次世代パワーエレクトロニクス

どこでもパワエレ機器で豊かな省エネ社会

超スマート社会の電力を、パワエレ技術が支える

私たちが望む未来像の一つに「自然環境と、快適で便利な生活が共存する社会」があるだろう。家電製品から電車まで、さまざまな電子機器の省エネ化を実現してきたパワーエレクトロニクスは、そのような未来をつくるキーテクノロジーだ。今後も世界のパワーエレクトロニクス市場は大きく成長する。世界に先駆けて次世代パワーエレクトロニクスの技術開発を行うことで、日本の産業競争力を高め、豊かな省エネ社会の実現に貢献していく。

プログラムディレクター

大森 達夫

三菱電機株式会社
開発本部 主席技監

＊：PDの所属・肩書は第1期終了時点（平成30年度末）のものとする。

Profile

1980年東京大学工学系研究科修士課程修了。同年三菱電機株式会社中央研究所に入社。2003年同社、先端技術総合研究所、先進デバイス技術部長、05年SiCデバイス開発プロジェクト長、10年パワーデバイス製作所副所長、13年開発本部役員技監、16年開発本部主席技監。

研究開発テーマ

Ⅰ. SiCに関する拠点型共通基盤技術開発

SiC（炭化ケイ素）パワーエレクトロニクスの基盤技術を強化するため、産学官連携の研究開発拠点を構築し、次世代SiCウエハ、デバイス、モジュールの高耐圧化、小型化、低損失化を信頼性の確保とともに実現することを可能とする技術開発と、関連研究者の人材育成を行った。

Ⅱ. GaNに関する拠点型共通基盤技術開発

GaN（窒化ガリウム）パワーエレクトロニクスの基盤技術を強化するため、産学官連携の研究開発拠点を構築し、低欠陥で、パワーデバイスに供する次世代GaNウエハ製造術、およびGaN縦型パワーデバイスの技術開発を行った。

Ⅲ. 次世代パワーモジュールの応用に関する基盤研究開発

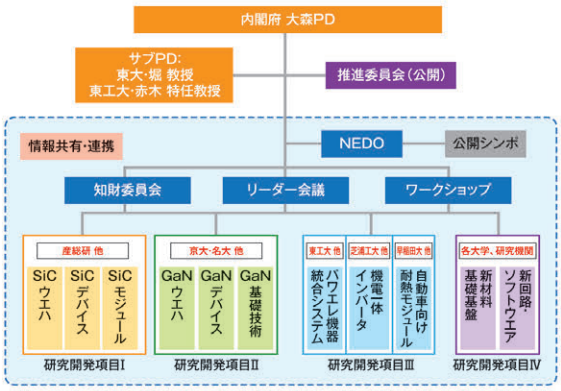
次世代パワーモジュールの使いこなしを進め、活用の幅を広げるために、高効率・高性能電力変換システムや、高パワー密度・高効率モータ駆動システム等を実現するためのシステム実装技術を開発する。シミュレーション技術等によるパワーモジュールと上記システムとの効率的な集積化や、応用製品の試作を行った。

Ⅳ. 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発

SiCやGaNを超える高性能なパワーデバイス実現のため、Ga_2O_3（酸化ガリウム）やダイヤモンド等の新材料の開拓および従来のパワーエレクトロニクスを超える基盤技術を支える新構造、新回路の開発等、革新的な性能向上につながる研究を行い、10～15年後の実用化を目指す。

実施体制

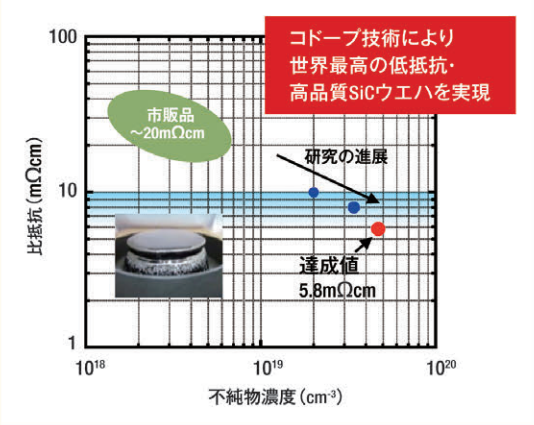
プログラムディレクター（PD）、内閣府のもと、関係府省、専門家等が参加する推進委員会を設置。NEDOも活用し、NEDOはJSTの協力も得て、研究主体の選定、PDや推進委員会の補佐を行った。その下に知財委員会、リーダー 会議、ワークショップを設置。公開シンポジウム等を除いてクローズドとし、この中で横同士が交流・連携してオープンに議論を行える仕組みを設けた。材料評価についてはSIPとは別に産総研や大学と連携し、関係する組織全体で議論できるようにした。

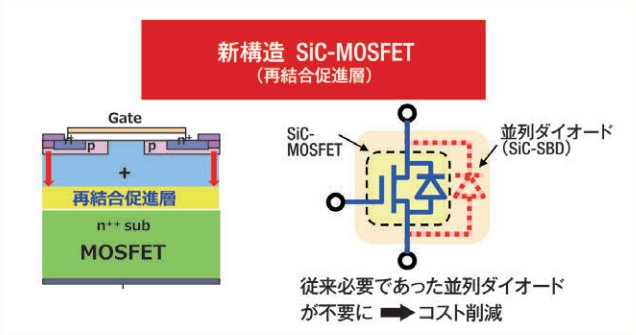


＊：第1期終了時点（平成30年度末）の体制、組織等を示す。

主な成果 ①: 低抵抗SiCウエハ、新構造SiC-MOSFET、超小型SiCパワーモジュール

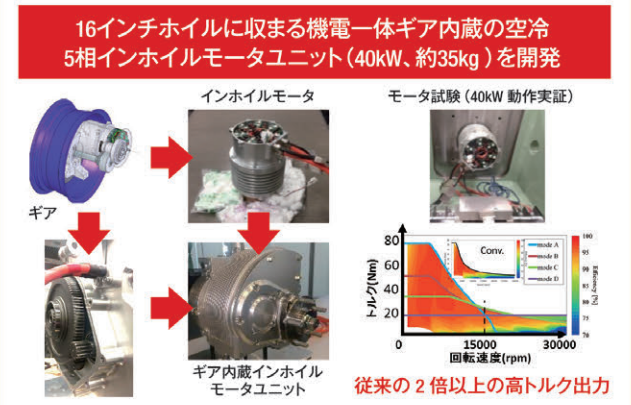
SiC（炭化ケイ素）を用いたパワエレ機器は、すでに一部で製品化も始まっているが、SiCの性能は、まだまだ引き出せる。ウエハでは、二種類の不純物を添加するコドープ技術により、約1/4の低抵抗・高品質化を達成した（右図上）。デバイスでは、高電流密度動作時の通電劣化メカニズムを解明し、再結合促進層で欠陥抑制を行う新構造のSiC-MOSFETを開発した（右図下）。これにより安定的に高電流密度動作が可能となったため、従来モジュールで必要であった並列ダイオードが不要となり、主回路の簡略化、モジュールの小型化、低コスト化の目処を得た。また、モジュール小型化のため、耐熱温度250℃の受動部品・部材を開発し（従来は175～200℃）、従来に比較して体積1/4以下の次世代SiC高耐熱・高速モジュール（1.2kV-100A級2 in 1型）を実現した（左下図）。





主な成果 ②: EV用機電一体インホイルモータ

SiCインバータの特徴である高温駆動、高速スイッチングによる低損失化に伴う小型化を最大限活かした空冷5相駆動・巻き線切り替え方式の機電一体モータ・インバータシステムを開発した。また開発したモータ・インバータシステムを、汎用自動車の主要ホイルサイズ（16インチホイル）に収まる、機電一体ギア内蔵の空冷5相インホイルモータユニット（重量:約35kg）として実現した。モータベンチ試験では、最大40kWの動作実証とともに、従来モータの約2倍以上の高トルク密度出力やインバータ損失1/2などの性能を実証した。更に、モータの巻き線切り替え動作の安定性を実証し、SiCインバータのアプリケーションとしてEV・FCV駆動用モータに適用可能なことを示した。



主な成果 ③: 6.6kV連系用トランスレス電力変換器

3.3kV耐圧のSiCパワーモジュールの高周波安定駆動等の適用技術を確立し、電力トランスを用いずに高圧系統に連系可能なモジューラ・マルチレベル・カスケード・コンバータ（MMCC）方式の6.6kV連系用トランスレス電力変換器（200kVA）を開発した。逆相電力出力可能でブリッジセル台数を少なくできるデルタ結線方式と、新たに開発した直流電圧バランス制御方式を適用した。工場内の模擬系統による実証試験を行い、連系時の挙動、制御性能等の安定性、および装置効率98.5%以上（従来損失の1/2以下）を実証した。SiCデバイスにより電力変換部の電力損失を低減するとともに系統連携用電力トランスを無くすことで高効率化を実現した。