

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ギャップ導波路と垂直並列給電平行平板を用いたスロットアレーアンテナの研究
Title(English)	Study of Slot Array Antennas using Gap Waveguides and Perpendicular Corporate-Feed Parallel Plates
著者(和文)	YaxiangWU
Author(English)	Yaxiang Wu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12856号, 授与年月日:2024年9月20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 (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12856号, Conferred date:2024/9/20, 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		Yaxiang Wu	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	廣川 二郎	教授	審査員	タン ザカン	准教授
	審査員	阪口 啓	教授		高橋 徹	三菱電機 株式会社 グループマネージャー
		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“Study of Slot Array Antennas using Gap Waveguides and Perpendicular Corporate-Feed Parallel Plates (ギャップ導波路および垂直並列給電平行平板を用いたスロットアレーアンテナの研究)”と題し、全6章で構成している。

第1章“Introduction”では、まず全金属導波管スロットアンテナの背景、応用、開発について述べ、次にギャップ導波路技術と垂直並列給電平行平板スロットアレーについて説明している。本研究の目的は、ギャップ導波路と垂直並列給電平行平板を用いたミリ波帯全金属スロットアレーアンテナの性能向上と製造上課題の解決にあるとしている。

第2章“Wideband Corporate-Feed Sidewall-loaded Magnetolectric Dipole Array Antenna by Combined Ridge and E-Plane Groove Gap Waveguides”では、リッジと溝を組み合わせたギャップ導波路により給電された広帯域全金属側壁付加磁電ダイポールアレーアンテナを検討している。金属ピンの周囲に側壁を導入し、その高さを0.36波長まで増加させた結果、2×2素子の磁電ダイポールサブアレーの反射-15dB以下比帯域幅が33%まで大幅に拡張されている。固有モード解析により、この広帯域性能の達成に背の高いピンと側壁が有効であることを確認している。広帯域の分岐回路を設計する際に段差を有する変換器を利用し、Qバンド(33GHz-50GHz)全体をカバーするよう反射-15dB以下比帯域幅を拡張している。8×8素子の側壁付加磁電ダイポールアレーをフライス加工技術により製作している。測定結果として35.9%の反射-10dB以下比帯域幅を得ている。さらに、75%を超える高いアンテナ効率を示し、その比帯域幅は32.5%となっている。

第3章“Perpendicular Corporate-Feed Parallel-Plate Slot Array Antenna by H-Plane Groove Gap Waveguides with Interlaced Triangular Pins for High-Frequency Fabrication”では、三角ピンを交互配置したH面溝ギャップ導波路を用いた垂直給電並列給電スロットアレーアンテナを検討している。三角ピンを交互配置した単位セルは、Vバンド(50GHz-75GHz)をカバーする広い動作比帯域幅を有している。従来の設計と比較して低いカットオフ周波数を実現している。この考えに基づき、広帯域のT型およびH型分岐と入力変換器が設計され、並列給電回路に実装している。絞りと段差結合スロットを組み込み、スリット位置を新たな自由度として導入して、平行平板2×2スロットサブアレーの反射-15dB以下比帯域幅を28.3%まで拡大させている。8×8スロットアレーを設計、製作し、53.8GHzから70.0GHzまでの範囲で反射-10dB以下比帯域幅26.3%の広帯域化を実証している。54.5GHzから69.0GHzまでの範囲で75%以上のアンテナ効率を維持している。

第4章“Low-Profile Wideband Perpendicular Corporate-Feed Parallel-Plate Slot Array Antenna with Long Gratings”では、長いグレーティングを持つ広帯域かつ薄型な垂直並列給電平行平板スロットアレーアンテナを検討している。放射部の側壁を除去した3つの全金属2×2平行平板スロットサブアレーの特性を比較している。第3のモデルは薄型を維持しながら優れた反射と利得の比帯域幅を実現している。給電導波管に絞りと長いグレーティングの2つの整合構造を追加して、サブアレーの反射比帯域幅が10.8%から26.8%へと大幅に向上している。これらの長いグレーティングは、開口部電磁界分布の調整により、3dB低下利得帯域幅の6.1%の増加に寄与している。1×16の長いグレーティングを用いたアンテナは、給電部のみでの拡散接合技術により、最大動作利得33.6dBi、最大アンテナ効率88%、反射比帯域幅31.5%、アンテナ高さ0.83波長を達成している。

第5章“Dual-Polarized Perpendicular Corporate-Feed Parallel-Plate Waveguide Slot Array Antenna”では、仮想キャビティを用いた全金属垂直給電偏波共用導波管スロットアレーアンテナを提案し、構造の単純さと性能向上を両立させている。従来の放射部における複雑な側壁構造を取り除き、周期境界壁を持つ仮想キャビティに置き換えている。2×2スロットのサブアレー内には、広幅の放射クロススロットを用いた直交モード変換器が導入されており、構造を複雑にせずに比帯域幅を大幅に改善することに成功している。簡素化された構造、1.4波長の低姿勢、高性能を特長とする16×16スロット並列給電偏波共用アレーアンテナは、給電回路のみでの拡散接合技術を導入して実現している。両偏波において反射-10dB以下の比帯域幅の測定値は8.8%であり、35μmのオーバーエッチングのため設計値の14.0%より狭い。56.0GHzから67.0GHzの範囲では、アイソレーションは50.8dB以上である。両偏波ともアンテナ効率は9.8%の比帯域幅で60%を超えている。

第6章“Conclusion”では、本論文の締めくくりとして包括的な要約を行い、今後の研究の可能性について展望を述べている。本論文は、ギャップ導波路と垂直並列給電平行平板を用いて、並列給電スロットアレーアンテナの製作を簡素化しつつ性能を向上させており、工学上、工業上貢献するところが大きい。以上より、我々は本論文が博士(工学)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。