

# samco®

VOL.86  
2014.JUL.  
Quarterly

## NOW

発行所 サムコ株式会社 むらや  
京都市伏見区竹田藏屋町36  
☎(075) 621-7841  
発行者 辻 理  
編集・企画協力 アド・アソシエーツ株式会社



●表紙写真 祇園祭のクライマックスを体験〔祇園祭 神幸祭／八坂神社〕 7月17日

山鉦巡行が17日の午前中。その余韻が残る夕刻にいよいよ神輿おたびしょが御旅所に向けて出発します。「神幸祭」と呼ばれる神社本来の中心神事の始まりです。スサノオノミコト、クシイナダヒメノミコト、ヤハシラノミコガミの御神霊が宿った3基の神輿が総勢1,000人以上もの勇猛な男達に担がれて差し上げを行う様は圧巻です。祇園石段下の西楼門前に集結し、大きな歓声で湧きかえり、それぞれが御旅所へと巡行します。山鉦巡行を祇園祭のハイライトと呼ぶならば、神幸祭の「神輿渡御」みこし とぎょこそ、クライマックスと呼ぶにふさわしいものです。

撮影 © 中田 昭



## 欧州の半導体精密洗浄装置メーカーの買収を完了 ～欧州での販売・サービス体制を強化～

当社は、リヒテンシュタインのBüchel Holding（以下 Büchel社、代表者 Büchel Herbert）から同社子会社であるUCP Processing Ltd.（以下 UCP社）の株式90%を、2014年5月29日付で取得致しました。新社名は samco-ucp AGと致しました。

今回、買収したUCP社は、欧州大陸の中心部にあるリヒテンシュタインに位置しており、欧州の3大マーケットである独、伊、仏の3ヵ国へのアクセスが容易な立地にあります。UCP社は、半導体精密洗浄装置の製造及び販売を事業としており、当社が従来から手がけているプラズマ洗浄装置とのシナジー効果も期待できます。

UCP社の販売網で当社のCVD装置、ドライエッチング装置などの製品を、欧州を中心にグローバルに販売するとともに、欧州での販売・サービス拠点とします。今後、欧州および一部アジア地域で10億円程度までの市場拡大を見込んでいます。



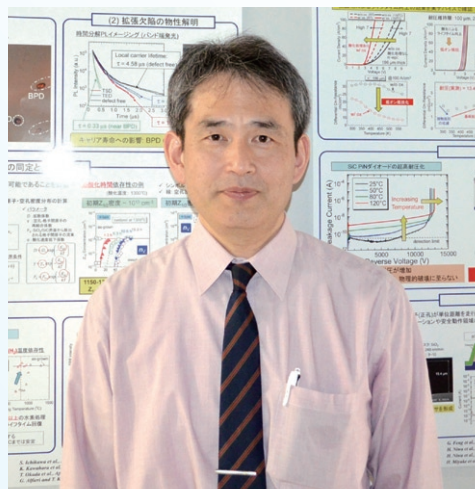
## 米国MOCVD装置メーカーと 販売代理店契約を締結

当社は、米国のMOCVD（有機金属気相成長）装置メーカーのValence Process Equipment, Inc.（ニュージャージー州、以下VPE社）と同社製品の日本国内での独占販売代理店契約及び台湾、中国、韓国、インド、欧州での販売代理店契約を2014年3月17日付けで締結致しました。VPE社は2007年に設立されたベンチャー企業で、これまでLED向けの窒化ガリウム（GaN）を中心とするMOCVD装置を製造、販売してきました。MOCVD装置は高価なプロセスガスを用いるためランニングコストの高さが問題となっていますが、新製品の『SAMCO-VPE GaN-500』は独自の設計による反応室でガスの消費量を他社比で約30%抑えています。量産用装置として設計されており、基板有効径はφ500mmであるため1パッチ当たりφ2インチウエハーで59枚、φ4インチウエハーで18枚の同時処理が可能です。

当社は、今回のMOCVD装置を加えて窒化物半導体向け製品のラインアップ化を図り、MOCVD装置、プラズマCVD装置、ドライエッチング装置、ドライ洗浄装置の一括提供であるワンストップソリューションをさらに積極的に展開してまいります。



MOCVD装置  
“SAMCO-VPE GaN-500”外観



京都大学 大学院工学研究科  
教授

## プロフィール

- 1986年 京都大学工学部電気工学第二学科卒業
- 1988年 京都大学大学院工学研究科  
電気工学第二専攻修士課程修了
- 1988年 住友電気工業株式会社入社  
(伊丹研究所研究員)
- 1990年 京都大学工学部 助手
- 1996年 京都大学 博士(工学)  
スウェーデン国  
リンチョピン(Linköping)大学  
物理学科 客員研究員
- 1998年 京都大学大学院工学研究科  
電子物性工学専攻 助教授
- 2006年 京都大学大学院工学研究科  
電子工学専攻 教授

きもと つねのぶ  
**木本 恒暢 先生**

今回のSamco-Interviewは、京都大学を訪ね、工学研究科 教授の木本恒暢先生にSiC(炭化ケイ素)パワー半導体とSi(シリコン)ナノワイヤ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。

いろいろなテーマを研究していますが、今回は二つをご紹介します。一つはSiCを使ったパワー半導体の研究です。SiCは非常に結合の強い材料で、バンドギャップが広く、絶縁破壊電界がSiの約10倍という性質を持ちます。その特性を活かすと高耐圧かつ損失の少ない電力用の素子を作れることから、現在世界的に盛り上がっているテーマです。SiCの研究に関しては、先駆者である松波弘之先生の後を引き継がせていただいています。材料がSiのように完成したものではありませんので、材料の結晶成長からデバイスの設計まで幅広く研究しています。SiCは結晶成長させて、結晶の中にどのような欠陥が存在して、どのような物性を持っているのか、という材料科学の研究や、SiCに適したデバイス構造の考案とシミュレーション、実際にエッチングやイオンを注入してデバイスを作製して特性を解析するという研究までしています。

もう一つはSiナノワイヤの物理的な研究です。Siナノワイヤとは5~10nmという原子の数が数えられるくらい細い線のことです。その中で、電子や正孔といったキャリアがどのようにふるまうのかを明らかにするという研究をしています。これは単なる物理的な興味で研究しているわけではありません。半導体は微細化の限界が叫ばれて久しいですが(実際は限界だと言われながら、どんどん進化していますが)、ゲート長を微細化したときに生じる現象で短チャネル効果<sup>\*1</sup>という問題に直面

しています。この短チャネル効果をいかに抑制しながら微細化するかが半導体業界の大きな課題なのですが、その一つの解決例として、FinFETというデバイスがあり、実用化が始まりつつあります。そのFinFETの進化系がSiナノワイヤと考えられており、最後にはLSIの心臓部につながっていくのではないかと考えています。Siナノワイヤでは、通常のプレーナー構造に比べて短チャネル効果が桁違いに起こりにくいことがわかっています。

<sup>\*1</sup> 短チャネル効果)チャネル長が短くなると、チャネル部のキャリアは、ゲート電圧だけではなく、ソースとドレインの空乏層の影響を受けてしまう。チャネル長が極端に短くなると、ソースとドレインの空乏層がつながってしまい、常時ドレイン電流が流れる。このような状態を「パンチスルー」と呼び、もはやゲート電圧によってドレイン電流を制御できなくなる。(EETimes Japan記事「微細化の限界に挑む、Siと新材料の融合で新たな展望も」より)

## 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

SiCの研究は恩師の松波先生が数十年前に始められました。私は企業に就職していたのですが、やはり基礎研究がしたくて1990年に大学に戻ってきました。その時に、一番難しいけれども完成したら世の中が変わりそうだと感じて「SiCの研究をさせてください」と松波先生にお願いした記憶があります。その当時は松波先生が大変すばらしい業績を挙げられて、SiCの良い結晶ができるという目処は立っていました。しかし、それが本当にデ

バイスになるかはわかりませんし、SiCのパワーデバイスも世の中にはまだ存在していませんでした。最初は、SiCの絶縁破壊に強いという特性から、高い電圧に耐える素子ができるだろうと漠然と思っていました。その後、Siと同じ耐圧の素子を作ると、動作時の電力損失を1/10~1/100にできることがわかり、これはインパクトがあるぞと本格的に研究を始めることにしました。結晶の高純度化や材料固有の性質の解明、電子移動度を上げるにはどの構造が良いかを考えたり、絶縁破壊に強いことを実証しようとして、トランジスタを作るためにMOS構造の界面の物理的な研究をしたり、という方向に向かっていったのが90年代から2000年代でした。それから無事にSiの限界を突破して、10倍から100倍くらい高性能のダイオードやトランジスタが作製できました。

SiナノワイヤはLSIの短チャネル効果の抑制に使えるという論文は出ていました。ただそれを、実験して証明した人がいない。私たちの研究室では、断面サイズが7~15nm程度のきれいなSiナノワイヤを作ることができました。すると、単電子トランジスタの動作とは違うある物理的な理由で、量子閉じ込め効果による独特の振動現象(電流電圧特性)が見られるようになりました。そして、実測した形状を仮定して、電子がどういう状態で存在するか、またその状態で電子が走ったらどういう電流電圧特性になるかを理論計算して、実験とかなり合うところまで来たところでした。

## 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?

「奇をてらわない」ということです。独創は大事だと思いますが、初めてだったら何でも良いのかというとそれは違います。奇をてらえば、世界初の成果になる研究はいろいろあると思いますが、「奇をてらわない」の先には、成功した時に必ず王道になる、つまり、産業につながります。工学部の人間としては、それを目指したい。実用化されないおもしろい技術というのは世の中にたくさんありますが、大学であれば何をしても良いのかというと、それは私の主義に合いません。研究がうまくいった暁には、かならず世の中で使える、社会貢献できるような研究テーマを設定したいというのが一つ。

もう一つは、大学は教育機関ですから、学生があるテーマを研究した時に、自分で考えて、その人が成長してくれるテーマかどうか、ということを考えています。そのテーマで大変苦労させてしまった経験もあるので、



偉そうなことを言えませんが、学生がそのテーマを得ることで伸びるテーマかどうかということはず考えます。

## 今後のご研究の展望について お聞かせください

SiCに関してはパワー MOSFETが企業から製品として出るようになりました。電車のインバーター制御装置にも採用されていて、東京メトロに続き、今度は小田急線にも搭載されます。しかし、SiCの本当の良さは実はまだ出ておらず、ごまかしながら世の中に出てきています。結晶欠陥が多く本来の力が出ていませんが、幸いSiより特性が圧倒的に良いので、企業は使い始めているという段階です。例えば、SiCパワー MOSFETの酸化膜/SiC界面特性の問題は、本質的には何も変わっていません。ですから、これからの展望としては、酸化膜と半導体の界面を物理的に解明して、SiC本来の特性が出るようにする。もう一度、その基礎に戻って研究しようと考えています。あと最先端研究開発支援プログラム<sup>\*2</sup>で研究させていただいた、SiCでしか実現できない超高耐圧デバイスの基礎研究も継続していきます。スマートグリッドの要となる電力用のデバイスです。2012年に耐圧20kVのデバイスを実現しましたが、既に30kVは視野に入っています。将来的には50kVのデバイスをとを考えています。

Siナノワイヤについては、より理想的な量子細線に近づけようとしています。理論的な計算では、単に細くするだけでは逆に性能が良くないということがわかっています。よく論文で見るのは、断面が円形、正方形といった形のSiナノワイヤですが、試しに長方形のSiナノワイヤを計算してみました。単に形状だけのことで、量子閉じ込め効果が縦方向と横方向に異なるので、正方形よりも縦長の長方形の方が、電子移動度が何倍も速いという理論予測が出てきました。それを実際に作って、実証してみたいという希望を持っています。

<sup>\*2</sup> 最先端研究開発支援プログラム) 新たな知を創造する基礎研究から出口を見据えた研究開発まで、さまざまな分野及びステージを対象とした、3～5年で世界のトップを目指した先端的研究を推進することにより、産業、安全保障等の分野における我が国の中長期的な国際競争力、底力の強化を図るとともに、研究開発成果の国民及び社会への確かな還元を図ることを目的とした、「研究者最優先」の研究支援制度として「最先端研究開発支援プログラム(FIRST(Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology)プログラム)」が創設された。木本先生は「低炭素社会創成へ向けた炭化珪素(SiC)革新パワーエレクトロニクスの研究開発」の中心研究者。

サムコの装置をどのように  
ご使用いただいていますか？  
また、ご感想をお聞かせください。

Siナノワイヤ加工時にサムコさんのICPエッチャー『RIE-I10iP』を使っています。その装置のおかげで、きれいなナノワイヤができるようになりました。また、SiCに関しては、メサ加工時などに使わせていただいています。昔購入させていただきましたプラズマCVD『PD-220』も、様々な研究で幅広く使わせてもらっています。SiやSiC、GaNのデバイスの表面の保護膜やイオン注入するときのマスクとして成膜するなど、頻繁にルーティンで使わせていただいています。

感想としては、基本的に満足しています。比較的小型の装置でありながら、いろいろなレシピのモードがあり、充実しています。そういう点で初心者でも使いやすい。昔だったら細かい手順を書いた5ページくらいのマニュアルがあったと思いますが、サムコさんの装置は非常にわかりやすく、初心者が使いやすい装置になっていると思います。



座右の銘をお教えてください。  
また、ご趣味についてお聞かせください。

「信念」と「情熱」です。根底にあるのは負けん気ですね、自分がこれと決めたものについては負けたくない。そのために、自分の考えを信じて、あとは情熱で乗り越えるしかないかなと思います。

趣味は美術です。制作と鑑賞と両方ですね。制作に関しては、絵を描くこともありますが、焼き物を焼いたりします。もちろん毎日焼いているわけじゃないですが、学生のころから好きだったのですが、実際に制作しているのはここ10年くらいです。

最後にサムコに対して一言お願いします。

辻社長のリーダーシップは本当に素晴らしいと思います。ここまで企業を大きくされて、業界での存在感を年々高くされていることには敬意を表したい。量産用の装置も大事だと思うのですが、大学の人間としては、省スペースで小型の汎用性のある装置も作っていただけるとうれしいです。

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。

## 京の門前菓子

18

くず粉は奈良吉野・大宇陀産の「吉野本くず」。黒糖蜜も選りすぐった沖縄波照間産。極上の素材にこだわり、熟練の職人が手づくりで伝承の製法を極める。「くずきり」は京の味の王者だと思う」と、作家の水上勉氏も、この京銘菓を讃えています。



## 祇園と共に歴史を刻む京菓子の老舗

八坂神社の門前町として賑わう祇園の地に「鍵善良房」が暖簾を掲げたのは、享保年間(1716-1736)と目されています。現存する漆塗り螺鈿模様の菓子外箱(行器)に、享保11年(1726)と記されているからです。ただし、近年になって蔵から「元禄八年(1695)縄手四条上ル廿一軒町町目日」や「元禄三年(1690)新聞御年貢納覚帳」などの史料が発見され、元禄の時代にまで遡る可能性も出てきています。



当時から「鍵善良房」の京菓子は遠来の参詣客をはじめ茶人や僧侶、お茶屋や料亭に出入りする文人墨客や旦那衆、さらに花街の女性たちにも広く好まれ、その名を高めていきました。江戸時代の初期には7座の芝居小屋が点在。多くの観客を集めていたことから往時の活気に満ちた風情を偲ぶことができます。お茶屋が仕出し屋から料理を取り寄せるのと同様に、馴染みの菓子屋に注文して出前させていました。

創業以来、「縄手四条上ル」に店を構えていましたが、明治初期の四条通拡張に伴い「一力亭」の斜め向かいの現在の地に移転。その頃の様子は明治16年(1833)刊行の観光冊子「都の魁」に掲載された銅版画付きの案内でも知ることができます。明治から大正、昭和へと商いは隆盛していましたが、やがて太平洋戦争の激化で暗転。店を再開したのは昭和30年(1955)でした。

## 今も昔も変わらぬ極みへのこだわり

「くずきり」は昭和の初期から今の形で供していましたが、戦後になって、食後のデザートとしたのが評判を呼び、「鍵善良房」を代表する銘菓となります。その素材は極上のくず粉と水のみ。くず粉は今も昔も奈良吉野・大宇陀産の「吉野本くず」を用いています。品質が安定する極寒の時季を選び、職人が時を惜します心を注いで仕上げる名品。くずの根の部分を細かく碎き、地下水で幾度も晒した後に乾燥させる製法は、「吉野晒し」と呼ばれて冬の太宇陀の風物詩になっています。黒糖蜜も選りすぐった沖縄波照間産にこだわり、その滑らかな食感を味わいながら食する格別の滋味は数多くの文化人にも愛され続けてきました。作家の水上勉氏は「私はいつも二杯目をおかわりして笑われる…くずきりは京の味の王者だと思う」と記しています。12代目の時に作られた螺鈿製のくずきり用器は人間国宝の工芸作家・黒田辰秋氏の作品で、陶芸家・河井寛次郎氏の「くずきり」という書も遺されています。また、店内に掲げられている屋号は武者小路実篤氏の揮毫です。京の都が育み磨いた京菓子の文化を、「鍵善良房」は今日も極め続けています。



武者小路実篤氏の揮毫

## ■ 御菓子司 鍵善良房 本店

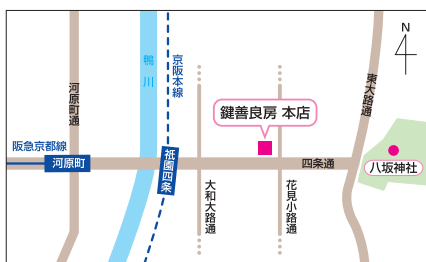
京都市東山区祇園町北側264番地

TEL 075-561-1818

営業時間 9:00~18:00/喫茶 9:30~18:00

(喫茶のオーダーストップは閉店の15分前)

定休日 毎週月曜日(祝祭日の場合は翌日)



## MEMS向け本格量産用高速シリコンディープエッチング装置 『RIE-800iPBC』

【サムコ(株) 開発部】

現在、MEMSデバイスは、製品の高付加価値化に欠かせないものとなっており、また、MEMSデバイスを製造するための微細加工技術は、パイオや医療、光通信の分野でも応用が広がっている。当社は、2003年に日本のメーカーとしては初めてボッシュプロセスのライセンスをドイツ ロバートボッシュ社より供与されており、ボッシュプロセスは加速度センサ、ジャイロセンサなどの車載部品分野、 $\mu$ TASなどの医療機器分野、3次元デバイス等の市場で幅広く使用されている。今回はボッシュプロセスに対応した本格量産用高速シリコンディープエッチング装置『RIE-800iPBC』の装置仕様や応用プロセスの紹介を行う。

### ■装置仕様

装置は1200×2270×2190mmとコンパクトな筐体の中に、ドライポンプとステージ冷却用のチラー以外全て納まっている。Siの高速エッチングを可能にするため、プラズマソースの電源としては5kW出力のものを採用し、排気系は1000sccm以上のSF<sub>6</sub>を流すことができる大排気流量仕様のターボ分子ポンプを採用している。また、スカロップの低減のためコンダクタンスのよい流路設計、エッチングガスとデポジションガスを高速に切り替えるためにALDバルブを使ったガス切替システムを採用、ガスラインとプラズマ発生室を最適なレイアウト構成とし再現性の良いボッシュプロセスを可能にしている。処理室の壁面は反応生成物の付着を低減し、プロセスの安定性、再現性を高めるため、加熱温度制御している。試料側の下部電極にはパルス発振できるBias電源を用い、SOI基板のエッチング時、界面に発生しやすいサイドノッチを容易に防止できる。

### 装置仕様の概略

反応室	Al製 内径φ430mm
下部電極	Al製 φ221mm 静電吸着方式
ICP RF電源	13.56MHz 水晶発振 Max.5kW オートマッチング
Bias RF電源	13.56MHz 水晶発振 Max.1kW オートマッチング
ガス導入系	マスフローコントローラー 5系列
排気系	反応室：ターボ分子ポンプ+ドライポンプ 搬送室：ドライポンプ
外形寸法	1200mm(W) × 2270mm(D) × 2190mm(H)

### 装置外観



### ■プロセス

#### ①チルト対策

例えば1°のチルトがあると厚み200 $\mu$ mのTSVでは約3 $\mu$ mの位置ずれが起こる。このため、TSVではチルトを極限まで抑制したプロセスを行う必要がある。チルトを抑制するためには均一なプラズマ、場を乱さない下部電極、適切なプラズマ条件の3つが必要になる。

エッジ5mm	エッジ10mm	エッジ15mm	ウエハー中心
89.8°	90°	90°	90°

#### ②スカロップの縮小と除去

TSVではスカロップが存在するとシード層の堆積が不均一になり銅の埋め込みが不完全になる。このため当社では、スカロップを小さくする方法と除去する方法と2つの方向から対策を進めている。スカロップを小さくする方法に関しては、ALD用のバルブを使用して0.1secで再現性良くガスの切り替えを行っている。例えば、デポジション0.2sec、フィルムエッチ0.2sec、シリコンエッチ0.6secの条件ではエッチングレート9 $\mu$ m/minを維持したままスカロップを50nm以下に、デポジション0.2sec、シリコンエッチ0.2secの条件ではエッチングレート1 $\mu$ m/minでスカロップ5nm以下 (SEMでの観測限界以下)まで縮小している。また、ボッシュプロセス完了後にトリートメントをかける事でスカロップを除去する技術も完成している。詳細は2013.JUN.Vol.82の「SAMCO NOW」に掲載しているので参照されたい。

### ■終わりに

今回、量産用高速シリコンディープエッチング装置『RIE-800iPBC』を紹介した。当社は2003年以降、多数のボッシュプロセス装置を国内外の大学、企業に納入してきた。『RIE-800iPBC』はこれまでの豊富な実績と蓄積してきたプロセスノウハウにより、お客様の要望に応じた最適な加工が可能である。

当社はシリコンディープエッチング技術を中心に、低温成膜用プラズマCVD装置やSi犠牲層加工用XeF<sub>2</sub>ドライエッチング装置をラインアップしており、幅広いニーズに応えることができる。今後も薄膜技術のパイオニアとして、最先端のソリューションを提供していきたい。