

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Analysis and Design of a Perpendicular-Corporate Feed in Multi-Layer Parallel-Plate Slot Array Antennas
著者(和文)	JIShuang
Author(English)	Shuang Ji
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11840号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣川 二郎,阪口 啓,西方 敦博,青柳 貴洋,TRAN GIA KHANH,高橋 徹
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11840号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Shuang Ji	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	廣川 二郎	教授	タン・ザカン	准教授
	審査員	阪口 啓	教授	高橋 徹	グループマネージャー (三菱電機)
		西方 敦博	准教授		
		青柳 貴洋	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Analysis and Design of a Perpendicular Corporate-Feed in Multi-Layer Parallel-Plate Slot Array Antennas(多層平行平板スロットアレーアンテナにおける垂直並列給電の解析と設計)」と題し、垂直並列給電を導入して単純な多層平行平板スロットアンテナを高機能で実現することを目的とし、固有モード展開法による2x2スロットサブアレーの高速解析と形状の最適化設計を検討し、全5章で構成されている。

第1章「Introduction(序論)」では、平面導波管スロットアレーアンテナに関する研究および垂直並列給電2x2スロット構造における設計法の現状をまとめ、本研究の目的と構成を述べている。

第2章「Modeling of 2x2-Slot Parallel-Plate Array in Method of Moments(モーメント法における平行平板2x2スロットアレーのモデル化)」では、垂直並列給電平行平板スロットサブアレーについて、モーメント法による固有モード展開解析の適用手順を明らかにしている。問題のモデリングと定式化からアンテナ特性の計算までの5つの手順を詳細に説明している。対象となる2層2x2幅広スロットサブアレーの解析を実現する前に、単一の放射スロットや幅の狭いスロットを最初に解析して手法の確認をしている。提案した解析の精度は、汎用の3次元有限要素法ソフトウェアによるシミュレーション結果との良好な一致により検証している。収束性や計算効率と精度のトレードオフについても議論している。複数の基底関数と展開固有モードの使用により、サブアレーモデルの電磁界解析を正確かつ高速にできている。

第3章「Design of Wideband Multi-Layer Dielectric-Loaded Parallel-Plate Slot Array Antennas(広帯域多層誘電体装荷平行平板スロットアレーアンテナの設計)」では、スロットを有する平行平板間に誘電体を装荷した空間をもつ2層および3層のサブアレーの最適設計に解析を適用している。モーメント法解析に基づき、モデルのすべての寸法を同時に最適化できる。帯域幅の最適化には、標準的な遺伝的アルゴリズムの代わりに、マイクロ遺伝的アルゴリズムを使用している。2層サブアレーの反射-14dB以下帯域幅は13.1%となり、従来設計による3層での7.7%、4層での11.4%から大幅に改善している。T型電力分配器を縦続接続した並列給電回路により、16x16スロットアレーにおいて14.6%の帯域幅を実現している。中空導波路を用いた給電層は拡散接合技術で製作しているのに対し、サブアレーの放射層は積層された複数の個別の板をねじ止めで固定している。反射が-10dB以下の帯域幅の測定値は13.2%となっている。シミュレーションと測定の差は、おもに給電部の加工や組み立ての誤差に起因していると考えられる。57GHz~66GHzにおいて、30dBiを超える高い利得が得られている。帯域幅16.0%を有する3層サブアレーを用いて16x16スロットアレーを設計し、反射が-14dB以下の帯域幅15.6%をシミュレーションで得ている。帯域は57GHz~66GHzをカバーするものの、2層サブアレーを用いた場合より改善が十分でなかったことを示している。

第4章「Design of Multi-Layer All-Metallic Parallel-Plate Slot Array Antennas with Wideband, High-Gain and Low-Reflection Performance(広帯域高利得低反射を実現する多層全金属平行平板スロットアレーアンテナの設計)」では、誘電体を用いずすべて金属からなる3層2x2スロットサブアレーの最適設計を示している。まず、初期段階として誘電体層を除いた3層構造をモーメント法で解析し最適化している。帯域幅は誘電体装荷の場合より広がっているが、56.0GHz付近で利得の低下がみられている。高次モードの共振によるこの利得低下をなくすため、グリッド構造を空気領域に装荷している。グリッド装荷全金属サブアレーによりシミュレーションで反射-14dB以下帯域幅18.6%を得ている。給電回路の従来の給電Eバンドにステップ構造を付加し、その部分の帯域幅は反射-20dB以下15.1%から反射-25dB以下17.5%に拡大している。第3章と同じ手法で製作されたアレーは反射-10dB以下の帯域幅が19.2%まで広がっている。シミュレーション結果からの反射の劣化は、複数の個別の板を限られた数のねじで組み立てる際に空気領域の厚さが等価的に変化したためとしている。57GHz~66GHzにおいて、90%以上の高い開口効率と70%以上のアンテナ効率を実現している。モーメント法により10GHz帯全金属3層サブアレーを解析し、特に低反射特性を得るよう最適化している。本章の最初に言及したのと同様に、空気領域での高次モード共振の問題が発生している。モードの電界分布に対しスタブを有するグリッド構造を装荷して問題を解決している。スタブ付きグリッド装荷サブアレーの反射-20dB以下帯域幅は12.7%得ている。低反射のために改良した給電回路と組み合わせ、9.2GHz~10.4GHzにおいて反射が-20dB以下の16x8スロットアレーを設計している。

第5章「Conclusion and Prospect(結論と展望)」では、本論文で得られた知見をまとめ、今後の展望と課題について述べている。本論文で検討した解析および設計手法は、多層平行平板スロットアレーアンテナの広帯域化、高効率化、低反射化の実現に貢献しており、工学的、工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士(学術)の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。