



プロフィール

1986年 中央大学理工学部電気工学科 卒業
1988年 中央大学大学院理工学研究科
電気工学専攻博士前期課程 修了
新日本製鐵株式会社 入社
1996年 工学博士(東京大学)
1998年 科学技術振興事業団 研究員
1999年 香川大学工学部 助教授
2005年 香川大学工学部 教授
2007年 静岡大学電子工学研究所 教授

静岡大学 電子工学研究所
教授

はしぐち げん
橋口 原 先生

今回のSamco-Interviewは、静岡大学を訪ね、電子工学研究所の橋口原先生にMEMS(Micro Electro Mechanical System:微小電気機械)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。

半導体微細加工技術を利用して作製するMEMSを研究しており、ナノテクノロジー研究に資する機能化微小プローブや物理センサの開発をメインに行っています。具体的には、『Si(シリコン)のエレクトレット化(帯電)したMEMS』という、表現的に正しいのかどうかわかりませんが、普通の静電アクチュエータにエレクトレット膜を形成し、例えば自己発電型のセンサを形成するとか、最近話題になっている環境振動発電といったようなものに利用するデバイスの研究です。エレクトレット化の手法は極めて簡単で、Siのウエットエッチングで使われるKOH(水酸化カリウム)水溶液をN₂(窒素)でバブリングし、KOHを含む水蒸気でSiを酸化するという方法を用います。酸化膜の中にアルカリイオンが含まれると、そのイオンが作る電界でMEMSが動くようになります。アルカリイオンは、一般的には半導体製造工程において一番避けなければならない不純物です。それを逆にとり、これを入れると帯電したMEMSができるということがわかり、先般論文発表したばかりです。この帯電したMEMSでは40Vくらいの電圧が出ており、今後さまざまなデバイスに展開していきたいと考えています。

もう一つの研究テーマとして、BEANS(Bio Electromechanical Autonomous Nano Systems:従来のMEMS技術とナノ・バイオ技術が融合し自律的に機能する異分野融合型次世代デバイス)という、国のプロジェクトがあります。その中で『静電型MEMSにトランジスタを集積化するデバイス』について研究しています。MEMSの側壁にトランジスタを付けることによってMEMSの変位をダイレクトに検出できるようになり、加速度やジャイロなどの物理センサやSAWフィルタのような電子素子(表面弾性波:特定の周波数帯域の電気信号を取り出す素子)に展開していくことを目的としています。

MEMS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。

もともと修士課程では結晶成長の研究をしていました。その後、新日本製鐵に入社しましたが、ちょうど鉄鋼会社が多角化経営ということで半導体分野に参入し始めた時期にあり、配属された部署がセンサの部署でした。そこでの上司から半導体マイクロマシーニングという分野があるのでそれを調査し、できることを考えるように指示されたことがMEMSの研究を始められたきっかけです。最初、東北大学の江

刺先生を訪ねて指導して頂き、その後、東京大学の藤田先生の指導を受け、そこで博士の学位を取りました。

当初は、ファブリケーションを中心に研究してきましたが、今は少し方向性が変わり、理論面についても詳しく研究しています。現在のエレクトレット素子の研究やMEMSにトランジスタを集積化する研究を始めたのは、静岡大学に移ってからになります。こちらに来たとき、しばらくファブリケーションがなかったのも、その間に理論を最初から勉強しなおしました。解析力学や確率仮定論を理解することでMEMSの本質というものを大分再認識できたと思います。MEMSを解析力学的、エネルギー論的に表すようになり、確率仮定論からはノイズについての理解が深まりました。このように研究を進めていき、CMOS-MEMSデバイスの設計効率向上のための設計プラットフォームであるMEMS等価回路ジェネレータの国のプロジェクトに参加しました。等価回路ジェネレータによって回路設計技術者は検出回路や駆動回路を含めた回路システム全体での回路シミュレーションを行うことが可能になるというもので、これはMEMSデバイスの等価回路モデル化に基づいています。この研究に取り組んでいるとき、これまでの理論面の勉強が全て活かされ、それまであまり知らずに作ってきたMEMSの本質が大分わかるようになりました。その結果、静電型MEMSにとってはエネルギー変換している電界がいかに重要かということに気がきました。MEMSではSiが使われますが、モデル化ではSiを金属のように扱います。しかし、SiはSiです。Siは半導体ですから金属とは違ってエネルギー変換する電界があり、その電界がSiの中に入り込みます。Siが半導体であるということとそれまでのモデルでは実は考慮していませんでした。それを考慮した理論を論文で発表することがきっかけで、どれだけ電界がSiに染み込むかという計算を行い、普通にギャップを狭くしていけばトランジスタになると発想しました。この研究は2007年にヨーロッパですでに始まっていましたが、私たちもこのように半導体の理論からモデル化できたので、それを使ってモデル化し、トランジスタの特性を計算してデバイスを作ろうとしています。これが静電型MEMSにトランジスタを集積化するデバイスの研究に至る経緯です。

エレクトレット化したMEMSの研究は、半導体としてMEMSを考えた際のエッチング界面に入るダメージについて理論的に考え直すとうとしたことがきっかけです。サムコさんですとボッシュプロセスでSi深掘エッチングをされま

すが、そのエッチング界面にどれだけダメージが入るのかということを考えました。実際、普通のMEMSではそのダメージをあまり気にしませんが、理論的に考えてみると界面には多くの欠陥ができており、そこに電子などがトラップされています。それによって何がかわるのかということを昔の半導体の文献を持ち出して勉強しました。そうすると、界面にできる欠陥には不純物があり、そこでは当然アルカリイオンも登場します。アルカリイオンが作る電界がトランジスタに対してこのような害を及ぼすと当然書いてあるわけです。それならMEMSにアルカリイオンをたくさん入れてみようという発想になり、今の研究まで行き着きました。アルカリイオンを大量に入れるとそれなりに面白い結果が得られたというのが今のテーマの流れという感じです。

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？

MEMSは商品化されなければなりません、理論のないものは商品化できません。ノウハウだけでも商品化はできるかもしれませんが、まずは作ろうとしているものをきちんとモデル化してどういう特性が出るかわかるようにしなければいけないと考えます。つまり、実験してわかったことを必ずモデル化して現象を理解するようにしています。これは研究では当たり前のことですが、その当たり前のことを静岡大学に来て再認識し、常にモデル化を心がけています。

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？

昔ながらの静電型MEMSを研究していますので、Siの深掘エッチング装置『RIE-800iPB』はやはりキーになる製造装置です。ただ残念ながら、最近は歯歯アクチュエータなどが研究されなくなり、その用途では出番がなくなってきたのかなと思います。私たちはまだまだ深掘エッチング装置で新しいデバイス、新しい製品になるようなものを作ろうとしていますので、普段からよく使っています。あと、リアクティブイオンエッチング装置『RIE-10NR』も使いやすく、SiN(シリコン窒化膜)やSiO₂(シリコン酸化膜)のエッチングに普段から使用しています。

今後のご研究の展望についてお聞かせください。

半導体MEMSは加速度センサや物理センサで出尽くしており、日本勢は海外勢に負けたような雰囲気があります。マイクロフォンは日本勢

が頑張っていますけれども、これも少し押されぎみのようです。しかし、私が今考えていることは、エレクトレット化した静電MEMSを応用し、いわゆるエネルギー変換する電界場がもともとあるようなMEMSがあるとこれまで製品化されてこなかったカテゴリーの製品ができるというストーリーです。それによって再度半導体MEMSを盛り上げていけるのではないかと考えています。バイオMEMSの方は夢があり、面白く、やることは沢山ありますが、我々の半導体MEMSの方もまだやることがあります。大量生産になるようなデバイスを作り上げないと産業として盛り上がりませんよね。それを思って研究しています。ですから、エレクトレット化したMEMSとかMEMSとトランジスタを集積したようなMEMSがセンサの一部品ではなく、電子部品の一部品として使われるようになるということを信じて研究しています。

ご趣味についてお聞かせください。

趣味はたくさんあるといえぱたくさんあります。最近あまりやっていませんが、もともと野球をやっていたので、野球が好きです。静岡大学に来る前にいた香川大学では野球部の監督をしていました。プロ野球では今まで巨人ファンでしたが、来期からの阪神の和田監督が高校時代の野球部の先輩なので、先輩が監督のときだけテンポラリーに阪神ファンになろうと思っています。あと、プログラミングも好きです。休日には、競馬のデータをJRAのホームページからダウンロードして、それに統計的に手を加えて予想ソフトを作って楽しんでいます。

最後にサムコに対して一言お願いします。

サムコさんの技術者は、技術に対して非常に熱心であると思っています。また、とてもフレンドリーであるのでお付き合いさせていただきやすく、大学にとってみれば気軽に相談できるいい会社です。いつまでもそういう姿勢で事業を続けていってほしいと思っています。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、誠にありがとうございました。