

## ナノ表面界面工学領域の始動にあたって



### 研究室紹介

Opening a New Laboratory Named Nano Surface and Interface Engineering Area

Key Words : Semiconductor surface, Interface reaction, Surface creation process

有馬 健太\*

### はじめに

私が所属する物理学系専攻 精密工学コース (精密工学教室) は、物理学を基礎に自然現象の“精密さ”を駆使した高度な“ものづくり”技術の創出を目指すユニークかつ初めての学科 (精密工学科) として、昭和14年 (1939年) に設立された。その方針は、今日に至るまで連綿と受け継がれ、半導体やエネルギーはもとより、情報・通信、宇宙などの多くの分野で、先端科学技術を切り拓く基幹工学の研究拠点としての役割を担うまでに発展している。そして、最先端研究施設「ウルトラクリーンルーム」を共同研究の場として備えると共に、サイエンスに根差した“ものづくり”に必要不可欠な材料、加工、計測、計算物理、デバイス応用に関する密接かつ有機的な連携のもとに教育・研究活動が行われている。

その中で私は、令和5年4月から新たに、『ナノ表面界面工学領域』という研究室を開いた。スタッフは有馬健太 (教授)、稲垣耕司 (助教)、百濃尚子 (技術補佐員) の3名である。この良いタイミングで、本誌の記事を執筆する機会を頂いた。そこで、私自身、及び、立ち上げたばかりの私の研究室を紹介したいと思う。

### 研究室が目指すところ

“ものづくり”と一言と言っても、含まれる領域

は広範であり、工学全てが該当すると言っても過言で無い。しかしその中でも、ものの形を正確に作り上げたり、固体表面を思い通りに創成することは、“ものづくり”の最も重要な側面である。今日の科学技術で必要とされる、極限精度のものづくり技術を実現するためには、固体と液体、及び、固体と気体 (プラズマなど) の界面における相互作用を原子・分子レベルで理解し、サイエンスに基づいて制御することが不可欠である。このような背景の下で、私はこれまで、原子配列が可視化できる顕微鏡や表面数原子層に感度を持つ表面敏感な分光分析法を駆使して、実用的な表面創成プロセス (超精密加工、洗浄、

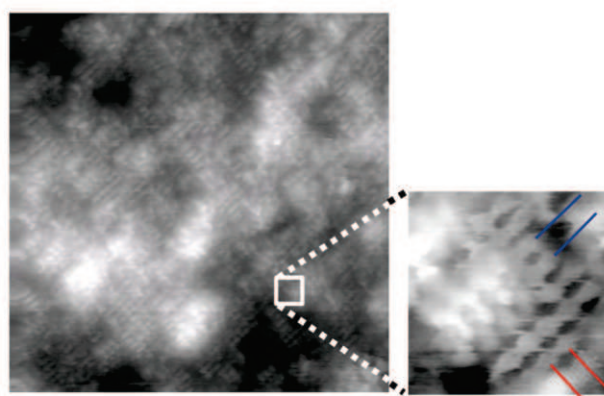


図1. 超清浄な湿式洗浄を施した Si 表面の原子配列を観察した結果



\* Kenta ARIMA

1972年9月生まれ  
大阪大学大学院 工学研究科 精密科学  
専攻博士後期課程 (2000年)  
現在、大阪大学大学院 工学研究科 物  
理学系専攻 精密工学コース 教授  
博士 (工学)  
TEL : 06-6879-7272  
E-mail : arima@prec.eng.osaka-u.ac.jp

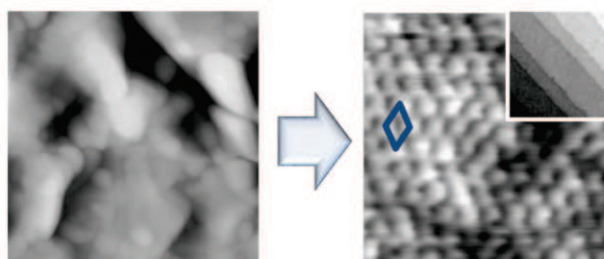


図2. 超精密加工を施す前後での SiC 表面の構造変化を原子スケールで捉えた結果

成膜、メッキなど)の性能を原子単位で評価する、超精密な表面計測の研究に従事してきた。例えば図1は、世界中で使われている、湿式洗浄を経たシリコン (Si) 基板表面の原子配列を可視化した例である<sup>1)</sup>。また図2は、高い硬度を持つシリコンカーバイド (SiC) を研磨した加工プロセスの特性を原子スケールで明らかにした結果である<sup>2)</sup>。

また、微視的な表面観察を極めると、これを起点にして、新しい表面プロセスやナノ材料の創製プロセスを創出することが可能になる。例えば、図2で示した原子レベルで平滑に制御されたSiCを基板に用いることで、その上に、欠陥密度が低い炭素 (C) 原子から成る単原子層物質 (グラフェン) を形成する研究に取り組んできた。またグラフェンは、含有する局所欠陥が他の化学反応を促進する触媒作用を持つことが知られている。私は、ナノカーボン材料が持つこのような触媒的な機能を用いて、半導体表面上に三次元的な構造体を形成する微細加工プロセスの開発も進めている。図3はその一例である。ここでは、膜状に形成したナノカーボン触媒膜をパターン化し (図3左図)、特定の組成のエッチング液に浸漬した。その後得られた図3右図より、直下の半導体表面のみが選択的に溶解し、トレンチ (溝) 構造が得られている様子が分かる<sup>3)</sup>。またその過程で、ナノカーボンの内部に存在する特異な電子分布を可視化すると共に、量子力学に基づくシミュレーションによりその起源を明らかにすることにも成功している<sup>4)</sup>。

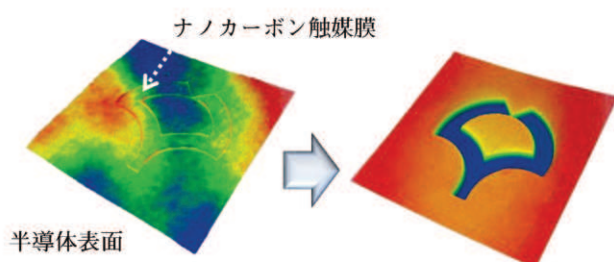


図3. ナノカーボンを援用した表面加工プロセス

このようなベースを踏まえて、新たに立ち上げた研究室では、次世代半導体表面と液相 (もしくは気相) との界面反応をこれまで以上に深く、極限レベルで理解し、制御することを目指す、表面科学に特徴のある研究を進めたい。また、新奇のエッチング

現象を活用した高性能ナノ材料の創出や、新しい計測・評価手法の開発にも取り組む。以上により、未来の電子・光学デバイスの実現に貢献すると共に、最終的には、クリーンで快適なエネルギー利用社会の実現に貢献したいと考えている。また、上記の研究活動を通して、将来、当該分野を牽引できるグローバルな人材を多く輩出することが私の夢である。研究室の冠である『ナノ表面界面工学』は、上記の理念や目指すところを良く表現している。

### 最初の一週を終えて

私がこの原稿を執筆している本日は、令和5年4月8日である。新年度が始まり、研究室が立ち上がって最初の1週を終えた。引っ越し作業、並びに、研究室を構成する複数の部屋の整備で飛ぶように時間が過ぎた。過ごし慣れた前所属の研究室から、“がらんどろ”に近い居室に私と一緒に移動してくれた学生 (8名 [内訳: 博士後期課程1名、博士前期課程6名、学部4年生1名。左記には留学生2名を含む]) には、感謝の気持ちで一杯である。また早速、学部4年生3名、学部3年生1名が新年度から新たに加わってくれた。彼らを始め、今後、私の研究室に加わる学生それぞれが、将来に思い描く理想の自分像に少しでも近づけるよう、日々の研究活動の中で鍛え、生きる力を育むことが使命であり、身の引き締まる思いである。

引っ越しの山場をようやく越え、一息ついて新たな学生居室に足を踏み入れて、はたと気付いたことがあった。この部屋は、約30年前に私が四回生で研究室配属され、大学院の博士前期課程を終えるまで (M2終了まで) を過ごした、思い出の詰まった空間なのだ。前期課程を終えて部屋を離れた後、それなりの時間が流れたが、再びこの場所に戻ってきたことが感慨深い。窓の外を眺めると、新しい建物が建つなど少し違いはあるものの、見慣れた風景があることに不思議な感覚を感じる。当時の様々な場面や懐かしい人達がフラッシュバックし、ワクワクすると共に、教室の長い歴史に連なり、新たに研究室を主宰することに、大きな責任を感じている。今後とも、皆様のご支援・ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

### 参考文献

- 1) 有馬健太：洗浄技術のコツ —Si 表面のウェット洗浄—, 応用物理, Vol. 84, No. 11, pp. 1009-1012 (2015).
- 2) 有馬健太：超精密加工後の半導体表面の原子構造観察, 精密工学会誌, Vol. 80, No. 5, pp. 452-456 (2014).
- 3) 三栗野諒・小笠原歩見・川合健太郎・山村和也・有馬健太：ナノカーボンの触媒作用に基づく半導体表面の選択エッチング, 表面と真空, Vol. 64, No. 8, pp. 352-357 (2021).
- 4) Junhuan Li · Shaoxian Li · Tomoki Higashi · Kentaro Kawai · Kouji Inagaki · Kazuya Yamamura · Kenta Arima: Atomic-scale insights into the origin of rectangular lattice in nanographene probed by scanning tunneling microscopy, Physical Review B, Vol. 103, No. 24, pp. 245433 1-9 (2021).

