

Title	原子間力顕微鏡によるナノメートル構造評価技術と超高密度記録技術の開発に関する研究
Author(s)	加道, 博行
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40341
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	か とう ひろ ゆき 加 道 博 行
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 2 6 6 3 号
学位授与年月日	平成 8 年 7 月 26 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	原子間力顕微鏡によるナノメートル構造評価技術と超高密度記録技術の開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 山本 幸佳 (副査) 教授 宮崎 慶次 教授 高橋 亮人 教授 西川 雅弘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、原子間力顕微鏡 (AFM) によりナノメートルスケールの微細構造を高分解能でしかも高精度に観察するために新たに開発したナノメートル構造評価技術と、テラビットクラスの大容量記録デバイスを目指した AFM による新たな超高密度記録記述の開発に関するもので、以下の 6 章により構成されている。

第 1 章では、本研究の背景として超微細構造の観察・評価技術や加工技術分野からの要望および AFM の発展の経緯について述べ、本研究の目的とその重要性を明確にしている。

第 2 章では、AFM の原理と要素技術について説明し、本研究のために試作した AFM の構成とその分解能評価結果、さらには高分解能化のための改良とそれによる原子像観察例について述べている。

第 3 章では、起伏の大きい試料を、高分解能でしかも高精度に観察・評価するために必要な AFM 用探針条件を明確にし、新たに開発した AFM 用探針について述べている。探針の先端曲率半径を微小化するために、等方性エッチング技術を用いてカンチレバー先端部を尖鋭化し、さらに、針状結晶がテトラポッド状に組み合わされた構造の酸化亜鉛ウィスカを探針として用い、従来の探針との性能比較を行い、その優位性を実証している。

第 4 章では、探針走査方向からの力の影響を受けない走査方式として新たに開発したホッピング走査方式について述べている。従来のアナログ制御回路を活用して、ホッピング走査方式の効果を実証し、さらにデジタル制御によるホッピング走査方式を開発しその性能向上を図っている。また、酸化亜鉛ウィスカ探針とホッピング走査方式を組み合わせることにより、高分解能で高精度観察が可能な AFM の実現について報告されている。

第 5 章では、カルコゲナイド薄膜を記録媒体とした新しい記録方法を提案し、AFM を超高密度記録デバイスの開発へ応用展開した結果について述べている。また、AFM を超高密度記録デバイスへ応用展開するために、AFM 像と導電性分布像を同時に観察できる装置を試作し、これを用いて従来の記録デバイスの 1000 倍以上の記録密度 (1 Tbit/cm²) が達成可能な超高密度記録方式を提案し、その原理を実験的に実証している。

第 6 章では、本研究によって得られたこれらの成果を総括し、将来展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

大容量の情報の高速処理化のために、半導体デバイスの微細化・高集積化、さらに新しい量子効果デバイスを開発する上において、原子スケールで構造を制御する三次元超微細加工技術が必要となり、さらに、加工表面や薄膜成長過程の原子スケールでの観察・評価技術においても、より一層の高精度化・高分解能化が要求されるようになってきている。

従来の走査電子顕微鏡や透過電子顕微鏡で得られるのは二次元原子像であり、その後開発された走査トンネル顕微鏡は、三次元観測は可能であるが、その利用は導電性材料に限られている。この点を解決するために、原子間力顕微鏡が開発され、鋭く尖らせた探針を走査することにより、固体表面の凹凸像を高い分解能で得ることが可能となりつつあるが、現状では、まだいくつかの課題が残されている。

本論文は、それらの課題を克服し、従来の原子間力顕微鏡では観察困難であった起伏の大きな試料でも高精度で観測可能な、信頼性の高い顕微鏡技術を確立するために行った研究の成果をまとめたものであり、主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 高分解能で高精度な原子間力顕微鏡観察を行う上で要求される、微小先端曲率および微小先端角の形状条件を満たす探針として、テトラポッド形状の酸化亜鉛ウイスカを採用し、高アスペクト比の探針を完成させている。
- (2) 走査方向からの力の影響を受けずに、しかもコンタクト走査方式なみの高い分解能で観察ができる走査方式として、表面凹凸像は探針を試料と接触させて測定し、測定点の移動は探針を試料表面から引き離して行うホッピング走査方式を提案している。これにより、コンタクトホールのような急峻な起伏を有する試料でも、高精度に観測することが可能となる。
- (3) 探針と試料間に働く力を常に監視しながら、探針を試料に徐々に接近させ、設定値に達した瞬間に引き離し、次の測定点に移動するという操作をコンピュータで行うデジタル制御を用いたホッピング走査原子間力顕微鏡を開発し、観察時間の短縮に成功している。
- (4) 導電性探針を a-GeSb₂Te₄ 薄膜に接触させた状態でパルス電圧を印加することにより、ナノメートルスケールの極微小領域の導電性を100倍以上増大できることを見出ししている。
- (5) 探針に記録時と逆極性の電圧を印加しながら走査することにより、記録されたビットを消去できることを見出ししている。さらに、消去された部分に再度記録（追記）することが可能であることも確認している。
- (6) これらの現象の応用として、1 Tbit/cm² の超高密度で、しかも高い SN 比で再生できる超高密度記録デバイスの実現の可能性を示している。
- (7) 原子間力顕微鏡を薬学や生物学分野へ応用するための有機・生体材料の観察手法を確立するために、水中でアスピリン分子性有機結晶の高分解能観察に成功し、種々の知見を得、またバクテリアペん毛の固定方法について検討を加え、蛋白質を変性させずに自然な状態で再現性のある原子間力顕微鏡像を得ることに成功している。

以上のように、本論文は原子間力顕微鏡の著しい性能向上を実現し、ナノメートルスケールでの構造評価技術を確立し、またこれを用いて斬新な超高密度記録方式の提案を行い、探針を用いたテラビット級超高密度記録デバイスの実現の可能性を示しており、原子力工学、材料科学の発展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して認める。