

Title	高周波自動整合器の開発とプラズマプロセッシングへの応用
Author(s)	吉迫, 裕司
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48581">https://hdl.handle.net/11094/48581</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>〉</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	吉 迫 裕 司
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 1 8 3 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル科学専攻
学位論文名	高周波自動整合器の開発とプラズマプロセッシングへの応用
論文審査委員	(主査) 教授 藤原 康文 (副査) 教授 掛下 知行 教授 節原 裕一

### 論 文 内 容 の 要 旨

半導体デバイスやディスプレイ製造工程の薄膜成長や微細加工ではプラズマプロセッシングが活用されている。本論文では、プラズマ生成に用いられる高周波を効率よく供給するために新たに開発した自動整合方式(追値制御方式)と、プラズマの材料プロセスへの応用についてまとめた。

第 1 章では、本研究の背景と目的、本論文の構成について述べた。

第 2 章では、追値制御方式を用いたマイクロ波整合器について述べた。従来方式では整合状態に至る過程で反射が大きくなる場合があり、プラズマを着火し安定して放電させるまでに時間がかかる。新方式では整合器からみた負荷側のインピーダンスを整合器の等価回路から演算により求め、最適な整合器の動作を予め理論的に計算して制御する。このため整合過程で無駄な動きがなく、再現性良くプラズマを着火し短時間に放電を安定させることができることを示した。

第 3 章では、13.56 MHz などプラズマプロセッシングにおいて一般的に用いられる RF 帯での整合回路に対して追値制御方式を適用し、その有効性を確認した。一方、200 MHz など VHF 帯では等価回路で置き換えることが難しい。このため整合回路全体の入出力の特性を実測して数値モデル化することで追値制御を導入する方式を新たに考案し、1 秒以下で動作する高速な整合特性を明らかにした。

第 4 章では、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ装置を製作し、開発した自動整合器のもつ負荷インピーダンスのモニタ機能や入力インピーダンスの調整機能の有用性を明らかにした。ECR プラズマを用いた GaAs のエッチングでの RF バイアス効果を調べ、反応性イオンビームエッチング (RIBE) の DC 加速電圧と同様のモデルで説明できることを明らかにした。エッチング面に作製したショットキバリアの特性評価から、RIBE に比べて大幅にダメージが低減されることを見出した。一方、マイクロ波プラズマ CVD 法により  $\text{CH}_4 + \text{H}_2$  プラズマを用いたダイヤモンド成膜を行い、Xe 添加効果を調べた。成長レートと結晶性は Xe 添加により大きく向上し、プラズマの電子密度が上昇することを示した。

第 5 章では、RF プラズマによる薄膜作製を行った。RF マグネトロンスパッタにより酸化物高温超電導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  薄膜を作製した。c 軸配向性が高く、転移温度 80 K を超える薄膜を得ることに成功し、成膜条件によりエピタキシャル成長することを RHEED 観察により明らかにした。さらに、新たに開発したリン酸によるパターンニング手法により粒界ジョセフソン接合デバイスを作製し超伝導現象を確認した。一方、リモート RF プラズマ CVD 装

置を新たに製作し、Ar プラズマにおいて低い電子温度と 80°C以下の基板温度が実現できることを示した。TEOS を用いた SiOCH の成膜に適用し、室温において原子レベルで平坦で、高い絶縁性を示す膜を得ることに成功した。

第6章は結論であり、本研究の内容を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

半導体デバイスやディスプレイ製造工程の薄膜成長や微細加工ではプラズマプロセッシングが広く活用されている。本論文では、プラズマ生成に用いられる高周波を効率よく供給するために新たに自動整合方式（追値制御方式）を開発し、その材料プロセスへの応用について検討を行っている。

主な成果を要約すると下記の通りである。

(1)整合器からみた負荷側のインピーダンスを整合器の等価回路から演算により求め、最適な整合器の動作を予め理論的に計算して制御する「追値制御方式」を用いたマイクロ波整合器を新たに開発している。また、このマイクロ波整合器を用いることにより、整合過程で無駄な動きがなく、再現性良くプラズマを着火し短時間に放電を安定させることができることを示している。

(2)13.56 MHz などプラズマプロセッシングにおいて一般的に用いられる RF 帯での整合回路に対して追値制御方式を適用し、その有効性を確認している。一方、200 MHz など VHF 帯では等価回路で置き換えることが難しいため、整合回路全体の入出力の特性を実測して数値モデル化する追値制御方式を新たに考案し、1秒以下で動作する高速な整合特性を明らかにしている。

(3)電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマ装置を新たに製作し、本研究で開発した自動整合器のもつ負荷インピーダンスのモニタ機能や入力インピーダンスの調整機能の有用性を明らかにしている。ECR プラズマを用いた GaAs のエッチングプロセスへ応用し、反応性イオンビームエッチング（RIBE）に比べて大幅にダメージが低減されることを見出している。一方、マイクロ波プラズマ CVD 法によるダイヤモンド成膜への Xe 添加効果を調べ、成長レートと結晶性は Xe 添加により大きく向上することを明らかにしている。

(4)リモート RF プラズマ CVD 装置を新たに制作し、Ar プラズマにおいて低い電子温度と 80°C以下の基板温度が実現できることを示している。TEOS を用いた SiOCH 成膜へ適用し、室温において原子レベルで平坦で、高い絶縁性を示す膜を得ることに成功している。

以上のように、本論文はプラズマ生成に用いられる自動整合方式を新たに開発するとともに、それを用いたプラズマプロセッシングにおいて新しい知見を与えており、材料工学分野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。