

特 集 論 文

SiCパワー半導体向けイオン注入装置
“IMPHEAT”の海外展開

Global Expansion of Ion Implanter for SiC Power
Devices “IMPHEAT”

濱 本 成 顕
N. Hamamoto

概要

2000年以降になり地球温暖化に伴う世界的な省エネルギーへの要請が高まると、電力機器で使用されているパワー向け半導体分野においてSiCパワー半導体の注目度が急速に高まった。この市場動向を受け当社は2009年、世界初となる量産向けの4インチ-SiC用イオン注入装置（IMPHEAT^(*)）をリリースした。その後SiC市場の拡大により日本に加え米国を含む主要顧客に装置拡販を行ってきた。本報告ではIMPHEATの海外展開について紹介する。

Synopsis

With the increasing demand for global energy conservation due to global warming since 2000, the motivation to apply the SiC power semiconductors in power equipment has rapidly increased in the field of power semiconductors. In response to this market trend, in 2009 we released the world's first 4-inch-SiC ion implanter (IMPHEAT) for mass production. Since then, in accordance with the expansion of the SiC market, we have expanded sales of the equipment to worldwide major customers including the United States in addition to Japan. We are to introduce the global sale expansion of IMPHEAT in this report.

1. はじめに

パワー向け半導体素材としてシリコンカーバイド（SiC）は、古くから使用されているシリコン（Si）に比べて高電圧や高温に高い耐性を持つことが1950年代から知られていたが、良質なウェーハ製造がSiに比べ困難であった。一方2000年以降になり省エネルギーへの要請が高まると、SiCパワー半導体の注目度が急速に高まり、主要なパワー半導体メーカーがデバイス開発に着手する動きが出てきた。また2008年以降、6インチのSiCウェーハが流通する可能性が出てくると、将来を見込み、市場の主導権を握ろうとするパワー半導体メーカーの4インチSiCウェーハのパイロットラインへ投資が活発化した。その後、米国、日本の主要なSiCパワー半導体メーカーは2015年頃からダイオードの量産を開始、現在では欧州のメーカーも加わり、トランジスタモジュールも量産するに至り、市場は拡大している。また中国の新興メー

カもこの分野に参入を図る構図となっている。図1にSiC市場の今後の市場推移（2019年見込、2020年以降は予測）を示す⁽¹⁾。2018年度は373億円の市場規模に対して、

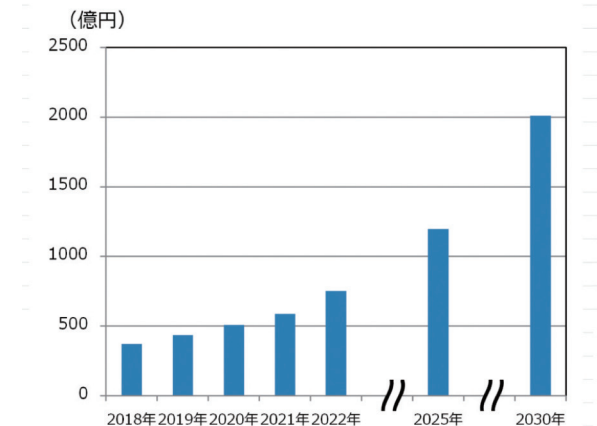


図1 SiCパワーデバイス市場の動向

年度で約19%の成長率で拡大し、2022年度では754億の見通しである。その後も成長し2030年度は2018年度比で5.4倍の2009億円まで成長するとみられている。この市場の拡大を牽引するのは自動車、電装分野であるが今後もこれらの分野に加え、エネルギー分野や電鉄車両分野にも拡大していくと想定されている。特に2022年度以降は電気自動車（EV）への本格的採用が始まるとみられており、各社がその増産に向けた設備投資を行っているのが現状である。

2. 当社のSiCパワー半導体市場に対する取り組み

市場の動きとして上記で述べたように2008年頃からパワー半導体メーカーはSiCのデバイス開発に着手したが、当時SiCデバイス作成の上で必須な装置であるイオン注入装置の性能は、研究用としては使用できるが、生産性、安定性とも量産には使えないものだった。当社は、市場に早期参入し、市場における優位性獲得のため、2009年、世界初となる量産対応4インチSiC用イオン注入装置（IMPHEAT）をリリースさせ、国内メーカーに初号機を納入した。SiC用イオン注入装置に必要な技術は、大電流アルミニウム（Al）イオンの安定発生と500℃まで加熱したSiCウェーハの注入・搬送技術であったが、当時の中電流イオン注入装置“EXCEED”シリーズに本機能を搭載することによってIMPHEATを市場投入した（図2）。



図2 SiCパワーデバイス向けイオン注入装置“IMPHEAT”

2010～2015年はまだ各社はSiCパワーデバイスの研究開発を行う時期であったため、出荷台数は各社にそれぞれ一台というような状況であった。SiCの技術開発は日本がリードしていたため装置の主要な出荷は日本であったが、2013年には海外メーカーの引き合いにより初めて海外へ出荷を果たした。またこの時期は4インチウェーハでの試作、量産試験が各社で行われていたが本格量産を見据え、6インチウェーハが注入処理可能な搬送技術を開発、搭載した。

2016年以降米国及び日本の主要顧客が量産化を進めるために装置導入を始めたことにより、徐々に出荷台数は増え始めた。当社はこの市場でのトップシェアを堅持するため継続的に開発を実施し順次搭載していった。例えば生産性を左右するAlビーム量に関しては1.5mAから3mAと倍増させた。SiCウェーハの加熱温度も将来を見越して500℃から650℃まで性能を改善した。またSiCウェーハへの注入では、当初他工程でウェーハが歪み、安定に搬送できない課題が発生したが、ウェーハを保持する静電チャックと呼ばれるウェーハ吸着部に補助保持機構を追加搭載することにより様々なウェーハで安定した搬送が可能となり、顧客から絶大な信頼を得た。

2018年以降は日本及び海外のSiCパワーデバイスメーカーは本格量産を始め、また継続的に投資を推進しているため急激に出荷台数を伸ばしている。当社装置の性能が他の顧客にも認められ、当初の既存顧客に加え、米国、中国、欧州の新規顧客にも参入を果たした。

このような状況の中、顧客のさらなる量産化推進に貢献するためSiCパワーデバイス向け新型イオン注入装置IMPHEAT2を開発、2019年にリリースした。主要な性能改善としては装置の生産性を左右する時間あたりの搬送枚数を、35枚/Hから100枚/Hまで大幅に改善した。また同時にさらなるAlビーム量の増大とビーム発生安定化を図り大幅に生産性を高めた。本装置は海外の主要顧客に出荷を開始している。

3. 海外での事業展開とサポート体制

これまで述べてきたように当社はSiCパワーデバイスの顧客に研究段階から装置を提供してきたが、顧客の研究開発及び量産化準備の期間（2010年から2015年）とデバイスの本格量産化が始まった期間（2016年から2020年）での出荷台数における国内と海外の出荷比率を図3に示す。これによると2010年から2015年までの海外出荷率は33%であるのに対して、2016年から2020年の出荷予定を含む海外出荷率は62%と約2倍近くの出荷率となっており、海外顧客の重要度が増していることがわかる。海外出荷エリアで言えば米国への納入が急速に増えているが、これは顧客のさらなるSiCパワーデバイス量産拡大化に向けた投資によるものである。

海外顧客への対応については、次のような体制で進めている

- ① 装置の商談及び仕様決めに関しては営業部、装置開発・製造をおこなうイオンビーム機器事業部及び海外子会社が連携して商談を進める。

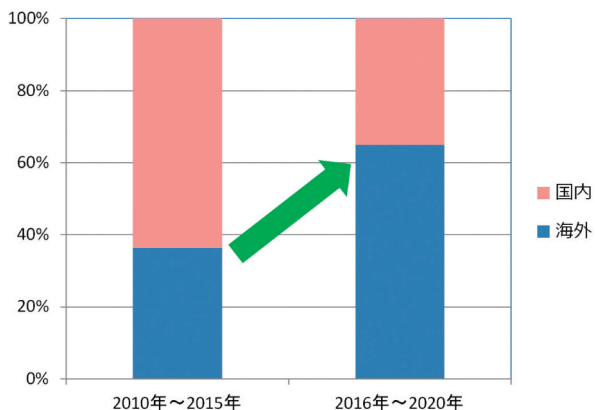


図3 IMPHEATの海外向け出荷率推移

- ② 装置の搬入、据え付け、装置立ち上げに関しては生産統括部及びイオンビーム機器事業部から主担当のエンジニアが出向し作業を実施する。海外子会社のエンジニアも作業の補助を行い進める。
- ③ 装置検収完了後は海外子会社にて装置トラブル等の対応を主体的に行う。技術的に困難な課題が発生したときは、イオンビーム機器事業部及びフィールドサポート事業部のエンジニアがバックアップとしてサポートをする。

図4に現在の主な海外でのサポート拠点を示す。現在海外サポート拠点としてはNICの海外子会社を含む5拠点を有しているが、IMPHEATに関しては、米国はNISSIN ION EQUIPMENT USA (NIUSA、2010年10月設立)、中国は日亞意旺機械(上海)有限公司 (NAIS、2002年10月設立)、韓国は韓国日新イオン株式会社(2002年10月設立)がサポートを担当している。スムーズな顧客対応を行うため定期的に各子会社のエンジニアの教育を日新イオン機器株式会社 (NIC) で行い、顧客サポートの質的向上をはかっている。また、装置の消耗品などのパーツ販売、年次点検などの有償保守に関しても顧客をサポートする上で子会社は重要な役割を担っている。

2020年度は海外への事業展開において大きな課題が発生した年でもある。COVID-19の影響により海外渡航が制限され、当社本社からエンジニアが出向しての装置据え付け、立ち上げ調整が困難な状況が現実の問題として上がっている。この課題に関しては現在本社と子会社が連携して取り組んでおり、現地据え付け、調整作業においては日々の電話及びWeb会議、Web中継により、当社本社のオンタイムサポートを実施しながら作業を進め、現段階では一定の成果を得つつある。今後の取り組みとして子会社単独で装置据え付け立ち上げが可能とすべく、動画を含めた総合的なマニュアルの整備を実施中である。

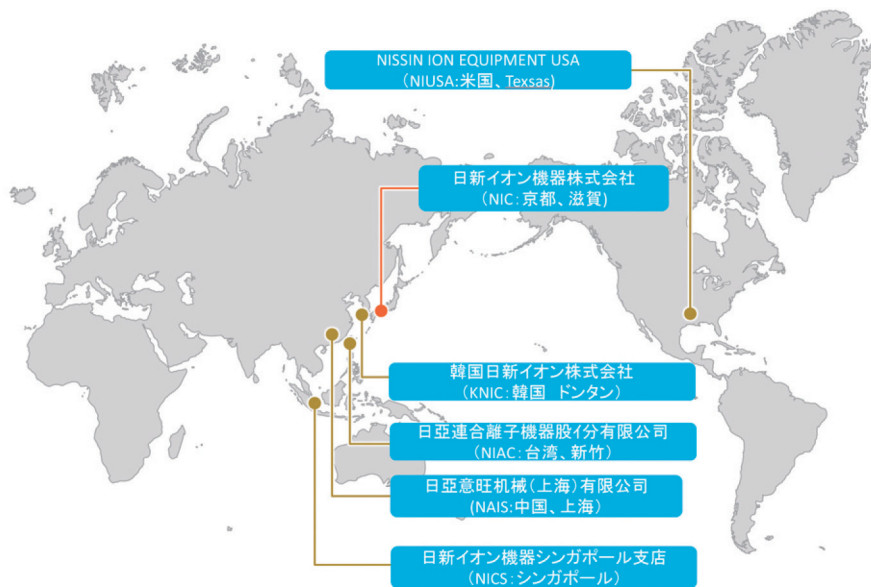


図4 海外子会社とサポート拠点

■ 4. 今後の海外展開

第一章でも述べたように、今後のSiCパワーデバイスの市場は拡大していくと想定され、イオンビーム機器事業部としてもSiCパワーデバイス向け事業の拡大を目指して事業を推進する。SiCパワーデバイスのメジャープレイヤーは日本、米国、欧州であるが、今後中国も国策としてこの分野の拡張に力を入れている。これを受けて現状主要で取引をしている日本、米国市場の顧客満足向上による市場シェアの維持に加え、新たな欧州顧客、中国顧客に参入できるよう営業部、海外子会社と協業して海外展開活動を実施中である。また2021年度の業界の動きとして、さらにパワーデバイスの生産量を拡大する

ため現在主流の6インチSiCウェーハを大口径化し、8インチSiCウェーハの生産及び量産への適用化がスタートする。当社も2021年度の8インチ注入装置リリースに向けて開発を実施中である。顧客の量産試作時期にタイムリーに装置を提供することによって、引き続きSiCパワーデバイス向けイオン注入装置のトップシェアを維持し、継続して事業拡大を図る所存である。

参考文献

- (1) 株式会社富士経済：調査レポート「2020年版 次世代パワーデバイス&パワーエレ関連機器市場の現状と将来展望」(2020.2.25)

(*) 「IMPHEAT」は、日新イオン機器(株)の登録商標です。

執筆者紹介



濱本 成顕 Nariaki Hamamoto

日新イオン機器株式会社
イオンビーム機器事業部長