

# SAMCO®

VOL.76  
2012.JAN.  
Quarterly

# NOW

発行所 サムコ株式会社  
京都市伏見区竹田藁屋町36  
☎(075)621-7841  
発行者 辻 理  
編集・企画協力 アド・アソシエイツ株式会社

[www.samco.co.jp](http://www.samco.co.jp)



●表紙写真 / はくぼそうらんじんじ 白馬奏覧神事 [上賀茂神社] 1月7日(土)

新年を迎え、冬の透き通った空気が満ちる中、上賀茂神社では白馬奏覧神事が行われます。この儀式は、年の始めに白馬(青馬)を見ると一年の邪気が祓われるという故事に則った、宮中の儀式「白馬節会」あおうまのせちえを神事化したもので、当日は御神前に七草粥が供えられ、神馬を曳いて神前に進み御馬飼の儀が行われます。また参拝者には「厄除七草粥」の接待が行われます。

撮影(c)中田昭

## セミコン・ジャパン2011 報告



## SEMICON<sup>®</sup> Japan 2011

半導体製造装置および半導体材料産業の世界最大の展示会であるセミコン・ジャパン2011が12月7日から9日までの3日間、幕張メッセで開催されました。出展社数831社、総来場者数63,060人と、前年から規模を若干縮小しましたが、サムコブースは今年も多くのお客様をお迎えし、大盛況のうちに終えることができました。

サムコは、『Green Device Innovation ~Wide Band-gap Materials~』をテーマに次世代パワーデバイスへの応用が大きく期待されているワイドバンドギャップ半導体のSiCやGaNの加工装置を最新の技術データとともに紹介し、高い評価をいただきました。また、3次元LSIプロセスへの応用で高く評価されているTEOS-SiO<sub>2</sub>膜形成用プラズマCVD装置やMEMS/TSV分野の生産に対応したボッシュプロセス対応の高速シリコンディープエッチング装置などの紹介も行いました。

サムコの提供するソリューションには、国内だけでなく、中国、韓国、台湾などからの来場者にも高い関心を寄せていただきました。

ご来場いただきましたお客様には、厚くお礼申し上げます。

## 第4回 次世代照明 技術展

ライティング ジャパン

### お知らせ

会期 1月18日(水) ~ 20日(金)

会場 東京ビッグサイト

ブースNo. 西L2-15(西1ホール)

1月18日から20日までの3日間、LEDや有機EL、次世代照明に必要なあらゆる技術とLED照明、有機EL照明の国際商談展である次世代照明技術展 ライティングジャパンが開催され、サムコは本展示会のLED基板製造技術ゾーンに出展します。実績豊富なICPエッチング装置やプラズマCVD装置などを技術データとともにご紹介する予定です。



International Nanotechnology  
Exhibition & Conference  
**nano tech 2012**  
第11回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議

### お知らせ

会期 2月15日(水) ~ 17日(金)

会場 東京ビッグサイト

ブースNo. B-28(東4ホール)

2月15日から17日までの3日間、世界最大規模のナノテク展示会であるnano tech 2012国際ナノテクノロジー総合展・技術会議が東京ビッグサイトで開催されます。サムコは、半導体レーザなどの光エレクトロニクスやMEMS、バイオ関連のナノ加工用ICPエッチング装置やプラズマCVD装置の最新の技術データの紹介を計画しています。



## 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N<sub>2</sub>(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りました。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えるもので、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、私たちが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も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SiO<sub>2</sub>(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ばたくさんあります。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。

## 京の門前菓子

8

京都の西に悠然とそびえる愛宕山。その山頂に建つ愛宕神社は、全国に約900社ある愛宕神社の総本社です。火伏せ・防火に靈験のある神社として知られており、「火過要慎<sup>ひのようじん</sup>」と書かれた愛宕神社のお札は、京都のあちこちで見られます。今回は、そんな愛宕神社の門前名物「志んこ」を作っておられる平野屋さんにお話を伺いました。



## 「志んこ」も店も変わらずにあり続ける

当店は、愛宕神社へ続く参道の「一の鳥居」のそばで、参拝者の方々の一服処として、400年ほど前から変わらず商いを続けさせていただいております。茶屋としてスタートした当店ですが、歴史とともに、旅籠も兼ねたりするなどの変遷を辿り、現在は鮎やぼたん鍋などの季節の料理を提供する料亭としても営業しております。

「志んこ」は、当店の創業とともに作らせていただいておりますが、当店の名物菓子というよりも、愛宕神社門前一带の地域のお菓子としての意味合いが強く、昔はあちらこちらで、その店独自の志んこが作られていました。おかげさまで、京の名物菓子としても知られるようになり、250年ほど前に作られた、京の名物を蒐集・紹介した冊子にも愛宕神社の志んこの記述があります。

しかし、第二次世界大戦によって嵐山から愛宕神社まで走っていた愛宕山鉄道が廃線になったことから、愛宕参りに来られる参拝者が減っていきました。それとともに志んこを販売する店も減り、志んこの伝統が途絶えかけてしまいます。

連続と続いてきた伝統を絶ててはいけないと、当店は、数は少ないながらも志んこの製造を続けておりました。それが近年になり、お参りに来られる方が徐々に増えだしたことから志んこを食べにこられる方も増え、今では再び、愛宕神社門前の名物菓子としてご愛顧いただいております。

## 伝統の味をより多くの人に届ける

当店の志んこは、創業当時から作り方を変えておりません。米粉をこねて、ねじったものを昔ながらの竈<sup>かまど</sup>で蒸し、できあがったものに、きな粉と黒糖をまぶして甘味を足しております。全て手作りですので、米粉をこねるときは、美味しくなるよう、心を込めております。また、竈で蒸す際も、ちょっとした火加減で出来上がりが変わってくるため、薪をくべるのにも細心の注意をはらっております。数多くの人々から愛されてきた昔から続く味を、変わらずに味わっていただくため、毎日きばって作っております。

愛宕神社へと続く参道の周辺も、月日とともに大きく変化してきました。しかし、当店の志んこだけは、変わらずに、今後もその味を多くの人に伝えていきたいと思っております。



## ■ 平野屋

京都市右京区鳥居本仙翁町16  
TEL 075-861-0359  
営業時間 11:30~21:00 無休



## 次世代パワーデバイスのブレークスルーを提案

ワイドバンドギャップ半導体である窒化ガリウム (GaN) や炭化ケイ素 (SiC) を用いた次世代パワーデバイスは、省電力や小型化に優れており、風力・太陽エネルギー発電装置やハイブリッド車・電気自動車、オール電化住宅、鉄道などへの応用が期待されている。今回は、サムコが提案する次世代パワーデバイスの製造プロセスにおけるブレークスルーの一例を紹介する。

### AlGaIn層の厚さ制御 (リセスエッチング)

エッチング量が15nmと浅いゲート電極のリセスエッチングに要求される技術は、低ダメージ化、極低速エッチング、深さコントロール、面内均一性、底面平滑性である。

これらの課題に対してサムコでは、BIAS RF Powerを5W (Vdc=-10V)で、0.8nm/minの低速エッチングを実現している (図1)。面状態もマイクロレンチやピット・ピラーなどなく良好である (図2)。面内均一性も6inchウェーハ内で1nmの差である。

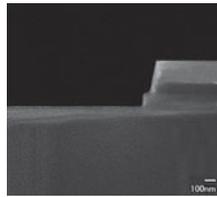
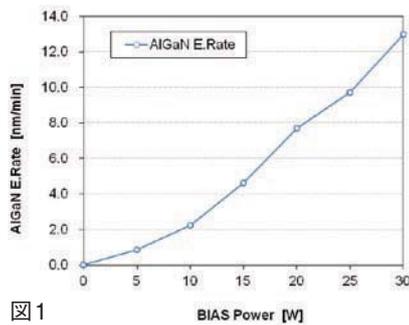


図1

図2

### GaN/AlGaIn高選択比加工によるゲートの形成

GaN系パワーデバイスでは、GaNをエッチングしてAlGaInを露出させることでゲートを形成する構造もあるが、この場合はGaN/AlGaIn選択比50以上、AlGaIn表面の平滑性が必要となる。

これらの課題に対しては、高選択比を得るために、微量の添加ガスを加え、その流量をコントロールすることで高い選択比が実現できている (図3)。さらに装置構成やガス種を最適化することで、選択比100というデータも得られている。

以上はHFET (HEMT) であるが、ゲート部のAlGaInを全てエッチングしたMOSFETの研究開発も行っている。

HFET (HEMT)、MOSFETいずれのエッチングにおいても、光干

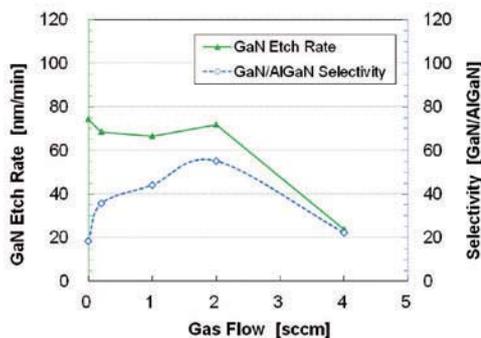


図3

渉型終点検出器を用いることで界面を検出することができ、精度よい深さ制御が可能である。

### PE-CVDによる絶縁膜形成

AlGaIn/GaNのHFETではAlGaIn界面による電子トラップによって抵抗が高くなってしまい、ドレイン電流が流れなくなるという電流クラッシュの問題がある。

これに対し、AlGaIn表面にSiN等の絶縁膜を形成することで、ゲート端の電界を緩和することができ、電流クラッシュを改善することができる。この絶縁膜形成処理ではSiH<sub>4</sub>を原料としてSiNやSiO<sub>2</sub>を成膜している。PD-220シリーズを用いてTEOS-SiO<sub>2</sub>は他の絶縁膜に比べ、さらにゲートリークを減少させることができるとい

う結果も得られている。(図4)\* MOSFETのためのゲート酸化膜の形成も行っており、移動度 $\mu > 136 \text{cm}^2/\text{Vs}$ が得られている。

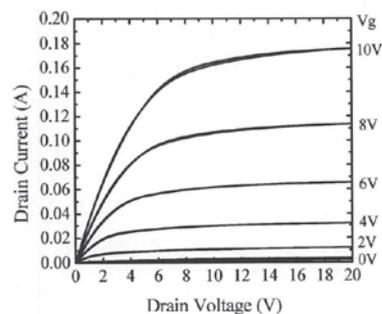
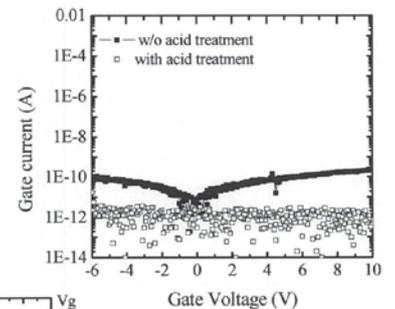


図4

### 4H-SiCデバイスへのアプローチ

SiCのViaエッチングに関しては、現在開発中の高速エッチング装置によって、2 ~ 3 $\mu\text{m}/\text{min}$ でのエッチングが実現している。

トレンチMOS、高移動度のためのゲート酸化膜に関しては、重点テーマとして開発を進めている。

詳細は2011.OCT.Vol.75の「サムコNOW」に掲載しているので参照されたい。

#### Reference

\* K. Nakatani, J. -P. Ao, K. Ohmuro, M. Sugimoto, C. -Y. Hu, Y. Sogawa, and Y. Ohno : Evaluation of GaN MOSFET with TEOS-SiO<sub>2</sub> Gate Insulator, The 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sendai, Oct. 2009.