

三次元 InGaN 量子井戸における
In 組成のファセット間分布に関する考察

Consideration of inter-facet variations of In composition

in 3D faceted InGaN quantum wells

京大院工, °(D1)松田 祥伸, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ., °Yoshinobu Matsuda, Mitsuru Funato, Yoichi Kawakami

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 三次元 InGaN 量子井戸(3D-InGaN QW)は、蛍光体フリーな白色光源として有望な構造である。本構造では、ファセット成長した 3D GaN 構造の各結晶面方位上に、異なる特性の QW が形成されることで多色発光が実現される。つまり、QW 特性のファセット間分布を決定するメカニズムを理解することは、発光スペクトルを適切に制御するうえで非常に重要である。これまで多数報告のある(0001)面上 3D QW では、(0001)ファセット面に In リッチ QW が形成されており、その原因として、(11 $\bar{2}$ 2)斜面から(0001)面への In 原子の表面拡散が議論されてきた[1]。一方、最近われわれは、(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW では、In リッチ QW が(110 $\bar{1}$)斜面に形成されることを報告しており、その原因として表面拡散に加えた In 取り込みの面方位依存性の影響を指摘している[2]。本研究では、(0001)および(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW におけるファセット間での成長原料の移動について考察を行ったので報告する。

実験と結果 有機金属気相成長法を用いて、(0001)および(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW と、それらに加えて、各ファセット面[(0001), $\pm$ (11 $\bar{2}$ 2), および $\pm$ (110 $\bar{1}$)面]に対応する GaN 基板上に、通常の平坦な QW(以下、プレーナQW)を同時成長した。X 線回折による構造評価の結果を図 1 に示した。●, ▲, □, および■はそれぞれファセット QW の In 組成, 井戸幅, 井戸幅を In 組成で分離して求めた実効的な GaN および InN 幅(以下, それぞれ $d_{\text{GaN}}^{\text{facet}}$, $d_{\text{InN}}^{\text{facet}}$)である。赤, 青および緑破線は、各面方位上のプレーナQW の In 組成と, 井戸層における GaN および InN 幅(以下, それぞれ $d_{\text{GaN}}^{\text{planar}}$, $d_{\text{InN}}^{\text{planar}}$)である。例えば斜面に着目すると、(0001) 面上 3D QW は(11 $\bar{2}$ 2) 面上 3D QW に比べて、プレーナQW に対する GaN および InN 幅の顕著な減少が見られる。プレーナQW に対するファセット QW での膜厚の増減を見積もるため、各ファセット面において差分量 $\Delta A = \{d_{\text{GaN(InN)}}^{\text{facet}} - d_{\text{GaN(InN)}}^{\text{planar}}\} \cdot L$ を計算した。ここで、 L はファセット幅 (nm)である。 $d_{\text{GaN(InN)}}^{\text{facet}}$ はファセット面内での平均値を使用した。表 1 に、(0001)および(11 $\bar{2}$ 2) 面上 3D QW における上面と斜面での計算結果を示す。InN に着目すると、(0001) 面上 3D QW では、斜面で大幅な成長原料の減少が見られ、かつ、 $\Delta A_{\text{inclined}}$ の減少量に対して ΔA_{top} の増加量がおよそ一桁程度小さいことが分かる。一方、(11 $\bar{2}$ 2) 面上 3D QW では、 $\Delta A_{\text{inclined}}$ と ΔA_{top} はほぼバランスしている。これらの結果から、(0001) 3D 面上 QW では、斜面に付着した In 原子が、上面へ表面拡散すると同時に顕著に蒸発しているのではないかと考えられる。以上から、ファセット間の表面拡散に加えて、(0001)面上 3D QW では斜面での蒸発過程が、(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW では In 取り込みの面方位依存性がファセット間での In 組成分布を支配的に決定していると予想される。詳細な解析方法や結果の解釈については当日報告する。[1] M. Ueda *et al*, Phys. Status Solidi C 3, 1587 (2006). [2] Y. Matsuda *et al*, Appl. Phys. Express 10, 071003 (2017).

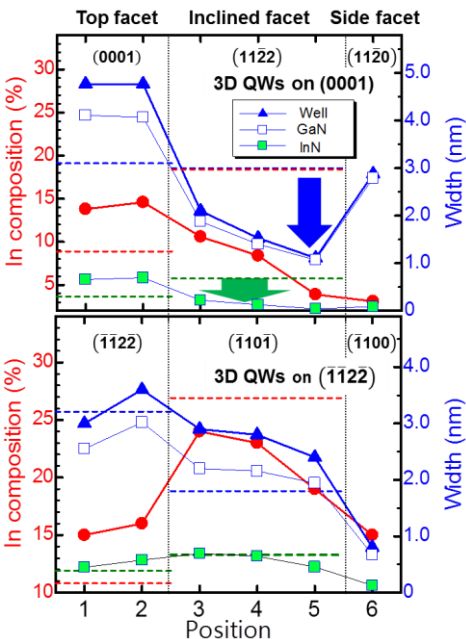


図 1. (0001)および(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW における、ファセット QW とプレーナ QW の構造特性比較。

表 1. (0001)および(11 $\bar{2}$ 2)面上 3D QW の上面と斜面における差分量 ΔA .

Sample		ΔA_{top} (nm ²)	$\Delta A_{\text{inclined}}$ (nm ²)
3D QWs on (0001)	InN	+690	-2470
	GaN	+1840	-7070
3D QWs on (1122)	InN	+270	-440
	GaN	-770	+1480