



GaN 系パワーデバイスの現状と高出力化に向けた新要素技術

名古屋大学 未来材料・システム研究所
新田州吾

1. はじめに

近年の環境問題に対する国際的なカーボンニュートラルやグリーンエネルギーへの要求に加え、昨今の不安定な国際情勢によって、エネルギー問題の解決が、人類社会の平和と安定のために如何に重要であるかが浮き彫りとなっている。東日本大震災以降、エネルギー自給率が 10%程度である我が国にとって、エネルギーの自給化、高効率発電、高効率利用による省エネ化の緊急性の高まりは言うまでもない。一方で、内閣府の第 5 期科学技術基本計画の次世代社会構想 Society5.0 には社会コスト抑制、ビッグデータ活用、IoT (Internet of Things) に必要とされるデータセンター、5G、車載、ドローン技術等のために、安定かつオンデマンドなエネルギー供給、いわゆる Internet of Energy (IoE) 技術の開発が求められている。IoE を実現するためには、様々な発電・蓄電技術を繋ぐスマートグリッドや、無線給電によって個別の機器の状況やアプリケーションに対応する、高効率かつフレキシブルな電力変換技術が必要となる。そのためには電源や各種電力変換機器にも電力や周波数に適した特性が求められる。ワイドギャップ半導体の一つである窒化ガリウム (GaN) は、シリコン (Si) に替わる高出力化と高周波化の両面において優れた特性を示し、広範囲な用途に適用可能な万能的材料である。本稿では、GaN 系窒化物半導体パワーデバイスとしての特徴と社会実装に向けた新要素技術の開発状況について、名古屋大学における研究開発を中心として概要を紹介する。

表 1 各種半導体の物性値

	Si	GaAs	4H-SiC	GaN	AlN	β -Ga ₂ O ₃
バンドギャップ (eV)	1.12 (間接)	1.42 (直接)	3.26 (間接)	3.42 (直接)	6.0 (直接)	4.5 (間接)
電子移動度 (cm ² /Vs)	1350	8000	1000	1500	1100	300
絶縁破壊電界 (MV/cm)	0.3	0.4	2.8	3	11.7	(8)
飽和ドリフト速度 (cm/s)	1x10 ⁷	1x10 ⁷	2.2x10 ⁷	2.4x10 ⁷	1.8x10 ⁷	2x10 ⁷
熱伝導率 (W/cmK)	1.5	0.5	4.9	1.3	3.4	0.3

2. GaN 系半導体の特徴

各種半導体材料の物性値を表 1 に示す。GaN は Si に比べて大きなバンドギャップエネルギーを有し、絶縁破壊電界は 3.0 MV/cm であり高耐圧化や低オン抵抗化において優位である。また電子移動度、飽和ドリフト速度が高く、高周波動作を得意とする。同じ窒化物半導体である窒化アルミニウム (AlN) はバンドギャップ 6.0 eV、熱伝導率 3.4 W/cmK と更に優れた物性を有しており、GaN ある