

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 10595 号
------	---------------

氏 名 飯野 大輝

### 論 文 題 目

臭化水素誘導結合型プラズマにおける臭素ラジカルの表面損失過程  
に関する研究

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	中部大学	教授	中村 圭二

## 論文審査の結果の要旨

飯野大輝君提出の論文「臭化水素誘導結合型プラズマにおける臭素ラジカルの表面損失過程に関する研究」は半導体超微細加工に用いられている臭化水素 (HBr) エッチングプラズマにおいて重要な役割を果たす臭素 (Br) ラジカルに着目し量産エッチング装置における Br ラジカル密度を系統的に測定するとともに、基礎実験装置を用いて Br ラジカル表面損失確率を測定することにより量産装置における Br ラジカル密度挙動の解析に成功したものであって、全体で 6 章から構成される。

第 1 章の序論では、半導体デバイスの微細化動向と反応性イオンエッチング (RIE) プロセスとしての誘導結合型 HBr プラズマの重要性について述べるとともに、エッチングにおいて重要となる Br ラジカル挙動に関する従来の研究をまとめている。そして、表面損失過程研究をもとにした Br ラジカル挙動解析を本論文の目的とし、その意義を述べている。

第 2 章では、本研究で用いた誘導結合型 RIE 装置の基本構造と Br ラジカル計測に用いた四重極質量分析器 (QMS) の測定原理を説明している。また HBr プラズマを照射したウェハ表面の分析に用いた X 線光電子分析法 (XPS) の原理について説明している。

第 3 章では、誘導結合型 RIE 装置の基本プラズマ特性を評価し、プラズマ中における負イオンの存在を指摘するとともに、QMS を用いたプラズマ中の安定分子種の同定を行った結果について述べている。HBr/Ar およびこれに O<sub>2</sub> あるいは N<sub>2</sub> を添加したプラズマにおいて、HBr の解離、Br<sub>2</sub> 等およびエッチング生成物である SiBr<sub>x</sub> 反応生成分子を確認するとともに、Si ウェハのバイアス電圧および温度の変化にともなう SiBr<sub>x</sub> 変化を測定した結果について述べ、エッチング速度に従ってプラズマ中の反応生成物量が変化することを示している。

第 4 章では、HBr プラズマ中の Br ラジカル密度測定結果について述べている。ラジカル計測手法となる出現質量分析法の原理を説明した後に、HBr/Ar およびこれに O<sub>2</sub> あるいは N<sub>2</sub> を添加したプラズマを生成した際の Si ウェハバイアス電圧に対する Br ラジカル密度測定結果を示し、Br ラジカルの減少がエッチング速度の増加と対応していることを示すとともに、表面反応層変化との関係について論じている。

第 5 章では基礎実験装置を用いた Br ラジカルの減衰時定数測定から HBr/Ar プラズマおよびこれに O<sub>2</sub> あるいは N<sub>2</sub> を添加した際の Br ラジカルの表面損失確率を定量的に評価するとともに、得られた表面損失確率をもとに量産用 RIE 装置における O<sub>2</sub> 添加にともなう Br ラジカル密度変化の説明に成功している。さらに、エッチングがほとんど進行しない無バイアス条件下での Si ウェハ温度上昇にともなう Br ラジカル表面損失確率増加および気相中の Br ラジカル密度減少を見出し、この原因が Si ウェハ表面における Br と水素との反応による HBr 生成であることを指摘している。

第 6 章では本論文を総括し、得られた研究成果の意義を明確にするとともに、残された課題と将来展望について述べている。

以上のように本論文は、半導体製造プロセスにおいて重要となる HBr エッチングプラズマ中における Br ラジカル挙動を表面反応の観点から明らかにするとともに、プラズマシミュレーションの基礎データとなる Br ラジカル表面損失確率を定量的に求めることに成功したものであって、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって本論文提出者 飯野大輝君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと判断した。