

samco®

VOL.84
2014.JAN.
Quarterly

NOW

発行所 サムコ株式会社
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・アソシエイツ株式会社



●表紙写真 「新春の蹴鞠はじめ」[下鴨神社] 1月4日(土)

京の伝統行事「蹴鞠」奉納が、新春恒例の「蹴鞠はじめ」として京都市左京区にある世界遺産の下鴨神社で一般に公開されます。色とりどりの装束をつけた鞠人が、皮製の沓で鹿皮製の白い鞠を蹴り上げ、「あり」「おう」「やあ」と独特の掛け声をあげて巧みな足さばきで蹴り合う姿は、新春を迎える人々の拍手や歓声に包まれます。

撮影 © 中田 昭

セミコン・ジャパン2013 報告



SEMICON® Japan 2013

半導体製造装置および半導体材料産業の世界最大の展示会であるセミコン・ジャパン2013が12月4日から6日までの3日間、幕張メッセで開催されました。

サムコは、SiCパワーデバイス向けの量産用ドライエッチング装置『RIE-600iPC』やMEMS向けの量産用高速Siディープエッチング装置『RIE-800iPBC』などの新製品を技術データとともに紹介し、多くのお客様から生産性や高精度な加工形状に高い評価を頂きました。また、明るく斬新なブースのデザインも好評で、連日大盛況でした。ご来場頂きました多くのお客様には、厚くお礼申し上げます。

セミコン・ジャパンは第14回目の1990年から本年まで幕張メッセで開催されてきましたが、来年度は東京ビッグサイトでの開催となります。半導体市場の回復とともに利便性の高い会場への変更で、来年度のセミコン・ジャパンはさらに活況を呈するものと期待されます。

MEMS向け本格量産用 シリコンディープエッチング装置 『RIE-800iPBC』の販売を開始

当社は、MEMSやTSVなどの加工向けの本格量産用シリコンディープエッチング装置の新製品『RIE-800iPBC』をセミコン・ジャパン2013で紹介し、販売を開始いたしました。本装置は、信頼性が高く評価されている研究／セミ量産用『RIE-800iPB』に真空カセット室とアライメント室を加えた本格量産用装置です。8インチウエハーまでに対応し、エッチングレート50 μ m/min以上、均一性 \pm 3%以下を実現し、低スカロップ加工やSOI(Silicon on Insulator)基板加工のノッチフリープロセスが可能です。量産用装置としてメンテナンス性に優れた設計になっており、反応室内部材の取り出しと交換を容易に行うことができ、高周波電源やターボ分子ポンプの交換を安全に行えるようにしています。

『RIE-800iPBC』の販売開始により、高速シリコンディープエッチング装置で研究開発専用装置から本格量産用装置までラインナップ化が完成いたしました。



※11月28日の新聞各紙に記事掲載



東京工業大学
量子ナノエレクトロニクス研究センター 教授

あらい しげひさ
荒井 滋久 先生

プロフィール

- 1977年 東京工業大学 工学部電子工学科 卒業
- 1982年 東京工業大学 大学院理工学研究科 博士課程 修了
- 1982年 東京工業大学 工学部 助手
- 1983年 AT&T Bell Laboratories Post-Doctoral Researcher
- 1984年 東京工業大学 工学部 講師
- 1987年 東京工業大学 工学部 助教授
- 1994年 東京工業大学 量子効果エレクトロニクス研究センター 教授
- 2004年 東京工業大学 量子ナノエレクトロニクス研究センター 教授

今回のSamco-Interviewは、東京工業大学を訪ね、量子ナノエレクトロニクス研究センター 教授の荒井滋久先生にシリコンフォトニクスのご研究についてお話を伺いました。

現在に至るご研究について お聞かせください。

LSIの高速化・高集積化はムーアの法則に従い、素子の微細化・低電圧化によって達成されてきました。しかし、将来的にはさらなる微細化にともない素子間の配線におけるRC遅延や発熱、高抵抗化といった問題が懸念されており、これらがLSI全体の性能を律速してしまう要因になると考えられています。その解決策の一つとして近年有望視されているのが電気配線の光配線への代替です。現在、この『次世代集積回路のための光配線用極低電力光デバイス』を中心に研究を行っています。

現在に至る研究の経緯としては、まず、学部の卒論で広帯域光ファイバ通信用レーザの研究を始め、現在実用化されている長波長レーザの初期の研究を行いました。1982年の博士課程を終了する頃には最低損失波長帯1.55 μm で動作する単一モードのDBR (Distributed Bragg Reflector=分布ブラッグ反射型)レーザができましたが、10年も経たないうちにそれは実用化されました。長波長レーザの研究を続けるうち、システムを実用化する光源の研究は大学の一研究室ではとても対抗できないという考えに至り、逆に低電流で動作する省電力の光源に注目し、1990年代に1.55 μm 波長レーザの低電流・高効率動作の研究に入りました。電子線ビーム露光法と低損傷ドライエッチング、有機金属成長法に

よる埋め込み成長を用いた量子細線構造レーザの室温連続動作を確認し、この低損傷加工技術を用いてしきい値電流0.7mAの1.55 μm 波長DFB (Distributed Feedback =分布帰還型)レーザを実現しました。

低電力化の研究の方向は、1990年代の終わりに出された米国スタンフォード大学のデビッド ミラー教授の論文で明確になりました。Si (シリコン)の集積回路が将来には高速化の進展で小さくなり、配線を通る電気信号のパワーが高すぎて熱に変わり、効率が非常に悪くなる。その際に抵抗を感じない光が使えるのではないかというものです。先ほどのDFBレーザは出力1mW程度の低光出力動作には適していますが、将来の集積回路の配線を光配線に置き換えるにはもう1桁以上低い極低消費電力動作が必要と考え、さらに極低電流動作が可能な半導体レーザの研究に取りかかりました。そこで、活性層を含む半導体層を150-200nm程度に薄層化し、上下を半導体に比べて屈折率差が10倍程度大きなBCB (ベンゾシクロブテン)膜やSiO₂ (酸化シリコン)膜で挟むことにより、光モードの電力が半導体中に従来の二重ヘテロ構造の約3倍強く閉じ込められる半導体薄膜レーザ (Membrane Semiconductor Laser)を考案し、その実現と低電流・高速直接変調動作を目標とした研究に着手しました。

2001年には光励起によって極低しきい値で動作する半導体薄膜構造DFBレーザの室温

連続動作に成功しました。2007年にはBCBの屈折率の温度係数が負値であることを利用し、半導体のそれと相殺することにより発振波長の温度変化係数の小さなDFBレーザを実現しました。その後、将来の集積回路の光配線に適用するためこの半導体薄膜レーザを電流注入で動作する研究に注力し、2009年に室温パルス発振、2013年に室温連続動作を達成しました。現在、DFB構造化による極低電流動作を目指しています。

2006年より着任した西山伸彦准教授と共同で研究室運営を行っており、将来の集積回路の光配線を中心にシリコンフォトニクス全般に関わる研究を行っています。

今後のご研究の展望について お聞かせください。

我々が考えた半導体薄膜構造レーザは、従来のレーザに比べ厚さが10分の1以下と非常に薄く、しかも上下を絶縁体で挟むことで光モードの電力が3倍くらい強く光増幅を行う活性層に閉じ込められるものです。薄膜半導体の上下が絶縁体で挟まれる構造のために、半導体の横方向からしか電流を入れられない特殊な構造のレーザですが、理論的にデザインすると従来のレーザに比べ二桁くらい動作電流が下がります。この研究は1999年にスタートし、2000年を過ぎてから光励起でキャリアを作ると予想通りの低しきい値で必ず発振するようになりました。電流を流して発光するまでには、それからさらに5~6年かかりました。作ればほぼレーザ発振するようになったというのは、つい最近です。しかし、NTT研究所が以前から研究していたフォトニック結晶レーザで2010年に室温で非常に低い電流で動作させ、さらに昨年にはもう一桁下がり、10 μA を切る低電流で動作させました。従来の通信用レーザの1000分の1くらいの極低電流動作は、残念ながらNTT研究所に先を越されてしまいました。しかし、我々が進めてきた半導体薄膜構造レーザの潜在能力の高さが世界的に認識されたということでもあります。今後は、将来の集積回路上に載せることのできる高速動作光源としてのレーザおよび高速・低電力動作可能な光検出器を集積したオンチップトランシーバーの研究を進めていきたいと考えています。

量子ナノエレクトロニクス研究センター についてご紹介ください。

私の指導教授であった末松安晴元学長や高橋清名誉教授らの長い業績をベースに『量子ナノエレクトロニクス研究センター』の前身である『量子効果エレクトロニクス研究センター』が文部科学省の管轄で1994年度から10年間時限で設立されました。通常、文部科学省は時限後の継続を認めませんが、独立行政法人化の切り替え時期と重なり、大学で新しいセンターとして認められました。

大学の組織として『量子効果エレクトロニクス』から『量子ナノエレクトロニクス』へ名前を少し変え、ナノ構造をベースにした新しいデバイスやシステムにつながる研究を行うセンターとして2004年度に設立され、『量子ナノ機能材料・デバイス研究部門』、私の所属する『超ヘテロ構造材料・デバイス研究部門』、『量子ナノプロセス研究部門』の3部門で構成されています。

1986年に建設された超高速エレクトロニクス研究棟および量子ナノエレクトロニクス研究センターと学内共同利用スペースとして建設された大岡山南9号館に半導体結晶成長装置、電子ビーム露光装置、各種の作製プロセス装置とSEMを始めとする評価装置が設備されており、学内教員の研究室の共同利用だけではなく、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業の支援拠点として他大学や産業界に対し、開拓した極微構造形成技術をもとにした技術代行も行っています。

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？

私は学生時代に指導教授から第一著者として論文を書かせて頂き、国際学会で随分発表させて頂いたので、今の学生にもそのような経験をしてほしいと考えています。論文には、基本的に世界初もしくは世界一のいずれかが求められ、これを常に念頭に置くようにと指導しています。あるグループはこういう研究をしているので我々もまねていい結果が出ました、では始めから書く気があるとはいえません。結果は悪くても、独自に考案・提案した独創的アイデアに根ざすものであることが最も重要であると考えています。

座右の銘をお教えてください。

結婚式やお祝い、留学生の帰国時などで色紙に書いてほしいと頼まれたら、随分昔から四文字の『温故知新』を書いています。本来の論語の『温故而知新』（故きを温ねて新しきを知れば、以って師と為るべし）というリーダーとなるた

めの教訓というべき重い意味ではなく、そこから派生した現代的な意味での『温故知新』。研究を始める上では何が既知（古いこと）なのかを知らなければ、新しいことは始められませんので。

サムコ装置のご感想をお聞かせください。

2000年にRIE（リアクティブイオンエッチング）装置『RIE-10NR』を購入しました。当時、低い値の半導体レーザを作る上で単一波長で動作する回折格子を切らなければなりません。我々は、活性層を幅20nm以下の量子細線にすることで量子効果によりキャリア注入時にある特定の波長でゲインが高くなれば低い値に有利と考え、量子細線構造を作ろうとしました。当初は電子ビーム露光装置でのパターンニング後に酸を使ったウエットケミカルエッチングをしていたのですが、どうしても半導体の結晶面が出て垂直性に優れた構造が作れませんでした。そこで、きれいな垂直面を出せるドライエッチング装置を探し、いくつか装置メーカーを当たってこのRIE装置を購入しました。当時、ICPエッチング装置も開発されたところでICPが使えれば良かったのですが、高価で手が出せず、RIEを1台体験導入しました。これを使ったところ非常に使い勝手がよく、再現性に優れ、しかもよいデータが一回で取れるようになりました。この装置があったお蔭でトップデータの論文を学生がいくつか書いています。量子細線もそうですが、この装置を使って随分と新しい研究ができました。しかし装置の操作が簡単ですから、世界中で大学だけではなく企業にも結構まねされました。

最後にサムコに対して一言お願いします。

学生時代の1980年に末松先生の大きな予算で大口径のプラズマCVD装置とエッチング装置を購入しました。その装置ですが、数ヶ月格闘したにも拘わらず、結局膜厚分布の再現性が得られなかったことが、忘れ難い思い出となっています。しかし、その20年後に購入したRIE装置は素晴らしい装置で非常に助かっています。私の研究室では、現在サムコさんの装置ではRIEが3台とICPが1台が並んでいます。頼れる装置機器メーカーとして期待しておりますので、今後も信頼性の高い装置とメンテナンスを含む充実したサービスの提案を続けて頂きたいと存じます。

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。

京の門前菓子

16

京都の老舗の中でも際立つ歴史を受け継ぐ御粽司「川端道喜」。禁裏御用達の「道喜粽」は今日の粽の源流であり、室町時代から宮中の御節料理の一つとして愛でられ、明治以降は裏千家の初釜でも使われる「花びら餅」も有名です。



水仙粽(奥)と羊羹粽(手前)



花びら餅

宮中に室町時代から「御朝物」献上

室町時代より禁裏御用達として500年余の歴史を暖簾に刻む老舗「川端道喜」。源頼光の四天王の一人、渡邊綱の流れをくむ鳥羽院北面の武士であった渡邊進四郎左衛門が文亀3年(1503)に武士から転じて餅屋を営んだのが始まりです。その後、娘婿の中村五郎左衛門(渡邊彌七郎)が家業を継ぎ、元亀3年(1572)に剃髪入道時の居士名「道喜」を名乗り、今日に到っています。当時は応仁の乱に端を発した戦国時代であり、諸国からの年貢も途絶え、朝廷の財政は逼迫していました。このご難澁を拝察した進・道喜親子は塩餡のお餅を毎朝献上するようになり、やがて「御朝物」として定着。時代が移った後も儀式化(「朝餉の儀」)され、明治天皇の東京遷都まで続きました。現在も建礼門の横には「道喜門」が現存しています。また、初代・道喜は国学や和歌にも秀でた文化人で武野紹鷗に茶道を学び、千利休や古田織部とも親交を深めたと伝えられています。ちなみに「川端道喜」には禁裏御用の記録や文化人との交流を記した古文書類「川端家文書(道喜文書)百余点」が代々継承されており、京都市の有形文化財に指定されています。



宮中で飾られた鏡餅の図

帝御好みの「道喜粽」を初代が考案

「川端道喜」の代表的な名物は「道喜粽」。

初代・道喜が奈良吉野から禁中に献上されていた葛粉を用いての御用を賜り、工夫を凝らして考案したものです。洛北の筐で粽に調製した「羊羹粽」は際立つ風味で帝御好みとなり、「水仙粽」と共に御注文を賜るようになったのです。これが現在の粽の源流です。選りすぐった天然材料と伝統技法にこだわった珠玉の逸品です。また、茶会で使われる上生菓子も有名です。たとえば、「花びら餅」。正式な名称は「御菱葩」です。その歴史は古く室町時代から宮中の御節料理の一つとして愛でられてきました。明治時代の裏千家11代・玄々斎宗室の時に初釜でも使われるようになり、初春を象徴する典雅な和菓子となりました。やわらかな牛蒡と白味噌の餡を薄く柔らかいお餅で包んでいます。薄紅色の趣はまさに高雅な花びらそのもの、極められた芸術品です。「ほんとうに良いものをお届けするために、手間ひまかけて、すべて手づくりでお支度しています。綺麗やなあ…と思えるのが有難いこと。大変やけどお菓子をつくる喜びは何ものにも代えられません」という言葉が心に深く残りました。

初代・道喜が奈良吉野から禁中に献上されていた葛粉を用いての御用を賜り、工夫を凝らして考案したものです。洛北の筐で粽に調製した「羊羹粽」は際立つ風味で帝御好みとなり、「水仙粽」と共に御注文を賜るようになったのです。これが現在の粽の源流です。選りすぐった天然材料と伝統技法にこだわった珠玉の逸品です。また、茶会で使われる上生菓子も有名です。たとえば、「花びら餅」。正式な名称は「御菱葩」です。その歴史は古く室町時代から宮中の御節料理の一つとして愛でられてきました。明治時代の裏千家11代・玄々斎宗室の時に初釜でも使われるようになり、初春を象徴する典雅な和菓子となりました。やわらかな牛蒡と白味噌の餡を薄く柔らかいお餅で包んでいます。薄紅色の趣はまさに高雅な花びらそのもの、極められた芸術品です。「ほんとうに良いものをお届けするために、手間ひまかけて、すべて手づくりでお支度しています。綺麗やなあ…と思えるのが有難いこと。大変やけどお菓子をつくる喜びは何ものにも代えられません」という言葉が心に深く残りました。

■ 御粽司 川端道喜

京都市左京区下鴨南野々神町2-12

TEL 075-781-8117

営業時間 9:30～17:30 予約注文のみ

定休日 水曜日(8月は基本的に休み)



SiCパワーデバイス向けドライエッチング装置 「RIE-600iP/600iPC」プロセスデータ

【サムコ(株) 開発部】

■はじめに

ワイドギャップ半導体であるSiCは、半導体の主流であるSiと比較すると、耐電圧性や熱伝導率などの優れた物性を有している。このため、SiCは小型化、省エネ化が進むパワーデバイス用の次世代材料として大きな注目を集めており、回路構成を含めて実用化に向けた開発が進められている。

当社においても、パワーデバイス用途でのSiCのエッチング依頼は増加傾向にある。そこで、当社はSiC加工用に2012年12月、業界に先駆けて枚葉式ドライエッチング装置「RIE-600iP」の販売を開始し、さらに、2013年10月には本格量産用の「RIE-600iPC」の販売を開始した。

「RIE-600iP/600iPC」は従来のトルネードコイルに改良を加えた新型トルネードコイルを採用し、高RFパワー印加にて安定な高密度プラズマを得ることが可能である。さらに、下部電極昇降ユニットを採用することでウエハーと高密度プラズマ源の距離を可変にしており、合わせて大容量排気システム(1300L/sec)を採用し、広いプロセスウィンドウを実現し

ている。なお、「RIE-600iP/600iPC」の対応ウエハーサイズは最大φ6インチ(枚葉式)である。量産用の「RIE-600iPC」は真空カセット室を有しており、1カセットでφ6インチウエハーを最大25枚収納し、自動処理することが可能である。

本稿では、「RIE-600iP/600iPC」によるSiCのエッチング結果を紹介する。当社は、パワーデバイス応用のための加工として、トレンチエッチングおよびビアホールエッチングに取り組んでいる。ここでは、パワーデバイスとして必要なトレンチエッチング結果について述べる。



SiCパワーデバイス向け量産用
ドライエッチング装置「RIE-600iPC」

■SiCトレンチエッチング結果

従来装置では、SiCトレンチエッチングにおいて高エッチングレート(> 500nm/min)、高選択比(SiC/SiO₂)を満たしつつ、エッチング形状(垂直性、サブトレンチレス)と側壁平滑性(SiO₂マスクにも依存する)を実現することは難しかった。

これに対して「RIE-600iP/600iPC」では、トレンチエッチングにおいて従来装置を大幅に上回るエッチングレートと選択比(SiC/SiO₂)が得られた。図1および図2に「RIE-600iP/600iPC」によるSiCトレンチエッチング結果を示す。現段階で得られているエッチングレートは500nm/min以上、選択比(SiC/SiO₂)は最大15程度である。さらに、従来装置で改善が困難であったエッチング形状や側壁平滑性等の面での課題を「RIE-600iP/600iPC」では改善することができた。

このように、「RIE-600iP/600iPC」によって、高速・高選択比(SiC/SiO₂)・垂直形状・サブトレンチレス等の要求を満たしたSiCトレンチエッチングを実現することができた。今後は、エッチングレートと選択比(SiC/SiO₂)のさらなる向上、エッチング形状の制御、各種マスクとの選択比、均一性等についてのデータを充実させる予定である。さらに、「RIE-600iP/600iPC」を用いて、MOSFETパワーデバイス以外のMEMS・LED等の分野へもプロセス提案を行っていきたいと考えている。

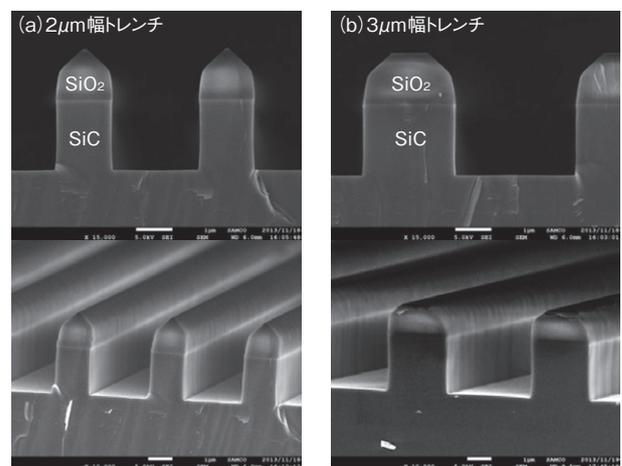


図1. SiCトレンチエッチング結果 (エッチング深さ = 約2μm)

- マスク = SiO₂
- SiCエッチングレート = 652nm/min
- SiCエッチング深さ = 1.96μm
- 選択比(SiC/SiO₂) : 4

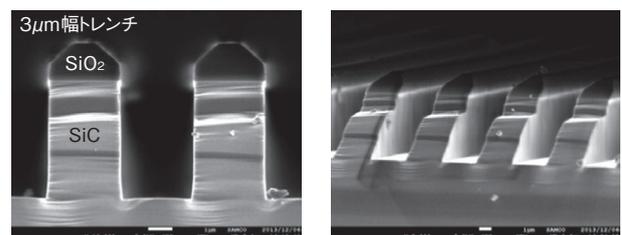


図2. SiCトレンチエッチング結果 (エッチング深さ = 約5μm)

- マスク = SiO₂
- SiCエッチングレート = 572nm/min
- SiCエッチング深さ = 4.86μm
- 選択比(SiC/SiO₂) : 15