T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	並列給電回路を有する中空導波管スロットアレーアンテナの数値固有モード解析と広帯域設計
Title(English)	Numerical Eigenmode Analysis and Wideband Design of Hollow-Waveguide Slot Array Antennas with Corporate Feed Network
著者(和文)	戸村崇
Author(English)	Takashi Tomura
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9455号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣川　二郎,荒木　純道,安藤　真,水本　哲弥,西方　敦博,小西　善彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9455号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

本論文は「Numerical Eigenmode Analysis and Wideband Design of Hollow-Waveguide Slot Array Antennas with Corporate Feed Network（和訳：並列給電回路を有する中空導波管スロットアレーアンテナの数値固有モード解析と広帯域設計）」と題し，英文 6 章からなる．

第 1 章「Introduction」では，並列給電中空導波管スロットアレーアンテナの位置づけ，導波管スロットアンテナの解析手法，ミリ波帯無線システムへの応用に向けた課題を明確にした．本論文の目的はミリ波帯で広帯域・高利得・高効率な導波管スロットアレーを実現することである．本アンテナは並列給電回路と複数の 2×2 放射スロットサブアレーから構成される．給電回路はすでに VSWR<1.5 の帯域が 19.6%と広帯域特性を実現しており，従来 VSWR<1.5 の帯域が 9.2%のサブアレーの広帯域化が課題になる．本論文ではサブアレーの高速な解析手法を確立し，サブアレーの広帯域化，45 度偏波化およびその広帯域化を行う．

第 2 章「Numerical Eigenmode Analysis of Wall-Inserted Cavity-Backed Slot Array Antenna」では，本論文で設計する挿入壁付きキャビティ付きスロットアレーアンテナの固有モード展開解析を示す．導波管断面形状が長方形に壁を挿入した構造で解析的に求められない．そこで，2 次元有限要素法により計算した数値固有モードで展開し，モーメント法と組み合わせた．正方形配列アレーの素子方向に対して 0 度および 45 度傾いた直線偏波スロットアレーアンテナに適用し，汎用有限要素法シミュレータ HFSS と同等の解析結果を得た．また，31 か所の周波数特性の解析時間は HFSS の 20 分程度に対し，モーメント法では 9〜15 秒と大幅に短縮された．

第 3 章「Wideband Design of 0° Linearly Polarized Slot Array Antenna by Numerical Eigenmode Analysis」では，第 2 章で示した高速解析手法を用い，0 度直線偏波スロットアレーアンテナを 60GHz 帯で広帯域設計した．5 つのステップに分けて合計 12 パラメータを設計した．幅広放射スロットおよび低キャビティによる低 Q 化，三重共振化により，サブアレーの VSWR<1.5 の帯域を 20.4%へ広げた．16×16 素子アレーを試作し，設計周波数において利得 32.6dBi，アンテナ効率 76.5%を実現した．また利得 31.5dBi 以上の帯域は従来の 13.1%から 19.2%に広帯域化した．

第 4 章「Initial Design of 45° Linearly Polarized Slot Array Antenna」では，0 度直線偏波アンテナの偏波面を 45 度回転させる層を追加した構造を提案した．これにより，正方形配列アレーの対角線方向である 45 度面が主偏波面となりサイドローブが低くなる．サブアレーは非対称構造となるため，放射スロットが一様に励振されない．そこで，細い励振スロットを採用し，基本モードのみ伝搬させ，キャビティ内の電磁界分布を一様に保ち，放射スロットを一様励振した．また交さ偏波を抑圧するために厚い放射スロットを採用した．60GHz 帯 16×16 素子アレーを試作し，設計周波数において E 面第一サイドローブレベルは−26.1dB，利得 33.0dBi，アンテナ効率 83.8%を実現した．

第 5 章「Wideband Design of 45° Linearly Polarized Slot Array Antenna by Numerical Eigenmode Analysis」では，2 章で示した解析手法を用い，4 章で設計した 45 度直線偏波スロットアレーアンテナを 71〜86GHz 帯で広帯域設計した．交さ偏波抑圧のために幅が細いスロットのペア構造を採用し，厚み以外の全 13 パラメータを一括して遺伝的アルゴリズムで設計した．VSWR<1.5 以下の帯域は従来の 7.2%から 25.7%まで広帯域化された．放射素子の固有モード解析の結果，動作帯域内に 3 つの固有モードがあり，2 つの固有モードの低 Q 化および共振周波数の適切な配置により広帯域化されたことが分かった．16×16 素子アレーを試作し，設計周波数で利得 32.9dBi，アンテナ効率 86.6%を実現した．また利得 31.5dBi かつアンテナ効率 70%以上の帯域は 18.4%に広帯域化された．

第 6 章「Conclusion」では，本研究で得られた成果を総括し，本論文の結論を述べると共に，今後の検討課題について言及した．