

SiC 基板上に PAMBE 成長した AlN 層の 成長初期 III/V 比による貫通転位発生メカニズムの考察

Formation mechanism of threading dislocations depending on initial III/V ratio 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 PAMBE 法による SiC 基板上の AlN 層の成長に取り組んできた。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が、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た[1]。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。前回、プラズマ点灯直後に成長を開始すると、成長開始時の III/V 比がプラズマ安定時の定常状態に比べ 4 割程度 Al-rich となり、それが原因で AlN 層の貫通転位が増大してしまうこと、それを防ぐためにプラズマ点灯後若干の待機時間を設けることが有効なことを報告した[2]。今回、この貫通転位発生メカニズム解明にむけ、前回と同様に待機時間により実効的な成長初期 III/V 比を変化させて極薄の AlN 層を成長することで成長初期を評価したので報告する。

ステップ高さ制御した 6H-SiC(0001)微傾斜基板を使用し、Al、Ga、および rf プラズマ励起活性窒素 (N^*) を用いた MBE 法により成長を行った。成長初期 III/V 比依存性を評価するため、プラズマ点灯直後に成長開始、プラズマ点灯から 60 秒待機し成長開始した AlN 層をそれぞれ作製した。成長の際、プラズマ発光分光測定を同時に行い、励起窒素原子による発光の時間変化を毎回確認している。成長時間は 108 秒 (膜厚約 15 nm) とした。

点灯直後成長した AlN 層、点灯後 60 秒待機し成長した AlN 層の AFM 像を図 1(a)、(b)にそれぞれ示す。AlN 層の膜厚が薄いため、どちらも SiC 基板のステップテラス構造を反映した表面構造となっている。図 1 (a)の点灯直後に成長した AlN 層では、比較的平坦な表面ではあるものの、ところどころ隆起している箇所があることがわかる。過去に点灯直後成長した 300 nm 厚 AlN 層の表面には多数のスパイラルヒロックがみられたため、この隆起はスパイラルヒロック形成初期のものと考えられる。一方、図 1 (b)の 60 秒待機して成長した AlN 層は小さな二次元島が合体したような平坦な表面となっており、顕著な隆起は確認されなかった。点灯直後成長の図 1(a)を改めて見てみると、図 1 (b)と比べると隆起以外の部分でも島が大きいように見受けられる。

これらのことから、点灯直後成長で貫通転位が増大した原因として、成長初期 III/V 比が Al-rich になり過ぎたために、成長の最初の数 nm における layer-by-layer 成長が不完全で、比較的高さのある島が形成され、それが合体するときにはらせん転位や刃状転位のハーフループが多数生成されたと考えられる。一方、図 1 (b)では小さな二次元島の合体で成長が進むため、合体時にずれが生じ得ず、転位形成が抑制されたと考えられる。

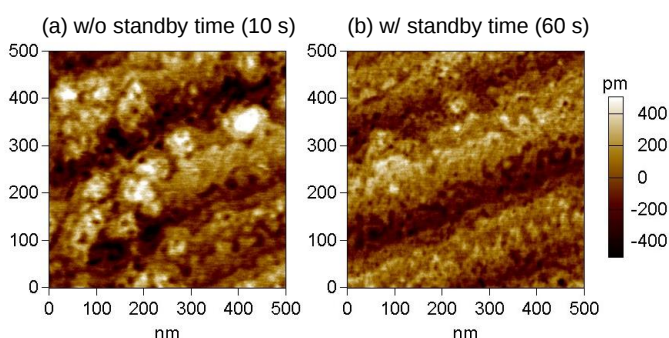


Fig. 1: Surface morphologies of AlN the growth of which (a) w/o standby time (10 s) and (b) w/ standby time (60 s) after plasma ignition.

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

[2] 金子光顕他、第 62 回応用物理学会春季学術講演会 14a-B1-4 (2015)