



スマートエネルギー技術 研究センター



Research Center for
**Smart Energy
Technologies**
Toyota Technological Institute



学校法人 トヨタ学園
豊田工業大学
進むなら、足跡のない方へ。

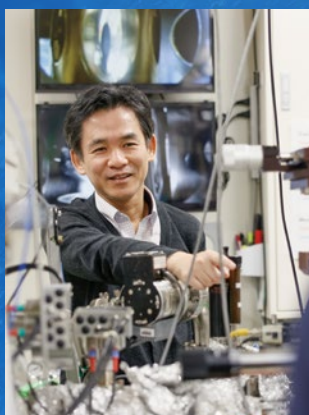


学長
中野 義昭

次世代スマートエネルギー技術を目指した学際・融合研究の展開

本学では、機械システム、電子情報、物質工学分野を専門とする研究室が研究・教育を展開し、各分野でのフロンティア開拓と学術基盤の深化を図っています。これら活動に並走させ、本学は研究分野間の学際・融合領域における新たな工学の創成も目指していて、4つの研究センターを設置しております。

2012年に開設したスマートエネルギー技術研究センターでは、持続可能な社会の実現に資する新たなエネルギー技術の創成を目指した研究を展開しています。太陽光発電などの再生可能エネルギーの創出技術、エネルギーの効率的な変換や損失の少ない貯蔵技術、そして、エネルギーの利用効率を高める制御技術などの研究開発です。産業界との連携や国際的な連携を推進して当該技術の進展に寄与するとともに、次代を担う人材の育成にも努めています。皆さまのご支援とご鞭撻をお願い申し上げます。



センター長
松波 雅治

脱炭素社会の実現をめざして

温室効果ガス排出量を削減し、さらには化石燃料枯渇問題を解決した持続可能な脱炭素社会を実現するには、現在の多くの課題を解決するとともにイノベーションを通じた地球環境にやさしい新たなエネルギーシステムを構築することが必須です。

本センターでは、これまで培ってきた高効率・低コストな次世代太陽電池、高効率な熱電変換材料、高効率なGaNパワーデバイスなどの研究開発を核に、本学教員の知恵を結集し、エネルギー生成、エネルギー制御、エネルギーの変換・貯蔵に関する研究を統合的に進めます。

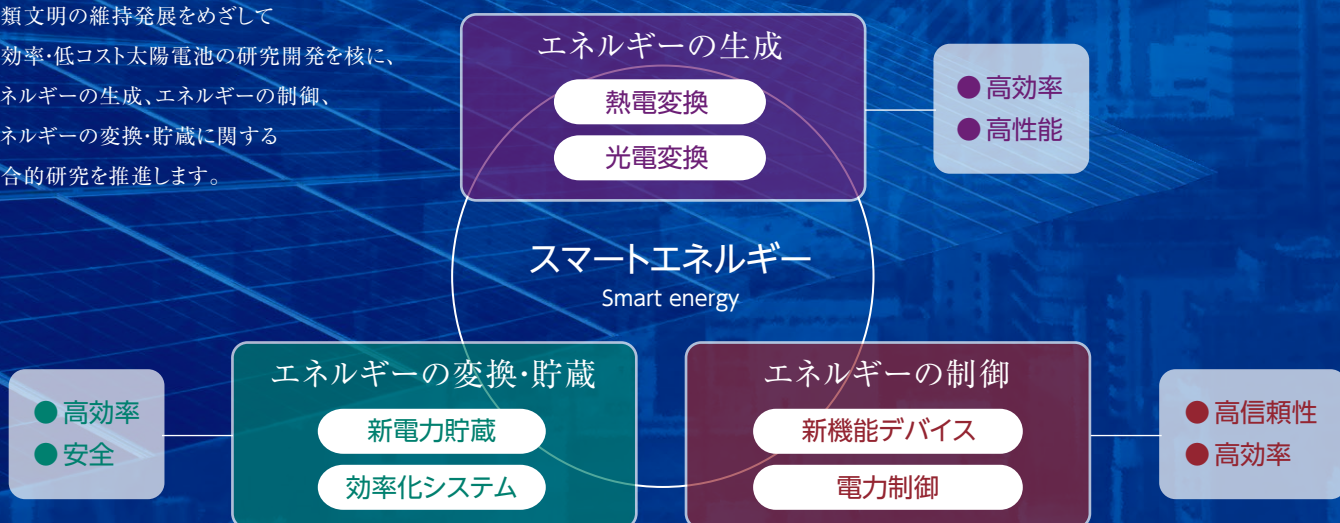
関連する産学官とも連携しながら幅広い領域に渡る研究開発を精力的に進め、地域再生を含むスマートな脱炭素社会の早急な実現、当該分野において国際的に活躍できる次の世代を担う人材の育成に努める所存です。

S U M M A R Y 【スマートエネルギー技術研究センター 概要】

クリーンエネルギーで

人類文明の維持発展をめざして

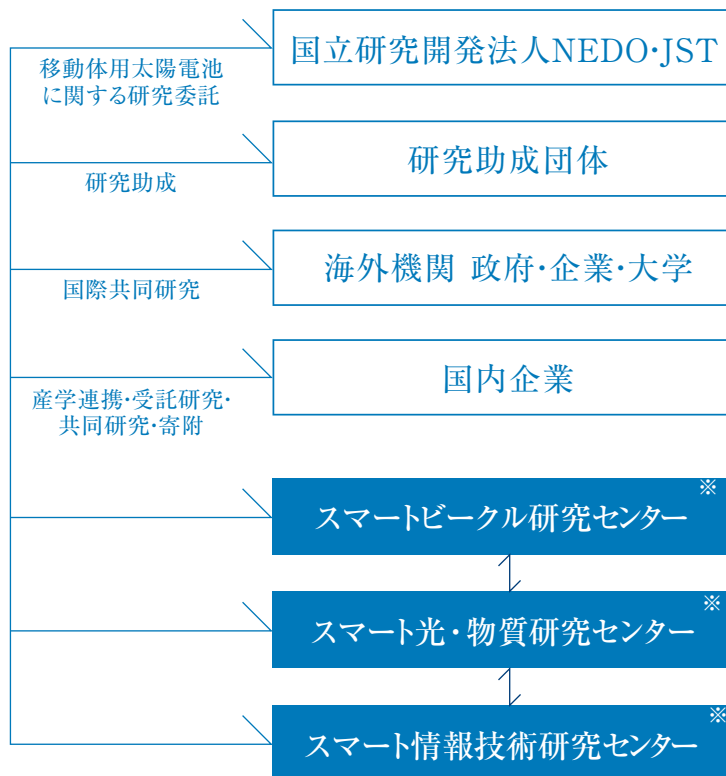
高効率・低コスト太陽電池の研究開発を核に、エネルギーの生成、エネルギーの制御、エネルギーの変換・貯蔵に関する統合的研究を推進します。





構成研究室

- 半導体研究室
- 量子界面物性研究室
- エネルギー材料研究室
- 表面科学研究室
- 機能セラミックス研究室
- 触媒有機化学研究室
- 機能半導体デバイス研究室
- 光電変換デバイス研究室
- 相関電子材料研究室
- 機械材料物性研究室
- 電子情報分野
- 機械システム分野



※豊田工業大学独自センター

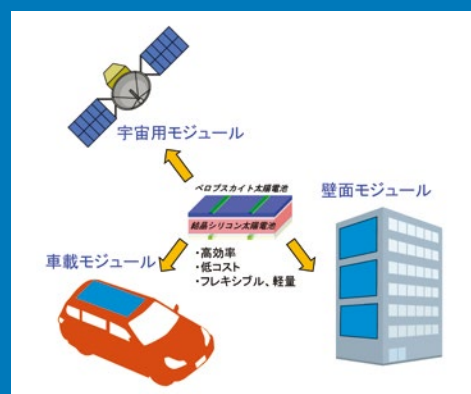
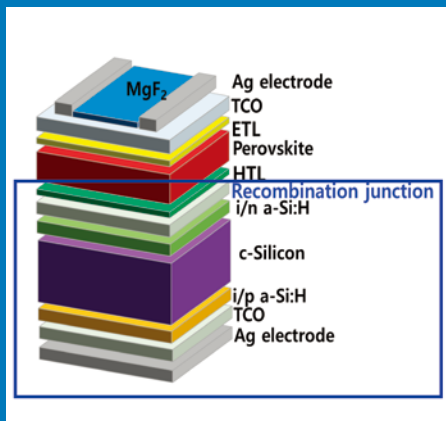
関連する 研究プロジェクト

高効率ペロブスカイト/ 結晶シリコンタンデム太陽電池用 ボトムセルの研究開発

太陽光発電導入拡大等技術開発事業/次世代型太陽電池技術開発
次世代型太陽電池の総発電量向上と長寿命化技術の開発
(開発項目:高効率タンデム型太陽電池用大型ボトムセルシリコン太陽電池の開発と評価用のボトムセルの供給) ●2025年度開始

研究テーマ

- ▶ 低照度において高い変換効率を維持するボトム用ヘテロ接合シリコン太陽電池の開発
- ▶ ペロブスカイト太陽電池と結晶シリコン太陽電池の間の再結合層としての高性能透明導電膜の開発
- ▶ 関連企業や大学が各種評価に使用する結晶シリコン太陽電池の試作・供給



結晶シリコン太陽電池の「制約」をブレイクスルー。
産学官で日本のエネルギーを支える。

太陽光を効率的に利用する「ペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池」の長寿命化と総発電量向上を目指すプロジェクトに、企業や複数の大学と共同で取り組んでいます。

本学は「低照度特性」の向上など結晶シリコン太陽電池の課題を解決し、高効率タンデム太陽電池の実現に貢献することを通じて、現在の太陽光発電における設置場所の制約や経済性などの課題解決を目指します。

エネルギー変換効率31.3%を実現した実績をもとに、第7次エネルギー基本計画で掲げられた太陽光発電の大量導入の達成に向け挑戦し続けます。

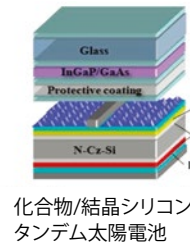


半導体研究室

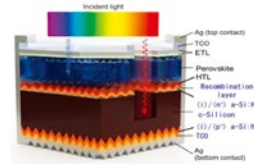
特任主担当教授 大下 祥雄

高効率太陽電池用および関連材料の研究開発

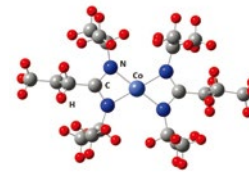
- 研究テーマ**
- DLTS法によるシリコン結晶中の欠陥特性評価
 - 化合物半導体/結晶シリコン多接合太陽電池用ボトムセルの研究開発
 - ペロブスカイト/結晶シリコン多接合太陽電池用ボトムセルの研究開発
- 主な研究内容・成果**
- ・半導体プロセスが結晶シリコン中に形成する欠陥特性の解明
 - ・4子型化合物2接合/結晶シリコンタンデム太陽電池において、33.66%の変換効率実現(シャープ、明大、名大との共同研究)
 - ・2端型ペロブスカイト/結晶シリコンタンデム太陽電池において、31.26%の変換効率実現(京セラ、東芝、名大、明大との共同研究)



化合物/結晶シリコン
タンデム太陽電池



ペロブスカイト/結晶シリコン
タンデム太陽電池



Co金属薄膜堆積用
原料DIPROBA-Co

次世代半導体用材料の研究開発

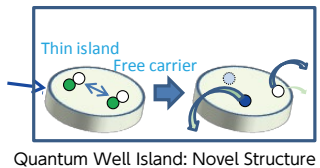
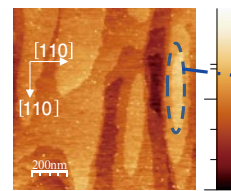
- 研究テーマ**
- 金属酸化膜半導体
 - 次世代ALD用材料
- 主な研究内容・成果**
- ・新規金属酸化膜の堆積評価と実デバイスへの応用
 - ・新規Co配線形成用ALD原料による高品質Co金属堆積

量子界面物性研究室

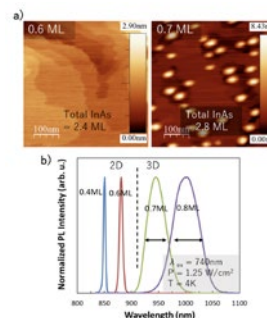
特任教授 神谷 格 講師 ROCA, Ronel Christian

次世代太陽エネルギー変換素子・材料の研究開発

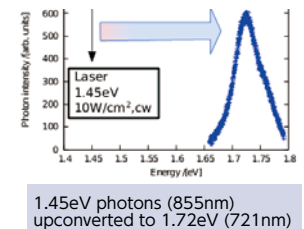
- 研究テーマ**
- 量子構造応用太陽電池
 - 歪格子系太陽電池材料・構造
 - 太陽電池電極改良と局所解析
 - 表面量子構造の基礎と応用
太陽電池と光化学変換素子への展開
- 主な研究内容・成果**
- 量子井戸島構造による赤外→可視光アップコンバージョン
- ・次世代中間バンド型太陽電池の新提案
 - ・新規結晶成長法の開拓
Submonolayer (SML) 成長法による2D/3Dの精密制御
 - ・量子ドットの歪制御と発光制御
- 表面量子構造・表面改質
- ・新規パッシベーション被覆法の開拓: 歪のないキャップ
 - ・表面量子構造の電子物性制御: 発光特性の大幅な向上



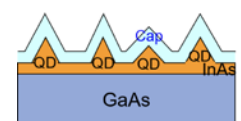
Quantum Well Island: Novel Structure



Control of 2D/3D Structures by SML growth
(AFM/PL)



1.45eV photons (855nm)
upconverted to 1.72eV (721nm)



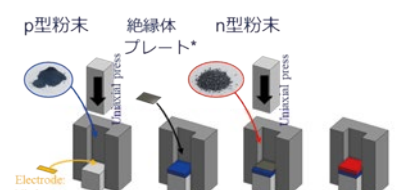
Passivation cap for
surface quantum dots

エネルギー材料研究室

教授 竹内 恒博

高性能熱電発電素子と熱電池の開発

- 研究テーマ**
- 熱電素子の新規デザイン
 - 熱電素子の高性能化とプロセスコストの低減
 - 革新的熱電池の開発
- 主な研究内容・成果**
- ・複合材料効果を利用して高い熱電変換効率を実現
 - ・100℃以下の低温プロセスで作製可能な熱電発電素子の開発
 - ・フレキシブル無機熱電発電素子の創製
 - ・温度差を必要としない環境熱から発電可能な素子の創製



80℃で作製可能な
一体型(チップ型)
熱電発電素子の作製
プロセスと温度評価の様子

光電変換デバイス研究室

講師 小島 信晃

高効率III-V族化合物多接合構造太陽電池・材料の研究

研究テーマ

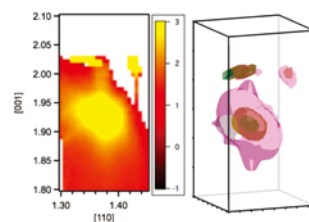
- 低コストIII-V族化合物薄膜太陽電池
- シリコン基板上III-V族化合物太陽電池
- 多接合太陽電池・材料の欠陥解析

主な研究内容・成果

- ・層状化合物上のIII-V族化合物エピタキシャル成長と薄層剥離
- ・シリコン基板上III-V族化合物薄膜の欠陥解析



III-Vエピタキシャル層の高速リフトオフ技術



MBE-XRD装置(SPring-8)を用いたその場X線回折測定による歪緩和過程の解明

機械材料物性研究室

准教授 志賀 拓磨 助教 永廣 怜平

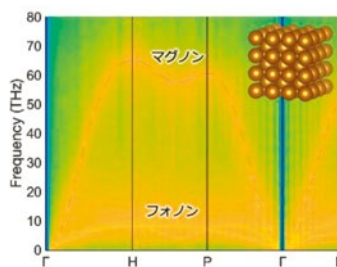
フォノンエンジニアリングによる熱輸送制御と熱機能学理の創成

研究テーマ

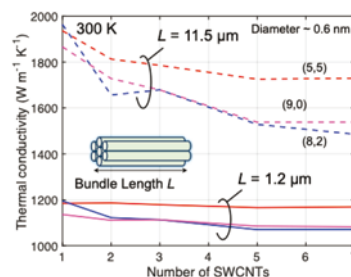
- 時空間サーマルフォノンクス
- ナノ・界面熱輸送のマルチスケール解析
- 熱機能材料の物性評価と学理構築

主な研究内容・成果

- ・熱輸送スペクトル解析のための高精度熱計測技術の開発
- ・磁場・電場を利用した熱流の能動制御
- ・フォノン輸送の理論・第一原理計算による熱輸送メカニズムの解明



BCC鉄のマグノン・フォノン分散関係評価



CNT熱伝導のバンドルサイズ依存性

相関電子材料研究室

教授 松波 雅治

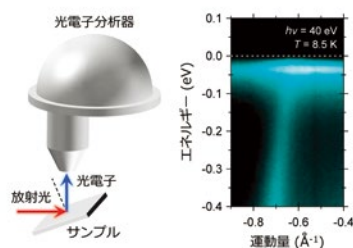
次世代熱電変換材料の研究開発

研究テーマ

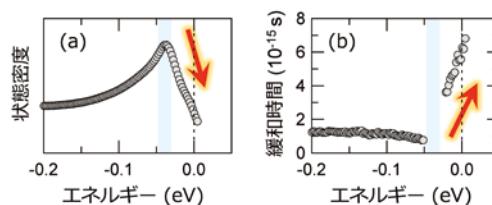
- 熱電材料開発における新しい方法論の提案
- 極低温応用を見据えた高性能熱電材料の探索

主な研究内容・成果

- 熱電特性の支配因子の特定
- ・角度分解光電子分光(ARPES)を用いて、異常熱電特性を示す物質中の電子の緩和時間のエネルギー依存性を決定し、電子散乱が熱電特性に及ぼす影響を初めて実験的に明らかにした。



ARPESの概念図とYbCu₂Si₂における電子のエネルギーと運動量の関係



ARPESの解析から得られたYbCu₂Si₂における電子の状態密度(a)と緩和時間(b)のエネルギー依存性. この物質の熱電特性を説明するためにはゼロエネルギーでのグラフの傾きが正(右肩上がり)である必要があり、緩和時間がこの条件を満たしていることがわかった。



表面科学研究室

教授 吉村 雅満 准教授 原 正則 助教 Kanishka De Silva

高効率電池開発に向けた電極触媒素材の微視的研究

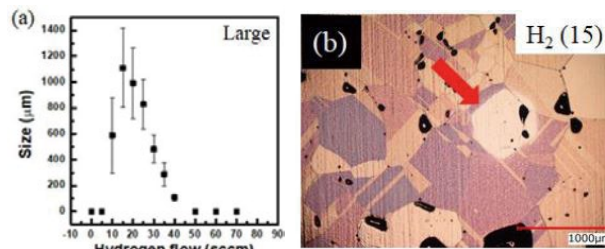
研究テーマ

- ナノカーボンの合成と制御
- 表面局所構造(欠陥、ドメイン境界)のナノレベル評価
- ナノスケールの化学・電極反応のその場観察
- 金属触媒黒鉛化と NH_3 合成への応用

主な研究内容・成果

高品質グラフェン合成と新規合成法の提案

大気圧熱化学気相成長(CVD)装置を用いた合成条件の精密な制御により、グラフェンのドメインサイズ制御に成功。Cu基板上へのTa板マスクを用いた簡便な大面積グラフェン合成法を提案。



グラフェンのCVD合成時における H_2 ガス導入量を調整(0~70sccm)することにより、グラフェンの核生成速度と結晶成長速度およびグラフェンエッジのエッチング速度のバランスを制御(図(a))し、ミリサイズの単結晶合成に成功(図(b))。

触媒有機化学研究室

教授 本山 幸弘 助教 土屋 直輝

エネルギー貯蔵燃料の再生に向けた金属クラスター触媒の開発研究

研究テーマ

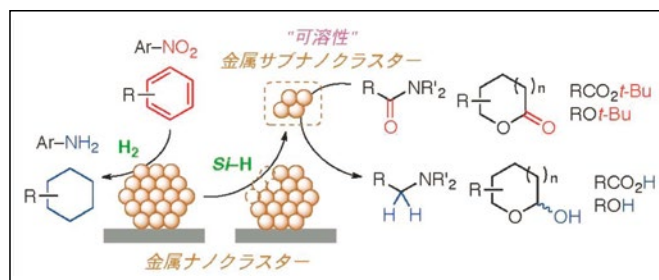
- 担持型金属ナノクラスターの創製と触媒機能
- サブナノサイズの金属クラスターの創製と触媒機能
- 担持型分子触媒の創製と触媒機能

主な研究内容・成果

担持型金属ナノクラスターの創製と触媒機能

表面構造制御された炭素ナノ繊維(CNF)に対し有機金属錯体の穏和な分解反応を適用することで、ナノサイズの金属クラスター(Ru, Rh, Ir, Pd, Pt)の精密担持に成功。これらは芳香環やニトロ基、アルケン等の多重結合の水素化反応において、市販の活性炭担持触媒と比較して高い活性や繰返し耐久性を示す。

また、窒素官能基を導入した含窒素CNFや活性炭を担体として用いることで、金属/窒素比により触媒活性の制御と化学選択性の飛躍的向上を実現。



機能セラミックス研究室

講師 荒川 修一

電池の高性能化に向けたイオン伝導性セラミックスの研究

研究テーマ

- 配向制御によるイオン伝導性向上 ~伝導異方性の利用
- 高速フッ化物イオン伝導性セラミックスの開発
- 固体内イオン伝導機構の解明

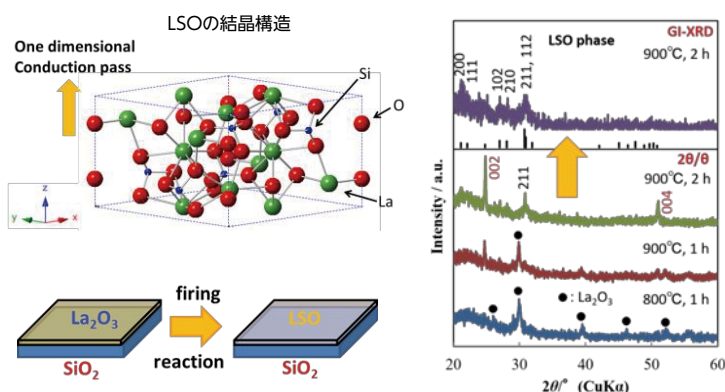
主な研究内容・成果

アパタイト型ランタンシリケートのc軸高配向化

・新しい概念を導入した反応性テンプレート粒成長法により、低温作動可能なSOFC用の固体電解質の開発を行っている。

高速フッ化物イオン伝導性セラミックスの開発

・Ba含有フッ化物において、メカノケミカル合成と異原子価カチオンドーピングを用いたイオン伝導性の改善を進めている。



Reactive substrateとして石英ガラス基板を使用した基礎的研究を始め、基板上にc軸自己配向LSO薄膜が形成することを見出した。

機械システム分野

特任教授 武野 計二

エネルギー高効率利用のための燃焼技術・熱設計技術

研究テーマ

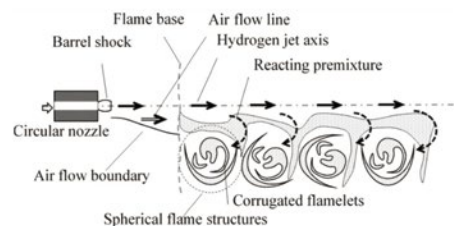
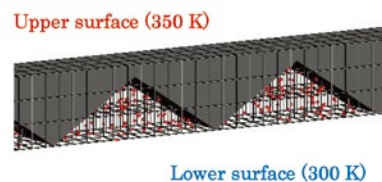
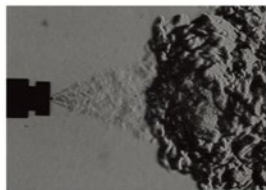
- エネルギー機器における伝熱（接触熱抵抗ほか）
- 高压気体の燃焼機構、保炎条件、および安全工学の研究
- 固体、粗悪液体燃料の燃焼・ガス化機構、高粘度液体の噴霧
- 再生可能エネルギー（バイオマス等）の高度エネルギー変換

主な研究内容・成果

高压水素噴出時の着火・保炎機構の解明

密度勾配が観察できる高速度シュリーレン写真法、微細な火炎面が計測できる静電探針、および数値計算を用いて、水素の噴流の外殻に多重火炎（Corrugated Flamelets）が形成され、その熱が上流側にフィードバックされ、安定な火炎が保持されることを見出した。

表面粗さの凹凸の内部でのN2分子の運動による伝熱評価（圧力：100Pa, DSMC 分子シミュレーション）



10MPa の高压水素の噴流拡散火炎（左：シュリーレン写真，右：燃焼モデル）

エネルギーの制御

エネルギーの制御 WEBページ ▶



機能半導体デバイス研究室

教授 沼田 敏典 准教授 中河西 翔

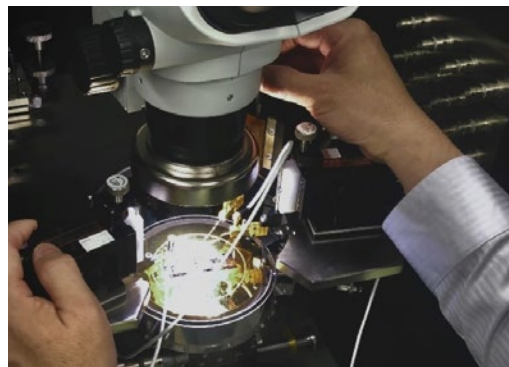
新たな機能融合による超低電力動作高性能デバイス技術

研究テーマ

- 半導体トランジスタ(Si, SiC)向け新規技術
- 高性能MOSデバイス向け新規材料

主な研究内容・成果

AIやIoTの台頭により半導体はさらなる低消費電力化が求められる。未来の課題克服に貢献する技術提案を目標に、トランジスタに材料や機能を融合した新たな半導体デバイスを探求する。



電子情報分野

特任教授 岩田 直高

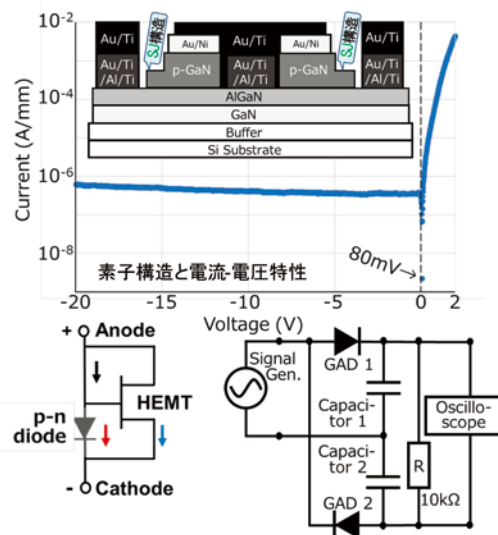
省エネルギー社会に向けて、高効率動作する低コスト高性能半導体デバイスを開発

研究テーマ

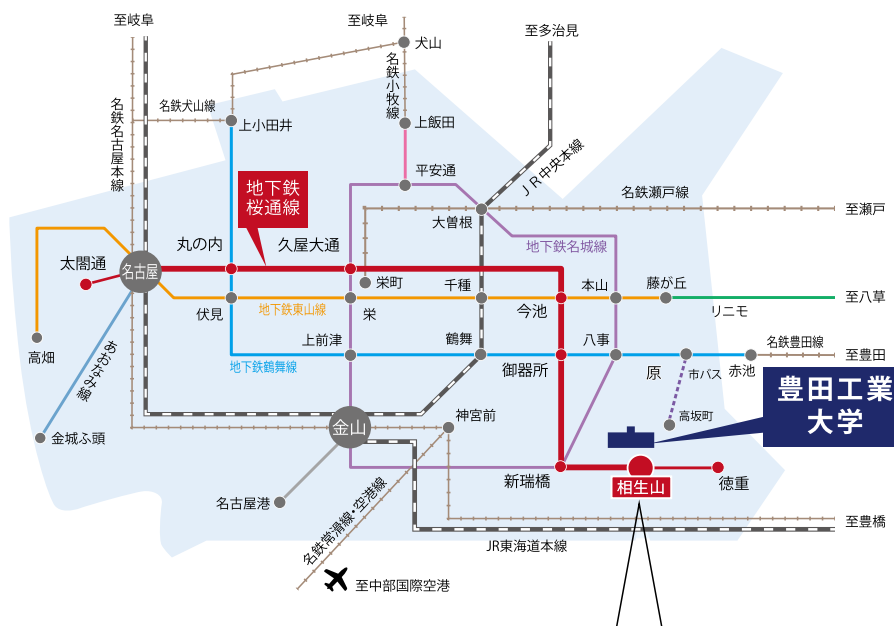
- 化合物半導体ヘテロ接合パワーデバイスの研究
- 超低消費電力半導体デバイスとシステムの研究

主な研究内容・成果

- ・p型Ga_{0.5}In_{0.5}Nゲートを有するAlGa_{0.3}N/GaNヘテロ接合ダイオードを用いて倍電圧整流回路を構成し、環境発電や無線電力伝送に適した低電圧からの整流特性を実現
- ・MgドープGa_{0.5}In_{0.5}Nへのレーザー照射によるアクセプタ活性化の研究を進め、MgとSiを共ドープしたGa_{0.5}In_{0.5}N(成長後はn型)へのレーザー照射によりp型反転を実現



開発したダイオードの等価回路と倍電圧整流回路



※南門は、徒歩及び自転車のみ通行可能です。



学校法人トヨタ学園
豊田工業大学
進むなら、足跡のない方へ。

〒468-8511 名古屋市天白区久方二丁目12-1 Tel:052-802-1111 Fax:052-809-1721
2-12-1 Hisakata, Tempaku-ku, Nagoya 468-8511, Japan Tel:+81-52-802-1111 Fax:+81-52-809-1721



toyota-ti.ac.jp