

博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 本間 哲哉

審査委員 上野 和良

審査委員 小池 義和

審査委員 藤田 吾郎

審査委員 高木 茂行

*審査委員

氏 名	杉本 一弘
論文題目	プラズマ生成装置の高周波インバータ、および高周波整合器に関する研究
〔論文審査の要旨〕 本論文は、半導体・液晶製造装置などに用いる高周波プラズマ生成装置の高周波インバータの電力損失低減と電力変換効率向上、および高周波整合器のインピーダンス整合制御について述べている。 本論文は、第 1 章～第 7 章で構成され、第 1 章では、本研究の背景、目的と意義、論文構成について述べている。第 2 章では、従来の高周波プラズマ生成装置の構成、高周波インバータ、高周波整合器の概要について述べている。 第 3 章では、周波数 13.56MHz、高周波出力 1kW の高周波インバータの出力変成器に用いるフェライトコアの特性、電力損失、発熱、電力変換効率について述べている。フェライトコア材質の変更で、ヒステリシス損失を約 55%低減している。その結果、高周波出力変成器の損失を約 79%低減している。また、温度上昇を約 65°C低減し、キュリー温度以下での使用が可能となったことで、1kW の高周波出力を実現している。 第 4 章では、周波数 13.56 MHz、高周波出力 1 kW の MOS-FET インバータの電力変換効率と電力損失の低減について述べている。4 個の MOS-FET を並列接続するためのプリント基板の寄生容量・インダクタンスを低減する新しい方式を提案している。発振耐性の向上、動作電流のアンバランスの解消により、1kW の高出力化が可能となり、高周波出力 1 kW 時の損失電力を従来比で約 54%低減している。また、従来の高周波インバータの出力合成器 4 個を、新方式で 1 個に削減している。その結果、高周波インバータ全体の電力損失を従来比で約 55%低減し、電力効率 69.6 %～75.8 %を達成している。最大効率として理論値 78.5 %に近い値を得ている。 第 5 章では、誘導結合型プラズマ生成装置に用いる高周波整合器として、コイルを平衡接続した T 型整合器を提案している。従来の変容コンデンサのみを用いる L 型整合器に対して、負荷インピーダンス範囲を 25 倍に向上し、電圧定在波比 (VSWR) を約 1 桁、入射波の立ち上がり時間を 85 %低減している。提案した	

T型整合器を誘導結合型プラズマ装置に搭載し、3次元メモリ製造の深掘りエッチングで実用性を確認している。

第6章では、第5章のT型高周波整合器を搭載した装置で、フォトレジストのプラズマ灰化（アッシング）処理を検討している。整合時間を従来の1～8秒から0.1～0.2秒に短縮し、高速整合を実現している。また、高周波出力1kW時の反射波電力を従来の7～18Wから1～3Wに低減している。

第7章では、本研究を通して得られた成果、結論、残る課題と将来展望を述べている。

最終審査では、予備審査での指摘を基に加筆・修正を行った論文について、約70分間の発表（公聴会，出席者22名）があり、多数の有意義な質疑応答がなされた。引き続き開催した審査委員会では、予備審査での指摘に基づき加筆・修正した部分の説明があり、実験データに対する考察が不足しているとの指摘があった。再度、考察を充実させることを前提に、合否の判定を行った結果、博士学位論文として十分な内容であり、審査委員5名全員が合格と判定した。

本研究に関する論文・学会発表

- ・査読付き論文：2編（英文1、邦文1）
- ・国内学会口頭発表：4件

以上