

samco NOW

VOL.121

2023. Apr. Quarterly

Samco-Interview — 2

九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
(I²CNER:アイスナー) 教授

ふじかわ しげのり
藤川 茂紀 先生

À la carte — 4

京の台所を訪ねて12 鳥せい本店

Information — 5

CS Mantech 出展のお知らせ

SEMICON China 2023 出展のお知らせ

SEMICON West 2023 出展のお知らせ

紺綬褒章受章のお知らせ

Technical-Report — 6

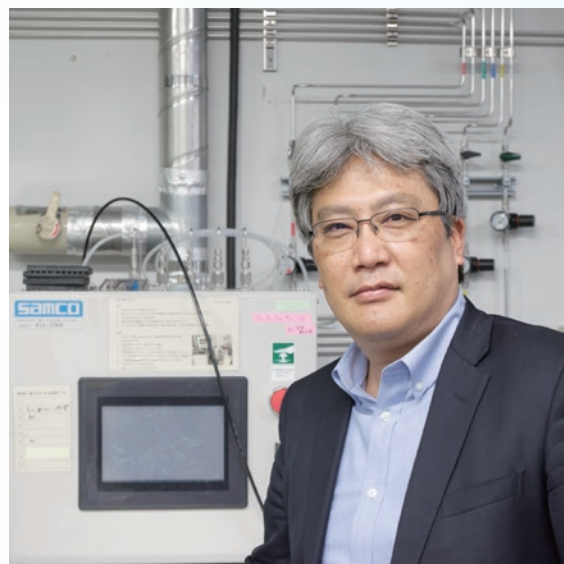
還元性能をさらに向上、
Aqua Plasma Boost® AQ-2000BT の紹介

春の絶景は京都西も
妙心寺塔頭の『退蔵院』にあり

京都の西に位置する妙心寺の塔頭で、室町時代に開かれた屈指の古刹『退蔵院』。約60年前に完成の「余香苑」に植えられた紅しだれ桜は平安神宮の孫桜にあたります。それは4月初旬から10日頃まで、紅い蕾の開花から淡いやわらぎ、八重の鮮やかな満開まで楽しめます。散り際の花吹雪も圧巻で、桜のシャワーと石庭のコントラストを是非楽しんでいただきたいものです。

九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
(I²CNER:アイスナー) 教授ふじかわ しげのり
藤川 茂紀 先生今回の Interview は、九州大学 伊都キャンパスを訪ね、藤川茂紀先生に
CO₂分離ナノ膜などのご研究についてお話を伺いました。

略 歴	1999年 3月	九州大学 大学院工学研究科 分子システム工学専攻 博士課程修了 (工学博士)
	1999年 4月 - 2000年3月	Yale University Department of Chemistry (Andrew Hamilton Lab.) 博士研究員
	2012年 4月 - 2020年3月	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 部門長
	2011年11月 - 2021年3月	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 准教授、WPI 主任研究者
	2007年10月 - 現在	株式会社ナノメンブレン 取締役
	2021年 4月 - 現在	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 教授 (主幹教授)
	2021年 4月 - 現在	九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター センター長



“ 私たちが研究対象としているのは、
自立している大面積の薄膜です。 ”

▶ 先生の現在のご研究について
ご紹介ください。

空気中から二酸化炭素 (CO₂) を回収する分離ナノ膜という非常に薄い薄膜をつくる研究をしています。また、色々な材料表面のナノサイズ構造を制御し、光とうまく相互作用させて、光を捕集するデバイスを大面積でつくっています。今、注目しているのは、貴金属ナノ粒子の局在型プラズモン共鳴と呼ばれる、ユニークな光応答性の研究です。これは、金や銀などのナノ粒子を基板上にできるだけ近づけてきれいに並べると、光が貴金属のナノ粒子に吸収されて、金属と金属の隙間にレンズのように集まる性質のことです。この性質を使って光を活用する研究をしています。

CO₂分離ナノ膜と表面ナノ構造の研究に共通するのは「薄膜」です。薄膜というのは、ある意味では、基板の表面部分だけ取り出したもの、そういう位置づけで研究しています。



自立性を持つ巨大ナノ膜
— 膜厚: 数百nm (100~300nm), 直径: 数cm —
(九州大学 藤川研究室HPより)

薄膜といっても色々種類がありますが、私たちが研究対象としているのは、自立している大面積の薄膜です。厚みが10nmから100nm程度の薄膜ですが、平面のサイズが手で持てるくらい大きさで、膜を支える支持基盤などを必要としない、自立した薄膜をつくるというのが、他の薄膜研究との違いです。

▶ 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。

私は、九州大学で國武豊喜先生^{くにたけとよき}にご指導いただき、有機化学的に分子を合成する研究を行ってきました。溶液の中に色々な分子をいれると集合体の構造をつくる、分子集合体と呼ばれる研究です。その一つのモデルとして、いわゆる界面活性剤と呼ばれる、親水基と疎水基の両方を持つ両親媒性分子と呼ばれるオタマジャクシのような分子構造があります。オタマジャクシをうまく分子設計して組み合わせると、細胞膜のように、ベシクルという厚みが分子二個分くらいしかない非常に薄い構造ができていきます。大学時代は、分子を勝手に動くようにしてベシクルを作製する研究をしていました。その後、界面や表面で分子をいかに制御して並べていくかを研究しているうちに、薄膜という分野にシフトしてきた、という感じです。

昔から大学教授になりたいと考えていたわけではありません。私が大学一年生の頃は、ちょうどバブル経済で景気が良かった。そのため、銀行や証券、商社といった業界に興味がありました。当時、化学系の学生のほとんどは大学院に行くのが当たり前で、卒業後は、化学系の会社へ就職していました。大学四年生のころに、そのレールに乗ることに疑問が湧き進路を悩んでいました。その時に、「大学院に行くのではなく、他の道を考えてい」と國武先生に相談したことがあります。

國武先生は、「大学院は、課題を見つけて、設定して、どう取り組んで、どう世の中にアピールするか、という方法論を訓練するところだ。化学系は、化学という素材を使うだけであって、その方法論は化学以外の分野でも使える話だから、大学院に行ったあと、将来好きな道に行ったらいいんじゃないか」とおっしゃいました。この助言に納得して、大学院進学を決め、そのままの流れで化学の道を進んできています。九州大学で博士課程を取得してから、有機合成化学を駆使して分子を精密に識別する分子認識化学で有名であったYale UniversityのAndrew Hamilton Lab.へ博士研究員として赴任しました。博士課程三年生の時の国際学会発表の時に、たまたま話しかけることができた先生で、運が良かったと思います。

米国で一年が経ったころ、國武先生が理化学研究所で新しいプロジェクトを始めるというので、声をかけてくださり、日本に戻ることになりました。当時の理化学研究所は、比較的物理系の人が多く、考え方の違いに刺激を受けました。表面や界面を研究する際、私たちは分子配列や構造を考えるのですが、物理分野の先生方は化学構造にこだわらず、分子より少し大きなナノサイズの領域で、ナノ構造が創り出す表面や界面の機能に注目されていました。理研での経験が、今の研究に影響を与えているのも事実です。

それから、2010年ごろに九州大学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I²CNER:アイスナー) でCO₂回収に関する研究者の公募がありました。私はその時、既に自立した大面積の薄い膜をつくる研究をしており、大学での研究にも魅力があったので、それに応募し、幸い採用していただきました。もちろん現在はCO₂を中心に研究を進めておりますが、CO₂の分離や削減のみを研究対象にしているというより、CO₂はあくまで

数ある分子の一つとして見ているという方がより適切かと思います。薄膜を研究している中で「透過」というのは重要な機能です。ある分子は透過させて、他の分子は透過させない、という風に、透過という機能を精密に制御できると他の分野への波及も見えてきます。また、気体の分離というのはなかなか難しいテーマです。液体は表面張力があるため、マイクロメートルレベルの小さい穴があってもなかなか漏れません。一方で、ガスは簡単に小さな穴から漏れます。また、ガスは常温でも活発に動き回っているため、うまく選り分けるのはかなり難しい。学術的にも挑戦すべきテーマだと思い、まずはCO₂という分子に注目して薄膜で透過制御することから取り組んでいます。

▶ ご研究の今後のご展望について お聞かせ願います。

CO₂分離ナノ膜の研究は、内閣府のムーンスロット型研究開発制度の目標4「地球環境の再生」の一つとして進めています。ムーンスロット型研究開発事業は、2030年に社会実装の準備が完了し、徐々に普及が進み、2050年に社会実装完了を目指す事業です。私たちの取り組んでいるのは、空気中から分離膜を使ってCO₂を回収する装置と、CO₂を変換して使える物質に変える装置の二つを実現することです。使えるというのは、CO₂を変換して一酸化炭素(CO)、メタン(CH₄)、エチレン(C₂H₄)などの基礎化成品へ変換するという意味です。2030年までに、この二つの装置開発を完了して、2050年に向けて大量生産および社会実装していく段階まで進めるのが、このムーンスロット型研究開発事業の目指すところです。この事業の中で私はCO₂回収を担当し、CO₂変換は、九州大学の山内美穂先生や、北海道大学の清水研一先生が担当され、連携して研究を進めております。既に大気からのCO₂回収と、その回収したCO₂をCH₄やCOなどへの化学変換を実現しております。

“Aqua Plasma®は表面を改質して親水化させるのに有効で、他の酸素プラズマやオゾン処理といった親水化処理法と比べ独自性が高いと思います。”

▶ Aqua Plasma® クリーナー AQ-500はどのようにご使用いただいていますか？

Aqua Plasma®は、CO₂分離ナノ膜の表面改質に使っています。薄膜になると分離膜の性能は、ほとんど表面の分子の性質で決まってくるため、分離膜の表面をどのような分子設計にするかが重要になります。基本的に、反応性の高い官能基がある方が、私たち化学者にとっては扱いやすいです。Aqua

Plasma®は表面を改質して親水化させるのに有効で、他の酸素プラズマやオゾン処理といった親水化処理法と比べ独自性が高いと思います。

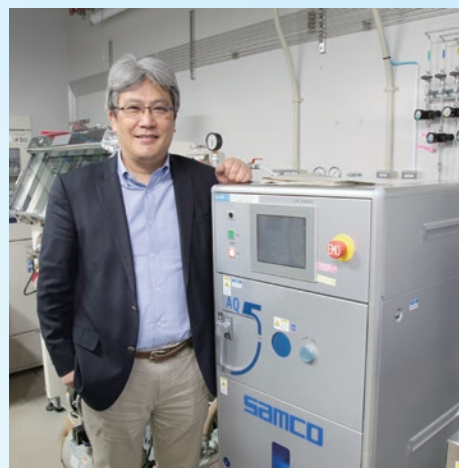
私たちは、分離ナノ膜の気体透過性の高いポリジメチルシロキサン(PDMS)系の材料を使っています。このPDMSからなる分離膜表面は疎水性となりますが、CO₂選択性の高い材料というのは、親水性の材料のものが多くです。疎水性のPDMSにCO₂選択性の高い材料を載せるには、どうしても表面を改質しないといけません。ところが、PDMSを酸素プラズマなどで処理すると、一般的には表面にSiO₂層ができるといわれており、膜が緻密化して、気体透過性が劇的に悪化します。そのため、私たちがPDMS表面を親水化するために酸素プラズマを用いるときは、数秒という短い時間で、高周波の出力も10Wなどの低パワーで処理します。

Aqua Plasma®は、酸素プラズマに比べPDMS表面の緻密化が、少しマイルドになっているように感じます。また、私たちのつくるのは薄膜ですので、載せる材料も薄くないといけません。となると、分子レベルの厚みで制御されたCO₂選択性があるような材料を均一に塗ることが大事です。Aqua Plasma®で均一にPDMS表面を親水化処理できるので、活躍してもらっています。

▶ 日頃のご研究において心がけておられることをお聞かせください。

國武先生の研究室にいて、私の研究について細かい指示を受けたことはありませんでした。大筋について相談に乗っていただいたり、面倒を見ていただいたりしたことはもちろんありましたが、多くは自分が楽しいと思う研究をしていました。結局、自分が研究していて楽しいと思えることが重要だと考えています。最近は忙しくて、なかなか自分で実験する時間が取れないのですが、自分で考えて、自分で手を動かしているときが一番楽しいので、研究室の学生にも、そうあってほしいと思います。

また、ポストドクや学生との関係も部下と上司ではなく、一緒に研究している仲間や共同研究者のつもりで接しています。私は、これまでの研究や方法論を学生たちに教えることができますし、学生たちは私にない視点や発想を持っていますので、私はそれを吸収していきたい、お互いに成長していけたら本当に良いと思っています。学生たちにとっては、20代中盤から後半というかけがえのない大事な時期を一緒に過ごすことになりますから、振り返ったときに



有意義であったと思えるようにしたいなと思っています。

最後に、國武先生の教えでもありますが、研究において具体論と抽象論のキャッチボールを心がけています。葉っぱだけを見て研究していたら、葉っぱの特徴を見つけることは時に難しい。視点を変えることで、葉っぱの特徴が見えてきます。具体から抽象へ行ったり、抽象から具体へ行ったりして研究することで、新しい見え方があると思います。

▶ 最後にサムコに対して一言をお願いします。

最初の出会いが、「半導体プロセス装置メーカーとしてのサムコさん」だったのですが、長く付き合っていると、半導体一本槍ではなく、広く材料科学の分野への装置をつくられているな、という印象です。私としては、半導体以外の分野への展開をさらに加速していただきたいと期待しています。分離ナノ膜は、社会実装を目指しているので、大量生産につなげたいと考えています。その時に、半導体のように枚葉処理の真空工程があると、どうしても時間がかかります。フィルムを流してその上に成膜するような連続処理ができると、とても魅力的です。何が魅力的かというと、連続処理で大量生産できれば、その材料を使ってまた新たな多くの実験ができます。材料研究や基礎研究においても大量につくれるということは、新しい挑戦に取り組む基礎となるため、重要なことです。真空装置とフィルムへの連続処理が両立するかはわかりませんが、サムコさんには、新しい分野に展開できるような装置の開発なども期待したいと思っています。

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。

“研究において具体論と抽象論のキャッチボールを心がけています。”

京の台所を訪ねて 12

日本三大酒どころの一つ、京都市伏見の「鳥せい本店」は、地元の人々が気軽に来店し、接待でも利用できる名店です。その魅力は、日常的に味わいたくなる鶏料理と、蔵元直送のさまざまな日本酒にあります。



昼時を過ぎ、2時近くになってもお客様が次々にやってくる鶏料理専門店「鳥せい本店」。大正年間の酒蔵を改装した店の佇まいは、長い歴史を感じさせます。隣接する蔵元直売店では“ここでしか入手できない限定酒”などが販売され、その奥には酒樽を再利用して造られたイベント用展示室が完備されています。

店の暖簾をくぐると、その先に広がるスペースの中央にタンクが置かれ、ホールスタッフがその蛇口から蔵出し生原酒や新酒を注いで提供する光景が繰り返されていました。そんな同店の起源は、江戸時代初期の1677年に初代「源兵衛」が現在地で興した酒造業にあります。代々に渡って戸籍上の名も源兵衛と改称してきた山本家の現当主は11代を数え、その子息の山本晃嗣さん（株式会社山本本家 専務取締役）が「鳥せい本店」の開店経緯を語ってくれました。

「祖父（十代 山本源兵衛）はドイツを視

察したとき、ビール工場の隣にレストランがあり、ソーセージなどを使ってビールに合った料理が提供されていることを知りました。これと同じように日本の酒蔵のすぐ横で料理店を開き、日本酒に合う料理を出せば、日本酒の良さを伝えるきっかけを作れるかもしれないと発想したそうです」

酒造りに適した伏見の名水は中硬水であるため、まろやかな味わいの酒が仕上がり、料理の味を引き立てることができます。どのような料理が良いか考えたとき、メイン食材として鶏肉に注目しました。「肉と言えば、関東では豚と鶏、関西では牛と鶏が連想されます。どちらにも共通する鶏肉を活かした料理を用意し、日常的に来店してもらおうと思いました」。創業300周年を迎える1976年に「鳥せい本店」を開店。鶏料理専門店の営む株式会社鳥せゑとの共同経営により、極上の酒と鶏料理のコラボレーションを実現しました。

今でこそ伏見の酒蔵は減少しましたが、かつては酒蔵が軒を連ねており、開店当時の「鳥せい本店」は、ぽつんと一軒だけある料理店で、10席と少しのテーブルのある小さな店でした。徐々に席数を増やし、現在は約250席。蔵を改装した個室は4名から10名までが着席できる掘りごたつ式の座敷で、最も大きい部屋では20名以上が利

用できます。

ロングセラーになっている料理が多く、例えば「鶏串やき」は、日本酒を使ったタレが美味しいという声が絶えません。鶏ミンチが入っている「とりコロッケ」、ジューシーな味わいの「とり皮餃子」なども好評です。人気の高い料理は枚挙にいとまがありませんが、料理の研究が常に続けられています。3ヵ月ごとに新しい“季節の料理”が登場し、人気があれば通年メニューに加えられます。コース料理も用意されており、座敷を利用されるお客様が夕食時によくオーダーしています。料理を美味しく召し上がってもらうための配慮が随所に見られ、メニューには料理に合う“おすすめ酒”も紹介されています。

日本酒は、メインブランド「神聖」をはじめ、さまざまな日本酒を揃えています。ちなみに神聖という銘柄は、中唐の詩人、白楽天が詩の中で酒を“神聖なもの”と表現したことに由来します。また神聖は、稲の花言葉です。カクテル系はすべて日本酒割りりで、日本酒に親しめなかった人もサワー感覚で味わえます。

「お客様の笑顔を増やしていきたいですね。そのためには、お料理を召し上がっていただくだけでなく、お酒を飲むことによって美味しい体験をしていただくことが一番大事になるかと思うので、いかにして飲んでいただくのが良いかを考えていくつもりです。これからも祖父に感謝しながら、鳥せい本店が醸し出す雰囲気の中で、お料理とお酒を味わえるシーンづくりに努めます。また



日本が好きという外国の方のお声もお聞きますので、私どもの根本となる日本酒を海外の方にも楽しんでいただけることを願っています」



鳥せい本店

京都市伏見区上油掛町186

TEL 075-622-5533

URL <http://www.torisei.com/shop/honten/>

営業時間 11:00～23:00

(ラストオーダー22:30)

定休日 月曜日(祝日の月曜、及び

12月の第3、第4月曜は営業)

年末年始 12月31日～1月3日



CS Mantech 出展のお知らせ

日 程	2023年5月15日(月)～18日(木)
場 所	Hyatt Regency Grand Cypress
URL	https://csmantech.org/



5月15日(月)より、米国フロリダ州のオーランドにある Hyatt Regency Grand Cypress にて CS Mantech (International Conference on Compound Semiconductor Manufacturing Technology) が開催されます。GaN、GaAs、InP、SiC といった化合物半導体および関連材料とその応用分野のカンファレンスで、最新の市場動向や技術情報が入手できます。当社は、本格生産用クラスターツールシステムや新型 ALD 装置を最新のプロセスデータとともにご紹介いたします。

SEMICON China 2023 出展のお知らせ

日 程	2023年6月29日(木)～7月1日(土)
場 所	Shanghai New International Expo Centre
URL	https://www.semiconchina.org/en



SEMICON West 2023 出展のお知らせ

日 程	2023年7月11日(火)～13日(木)
場 所	Moscone Center San Francisco, CA
URL	https://www.semiconwest.org/



紺綬褒章受章のお知らせ

去る2月10日、当社は、数年続けていた法人としての社会貢献活動に対し、日本赤十字社の推薦により紺綬褒章を受章いたしました。当社は、毎年の日本赤十字社への寄附や国内

外での大災害への義捐金を通じて、社会的役割を果たしてまいりました。今後も引き続き、より良い社会を実現するため、社会貢献活動に取り組んでまいります。



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



還元性能をさらに向上、 Aqua Plasma Boost® AQ-2000BTの紹介

【サムコ㈱ 新規事業統括部】

■ はじめに

当社はEHS（環境、健康と安全）に優れる減圧水蒸気プラズマ処理法 Aqua Plasma®^[1]を開発し、その利用を提案している。プラズマ中ではH、OとOHラジカルが生成され、これらの化学的な反応により酸化した銅や銀電極の還元、有機物の分解や表面の超親水化効果が得られる。すでにワイヤボンディングやモールドイングなどの半導体後工程でリードフレームなどの基板処理に広く利用されている。具体的には電極の還元または酸化防止、有機汚れの洗浄や密着性を高めるための親水化処理に用いられることが多い。近年では前工程にも応用が広がり、銅電極上にパターンニングされたフォトレジストの残渣をめっき前に除去するデスカム工程への検討も進んでいる。

さらに、φ12"ウエハなどへの利用にまで期待が高まっているが、Aqua Plasma®の還元は対応可能な面積に限界があった。本稿ではAqua Plasma®の還元性能を強化し、大面積酸化銅の還元にも最適な処理法 Aqua Plasma Boost®とこれを利用できる装置 AQ-2000BTについて紹介する。

■ Aqua Plasma Boost®とAQ-2000BT

Aqua Plasma®は主に水蒸気を用いて還元を行うが、Aqua Plasma Boost®は水蒸気に加えて還元性ガスを用いることによりその還元性能が強化される（特許出願中）。また図1(a)に示すように有機物の分解や親水化効果にも優れる。この還元性ガスを生成するブースターを接続したAQ-2000BTの外観を図1(b)に示す。還元性ガスは必要な量だけブースターで生成される。ブースターと還元性ガスは取り扱いが容易で安全に利用できる。

AQ-2000BTは銅電極の付いた大口径ウエハや大面積基板に対応する。さらに、バッチ処理や用途によってはマガジン処理も利用可能であり生産性にも優れる（図2）。

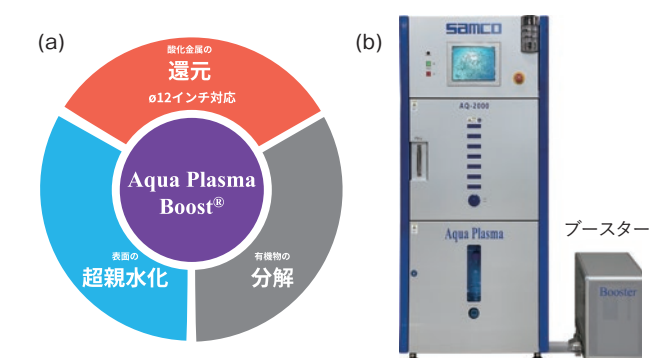


図1. Aqua Plasma Boost®の効果とAQ-2000BT外観

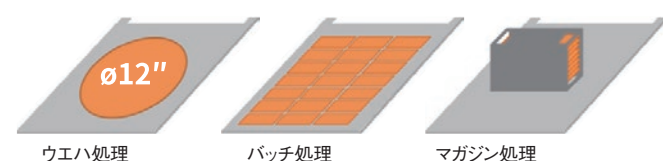


図2. Aqua Plasma Boost®の応用

■ 還元性能

Aqua Plasma Boost®の還元性能を深さ40nm酸化したφ12"銅板を用いて評価した。これまでの研究で銅は酸化膜厚により外観色が変わり、酸化銅は深さ200nm程度まで Aqua Plasma®で還元可能なことがXPS分析やSEM断面観察結果^[2]から分かっている。今回の酸化銅層は200nmより薄いことから外観変化からでも還元効果が判定可能と考えられる。

酸化したφ12"銅板は、Aqua Plasma®では還元されなかった。一方、Aqua Plasma Boost®では還元された（図3）。還元に必要な時間は3分であった。

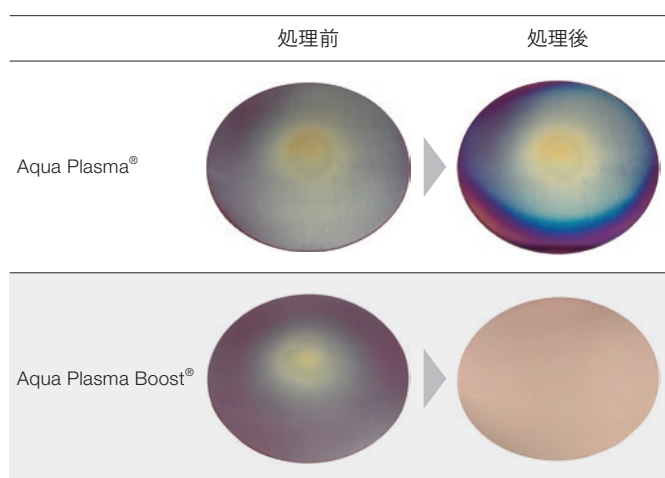


図3. 酸化したφ12"銅板の外観変化

■ 有機物の分解と超親水化性能

Aqua Plasma Boost®は、銅表面にフォトレジスト残渣または有機汚れがあると、還元処理と同時に分解除去することが可能である。3分処理時に約30nmの除去が見積もられ、この量は後工程やデスカム工程での一般的な要求値を満たす。また、フォトレジストの表面は水接触角で10°以下に超親水化されることが多く、めっき液の濡れ性や封止樹脂の接着性向上も期待される。

■ おわりに

AQ-2000BTは更に詳しい資料とデモンストレーション用の装置を用意している。また、ウエハ専用の自動搬送機能付き装置も作製可能である。ご関心があればお問い合わせいただきたい。

■ 参考文献

- [1] SAMCO NOW Vol.94, 96, 100, 102, 107, and 111
- [2] H.Terai, et al. Reduction of Copper Oxide by Water Vapor Plasma at Low Pressure. IEEJ Trans. Sensors Micromachines 139, 157–162 (2019). 11–14, 2019.

