## グラフェン緩衝層を用いたリモートホモエピタキシーによる InN 成長

## Remote Homo-Epitaxy of InN using Graphene Buffer Layer

立命館大理工 ○(B)松島 健太、荒川 真吾、大江 佑京、毛利 真一郎、名西 憓之、荒木 努

Ritsumeikan Univ., °Kenta Matsushima, Shingo Arakawa, Ukyo Ooe, Shinichiro Mouri,

## Yasushi Nanishi, Tsutomu Araki

## E-mail: re0113hk@ ed.ritsumei.ac.jp

InN は約 0.65 eV のバンドギャップを持つ直接遷移型の半導体で、高い電子移動度・飽和電子速 度が予想されることから、高速・高周波デバイスへの応用が期待されている<sup>[1]</sup>。デバイス応用に 向けて残留電子の少ない薄膜成長が求められているが、格子不整合に起因して多数の転位や欠陥 が生じ、10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup> 前後の残留電子を有する結晶しか得られていないのが現状である<sup>[2]</sup>。近年、格 子整合に制約されない半導体薄膜成長手法として、グラフェンを緩衝層として利用したリモート ホモエピタキシーと呼ばれる手法が提案されている<sup>[3,4]</sup>。グラフェンが単原子層であるため、基板 のポテンシャルが完全に遮蔽されず、疑似的なホモエピタキシーが可能となり、剥離可能で低転 位な薄膜が得られると考えられている。本研究では、このリモートホモエピタキシーの効果が MBE 法による InN 成長でもみられるかどうかを検証した。

具体的なリモートホモエピタキシーのプロセスを以下に示す。RF-MBE 法で成長した GaN/sapphire テンプレート基板上 InN に、CVD 法により作製されたグラフェンを 2 枚 ex-situ で 転写し、その上に再度 RF-MBE 法で InN を成長した。成長温度は 425℃で、DERI 法<sup>[5]</sup>を用い、 Metal-rich growth process (5分) と Droplet elimination process (窒素ラジカルのみ供給 10分) を 2 回繰り返した。成長した InNの SEM 像を図1に示す。観測領域全体にわたって 100 nm 程度の粒 径の InN の微結晶が多数成長していることがわかる。一方、図の赤色点線で区切った右側の領域 のように、サイズの大きい微結晶(~500 nm)が見られる領域も存在する。これは、リモートホ モエピタキシーの効果と考えられる。効果の有無は緩衝層となるグラフェンの層数と関係すると 示唆される。左側領域(点線の左側)では、ラマン分光測定においてグラフェンのハニカム構造 に由来する G バンド、2D バンドが明瞭に観測できるが、右側領域では、それらの強度が弱くな る。このことから、左側領域ではグラフェンが二層存在するが、右側領域では一層しか存在して いないと考えられる。Kong らは、GaAs や GaN のリモートホモエピタキシーにおいて、グラフェ ンの層数が増えるとリモートホモエピタキシーの効果が弱くなり、多結晶が成長することを報告 している<sup>[3,4]</sup>。今回の結果から InN のリモートホモエピタキシーにおいてもグラフェンの層数に依 存したモフォロジーの違いが存在すると考えられる。講演では、成長温度依存性も含め、モフォ ロジーの違いを詳細に検討する。

- [1] V. M. Polyakov and F. Schwierz, Appl. Phys.
- Lett. **88**, 032101 (2006). [2] A. Yoshikawa *et. al.*, Appl. Phys. Lett. **90**, 073101 (2007).
- [3] Y. Kim et. al., Nature 544, 340 (2017).
- [4] W. Kong *et. al.*, Nature Materials 17, 999 (2018).
- [5] T. Yamaguchi and Y. Nanishi, Appl. Phys. Express 2, 051001 (2009).

謝辞 本研究の一部は、科研費#16H06415、 #18H04294の助成を受けて行われた。



Figure 1 SEM image of InN grown on graphene/InN.