

筑波大学パワーエレクトロニクス未来技術研究会
University of Tsukuba Forum on Power Electronics Tomorrow (UTOP)

第1回研究会「より良いSiCパワーデバイス目指して」開催報告

日時： 2014年6月27日（金）13時-17時35分

場所： 筑波大学東京キャンパス文京校舎1階講義室

プログラム：

座長：筑波大学 数理物質系 准教授 矢野裕司

13:00 挨拶「筑波大学パワーエレクトロニクス未来技術研究会開催に当たって」

筑波大学 副学長 三明康郎

13:10 「筑波大学パワーエレクトロニクス研究室の取組み」

筑波大学 数理物質系 教授 只野 博

13:30 「次世代パワー半導体デバイスへの期待」

筑波大学 数理物質系 特命教授 嶋田隆一

13:50 「最新パワーデバイス技術動向について」

筑波大学 数理物質系 教授 岩室憲幸

14:10 「次世代パワーデバイスの特徴を引き出す実装技術」

産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 副センター長 山口 浩

15:00～15:15 休憩

座長：筑波大学 数理物質系 准教授 磯部高範

15:15 「SiCデバイス応用への課題と東芝での取組み」

(株)東芝 電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 主査 田井裕通

16:05 「SiCデバイスと超小型SiCインバータモジュールの開発」

ローム(株) パワーエレクトロニクス研究開発部 部長 中村 孝

司会：筑波大学 数理物質系 教授 只野 博

17:05 パネルディスカッション「より使いやすいSiCパワーデバイスを目指して」

1. 副学長挨拶

三明副学長のスケジュール上、研究会への参加ができなかったため、ビデオでのあいさつを上映した。

[挨拶要旨]

筑波大学では2013年4月に数理物質科学科 電子・物理工学専攻に「パワーエレクトロニクス研究室」を設置した。ここでは、パワーエレクトロニクスに関する新材料(SiC)を主とした新デバイス(岩室・矢野研究室)、新電力変換回路(只野・磯部研究室)の研究と、人材育成を行っている。ナノテクノロジー研究の産学官融合拠点である「Tsukuba

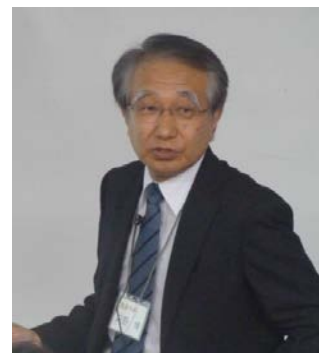
Innovation Arena (TIA)」と協力して活動している。この活動を更に促進するため、NPO 未来アジア技術フォーラム (TeFFA) と共催の研究会を発足させた。同 NPO はエネルギー、環境、防災、バイオの分野において、国際協力、異業種交流、産学官連携を通じ、新たな技術をもとにして社会や産業、日本とアジアの人々の生活の発展に寄与することを目的に 2013 年に設立した特定非営利活動法人であり、両者が協力することで、それぞれの活動が活発化することを期待している。

この研究会は 4 回/年の開催をしている。第 1 回研究会として、最近、実用化段階に入り、注目されている炭化ケイ素 (SiC) デバイスを取り上げた。幅広い応用分野に向けて、より良い SiC パワーデバイスを目指して、ユーザー、エンジニア、営業マン、研究者、教育者、学生などいろいろな分野の人々が一堂に集まり、率直な議論を交わすことは、この分野の一層の発展に向けて重要であると考えます。パワーデバイスを研究・開発する人、パワーデバイスの応用を考える人、新たな機器やシステムを考える人など様々な人々がこの研究会に参加されること望んでいる。この研究会が日本の成長戦略を牽引する存在の一つにまで発展することを期待する。

2. 筑波大学パワーエレクトロニクス研究室の取組み

筑波大学 数理物質系 教授 只野 博

2013 年 4 月に筑波大学に開設した Tsukuba Innovation Arena (TIA) 連携大学院パワーエレクトロニクスコースは、2つの寄附講座と 1つの連携大学院を組み合わせで運営している。開設の目的は、パワーエレクトロニクスを学問として体系的に習得させ、企業との共同研究や連携を密にすることで、実践的研究を経験し企業で活躍でき、高度なパワーエレクトロニクス技術の継承・発展の礎となる人材を育成することにある。



富士電機パワーエレクトロニクス寄附講座 岩室・矢野研究室では、新材料 (SiC) を主とした新デバイスの研究と人材育成を行っている。トヨタ自動車・デンソー パワーエレクトロニクス寄附講座 只野・磯部研究室では新電力変換回路の研究と人材育成を行っている。また、第 1 号連携大学院 (産業技術総合研究所) には奥村教授、山口教授が参画し、嶋田特命教授はパワーエレクトロニクス研究室の運営と超高压電源システムの研究指導を行っている。

3. 次世代パワー半導体デバイスへの期待

筑波大学 数理物質系 特命教授 嶋田隆一

ニューサンシャイン計画の中で、「超低損出電力素子技術開発」が 2008 年～2013 年に実施されて、4 インチの高品質 SiC 半導体結晶成長の成功、高チャンネル移動度の MOS 界面

制御技術の開発など世界最高水準の成果を得ている。ここでの成果を足掛かりにして、今日のパワーエレクトロニクス技術へと進展した。

パワーエレクトロニクスへの期待は、高耐圧・高温作動の利点を生かし、低コスト化（冷却が簡単なので）に寄与ことに集約できる。そのためには素子の低コスト化、小型化が望まれる。その応用分野は、電力（マイクログリッド、DC 配電）、誘導加熱、医療用粒子加速器電源など広範囲に期待できる。更に、エネルギーを取扱うと同時に、電気機械との融合を視野に入れた開発も期待される。



4. 最新パワーデバイス技術動向について

筑波大学 数理物質系 教授 岩室憲幸

シリコン IGBT ならびに SiC-MOSFET の最近技術動向について解説した。シリコン IGBT は薄ウェハ技術を活用したトレンチ FS 型が主流であるが、その薄ウェハの進展にブレーキがかかってきた。そのため最近では、素子単体の特性改善もさることながら、本来別々の素子であった IGBT と FWD を ”Integration” する RC-IGBT を開発し、コストの低減と装置の小型化を目指す開発が盛んである。



SiC-MOSFET は、信頼性に課題があると言われ続けてきたが、ここにきて作製プロセスならびに結晶品質の向上により、かなりの改善が見られて来ている。今後は、まずは現状プレーナ型 MOSFET の製品化を推し進めるとともに、更なる特性改善を目指したトレンチゲート型、さらには SJ 型 MOSFET の開発が盛んになると思われる。

5. 次世代パワーデバイスの特徴を引き出す実装技術

産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 副センター長 山口 浩

パワーエレクトロニクス技術はパワー半導体のスイッチングにより電力の変換・制御をする技術であり、SiC 素子、GaN 素子、ダイヤモンド素子に関して、その応用に向けた研究開発が行われている。SiC 素子は量産に向けた応用研究が行われていて、小型・軽量化と低損出化が進展し 5kV 級の MOS や 10kV 級の IGBT、PND が作られている。GaN 素子は応用研究が開始され、集積化技術が検討されている。ダイヤモンド素子についてはまだ、結晶・素子製造技術を検討している段階にある。SiC 素子は実用化が始まったところであり、その高耐圧性と耐高温性に期待されているが、モジュール化した場合の信頼性（複合材料を

使う) や周辺部品の耐熱性など高温実装に係る課題がある。

パワーエレクトロニクスの将来展望としては、スマートグリッドへの適応と電力制御機器への大量導入が大きな市場になると期待している。そのためには高効率性、小形軽量性、省メンテナンス性、清音性、高耐量性が求められる。



6. SiC デバイス応用への課題と東芝での取組み

(株)東芝 電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 主査 田井裕通

SiC デバイスは高い電界強度、高い熱伝導率、高い耐熱性、高いキャリア移動度が特徴であり、高耐圧や高温動作、高速スイッチングが期待されているが、これらの特性を実製品に適用するためには、解決すべき課題が多数ある。

製品開発で最も重要なことは「コスト」に尽きる。情報がグローバル化した今日では、一定の品質と性能を有する製品を模倣できない低コストで供給する必要がある。

電力変換回路への応用デバイスとしては、IEGT、IGBT モジュール型 IGBT/IEGT、MOSFET 等が検討されている。

SiC デバイスの将来には期待が大きいですが、かつての GaAs と同じ道を辿る可能性もある。GaAs は高周波デバイスとして Si を席巻すると期待されたが、市場の一部を占めるにとどまった経緯がある。



7. SiC デバイスと超小型 SiC インバータモジュールの開発

ローム(株) パワーエレクトロニクス研究開発部 部長 中村 孝

ローム社では 2002 年に SiC-MOSFET の基礎研究を開始し、2004 年にはそのプロトタイプを開発して、2005 年にサンプル出荷を開始した。2010 年には SiC デバイスの一貫生産体制を確立し、SiC ショットキーダイオード (SBD) の量産を開始し、同年年末に SiC - MOSFET の量産を開始するに至った。

SBD では新構造のトレンチ SBD を採用し、大幅なリーク電流の低減を実現した。SiC-MOSFET は 400V~1200V 対応の製品をラインナップしている。MOSFET ではダブルトレンチ構造を採用し、ゲート底部の電界緩和が可能となり、低抵抗と高アバランシェ耐性を実現した。更に、耐圧 1200V のフル SiC パワーモジュールもラインナップしている。SiC はスイッチング損失を大幅に低減できるため、大電流の Si-IGBT との置き換えが可能である。

パワーモジュールには高耐熱、応力緩和、低インダクタンス、低熱抵抗、大電流密度等が求められている。これらの要求に応えられる材料の進展も求められている。例えば、モールドング剤には高い Tg、熱膨張係数のマッチング、柔軟性、充填性や密着性等が重要な特性である。耐熱性の目標値は連続使用時で 200℃、瞬間的耐熱性では 225℃程度と考えている。

EV、HEV 向け超小型 SiC インバータモジュールを CEATEC2012 で展示し、CEATEC2012 部門賞グランプリを受賞した。このモジュールは従来のパワーモジュールの容積を 1/10 以下にできて、空冷方式が可能となり、水冷システムが不要となる。



7. パネルディスカッション「より使いやすい SiC パワーデバイスを目指して」

筑波大学の只野教授が司会を担当し、産業技術総合研究所の山口浩氏、(株)東芝の田井裕通氏、ローム(株)の中村孝氏がパネラーとなり、パネルディスカッションを開いた。

SiC デバイスのモジュール化等の応用に係る課題、故障原因の解析、周辺技術の重要性、IGBT と MOS のどちらが SiC デバイスとして使い易いか？ 信頼性に関してはどこまで分かってきたのか？ 等について会場からの参加を含めて議論した。短時間ではあったが、大変有意義な意見交換が行われた。

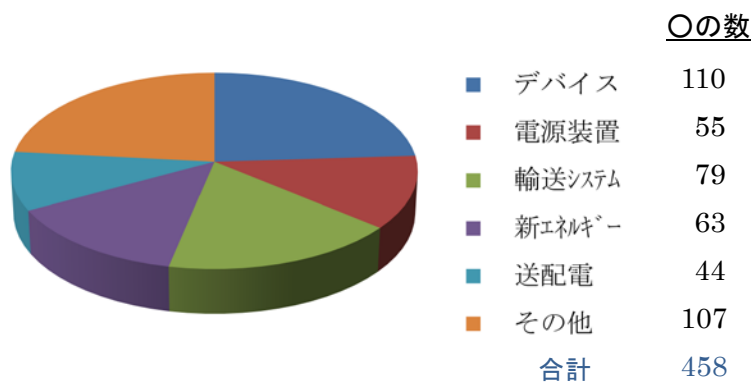


8. アンケート結果

参加者にアンケート調査を行った。主催者と共催者を除いた来場者 92 名から 73 票のアンケート用紙を回収した（回収率：79%）。研究会に対する評価は 5 段階中、「5」が 36 票、「4」が 28 票と合わせて、88%の高評価を得た。

次回以降の研究会に希望するテーマに関しては、あらかじめ記載したテーマに○を付記してもらった。デバイス、輸送システム、電源装置、新エネルギー等の分野への希望が多く

寄せられた。



次回以降の希望テーマ分野