

samco NOW

2018.Jul.
Quarterly

VOL.102

Information

2

- 半導体オブ・ザ・イヤー 2018を受賞
- SEMICON West 2018 出展のお知らせ
- 中国 長春で薄膜技術セミナーを開催

Samco-Interview

3

京都工芸繊維大学 電気電子工学系 教授
裏 升吾 先生

À la carte 京の銘菓・老舗14 京御菓子司「亀屋清永」

5

Technical-Report

6

液体原料を用いたタングステン製のホール内
埋め込み成膜



第24回
半導体・オブ・ザ・イヤー2018



授与された
トロフィー

半導体オブ・ザ・イヤー2018を受賞

当社のAqua Plasma®クリーナーは、電子デバイス産業新聞が選定する『半導体オブ・ザ・イヤー 2018』の半導体製造装置部門の優秀賞を受賞しました。去る2018年6月6日(水)、東京ビッグサイトの電子機器トータルソリューション展(JPCA Show)の会場で開催されました表彰式において、表彰状とトロフィーを授与されました。

半導体オブ・ザ・イヤーは、我が国にとってますます重要性を増している最先端のIT機器・産業を支える半導体製品・技術を表彰することで、業界の技術および市場のさらなる発展に寄与することを目的として1994年に創設され、本年で第24回目を迎えました。

当社は創業以来、製品コンセプトとしてEHS(環境負荷・健康衛生・安全性)を重視しており、その実用例として液体ソースCVD®装置などの革新的な製品づくりで大きな共感を得てまいりました。今回のAqua Plasma®クリーナーは水素や可燃性ガスを用いず、水蒸気を用いて半導体電極の洗浄や金属酸化膜の還元処理、さらにはヘルスケアチップの常温接合を実現する画期的な装置として高く評価され、優秀賞を受賞いたしました。

SEMICON West 2018 出展のお知らせ

会 期 2018年7月10日(火)~12日(木)

会 場 Moscone Center, San Francisco,
CA, USA

ブースNo. 1016

SEMICON WEST
BEYOND SMART

来る7月10日から12日までの3日間、『SEMICON West 2018』が“BEYOND SMART”をテーマに米国サンフランシスコのモスコニーセンターで開催されます。

当社は、各種MEMS(微小電気機械素子)デバイスの製造に必須となるシリコン深掘・圧電材料のプラズマエッチング・低応力窒化膜のPECVD技術を中心に、GaAs VCSEL(面発光レーザー)やInPレーザー用の化合物半導体材料のプラズマエッチング技術、当社独自のAqua Plasma®クリーナーによる金属酸化膜の還元処理などを紹介します。

中国 長春で薄膜技術セミナーを開催

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、サムコ薄膜技術セミナーを国内外で開催しております。近年は特に海外での開催に力を入れており、昨年3月にはインド工科大学デリー校(IIT Delhi)でMEMS(微小電気機械素子)をテーマに、上海の復旦大学ではSiCパワーデバイスをテーマに開催し、いずれも高い評価をいただきました。

来る8月20日には、中国科学院 長春光学精密機械と物理研究所(長春CIOMP CAS)において半導体レーザー(LD)をテーマに開催いたします。日本からは東京工業大学 科学技術創成研究院長の小山二三夫教授、中国からは吉林大学の張大明教授、長春理工大学の魏志鵬教授、長春CIOMP CASの張星副教授にスピーカーを務めていただきます。定員は150名程度ですが、LDへの関心の高まりを背景にすでに多くの問い合わせを受けております。

※申込フォームは当社ホームページをご覧ください。 <https://www.samcointl.com/>

表紙写真 ● 祇園祭の「山鉾巡行」(写真は前祭) 7月17日(前祭)・7月24日(後祭)

祇園祭こそ代表的な京の夏の風物詩。7月1日の吉符入から31日の疫神社の夏越祭までの1ヶ月に渡って行われる日本を代表する祭りの一つである。この祭りは869(貞観11)年に全国に疫病が流行し、疫病退散を祈願したのが起源といわれる。動く美術館といわれる美術工芸品で装飾された山鉾の巡行に加え、旧家の伝来の宝物披露も行われる屏風祭もあり、毎年、全国から大勢の観光客も訪れる代表的行事である。



プロフィール

学歴

1982年 大阪大学 工学部 電気工学科 卒業
 1987年 大阪大学 大学院 工学研究科
 電子工学専攻 博士課程 修了
 工学博士

受賞歴

1987年 電子情報通信学会論文賞
 1997年 Best Paper Award in 2nd Optoelectronics
 and Communications Conference
 2010年 応用物理学会光・電子集積技術業績賞
 (林巖雄賞)

職歴

1987年 大阪大学 工学部 電子工学科 助手
 1996年 (英)オックスフォード大学
 客員フェロー(6ヵ月)
 2000年 京都工芸繊維大学 工芸学部
 電子情報工学科 助教授
 2004年 京都工芸繊維大学 工芸学部
 電子情報工学科 教授
 2015年 京都工芸繊維大学 電気電子工学系
 教授

京都工芸繊維大学 電気電子工学系
 教授

うら しゅうご
 裏 升吾 先生

今回のSamco-Interviewは、京都工芸繊維大学を訪ね、電気電子工学系の裏升吾教授に
 光集積デバイスのご研究についてお話を伺いました。

▶ 裏先生のご研究についてご紹介ください。

光導波路を使った光回路とそれを用いたデバイスの研究を続けています。光導波路と外部の空間を伝搬する光を結合させる方法や素子にずっと関心を持っており、グレーティングカプラ(Grating Coupler: GC=回折格子結合器)を利用して導波路の光を外部に出す、外部を伝搬してきた光を導波路の中に入れるということをどのようにすれば上手くできるかという研究を行っています。

▶ ご研究を始められたきっかけと現在に至る経緯についてご説明ください。

大学院の修士課程までは物性の研究室で超電導や電気伝導のある高分子などを研究していましたが、その研究室の教授が退官されるということと勧めがあったということで博士課程から光の研究室に移りました。最初、光のことを何も知りませんでしたが、3年間で博士学位を取るためにグレーティングカプラを研究するようご指導いただきました。導波路では屈折率の高い所を光が通り、そこに細かいパターンを描くと光が外に出ます。「こんな面白いことができるんだ」と衝撃を受け、これを何とか世に出したいという思いがずっとモチベーションになっています。

1997年か98年頃だったかと思いますが、電子で演算し光で送信するという光電子融合回路の産官学大型共同研究の模索が始まり、博士課程の指導教官でした西原先生から私にお声がかかりました。セットメーカが電気配線の限界を感じ始め、プリント配線板に換わる光配線板の可能性を真剣に検討しようとす

るものでした。数年もすれば結論が出ると考えていましたが、さまざまな課題が次々と出てきてなかなか解決せず、現在に至っています。

グレーティングカプラを使いこなすにはいくつかの注意点があります。一つは分布型素子であり、光導波路径に比べて大きいということです。導波路は光の波長サイズで済むため、膜厚も $1\mu\text{m}$ くらい、配線幅も $3\mu\text{m}$ くらいでできます。一方、グレーティングカプラは回折を利用するため、数十 μm から数百 μm の結合長が必要になります。そうすると幅も同程度にしないと利用しにくく、細い $3\mu\text{m}$ とか $10\mu\text{m}$ くらいの導波路に接続するためにはサイズ変換素子が必要になります。もう一つは光の入出力の方向です。応用上、光回路面に垂直に入出力することが望ましいのですが、グレーティングカプラは性質上、高効率での垂直入出力が難しく、通常は垂直から傾斜して伝搬する空間光の利用を余儀なくされます。そこで、これらの二つの問題点を解決するために、グレーティングカプラと共振器を集積した新しい形態を考案しました。高効率垂直結合が実現でき、チャネル幅と同じくらいの小さな開口で結合できるため、光配線に使えるのではないかと考えました。計算によると80~90%の結合効率が期待できます。

しかし、グレーティングカプラには波長選択性や角度選択性があり、光結合には高精度の位置合わせが常に問題となります。そこで、グレーティングカプラに入射する光を自動的に導波路内へ導くことが可能な構造の検討を始めました。光配線板では送信側に面発光レーザ(Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser: VCSEL)アレイを表面に搭載(実装)して、そ

れらの出射光を導波路アレイに結合させる構成も検討されています。その際、光配線板側にレーザミラーを集積しておいて、導波光励振条件でレーザ発振させられないかというものです。グレーティングカプラと集積する共振器を工夫すれば、結合効率を任意に設計できることが判ってきました。結合効率0%のグレーティングカプラは、入射空間光を高効率で反射でき、レーザミラーとして期待できることも判ってきました。結合効率100%では、反射せずに全部導波路に入ります。例えば、反射を90%、結合を10%にするというようにレーザミラーと導波光励振を同時に実現する可能性を探っています。0%のグレーティングカプラは、昔から知られている導波モード共鳴(Guided-Mode Resonance: GMR)と類似していることがあとでわかり、今は導波モード共鳴を利用したデバイスも手掛けています。

▶ ご研究が私たちの身近な生活へどう関わってくるのかについてお聞かせください。

グレーティングカプラの研究の動機の一つは光電子融合回路への応用であり、今も変わっていません。光電子融合回路は高性能のコンピュータ、情報処理システムですので、超小型に集積してシステムを作るということは世の中のあらゆるところで役立つといっても過言ではありません。スーパーコンピュータを掌サイズにしたり、現在のコンピュータをワンチップにしたり、ロボットを作るときやAIを実現する、AIといっても学習だけではなく自分で考えて判断できるような、いわゆる次世代、次々世代の膨大な演算処理が必要な

ところに使えるのではないかと考えています。

もっと身近な生活への関わりでは、グレーティングカプラを使ったライダー (Light Detection and Ranging: LiDAR=光検出と測距) システムがあります。最近ではホットトピックスになっており、世界中で研究されています。ライダーシステムではレーザー光を走査(ステアリング)する素子が用いられます。スーパーマーケットなどで使われているバーコードリーダにもレーザー素子が用いられています。これはガルバノミラー (Galvanometer Mirror=検流計の回転機構を応用した走査ミラー) を機械的に回転させてレーザー光を走査するものです。その機械的動作をなくし、mmくらいまで小さくしようとして、光集積回路デバイスが検討されており、その光入出力素子としてグレーティングカプラが主役となる可能性があります。グレーティングカプラによる超小型のビームステアリング素子を実現しますと、車やドローンの自動運転のほか、例えば、AR (拡張現実) やMR (混合現実) 用アイウェアに応用されるなどさまざまな用途に使うことができます。ビームステアリングを使った超小型のディスプレイは既に世の中に出ています。が、今あるものよりもさらに小さくできます。そういった研究も2~3年前から始めています。

▶ 日頃の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？

いくつかありますが、一つは人がやっていることをやらないということです。研究目的は同じでも異なるアプローチを採用し、スペック競争を避けるようにしています。もう一つは騙されないということです。研究では、設計、試作、評価、検証するスタイルをずっと続けています。設計するには計算予測は必須ですが、計算結果に騙されないためには実験すればよいことになります。また、実験結果に騙されないことも重要です。理論予測と同じような特性が得られた場合でも、本当に理論予測を裏付ける結果か、別の現象を捉えている可能性はないかを多角的に検証することを心がけています。もう一つは学生さんに騙されないということです。学生さんは経験の少なさから騙される可能性は高くなります。計算でも実験でも、報告を受けるときは鵜呑みにせず、計算なら自分で追試をしますし、実験なら条件等を詳細に聞き取ります。初めての実験方法を試す場合は必ず立ち会い、本当に信頼できるデータを取っているか見極めます。ルーチンワークは他人に任せても、肝心なところは必ず自分の目で確かめるようにしています。

▶ 阪大や産総研でも弊社の装置をご使用いただきましたが、ご感想をお聞かせください。

特に思い出に残っていることは、阪大では一台の装置でCVDとエッチングに使える装置を工夫して提供していただいたことです。もう一つは、こちらに納入していただいたリアクティブイオンエッチング装置『RIE-10NR』ですが、電極に窓を開けてもらってレーザーで膜厚を測れるようにしていただきました。こちらの要求に親身になってご協力いただき、ユーザーフレンドリーという印象が特にあります。

阪大の装置はシリコン窒化膜 (SiN) の堆積とエッチングに使いました。RIE-10NRはシリコン (Si) やシリコン酸化膜 (SiO₂) 系のエッチングに使っています。

▶ 座右の銘をお教えてください。

アメリカ第3代大統領のトーマス ジェファースンの “I’m a great believer in luck, and I find the harder I work, the more I have of it.” という名言があります。どれだけ頑張ったかによってたくさんの運をつかむことができるということで、座右の銘というほどではありませんが、私の信条に一番合っています。一生懸命研究したからといって必ず報われるということもありますが、落ち込んででも仕方ありません。腐らずに頑張れば運が向いてくるだろうということです。Never give upということが心の拠り所というところですね。

▶ 休日などはどのようにお過ごしでしょうか？

暇なし状態が多いのですが、時間があると庭の雑草抜きをしたり、ウェブやユーチューブを見たりしています。テレビはほとんど見ませんが、日曜囲碁対局はよく見えています。昔は体を動かすことも好きで、自転車は年間2,000kmほど乗っていましたし、テニスや水泳、キャッチボールも好きでした。ジョギングも好きで万博公園の外周をよく回っていました。頭のスポーツとして囲碁や将棋、麻雀もよくしました。残念ながら、今はほとんどできていません。

▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

先ほども申しましたが、サムコさんの印象はユーザーにすごく近く、何か困ったことがあれば相談に乗ってくださるというものです。ノウハウを開示しない会社もあると思いますが、サムコさんはエッチングやCVDのレシピを親切に教えてくださいました。一言というよりもお願いですが、この社風を今後も大事にいただき、そういう形で成長をしていただきたいと思っています。

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 14

奈良時代に遣唐使が伝えた唐菓子の一つである「清浄歎喜団」を今日も受け継ぐ400年の老舗。亀屋清永の第17代当主・前川清昭さんに京御菓子司の暖簾を守り、新たに挑む「温故知新」の深き想いをお聞きました。



祇園さん



清浄歎喜団



星づく夜

京都の盛夏を彩る祇園祭でも名高い八坂神社。その壮麗な朱塗りの西楼門の石段下南に、元和3(1617)年の創業から約400年の歴史を暖簾に刻んできた京御菓子司の亀屋清永があります。江戸幕府は有職故実には、京菓子の伝統を守るために、安政4(1857)年に上菓子司を248軒に限定。その中でも「禁裏御用達」を許されて「京御菓子司」と名乗ることができたのは、亀屋清永をはじめとする僅か28軒のみでした。禁裏御所御膳所、諸藩諸侯、社寺仏閣に出入りを差許され、代々積み重ねた多大の功績によって「和泉大掾」の称号を賜わり、苗字帯刀を許されました。天保13(1842)年の「御所巻物」(京都御所に提出した菓子のメニュー表)でも、当時「京御菓子司」として亀屋清永が納めていた菓子の名前を見ることができ、貞享2(1685)年に刊行された京都の名所案内である古書『京羽二重』にも、菓子所の筆頭に亀屋清永の名が記されています。

奈良時代に遣唐使によって伝えられた唐の菓子は「唐果物」と称され、京菓子の起源とされています。団子や餅を塩味で整え、油で揚げたもので、神饌や供饌として用いられ、貴族の饗宴で食されました。その一つが亀屋清永の代表的銘菓「清浄歎喜団」であり、千年余の古の姿を今日に伝えるこの菓子を作り続けているのは、その秘法を比叡山の阿闍梨より習った亀屋清永のみです。調製には必ず精進潔斎して臨みます。

このような通年の名品と共に、季節の逸品も実に多彩です。たとえば、祇園祭の時期に限定販売していた「祇園さん」。表面に八坂の御神紋と鈴の焼き印が施された京情緒あふれる銘菓として広く親しまれてきました(現在、販売休止)。これに替わって、

女性客の間でも「涼やかで、可愛い!」と話題になっているのが夏限定和菓子「星づく夜」。澄んだ青色に月と星がきらめく仕上げで、ほのかに香るフルーツとレモンの爽やかな味わいは、祇園祭のお土産にも最適です。昨年、創業400年を記念して発売した「翔一SHOU」も大人気。あんず、いちじくのドライフルーツを入れたひと口サイズの羊羹で、ワインなどのお酒のおつまみにもぴったりです。第17代当主・前川清昭さんの座右



の銘は「温故知新」。伝統を守りながら、常に新たな和菓子づくりに思いを馳せています。「閃きを得た時が最高に幸せ…」と快活に微笑みます。

京御菓子司『亀屋清永』

本店: 京都市東山区祇園町南側534

TEL 075-561-2181

営業時間 8:30~17:00

定休日 水曜日、不定休有



液体原料を用いたタングステンのホール内埋め込み成膜

【サムコ(株) 開発部】

モノシラン(SiH_4)の代替原料ガスとして弊社が提案している液体原料(以下、SN-2と記す)をタングステン(W)熱CVDプロセスにも適用し、コンタクトホール内へのタングステン埋め込み成膜を、SN-2を用いたプロセスで実現した。また、この成膜プロセスは弊社のプラズマCVD装置をベースとした熱CVDで行っており、反応室内に付着したタングステン膜は、プラズマを用いたドライクリーニングで除去可能である。

これにより SiH_4 が使用できない環境において、SN-2を用いたプラズマCVDにより絶縁膜、保護膜としてのシリコン酸化膜(SiO_x)、シリコン窒化膜(SiN_y)の成膜が可能になり、さらにパワーデバイスの電極等を目的としたタングステンを容易に成膜することが可能となった。

■はじめに

パワーデバイスのコンタクト電極として期待されている高融点金属であるタングステンは WF_6 と H_2 を用いた熱CVDプロセスにより形成することができるが、このプロセスの初期過程では WF_6 と基板などの下地材との反応が優勢で、タングステンが形成されるとともに下地材がエッチングされる結果、タングステンが下地材側に食い込んでしまうという問題が生じることが知られている。また、その解決策として WF_6 と H_2 に加えて微量の SiH_4 を添加することで、下地材ではなく SiH_4 と WF_6 との反応によりタングステンの成膜が進行し、下地材へのタングステン食い込みが抑制できることが報告されている。^[1]しかし、 SiH_4 は高圧ガス保安法の特定高圧ガスにあたるため、施設や周辺環境に対する安全基準を満たす必要があり、大学などの研究機関では使用が困難な場合が多い。また近年では、巨大地震発生時のリスクを低減させるという観点から、非 SiH_4 プロセスへの期待が高まっている。

このような背景から、弊社ではプラズマCVD成膜プロセス開発の一環として、すでに SiH_4 の代替原料として液体原料であるSN-2を用いたLS-CVD®(Liquid Source-CVD)法による SiO_x と SiN_y の成膜プロセスを開発した。これまでは、その他の液体原料であるTEOS(Tetraethyl orthosilicate)を用いた SiO_2 成膜や、当社が提案しているSN-1による SiCN 成膜を実施してきたが、いずれの膜種においても炭素混入が問題になる場合があった。当社が提案しているSN-2は、上記のような炭素等の不純物混入はなく、 SiH_4 を用いた場合とほぼ同等の膜が得られるという優位性を有している。

このようなSN-2の特徴から、SN-2が SiH_4 と同様の役割を果たし、熱CVDプロセスによるタングステン膜形成が可能と考え、プロセス開発および評価を行った。

■熱CVDによるタングステンの成膜と評価

本検証では WF_6 と H_2 およびSN-2を用いてタングステンの成膜を行った。また、比較のため SiH_4 を用いたプロセスでの成膜も実施した。成膜装置には、弊社のプラズマCVD装置PD-220NLを検証用に

改造したものを用いた。また、タングステン膜の評価として、膜組成分析と溝構造への埋め込み性確認を行った。膜組成分析には走査型電子顕微鏡(SEM、JOEL製JSM-7600F)に付属しているエネルギー分散型X線分析器(EDX)を用いた。また、同SEMで幅 $1\mu\text{m}$ 、深さ $2\mu\text{m}$ (アスペクト比2)の溝構造を持つサンプルへのタングステン成膜状況を観察し、埋め込み性を評価した。

図1はSi源の異なる各プロセスで得られたタングステン膜のEDXスペクトルである。いずれもWのピークが強く、プロセス間で大きな差異は認められない。また、図2は埋め込み性を確認したSEM像で、両プロセスとも溝中央部にまだ隙間があるものの、タングステンの側壁上部と下部の膜厚は同等であるため、成膜時間を延ばすことで完全に溝内を埋め込むことは可能であると考えられる。このように埋め込み性にはほぼ差異がないことが確認されたが、 SiH_4 に比べてSN-2から得られたタングステン膜は表面形状が滑らかで凹凸が少なくなるという点が異なっていた。

■まとめ

プラズマCVDによる SiO_2 膜や SiN 膜の成膜プロセスと同様に、熱CVDによるタングステン成膜においてもSN-2が SiH_4 の代替原料となり得ることが確認された。また、同装置でのプラズマによるドライクリーニングにより、反応器内に付着したタングステンを除去することが可能である。今後さらに開発を進め、パワーデバイスや他の市場への提案を実施する。

■謝辞

本実験を実施するにあたり、 WF_6 ガスを提供していただいた関東電化工業株式会社に感謝の意を表する。

■参考文献

[1] 伊藤 仁, 日本金属学会会報 第28巻 第1号(1989) P48-54

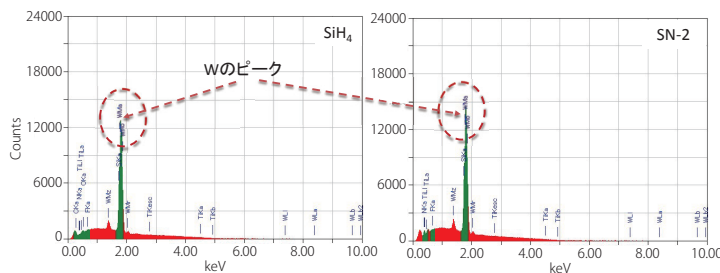
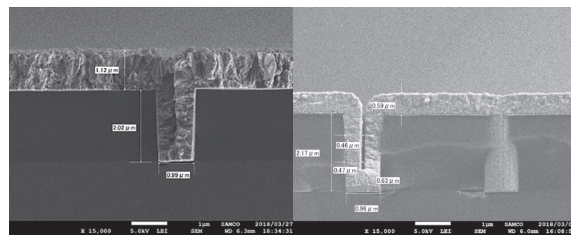


図1 Si源の異なるプロセスで成膜したタングステン膜の膜組成(左: SiH_4 , 右: SN-2)



※サンプル提供元: 国立研究開発法人産業技術総合研究所

図2 Si源の異なるプロセスで成膜したタングステン膜の埋め込み性(左: SiH_4 , 右: SN-2)