

脳に学び、電波で動かす 次世代AI半導体の研究

■研究者のプロフィール

金沢工業大学 先端半導体教育研究センター
工学部 電子情報システム工学科 准教授・博士(工学)

もり たかゆき
森 貴之

URL : <https://www.kanazawa-it.ac.jp/>
お問い合わせは、研究支援推進部ウェブページの
お問合せフォームからお願いします。

研究室の
紹介動画は
こちらから



<https://youtu.be/6u0hjKasnoE>



研究シーズの概要

⚡ AIを支える半導体と消費電力の問題

生成AIの普及により、世界の電力消費がますます増大しています。国際エネルギー機関（IEA）の試算では、世界のデータセンターの電力消費量は、2030年までに2024年の約2倍に増加し、データセンターだけで日本の総電力消費量を上回る規模に達するとされています。学習に莫大な電力を要する大規模AIモデルの登場に加え、街中、工場、農地などで使用されるIoTセンサーの数も増えており、社会全体のデジタル化が電力の観点からも大きな負荷をかけています。

AIをここまで発展させた背景には、半導体技術の進歩があります。ソフトウェア技術の役割はもちろん大きいものの、ハードウェアである半導体の微細化と高集積化、先端パッケージング技術により、以前は大型の計算機でなければ難しかった規模の計算が、スマートフォンに収まるようなチップでも実行できるようになりました。生成AIの発展もこの技術に支えられています。しかし、今後さらにAIやIoT技術が社会のさまざまな場所で使われるようになると、計算性能だけでなく、消費電力をどこまで抑えられるかが重要になります。そのため、データセンターだけでなく、IoTセンサー側でも、より少ない電力で情報処理を行う技術が求められています。

⚡ 低消費電力動作を目指す新型半導体素子

現在のコンピュータの多くは、MOSFETと呼ばれる微小な半導体スイッチを大量に集積した回路によって動作しています。集積回路の消費電力を下げるには、電源電圧を下げるのが有効ですが、電圧を下げすぎると今度はオンとオフの区別があいまいになり、回路が正しく動作しなくなります。このオン・オフをスイッチするキレの良さ、すなわち電源電圧をどこまで下げられるかには物理的な限界が存

在するため、従来の微細化だけでは、今後の大幅な低消費電力化には限界があると考えられています。そこで近年、素子の構造や動作原理を見直し、より低い電圧で動作する新しい半導体素子の研究が進められています。

われわれの研究室では、上記の課題に対して“PN-Body Tied SOI-FET”と呼ぶ新型半導体素子を提案しています。この素子は従来のMOSFETとは異なる動作原理を利用することで、わずかな電圧の変化で電流を急峻に増減させることが可能です（図1）。これにより、通常MOSFETより低い電源電圧でスイッチングができる可能性を持っています。本素子は既存のシリコン集積回路製造ラインで作製可能な点も大きな強みです。

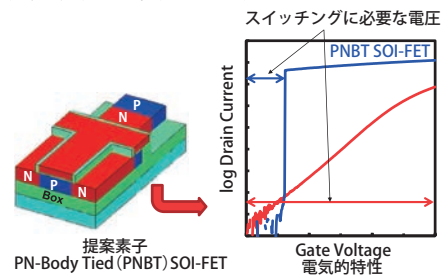


図1 提案素子“PN-Body Tied SOI-FET”の鳥瞰図とその電気的特性

⚡ 脳に学ぶ低消費電力AIチップ

また、この素子の応用先として、人間の脳の働きを電子回路で再現するニューロモルフィックチップに注目しています。ニューロモルフィックチップとは、人間の脳に近い動作で計算を行う次世代のAIチップです。人間の脳は学習や推論を非常に少ないエネルギーで行うことができます。その仕組みを集積回路に採り入れることで、従来よりも低消費電力なAI処理を実現できる可能性があります。

われわれの研究室では、提案素子を用いて、脳細胞に似た電氣的な応答が模倣できることを実験的に確認しています（図2）。本技術は車載機器、産業用ロボット、監視カメラなど、クラウドに常時接続せずに端末側で推論を行うエッジAIへの応用が期待されます。エッジAIでは、限られた電力でいかに素早く計算できるかが重要なポイントになります。エッジ側で簡単な処理を行うことができれば、その場での素早い判断や異常検知、データセンターへの通信量削減につながります。

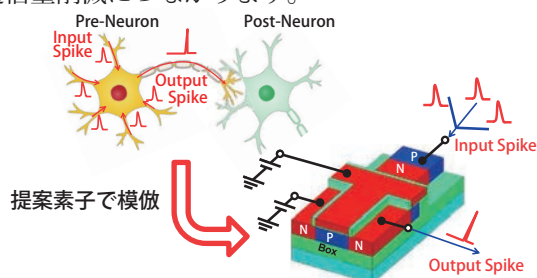


図2 提案素子を用いた脳細胞動作の模倣

AIチップを電池レスで動かすRF環境発電

低消費電力AIチップを開発できても、電力をどこから供給するかは大きな問題です。その供給源として環境発電が考えられます。環境発電とは、身の回りに存在する光、熱、振動、電波などの微小なエネルギーを電力として取り出す技術です。なかでもわれわれが注目しているのは、空間を飛び交う電波を電力に変えるRF（Radio Frequency）環境発電です。携帯基地局、地上デジタル放送の電波塔、無線LANなどから発せられる電波の一部は、通常は利用されないまま空間中に広がっています。こうした微弱な電波エネルギーを効率よく取り出すことができ

れば、IoTセンサーやエッジAIの電源として利用できる可能性があります。われわれの研究室では、提案素子をRF環境発電用整流回路へ応用する研究も行っています（図3）。AIチップそのものの消費電力を小さくし、さらにRF環境発電を組み合わせることで、将来的には配線や電池交換に頼らないエッジAI端末の実現が期待されます。

応用先としては、橋やトンネルの老朽化監視、農地やビニールハウスでの環境計測、工場設備の予知保全などが考えられます。こうした場所では、多数のセンサーを広い範囲に設置する必要がありますが、電源配線や電池交換が大きな制約になります。

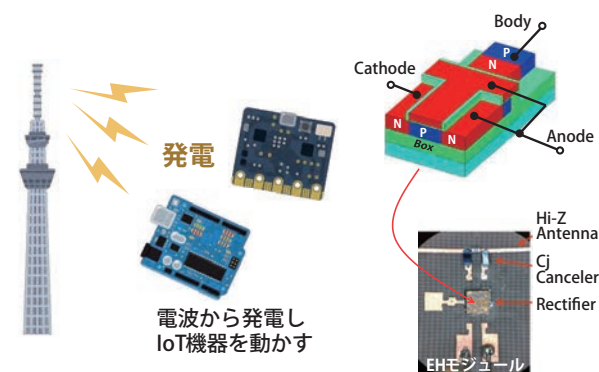


図3 電池レスIoT機器の実現に向けた提案素子を用いるRF環境発電モジュール

まとめ

低消費電力で動作する新型半導体素子と、RF環境発電を組み合わせることで、将来のAI・IoT社会を省電力に支える基盤技術を目指しています。電池レスで必要な場所に必要だけAIチップを配置できる社会の実現に向けて、研究に取り組んでいます。

研究キーワード

- ◎ 電子デバイス
- ◎ ニューロモルフィック
- ◎ 集積回路
- ◎ 環境発電

利用が見込まれる分野

- ◎ エッジAI・IoT
- ◎ スマート農業
- ◎ インフラ監視
- ◎ ウェアラブル・ヘルスケア

今後の展望・産業界へのメッセージ

研究室では、上記の他、量子コンピュータに関連した、半導体を極低温まで冷却した状態での動作物理の解明や、機械学習を活用した半導体素子設計の高速化にも取り組んでいます。興味を持つ皆様と、共同研究を通じて連携できれば幸いです。加えて、私が所属する「先端半導体教育研究センター」並びに「北陸半導体コンソーシアム」(<https://isrc-hokuriku.kanazawa-it.jp/>)では、次代を担う半導体人材の育成にも力を注いでいます。半導体分野のリカレント・リスキル教育、技術交流などにご関心のある方はぜひお問い合わせください。

金沢工業大学 先端半導体教育研究センターのご紹介

先端半導体教育研究センターは、学内の半導体教育・研究を一元的に進める拠点です。関係分野の教員が集結し、本学の強みである次々世代のパワー半導体（酸化半導体）の先駆的材料探求や、後工程の革新的材料・排熱機構の研究、専門人材育成を推進。産学融合による社会実装を通じ、北陸の半導体産業の活性化にも貢献します。

産学連携をお考えの方は、冒頭の連絡先または次の担当部署までお問い合わせください。

◎北陸経済研究所 地域開発調査部
◎北陸銀行 法人ソリューション部 地域創生室

小沢 TEL：076-433-1134
水上 TEL：076-423-7180