

スーパークラスタープログラム

Super Cluster Program



既存の地域の枠組みを超え、 世界に先駆けて研究開発を推進します

目的

我が国でインパクトあるイノベーションを創出するため、これまで各地域で取り組まれてきた地域科学技術振興施策の研究成果を活かしつつ、社会ニーズ、マーケットニーズに基づき、国主導で選択と集中、ベストマッチを行い、国際競争力の高い広域連携による「スーパークラスター」を形成することを目的とします。

プログラムの特徴

戦略ディレクターによるマネジメント

各コアクラスター地域に3名の戦略ディレクター（以下、SD と省略）からなる SD チームを設置しています。SD チームは、強力なリーダーシップの下、予算配分をはじめとした明確な運営方針と市場獲得構想に基づき、拠点の進捗管理・把握、運営に関する調整などを行います。

地域をまたいだ広域連携

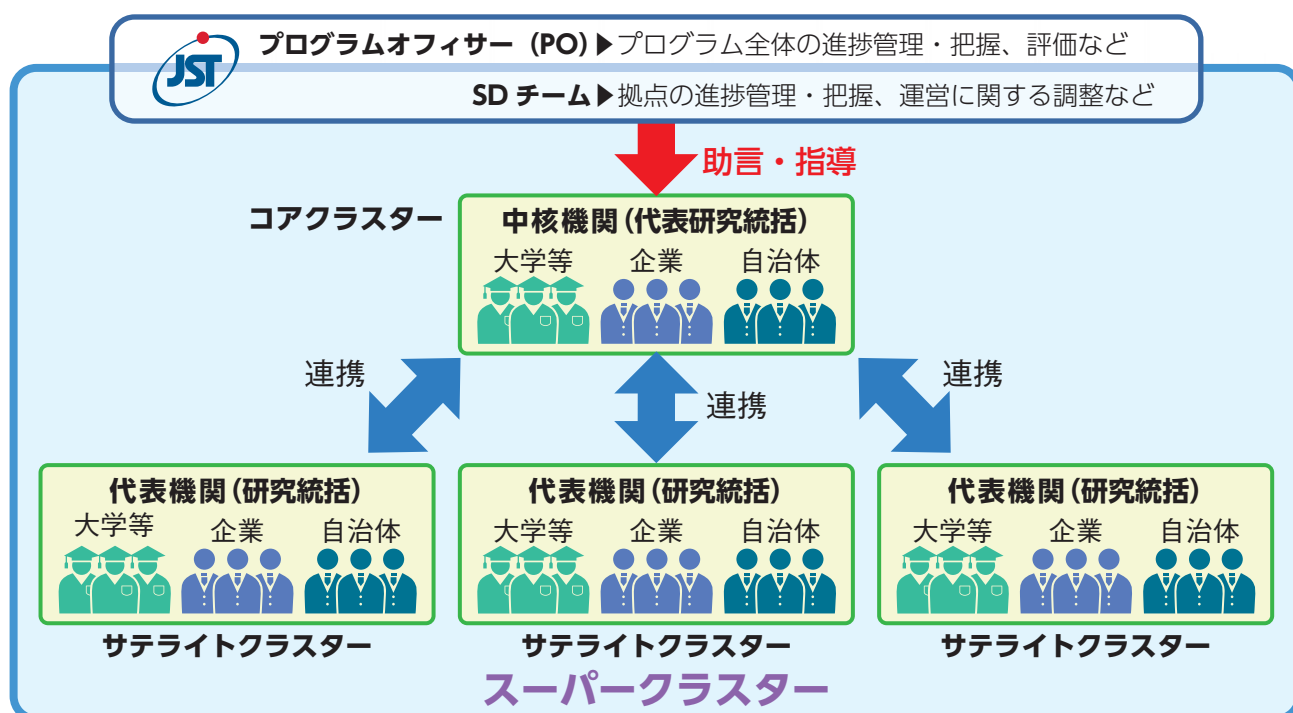
これまでの地域科学技術振興施策の実施を通じ、特に優れた成果を有し、スーパークラスターの中核をなす「コアクラスター」が、本地域の有する技術シーズやビジネスモデルなどについて、密に連携して研究開発を実施する「サテライトクラスター」と共有し、製品・システム開発における課題のブレークスルーを図り、新たな市場開拓の可能性を高めるとともに、国際競争力強化及び地域活性化を実現します。

スーパークラスター推進体制のイメージ

戦略テーマ

クリーン低環境負荷社会実現ネットワークの構築（※愛知地域・京都地域が該当）

ナノテク・材料・計測等の先端技術を組み合わせ、モノ・資源・エネルギーを無駄なく利用するシステムを社会実装することによって、環境負荷が少なく、高効率で快適な社会の実現を目指します。



本プログラムの目的に基づき、これまで各地域で取り組まれてきた地域科学技術振興施策の研究成果を活かしつつ、「戦略テーマ」に基づいた事業化、成果の社会実装を実現するために、スーパークラスターの体制を構築し、研究開発テーマを設定しています。

京都地域スーパークラスター

京都 福井地域サテライトクラスター

分散型ロードレベリング実現・実証に向けた福井地域基盤産業技術統合化クラスター
代表機関：(公財) ふくい産業支援センター

詳細→P15

京都 滋賀地域サテライトクラスター

地産地消型スマートグリッドを実現する分散型で高効率なエネルギー開発と多様化された供給システムの構築
代表機関：滋賀県立大学

詳細→P17

京都 長野地域サテライトクラスター

信州型スーパーエネルギーデバイスクラスター（スマートデバイス材料及びスマートデバイスシステムの実装）
代表機関：(公財) 長野県テクノ財団

詳細→P13

京都地域コアクラスター

クリーン・低環境負荷社会を実現する高効率エネルギー利用のシステムの構築
中核機関：(公財) 京都高度技術研究所

詳細→P11

愛知 長野地域サテライトクラスター

信州型スーパーエネルギーデバイスクラスター（結晶育成・加工から臨むエネルギーイノベーション）
代表機関：(公財) 長野県テクノ財団

詳細→P5

愛知地域コアクラスター

先進ナノツールによるエネルギー・イノベーション・クラスター
中核機関：(公財) 科学技術交流財団

詳細→P3

愛知 山口地域サテライトクラスター

やまぐち高効率パワーデバイス部材イノベーション・クラスター
代表機関：(地独) 山口県産業技術センター

詳細→P9

愛知 福井地域サテライトクラスター

GaN 系半導体のパワーデバイス応用に関する研究開発
代表機関：(公財) ふくい産業支援センター

詳細→P7

愛知地域スーパークラスター

愛知地域コアクラスター

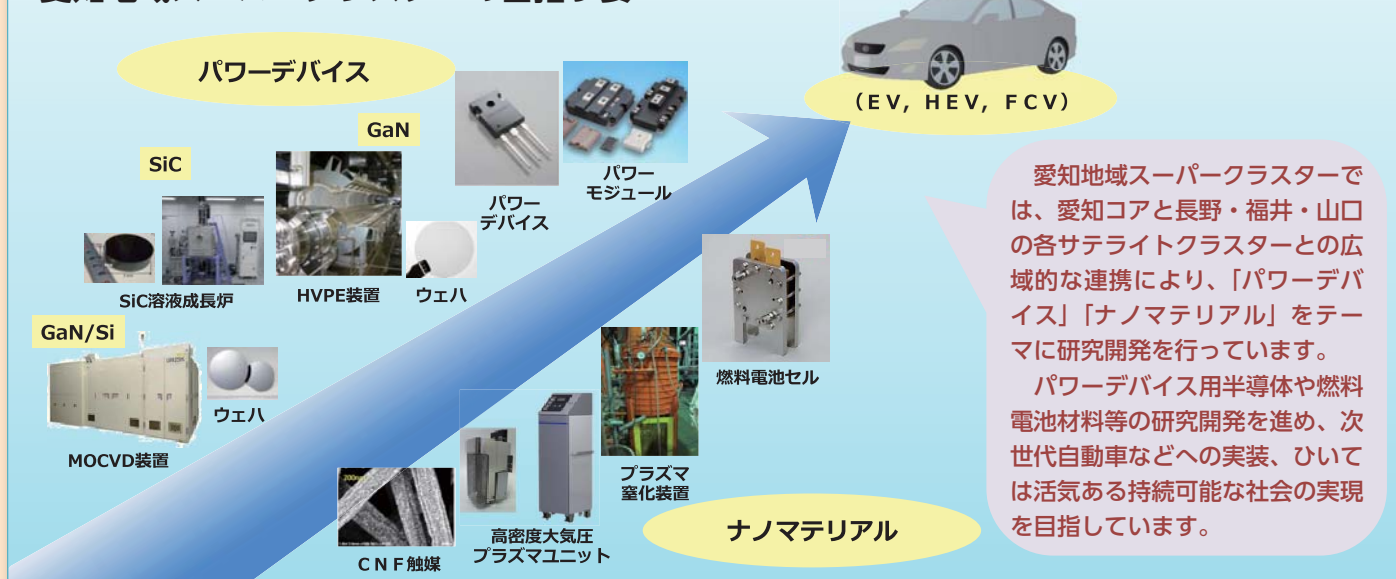
先進ナノツールによるエネルギー・イノベーションクラスター



代表研究統括

宮田 隆司
名古屋大学 名誉教授

愛知地域スーパークラスターの目指す姿



概要

愛知地域では、戦略テーマ「クリーン低環境負荷社会実現ネットワークの構築」に向けて、これまでに培ってきた省エネルギー・環境負荷低減に貢献できる半導体材料やナノマテリアルの高機能化、ナノ加工の高度化技術をさらに進化させ、低コストかつ高い信頼性を有する高効率なパワーデバイス用半導体や燃料電池材料の研究開発を進めています。長野地域、福井地域、山口地域の各サテライトクラスターとともに、産業機器、次世代自動車などへの適用、スマートグリッドなどの究極の効率化を図った分散型エネルギー社会への実装、ひいては活気ある持続可能な社会の実現を目指します。

目指す社会実装の姿

○窒化ガリウム (GaN) や炭化シリコン (SiC) を用いたパワーデバイス

- ・ GaN を使用した高耐圧・高効率なパワーデバイスを実現し、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車などのインバーター、コンバーターに適用し、次世代自動車の高効率化に貢献
- ・ SiC 高品質化のため新たな結晶成長法として溶液法に取り組み、低コストで欠陥の少ない結晶成長技術を開発し、高効率な自動車用パワーデバイスの半導体材料として次世代自動車へ搭載

○ナノマテリアル

- ・ 電界紡糸法によるカーボンナノファイバー (CNF) を使用した白金使用量の少ない低コストの燃料電池セルの実現
- ・ 大気圧プラズマを活用した自動車用樹脂材料接合等のための表面改質技術・装置の実現
- ・ 先進プラズマ技術による金型・工具等の表面硬化技術・装置の実現

実施体制

代表研究統括：宮田 隆司 (名古屋大学 名誉教授)

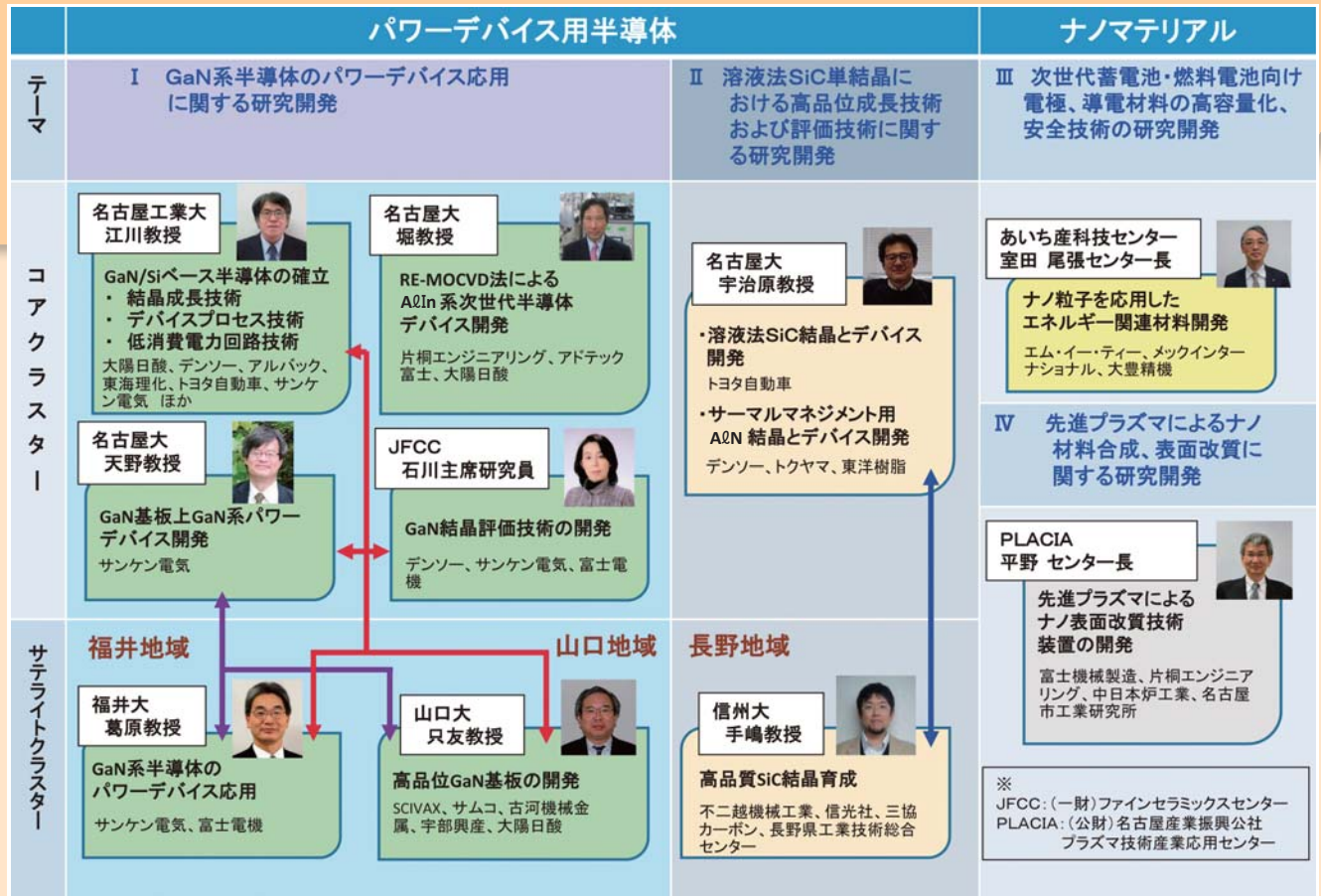
(中核機関) (公財) 科学技術交流財団

(参画機関) 名古屋大学、名古屋工業大学、あいち産業科学技術総合センター、(公財) 名古屋産業振興公社、(一財) ファインセラミックスセンター、名古屋市工業研究所

(株) アドテック富士、(株) アルバック、(株) エム・イー・ティー、(株) 片桐エンジニアリング、サンケン電気(株)、大豊精機(株)、大陽日酸(株)、(株) デンソー、(株) トクヤマ、東洋樹脂(株)、トヨタ自動車(株)、(株) 東海理化、中日本炉工業(株)、富士機械製造(株)、(株) メックインターナショナル ほか

(自治体) 愛知県、名古屋市

研究開発テーマ



トピックス

●愛知地域コアクラスターでの成果例



Si 上 AlGaN/GaN エピ基板

◀Si 上 GaN エピ基板

次世代の省エネ用デバイスとして期待される GaN/Si パワーデバイスの実現を目指し、6 インチ以上の Si 基板上に GaN 結晶を成長させたウェハを製作。

次世代パワーデバイスの低コスト化への貢献が期待されます。



高密度大気圧プラズマユニット

◀高密度大気圧プラズマユニット

富士機械製造（株）において、親水化処理能力を向上させた高密度大気圧プラズマ装置が商品化されました。

愛知地域スーパークラスターの特色

愛知地域スーパークラスターでは、GaN研究への取り組みとして、GaN/Siの基板から応用までを名古屋工業大が、また GaN/GaNでは基板作成を山口地域サテライトクラスター、エピ膜成長を愛知地域コアクラスター、デバイス化を福井地域サテライトクラスターと3地域が連携した取り組みが行われています。

さらに、これらのGaN研究を横断するGaN結晶基板評価技術の開発が(一財)ファインセラミックスセンターで行われており、それぞれのテーマの開発促進に貢献しています。

お問合せ先

(公財)科学技術交流財団／スーパークラスター統括部
TEL: 0561-76-8329 FAX: 0561-76-8328

〒470-0356 愛知県豊田市八草町秋合 1267-1
[アクセス] 東部丘陵線 (Linimo) 陶磁資料館南駅 徒歩 2 分

長野地域サテライトクラスター

信州型スーパーエネルギーデバイスクラスター (結晶育成・加工から臨むエネルギーイノベーション)



研究統括

手嶋 勝弥
信州大学 教授
環境・エネルギー材料
科学研究所
学長補佐・所長



概要

次世代の省エネ社会が求められている昨今、その技術開発の一つとして SiC によるパワーデバイスの開発が注目されており、その実現が急務となっています。長野地域サテライトクラスターでは、愛知地域コアクラスターが目指す溶液法による結晶を用いた自動車用パワーデバイスの開発、また、ハイブリッド車、燃料電池車への搭載実現に寄与すべく、SiC 結晶成長の大型化・長尺化に必要な要素技術の確立に向け、研究開発を進めています。これまで、実験や数値解析モデルの活用により、結晶育成、切断、加工、品質評価に関する検討が進み、今後の新たな展開に向けて更にチャレンジしていきます。

目指す社会実装の姿

○SiC パワーデバイスへの実装、実用化

自動車や鉄道車両へ SiC パワーデバイスを実装することにより、燃費の向上や消費電力の削減を実現
駆動システムの小型化や省エネルギー化に貢献

○SiC とグリーンイノベーション

SiC パワーデバイスの適用により、インバータ動作時の損失低減を実現
省エネや EV、HV、燃料電池車の普及に貢献



EV、HV、燃料電池車への搭載



～SiC採用のE235系～
鉄道車両への試験搭載から実用化へ

実施体制

研究統括：手嶋 勝弥（信州大学）

（代表機関）（公財）長野県テクノ財団

（参画機関）信州大学、不二越機械工業（株）、（株）信光社、三協カーボン（株）、長野県工業技術総合センター

（自治体）長野県

研究開発テーマ

○高品質 SiC 結晶育成

リーダー：太子 敏則（信州大学 准教授） 参画機関：不二越機械工業（株）、（株）信光社、三協カーボン（株）、長野県工業技術総合センター

信州大学が有する半導体や酸化物単結晶育成、特に大型化・長尺化に関するノウハウ、知見ならびに技術を受知地域コアクラスターとの連携により結晶成長装置に導入することで、従来の気相法を超える実用規模の高品質・低欠陥パワーデバイス用SiC系結晶を開発します。長野地域サテライトクラスターでは、SiC溶液成長における①炭素の溶解、②炭素の輸送、③SiC結晶成長のバランスの最適化を主眼に置き研究を進めます。

①炭素溶解現象の基礎検討

るつぼからの炭素の溶解現象を明確にするため、カーボン材と溶媒間の反応、炭素溶解度、溶解速度などを検討し、SiC溶液成長に役立てます。

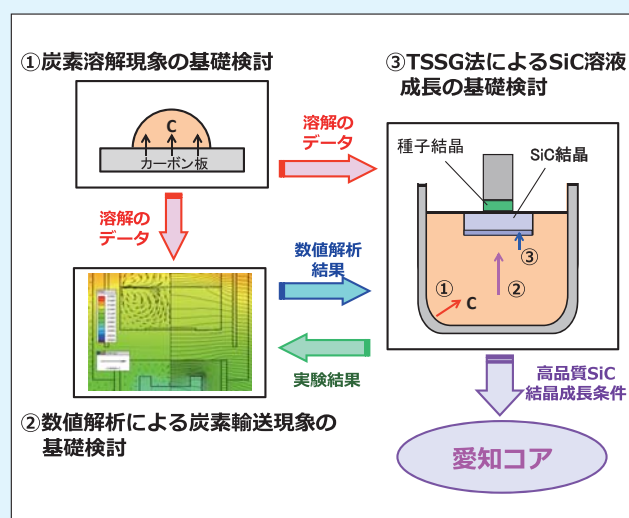
②数値解析による炭素輸送現象の基礎検討

結晶成長シミュレーションソフトを用いての溶液内の対流解析から、溶液内の炭素の輸送現象の可視化を行い、結晶成長における最適化を目指します。

③TSSG法によるSiC溶液成長の基礎検討

様々な成長条件と結晶多形の関係を実験的に明確にし、パワーデバイスに必要とされる高品質な4H-SiCが得られる条件を受知地域コアクラスターに情報提供します。

最終的には、愛知地域コアクラスターにて高品質かつ大型SiC結晶成長を実現します。溶液法で有利とされる転位密度をはじめとして、現行の昇華法によるSiC結晶に比して欠陥密度の低い高品質SiC結晶の実現を目指します。



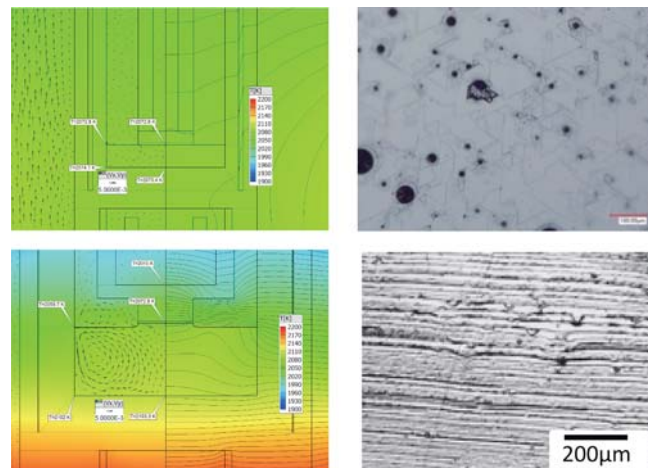
トピックス

(1) TSSG法による数値解析モデルの構築とSiC結晶成長実験との比較検討

結晶成長シミュレーションソフト「CGSim」を用いて、TSSG法SiC溶液成長の数値解析を行い、溶液内対流の可視化を実現しました。同様の条件で結晶成長実験を行い、種結晶に向かう対流の大小と温度差に起因する過飽和度が、成長した結晶の品質に影響を与えることを明確にしました。また、愛知地域コアクラスター・名古屋大学の結晶成長炉内の温度分布・対流解析も実施しており、愛知・長野は密に連携しています。

(2) 炭素溶解度および炭素溶解速度等の基礎データ解析

カーボン板もしくはセルを用いて、カーボンと溶媒間の反応現象を検討し、これまでに報告事例のない炭素溶解速度の算出を実現しました。これらのデータを数値解析および結晶成長に適用し、炭素の溶解・輸送・成長のバランスの最適化を目指しています。



左上：条件①（対流が弱く下向き）のるつぼ内部の数値解析結果
 右上：条件①で成長したSiC結晶成長面（二次元核形成、不適）
 左下：条件②（対流が上向き）のるつぼ内部の数値解析結果
 右下：条件②で成長したSiC結晶成長面（ステップフロー成長、適）

長野地域サテライトクラスターの特色

SiC溶液成長に関する研究は、日本が世界をリードしています。昇華法で実現できない高品質SiC単結晶を、JSTスーパークラスタープログラム・愛知地域コアクラスター・長野地域サテライトクラスターの枠組みから発信していけるよう努力していきます。

お問合せ先

（公財）長野県テクノ財団／SEDC室（Super Energy Device Cluster Office）

TEL：026-226-8101 FAX：026-226-8838

Email：techno@tech.or.jp

〒380-0928 長野県長野市若里一丁目18番1号

長野県工業技術総合センター 3階

【アクセス】長野駅 徒歩25分 タクシー10分

福井地域サテライトクラスター

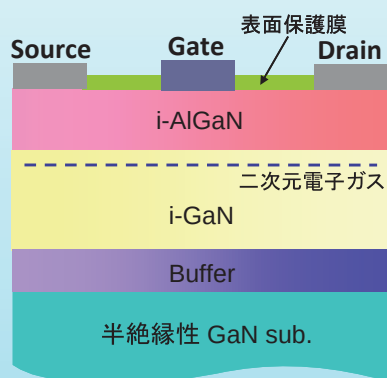
GaN 系半導体のパワーデバイス応用に 関する研究開発



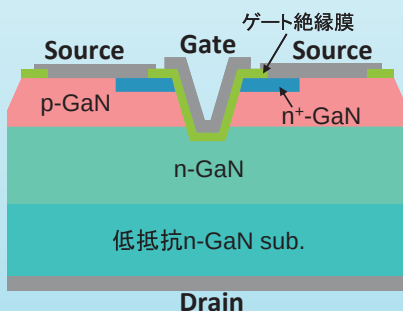
研究統括

葛原 正明
福井大学学術研究院
工学系部門 教授

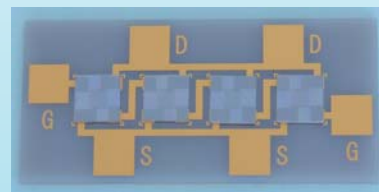
本プログラムで開発する2種類のデバイス構造とチップ実装したモジュール



横型トランジスタ (HEMT)



縦型トランジスタ (MOSFET)



4つの横型HEMTチップを
セラミック基板にフリップ
チップ実装したモジュール
(4 × 10 A)

概要

本プログラムの目的は、自立 GaN 基板を用いて、横型トランジスタである高電子移動度トランジスタ (HEMT) と、縦型トランジスタであるトレンチ構造 MOSFET を試作し、性能限界と可能性について将来への有用な知見を得ることにあります。

横型 HEMT では、半絶縁性 GaN 基板の高抵抗性を高めることにより、理想的な高耐圧特性の実現を図ります。一方、縦型 MOSFET では、量産にも適した選択イオン注入プロセスを導入し、小型・大電流化の可能性を追求します。次世代自動車や工作機械などの産業用途を想定し、耐圧 3kV 以上、電流 100A 以上の次世代パワーデバイスチップの開発を最終目標としています。

目指す社会実装の姿

- 次世代自動車、産業用工作機械など
ハイブリッド自動車や電気自動車の DC-DC コンバータやモーター用インバータの省エネ化に貢献
- パワーモジュール
家電機器、情報機器などの広い範囲で用いられる電力変換やモーター用インバータの省エネ化に貢献



実施体制

研究統括：葛原 正明 (福井大学)

(代表機関) (公財) ふくい産業支援センター

(参画機関) 福井大学、サンケン電気(株)、富士電機(株)

(自治体) 福井県

研究開発テーマ

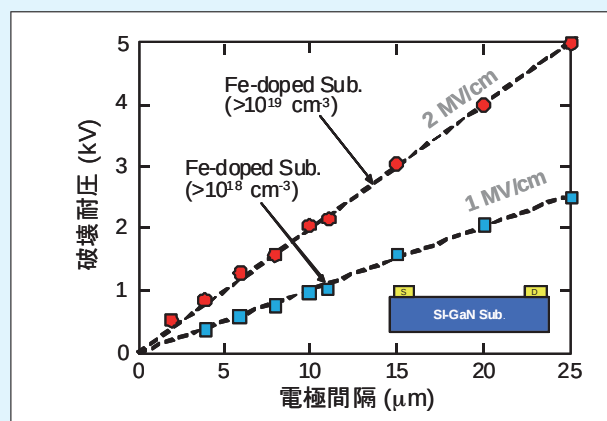
1. 高耐圧 HEMT の開発

リーダー名: 葛原 正明 (福井大学)

参画機関: 福井大学

横型GaN系パワーデバイスである高電子移動度トランジスタ (HEMT) の開発では、半絶縁性自立GaN基板の使用により高耐圧化と大電流化を図ります。キロボルトを超える高耐圧化の実現には、半絶縁性GaN基板の高抵抗率化が重要であり、山口地域サテライトクラスターの協力も得て研究を進めています。

最終目標である電流100Aモジュールの達成に向けて、愛知地域コアクラスターの協力も得て、小型サイズの20A級チップの開発を進める予定です。



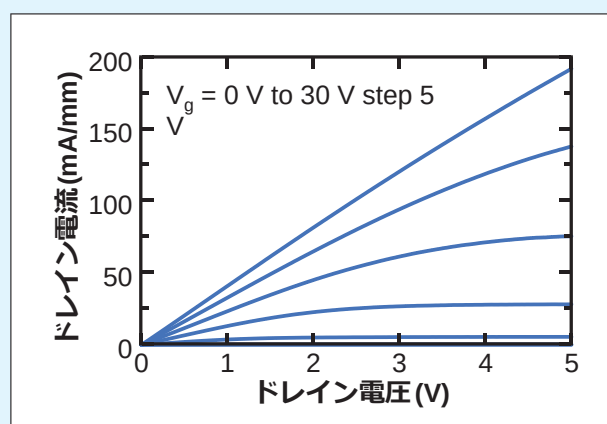
2. 縦型トランジスタの開発

リーダー名: 葛原 正明 (福井大学)

参画機関: 福井大学、サンケン電気(株)、富士電機(株)

縦型GaN系パワーデバイスの開発では、微細化に適したトレンチ構造MOSFETの構造設計と性能実証を進めます。ソース領域には、量産化に有利な選択イオン注入プロセスを採用し、低いオン抵抗が実現されています。

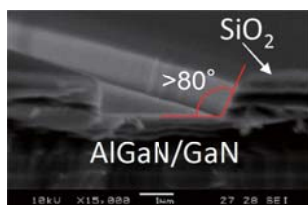
サテライトに参画する3機関の協力により試作した縦型トレンチ構造MOSFETは、良好なノーマリーオフ動作(しきい値電圧: +10V以上)を示しました。安定した正のしきい値電圧の制御とチャネル移動度の向上が今後の課題です。



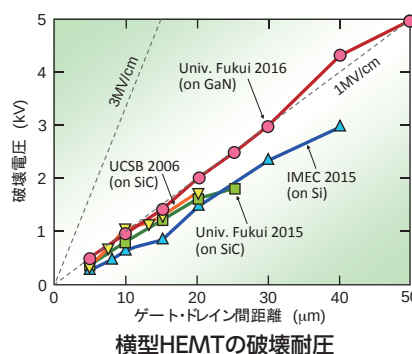
トピックス

自立GaN基板上に横型HEMTを試作したところ、ゲート・ドレイン間距離に比例して破壊耐圧が増加し、GaN基板上HEMTではトップデータとなる破壊電圧5 kVを得ました。今回試作した横型HEMTの特性オン抵抗と破壊電圧のトレードオフ関係は、耐圧1kV以上の高耐圧GaNトランジスタの中で、世界最高性能に対応します。

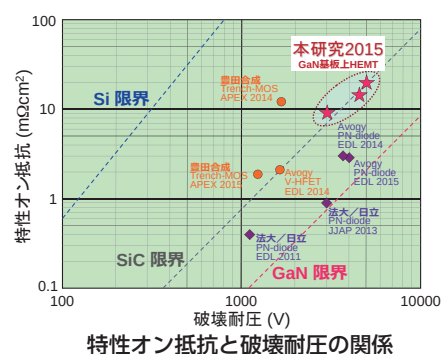
縦型MOSFETのトレンチ形成プロセスに用いるドライエッチング条件を最適化し、傾斜角がほぼ90度で表面平滑な断面形状の実現に成功しました。ドリフト領域となるn-GaN層の低キャリア濃度化により耐圧2 kVを達成しました。



トレンチ断面のSEM写真



横型HEMTの破壊耐圧



特性オン抵抗と破壊耐圧の関係

福井地域サテライトクラスターの特徴

福井地域サテライトクラスターでは、自立GaN基板の特徴を十分に生かすことにより、世界をリードするパワーデバイス性能を実現しています。強力なスクラムを組んだ福井地域サテライトクラスターの実施体制に加えて、山口地域サテライトクラスターと愛知地域コアクラスターとの連携が加わることにより、これからもGaN-on-GaNパワーデバイスの新たな可能性を拓いていきます。

お問合せ先

(公財)ふくい産業支援センター／オープンイノベーション推進部
TEL : 0776-55-1555 FAX : 0776-55-1554 Email : fstr@fisc.jp

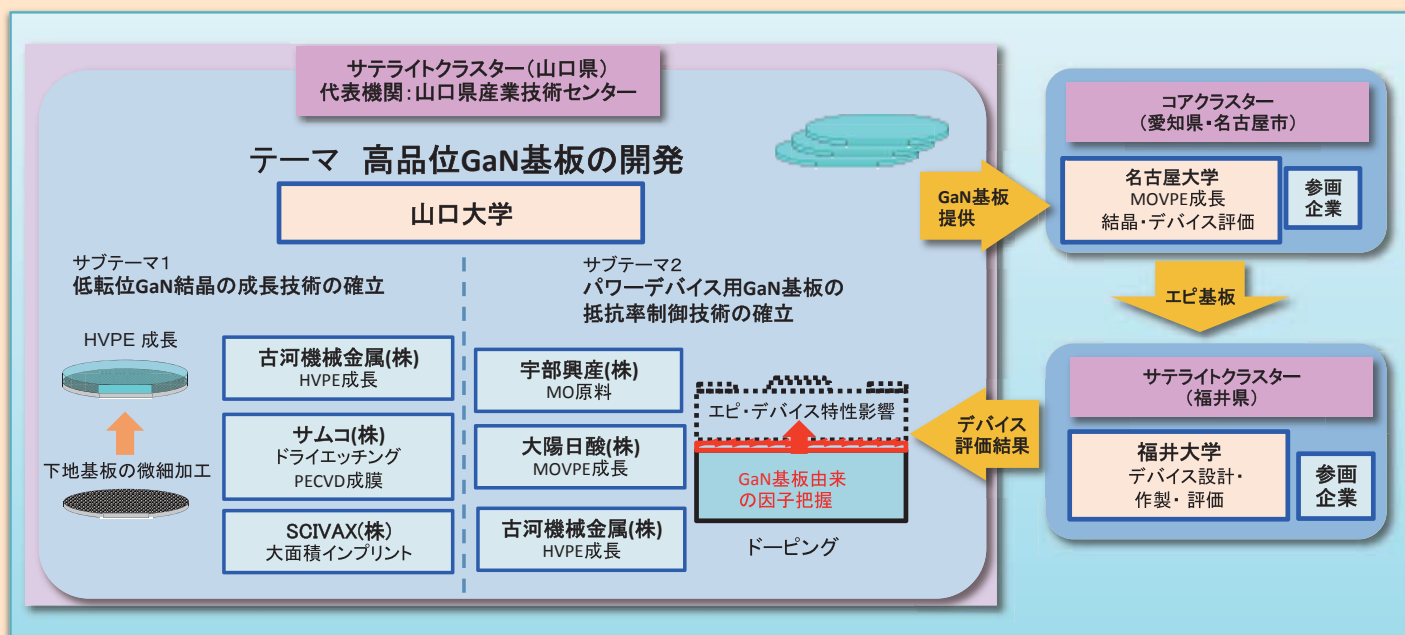
〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町 61 字北稲田 10
[アクセス] JR 春江駅 徒歩 15 分

山口地域サテライトクラスター

やまぐち高効率パワーデバイス部材
イノベーション・クラスター

研究統括

只友 一行
山口大学大学院
創成科学研究科 教授



概要

GaN 系半導体のパワーデバイス応用、特に産業用、自動車用などの大電流用には、LED 用途よりもさらに低欠陥 GaN 基板が必要です。このテーマでは、山口大学を中心に高品位 GaN 基板の開発として、微細加工と気相成長を組み合わせ、低欠陥 GaN 結晶の成長技術開発と、エピ成長・デバイス特性に影響を与える GaN 基板由来の因子の把握に努めながら、デバイス構造に対応した基板の抵抗率制御技術の開発を行います。本テーマでは、逐次試作した GaN 基板を愛知地域コアクラスター、福井地域サテライトクラスターに提供して、連携してパワーデバイスに対応した高品位な GaN 基板に必要な技術を確認いたします。

目指す社会実装の姿

○高品質の GaN 結晶材料

パワーデバイス、電子デバイス向けの GaN 基板を提供

○GaN 関連の部材、装置の提供

高品位な GaN 基板作製や GaN 基板上的デバイス作製に関連した、微細加工技術やサファイア・GaN 等の加工品、高品質の GaN テンプレート、高純度の MO 材料、新規 MO 材料、新規 MOVPE 装置・技術を提供

実施体制

研究統括：只友 一行（山口大学）

（代表機関）（地独）山口県産業技術センター

（参画機関）山口大学、宇部興産（株）、SCIVAX（株）、サムコ（株）、大陽日酸（株）、古河機械金属（株）、他

（自治体）山口県



高品位GaN結晶

研究開発テーマ

1. 低転位 GaN 結晶の成長技術の確立

リーダー名: 只友一行(山口大学) 参画機関: 山口大学、SCIVAX(株)、サムコ(株)、古河機械金属(株)

ハイドライド気相成長法(HVPE法)は光デバイス用のGaN基板の製造に一般的に用いられている技術ですが、液相成長法と比較して、GaN結晶の転位密度を下げるのが困難でした。本テーマでは、主に表面に微細構造を加工した下地基板を用いて、HVPE法での結晶成長を制御することで、低転位密度のGaN結晶成長技術を確立します。

<目標>

- ・低転位密度化: 10^3 cm^{-2} 台
- ・結晶格子の反り低減: 曲率半径 10m 以上
- ・大面積化: 4 ~ 6 インチ



山口大学で試作したGaN基板

2. パワーデバイス用 GaN 基板の抵抗率制御技術の確立

リーダー名: 只友一行(山口大学) 参画機関: 山口大学、宇部興産(株)、太陽日酸(株)、古河機械金属(株)

低転位密度のGaN結晶にドーピングして抵抗率を制御することで、横型デバイスに使用する高抵抗GaN基板、縦型デバイスに使用する低抵抗GaN基板の製造技術を確認します。また、パワーデバイス特性に影響を及ぼすGaN基板由来の因子(例 不純物分布、欠陥(転位、ピット等))の把握にも努めます。

<目標>

- ・抵抗率: (横型デバイス用) $> 10^6 \Omega \text{ cm}$
(縦型デバイス用) $< 10^{-2} \Omega \text{ cm}$

トピックス

●低転位密度GaN基板の開発

微細加工構造と気相成長を組み合わせ、パワーデバイスのリーク源になる転位の集中を発生させずに、転位密度 10^4 cm^{-2} 台の2インチ径のGaN基板の作製に成功しました。この技術は原理的には大口径化しやすいので、更に転位密度を低減させることで、GaN / GaNパワーデバイス用のGaN基板の実用化に繋がります。

●高抵抗GaN基板にて世界トップレベルの横耐圧を実証(図1)

Feドーピングをした高抵抗GaN基板を作製し、福井地域サテライトクラスター(福井大 葛原研究室)にて世界トップレベルの2MV/cmの破壊電界を確認しました。この基板を用いることで小型で高耐圧・高周波の横型GaN / GaNデバイスの実現に繋がることが期待されます。

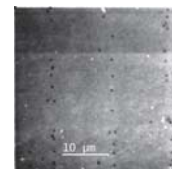


図1 高抵抗GaN結晶

●低転位密度のGaNテンプレート基板の開発(図2)

現在、一般的に市販されているGaN基板と同等の転位密度 10^6 cm^{-2} 台のGaNテンプレート(サファイア基板にGaN薄膜を成長させたもの)を開発しました。

高品位GaN基板の下地基板としての活用や、現状のGaN基板よりもコストを低く作製できるので、一部用途においてGaN基板の代替としての活用が期待されます。

図2 カソードルミネッセンス像
暗点密度 $6 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ のGaNテンプレート

山口地域サテライトクラスターの特徴

山口地域サテライトクラスターには、GaN基板の製作工程である材料供給、表面加工、薄膜成長、厚膜化、研磨のサプライチェーンを構築できる企業が参画又は協力しており、高品位なGaN基板の最終目標に向かって研究開発を進める体制となっています。

また、本サテライトクラスターは、山口県の地域構想である「環境・エネルギー産業クラスター構想」を支える主要なプロジェクト「エネルギー変換・貯蔵」のパワーデバイス用部材の開発プロジェクトの一つに位置づけております。

お問合せ先

(地独) 山口県産業技術センター／イノベーション推進センター
TEL : 0836-53-5061 FAX : 0836-53-5071
Email : inv_environment@iti-yamaguchi.or.jp

〒755-0195 山口県宇部市あすとぴあ 4-1-1
[アクセス] JR 新山口駅 車で約 35 分 JR 床波駅 車で約 7 分
山口宇部空港 車で約 15 分

京都地域コアクラスター

クリーン・低環境負荷社会を実現する 高効率エネルギー利用システムの構築



代表研究統括

西本 清一

(公財)京都高度技術研究所
理事長

京都地域スーパークラスターの使命と将来展望

発電から電力利用に至る過程で、多数使われているSi(ケイ素)パワーデバイスは、電気エネルギーを大量に失っています。近年、Siより優れた物理特性によって注目されているSiC(炭化ケイ素)パワーデバイスを利用すれば、電気エネルギーの損失が大幅に節減できます。SiCパワーデバイスの製品化・社会実装を目指し、産学連携や産産学連携による研究開発を展開し、多様な電気・電子機器や家電製品、自動車・車両、送電などの応用分野への波及拡大を通じて、持続可能でクリーンな低環境負荷社会の実現に貢献します。



サーバーの電力損失低減
によるデータセンターの省エネ

インバータの
小型・軽量化による
電車の省エネ

SiCパワーデバイスの
社会実装加速による
グリーンイノベーション

パワーコンディショナー
の高効率化

エアコンの
さらなる省エネ

冷却機構の小型・軽量化による
燃費や航続距離の向上

生産設備の
電力損失低減や小型化

電力系統の損失低減

ACアダプターの
小型化により
ノートパソコンに内蔵

概要

京都地域コアクラスターは、長野・福井・滋賀地域のサテライトクラスターと広域連携し、次世代パワーエレクトロニクスの担い手として大きな期待が集まる SiC パワー半導体素子の社会実装と本格普及を図り、「クリーン・低環境負荷社会を実現する高効率エネルギー利用システムの構築」に取り組んでいます。この出口目標を可及的速やかに達成するため、SiC パワーデバイスの、更なる高性能化に向けた研究開発、および物理的優位性を活かした回路・システム実装の研究開発を重視すると共に、地域内外の製品開発型中小企業を積極的に発掘して産産学連携による SiC 搭載製品の試作や開発を支援しています。

目指す社会実装の姿

- 事例 1：車載インバータ用超小型化 SiC パワーモジュール → 水冷システム不要
- 事例 2：機電一体型車載 SR モーター → ■研究開発テーマの 3
- 事例 3：オール SiC 搭載マイクロ・スマートグリッド統合システム → ■トピックスの 1
- 事例 4：超高電圧 SiC-Pulser → ■トピックスの 2
- 事例 5：1MHz・1kW 出力 SiC 電力変換モジュール → ■研究開発テーマの 2
- 事例 6：フル SiC パルス電源
→ 小型形状(電源容積が 85% 減)、高周波出力、高電圧・大電流出力
- 事例 7：プラズマ発生用高電圧パルス電源 → 大型真空管を SiC パワーデバイスで代替、20kV・50A 高速スイッチング
- 事例 8：省エネ X 線発生用高圧電源 → SiC パワーデバイス採用により 1W 当たりの容積を従来比 1/5 に小型化



実施体制

代表研究統括：西本 清一 ((公財)京都高度技術研究所、(地独)京都市産業技術研究所)

(中核機関) (公財)京都高度技術研究所

(参画機関) 京都大学、京都工芸繊維大学、大阪大学、同志社大学、立命館大学、奈良先端科学技術大学院大学、

(地独)京都市産業技術研究所、京都府中小企業技術センター、(株)アイケイエス、(株)アドテックプラズマテクノロジー、オムロン(株)、京セラ(株)、京都電機器(株)、(株)近畿レントゲン工業社、(株)栗田製作所、サムコ(株)、(株)島津製作所、住友電気工業(株)、ニチコン(株)、日新技研(株)、日本電産(株)、(株)パルスパワー技術研究所、福島SiC応用技研(株)、(株)堀場製作所、(株)村田製作所、ローム(株)、和晃技研(株)

(自治体) 京都府、京都市

研究開発テーマ

1. SiC パワーデバイスの高性能化

リーダー：木本 恒暢(京都大学) 参画機関：ローム(株)

高耐圧・低損失・高速の次世代 SiC パワーデバイスとして、プレーナ型の SiC-MOSFET の実用化が進み、エレクトロニクス機器の小型化と省エネ化に貢献しています。SiC 本来の特徴と優位性を確立するためには、SiC トレンチ MOSFET の本格的な実用化が極めて重要です。主な技術課題にローム(株)と連携して取り組み、世界初の SiC トレンチ MOSFET およびこれを用いた SiC パワーモジュールの実用化に成功しました。今後は、更なる高性能化、大容量化を進め、高耐圧化や高温動作集積回路の基盤技術を確認します。

2. 高周波スイッチング回路の応用

リーダー：引原 隆士(京都大学) 参画機関：ニチコン(株)

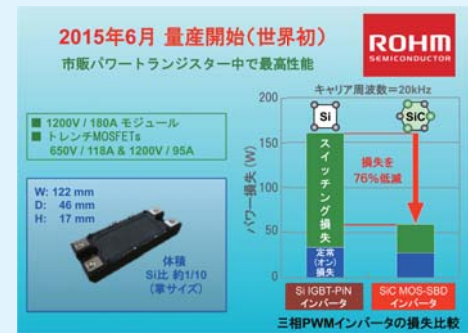
SiC パワーデバイスの優位性のひとつである高速・高周波応答特性を活かした回路設計は、その応用分野を開拓する上で重要であり、高速スイッチングを実現するための技術開発を、ゲートドライバ開発、回路解析の各研究と連携しながら推進します。SiC パワーデバイスの高速・高周波スイッチングにおいて、ゲートドライブ回路による接合容量に貯められた電荷の高速な注入と吸出を実現する回路は未だ確立されていません。この観点から、ドライブ回路の開発による SiC の高速・高周波駆動の実現とその応用技術を提案します。

3. 機電一体型 SR モータの開発

リーダー：舟木 剛(大阪大学)、柿ヶ野浩明(立命館大学)

参画機関：日本電産(株)、ローム(株)、ニチコン(株)

車載用のトラクションモータは、通常エンジンルーム内の制約されたスペースに搭載されるため、高温での安定動作が要求されます。現在のインバータに搭載されているシリコン(Si)系のパワーデバイスは高温での安定動作が困難なため、モータから物理的に離れた温度の低い場所にインバータを配置する必要があります。またパワーデバイスの発熱による熱損失も大きく、インバータの冷却機構を含めて、モータとインバータから成るシステム全体が大型化しています。この問題を解決するため、電気自動車やハイブリッド自動車向けのインバータとモータを一体化した機電一体型 SR モータシステムを試作・開発し、従来型と比べて大幅な小型軽量化(サイズを 32% 小型化、重量を 69% 軽量化)を実現します。



SiC 電力変換モジュールの試作機



機電一体型 SR モータの試作機

トピックス

産学連携実装化推進研究開発グループによる
SiC パワーエレクトロニクスの社会実装

1. オール SiC マイクロ・スマートグリッド統合システム

(株)アイケイエス、ローム(株)、大阪大学(舟木 剛)

- 従来のシステムでは、個々の装置を交流接続していたため、装置専用のエネルギー変換器を設置する必要がありました。
- 各電源変換器を予め直流変換した後、エネルギー変換器を一体化して直流接続し、DC/AC 変換器を経て交流接続する電力統合システムを開発しました。
- このシステムをオール SiC 搭載モデルに変更した結果、従来の Si 搭載モデルと比べて、電力損失約 40% 削減を実現しました。



オール SiC マイクロ・スマートグリッド統合システム

2. 加速器向け高電圧パルス発生器 SiC-Pulser の商品化

福島 SiC 応用技研(株)、ローム(株)、京都大学(木村 真之)

- SiC は Si 比で約 10 倍の絶縁破壊電界強度を示し、高耐圧分野の用途拡大が期待できます。
- この材料特性を活かして、高電圧パルス発生器 SiC-Pulser シリーズを商品化しました。
- SiC-Pulser を荷電粒子の加速器に適用し、大型加速器と同等レベルの最大ビーム出力数 10kW で、ラボサイズの超小型線形加速器の実用化研究を展開しています。



加速器向け高電圧パルス発生器

お問合せ先

(公財) 京都高度技術研究所

産学公連携事業本部 スーパークラスター事業推進部

TEL: 075-366-5269 FAX: 075-366-5341 Email: sc_gr@astem.or.jp

〒600-8813 京都府京都市下京区中堂寺南町 134 番地
[アクセス] JR 嵯峨野線で丹波口駅下車 徒歩 5 分

長野地域サテライトクラスター

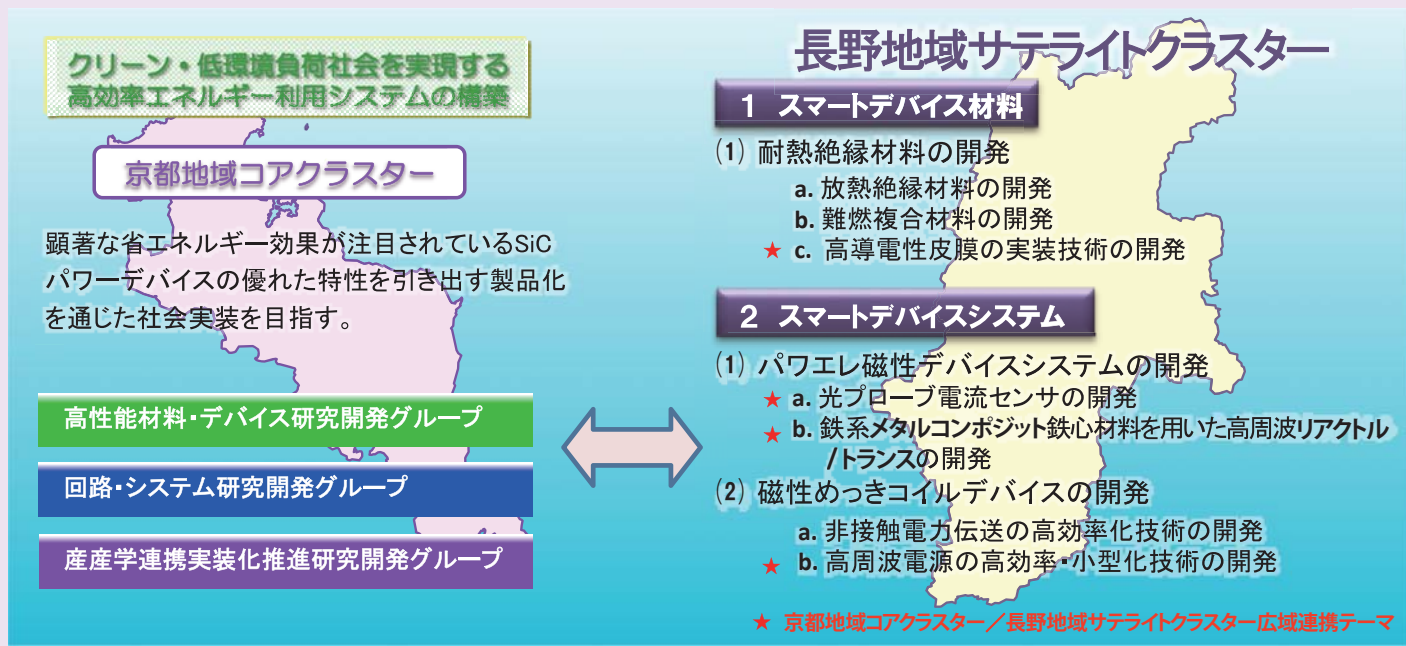
信州型スーパーエネルギーデバイスクラスター (スマートデバイス材料及びスマートデバイスシステムの実装)



研究統括

村上 泰

信州大学 繊維学部 教授



概要

長野地域サテライトクラスターは、高度な技術蓄積とエレクトロニクスデバイス関連企業の集積を最大限に活かし、SiC パワーデバイス性能を最大化するための回路・システムに不可欠な放熱絶縁材料と難燃複合材料の実現を目指す「スマートデバイス材料の実装」、並びに、光プローブ電流センサと非接触電力伝送の高効率化、更には、鉄損と銅損を低減した小型・高効率な高周波電源の実現を目指す「スマートデバイスシステムの実装」に関する研究開発を行い、「クリーン・低環境負荷社会を実現する高効率エネルギー利用システムの構築」に貢献します。

目指す社会実装の姿

○耐熱絶縁材料の開発

SiC パワーデバイス性能を最大化するために必要な 300℃に耐える耐熱絶縁材料や金属セラミック基板を開発し、SiC パワーデバイスの社会実装を推進します。

○パワエレ磁性デバイスシステムの開発

組み込み電流センサや研究開発支援用電流計測システムとして光プローブ電流センサを社会実装します。また、鉄系メタルコンポジット鉄心の実用化を通して、SiC / GaN パワーデバイスを搭載した、小型・高効率 DC-DC コンバータの社会実装を推進します。

○磁性めっきコイルデバイスの開発

EV / P-HEV 用非接触充電システムにおける電気自動車用非接触電力伝送など、低損失パワーデバイスを用いた電力伝送に貢献します。



耐熱シリコンゴム

1 次プロトタイプ光プローブ
電流センサの外観

実施体制

研究統括：村上 泰(信州大学)

(代表機関) (公財)長野県テクノ財団

(参画機関) 信州大学、長野県工業技術総合センター、エヌティアンドアイ(株)、シチズンファインデバイス(株)、田淵電機(株)、ダイワボウノイ(株)、DOWAパワーデバイス(株)、日本バイリーン(株)、日立金属(株)、マイクロコーテック(株)、ミドリ電子(株)

(自治体) 長野県

研究開発テーマ

1. 耐熱絶縁材料の開発

リーダー：村上 泰(信州大学) 参画機関：長野県工業技術総合センター、マイクロコーテック(株)、日本バイリーン(株)、エヌティアンドアイ(株)、ダイワボウノイ(株)、DOWAパワーデバイス(株)

300℃の耐熱性を有するセラミックス系、樹脂系、シリコンゴム系の絶縁材料を開発しています。これらの絶縁材料の耐熱性を向上させるには、絶縁材料の熱伝導性を高める必要があり、柔軟で熱伝導性の高いセラミックスを開発します。また、難燃性も高める必要があり、塗るだけで難燃化できる塗布型難燃剤を開発します。更に、低温溶射法にて Al_2O_3 基板や AlN 基板へ銅厚膜を形成する技術を開発します。

2. パワエレ磁性デバイスシステムの開発

リーダー：佐藤 敏郎(信州大学)

参画機関：大阪大学、長野県工業技術総合センター、シチズンファインデバイス(株)、ミドリ電子(株)

電磁ノイズの影響を受けず、200℃の高温環境下でも計測可能な光プローブ電流センサを実現します。光ファイバー先端に巨大 Faraday 効果磁性反射膜を直接形成した 1 mm以下の超小型センサヘッドにより、今まで困難であったパワーデバイス実装状態での電流計測を可能にします。また、微細鉄粉／高耐熱樹脂を組み合わせた「鉄系メタルコンポジット鉄心」を開発し、SiC / GaN パワーデバイスを用いた、小型軽量(体積電力密度 10W/ cm^3 以上)・高効率(効率 95%以上) MHz 帯スイッチング DC-DC コンバータを実現します。

3. 磁性めっきコイルデバイスの開発

リーダー：水野 勉(信州大学) 参画機関：大阪大学、日立金属(株)、田淵電機(株)

磁性めっき線を使用して送受電コイルの高 Q 値化を SiC / GaN パワーデバイスを搭載してインバータの効率化を図り、伝送電力 3kW、伝送効率 90%以上の非接触電力伝送システムの実現を目指します。85kHz、13.56MHz、6.78MHz の 3 つの伝送周波数で研究を進めており、磁性めっき線や SiC/GaN パワーデバイスに加え、鉄損低減や駆動回路の小型化も検討し、出力電力密度 5W/ cm^3 の高周波駆動スイッチング電源を実現します。更に、磁性塗布剤の高透磁率化を検討し、量産対応可能な磁性塗布線を開発します。



電気自動車給電用磁性めっき
試作コイル

トピックス

1. 耐熱絶縁材料の開発

これまでに、以下の材料・技術を開発しました。

- 絶縁材料の熱伝導性を高めることを可能にする $\alpha-Al_2O_3$ の柔軟なナノファイバ不織布
- 柔軟な耐熱絶縁材料として 300℃に於いても柔軟性を保持するシリコンゴム
- 材料に塗布することで脱水炭化による難燃性を発現する塗布型難燃剤
- Al_2O_3 基板や AlN 基板へ 500 μm 以上の銅厚膜を形成できる銅溶射技術

2. パワエレ磁性デバイスシステムの開発

- 100 $\Omega \cdot m$ 以上の高い体積抵抗率を有する熱酸化皮膜付微細鉄粉 / 樹脂コンポジット鉄心を開発し、フェライト鉄心と比べて高周波リアクトルの MHz 帯損失を 1/4 以下に減少できることを実証しました。
- 試作鉄心をリアクトルやトランスに適用し、MHz スwitching DC-DC コンバータを試作・評価した結果、90%以上の主回路効率と、5W/ cm^3 の主回路体積電力密度を達成しました。



試作したリーケージトランスの外観
鉄心サイズ： $\Phi 2.5\text{ cm} \times h 0.7\text{ cm}$

3. 磁性めっきコイルデバイスの開発

- 伝送周波数 85kHz、伝送電力 1kW、伝送距離 150 mm、SiC パワーデバイス搭載インバータで、DC-DC 電源間の総伝送効率は 91.6%で、従来の銅線コイルより約 1.5%向上しました。
- 試作トランスを LLC 共振型コンバータに実装したところ、出力電力 1kW で、磁性めっき線を用いたトランスの発熱温度は 88℃であり、銅線トランスより 9℃低下しました。

スマートデバイスの供給地「信州」

長野県には超精密加工技術など高度な技術力を有するデバイス・装置関連企業が多数集積しています。大学などが有するナノテクノロジー・材料分野の技術との融合により、将来型スーパーモジュールを創出すると共に、成果普及体制の整備、国内外との効果的な連携を進めて、成果を地域産業界に波及させ、高度で層の厚い「信州スマートデバイスクラスター」を形成してきました。本プログラムに於いても、これらの高度な技術蓄積と企業集積を最大限に活かし、コアクラスターである京都地域と連携して、SiC パワーデバイス性能を最大化するための回路・システムに効果を発揮する「スマートデバイス」の供給を目指します。

お問合せ先

(公財)長野県テクノ財団 SEDC室(Super Energy Device Cluster)
TEL: 026-226-8101 FAX: 026-226-8838 Email: techno@tech.or.jp

〒380-0928 長野市若里一丁目 18 番 1 号
(長野県工業技術総合センター 3F)
[アクセス] JR 長野駅から徒歩 25 分

福井地域サテライトクラスター

分散型ロードレベリング実現・実証に向けた福井地域基盤産業技術統合化クラスター



研究統括

米沢 晋

福井大学

産学官連携本部 教授

【福井地域】分散型ロードレベリング実現・実証に向けた福井地域基盤産業技術統合化クラスター



概要

福井地域サテライトクラスターでは、SiC 半導体を用いたパワーデバイスを各種機器に実装するために必要なパッケージ化回路接合技術の開発、HEMS 用途に適する蓄電デバイスを開発し、蓄電池や太陽電池、系統電力との接続可能なユニットを作製して HEMS 周辺での実証化を目指します。

具体的には、SiC 表面を様々な条件でフッ素化し、ダメージが少なく、かつ高密着、耐久性のある金属薄膜回路パターン形成を可能にする処理条件の確立、SiC 素子の耐電圧性・耐熱性を活かしたアプリケーションについて、蓄電池との組合せを追求するために必要な高性能リチウムイオン二次電池材料の開発、新型 SiC 素子を用いて作製する BMS およびコンバータ・インバータの実証試験を実施します。

目指す社会実装の姿

- SiC パワーデバイスの小型化による電動車両等の小型化・軽量化
- SiC 素子の耐電圧性、耐熱性を活かし、悪条件でも使用可能な蓄電ユニットの実装化



小型車両等への実装



SiC を用いた蓄電ユニットの実装

実施体制

研究統括：米沢 晋(福井大学)

(代表機関) (公財) ふくい産業支援センター

(参画機関) 福井大学、清川メッキ工業(株)、(株)田中化学研究所、北伸電機(株)、マイクロ・ビークル・ラボ(株)、福井県工業技術センター

(自治体) 福井県

研究開発テーマ

1. ナノめっき基盤産業技術開発：ナノめっきによる SiC パワーデバイス実装技術開発

リーダー：米沢 晋(福井大学) 参画機関：清川メッキ工業(株)

SiC 表面を様々な条件でフッ素化し、ダメージが少なく、かつ高密着、耐久性のある金属薄膜回路パターン形成を可能にする処理条件を確立します。また、回路あるいは電極としての抵抗を評価し、デバイス製造プロセス構築の指針を得ると共に、パッケージ化に貢献する様々な形状の基板へのめっき技術を開発します。

- 基板上への 20 μ m の皮膜作製プロセスの開発
- 50 μ m 以上の厚さのめっき皮膜形成技術の開発
- 新しい放熱構造の提案や歩留まりのいい生産プロセスの開発

2. 蓄電マテリアル実証技術開発：SiC パワーデバイス利用蓄電池ユニットに適した電池材料開発

リーダー：金 在虎(福井大学) 参画機関：(株)田中化学研究所

SiC 素子の耐電圧性あるいは耐熱性を活かしたアプリケーションについて、蓄電池との組み合わせの可能性を追求するために必要な高性能リチウムイオン二次電池材料について、以下の 3 項目を中心とする観点で開発を実施します。

- 活物質微粒子表面フッ素処理による高温安定性付与技術
- 電極高速製造に対応した活物質製造
- LIB 電極試作と 18650 セル、積層ラミセル試作と安全性試験、特に 5V 系活物質によるセルの作製と組電池化
京都地域コアクラスターの同志社大学との連携により、大容量電池の試作に取り組んでいます。

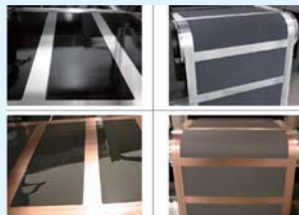
3. 電力変換デバイスベンチマーキング技術開発

リーダー：田岡 久雄(福井大学) 参画機関：マイクロ・ビークル・ラボ(株)、北伸電機(株)、福井県工業技術センター

SiC 素子を利用した蓄電池管理システム (BMS: Battery Management System)、DC-AC、DC-DC コンバータ試作と蓄電池との組み合わせによるデモ用小型電動機付自転車の作製および直列接続用電池パックの作製ならびに特性評価を行います。滋賀地域サテライトクラスターとの連携により、実証試験用電池セルの作製、提供を行い、実証試験を進めています。



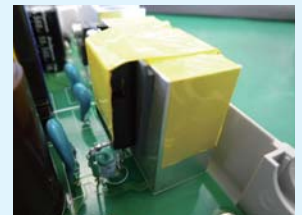
Ni めっき皮膜付 SiC



実用電池セルの作製



18650 型電池ユニット作製



SiC 実装部

トピックス

福井大学産学官連携本部内に整備した産学共同研究拠点「ふくいグリーンイノベーションセンター」を活用し、参画企業と SiC パワーデバイスの実証化に向けた共同研究を進めています。



ふくいグリーンイノベーションセンター外観

主な成果

・ナノめっき技術による SiC チップ製造技術開発
フッ素化によるナノアンカー層形成と精密めっき技術を融合して、新しい半導体製造技術を創出、応用を進めています。

・高電圧領域を利用できる電池材料作製
表面フッ素化修飾で高電位でも安定な正極活物質を作製、さらに同志社大学との連携で高電位対応電解液の開発と実証化を進めています。

・SiC 特性を生かした蓄電ユニット製作
SiC 素子を用いた無停電電源の作製、保護機能付き電池管理システム、モータ駆動システムの開発と実証化を進めています。



ラミセル組電池 (48V)



保護機能付き電池管理システム



DC-DC コンバータ



DC-AC インバータ

お問合せ先

(公財)ふくい産業支援センター / オープンイノベーション推進部
TEL: 0776-55-1555 FAX: 0776-55-1554 Email: fstr@fisc.jp

〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町 61-10
[アクセス] JR 春江駅から徒歩 25 分

滋賀地域サテライトクラスター

地産地消型スマートグリッドを実現する 分散型で高効率なエネルギー開発と 多様化された供給システムの構築



研究統括
安田 昌司
滋賀県立大学
産学連携センター
副センター長 教授



概要

クリーン・低環境負荷社会を実現する高効率エネルギー利用システムの研究開発を進め、顕著な省エネルギー効果で注目されている SiC パワーデバイスの本格普及と実装化を目指します。

昨今のスマートコミュニティ構想では、太陽光発電と蓄電池を組み合わせた自立発電システム、EMS による電力ピーク回避、および非常時対応が可能な蓄電池システムが必須要素となっており、この分野での SiC 応用に取り組んでいます。

目指す社会実装の姿

新エネルギーの普及や電力自由化により、滋賀県でもスマートコミュニティの実装が始まっています。その重要な要素のひとつとして、太陽光や小水力のような分散型の自立発電システムや蓄電池があります。

電力消費における節電・省エネ技術の候補として、SiC を用いた電力変換技術が有望であり、企業での UPS（無停止電源）や自治体に関心の高い非常事態にも活躍する自立発電や蓄電池の高効率化は、今後ますます重要になります。滋賀地域サテライトクラスターでは、以下のような社会実装を想定し、研究開発を展開しています。

- 低コストで高効率な可搬型太陽電池、蓄電池、小型高効率な電力変換器からなる自立発電システム
- 安価な初期投資で事業参入できる、非真空での軽量可搬太陽電池製造方法
- 家庭用や電気自動車用リチウムイオン組蓄電池の高効率化・長寿命化
- 太陽光からの電力変換、データセンターのサーバーの直流／直流の高効率電力変換

実施体制

研究統括：安田 昌司（滋賀県立大学）

（代表機関）滋賀県立大学

（参画機関）滋賀県立大学、立命館大学、滋賀県東北部工業技術センター、滋賀県工業技術総合センター、大阪ガス（株）、大阪ガスケミカル（株）、オリエント化学工業（株）、（株）クリーンベンチャー 21、（株）ニプロン、プロマティック（株）、（株）麗光（自 治 体）滋賀県

研究開発テーマ

1. 太陽光発電システムの高効率化技術・フィルム化技術

リーダー：奥 健夫（滋賀県立大学）

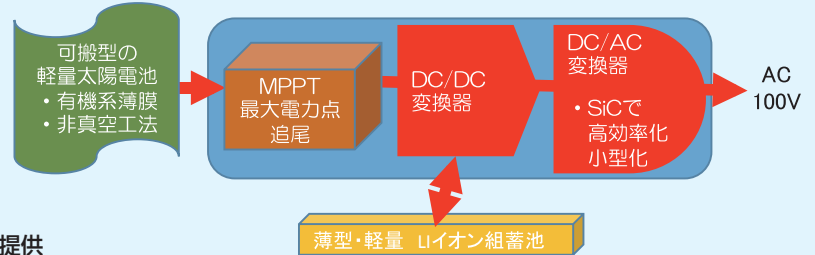
参画機関：滋賀県東北部工業技術センター、滋賀県工業技術総合センター、大阪ガス(株)、大阪ガスケミカル(株)、オリエント化学工業(株)、(株)クリーンベンチャー 21、プロマテック(株)、(株)麗光

スマートコミュニティ社会で必須の自立発電や被災時のレジリエントなエネルギー確保に向けて、軽量可搬な太陽光発電システムを開発しています。SiC を小さな電力領域で応用する珍しい取り組みで、実太陽光下での評価結果では、DC/AC 変換部（インバータ）で高い変換効率を実証しています。また、高周波化することで小型軽量の電力変換器とします。研究成果は、UPS（無停止電源）や蓄電池など他のインバータ応用にも展開可能です。

発電部の太陽電池については、有機系、薄膜系の材料を用いて、初期投資が少なく済む非真空での製膜技術に取り組んでいます。また、新たな製膜手法のひとつとして、日本が得意なめっき技術を応用し、フィルム太陽電池の製造法を開発しています。



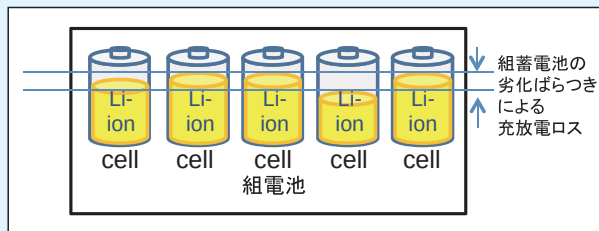
フィルム太陽電池
(株)クリーンベンチャー 21 提供



2. 不安定電力からの蓄電制御技術

リーダー：福井 正博（立命館大学）

不安定な自然エネルギーで電力が生成され、リチウムイオン組蓄電池に貯蔵する場合について検討しており、まず、SiC を用いた高効率な DC/DC 変換を開発しました。通常、多数の単電池から蓄電池が構成されますが、個々の SOC（電力の貯蔵状態）のバラツキが蓄電池全体の寿命や効率に大きく影響します。そこで、多数の組蓄電池の状態を正確に検知する手法や、それに基づくバランス制御による高効率化・長寿命化、寿命予測に取り組んでいます。研究成果は、家庭用や産業用の組蓄電池、電気自動車等に広く応用可能です。



開発したSiC
搭載の充電
制御基板

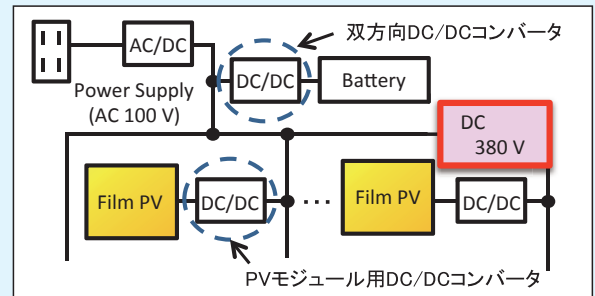


3. 太陽光発電システム用電力変換器の開発

リーダー：柿ヶ野 浩明（立命館大学）

参画機関：(株)ニプロン

太陽電池用直流変換器、二次電池用直流変換器、負荷用インバータに対して、高速スイッチングによる高電力密度化にチャレンジしています。たとえば、直流変換器は 380V 程度を対象に開発しており、太陽光発電用電力変換のみならず、データセンターのサーバー用直流電力変換にも応用可能です。



共同研究・技術移転先企業

以下のような事業を想定されている企業との連携を目指しています。

- 小型太陽光発電用の小型・高効率電力変換、小型 UPS インバータの高効率化・軽量化
- 有機系薄膜太陽電池（ペロブスカイト、14 族等）
- めっきによる化合物系太陽電池（CZTS）
- リチウムイオン組蓄電池をシステム全体として高効率化・長寿命化
- 太陽光発電で直流／直流の電力変換やデータセンターのサーバーでの直流電力変換

お問合せ先

滋賀県立大学 産学連携センター

TEL : 0749-28-8610 FAX : 0749-28-8620 Email : chiiki_koken@office.usp.ac.jp

〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町 2500

【アクセス】 JR 南彦根駅からバスで 10 分



**国立研究開発法人科学技術振興機構
スーパークラスタープログラム担当**

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's五番町

TEL : 03-5214-7997

E-mail : super-c@jst.go.jp

HP : <http://www.jst.go.jp/super-c/>

スーパークラスター愛知事務所

〒470-0356 愛知県豊田市八草町秋合1267番1

(あいち産業科学技術総合センター 2階)

TEL : 0561-87-5004

スーパークラスター京都事務所

〒600-8813 京都市下京区中堂寺南町134番地

(京都高度技術研究所 2階)

TEL : 075-315-5222