

## SCREEN未来協働研究所の設立と今後の展望



夢はバラ色

中西英俊\*, 真田雅和\*\*, 芝原正彦\*\*\*

Establishment and Prospect of SCREEN MIRAI Laboratory

Key Words : Research Laboratory, Semiconductor Manufacturing Equipment, Innovation Creation

### はじめに

株式会社 SCREEN ホールディングス (以下、SCREEN) と国立大学法人 大阪大学 大学院工学研究科は、半導体分野および新規研究開発分野における中長期的な研究開発を強化し、事業成長に貢献するイノベーションを共創することを目的として、2024年7月1日に大阪大学吹田キャンパス内に「SCREEN 未来協働研究所」を開設しました。本稿では、同研究所の設立経緯、狙い、活動紹介、今後の展望などについて書かせていただきます。

### 協働研究所とは

本誌読者の皆様はすでにご存じとは思いますが、大阪大学は学内に産業創出拠点を導く「Industry on Campus」構想のもと、共同研究講座、協働研究所という日本で最初の2つの産学連携モデルの実績を重ねています<sup>1)</sup>。工学研究科では2025年6月現在、共同研究講座は21件、協働研究所は11件となり、それぞれの講座/研究所において精力的な活動が行われています<sup>2)</sup>。同講座/研究所は、それぞれのニーズに沿って柔軟性を持ちつつ運営されており、共同研究の形態や派生する産・産連携への展開、人材育成の新しい流れなど、ますます活動の多様性が顕著に見受けられています<sup>3)</sup>。

協働研究所は2011年に共同研究講座の発展形として発足し、「企業の研究組織を学内に誘致し、多面的な産学協働活動を展開する拠点とする」が基本コンセプトとなっています<sup>4)</sup>。大阪大学の複数の部局(工学研究科、研究所など)との多面的な共同研究を行えること、さらにはポストドクや大学院生を参加させることにより、研究の推進と同時に若手研究者の人材育成を図ることも目的としています<sup>5)</sup>。



#### \* Hidetoshi NAKANISHI

1961年6月生まれ  
大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報  
工学専攻博士後期課程 (2016年)  
現在、大阪大学大学院 工学研究科  
SCREEN未来協働研究所  
特任教授(非常勤) 博士 (工学)  
TEL : 06-6879-4709  
E-mail:nakanishi-h@arl.eng.osaka-u.ac.jp



#### \*\* Masakazu SANADA

1968年8月生まれ  
京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科  
物質工学専攻博士前期課程 (1994年)  
現在、大阪大学大学院 工学研究科  
SCREEN未来協働研究所 特任准教授  
TEL : 06-6879-4709  
E-mail : sanada.masakazu@arl.eng.osaka-u.ac.jp



#### \*\*\* Masahiko SHIBAHARA

1969年12月生まれ  
東京大学大学院 工学系研究科  
機械工学専攻博士課程 (1997年)  
現在、大阪大学大学院 工学研究科  
機械工学専攻 教授 博士 (工学)  
TEL&FAX : 06-6879-4488  
E-mail : siba@mech.eng.osaka-u.ac.jp

### SCREEN 未来協働研究所設立の経緯

SCREENは京都府京都市に本社を置く製造装置メーカーです。半導体製造装置、ディスプレイ製造装置、グラフィックアーツ機器、プリント基板関連機器、ICTソリューション事業などを展開しています(図1参照)。1943年に大日本スクリーン製造株式会社として設立し比較的最長い歴史を持つ企業です。もともとは印刷製版機器の製造から始まりましたが、時代の変化とともに事業領域を拡大し、現在では主力事業の半導体製造装置やライフサイエンス分野にも進出しています。

SCREEN 未来協働研究所は、SCREENと大阪大学大学院工学研究科が共同で設立した産学連携の拠



図1 SCREENグループの主な事業と製品

点です。設立の背景には、半導体分野および新規研究開発分野における中長期的な研究開発を強化し、事業成長に貢献するイノベーションを共創するという目的があります。これまで SCREEN は、社内の各部門がそれぞれ個別に大阪大学と共同研究を進めており各共同研究が「点」として分散していました。協働研究所設立により、それらの共同研究を束ねることで「点」の集合体としての成果を追及することも狙いの一つです。

協働研究所の所在地は吹田キャンパス犬飼池近くの産学共創 A 棟です。ご存じのように吹田キャンパスは自然が豊かです。犬飼池付近からウグイス、カワセミの美しい鳴き声に癒されます。棟の前面道路「さくら環状通り」の桜とツツジ、産業科学研究所の紫陽花、少し離れますが薬学研究科 附属薬用植物園では四季折々の花が楽しめます、大学キャンパス事務所の特典を十分享受できます。同棟設備については、事務所以外も共用会議室、リフレッシュコーナーなどが備わっています。共用会議室では「キャンパス無線 LAN サービス (Wi-Fi)」を利用すればリモート会議も十分可能です。この場を借りまして産学共創棟インフラを支えていただいている皆様にお礼申し上げます。

協働研究所の構成人員は、「半導体洗浄工程に於けるナノメートルスケールの固体-液体界面のシミュレーション技術」の共同研究で長年ご指導を賜っております工学研究科機械工学専攻 芝原教授をメンターにお迎えし、常勤職員2名、非常勤職員2名、駐在員3名の体制です。設置から1年経過しましたが大阪大学キャンパス内に活動拠点を有することで、共同研究の充実はもちろんですが、大阪大学主催の学内外で開催される研究会・講演会などで最先端研究に触れる機会が大幅に増えました。工学研究科社会連携室 安田室長をはじめ皆様が、共同研究講座/協働研究所の横の繋がりを深める取り組み (例えば、工学研究科『共同研究講座・協働研究所交流会』) を企画されています<sup>2)</sup>。おかげ様で、他の

協働研究所の皆様へ何かと相談させていただいております。このような取り組みを継続し、産・産連携の成果にも繋がりたいと思っています。

### SCREEN 未来協働研究所の研究活動紹介

近年ますます注目される半導体は、情報社会、エネルギーを掌るさまざまな社会的課題を解決しています。半導体デバイスを支える半導体製造装置においても、上記の社会課題解決に向けて、すばやく柔軟に対応することが必要となります。図 2 (b) ~ (d) に示すようなスマートフォン、パーソナルコンピュータ、自動車などの最終製品の高性能化には、半導体 (図 2 (a) 参照) の高速処理、大容量、省電力が要求されます。



図2 半導体チップと最終製品イメージ

そのため、半導体デバイスの製造トレンドとして微細化、3次元化が必要となっています。それに伴い高度化する半導体の製造プロセスの開発には、ナノメートル (nm:  $10^{-9}$  m、10億分の1メートル) スケールでの物理化学現象の解明や、それを制御する技術が求められています。また同時に環境性能の高い製品を提供するという社会的責任もあり、環境負荷を低減する技術開発 (薬剤/

ガス等の削減)も期待されています。

本稿では、半導体 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 構造の微細化・3次元化の具体例を紹介させていただきます。多くの教科書では、図3 (a)の平面 (プレーナ) 型のチャネル (電流が流れる領域) 形状で動作原理を説明しますので馴染みがある方も多いと思います。半導体集積度が高まるにつれてゲート長が短くなることで、「短チャネル効果」<sup>6)</sup>が顕在化しデバイス性能が大幅に低下します。その対策として、1998年日立中央研究所の久本博士らは図3 (b)に示すようなチャネルを魚の Fin (背びれ) 構造とした FinFET を考案し<sup>7,8)</sup>、2011年に実用化されています<sup>9)</sup>。電流が流れる Fin 構造の薄い半導体 (チャネル) を、3方向からゲート電極で囲むことで「短チャネル効果」が低減可能となります<sup>10)</sup>。

さらに微細化を進めるには、図3 (c)のように3次元に積んだ薄いナノシートのチャネルを4方向からゲート電極で囲む構造を採用することで集積度を高めます。この構造を GAA (Gate All Around) と呼びます。Rapidus 株式会社は量産開始時に GAA を採用するとしています<sup>11)</sup>。さらに集積度を高める構造として、n型 GAA と p型 GAA のそれぞれのチャネル領域を絶縁膜で挟んで一体化したのがフォークシート (Forksheet、図3 (d))、それを3次元で積層したのが CFET (Complementary FET、図3 (e)) と言います。ここまで説明すると「究極 (Ultimate)」という言葉が使われますが<sup>12)</sup>、一方で、新しいチャネル材料 (2次元材料) 研究も注目を集めています<sup>13)</sup>。Imec (Interuniversity Microelectronics Centre) などの半導体技術のロードマップを参照いただければ幸いです<sup>14,15)</sup>。

このように半導体の微細化、3次元化を進めると、半導体ウエット洗浄-乾燥工程が随所に増えることになりま

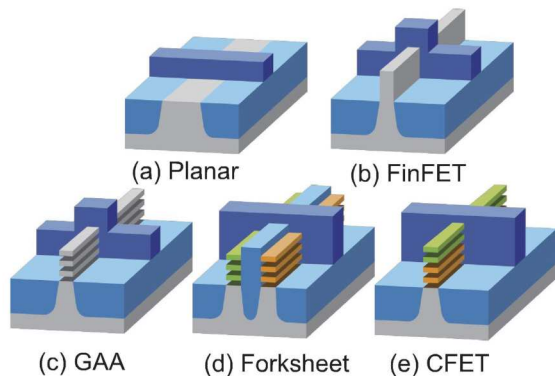


図3 MOSFETの構造

す。図4のように微細化レベルがナノスケールになることで、狭い箇所のエッチング加工、洗浄処理が従来通りに行うことができず、広い箇所とのバイアス (寸法差) が生じたり、底まで正常な形状にエッチングできない問題が発生します。また、微細パターンがダメージを受ける、いわゆるパターン倒壊が発生します (図5参照)。これらいずれも抑制するために、洗浄工程に係る処理が複雑化する傾向にあり処理時間の増加にも繋がります。

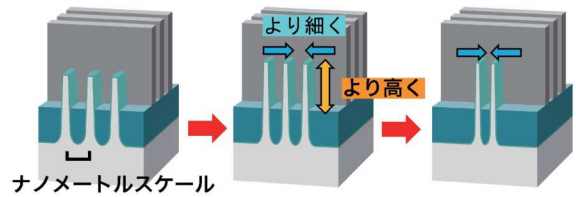


図4 半導体の微細化、3次元化

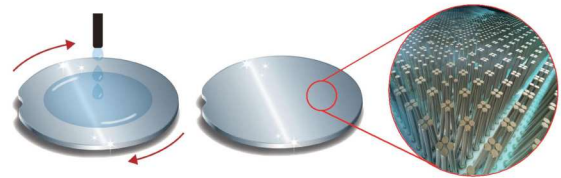


図5 半導体ウエハ洗浄のイメージ

これらの課題に取り組むため、ナノスケールの洗浄過程におけるメカニズムを解明することを目的としてシミュレーション技術を開発しています。本稿では、協働研究所メンバー芝原教授との共同研究成果の一例を紹介し<sup>16,17)</sup>。近年、凝固を用いた洗浄方式が提案されていますが、微視的な観点において半導体パターンや異物などが存在する固体壁面に凝固現象が与える影響については明らかになっていません。本研究では SiO<sub>2</sub>壁面と水の凝固現象の相互作用を明らかにすることを目的として、SiO<sub>2</sub>壁面と接する固液 (氷水) 共存系に対して非平衡分子動力学解析を行って、SiO<sub>2</sub>壁面近傍の凝固状態や作用力について調べました。「平坦な結晶」、「平坦な非晶質」、および「構造化非晶質」のシリカ壁表面において、接近する固化界面を可視化しました (図6参照)。

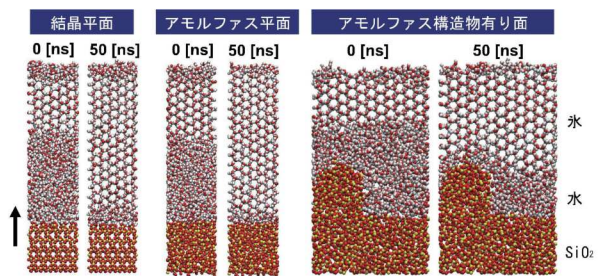


図6 SiO<sub>2</sub>壁面状態による固化界面変化の様子

また、壁面条件が水の凝固過程や凝固状態に与える影響、ならびにその過程における壁面作用力を明らかにしました。これにより、ナノスケールレベルで壁表面近傍の凝固現象の理解を深めることに繋がると考えています。このように、協働研究所では半導体ナノスケール領域の科学を探究することにより、次世代半導体デバイス・製造装置に要求される社会課題の解決に貢献することを目指します。

## 今後の展望

協働研究所開設から1年が経過しました。研究所の活動は大阪大学とSCREENの相互信頼があってこそ成り立つと考えて、各々の案件を丁寧に対応してきました。「On Campus」組織となり、①継続している共同研究の深化、②新規共同研究の着手、③阪大主催・学内研究会・交流会への参加、④阪大所属の教員・学生との新規交流、⑤他の企業研究所とのネットワークなど、研究所設立意義を改めて強く感じています。将来的には、大学の若手研究員、企業の若手技術者がワクワクするような感覚で共同研究が実施できる「共創の場」を提供できれば素晴らしいと思っています。

大阪大学は、「Industry on Campus」構想のもと、各部署の先生方が様々な工夫した取り組みを実行されておられます。協働研究所職員は、それらを「実学の阪大」のDNAとして感じているのは大袈裟ではありません。SCREENは、企業理念の一つに「思考展開」を掲げています<sup>18)</sup>。1970年2月に大日本スクリーン製造株式会社（SCREENの前身）の二代目社長石田徳次郎社長がテレビ番組のインタビューの中で、自身の経営信条として披露した言葉です<sup>19)</sup>。社会の課題に自社の技術がどのように役立つかを考え、新しい事業や製品の創造と発展に挑み続けるという創業の精神です。大阪大学の知（科学）を深耕し、「思考展開」を道しるべとして半導体分野などで期待される社会課題解決に挑み続けることが協働研究所の役割と考えています。

一方、企業は「利益の追求」、大学は「知の創造」<sup>20)</sup>を主な目的・目標としますので、産学連携に於いて難しい局面になることも想定されます。しかし、相互の立場を尊重・理解し、双方が良い影響を及ぼすように行動し続けられれば、「幸運の女神は常に準備している人」のみ微笑む（ルイ・パスツール）」の通り、新たな価値、イノベーションを創出することが可能になると考えています。前述で紹介した通り、1998年久本博士らがFinFETを考案し、

2011年にIntelが実用化するまで13年を要しています。研究・開発の成果が企業の利益として評価されるまで時間が必要かもしれません。本稿のテーマである「夢はバラ色」の実現に向けて、日々の研究・開発を真摯に準備・行動していきます。

末尾となりましたが、「SCREEN 未来協働研究所」設立準備から、常にご指導・ご協力をいただきました大阪大学工学研究科 社会連携室の安田室長はじめ職員の皆様、共創機構、産業科学研究所、接合科学研究所の皆様に深く感謝申し上げます。また、協働研究所設立のきっかけとなるご助言を賜りました工学研究科物理学系専攻 渡部教授、設立・運営に於いてお力添え賜りましたSCREEN 吉岡常務執行役員、小久保執行役員に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

1. 西尾 章治郎, “産学共創:産学連携の新たなステージ,” *Panasonic Technical Journal*, **63**, 5 (2017).
2. 大阪大学大学院 工学研究科 社会連携室 HP : <https://liaison-office.eng.osaka-u.ac.jp/about/>
3. 安田 誠, 荒平 智子, “Industry on Campus ~ 共同研究講座・協働研究所の多様性 ~,” 研究・イノベーション学会 第39回年次学術大会講演要旨集, **39**, 1E07 (2024).
4. 秦 茂則, “大阪大学における共同研究講座、協働研究所の取り組み,” *生産と技術*, **73**, 104 (2021).
5. 大阪大学 共創機構 協働研究所 HP : [https://www.ccb.osaka-u.ac.jp/service/soshiki\\_kyodo\\_kenkyujo/](https://www.ccb.osaka-u.ac.jp/service/soshiki_kyodo_kenkyujo/)
6. 電子情報通信学会知識ベース 知識の森 S2 群-1 編-3 章(ver.1/2018/3/20) 3-1 短チャネル効果 : [https://www.ieice-hbkb.org/files/S2/S2gun\\_01hen\\_03.pdf](https://www.ieice-hbkb.org/files/S2/S2gun_01hen_03.pdf)
7. D. Hisamoto, W. C. Lee, J. Kedzierski, E. Anderson, H. Takeuchi, K. Asano, T. J. King, J. Bokor, C. Hu, “A Folded-channel MOSFET for Deep-sub-tenth Micron Era,” *IEDM Tech. Dig* 1998, 1032 (1998).
8. 稲葉 聡, “最先端 FinFET プロセス・集積化技術,” *電子情報通信学会誌*, **91**, 25 (2008).
9. M. T. Bohr, I. A. Young, “CMOS Scaling Trends and Beyond,” *IEEE Micro*, **37**, 20 (2017).

10. 久本 大, “平たん構造からの飛躍: Fin 型チャンネルFET 構造の必然性,” 応用物理, **72**, 1136 (2003).
11. Rapidus (株), HP, Rapidus の事業と技術 : <https://www.rapidus.inc/business/#technology>
12. R. Loo, *et al.*, “Epitaxial Si/SiGe Multi-Stacks: From Stacked Nano-Sheet to Fork-Sheet and CFET Devices,” ECS Journal of Solid State Science and Technology, **14**, 015003 (2025).
13. A. Liu, *et al.*, “The Roadmap of 2D Materials and Devices Toward Chips,” Nano-Micro Lett., **16**, 119 (2024).
14. imec HP, imec's chip scaling roadmap: <https://www.imec-int.com/en/articles/smaller-better-faster-imec-presents-chip-scaling-roadmap>
15. (株) SCREENホールディングス 2025年3月期 IR Day 資料 : [https://hdjp-corporateweb-files.screen.co.jp/4317/4911/1189/20240919\\_Mtg\\_J.pdf](https://hdjp-corporateweb-files.screen.co.jp/4317/4911/1189/20240919_Mtg_J.pdf)
16. S. Uchida, K. Fujiwara, M. Shibahara, “Structure of the Water Molecule Layer between Ice and Amorphous/Crystalline Surfaces Based on Molecular Dynamics Simulations,” The Journal of Physical Chemistry B, **125**, 9601 (2021).
17. S. Uchida, K. Fujiwara, M. Shibahara, “Microscopic properties of forces from ice solidification interface acting on silica surfaces based on molecular dynamics simulations,” Physical Chemistry Chemical Physics, **25**, 28241 (2023).
18. (株) SCREENホールディングス 企業理念 : [https://www.screen.co.jp/about/management\\_policy](https://www.screen.co.jp/about/management_policy)
19. (株) SCREENホールディングス, “大日本スクリーン製造株式会社 70 年史,” 表紙 (2014).
20. 大阪大学 教育目標 : <https://www.osaka-u.ac.jp/ja/education/announcement/objective>

