

# SAMCO®

VOL.59  
2007.JUN.  
Quarterly

## NOW

発行所 サムコ株式会社  
京都市伏見区竹田墓屋町36  
(075)621-7841

発行者 辻 理  
編集者 子谷、竹谷、山口  
編集・企画協力 アド・プロヴィジョン株式会社

<http://www.samco.co.jp>

### 窒化物半導体特集号

今回の『SAMCO NOW vol.59』は、当社が注力する窒化物半導体に焦点を当て、インフォメーションでは本分野の最新技術を紹介する展示会のご案内、インタビューでは窒化物半導体のご研究に鋭意取り組んでおられる京都大学の川上養一教授のお話、テクニカルレポートでは『トルネードICP® エッチング装置によるGaNの高精度加工』を掲載しております。



●表紙写真／京都新能（平安神宮）

京都の初夏を彩る「京都新能」（6月1日・2日）は昭和25年に始まりました。夕闇が迫るころ篝火が焚かれ、観客を荘厳で幽玄な世界へと誘います。

（写真提供：土村清治さん／日本写真家協会会員）

## OPTO TAIWAN 2007 お知らせ



会 期 6月13日（水）～16日（土）  
会 場 Taipei World Trade Center(台北)  
ブースNo. D332、D334

6月13日から16日までの4日間、台湾の光エレクトロニクス分野の総合展示会であるPHOTONICS FESTIVALが台北国際展示場で開催されます。

当社は、その中のOPTO TAIWANに出展し、青色

LED用の窒化ガリウムの高精度エッチングで実績が豊富なトルネードICP<sup>®</sup> エッチング装置を中心に、研究開発用途から量産用途までドライエッチング装置やCVD装置、ドライ洗浄装置を最新の技術データとともに紹介する予定です。

LED Lighting TaiwanやSOLAR TAIWANが同時に開催されるほか、産業および技術のシンポジウムも併設され、連日大盛況になるものと思われます。

## SEMICON West 2007 お知らせ



会 期 7月17日（火）～19日（木）  
会 場 モスコニーセンター（サンフランシスコ）  
ブースNo. 1634

7月17日から19日までの3日間、SEMICON Westが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。北米最大のセミコンショーであり、アメリカはもとよりヨーロッパやアジア、その他世界各地からの出展社

が最新製品や技術を発表します。

最先端のナノテク関連の技術発表が目立つ本展示会で、当社は、シリコンの高速ディープエッチングを行うBoschプロセス専用ICPエッチング装置、化合物半導体プロセス用のICPエッチング装置とプラズマCVD装置、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装置など業界をリードする製品群の最新の技術データを紹介する予定です。

## 第18回 マイクロマシン/MEMS展 お知らせ



会 期 7月25日（水）～27日（金）  
会 場 東京ビッグサイト  
ブースNo. B-020

7月25日から27日までの3日間、MEMS、ナノテク、超精密・微細加工、バイオに関する国際展示会である『マイクロマシン/MEMS展』が開催されます。一昨年までは東京の北の丸公園にある科学技術館で開催されてきましたが、規模の拡大にともない昨年は東京国際フォーラムに移り、そして今回からは東京ビッグサイトで開催されます。毎年、充実したプログラム内容で

知られる『国際マイクロマシン・ナノテクシンポジウム』が同時開催されていますが、今回はさらに、ヨーロッパおよびアメリカなど世界各地で開催されている『化学・生命科学マイクロシステム国際会議（μTAS2006）』も同時開催され、これまで以上に大盛況になるものと期待されています。

当社は、Boschプロセス専用高速シリコンディープエッチング装置を中心に、MEMSプロセスにおける自立デバイス形成時の犠牲層エッチングを主目的とするフッ化セシノンドライエッチング装置などを最新の技術データとともに紹介する予定です。

# Samco-Interview



京都大学大学院 工学研究科 電子工学専攻 教授

## 川上 養一 先生

### ●プロフィール

1961 (昭和36) 年 愛媛県生まれ  
1984 (昭和59) 年 大阪大学工学部電気工学科卒業  
1989 (平成 1) 年 大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻 博士課程修了  
京都大学工学部電気工学科 助手  
1991 (平成 3) 年 英国ヘリオットワット大学物理学教室 研究員 (1992年まで)  
1997 (平成 9) 年 京都大学工学研究科電子物性工学専攻 助教授  
2007 (平成19) 年 京都大学工学研究科電子工学専攻 教授

今回のSamco-Interviewは、京都大学を訪ね、本年4月に教授に昇任された工学研究科電子工学専攻量子機能工学講座の川上養一先生に光材料物性工学のご研究や長年にわたるサムコとのお付き合いなどについてお話を伺いました。

先生がご研究をされている光材料物性工学についてご紹介頂けますか。

私の光材料物性工学研究室では、光と物質との相互作用に基づく新物性の発現と解明に取り組んでいます。このことによって、新しい光デバイスや光応用への展開を推進しています。具体的にテーマは三つあります。まず一つ目は、ナノ空間での光ダイナミクスを測定するための新手法の開発で、微細加工された材料やデバイスそして生体細胞などの各部位へ近接場領域で超短パルスの光アクセスを可能とする技術です。二つ目は、その新手法による基礎光物性に関するもので、ワイドギャップ半導体の局在発光機構の解明やバイオセンシングに繋がります。三つ目は、ナノ構造制御によって任意の色、任意の大きさ、効率100%で発光する材料の開発で、白色LEDのための蛍光体開発や固体照明応用です。三つ目のテーマは、発光スペクトルの合成による究極のテイラーメイド固体光源の開発に繋がりますが、一つ目と二つ目のテーマとも相互にリンクしています。基礎光物性を材料開発にポジティブにフィードバックすることによって研究を推進しています。

ご研究を始められたきっかけについてお聞かせください。

もともと私は大阪大学の出身です。大学院生時代から一貫してワイドバンドギャップ半導体に関する研究に取り組んできました。研究を始めた頃は、II-VI族化合物半導体のZnSeやZnSが非常に注目されており、それらを成長させるための有機金属気相成長 (MOVPE) 装置で、手

動でバルブを開閉するような装置を組み上げるところから始めました。

なぜ、ワイドバンドギャップ半導体の研究を選んだかという理由は、光るからです。苦勞して作った試料に、フォトルミネッセンスという測定で暗室にこもってレーザーを当てると、さまざまな色や強度で光ります。それは結構ドキドキするものです。結晶成長はさまざまな条件、パラメータに縁るので、世界にないものを光らせているという感動があります。その感動は今でも変わっていません。材料というのは人知を超えていますので、ふとしたきっかけで予期せぬ光り方をします。それが研究を続けている動機付けでしょうか。

藤田茂夫先生の研究室から長くお付き合いさせて頂いておりますが、サムコについて気づかれたことをお聞かせください。

サムコさんとは京都大学の助手に着任した平成元年 (1989年) からの付き合いになります。工学部電気工学科光電工学講座の藤田茂夫先生の研究室に呼んで頂きましたが、当時、非常に有望といわれていたII-VI族ワイドバンドギャップ半導体の研究をしていました。藤田研究室にはいくつかの結晶成長装置がありましたが、MOVPE装置でII-VI族半導体の成長の際、基板にバンドギャップよりもエネルギーの高い光を当てると成長速度が非常に上がるという効果を検証する実験に使っていた装置がサムコさんの装置でした。

サムコさんについては、辻社長さんご自身が非常に気さくなお人柄で、京大にも講演会などでよく来て頂いております

ので、サムコという会社がいかにして設立されたかということもよく聞いております。また、藤田研究室に来てから数年後に、サムコさんから共同研究員も来られました。インド国籍の方でしたが、面白いパーソナリティーの方で、非常に研究を楽しませていました。会社の方なので装置開発などいろいろ仕事があるのではと思いましたが、とにかく論文を書きたいということで、非常に熱心に論文を書かれていたことを覚えております。そういうことを許して認める自由な気風の会社だと思いましたね。

最近では、ここ数年の懸案だった窒化物半導体の加工用のRIE装置をようやく導入することができました。これからもよい関係が続いていくと思っています。

サムコの装置はどのようなことにご使用頂いていますか。

京大の電気系にはサムコさんの装置はたくさん入っていると思います。共用の装置もあれば専用の装置もあります。SiO<sub>2</sub>の成膜には共用のCVD装置を使わせて頂いております。最初にベンチャービジネスラボラトリー (VBL) で購入したRIE装置は、Siのエッチングで使っています。最近、研究室に入ったRIE装置は、GaNの加工に使っています。この装置は、多波長発光する低次元InGaN微小光源の開発にも使わせて頂きます。サファイア基板上に成長させたGaNを、まずストライプ状に加工しますが、できるだけダメージフリーで垂直にエッチングしなければいけません。そのあと結晶を再成長させ、かまぼこ状の構造にしてさまざまな方位のファセットができます。上が極性で横が無極性、斜めが半極性という異な

る極性の面からさまざまな波長の光が出て、これが混ざると、例えばパステル調の色も作ることができればピュアな白色を作ることもでき、構造とスペクトルが一つ一つで対応します。任意の色を出すためには、パターンの間隔や幅の制御性が非常に重要です。そういうことに着目して、装置を使わせて頂くことになっています。

■ 今後のご研究の展望について教えてください。

窒化物半導体は、産業上非常に重要です。ただ、大学としては、将来を見据えた研究も重要ですので、うまくバランスをとりながら研究しなければいけないと思っています。GaNの結晶成長にはさまざまな方法がありますが、多くはサファイア基板で、MO-CVD法が使われています。しかし、このLEDを電球や蛍光灯などの固体照明に置き換えようとするコストが非常に高いという問題があります。それはサファイア基板を使っている、あるいは結晶成長の温度が高いといった問題があると思います。コストを考えれば、例えばガラス基板上に低温でよく光るものができれば、非常に画期的です。低コスト化にはブレイクスルーが必要です。で、いろいろトライしていかなければいけないと思っています。

二つ目は、大学ならではのことで。例えば、発光デバイスの究極の目標は100%の効率で光る構造ですが、必ず結晶中には欠陥や転移があり、非発光センターというブラックホールのように光らない暗い点があります。それは非常に小さいので、普通の装置では見ることができませんが、我々の研究室は、非常に微細な構造からの発光を時間分解で測定する評価手段を持っています。それはどこにでもあるものではありません。ですから、いろいろな会社から作られた構造を「どのようになっているか教えてほしい」と持ち込まれます。このようにある技術に特化したものを持つことが非常に重要だと思います。

三つ目は、新しい材料の開発です。繰り返しますが、材料というものは人知を超えていると思います。20年前のII-VI族ワイドバンドギャップ半導体の研究が非常に盛んだった頃は、窒化物半導体はものにならないといわれており、さらにそれ以前は、ZnSeやZnS、GaNもすべてN型半導体だったので、P型はどんなにがんばってもできないという理論がきれいにできあがっていました。自己補償効果という理論です。往々にして、そのときある物性を予測するために理論が非常にきれ

いに作られてしまっていますが、それはおかしいと思います。結局、きちんとした結晶を作ってP型電導を示す半導体ができれば、今度は逆になぜP型電導ができるようになったかという理論ができるということです。ですから、あまり頭でっかちにならずに新しい材料開発を今後も展開することが必要だと思っています。

■ 先生が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。

心がけていることは、学生さんや若い研究者の方をいかに励ましていくかということです。彼らの研究が進むように持ってきたデータを面白がるのが非常に大切だと思います。「あっ、失敗しました。」といっても、「いや、面白いやないか」というようなことです。若い人は将来に対する不安をいろいろ抱えています。研究者はあるところで楽観的でなければいけないと思います。だから、「心配せんでええ。」といった感じで励ましていくことを今心がけています。

■ 先生のご趣味についてお聞かせください。

趣味はあまりありませんが、読書は好きです。ジャンルを問わず、いろんな本を読みます。子供の頃は、将来、天文学者になりたいと思っていました。スケールの大きな星を天体望遠鏡で眺めることが非常に好きで、実際に自分で反射望遠鏡を作ったりもしました。今は時間がなくてできませんが、少し余裕ができたなら、彗星や超新星の観測などをしてと思っています。

■ 最後にサムコに対して一言お願いします。

今まで十分よくして頂き、感謝申し上げます。サムコさんのよい点は、敷居が高くないところと決断が早いところだと思います。大企業と共同研究を進めようとする、稟議書や会議に何回も諮ったりして決裁に時間がかかりますが、サムコさんがベンチャーとして非常に伸びているのは、非常に決断が早いところにあると思います。私も何かあれば、社長さんに直接コンタクトすることができずし、社長さんの決定ですぐに動くところが非常によいところだと思います。あと、サムコさんとは窒化物半導体の成長の研究で交流がありますが、新しい成功事例を作っていければと思っています。

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。

# 京の漬物 II

京の老舗の中には、ユニークな新商品に挑戦するお店があります。元禄12年（1699年）創業の宮内庁御用達の京漬物の老舗『赤尾屋』さんを訪ね、季節の京漬物と斬新なオリジナル商品についてご紹介頂きました。



長寛2年（1164年）、平清盛が後白河法皇の命で創建した三十三間堂。江戸時代には、各藩の弓術家により本堂の軒下（長さ約120m）で矢を射る『通し矢』の舞台となりました。その伝統にちなみ、現在では、成人の日に弓道をたしなむ新成人が振袖に袴を着け、本堂西側の射程60mの射場で矢を射り、それが通し矢と呼ばれています。赤尾屋さんは三十三間堂の西、昔ながらの静かな京の町並みが続く本町通にあります。

赤尾屋さんの歴史は古く、元禄12年（1699年）に八文字屋という屋号で創業されました。300年以上の長い歴史の中では、鳥羽伏見の戦いで官軍と幕府軍の両方に梅干を納品したという記録も残っています。また、明治28年（1896年）の第4回内国勸業博覧会では奈良漬、辣蕪漬、紅生姜、梅干が、昭和3年（1928年）の御大禮記念京都大博覧会では奈良漬が高く評価され、店内には風格ある賞状が飾られています。

赤尾屋さんでは伝統的なさまざまな京漬物が作られています。これから夏に向けては、歯切れがよく風味豊かな浅瓜、大阪泉州特産の水茄子の糠漬、一度絶滅しかけたこともある京都伝統野菜の『山科茄子』のあっさり漬などが本番を迎えます。また、厳選した大根を京白粒味噌と糍でじっくり漬け込

んだ繭味大根、ほのかな甘味で漬け込んだ大根を大葉で仕上げた式部漬などユニークなオリジナル商品も販売され、人気を集めています。特に、新鮮な茄子をワインで漬け込んだ『ワイン茄子』は、風味豊かで上品な味わいの逸品としてお店の代表商品となっています。

長大な堂内に1001軀の千手観音像が整然と並ぶ三十三間堂。付近には京都国立博物館のほか、智積院や門跡寺院の妙法院、豊臣氏滅亡のきっかけとなった『国家安康』の梵鐘で知られる方広寺などの著名な寺院が多くあります。見どころの多いこの界隈を散策し、さまざまな賞に輝く伝統の京漬物と、斬新な京漬物の食べ比べを楽しんでみてはいかがでしょうか。



## ■赤尾屋

京都市東山区本町7丁目21  
TEL 075 (561) 3032  
FAX 075 (561) 3849  
<http://www.akaoya.jp/>



※ 京の漬物シリーズは「京都銀行」のご協力でお店の紹介を行っております。

## トルネードICP<sup>®</sup> エッチング装置による GaNの高精度加工

### 1. はじめに

当社では、95年ごろから、高密度プラズマ源を用いたドライエッチング装置を本格的に開発し始めている。97年にはGaNの高速エッチングに成功し、LED業界への装置販売実績を堅実に積んできている。最近では、豊富な実績を元に、量産対応の装置を開発し、多数枚のバッチ処理装置やトレーカセット式の量産装置を提供している。

GaNは、同じⅢ-V族化合物半導体のGaAsやInPとは違い、従来からのウェットプロセスでの加工が困難であるため、プラズマプロセスを利用したドライエッチングが必須となってくる。

ここでは、当社独自の「トルネードICP<sup>®</sup>」エッチング装置とGaNの高精度加工について紹介する。

### 2. トルネードICP<sup>®</sup> エッチング装置

当社では、信頼性のあるシンプルなシステムを構築できる誘導結合型プラズマ（ICP）源を採用し、その高周波電力供給用アンテナコイルに特徴を持たせたトルネードICP<sup>®</sup>を販売している。トルネードICP<sup>®</sup>は、従来のRIEシステムに比べ、プラズマ密度を数百倍に上げることができ、プロセスマージンを大きく広げることができる。加えて、下部に印加された高周波電力は、RIEシステムと同様に、処理基板上にイオンを引き込むための加速電圧を生み出す（直流バイアス電圧： $V_{dc}$ ）。プラズマ生成と加速電圧生成が独立しているため、高速エッチングでありながら、ダメージの少ないプロセスを追及することが可能になっている。

一般的に、化合物半導体のエッチングは、主に塩素系のガスを基本としており、また、エッチング中の温度管理が重要である。エッチング中の温度を精密に管理するために、ウェーハをセットする下部基板に工夫があり、当社のシステムでは、静電チャックを標準搭載し、冷却ばかりでなく、加熱も可能で幅広い温度範囲に対応できるようにしている。特にInP系のエッチングでは、ウェーハの基板温度を200℃程度まで昇温しないと、低蒸気圧の塩化インジウムが残留し残渣の原因になる。

また、結合エネルギーの大きなGaNは他の化合物半導体よりも $V_{dc}$ を高くしてエッチングをする傾向があり、その入熱を吸収する必要があるが、本機構を用いることでこれらの問題を解決することができる。

これらのエッチングを可能にする装置



写真1  
量産用  
「RIE-200iPC」

として、研究開発/セミ量産用の「RIE-200iP」、トレーカセット機構を搭載した量産用「RIE-200iPC」（写真1）、これを2室の反応室とした「RIE-202iPC」がラインナップされている。反応室内部の構成は各装置共通のため、生産量の増加にともない装置をステップアップさせていく場合、プロセス条件を変更することなく装置を導入することが可能である。

### 3. GaNのエッチング技術

一般に、GaNは単結晶基板が作りにくく高価であるため、格子定数が比較的整合するサファイア基板の上に成長させる場合がほとんどである。しかし、サファイア基板は絶縁体であるため、LEDの電極を形成する場合、通常の化合物半導体のようにウェーハ裏面からの電極の形成が不可能で、ウェーハ表面から掘り下げて電極を形成する必要がある。この場合、エッチング面で金属とオーミックコンタクトを作ることになるので、少なくともエッチング後の面の平滑さが要求される。

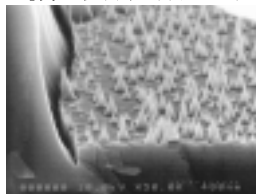
しかし、AlGaN、InGaNを含むGaNをエッチングする場合、塩素ガス単体でエッチングを行うと、通常、エッチング底面にピットやピラーが発生する（写真2(a)）。この発生の原因は、GaNの結晶内に存在する結晶欠陥や、結晶内の酸素の残留、ドーパされている微量の不揮発性物質などに起因し、この発生の程度は反応室内の雰囲気大きく影響される。また、塩素ガス単体でもプロセス条件を調整することで、平滑なエッチングが可能であるが、反応室内のコンデーションに敏感に影響されるため、プロセスウインドウが狭くなることが多い。この解決方法として、ある種のガスを加えてプロセスを安定させることも必要になってくる。

GaNの結合を切るのに、高 $V_{dc}$ の方が容易であるが、高 $V_{dc}$ ではプラズマダメージが発生し、リーク電流の発生や電極のオーミックが低下し、発光強度の低下につながる。

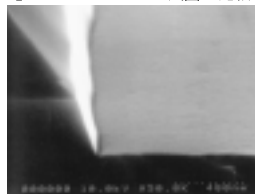
当社オリジナルのプロセスでは、低 $V_{dc}$ （約-30V）でGaNのエッチングが可能であるため、広いプロセスウインドウと低ダメージのプロセス、量産安定性を提供することができる（写真2(b)）。

GaNのエッチングのトピックとして、逆テーパ形状が得られにくいGaNでも、ラジカルを中心としたプラズマドライエッチングで、逆テーパを形成することができる（写真3）。

写真2 従来法と「トルネードICP<sup>®</sup>」によるエッチング底面の比較



(a) 従来法によるエッチング底面の残渣



(b) 「トルネードICP<sup>®</sup>」により改善されたエッチング底面

写真3 GaNの逆テーパエッチング

