



大阪大学 基礎工学研究科
システム創成専攻 教授

おかもと ひろあき
岡本 博明 先生

今回のSamco-Interviewは、大阪大学を訪ね、基礎工学研究科教授の岡本博明先生にアモルファスシリコン太陽電池のご研究についてお話を伺いました。

ご研究内容、テーマについて お聞かせください。

一言で言うとアモルファス・ナノ材料の物性解明と光電デバイスの応用というテーマを研究してきました。現在はその中のアモルファスシリコンと微結晶シリコンを組み合わせた太陽電池の研究を進めています。微結晶シリコンとは、簡単に言えばアモルファスシリコンのネットワークの中に小さな結晶が埋まっているというようなもので、その結晶を上手にコントロールすると太陽電池にもなるという優れたものです。最近プラズマCVDのプロセスに立ち戻っての薄膜シリコン系材料の物性制御とそれによるデバイス性能の改善に努めています。

ご研究を始められたきっかけと 経緯についてお聞かせください。

私が大学院修士課程の学生であった1975年頃に英国のDandee大学から、プラズマCVD法(当時はグロー放電分解法と言いましたが)で成膜したアモルファスシリコンに光感度があり、ドーピングにより、pn制御が可能であることが報告されました。翌年の秋に、米国のRCA社から、アモルファスシリコン太陽電池の

プロフィール

- 1975年 大阪大学 基礎工学部 電気工学科 卒業
- 1977年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 修士課程修了
- 1980年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 博士課程修了
- 1980年 理化学研究所 流動研究員
- 1981年 大阪大学 基礎工学部電気工学科 助手
- 1990年 大阪大学 基礎工学部電気工学科 助教授
- 1996年 大阪大学 基礎工学部電気工学科 教授
- 1997年 大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授(組織変更)

第一報が出され、当時師事していた濱川圭弘先生(元立命館大学総長顧問、大阪大学名誉教授)と相談し、大学院博士課程の研究テーマに選びました。デバイスとしては、日本で初めてのアモルファスシリコン太陽電池の研究でした。それから、日本中の企業を訪問して不要になったCVD装置の関連機材を寄せ集めて、1977年の夏にまがりなりにも“装置”と呼べるものを造りあげ、研究が本格的に動き出しました。

アモルファスシリコン太陽電池の 特徴をお聞かせください。

一般的に言われているアモルファスシリコン太陽電池のポイントは2つです。1つは、結晶シリコンに比較すると可視光の光吸収係数が高いので結晶シリコンの膜の厚みに対して1/100程度の薄い膜で太陽光を吸収できるため材料が少なく済むということです。2つ目は、低温プラズマCVD法で作れるため、薄膜・接合形成、モジュール化という各プロセスの一貫製造が可能ということです。そのため、低コストでしかも量産化が可能な太陽電池と言われてきました。しかし、1つ目の特徴は「光吸収係数が高いため薄くできる」ということではありません。正しくは「キャリア輸送特性が悪い

め、厚くできない」のであり、つまり「薄くしなければ動作しない」のです。厚くできないということは、厚く積むことのできる結晶系のシリコンにはどうやっても電流特性では勝てないのです。2つ目の特徴に関しても、真空装置を必要とするプロセスが低コストで量産に適しているとは軽々に言えないのではないかと思います。

アモルファスシリコン太陽電池の本当の特徴は「バンドギャップが大きいため高い電圧が得られ、太陽電池性能の温度依存性が少ないこと」と私は考えています。そして、他の太陽電池系と組み合わせたタンDEM型や多接合太陽電池の一要素と見なせば、この特徴を大いに活かすことができます。

しかし、アモルファスシリコン太陽電池には光劣化という問題があります。それは太陽電池を光にさらすと、準安定な欠陥が誘起され、光から電流への変換効率が低下してしまう現象のことです。低下する変換効率は様々な環境に応じた安定化ポイントと呼ばれる値でとどまりますが、その値は非実用的であり、アモルファスシリコンを含む薄膜太陽電池の変換効率向上の足枷となっています。500nm程度の厚さでアモルファスシリコン太陽電池が大量に作製できればベストなのですが、この光劣化が起きるため、200nmか300nm程度に薄くします。そうすると、材料ではなく、見た目として光劣化は抑制されます。また、表面を凹凸にして、光を斜めに反射させ薄膜中に閉じこめることで、多くの光を吸収するという「光閉じ込め効果」を用いるアプローチも行っています。それらを組み合わせてアモルファスシリコン太陽電池の光劣化を抑制しようとしています。

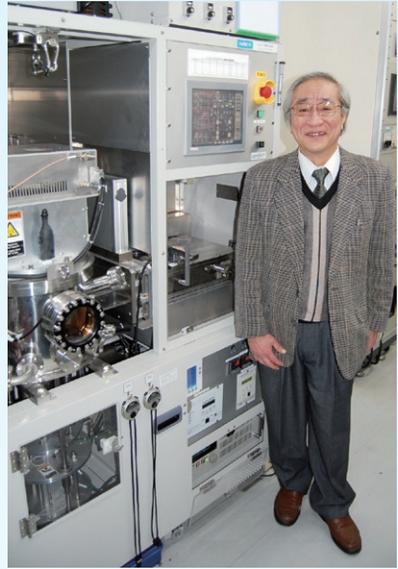
CREST(科学技術振興機構の進める 戦略的創造研究事業の一つ)の プロジェクト「アモルファスシリコンの 光劣化抑止プロセスの開発」について お聞かせください。

薄膜シリコン系太陽電池の実用化のために、アモルファスと微結晶シリコンを組み合わせたタンDEM型太陽電池構造を採用する必要があります。短波長光に強いアモルファス

と、長波長光に強い微結晶をつなぎあわせて、アモルファスシリコンの高電圧特性を活かすのです。しかしながら、光劣化によって、アモルファスシリコン太陽電池の特性が低下すると、タンデム型太陽電池の性能も低下することになります。つまり、アモルファスシリコン太陽電池の光劣化を抑えなければ、薄膜シリコン系太陽電池の実用化はありえないということです。光劣化を抑える手法としては、先ほども申し上げた通り、薄膜化や光閉じ込めの強化等がありますが、我々のグループでは、プラズマCVDのプロセスの原点に立ち戻って、材料として光劣化の少ないアモルファスシリコンを作り上げようとしています。光劣化は光照射により、シリコンの結合のネットワークの中に未結合種、すなわち欠陥が生成されるためであり、それはSi-H₂結合やネットワークの乱れに起因しています。これを本質的に解決するために、サムコさんには、特殊仕様のプラズマCVD装置を造っていただいたというわけです。ですからこのプロジェクトの非常に重要な役割を担っていただいています。

サムコの装置をどのように使用していただいていますか？

サムコさんの装置は2台使用しています。1986年に納入していただいたマルチチャンバープラズマCVD装置Model:PDM-303は、デバイス作製とアモルファスシリコン系の物性に関して非常にいい研究成果を出すのに使用させていただきました。p型の微結晶SiCを使ったアモルファスシリコンのヘテロ接合太陽電池で当時の最高変換効率を達成し、また、SiCとSiを交互に積んだアモルファス超格子を作製して、世界で初めて明確な「量子サイズ効果」を観測しました。また、2010年にCRESTのプロジェクトで導入していただいたプラズマCVD装置Model:PD-101HCDは、先ほど言いました光劣化抑止プロセスの開発用に我々の必要とする仕様を備えた装置と言えます。現在はその装置の50%程度の能力を引き出していると思いますが、すでに非常に光劣化の少ないアモルファスシリコン薄膜が成膜できています。ここからは我々がその装置をどう活用できるかにかかっていると考えています。



Model:PD-101HCD

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？

「信じない」ということです。論文や学会発表された結果をそのまま鵜呑みにせず、あくまで参考程度にとらえ、本研究室で学生が出したデータも簡単に信用しません。データ検証をとことん行って、そこから、基本的なアイデアとの整合性を吟味・改訂して、次へのアプローチを構想するようにしています。自分自身が検証、実証して納得しない限り、何も信じないということです。

最後にサムコに対して一言お願いします。

プラズマCVD装置に限定しますと、ほとんどの装置メーカーは「成膜」や「デバイス製造」の経験が無いように思います。実際に装置を使用して成膜しないとわからないことがたくさんあり、そういう経験がないと装置を改良することや、新しい装置を創造することはできません。このあたりは、成膜やデバイス製造を行っている機関との共同研究が効果的であり、サムコさんとは、今そういうインタラクティブな関係ですので、今後お互いの経験を相互に供与し合えれば良いと思います。

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。