

Title	STMによるグラファイトとS終端GaAsのナノメートル加工・計測の研究
Author(s)	横井, 直樹
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39177
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	横井直樹
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第11904号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	STMによるグラファイトとS終端GaAsのナノメートル加工・計測の研究
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 助教授 高井 幹夫

論文内容の要旨

本研究では、従来の加工法では不可能なナノメートルから原子スケールの分解能と、プロセスの簡略化、低コスト化が期待される走査型トンネル顕微鏡(scanning tunneling microscope; STM)による大気中での加工法の基礎を確立することを目的として、大気中動作STM装置の開発と試作を行い、これを用いて、ナノメートル加工および未知の表面構造の解析を行った。

大気中で容易に清浄表面が得られ、その構造がよく知られていることから、グラファイトを試料として、大気中でのナノメートル加工の基礎特性を調べた。ここでは、STMの探針・試料間に電圧パルス印加してナノメートル加工を行ったが、この際の探針の形状変化に着目して、電圧パルス印加時には、探針先端の溶融、蒸発を引き起こすほどの過大な熱が発生し得ることを明らかにした。また、電圧パルス印加時のパラメータを制御することにより、グラファイト表面上に、ナノメートルスケールのエッチングとデポジションを行うことができた。

S終端GaAsは、電子構造に著しい改善が見られるなど、実デバイスのプロセスへの応用が期待されており、大気中で安定な導電性の表面が得られるために、大気中ナノメートル加工の試料として適当である。しかし、この表面の幾何学的構造に関しては、実験的には明らかになっていない部分が多い。そこで、この表面をナノメートル加工の試料として用いるのに先立って、STMと他の表面分析の手法を組み合わせることによって、この表面の構造解析を行い、その3次元的な構造を原子スケールで明らかにすることができた。また、これにより、大気中で安定なナノメートル加工の試料を、再現性よく作製できる技術を確立した。

本研究によって構造が明らかになったS終端GaAsを試料として、グラファイトを試料として得られた基礎データをもとに、電圧パルス印加による直接描画を行った。ここでは、ナノメートルスケールの隆起から成る直線状のパターンを描画するとともに、電圧パルスのパラメータによって、パターンの形状を制御することができた。また、このパターンをマスクとして、ナノメートルスケールのパターン転写を実現する可能性を示すことができた。

これらにより、STMによる大気中ナノメートル加工の基礎を確立することができた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、走査型トンネル顕微鏡（STM）を用いたグラファイトと硫黄（S）終端GaAsのナノメートル加工と計測に関する研究をまとめたものである。

STMによる加工法は、従来の方法では不可能なナノメートルから原子スケールの加工が、超高真空・超低温で試みられているが、このような環境での加工は、実際のプロセスとして応用するためには、複雑で実用化が難しい。本論文では、STMによるナノメートル加工のプロセスの簡略化と低コスト化を実現するために、大気中での加工法の基礎を確立することを目的として、大気中動作STM装置の開発を行い、これを用いて、大気中で安定にSTM像が得られるグラファイトのナノメートル加工を試みている。加工には、STM探針と試料間に電圧パルスを印加し、このときのパラメータを制御することにより、グラファイト表面にナノメートルスケールのエッチング加工と堆積を実現している。また、加工時の探針の形状変化より、探針先端の溶融・蒸発を引き起こす熱の発生が、この加工の機構であることを明らかにしている。

さらに、グラファイトにより実現できたSTMによるナノメートル加工法を半導体へ応用するために、大気中で安定なSTM観測を可能とするS終端GaAs表面構造の解析を行い、3次元的にその安定構造を初めて明らかにし、大気中で安定なGaAs試料を作製できる技術を確認した。これを用いて、大気中でSTM探針と試料間に連続電圧パルス印加することにより、ナノメートルスケールの隆起から成る直線状パターンの直接描画とパターン形状の制御を実現している。

また、このパターンをマスクとして、ナノメートルスケールのパターン転写を実現する新しい方法を提案している。

これらの研究は、超高密度・超高集積化の進む半導体集積回路の開発において、その超微細加工プロセスの限界を打破するばかりでなく、次世代の量子効果デバイスのためのナノメートル加工プロセスとして半導体工学の発展に寄与するところ大であり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。