

## 次世代のパワーデバイスに向かっ

松本 俊 (まつもと たかし)  
山梨大学工学部教授 工学博士



誰でもが、いつでも、どこでも必要な情報を手に入れたり発信したりできるユビキタス社会が到来しようとしている。膨大な情報の流れには必然的に巨大なエネルギーの流れが付随しており、このエネルギー流を半導体デバイスがコントロールしている。現代社会の安心安全は半導体テクノロジーに支えられていると言っても過言ではない。中でもシリコン (Si) デバイスは情報通信から電力系統に至る広範な分野で主役を演じている。Si テクノロジーは極めて高度に発達し、デバイス性能が Si の材料物性で制限される理論的限界に近づいている。しかし、とどまるところを知らない社会の要請はさらなる高性能化を要求し続けている。一般に素子の特性は、素子の構造と材料で決まる。構造が同じなら目的とする機能にとって優れた物性を有する材料で素子を作れば高性能が期待できる。新構造はさておき、ここでは新材料について考える。

大電力を低損失で制御するためのパワーデバイス用材料として、炭化珪素 (SiC)、窒化ガリウム (GaN) 系、ダイヤモンド (C) などのワイドバンドギャップ半導体が期待されている。これらの半導体は文字どおり広い (ワイドな) バンドギャップを持ち、Si に比べて 10 倍程度の絶縁破壊電界強度と 2 倍以上の飽和電子ドリフト速度を持ち、かつ熱伝導率も大きいというパワーデバイスの低損失化・高速化・小型化にとって望ましい物性を有する。これらの物性はバンドギャップが大きいことと密接に関係している。デバイスへの要求は、大電力・低損失のみならず従来考えられなかったハードな環境、例えば高温環境や放射線環境に対する耐性へと広がっており、ワイドバンドギャップ半導体はこの方面からも期待されている。

ワイドバンドギャップ半導体は、このように優れた基礎特性を有する反面、Si に比べて結晶の品質が劣る、Si プロセスがそのまま適用できないことなどからデバイス化が困難視されてきた。しかし、SiC のダイオードや MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) で Si の理論限界を凌駕するオン抵抗、GaN 系高周波デバイスで Si や GaAs 系を一桁上回る電力密度などが達成され、デバイス化研究が活発化している。とは

いえ、デバイスが実用の域に達するにはなお多くの基礎的・技術的課題を抱えていることも事実である。一例を挙げると、バルク結晶成長、エピタキシャル成長、ドーピングによる価電子制御、ストイキオメトリ制御、結晶異方性、エッチング・加工、絶縁膜、MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 界面、電極、パッケージング、などなど。地道な息の長い研究の上いくつかのブレイクスルーを積み重ね、近い将来に実用化されることを期待する。

ところで、私事にわたって恐縮であるが、夏はパワーデバイスの存在を家庭で実感している。拙宅の屋根には多結晶シリコン太陽電池が載っている (2002 年設置)。夏の太陽に熱せられて発電効率が低下するだけでなく、屋内設置インバータの効率が肌で感じられる。茅屋内に少なからぬ熱を放散し、寒い季節には善なる存在であるが、夏場は熱魔と化して家人に評判が悪い。半導体のスイッチング損失が熱になって放散されるとわかっていても暑いものは暑い。小さくはない空間を占拠するのも不人気の一因である。文庫本 70 ~ 80 冊のスペースである。こんな問題はパワーデバイスの性能が理想的に向上すれば一気に解決する。弁当箱大で熱を出さない箱なら誰も気がつかない。優れた技術は空気のように存在する。

ワイドギャップ半導体が実用化されれば、エネルギーネットワークや産業界での各種電力変換装置のみならず太陽電池・燃料電池・電気自動車などに組み込まれて一般家庭にもパワーデバイスがいつそう浸透してくる。地球温暖化問題や脱炭素社会が叫ばれているが、その一方で電気エネルギーの消費は不可避であるばかりかますます拡大し続けるであろう。文明社会持続のためにデバイス技術が果たす役割は小さくないと考える。この技術を支えるのは何といっても若い人材である。小中高校生の理科離れが言われ続けて久しいが、エネルギー問題が切実感とデバイスを組み込んだ製品を引きつけて家庭の中にまで浸透してくる今こそ、多くの若い世代をこの分野に惹きつけるチャンスである。これを契機にパワーデバイスのいつそうの進展を期待したい。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。