

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	垂直方向並列給電多層平行平板スロットアレーアンテナの研究
Title(English)	Study of Perpendicular-Corporate Feed in Multi-Layer Parallel-Plate Slot Array Antennas
著者(和文)	入江寿憲
Author(English)	Hisanori Irie
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11130号, 授与年月日:2019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,西山 伸彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11130号, Conferred date:2019/3/26, 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	入江 寿憲	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	廣川 二郎	教授	西山 伸彦	准教授
	審査員	阪口 啓	教授		
		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 Perpendicular-Corporate Feed in Multi-Layer Parallel-Plate Slot Array Antennas (垂直方向並列給電多層平行平板スロットアレーアンテナの研究)”と題し、英文6章で構成されている。

第1章“Introduction (序章)”では、モバイル通信の遷移とミリ波帯を使用する第5世代モバイル通信システム(5G)の概要及び使用が期待されるミリ波平面アンテナの研究状況を説明している。本研究では5G用のアンテナとして高効率・高利得で広帯域な特徴をもつ多層平行平板スロットアレーアンテナを主題とし、その背景を述べている。特に構造の簡素化に着目し、その方策として従来構造のキャビティ部分に誘電体を用いる垂直方向並列給電を提案している。本給電は従来構造にあるキャビティ側壁の除去を可能とし、配置する誘電体の比誘電率を適切に設定して定在波を発生させ、一様励振を実現している。最後に本論文の構成とその概要を述べている。

第2章“Design of Perpendicular-Corporate Feed in Three-Layer Linearly-Polarized Parallel-Plate Slot Array Antenna (垂直方向並列給電3層直線偏波平行平板スロットアレーアンテナの設計)”では、垂直方向並列給電を実現する基礎検討を行っている。設計では誘電体を結合開口層と放射スロット層の間に配置し、有限要素法により 2×2 素子サブアレー及び 8×8 素子サブアレーを解析して、誘電体の比誘電率を設定している。誘電体には発泡誘電体を用いている。解析の結果、比誘電率=1.28に設定し誘電体の厚みを1.2mmにして、一様励振分布が得られることを確認している。また、広帯域化のため、放射スロット層の上に空気層を介して寄生スロット層を配置する多層化を検討している。解析の結果、寄生スロット層を導入し、VSWR<1.5以下となる帯域幅が0.5%から7.7%へ広帯域化することを確認している。最後に基礎検討で得られた値を用いて給電回路を含む 16×16 素子アレーを設計し、試作の測定により所望動作の確認及び垂直方向並列給電の実用性を評価している。

第3章“Design of Perpendicular-Corporate Feed in Four-Layer Parallel-Plate Circularly-Polarized Slot Array Antenna (垂直方向並列給電4層円偏波平行平板スロットアレーアンテナの設計)”では、さらなる広帯域化と円偏波化を検討している。第2章で得られた構造を基にさらなる広帯域化を図るため、寄生スロット層の上に空気層を介して付加スロット層を追加する構造を導入している。あわせて、円偏波化を実現するためスロット形状に縮退分離開口を適用している。誘電体の部分については汎用性の観点から、発泡誘電体をPTFE(比誘電率2.17)に変更し、PTFEと空気層の構成によって所望の等価比誘電率を形成している。 16×16 素子アレーによる解析の結果、付加スロット層の導入により軸比が3以下となる帯域幅が約2.5倍となり、広帯域にわたり良好な円偏波動作を確認している。また、固有値解析により広帯域化を究明し、多層化による共振点の増加を確認している。最後に試作による測定により、所望動作の確認及びPTFEと空気層で構成された垂直方向並列給電の有用性を評価している。

第4章“Design of Perpendicular-Corporate Feed in Four-Layer Parallel-Plate Linearly-Polarized Slot Array Antennas (垂直方向並列給電4層直線偏波平行平板スロットアレーアンテナの設計)”では、第3章で得られた垂直方向並列給電の構成を用い、付加スロットの形状のみを変え、グレーティングローブ(GL)の抑圧、また45度偏波化を検討している。GLの抑圧については、隣り合うスロットとの励振差を抑えるため付加スロットにペアスロット形状を導入している。 16×16 素子アレーによる解析の結果、ペアスロット間隔及びサイズ等を調整して、VSWRが1.5以下の帯域幅12.8%を実現し、 $\theta = 55$ 度付近に発生するGLを約12dB抑圧している。45度偏波化については、付加スロットのみを主軸に対して45度傾ける構造を検討している。 16×16 素子アレーによる解析の結果、主に傾斜した付加スロット及び寄生スロットのサイズを調整し、VSWRが1.5以下の帯域幅12.9%を実現し、広帯域にわたる45度偏波動作を確認している。以上から、提案する構造のうち付加スロットのみを変更するだけで、アンテナの多様化が図れることを示している。

第5章“Design of Perpendicular-Corporate Feed in Three-Layer Parallel-Plate Dual-Polarized Slot Array Antenna (垂直方向並列給電3層偏波共用平行平板スロットアレーアンテナの設計)”では、偏波共用化を目的として、各スロットに十字スロット形状を導入し、あわせて給電回路も多層化する構造を検討している。まず設計では、十字スロットのサイズ及び結合開口層と放射スロット層に配置する誘電体及び空気層の厚みを調整し、基本動作を確認している。次に所望の帯域幅を確保するため、放射スロットと寄生スロットの間にも誘電体と空気層を追加する構造を導入している。 16×16 素子アレーによる解析の結果、十字スロットのサイズ及び誘電体の厚みを適切に設定し、2偏波に対しVSWRが1.5以下となる帯域が4%以上あることを確認している。以上から、新たに誘電体を挿入することによる効果を確認している。

第6章“Conclusions (結論)”では、本研究で得られた結果をまとめるとともに実験評価で得られた知見を述べている。最後に今後の課題についてまとめている。以上を要するに、本研究は多層導波管並列給電スロットアレーの構造簡易化と特性維持を両立させるため、多層平行平板スロットアレーアンテナの垂直方向並列給電を検討したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。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。