samco NOW

2019.Apr. Quarterly VOL.105

Information 2
- 読売テレビ『BEAT ～時代の鼓動～』が設立40周年を迎えた当社を紹介
- SEMICON China 2019報告
- SEMICON Southeast Asia 2019 出展のお知らせ

Samco-Interview 3
情報通信研究機構 未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室 上席研究員 大友 明 先生

À la carte 京の銘菓・老舗17 京菓子 笹屋昌園 5

Technical-Report 6
パワーデバイス用GaNのトレンチ加工

御蔭祭［下鴨神社］（写真は赤の宮神社での舞楽奉納）5月12日／撮影 ⓒ 中田 昭

読売テレビ『BEAT～時代の鼓動～』が設立40周年を迎えた当社を紹介

さまざまな関西のオンリーワン企業を紹介している読売テレビ『BEAT ～時代の鼓動～』の2019年3月2日の放送で、1979年の設立から40周年を迎えた当社が紹介されました。

下記アドレスの番組ホームページに掲載されておりますので、ぜひご覧ください。

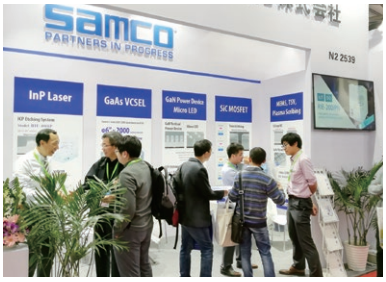
読売テレビ『BEAT ～時代の鼓動～』http://www.ytv.co.jp/beat/

番組の
エンディング

SEMICON China 2019報告

去る3月20日から22日までの3日間、上海新国際博覧中心(SNIEC)において半導体サプライチェーンの展示会『SEMICON China 2019』が開催されました。来場者は7万人を超え、今や世界最大の半導体関連のイベントとなっています。

当社は出展小間数を拡大し、新製品の次世代ICPエッチング装置『RIE-200iPN』や、ALD装置、プラズマCVD装置、ドライ洗浄装置を紹介しました。アプリケーションでは、生産量が増加し市場が拡大しているSiCパワーデバイスやGaAs VCSEL向けの最新のソリューションとともに、GaNの縦型パワーデバイスやマイクロLEDなど次世代デバイス向けのプロセスを紹介しました。また、国内外で大きな反響を得ているプラズマクリーナー『AQ-2000』による異種材料接合技術のフレキシブルデバイスへの応用を提案しました。



SEMICON China 2019 当社ブース

SEMICON Southeast Asia 2019 出展のお知らせ

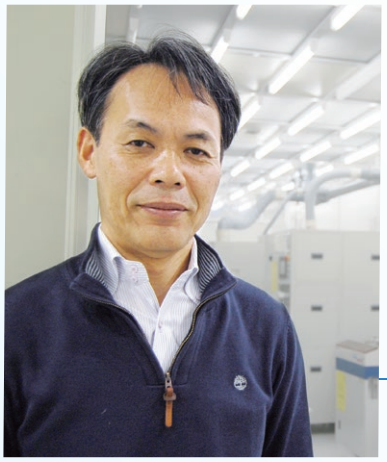
会　　期	2019年5月7日(火)～9日(木)
会　　場	The Malaysia International Trade and Exhibition Centre (MITEC), Kuala Lumpur, Malaysia
ブースNo.	515

来る5月7日から9日までの3日間、『SEMICON Southeast Asia 2019』が"THINK SMART MAKE SMART"をテーマにマレーシアのクアラルンプールで開催されます。

当社は、2016年8月にマレーシア事務所を開設し、東南アジアの市場開拓を積極的に進めており、本展示会へも毎年出展しております。今回は新製品のICPエッチング装置『RIE-200iPN』をはじめとする製品や最新の技術データを紹介する予定です。

表紙写真 ● 春の葵祭に神霊を迎える神事『御蔭祭(みかげまつり)』(下鴨神社) 5月12日

京都三大祭の春(5月15日)といえば、葵祭。その神霊を迎える神事『御蔭祭』が執り行われる。百数十名の葵と桂の葉をかざした神職や奉仕者と神馬の行列が下鴨神社から御蔭神社に向かい「荒魂(あらみたま)の神遷し」を執り行うのである。御蔭神社での儀式は、神聖な故に見学は許されないものの、国内最古といわれる神幸列は高野に有る「赤の宮神社」を経由して下鴨神社まで巡行する。その「赤の宮神社」で舞楽「還城楽(げんじょうらく)」を奉納し、下鴨神社での切芝神事では「東游(あずまあそび)」を奉納。京の春は神聖で穏やかな風物詩を楽しませてくれる。



プロフィール

1962年　生まれ

学　歴　1984年　東北大学 工学部 応用物理学科 卒業

1995年　セントラルフロリダ大学 大学院 工学系研究科　光科学工学 Ph. D.

受賞歴　2006年　ICNME 2006 Outstanding Poster Presentation Award

2018年　映像情報メディア未来賞 フロンティア賞

職歴　1984年　昭和電工株式会社 精密機器研究所　研究員

1987年　東京大学 工学部　受託研究員

1988年　昭和電工株式会社 総合技術研究所　研究員

1990年　セントラルフロリダ大学 電気光学・レーザ研究所(CREOL)　客員研究員

1992年　セントラルフロリダ大学 電気光学・レーザ研究所(CREOL)　博士課程研究員

1996年　郵政省通信総合研究所（現 情報通信研究機構）主任研究員

2008年　東京工業大学 理工学研究科　連携教授（兼務）2014年まで

2011年　情報通信研究機構 未来ICT研究所 ナノICT研究室　室長

情報通信研究機構　未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室　上席研究員 大友（おおとも） 明（あきら） 先生

今回のSamco-Interviewは、情報通信研究機構の未来ICT研究所を訪ね、フロンティア創造総合研究室上席研究員の大友明先生に電気光学ポリマーのご研究についてお話を伺いました。

▶ 大友先生のご研究についてご紹介ください。

我々の研究を一言で表すと有機材料と無機材料を組み合わせた高性能光通信デバイスの開発になります。有機材料の通信に係る特徴は光制御機能が非常に優れているということです。ただ、有機材料は屈折率が低いため光を集中させることには向いておらず、そのためデバイスの小型化にはあまり向いておりません。昨今のデバイスでは小型化、集積化が重要であり、有機材料だけでは小型化に対応しにくいため、高屈折率の無機材料であるシリコン（Si）を有機材料と組み合わせることでデバイスの小型化を図ろうとしております。また、これらの有機材料の中で光制御機能を有するのが有機電気光学（Electro-Optic：EO）ポリマーです。電圧をかけると屈折率が変化するEO効果を利用し、屈折率を変えると光が進むスピードが変わるため位相をコントロールできます。光デバイスでも発光デバイスの有機ELや受光デバイスのフォトダイオードはカテゴリーとしては電子デバイスになります。光と物質との相互作用の中で、主に自由に動き回る電子と相互作用するのが発光や受光デバイスです。我々が研究しているのは分子という籠の中に入った束縛された電子との相互作用であり、それが純粋な光の材料になります。光通信の分野では、EO効果などを使うことで電気信号を光信号に変換して送りますが、それは光のオン・オフであったり、最近では位相を電気信号で変調し、コード化した信号として遠くに伝えます。その光信号に変換するデバイスである光変調器に使おうとしております。

有機材料には高周波で変調する際の誘電率が低く高速化できるということと屈折率を変化させる効率が高いという二つの利点があり、それらに着目し、材料からデバイス開発まで少し広い範囲で取り組んでおります。現在、材料はかなり優れたものができてきたというステージにあります。多くの種類のデバイス開発に取り組んでおりますが、主要なものは三つあります。

まず一つ目は光インターコネクト用の小型で超高速の光変調器の開発です。これは企業と一緒に取り組んでおり、科学技術振興機構（JST）の研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）に採択されました。2年半かけて行う実用化に向けた検証を昨年10月にスタートさせました。クラウドサービスやAI、IoTの進展により取り扱われる情報量が爆発的に増え、それに向けたビジネスや産業も起きていますが、データ通信の速度がボトルネックとなっております。超高速の光変調器がそのキーデバイスであり、その開発を行っております。Siだけでこのデバイスを作る場合、屈折率を変えるためには電流を流さなければならず、消費電力が高くなります。有機材料とSiを組み合わせたデバイスでは、その必要がないため消費電力が1/10から1/100くらいに減ると我々は見積もっており、高速化と低消費電力化を実現させるため進めております。ここで必要となるSi導波路の加工にサムコさんのICPエッチング装置を使っております。Siフォトニクスに用いるSOI基板のSi活性層は標準で厚さ約220nmですが、そこに幅100nm、アスペクト比2くらいの細い溝を長さ約1mm掘ります。その非常に微細な加工にサムコさんのICPエッチング装置を使用しております。

二つ目のデバイスは光フェーズドアレイです。フェーズドアレイは追尾レーダーや気象レーダーなど電波の領域ではよく使われており、電波の位相を変えることでビームを制御します。光をフォーカスする際にはレンズの位置を変えたり、走査する際はミラーに当てて振るといった機械的動作が取られますが、光フェーズドアレイの場合は光の位相を電圧で制御することで光を操作します。光を走査するデバイスは、自動運転で注目されているLiDAR（光検出と測距）に必要です。現状の光走査デバイスは光を機械的に制御するためかなり大きくなり、特に自動車の場合は振動があるため長期的な信頼性の問題があります。しかし、自動運転の開発を早く進めるため各社はミラーを使ったもので何とか実用化しようとしております。我々は将来的にコンパクトで機械的な機構のないものにするために光フェーズドアレイの開発に取り組んでおります。基本的には我々が開発してきた光変調器そのものを複数並べたような構造になっております。光フェーズドアレイでは各チャンネルの間をなるべく狭くしたいのですが、そのためには光導波路の光を伝搬する箇所をなるべく狭くしないといけません。今までの光変調器では広くてもよかったためEOポリマーの加工はあまり行ってきませんでした。今までは下のクラッド層のガラスの部分を掘り込み、そこに塗って作りましたが、横方向をあまり狭くできないため、ポリマーそのものを加工する必要性が出てきました。そこでサムコさんのRIE装置を使っております。台形になると光が横方向に漏れてしまうので、きれいな矩形に加工することが必要ですが、ガスの種類と分圧を調整することで垂直にエッチングすることができ、実際にデバイスを試作しております。これはNHK技研さんとの共同研究で進めております。

三つ目のデバイスとしては、テラヘルツ波の発生と検出があります。EOポリマーを使う利点としては、高効率のテラヘルツ波の発生、検出、変換が可能であることや広帯域にでき、テラヘルツ帯での吸収が非常に小さいということです。テラヘルツ帯では分子の回転や結晶の格子振動がテラヘルツ波での吸収になります。その部分がポリマーではかなりブロードだという利点があります。光の差周波を使って、光とEOポリマーとの相互作用でテラヘルツ波に変換しますが、光を導波路で長距離伝搬させることができると、その相互作用の長さを稼ぐことができ、さらに高効率化できます。しかし、光導波路のクラッドという屈折率の低い部分のテラヘルツ波の吸収が低い材料がなかなかないという問題があります。低い材料としてはシクロオレフィンポリマー（COP）というものがあり、それを酸素プラズマで叩いて酸化させ、活性化させてEOポリマーを貼ります。その目的で導入したのではありませんが、ここでもサムコさんのRIE装置を使っております。そのようにして導波路を作ることができ、テラヘルツ波の発生に成功し、今後はさらにその効率を高めていこうとしております。有機材料の特徴が認められ、さまざまな企業や大学と共同研究を進めております。現在は我々自身がメインとなってデバイス作製までを行っておりますが、開発したプロセス技術を移転して一緒に作り上げようというスキームで研究を進めております。

▶ 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。

もともと私は大学で応用物理系の研究をしており、卒業後、化学会社で医療機器であるレーザを使った細胞の分析装置の開発に従事しました。残念ながら1987年にそのプロジェクトが終了し、研究課題を模索していた時期に有機非線形光学が非常に話題になっておりました。有機ELも話題になっておりましたが、そちらは別の研究員が既に取りかかっていましたので、私は化学会社である会社のメリットを考えて有機非線形光学に決めました。当時、会社に派遣での留学制度があり、運よくその試験に合格し、この分野の著名な先生のもとで研究を始めることができました。非線形光学には2次と3次があり、3次の方が注目されておりましたが、経緯があって2次の材料であるEOポリマーを使ったデバイスの研究をそこで始めました。そこで学位も取り、その後、縁あって通信総合研究所（現 情報通信研究機構）に就職しました。サムコさんの1台目のRIE装置はこちらで研究を始めてすぐに導入しました。その頃は長距離の通信用と考えておりましたが、短距離でも容量を増やさなければならず、高速化が必要になってきました。しかし、長距離では多重化が複雑に進行し、それほど高速化しなくても何とか伸びてまいりました。ただ、長距離のデバイスは大きくても構いませんが、短距離はまた別で小さくしなければならず、そちらの方にどんどんシフトしてまいりました。

▶EOポリマーのご研究の展望についてお聞かせください。

EO効果が高いデバイスを作り、それと同時に実用化に向けて課題をクリアしていかなければいけません。我々は大学と違って将来的に産業応用への橋渡しというミッションがあります。まず、耐熱性の問題に取り組み、実際に使用する温度での耐熱性や長期安定性は十分に実用に耐えるものができました。もう一つの実用化での大きな問題は光に対する耐性です。一般的に光デバイスはレーザでもLEDでも主に酸素や水分子との反応で表面が壊れてしまうため、封止されております。ポリマーは一見固体に見えますが、実際には紐が絡まった状態であるため隙間があり、その隙間を酸素や水分子が奥まで入り込んで壊れてしまいます。現在、その封止技術の開発を進めており、先ほどのJSTのA-STEPの課題でもありますが、実用に耐え得る年数にはどの程度のレベルまで対策を取ればよいかという見極めをまず行っております。その上で量産化に向いた封止技術を開発すれば、あとは大きな問題はほとんどないかと思っております。耐熱性の場合は比較的加速試験が簡単にできますが、光の劣化の場合は加速試験が非常に難しく、光を強くすると非線形光学効果でリニアではなくなるという性質が出てしまいます。そこのメカニズムをしっかり解き明かした上で加速試験をしなければならないため、もう少し時間がかかるかと思います。

▶ フロンティア創造総合研究室についてご紹介ください。

我々は『研究室』と呼んでおりますが、一般的な『研究室』というより、規模・単位はかなり大きな枠組みとなっております。『研究室』には博士号を持っている研究員が51人、それを支える技術員が18人在籍しており、かなり大所帯です。全体で動くことは基本的には難しいため小金井に3、神戸に7の計10のプロジェクトに分かれ、プロジェクト単位でそれぞれの研究目標、計画を立てて進めております。プロジェクトは学問での縦割りではなく、各々ミックスした方が新しいものが生まれやすいだろうというコンセプトでこのような組織体制になっております。テラヘルツの発生、検出の場合では、我々は有機材料、小金井のグループは無機材料で融合するため定期的にミーティングを行い、進めているといった状況です。

▶ 日頃のご研究において心がけておられることはどのようなことでしょうか？

我々は理論よりも実験を主体とした研究を行っております。実験ですから予測通りの結果が出る場合、出ない場合があります。特に予測通りや予測以上の結果が出た場合の実験手法が本当に正しかったかという検証が重要だと思っております。昨今では論文誌が乱立し、クオリティーが低いと思われる論文も出版されております。却ってそれに踊らされて時間が無駄になるような研究を追従して行わないよう、論文も基本的には鵜呑みにしません。我々のEO材料においてもEO係数が重要であり、中には海外で非常に大きな値のEO係数が発表されていることもあります。しかし、EO係数の測定方法は誤差が非常に大きく、理論計算でその誤差を取り除いたといっておりますが、基本的に計算では無理と考えています。光の干渉効果が原因のためスペクトルを取れば正確に計算はできますが、測定が一点だけであるがゆえ、一点だけを計算しても正しいEO係数として捉えることは不可能と考えています。我々はその誤差ができるだけ小さくなる測定方法を自ら開発しており、そういった実験結果を見極めるということがあります。

▶ 弊社の装置を多数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。

まず、非常に使いやすいということです。ポリマー導波路を作るため最初にRIE装置を導入しました。私も加工に関して最初は素人でしたが、安全性もかなり考慮されており、きちんと使えて結果を出すことができました。あとからガス系を追加し、現在はガスを何種類か使っており、サムコさんには非常にフレキシブルに対応していただいております。

現在保有している装置は、RIE装置のほかSi導波路の作製に使っているICPエッチング装置、マスク材のシリコン酸化膜（SiO_2）形成のCVD装置、基板の表面改質のUVオゾン洗浄装置などがあり、どの装置もフル稼働しております。

▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

生産用途の装置だけでなく、研究用途の小型でオプションがあとから加えられるようなフレキシビリティのある装置を引き続き開発、提供していただければ大変ありがたいです。

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。

京の銘菓・老舗 17

選び抜いた極上の材料、手間暇を惜しまぬ手仕事、安心・安全への心配り。初代の真摯な姿勢を受け継ぐ笹屋昌園のモットーは「誠実職人主義」。そのこだわりに満ちた京菓子への熱き想いをお聞きしました。

極み

庭の石

白いわらび

禅の心を象徴する枯山水の庭で世界的に名高い古刹、龍安寺にほど近い地に店を構える笹屋昌園。初代・中西喜三郎氏は笹屋伊織で12年に及ぶ修業を経て、大正7（1918）に祇園の建仁寺町で暖簾を掲げます。その後、昭和3（1928）年に京菓子作りに最もふさわしい山紫水明の地を求めて現在地に移ります。以来、天龍寺や等持院の御用達を賜わり、龍安寺などにも銘菓を納めています。その時期に初代は90年後の今も人気で、枯山水をモチーフにした『庭の石』を創作し、人を博します。

「店主は和菓子屋であるよりも和菓子職人であるべき」という初代の真摯な姿勢を受け継ぐ笹屋昌園のモットーは「誠実職人主義」。素材は南九州産の最高級「本わらび粉」、葛は吉野の最高ブランド「森野」、餡は丹波地方で収穫の「丹波大納言小豆」や岡山県産の「備中白小豆」を厳選。更に「手作り」にこだわり続けています。たとえば、本わらび餅『極み』は京菓子職人による「本練」です。それは、機械では生み出せない極上の風味が得られるからで、餡も完全自家製です。粒餡は手洗い後、伝導性の良い銅鍋で3日間、こし餡は2日間かけて炊き上げます。

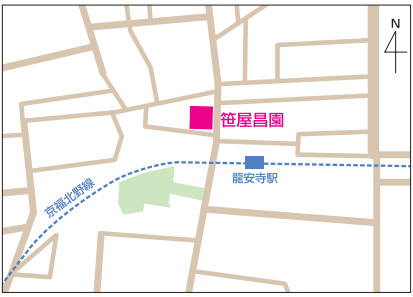
「このように全てが自社製のため、品質表示欄が販売者でなく、製造者となっているわけです」と白杉店長は妥協のない指針を語ります。また、京菓子は色味も重視されますが、笹屋昌園ではあくまでも安心・安全を最重視しています。

初代が作り出した代表菓子の『庭の石』に続いて、2代目の中西昭三郎氏が考案した『微笑餅』があります。これは妙心寺の故事から銘を得た名品で、昭和43（1968）年に開催された第17回全国菓子博覧会で受賞しています。きな粉をたっぷりまぶし、きびと黒ゴマ、蜂蜜を練り込んだ求肥のお餅です。そして現在、最も人気を博している『極み』は、4代目の中西章斗氏の手による究極の本わらび餅といえます。楽天市場ランキング（スイーツ・和菓子・わらび餅部門）で通算353回も1位を獲得している極上品です。

最近では、新ブランド『凛旬菓』も、旬の粒よりの果物を使った新感覚のわらび餅として女性を中心に圧倒的な支持を得る他、新時代へ向け伝統から革新への様々な展開を予定されています。

京菓子 笹屋昌園

京都市右京区谷口園町3-11
TEL 075-461-0338
営業時間 10:00〜18:00
定 休 日 火曜日



パワーデバイス用GaNのトレンチ加工

【サムコ(株) 開発部】

■はじめに

GaN系半導体はその物性から4H-SiC、β-Ga_2O_3等と並びパワーデバイス材料として期待されている。現状、GaN基板は高価なことから、SiC基板、サファイア基板、Si基板上にデバイス構造をエピタキシャル成長させたプレーナー型のデバイス、例えばHEMT、MOSFETが開発され、既に中電力、高周波用途として実用化に至っている。最近ではNaフラックス法、HVPE法等の基板形成技術の発展に伴いGaN基板を用いた研究発表も盛んになってきている。今後数年以内に高耐圧、低ON抵抗、高チャネル移動度を兼ね備えたトレンチMOSFETが実現すると予測している。図1.にトレンチMOSFETの例を示す。

弊社は半導体製造装置メーカーとして、GaN系発光デバイス製造におけるICPエッチング装置、CVD装置及びプロセス技術を提供してきた実績がある。また、4H-SiCパワーデバイスに対してもトレンチ加工、メサ加工等に対応できる装置を提供している。

今回、これまでの加工実績をベースにGaNのトレンチ加工を行ったので紹介する。

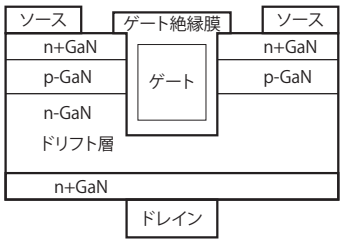


図1. トレンチMOSFETの模式図

■GaNのトレンチ加工

数μmのGaNトレンチエッチングの結果を図2.に示す。サファイア基板上にGaNをエピタキシャル成長させた試料を用い、ICPエッチング装置はサムコ製RIE-400iPを使用した。図2.の写真に示すように、トレンチ部は垂直形状であり、底部は凹型(ラウンド)形状となっている。また、順テーパー形状についても研究開発を進めており、これらの形状はRIE-400iPのエッチング条件調整により制御している。

このように当社が開発してきたGaN系発光デバイスのエッチング技術を応用することでトレンチ加工は可能であるが、トレンチ加工においてエッチング面の平坦性を得るためには、GaNの結晶欠陥に特に注意しなければならない。サファイア基板上にヘテロエピタキシャル成長させたGaNエピ層は製品によって異なるが、その結晶欠陥密度は10^7～10^8/cm^2程度と報告されている[1)]。図3.に結晶欠陥を起点として生じるエッチング底面の例を示す。弊社ではプロセス技術により図2.で示したような平滑なエッチング形状を実現しているが、エピ層から結晶欠陥が減少すれば加工形状、エッチングレート等のプロセスウインドウを広げることができる。

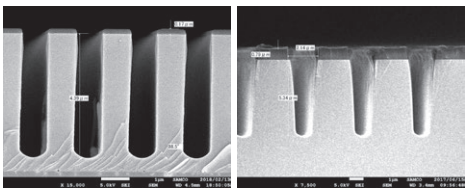


図2. サファイア基板にエピタキシャル成長させたGaNのトレンチエッチング

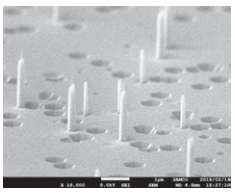


図3. 結晶欠陥が生じた表面のSEM像

また、結晶欠陥の存在はエッチングだけでなく、リーク電流、耐圧、信頼性等のデバイス性能にも影響する[2)]。デバイス性能を向上させるため、及びそれを実現させるためのプロセス技術、プロセスウインドウの両面から見て、ヘテロエピタキシャル成長における結晶性の向上は不可欠であり、最終的にはGaN基板上に良質な結晶をエピタキシャル成長させることになる(GaN on GaN)。

GaN on GaNは近年技術開発が進められている[3)]が、基板が高価であり技術革新が求められている。今回そのφ4"GaN on GaNをエッチングした結果を報告する。図4.にGaN on GaNトレンチエッチングのSEM像を示す。垂直形状で底部はやや凹型の平坦であり、エッチングレート:500nm/min、ウエハ面内均一性±4%以下であった(表1.)。ゲートが形成されるトレンチ部に求められる形状は、壁面の垂直性及び平滑性と、底面のラウンド形状が挙げられるが、これらはチャネル移動度、ゲート電流及び耐圧特性に関係する。弊社では今後もより実用性を高めたエッチング形状を開発する予定である。また、トレンチ加工後にKOH、TMAH等のアルカリ水溶液による平滑化処理を行うことも有効と考えている。

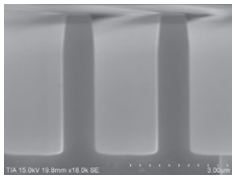


図4. GaN on GaNトレンチエッチング

表1. エッチング結果

	エッチングレート	面内均一性
φ4"GaN on GaN	500nm/min	±4%

■最後に

弊社は、GaN-LEDの開発初期段階より長年取り組んできたGaN系半導体のエッチング技術の蓄積があり、多くのお客様のさまざまなニーズに応えてGaN-HEMTのリセスエッチングやGaN/AlGaNの高選択比エッチングを提供してきた。今回はGaNトレンチエッチングについても良好な成果を得た。今後もプロセスを改善してGaNトレンチMOSの実用化に役立つプロセスを開発していく予定である。また、エッチングだけでなくゲート酸化膜形成を目的としたALD、CVDや、メタルCVDの開発も進めており、GaN系パワーデバイス向けのトータルソリューションを提供していく。

■謝辞

本報告の写真を掲載するにあたり、提供頂いた産業技術総合研究所に感謝の意を表します。

■参考文献

1) サファイア基板上GaNの成長に関する研究、極微構造デバイス研究センター報告書、5巻1-112、名古屋工業大学極微構造デバイス研究センター
2) 天野浩:短波長可視・紫外発光デバイス開発と半導体ヘテロエピタキシー、71,1329、応用物理
3) 皿山正二:真のバルクGaN単結晶の必要性と研究開発動向、Science & Technology Trends、科学技術動向研究

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/