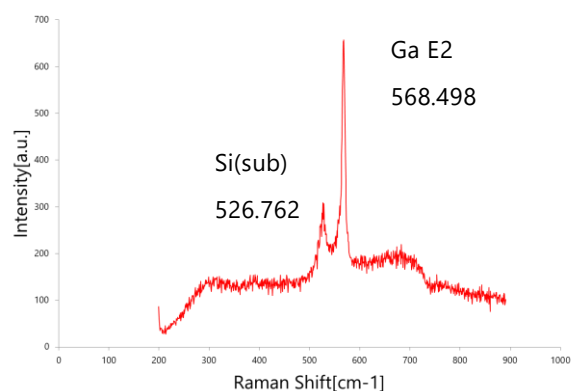


図4 ラマン測定の結果

4. まとめ

水素ラジカルと金属ガリウムの反応により水素化ガリウムを生成し、これを原料として新たな GaN 結晶成長を試みた。本研究では従来法に比べて低温でも効果的に水素ラジカルを生成できるように水素ラジカルの生成方法の改良を行い、GaN の成長を確認した。

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