

氏 名	あき づ てつ や 秋 津 哲 也
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2715 号
学位授与の日付	平 成 5 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	強電離および弱電離プラズマの電流による不安定性

論文調査委員 (主 査)
教授 板谷良平 教授 大引得弘 教授 若谷誠宏

論 文 内 容 の 要 旨

近年、熱核融合反応の研究を目的とした高温・完全電離プラズマから、プラズマ化学反応を利用した材料合成や表面化学反応に用いられる低温度・弱電離状態のプラズマまで広範囲のプラズマ利用技術が開発されている。本論文は強電離の有限 β プラズマ中で観測されたアルベーン不安定性と負イオンを含む弱電離プラズマ中の電離不安定性について実験的研究を行い、媒質の電気抵抗の変化という観点からとりまとめたもので、2部8章と付録から成っている。

第一部では有限 β プラズマ中において観測された電流駆動広帯域アルベーン不安定性と抵抗性ドリフト不安定性と結合したドリフト・アルベーン不安定性を比較している。

第1章は序論で、プラズマの高密度化すなわち有限ベータ化によって問題になるアルベーン不安定性の実験的研究の重要性を指摘し、研究が行われた背景について述べている。

第2章では、アルベーン不安定性の実験に用いられたプラズマ源の諸特性と、波動現象の診断に用いられた離散的フーリエ変換によるスペクトル分析について述べ、この方法を適用して行った非軸対称シア・アルベーン波と圧縮アルベーン波の分散関係を測定している。

第3章では、広帯域アルベーン不安定性の軸方向電流による不安定化について述べている。外部電極によってプラズマ中心部の一様な部分に電界を加えることによって、アルベーン波を励起し、プラズマ中の駆動電流による誘導磁場の測定から閉じ込め磁場のシアーおよび安全係数 q を算出し、アルベーン波に起因するプラズマ抵抗の増大および電子拡散の増大による密度分布の変化の様子を調べた。一方アルベーン波に結合する電流駆動不安定性の分散関係を基礎方程式から導出し、これによりアルベーン波の周波動が広帯域化されるという結論を得ている。

第4章では、ドリフト・アルベーン結合波の軸方向電流による不安定化について述べている。外部電極によってプラズマ柱全体に電界を加えると、アルベーン速度の百分の一程度の電子ドリフト速度によってドリフト・アルベーン結合波が観測されることを示し、駆動電流による誘導磁場と不安定性による磁場揺動の測定とから、誘導磁場による閉じ込め磁場のシアー、安全係数 q 、及び不安定性の磁力線方向の伝搬

速度を求め、この不安定性の性質を線形理論による分散関係と比較している。

第二部では種々の負性気体、 SF_6 、 CF_4 、 SF_6 と He の混合気体中で観測された負イオンに起因する放電形態の変化と電離不安定性の励起について述べている。

第1章は序論であり負性気体中の放電現象の研究が行われた背景について述べている。

第2章では SF_6 中の放電減衰過程において観測された陽光柱の膨張と電界強度の増大をともなう放電形態の変化について述べ、膨張にともなう陽光柱の発光強度の増大、電子ドリフト速度および電子密度等の変化について述べている。観測された電離不安定性の伝搬特性、分散関係を求め、電界構造を静電プローブ測定によって明らかにしている。

第3章では、He と SF_6 の混合気体中、第4章では CF_4 中の放電減衰過程において観測された陽光柱の膨張と電離不安定性について述べている。

第5章では、電子付着に起因する負の微分電気伝導度を有する放電媒質中の電流駆動不安定性について述べ、実験によって観測された電離不安定性との関連性を指摘している。

付録において、より高密度のプラズマ中に於て観測されたスペクトルのシュタルクプロフィールの変化とプラズマ診断への応用について述べている。

論文審査の結果の要旨

プラズマ中の集団現象はプラズマの本質に係わる重要な研究対象であり、これまでも多くの研究者が取り扱ってきたが、その多様性のため励起状態にあるプラズマ中の不安定性については解明すべき課題は多数残されている。本論文は強電離の有限 β プラズマ中で観測された磁気流体不安定性や過渡的な高電界の放電励起状態にある弱電離プラズマ中で観測された電離不安定性を同定し、媒質の電気抵抗の変化という観点からとりまとめたものであり、得られた成果の主なものは次の通りである。

(1) 有限 β プラズマ中の電流によって不安定化された磁気流体不安定性の観測を行い、磁力線に沿った2点で検出された磁場揺動の位相スペクトラムからアルペーン不安定性と同定した。アルペーン波スペクトルの広帯域化を観測し、その原因をプラズマ中の電気抵抗の空間分布の時間変化による磁気流体不安定性に起因する相関時間の減少とした。

(2) 有限 β プラズマの電流によるドリフト・アルペーン結合波の励起と電流駆動アルペーン波とを比較し、これまで測定されていなかったプラズマ中心軸付近の磁場揺動の空間分布と磁力線方向の位相関係および密度揺動の空間分布の測定等から、その違いを明確にした。さらに、不安定が生じる軸方向電流の電子ドリフトは従来アルペーン速度の2分の1程度とされていたが、0.01倍程度の電子ドリフト速度で不安定化することを明らかにした。

(3) 電氣的負性気体中の放電で作られる弱電離プラズマ中で観測され、過渡的な高電界の放電励起状態を示す場合に発生する不安定性を観測し、プラズマ中の電界、電子附着及び拡散が関与する放電形態の自発的な変化による電離不安定性であることを同定した。

以上、要するに本論文は、多様性に富むプラズマの集団現象の中でとくに電流により励起される低周波領域の不安定性を実験的に明らかにしたものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よ

って、本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成5年3月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。