

氏名(本籍)	鄭 仲 鉉 (韓国)
学位の種類	理学博士
学位記番号	博甲第703号
学位授与年月日	平成2年2月28日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	Study of Low-Frequency Wave in the GAMMA 10 Tandem Mirror using the Fraunhofer Diffraction Method (フラウンホーファー回折法によるガンマ10における低周波波動の研究)
主査	筑波大学教授 理学博士 三好 昭 一
副査	筑波大学教授 理学博士 長 澤 博 筑波大学教授 理学博士 谷 津 潔 筑波大学助教授 工学博士 間 瀬 淳

論 文 の 要 旨

本論文は、複合ミラー磁場閉じ込め装置ガンマ10のセントラル部プラズマに励起されている電子密度揺動をフラウンホーファー回折法により測定し、その同定を行ない、さらに閉じ込め電位との関連を調べたものである。

論文ではまず、Evans, 園田等により導出されたフラウンホーファー回折法の一般理論を用い、実際の実験装置に則して回折像の近似解を導出した。特に、波数の小さい(長波長)領域の解説を行なうための方法を提案し、実験結果の解析に用いた。実験においては、45GHzのミリ波帯でのフラウンホーファー回折法を設計・製作しガンマ10セントラル部に適用した。特に、25mm×25mmの石英基板にボウタイアンテナアレイを蒸着し、アンテナ間にビームリード形GaAsショットキーバリアダイオードを接着した新しい多チャンネル検出器を製作し使用した。検出器基板には回折像面での測定スリットの大きさを限定するため、さらにはSN比の改善のため、45GHz帯基本モード(TE₁₀モード)導波管アレイを取り付けた。信号は広帯域低雑音増幅器で増幅したのちCAMAC形A/D変換器とパーソナルコンピューターを用いフーリエ解析を行なった。以上の組み合わせにより4点の回折像を1ショットで得ることに成功した。

低周波波動の分散関係は種々の実験条件、特に様々な電位分布のもとで求め、それがE×B回転に起因するドプラーシフトを考慮した時のドリフト波の分散式に一致することを示した。

次に、ガンマ10エンドプレートにバイアス電圧を印加し、プラズマ電位の制御を行なった。その時の電子密度揺動レベルの測定結果より、プラズマ電位がわずかに半径方向に凹形分布のとき揺動

レベルが最も大きいこと、凹形分布、凸形分布にかかわらずプラズマ中の電場を強くしていくと揺動レベルが小さくなることを見出した。この実験結果は、ドリフト波の両極性電位による安定化に関する数値計算結果と一致する。

ガンマ10の通常の運転条件における電子密度揺動レベルの値は $\tilde{n}_e/n_e \approx 0.02$ であった。この揺動レベルに対し、ドリフト波の準線形理論より導出される径方向拡散係数は $D_{\perp} \approx 300 \text{ cm}^2/\text{sec}$ となる。この値で決まるエネルギー閉じ込め時間は $\tau_E \approx 200 \text{ msec}$ であり、現在のガンマ10閉じ込めを制限しない。電位分布によっては $\tilde{n}_e/n_e \approx 0.10 \sim 0.15$ にもなり不安定波動による異常輸送が重大な影響を及ぼす可能性があることを提案した。

審 査 の 要 旨

本研究では、フラウンホーファー回折法に新しいアイデアに基づき設計製作されたミリ波検出器アレイを適用し、従来から非常に困難とされてきたプラズマ中の乱流波動の分散関係の測定に成功した。ガンマ10では電位分布、密度分布を直接測定しており、それらを用いて導出される分散関係の理論と実験の定量的一致は世界でも初めてであり、大きな価値が認められる。

一方、電子密度揺動レベルのプラズマ電位分布に対する依存性、及び揺動レベルとプラズマの拡散係数の定量的評価は、今後のガンマ10における安定な電位形成、さらにタンデムミラーの電位形態決定への有力な情報となるものである。このドリフト波の電位制御については、トカマクプラズマの異常輸送の評価にも示唆を与えることから注目を浴びている。

以上より、本研究は現在核融合研究分野において最重要課題の一つとされている「密度揺動と輸送」について明らかにしたものであり、高く評価できる。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。