

SiC レクチャーシリーズ

2. 三菱電機における

SiC パワーデバイス研究開発の歴史

三菱電機における SiC パワーデバイス研究開発の歴史

三菱電機は 1990 年代に、今日の様々な SiC パワーデバイス製品に直接的につながる SiC の研究開発を開始しました。開発当初は、SiC 結晶の品質は不十分であり、SiC に適したデバイス構造、製作プロセスなど手探りの状況でしたが、SiC の優れた物性による利点を最大限に活かせるデバイスは SiC MOSFET であるという信念をもって研究開発に取り組みました。

国プロとしてのサポートも活用し、2003 年には耐圧 2kV 級の小チップ SiC MOSFET を、2005 年には耐圧 1200V 級で電流 10A 級のプロトタイプ SiC MOSFET を開発しました。10A 級の SiC MOSFET の動特性を評価し、Si IGBT と比較してスイッチング損失を劇的に低減できることを実証しました。その後、大電流チップの開発、3.3kV の高耐圧チップの開発、種々の機能を内蔵化した SiC MOSFET の開発などを進め、高性能、高信頼で使いやすい SiC MOSFET の開発を継続しています。

三菱電機では社内にデバイス開発、パワエレ応用開発、システム開発の部門を有しており、この利点を活かして、SiC チップの開発と並行し、SiC MOSFET インバータの開発にも他社に先駆けて取り組みました。2007 年には、SiC MOSFET を適用した 3.7kW 級インバータを試作し、インバータの損失を 50%低減できることを示しました。2009 年には 11kW 級および 20kW 級のインバータを試作し、駆動条件によってはインバータの損失を 70~90%低減できることを実証しました。この時期、SiC ウエハの品質改善は加速的に進み、また、各種 SiC プロセスに関する技術的知見が蓄積され、SiC パワーデバイスに対する現実的な期待の高まりがみられた時期でした。しかしながら、SiC MOSFET についてはゲート酸化膜の信頼性に対する懸念から懐疑的に見ているメーカーも存在していました。

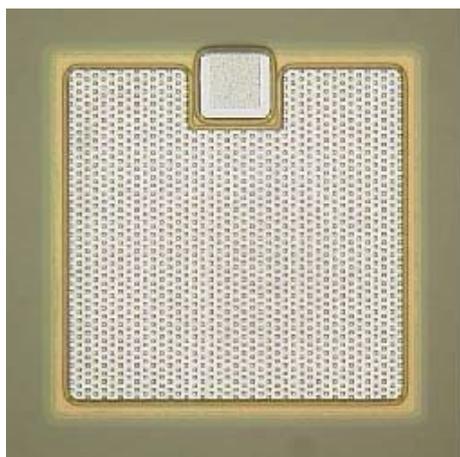


図 1 開発初期における三菱電機製 SiC MOSFET チップ

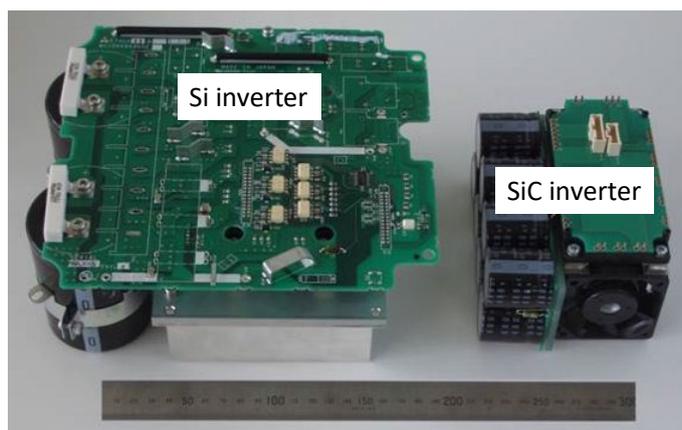


図 2 11kW 級の Si インバータと SiC インバータのサイズ比較



図3 SiC インバータによる
モータ駆動試験の様子

SiC デバイスを適用したシステムの開発についても三菱電機は早期から取り組んできました。2010 年には SiC SBD を適用したハイブリッド DIPIPM™ をいち早くエアコンに搭載して製品化し、2011 年には 1200A/1700V 定格の大容量ハイブリッド SiC モジュールを開発し、地下鉄車両の駆動用インバータに適用しました。SiC MOSFET については、2013 年に 3.3kV 定格のフル SiC モジュールを適用した鉄道車両用インバータの製品化に成功しました。3.3kV フル SiC モジュールは、高速鉄道をはじめ、多くの鉄道車両の駆動用インバータに適用され、営業運転に使用されています。また、三菱電機は、SiC MOSFET を 2015 年に産業用 IPM へ、そして 2016 年には民生用 DIPIPM™ へ搭載して製品化し、適用システムの低損失化に貢献しています。特に鉄道車両用インバータへの SiC MOSFET の適用は業界に多大なインパクトを与え、以降の SiC MOSFET の製品化および普及を加速させ、今日に至っています。



図4 フル SiC モジュール
3.3kV/750A



図5 フル SiC パワーモジュール
NX タイプ 1.7kV/600A



図6 フル SiC DIPIPM™
600V/15A、25A

三菱電機における SiC デバイスの開発および生産ラインは、2000 年代に 2 インチおよび 3 インチラインを、2009 年に 4 インチラインを構築し製品化を開始しました。2010 年代後半に、現在の主力ラインである 6 インチラインを構築しました。近い将来にはウエハベンダ、デバイスメーカーともウエハラインの 8 インチ化を視野に入れており、三菱電機も 2026 年の 8 インチラインの稼働開始の計画のもとに開発を進めています。今後、EV、再生可能エネルギー用途などで SiC デバイスの市場が大きく拡大することが予測されており、8 インチ化によるコストの低減や生産性向上が原動力となると大きく期待しています。

以上
2025 年 1 月