

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of Graduate major in	電気電子系 電気電子	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	入江 寿憲		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	廣川 二郎	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Words)

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、全6章で構成した。

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た。また、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、その背景を述べた。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配置する垂直方向並列給電を提案した。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、一様励振を実現した。最後に本論文の構成とその概要を述べた。

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た。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た。誘電体には発泡誘電体を用いた。解析の結果、比誘電率を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た。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た。解析の結果、寄生スロット層を導入し、VSWRが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た。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た。

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た。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た。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た。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 (Polytetrafluoroethylene、比誘電率2.17)に変更し、PTFEと空気層の構成により所望の比誘電率を形成した。 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た。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た。最後に試作の測定により、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た。

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、グレーティングロブ(GL)の抑圧、また45度偏波化を検討した。GLの抑圧(直線偏波構造を使用)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スロットペア形状を導入した。 16×16 素子アレーによる解析の結果、スロットペア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抑圧した。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た。 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て、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た。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が分かった。

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た。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、基本動作を確認した。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た。 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た。以上から、提案する構造のうち新たに誘電体を挿入することによる効果が分かった。

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た。最後に今後の課題についてまとめた。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of Graduate major in	電気電子系 電気電子	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	入江 寿憲		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	廣川 二郎	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis presents a perpendicular-corporate feed (PCF) in multi-layer parallel-plate slot array antennas (PSAA) and consists of six chapters.

Chapter 1 is the introduction of the thesis. Features of high gain and efficiency antennas in millimeter-wave bands are described as a background. The proposed structure has dielectric with adequate permittivity in the region between a coupling-aperture layer and a radiating-slot layer to remove x-shaped cavity walls completely in the radiating part of conventional antennas. This excites standing waves in the region and so provides 2×2-element subarrays with uniform excitation.

Chapter 2 presents the design process and characterization of a PCF in a three-layer linearly-polarized PSAA as a feasibility study. The effect of dielectric (porous PTPE, $\epsilon_r = 1.28$) is discussed by the analysis of an 8×8-element subarray and the wideband design is described by the introduction of a parasitic-slot layer. A 16×16-element array is designed and the desired operation is confirmed by measurement.

Chapter 3 presents the design process and characterization of a PCF in a four-layer circularly-polarized PSAA. To generate the circular polarization, the configuration of slots is discussed. An additional-slot layer is placed on top of a parasitic-slot layer with an air gap to enhance the bandwidth of the VSWR and the axial ratio. Considering fabrication constrains, a dielectric layer is formed by the combination of polytetrafluoroethylene (PTPE, $\epsilon_r = 2.17$) and air, creating the desired permittivity equivalently. A 16×16-element array is designed and the desired operation is confirmed by measurement.

Chapter 4 presents the design process and characterization of a PCF in a four-layer linearly-polarized PSAA. Three types of the configuration in additional slots are discussed to achieve desired operations: linear polarization with wideband, linear polarization with low grating lobes and 45-degree polarization. These configurations elucidate the effect of wider-slot, slot-pairs and 45-degree-inclined-slot structures by the design of a 16×16-element array.

Chapter 5 presents the design process and characterization of a PCF in a three-layer dual-polarized PSAA. To create dual polarization, the configuration of cross slots in layers and multi-layered feeding circuits are introduced. A new dielectric layer is placed in the region between a parasitic-slot layer and a radiating-slot layer to enhance the bandwidth and this effect is confirmed by the design of a 16×16-element array.

In Chapter 6, this thesis is summarized and future studies are delivered.

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).