

Title	走査トンネル顕微鏡による半導体表面上のナノ構造形成に関する研究
Author(s)	久保, 理
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43510">https://hdl.handle.net/11094/43510</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	久 保 理
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 0 5 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子工学専攻
学 位 論 文 名	走査トンネル顕微鏡による半導体表面上のナノ構造形成に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 尾浦憲治郎  (副査) 教 授 吉野 勝美 教 授 森田 清三 教 授 八木 哲也 助教授 片山 光浩

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、走査トンネル顕微鏡 (STM) による半導体表面上でのナノ構造形成および異種原子の挙動に関する研究をまとめたものであり、7章より構成されている。以下、各章毎にその内容の概要を述べる。

第1章では、本研究を行うに至った背景を述べ、本研究の目的及び表面研究における本研究の占める位置を明らかにした。

第2章では、STMの原理や原子操作の理論的解釈について説明した。

第3章では、本研究に用いた各種装置の概要や測定手順さらに試料や探針の処理方法等について説明した。

第4章では、Si(100)基板上における異種原子の単原子層への原子状水素吸着による表面ナノ構造の自己組織的な形成について述べた。Sb/Si(100)系表面では原子状水素曝露によってほとんどクラスタが形成されないことを見出し、これについて議論した。一方、Al/Si(100)系表面では、Alクラスタが形成され、その形状や数密度が、元のAl/Si(100)系の再配列構造によって異なることを見出し、形成されるクラスタの特徴を制御できる可能性を示した。

第5章では、水素誘起自己組織化にSTM探針による原子操作を組み合わせた特異なナノ構造の形成について述べた。Si(100)4×3-In表面に原子状水素を吸着させて形成した4×1周期の水素終端Si表面から探針によって水素原子を除去することにより、ダイマー列がバックリングして並ぶc(8×2)周期のSi再配列構造の形成に成功した。この結果、Siダンゲリングボンドの配列制御の可能性を示した。

第6章では、6H-SiC(0001)基板表面での異種原子の挙動および基板との相互作用によるナノ構造の形成について述べた。原子状水素吸着に対してはSi基板に比べ表面原子の安定性に乏しいことを見出し、表面超周期構造による違いについても議論した。一方、 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面へAg原子を吸着させることによって、SiC(0001)表面では初めてとなる金属吸着による超周期構造の形成に成功した。さらに、Ag単原子層への原子状水素吸着によって、Si基板上と同様に水素誘起自己組織化が起こることを見出した。また、高真空下における酸素分子曝露によって、低温では酸素は表面に吸着し、高温では表面のエッチングを引き起こすことを見出し、表面超周期構造による違いについて議論した。

第7章では、本研究によって得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

現在の Si 電子デバイスでは素子の微細化に伴い薄膜化が進み、その集積度の伸びは驚くべき速度で進んでいるが、その高集積化技術はその限界に近づいている。一方、Si パワーデバイスは電力分野等で必要不可欠な存在と言えるが、これも Si の物性に起因して、理論的限界に近づいていると指摘されている。

こうした背景の中で、従来にはない新しい概念やそれに基づいたデバイスの創製への期待が大いに高まっている。その進展のためには、電子デバイス技術においては、ナノスケールで任意の構造を制御性よく、かつ効率的に規則配列させる技術の確立が要求されている。また、パワーデバイス技術においては、ワイドバンドギャップ半導体のデバイス応用への要求が高まっており、その基板表面の系統的な物性解明が重要といえる。

本論文では、半導体表面上での極薄膜における原子状水素吸着に伴った構造変化や STM による原子操作を組み合わせ、ナノスケールでのドットや細線、特異な表面配列の形成および制御について明らかにしている。また、ワイドバンドギャップ半導体でもデバイス応用が期待されている 6H-SiC(0001) 基板について、表面での様々な原子や分子の挙動についても明らかにしている。その主な成果を要約すると次のとおりである。

### (1)水素誘起自己組織化および STM による原子操作に関する研究

Si 表面上薄膜成長初期過程に原子状水素を吸着することによりおこる表面の構造変化、即ち水素誘起自己組織化では、その変化過程が金属と下地 Si の原子構造に大きく依存していることを明らかにしており、この方法でナノ構造が制御性よく誘起できることを強く示唆している。また、水素誘起自己組織化に伴って形成される水素終端 Si 表面から、STM 探針による水素原子の引き抜きを行うことによって、従来の方法では得られなかった特異な Si 配列構造を形成できることを明らかにしており、これは Si ダングリングボンドの配列を人工的に形成・制御できる可能性を強く示唆している。

### (2)6H-SiC(0001)基板表面での異種原子の挙動に関する研究

6H-SiC(0001) 基板表面への原子状水素曝露や酸素分子曝露では、Si 基板上とは異なる表面反応を見出しており、また  $3\times 3$  と  $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$  という 2 つの表面の間でも、その構造変化過程が異なることを明らかにしている。また、Ag 原子吸着によって、SiC(0001) 基板上でも金属原子に誘起された超周期構造を形成すること、さらに SiC 基板上での Ag 単原子層においても Si 基板上と同様に水素誘起自己組織化によるクラスタが形成されることを明らかにしている。

以上のように、本論文はナノスケールの構造形成技術、およびワイドバンドギャップ半導体の表面物性について有意義な結論を得ており、これらで得られた知見は電子デバイスやパワーデバイスといった実用的な問題に対して有益な情報となり、現在のみならず未来の半導体デバイスの分野に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。