

N 極性 GaN の成長とそのトランジスタへの展開

N-polar GaN Growth and its Evolution to Transistors

東北大学, 金研 °松岡隆志

IMR, Tohoku Univ., °Takashi Matsuoka

E-mail: matsuoka@imr.tohoku.ac.jp

筆者らは、窒化物半導体研究を開始した 1987 年当初から格子整合基板を探索してきた。その中で、SiC に注目し、1988 年には c 面 SiC 基板上への GaN エピタキシャル成長を試みている[1]。そのときに、結晶極性の重要性に気づいた。当時は、収束電子回折法や同軸型直衝突イオン散乱分光法などの極性判定法がなかったため、X 線光電分光法を用いて表面近傍の積層構造から極性を推測していた。2006 年には、素子設計の自由度を上げるため、c 軸方向への成長においては極性の選択の自由度も必要であると考え、従来および現在においても一般的である III 族極性と逆である N 極性の GaN を成長できることを報告している[2]。特に窒化物半導体は結晶内に分極を有することから、結晶極性はデバイス設計において重要な一つの要素と考えられる。この点が、従来からある半導体である GaAs や InP とは異なる。これらの材料の物性に関して、{111} 面である A 面と B 面の間には、窒化物半導体ほど大きな差はない。N 極性 GaN 成長については 2016 年秋の本講演会で述べているので[3]、ここでは、N 極性 GaN の高電子移動度トランジスタ (HEMT) への応用について述べる。

Ga 極性と N 極性の HEMT の構造と期待される特性について、比較して表 1 に示す。構造における大きな違いは、キャリア供給層とチャネル層との間の位置関係である。N 極性 HEMT (逆 HEMT) では、キャリア供給層である AlGaIn の上にチャネル層である (In)GaIn が配置される。その結果、素子特性には、表中に示した差が生じると考えられる。すでに、逆 HEMT の報告は、MBE を用いて構築された素子構造が 2007 年に[4]、MOVPE を用いて 2008 年に同じグループからなされている[5]。我々も、オフ角の小さいサファイア基板を用いてステップバンキングの小さい GaN 成長の特長を生かして、逆 HEMT を報告している[6]。逆 HEMT の特徴として、チャネル層に低温成長材料を用いることが可能であることから、HEMT 以上の高周波動作を期待したい。

表 1 HEMT の構造と特性に関する極性比較

極性	Ga極性	N極性
	HEMT	逆HEMT
HEMT 構造		
作製プロセス	× (困難)	○ (容易)
界面特性	× (急峻性がない)	○ (急峻)
トランジスタのオン時の抵抗	× (高い)	○ (低い)
高速性	<< (電子移動度 GaN << InGaIn)	
オフ時の特性	× (ノーマリー・オン: 常に電流が流れる)	○ (ノーマリー・オフ?)

[1] T. Sasaki and T. Matsuoka, J. Appl. Phys., 64(1988)4531.

[2] T. Matsuoka *et al.*, phys. stat. sol. (b), 243(2006)1446.

[3] 松岡, 77 回応物学会秋季講演会, 14p-A21-4 (2016).

[4] S. Rajan *et al.*, J. Appl. Phys., 102(2007)044501.

[5] S. Keller *et al.*, J. Appl. Phys., 103(2008)033708.

[6] K. Prasertsuk *et al.*, Compound Semiconductor Week 2017, P1.43 (2017).