



プロフィール

1962年 生まれ

学 歴 1984年 東北大学 工学部 応用物理学科 卒業

1995年 セントラルフロリダ大学 大学院 工学系研究科 光科学工学 Ph. D.

受賞歴 2006年 ICNME 2006 Outstanding Poster Presentation Award

2018年 映像情報メディア未来賞 フロンティア賞

職歴 1984年 昭和電工株式会社 精密機器研究所 研究員

1987年 東京大学 工学部 受託研究員

1988年 昭和電工株式会社 総合技術研究所 研究員

1990年 セントラルフロリダ大学 電気光学・レーザ研究所(CREOL) 客員研究員

1992年 セントラルフロリダ大学 電気光学・レーザ研究所(CREOL) 博士課程研究員

1996年 郵政省通信総合研究所(現 情報通信研究機構) 主任研究員

2008年 東京工業大学 理工学研究科 連携教授(兼務) 2014年まで

2011年 情報通信研究機構 未来ICT研究所 ナノICT研究室 室長

情報通信研究機構 未来ICT研究所
フロンティア創造総合研究室 上席研究員

お お と も あ き ら
大友 明 先生

今回のSamco-Interviewは、情報通信研究機構の未来ICT研究所を訪ね、フロンティア創造総合研究室 上席研究員の大友明先生に電気光学ポリマーのご研究についてお話を伺いました。

▶ 大友先生のご研究についてご紹介ください。

我々の研究を一言で表すと有機材料と無機材料を組み合わせた高性能光通信デバイスの開発になります。有機材料の通信に係る特徴は光制御機能が非常に優れているということです。ただ、有機材料は屈折率が低いため光を集中させることには向いておらず、そのためデバイスの小型化にはあまり向いておりません。昨今のデバイスでは小型化、集積化が重要であり、有機材料だけでは小型化に対応しにくいので、高屈折率の無機材料であるシリコン(Si)を有機材料と組み合わせることでデバイスの小型化を図ろうとしております。また、これらの有機材料の中で光制御機能を有するのが有機電気光学(Electro-Optic:EO)ポリマーです。電圧をかけると屈折率が変化するEO効果を利用し、屈折率を変えると光が進むスピードが変わるため位相をコントロールできます。光デバイスでも発光デバイスの有機ELや受光デバイスのフォトダイオードはカテゴリーとしては電子デバイスになります。光と物質との相互作用の中で、主に自由に動き回る電子と相互作用するのが発光や受光デバイスです。我々が研究しているのは分子という籠の中に入った束縛された電子との相互作用であり、それが純粋な光の材料になります。光通信の分野では、EO効果などを使うことで電気信号を光信号に変換して送りますが、それは光のオン・オフであったり、最近では位相を電気信号で変調し、コード化した信号として速くに伝えます。その光信号に変換するデバイスである光変調器に使おうとしております。

有機材料には高周波で変調する際の誘電率が低く高速化できるということと屈折率を変化させる効率が高いという二つの利点があり、それらに着目し、材料からデバイス開発まで少し広い範囲で取り組んでおります。現在、材料はなかなか優れたものができてきたというステージにあります。多くの種類のデバイス開発に取り組んでおりますが、主要なものは三つあります。

まず一つ目は光インターコネクト用の小型で超高速の光変調器の開発です。これは企業と一緒に取り組んでおり、科学技術振興機構(JST)

の研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)に採択されました。2年半かけて行う実用化に向けた検証を昨年10月にスタートさせました。クラウドサービスやAI、IoTの進展により取り扱われる情報量が爆発的に増え、それに向けたビジネスや産業も起きていますが、データ通信の速度がボトルネックとなっております。超高速の光変調器がそのキーデバイスであり、その開発を行っております。Siだけでこのデバイスを作る場合、屈折率を変えるためには電流を流さなければならず、消費電力が高くなります。有機材料とSiを組み合わせたデバイスでは、その必要がないため消費電力が1/10から1/100くらいに減ると我々は見積もっており、高速化と低消費電力化を実現させるため進めております。ここで必要となるSi導波路の加工にサムコさんのICPエッチング装置を使っております。Siフォトニクスに用いるSOI基板のSi活性層は標準で厚さ約220nmですが、そこに幅100nm、アスペクト比2くらい細い溝を長さ約1mm掘ります。その非常に微細な加工にサムコさんのICPエッチング装置を使用しております。

二つ目のデバイスは光フェーズドアレイです。フェーズドアレイは追尾レーダーや気象レーダーなど電波の領域ではよく使われており、電波の位相を変えることでビームを制御します。光をフォーカスする際にはレンズの位置を変えたり、走査する際はミラーに当てて振るといった機械的動作が取られますが、光フェーズドアレイの場合は光の位相を電圧で制御することで光を操作します。光を走査するデバイスは、自動運転で注目されているLiDAR(光検出と測距)に必要です。現状の光走査デバイスは光を機械的に制御するためかなり大きくなり、特に自動車の場合は振動があるため長期的な信頼性の問題があります。しかし、自動運転の開発を早く進めるため各社はミラーを使ったもので何とか実用化しようとしております。我々は将来的にコンパクトで機械的な機構のないものにするために光フェーズドアレイの開発に取り組んでおります。基本的には我々が開発してきた光変調器そのものを複数並べたような構造になっております。光フェーズドアレイでは各チャンネルの間をなるべく狭くした

いのですが、そのためには光導波路の光を伝搬する箇所をなるべく狭くしないといけません。今までの光変調器では広くてもよかったためEOポリマーの加工はあまり行ってきませんでした。今までは下のクラッド層のガラスの部分を掘り込み、そこに塗って作りましたが、横方向をあまり狭くできないため、ポリマーそのものを加工する必要がありますが出てきました。そこでサムコさんのRIE装置を使っております。台形になると光が横方向に漏れてしまうので、きれいな矩形に加工することが必要ですが、ガスの種類と分圧を調整することで垂直にエッチングすることができ、実際にデバイスを試作しております。これはNHK技研さんとの共同研究で進めております。

三つ目のデバイスとしては、テラヘルツ波の発生と検出があります。EOポリマーを使う利点としては、高効率のテラヘルツ波の発生、検出、変換が可能であることや広帯域にでき、テラヘルツ帯での吸収が非常に小さいということです。テラヘルツ帯では分子の回転や結晶の格子振動がテラヘルツ波での吸収になります。その部分がポリマーではかなりブロードだという利点があります。光の差周波を使って、光とEOポリマーとの相互作用でテラヘルツ波に変換しますが、光を導波路で長距離伝搬させることができると、その相互作用の長さを稼ぐことができ、さらに高効率化できます。しかし、光導波路のクラッドという屈折率の低い部分のテラヘルツ波の吸収が低い材料がなかなかないという問題があります。低い材料としてはシクロオレフィンポリマー(COP)というものがあり、それを酸素プラズマで叩いて酸化させ、活性化させてEOポリマーを貼ります。その目的で導入したわけではありませんが、ここでもサムコさんのRIE装置を使っております。そのようにして導波路を作ることができ、テラヘルツ波の発生に成功し、今後はさらにその効率を高めていこうとしております。有機材料の特徴が認められ、さまざまな企業や大学と共同研究を進めております。現在は我々自身がメインとなってデバイス作製までを行っておりますが、開発したプロセス技術を移転して一緒に作り上げようというスキームで研究を進めております。

▶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説明ください。

もともと私は大学で応用物理系の研究をしており、卒業後、化学会社で医療機器であるレーザーを使った細胞の分析装置の開発に従事しました。残念ながら1987年にそのプロジェクトが終了し、研究課題を模索していた時期に有機非線形光学が非常に話題になっておりました。有機ELも話題になっておりましたが、そちらは別の研究員が既に取りかかっていたので、私は化学会社である会社のメリットを考えて有機非線形光学に決めました。当時、会社に派遣での留学制度があり、運よくその試験に合格し、この分野の著名な先生のもとで研究を始めることができました。非線形光学には2次と3次があり、3次の方が注目されておりましたが、経緯があって2次の材料であるEOポリマーを使ったデバイスの研究をそこで始めました。そこで学位も取り、その後、縁あって通信総合研究所（現 情報通信研究機構）に就職しました。サムコさんの1台目のRIE装置はこちらで研究を始めてすぐに導入しました。その頃は長距離の通信用と考えておりましたが、短距離でも容量を増やさなければならず、高速化が必要になってきました。しかし、長距離では多重化が複雑に進行し、それほど高速化しなくても何とか伸びてまいりました。ただ、長距離のデバイスは大きくても構いませんが、短距離はまた別で小さくしなければならず、そちらの方にどんどんシフトしてまいりました。

▶EOポリマーのご研究の展望についてお聞かせください。

EO効果が高いデバイスを作り、それと同時に実用化に向けて課題をクリアしていかなければいけません。我々は大学と違って将来的に産業応用への橋渡しというミッションがあります。まず、耐熱性の問題に取り組み、実際に使用する温度での耐熱性や長期安定性は十分に実用に耐えるものができました。もう一つの実用化での大きな問題は光に対する耐性です。一般的に光デバイスはレーザーでもLEDでも主に酸素や水分子との反応で表面が壊れてしまうため、封止されております。ポリマーは一見固体に見えますが、実際には紐が絡まった状態であるため隙間があり、その隙間を酸素や水分子が奥まで入り込んで壊れてしまいます。現在、その封止技術の開発を進めており、先ほどのJSTのA-STEPの課題でもありますが、実用に耐え得る年数にはどの程度のレベルまで対策を取ればよいかという見極めをまず行っております。その上で量産化に向けた封止技術を開発すれば、あとは大きな問題はほとんどないかと思っております。耐熱性の場合は比較的加速試験が簡単にできますが、光の劣化の場合は加速試験が非常に難しく、光を強くすると非線形光学効果でリニアではなくなるという性質が出てしまいます。そこのメカニズムをしっかり解き明かした上で加速試験をしなければならぬため、もう少し時間がかかるかと思っております。

▶フロンティア創造総合研究室についてご紹介ください。

我々は『研究室』と呼んでおりますが、一般的な『研究室』というより、規模・単位はかなり大きな枠

組みとなっております。『研究室』には博士号を持っている研究員が51人、それを支える技術員が18人在籍しており、かなり大所帯です。全体で動くことは基本的には難しいため小金井に3、神戸に7の計10のプロジェクトに分かれ、プロジェクト単位でそれぞれの研究目標、計画を立てて進めております。プロジェクトは学問での縦割りではなく、各々ミックスした方が新しいものが生まれやすいだろうというコンセプトでこのような組織体制になっております。テラヘルツの発生、検出の場合では、我々は有機材料、小金井のグループは無機材料で融合するため定期的にミーティングを行い、進めているといった状況です。

▶日頃のご研究において心がけておられることはどのようなことでしょうか？

我々は理論よりも実験を主体とした研究を行っております。実験ですから予測通りの結果が出る場合、出ない場合があります。特に予測通りや予測以上の結果が出た場合の実験手法が本当に正しかったかという検証が重要だと思っております。昨今では論文誌が乱立し、クオリティーが低いと思われる論文も出版されております。却ってそれに踊らされて時間が無駄になるような研究を追従して行わないよう、論文も基本的には鵜呑みにしません。我々のEO材料においてもEO係数が重要であり、中には海外で非常に大きな値のEO係数が発表されていることもあります。しかし、EO係数の測定方法は誤差が非常に大きく、理論計算でその誤差を取り除いたといっておりますが、基本的に計算では無理と考えています。光の干渉効果が原因のためスペクトルを取れば正確に計算はできますが、測定が一点だけであるがゆえ、一点だけを計算しても正しいEO係数として捉えることは不可能と考えています。我々はその誤差ができるだけ小さくなる測定方法を自ら開発しており、そういった実験結果を見極めるということがあります。

▶弊社の装置を多数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。

まず、非常に使いやすいということです。ポリマー導波路を作るため最初にRIE装置を導入しました。私も加工に関して最初は素人でしたが、安全性もかなり考慮されており、きちんと使えて結果を出すことができました。あとからガス系を追加し、現在はガスを何種類か使っており、サムコさんには非常にフレキシブルに対応していただいております。

現在保有している装置は、RIE装置のほかSi導波路の作製に使っているICPエッチング装置、マスク材のシリコン酸化膜(SiO₂)形成のCVD装置、基板の表面改質のUVオゾン洗浄装置などがあり、どの装置もフル稼働しております。

▶最後にサムコに対して一言お願いします。

生産用途の装置だけでなく、研究用途の小型でオプションがあとから加えられるようなフレキシビリティのある装置を引き続き開発、提供していただければ大変ありがたいです。

お忙しいところ貴重なお時間を頂き、誠にありがとうございました。