

超精密な表面計測が拓く次世代ものづくり： ナノ表面界面工学の世界

物理学系専攻 精密工学コース
教授 有馬 健太

1. はじめに

私は、2023年4月1日付けて工学研究科物理学系専攻精密工学コースの教授に昇任いたしました。そして、新たにナノ表面界面工学領域という研究室を開きました。私が所属する精密工学教室は、昭和14年（1939年）に精密工学科が設立されて以来、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”技術の創出を掲げ、今日では、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ます。私は学生時代から一貫して、超精密な表面計測により、ものづくりを表面科学の観点から深く理解し、切り拓くことを目指す研究を進めてきました。本記事では、上記の背景に基づいて進めてきた研究の一端をご紹介します。

2. “表面を創るプロセス”の原子単位での性能評価

ものづくりと一言で言っても、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はありません。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”の最も重要かつ基本的な側面です。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す。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、成膜、メッキなど）の性能を原子単位で計測・評価する研究に取り組んできました。例えば図1(a)は、世界中で使われている、ウェット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す。また図1(b)では、パワーデバイス用の基板として益々期待が高まるシリコンカーバイド（SiC）において、その表面の研磨特性を原子スケールで明らかにした結果です。

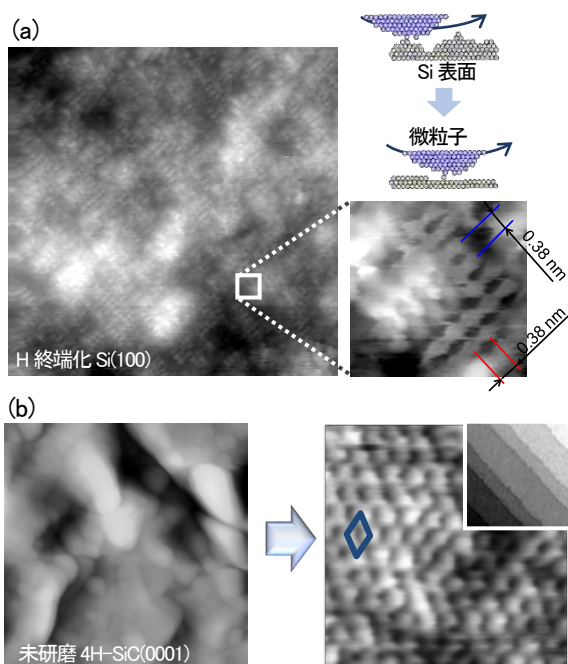


図1 走査型プローブ顕微鏡による半導体実用表面の原子構造観察結果 (a)湿式洗浄後のSi表面、(b)超精密研磨前後のSiC表面

3. ウェット微細加工による新しい表面プロセスや高性能ナノ材料の開発

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材料の創製プロセスへと展開することが出来ます。例えば図2は、異方性エッチングや触媒アシストエッチングといった複数の固液界

新任教授紹介

面プロセスを巧みに操ることによって、微傾斜表面を持つSi結晶から、幅と厚さが共に制御された、Si原子層のリボンを形成する試みを示しています。図中の実験データにあるように、既に、単原子ステップ端に沿って、ナノスケールの溝構造を形成し、テラス領域を区別する手法を構築できています。これらをさらに推し進めて、上述の原子層リボンを創製したいと考えています。

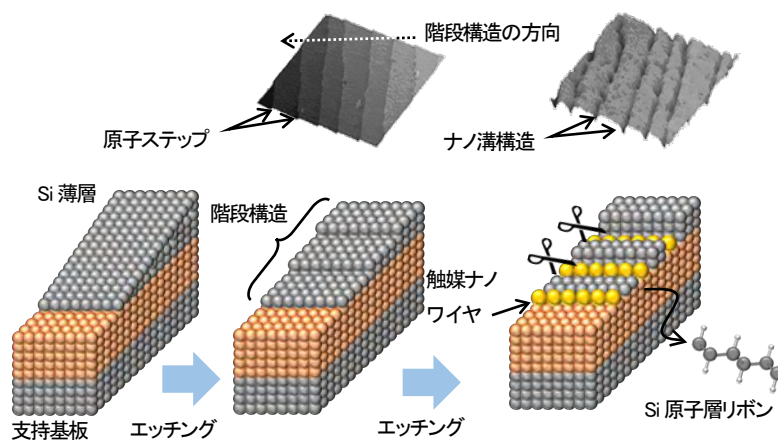


図2 Si結晶からSiナノ材料を創製するプロセスの概念図、及び、鍵となるナノ溝構造の形成を示す実験結果

4. 濡れ特性の極限計測と電子デバイス分野への展開

大気中では、全ての物質の表面に薄い水の層（吸着水）が形成されます。私たちは、放射光をプローブとした電子分光や、静電気力顕微鏡と呼ばれる非接触型の走査プローブ顕微鏡技術を用いて、金属酸化物上での吸着水の物理的性質や振る舞い、すなわち、濡れ特性を精密に計測する研究に取り組みました。また、得られた結果を次世代デバイスプロセスの高度化に繋げる研究も進めています。

5. 新たな研究室が目指すところ

前項までに述べた内容を基盤として、今後はこれまで以上に、次世代半導体表面と液相（もしくは気相）との界面反応を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ます。また、新奇のエッチング現象を活用した異方的な化学リソグラフィ法や、三次元構造に対する新しい表面評価手法の開発にも取り組みます。そして、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ます。またこれら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す。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ます。

6. おわりに

引っ越しを始めとした研究室の初期起ち上げが終わり、ようやく少し落ち着いて参りました。新年度に学生居室（図3）に足を踏み入れた際、はたと気付いたことがありました。この部屋は、30年近く前に私が四回生で研究室配属され、大学院博士前期課程を終えるまでを過ごした、思い出の詰まった空間なのです。その後、それなりに長い時間が流れましたが、再びこの場所に戻ってきたことがとても感慨深いです。窓の外を眺めると、見慣れた風景と共に、当時の様々な場面や懐かしい人達の記憶が鮮やかに蘇り、ワクワクします。同時に、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ます。今後ともご指導ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。



図3 真新しい学生居室

(大阪大学 工学部 精密工学科 1995年卒
大阪大学 工学研究科 精密科学専攻 1997年前期 2000年後期)