

TECHNO-FRONTIER 2016 参加報告 I

神鋼リサーチ (株) 大西 隆

2016年4月20日から4月22日までの3日間にかけて「TECHNO-FRONTIER 2016」が幕張メッセで開催された。TECHNO-FRONTIERはJMA(一般社団法人 日本能率協会)が主催するメカトロニクス・エレクトロニクス技術の発展と普及を支援する要素技術の専門展示会である。36年前にモーター技術シンポジウムを主体にスタートしたが、以来対象とする技術分野が増加し、2016年は8つの技術シンポジウムと展示会で構成されていた。出展社数と来場者数の推移は表1に示すとおりであり、毎年3万人程度が参加する大規模のイベントとなっている。

表1 出展社数と来場者数の推移

	2014年	2015年	2016年
出展社数	504社	474社	472社
来場登録者数	28,698	32,160	31,403

TECHNO-FRONTIERへの参加は初めてであり、「第31回電源システム技術シンポジウム」に参加して「車載電源48V化に向けた技術・最新動向とインパクト」と「実用化段階にきたSiC、GaNパワーデバイスの最新動向」と題するセッションを聴講した。

車載電源48V化に向けた技術・最新動向とインパクト

自動車分野においては、乗用車を中心に安全性・快適性向上を目指した電装部品の増加により従来の12V電源では電力不足になる可能性が出てきている。この問題が車載電源48V化の根本的動機になっているが、電装部品はHEV(Hybrid Electric Vehicle:ハイブリッド自動車)などに多く使用されており、世界的に環境規制の厳格化が進んでおりCO₂排出量削減を加速させる必要があることから、車載電源48V化を簡易構造の48V HEVと適用することにより、普及を図ろうとする動きになっている。この48V HEVは比較的安価(20万円以下)に燃費向上(10~20%)を実現できるシステムであることから、欧州で注目されている。

48V HEVは全ての補機を48V化するのではなく、48V電源にリチウムイオン電池、12V電源に鉛蓄電池をそれぞれ使用するシステムになっており、48Vと12Vを部品の必要出力に合わせて使い分けるシステム構成とすることにより、効率と実現性を向上させる点に特徴がある。独立したモーターアシスト機能を持たないシンプルなシステム構成により、低コストの実現と多様な車種への適応が可能であるとされている。欧州では、48V HEVは2020年に100万台程度普及すると見込まれており、欧州の自動車メーカーや部品メーカーは開発を加速し、48V HEVの標準化も進めている。このような欧州自動車業界の動きに対して、日本の自動車業界は静観している状況にあるが、車載電源48V化は新たなビジネスを生み出す好機になる可能性もあり、日系企業も例えば車載電源48V化を軽自動車へ活用するなどして、48V HEVの軽自動車を実現するなどの対抗策を打ち出すべきとの提言もなされている。

日系企業は15年前にトヨタ自動車クラウンにDC 42V電源システムを導入した経緯があるが、技術的・社会的にも状況は大きく変化しており、今回の車載電源48V化はブレークする可能性もある。日本の自動車産業の競争力を高める観点からも企画・戦略を練っておく必要がある。

実用化段階にきた SiC、GaN パワーデバイスの最新動向

SiC、GaN パワーデバイスは次世代パワーデバイスとして注目されており、日米欧において活発な研究開発が行われている。次世代パワーエレクトロニクスに係わる国家プロジェクトも多くあり、日本でも SIP（内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム）に加えられる他、経済産業省の「次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト」、NEDO の「次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究」などにより、SiC、GaN パワーデバイスは精力的に開発が進められている。

これらパワーデバイスの技術開発ステップは「材料→デバイス→実装→システム」と進んでいくが、SiC と GaN では開発フェーズが異なり、SiC は第 3 フェーズ（システム開発段階）、GaN は第 2 フェーズ（実装・設計段階）にある。SiC デバイス、GaN デバイスとも既に市販されているが、Si デバイスに比べて前者は高電圧・高出力領域での使用、後者は高速・高周波領域での使用に適していることから、SiC デバイスはハイエンドの Si IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor：絶縁ゲートバイポーラトランジスター）、GaN デバイスはハイエンドの Si MOSFET（Metal-Oxide Silicon Field-Effect Transistor：絶縁ゲート型電界効果トランジスター）の代替が指向されている。

主な市販 SiC デバイスは SBD（Schottky Barrier Diode：ショットキーバリアダイオード）、JFET（Junction Field-Effect Transistor：接合型電界効果トランジスター）、MOSFET、BJT（Bipolar Junction Transistor：バイポーラ接合型トランジスター）であり、SiC-MOSFET は Si-MOSFET に比べて導電ロスを 2 桁、Si-IGBT に比べてスイッチングロスを 1 桁低減できることから、家電製品（エアコン）や鉄道車両のインバーター、HEV の PCU（Power Control Unit）、FCV（Fuel Cell Vehicle：燃料電池自動車）の昇圧コンバーターなどに使用されている。SiC の最新動向としては MOSFET のダブルトレンチ構造化が挙げられ、この構造により電界集中によるブレイクダウンを抑制し、サイズ低減が図られる。

一方、主な市販 GaN デバイスは HEMT（High Electron Mobility Transistor：高電子移動度トランジスター）に限られており、現時点ではその適用例も LED 照明の電源回路などに限られている。

SiC、GaN パワーデバイスは高温・強電界環境で使用されることから、課題は熱管理と信頼性にあり、前者に対しては様々な冷却技術、後者に対しては様々な実装技術が検討されている。このような SiC、GaN パワーデバイスの課題に対しては、プロセスの改善によりデバイス信頼性の向上が図られていくと考えられるが、Si パワーデバイスの使用環境以上の厳しい環境で使用するためには、更なる信頼性向上が必要であろう。

SiC、GaN パワーデバイスは Si パワーデバイスに比べて性能面で優れることから、今後普及・置き換えが進んでいくと考えられるが、更なる普及を図るには、コストの問題を解決する必要がある。SiC パワーデバイスの価格が Si パワーデバイスの価格を下回ることはないが、2 倍以下にする必要があるとの見方が大半であった。GaN パワーデバイスは未だコストを議論する段階がなく、性能や信頼性の向上を図っていくことが先決である。GaN パワーデバイスでは、縦型 GaN MOSFET の実現が望まれているが、このデバイスの開発は日本が先行しており、世界に先駆けての実用化が期待されている。

今回 TECHNO-FRONTIER 2016 技術シンポジウムで聴講したセッションは「自動車技術」および「電子材料」に関する技術分野に属する。これらの技術分野は当部門の専門技

術領域であり、今後とも情報収集を続け、開発動向と実用化動向を注視すると共に、適時情報発信を行っていききたいと考えている。

以上

TECHNO-FRONTIER 2016 参加報告 II

神鋼リサーチ (株) 立花 弘行

2015年4月20日から22日までの3日間にかけて、幕張メッセ(千葉)においてメカトロニクス・エレクトロニクス技術の発展と普及を支援する展示会「TECHNO-FRONTIER 2016」が開催された(主催:一般財団法人日本能率協会)。3日間の来場者数は31,000人以上であり、展示会は盛況に行われた。展示会開催中に、「磁気応用」、「モーター」、「電源システム」、「バッテリー」、「熱設計・対策」、「EMC・ノイズ対策」、「エネルギー・ハーベスティング」、「カーエレクトロニクス」の技術シンポジウムが開催され、「熱設計・対策」技術シンポジウムによるパワーエレクトロニクスの技術講演を聴講した。以下に概要を報告する。

安川電機は1960年からサイリスタ、バイポーラトランジスタ、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor: 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) 等のパワーエレクトロニクス製品を手がけており、近年はSiCやGaNのパワーデバイスも手がけている。熱設計に対する経験と知識を生かして、1980年には熱設計システムを独自開発し、2000年には汎用FEM (Finite Element Method: 有限要素法) と連携させた汎用熱流体解析技術を開発している。電力変換器には小型化、集積化が求められ、電力変換器のパワー密度(単位体積あたりの定格出力)は年々向上している。パワー密度が上昇すると、冷却性能や耐熱温度の向上が必要になる。安川電機では自社開発の熱設計技術を生かして高パワー密度対応の「フルSiC AC-ACコンバーター」を開発している。この開発では、SiCパワーモジュールを採用して高周波駆動による受動部品(コンデンサー、リアクトル)の小型化を行うとともに部品の占める体積および無駄なスペースを極力削減している。受動部品に対しては、小型化の妨げになるランダムな形状の適正化、フィルター部(リアクトル、コンデンサー、抵抗で構成)のモジュール化により、無駄なスペースの削減を行っている。高パワー密度に伴って発生する熱対策に関しては、冷却器の最適化を行っている。冷却器は熱源下にコルゲートフィンを採用し、冷却部以外はダクト構造により冷媒の流速を確保している。これらの技術開発により、パワー密度: 15 W/cm^3 の業界最高レベルの高パワー密度対応の「フルSiC AC-ACコンバーター」を実現している。開発したAC-ACコンバーターは、自社の同性能従来型インバータに対して、体積比: 1/25、高さ: 1/10のサイズダウンを図っている。開発品の主要部分は特注製品であるためコスト高になっており、量産時にはコスト低減のための対策をとる必要がある。

パナソニックは車載エレクトロニクス、二次電池、液晶ディスプレイ、電子材料などの製品を事業化しており、各種製品のノイズや熱課題を解決する設計支援も行っている。一般的に、熱・ノイズ対策は開発試作後の評価で行うよりも企画設計段階で行う方が、対策コストや設計自由度の面で有利である。パナソニックでは、製品の企画設計の段階でシミュレーション解析を行い、熱・ノイズソリューション提案のための設計支援を行っている。パワーエレクトロニクスのシミュレーション技術による「電源の小型化・高速化による開発課題」への取り組みとして、「ノイズと熱のトレードオフ関係」、「近接効果による損失の集中」、「磁気部品(トランス)の損失」などの課題に対して熱解析などによる改善提案を

行っている。機器の小型化・高周波化により開発すべき課題は複雑化しており、電気と機械の垣根を越えた視点での設計が必要である。機械のわかる電気回路技術者、電気のわかる機械技術者が求められている。

パワー半導体モジュールは、デバイス単体のディスクリートから駆動回路や保護回路を内蔵した IPM (Intelligent Power Module : インテリジェントパワーモジュール) へと変遷してきた。パワー半導体モジュールに対する要求事項としては「高信頼性」、「長寿命」、「低損失」、「高絶縁性」、「小型化・軽量化」が挙げられる。パワー半導体モジュールの小型化への対策として、動作温度の高温化、放熱・絶縁の技術は、パワー半導体モジュールのパッケージング要素技術として重要になっている。三菱電機からパワー半導体チップの Ag ナノ粒子による焼結接合技術と封止技術が紹介された。Ag に着目した理由については、Ag の熱伝導率が Zn 系ハンダや鉛フリーハンダと比較して格段に高いことを挙げていた。Ag の融点は 960℃であるが、ナノ粒子化による「融点降下現象」を利用することにより、250℃から 350℃の低温接合が可能になり、信頼性試験においても良好な結果が得られている。Ag を用いるため材料コストアップが課題であり、Cu ナノ粒子も評価されている。封止材料に対しては、組成の改良や耐熱付与剤の添加などにより、耐熱性および接着性を向上させている。

SiC や GaN などのワイドバンドギャップ半導体が開発され、今後、パワーエレクトロニクスの高パワー密度化はさらに進み、熱対策も進化していくと考えられる。今後とも継続的にシンポジウムに参加し、収集した情報を発信していきたいと考えている。

以上