

量子知能デバイス研究室 (量子集積エレクトロニクス研究センター)

Laboratory of Quantum Intelligent Devices

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

キーワード： エネルギー変換, 人工知能, 生体機能, 揺らぎ利用デバイス, 半導体微細加工

■ メンバー

教授：葛西 誠也、准教授：佐藤 威友

大学院生：博士 2 名・修士 6 名、学部生：4 名

■ 概要

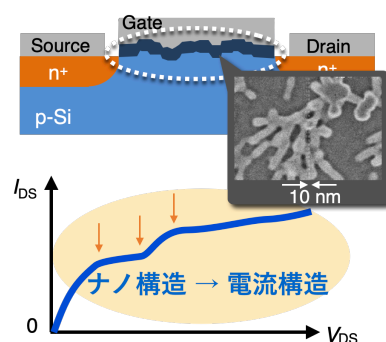
自然界には不可思議な現象や興味深い機能をもった生物が多数存在します。その仕掛けを紐解き、ナノスケールの材料加工や物理現象を駆使して半導体上に再現し、エレクトロニクスに役立てる研究を進めています。

■ 研究室の研究テーマ

揺らぎを利用する新機能デバイス

「ナノ人工物メトリクス」は、ばらつくナノ構造を識別子として個体認証する新しいセキュリティ技術です。これは半導体不足で急増する半導体チップ偽造に対抗します。課題は、ナノ構造の違いを電子顕微鏡でしか判別できないことでした。本研究室では、ナノ構造を電氣的に識別する方法を発明し、横国大, AIST, DNP 等と実証実験を進めています。

「確率共鳴」と呼ばれる、雑音により微弱信号への応答が高まる生物機能に関する研究をしています。本研究室では最近、この現象の謎がガウス雑音自体にあることを世界で初めて発見しました。今、本現象を利用した超高感度微弱信号センシングの研究を準備しています。

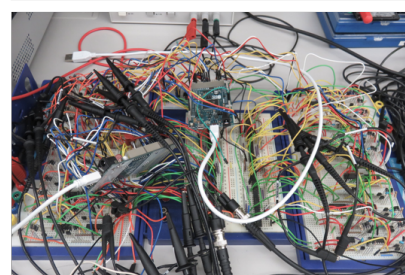
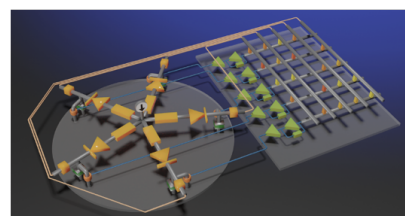


ナノ構造をもちいた固体認証のための電氣的構造読み出し

生物に学んだ新しい人工知能

「電子アメーバ」とよぶ、従来計算機が苦手とする問題を高速に解く独自のコンピュータを開発しました。単細胞生物なのに効率的に餌を探す生物粘菌の動きを電氣的に再現することで探索能力を回路上に創発させたシステムです。現在、扱える問題の規模拡大のため、ベンチャー企業 Amoeba Energy 社と計算機のスケールアップの研究を進めています。

「物理リザバー計算」は、CMOS 集積回路をもちいることなく、特性にゆがみや遅延があるデバイスをネットワーク化すると機械学習ができる、特異的な人工知能フレームワークです。電子アメーバと物理リザバーを融合し、筋電義手への意思伝達や自律ロボットへ応用することを目指しています。

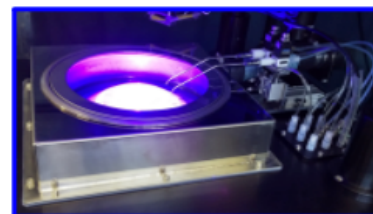
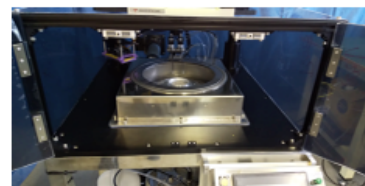


電子アメーバの模式図と試作回路

硬い半導体～窒化ガリウム（GaN）のウェットエッチング

青色 LED の材料として知られている GaN は、半導体の中でも「硬い」材料で、デバイスプロセスの1つであるエッチング加工には、物理的なイオン衝突を利用するなど高いエネルギーが必要です。そのため、エッチング後の表面に加工損傷が残りやすく、デバイス性能を劣化させる要因の1つとなっています。

この問題を解決するため、我々は、光電気化学反応を利用した新しいウェットエッチング法を開発しました。化学薬品に紫外光を照射して薬品の反応力を高め、材料表面からゆっくりと溶かします。物理的な損傷を与えないエッチング手法で、GaN に対しても有効です。GaN を中心とした窒化物半導体に対して、光電気化学反応の基礎的理解を深めるとともに、企業と共同でエッチング装置の製品化を進めています。

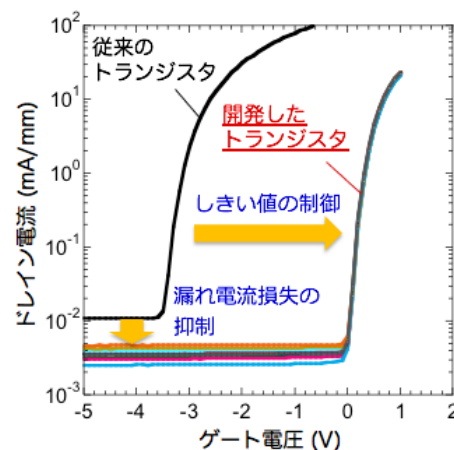


GaN 用に開発した
光電気化学エッチング装置

GaN トランジスタの開発

GaN は、絶縁破壊電界が高く電子の飽和速度が大きいことから、大電力・高周波トランジスタの基盤材料としても有望で、我が国でも、カーボンニュートラル社会実現の鍵となるデバイスとして、GaN トランジスタの研究開発が進められています。

当研究室では、光電気化学エッチングを使ったゲートリセス加工により、GaN トランジスタのしきい値電圧を精密に制御することに成功しました。これは、5G 通信システムの低消費電力化につながる技術で、現在は、より効率の向上が期待される混晶材料(InAlGaN)への応用に取り組んでいます。また、産学協働プロジェクトでは、p 型 GaN の低損傷エッチングと特性評価を担当し、高耐圧縦型 GaN パワートランジスタの実現を目指しています。



GaN トランジスタの伝達特性

■ 昨年度の卒業論文題目

- 「充足可能性問題を解く粘菌型最適化電子システムの問題マッピング法の改善」
- 「硫酸ラジカルを用いた窒化ガリウムの光電気化学エッチングに関する研究」
- 「多重極狭ゲートによる Si MOSFET チャネル横方向位置と形状制御に関する研究」

■ 卒業生の進路（修士・博士課程修了者も含む）

NTT 先端集積デバイス研究所、富士通研究所、富士通 LSI ソリューション、新日本無線、古河電工、富士電機、シャープ、三菱電機、ルネサスエレクトロニクス、マクロンメモリ、サンディスク、フジクラ、DNP、凸版印刷、村田製作所、東レ、トヨタ自動車、本田技研、日本製鉄、日本郵政、JR 東海、北海道電力、東北電力、マレーシア工科大学 など

■ 問い合わせ先・HP

葛西誠也 (kasai@rciqe.hokudai.ac.jp), 佐藤威友 (taketomo@rciqe.hokudai.ac.jp)
<https://www.rciqe.hokudai.ac.jp/labo/qid/>