

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-035-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：國立交通大學電信工程學系(所)

計畫主持人：林育德

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：錢曉晴
碩士班研究生-兼任助理人員：秦健候
碩士班研究生-兼任助理人員：鄭漢維

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文
國際合作計畫研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 29 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線

計劃編號：NSC 98-2221-E-009-035-(98N262)

執行期限：98/08/01~99/07/31

主持人：林育德 交通大學電機系 教授

計劃參與人員：鄭漢維、秦健候

一、中英文摘要

(a) 中文摘要

在本報告中，我們呈現的主題為適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線，包含了二種不同類型的天線，分別為：蕈狀結構之複合左右手洩漏波天線以及圓極化背接金屬共平面波導槽孔天線陣列。

在此，我們分別介紹此二種天線結構的特性及應用如下：

(一) 使用一分二功率分波器饋入蕈狀結構之複合左右手洩漏波天線：

複合左右手傳輸線是近幾年非常熱門的研究，其特殊性質，可用在洩漏波天線上面。而傳統的洩漏波天線需要較複雜的饋入電路以激發高階模，只能前向掃描，但是複合左右手洩漏波天線具有從後向到前向掃描能力，而且只需簡單和有效的饋入結構。我們利用蕈狀結構來作為天線的單元，並使用一分二功率分波器饋入天線，並由遠場量測到主波束隨著頻率增加，由後向輻射到前向輻射。

(二) 圓極化背接金屬共平面波導槽孔天線陣列：

本文中所提出的圓極化天線陣列之操作頻率設計在 12 GHz，並且為右手圓極化天線。此陣列的 3dB 軸比頻寬約為 11.4 GHz~12.4 GHz，符合直播衛星天

線的下行頻段。天線輻射場型在邊射方向 (broadside) 會有建設性干涉，具有高輻射增益、主波束集中之特性，適合作為直播衛星系統的收發天線。

(b) 英文摘要

In this report, we presented two antenna designs: (1) mushroom structure for composite right/left handed leaky wave antenna, (2) circularly polarized slotted CBCPW antenna array with sequential rotation feeding method. In (1), the composite right/left handed leaky wave antenna is composed by the mushroom structure, and the angle of radiation rotates clockwise from -51 to 69 degree. In (2), according to the sequential rotation feeding method, a circularly polarized array can be composed of linearly polarized antennas. Therefore, we use the technique to produce the right-hand circularly polarization (RHCP) wave, and improve the aperture efficiency with six linearly polarized antennas.

(c) 關鍵詞 - 蕈狀結構 (mushroom structure)、複合左右手 (composite right/left handed, CRLH)、特徵模態 (eigenmode)、洩漏波天線 (leaky wave antenna)、色散圖

(dispersion diagram) 圓極化 (circular polarization)、洩漏波天線 (leaky-wave antenna)、背接金屬共平面波導 (conductor-backed coplanar waveguide)、槽孔天線 (slotted antenna)、軸比頻寬 (axial ratio bandwidth)、DBS。

二、研究方法

a. 一分二功率分波器饋入葷狀結構之複合左右手洩漏波天線

(1)規格：

此天線所使用的材板為 RO 板，其規格如下：介電常數(ϵ_r): 3.55 損耗正切 ($\tan \delta$): 0.0027 導體金屬：銅(copper)， 5.88×10^7 S/m 板材厚度：1.524mm。所需操作頻段位於 5.6GHz~9.35GHz。

(2)設計原理：

首先，先使用葷狀結構為二維複合左右手的電路單元，如圖 1。並由等效電路模型和特徵模態得到其色散圖，如圖 2。可得到結構可以輻射的頻率，但是用特徵模態求出的模態 1，無法支持背向的洩漏波，我們會透過遠場場型的量測，驗證背向洩漏波，是可以存在的。

(3) 天線結構：

圖 3 為一分二功率分波器饋入葷狀結構之複合左右手洩漏波天線，我們在 x 方向擺放八個， y 方向擺放十六個，使得天線能量可以洩漏完，並使用一分二功率分波器饋入天線。

(4)量測、模擬結果：

此報告中，使用 Agilent E5071A 量測頻率響應，HP 8530A 量測天線的場型。天線量測的頻率響應分別如圖 4 所示，其頻

寬為 5.6GHz~9.35GHz，另外於 5.6GHz、6.0GHz、6.4GHz、7.0GHz、7.5GHz、7.9GHz、8.5GHz、9.3GHz 量測的 yz 平面遠場場型，整理在圖 5 所示，可看出複合左右手洩漏波天線具有從後向到前向掃描能力，掃描角度為 -51° 順時針轉到 69° 。由上述結果，由主波束輻射角，反推相位常數，畫出色散圖如圖 6，結構確實可存在背向的洩漏波。

b. 圓極化背接金屬共平面波導槽孔天線陣列

(1)規格：

本報告中所使用的板材為 R04003 板，其規格如下：介電常數(ϵ_r): 3.55 損耗正切 ($\tan \delta$): 0.0027 導體金屬：銅(copper)， 5.88×10^7 S/m 板材厚度：1.524mm。所需操作頻段位於 12GHz。

(2)設計原理：

首先，透過全波分析(SDA)可以求得背接金屬共平面波導的傳播常數並了解其洩漏波的特性。在背接金屬共平面波導的上層金屬蝕刻矩形槽孔，透過適當安排槽孔的位置，可以使所有槽孔被等相位激發，在邊射方向會有建設性干涉，並藉由調整槽孔的旋轉角度去完成阻抗匹配。於是我們設計出一個線性極化的高增益天線，稱之為背接金屬共平面波導槽孔天線。

運用序列轉動饋入法的概念，我們適當設計饋入電路與天線擺放方式使得六個背接金屬共平面波導槽孔天線組成一個具有圓極化效果的陣列。此圓極化天線陣列具有高輻射增益、高效率的特性。

(3)天線結構：

首先，背接金屬共平面波導槽孔天線結構如圖 7 所示，為高增益之線性極化天線。接著，吾人利用序列轉動饋入法，以

六個該線性極化天線構成具有圓極化效果之天線陣列如圖 8 所示，稱之為六單元之圓極化天線陣列。為了達成序列轉動饋入法所需之相位，吾人設計出一個功率分波器作為訊號饋入之用，如圖 9 所示。

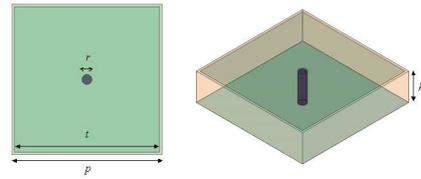


圖 1、蕈狀結構示意圖

(4) 模擬與量測結果：

此報告中，使用 Agilent E5071A 量測頻率響應、HP 8530A 量測天線的場型。模擬與量測的頻率響應如圖 10 所示。量測的右手圓極化場型，如圖 12、圖 13、圖 14 所示。而量測的左手圓極化場型，則如圖 15、圖 16、圖 17 所示。

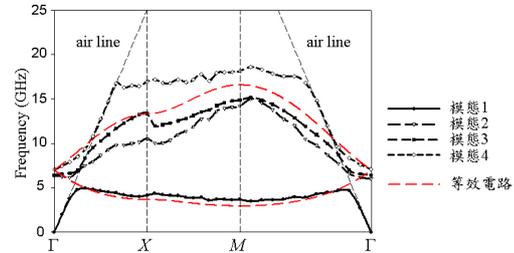


圖 2、等效電路和特徵模態得到蕈狀結構的色散圖

三、結論

在本報告中，我們呈現的主題為寬適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線。報告中，包含了兩種不同類型的天線，其結論分別敘述如下：

- a. 一分二功率分波器饋入蕈狀結構之複合左右手洩漏波天線：

本報告利用蕈狀結構來當作二維複合左右手傳輸線的電路單元，並運用特徵模態以及等校電路模型來找出結構的色散圖，並利用可輻射的頻段，組成複合左右手洩漏波天線，具有從後向到前向掃描能力，

- b. 圓極化背接金屬共平面波導槽孔天線陣列：

本報告利用序列轉動饋入法的方式，來達到圓極化的效果，其天線陣列無論在 S 參數頻率響應以及輻射場型上都具有優秀的效能，並且擁有極佳的圓極化效果，有利於使用在 DBS 系統上。的效能，並且擁有極佳的圓極化效果，有利於使用在 DBS 系統上。

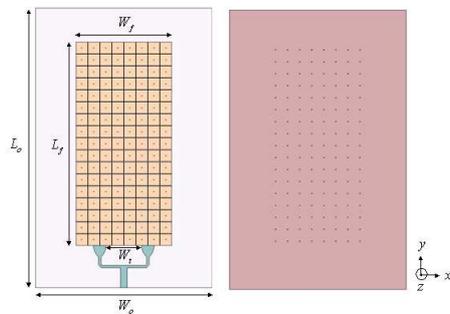


圖 3、一分二功率分波器饋入蕈狀結構之複合左右手洩漏波天線

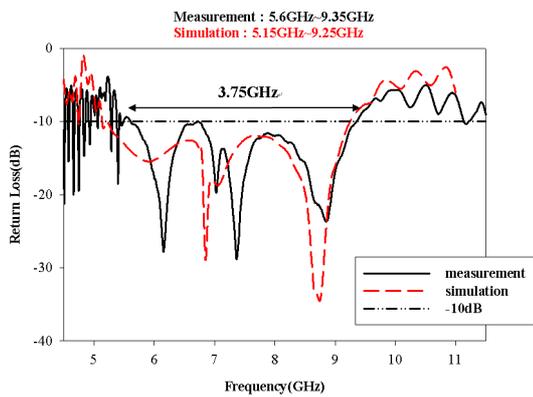


圖 4、天線頻率響應

四、圖表

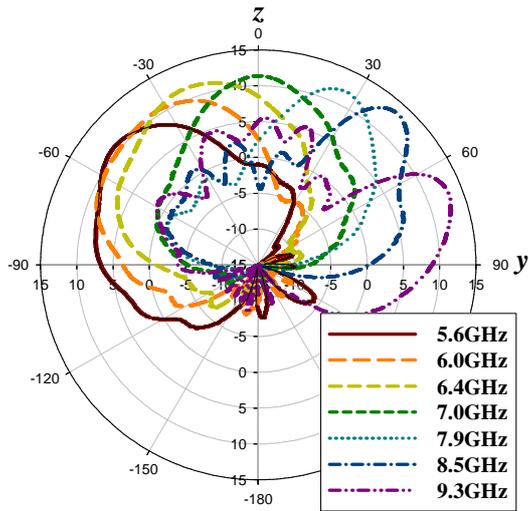


圖 5、yz 平面遠場量測場型(theta 極化)

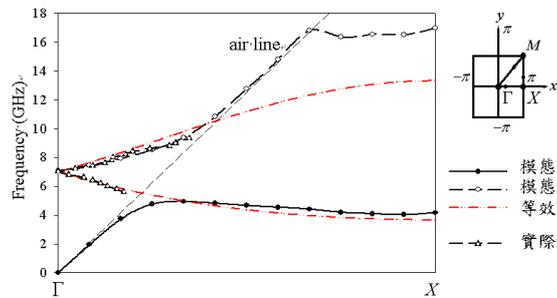


圖 6、實際量測得到的色散圖中 Γ -X 段

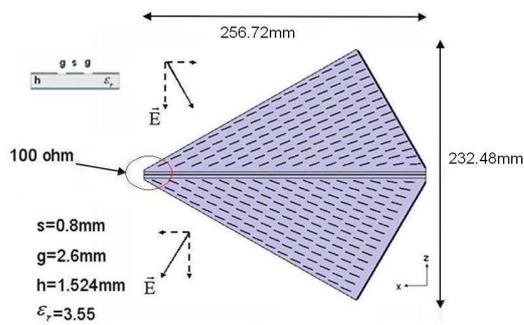


圖 7、背接金屬共平面波導槽孔天線

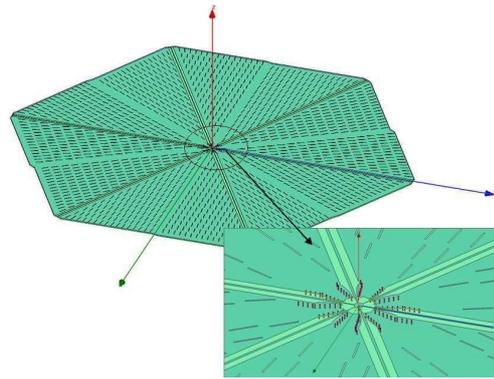


圖 8、六單元之圓極化天線陣列

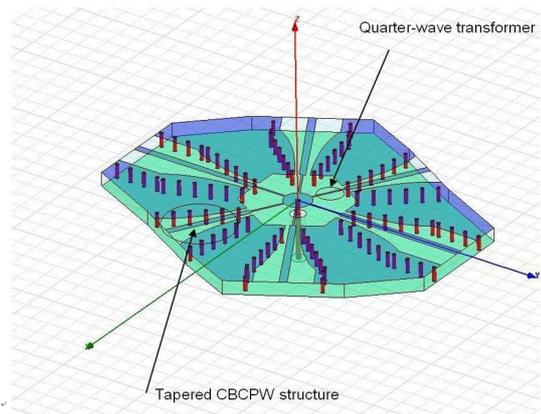


圖 9、功率分波器

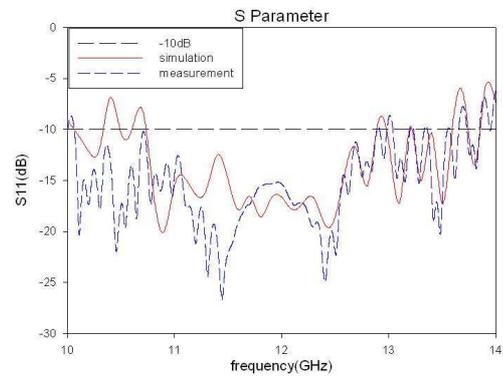


圖 10、六單元之圓極化天線陣列 S 參數量測圖

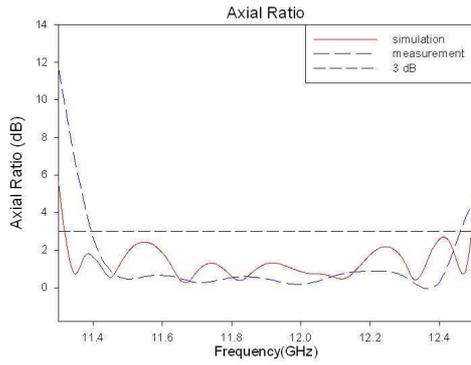


圖 11、六單元之圓極化天線陣列軸比 (Axial Ratio) 隨頻率的變化

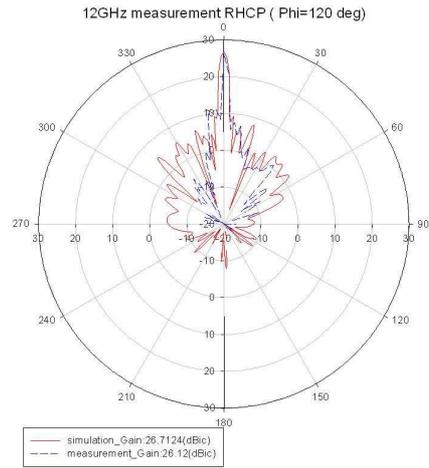


圖 14、12GHz $\phi=120^\circ$ 平面之右手圓極化場型圖

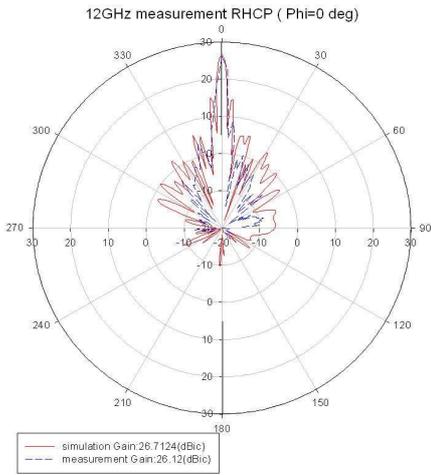


圖 12、12GHz $\phi=0^\circ$ 平面之右手圓極化場型圖

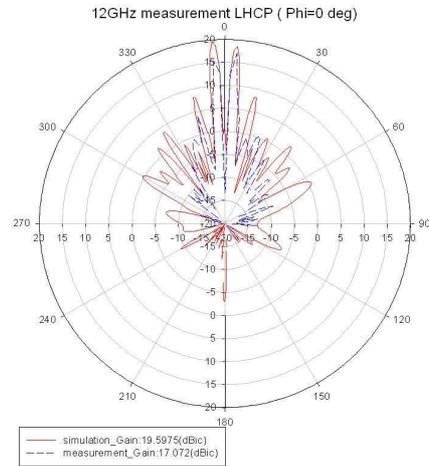


圖 15、12GHz $\phi=0^\circ$ 平面之左手圓極化場型圖

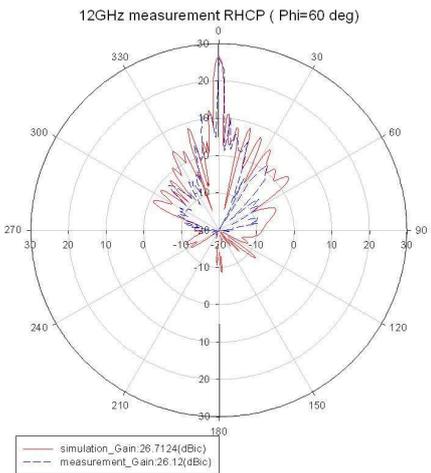


圖 13、12GHz $\phi=60^\circ$ 平面之右手圓極化場型圖

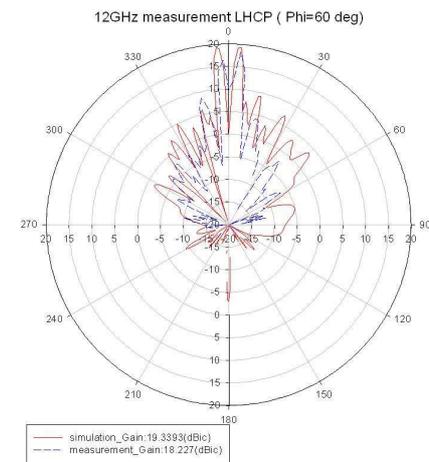


圖 16、12GHz $\phi=60^\circ$ 平面之左手圓極化場型圖

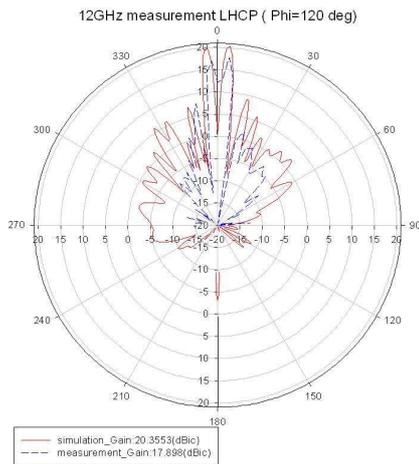


圖 17、12GHz $\phi=120^\circ$ 平面之左手圓極化場型圖

五、參考文獻

- [1] J. B. Pendry, A. J. Holden, W. J. Stewart *et al.*, “Extremely Low Frequency Plasmons in Metallic Mesostructures,” *Physical Review Letters*, vol. 76, no. 25, pp.4773, 1996.
- [2] J. B. Pendry, A. J. Holden, D. J. Robbins *et al.*, “Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena,” *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, no. 11, pp. 2075-2084, 1999.
- [3] R. A. Shelby, D. R. Smith, and S. Schultz, “Experimental Verification of a Negative index of Refraction,” *Science*, vol. 292, no. 5514, pp. 77-79, April 6, 2001.
- [4] A. Lai, C. Caloz, and T. Itoh, “Composite right/left-handed transmission line metamaterials,” *IEEE Microw. Mag.*, vol. 5, no. 3, pp. 34-50, Sep. 2004.
- [5] L. Liu, C. Caloz, T. Itoh, “Dominant mode (DM) leaky-wave antenna with backfire-to-endfire scanning capability,” *Electron. Lett.*, vol. 38, no. Yablonovitch, “High-impedance surface electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band,” *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, no. 11, pp. 2059–2074, Nov. 1999.
- [12] A. Lai, K. M. K. H. Leong, C. Caloz, T. Itoh. (2005). *Analysis and Design of Left-Handed Metamaterial Lenses Using Ansoft HFSS*. [Online]. Available: http://www.mwlab.ee.ucla.edu/poster/2005/NRI_Lenses_HFSS.pdf
- [13] I. Bahl, *Lumped Elements for RF and Microwave Circuits*. Norwood, MA: Artech House, 2003.
- [14] I A. Lai, K. M. K. H. Leong, and T. Itoh, “Leaky-wave steering in a two-dimensional metamaterial structure using wave interaction excitation,” in *Proc. 2006 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, San Francisco, USA, June 2006, pp. 1643-1646.
- [15] T. Itoh and R. Mittra, “Spectral-domain approach for calculating the dispersion characteristics of microstrip lines,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. MTT-21, pp. 496-499, July 1973.
- [16] W. Menzel, “A new traveling-wave antenna in microstrip,” *Arch. Electron. Ubertrag. Tech.*, vol. 33, pp. 137-140, 1979.
- [17] A. A. Oliner and K. S. Lee, “The nature of the leakage from higher-order modes on microstrip line,” in *Proc. 1986 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, Baltimore, MD, pp. 57-60, 1986.
- [18] Y. C. Shih and T. Itoh, “Analysis of conductor-backed coplanar waveguide,” *Electron. Lett.*, Vol. 18, issue 12,

- pp.538–540, June 1982.
- [19] R. J. Stevenson, “Theory of slots in rectangular waveguides,” *J. App. Phys.*, vol. 19, 1948, pp. 24-38.
- [20] R. Shavit, “Impedance characteristics of a slot antenna fed by a parallel- plate waveguide,” *Microw. Opt Technol Lett.*, vol. 14, no.2, Feb. 1997.
- [21] R. S. Elliott, *Antenna Theory and Design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1981.
- [22] M. Ando, T. Numata, J. -I. Takada, and N. Goto, “A linearly polarized radial line slot antenna,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. 36, issue 12, pp.1675–1680, Dec. 1988.
- [23] L.-C. Lin, Y.-S. Cheng, R. B. Hwang, T. Kitazawa, and Y.-D. Lin, “Slotted conductor-backed coplanar waveguide antennas”, *International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2008)*, Oct. 2008.
- [24] Y. X. Cheng, “Slotted Conductor-Backed Coplanar Waveguide Antennas,” 國立交通大學電信工程學系碩士論文, 2008.
- [25] J. Huang, “A technique for an array to generate circular polarization with linearly polarized elements”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-34, No. 9, pp.1113-1123, 1986.
- [26] P. S. Hall, J. S. Dahele, and J.R. James, “Design principles of sequentially fed, wide bandwidth, circularly polarized microstrip antenna,” *IEE Proc.*, Vol. 136, Part H, No. 5, pp. 381-389, 1989.
- [27] B.Y. Toh, R. Cahill, V.F. Fusco, “Understanding and measuring circular polarization,” *IEEE Trans. on Education*, Vol. 46, Issue 3, Aug. 2003, pp. 313 - 318, 2003.

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

報 告 人 姓 名	林育德	服 務 機 構 及 職 稱	國立交通大學教授
時 間 會 議 地 點	2009/08/18-2009/08/21 Moscow, Russia	本 會 核 定 補 助 文 號	NSC 98-2221-E-009-035-(98N262)
會 議 名 稱	(中文) 2009 電磁研究研討會 (英文) 2009 Progress In Electromagnetics Research Symposium		
發 表 論 文 題 目	(中文) 圓極化背接金屬共平面波導槽孔天線陣列 (英文) Circularly Polarized Slotted Conductor-Backed Coplanar Waveguide Antenna Array with Sequentially Rotated Feeding Structure		
<p>一、 參加會議經過：本次 Progress In Electromagnetics Research Symposium 在俄羅斯莫斯科舉行，共有數百人參加。國內也有許多學術界及產業界人士前往。我的論文是安排在 8 月 19 日下午，於 Antenna Theory and Radiation 2 之 session 發表。在發表論文後，並與在場各國研究人員討論本人論文中之有趣發現，並相互交換對此領域之研究交換心得</p> <p>二、 與會心得：這次的大會的確收穫良多，除了瞭解各研究機構、大學、公司最近一年來的最新研究成果之外，並可親聆一些大師的講演。此外，透過會議中的討論，可以從他人的意見中了解自己研究上的缺失與價值。由於無線通訊產業近來發展一日千里，有各種新的標準及應用不斷被提出。做為無線通訊關鍵元件的天線，也隨之而有不同的新設計要求，如多頻天線，整合型天線等，參加此次會</p>			

議亦可看出這些新的產業趨勢，對未來之研究大有助益。

三、 考察參觀活動(無是項活動者省略)

四、 攜回資料名稱及內容：攜回大會論文集 CD。

國際合作出國報告

計畫名稱: 適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線

補助編號: NSC 98-2221-E-009-035-(98N262)

撰稿人: 國立交通大學 電信系 林育德

合作對象: 日本滋賀 立命館大學 北澤敏秀(Kitazawa Toshihide)教授

訪問時間: 2010/07/14 – 2010/07/19

此次赴日本滋賀立命館大學，爲例行之研究成果及進度之互相交換意見及討論。訪問期間除了與北澤敏秀(Kitazawa Toshihide)教授討論 Substrate Integrated Waveguide Antenna Arrays 之研究方法外，並指導其學生 Hiroshi Terada 有關微帶洩漏波之饋入結構及 S-parameter Extraction Method。

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：林育德		計畫編號：98-2221-E-009-035-					
計畫名稱：適用於無線高速傳收系統之洩漏波天線							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	3	3	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

科 教 處 計 畫 加 填 項 目	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）