

自立 GaN 基板上 GaN ホモエピ層の表面モフォロジーと基板オフ角

A surface morphology of a homo-epitaxial grown GaN on a freestanding GaN substrate

○堀切 文正、成田 好伸、吉田 文洋 ((株)サイオクス)

°F. Horikiri, Y. Narita, T. Yoshida (Sciocs Co. Ltd.)

E-mail: fumimasa-horikiri@ya.sumitomo-chem.co.jp

1. はじめに

自立 GaN 基板を用いた縦型デバイスにおいて、①ドリフト層のドナー濃度^[1]、②エピ膜厚^[2]、③表面モフォロジーがデバイス特性に影響する。特に、表面モフォロジーは、荒れている場合には逆方向リークに強く影響する事が報告されている^[3]。エピ層の表面モフォロジーは、基板オフ角やエピ成長条件等によって異なるが、偏微分方程式の解であり^[4]、解析的なアプローチにより理解する事は困難である。そのため、表面モフォロジーと基板オフ角の関係を実験的に明らかにする必要があった。今回、上記を議論するために必要な基板オフ角の数学的な記述と実験的に求めた平坦なエピ表面が得られる基板オフ角の関係について報告する。

2. 実験

面内のオフ角分布の異なる 4 種類の直径 2 インチの n 型自立 GaN 基板上に、MOVPE 法により厚さ 13μm, Si 濃度 $9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ のドリフト層を有するショットキー接合ダイオード構造(SBD)のエピ層を成長した。VAS 法により作製した GaN 基板においてはオフ角の値はウエハの位置において線形に変化するため、用いた GaN 基板のオフ角分布は式(1)および表 1 で近似する事ができる。

$$\begin{pmatrix} \theta_{\text{off} // m} \\ \theta_{\text{off} // a} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_1 & 0 & M_2 \\ 0 & A_1 & A_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \gamma_{a\text{-axis} \angle OF} & -\sin \gamma_{a\text{-axis} \angle OF} & 0 \\ \sin \gamma_{a\text{-axis} \angle OF} & \cos \gamma_{a\text{-axis} \angle OF} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ただし、(x, y)はウエハ面内の座標、($\theta_{\text{off} // m}$, $\theta_{\text{off} // a}$)はオフ角の m 軸成分および a 軸成分、(M_1 , A_1)はオフ角の m 軸成分および a 軸成分の面内傾き、(M_2 , A_2)はウエハ中心における m 軸成分および a 軸成分のオフ角の値である。なお、今回用いた GaN 基板は全て a 面オリフラで $\gamma = 0^\circ$ である。定数 M_1 および A_1 は、もし、ウエハスライス時の非対称性がなければ $M_1 = A_1$ となる。式(1)で示したマトリクスにより、ウエハ面内の任意の点の基板オフ角(m 軸成分 $\theta_{\text{off} // m}$, a 軸成分 $\theta_{\text{off} // a}$)が記述できる。エピウエハの表面モフォロジーは、ノマルスキー顕微鏡により観察した画像を、2.25mm 角毎に目視で判定し、4 水準の粗さに分けけた。代表的な点については、AFM 測定を行った。

3. 結果

図 1 に示す様に面内のオフ角分布の異なる 4 種類の GaN 基板を用いた SBD 構造のエピウエハ表面を観察したところ、m 軸方向に 0.5° 程度オフしたオフ角を有するウエハ位置で、平坦な表面モフォロジーが得られる事が分かった。また、最適な基板オフ角の範囲についても、式(1)を用いて 3 つのパラメータのみで記述できる事が明らかとなった。

なお、本研究は環境省「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」の委託を受けてなされた。

- [1] F. Horikiri et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **56**, 061001 (2017).
- [2] F. Horikiri et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **56**, 120301 (2017).
- [3] O. Aktas et al., *CS MANTECH* 2015, 301 (2015).
- [4] C. Misbah et al., *Rev. Mod. Phys.* **82**, 981 (2010).

Table I. GaN substrate specifications

Specification	Off-angle matrix			
	M_1 ($^\circ/\text{mm}$)	A_1 ($^\circ/\text{mm}$)	M_2 ($^\circ$)	A_2 ($^\circ$)
a-off	0.015	0.011	-0.03	0.41
m-off	0.014	0.015	0.64	0.02
just-off	0.009	0.010	0.01	0.11
m-off modified	0.003	0.005	0.43	0.03

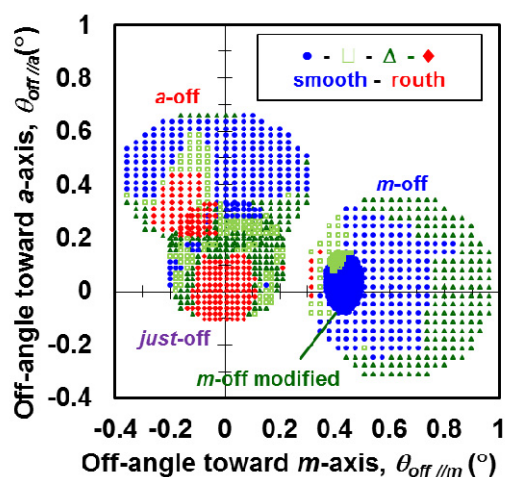


Fig. 1 A surface morphology of the GaN-on-GaN wafers