

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11474 号
------	---------------

氏 名 藤田 宜久

論文題目

プラズマ加熱用大電力ミリ波伝送系の数値シミュレーション
(Numerical Investigation of High-Power Millimeter-Wave
Propagation in Transmission System for Plasma Heating)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	客員教授	中村 浩章
委員	名古屋大学	客員教授	久保 伸
委員	名古屋大学	教授	大野 哲靖
委員	山形大学	教授	神谷 淳

論文審査の結果の要旨

藤田宜久君提出の論文「プラズマ加熱用大電力ミリ波伝送系の数値シミュレーション」は、導波管の形状のみならず導波管表面に発生する渦電流を考慮した電磁場伝播シミュレーションコードを開発し、同コードを用いて電子サイクロトロン共鳴加熱(ECRH)システムに用いられているマイターバンド及びマイターバンド型偏波器内の電磁波伝搬シミュレーションを行い、偏波状態や高次モードの発生状況の解明を行っている。各章の概要は以下の通りである。

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。プラズマの加熱装置と伝送系に用いられるマイターバンド、並びにマイターバンド型偏波器の構造について説明している。

第2章では、電磁波伝播のアルゴリズムであるFinite-Difference Time-Domain (FDTD)法について説明している。FDTD法を用いた先行研究では導波管の材質を完全導体として扱っていたため、導波管壁上でエネルギー損失は原理的に求められなかった。そこで、本論文では導波管壁に発生する渦電流を計算するため、Drudeモデルを導入し改良した。同手法の妥当性確認のため、金属平面に平面波を入射する数値計算を行い、反射率が理論値と一致することを示した。さらに、直線円筒コルゲート導波管に伝播基本モードであるHE₁₁モードを入射し、電磁波が十分損失することなく伝わることも確認し、改良コードの妥当性を示している。

第3章では、マイターバンドが伝播モードに及ぼす影響を評価している。二本の直線円筒コルゲート導波管がマイターバンドでL字に接続した系にHE₁₁モードを一方の端面より入力して定常状態に達するまでのシミュレーションを行い、電場強度分布を求めている。この分布よりマイターバンドの鏡面で反射される際にHE₁₁モード以外のモードが発生し、それらの合成(ビート)が確認できた。さらに、このビート長を測り、約60mmのビート長は、HE₂₂モードまたはEH₂₃モード、約120mmのビート長は、HE₄₂モード、TE₀₂モード、TM₀₃モードが発生していると推定している。

第4章では、溝の深さが入力波の1/4波長のマイターバンド型偏波器における電磁波の偏波特性を明らかにしている。第3章で扱った系のマイターバンドを同型偏波器に置き換えて、定常状態の電場強度の空間分布を求めている。結果は、マイターバンド同様にビートが発生し、これより、マイターバンド型偏波器でも反射の影響による高次モードの誘起を確認した。さらに、入射波の電場の向きと反射後の電場の向きを比較することで、偏波特性を定量的に得ている。この結果は、近似理論による解とよく一致することも示している。

第5章では、本論文の総括、及び今後の課題をまとめている。

以上のように本論文では、Drudeモデルを組み込んだFDTDシミュレーションが理論計算だけでは求められないECRHシステムの伝送系構造の最適化設計のための強力なツールであることを示している。これらの計算手法並びに得られた結果は、核融合におけるミリ波伝送系の高効率化、高性能化、さらには大電力化に寄与し、核融合工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である藤田宜久君は博士(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。