samco NOW

2021.JAN.
Quarterly
VOL.112

Information 2
- 装置販売累計4,000台を達成
- 新年のご挨拶
- 新任取締役2名のご挨拶

Samco-Interview 3
京都工芸繊維大学 副学長・理事
吉本 昌広 先生

A la carte 京の台所を訪ねて3 京のおばんざい わらじ亭 5

Technical-Report 6
2周波CVD装置による$TEOS\text{-}SiO_2$成膜プロセスの安定性について

嵯峨野、広沢池、夜明け ／ 撮影 ⓒ 中田 昭

装置販売累計4,000台を達成

この度、設立からのプラズマCVD装置やドライエッチング装置、ドライ洗浄装置などの製品販売累計4,000台を達成し、浜松光電株式会社様に記念すべき4,000台目のプラズマCVD装置を納入いたしました。

11月12日、社長の川邊 史が浜松光電様を訪問し、同社の鈴木正孝社長に謝意を申しあげ、記念品を進呈いたしました。浜松光電様は、磁気センサー、圧力センサーなどの多種多様なセンサーの製造・販売を手掛けるメーカーです。静岡県磐田市の同社本社での記念品の進呈では、鈴木社長より「4,000番の記念となる装置を納入いただき、ありがとうございます。改めて、しっかり取り組んでいかなくてはならないという思いになりました。製品精度をさらに上げていくために、引き続きご協力をいただければと思っております。今後とも宜しくお願いいたします。」との言葉をいただきました。

向かって左から3人目が浜松光電株式会社 鈴木正孝社長、
4人目が弊社社長 川邊 史

― 新年のご挨拶 ―

代表取締役社長兼COO
川邊 史

2021年の新春を迎え、心からお喜び申しあげます。

平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申しあげます。

新型コロナウイルス感染症の流行により、世界各国での経済活動が制限される状況が続いておりますが、本年はその影響が段階的に緩和され、感染防止対策と経済活動再開の両立を目指していくことが求められます。

このような情勢のもと、5Gや自動運転、IoTなどの技術革新が着実に進んでおり、当社の製品に求められる技術レベルも日進月歩で変化していることを実感しております。今後もお客様のニーズに対応した高付加価値・高機能製品の開発と市場投入を進めるとともに、メンテナンス・アフターサービス体制の充実を図ってまいります。

経営理念である“薄膜技術で世界の産業科学に貢献する”を社員一同共有し、産業・科学技術の発展に努めてまいる所存であります。

本年も、より一層尽力してまいりますので、ご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申しあげます。

― 新任取締役2名のご挨拶 ―

取締役執行役員
営業統括部長
佐藤 清志

取締役執行役員
管理統括部長
宮本 省三

平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申しあげます。

この度、10月16日開催の第41期定時株主総会におきまして、新任取締役に選任されました。

はなはだ微力ではございますが、社業発展のために全力をつくし、皆様からのご期待にお応えできるよう努力してまいります。

今後とも、なお一層のご鞭撻を賜りますよう心よりお願い申しあげます。

表紙写真 ● 京の風物詩に嵯峨野の「広沢池（ひろさわのいけ）」に『鯉揚げ』有り

嵯峨野の広沢池の周辺は、日本の原風景ともいえる田畑が広がり、景観保護地域に指定されています。池の由来は平安時代中期に宇多天皇の孫である寛朝（かちょう）僧正が、遍照寺（へしょうじ）を建立した際に造られたと伝えられ、嵯峨富士とも呼ばれる遍照寺山を映すその池には、金色の観世音菩薩を祀る観音島があったといわれます。今は、「日本三沢」の一つに挙げられ、灌漑用ため池として養殖池にも利用されています。池の水を抜いてコイやフナなどを収穫する12月の「鯉揚げ」が冬の風物詩として知られています。この冬には人混みを離れたこの地で、枯れた冬の美しさを味わってみてください。

プロフィール

学　歴
1983年　京都大学 工学部 電子工学科 卒業
1985年　京都大学 大学院 工学研究科 修士課程　修了
1988年　京都大学 大学院 工学研究科 電気工学第二専攻 博士課程　修了

受賞歴
2014年　日本学術振興会 科学研究費助成事業 平成26年度審査委員表彰
2016年　応用物理学会 第10回 フェロー表彰 ビスマス系半金属半導体の高品質単結晶成長とバンド構造制御

職　歴
1988年　京都大学 工学部電気電子第二工学科 助手（～1995年）
1994年　カリフォルニア大学 サンタバーバラ校 客員研究員
1995年　京都大学 大学院 工学研究科 電子物性工学専攻 講師（～1997年）
1997年　京都工芸繊維大学 電子情報工学科 助教授（～2004年）
2004年　京都工芸繊維大学 地域共同研究センター 教授（～2007年）
2007年　京都工芸繊維大学 電子システム工学部門 教授（～2018年）
2012年　京都工芸繊維大学 学長補佐（～2015年）
2012年　財団法人京都高度技術研究所 副所長
2015年　京都工芸繊維大学 副学長
2018年　京都工芸繊維大学 理事
2018年　公益財団法人京都高度技術研究所 理事

京都工芸繊維大学 副学長・理事　吉本 昌広（よしもと まさひろ） 先生

今回のSamco-Interviewは、京都工芸繊維大学の松ヶ崎キャンパスを訪ね、吉本昌広副学長に、ビスマス系Ⅲ-V族半金属半導体などのご研究についてお話を伺いました。

▶ 吉本先生のご研究についてご紹介ください。

現在は、ビスマス系Ⅲ-V族半金属半導体の創製とデバイスへの応用や、シリコン半導体の微細構造の物性評価などを行っております。他にもいくつかの研究をしておりますが、主な研究はこの2つが両輪となります。

▶ 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。

学生の頃は、京都大学の松波弘之研究室に在籍しており、大学を卒業後も薄膜関係の研究をずっと続けております。印象に残っているエピソードとして、大学院生の頃の話ですが、普段使っていた段差計が故障して困った時、サムコさんがお持ちだという話をお聞きし、サムコさんの研究開発センターにお邪魔して段差計を使わせていただいたことがありました。とても有難かったことを今でもよく覚えております。

京都工芸繊維大学には1997年に来まして、当時は分子線エピタキシー法（MBE）で半導体の単結晶材料を成長させる研究をしていました。その後、ガリウム砒素（GaAs）にビスマスを入れた材料の研究を始めたのが2003年でした。民間企業から本学に移ってきた先生と一緒に研究した結果、デバイスを作れることは分かりましたが、そのデバイスの性能をどこまで上げられるかは未知数でした。当時、MBEを用いたビスマス系化合物半導体の研究は、世界中の誰もやってないと思い込んでいましたが、私と同じ考えを持つ研究者が世界にもう1人だけいました。カナダのブリティッシュコロンビア大学の先生から、私と全く同じ内容の論文が僅差で出たことがあり驚きました。そんな世界中の誰も取り組んでいないような手探りで始めた研究でしたが、何をやっても新しい知見が得られるという意味では、非常に面白かったです。そして、2008年にはビスマス系化合物半導体を用いたレーザーを試作し、レーザー発振をするところまで持っていくことができました。この時の論文は私の方が先に出せました。その後は、レーザーダイオードなどの電子デバイスへの応用を模索しておりますが、製品化には電流駆動の課題などもあります。これもドイツや米国にライバルとなる研究者がおり、常に競争しております。

2014年に、赤﨑勇先生、天野浩先生、中村修二先生がノーベル賞を受賞されて以降は、国内の研究者は化合物半導体でも特に窒化物の研究に集まっていきました。代わりに、ビスマス系化合物半導体の研究は日本では珍しいものとなり、海外とのお付き合いの機会が増えていきました。2010年からは、この分野の研究者を集めたワークショップ（International Workshop on Bismuth-Containing Semiconductors）を、年1回開催しております。総勢50名程の国際会議で、最近まで日本からの参加者は私だけでした。2018年には京都工芸繊維大学で開催しました。今年はコロナ禍で中止となりましたが、米国や欧州の珍しい場所で開催されるため、毎年楽しみにしている学会です。

ビスマス系化合物半導体の展望についてお話しますと、レーザーダイオードを試作し、かつ発振波長の温度依存が少ないことを実証しました。ただ、実際の部品として製品化するのは非常に難しく、今は基本に戻って改めて物性を調べております。昨今は、世界中で光通信の需要が増加しており、光ファイバーや通信線のほか、クラウド用のデータセンターのサーバー間の接続が非常に重要になっています。発振波長が温度によらずあまり変わらないレーザーを製品化すれば、温調機器が簡素化でき、省エネに繋がり、私どもの研究が貢献できるのではと期待しているところです。

また、ビスマス系化合物半導体の研究のほか、シリコン半導体の微細構造の物性評価に関する研究も行っております。この研究を始めた経緯をお話ししますと、米国サンノゼにいる大学の同級生から「シリコンプロセスのインライン検査で、特に基礎的な部分の物性評価をしてほしい」という依頼を受けたことがきっかけでした。その同級生は、シリコンプロセスで用いるRTA（Rapid Thermal Anneal）装置などを販売するベンチャー企業を経営しており、私に協力を依頼してきたのです。この依頼に応えるため、私どもは学内でチームを組み、シリコン半導体の極浅接合の電気的測定や、フォトルミネセンス法、ラマン分光法を用いた評価を始めました。それ以降、長年に渡り主に東アジアのさまざまな国のマイクロ、ナノプロセスの評価を行うことで、じっくりと半導体の本質を学び、同時に多くの知見を得ることができました。シリコン半導体の極浅接合を実現させるには、まずイオン注入後にアニールをしなければPN接合になりませんが、長時間アニールすれば不純物が拡散するため浅い接合にはなりません。また、短時間のアニールなら生焼けのような状態になってしまうため、シリコン半導体の極浅接合には極めて複雑な材料の性質を理解する必要があります。

これらの研究から得られた知見を元に、2010年以降はシリコン半導体のPN接合に関する論文をいくつか書いております。シリコンは昔から使われている材料ですが、前述の

フォトルミネセンス法、ラマン分光法を使って再評価するという新たな切り口を開拓してきたつもりです。その狙い通り、私どもの手掛けた論文は、年を追うごとにじわじわと引用数が上がっており、私どもの研究が役立っていることを実感しております。最終的には、得られた知見をインライン検査装置に応用することが目標になります。

▶ 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。

満足しております。学内の共同のクリーンルーム内に、CVD装置（PD-220N）とドライエッチング装置（RIE-400iPB、RIE-101iPH）があり、主力装置として稼働しております。3年前に購入したCVD装置は、液体原料TEOSを用いたシリコン酸化膜（SiO_2膜）の形成に使わせていただいております。私自身、学生の頃からアモルファスシリコン系の材料を研究しており、SiO_2膜を形成する難しさは理解しております。サムコさんの装置がトラブルになった話は聞いたことはなく、学内のさまざまな研究者が使っており、いつも助けられています。また、学生でも簡単に操作できることも有難いです。

▶ 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？

大学では新しい分野の開拓をしていくことが最も重要であると考えております。私の研究を、次の世代に渡せるまでは開拓していきたいです。言葉で言うのは簡単ですが非常に難しいことです。

また、かつての師匠から『3種類をやりなさい』と言われたことを今でも実践しております。1つ目は『やりたい研究をやりなさい』でした。2つ目は『やらなければならない研究をやりなさい』で、これは社会的要請や時代によって変化してきました。半導体材料は、かつてシリコンがメイン材料でしたが、今は化合物半導体の領域も広がっており、大きく変化しております。教育者として、学生を育てる以上は、その分野の基本的な知識を兼ね備えてもらいたいため、その時代に合わせた教育を行ってきました。3つ目は『お金を稼ぐ研究をやりなさい』でした。研究費を稼ぐことも必要であり、この3つをバランスよく行うことを心掛けてきました。

▶ 理事・副学長を務められる京都工芸繊維大学や、理事・副所長を務められる京都高度技術研究所（ASTEM）のご紹介、近況などについてお聞かせください。

京都工芸繊維大学では、コロナ禍の中、学生にとっては厳しい環境が続いております。学校生活や授業、試験まで全てを大きく変える必要がありました。また、将来的には少子化により子供の数自体が減ることを危惧しております。そのような中、どういう人材を育て、社会に送り出すかが求められます。規模は決して大きくない工学系の単科大学ではありますが、京都の産業界と密接に連携し、優秀な人材を輩出していきたいと考えております。

京都高度技術研究所（ASTEM）は、科学技術の振興や企業経営に関する支援を通じて、地域産業の発展と市民生活の向上に寄与することを目的に運営しております。京都市成長産業創造センターには、サムコさんからも参画をいただいており、京都市ベンチャー目利き委員会での活動にも理事である辻会長にご支援いただいております。今後も京都の持続的な発展のための支援を続けていきたいと考えております。

▶ 座右の銘をお教えください。

『知る喜び』・『作る喜び』・『共に咲く喜び』という3つの言葉を大切にしております。まず『知る喜び』は、大学でさまざまな知識を得て、喜びを感じるということです。続いて『作る喜び』は、やはり工学系の大学として、自らモノを作れば面白いですし、常に新しい特性や性能が出るという喜びを感じることができます。これが工学系の研究の原点ですね。最後の『共に咲く喜び』は、京都大学名誉教授の平尾一之先生から教えていただいた言葉であり、実は武者小路実篤の水彩画に書かれた言葉がモデルになっております。何か1つのモノを作ろうとすれば、当然1人ではできませんので、多くの人の協力が必要になります。成果が出れば、皆で共に咲く喜びを実感できますが、損得勘定が出てくるとできるものもできなくなります。そのため、お互いを認め合うことや、連携することがとても大切になります。1994年、カリフォルニア大学で客員研究員をしていた時、この連携がとても上手く回っていたことを覚えております。それ以降は、お互いを認め合い、連携することを常に念頭に置いて研究してきました。

▶ 休日などはどのようにお過ごしでしょうか？

以前はスポーツジムや水泳に行っていましたが、コロナが流行りだしてからは行くことができていません。今は、のんびり休日を過ごすか、平日の仕事の残りを休日にこなしている状況です。そろそろ水泳をしたいですが、足元でコロナの感染者が増えてきましたので心配しているところです。

▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

サムコさんは、高い技術力に基づき、新規分野を開拓され、着実に成長されている会社というイメージを持っております。半導体工学分野に関わる者として、長い間、産業の盛衰を見てきました。また、同級生や自分の教え子を通じて、激変の業界であることも感じております。そのような環境の中、成長を続けてこられた姿や、サムコ科学技術振興財団の活動などを通じて全国の科学者、研究者の皆様を支援されていることには改めて感心している次第です。

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。

京の台所を訪ねて 3

京野菜をはじめとする旬の滋味を際立たせる京のおばんざい。先代のこだわりを受け継ぎ、数多くの著名な芸能人も足しげく通う「わらじ亭」を訪ね、店主の髙橋佳奈子さんにお店に注ぐ熱き想いをお聞きしました。

洛中の西に位置する壬生（みぶ）は湧き水に恵まれた地域であり、江戸時代に壬生菜や芹の特産地となり、「京野菜の里」と称されるようになります。その地名もかつては「水生」と記され、いつしか水に通じる干支の「壬（みずのえ）」の文字があてられるようになったと伝えられています。この地に京のおばんざいを供するわらじ亭が暖簾を掲げたのは、昭和50（1975）年。あと5年ほどで半世紀という大きな節目を迎えます。店名は先代が「わらじを脱いで旬のおばんざいを楽しみ、身も心もほっこりと和んで頂けたら」という想いを託して名付けたそうです。「おばんざい」は漢字では一般的に「お番菜」あるいは「お晩菜」、「万菜」と記します。たとえば、「番」が日常的なものを表すように、京都で代々受け継がれ、日々食される家庭料理を意味し、京都ならではの惣菜や酒の肴として広く親しまれてきました。京野菜をはじめとする季節の食材本来の味を大切にし、毎日食べても飽きることがなく、栄養のバランスも申し分ない町衆の食文化の象徴です。

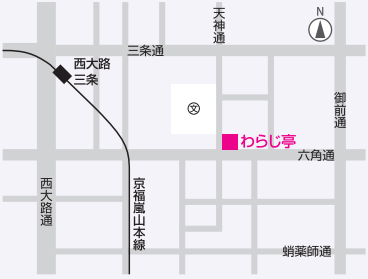
昔ながらの温かい灯に誘われて店内に入ると、奥行きのあるカウンターに大鉢に盛り付けられたおばんざいがずらりと並んでいます。京の壬生菜、九条ねぎのぬた、ゆず大根、山椒こんにゃく、万願寺とうがらし、なす煮、賀茂なす田楽、鱧天、しめ鯖、わかさぎ南蛮漬け…。懐かしさを秘めた深い滋味の数々、色鮮やかで目移りしてしまう献立です。「旬の京野菜を中心とした食材をお酒にもごはんにも合うように、一般家庭より香辛料を少し効かせています。特製ちりめん山椒もお酒のあてに相応しい濃さにしていますので、ご飯の時はお塩を多少足してくださいとお願いしています。子どもの頃から先代の母親を手伝い、その背中を見ながら育ちました。食材は何十年もお付き合いのある京都市中央市場の仲買さんや農家さんから仕入れています」。

わらじ亭の際立つ美味しさは、映画やテレビ番組でもお馴染みの著名な芸能人の名前が並ぶボトルキープ棚や座敷の壁の色紙が物語っています。季節と共に移り変わるおばんざいを楽しみに、地元の方のみならず他府県から毎月のように来店される常連さんも数多いとか。ご贔屓の方々にとってわらじ亭は、まさに「もう一つの我が家」なのです。カウンター、奥のテーブル席や座敷に2階の宴席を加えれば50名以上入れるお店ですが、現在はコロナ対策のために席数を大幅に削減しており、ご予約をお願いしたいとのことです。ちなみに、特製のちりめん山椒は全国発送も行っています。

●わらじ亭公式ホームページ
https://warajitei.com/

京のおばんざい わらじ亭

京都市中京区壬生東大竹町14（御前通六角西入る）
TEL 075-801-9685
営業時間　17:00〜22:00
（要予約／ご注文は21:30迄）
定休日　日曜・祝祭日



2周波CVD装置によるTEOS-SiO_2成膜プロセスの安定性について

【サムコ㈱ 開発部 CVDグループ】

■はじめに

当社はプラズマCVD装置とプロセスの開発を手掛ける装置メーカーとして創業以来、独自性と実用性を兼ね備えた製品を提供してきた。このプラズマCVDにおいては、一般的なSiH_4を用いるSiO_2成膜技術に加え、液体原料を用いるプラズマCVD技術（LS-CVD®）にも取り組み、より安全性を考慮した成膜技術を開発してきた。近年では、さらに13.56MHzと400kHzの周波数を用いる2周波CVD技術を組み合わせることで成膜技術を進展させ、化合物半導体や電子デバイスの分野に貢献している。本稿では、2周波CVD技術とLS-CVD技術によるSiO_2成膜データの中から、生産ラインへの装置導入において重要な要素となる成膜プロセスの繰り返し安定性について紹介する。

■装置構成と検証方法

SiO_2成膜は、液体原料にTEOSを用いて、当社デモ機「PD-220L」にて行った。図1にデモ機の装置構成を示す。上部電極に13.56 MHz、400kHzの各電源と整合器を接続し、これら2周波を重畳してプラズマを発生させている。サンプル加熱用ヒーターの温度は高温、低温いずれの温度域も用いるケースを想定し、400℃と150℃の2水準を用いることとした。また、本実験では図2に示すように3インチSiウエハをSiCトレイ上に5枚均等配置し、各ウエハ上9点の膜厚を測定して、膜厚均一性を評価した。なお、膜応力は①のウエハで得られたデータを用いた。

成膜プロセスの繰り返し安定性は、10バッチ分を1サイクルとして前述の各温度条件にて1サイクルずつ交互に成膜を繰り返し、膜厚均一性と膜応力の推移を評価に用いた。各サイクル間では反応室内のドライクリーニングと1μm程度のプレコート処理（ダミーラン）を行っている。

なお、今回実験に用いたデモ機の反応室は当社のアノードカップリング方式CVD装置である「PD-220シリーズ」と同構造であり、今回紹介する内容は、「PD-220シリーズ」のオプションである400kHzを追加した装置仕様により得られたデータである。

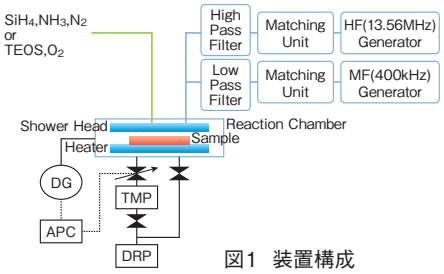


図1　装置構成

図2　SiCトレイ上のウエハ設置位置

■2周波CVD技術によるTEOS-SiO_2成膜の繰り返し安定性

図3にSiO_2成膜を130バッチ（13サイクル）繰り返した際の膜厚均一性の数値の推移を示す。

2つの温度水準の条件を交互に繰り返し、各サイクル間で反応室内クリーニングとプレコートを行った場合でも、400℃条件では±3.5 %以下、150℃条件では±3.0 %以下の良好な膜厚均一性の値が安定的に得られている。また、反応室内の構成部品のうち、半年～年1回程度の交換を推奨しているシャワー板（ガスマニホールド）の新品への交換前後でもほとんど膜厚均一性は変化していなかった。このデータが示すように、装置を長期間運用する中で反応室内部品の交換が必要になった場合でも、当社の装置では部品交換の前後で良好な再現性を容易に得ることが可能である。

また、図4は膜厚均一性の評価を行ったSiO_2膜と同じサンプルの膜応力を測定し、その数値の推移をプロットしたデータである。なお、今回採用した成膜温度の異なる2水準の成膜条件で得られるSiO_2膜の膜応力はほぼ同等であるため、1つのグラフの中にまとめている。

図4に記載している膜応力データの平均値は−39MPaであり、その平均値に対して±50MPaの範囲内にすべての数値が収まっていた。当社では膜応力の測定原理等から±50MPaを応力測定における再現性判断基準の1つとしている。また、膜応力はSiO_2膜の膜質を表す指標の1つであり、その数値はSiO_2膜の成膜プロセスの再現性を確認する際に用いている成膜特性である。そのため、今回の結果は膜厚均一性だけでなく膜質についても良好な繰り返し安定性が得られることを示していると考えられる。

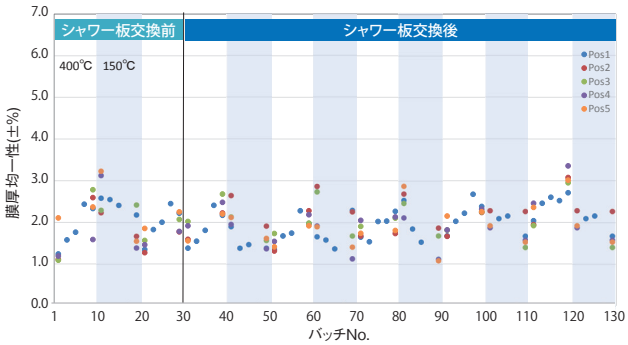


図3　130バッチ分の繰り返し成膜における膜厚均一性の推移

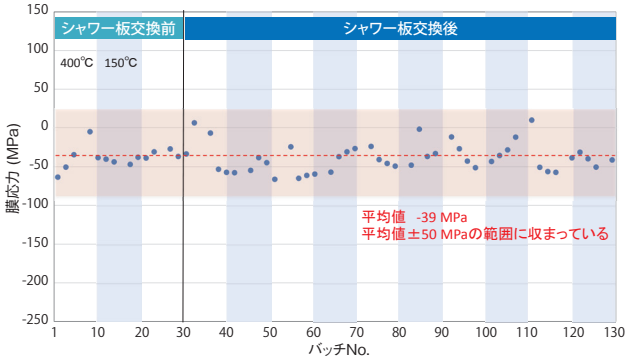


図4　130バッチ分の繰り返し成膜における膜応力の推移

■終わりに

2周波CVDによるTEOS-SiO_2膜の成膜プロセスの繰り返し安定性について紹介した。

今回紹介したデータを取得した「PD-220シリーズ」では、2周波CVDによるTEOS-SiO_2成膜に加え、生産機として納入実績のある派生系「PD-220Xシリーズ」で最大3室まで反応室数を拡張するオプションを用意している。

当社の経営理念である「薄膜技術で世界の産業科学に貢献する」に基づき、今後も科学技術、産業技術の発展に貢献できるよう、装置およびプロセスの開発を継続していく。

［LS-CVD装置］商標登録（サムコ）：液体原料を用いる気相成長装置

サムコ株式会社　〒612-8443 京都市伏見区竹田藁屋町36
TEL 075-621-7841　FAX 075-621-0936　E-mail koho@samco.co.jp　https://www.samco.co.jp/