

汎用三次元数値シミュレーションソフトを用いたヘリックス型進行波管の最適設計手法に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2024-06-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中島, 研二 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/0002000646">https://doi.org/10.14945/0002000646</a>

## 進行波管の最適設計手法に関する研究

進行波管(TWT)への性能要求の高度化に伴い、設計精度向上を目的として、より高度なモデル化を適用する研究がなされてきた。しかしモデル化において実際とは異なる構造が用いられるなど、計算結果を実際的设计および TWT の製造にフィードバックすることが困難で TWT の不安定現象への言及がなされていない。TWT 性能と不安定現象の総合的な考慮がなされていないといった課題が存在し、実用的なレベルで TWT の設計に適用された例は少ない。本研究では、TWT の主要性能と不安定性を同時に考慮しながら、実際のヘリックス型 TWT 内部の三次元構造などをより厳密にモデル化することで不安定現象を抑制したヘリックス型 TWT の最適設計手法を提案し、実機との性能比較からその効果を明らかにしたものである。

第1章は、TWT への三次元数値シミュレーションの適応例を示し、従来の設計手法の課題を明らかにした。第2章では、TWT の重要な構成部(高周波回路, 電子銃, 集束装置, コレクタ)について個々に示し、TWT の動作原理について説明を行った。第3章では、汎用三次元数値シミュレーションソフトである CST Studio Suite を用いて、ヘリックス型 TWT の各構成要素の 3D モデル化を行い、得られた計算結果と理論値や測定値との比較を行うことで 3D モデルの妥当性の確認を行った。更に 3D モデル化手法を用いて K 帯 (17.7-21.2 GHz) 150 W 級ヘリックス型 TWT の動作解析モデルを作成し、主要性能の計算値と測定値の比較を実施した。この結果、動作解析モデルの計算結果は、小信号利得で-1.9 dB、ビーム効率では 0.4%の差異で測定結果と一致し、本研究で作成した 3D モデルは妥当であるという結論に至った。第4章では、同モデルを用いて最適設計手法の提案を行った。従来の軸対称二次元モデルで正確に考慮することが困難であったアッテネータのロスパターンおよびヘリックスのピッチプロファイルを最適化し、K 帯 150 W 級 TWT において不安定性を考慮しながら、同時にビーム効率を改善することを行った。アッテネータのロスパターンに関しては、3D モデル上の誘電体に Bulk 導電率を設定する手法でモデル化を実施し、3D モデル上でロスパターンを変化させることで TWT の不安定動作現象および主要性能に変化が生じることを計算上で確認することが可能となった。この手法を用いることで、主要性能が最大かつ不安定動作が発生しない最適なロスパターン設計が可能とした。また、ピッチプロファイルにおいては出力側遅波回路の速度テーパを 3D モデルによる計算結果から得られた電子ビームの速度から決定する手法を用いることで、ビーム効率を最大で 4.3%改善することが可能であることを示した。本研究の提案手法により TWT の主要性能と不安定動作現象を同時に考慮した最適設計を可能とした。以上のように本論文では、汎用三次元数値シミュレーションソフトを用いた TWT の最適な設計手法の確立を目指し、実機との詳細な比較により、その正確性、有効性を示す事に成功するとともに、設計手法に関する有用な知見を与えている。よって、以上のことから、本論文は博士(工学)の学位論文としてふさわしいものと認められる。