



理化学研究所  
テラヘルツ量子素子研究チーム  
チームリーダー

ひらやま ひでき  
平山 秀樹 先生

## プロフィール

- 1994年3月 東京工業大学大学院  
電子物理工学専攻  
博士課程修了・工学博士
- 1994年4月 理化学研究所  
半導体工学研究室・研究員
- 2003年4月 理化学研究所  
石橋極微デバイス工学研究室  
先任研究員
- 2005年10月 理化学研究所  
テラヘルツ量子素子研究チーム  
チームリーダー

サー、紫外線硬化樹脂、生化学産業など様々な利用できます。

## ご研究を始められたきっかけと経緯についてお聞かせ下さい。

博士課程までの研究では1.5μm帯の通信波長帯の半導体レーザーの開発、特に量子ドットレーザーを作る研究をしていました。93年に世界で初めて量子ドットレーザーを通信波長帯で発信させたのは私の研究でした。博士課程を出てすぐ理研に来て何の研究をするのか大変悩みました。最初は、発光デバイスの効率を極めようと、フォトニック結晶を使った発光デバイスの研究をしていました。そのうちに、窒化物材料に興味をもちました。当時中村修二氏が、青色半導体レーザーの一万時間発光を達成し、青色発光ダイオードの用途が大きく広がるのでしたので、そういう研究をしてみたいというのがきっかけでした。青色はすでに世に出ていたので、誰もやってない波長の紫外をやろうと、97年ごろから今の深紫外の研究を始めました。

研究は、当時としては最短波長の230nmで量子井戸を作り、フォトルミネッセンスはよく光るところまで進みました。しかし、まだ結晶の品質が上がっておらず、貫通転移の多い結晶上では、発光効率がなかなか上がらず、低温ではよく光るが、室温ではあまり光らず、なかなかデバイス化できませんでした。それでも1999年頃は、我々が当時最短波長の333nm～308nmくらいのLEDを作り、深紫外の最短波長領域を築いていました。2000年になると、アメリカの国防高等研究計画局DARPAで、深紫外固体照明プロジェクトが桁違いに大きい予算で始まりました。その為、2005年くらいにかけて、250nm～300nmという短波長LEDの成果をあげられてしまい大分悔しい思いをしました。

2006年にAlNの貫通転移を飛躍的に下げる結晶成長構造を考え、盛り返してきて、2007年には250nm～300nmくらいの波長を大体網羅してアメリカの結果に追いつきました。2008年にはアメリカの結果を追い抜き、波長的にも220nm～350nmの非常に広い範囲でできるようになって、効率も出力もアメリカを追い越しました。2008年と2009年は我々が多くのトップデータを創出しました。今年の春になってからは、国内で研究開発競争が激しくなっています。そういった浮き沈みがあって、現在の状況があります。

## 産学官連携についてはどのようにお考えでしょうか。

今回のSamco-Interviewは、理化学研究所を訪ね、テラヘルツ量子素子研究チームの平山秀樹先生に深紫外発光ダイオードのご研究についてお話を伺いました。

## 平山先生のご研究内容、テーマについてお聞かせ下さい。

半導体発光素子の波長の中でも、一番短い波長の深紫外の発光素子と一番長い波長のテラヘルツの量子素子という両極端の研究を行っています。どちらも半導体の分野の中でまだ研究が進んでおらず、これまで光源があまりなかった領域です。そういうフロンティアな領域を研究しようというのが一つのテーマです。

まだ半導体化していない領域を開発すると、応用展開が非常に開けてきます。例えば、紫外レーザーだと、エキシマレーザーとかSHGレーザーとか非常に値段の高い、しかも効率の低いようなレーザーしかありません。それが紫外の半導体素子になると、一般応用に花開き、家庭でも使えるようになります。テラヘルツの応用領域も非常に広いのですが、同様に半導体化できていません。今までなかった波長の半導体レーザーや半導体の発光素子を開発し、応用分野を開く。そういったことをテーマに研究に取り組んでいます。

## 「深紫外発光ダイオード」とはどのようなものでしょうか。

深紫外というのは、波長200nm～350nm帯の紫外波長領域を我々が独自に定義している呼び名です。紫外光にはUV-A、UV-B、UV-Cと

いう分類があります。UV-Aとは地上に降りそぐ光で、波長的には300nm～350nmくらいの領域。UV-Bとは、280nm～300nmでオゾン層によって地上に降りてくる光の強度が変化する領域。そして、地上に降り注がない280nmより短い領域をUV-Cと呼びます。深紫外発光ダイオードはUV-AもBもCも全ての領域を出力することができます。

深紫外は、同じく窒化物半導体を使用する青色に比べ、2倍くらいのエネルギーをもつ波長の短い領域です。InではなくAlを混晶したAlGaNを使うことで、非常に短い波長の深紫外発光ダイオードを作成することができます。我々のこれまでの研究によって、全く光らない領域から、ようやく光る領域に入ってきたところで、従来0.5%以下であった発光の内部量子効率を、80%まで上昇させることに成功しました。しかし、現在のところ深紫外発光ダイオードのトータルのデバイス効率である外部量子効率は最高で2%程度です。

深紫外発光ダイオードの外部量子効率が青色LED並みの80%を達成できるようになれば、応用分野は大きく広がります。深紫外発光ダイオードの応用として一番考えているのが、殺菌です。波長帯260nm～280nmの深紫外光は、地上には降り注がない波長で、DNAを破壊する性質があります。その深紫外光は殺菌、皮膚治療といった医療分野に応用できます。その他、公害物質の高速分解処理、NO<sub>x</sub>ガスの無害化、深紫外DVD、高演色蛍光灯、各種セン

産学官連携について二つ思うことがあります。一つは、自分で発案して開発したものを世に出す為には、産業との連携は必要不可欠であるという考えです。研究成果を世に出す為にはどうしても産業と結び付けないといけませんので、産学官の連携は極めて重要だと考えています。もう一つは、産学官の連携は企業と我々のような研究所双方に大きなメリットがあるという考えです。企業、特に半導体メーカーなどですと、非常に高いバックグラウンドの技術を持っていて、研究所でやっている研究より非常にレベルが高いと思います。一方、我々は、新しいアイデアや発想で勝負しています。しかし、企業のように基礎的な安定した技術を立ち上げるというのが、時間的、予算的に難しい。産学官連携によって、我々は企業の基礎的な高い半導体のプロセス技術を勉強し、それととりいれることができます。その代わりに、我々も新しいアイデアを提供していきます。企業と我々のような研究所が共同で研究するのは、技術的にも人間的にも交流が深まって大変有益で、大いに進めるべきことではないかと思えます。

### 今後のご研究の展望について教えてください。

戦略的創造研究推進事業 (CREST) のプロジェクトである、深紫外LEDと深紫外半導体レーザーの研究を進めようと考えています。深紫外LEDについては外部量子効率が先ほど申し上げたように、まだ2%くらいというのが現状です。青色LEDは研究開発が進んでいて、外部量子効率は80%以上までできています。深紫外LEDは光取り出し効率と電子注入効率を向上させる為のアイデアが着々と発案されており、今後青色LEDの歴史をたどって改良されていくと考えています。

青色LEDも90年代の初頭のころには数%程度の外部量子効率でしたが、現在は80%ですから、それと同じような歴史を深紫外LEDもたどって、2%から10%、ゆくゆくは60%から80%という領域まで持っていきたい。シングルチップで数Wの出力ができる深紫外の殺菌用のLEDを作ろうと考えています。また、深紫外半導体レーザーは、現在336nmというのが、世界の最短波長なのですが、250nm~280nmくらいまで発振波長を短くしていきたい。その為のp型AlGaInがなかなか作成できない、という大きな問題がありますが、いずれ実現できると考えています。

### 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。

研究をしていると、昨日はできなかったことが、

今日ではできるようになったというブレイクスルーが達成される瞬間があります。そういったブレイクスルーを通して若い研究者に研究をおもしろいと感じてもらおうということを心がけています。体験して新しい技術やアイデアを導入したり、新しいメカニズムの発見があったり、そういう感激があるので私は研究を続けていますし、研究はおもしろいと感じます。その成果が世界のトップレベルの研究であれば、より一層の感動があると思います。その為にはバックグラウンドが必要で、装置や研究の為のセットアップ等も常に世界のトップレベルでないとはいけません。若い研究者が常に世界のトップレベルの環境で研究できるバックグラウンドを整えるのも大切だと考えています。

### ご趣味についてお聞かせ下さい。

小さい時からものを作ることが好きでした。小学校4年か5年の頃には真空管ラジオは何台も作りましたし、中学生の時には、トタン板をいっぱい切って、それを重ねて鉄心を作りコイルを巻いて、100Wくらいの変圧器をよく作りました。鉄道模型もだいふ作りましたし、高校生の時はリニアモーターカーを作って走らせたりしていました。趣味の延長線上にあって、MOCVD装置を作るのが、趣味と言ってもいいかもしれません。高圧電源やアンプの信号処理など、弱电から強電まで、ほとんどの回路は作れます。研究所には、リアクターを自作したMOCVD装置が既に何台かあります。そういう小さいところからの電気工作が一つの趣味です。

### 最後にサムコに対して一言お願いします。

R&Dで使用する自由設計の装置を作って頂きたいと思っています。国内ではそれをやってくれる会社はほとんどありません。結局、自分で設計して、自分で作るということになりますので、時間がかかります。研究者の要望に応じたR&D用の装置を開発して頂けるとありがたいと思います。

まだ開発段階にある、特に窒化物半導体エビ成長でリアクターを最適化したり、新しいリアクターを作ったりすることが必要になってきます。かなり技術力も要しますが、新しい設計を盛り込んだ、要望に応じた装置の開発をして頂けると、日本の研究は大きく進むと思います。

### 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。