

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of two-plane couplers having arbitrary power ratio and their applications to two-dimensional beam switching matrices
著者(和文)	LIQi
Author(English)	Qi Li
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12586号, 授与年月日:2023年9月22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 (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12586号, Conferred date:2023/9/22, 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

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	Qi LI	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	廣川 二郎	教授	タン・ザカン	准教授
	審査員	阪口 啓	教授	高橋 徹	三菱電機 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 two-plane couplers having arbitrary power ratio and their applications to two-dimensional beam switching matrices (任意の電力比を有する 2 面結合器とその 2 次元ビーム切替マトリックスへの応用に関する研究)」と題し、英文 5 章からなる。本論文では、H 面方向と E 面方向に任意の結合比をもつ 2 面結合器の理論解析と、機能向上と小型化を目的とした 2 次元ビームスイッチングマトリックスへの応用を検討している。

第 1 章「Introduction (序論)」では、ビーム切替マトリックスやレンズアンテナを含むビーム形成回路の背景、応用、発展について紹介している。本論文の目的は、任意の結合比を実現する 2 面結合器とビーム数が 2 のべき乗以外で直交する 2 方向に異なるビーム数をもつ 2 次元ビーム切替マトリックスの探求としている。

第 2 章「Two-plane waveguide coupler with arbitrary coupling ratios in the H-plane and E-plane directions (H 面方向と E 面方向に任意の結合比を有する 2 面導波管結合器)」では、H 面方向と E 面方向に異なる結合比をもつ 2 面導波管結合器を理論解析している。2 次元偶奇モード解析から、2 面結合器の結合比制御の本質は、2 次元対称面上の電気壁と磁気壁を適切に割り当てた 4 分の 1 モデル 4 種類間の相対透過位相の調整にあることを明らかにしている。H 面結合器と E 面結合器の縦続接続に等価な通常の結合機構に加えて、他に 2 つの結合機構も紹介している。有限要素法とモード整合法のハイブリッド解析に基づき、27.00GHz から 29.50GHz までの 8.9%の比帯域幅で動作する H 面方向に $1:\sqrt{2}$ 、E 面方向に $\sqrt{2}:1$ の結合比をもつ 2 面結合器を設計するとともに、検証のため試作および評価をしている。設計結果と測定結果の両方で、所望の帯域幅にわたって反射は -15dB 以下に抑圧され、出力振幅の偏差は 2dB を超えず、位相の偏移は 20 度未満となっている。また、H 面結合器と E 面結合器を設計し、これらを縦続接続した特性と比較し 2 面結合器は同等の特性が得られている。1 面結合器を縦続接続した場合に比べ、2 面結合器は長さで 58.4%、体積で 50.1%に小型化されている。

第 3 章「Two-dimensional one-body 3×3-way hollow-waveguide Nolen matrix using two-plane couplers (2 面結合器を用いた 2 次元一体 3×3 分岐中空導波管ノレンマトリックス)」では、2 面不等結合器を用いた 27.65GHz から 28.85GHz までの比帯域 4.1%で動作する 2 次元一体 3x3 分岐中空ノレンマトリックスを検討している。提案した 2 面不等結合器の透過量変動は動作帯域で振幅 ± 0.5 dB 以内、位相 ± 10 度以内であることを述べている。設計した 2 次元 3×3 分岐ノレンマトリックスは動作帯域内で 2.5dB の出力差、最大で 0.9dB の挿入損失となっている。遠方界を測定し、放射特性を確認するとともに標準ホーンとの比較により動作利得を評価した。中心周波数 28.25GHz における正面放射ビームの動作利得は計算値で 15.7dBi、測定値で 15.5dBi となっている。2 次元に傾いた放射ビームの動作利得は計算値で 12.9dBi、測定値で 12.0dBi となっている。いずれも計算値と実験値で良好に一致している。不等の結合比の 2 面結合器を初めて 2 次元一体マトリックスに採用し、2 のべき乗以外のビーム数を有する 2 次元一体中空導波管マトリックスは初めて実現している。

第 4 章「Two-dimensional hollow waveguide 6×4-way beam-switching matrix (2 次元中空導波管 6×4 分岐ビーム切替マトリックス)」では、27.25GHz から 29.25GHz までの比帯域 7.1%で動作する 2 次元中空導波管 6×4 分岐ビーム切替マトリックスを扱っている。直交する 2 方向に異なるビーム数を有する 2 次元中空導波管ビーム切替マトリックスを初めて提案している。断面方向における 2 次元対称性を考慮して設計の複雑さを低減している。動作帯域において 2.2dB の挿入損失を計算で得ている。平面走査近傍界測定により放射測定を評価している。中心周波数 28.25GHz における正面放射ビームの指向性利得は計算値で 21.1dBi であり、測定値で 21.3dBi である。2 次元に傾いた放射ビームの 1 つは計算値では正面方向から 35 度傾き、3.1dB の走査損失により指向性利得が 18.0dBi となっている。測定値では、正面方向から 34 度傾き、3.4dB の走査損失により指向性利得が 17.7dBi となっている。計算値と実験値で良好に一致している。

第 5 章「Conclusion (結論)」では、得られた成果を総括するとともに今後の研究の方向性を示している。

本論文は、導波管 2 面結合器において結合比の不等結合への展開と直交 2 方向への異なる結合比の導入を提案するとともに、2 次元一体導波管ビーム切替マトリックスにおいて任意のビーム数への展開と直交 2 方向への異なるビーム数の導入を提案しており、学術上、産業上貢献するところが大きい。我々は本論文が博士(学術)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。