

串 列 饋 入 式 陣 列 天 線 之 研 製

學生：劉彥志

指導教授：鍾世忠
共同導教授：郭建男

國立交通大學 電機學院與資訊學院 電子與光電學程（研究所）碩士班

摘 要

本論文主要是探討串列饋入式陣列天線製作的方法和必需克服的問題，在論文中製作了二種陣列天線，分別應用於 12.5GHz 衛星接收的頻段，和 10.5GHz 測速雷達上；在第一個部份使用了一分三的功率分配器，分別饋入三組的子陣列中，每個子陣列中有四個經過功率分配的隙孔耦合天線(aperture coupled antenna)，其目的要增加旁束波程度(side-lobe level)，然而一分三的功率分配器的相位的設計是造成旁束波程度好壞的主因。

在第二個部份使用的是串列行波饋入式的(Series-fed traveling wave microstrip array antenna) 微帶陣列天線，陣列天線的上方加入了指向器(Director)來增加天線的增益和頻寬，由於使用串列饋入的方式，若饋入線阻抗相同，天線數量增多，將造成功率分配不均，使得天線的增益嚴重的下降，為了能更清楚的從量測中看到這個現象，利用 16 個天線陣列，去比較饋入線的不同所產生的效果，使用一段式饋入，特性阻抗分別為 25 歐姆、40 歐姆和 70 歐姆，另一個為二段式饋入，將饋入線分成 25 歐姆和 40 歐姆，二段分別饋入到 8 個天線陣列，比較了功率分佈和增益大小，如預期是使用了二段式饋入天線在各方面都優於一段式饋入天線。

Manufacture and Study of Series-Fed Array Antenna

Student : Yen-Chih Liu

Advisors : Dr. Shyh-Jong Chung

Dr. Chien-Nan Kuo

Degree Program of Electrical Engineering and Computer
Science

National Chiao Tung University

ABSTRACT

This thesis discussed manufacture method and study of series-feed array antenna, and also studied must get through issue. I fabricated two kinds of array antenna and applied different frequency range in the 10.5GHz and 12.5GHz. The first part in this thesis, the aperture coupled array antenna was composed of 12 element antennas and utilizing power divider divided 12 element antennas into 3 sub-elements. There were 4 element antennas in each sub-element. These sub-elements utilized power divider method to make the side-lobe level decrease. However, the power divider phase design was principal cause of side lobe level performance.

The second part in this thesis used the multilayer construction. Top layer used the director to increase radiation gain and bandwidth. Bottom layer used the series-fed traveling wave microstrip array antenna. This construction will bring low radiation gain which was caused by each antenna power distribution non-uniform if the characteristic impedance of feed network was the same and quantity of the antennas was increased constantly. This thesis purposed to design different characteristic impedance of feed network and compared with radiation gain and power distribution of feeding each antenna. This different Z_0 of feed network to divide into one section feed network and two sections feed network. Their characteristic impedance of feed network was 25ohm 40ohm and 70ohm in the one section feed network. There were two kind of Z_0 in the two section feed network. That was 25ohm and 40ohm. This thesis utilized the experiment to know that the radiation gain of the two section feed network was better than one section feed network.

誌 謝

在研究所兩年的期間，我的指導教授一鍾世忠博士不論在研究上或思想的啟發上都給予我許多的建議，由其是提供了這麼好的學習環境能在未來職場克服許許多多的挑戰，特別感謝博士班的學長阿信在共同製作天線時，能讓我能很快的進入狀況，短短的幾個月的時間內了解陣列天線的理論和設計的重點，和得到保貴的建議，實為感激。

在同學間的相處在學習中也是重要的一環，許多的在實驗室相處的時光，一起看書一起玩樂，在二年中建立了深厚的友誼，在未來的日子裡成為了不可多得的智慧寶庫，別忘了大家都以 LAB912 成員為榮。

最後在研究所這二年間，很不幸的家中發生了一生最遺憾的事，在完全沒有準備的情形下突然的失去，讓我非常的難過與痛心，感到人生的無常，和對生命的無力感，幸而有家中的哥哥、姐姐和父親的相互鼓勵和安慰，讓那一陣子慢慢的熬了過來，辛苦的完成了學業，在此謹以此篇論文獻給我的家人和摯愛的母親，感謝母親的多年的養育之恩，而來不及報答的遺憾和無限的思念，相信完成學業是給我母親和家人最好的禮物。

劉彥志 謹識於交大

2006 9 10

目 錄

中文提要		i
英文提要		ii
誌謝		iii
目錄		iv
圖目錄		v
第一章	研究內容與緒論	1
第二章	理論	2
2.1	天線基本概念	2
2.2	微帶天線	3
2.2.1	微帶天線場型	6
2.2.2	圓極化微帶天線	7
2.3	隙孔耦合天線	10
2.4	陣列天線簡介	14
2.4.1	陣列因數及場型	14
第三章	隙孔耦合陣列天線	17
3.1	串列饋入隙孔耦合陣列天線	17
3.2	錐線能量分佈	18
3.3	(1:2:2:1)功率分配子陣列	24
3.4	相位與功率分配對陣列因子的關係	29
3.5	問題與討論	35
第四章	串列式線性陣列天線饋入網路的特性阻抗對天線 增益的影響	39
4.1	前言	39
4.2	12個天線陣列增益比較	39
4.3	16個天線陣列增益比較	46
4.4	場型比較	57
4.5	總結	66
參考文獻		67
自傳		68

圖 目 錄

圖(2.1) 微帶天線之有效電路	8
圖(2.2) 微帶天線電場分佈長度之切面圖	8
圖(2.3) 微帶天線邊緣槽饋入法	8
圖(2.4) 微帶天線利用四分之一波長轉換器饋入	9
圖(2.5) (a)左側饋入為右手圓極化，右側饋入為左手圓極化 (b)右手圓極化	9
圖(2.6) 隙孔耦合天線之結構圖	11
圖(2.7) 隙孔耦合天線之有效電路	11
圖(2.8) 隙孔耦合天改變 L_s 對阻抗的影響	12
圖(2.9) 隙孔耦合天改變開槽的大小對阻抗的影響	13
圖(3.1) 45ohm 饋入線的隙孔耦合天線結構圖	19
圖(3.2) 90ohm 饋入的隙孔耦合天線結構圖	19
圖(3.3) 隙孔耦合天線之 S_{11} (Return loss)	20
圖(3.4) $\phi=0^\circ$ 饋入線 45Ω 之場型 (H-plane)	21
圖(3.5) $\phi=90^\circ$ 饋入線 45Ω 之場型(E-plane)	21
圖(3.6) $\phi=90^\circ$ 饋入線 90Ω 之場型(E-plane)	22
圖(3.7) $\phi=90^\circ$ 饋入線 90Ω 之場型(H-plane)	22

圖(3.8) 陣列天線之結構圖	23
圖(3.9-1) (1:2:2:1)功率分配微帶線設計圖列	24
圖(3.9-2) 模擬功率(1:2:2:1)錐線線設計	25
圖(3.10) 功率(1:2:2:1)錐線線設計之模擬結果	25
圖(3.11) 功率(1:2:2:1)子陣列天線之結構圖	26
圖(3.12) 功率(1:2:2:1)子陣列天線量測與模擬之 S_{11}	27
圖(3.13) 功率(1:2:2:1)子陣列天線 10.5GHz $\phi=90^\circ$ 平面， 量測與模擬之場型	28
圖(3.4-1) 均勻分佈 $d=0.6\lambda$ 的陣列因數	29
圖(3.4-2) 二項式分佈 $d=0.6\lambda$ 的陣列因數	30
圖(3.4-3) (1:1:2:2:2:4:4:2:2:1:1)分佈 $d=0.6\lambda$ 的陣列因數	30
圖(3.4-4) 10.2GHz 12 個隙孔耦合陣列天線的量測場型	31
圖(3.4-5) 10.4GHz 12 個隙孔耦合陣列天線的量測場型	32
圖(3.4-6) 10.6GHz 12 個隙孔耦合陣列天線的量測場型	33
圖(3.4-7) 圖 10.8GHz 12 個隙孔耦合陣列天線的量測場型	34
圖(3.4-8) 10.2GHz~10.8GHz 增益以及旁波束程度比較表	34
圖(3.5.1) 子陣列間相差 10° 的陣列因子	37
圖(3.5.2) 子陣列間相差 30° 的陣列因子	37

圖(3.5.3) 子陣列間相差 40° 的陣列因子	38
圖(3.5.4) 子陣列間相差 180° 的陣列因子	38
圖(4.2.1) 一段式特性阻抗 25 歐姆饋入結構圖	40
圖(4.2.2) 一段式特性阻抗 40 歐姆饋入結構圖	40
圖(4.3.3) 二段式特性阻抗 25、40 歐姆饋入結構圖	40
圖(4.2.4) 25 歐姆 12 個天線饋入端模擬情形	41
圖(4.2.5) 比較不同特性阻抗饋入方式之饋入天線端的能量分佈	42
圖(4.2.6) 單一天線的反射損失	44
圖(4.2.7) 單一天線增益與頻率的關係	44
圖(4.2.8) 不同饋入特性阻抗天線陣列增益表	45
圖(4.2.9) 12.5GHz 模擬和量測增益的比較表	45
圖(4.3.1) 由上至下為 25 歐姆和 40 歐姆一段式傳輸線的 饋入天線	47
圖(4.3.2) 由上至下為 70 歐姆一段式傳輸線饋入天線和 25 歐姆、40 歐姆二段式傳輸線的饋入天線	47
圖(4.3.3) 25 歐姆傳輸線饋入天線的反射損失和插入損失	48
圖(4.3.4) 40 歐姆傳輸線饋入天線的反射損失和插入損失	48
圖(4.3.5) 70 歐姆傳輸線饋入天線的反射損失和插入損失	49
圖(4.3.6) 25 歐姆、40 歐姆二段式傳輸線饋入天線的反射 損失和插入損失	49

圖(4.3.7) 25 歐姆、40 歐姆調整負載匹配，二段式傳輸線 饋入天線的反射損失和插入損失	50
圖(4.3.8) 25 歐姆、40 歐姆 16 個天線饋入端模擬情形	50
圖(4.3.9) 饋入天線的功率分佈圖比較各種不同的饋入網路	51
圖(4.3.10) 天線增益比較各種不同的饋入網路	52
圖(4.3.11) 量測與模擬各種傳輸線對增益、效率、平均功 率的比較表	54
圖(4.3.12) 饋入線之數學表示圖	55
圖(4.3.13) 饋入線的效率與耦合量大小關係圖	56
圖(4.4.1) 二段式饋入的陣列因子場型	58
圖(4.4.2) 量測 12.5GHz 單一天線的場型	59
圖(4.4.3) 二段式饋入天線模擬的場型	60
圖(4.4.4) 二段式饋入天線模擬和量測場型比較	61
圖(4.4.5) 二段式饋入天線調整負載匹配模擬和量測場型比較	62
圖(4.4.6) 一段式 25 歐姆饋入天線模擬和量測場型比較	63
圖(4.4.7) 一段式 70 歐姆饋入天線模擬和量測場型比較	64
圖(4.4.8) 一段式 40 歐姆饋入天線模擬和量測場型比較	65