

Samco NOW

VOL.130

2025.Jul. Quarterly

Samco-Interview — 2

東京科学大学 工学院 電気電子系

みやもと やすゆき
宮本 恭幸 教授

À la carte — 4

京の喫茶・カフェ巡り#1 進々堂 京大北門前

Information — 5

**TIME 誌に当社ブランドコンテンツが掲載
展示会出展のお知らせ**

Technical-Report — 6

PEALD 法によるウエハ両面同時成膜

夏の夜空を彩る『五山送り火』

夏の京には「祇園祭」と並ぶ「五山送り火」があります。『送り火』とは、盆（盂蘭盆）を締めくくる伝統行事で、迎え火によって現世に迎えた祖霊（お精霊さん）を再び浄土に送るという意义があります。その五山の最初に火が灯るのが東山に美しい大の字を描く如意ヶ嶽の大文字。美しい夏の夜空の京都文化を五山で味わって欲しいものです。

東京科学大学 工学院 電気電子系

みやもと やすゆき

宮本 恭幸 教授

今回の Interview は、東京科学大学（旧称 東京工業大学）大岡山キャンパスを訪ね、宮本恭幸先生に化合物半導体系電子デバイスのご研究についてお話を伺いました。

経歴 2024年～ 東京科学大学、工学院、教授
 2016年～2024年 東京工業大学、工学院、教授
 2013年～2016年 東京工業大学、理工学研究科、教授
 2007年～2013年 東京工業大学、理工学研究科、准教授
 1992年～2007年 東京工業大学、理工学研究科・工学部、助教授
 1988年～1992年 東京工業大学、工学部、助手



“今後の高速通信の発展において、InP HBTが不可欠な技術となる可能性は十分にあります。”

▶ 先生の現在のご研究について
ご紹介ください。

化合物半導体を用いた電子デバイス、具体的にはトランジスタの研究に取り組んでいます。化合物半導体の中でも、InP系と窒化物半導体系の材料を扱っています。InP系の材料は、もともと光ファイバ通信の半導体レーザーなどに使われていましたが、現在では非常に高速な電子デバイス、特にヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）の分野で世界最速の性能を出すことができます。窒化物半導体系は、青色LEDの材料としても知られていますが、電力変換などに使われるパワーデバイスとしても非常に注目されています。例えば、最近の65 WクラスのACアダプタには、GaNがよく使われています。私の研究室では、これらInP系と窒化物半導体系のトランジスタを中心に研究を進めています。かつてはSiトランジスタのチャンネル層の代わりに化合物半導体材料を導入する研究も行っていましたが、技術のロードマップの変化などもあり、現在は化合物半導体デバイスそのものに注力しています。

▶ 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紹介ください。

学部では電子物理工学の分野に進みました。高校時代にアマチュア無線をやっていたこともあり、当初は回路に興味があったのですが、非常に才能のある友人がいて、これは回路では勝てないと感じて別の道を考えました。半導体は個人で趣味としてできるものではな

い、大学や研究機関でしかできない分野だと考え、半導体の道を選びました。半導体の研究室を志望し、最初は半導体レーザーの研究からスタートし、結晶成長やウェットエッチングなどを経験しました。博士課程を修了する際に、そのまま研究室に残るよう勧められ、私はレーザーの研究を続けるつもりでいたのですが、末松安晴先生から電子デバイスの研究をするように言われ、古屋一仁先生と共に助手の頃から電子デバイスの研究を始めました。ある意味、流れに乗ってこの分野に進んだという側面もあります。材料としては学部四年生から一貫してInPを扱っており、もう40年以上になります。InPは、当時から光ファイバ通信において、1.3μmや1.5μmといった波長で光る半導体レーザーの材料として最適でした。今でもInPと言えば光通信のための材料と言えます。

▶ ご研究の今後の展望について
お聞かせください。

私自身も64歳になり、これからの研究は私個人のというよりは、この分野全体の将来性についてお話することになるかと思います。InP系のデバイス、中でもHBTには将来必須となる可能性を秘めた要求が出てきています。なぜなら、現在、世界で一番速いトランジスタの材料はInPだからです。高周波デバイスの速さを決めるのに使われるのは、トランジスタの電流増幅率の大きさが1となる周波数である電流利得遮断周波数 f_T 値と、トランジスタの電力利得が1になる周波数である最大発振周波数 f_{max} 値です。どちらの値でも、現在最高

の値を出しているのはInP系のデバイスです。

現在、通信のデータ量は爆発的に増大しており、光ファイバ通信においてもより高速化が求められています。一つの波長で送る情報量を増やすために、信号の周波数をどんどん上げており、今や200 Gbaudを超えるような信号を扱う必要が出てきています。Siではこの周波数帯のトランジスタを実現することは非常に困難です。ここでInP系のデバイス、特にHBTが候補として浮上しています。これは通信の幹線系、つまり東京から大阪、あるいは大陸間といった長距離を結ぶ大容量バックボーンネットワークにおいて重要になると考えています。5Gや6Gといった無線通信の容量が増えるにつれて、基地局までの有線区間や、基地局から集約されて伝送される幹線系において、より高速なトランジスタが必要になるためです。

昔は日本の多くの企業がInP系デバイスの研究開発を行っていましたが、需要が停滞した時期があり、現在国内でこの分野の研究開発を継続している組織は限られています。プレイヤーが少ないという課題はありますが、今後の高速通信の発展において、InP HBTが不可欠な技術となる可能性は十分にあります。

▶ 弊社の装置をご使用いただいておりますが、ご感想をお聞かせください。

印象に残っているのは、ドライエッチング装置「RIE-10NR」です。なぜかという、それ以前はバルブを一つ一つ手で操作していましたが、RIE-10NRが登場し、タッチパネルのボタン一つでレシピ通りに加工できるようになったことは画期的な出来事でした。再現性も良い装置ですので、私たちは最終的にRIE-10NRを3台購入し、大いに活用させていただいています。使い勝手やサービスにつ

いても、良いレベルだと感じています。

また、液体ソース対応のプラズマCVD装置も私たちの研究にとって不可欠なワークホースとなっています。TEOS (テトラエトキシシラン) は SiH_4 (モノシラン) に比べて圧倒的に扱いやすく安全だと感じています。 SiH_4 は可燃性のガスであるため、学生には高圧ガス保安講習を必ず受けさせていますが、TEOSはそれに比べるとそれほど怖くない。これは大きな違いです。

現在使用しているプラズマCVD装置「PD-200STL」は、プラズマCVD装置「PD-240」から置き替えた装置で、主に SiO_2 の成膜に使用しています。これらの装置が安定し

“大学の研究室において、手軽に扱えて再現性良くプロセスができるため、非常に価値が高いと感じています。”

て稼働してくれるおかげで、デバイスの研究開発に集中できています。大学の研究室において、手軽に扱えて再現性良くプロセスができるため、非常に価値が高いと感じています。

大学で装置を共用化して使用するという仕組みについても少しお話をさせてください。科研費や国プロといったプロジェクト予算で購入した装置は、本来そのプロジェクトのためだけに使うべきというルールがあります。しかし、一つのプロジェクトに多くの教員や学生が入っているわけではないですし、高額な装置をプロジェクトごとに購入するのは現実的ではありません。そこで、20年ほど前に文部科学省の事業として、装置を共用化し、利用料を払って使用できる仕組みが作られました。現在これはARIM (マテリアル先端リサーチインフラ) という形に発展しています。

このように共用化することで、使用料を徴収する形で消耗品の購入やメンテナンスを研究

室で分担できますし、厳密なルール上も問題なく様々な研究プロジェクトで装置を使用できるようになりました。御社の装置もこの共用化事業の中で、多くの研究室で利用されています。特にプラズマCVDやドライエッチング装置は、化合物半導体分野の多くの研究室でメインの装置として活躍していると聞いています。

▶ 日頃のご研究において、心掛けておられることをお聞かせください。

私が研究で心掛けていることは、何よりも「自分がワクワクすること」をやるということです。新しいアイデアを考えたり、それがうまくいったりする瞬間に一番楽しさを感じます。

実験的にうまくいった時はもちろんですが、シミュレーションの結果が期待通りになったり、新しい知見が得られたりする時も同様です。

学生には、研究の初期段階ですぐに新しいアイデアを出すのは難しいという話をしています。半導体デバイスを作製するには、まず基本的なプロセスを理解し、手を動かして経験を積む必要があります。最初の半年間くらいは、何も分からなくてもまずは言われた通りにやってみるしかないかもしれません。しかし、その経験を通して疑問を持ち、それを解決するためのアイデアを考え、「こうしたらどうなるだろう?」と試してみる。そして、それがうまくいった時には、本当に嬉しいはずだと伝えていきます。

もちろん、アイデアは思いっただけでなく、実現可能である必要があります。まずは、今何ができるのか、どんな技術があるのかをしっかりと理解した上で、新しいアイデアを考えてほしいと思っています。学生の中から時々、面白いアイデアを出してくる人がいて、それを一緒に実現しようと試みるのも楽しい経験です。それが成功すれば、学生自身の大きな自信にも繋がります。

▶ 休日にはどのようにお過ごしでしょうか?

趣味が水球で、出来るだけそのための練習などをしています。水球は高校1年生から始めて、もう50年近くになります。大学では水泳部の顧問も務めており、今でも毎週とまではいきませんが、土曜日に水球をしたり、週に2回ほどプー



宮本先生とICPエッチング装置「RIE-400iP」

ルで泳いだりしています。先日も夕方に1.2 kmほど泳ぎました。

水球は非常に体力を使うスポーツなので、楽しむためには体力が必要です。ディフェンスでもオフェンスでも、相手についていったり、追い越したりするためには泳力が欠かせません。ボールを扱う練習も大切ですが、基本はやはり泳力だと考えています。来月下旬には台湾でワールドマスターズという大会があり、50代以上のチームで出場する予定です。競技を通じて、健康維持に努めています。

▶ 最後に弊社に対して、一言お願いします。

御社のプラズマCVDやドライエッチング装置のような自動化された装置が大学の研究室に入ったことは、日本の大学における半導体研究のあり方を大きく変えたと思っています。それ以前の装置は構造がシンプルで、壊れても自分で直せるといったところもありましたが、逆に装置を全て理解して、メンテナンスも自分でやらなければならないところがありました。現在の装置はポンとボタンを押せばレシピ通りに再現性良くプロセスを実行してくれる。これにより、学生や研究者は装置の操作やメンテナンスに過度に時間を取られることなく、研究の他の側面に集中できるようになりました。これは研究効率の向上に大きく貢献しています。

大学の研究機関にとって、御社の装置のように、研究室の規模に適した大きさで、再現性良くプロセスできる装置は貴重です。これからもぜひ、大学の研究をサポートするような、使いやすく信頼性の高い装置を提供し続けていただきたいと期待しています。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、ありがとうございました。

取材日: 2025年4月23日



写真手前より
アノード/カソード切り替えプラズマCVD装置「PD-200STL」
ICPエッチング装置「RIE-101iPH」
平行平板型ドライエッチング装置「RIE-10NR」「RIE-10NRN」
液体ソースCVD装置「PD-100ST」

“大学の研究をサポートするような、使いやすく信頼性の高い装置を提供し続けていただきたいと期待しています。”

京の喫茶・カフェ巡り #1

これまでのシリーズの「食の世界」を引き継いだ新シリーズでは、私たちが日常的に親しみ、また癒しの場とする人気の喫茶・カフェを巡ります。初回は、京都市内で最も古い喫茶店「京大北門前カフェ進々堂」です。



名物の「カレーパンセット」(1,000円)

長い歴史を重ねた建物に一歩足を踏み入れると、ガーゴイル(魔除け)の置物や、壁飾りの木製レリーフなど、西洋のエッセンスを感じさせるものが静かに存在感を放っています。レリーフには、クリスチャンであり詩人であった創業者の続木齊さんが愛したワーズワースの詩があります。齊さんの曾孫で、4代目店主の川口聡さんは、「虹を見たときの感動を、年老いても持ち続けたい、というような内容です」と教えてくれます。



木製レリーフには、イギリスの詩人ウィリアム・ワーズワースの詩“The Rainbow”。扁額「静慮」は、京都大学第23代総長 長尾真氏によるもの。

創業者は、パリに留学してパンづくりを学び、1913年にベーカリー「進々堂」を始めました。またパリの学生街で見たカフェをつくりたいと、1930年、京都大学農学部の横に喫茶店「京大北門前カフェ進々堂」を開業しました(現在は別法人)。ハイカラな店は当時の人々を驚嘆させました。

カフェは、創業者の精神とともに受け継がれ、「できるだけ当時のものを残しています。煉瓦や

漆喰など、同じものがなくなってきたこともあり、大事にしています」と川口さん。創業以来、日本の未来を担う若者を支えたい気持ちが息づいており、今も「京大第二図書室」の別名を持ちます。「ノートと鉛筆がパソコンに代わっただけで、勉強されたり、本を読まれたり、基本的に学生さんは同じスタイルです」

長机と椅子は木工家の黒田辰秋さんによるもので(後に人間国宝)、12人掛けの長机8卓のうち、2卓は学生用自習席(13~18時まで)となっています。奥にはテラスもあり、広々とした印象です。近所の人々や、旅行者なども来店します。とりわけ久々に訪ねてきた人たちからは「お店が変わらないままあって嬉しい」と喜ばれています。

フランスからの旅行者に、家族経営であることを伝えると、「それは素晴らしい。最近はフランスでも家族で頑張っているお店が少なくなっているんです」と喜ばれたそうです。



学生のための割引サービスや限定メニューもありますが、一般の方の場合、コーヒーは500円(以下、価格は税込)。浅煎り豆と深煎り豆を混ぜており、やや酸味が強いのが特徴です。デイスカッションが白熱してフレッシュミルクを入れ忘れ、コーヒーが冷めてしまうこともあるため、フレッシュの有無はオーダー時に尋ねられ、必要ならフレッシュ入りで提供されます。アイスコーヒー(600円)をはじめ、さまざまなコールドドリンクが用意されています。

おすすめのモーニングセットは、バタートーストとミニサラダとコーヒーのセット(750円)です。ランチメニューは夕方までオーダーできます。名物は「カレーパンセット」(1,000円)。これは、カレーパンではなく、カレーのルーにパンを付けながら味わえるもので、ミニサラダ、ドリンク(コーヒーまたはオレンジジュース)が付きます。ボリュームを求める声から、先のカレーパンがカレーライスに代わったセット(900円)も生まれました。ちなみに、ルーには淡路産の玉葱が使われ、出町にある精肉店“むら瀬”のもち豚が入っています。米は国産です。

秒針がゆっくり進むような店内で、老若男女のお客様が心地よく過ごしています。

「店のしつらえなどに手を加えることはできませんけれど、メニューには新しいものも加えていかなければならないと思っています」。カフェの開業100周年も遠くありません。



進々堂 京大北門前

京都市左京区北白川追分町88

TEL 075-701-4121

営業時間 10:00~18:00(ラストオーダー17:30)

定休日 火曜日

京都市バス「百万遍」「京大農学部前」バス停より徒歩約5分

叡山電鉄叡山本線「元田中」駅より徒歩約9分

京阪本線「出町柳」駅より徒歩約13分



TIME 誌に当社ブランドコンテンツが掲載

この度、世界的に著名なTIME誌のパートナーコンテンツとして、当社のブランドコンテンツが掲載されました。TIME誌は、その深い洞察と影響力で知られるメディアであり、今回の掲載は、当社の取り組みが国際的な視点から評価されたものと認識しております。掲載されたコンテンツは、当社の事業活動や未来への展望について紹介しており、以下のリンクよりご覧いただけます。

Taking a Quantum Leap (英文記事) →



今後も、より一層の企業価値向上に努めてまいりますので、引き続きご支援ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

展示会出展のお知らせ

2025年9月にアジア各地で開催されます半導体および関連技術分野の
主要な展示会ならびに学会に、当社は出展いたします。



SEMICON India 2025

日 時 2025年9月2日(火)～4日(木)
会 場 Yashobhoomi (IICC), New Delhi
ブース 242



CIOE 2025

日 時 2025年9月10日(水)～12日(金)
会 場 Shenzhen World - Exhibition and Convention Center
ブース 10D709



SEMICON Taiwan 2025

日 時 2025年9月10日(水)～12日(金)
会 場 TaiNEX 1&2, Taipei
ブース M0939



SSDM 2025

日 時 2025年9月15日(月)～18日(木)
会 場 パシフィコ横浜



読者アンケートのお願い

サムコナウへのご意見・ご感想をぜひお聞かせください。
今後の誌面の改善に役立てさせていただきます。

アンケートは
こちらから



PEALD法によるウエハ両面同時成膜

サムコ(株) 技術開発統括部 プロセス開発2部

■はじめに

ALD (Atomic Layer Deposition) 法は、二種類の前駆体を交互に供給することで、単原子層レベルで薄膜を形成する手法であり、優れたカバレッジ性および面内膜厚均一性を有することが知られている^{1,2,3)}。本手法はこれまで、耐薬品性や防湿性の向上、あるいは機能性光学特性の付与を目的として広く利用されてきた。これらの用途においては、ウエハの表面のみならず、裏面や側面に対しても均一な成膜を求められる場合がある。一方、PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 法やスパッタリング法といった従来の成膜技術では、表裏両面に成膜を行うために工程を二度繰り返す必要があり、プロセス効率および再現性に課題が生じやすい。これに対して、優れたカバレッジ性を持つALD法では、一度の成膜工程によってウエハの両面に同時に成膜することが可能である。サマルALD法を用いた両面同時成膜に関する報告は存在するが、PEALD (Plasma Enhanced ALD) 法に関してはその事例が極めて限られている。本レポートでは、ダイレクトプラズマを用いたPEALD法により、 AlO_x 薄膜をSiウエハの両面に同時に成膜した結果について紹介する。

■実験条件

本実験では、Siウエハ両面への同時成膜を目的として、 $\phi 6$ インチの両面鏡面Siウエハをスペーサーを用いて浮かせた状態で反応室内に設置した。設置状況を図1に示す。成膜にはトリメチルアルミニウム (TMA) を用い、酸化剤として O_2 をプラズマ印加状態で加えた。基板温度は 300°C 、ガスフローは水平方向とし、上面および下面それぞれの膜厚分布を評価条件とした。成膜プロセスにおけるスペーサー高さの影響を検討するため、スペーサーの高さを7 mm、11 mm、14 mmの3段階に設定し、それぞれの条件下で得られた成膜特性を比較評価した。

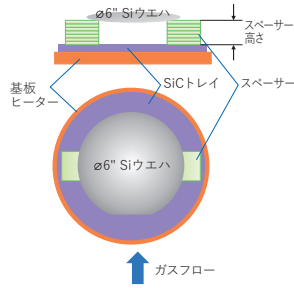


図1. サンプル設置図

■成膜結果

図2に、上面の膜厚分布をエリプソメータにより測定した結果を示す。スペーサーの高さを7 mm、11 mm、14 mmに変化させても、平均膜厚には顕著な変動は見られず、エッジ部においてわずかに膜厚が増加する傾向が認められたのみであった。いずれの条件においても面内膜厚均一性は $\pm 2\%$ 以下を示しており、極めて良好な成膜結果が得られた。

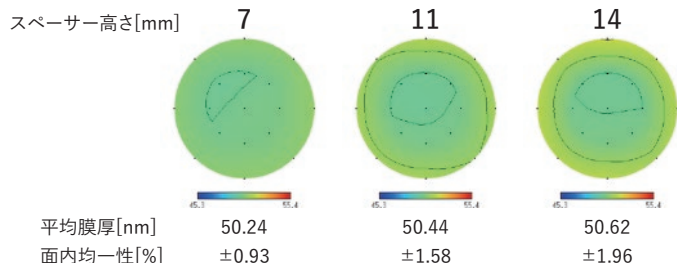


図2. 上面に成膜された膜の膜厚分布

図3に、下面における膜厚分布結果を示す。スペーサーの高さが増加するにつれて、下面における平均膜厚の増加および面内均一性の向上が明確に確認された。膜厚分布に関しては、中心部が相対的に薄く、

外周部に向かって膜厚が増加する傾向が見られる。これはプラズマラジカルの到達が中心部で相対的に制限されることを示唆している。

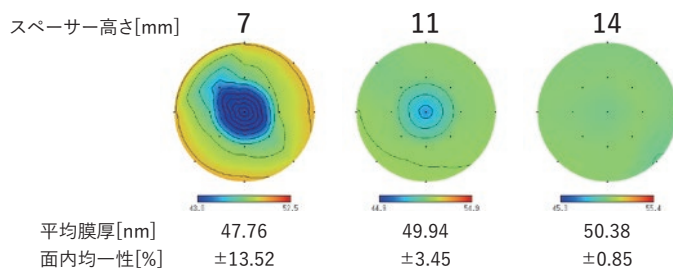


図3. 下面に成膜された膜の膜厚分布

図4に、スペーサーの高さごとの上下面の膜厚比 (下面膜厚/上面膜厚) を示す。スペーサーが高くなるのに伴い膜厚比は1に近づき、高さが14 mmにおいては膜厚比が0.99とほぼ同等となった。この条件であれば、上下両面における成膜均一性の確保が可能であることが明らかとなった。加えて、高さ14 mmの条件下で成膜された AlO_x 膜について、エリプソメトリーによる屈折率を評価した結果、上面・下面ともに $n = 1.705 \sim 1.712$ の値を示し、同等であった。また、同条件下におけるバッファードフッ酸 (BHF) に対するウェットエッチングレート (W.E.R.) を測定したところ、上面が87.6 nm/min、下面が85.7 nm/minと、膜質においても均一であることが確認された。これらの結果より、スペーサーを高さ14 mmとした成膜条件では、膜厚および膜質の両面均一性が確保されていることが示唆される。

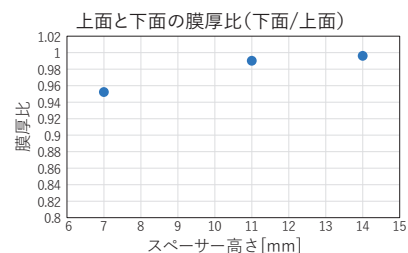
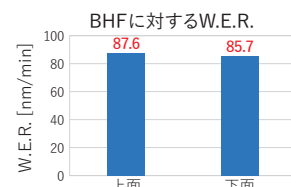


図4. スペーサーの高さごとの上面と下面の膜厚比

図5. スペーサー高さ14 mmの場合の AlO_x のBHFに対するW.E.R.

■おわりに

本報告では、スペーサーを用いて基板を浮かせた構造により、PEALD法を用いて AlO_x 膜をSiウエハの両面に同時に成膜した実験結果について報告した。スペーサー高さを7 mmから14 mmまで変化させて検討した結果、高さが増加するにつれて上下面の膜厚差は減少し、14 mmにおいては膜厚比が0.99とほぼ一致し、両面に均一な膜厚の成膜が達成された。また、スペーサー高さ14 mmの条件下で、屈折率およびウェットエッチングレートにおいて評価した結果、膜質においても上下面間の差異がほとんど認められず、成膜均一性が良好であることが確認された。

今後は、本手法を他の成膜材料および成膜条件に適用し、さらなる両面同時成膜プロセスの最適化と応用可能性の拡張を図っていく。

■参考文献

- 1) 2016年4月 vol.93 Samco Now Technical-Report
- 2) 2022年7月 vol.118 Samco Now Technical-Report
- 3) Gordon, Roy G., et al. "A kinetic model for step coverage by atomic layer deposition in narrow holes or trenches." Chemical Vapor Deposition 9.2 (2003): 73-78.

