



# 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問題を、パワエレ機器が支える

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

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う。

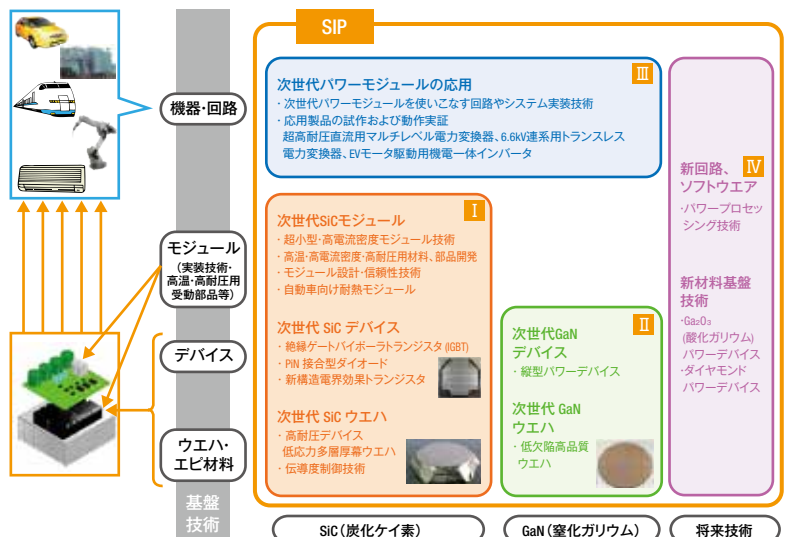
#### II. GaNに関する拠点型共通基盤技術開発

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ウエハ製造技術、およびGaN縦型パワーデバイスの技術開発を行う。

#### 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、応用製品の試作も行う。

●次世代パワーエレクトロニクスの研究開発概念図



#### 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の実現のため、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(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。

## ✓ 戦略の検討・策定

将来(2030年)目指すべき社会に向けて、パワーエレクトロニクス技術の新たな用途拡大や社会実装に向けた活動等の戦略を検討・策定し、パワーエレクトロニクスによる新たな産業・市場の創出を行う。これに合わせた知財／標準化戦略も実現する。また、新たな市場の開拓をはかるため、将来(2030年)の社会像と、この社会実現に必要なアプリケーションを創造し、その要求性能からバックキャストして、最終製品から部材まで一貫通貫の技術階層のロードマップを策定することを目指して、NEDO調査事業を活用している。

## ✓ 試作機による要求性能の実証

バックキャストした性能・仕様を満足できる技術が開発できたことを、機器の試作により、性能・品質・生産性での優位性を具体的に示して産業界での製品化開発を推進する。

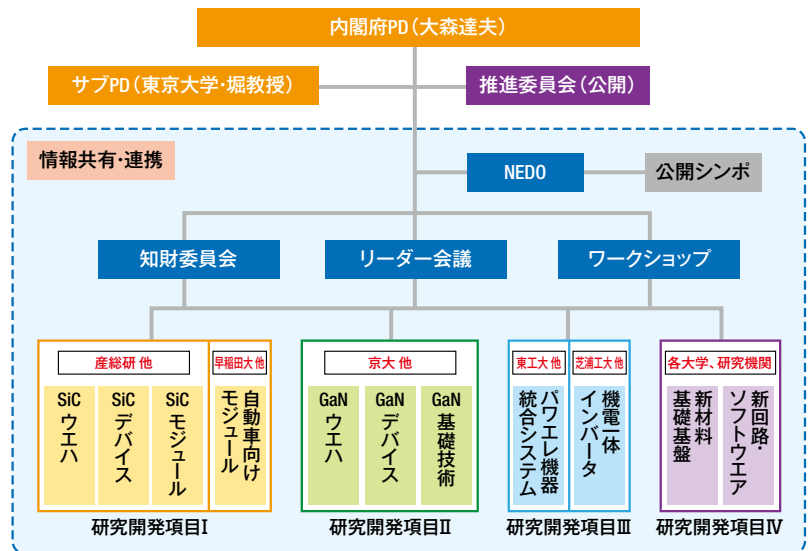
## ✓ 成果普及に向けた活動

標準化をはじめとした成果普及に向けた活動を行う。また、構成部材の性能評価に最適な標準的試験方法等を検討し、標準化を推進する。各部品・材料の性能認証制度の検討を進める。関連する技術開発のためのコンソーシアムを形成し、成果普及のための活動として活用していく。

## 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う。

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ている。

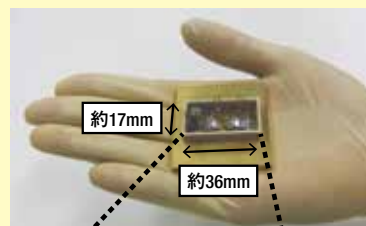


## これまでの成果

### 一部技術はすでに試作品完成

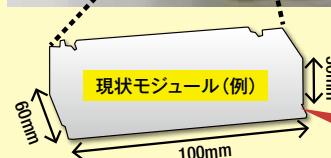
SiC(炭化ケイ素)を用いたパワーエレクトロニクス機器は、すでに一部で製品化も始まっているが、SiCの性能はまだ引き出せる。最適なデバイス設計を踏まえて、高耐圧で高速に動作できる次世代SiCデバイスと、SiCの性能に合わせて材料から最適設計で開発した受動素子を内部に組み込んだ上で、従来のモジュールの約1/3まで小型化できた次世代SiC高速モジュールの試作品が完成している。加えて、工場内の大型電力変換器からトランスを無くして従来の1/4まで小型化できる、6.6kV連系用トランスレス電力変換器の実証技術に目処が立った。さらに加えて、GaN(窒化ガリウム)についても、高品質ウエハ開発とともにパワーデバイスとしての基盤技術の芽が生まれてくるなど、技術開発は全体に前倒しで進捗している。

#### ● 受動素子内蔵型モジュール



1200V、100A  
2 in 1 モジュール

設計最適化  
により電流・  
電圧波形が安定



受動素子  
含まず

# シリコンに代わる新材料技術の開発を推進

家電製品から電車まで、多様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。日本に強みがあるこの領域を強化するため、SIPではSi(シリコン)に代わる新材料技術の開発を推進し、着実な成果を上げている。

## ■ 実用化され始めたSiCデバイス

豊かな省エネ生活を実現させるキーテクノロジーである、次世代パワーエレクトロニクス。このプログラムを統括する大森達夫氏は、この2年間を次のように振り返る。

「本格的な産学官連携は日本初の試みであり、当初は大学と企業の「言葉の壁」もあって、意思疎通もなかなかスムーズにはいきませんでした。しかし、顔を突き合わせた議論を重ね、現在は共通の方向を向くことができている。また、大学側にも明確な結果を求めたことで、アイデアが生まれやすくなり、研究開発は着実に前進しています。」

スタートから3年目に入った現在の成果について、領域ごとに見ていこう。

次世代材料であるSiC(炭化ケイ素)を用いた、より小型で高性能なパワーエレクトロニクス製品は、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。SiC高耐圧デバイスをベースに開発しているSiC高速モジュールも、受動素子を組み込んだ上で、従来の約1/3までの小型化を

現できた。今後は信頼性の検証を行い、2020年頃の実用化を目指していく。工場等で用いる6.6kVトランスレス高耐圧電力変換器については、まずはミニモデルを試作して検証しており、システム実証を目指す。

## ■ 次世代材料GaNも実証実験段階へ

さらに次の世代の材料であるGaN(窒化ガリウム)については、縦型デバイスの実現が鍵を握るが、GaN高品質ウエハ開発とともにパワーデバイスとしての基盤技術の芽が生まれてきている。さらに安定的・効率的な動作の実現に向け、現在、GaNウエハの品質改良を進めている。

「まだ技術的課題は残り、高品質なGaNウエハの大型化には今後数年かかると予想されます。実用化は2025年頃と想定していますが、前倒しの可能性も十分にあります。」

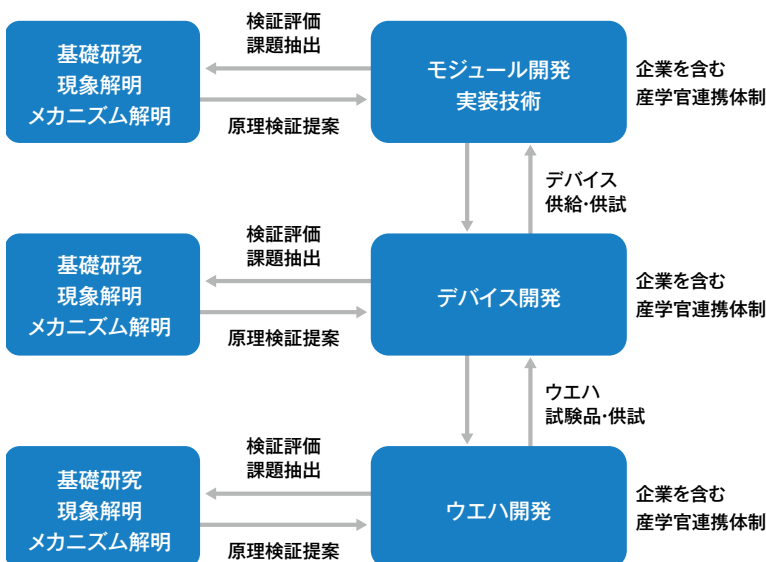
将来技術に向けては、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(酸化ガリウム)やダイヤモンドなど新材料を用いたパワーエレクトロニクス技術において、実用化に向けた課題の明確化により、超高耐圧で低損失な

パワーデバイスの実現を目指している。また、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により、有限の電源を前提とした電力の演算が可能となるパワープロセッシング技術の実現につながり、パワーエレクトロニクスの用途は大きく広がるだろう。これらの領域の実用化は2030年頃となると考えられる。

## ■ 省エネ技術で超スマート社会を支える

3年目に入るにあたっては、内容や体制等の見直しを実施した。特に、新回路、新材料基盤技術といった将来技術について

● SiCに関する拠点型共通基盤技術開発研究体制概念図



ネットワークの構築

# 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



は、残り3年という時間軸での実現可能性から研究項目を見極めたほか、実現までの手順を検証して課題を明確化した。

他の領域についても、目標レベルを随時引き上げており、開発は加速している。

運営体制面では、SIP内のクローズドなワークショップのほか、異なる分野の研究者と議論できる場や、大学・産総研と連携するコンソーシアム的な組織を設け、実証、評価などの議論を広く行えるようにしている。

人材育成については、若手研究者にパワーエレクトロニクスデバイスを作製して動かす機会を与えようと、実技講習会や大学での講座をNEDOとともにやっている。

今後の「Society 5.0」においても、パワーエレクトロニクスの貢献は期待される。

「ビッグデータを活用した超スマート社会が近づいていますが、情報処理後の機器駆動には必ず電力の問題が付随します。データセンターへのパワーエレクトロニクスの導入だけでなく、次世代パワープロセッシング技術が活用できれば、電力損失のさらなる大きな低減につながる可能性もあるでしょう。」

また、日本では家電の省エネは進んでいるが、世界的にはまだパワーエレクトロニクスの貢献できる余地は大きい。安く高性能なパワーエレクトロニクス機器の適用範囲を広げることで、SiCデバイスやモジュールだけで数千億円とも言われる市場で優位性を獲得すると同時に、世界のエネルギー問題を解決する一助としていく。

## 今後の予定

最終年度に向け、自動車の機電一体インホイールモータ用途のSiCモジュールの実証実験を行い、製品化まで実現させる。また、高品質なGaNウエハの大型化や、新材料技術、新構造・新回路技術の開発も進めていく。

年度	2014	2015	2016	2017	2018
I. SiCに関する拠点型共通基盤技術開発	要素技術開発	連携要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
II. GaNに関する拠点型共通基盤技術開発	研究開発環境整備	要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
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	研究開発環境整備	要素技術開発		応用技術開発	プロト実証
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	技術検証と必要な要素技術開発	絞り込み	技術実証への体制と課題のおよび設定	技術実証開発	

小型で高性能なパワエレ機器を開発し、グローバル市場で優位に立つと同時に、エネルギー問題の解決につなげていきます。

