

SAMCO NOW

Information

- 技術開発、生産拠点を目的とした土地を取得
- IIT Delhiの薄膜太陽電池開発にCVD装置が採用
- 人材育成プログラム「課長塾」を開催

Samco-Interview

東京工業大学 工学院 電気電子系 教授
西山 伸彦 先生

A la carte 京の台所を訪ねて5 丸太町 十二段家 5**T**echnical-Report

VHF帯(60MHz)を使用したSN-2-SiN_x
及びSi膜の成膜



技術開発、生産拠点を目的とした土地を取得

2021年3月24日付にて、本社近隣地の土地(2,032平方メートル)を取得いたしました。

現在のコア事業である半導体および電子部品製造装置事業の拡大に加え、新規事業（ヘルスケア事業）の更なる推進など、中長期的な業容拡大を見据え、将来の技術開発・生産拡大のための拠点整備を目的としたものであります。

〈取得した土地の概要〉

所在地：京都市伏見区竹田田中宮町20番

敷地面積：2,032平方メートル



IIT Delhiの薄膜太陽電池開発にCVD装置が採用



納入装置PD-2202L

インド工科大学デリー校(IIT Delhi)の HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer) 太陽電池の開発に、当社のマルチチャンバー CVD 装置が採用されました。

インドでは、一人当たりのエネルギー消費量が増加しており、国を挙げて CO₂ 排出量の削減に取り組んでいることから HIT 太陽電池の必要性が高まっています。また、IIT デリーは産業研究開発ユニット (IRD) を通じて、最先端のエネルギー エコシステムの研究を奨励しています。

IIT デリーの V.Ramgopal Rao 学長からは、「日本のサムコは、高効率 HIT 太陽電池の研究のために世界中の大学にマルチチャンバー CVD システムを提供してきたリーディングカンパニー。IIT デリーでは、サムコのマルチチャンバー CVD 装置を使用して HIT 太陽電池の効率やその他のパラメーターを向上させるための開発において、サムコからの緊密な研究協力に期待しています。」とのコメントを頂戴しております。

人材育成プログラム「課長塾」を開催

課長職を対象とした人材育成プログラム「課長塾」を1月より毎月1回開催し、6月をもって全6回が終了いたしました。当社では昨年、部長職を対象とした「部長塾」を開催しており、本年は課長職まで対象を広げたプログラムを実施いたしました。

高い専門性と広い視野を兼ね備えた人材の育成を目的として、企業から毎回異なる講師を招き、半導体産業、ライフサイエンス分野といった専門知識のみならず、経営管理・企業会計、金融や証券など、さまざまな分野の講義をしていただきました。講師を務めてくださった方々に厚くお礼申し上げます。



表紙写真 ● 京の夏は新緑とお地蔵さんで心を癒す（圓光寺） 6月～8月頃

夏の京都では是非、行っていただきたいのが美しい緑のコントラストが映えるお寺です。蒸し暑い京都の夏に癒しをもたらす緑と、そこで優しく微笑むお地蔵さんの世界。きっと味わってみたいと思われるでしょう。洛陽学校として徳川家康が開いた左京区一乗寺の圓光寺（臨済宗南禅寺派）では、十牛図を題材に造られた池泉回遊式庭園が、見るものを癒しの世界に誘ってくれます。一面に青々と杉苔が広がる苔の世界の中に、優しく微笑んでいる可愛いお地蔵さんを探して心を癒されてはいかがでしょうか。



プロフィール

学歴 1997年3月 東京工業大学 工学部
電子物理工学科 卒業
2001年3月 東京工業大学 総合理工学研究科
物理情報システム創造専攻
博士課程 修了

受賞歴 2009年 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

職歴 2001年 Corning Incorporated Science and
Technology Research Associate
2006年 東京工業大学 大学院・理工学研究科
助教授
2012年 東京工業大学 大学院・理工学研究科
准教授
2016年 東京工業大学 工学院 電気電子系
准教授
2020年 東京工業大学 工学院 電気電子系
教授

にしやま のぶひこ 西山 伸彦 先生

東京工業大学 工学院 電気電子系 教授

今回のSamco-Interviewは、東京工業大学の大岡山キャンパスを訪ね、西山伸彦先生に半導体レーザーや光集積回路などのご研究についてお話を伺いました。

▶ 西山先生のご研究についてご紹介ください。

高性能半導体レーザーおよび大規模光集積回路の実現と、それを利用した光通信や光レーダー（通称LiDAR：Light Detection and Ranging）などに関する研究をしております。私どもは、末松安晴栄誉教授、伊賀健一名誉教授といった半導体レーザー研究の創成期から続いている知識やノウハウを継承してきました。

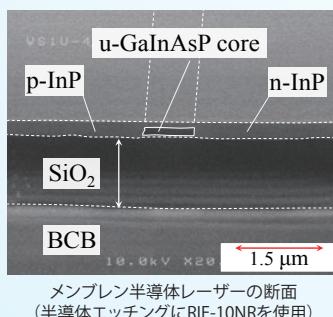
今の世の中、半導体レーザー単体で出来ることは多くないため、半導体レーザーに出来ることを加えてやる必要があります。集積回路の基板にはシリコンが使われますが、私どもはシリコン基板上に光集積回路を作る研究をしております。シリコンは微細加工が容易なこともあります。シリコンフォトニクスという分野も存在しておりますが、問題点としてシリコンは光らないことが挙げられます。シリコンを光らせる研究をされている方もいらっしゃいますが、一般的に光らせるには化合物半導体を使う必要があります。つまり、大規模な光集積回路を作るにはシリコンが最適ですがシリコンは光らないため、化合物半導体で光る部分を作らないといけない。そのためにはシリコンと化合物半導体という異なる材料を接合しなければならず、私どもは“異種材料接合”技術を使用しております。

一般的に材料を接合するには糊を使いますが、糊が無くとも表面を非常に活性化した状態にすれば異なる材料でも付きます。原子は結合手を持っており、大気中では何らかのものと手を繋いでいますが、プラズマ中で特殊な条件下に置いてやると、結合手が手を放す（エネルギー活性）状態になります。その状態で違う材料を持ってくれば、本来は付かないものが付き、シリコン基板上に化合物半導体を接合できます。この技術を元に、私どもは通信速度が毎秒10テラビットの光トランシーバーを作ろうとしており、複数の企業や大学と共同研究をしております。今の世の中に出回っているものは毎秒400ギガビットくらいです。数

十倍の速度を持った光トランシーバーを作ることが可能であると考えております。

また、車やドローン用の光レーダー（LiDAR）への光集積回路の応用化を目指した研究もしております。車載用のLiDARは、今は多くの部品を組み合わせて作られていますが、それ自体が車の価格を上回るほど高価です。自動車に搭載できるような低消費電力で安価なLiDARを作るシステム実験などに取り組んでおります。

加えて、LSIの電気配線を光回線に置き替える研究も行っております。LSIはムーアの法則に従って高速化・高集積化を続けてきましたが、更なる微細化により素子間の配線におけるRC遅延、発熱、高抵抗化といった問題が懸念されています。その解決策の一つとして、電気配線を光配線へ置き替える“メンブレン光集積回路”を研究しております。シリコン基板上に200nm～300nm程度の薄い化合物半導体をコア層として形成し、その上下に低屈折率材料を用いたクラッド層で挟み込み、コア層の光を閉じ込める構造により、小型かつ低電力動作が可能なデバイスが実現できます。この技術は、荒井滋久名誉教授が提案をされた半導体薄膜レーザーで、次世代の配線技術として進化を続けています。



メンブレン半導体レーザーの断面
(半導体エッチングにRIE-10NRを使用)

最近では、東工大の波多野睦子先生とともに光集積回路の技術とダイヤモンドの窒素-空孔（NV）センターを利用した量子センサーの研究を開始しました。ダイヤモンドのエッチャリング用にサムコさんのRIE-400iPを購入したところです。更に、雨宮智宏助教を中心に行なったトポジカルフォト

ニクスと呼ばれる新しい光回路の研究も始めなど、幅広いテーマに取り組んでおります。

▶ ご研究を始めたきっかけと現在に至る経緯についてご説明ください。

高校生の時、担任の先生から貰った冊子に載っていた東工大の伊賀研究室の光コンピューティングに関する記事を見て、その目新しい言葉に惹かれて伊賀研究室に入ったことがきっかけです。入学当時は、伊賀健一先生、小山三三夫先生が面発光レーザーの室温連続動作を達成された後ではあります。私は在籍当初に華々しい成果を出すことが出来ませんでした。ただ、そのおかげでプロセスや設計を土台の部分から考え、何が悪いのかを徹底的に洗い出す機会がありました。当時の努力や実験に取り組む姿勢が今に活きていると感じます。

幸いにも短期で博士課程を修了することが出来たため、武者修行として米国のCorning社の研究所へ就職しました。Corningは、トマス・エジソンが発明した白熱電球に用いた球状ガラス容器を製造したことで有名なガラスメーカーです。私は長波長帶面発光レーザーという長距離の光ファイバー通信に適したレーザーの開発グループの立ち上げを任されました。材料にインジウムリン（InP）を使わねばならず、ガリウム砒素（GaAs）に比べて開発のハードルは高かったのですが、特に衝撃的だったのはCorningの技術者のレベルの高さでした。絶対に作れないであろうと思い込んでいた難易度の高いトリッキーなデバイス構造を、Corningの技術者がいとも簡単に作り上げてしまったことは今でも忘れる事のない出来事です。また、人間的にも深みのある面白い人達が多くなったことも印象的でした。そして、お客様に対して自分の研究領域でないものの説明を求められる機会もあり、研究所にいながらビジネスの勉強も出来たことは貴重な体験でした。

Corningで5年ほど過ごした後、東工大に戻

り、荒井先生とともにこれまで研究してきた垂直共振でない平板型のレーザーへ切り替え、今に至ります。振り返れば、人生の色々なタイミングで師匠に恵まれたような気がしております。

▶将来の展望についてご説明ください。

光通信分野で言えば、コロナ禍で様々なネットワークに頼った生活が続きますが、ワクチン予約のシステム障害が起こったり、ライブ視聴が途中で止またりとまだまだ課題があります。そういうふたフラストレーションを我々の技術で無くせると考えており、2030年を目途に、企業や大学の仲間と一緒にやり遂げることを目標にしております。また、究極の光デバイスを追い続けることが研究者の使命と考えています。半導体レーザーでは、発振するための電流や、しきい値電流など特定のパラメータを突き詰めることは可能ですが、ただ、究極のしきい値を突き詰めたレーザーは、光が外に出てこないレーザーになってしまいます。究極とは色々なパラメータに対してどのようにバランスを付けていくかに集約されると考えております。レーザーやアプリケーションの種類によって明確な答えは異なりますが、そういうふたのを上手く体系化していきたいです。時折、光デバイスの分野は“農業”と呼ばれることがあります。アナログな要素や技術者の勘といった要素が多く存在し、“工業”とは呼べません。様々なレーザーやアプリケーションを全て体系化できれば、光デバイスも“工業”になると考えております。

また、自動車・モビリティオトニクス研究会の代表幹事を務めております。本研究会では、複数の大学や企業の研究者と、光センシングや処理技術、通信技術、ヘッドライト・ブレーキライトに関する情報収集や意見交換を行っています。産業界の窓口との橋渡しが大学の役目でもあると思っておりますし、幸い企業での勤務経験もあることから企業が何を求めていたかも理解しているつもりです。自動車産業は日本のモノづくりの根幹ですから、企業同士が積極的に交流していくことで産業社会に貢献する一助になればとの使命感を持っております。

▶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。

プラズマCVD装置2台(PD-100ST、PD-240)、ICPエッチング装置2台(RIE-400iP、RIE-101iPH)、RIE装置3台(RIE-10NR×3台)の計7台があります。プラズマCVD装置は、光導波路のクラッド層であるシリコン酸化膜(SiO₂)の形成に使わせていただいております。光導波路は屈折率の高い中央のコア層と、屈折率が低い外側のクラッド層から出来ており、クラッド層の品質も光学損失に与える影響があることが分かっています。高品質のシリコン酸化膜を形成でき、助かっております。また、導波路をエッチングした際の側壁の粗さも重要な데요. 2023년 10월 10일에 작성되었습니다.

た、学内に限らず多くの研究者が使用しておりますが、フレキシビリティが高く、学生でも難なく使える装置であると感じています。

▶日頃のご研究において、心掛けておられることはどのようなことでしょうか？

大学は何か1つの素子が出来れば充分、と言われることもあるのですが私はそうは思いません。光集積回路の研究でも複雑なことをやろうとした際、1つ出来れば万々歳な状態ですと、次に同じことをやっても出来ません。今ある技術の上に、次の新しい技術がないと進化しませんから、1つだけ出来れば充分ということは絶対にない訳です。研究室の学生には、新人の学生でも理解して実行できるよう条件出し、レシピ、装置や測定器の使い方など、正確にまとめて記録しておくように指導しています。安定した技術を土台に、突飛なアイディアで新しいものを作ることが私どもの役割であると思っております。

▶座右の銘をお教えください。

自分の経験を踏まえて「目の前にあることを一所懸命やっていれば、必ず自分をよく見てくれている誰かが良いアドバイスをくれる」ということを学生に伝えております。自分のことをよく見て理解してくれている人のアドバイスに従えば、自然と良い方向に進んでいくものです。今の学生は将来に何をやればいいか悩む子が多いですが「まずは目の前のことをやってごらん」と声をかけています。何かに一所懸命に取り組んでいる人を見たら、アドバイスしたくなりますよね。

▶休日はどのようにお過ごしでしょうか？

小学生の子供2人と家で遊ぶことが多いです。子供たちが大好きなパスタ、ピザ作りが私の担当になっています。パスタを茹でる際、遠慮せずに塩をぶちまけるため、私のパスタは美味しいそうです(笑)。昔はピザ生地から作っていた時もあったのですが、最近は無地のピザを購入し、家庭菜園で育てているバジルを乗せ、オーブンで焼いて食べております。

▶最後にサムコに対して一言お願いします。

学生時代から20数年の付き合いになりますが、サムコさんの装置がってこの私だと思っており、大変感謝しております。近年、装置を購入した際はプロセスレシピ付きで納品いただけるため、非常に助かっております。最近では、学生時代にサムコさんの装置を愛用していた学生が、就職後にサムコさんの装置を希望して購入することもあると聞き、「三つ子の俄百まで」の言葉が思い浮かびました。全国の研究者や学生の方々にとって愛着のある装置を、世界を舞台に送り出し続けていただきたいと思います。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、誠にありがとうございました。

京の台所を訪ねて

京都の人々に「ぶぶ漬け」とも呼び親しまれてきたお茶漬けは、一見、シンプルな料理でありながら奥深いものです。100余年の歴史を有するお茶漬けの店「丸太町 十二段家」の暖簾をくぐってみました。



京都御所に近い「丸太町 十二段家」では、若者客が列をなす光景が珍しくありません。古くからの常連客も多く、著名人からも愛されてきました。創業は大正元(1912)年。「和菓子職人だった祖父が創業者で、父が2代目になります。お店の歴史を深く尋ねる機会がないまま二人とも亡くなってしまったため、詳細は分からんないです」と料理人で代表取締役の秋道賢司さん。

当初は祇園に構えた甘味処で、明治の中頃、朝帰りする酔客が菓子を手土産にしようと来店しました。「お腹が空いた」と言われ、創業者夫人がお茶漬けを供するうちに、それが美味しいと評判になり、店の形態を変えました。

京のお茶漬けと言えば、皮肉な表現として広まった「お茶漬けでもどうですか？」に触れないわけにはいかないでしょう。これは上方落語の演目『京の茶漬け』の影響のようで、京都の人のお宅を訪問して、そう尋ねられたら、「早く帰って」と暗に促されているというのです。「それは“簡単な食事でもいかがですか”という意味です。そもそもお客様がいらっしゃれば、おもてなしのために仕出しを頼んだりもしますから、“お茶漬けでもどうぞ”とは言わないでしょう。実際、私はそんな話を聞いたことがありません」

同店は、第二次世界大戦の後、現在地でお茶漬けの店を始めました。「母が“安くて栄養になるもの”を提供しようと、当時は高級だった卵を使い、出し巻も加えました」。出し巻が作り置きされていた時代に、熱々の作り立てを提供。卵と出汁が分離しないよう葛粉

で固める通常の調理法もとらず、卵と薄口醤油と“出汁”のみを用いました。

京料理の老舗で修業し、23歳で事業を後継した秋道さんは、今も早朝4時から利尻昆布と枕崎産の鰹節で出汁を引きます。熟練の技が届けるのは、“とろふわ”的食感と、一番出しが効いた出し巻です。お漬物は、地元産や近郊の野菜の糠漬けを基本にした8種類。御飯に掛けるのは、老舗茶舗のほうじ茶です。

お茶漬けのメニューは計3つで、「すずしろ」は、お漬物盛り合わせ・出し巻・赤出し・御飯・付き出し風の一品がセットになっています。それに季節一品物を加えたのが一番人気の「水菜」、さらに御刺身を加えたのが「菜の花」です。その他、一品料理や肉料理もあります。

かつて京町家であった名残りが見られる店内には、落ち着いた時間が流れます。それでも世代交代してから半世紀が過ぎました。「今は息子が手伝ってくれており、この50年の味を伝えていければ何よりです」と、にこやかにお話くださいました。



丸太町 十二段家

京都市中京区丸太町通烏丸西入

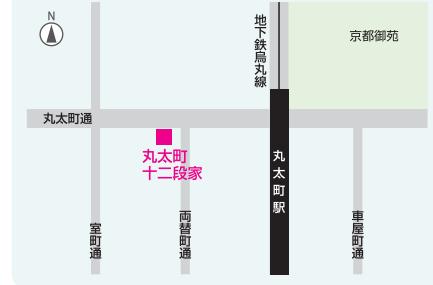
TEL 075-211-5884

営業時間 昼11:30~14:30、夜17:00~20:00

※売切れ次第閉店

定休日 毎週水曜日

ホームページ <https://www.m-jyunidanya.com>



VHF帯(60MHz)を使用したSN-2-SiN_x及びSi膜の成膜

[サムコ株] プロセス開発2部

■はじめに

これまで当社では、SiH₄を用いて酸化膜や窒化膜を成膜する従来のプラズマCVD技術に加え、液体原料を用いたプラズマCVD技術(LS-CVD[®])の開発を行ってきた。これらのCVD技術に加え、従来の13.56MHzに低周波を加えた、2周波によるアノードカップリング方式での成膜を提供している。今回、新たな付加価値を設け、かつ市場要求に対応するために、VHF帯(60MHz)による成膜を行った。当社独自の液体原料であるSN-2を利用したSiN_x成膜やSiの結晶性評価結果について紹介する。

■VHFの特徴

VHFは13.56MHzと比較すると、「プラズマ密度が高い」、「イオンエネルギーが小さい」といった特徴がある。これらの特徴を活かして、「膜の高速成膜」、「イオンによる界面・基板へのダメージの低減」、「微結晶Siの成膜」等が実現できる。VHF帯を利用した成膜は、特にプラズマダメージの低減が求められる電子デバイスや高周波デバイスの分野での絶縁膜やパッシベーション膜用途として期待されている。

■アノードカップリング方式でのSN-2-SiN_x成膜

図1に実験で使用した装置構成を示す。SiN_x膜を成膜するガスとしては、基本的にはSN-2とN₂のみで良いが、SN-2起因の残留水素による膜質の劣化が予想されたため、N₂の一部をH₂へ置換することによる膜質の変化を評価した。VHF電力を100W、ステージ温度を350°Cとし、N₂とH₂ガスの合計に占めるH₂ガスの比率を変化させたときの成膜レート、屈折率、膜応力および16BHFによるウェットエッティングレート(WER)の測定結果を図2に示す。図2により、H₂の比率を上げることで、SiN_x膜の応力が引張側から圧縮側へシフトし、16BHFに対してエッティングされにくくなることが確認できる。また、H₂の比率が0%の場合とH₂の比率が40%の場合それぞれのFTIR評価結果を図3に示す。図3より、両者ともに主にSi-Nの結合とSi-Hの結合が認められた。両者の違いとしては、Si-N

結合とSi-H結合の強度比であり、H₂の比率が40%の場合はSi-H結合がかなり抑制されている。これらの結果より、H₂の比率を上げることで膜中に取り込まれるHが抑制され、SiN_xにより近い膜が成膜されていることが示唆される。13.56MHzによるアノードカップリング方式を有する別の装置で成膜したSN-2-SiN_xでもH₂の比率を上げることに対して、同様の傾向が得られており、13.56MHzで得たノウハウはVHFでのSiN_x成膜でも十分活かすことができると考えている。また、今回紹介したSiN_x膜は屈折率が2.15前後と高めではあるが、パラメータ調整により、本実験装置にてSiN_x膜の屈折率を2.00前後に制御できることも確認している。

■VHFを用いたSN-2でのSi膜の結晶性評価

図4の波形①にc面サファイア上へVHFを用いてSN-2で成膜したSi膜の、X線回折結果を示す。また、比較のため波形②にSiH₄で成膜した微結晶Si膜の結果も併せて示す。VHF電力を100W、ステージ温度を250°Cとした。波形①より、優先配向のSi(111):2θ=28.6°やSi(220):2θ=47.5°、Si(311):2θ=56.3°での急峻なピークが見られた。波形②の微結晶Siと同様の位置に急峻なピークが見られる事からSN-2を用いてのSiの成膜でも微結晶化が可能であると考えられる。

■終わりに

VHF帯を使用したアノードカップリング方式によるSN-2を用いたSiN_xでのH₂の割合を変化させた時の膜質変化やSi成膜でのX線回折による結晶性評価について報告した。SiN膜に関して、13.56MHzを使用した成膜と同様の傾向が得られることが明らかとなった。また、SN-2での微結晶Siに関して、SiH₄と同様にVHF帯を用いることで微結晶化が可能であることを示唆した。このように、VHF帯を用いたSN-2での成膜を、HEMT等の高周波デバイスやPDセンサ等のプラズマダメージに敏感なデバイス及びTFTや太陽電池用途向けに適用する様、プロセスの開発を継続し、お客様にソリューションを提案していく。

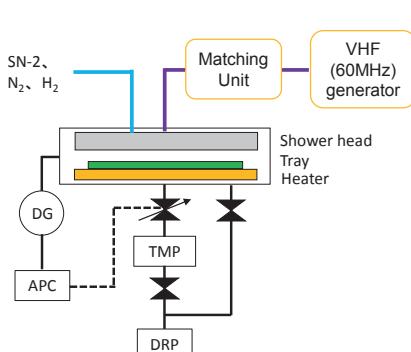
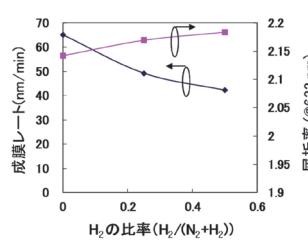
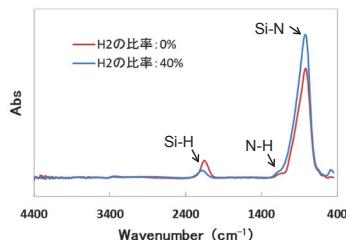
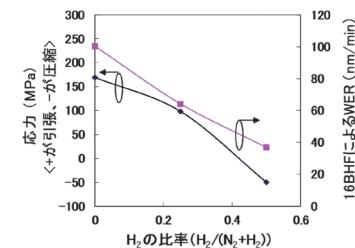


図1 成膜で使用した装置構成概略図

図2 N₂とH₂ガスの合計に占めるH₂ガスの比率を変化させたときの成膜率、屈折率、応力および16BHFによるWER図3 N₂とH₂ガスの合計に占めるH₂ガスの比率を変化させたときのFTIR評価図4 X線回折でのSN-2とSiH₄の結晶性比較