

Title	走査型トンネル顕微鏡による原子微細加工に関する研究
Author(s)	馬場, 雅和
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40446">https://hdl.handle.net/11094/40446</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	ば ば まさ かず 馬 場 雅 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 8 2 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 2 月 20 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	走 査 型 ト ン ネル 顕 微 鏡 に よ る 原 子 微 細 加 工 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主 査) 教 授 蒲 生 健 次 (副 査) 教 授 小 林 猛 教 授 奥 山 雅 則

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、走査型トンネル顕微鏡による原子微細加工に関する研究をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、微細加工技術の現状とその問題点について述べると共に、本研究の意義および目的について位置づけを行う。

第2章では、STMで用いられるトンネル電子の振る舞いを明確にし、得られるデータの正確な認識ができるようにする。また、STMによる原子スケール微細加工の現状について述べる。

第3章では、従来の電子線直接描画技術で行われていた電子ビーム表面励起反応をナノスケール微細加工を目的としてSTMを用いて行った。反応性ガスを多量 ( $10^{-4}$  Torr) に流せる真空STM装置を製作し、STM表面励起反応による堆積 (カーボン, タングステン) とエッチング (Si, GaAs) によるパターン形成を行った。

第4章では、Si(111)7×7表面に塩素を吸着させ、その吸着塩素の化学反応性を用いた原子加工について述べる。超高真空(UHV)-STMを用いてSi(111)の表面再配列構造である7×7表面に塩素を吸着させ、それらの吸着状態を調べた後、STMの探針を塩素原子の上に移動させ、パルス電圧を印加した。その結果、STMの針直下で形成される強い電界により電界蒸発が生じ種々の加工パターンが形成された。

第5章では、Si(111)7×7に塩素を吸着させた表面にアルミ原子を蒸着すると、Si-ClよりもAl-Clの原子間結合力が大きいため、AlClの反応生成物が形成され、基板表面から脱離していく化学反応が生じることを初めて観察した。STMが有するその場観察技術により、表面化学反応を原子レベルで直接観察できることを示した。

第6章では、各章の研究成果を総括し、本研究で得られた主要な結論についてまとめる。

## 論文審査の結果の要旨

シリコンに代表される半導体素子の微細化は著しく進展し、将来の超微細電子デバイスのための加工技術として、原子オーダーの微細加工や表面構造の制御および測定技術の必要性が認められ多くの研究、開発が進められるようになってきた。

本論文では、このような超微細加工技術の開発をめざして、走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いて原子オーダーの加工や表面の原子配列の制御を行った成果をまとめたものである。

まず、STM を微細電子ビーム源として用い、電子ビーム励起表面反応を局所的に誘起して、炭素およびタングステン膜のナノメートルパターンの形成ができることを示し、極性依存性、供給ガス圧と形成される膜厚の関係など基礎的な膜堆積特性を明らかにしている。

原子オーダーの加工については、まず、GaAs のエッチングに対して、STM で原子ステップの移動の様子を観測し、塩素ガスエッチングが原子層毎にエッチングされてゆく状態を明らかにしている。この結果はデジタル (原子層) エッチング法を確立する上で重要な寄与をするものと考えられる。Si については、Si(111)7×7 構造の表面に塩素を吸着させ、STM 像を観測して、吸着位置を明らかにするとともに、STM のプローブ電圧依存性を測定して、塩素原子の脱離と再吸着をプローブ電圧によって制御できることを示した。また、プローブ位置を吸着塩素原子の直上からわずかにずらしてパルス電圧を印加することによって、申請者が T 型および T' 型と呼ぶ新しい表面構造ができることも示している。これらの結果は、表面原子の原子配置を 1 原子ずつ制御できる可能性を示唆するものである。

さらに、Si(111)7×7 上に Cl 原子を吸着させた表面に、Al 原子を蒸着し、Al 原子位置と Cl との反応を STM で調べている。Al は、アドアトムおよびレストアトムのダングリングボンドと結合し、また吸着 Cl 原子に飛来した Al 原子は、Cl 原子と結合して脱離すること等を明らかにし、STM その場観察により、表面化学反応の様子を原子レベルで調べることが可能であることを示した。

このように本論文は STM を用いて原子オーダーの加工や反応の制御、原子操作ができることを示し、超微細加工技術を進展させる上で重要な基礎的知見を得ており、学位 (工学) 論文として価値あるものと認められる。