

群馬大学大学院理工学府

高分子創発機能科学研究所

URL : <https://emp.chem-bio.st.gunma-u.ac.jp>

■研究テーマ

- 有機半導体を用いた生体模倣エレクトロニクス材料の研究開発
- 電子デバイスの磁気共鳴計測と物質・材料のイメージング

■キーワード

高分子半導体 生物模倣 磁気共鳴 ニューロモルフィックデバイス

■産業界の相談に対応できる技術分野

高分子材料の誘電緩和・電気伝導度計測
特殊形状の核磁気共鳴計測・電子スピン共鳴計測

■主な設備

グローブボックス スピンコータ マスクレス光描画装置
交流インピーダンス計測装置 真空電気伝導度計測装置 プラズマ処理装置
周波数可変核磁気共鳴装置 接触角計測装置 電流検出電子スピン共鳴装置
各種レーザーとマルチチャンネル分光装置



浅川 直紀 教授

連絡先
分子科学部門 浅川 直紀 TEL 0277-30-1496 FAX 0277-30-1409 e-mail asakawa@gunma-u.ac.jp

研究概要

高分子のゆらぎを用いた生体模倣エレクトロニクス

近年のデジタル技術の進歩は目覚ましく、2025年には人類の使う消費電力の約20～40%を情報処理が占めると予測されています。一方、従来型のコンピュータとは異なり、動物はその中枢神経系や感覚神経系において、超低消費電力の情報処理を実現しています。この動物の驚くべき情報処理では、環境に存在する雑音といったノイズを遮断するのではなく、むしろ積極的に利用されています。この生体型のセンサや情報処理システムを人工的に作る事ができたら、情報処理による消費電力を大幅に低減できると期待されます。当研究室では、高分子材料科学の立場から、高分子の分子運動を積極的に利用した新規の有機・高分子エレクトロニクスデバイスを作製しています(図1)。そのようなデバイスを生体由来の微弱信号の検出に利用し、リハビリテーション・食事介助・排泄介助といった医療や介護、さらには、多数のセンサ信号をリアルタイムに扱う

産業に役立てることを主に目指しています。そのため、従来の価値観では有用性が低いとされてきた、室温付近に融点が存在するバイオベースポリマーやパイ共役系高分子半導体に着目して研究を進めています。さらに、高分子デバイス中の分子運動や電子の性質を調べる実験的評価法の開発も行っています。

具体的には、室温付近に構造相転移点をもつ高分子半導体に注目し、その電気伝導特性を評価しています。そのような高分子半導体を用いてノイズ発生器を作製し、ニューロンに見立てた電界効果トランジスタを用いたノイズ駆動型信号伝達デバイス素子のためのノイズ源として用いることに成功しま

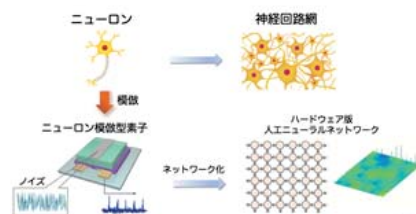


図1 生物模倣型エレクトロニクスデバイス

した。また、電界効果トランジスタ自身もつ内部ノイズが、外界の擾乱のデバイスへの影響を低減する機能があることを明らかにしてきています。この効果は、ヒトのようなノイズな環境での生体由来微弱信号を高感度に検出するIoTセンサに利用できると考えています。

特徴と強み

逆転の発想による新しい高分子エレクトロニクスの創成

これまで、有機エレクトロニクスデバイスは、シリコン半導体や酸化物半導体や化合物半導体を用いた無機半導体デバイスに比べて性能や耐久性等に問題があり、実用化に至らないケースが多々あります。問題の多くは、有機・高分子物質のダイナミックな性質に起因しています。当研究室では、有機・高分子物質のダイナミックな個性をむしろ積極的に利用する立場をとってデバイス開発に生かそうとしています。このような戦略は、生物も永い進化の過程の中で獲得しています。

当研究室では、ニューロンに見立てたデバイス素子を多数作製し、素子を互いに接続したネットワークの構築を試みています。しかし、素子数の増加に伴い、爆発的に接続の配線数が増えます。この配線問題の解決は、ハードウェア人工知能の実現のためには重要な技術となります。そこで、電子スピンを用いたスルースペースの素子間結合の実装を試みています。その過程で、小分子有機半導体においてスピン依存電気伝導の存在を世界で初めて明らかにしました(図2)。この成果により、マイクロ波の印加により有機半導体の電気伝導度を制御することができるようになり、マイクロ波を介したスルースペースの素子ネットワークの動作原理を実証しました。

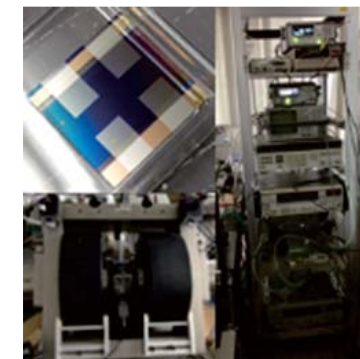


図2 シナプス模倣デバイス(ショットキー障壁ダイオード)と電流検出周波数可変電子スピン共鳴装置

今後の展開

高分子ニューロモルフィックデバイスによるウェアハードウェア人工知能の実現

現在、ニューロンに見立てたいくつかのデバイス素子を繋げることによりその電気信号の時空間パターンを調べる研究を行っています。素子数をもっと増やした超並列センサによって複雑な環境センシングを時空間パターンによって検出し、処理する知的人工物を創成していきたいと考えています(図3)。このようなニューロモルフィックデバイスの研究開発を一緒に行なっていく企業との共同研究開発も必要と考えています。そのようなハードウェア版人工知能が、ヒトや社会といった複雑系でのセンシングや意思決定に利用される未来社会の実現を期待しています。

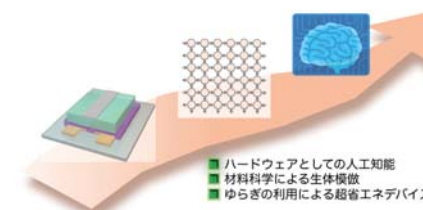


図3 物質・材料に基盤を置いたニューロモルフィックデバイスの研究開発

ライフサイエンス
情報通信
環境
ナノテクノロジー
エネルギー
製造ものづくり
社会課題
プログラミング
茨城大学
宇都宮大学
群馬大学
埼玉大学