

國立交通大學

電信工程學系碩士班

碩士論文

雙軸波束切換效能 5GHz 新式巴特勒矩陣波束形成器及

60GHz 串接饋入微帶天線陣列之設計



Design of a Novel 5-GHz Butler Matrix Beamformer with
Two-Axis Beam-Switching Capability and 60GHz Series-Fed
Microstrip Array

研究生：林哲維

(Che Wei Lin)

指導教授：林育德 博士

(Dr. Yu-De Lin)

中華民國九十四年六月

雙軸波束切換效能 5GHz 新式巴特勒矩陣波束形成器及
60GHz 串接饋入微帶天線陣列之設計

Design of a Novel 5-GHz Butler Matrix Beamformer with
Two-Axis Beam-Switching Capability and 60GHz Series-Fed
Microstrip Array

研究生：林哲維

Student: Che-Wei Lin

指導教授：林育德 博士

Advisor: Dr. Yu-De Lin



A Thesis

Submitted to Department of Communication Engineering
College of Electrical Engineering and Computer Science

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of
Master of Science

In

Communication Engineering

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

雙軸波束切換效能 5GHz 新式巴特勒矩陣波束形成器及 60GHz 串接饋入微帶天線陣列之設計

研究生：林哲維

指導教授：林育德 博士

國立交通大學 電信工程學系碩士班

摘要

論文中，我們提出具有雙軸波束切換效能，操作在 5GHz 的巴特勒矩陣波束形成器，並且設計一改良式 60GHz 串接饋入微帶陣列天線。在波束形成器方面，我們選擇以 4x4 巴特勒矩陣的形式，並在結構上使用了雙層版的方式實現。此種方式可結合兩個巴特勒矩陣，並利用兩個不同的陣列天線來達到雙軸波束切換的效果。另外，使用簡單電路的改良，可使得天線端的旁瓣準位達到-10dB 以下。

在 60GHz 串接饋入微帶陣列天線部分，我們使用七個天線串聯，並且在天線陣列結構上稍作改變，降低天線本身的旁瓣準位，使其低於-18dB。

Design of a Novel 5-GHz Butler Matrix Beamformer with Two-Axis Beam-Switching Capability and 60GHz Series-Fed Microstrip Array

Student: Che-Wei Lin

Advisor: Dr. Yu-De Lin

Department of Communication Engineering
National Chiao Tung University



Abstract

In this thesis, we propose a Novel 5-GHz Butler Matrix Beamformer with Two-Axis Beam-Switching Capability and 60GHz Series-Fed Microstrip Array. In the 5-GHz Butler Matrix Beamformer, we use two-layer structure to design a 4x4 butler matrix. We can use two-layer structure to combine two different butler matrices to achieve the two-axis beam-switching capability. Besides, by using simple circuits, the SSL (side-lobe level) of each beam is less than -10dB.

In the 60GHz Series-Fed Microstrip Array, we use seven elements to implement it, and improve the SSL (side-lobe level) to be less than -18dB.

謝 誌

首先要感謝我的指導教授林育德博士，於研究求學過程中，在專業領域上給我的許多指導，讓我在研究的方法和態度上，能更精確的掌握。感謝張志揚老師在中科院量測時給予寶貴的意見。同時也要謝謝洪萬鑄學長在我的研究方面給我的寶貴意見，在我研究上遇到困難時提供給我解決的方法。

還要謝謝實驗室的同學仲啟、宏霖、旭昇在這兩年中跟我一起度過，一同在學問的道路上互相扶持，也要謝謝我的學弟們一起陪我在實驗室共同求學。最後謝謝我的父母，還有女友給我的支持與鼓勵，讓我在求學的道路上無後顧之慮，更專注於我的學問上。



目 錄

第一章 導論.....	1
1.1 工程背景與動機.....	1
1.2 章節大綱.....	1
第二章 微帶天線與單一導體洩漏波天線.....	2
2.1 微帶天線.....	2
2.1.1 微帶天線原理.....	2
2.1.2 矩形微帶天線設計與分析.....	3
2.1.3 模擬與量測結果討論.....	4
2.2 單一導體洩漏波天線.....	6
2.2.1 基本原理與特性.....	6
2.2.2 寬頻饋入結構.....	8
2.2.3 模擬與量測結果討論.....	10
第三章 雙軸波束切換效能 5GHz 新式巴特勒矩陣波束形成器.....	13
3.1 陣列天線原理.....	13
3.2 巴特勒矩陣基本原理.....	18
3.3 4*4 巴特勒矩陣設計.....	21
3.4 模擬與量測結果討論.....	24
第四章 60GHz 串接饋入微帶天線陣列.....	32
4.1 串接饋入微帶天線之設計.....	32
4.2 模擬與量測結果討論.....	33
第五章 總結.....	38
參考文獻.....	39

圖 錄

圖 2-1、邊緣饋入的矩形微帶天線結構.....	2
圖 2-2、矩形微帶天線俯視圖.....	3
圖 2-3、模擬矩形微帶天線的 S11(Return Loss).....	4
圖 2-4、量測矩形微帶天線的 S11(Return Loss).....	4
圖 2-5、修正 L 後量測與模擬矩形微帶天線的 S11(Return Loss).....	5
圖 2-6、修正 L 後量測矩形微帶天線的輻射場型.....	5
圖 2-7、單一導體帶狀天線結構圖.....	6
圖 2-8、微帶線上第一高階模之電流分布與時間關係圖(T=周期).....	7
圖 2-9、單一導體帶狀天線的第一高階漏波模其正歸化相位常數 β/k_0 與正歸化 衰減常數 α/k_0 對頻率的變化.....	8
圖 2-10、寬頻饋入結構圖.....	9
圖 2-11、單一導體洩漏波天線的結構圖.....	10
圖 2-12、單一導體洩漏波天線 S_{11} 量測與模擬比較.....	10
圖 2-13、單一導體洩漏波天線輻射場型量測與模擬的比較.....	12
圖 3-1、點波源等間距之線性陣列.....	13
圖 3-2、均勻電流激發四個天線的陣列因子.....	14
圖 3-3、矩形帶天線元素間距 $d=0.5\lambda$ 饋入相位差 $\alpha=45^\circ$ 、 -135° 均勻激發電流 的 H-plane 場型.....	15
圖 3-4、矩形帶天線元素間距 $d=0.6\lambda$ 饋入相位差 $\alpha=-45^\circ$ 、 -135° 均勻激發電流 的 H-plane 場型.....	16
圖 3-5、單一個矩形帶天線與偶極微帶天線其 H-plane 場型的比較.....	17
圖 3-6、矩形帶天線與偶極微帶天線其元素間距 $d=0.5\lambda$ ，饋入相位差 $\alpha=-45^\circ$ 、 -135° 均勻激發電流 H-plane 場型的比較.....	17
圖 3-7、波束切換系統(switched-beam system)的架構示意圖.....	18
圖 3-8、4x4 巴特勒矩陣的示意圖.....	19
圖 3-9、主波束方向示意圖.....	20
圖 3-10、4x4 巴特勒矩陣饋入的結構圖.....	21

圖 3-11、間距為 0.5λ 的四個微帶矩形天線陣列模擬在激發電流比為 1:2:2:1， 及激發電流比為 1:3:3:1 時，饋入相位差 $\alpha=0^\circ$ ，饋入相位差 $\alpha=-45^\circ$ ，及饋 入相位差 $\alpha=-135^\circ$ 的 H-plane 場型。.....	22
圖 3-12、激發電流比為 1:2:2:1 分佈的 4x4 巴特勒矩陣饋入的結構圖.....	22
圖 3-13、微帶天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣結構圖.....	24
圖 3-14、微帶天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣量測的 S11(Return Loss).....	24
圖 3-15、微帶天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣場型量測與模擬的比較圖.....	25
圖 3-16、洩漏波天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣結構圖.....	26
圖 3-17、洩漏波天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣量測的 S11(Return Loss).....	26
圖 3-18、洩漏波天線陣列的 4x4 巴特勒矩陣場型量測與模擬的比較圖.....	27
圖 3-19、雙軸場型調變的巴特勒矩陣結構圖.....	28
圖 3-20、雙軸場型調變的巴特勒矩陣結構圖量測的 S11(Return Loss).....	29
圖 3-21、分別在 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ 饋入所量測到的輻射場型....	31
圖 4-1、串接饋入微帶天線陣列示意圖.....	32
圖 4-2、七個串聯的串接饋入微帶天線陣列結構圖.....	33
圖 4-3、模擬七個天線串聯的串接饋入微帶天線陣列的結果.....	34
圖 4-4 在頻率 59GHz、60.8GHz 及 62GHz 時的 E-plane 場型.....	35
圖 4-5 挖槽結構與未挖槽結構的七個天線串聯的串接饋入微帶天線陣列圖...	35
圖 4-6 模擬輻射挖槽結構與未挖槽結構的場型比較.....	36
圖 4-7 七個天線串聯的串接饋入微帶天線陣列實體圖.....	36
圖 4-8 量測七個天線串聯的串接饋入微帶天線陣列的結果.....	37

表 錄

表 3.1、不同元素間距與固定的饋入相位差所產生的主波束的方向角的表格..	15
表 3.2、元素間距 0.5λ 天線陣列激發端之相位分佈與主波束方向的關係表格..	20
表 4.1、七個串聯的串接饋入微帶天線陣列天線尺寸.....	33

