

広告 企画・制作 (株)読売鹿島島島廣告社

# 次世代オプトエレクトロニクスの実用化を目指して 革新的な結晶成長と基板加工プロセスの構築



長岡技術科学大学  
機械創造工学専攻 准教授  
會田 英雄氏に聞く

半導体デバイスは今や産業・社会に欠かせない存在となっている。その材料にはこれまでSi(シリコン)が主流だったが、パワーエレクトロニクスを支えているパワーデバイスには高電圧・大電流が求められ、Siでは限界に近づきつつある。そこで、期待されているのが次世代を担う単結晶材料だ。中でも特異的な性能を有するダイヤモンドは究極の半導体として注目されている。その実用化に向けて、「結晶加工」と「結晶成長」を柱に研究している、長岡技術科学大学機械創造工学専攻准教授の會田英雄氏に話を聞いた。



図1 各種結晶材料  
(左上:SiC基板、右上:サファイア基板、下:ダイヤモンド)

■結晶工学研究室において、會田先生はどのような研究をされているのですか。  
私の研究室では、「次世代のオプトエレクトロニクス」をキーワードに、その材料となる次世代結晶材料の「結晶加工」と「結晶成長」について研究しています。具体的には、「サファイア」や「ダイヤモンド」、「SiC(炭化ケイ素)」、「GaN(窒化ガリウム)」、「AlN(窒化アルミニウム)」などの単結晶材料を取り扱っています(図1)。  
これらは光デバイスやパワーデバイスなどへの応用で脚光を浴びています。例えば、省エネの照明として利用されている白色LEDにはサファイア基板の上に成膜されたGaN薄膜が使われます。ブルーレイディスクプレイヤーのレーザー光源にGaN基板が使用されます。また、最近ではAlN基板も重要性を増しています。AlN基板には紫外線LEDデバイスを作ることが可能です。紫外線は新型コロナウイルスへの高い殺菌効果を発揮することから、多くの方の関心を集めています。

■研究の柱の一つである「結晶加工」について聞かせてください。  
結晶をデバイス製造に使用するには、結晶材料を基板へと加工する超精密加工技術が必要です。結晶基板加工は粗加工からスタートし、いくつもの工程を経て仕上げられていきます。最終仕上げではCMP(化学機械研磨)加工を行い、結晶表面をダメージのない原子レベル平坦面無しの状態に仕上げます。次世代半導体結晶材料は、いずれも硬度が高く、しかも熱的・化学的にも安定であるため、難加工材料と呼ばれ、難加工材料が著しく困難です。そこで、当研究室では「革新的なCMP技術の開発」と「総合的な基板加工プロセスの構築」の二つのアプローチを推進しています。  
【革新的なCMP(化学機械研磨)技術の開発】  
先に述べた通り、次世代結晶は難加工材料です。中でも最終仕上げに用いられるCMP加工は特に困難を極めています。これを打開

■「結晶成長」についてはいかがですか。  
結晶成長に関する研究はダイヤモンドに焦点を絞り、プラズマCVD(化学気相成長)によるテトラヒドケイシランダイヤモンド成長技術の開発に取り組んでいます。ダイヤモンドプラズマCVD法は、原料ガス(メタン)と水素を混合してプラズマ中にダイヤモンドを成長させる技術です(図4)。この時入手可能な何らかの大口から取り組んでいくこともあり、私としては思い入れの深い研究テーマの一つです。大学卒業後に就職した民間企業でも、幸いながらダイヤモンド結晶成長の研究開発を立ち上げる機会を得ました。その時に私が参考、実証した技術に「マイクロドール成長法」があります。テトラヒドケイシラン成長法において発生する成長ストレスを、ダイヤモンド製の微細ドール構造によって緩和することを基本とする技術です。ダイヤモンド大型化のための画期的アプローチとして関係業界から注目を浴びる大変大きな成果となりました。



図4 プラズマCVDによるダイヤモンド成長の様子

余談ですが私の退職後もこれらのダイヤモンド成長技術は大切に引き継がれていくと思います。当時のスタッフが地道な作業を積み重ね、着実に技術進歩に繋がっています。ダイヤモンドの大型化に関する明るいニュースは大変嬉しい限りです。  
長岡技術科学大学に籍を移した現在、新たな研究チーム(株)アスカの大島龍司博士、当研究室の各員准教授を兼任、青山学院大学の澤邊厚仁教授、木村豊助教授と協働し、新しい切り口で開発を進めています。先ほど述べたようにテトラヒドケイシランダイヤモンドの大型化は、すでに一定の成果を上げてきたわけですが、結晶をただ大きくするだけでは実用化はできません。現在のキーワードは「大型化と高品質化の両立」です。テトラヒドケイシランダイヤモンドの成長ストレスを大幅に発生を、ダイヤモンド成長中にリアルタイム観察する技術を世界に先駆けて導入し、成長メカニズムの解明に取

## 結晶成長 ダイヤモンドの大型化・高品質化を図る

から取り組んでいくこともあり、私としては思い入れの深い研究テーマの一つです。大学卒業後に就職した民間企業でも、幸いながらダイヤモンド結晶成長の研究開発を立ち上げる機会を得ました。その時に私が参考、実証した技術に「マイクロドール成長法」があります。テトラヒドケイシラン成長法において発生する成長ストレスを、ダイヤモンド製の微細ドール構造によって緩和することを基本とする技術です。ダイヤモンド大型化のための画期的アプローチとして関係業界から注目を浴びる大変大きな成果となりました。

## 結晶加工 「革新的なCMP技術の開発」と「総合的な基板加工プロセスの構築」

■研究の柱の一つである「結晶加工」について聞かせてください。  
結晶をデバイス製造に使用するには、結晶材料を基板へと加工する超精密加工技術が必要です。結晶基板加工は粗加工からスタートし、いくつもの工程を経て仕上げられていきます。最終仕上げではCMP(化学機械研磨)加工を行い、結晶表面をダメージのない原子レベル平坦面無しの状態に仕上げます。次世代半導体結晶材料は、いずれも硬度が高く、しかも熱的・化学的にも安定であるため、難加工材料と呼ばれ、難加工材料が著しく困難です。そこで、当研究室では「革新的なCMP技術の開発」と「総合的な基板加工プロセスの構築」の二つのアプローチを推進しています。  
【革新的なCMP(化学機械研磨)技術の開発】  
先に述べた通り、次世代結晶は難加工材料です。中でも最終仕上げに用いられるCMP加工は特に困難を極めています。これを打開

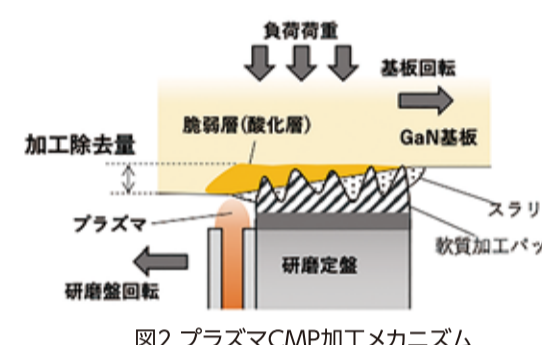


図2 プラズマCMP加工メカニズム



図3 実用型プラズマCMPプロトタイプ装置デザイン

り組んでいきます。その成果として、直前に述べた高品質ダイヤモンドの安定成長を実現するとともに、独自CVD装置の開発が進んでいます(図5)。また、これらの成果に基づき、これまでにない革新的なダイヤモンド成長プロセスも準備しています。近い将来、ダイヤモンドの高品質化、大型化を加速できると考えています。  
■今後の展望をお聞かせください。  
次世代オプトエレクトロニクス結晶材料は、昨今叫ばれているカーボン・ナノチューブや持続可能な社会の実現に貢献します。本格的な実用化には、大量生産可能な基板製造プロセスの構築と、結晶成長が求められる「結晶加工」の両輪が不可欠です。どちらか一方の技術が不十分な状態では、結晶製造の実用化はできません。結晶材料の成長技術と加工技術の双方の革新が不可欠であり、その追求が私の使命だと考えています。そして、そのアプローチは、産業に資する実用レベルでなければなりません。関連分野の各企業との連携が大変重要です。今後も丸ごと次世代結晶の革新に取り組みたいと考えています。関係各社の協力を賜いますと幸いです。



図5 各種の独自改良を施したダイヤモンド成長用CVD装置

長岡技術科学大学  
機械創造工学専攻「結晶工学研究室」  
<https://mcweb.nagaokaut.ac.jp/~h-aida/>  
長岡技術科学大学様納入  
マイクロ波プラズマCVD  
大亜真空株式会社  
大阪営業所 大阪市淀川区東三国2-3-4-1  
ハイランドビル4F  
TEL: 06-6396-1771  
<https://www.diavac.co.jp>

株式会社ハイテクノス  
Mail: toiwase@hitechnoth.co.jp  
TEL: 046 (200) 1380  
URL: hitechnoth.co.jp

マイクロアイスジェットノズル  
精密洗浄でお困りではありませんか?  
Rix リックス株式会社  
〒811-2112 福岡県粕屋郡須恵町榎木1321-7  
TEL 092-935-8773 <https://www.rix.co.jp>

Six Point Materials  
パワーグレード低転位GaN基板  
GANKIBAN  
[www.spmaterials.com](http://www.spmaterials.com)

三桜工業株式会社  
本社 千150-0002 東京都渋谷区渋谷3-6-6  
TEL: 03-5793-8411  
古河事業所 千306-0041 茨城県古河市鴻巣758  
TEL: 0280-48-1111  
URL: <https://www.sanoh.com/ja/>  
E-mail: [wbg-semi@sanoh.com](mailto:wbg-semi@sanoh.com)  
GaN, SiC, AlNなどの  
基板加工を受託します。

研磨技術を日本・世界へ  
秋田を牽引するリーディングカンパニーを目指す  
SAITO  
株式会社 斉藤光学製作所  
<https://saito-os.com/>  
秋田県山形市本郷町字若林118-3  
TEL: 0187-85-3300 秋田 FAX: 0187-85-3302

斜入射干渉法デジタルフラットネステスター  
単結晶基板の形状・平面管理に  
FTシリーズ  
NIDEK

世の中のないものをつくり、  
世の中のためになるものをつくる  
Lasertec  
〒222-8552 神奈川県横浜市港北区新横浜2-10-1  
Tel: 045-478-7111(代)  
<https://www.lasertec.co.jp/>

光り輝く先進技術の方式・提案により  
限りない未来を創造する  
「ダイヤモンド・CBNホイール」  
「研削砥石」  
株式会社 Nitolex ニートレックス  
本社 千470-8343 愛知県多治宮市南町1184  
TEL: 057-468-0054  
東京支店 千468-0054 東京都中央区新富町1-7-3  
TEL: 052-872-0551 FAX: 052-872-0558  
URL: <https://www.nitolex.co.jp/> E-mail: [info@nitolex.co.jp](mailto:info@nitolex.co.jp)

山口精研工業株式会社  
〒459-8009 名古屋市長区清水山二丁目1631番地  
TEL: 052-625-2333(代表)  
<http://www.neopolish-ysk.co.jp>

特許・実用新案・意匠・商標のごことでしたら、  
お気軽にお問い合わせください。  
IP-Creation特許商標事務所  
東京都練馬区豊玉北6-11-3 長田ビル3階  
TEL: 03-6882-4972 FAX: 03-4996-4238  
メールでのお問い合わせ office@ip-creation.com

AsahiKASEI Crystal IS  
Klaran® LA (New)  
殺菌効率の高い260-270nmの発光波長  
10,000時間の長寿命  
新型コロナウイルス99.8%不活化  
(5mJ/cm<sup>2</sup>, 4秒照射)

環境に配慮し、  
地域とともに歩む企業をめざして  
●半導体加工装置及び周辺機器製造  
不二越機械工業株式会社  
長野市松代町清野1650  
TEL: 026-261-2000(代) FAX: 026-261-2100  
<http://www.fmc-fujikoshi.co.jp/>

株式会社 荏原製作所  
EBARA  
●CMP装置 ●ウェーハベレル研磨装置  
●ドライ真空ポンプ ●排ガス処理装置  
〒144-8510 東京都大田区羽田旭町11-1  
<https://www.ebara.co.jp>