

Title	プロセス用ECRプラズマの特性とその応用に関する研究
Author(s)	白井, 光雲
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3065973">https://doi.org/10.11501/3065973</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名 白 井 光 雲

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 4 9 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 4 年 12 月 28 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 プロセス用 ECR プラズマの特性とその応用に関する研究

(主査)  
論 文 審 査 委 員 教 授 権 田 俊 一

教 授 中 井 貞 雄 教 授 西 川 雅 弘 教 授 三 間 罔 興

教 授 青 木 亮 三 教 授 三 宅 正 教 授 井 澤 靖 和

教 授 西 原 功 修

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プロセス用 ECR プラズマの特性を、反応領域でのプラズマパラメータから調べるとともに、プラズマパラメータの膜の堆積過程に及ぼす影響について研究した成果をまとめたものである。

第1章では、ECR プラズマを含むプラズマプロセス一般の歴史的背景、及び本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、のちの議論に先立ち、この論文で用いられるプラズマプロセス関係の用語を整理し、定義している。

第3章では、実験に用いられた ECR プラズマ装置の動作原理を、高周波放電の一般論、動作圧及び動作周波数による分類の観点から述べている。

第4章では、はじめに磁場中でのプローブ測定の問題について検討し、全体としてプローブ解析には薄いシースの場合の簡単な解析で十分であることを明らかにしている。その上で、電子温度などのプラズマパラメータの、反応領域内での空間分布、圧力及び入力パワー依存性を調べている。反応領域の電子温度の圧力依存性より、この領域の電子温度が定性的にはグロー放電の陽光柱の理論の枠内、すなわち電子温度は荷電粒子の生成と損失の釣り合いから決まることを明らかにしている。その直接的効果として、プロセス用 ECR プラズマ炉は低損傷かつ高品質プロセス装置であることを説明している。

第5章では、基板バイアスの膜堆積過程に対する効果を調べている。まず、基板バイアスによるプラズマ電位への影響を調べ、その影響をプラズマ炉全体の電流の大域的釣り合いから説明している。基板バイアスによる膜の堆積速度の変化とシース電圧の変化はよく対応し、負バイアスでは導体基板上の膜の堆積速度は増加している。この機構について、膜堆積過程の物理的側面から数値的に検討している。

第6章では、気相中のラジカルの輸送現象について、簡単な CVD のモデルにより考察し、ECR プラズマの低圧動作の特徴を説明している。

第7章では、ECR プラズマによる実際の膜堆積の応用例として、これをホウ素系アモルファス薄膜の作製に適用し、膜組成の柔軟性、低エネルギーのイオン衝撃による準安定構造の作製、水素添加による価電子制御について得られた

結果を議論している。

最後に第8章で、本研究の議論をまとめ、基本的プラズマパラメータを把握することがプロセス用 ECR プラズマの特徴を理解したり応用する上で有効であることを結論している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、プロセス用 ECR プラズマの特性を、反応領域のプラズマパラメータから調べるとともに、膜の堆積過程などその応用面との関連を調べた研究をまとめたもので、主な成果は次の通りである。

- 1) プラズマパラメータの反応領域内での圧力依存性などを、プローブ測定により明らかにするとともに、プローブ解析は、磁場中でも、全体としては薄いシースの場合の簡単な解析で十分なことを示している。反応領域の電子温度の圧力依存性より、反応領域の電子温度は基本的には荷電粒子の生成と損失の釣り合いから決まり、プラズマ反応と必ずしも直接に関連付けられないことを明らかにしている。発散磁場の影響は荷電粒子の釣り合いを通じて電子温度を高くする。上記の効果から基板に入射するイオンのエネルギーが低めになり このためプロセス用 ECR プラズマ炉は、低損傷プロセスになることを示している。
- 2) 膜堆積過程に対する基板バイアスの効果を調べ、プラズマ電位は負バイアスでほとんど変化しないのに対し、正バイアスでは大きく影響されていることを示し、これをプラズマ炉全体の電流の大域的釣り合いから説明している。基板バイアスによる堆積速度変化はシース電圧の変化とよく対応し、負デバイスでは導体基板上の堆積速度は増加している。この機構について、低圧力ではイオンは堆積速度の増加に直接寄与し、少し高い圧力ではイオンによるバイアス電極表面からの2次電子がその近傍での凝縮性ラジカルの密度を増加させて堆積の増加に寄与することを示している。
- 3) 動作条件を変えたときの膜の堆積速度の変化から気相中のラジカルの輸送現象について調べ、ラジカル反応としては不均一反応であり、CVDとしては低圧での動作であるにも関わらず、質量輸送律速が成立していることなどを明らかにしている。
- 4) ECR プラズマの応用として、ホウ素系アモルファス薄膜の作製を試み、 $\alpha$ -B<sub>1-x</sub>C<sub>x</sub>膜においても、プラズマ堆積による膜組成が柔軟性をもつこと、 $\alpha$ -B膜では水素添加により膜の電子構造は大きく変化することを明らかにしている。

以上の結果は、プロセス用 ECR プラズマの特性を実験的、理論的に明らかにし、膜堆積などの応用の展開にあたって有用な知見を提供しており、プラズマ工学、材料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。