

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系  
集積電子システム分野 准教授

## せきぐち ひろと 関口 寛人 先生

今回のInterviewは、豊橋技術科学大学を訪ね、関口寛人先生にマイクロLEDを用いた生体埋め込み型デバイス開発やフレキシブルマイクロLEDフィルム開発などのご研究についてお話を伺いました。

略 歴	2005年 3月	上智大学 理工学部 電気・電子工学科 卒業
	2007年 3月	上智大学 大学院理工学研究科 電気・電子工学専攻 博士前期課程 修了
	2009年 4月 - 2010年 3月	日本学術振興会 特別研究員 DC2
	2010年 3月	上智大学 大学院理工学研究科 電気・電子工学専攻 博士後期課程 修了: 博士(工学)
	2010年 4月 - 2013年 3月	豊橋技術科学大学 大学院研究科 電気・電子情報工学系 助教
	2013年 4月 - 2015年 3月	豊橋技術科学大学 大学院研究科 電気・電子情報工学系 講師
	2015年 4月 - 現在	豊橋技術科学大学 大学院研究科 電気・電子情報工学系 准教授
	2018年10月 - 2022年 3月	科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけ研究者(兼任)



生体組織に刺入できる針型マイクロLEDデバイスや生体組織を覆うように取り付けることのできるフレキシブルなマイクロLEDフィルムの開発を進めています。

### ▶ 先生の現在のご研究について ご紹介ください。

私たちの身近にある電球、蛍光灯はすっかりLEDライトに変わり、LEDは私たちの生活を支える身近なものになりました。最近、「マイクロLED」と呼ばれる従来のLEDの1/10以下の小さなLEDの集積化技術が注目されており、高輝度・高精細なディスプレイ応用や安心安全の観点から自動車の照明や表示機、スマート繊維への応用、空間光通信(Li-Fi)やプラスチックファイバーを用いた光伝送、水中での通信技術への応用、バイオアプリケーションといった幅広い分野への活用が期待されています。中でも私たちが注目しているのはオプトジェネティクス(光遺伝学)分野に用いるためのマイクロLEDの開発です。オプトジェネティクスとは、遺伝子の導入技術によって特定の神経細胞を光で選択的に操作できる技術のことです。近年は、生体に光を照射して神経細胞の活動を制御することが可能になっています。私たちの研究室では、マイクロLEDを集積させて生体の中に埋め込み、脳内に広がる特定部位や複数の神経活動を制御できる新しい光照射ツールの実現を目指しています。例えば、生体組織に刺入できる針型マイクロLEDデバイスや生体組織を覆うように取り付けることのできるフレキシブルなマイクロLEDフィルムの開発を進めています。

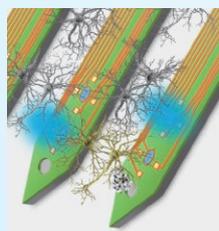
### ▶ ご研究を始められたきっかけと、現在に至る経緯についてご紹介ください。

学生時代は、上智大学の岸野克巳先生(現:上智大学 客員教授)の下、窒化物半導

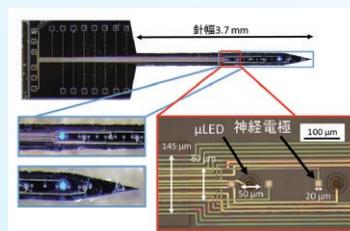
体ナノコラム結晶を用いた緑色や赤色LEDの研究を行っていました。当時も窒化物半導体を用いた緑色や赤色LEDの高効率化が求められていたのですが、長波長化に伴って生じる結晶欠陥や内部電界が課題となっていました。研究室で注目していたナノコラムと呼ばれるナノ結晶は、結晶中に欠陥を生じにくく、内部電界も抑制できる可能性が示唆されており、このナノ結晶を利用した発光デバイスづくりが私の研究テーマでした。そのような研究に取り組んでいた博士課程学生での最も大きな成果は、ナノ結晶の位置・形状を制御してRGB三原色を同一基板上に集積する技術でした。あれから随分と経ちますが、国内外の多くの研究者の方々の論文に参照していただいていることを嬉しく思う反面、独立した研究者として自分自身の研究テーマを立ち上げて価値ある研究をしなければならぬという思いも感じています。昔から結晶成長メインの研究に取り組んできましたが、「どういうデバイスが作りたいのか。それは何の役に立つのか?」ということ岸野先生から強く言われていましたので、「将来の明確なビジョンを描きながら、使えるデバイス

を作る」ということを今も強く意識しながら研究をしています。

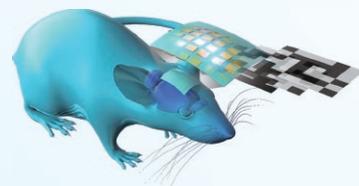
2010年に現在所属する豊橋技術科学大学に移ってからは、若原昭浩先生(現:豊橋技術科学大学 理事・副学長)の下、希土類元素のユーロピウム(Eu)を窒化物半導体に入れることで赤色LEDを実現する研究を行いました。また、これまで別の材料系に使われていたMBE(Molecular Beam Epitaxy:分子線エピタキシー)のガスラインや電装系を整備して、GaN系の結晶成長ができるようにしました。マグネシウム(Mg)を活用することでGaN中のEuが強く発光することを見出し、LEDデバイスへと応用できることを示しました。さらに、学生時代に取り組んでいたナノ結晶にEuを入れてみたところ、薄膜よりも高濃度でも発光強度が落ちない可能性を示すことを見出しました。その一方で、GaN系LEDウエハーを加工して直径30 μmのマイクロLEDアレイを作製したり、ウエハー接合を利用してSiトランジスタとモノリシック集積の実現に貢献したり、ポリマー導波路とLEDアレイの融合やGaN系トランジスタによる集積回路の検討などにも取り組むなど、30代半ばの頃は研究の間口を広げようと様々なことにチャレンジしていました。振り返れば自分自身の研究テーマを模索するために悩んだ時期でもありましたが、学生時代から実体はないけれども目に



刺入型マイクロLED



神経電極プローブ



フレキシブルマイクロLEDフィルム

える不思議な光というものに魅了されていたこともあり、可視光を使った新たなデバイス分野を切り拓きたいという思いはありました。

そのような研究者として新たな可能性を模索していたタイミングで、今の研究につながる大きな出会いがありました。2017年頃、娘の幼稚園のイベントで、クラスの友達の父親が薬学部の大学教員であることが分かりました。その時はどのような分野の研究者なのかという簡単な自己紹介だけで終わったのですが、それから半年後、その先生から突然、「神経科学研究に活用するLEDデバイスが作れませんか」という相談のメールが届きました。普通は断るべき話だと思うのですが、とにかく可視光を使った違うテーマを探していた時期であったこと、もしかしたら本学の設備を使えばできるかもしれないと思い、その相談を受けることになりました。これが新たな研究分野を切り拓くための大きなきっかけになりました。これまでの研究とは大きく異なる分野であり、もし前後に1~2年ずれていれば取り組むことはなかったと思いますので、新たな研究テーマを探していたタイミングだったからこそ取り組んだのかなと思います。

そのような経緯で、現在は脳機能の仕組みを知るための生体埋め込みツールの開発を進めています。これまで一般的に、脳の神経活動の制御には薬や電気による刺激が行われてきましたが、薬は次の刺激を与える時に前の薬が抜ける必要がありますし、電気の場合は刺激したい場所以外にも影響を与える課題がありました。光の場合は特定の場所へのON/OFFが簡単にできるため、正確に刺激する場所と脳活動の関係を調べることができます。生命科学分野では、光で神経活動を制御できる光遺伝学手法が広く使われ、多点で自在に神経細胞を照射できるデバイスが求められており、このような用途に利用できるマイクロLEDデバイスの開発を進めています。生体組織の深部にアプローチするため、生体に刺入できる細い針構造をもつ刺入型マイクロLEDデバイス・神経電極プローブの開発のほか、広範囲に分布する神経細胞に照射するために組織に密着して貼り付けられるフレキシブルなマイクロLEDフィルムの開発など、様々な形状のマイクロLEDデバイスの開発を進めています。また、生体内に埋め込んだマイクロLEDデバイスが生体活動に影響を与えず、かつ安定して動作することも重要なことから、耐久性の評価、駆動時における温度上昇評価や温度モニタリング技術の開発も合わせて進めています。加えて、生体活動の制御だけでなく同時に神経活動を観察することも求められますので、最近は脳波計測デバイスの開発を進めており、マウスの脳に

埋め込んで多感覚情報を同時に取得することにも成功しています。これらのデバイスを融合・集積して、マルチモーダルな生体活動の操作・計測デバイスの創出を目指して研究を進めています。

### ▶ ご研究の今後の展望について お聞かせください。

私たちの強みであるマイクロLEDプロセス技術を基盤として、多様な生体活動の操作や計測を可能にする生体埋め込みデバイスの開発をさらに進めていきたいと考えています。まだまだデバイス開発のフェーズではありますが、徐々に最先端の神経科学研究に利用できるようになってきていますので、今後はより異分野間の連携を高めて、私たちの持つエレクトロニクス技術を用いることで未知な領域の多い生命科学現象の発見に貢献ができればと思っています。

“条件を変えつつ再現性の高い処理ができるサムコさんの装置はデバイス製作に非常に役立っています。”

### ▶ 弊社の装置をご使用いただいておりますが、ご感想をお聞かせください。

GaN用 or 塩素系 ICP-RIE 装置 (RIE-101iPH)、RIE 装置2台 (RIE-200NL、塩素系・フッ素系の各1台ずつ)、プラズマ CVD 装置2台 (PD-220NL、PD-220N) があり、一部は共用設備という形で使用させていただいております。LED ウエハの加工に利用したり、シリコンや有機材料の加工に利用したり、絶縁膜や保護膜として SiO<sub>2</sub> をウエハ上に堆積させたりしています。いずれの装置も似た操作系のため学生でも使いやすく、使い勝手の良い装置であると感じています。私たちの研究の場合、繰り返し同じものを作ることが重要となりますので、条件を変えつつ再現性の高い処理ができるサムコさんの装置はデバイス製作に非常に役立っています。

### ▶ 日頃のご研究において、心掛けておられることをお聞かせください。

『面白いことを探して、楽しく取り組んで、楽しい時間を過ごす』ということを日頃から心掛けていて、学生にもそのように話しています。研究をする上で、テーマや課題の発見・把握はとても重要ではありますが、その場しのぎのテーマなのか、達成した時に小さな一歩でも喜べるテーマに取り組もうとしているか、



ICPエッチング装置RIE-101iPHと関口先生

自分自身にも学生にも問いかけるようにしています。研究は意外と目の前のできるものの中から探しがちで、目先の学会発表に向けた研究などに偏りがちですが、そうではなく、最終的に求められる達成目標を目指して、日々邁進することが大切だと思っています。

### ▶ 休日はどのようにお過ごしでしょうか？

休日は、家でゆっくり過ごすか、家族でショッピングに出掛けることが多いです。ポッドキャストなどの音声番組を聞くことが好きで、空いている時間や移動中に、日本や世界の歴史に関する番組や経済・経営、宗教や文化に関する情報番組など、リベラルアーツに関する内容について学んでいます。異分野の研究にも取り組んでいるだけに、幅広い知識・感覚を身に付けることが大切かなと思っています。また、ショッピングというよりも出掛けること自体が目的になっていて、いつもと違う風景や違うところを歩いていると、リラックスもできますし、心身ともにリフレッシュされて研究のアイデアが浮かんだりもします。

### ▶ 最後にサムコに対して、一言お願いします。

最近は半導体技術への注目度がますます高くなっていますので、今後も世界中で幅広い分野の研究開発が求められていくと思います。サムコさんは大学の研究者が使いやすい装置を開発され、いろいろな種類の装置をラインナップされているという印象を持っています。大学では少量多品種な材料・デバイスの開発を進めていくと思いますので、今後も細かい要求に応じていただきながら、再現性が高く比較的安価な装置を提供していただけることを期待しています。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、ありがとうございました。

“サムコさんは大学の研究者が使いやすい装置を開発され、いろいろな種類の装置をラインナップされているという印象を持っています。”