

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 1 名・修士 10 名、学部生：5 名



←研究室 HP

■ 概要

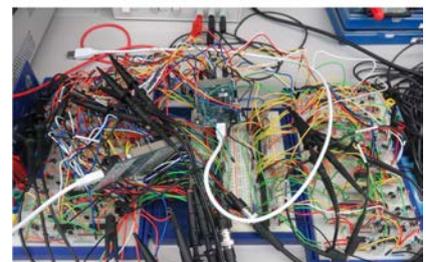
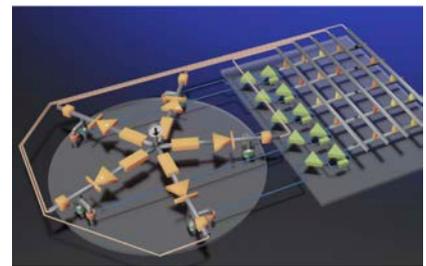
自然界には不可思議な現象や興味深い機能をもった生物が多数存在します。その仕掛けを紐解き、ナノスケールの材料加工や物理現象を駆使して半導体上に再現し、エレクトロニクスに役立てる研究を進めています。

■ 研究室の研究テーマ

生物に学んだ新原理計算システム

「電子アメーバ」とよぶ独自の人工知能を研究しています。単細胞でありながら効率的に餌を探ることができる生物粘菌の動きを電子的に模倣することで、粘菌の探索能力を電子回路上に創発させたシステムです。従来のコンピュータが苦手とする問題を高速に解くことができるのが特徴です。現在、システム大規模化や目的に適した行動を創発する自律ロボットへの応用を進めています。

「物理リザーバ計算」は、機械学習能力を特性が悪いデバイスをネットワーク化して実現する特異な人工知能です。本研究室では、生物の運動神経系とリザーバを融合し、筋電義手の操作性を改善する取り組みを進めています。

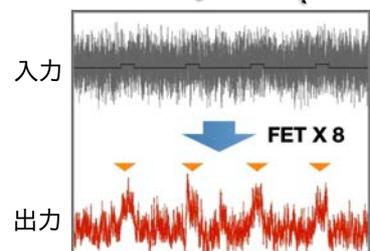
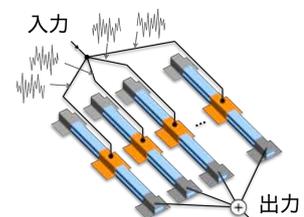


電子アメーバ 模式図と試作回路

ゆらぎの理解、ゆらぎを利用する新しいデバイス

ゆらぎは自然界において避けられませんが、生物は進化の過程でゆらぎを利用する術を獲得しました。その機能のひとつ、雑音により微弱信号への応答が高まる現象「確率共鳴」を研究しています。本研究室では、この反直感的な現象の謎がガウス雑音の性質にあることを解き明かしました。現在ガウス雑音の特異性を活用するデバイスを模索しています。

また、自然界のゆらぎとして有名な「 $1/f$ ゆらぎ」は、あらゆる電子デバイスの出力にみられます。しかしその原因はまだ定かではありません。本研究室では自然界の $1/f$ ゆらぎ発生メカニズムに学び、電子デバイスの $1/f$ ゆらぎの理解を試みる基礎的な研究もおこなっています。

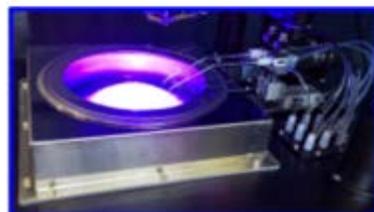
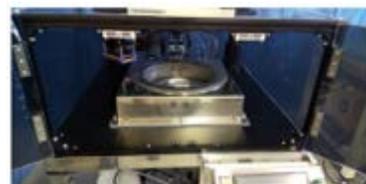


生物機能である確率共鳴を電子デバイス上で再現

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。光電気化学反応の基礎的理解を深めながら、GaN 系電子デバイス構造に最適な加工条件の探索や、エッチング装置の開発を進めています。

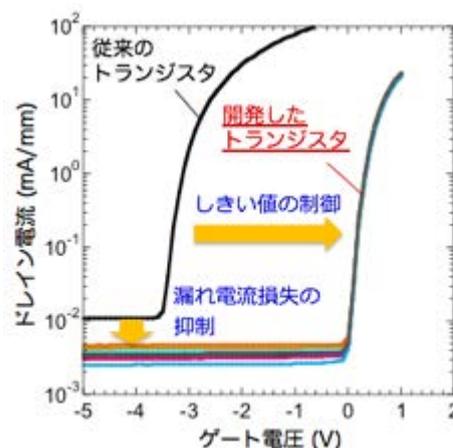


GaN 用に開発した
光電気化学エッチング装置

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す。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 系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精密加工により、GaN トランジスタのしきい値電圧を精密に制御し、オフ時の電流損失を抑制することに成功しました。これは、5G/6G 通信システムの低消費電力化につながる技術です。また、国家プロジェクトでは、n チャネル MOS トランジスタの要である p 型イオン注入層の電気化学的評価と制御を担当し、1000V 以上で動作する高耐圧縦型 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

- 「電子的 1/f ゆらぎ生成ネットワーク構築に向けた自励振動子ノードの特性評価」
- 「粘菌型最適化を用いた自律歩行ロボットにおける制約と行動に関する基礎的研究」
- 「光電気化学エッチング法を用いた AlGaN/GaN ヘテロ構造トランジスタの素子間分離に関する研究」

■ 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、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、東芝デバイス & ストレージ、ルネサスエレクトロニクス、マイクロメモリ、サンディスク、フジクラ、DNP、凸版印刷、村田製作所、東レ、ニコン、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、Amoeba Energy、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/>

