

Title	SCANNING TUNNELING MICROSCOPY OF SEMICONDUCTOR SURFACES
Author(s)	田中, 一郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3072880">https://doi.org/10.11501/3072880</a>
DOI	10.11501/3072880
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名 田 中 一 郎

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 9 4 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 10 月 4 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 SCANNING TUNNELING MICROSCOPY OF  
SEMICONDUCTOR SURFACES

(走査トンネル顕微鏡による半導体表面の研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)  
教 授 櫛 田 孝 司(副査)  
教 授 邑 瀬 和 生 教 授 池 谷 元 伺 教 授 大 山 忠 司  
助 教 授 木 下 修 一

## 論 文 内 容 の 要 旨

走査トンネル顕微鏡 (STM) は金属探針先端と導電性試料表面間に流れるトンネル電流を利用して試料表面の構造の実空間像を原子サイズの分解能で観察できる顕微鏡である。

本研究では、まず、大気中でも容易に高分解能が得られる STM の特長を生かし、微結晶シリコン薄膜表面の観察および半導体多重量子井戸構造の大気中観察を行う。前者では、結晶サイズに対応した大きさの凹凸像が、また後者ではその周期に対応した凹凸像が観察されるが、これらの凹凸は表面の幾何学的形状を示すものではなく、むしろ電気的情報を反映しているものと考えられ、その電気的情報には、微結晶シリコン薄膜の場合には表面酸化の不均一性が、また多重量子井戸構造の場合には表面のバンド構造が関係していると推測される。さらに、大気中 STM による観察では試料表面のコンタミネーションや湿度が凹凸の大きさに影響することや観察中にトンネル電流による像の経時変化が生じることが明らかにされる。

次に、化合物半導体プロセスにおけるさまざまな表面素過程のメカニズムを研究するための、分子線結晶成長 (MBE) 装置やアルゴンイオンスパック装置を備えたマルチチャンバー超高真空 STM 装置について述べる。この装置はロードロック室、試料交換室、MBE 室、プロセス室および STM 室の五つのチャンバーから構成されており、MBE 成長等のプロセスされた試料表面を大気に晒すことなく、清浄なまま STM 室に移送して観察することができる。

この装置により、MBE 成長した GaAs (001) 表面の As 原子の再配列構造を観察し、成長後の冷却条件と種々の As ダイマー再配列構造の対応を明らかにする。この中にはそれまで報告されることがない新しい再配列構造と考えられるものも含まれている。さらに半導体超格子構造の実現に関連して注目されている GaAs (001) 微傾斜表面上にステップ構造を観察し、MBE 成長によりその構造が変化の様子を報告する。また、InP (001) 表面を AS 雰囲気中で加熱クリーニングしてその表面構造を観察し、再配列した In-In ダイマーより形成される表面構造のモデルを提案する。続いて、その InP 表面に GaAs の格子不整合ヘテロエピタキシーを行い、そのプロセスを STM 観察する。GaAs をこの表面上に 1 または 1.5 原子層成長させた場合の二次元的成長が、2.5 原子層分の GaAs を供給

した場合はアイランド成長に転移することが観察され、その際1原子層分のGaAsが表面に残り、1.5原子層分がアイランド形成に関与することがSTM観察より示唆されている。

### 論文審査の結果の要旨

田中君は走査トンネル顕微鏡を用いて大気中でシリコン薄膜表面や半導体多重量子井戸構造を観測し、トンネル電流により像が経時変化することを見いだして、これが新しい微細加工への道を開くことを指摘したほか、結晶成長から各種プロセス、観測までを試料を高真空中に保ったまま行うことができる走査トンネル顕微鏡を製作し、半導体プロセスにおける表面素過程の直接的観測を可能にした。さらに実際にこの装置を用いて、分子線結晶成長法で作ったGaAs表面でAs原子の新しい再配列構造を見だし、表面構造に関する多くの知見を得た。よって博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。