

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名：	戸村 崇		指導教員 (主)：	広川 二郎	
Student's Name			Academic Advisor(main)		
			指導教員 (副)：		
			Academic Advisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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、放射スロットが一樣に励振されない。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樣に保ち、放射スロットを一樣励振した。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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

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

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	電気電子工学	専攻
Department of		
学生氏名：	戸村 崇	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	広川 二郎	
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Numerical eigenmode analysis and wideband design for 0° and 45° linearly-polarized slot array antennas are presented in this dissertation. The antennas are composed of a corporate feed circuit and 2×2-element sub-arrays. The method of moments is applied for establishment of fast analysis. Numerical eigenmode is introduced to analyze a wall-inserted cavity. The equivalent results are obtained in comparison with an electromagnetic-wave simulator.

The 0° linearly-polarized sub-array is designed to improve the reflection bandwidth by implementing lower Q and triple resonance. The designed 16×16-element antenna is fabricated by diffusion bonding of thin copper plates. A wide reflection bandwidth with VSWR less than 2.0 is 21.5% from 54.7 to 67.8 GHz. The measured gain is 32.6 dBi with the antenna efficiency of 76.5%. The broad bandwidth of more than 31.5-dBi gain is 19.2% from 56.1 to 68.0 GHz. The gain bandwidth covers the whole license-free 60-GHz band (57–66 GHz).

The 45° linearly-polarized slot array antenna is proposed to achieve low sidelobe characteristic in the E-plane by a diamond-shaped array arrangement. A layer for radiating slots is added into the conventional plate-laminated antenna. The 2×2-element sub-array is designed to suppress grating lobes and low cross-polarization. The 16×16-element array in the 60-GHz band is fabricated. −25.5-dB first sidelobe levels in the E-plane, −31.5-dB cross-polarization, high antenna efficiency of 83.8%, and high gain of 33.0 dBi are obtained.

The sub-array of the 45° linearly-polarized slot array antenna is designed for wideband characteristics. To suppress cross polarization, a radiating narrow-slot pair is adopted. The sub-array is designed by a genetic algorithm and 25.7% reflection bandwidth for VSWR < 1.5 is obtained by decreasing the Q of two eigenmodes of the radiating element. A high gain of 32.9 dBi and high antenna efficiency of 86.6% and low first sidelobes of −27.1-dB are measured at the center frequency of 78.5GHz in the 16x16-element antenna. The broadband characteristics of VSWR < 2, show a gain more than 31.4 dBi, and low cross polarization less than −30 dB are achieved over the 71–86 GHz band.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

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