

# SAMCO NOW

## Information

- 社長就任のご挨拶
- 2017年3月にインド、中国で  
薄膜技術セミナーを相次いで開催

## Samco-Interview

- 理化学研究所 石橋極微デバイス工学研究室  
主任研究員 石橋 幸治 先生

## A la carte 京の銘菓・老舗8 京菓子匠『源水』

## Technical-Report

- Aqua Plasma®  
～画期的な銀電極、銅電極の表面処理技術～

2

3

5

6



## ——社長就任のご挨拶——

平成28年10月21日開催の当社第37期定時株主総会と取締役会におきまして、代表取締役社長兼COOに石川詞念夫が就任し、代表取締役会長兼CEOとして辻理が留任することを決議いたしました。

世の中に存在する様々なモノがネットワークと繋がるIoT (Internet of Things) 時代を迎え、経営環境は大きく変わろうとしております。この度の代表取締役の異動は、今後の更なる成長を実現すべく経営体制を分担、強化することを目的としております。

国内事業は社長が担い、オプト分野、電子部品、パワーデバイスの市場を中心に年率10%以上の売上増の実現を図ります。また海外事業は副社長に就任しました川邊史が担い、現有する海外拠点を活用、海外での事業拡大により、第40期を目標に40%の海外売上高比率の実現を目指します。更に新規事業は会長が中心となり、医療、エネルギー、環境リサイクル等の新分野において当社のコア技術である薄膜技術を展開し事業領域の拡大を図ります。また、企業間の協業、アライアンスを積極的に推進します。

会長、社長、副社長、それぞれの得意分野を活かした役割分担を図ると同時に、三者の迅速な意思決定の下、業績の向上と業容の拡大を目指します。

今後とも一層のご支援を賜りますよう心からお願い申し上げます。



代表取締役社長兼COO  
石川 詞念夫

## 2017年3月にインド、中国で 薄膜技術セミナーを相次いで開催

当社は、最先端の薄膜技術を研究者や技術者に広く伝えることを目的に第一線の講師を迎える、サムコ薄膜技術セミナーを国内外で開催してまいりました。開催を望む多くの声をいただきしており、2017年3月にインドと中国で開催することとなりました。

3月8日にはインド工科大学デリー校 (IIT Delhi) において MEMS (微小電気機械素子) をテーマに開催いたします。インドでは2016年2月の同校ボンベイ校 (IIT Bombay) に続いて2回目の開催となります。日本からは東京大学先端科学技術研究センターの年吉洋教授、インドからはIIT DelhiのV. Ramgopal Rao学長、Indian Institute of Science, BangaloreのRudra Pratap教授、Semi-Conductor Laboratory,

ChandigarhのDirectorのDr. Shri Surinder Singhにスピーカーを務めていただきます。

3月13日には上海の復旦大学においてSiCパワーデバイスをテーマに開催いたします。中国においては4回目、同校においては2回目の開催となります。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にスピーカーを務めていただきます。



2016年2月 IIT Bombayでの薄膜技術セミナー

※日本からのお申込みもお待ち申し上げております。案内状、申込フォーム(ともに英文)は当社ホームページに掲載しております。

### デリー薄膜技術セミナー

<http://en.samco.co.jp/form/NewDelhi2017/>

### 上海薄膜技術セミナー

<http://en.samco.co.jp/form/Shanghai2017/>

### 表紙写真 ●『蓬莱飾り』(初詣の上賀茂神社) 事始め～節分

京都で最も古い神社といわれ、初詣で京都に訪れる人の人気スポットの一つ、上賀茂神社(賀茂別雷神社)。この神社の初詣の魅力は、世界遺産にも指定される本殿前で参拝が可能というところにある。その本殿入り口にあたる重要文化財の四脚中門には、事始め(12月13日)から節分の日まで『蓬莱船(宝船)』が吊るされている。それは中国伝説の三神山の一つで、仙人が住む不老不死の地を表し、この下をくぐると良い1年間になるという。貴方も是非、試してみてはいかがでしょうか。



## プロフィール

学歴 1983年 大阪大学 基礎工学部 電気工学科 卒業  
 1985年 大阪大学 大学院 基礎工学研究科 電気工学分野 修士課程 修了  
 1988年 大阪大学 大学院 基礎工学研究科 電気工学分野 博士課程 修了 工学博士  
 職歴 1988年 理化学研究所国際フロンティア研究システム 研究員  
 1991年 理化学研究所半導体工学研究室 研究員  
 1996-1997年 デルフト工科大学(オランダ) 客員研究員  
 2003年 理化学研究所 主任研究員

特定国立研究開発法人 理化学研究所  
**石橋極微デバイス工学研究室 主任研究員**  
**(兼)理研創発物性科学研究センター(CEMS)**  
**チームリーダー**  
**(兼)東京工業大学 特定教授**

いしはし こうじ  
**石橋 幸治 先生**

今回のSamco-Interviewは、理化学研究所を訪ね、石橋極微デバイス工学研究室主任研究員の石橋幸治先生に新機能ナノエレクトロニクスのご研究についてお話を伺いました。

▶ 新機能ナノエレクトロニクスのご研究についてご紹介ください。

電子の量子的な状態を電子1個単位で制御する研究を行っています。そして、これまでとは全く違った原理で動作するデバイスに応用できればいいなと思っています。具体的な応用例としては量子コンピュータのもとになる量子ビットや量子ゲートを挙げることができます。また、制御の対象は電子に限るわけではありません。超伝導を起こすものとなるクーパーペアや半導体に光を照射したときに生成される励起子も制御の対象としています。これらは量子力学の原理に従つてふるまうので、その原理に従つて制御することは究極の制御です。もっとも簡単で本質的な例としては、2準位を持つ物理系、すなわち2準位原子を人工的に作り出すことです。これは量子ビットそのものです。これに通常マイクロ波領域の周波数の電磁波を照射して、量子状態を制御する、すなわち量子ビットの操作を行うことになります。このように物質を量子的に制御する“量子技術”に関する研究が最近盛んになっており、量子コンピュータや量子通信のみならず、極限計測分野などにも応用が期待されています。我々も量子技術を使って、まず電荷、電磁波、磁界の極限計測へ応用できないか考えています。

量子的な効果はサイズが小さければ小さいほど顕著に現れます。そこで我々は、半導体ナノワイヤ(InSb, InAs, Ge/Si)やカーボンナノチューブなどのようにボトムアップ的にナノスケールの構造が実現される材料を積極的に使っています。具体的な構造としては、電子を狭い領域に閉じ込める量子ドットや、半導体などを超伝導体で挟んだSNS構造といわれるものを作っています。これらを使って人工的な2準位を実現したいのです。ナノチューブやナノワイヤそのものはとても細いのですが(カーボンナノチューブでは直径が1nm程度)、これにゲート電極を付けたり、電流電圧端子を付けたりするのに電子ビーム

露光や酸化膜堆積などのトップダウン技術を用います。まだ個別デバイスしか作ることができませんが、集積化するためにはボトムアップ技術とトップダウン技術を融合するような技術が必要です。そのためにはナノ加工技術にもブレークスルーが必要だと思います。

これまで伝統的な半導体を主に扱ってきました。しかし、最近は量子的な性質が顕著となる新しい材料がどんどん出てきているので、対象とする材料も広げたいと思っています。その例としてトポロジカル物質というのに注目していて、それを超伝導体で挟んだSNS接合、トポロジカルジョセフソン接合の研究を、研究室の若い人が始めています。それ自身基礎研究としてとても面白いのですが、普通の量子コンピュータとは違うトポロジカル量子コンピュータへつながるかもしれません。

▶ ご研究を始めたきっかけと経緯についてお聞かせください。

私は大阪大学基礎工学部電気工学科で半導体プロセスを研究されていた故難波進先生の研究室で1988年に博士課程を修了しました。先生は「うちには小さいものを作る技術があるから、それを使って物理をやりなさい」とだけいわれました。当時は、“ナノ”という言葉は一般には出回っていなかったのですが、今から考えると、先生はナノスケールの新しい物理の世界、今でいうところのナノ物理ですが、それが開けるような予感を感じておられたのかもしれません。量子物理に興味があった私はちょうどよいテーマでした。何かデバイスに応用できないかと考え、小さな輪を作つて電子の波を干渉させるという実験を行いました。これは原子1個といった本当に小さなスケールであるミクロの世界と我々が普段接する1cmや1mmというスケールであるマクロの世界の中間という意味での“メゾスコピック”な、しかも、しかも人工的に制御して作ったメゾスコピックな世界の物理の始まりにかかる研

究でした。トランジスタでは量子的な効果(波としての電子)を積極的に使いませんが、電子の波としての性質を直接実験で見たかったのです。それがきっかけとなり、量子効果を突き詰めようとして今に至っています。私は20年ほど前に量子コンピュータのことを知ったのですが、それは電子の量子的な性質を存分に制御する技術です。まさにそれをやりたくて現在の研究を行っています。

▶ 石橋先生の研究室が量子効果デバイス研究チームとして参画されている創発物性科学研究センターについてご紹介ください。

創発物性科学研究センターは2013年4月に発足しました。創発物性とは多数の電子が独立して勝手にふるまうのではなく、協奏してふるまうことにより初めて生まれる新しい物性です。この創発物性科学の基礎研究を行い、根本的に新しい原理によってエネルギー・環境問題に貢献することをミッションとしています。センターは「強相関物理」「超分子機能化学」「量子情報エレクトロニクス」の3つの部門に分かれています。物理、化学、エレクトロニクスの3つの分野のシナジー効果を期待しています。私の量子効果デバイス研究チームは量子情報エレクトロニクス部門に所属しています。量子コンピュータは部門の中の重要なテーマの一つで、物理、材料、デバイスレベルでの基盤技術の確立を目指しています。電子のスピンに着目したスピントロニクスもセンターでの重要な研究テーマの一つです。省エネルギーを目指した材料・デバイス研究の多くは近い将来に目標を絞っていると思いますが、新しい量子技術を積極的に使って長期的な視野から課題解決に挑戦していることも大きな特徴だと思います。

▶ 委員長を務められている日本学術振興会産学協力研究委員会『先端ナノデバイス・材料テクノロジー第151委員会』についてご紹介ください。

この委員会は、1986年に私の指導教官の難波進先生を中心に「極限構造電子物性第151委員会」として設立されました。“ナノ”という言葉がなかった頃のため堅苦しい名前ですが、ナノテクノロジーで新しい物理を拓こうということで産業界、特にエレクトロニクスメーカーが中心となって始まりました。設立から30年経ち、ナノテクノロジーは物理だけではなく、化学、材料、バイオなどにも広がっています。エレクトロニクスにおいても、集積回路の微細化だけでなく、太陽電池、燃料電池などのエネルギー関連分野、フレキシブルエレクトロニクスなど、今やナノテクを使っていないものはないくらいです。これからどういう方向に向かうのか、どういう産業の種が生まれるのか、これらは非常に難しい問題ですが、半導体の次にどのような産業が将来出てくるのかということを、産官学が一緒になって探索しています。委員は学会から80名程度、産業界からは電気メーカーを中心に、20社程度の参加をいただいている。サムコさんもぜひご参加いただき、新しいエレクトロニクスの種と一緒に考えていただければ幸いです。

#### ▶ 今後の研究の展望についてお聞かせください。

最近、量子情報エレクトロニクスが夢物語ではなく、やっと具体化してきましたが、その実現は決して容易ではありません。シリコン(Si)エレクトロニクスは膨大な学問分野になっており、さまざまなレイヤーがあります。非常に高純度なSiという材料、デバイスとしての超微細なトランジスタ、その間にはサムコさんがされているようなプロセス技術があります。デバイスをつなげて回路にします。さらにアーキテクチャとソフトウェアがあり、上手く機能しているかを調べる検査技術があります。一つのエレクトロニクスをシステムとしてみると非常に膨大な研究分野の集合体であり、とても一つの研究室で手に負えるものではありません。量子情報エレクトロニクスにおいても同じです。デバイスの動作原理が全く異なるために、その上位レイヤーも全く異なるものになるでしょう。我々の研究室では、現状、動作原理の物理、材料・デバイスのレイヤーの研究が主です。回路やアーキテクチャの研究者も世界的には出てきていますが、共通の言葉が確立していないような状況なので異なるレイヤーの研究者となかなか意思疎通ができません。それができるように私ももっと勉強をしなければならないのですが、恥ずかしながら実際には全然できていません。もっとも、量子効果をデバイスに利用するための物理的な原理研究もやることがいっぱいあります。最近出てきたトポロジカル量子コンピュータでは、その概念自身が大変理解しにくいものです。自分の不勉強を思い知るところですが、若い人に引っ張ってもらいたいながら何とかついていきたいと思っています。

#### ▶ 弊社の装置をどのようにご使用いただいているのですか？

最近は、半導体ナノワイヤやカーボンナノ

チューブのようなボトムアップ的に小さなサイズを持つ材料を使うようになったので、トップダウン的に材料を削って小さな構造を作るということがなくなりました。かつてはサムコさんの平行平板型RIE装置をよく使っていました。とはいって、プラズマCVD装置はシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)やシリコン窒化膜(SiN)のゲート絶縁膜形成に現在もよく使っております。理研に入った1988年当時、今でいうナノ加工を行っていたのは私が入った研究室だけでしたので、我々で全部装置をそろえなければなりませんでした。その後、ナノテクノロジーが普及し、理研でも2000年頃にナノサイエンス実験棟という共同利用施設ができ、そこにナノ加工関係の装置が多く入りました。サムコさんの装置も入っており、使わせていただいている。

#### ▶ ところで、休日などはどのようにお過ごしでしょうか？

量子デバイスの分野では新しい概念がどんどん入ってくるので、勉強していないといけません。学生時代に勉強したことでも、新しい概念に接してみると、情けないことにあやふやなことがあります。そのたびに昔の教科書を読んだりしていますが、若い頃のように根気が続きません。また、外国人と話すことが好きで、休日に英会話学校に通ったりしています。中学・高校の頃、英語はあまり好きではなかったので、大阪大学を志望したのは、当時は二次試験に英語がなかったというのも理由でした。ところが研究の世界に入つてみると、外国人と接する機会が多く、彼らは考え方や違うことが多く新しい発見があります。何とかもっとそれを楽しめるようになりたいと思っています。家でゴロゴロしながら2時間ドラマを見ていることもあります。囲碁が好きなのですが、打ち始めると長時間になるので、実際には打っていません。日曜日昼のNHK杯テレビ囲碁トーナメントを見て楽しんでいます。

#### ▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

80年代中頃、私が学生の頃に使っていた簡単な平行平板RIE装置では、バルブ操作はすべて手動で、ガスのコントロールやエッチング条件の制御は難しく、経験に頼ったプロセスをしていました。しかし、サムコさんの装置を使わせてもらって、簡単なボタン操作で制御でき、「すごいな」と感心しました。

新しいデバイス・エレクトロニクスには新しい材料が使われます。そして、必ず微細加工を伴います。装置メーカーは大変だと思いますが、多様な材料に間口を広げていただければありがたいです。まだ海のものとも山のものともわからない材料のプロセス開発を、装置メーカーとユーザーが一緒になって進めることができれば効果的です。フレキシブルに対応していただければ幸いです。

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。

# 京の銘菓・老舗 8

新年を寿ぐ和菓子を求め、二条城の近くにある京菓子匠『源水』に伺いました。同店は知る人ぞ知る和菓子店で、かの文豪が愛した銘菓を作り続けています。7代目当主・井上清文さんが和菓子の魅力を語ってくれます。



## 格別な食感と味わいの銘菓

『源水』の名は、江戸時代後期の文政8(1825)年、創業者の初代近江屋源兵衛の名にある近江の「水」と源兵衛の「源」から命名した屋号といわれています。大正と戦後の一時期は和菓子の卸業を営んだといいます。それは、ひとえに和菓子店に頼られるほどの技を持っていた証でもあり、当代の井上さんが創り出し、模倣された物も少なくありません。

代表銘菓は「ときわ木」で、「先代の父が生んだ菓子で、このようなお菓子を松露というのですが、ときわ木は餡子でなく、羊羹を使って口持ちを良くしたのがミソです。その羊羹の上に大納言小豆をのせ、水に砂糖を加えて煮詰めた白い蜜“すり蜜”をかけています」と井上さん。一つひとつ型に流して作っているため、小豆は原形を保ち、そのままの味わいが生かされます。そうして手間をかけてできあがった「ときわ木」の歯触り・舌触りは絶妙。甘さを控えた上品な味わいも人気の秘密で、その格別な食感と味わいが多くの茶人、歌舞伎役者や俳優にも愛され、多くの著名人がこの店の暖簾をくぐったといいます。中でも驚かされるのは、店内に飾られた年賀状の主、文豪川端康成もその一人だということです。

先代が創り出した麸焼き煎餅の「古都」(現「古都絵巻」)も好評で、川端康成氏は京都の酒造所に依頼して、自身の作品名でもある「古都」のラベルをつけた日本酒を『源水』に届けさせたといいます。「古都絵巻」はふわっとした食感と、和三盆の上品な甘さが特長で、16弁の菊花紋が焼印されています。「父から直接聞いたわけではありませんが、町内に皇室から



季節の生菓子  
[左] 濃し餡を京都の練り切り餡で包んだ「梅」。  
[右] 粒餡に濃し餡をまとわせた「松」。

下賜された杯に菊花紋があり、それをイメージして作ったのだと思います」。

## めでたさを伝える新年の生菓子

井上さんは高校を卒業後、京都と東京の和菓子店で修業を積みます。小学生の頃から店を手伝い、和菓子の基本を自然に覚えていたためか、東京の修業先では早くから菓子作りの現場に配属されます。

事業を継承してからは「ときわ木」を作る道具を改良し、より多くの需要を満たせるように工夫。工芸菓子にも取り組み、干菓子なども加えて『源水』の和菓子を充実させます。

なんといっても見逃せないのが季節の生菓子。新年には「梅」や「松」などが登場し、目と舌を楽しませてくれます。「一つひとつ丹念に作り上げていくことを大切にしています」と井上さん。

2007年に京都で初めての一般社団法人全国技能士連合会のマイスターに認定され、京都市知事認定の「きょうと食いく先生」も務め、和菓子文化を伝える活動にも積極的に参加。「お菓子を召し上がったみなさんが喜んでくださるのが何よりの喜びです」。

『源水』には、美味しい和菓子だけでなく、作り手である店主や奥さんの人柄が相まった魅力度が溢れています。

## 京菓子匠『源水』

京都市中京区油小路通二条下ル

TEL 075-211-0379

営業時間 9:00~18:00 定休日 日曜日、祝祭日



# Aqua Plasma®※

## ～画期的な銀電極、銅電極の表面処理技術～

特許出願中※※  
【サムコ(株) 製品技術部】

### ■はじめに

銅は、電気特性や熱伝導に優れており、まためっきや加工が容易なため、電子部品の材料として幅広く使用される金属である。シリコン半導体においては、銅は拡散を懸念して長らく敬遠されていたが、1997年にデュアルダマシン法の実用化が発表されると導入が一気に加速した。また近年、需要が急拡大しているスマートフォンに内蔵される通信用高周波デバイスや、車載用の半導体パッケージの電極としても利用は広がっている。

一方、銅は空気や酸素雰囲気での加熱などで容易に酸化する金属であり、酸化銅表面に配線を行うと抵抗となり、電気抵抗の変化や接触不良などの問題を引き起す。

酸化膜除去のために、研磨をはじめとする機械的な方法や、酸洗浄などの化学的な方法が用いられてきた。しかし、これらは水洗や乾燥などの工程を必要とし、また廃液や揮発性有機化合物が発生するため、環境に優しい新たな除去方法が望まれていた。プラズマ洗浄は水洗や乾燥などの必要がないドライな方法であり、銅電極表面の洗浄や改質、銅電極上のフォトレジストの除去、そして酸化膜除去にも用いられる。しかしながら、酸素プラズマは処理速度が速いものの、周辺や下地の銅を酸化してしまう。アルゴンプラズマを用いると銅酸化膜を除去できるが、物理的な洗浄方法なので銅スッタ物が周辺の絶縁物に再付着して電気的、光学的特性が低下することなどが問題になる。また、水素プラズマを用いれば銅の酸化膜を化学的に還元除去できるが、水素ガス漏洩による爆発の可能性があるので安全設備や安全に配慮した運用が必須となる。

### ■Aqua Plasma®の効果

Aqua Plasma®は、安全な水蒸気を主に用いた化学的なプラズマ洗浄方法であり、スッタ物の再付着などの心配がなく、漏洩しても安全上のリスクがない。

銅(99.9%の銅シート)に対する酸化還元作用をX線光電子分光分析装置(ESCA)で、また有機汚れに対する洗浄速度をフォトレジストの除去レートで通常のプラズマ装置と比較した。サンプルはグランド電極に設置し、3分間処理した。

図1は銅サンプル表面の酸化深さをESCAでArビームエッティングを用いながら組成分析した結果である。酸素プラズマで処理した銅サンプルは灰色に変色したが、酸素(O1s)の検出がなくなるまで7min要した。一方、このサンプルをAqua Plasma®で処理すると銅色に戻り、酸素がなくなるまでに要する時間は0.5minと短くなった。後でそれぞれのサンプルの酸化膜厚を分光反射率法で測定すると酸素プラズマ後の79.2nmに対して、Aqua Plasma®後は1.6nmであった。

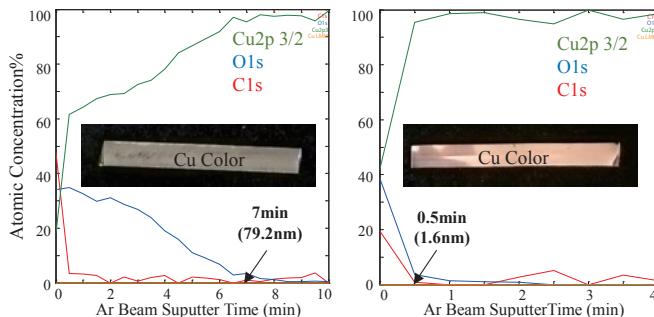


図1 ESCAによる表面一深さ分析結果  
左:酸素プラズマ後、右:Aqua Plasma®後

Aqua Plasma®で銅が還元される原理は、発光分光分析法と質量分析法で分析すると、共に原子状水素(H)が強く観察されるので次のように考えている。



図2はフォトレジストサンプルに対する除去レートである。Aqua Plasma®では34.9nm/minと水素プラズマに比べて約5倍速い値であった。更に、銅が酸化変色しない範囲で酸素ガスを混合すると50.4nm/minと酸素プラズマをも超える結果となった。また、処理後の銅表面は親水化が進行し、次工程で製膜する場合は密着性も向上する。

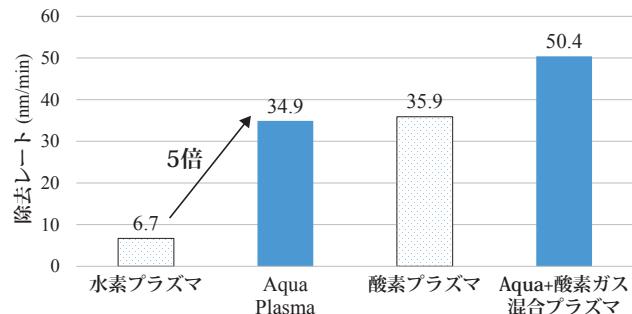


図2 フォトレジストの除去レート

このように、Aqua Plasma®は安全な酸化と還元性の両特性を備えたプラズマ洗浄方法であり、洗浄速度が速く、親水化などの表面改質効果もある。

### ■新製品

Aqua Plasma®と名付けた新しいプラズマドライ洗浄装置を開発し、2017年初頭にリリースする。水蒸気の供給量を自動的に制御するシステムを備え、406×413mmの電極枠を複数枚挿入出来る平行平板型プラズマクリーナーである。反応室はこれまで多くの納入実績を有するPC-1100型をベースとして、基本性能の継承を図っている。一方、液体原料気化部と真空ポンプを内蔵することで、設置面積を従来比約60%に低減した。また、タッチスクリーンの大型化、ドライポンプの標準化、マッチングユニットの耐久性強化、ドアのシール性とプラズマ視認性の改善、メンテナンス部へのアクセスの改良、防着板の追加など、生産現場での使い勝手とメンテナンスに配慮した設計となっている。Aqua Plasma®は環境負荷を軽減したシステムでもあり、幅広い用途の生産現場で活用されるものと確信している。



※ Aqua Plasma®, 商標登録番号 第5899818号

※※ 日本及び海外特許 5件出願中