



# パワー半導体の新展開

## —シリコン IGBT のスケールアップ—

東京大学 生産技術研究所  
平本俊郎, 更屋拓哉

### 1. はじめに

我が国は 2050 年のカーボンニュートラルを宣言した<sup>1)</sup>。持続可能な社会実現のため、今やわが国だけでなく、世界中が温室効果ガス排出削減に真摯に取り組んでいる。カーボンニュートラル社会では、再生可能エネルギーの最大限導入や水素エネルギー利用などを通してさまざまなレベルでのエネルギー/電力変換が常時行われ、電力需要はむしろ増大すると見込まれている。エネルギー/電力変換時の損失を極力減らすことが技術的に強く要求されるが、そこで鍵を握るのが超高効率・低コストのパワー半導体である。

一方、我が国の電力需要のうち、モーター駆動に起因する電力が 55% も占めるとの統計データがある<sup>2)</sup>。ロボット向け小型アクチュエータから空調、電気自動車、産業用、鉄道向け大電力モーターまで、あらゆる種類のモーターの省電力化が喫緊の課題である。モーター駆動回路もまたパワー半導体で構成されており、高効率・低コストのパワー半導体が強く求められている。

このような背景から、パワー半導体は今後需要を大きく伸ばすことが確実視されている。富士経済の予測によれば、2022 年時点で約 2.3 兆円の市場が、2030 年には 5.4 兆円規模と 2.6 倍に拡大する<sup>3)</sup>。この分野の特徴は、先端ロジック半導体とは異なり、日本企業が強みを発揮し存在感を放っていることである。業界トップは欧州のインフィニオンだが、上位 10 社のうち 5 社を我が国の企業が占めているとされている<sup>4)</sup>。

最近のパワー半導体には 2 つの大きな技術潮流がある。1 つは「大口径化」である。パワー半導体の主要な材料は当然ながらシリコンであるが、これまでは直径 200mm のシリコンウェハを用いてパワーデバイスが製造されていた。ところが、生産効率を上げるためには、ウェハの口径を大きくした方が有利である。すでにロジックやメモリ半導体などの大規模集積回路製造では 10 年以上前に直径 300mm の大口径ウェハに移行が進んだ。パワー半導体の分野でも、欧州では 300mm 工場が稼働済みであり、中国でも 300mm 工場の建設が続々と報じられている。わが国でもようやく最近になって、300mm 工場への投資が発表されるようになった。シリコンパワーデバイスの分野では、いかに低コストでデバイスを製造するかがカギとなる。

もう一つの潮流は「新材料」である。パワー半導体の要であるパワートランジスタにおいて、オフ時の高耐圧とオン時の低抵抗を両立するためには、バンドギャップが広い半導体の方が圧倒的に有利である。シリコンのバンドギャップは 1.1eV と狭く、高耐圧を保ちつつ低オン抵抗を実現するために成熟したシリコン半導体製造技術を駆使してぎりぎりの最適化を行って製造されてきた。一方、SiC は 3.3eV、GaN は 3.4eV と広いバンドギャップを有する。これの新材料を用いれば、材料を変えるだけで高い性能が得られる。最大電界強度を考慮した有名なバリガの性能指数によると、シリコンに対し SiC は 340 倍、GaN は 870 倍もの性能向上が得られる計算となる<sup>5)</sup>。

このため、SiC や GaN は一部では次世代パワー半導体と呼ばれ、全世界で研究開発競争が繰り広げられている。SiC パワートランジスタは新幹線や一部の電気自動車に搭載されるなど実用化も進んで