

アンチモンを添加した窒化物半導体

岩谷 素顕*、竹内哲也**、上山智**、赤崎勇**

Faculty of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Japan

Motoaki Iwaya*, Tetsuya Takeuchi**, Satoshi Kamiyama**, and Isamu Akasaki**

We fabricated the GaNSb with different growth condition by metal organic vapor phase epitaxy. High GaSb molar fraction in GaNSb can be obtained by decrease of the growth temperature. Moreover, we found that the good surface morphology in GaNSb can be obtained unless low temperature growth.

1. はじめに

窒化物半導体は、青色・緑色 LED や青紫色半導体レーザなど様々なデバイスへの応用がすすめられている材料である。また、青色 LED と黄色蛍光体を組み合わせた白色 LED は、小型・長寿命・高効率・次世代照明として普及が進められている。一方、本研究では窒化物半導体材料である AlGaIn に注目した。AlGaIn は紫外 LED をはじめとして様々な応用分野を有している。この材料系において最も大きな課題は室温で高い正孔濃度を持つ p 型結晶が得られないことである。この問題を解決するために、本研究では全く新しい手法として窒化物半導体中へのアンチモン(Sb)を添加の検討を行った。理論的には、窒化物半導体中に Sb を添加することによって、価電子帯の電子エネルギーが変化すると考えられる。その一方で、窒化物半導体中への Sb の添加はこれまで検討されているが、最大でモル分率が 0.05%程度のものしか得られていなかった[1-2]。そこで、本研究課題では、最終的に高い正孔濃度を持つ p 型 AlGaIn を目指すため、まずは GaN 中への Sb 添加の検討を行った。

2. 実験方法

本研究では、有機金属化合物気相成長法を用いて、図 1 のようなサンプルを作製した。以下に詳細な実験条件を記載する。サファイア基板上に低温バッファ層を介して GaN テンプレートを作製し、有機金属系の Sb 原料を添加することによって GaN 中への Sb 添加を検討した。作製条件は、これまで報告されている作製条件に比べ、Sb と N の比を 10 倍にすること、さらに成長温度を 670~970°C まで変化し、その依存性に関して検討した。また、同じ作製条件で Sb を添加していない試料も同時に作製し、その依存性に関して検討を行った。

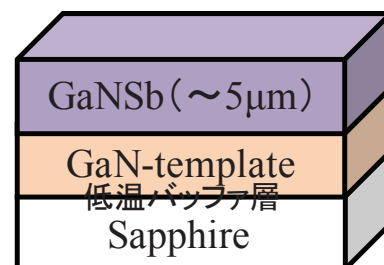


図 1 サンプル構造

3. 実験結果

図 2 に各試料の表面 SEM 像を示す。一般的に、有機金属化合物気相成長法で GaN を作製する場合、1000°C 程度で最も表面平坦性が高い結晶が得られることが知られている。したがって、GaN の表面平坦性は、成長温度を低下するにしたがって悪化することが確認できる。一方 Sb を添加することによって、添加しない場合に比べて平坦性が大幅に向上していることが確認される。これは、GaSb の作製温度が、一般的に 500°C 以下であることから、Sb を添加することによって、その効果が発現している、もしくはサーファクタントとして寄与しているためであると考えられる。

次に、本試料の Sb モル分率を X 線回折測定法により評価した。図 3 に Sb を添加した場合における (0002) 回折付近の X 線回折スペクトルを示す。770°C および 880°C で作製した Sb を添加した GaN の試料において、GaN 以外のピークが確認できる。ベガード則を用いて Sb モル分率を算出すると、770°C において作製した試料において 0.49% という高い Sb モル分率が得られていることが確認された。本研究では、Sb をどこまで高められるかを検討したが、成長温度を最適化することによって、これまで報告されていないような高い Sb モル分率を持つ GaNSb の作製が可能であること、また表面構造に大きな差が発生することを確認した。

2013年3月27日 受理

*豊田理研スカラー (名城大学理工学部 材料機能工学科)

**名城大学理工学部 材料機能工学科

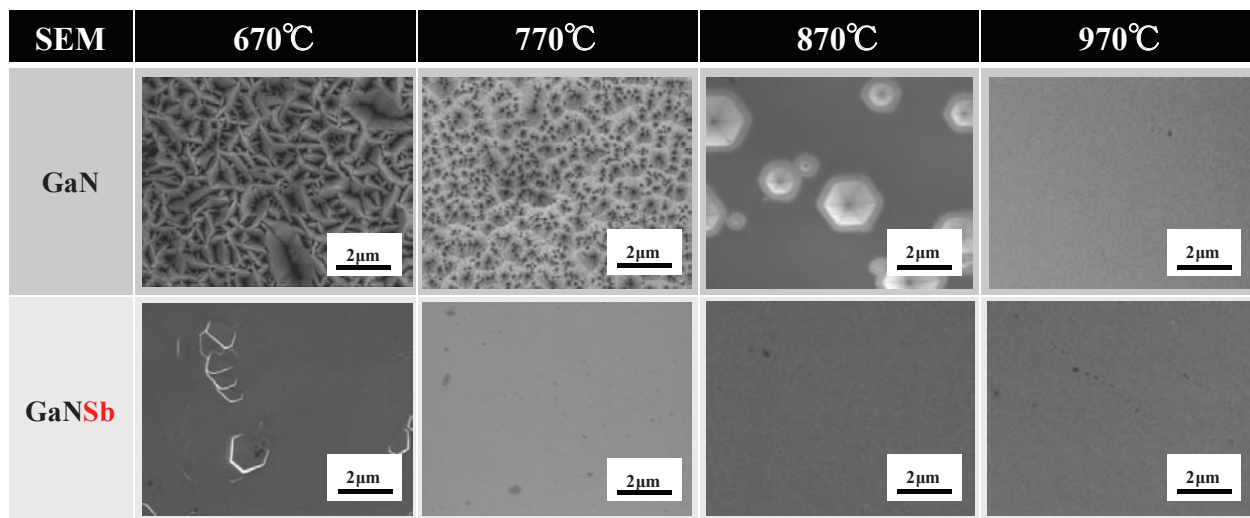


図 2 各試料の表面 SEM 写真

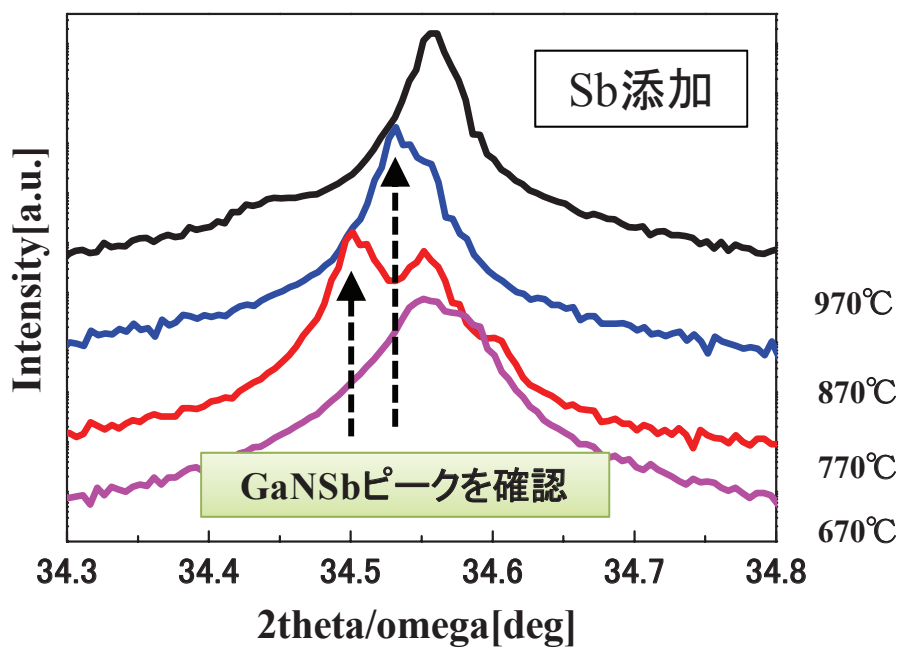


図 3 各試料の X 線回折スペクトル

4. まとめ

本研究課題では、GaN 中への Sb の添加を検討した。成長温度を大きく変化させること、また Sb の添加濃度を高めの条件を用いることによって、これまで報告されていたものに比べ、高い Sb 濃度を持つ GaNSb が実現できた。表面平坦性の向上が確認できた。今後は当初の計画通り、Sb によって価電子帯の変化が確認できるか、さらに p 型結晶への適用を目指して検討を進める予定である。

REFERENCES

- [1] L. Zhang, H. F. Tang, and T. F. Kuech: Appl. Phys. Lett. **79**, 3059 (2001).
 [2] S. Moon, H. Do, J. Park, S. Ryu: J. Mater. Res. **24**, 3569 (2009).