

PAMBE 法による SiC 基板上 AlN 成長層の 貫通転位低減における成長初期 V/III 比の重要性

The impact of initial V/III ratio on reduction of threading dislocations in PAMBE-grown AlN layers on SiC substrates

金子 光顕、木本 恒暢、須田 淳 (京大院工)

○Mitsuaki Kaneko, Tsunenobu Kimoto, Jun Suda (Kyoto Univ.)

E-mail: kaneko@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

我々はこれまで、rf プラズマ励起窒素を用いた MBE (PAMBE) 法による SiC 基板上の AlN 層の成長に関する研究を進めてきた。基板表面処理、成長初期からの layer-by-layer 成長を実現することにより低貫通転位密度 ($4 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$) の高品質 AlN 層が SiC 基板にコヒーレント成長することを示した[1]。一般に、PAMBE 成長ではプラズマ点灯直後に 10~15 分の安定化時間を設ける。一方、本研究室では、励起窒素の回り込みによる SiC 基板表面への窒素吸着を防ぐ目的で、点灯直後に成長を開始する手法を提案している。しかしながら、点灯直後数分間はプラズマの状態が刻々と変化している。今回、点灯直後の過渡特性をプラズマ発光分光測定により定量的に評価し、成長初期における実効的な V/III 比の検討とその貫通転位密度への影響を調べたので報告する。

窒素プラズマ点灯直後の構成窒素種の過渡特性評価をプラズマ発光分光測定により行った。プラズマ発光ピークは構成窒素種に対応しており、励起窒素分子 (N_2^*)、励起窒素原子 (N^*) による発光が主に観測された。プラズマ点灯からの経過時間を横軸、定常状態で規格化した発光強度を縦軸とした過渡特性を図 1(a)に示す。さらに、窒素供給律速 (Al-rich) 条件で点灯直後に AlN 成長を開始し、RHEED 振動の周期から求めた成長レートの過渡特性を図 1(b)に示す。成長レートの過渡特性は N^* による発光の過渡特性と対応していることが確認できた。また、点灯直後には V/III 比が定常状態に比べ 4 割程度さらに Al-rich となっていることがわかった。

点灯直後に成長を開始した AlN 層の平面 TEM 像を図 2(a)に示す。過去に成長した高品質 AlN 層と比較して多数の貫通転位が確認された。貫通転位は基板との界面近傍から発生しており、上述のように成長初期の V/III 比が Al-rich になり過ぎていることが転位増加の原因と考えられる。低貫通転位密度の AlN 層を得るには、成長初期からわずかに Al-rich な条件で成長し続けることが理想であるが、点灯直後の N^* の過渡特性に応じて Al 供給量を変化させることは装置の制約上困難である。そこで N^* が定常状態に近づくまでプラズマ点灯から若干の待機時間 (60 秒) を設けて成長を開始した。その AlN 層の平面 TEM 像を図 2(b)に示す。点灯直後に成長を開始した AlN 層と比較して貫通転位が低減できた。以上のことから、プラズマ点灯直後成長において低貫通転位密度の成長層を得るためには成長初期 V/III 比を考慮することが極めて重要であることがわかった。

[1] H. Okumura, et al., APEX 4 (2011) 025502.

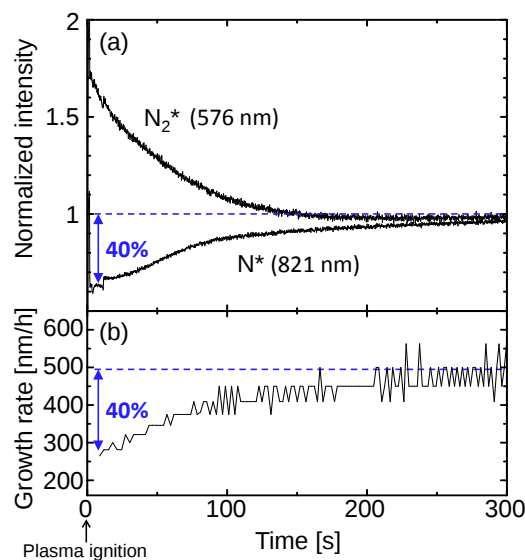


Fig. 1: Transient properties of (a) emission intensity from nitrogen plasma and (b) growth rate of AlN obtained by RHEED oscillations.

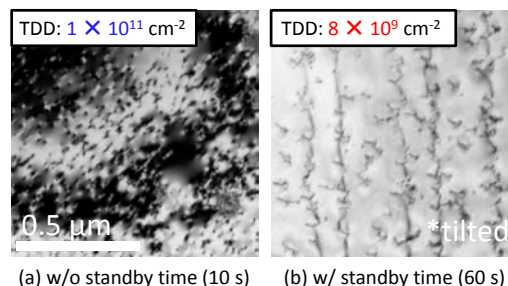


Fig. 2: Plan-view TEM images of AlN layers the growth of which started (a) w/o standby time (10 s) and (b) w/ standby time (60 s) after plasma ignition.