

samco NOW

I nformation	2
● セミコン・ジャパン 2014のお知らせ	
● 福岡営業所開設のお知らせ	
S amco-Interview	3
大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授 森 勇介 先生	
A la carte 京の門前菓子19 御菓子司 中村軒	5
T echnical-Report	6
多種多様な材料のプラズマダイシング —メタル、樹脂付Siウエハーから化合物半導体まで—	



SEMICON Japan 2014 お知らせ

会 期 2014年12月3日(水)～5日(金)

会 場 東京ビッグサイト

ブースNo. 4176(HALL 4)

SEMICON®
Japan 2014

来る12月3日から5日までの3日間、世界最大の半導体製造装置・材料の展示会『セミコン・ジャパン2014』が東京ビッグサイトで開催されます。

当社は、『薄膜技術、その無限の可能性』をテーマに、省エネに寄与する次世代パワーデバイスの材料として開発の進むSiC(炭化ケイ素)やGaN(窒化ガリウム)の先端加工技術や、スマートフォンに用いられる特定の周波数帯域の電気信号を取り出すSAW(Surface Acoustic Wave:弾性表面波)フィルタ、車載用途が拡大を見せるMEMS(微小電子機械システム)向けの加工技術を中心



SEMICON Japan 2013の様子

に展示致します。

また、GaN系電子デバイスやLEDといった窒化物半導体向けのMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:有機金属気相成長)装置『SAMCO-VPE GaN-550』など業界をリードする最新の製品をご紹介します。最新かつ豊富な技術・マーケティング情報が得られるセミコン・ジャパン2014にぜひお越しください。

福岡営業所を開設

当社は、お客様の増加が顕著な九州地方におきまして、2014年9月8日付で福岡市に福岡営業所を開設致しました。すでに同地域では大学・研究機関をはじめ多くの半導体関連企業との取引がありますが、お客様のニーズにさらに迅速かつきめ細やかに対応するとともに、新規開拓を積極的に展開してまいります。

※広島出張所につきましては福岡営業所に統合、閉鎖させていただきます。これまで広島出張所をお引き立ていただきましたお客様には心よりお礼申し上げます。

福岡営業所

〒810-0073 福岡市中央区舞鶴2丁目8-23 201号

TEL : 092-732-1166 FAX : 092-732-1168



表紙写真 ● 千本釈迦堂 大報恩寺の『成道会法要と大根炊き』

2014年12月7日(日)～8日(月)に京都の大報恩寺(通称 千本釈迦堂)で『成道会法要と大根炊き』が行われる。成道会(じょうどうえ)とは、釈迦が6年間に及ぶ苦行の末、諸説は有るものの12月8日に、菩提樹の下で悟りを開いたことを記念して行われる祭事である。法要と共に、鎌倉時代に三世慈禅上人が大根の切り口に、梵字(ぼんじ)を書いて魔除けにしたのが、大根炊きの始まりといわれている。今もなお諸病封じの大根焚きの供養を受けると厄除けになると伝えられ、京の街の師走の風物詩として多くの参拝者でにぎわう。



プロフィール

学歴	1989年 3月	大阪大学工学部電気工学科 卒業
	1991年 3月	大阪大学大学院 工学研究科電気工学専攻 修士課程 修了
	1993年 3月	大阪大学大学院 工学研究科電気工学専攻 博士課程 中退
職歴	1993年 4月	大阪大学工学部 助手
	1998年 4月	大阪大学大学院工学研究科 助手
	1999年 5月	大阪大学大学院工学研究科 講師
	2000年 10月	大阪大学大学院工学研究科 助教授
	2005年 4月	大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 助教授
	2007年 4月	大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 准教授
	2007年 5月	大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授

大阪大学 大学院工学研究科
電気電子情報工学専攻 教授

もり ゆうすけ
森 勇介 先生

今回のSamco-Interviewは、大阪大学を訪ね、大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授の森勇介先生にワイドギャップ半導体の結晶成長のご研究についてお話を伺いました。

▶ 結晶化技術の研究を始められたきっかけと経緯についてお聞かせください

学部で4年生の時に与えられたテーマがCVDダイヤモンド薄膜でした。これは結晶といえば結晶ですが、その時は結晶と意識せず、半導体の研究と思っていました。その研究がおもしろくて博士課程に進み、2年生の時に指導教授に助手にならないかと誘われました。私ははっきりその研究室の助手になれると思いい返事をしたのですが、よくよく聞いてみると別の研究室の助手ということで、とても驚いたのですが成り行きでそのまま就任することになりました。

そこは、阪大のレーザー核融合研究センターを設立された山中千代衛先生の教え子の佐々木孝友先生の研究室で、そこで本格的な結晶の研究と出会いました。レーザー核融合とは、レーザーの光を全周囲から当てて爆縮して、例えば重水素をヘリウムに変換するといった研究です。

レーザー光の圧力で材料を押すのですが、レーザー光の波長が短い方が強く押すことができ、そこでレーザーの波長を変換する結晶を作っていました。研究室にある大きい結晶はKDP (KH₂PO₄)というレーザーの波長を短くする結晶です(写真1)。KDPは、波長変換特性そのものはあまり良くないですが、液相で大きく作れるのが特徴です。



写真1: KDPの結晶

佐々木先生は「世の中で役に立たない研究をしても仕方がない」というポリシーをお持ちで、佐々木研究室では、KDPの研究の後には社会に貢献できるような結晶の開発を目指しておられました。佐々木先生は、有機や無機材料の結晶で波長変換して、青色の光を出す研究を行っておられましたが、その後、1991年

にII-VI族で緑色レーザーが発振した論文が出てきて、1993年に日亜化学がGaNでLEDを出したその時に、その分野では、波長変換による青色レーザーはもうないという感じでした。私が助手になった時には、「これからは波長変換で紫外線を出すのがおもしろい」ということで、酸化物の結晶を使って紫外線を出すという研究を開始しておられました。

私が助手になった時に、半導体混晶のアイデアで新材料探索を実施したところ、CLBO (CsLiB₆O₁₀)という新しい結晶が奇跡的に発見でき、さらにそのCLBO結晶は非常に良い特性を持っていたことから、大学の研究室としては初めてNEDOプロジェクトに採択されました。NEDOプロジェクトではCLBO結晶の高品質化がテーマでしたが、結晶成長中に対流を起こすというアイデアにより高品質化を達成したことで、実用化を実現しました。CLBO結晶が実用化できたことで周囲から想像以上に評価されたことが、研究成果を実用化する意義と大切さを実感し、結晶の研究がおもしろいと思いました。そこから次のワイドギャップ半導体の研究につながるわけです。

▶ ワイドギャップ半導体の研究を始められたきっかけと経緯についてお聞かせください

運のおかげもありましたが、一度大きい仕事をしてしまうと、次のテーマもインパクトのある研究にしないといけないというプレッシャーがでています。私はもともとダイヤモンド半導体を研究していましたので、半導体材料の研究をしたいと考えていました。例えば、大きなダイヤモンド結晶を液相から成長できたら凄いなとか、漠然と夢みたいなことを考えていたのですが、結局、これだというようなアイデアは浮かびませんでした。

そんな時、1997年のMRS (Materials Research Society)で懇意にさせていただいていた、今回ノーベル物理学賞を受賞され

た名古屋大学の天野浩先生にGaNのバルクに関しておもしろい講演があるからと誘われたのが、東北大学の山根先生のNaフラックス法の発表を聞ききっかけでした。Siと違いGaNは温度を上げると窒素が気化するので溶液になりません。窒素が飛ばないように1万気圧をかける必要があります。山根先生はそこにNaを入ると30~40気圧で結晶成長できると発表されました。そこで、簡単には出来ないワイドギャップ半導体が触媒を使えば液相で育成できるのはおもしろいと感じ、GaNのバルク結晶育成は研究テーマとしていけるかもしれないと考えました。CLBO結晶の研究がそれなりに成功していましたので、色々なことに挑戦できる余裕がありましたから、Naフラックス法によるGaNの液相成長を研究し始めました。

▶ ワイドギャップ半導体プロジェクトについてお聞かせください

Naフラックス法では、最初は小さい結晶しかできず、やはり液相成長は難しいのかと思いつながら、それでもめげずに5年ほど研究していました。そのような中で、1999年に徳島大学の酒井先生が昇華法でとても品質の良いGaN結晶ができた論文を出されました。気相でもこんな良い結晶ができるのかと、気相でのGaNの結晶成長も開始しました。その気相成長の研究が後で紹介するOVPE (Oxygen Vapor Phase Epitaxy)法につながってきます。

Naフラックス法というのは、世界で私たちのチームしか研究していません。理由は簡単で、みなさんNaが嫌いなのです。Naは爆発する危険性と半導体の中に入ると電気を通してしまいう性質のため嫌がられます。Naの中で液相成長させたら、結晶の中にNaが入るだろうというのが常識でした。私は余り気にしない性格なので、良い品質の結晶を作るために

まずやってみようと思って研究していました。結果的にNaは結晶の中に入りませんでしたので、みなさん驚かれました。でも後の祭り、現在では、私たちの研究は世界中がだれも追いつけないくらい圧倒的に進んでいます。

GaNウエハーを作る現在の主流技術はHVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy)法です。HClとGa金属を反応させて、サファイアの上に気相法でGaNを堆積させていきます。ですが、下地のサファイアとGaNは格子定数が違うため、結晶の品質があまりよくありません。また、1000℃の環境で反応させるのですが、サファイアとGaNは熱膨張係数も異なるため、常温になった時に反りが発生します。そのためバルクのような厚膜を積むことができません。

この反りを防いで、品質の良い結晶成長を実現するために小さい種をいくつか残しておいて、その上にNaフラックス法を用いて液相成長させてドッキングさせるというのが私たちの最新の研究です。液相はGaNの種の上には成長しませんが、欠陥の多い種の上でも品質の良い結晶ができます。特に小さい種だと品質がものすごく良くなります。それをいくつか成長させて結合させると、大口径化することができます。さらに、サファイア基板と接合する面積が小さいので、冷却中に容易に分離できます。このNaフラックス法で品質の良いφ2インチウエハーや、最近ではφ4インチウエハーも作ることができました。

原理的に種をいくらか増やせるので、φ6インチ、φ8インチと今まで不可能と思われていた大口径化が原理的に可能になります。

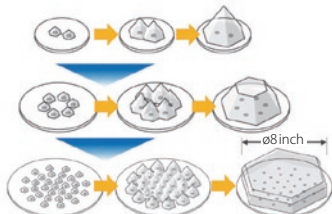


図1: Naフラックス法による大口径化のイメージ図

しかし、Siのようなバルク結晶を作るにはNaフラックス法だけでは問題があります。Naフラックス法は結晶を厚く成長させると、結晶成長速度が速いところはより速くなり、表面に凹凸ができてきます。その凹凸部分にNaの液体が入り込んでしまい、インクルージョンと呼ばれるNaの塊ができてしまいます。Naフラックス法はNa:Ga = 4:1くらいの比率でNaの方が多いため、育成条件をきちんと制御しないとインクルージョンが結晶中に含まれてしまいます。一方、Naフラックス法は薄い結晶の成長では問題がなく、世界で一番品質の良い結晶が得られるのだから、発想を変えて、この品質の良い結晶を種に使い、その種上に、最も適した方法でバルク結晶を育成できれば、全ての問題は解決できるのではと考えました。Naフラックス法だけではなく、全ての良いところ取りをしようと考えました。そこで、まずは技術の完成度という意味では一番進んでいるHVPE法でバルクGaN結晶を育成しようというプロジェクトを進めています。

▶ ワイドギャップ半導体プロジェクトの今後の展望についてお聞かせください

HVPE法の根本的な問題はHClを使うことです。Ga金属とHClからGaClを作ってウエハーに積んでいくのですが、その残渣としてNH₄Clができてしまいます。これが固形物で、排気口を詰まらせます。また、HVPE法は結晶の直径がどんどん小さくなって成長していきます。これでは、口径を維持するためには、少しの結晶成長で止めないといけません。これを防ぐためには、育成温度を上げないといけないのですが、ClがGaNをエッチングするため温度を上げられず、原理的に難しい問題です。

そこで私たちはGa₂O₃を使った気相成長法のOVPE法を提案しました。最初昇華法の原則に従い、GaNをGa+Nに還元してもう一度GaNにしようと考えました。水素とアンモニアを添加していたのでGaNはGaH₂になり、これを基板に当ててGaNを成長させていました。しかし、GaH₂の生成量が少なく成長速度が遅かったので実用化できませんでした。そこで、GaH₂ではなくGa₂Oはどうかと考えました。Ga₂Oを還元してNH₃を加えると、GaNとH₂Oになり、固形物や残渣が発生しないのです。HVPE法とは違い、Clによるエッチングがないため成長温度を1300℃程度まで上げられるようになりました。温度を上げると成長も錐状ではなく、柱状になるので、良いことばかりです。もちろんHCl用の除外設備などユーティリティも必要ありません。専門家は、Ga₂OでGaNを成長させるのは最も理にかなっているが、結晶に酸素が入り込むと考えていました。しかし、温度を上げると酸素の含有量が1.0×10¹⁷ atoms/cm³あたりで止まります。これには専門家のみなさんも驚かれました。そして今φ2インチウエハーで200 μm/hourと成長速度も速くなってきて、品質もよくなりました。将来はGaNウエハーの種はNaフラックス法、バルク成長はOVPE法、これが世界標準になってほしいし、そうなると思っています。

▶ サムコに期待されることについてお聞かせください

サムコさんは装置メーカーですから、良い装置を作ってくださいことを期待しています。大阿闍梨のお話で、「草履屋さんは良い草履を作ることが一番大事だ」とおっしゃられているのを聞いたことがあります。サムコさんは、既に良い装置を沢山作られていると思いますが、これからもさらに良い装置を作ること邁進していただければと思います。良い会社の存在は周囲を元気にしてくれますから、京都発で関西を元気にしていただければと思います。

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

19

桂離宮畔で130余年の時を刻み、古き良き時代の茶店の面影を色濃く残す御菓子司「中村軒」。初代が心を尽くして供した「かつら饅頭」は山陰街道を行き交う人々に愛でられ、やがて久邇宮家御用を拝命する名代の銘菓に…。



左：かつら饅頭 右：麦代餅

街道の往来客が舌鼓を打った名物饅頭

洛中の菓子屋で修業した初代中村由松が創業したのが明治16年(1883)。店は京都と丹波・丹後を結ぶ山陰街道に面しており、初代が丹精に仕上げた素朴さの中に深い味わいを秘めた「かつら饅頭」は忽ち街道を行き交う人々の間で評判になり、名代の饅頭になってゆきます。その美味を裏付けるように明治末期には西京極長福寺(久邇宮菩提寺)を通じて久邇宮家御用を拝命。その後、当宮家御用の標記のお墨付きも戴き、昭和天皇皇后両陛下が関西方面へ行幸の節には京都御所へ「かつら饅頭」を献上することとなります。「饅頭が旨かった…」というお褒めのお言葉をこの時に、お付の方より賜っています。

受賞歴も多彩で、平成10年(1998)には「かつら饅頭」と共に名高い「^{むぎてもち}麦代餅」が全国菓子大博覧会で栄誉無鑑査賞を受賞。この餅の名は店を構えて間もない頃から近隣の農家の麦刈りや田植えの現場に間食として届け、農繁期を終えてから代金として麦と交換したことに由来します。ちなみに、麦代餅2個につき約五合の割合だったとか。さらに、同大会では「りきゅう饅頭」も「裏千家御家元賞」を同時受賞しました。

また、平成12年(2000)には「現代の名工」(労働大臣表彰)にも選ばれ、食品・施設の衛生に対しても厚生大臣や京都市長、日本食品衛生協会会長から表彰されています。

永くご最良のお客様に心和む一時を

素材は厳選した北海道産の小豆、備中産の白小豆、沖縄産の最高級黒糖などを用いています。妥協を排したこだわりは製法でも垣間見ることができます。たとえば、粒餡は

昔ながらのおくどさん(かまど)を使い、上木(くぬぎの割り木)を燃やして丹念に炊き上げます。「素材はすべて徹底的に試した結果、これらが一番と、確信しています。おくどさんのレンガや土の余熱が最上の餡を生み出す秘訣です。鍋も熱伝導に優れ、小豆の中心まで熱が入り易い銅製を使用。上木を用いるのも他の木に比べて燃えている時の中間温度が最も長く、餡を炊くのに最適だからです」と、やがて5代目を担うことになる中村亮太さんは語ります。

古き良き時代の茶店の面影を色濃く残す店構えに、130余年の歴史が映える中村軒。心安らぐ店内の囲炉裏も桂大橋改修の時の廃材とか。店の奥行は深く、のびやかな雰囲気の中で、好みの甘味を心ゆくまで賞味できます。季節限定の美味の多彩さも、永くご最良を賜っている方々に四季を通じて和みの時を楽しんでいただくための心配り。何よりもお店を育ててくれたお客様を大切にしたい。それが「中村軒」の変わらぬ信条です。



■ 御菓子司 中村軒

京都市西京区桂浅原町61 TEL 075-381-2650

営業時間 7:30~18:00/茶店 9:30~18:00
(茶店のラストオーダー 17:45)

定休日 毎週水曜(祝日は営業)



多種多様な材料のプラズマダイシング

—メタル、樹脂付Siウエハーから化合物半導体まで—

【サムコ(株) 開発部】

現在、ダイシング工程で広く用いられているブレードダイシングは、加工時のブレードによる衝撃や応力によってチップングやクラックが発生する。また、チップサイズが微小化するに従い、切削するラインが増え、スループットが低下する。そこで当社は、ボッシュプロセス対応のDRIE装置『RIE-800iPBC』によるプラズマダイシングを提案している。プラズマを用いることで、チップサイズに依存しないダイシングが可能となる。さらに、円形のチップや、メタル、樹脂付のSiウエハーから化合物半導体まで幅広い用途での使用が可能である。

■プラズマダイシングの利点

Siウエハーのプラズマダイシングは、F系ガスによる化学的エッチングであるため、ブレードダイシングのように機械的な接触がなく、チップングやクラックが発生しない。また、ブレードダイシングは連続的にウエハーを切削していくため、チップサイズが微小化し切削するラインが長くなると、その分ダイシング時間が長くなる。プラズマダイシングはウエハーを一括で加工するため、プロセス時間がウエハーサイズやチップサイズに影響されない(図1)。これは、円形のチップの加工や $500\mu\text{m}$ 角以下の極小チップの加工などに適している。

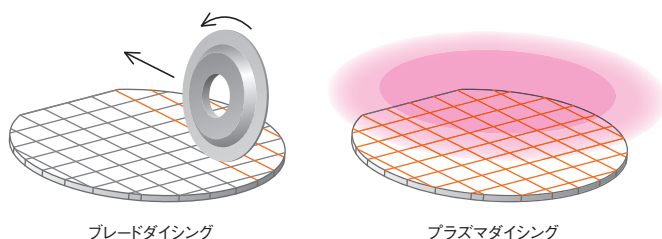


図1 プレードダイシングとプラズマダイシングの比較
※プラズマダイシングはウエハーを一括で加工する。

ただし、プラズマダイシングには、DRIE装置以外にレジスト塗布、露光、現像装置も必要で、工程数は増加する。

■サムコの技術

ボッシュプロセス対応のDRIE装置『RIE-800iPBC』は、Siの深掘加工に特化した生産用エッチング装置である。 $40\mu\text{m}/\text{min}$ 以上の高速加工や高アスペクト比加工が可能で、幅の狭い、垂直なトレンチ形状の加工に最適なプロセスを提供できる。エッチングレートは開口率とアスペクト比に依存する(図2、図3)。例えば、 $\phi 8$ インチウエハーでスクライブ開口率30%、スクライブ幅 $30\mu\text{m}$ 、ウエハー厚 $150\mu\text{m}$ であれば、約 $16\mu\text{m}/\text{min}$ のエッチングレートが得られ、1枚当たり10分程度でダイシングできる。当社は、ダイシング前後の工程を含めた独自のプラズマダイシングを提案しており、ウエハーの支持体も含めて研究している。

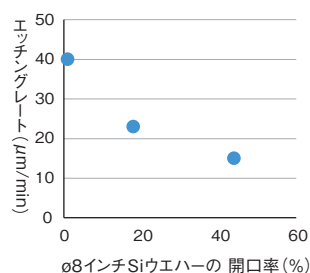


図2 開口率とエッチングレート
(アスペクト比1)

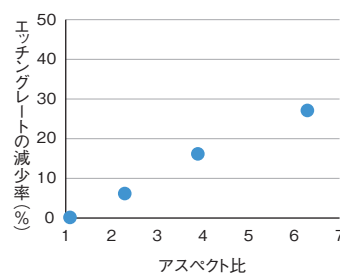


図3 アスペクト比とレートの減少率
(アスペクト比1)

■多種多様な材料の加工が可能

当社は、メタルや樹脂の付いたSiウエハーのプラズマダイシングやGaN on SiウエハーのGaNとSiをF系ガスで連続して加工するプロセスも研究している。ブレードダイシングでメタル付Siウエハーをダイシングする場合、ブレードがメタルで目詰まりしやすくなる。プラズマダイシングは非接触加工であるため、目詰まりは起きない。ただし、1台の装置で異なる材料を加工する場合、チャンバーのクリーニングや部材交換の必要が生じるため、材料ごとに専用の装置で加工の方がコストを抑えられる場合がある。

また、Cl系ガス対応の構成により、GaAsのプラズマダイシングの経験もあり⁽¹⁾、多種多様な材料の加工が可能である。

■おわりに

当社は、それぞれのお客様のニーズを捉え、最適なソリューションを提案している。プラズマダイシングにご興味がある方は、ぜひ一度ご相談ください。

参考文献

(1)「SAMCO NOW」2012.OCT. Vol.79