

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12885 号
------	---------------

氏 名 篠田 和典

論文題目

Studies on precisely controlled isotropic etching and its application to semiconductor device fabrication
(高精度等方性エッチングとその半導体デバイス製造への応用に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	教授	五十嵐 信行
委員	名古屋大学	教授	中塚 理

論文審査の結果の要旨

篠田和典氏提出の論文「Studies on precisely controlled isotropic etching and its application to semiconductor device fabrication (高精度等方エッチングとその半導体デバイス製造への応用に関する研究)」は、化合物半導体デバイスやシリコン大規模集積回路製造に用いられている薄膜構造を対象にして、ウエットエッチングおよび原子層エッチング技術を用いて、3次元の超微細パターン形成を行うとともに、その反応機構の解明と制御方法について、学術かつ実用的な成果をまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は序論で、化合物半導体やシリコン大規模集積回路デバイスの製造プロセスにおいて、デバイスを取り巻く情勢やその微細加工プロセスにおけるウエットおよびドライエッチング技術の研究開発の歴史と現状を概観し、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、本研究で用いたプラズマ計測技術や薄膜表面の構造を計測する技術および微細パターンを観察する技術ならびに装置について、それらの原理と応用について詳述している。

第3章は、半導体レーザーの形成に必要なInGaAsPとInPの化合物半導体薄膜の加工において、プラズマによるドライエッチングによって生じるダメージ層の除去技術として、損傷のない等方的ウエットエッチングを開発した結果について述べている。多様な溶液を検討した結果、臭化水素、臭素、水の混合溶液が有用であることを見出し、薄膜に対してダメージの無い平滑な表面を有するエッチングプロセス技術を完成させるに至った。この技術を用いて、高性能のレーザーの製作を実現している。

第4章は、InGaAlAsをInPに対して選択的に等方性加工する技術に取り組み、硫酸をベースとするエッチング溶液が選択性を有するの有用であることを理論と実験面から明らかにした。その結果、100度で、14mAで10-Gbitという世界最高の性能を持つ、短キャピティのレーザーを実現している。

第5章は、シリコン大規模集積回路の製造において必要不可欠の窒化シリコン薄膜を原子層で選択的かつ等方性エッチングする技術に取り組んでいる。水素を含んだフロン系ガスと酸素との混合ガスを用いたプラズマに表面を暴露した後に形成されたシリコンフッ化アンモニウム構造が、100度以上の温度に昇温することで昇華し、2ナノメーターの原子層で窒化シリコン薄膜をエッチングできることを見出している。その反応機構を解明するとともに、プラズマ照射と基板の昇温プロセスを繰り返すことで、シリコン酸化膜に対して、シリコン窒化膜を原子層毎で等方的にエッチングできる技術を完成し、そのプロセス技術を実用化するための量産装置の開発に成功している。

第6章は、第5章で開発した技術をTiN薄膜へ応用し、TiNについても同様に等方性かつ原子層エッチングが可能であることを見出し、その反応機構を解明している。これらの原子層エッチングは、自己制限反応特性を有しており、基本的に原子層でエッチングが自動的に停止するという特徴を有している。本研究で得られた知見は、超高精度で薄膜を選択的かつ等方的にエッチング技術として極めて有用である。

第7章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本研究では、半導体の超微細加工技術の根幹を支えているウエットおよびドライエッチングの化学反応を解析し、次世代の高選択比、原子層レベルでの新たな加工技術を開発するとともに、その反応機構を解明した。また、これらの技術は、現在のレーザや大規模集積回路製造のプロセス技術に活用されるに至っている。したがって、これらの成果は、学術上、又工業上寄与するところが極めて大きいと判断できる。よって、本論文提出者である篠田和典氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。