

Samco-Interview

東京工業大学 大学院総合理工学研究科長 教授

石原 宏 先生



●プロフィール

- 1945(昭和20)年 東京都生まれ
- 1968(昭和43)年 東京工業大学理工学部 卒業
- 1970(昭和45)年 東京工業大学大学院理工学研究科修士課程 修了
- 1973(昭和48)年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程 修了
工学博士 東京工業大学工学部 助手
- 1976(昭和51)年 東京工業大学大学院総合理工学研究科 助教授
- 1989(平成1)年 東京工業大学精密工学研究所 教授
- 1998(平成10)年 東京工業大学フロンティア創造共同研究センター
教授
- 2003(平成15)年 紫綬褒章受賞
- 2004(平成16)年 東京工業大学大学院総合理工学研究科
研究科長・教授

今回のSamco-Interviewは、東京工業大学を訪ね、大学院総合理工学研究科長で物理電子システム創造専攻の石原先生に強誘電体メモリのご研究などについてお話を伺いました。

本年4月からスタートした物理電子システム創造専攻についてご紹介頂けますか。

この4月から物理電子システム創造専攻になりましたが、それまでは電子機能システム専攻でした。電子機能システムでは、デバイス材料というハードウェアの関係の研究者とシステム系の研究者が大体半分ずつおりまして、電子デバイスあるいはそのシステムの研究を一緒に行っていました。大学院総合理工学研究科には、電気系の物理情報システム創造専攻もあり、そこでもデバイス系とシステム系の両方の研究者と一緒に研究を行っていました。そこで、両方の専攻の差がわかりにくいといった受験する学生など外部の意見もあり、今年の4月から改組することとなりました。比較的外部からも研究テーマがわかりやすいように、電子機能システム専攻と物理情報システム創造専攻をデバイス材料系の専攻とシステム系の専攻に分けようということで話が進みました。

デバイス材料系の分野である物理電子システム創造専攻についてお話しすると、材料やデバイスの研究者が集まった専攻であり、集積回路や光デバイス、最近はやりのナノテクノロジーなどを研究対象としています。

強誘電体材料の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。

強誘電体の研究をはじめて、多分12～

13年になると思います。それまでは、絶縁体としてフッ化カルシウム(CaF₂)をシリコンの集積回路の中に取り込む研究をしていました。非常に綺麗な単結晶のフッ化カルシウムをシリコン上に成長させることには成功しましたが、フッ化カルシウムの機能は絶縁性だけであるため、なかなかシリコンの集積回路の中には組み込まれないということがわかりました。ご存知のように、絶縁性という機能では非晶質のシリコン酸化膜と単結晶のシリコンの組み合わせがすでに確立されていたからです。ですから、もう少し機能性の高い材料を使って新たな電子デバイスができないかと思い、強誘電体という機能性の高い材料を集積回路の中に組み込む研究を始めました。ただし、私はあまり下調べもせず研究を始めたのですが、よく調べてみますと、随分昔からこの組み合わせの研究が行われていることがわかりました。しかも難しく、実用化がなかなか見えない組み合わせだということがわかりました。その後、強誘電体とシリコンの間に入れるバッファ層という緩衝層の材料が随分進歩してきた、比較的特性がよくなってきたというのが現状です。

経済産業省の支援で行われた『次世代強誘電体メモリの研究開発』プロジェクト(1999年度～2003年度)の成果についてご紹介頂けますか。

今、お話ししたような強誘電体材料をシリコンのゲート絶縁膜の部分に使って、不揮発性のメモリを作ることがブ

ジェクトの大きな目標の一つでした。バッファ層に最終的にはハフニア(HfO₂)という材料を使った結果、プロジェクトを始める前には1～2時間であったデータの保持時間を30日間にまで長くできたことが一つの大きな成果です。

それから、このプロジェクトのもう一つの目標として、回路の工夫によりデータ保持期間を長くするということがありました。電源が入っているときには時々書き直しをしますが、電源が切れてもその後10年間は保持できるような1キロビットメモリを作り、動作することを確認しました。この二つの目標を達成したことで、経済産業省とのお約束は一応果たせたと思っています。

サムコの装置はどのようなことにご使っていますか。

以前、購入したプラズマCVD装置を使わせて頂いています。原料にTEOSを用いるプラズマCVD装置ですが、先程お話しした経済産業省のプロジェクトの1キロビットメモリを作る研究でも使いました。この研究では、トランジスタの部分は企業で作ってもらい、その後、東工大でキャパシタと上部の配線を行いました。そこでキャパシタを作ったあとの層間絶縁膜の形成にそのプラズマCVD装置でシリコン酸化膜を成膜しました。この装置は非常に耐久性があり、随分長く使わせてもらっています。

今後のご研究の展望について教えてください。

強誘電体メモリのプロジェクトは終わりましたが、強誘電体を使ったメモリの実用化に向けてある民間企業と一緒に研究をしています。それは2~3年後、あるいは5年後には実用化するだろうという比較的近い将来の話です。さらにもう少し先の研究もしたいと思い、半導体としてカーボンナノチューブを使う研究も始めています。カーボンナノチューブはシリコンと違い、たくさん電流を流せるなど半導体として優れた性能を持っていますが、私はカーボンナノチューブの表面の状態が非常によいというところに着目しました。シリコンですと表面の未結合手という原子の手の切れた部分があって、MOSトランジスタはうまくできますが、シリコンと強誘電体を直接付けるとトランジスタがうまく動作しません。そのために先程お話ししたハフニアのバッファ層を入れます。しかし、カーボンナノチューブであれば表面に未結合手がないので、半導体と強誘電体を直接付けられるのではないかと期待しています。もし直接付くようになると、今までにない、もっとデータの保持機能の高いトランジスタ型のメモリが実現するのではないかと期待しています。さらに、カーボンナノチューブ自身は大変おもしろい材料ですから、将来的にもっといろいろな応用ができるのではないかと考えています。

日本の科学技術と将来についてはどのようにお考えでしょうか。

素晴らしい若い方がたくさんいて期待はしていますが、学生の減少、日本の人口減少が気になります。よほど注意しないとハングリー精神がだんだんなくなり、世界的な競争力が落ちてくるのではないかと心配はありますね。特に大学院の充足ということで、多くの学生に来てもらえることは大変結構だと思いますが、競争が昔に比べるとやはり少なくなっています。けっして日本の将来を悲観しているわけではありませんが、大学の場合ですと、海外の優秀な留学生在が来て日本人とお互いに切磋琢磨できる雰囲気を作るようなことが非常に重要だと思います。

最近の産官学連携についてはどのようにお考えでしょうか。

東京工業大学も産官学連携には随分力を入れておりまして、企業と大学の連携に関する包括契約という提携をしています。企業も大学のよいところを取り入れようとしていますし、大学としても企業



が必要としていることを学ぶことは非常によいと思っています。今まで大学には、いわゆるシーズといわれるような技術がたくさんあり、それらが使われずにいました。そのため、企業の方がそれらを新鮮に思われ、今の時点では連携が大変うまくいっているのではないかと考えています。今後については、大学の蓄えがだんだん減ってきますので、大学もさまざまなフェイズで頑張らないと次が続かないという心配はあります。企業の方は2~3年、あるいはせいぜい5年くらい後に実用化することを一つの目安に考えていますから、それだけに対応していると大学の次の蓄えがなくなってしまうという心配はあります。その意味では、例えば若い研究者は先の長い研究を重点的に行うとか、人によっていろいろな研究をしていくことが産学連携を長続きさせるのではないのでしょうか。

先生のご趣味についてお聞かせください。

趣味はテニスとゴルフです。年とともに眠りが浅くなってきていますが、テニスやゴルフをした日はよく寝られますので、リフレッシュのもとになっていると思っています。

最後にサムコに対して一言お願いします。

昔から意欲的に新製品を開発され続けていますね。我々の規模にとっては、非常に使い勝手のよい装置を作られています。サムコさんの装置は購入してから多分15年くらい経っているのではないのでしょうか。それでも現役として使わせてもらっています。そういうところに信頼性を非常に感じています。大型の量産用装置もたくさん作られていると思いますが、大学にとって使い勝手がよい装置も捨てずに、今後とも力を入れてくださることをお願いしたいと思います。

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。