

Title	原子間力顕微鏡による成長表面のラフニングに関する研究
Author(s)	岩本, 篤
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40179">https://hdl.handle.net/11094/40179</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	岩本篤
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13131 号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	原子間力顕微鏡による成長表面のラフニングに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岩崎 裕 教授 後藤 誠一 教授 増原 宏 教授 中島 信一 教授 石井 博昭 教授 川上 則雄 教授 八木 厚志 教授 志水 隆一 教授 樹下 行三 教授 豊田 順一 教授 萩行 正憲 教授 興地 斐男 教授 河田 聡 教授 伊東 一良 教授 一岡 芳樹

#### 論文内容の要旨

本論文は、薄膜堆積により成長した表面・界面のラフニングの振る舞いを理解し平坦性の制御に関する知見を得ることを目的として、原子間力顕微鏡を用いて主として銅薄膜の電気化学的堆積過程における表面のラフニング及び成長機構と表面のラフニングの相関に関して行われた研究結果をまとめたものであり、下記の7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景として表面ラフネスに関する物理的及び工学的な諸問題やラフネスの性質について概説し、本研究の目的を述べている。

第2章では、ラフネスの空間的な振る舞いを明らかにするために、原子間力顕微鏡によるスケーリング解析法を提案し、半導体シリコン表面に対して、メソスコピック領域におけるラフネスの空間的なスケーリング性を調べている。

第3章では、成長表面のダイナミックスケーリング理論に基づくラフネスの空間及び時間的な2つのスケーリング指数を用いて様々な成長モデルに関する比較検討を行い、成長機構とスケーリング指数の相関について議論している。

第4章では、電気化学堆積プロセスによる様々な成長条件下での成長表面のラフニング現象を実験的に調べている。安定な定電流堆積条件下で成長する銅の堆積膜表面のラフネスは、空間及び時間的スケール不変性を持つことを実験的に初めて示し、空間的スケーリングを特徴づけるラフネス指数を用いて成長モードを区別することが可能なことを見出し、成長モードの成長条件依存性を詳しく求めている。

第5章では、電気化学堆積膜表面のラフニングの成長に関してモデルを提案し、シミュレーションによる解析から、局所的な成長効果のみではラフネス指数は小さく、局所的な成長効果に非局所的な成長効果が加わることによって初めてラフネス指数はより大きな値となり、成長はより不安定なものになることを導いている。

第6章では、電気化学溶解プロセスにおける銅表面のラフニング現象を調べ、溶解表面ラフネスは堆積表面の場合と同様に、自己アフィンフラクタル性を示し独自のラフネス指数を持つことを実験的に見出ししている。また、シミュレーションを用いて溶解におけるラフニングの成長モデルを考察している。

第7章では本研究で得られた研究成果をまとめ、今後の展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

超高集積回路の製造や量子機能素子の製造において界面ラフネスの制御及び原子的に平坦な界面の形成の重要性が増している。しかしながら、薄膜成長表面・界面の平坦性の制御法は確立されておらず、成長表面のラフニングの現象については未知の領域が多い。本論文は、成長表面に生じるラフネスの統計的な性質を調べるための原子間力顕微鏡を用いた解析法の開発と、電気化学銅堆積等の薄膜堆積過程における表面のラフニングと平坦性制御に関して得られた研究成果をまとめたものである。その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) これまで実験的に研究が十分行われていなかったメソスコピック領域におけるラフネスの空間的な振る舞いを調べるために、原子間力顕微鏡によるスケール解析法を開発し、この解析法を基に各種の処理を行ったシリコン表面のラフネスが自己アファインフラクタルな空間的スケール性を示すことを明らかにしている。
- (2) 電気化学銅堆積プロセスにおける様々な成長条件下での成長表面のラフニング現象を実験的に調べ、定電流堆積条件下で成長表面が光沢を失わない安定な成長を行った銅の堆積膜表面のラフネスが空間及び時間的スケール不変性を示すことを初めて示している。
- (3) 電気化学銅堆積膜表面のラフネスに対する光沢剤の影響を調べ、光沢剤の添加量により空間的スケール性を特徴づけるラフネス指数が異なる二つの値を持つことを見出し、このラフネス指数が成長モードを記述しうることを明らかにし、成長条件に対する成長モードの相図を求めている。
- (4) 電気化学堆積膜表面のラフニングに関する独自の成長モデルを用いたシミュレーションによる解析から、局所的な成長効果に非局所的な成長効果が加わることによって実験により得られたラフネス指数を持つことを説明できることを示し、さらに成長は堆積膜厚とともに不安定なものとなることを明らかにしている。
- (5) 電気化学堆積膜と対照的な電気化学溶解プロセスにおける銅表面のラフニングを調べ、表面形状は堆積プロセスによって得られた表面形状の高さ反転したものに類似し、かつ溶解表面のラフネス指数は堆積表面とは異なる独自の値を持つことを明らかにしている。

以上のように、本論文は薄膜成長表面のラフニングの評価技術を確認し、これまで未知であった薄膜堆積過程における成長機構と表面のラフニングの相関に関して多くの知見を与え成長表面の平坦性制御に関する端緒を開いており、応用物理学、特に表面・薄膜プロセス工学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。