

MOVPE 窒素極性成長による窒化物半導体の新展開

New Developments on Nitride Semiconductors by N-polar MOVPE Growth

東北大学 金研¹, 日亜化学² °松岡隆志¹, 窪谷茂幸¹, 谷川智之¹, 加納聖也²

IMR, Tohoku Univ.¹, Nichia², °Takashi Matsuoka¹, Shigeyuki Kuboya¹,

Tomoyuki Tanikawa¹, and Masaya Kanoh²

E-mail: matsuoka@imr.tohoku.ac.jp

窒化物半導体において、市販の全ての素子および c 面成長に基づく研究開発のほとんどに III 族極性が用いられている。筆者らは、1988 年の c 面 SiC 基板上への GaN エピタキシャル成長において結晶極性の重要性に気づいた[1]。2006 年には、素子設計の自由度向上可能な N 極性 GaN 成長を報告している[2]。本稿では、N 極性成長技術をベースとして、未踏材料 InAlN 薄膜成長、InGaN/AlGaN 2DEG 形成、および、自立基板作製における直径拡大について述べる。

1. InAlN 薄膜成長

窒素取り込みに有利な N 極性成長を用いて、サファイア基板上の GaN テンプレートの上に InAlN を厚さ 0.3 μm 成長した。成長条件は、温度 700°C、圧力 100 Torr、窒素雰囲気、V/III 比 1300 ~2500、および、TMIn/III 比 0.31~0.59 である。V/III 比と TMIn/III 比が高いほど InN モル分率が増加し、InN モル分率 13%から 35%までの InAlN 薄膜を得ている[3]。

2. InGaN/AlGaN 2DEG 形成

N 極性 GaN/GaN HEMT では、GaN 層に 2DEG が形成される。チャンネル層を GaN から InGaN に置き換えると、ヘテロ界面での分極不連続量が増大し、2DEG 濃度が増加する。ホール効果測定した In_{0.11}Ga_{0.89}N チャンネルの 2DEG 濃度は GaN チャンネルより約 2 倍に増加した[4]。この結果は、InGaN/AlGaN HEMT の可能性を示している。

3. 自立基板作製における直径拡大

Ga 極性成長によって GaN 自立基板を成長すると、(0001) 面の面積が縮小し、自立基板の生産効率が低下する。この問題の解決策の一つとして、(0001) 面とは反対の (000 $\bar{1}$) 面への GaN 結晶成長が考えられる。HVPE 法で成長した (000 $\bar{1}$) 面 GaN 種結晶の上に、GaN を 1mm 成長した。断面観察から、GaN が、側に 1 mm 以上拡大成長したことを確認した[5]。自立基板の作製においては、転位の挙動を理解する必要がある。転位の非破壊 3 次元観察法として、多光子励起フォトルミネッセンス (MPPL) 法を提案している[6]。カソードルミネッセンスやフォトルミネッセンスでは、励起源である電子や光の侵入長までしか励起できず、試料深部を評価できない。MPPL 法では、バンド端吸収より長波長の励起光を用いて試料内部の発光特性を観測でき、結晶内部に存在する貫通転位などを非破壊で観測できる。

[1] T. Sasaki and T. Matsuoka, J. Appl. Phys., **64** (1988) 4531. [2] T. Matsuoka *et al.*, phys. stat. sol. (b), **243** (2006) 1446. [3] 窪谷他, 133 回東北大学金属材料研究所講演会, P30 (2017.5.26). [4] 田中 他, 36 回電子材料シンポジウム, Fr1-13 (長浜, 2017.11.10). [5] 加納 他, 65 回応用物理学会春季学術講演会, 18a-E202-7 (早稲田大, 2018.3.18). [6] T. Tanikawa *et al.*, Appl. Phys. Express, **11** (2018) 041003.