

平成 年 月 日

環境生命工学専攻	学籍番号	009002
申請者氏名	金 周映	

指導教官氏名	金 熙濬 内田裕久
--------	--------------

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	走査トンネル顕微鏡による表面構造制御の研究
------	-----------------------

論文要旨

走査トンネル顕微鏡(scanning tunneling microscope (STM))は局所的にナノスケールで観察が出来、とその電子状態の測定が可能な表面分析装置である。また、STMは原子単位で原子を操作するための有力な手段であり、すでにナノスケールの微細加工や原子操作が行われており、これを応用することによってナノデバイスを構築することも可能であると考えられている。本研究では、STMを用いてナノスケールの制御を目的とした。具体的には、探針走査により、金表面の拡散を誘起させることと金表面上に吸着させた自己組織化膜の選択的な消去すること、または、その機構について考察を行った。

報告されている STM での原子操作の原理としては、探針-試料間に電圧パルスを加えることによる電界蒸発(ナノマウンドやナノホールの作製)と、探針-試料間に働く原子間力で説明されている。また、最近では、探針走査を行うとき、探針-試料間の相互作用により、表面変化を及ぼす可能性が注目され始めている。

金(111)表面の探針走査をするとき、探針に誘起された原子拡散を観察した。金表面を加工するために、探針材料・電圧パルス・探針-試料間の距離などの変化により実験を行った。使用した探針材料によって Au(111)表面で起こる表面拡散の相違を観察した。Au 探針を用いる場合、電圧パルスを加えた周辺に小さな原子拡散によるストライプ構造がテラス端から表面構造の方向に沿って成長した。Au と Pt-Ir 探針を用いる場合、電圧パルスを加えないと表面で変化は起こらず、Au 原子の拡散は電圧パルスを加えることによって引き起こされる。しかし、Ni 探針を用いる場合、電圧パルスがなくても、走査領域に大きな原子拡散が観察された。表面である Au 原子の拡散によって変化する走査領域の深さは、トンネル電流の対数に比例した。従って、走査領域の深さは、探針-試料間の距離に反比例すると考えることができる。この結果から得られた探針-試料間の相互作用を制御することによって、走査領域である金原子を拡散させ、1 原子層を除去することに成功した。また、走査中に拡散された表面原子は走査領域の左右にナノワイヤーを形成していた。そして、探針走査を回転することにより“L”と”T”形のナノパターンを作製することも可能であった。

自己組織化膜(Self-Assembled Monolayers: SAMs)は容易に金属表面に吸着が出来る、安定的かつ均一な構造であることからさまざまな分野で応用が可能である。自己組織化膜は均一に数ナノメートルの厚さで吸着するため、ナノ産業では高分解能レジストで応用が期待されている。

本研究では、探針-試料間の相互作用を制御することによって、選択した領域のアルカンチオール自己組織化膜を除去することを目的とした。実験では、厚さの異なるアルカンチオール自己組織化膜を使用した。膜の除去方法はトンネル電流を変化させることにより、探針の高さ(探針-試料の距離)を制御することで行った。一定なサンプル電圧でそれぞれ使用した分子膜の除去が可能であるトンネル電流を求めた。膜を除去したトンネル電流から探針高さは膜の厚さに比例していることが示された。この結果から、分子除去の機構は探針が分子に対して機械的に接触することで説明が可能であった。

また、本研究では大気中で探針に隆起された金表面原子の拡散と分子膜の除去を報告している。適切な探針-試料間の相互作用による表面制御は多様なナノ構造の作製が可能となる。電圧パルスの印加は表面ポテンシャルを変化させ、原子拡散のトリガーの役割を果たした。Ni 探針走査で表面原子が掃引されることによって線形のナノ構造や面形のナノ構造の作製が可能であった。探針の高さを変化させ、探針-試料間の相互作用を制御することによって、選択した領域に存在する分子膜の除去を行った。探針の高さを精密に制御することによって、数オングストロームの差である分子膜の除去を行うことが可能であった。