

高機能化原子制御製造プロセス教育研究拠点 「自然現象の精緻さによって製造技術をかえる」



夢はバラ色

山内 和人*

Center of Excellence for atomically controlled fabrication technology

Key Words : nanotechnology, surfacing, X-ray optics, self-organization

グローバルCOEプログラム「高機能化原子制御製造プロセス教育研究拠点」は、自然現象の精緻さをその極限まで利用し、製造技術における原子レベルの制御性と環境調和性を実現する「原子制御製造プロセス」の創出を目的としています。人類の繁栄は、ものを作る技術、すなわち製造技術によって支えられているといっても過言ではありません。多くの企業は、この開発に鎬を削り、より良い製品、他社にまねできない製品を生み出しています。しかし、製造技術開発の現場では、既に使われている原理や技術をもとに、製造装置をより高精度化していく方法が取られます。すなわち、「装置精度依存型」の開発が続けられているのです。現在のところ、薄型テレビは限りなく大型化し、半導体デバイスは限りなく高集積化され続けていますが、到達できる精度や、製造技術そのものの環境調和性の観点から、いづれ限界がおとずれることは明らかです。

私たちは、工学研究科の精密科学・応用物理学専攻と生命先端工学専攻、超精密科学研究センターから研究者が集まり、表面科学や計算科学などを駆使しながら、ナノ工学を展開し、新たに製造プロセスに応用できる精緻な物理・化学現象を探索しています(図1)。これによって、これまでの「装置精度依存型」に代わって、「現象精度依存型」の製造技術の創出を目指しているのです。私たちが創出する



図1 自然現象の精緻さを利用する現象精度依存型技術

製造技術は、従来方法の改良では不可能な高い精度を実現し、また、環境との優れた調和性を実現します。

この取り組みは、これからの製造技術が備えるべき「価値」の創造です。本拠点では、新しいプロセスの原理を提案するだけでなく、この「価値」を共有する国内外の教育研究機関との広範な連携によって、基礎科学から応用、融合分野の創出に至る一連の階層をつなぐグローバルネットワークプラットフォームを構築しています(図2)。これによって、幅広い学問基盤と国際感覚、異分野との融合能力を備えた、次世代製造技術の開発を担う若手研究者を育成し、真の社会貢献と「高機能化原子制御製造プロセス」の深化、体系化を推進します。対象となる分野は、宇宙物理や量子ビーム科学などの基礎科学



* Kazuto YAMAUCHI

1958年12月生
大阪大学大学院工学研究科精密工学専攻
博士課程中退(1984年)
現在、大阪大学大学院工学研究科 精密
科学・応用物理学専攻 教授 博士(工
学) 超精密加工、光計測、X線光学
TEL: 06-6879-7285
FAX: 06-6879-7285
E-mail: yamauchi@prec.eng.osaka-u.ac.jp



図2 本拠点が構築しているグローバルネットワークプラットフォーム

が求める極限精度の光学デバイス、次世代の極端紫外線リソグラフィ用光学デバイス、次世代電子材料基板、FPD (Flat Panel Display)、太陽電池、次世代電力・電子デバイスなど、広範囲に亘っています。

ほんの一例ですが、研究の紹介をします。私たちが創出した製造プロセスは、原子スケールで構造が制御されたX線の集光鏡(X線の波長は0.1nmレベル)を実現しました。ここでは、レーザー干渉計、X線干渉計を新たに開発し、これらを用いて鏡の形を調べます。そして、固体間の界面反応を利用した化学エッチングによって、必要な場所を必要な量だけ原子単位でエッチングします。現在、この方法で作られた鏡だけが、波面のくるいなく放射光X線を反射し、収束させることができます。すでに、最先端の放射光施設であるSPring-8との連携によって、世界最高分解能(10nmレベル)のX線顕微鏡システムを実現しています(図3)。

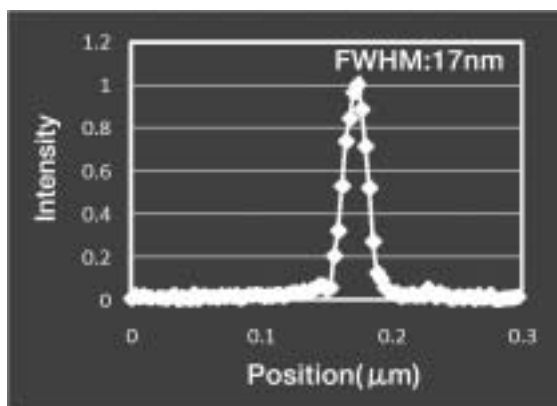


図3 X線顕微鏡で利用可能な最小の集光ビーム

このような決定論的な表面創成法によって、「究極の一品料理」が可能になりつつあります。しかし、半導体デバイス基板などでは、大変な時間をかけて、たった「一枚」をつくるという訳にはいきません。私たちは、様々な物理・化学現象を探索しながら、目的の基板表面が自動的に創成できるようなプロセスの開発にも取り組んでいます。通常、半導体基板は、「基準平面」となるポリシャの上に磨き粉(微粒子)を撒き、こすり合わせて「基準平面」の形を転写することによって作られます。しかし、これでは、作られた表面の性能に限界があることは明らかです。私たちは、「基準平面」上でのみ化学エッチングを誘起することを考えました。これができれば、幾何学的かつ結晶学的に「究極の表面」が、短い時間でつくれる可能性があります。このためには、次の3つの条件を満たす必要があります。すなわち、

基準面上でのみ反応種が作られ、反応種の寿命が短く、基準面の物性が長時間変化しない、の3つです。基準面上で反応種が作られ、その寿命が短ければ、反応種を基準面上に局在化できます。その基準面を加工物表面に近づければ、加工物表面の凸部と選択的に反応し、「基準平面」を転写する化学エッチングができます。基準面は長時間変化しないことが必要ですが、触媒作用を持つ基準面によって、これを実現できるのです。この加工法を触媒基準エッチング法と名付けました。この方法によって、簡単に、4H-SiC(0001)ウエハ全面を完全なステップ-テラス構造にすることができます(図4)。

私たちの拠点の紹介に、貴重な紙面をいただき、感謝しております。ただ、せっかくいただいた紙面

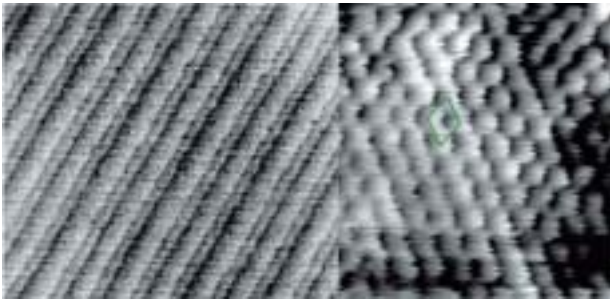


図4 触媒基準エッチングされた4H-SiC(0001)面のAFM像(領域 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$, ステップ高さ 0.25nm)(左)とSTMによる原子像(領域 $3.5\text{nm} \times 3.5\text{nm}$, 挿入したひし形は、 1×1 の基本ユニットを示す)(右)

にもかかわらず、紹介する研究例が片寄った感があり、少し反省しています。拠点では、その他にも、様々な精密加工法、計測法、物性評価法の創出、光学デバイス・機器の開発、太陽電池薄膜の形成プロセスや次世代の半導体デバイスプロセス、有機デバイスプロセスの創出に挑戦しており、その基礎を支える表面科学、計算科学のグループと強固に連携しながら、数多くの成果を発信しています。

ホームページ <http://acftgcoe-osaka-u.kir.jp/> にもお立ち寄りくだされば幸いです。

