極性面フリーな三次元 GaN 構造の成長発展メカニズム

Growth evolution of polar-plane-free faceted 3D GaN structures

京大院工，°松田 祥伸，船戸 充，川上 養一

Kyoto Univ., °Y. Matsuda, M. Funato, Y. Kawakami

E-mail: yoshinobu.matsuda@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】三次元 InGaN 量子井戸構造(3D InGaN QW)は，次世代の蛍光体フリーな多色発光素子として有望である．我々は，半極性{11$\bar{2}$2}面 GaN 基板上に極性面フリーな 3D InGaN QW を作製し，輻射再結合寿命の短い多色発光構造を見出している[1]．最近では，LED デバイスとしての多色発光動作を実証した[2]．ここで，3D QW の特徴の一つとして，発光層の下地となる 3D GaN 構造の形状制御による発光スペクトル制御が挙げられ，本研究の極性面フリーな構造においても，その制御性を確認している[2]．しかし，形状制御の物理的背景である，極性面フリーな 3D GaN 構造の成長発展メカニズムは未解明であった．本研究では，AlGaN マーカーを用いて，{11$\bar{2}$2}面上 3D GaN 構造の成長発展過程を考察したので報告する．

【実験方法】先行研究[1]では，基板面の表裏によって，3D GaN 構造のモフォロジーが異なることが分かっていた．そこで，面方位による形状発展の違いも合わせて検討するため，±(11$\bar{2}$2)面 GaN バルク基板上に，有機金属気相成長法(MOVPE)を用いた選択成長法によって 3D GaN 構造を作製した．ここで，マーカーとして AlGaN 薄膜層を周期的に挿入した．断面 SEM 測定における AlGaN マーカーのコントラストを活用し，成長発展過程を観察・定量化した[3]．

【実験結果】本予稿では($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)面上 3D GaN 構造の結果を中心に述べる．図 1(a)に，AlGaN マーカーを挿入した($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)面上 3D GaN 構造の断面 SEM 像を示す．AlGaN 層が暗いコントラストとして識別され，成長時間に伴う形状の変化が確認できる．成長するにしたがって，($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)面のファセット幅が急激に減少するに対し，($\bar{1}$10$\bar{1}$)面と($\bar{1}$100)面のファセット幅が増大する様子が分かる．続いて，AlGaN マーカーで挟まれた GaN 膜厚を，各成長ステップにおける成長速度(μm/step)として{図 1(b)}，成長速度の時間発展をプロットした{図 1(c)}．参考に，($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)平坦面の成長速度を合わせて示す．特徴的な結果として，①($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)上面の成長速度が($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)平坦面よりも大幅に大きいこと，②($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)上面と($\bar{1}$10$\bar{1}$)斜面は時間発展に伴って成長速度が増大すること，以上 2 点が明らかになった．これらの傾向は，($\bar{1}$10$\bar{1}$)斜面から($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)上面への顕著な面間拡散の存在と，その拡散量が形状発展に依存することを示唆している．一方で，(11$\bar{2}$2)面上 3D GaN 構造では，形状発展に対する面間拡散の影響がほぼ無い，という結果が得られた．当日は，(11$\bar{2}$2)面上 3D GaN 構造の結果と合わせて報告し，簡易なモデル計算による面間拡散の考察，および構成面方位による表面拡散の違いも議論する．

参考文献 [1] Y. Matsuda *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **10**, 071003 (2017). [2] Y. Matsuda *et al.*, *J. Appl. Phys.* **128**, 213103 (2020). [3] Y. Matsuda *et al.*, *J. Appl. Phys.* **129**, 163104 (2021).

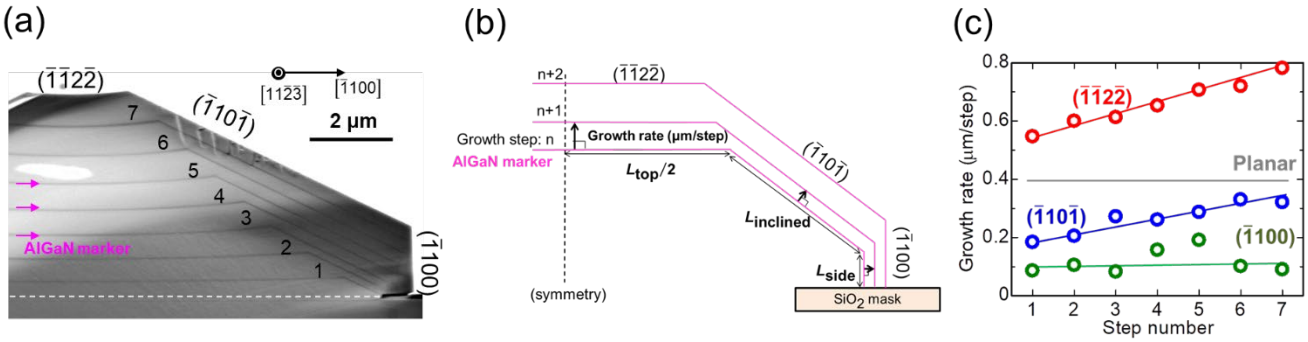

図 1．(a)AlGaN マーカーを挿入した($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)面上 3D GaN 構造の断面 SEM 像，(b)各ファセット面における成長速度の定義，および(c)その成長速度の時間発展．参考に，($\bar{1}\bar{1}$2$\bar{2}$)平坦面の成長速度も合わせて示す．