

# samco NOW

## Information 2

- SEMICON China 2017、上海薄膜技術セミナーでSiCパワーデバイス技術を紹介
- デリリー薄膜技術セミナー 報告

## Samco-Interview 3

大阪大学 産業科学研究所 産業科学ナノテクノロジーセンター  
バイオナノテクノロジー研究分野 教授  
谷口 正輝 先生

## A la carte 京の銘菓・老舗9 御菓子司「緑菴」 5

## Technical-Report 6

ノンボッシュプロセスを用いたシリコン加工データ

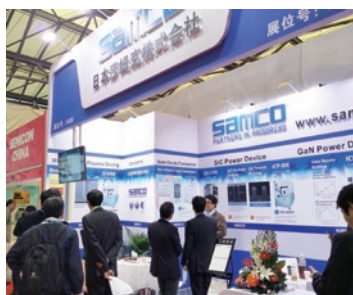




## SEMICON China 2017、上海薄膜技術セミナーで SiCパワーデバイス技術を紹介

中国では石炭等の化石燃料による大気汚染が深刻な問題となっており、クリーンな電力の有効活用が強く求められております。省エネ効果が高く、グリーンエレクトロニクスの要として注目されるSiCパワーデバイスは、中国において特に大きく期待されております。

去る3月14日から16日までの3日間、上海新国際博覧中心で開催されましたSEMICON China 2017において、当社はSiCパワーデバイスを中心に半導体レーザーやMEMS向けの製品や技術の紹介を行いました。ブースは



SEMICON China 2017

連日多くのお客様で大盛況でした。

また、3月13日には上海の復旦大学におきまして、SiCパワーデバイステーマに薄膜技術セミナーを開催いたしました。講師はローム株式会社社友(元常務取締役)で中国清華大学の高須秀視客員教授、西安交通大学のXu Yang教授、北京Global power technology, CTOのDr. Feng Zhangに務めていただきました。活発な意見交換が行われ、多くの参加者から交流の場として大いに役立ったと感謝の言葉を賜りました。



上海薄膜技術セミナー

## デリー薄膜技術セミナー 報告

去る3月8日、インド工科大学デリー校(IIT Delhi)において、IoT時代の本格化に向けて世界的な関心がさらに高まっているMEMS(微小電気機械素子)をテーマに薄膜技術セミナーを開催いたしました。インド独自のランプライティング・セレモニーが厳粛に執り行われ、東京大学先端科学技術研究センターの年吉洋教授、IIT DelhiのV. Ramgopal Rao学長、Indian Institute of Science, BangaloreのRudra Pratap教授、Semi-Conductor Laboratory, ISROのDr. Jaspreet Singhの講演が当初の予定時間を延長して続きました。

定員を超える参加者のもと熱気溢れる質疑応答が展開され、昨年のインド工科大学ボンベイ校(IIT Bombay)でのセミナー同様高い評価をいただきました。



デリー薄膜技術セミナー

### 表紙写真 ● 春の桜に似合う『吉野太夫花供養』(常照寺) 4月第2日曜日(2017年は4月9日[日])

本阿弥光悦でよく知られる京都鷹峯の常照寺。その地は京都の桜と紅葉の名所としても知られて春秋には多くの人で賑わう。特に桜の美しく咲き乱れる4月ともなれば、第2日曜日に行われる『吉野太夫花供養』が京都の春を代表する風物詩となっている。「寛永三名妓」の一人として謳われ、諸芸に秀で信仰心厚く当山に眠る二代目吉野太夫。当日は島原太夫が禿や傘持を従え、内八文字を踏んで練り歩き、境内では献茶や奉納舞などが披露される。参拝者はその美しい姿と蓮華の徳をもって生きた吉野太夫を思い描いて偲ぶのである。



## プロフィール

学歴	1996年	京都大学工学部 石油化学科 卒業
	1998年	京都大学 大学院 工学研究科 分子工学専攻 博士前期課程 修了
	2001年	京都大学 大学院 工学研究科 分子工学専攻 博士後期課程 修了 博士(工学)
職歴	2001年	日本学術振興会 特別研究員PD(大阪大学 産業科学研究所)
	2002年	大阪大学 産業科学研究所 助手
	2007年	大阪大学 産業科学研究所 助教
	2007-2010年	科学技術振興機構さきがけ「構造制御と機能」領域研究員(兼務)
	2008年	大阪大学 産業科学研究所 准教授
	2011年	大阪大学 産業科学研究所 教授

大阪大学 産業科学研究所  
産業科学ナノテクノロジーセンター  
バイオナノテクノロジー研究分野  
教授

たにぐち まさてる  
**谷口 正輝 先生**

今回のSamco-Interviewは、大阪大学を訪ね、産業科学研究所 産業科学ナノテクノロジーセンター バイオナノテクノロジー研究分野 教授の谷口正輝先生にナノデバイスによる1分子解析技術のご研究についてお話を伺いました。

### ▶ 谷口先生のご研究について ご紹介ください。

ナノスケールのデバイスを用いて1分子や1粒子を検出、識別する技術を研究しております。もともとは1分子の性質や構造の解明を目的としており、その応用の一つとしてバイオセンサーの研究を行っております。安心、安全、健康な社会に資するバイオイノベーションの創出を目指し、基礎から応用まで一貫した研究により、オーダーメイド医療を担う1分子DNA・RNAシークエンサーや1分子構造解析法の研究開発を行っております。

### ▶ 1分子解析技術のご研究について、 始められたきっかけと経緯も含めながら 解りやすくご説明ください。

学部は京都大学工学部石油化学科でした。石油化学でノーベル化学賞をおそらく初めて受賞された福井謙一先生が昔いらっしゃったということで、何を思ったのか小さい頃からそこに行きたいと思っていました。量子化学の理論の研究室で分子を設計、合成し、その分子を使った結晶を作り、その電気伝導度や磁性を研究していました。さまざまな結晶構造や物性がありますが、それらは構成する分子と分子がどういう相互作用をするかということで決まります。その相互作用により構造がバラエティーに富みますが、反対に分子と分子の間の相互作用を全部切り、一個だけではどういった性質や構造が出るかということに博士課程の終わり頃に関心を持ち、1分子の構造や電気伝導性を研究しようと思いました。

2001年にポストドクターで大阪大学に移りました。当時はナノメートルの電極がまだない頃で、20nmの電極のギャップを作るだけでも大変でした。1分子の電気伝導度を計測しなかったのですが、微細加工の経験がなかったため最初の5年間くらいは電極を作るための微細加工の研究ばかりしていました。ようやく1分子を検出できるナノギャップ電極を作ることができ、そこから1分子の電極接合時に得られる電流や寿命を計測できるようになり、その性質を調べることができるようになりました。もともとDNAなどに興味があり、応用の一つとしてDNAの塩基配列を電氣的に識別できれば画期的なので、その研究を始めました。それが上手に進み、順次発展させてDNAからRNA、RNAから塩基分子ではなくアミノ酸配列を識別するようなペプチドシークエンサーの研究へと進めております。

個々人に対応したオーダーメイド医療など、遺伝子診断を用いた高度な医療を普及させるためには、DNAなどが持つ塩基配列を高精度、高速かつ簡便に解析できる手法と装置の開発が必要とされています。現行の手法ではDNAを大量に複製した後、蛍光標識をレーザーで光学的に検出することで塩基配列を識別していますが、解析に要する時間が長く、装置が高価で小型化にも限界があることが課題となっております。1分子単位の解析技術はトンネル電流でDNAの塩基配列を電氣的に識別できる技術に応用したものであり、半導体プロセス技術を適用してシリコン(Si)基板上にデバイスとして集積・形成することで、高精度で高速解析が可能な手法です。遺伝子診断に

利用されるグアニン、アデニン、シトシン、チミンという4種類の塩基では、それぞれ流れるトンネル電流量が異なることが知られており、実際にデバイスでこれを実証しました。この1分子単位の解析技術では、DNAの複製工程が不要となるため従来よりも高精度かつ高速解析が可能であり、さらに集積化した電子デバイスによって計測できるため装置の小型化の実現が期待されております。

### ▶ 谷口先生はクオオタムバイオシステムズ社 への支援で大学発ベンチャー表彰の科学 技術振興機構理事長賞を受賞されました が、ご紹介ください。

クオオタムバイオシステムズ社は、1分子シークエンサーの研究成果と知的財産権をもとに、大学の基礎研究を新産業へと発展させることを目的として設立された大阪大学の新産業創出協働ユニットの第一号支援を受け、2013年に創業しました。現在、同社は日本のほか米国シリコンバレーに子会社を持ち、半導体微細加工を応用した1分子シークエンサーの研究開発を行っております。2015年に今後の活躍が期待される優れた大学発ベンチャーとして科学技術振興機構から表彰していただきました。

昨年10月に大学から同社への技術移転は終了し、同時に私自身も取締役兼最高技術責任者(CTO)を退任し、一人立ちして動き始めたところです。

### ▶ 今後のご研究の展望と私達の身近な生活へ どう関わってくるかについてお聞かせください。



研究の目的は、基本的には1分子の物性を突き詰めるということです。1分子を電極に接合した場合の熱の流れやその構造がまだ解明できておらず、それらを調べることが今後の研究の一つです。また、流体の中で1分子がどのように運動するかということが解明されておらず、そういった基礎研究もあります。

これらの研究を応用した1分子のシークエンサーは高速かつ低コストでヒトのゲノムを調べるシステムです。これが世の中で広く使われるようになりますと、病気の診断や、どういう薬が自分に合っているか、合っていないかということが手軽に調べられるようになると思いますが、結構難しい技術でもあります。

1分子シークエンサーの実現の前に、サムコさんの装置を使って加工しているナノポアというものがあります。Si基板の上に微細な穴を開け、その上下をイオン性の液体で満たします。何もない時は穴にイオン電流が流れますが、物が入ると詰まるためイオンの電流が落ちるという現象が見られます。こちらはシークエンサーと比べると技術的には簡単ですので、先に実用化されると思います。まず、一個のウイルスや一個の細菌を検査するようなものが出ると思います。このようなものがあれば、例えば鳥インフルエンザを広がる前に食い止めることができます。空港や駅など人が集まるところで簡単な検査でウイルスや細菌がどれくらい広がっているか調べることができ、拡散を防ぐことができるようになってくると思います。

#### ▶ 弊社の装置をどのようにご使用いただけますか？ また、ご感想をお聞かせください。

サムコさんの装置は、先ほど申しましたナノポアの加工や絶縁体の成膜など全てのナノデバイスの加工で使っております。ほぼ毎日24時間ずっと使っぱなしの状態と言えるほどです。感想は使いやすいということがまず一つです。例えば、我々はボッシュプロセスのSiディープエッチング装置を使っておりますが、それは標準仕様のままではなく、こちらの要望に応じて改造していただいたものです。ナノポアデバイスを作製するためには、高いアスペクトを持つナノポアをエッチングで開発する必要がありますが、研究開始当時、ボッシュプロセスがよいのか、高エネルギーなICPエッチングがよいのか分かりませんでした。これを素直に相談しますと、1台の装置にボッシュプロセス用のチャンバーとICPエッチング用のチャンバーを切り替え可能な設計に変更した装置を開発していただきました。これで安心して研究開発が進めることができました。このように我々の要望をほとんど取り入れていただい

たカスタマイズされた装置であり、非常に使いやすいためずっと稼動しています。このボッシュプロセスの装置のお蔭で世界最小径のウイルス検出デバイスを作ることでもできました。

RIE装置は1分子を計測する電極の加工に使っております。1分子計測ではリン青銅の基板上にポリイミドを塗布し、その上に金属の細線を形成します。それを下から押し上げると金属が機械的に割れますが、ただ単純に割ろうとしても割れませんので、溝を作ります。その溝の加工にRIE装置を使って金属の下ポリイミドを除きます。

CVD装置はシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)とシリコン窒化膜(SiN)の形成で使っております。水溶液の中で電気を計測することが多いのですが、その計測では塩化ナトリウム(NaCl)や塩化カリウム(KCl)のイオンが入り、溶液の中で直流をかけるとイオン電流が大きなノイズになってしまいます。そのイオン電流をなるべく防ぐために電極を絶縁体であるSiO<sub>2</sub>で被覆して導線のような形にしますが、そのSiO<sub>2</sub>の成膜に使っております。その他では、薄膜を形成して穴を加工する際にSiO<sub>2</sub>の場合もあればSiNの場合もあり、その成膜にCVD装置を使っております。

#### ▶ 座右の銘をお教えてください。

「まずやる」ということです。多分一番大切なことだと思います。

#### ▶ ところで、休日などはどのようにお過ごしでしょうか？

ほぼ毎週日曜日に1周5kmの万博記念公園を2周10km走っています。土曜日は掃除や買い物などの決まった家事があります。以前は休日には子供とよく遊びましたが、今は大きくなりましたので一緒に遊ぶことは減りました。

#### ▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

これまで、サムコさんには数nmという極微細な領域の加工や高アスペクト比のディープエッチングなどでかなり無理なお願いをしてきましたが、技術者の方に対応していただき、徐々にではありますが進んでおります。以前は、100nm以下の直径を持つナノポアを歩留まりよく作製できませんでしたが、今ではかなり高い歩留まりで作製できます。サムコさんには好奇心の旺盛な技術の方が多く、今まで以上に一緒にプロセス開発を進めていただき、成果を出せていければと思います。

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。

# 京の銘菓・老舗 9

「子孫繁栄」の象徴として用いられる柏の葉。これは新芽が出るまで古い葉が落ちないことに由来すると語り継がれています。今回は老舗「末富」で修業後に、御菓子司「緑菴」を構え、四季の銘菓づくりに心技を注ぐご主人・岡田久広さんに取材しました。



3月のお菓子

鹿ヶ谷通の閑静な住宅街に暖簾を掲げる御菓子司「緑菴」。京都の桜花の名所としても名高い哲学の道、古刹の法然院も間近です。ご主人の岡田久広さんは18歳の時に和菓子職人を目指し、老舗「末富」で修業後、昭和54（1979）年にこの地に店を構え、以来38年にわたって銘菓づくりに打ち込んできました。「修業を厳しいと思ったことはありません。ただし、手取り足取り教えてくれる世界ではないので、文字通り『見習い』の日々でした。名高い寺院の行事で供えられるお菓子は時を超えて継承されてきた稀少なものもあり、それも貴重な学びになりました」。ちなみに、店名の「緑」は境界の際立つ景観から名づけたとのこと。

「緑菴」が何よりもこだわっているのは素材の吟味。かつては容易に入手できたものが、今日では難しくなっていると語ります。「たとえば、小豆、糯米、特にわらび粉の入手は極めて困難です」。柏餅に生の葉を用いている御菓子司も岡田さんが知る範囲では京都で3軒のみになりました。かつては、大阪で自ら木に登って取ってくれる方がいたのですが、高齢で作業が困難になり、途絶えてしまいました。現在は業者が青森から温暖な地であるため芽吹きが時期が早い宮崎に苗を運び、大切に育成したものを入手しています。日々の支度は早朝から始まり、午前中に季節の上生菓子（蒸し菓子）、午後から干菓子、せんべいなどを作ります。製菓の時はさらに早く起床して作業に入ります。すべて



柏餅（端午の節句の頃）

手づくりの自家製で、これも「緑菴」ならではのこだわりです。柏餅は白味噌と小豆の餡の2種類があり、4月の終わり頃、店頭に並びます。

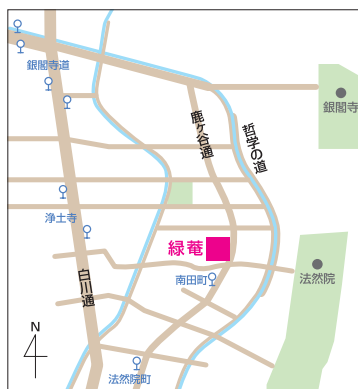
「茶道の先生方のご要望にお応えするために、知恵を絞り、工夫を重ねる時、和菓子職人としての作り甲斐を感じます。たとえば、祇園祭の時節なら鉾の姿を想起させるお菓子をといった具合です。茶の湯の勉強も必要ですし、色々ご教授いただくことによって知識も深まります」。多忙な毎日ですが、四季の彩りに恵まれた近辺を散策することによって新たな季節の訪れを感受することも、和菓子づくりに役立っているそうです。「以前は哲学の道に、もう桜は咲いていますか…」



といった電話での問い合わせもありましたと岡田さんは微笑みます。「緑菴」の和菓子には京の都の折々の季節の煌めきが静かに深く息づいています。

## 御菓子司「緑菴」

京都市左京区浄土寺下南田町126-6  
TEL 075-751-7126  
営業時間 10:00～19:00  
定休日 第2、第4水曜日（祝日除く）



# ノンボッシュプロセスを用いた シリコン加工データ

【サムコ(株) 開発部】

## ■はじめに

プラズマを使用したシリコンの深掘プロセスには大きく分けて2つの系統がある。一つは保護膜を形成するステップとシリコンをエッチングするステップを交互に行うボッシュプロセス、もう一つは保護膜を形成するガスとエッチングガスを同時に流すノンボッシュプロセスである。

ボッシュプロセスは高速エッチングレート、高選択比で高アスペクトかつ垂直な加工が可能なプロセスである。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ロバートボッシュ社(独)より供与されており、インクジェットヘッドや各種センサの加工、医療、光通信、バイオ分野等の高アスペクトな加工を必要とする市場で幅広く使用されている。図1にRIE-800iPBCを用いてボッシュプロセスで加工した結果を示す。 $\phi 1.2\mu\text{m}$ 幅で $62\mu\text{m}$ 深さの高アスペクトな加工が側壁破れなくできている。

一方で、ノンボッシュプロセスはスカロップフリー、順テーパ加工が可能なプロセスである。このため、3次元実装デバイスのTSV(Through Si Via)工法などの埋め込みを行う分野、光学デバイスなどスカロップフリーの分野では、加工形状の要望によってはノンボッシュプロセスが必要になる場合がある。それぞれのプロセスに長所があり、要望に応じて使い分けをすることが必要である。例えば、TSV分野では $\phi 20\mu\text{m}$ 径で $100\mu\text{m}$ 程の深さの場合はノンボッシュプロセス、それ以上の深さになってくるとボッシュプロセスといった使い分けをしている。ボッシュプロセスに関してはこれまでのsamco NOW※でも紹介しているので、今回はシリコンのノンボッシュプロセスの最新データを紹介する。

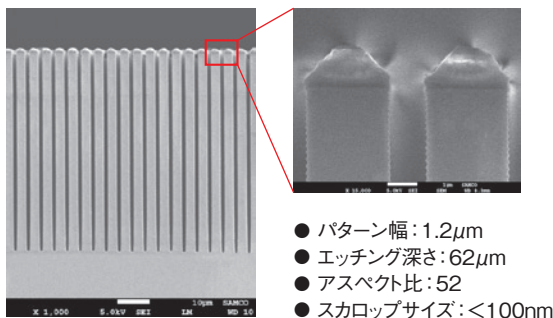


図1 高アスペクト ボッシュプロセス加工結果

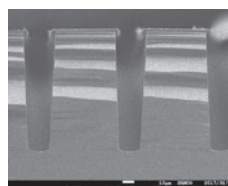
- パターン幅:  $1.2\mu\text{m}$
- エッチング深さ:  $62\mu\text{m}$
- アスペクト比: 52
- スカロップサイズ:  $<100\text{nm}$

## ■プロセス

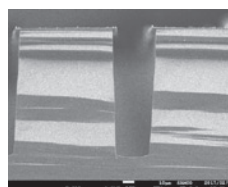
RIE-800iPを用いてノンボッシュプロセスで加工したシリコンエッチング結果を図2に示す。幅 $20\mu\text{m}$ のトレンチで深さ $107\mu\text{m}$ の加工がボーイングなく順テーパに加工でき、エッチングレートは $13.4\mu\text{m}/\text{min}$ が得られている。また、幅 $30\mu\text{m}$ で深さ $113\mu\text{m}$ 、幅 $50\mu\text{m}$ で深さ $121\mu\text{m}$ と開口径が変化しても、ボーイングなく順テーパに加工できている。エッチングレートも幅 $30\mu\text{m}$ で $14.1\mu\text{m}/\text{min}$ 、幅 $50\mu\text{m}$ で $15.1\mu\text{m}/\text{min}$ と増加している。当社のボッシュプロセスと比較した場合、低スカロップ加工では $10\mu\text{m}/\text{min}$ 以下のエッチングレートであったが、それと比較してもより高速なエッチングを実現できている。図3は、幅 $20\mu\text{m}$ のト

レンチで深さ $100\mu\text{m}$ 超、アスペクト比6~8を $10\mu\text{m}/\text{min}$ 程度のエッチングレートで加工したノンボッシュプロセスとボッシュプロセスのそれぞれの側壁形状である。ボッシュプロセスではスカロップが大きい結果に対して、ノンボッシュプロセスではスカロップフリーの平滑な加工ができているのが分かる。従って、エッチングレート、側壁平滑性から見ても、これらの深さの要求であればノンボッシュプロセスの方が適していると考えられる。

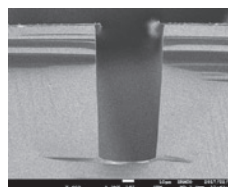
また、テーパ角度についても容易に制御可能である。テーパ角度は $93^\circ$ の順テーパから $90.4^\circ$ の垂直まで得られている。角度の垂直性はプロセスガス比で制御でき、レート・選択比と引き換えに改善可能である。



- パターン幅:  $20\mu\text{m}$
- エッチング深さ:  $107\mu\text{m}$
- エッチングレート:  $13.4\mu\text{m}/\text{min}$
- テーパー角度:  $92.7^\circ$

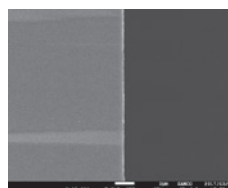
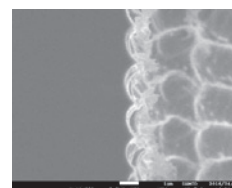


- パターン幅:  $30\mu\text{m}$
- エッチング深さ:  $113\mu\text{m}$
- エッチングレート:  $14.1\mu\text{m}/\text{min}$
- テーパー角度:  $92.5^\circ$



- パターン幅:  $50\mu\text{m}$
- エッチング深さ:  $121\mu\text{m}$
- エッチングレート:  $15.1\mu\text{m}/\text{min}$
- テーパー角度:  $92.2^\circ$

図2 順テーパ形状加工結果

ノンボッシュプロセス  
(スカロップフリー)ボッシュプロセス  
(スカロップ:  $800\text{nm}$ )図3 シリコン側壁観察SEM結果 ( $20\mu\text{m}$ 幅 トレンチ)

## ■おわりに

今回は、ノンボッシュプロセスを用いたシリコン加工について紹介した。当社はシリコンディープエッチングプロセスにおいて、ボッシュ、ノンボッシュプロセス両方において豊富なデータを蓄積しており、お客様の要望に応じたプロセスを提供することが可能である。

※ samco NOW Vol. 53、56、57、66、68、78、82、86、87、88