

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 10613 号
------	---------------

氏 名 小笠原 慎弥

論文題目

高精度協同トムソン散乱計測のためのミリ波帯大電力ジャイロトロ
ンにおける不要モード発振抑制に関する研究

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	久保 伸
委員	名古屋大学	教授	大野 哲靖
委員	名古屋大学	准教授	井戸 毅
委員	九州大学	准教授	出射 浩

論文審査の結果の要旨

小笠原慎弥君提出の論文「高精度協同トムソン散乱計測のためのミリ波帯大電力ジャイロトロンにおける不要モード発振抑制に関する研究」は、核融合プラズマにおいて重要となるイオンの速度分布関数を評価する手法として有望な協同トムソン散乱計測において障害となる計測ビームの不要モードの発生条件と、その抑制法を明らかにしたものである。本論文は全6章で構成されている。

第1章では、本論文の動機付けとなる研究背景と目的を詳述している。核融合発電を実現するために重要となる核燃焼プラズマ中の α 粒子の熱化過程においてイオン速度分布関数評価の必要性とその有望な診断手法としての協同トムソン散乱計測について述べ、その中で発振源であるジャイロトロンで計測上問題となる不要モード抑制の重要性を説明している。

第2章では、ジャイロトロンの動作原理およびモード競合理論を詳述している。ジャイロトロンの発振においては、共振器中に注入された電子ビームが共振器内の高周波電場と相互作用することで位相集群を生じ、電子の運動エネルギーが高周波電磁場エネルギーに変換されること、また、大電力ジャイロトロンにおいては、オーバサイズの共振器を用いる必要があり、必然的にモード競合が起こること、このモード競合は、共振器中の電磁場と電子ビームの運動方程式を自己無撞着に解くことにより計算できることを導いた。

第3章では、実験装置について述べている。実験に用いたジャイロトロンと伝送系を含めた電子サイクロトロン加熱装置と、協同散乱計測用の受信器の各コンポーネントをそれぞれの動作原理、計測原理を含めて示している。

第4章では、ジャイロトロンの具体的な運転パラメータを用いて行ったモード競合計算の結果を述べている。発振開始電流の計算により、実験に用いたジャイロトロンにおいて、主モードTE18,6に対して発振する可能性のある不要モードを推定し、第2章で詳述したモード競合計算コードを用いて、ジャイロトロンの運転制御パラメータに対する発振モードの時間発展の依存性を詳細に示した。この中で、大電力発振に最適化した運転パラメータにおいては、主モードが発振する前に、不要モードTE17,6がまず発振し、そのTE17,6電場によって主モードであるTE18,6が効率よく成長できることを示した。また、主モードが発振した後も、別の不要モードTE19,6も低レベルながら同時発振することがあることも示した。さらに、運転パラメータの一つである共振器磁場を約2%上昇させることで、不要モードの発振が抑制されることも明らかにした。

第5章では、上記計算から予測した不要モードの抑制を実験的に検証し、協同トムソン散乱に適用した例を示している。第4章のモード競合計算から示唆されたように、出力が最大になるように最適化された共振器磁場を2%上昇させることで不要モードを完全に抑制でき、さらに、アノード電圧を最適化することで、不要モードを発生させず、最大出力の約50%での運転が可能になることを実験的に示した。この運転を協同トムソン散乱に適用するにあたり、より高精度の計測を行うためには、主モード発振と同時に発振する不要モードTE19,6のみを抑制した最大出力の80%で1秒以上の安定運転で、有為の協同トムソン散乱信号の受信に成功した結果を述べている。

第6章では、本研究の総括および将来の展望を述べている。協同トムソン散乱計測を行うためにジャイロトロンの運転条件をモード競合計算により探索し、実験的にそれを定性的に再現する結果が得られたこと、この結果を利用して不要モードを抑制して協同散乱計測に成功したことが総括されている。さらに、モード競合計算の結果を精査した結果、変調の立下がりでは不要モードが発振しない運転領域を発見し、実験的にもこれに相当する結果を述べて、より高精度の協同トムソン散乱計測の可能性を示唆している。

以上のように、本論文は、核融合燃焼プラズマ中のイオン速度分布関数を高精度に計測可能な協同トムソン散乱光源の最適化条件を明らかにすることにより核融合発電炉の実現に大きく貢献するものであり、学術上・工学上寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者小笠原慎弥君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。