調査・報告

次世代パワーエレクトロニクス研究会報告

五十嵐　晃*　小林　豊*　馬場　大輔**　木嶋　祐太***

Report of Next Genaration Power Electronics Technology

IKARASHI Akira*, KOBAYASHI Yutaka*, BABA Daisuke** and KIJIMA Yuuta***

1. 緒　　言

様々なエネルギーの有効活用，特に電力の有効活用が急務となり，最近では太陽光や風力発電など再生可能エネルギーで発電した電力をいかに効率良く使用できる電力に変換するかが重要となっている。電力利用効率向上の手段として，パワー半導体による電力変換・制御は，すでに多くの場面で行われており，これまでパワー半導体が適用されてこなかった機器への展開や新たな応用分野が急激に広がることによって，今後もパワー半導体が利用される場面が大幅に増加するものと思われる。

その中で，電力損失がシリコンの 1/100 以下，数 kV の高耐圧性などパワー半導体として極めて優れた性能を有した材料である炭化ケイ素（SiC）や窒化ガリウム（GaN）の実用化が期待されている。インバータなどの電力変換装置の適用範囲が鉄道や次世代自動車などの産業をはじめとして極めて広いことから社会全体への波及効果が大きく，様々な産業において成長の鍵になるものと思われる。

そこで本報告では，新しい材料によるパワー半導体について，その技術動向，市場動向および県内企業の取り組みについて示しながら，一方でそのパワー半導体を実際に扱ってみた事例や応用製品の試作例を示すことでパワー半導体メーカおよびパワー半導体を利用するユーザの両面から課題抽出を行った。

* 研究開発センター
** 上越技術支援センター
*** 中越技術支援センター

2. 関連技術セミナー

県内製造業が今後電力変換機器などの関連産業へ参入するにあたり必要とされる電力変換関連技術の動向，関連産業構造の状況などの情報提供を目的として，電力変換関連技術セミナーを合計 3 回開催した。セミナー参加人数は延べ 49 名であった。セミナー内容は主に SiC の研究開発状況およびパワーエレクトロニクスに関連したベンチャー企業紹介などの情報提供を行った。また，セミナー参加者に次世代パワーエレクトロニクスの取り組みについてアンケートを行ったところ 7 割程度が検討中であり県内企業の関心の高さを示す結果となった。図 1 にアンケート結果を示す。

3. 調査活動

3.1 技術動向

パワー半導体を取り巻く技術開発の方向は，省エネルギー，機器の小型化，電力変換効率の高効率化である。パワー半導体を用いることで技術的な課題をクリアすることが期待されることから，今後はその製造コストを下げることが

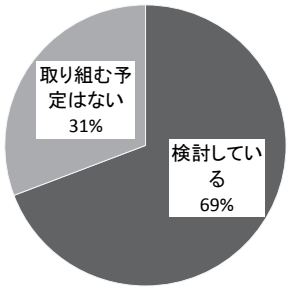

図 1　アンケート結果

ポイントとなる。特に SiC については 2014 年中に 6 インチウェハの量産が開始され，コスト低減が進み，本格的普及にいたると思われる。一方，GaN は技術的な課題が克服されつつあり今後本格普及が進むと考えられている。

3.2 市場動向

矢野経済研究所によれば，SiC や GaN などを使った次世代パワー半導体の世界市場は，2015 年以降から本格的に採用が拡大していくとの予測を立てている。次世代パワー半導体全体世界市場は，2012 年から 2020 年まで年平均 57.2%で成長し，2020 年の市場規模は約 30 億ドルとなる見込みである。従来品を合わせたパワー半導体全体の市場規模が 300 億ドルと予測されていることから，市場全体の約 10%を次世代パワー半導体で占めることとなる。[1)]

4. 次世代デバイス単体の評価実験

次世代パワー半導体を自社製品に組み込むには，まずそのデバイス単体の性能を把握しておく必要がある。そこで本研究会では，実際にデバイス単体の性能評価を行った。なお，評価にあたってはあらかじめ電子回路シミュレータによるシミュレーションを行い，両者の比較を行うことによりデバイスの動作のさらに深い把握に努めた。結果として，表 1 に示すようにシミュレーションと実測により SiC_ FET のオフ時間が Si_IGBT よりも短く，オン抵抗が Si_FET よりも一桁程度小さいことを確認した。

5. パワーエレクトロニクス応用技術（電動カート）の取り組み

本研究会の取り組みの一つとしてパワーエレクトロニクス分野の代表的な応用技術の一つで

表 1 評価実験結果

（左：計算値、右：実測値）

	SiC_FET	Si_IGBT	Si_FET
オン時間 (nsec)	30	37	11
オフ時間 (nsec)	537	3211	414
オン抵抗 (Ω)	0.08	0.68	0.83

	SiC_FET	Si_IGBT	Si_FET
オン時間 (nsec)	52	44	30
オフ時間 (nsec)	140	172	80
オン抵抗 (Ω)	0.09	0.88	0.61

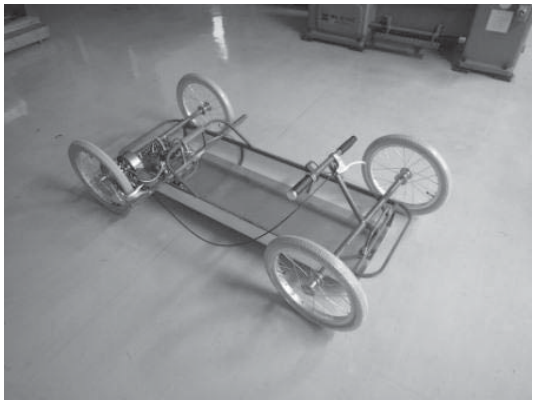

図 2 作製した電動カートの外観

ある電動カート（ここでは走る，曲がる，止まるの基本性能をできる限り簡単な方法で実現した小型の電気自動車のことを示す）を作製した。今後このインバータに使用されている半導体を SiC などの半導体に変更して，航続距離などの指標を計測する予定である。図 2 に作製した電動カートの外観を示す。

6. 県内企業のパワエレ産業構築に向けての活動

県内の電子回路設計を担う企業は，受託開発の仕事をしている企業がほとんどであり，①仕事の内容が依頼先に依存している，②十分な技術開発費が確保できない，などの理由からパワーエレクトロニクスのように付加価値の高い仕事を行うことができない。県内ユーザは県外製品を購入し，電子回路設計の企業は県外の仕事を受託しているというケースが多いのはそのようなビジネス形態が理由と考えられる。

現在，次世代デバイスが普及し始めており時代の転換点にきている。また，新潟には長岡技術科学大学というパワーエレクトロニクスに強い大学がある。この時代の流れと新潟の強みを活かしながら新潟県内の関連企業がより付加価値の高い仕事にチャレンジできる可能性がある。

このような背景から，次世代デバイスに関わる仕事を中軸として県内企業が連携して取り組むプロジェクト構築をめざし活動した。結果としてこのプロジェクトは始動しなかったが，従来考えられるモータ駆動などのほか，例えば

非接触給電の分野ではより高い駆動周波数や出力の増加が求められており，今後も企業・大学連携による高付加価値化の取り組みを推進していく必要があると考える。

7. 技術的課題とその対応方法

7.1 技術的課題と対応

次世代パワー半導体の課題は大きく 2 つの分けて考えられる。一つはパワー半導体を使ってインバータなどの電力変換機器を製作する際のユーザとしての技術的課題。もう一つはデバイスを製造するメーカとしての技術的課題である。

7.2 ユーザとしての課題と対応

デバイスを有効に活用していくには，デバイスの特性を熟知しておく必要がある。またそのデバイスの特性を活かすには，デバイスそのものの性能を十分引き出すように周辺回路を設計することが重要である。それには電子回路の設計理論や回路の制御理論を熟知しておく必要がある。新しい技術については大学の研究や関連学会の文献から得るのが効率的と思われる。

7.3 メーカとしての課題と対応

県内企業には次世代パワー半導体を製造するにあたり，材料供給，デバイス製造などに関わる企業も存在することが今回の調査で明らかになった。そこでこれらの企業の課題を考える。デバイスメーカとは最終製品を考えた場合工程の上流にあたる。課題はユーザーニーズの情報不足である。そこで川下工程のユーザーニーズを十分把握できるような体制で材料開発に取り組むことが重要と考えられる。それらはデバイスを製造するメーカに共通する課題と解決策と考えられる。

8. 今後の取り組み

全体としては有益な情報提供を行いながら，個別開発ニーズを汲み上げて，研究テーマ提案へ結びつける必要があると考える。一方で，複数の企業にわたって共通の課題となる件について，大学や研究機関が中心となり汎用的な内容について研究開発を行い，その成果は各利用企業で各市場ニーズに応じて改良を行って自社製品として市場へ投入するというスキームを考えている。すでに（独）産業技術総合研究所を舞台として，つくばイノベーションアリーナ（TIA）で行っている内容と近いもので，県内大学や当所と県内企業が連携することで付加価値の高い製品の開発につながるものと考えている。

9. 結　　言

（1）次世代パワーエレクトロニクス技術は次世代パワー半導体と言われる SiC や GaN というワイドギャップ半導体を材料とするパワー半導体を活用した機器開発技術を指している。

（2）SiC や GaN デバイスはそれぞれの課題を克服しつつあり，2014 年度から量産を開始する予定となっている。動作周波数や扱う電力量などを指標として，SiC や GaN とそれぞれ棲み分けを行っていくことで普及が図られる。

（3）SiC や GaN デバイスの 2020 年の市場規模は約 30 億ドルとなる見込みである。その際の従来品を合わせたパワー半導体全体の市場規模が 300 億ドルと予測されているため，市場全体の約 10%を次世代パワー半導体で占めることとなる。

（4）中小企業が次世代パワーエレクトロニクス関連市場への参入を図るためには，その開発品の要求仕様をはっきりさせたうえで，それに必要な適切な特性を持ったデバイスを選定し開発を行うことが重要である。

(5) 新規パワー半導体等を使用する場合，特に電力変換関連機器の開発にあたっては電力量の計測やノイズ試験等で，逐次評価対策検討する必要がある。また，それらの場合には弊所や大学等を有効に活用いただけると考える。

(6) 電力変換技術の動向は，高効率，小型化，高周波化に向かっているため，非接触給電などの電力と高周波の複合技術に注目し，それらの活用をいち早く手掛けることが有望である。

(7) 当所でも引き続きパワエレ関連の調査研究，先導研究を行い，当所の保有技術のひとつとしたいと考えている。

参考文献

1) 矢野経済研究所ホームページ：
http://www.yano.co.jp/press/press.php/001095