東京科学大学 工学院 電気電子系

# 宮本（みやもと） 恭幸（やすゆき） 教授

**今回のInterviewは、東京科学大学（旧称 東京工業大学）大岡山キャンパスを訪ね、宮本恭幸先生に化合物半導体系電子デバイスのご研究についてお話を伺いました。**

| | | |
|---|---|---|
| 経　歴 | 2024年～ | 東京科学大学、工学院、教授 |
| | 2016年－2024年 | 東京工業大学、工学院，教授 |
| | 2013年－2016年 | 東京工業大学、理工学研究科、教授 |
| | 2007年－2013年 | 東京工業大学、理工学研究科、准教授 |
| | 1992年－2007年 | 東京工業大学、理工学研究科・工学部、助教授 |
| | 1988年－1992年 | 東京工業大学、工学部，助手 |

**“今後の高速通信の発展において、InP HBTが不可欠な技術となる可能性は十分にあります。”**

### ▶先生の現在のご研究についてご紹介ください。

化合物半導体を用いた電子デバイス、具体的にはトランジスタの研究に取り組んでいます。化合物半導体の中でも、InP系と窒化物半導体系の材料を扱っています。InP系の材料は、もともと光ファイバ通信用の半導体レーザなどに使われていましたが、現在では非常に高速な電子デバイス、特にヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）の分野で世界最速の性能を出すことができます。窒化物半導体系は、青色LEDの材料としても知られていますが、電力変換などに使われるパワーデバイスとしても非常に注目されています。例えば、最近の65 Wクラスの ACアダプタには、GaNがよく使われています。私の研究室では、これらInP系と窒化物半導体系のトランジスタを中心に研究を進めています。かつてはSiトランジスタのチャネル層の代わりに化合物半導体材料を導入する研究も行っていましたが、技術のロードマップの変化などもあり、現在は化合物半導体デバイスそのものに注力しています。

### ▶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。

学部では電子物理工学の分野に進みました。高校時代にアマチュア無線をやっていたこともあり、当初は回路に興味があったのですが、非常に才能のある友人がいて、これは回路では勝てないと感じて別の道を考えました。半導体は個人で趣味としてできるものではない、大学や研究機関でしかできない分野だと考え、半導体の道を選びました。半導体の研究室を志望し、最初は半導体レーザの研究からスタートし、結晶成長やウェットエッチングなどを経験しました。博士課程を修了する際に、そのまま研究室に残るよう勧められ、私はレーザの研究を続けるつもりでいたのですが、末松安晴先生から電子デバイスの研究をするように言われ、古屋一仁先生と共に助手の頃から電子デバイスの研究を始めました。ある意味、流れに乗ってこの分野に進んだという側面もあります。材料としては学部四年生から一貫してInPを扱っており、もう40年以上になります。InPは、当時から光ファイバ通信において、1.3μmや1.5μmといった波長で光る半導体レーザの材料として最適でした。今でもInPと言えば光通信のための材料と言えます。

### ▶ご研究の今後の展望についてお聞かせください。

私自身も64歳になり、これからの研究は私個人のというよりは、この分野全体の将来性についてお話しすることになるかと思います。InP系のデバイス、中でもHBTには将来必須となる可能性を秘めた要求が出てきています。なぜなら、現在、世界で一番速いトランジスタの材料はInPだからです。高周波デバイスの速さを決めるのに使われるのは、トランジスタの電流増幅率の大きさが1となる周波数である電流利得遮断周波数$f_T$値と、トランジスタの電力利得が1になる周波数である最大発振周波数$f_{max}$値です。どちらの値でも、現在最高の値を出しているのはInP系のデバイスです。

現在、通信のデータ量は爆発的に増大しており、光ファイバ通信においてもより高速化が求められています。一つの波長で送る情報量を増やすために、信号の周波数をどんどん上げており、今や200 Gbaudを超えるような信号を扱う必要が出てきています。Siではこの周波数帯のトランジスタを実現することは非常に困難です。ここでInP系のデバイス、特にHBTが候補として浮上しています。これは通信の幹線系、つまり東京から大阪、あるいは大陸間といった長距離を結ぶ大容量バックボーンネットワークにおいて重要になると考えています。5Gや6Gといった無線通信の容量が増えるにつれて、基地局までの有線区間や、基地局から集約されて伝送される幹線系において、より高速なトランジスタが必要になるためです。

昔は日本の多くの企業がInP系デバイスの研究開発を行っていましたが、需要が停滞した時期があり、現在国内でこの分野の研究開発を継続している組織は限られています。プレイヤーが少ないという課題はありますが、今後の高速通信の発展において、InP HBTが不可欠な技術となる可能性は十分にあります。

### ▶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。

印象に残っているのは、ドライエッチング装置「RIE-10NR」です。なぜかというと、それ以前はバルブを一つ一つ手動で操作していましたが、RIE-10NRが登場し、タッチパネルのボタン一つでレシピ通りに加工できるようになったことは画期的な出来事でした。再現性も良い装置ですので、私たちは最終的にRIE-10NRを3台購入し、大いに活用させていただいています。使い勝手やサービスにつ

いても、良いレベルだと感じています。

また、液体ソース対応のプラズマCVD装置も私たちの研究にとって不可欠なワークホースとなっています。TEOS（テトラエトキシシラン）は$SiH_4$（モノシラン）に比べて圧倒的に扱いやすく安全だと感じています。$SiH_4$は可燃性のガスであるため、学生には高圧ガス保安講習を必ず受けさせていますが、TEOSはそれに比べるとそれほど怖くない。これは大きな違いです。

現在使用しているプラズマCVD装置「PD-200STL」は、プラズマCVD装置「PD-240」から置き替えた装置で、主に$SiO_2$の成膜に使用しています。これらの装置が安定して稼働してくれるおかげで、デバイスの研究開発に集中できています。大学の研究室において、手軽に扱えて再現性良くプロセスができるため、非常に価値が高いと感じています。

**“大学の研究室において、手軽に扱えて再現性良くプロセスができるため、非常に価値が高いと感じています。”**

大学で装置を共用化して使用するという仕組みについても少しお話させてください。科研費や国プロといったプロジェクト予算で購入した装置は、本来そのプロジェクトのためだけに使うべきというルールがあります。しかし、一つのプロジェクトに多くの教員や学生が入っているわけではないですし、高額な装置をプロジェクトごとに購入するのは現実的ではありません。そこで、20年ほど前に文部科学省の事業として、装置を共用化し、利用料を払って使用できる仕組みが作られました。現在これはARIM（マテリアル先端リサーチインフラ）という形に発展しています。

このように共用化することで、使用料を徴収する形で消耗品の購入やメンテナンスを研究室で分担できますし、厳密なルール上も問題なく様々な研究プロジェクトで装置を使用できるようになりました。御社の装置もこの共用化事業の中で、多くの研究室で利用されています。特にプラズマCVDやドライエッチング装置は、化合物半導体分野の多くの研究室でメインの装置として活躍していると聞いています。

写真手前より
アノード/カソード切り替えプラズマCVD装置「PD-200STL」
ICPエッチング装置「RIE-101iPH」
平行平板型ドライエッチング装置「RIE-10NR」「RIE-10NRN」
液体ソースCVD装置「PD-100ST」

### ▶ 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。

私が研究で心掛けていることは、何よりも「自分がワクワクすること」をやるということです。新しいアイデアを考えたり、それがうまくいったりする瞬間に一番楽しさを感じます。実験的にうまくいった時はもちろんですが、シミュレーションの結果が期待通りになったり、新しい知見が得られたりする時も同様です。

学生には、研究の初期段階ではすぐに新しいアイデアを出すのは難しいという話をしています。半導体デバイスを作製するには、まず基本的なプロセスを理解し、手を動かして経験を積む必要があります。最初の半年間くらいは、何も分からなくてもまずは言われた通りにやってみるしかないかもしれません。しかし、その経験を通して疑問を持ち、それを解決するためのアイデアを考え、「こうしたらどうなるだろう?」と試してみる。そして、それがうまくいった時には、本当に嬉しいはずだと伝えています。

もちろん、アイデアは思いつくだけでなく、実現可能である必要があります。まずは、今何ができるのか、どんな技術があるのかをしっかりと理解した上で、新しいアイデアを考えてほしいと思っています。学生の中から時々、面白いアイデアを出してくる人がいて、それを一緒に実現しようと試みるのも楽しい経験です。それが成功すれば、学生自身の大きな自信にも繋がります。

### ▶ 休日はどのようにお過ごしでしょうか?

趣味が水球で、出来るだけそのための練習などをしています。水球は高校1年生から始めて、もう50年近くになります。大学では水泳部の顧問も務めており、今でも毎週とまではいきませんが、土曜日に水球をしたり、週に2回ほどプールで泳いだりしています。先日も夕方に1.2kmほど泳いできました。

宮本先生とICPエッチング装置「RIE-400iP」

水球は非常に体力を使うスポーツなので、楽しむためには体力が必要です。ディフェンスでもオフェンスでも、相手についていったり、追い越したりするためには泳力が欠かせません。ボールを扱う練習も大切ですが、基本はやはり泳力だと考えています。来月下旬には台湾でワールドマスターズという大会があり、50代以上のチームで出場する予定です。競技を通じて、健康維持に努めています。

### ▶ 最後に弊社に対して、一言お願いします。

御社のプラズマCVDやドライエッチング装置のような自動化された装置が大学の研究室に入ったことは、日本の大学における半導体研究のあり方を大きく変えたと思っています。それ以前の装置は構造がシンプルで、壊れても自分で直せるといったところもありましたが、逆に装置を全て理解して、メンテナンスも自分でやらなければならないところがありました。現在の装置はポンとボタンを押せばレシピ通りに再現性良くプロセスを実行してくれる。これにより、学生や研究者は装置の操作やメンテナンスに過度に時間を取られることなく、研究の他の側面に集中できるようになりました。これは研究効率の向上に大きく貢献しています。

大学の研究機関にとって、御社の装置のように、研究室の規模に適した大きさで、再現性良くプロセスできる装置は貴重です。これからもぜひ、大学の研究をサポートするような、使いやすく信頼性の高い装置を提供し続けていただきたいと期待しています。

**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。**

取材日：2025年4月23日

**“大学の研究をサポートするような、使いやすく信頼性の高い装置を提供し続けていただきたいと期待しています。”**