

行政院國家科學委員會電信國家型科技研究計畫成果報告

K-頻段無線收發關鍵元組件之研究

子計畫一：K-頻段雙頻印刷天線

Key Devices and Components for K-band Wireless Transceiver Sub-Project 1 : A Dual Band Printed Antenna for K-band Applications

計畫編號：NSC 88-2219-E-002-012

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：許博文 國立台灣大學電信工程學研究所

一、中英文摘要

中文摘要

為配合整合型計畫各子計畫之平面結構，本子計畫研究供21~23GHz及24~26GHz兩頻段皆可使用之平面型印刷天線。採用之天線為共面波導饋入之環狀槽孔耦合微帶天線。此天線，在不使用寄生元件時，即可比一般直槽耦合微帶天線多數倍的適用頻寬。經由適當之設計，環狀槽孔及微帶天線之操作頻率可分別落於需要的兩頻段內而達到雙頻操作之目的。本研究之理論分析採用以屋頂形函數為基底之動差法，而實驗試錯法被用來做細部設計以彌補在K-頻段時理論之不足。計畫第一年以建立理論模型及實驗平台為主，第二年將進行細部設計，第三年則完成符合規格之雛型成品。本報告為本計畫第一年之研究成果報告，理論模型及實驗平台均已順利建立。

(關鍵詞：共面波導，環狀槽孔，微帶天線。)

Abstract

To match the common planar structure in all the sub-projects of this integrated research proposal, we study in this project a dual-band printed antenna that will be used in both 21 to 23 GHz and 24 to 26 GHz frequencies. The proposed antenna is a coplanar waveguide fed slot-loop coupled microstrip antenna. Without using any parasitic elements, this antenna can have a bandwidth several times larger than any typical slot coupled microstrip antenna. Also, the operating frequencies of the slot-loop and the microstrip antenna can be adjusted to lie separately in the two desired frequency

bands. The theoretical analysis is based on the method of moments using rooftop basis functions, while the experimental trial and error will be called upon in the actual design to compensate for the discrepancy between theory and experiment in K-band. The method of analysis and the experimental setup will be established in the first year, the detailed design will be proceeded in the second year, and a prototype antenna that meets the design specifications will be completed in the third year. This report summarizes the first year's research results that the analysis method and the experimental setup are both established with success.

(Keywords: Coplanar Waveguide, Slot Loop, Microstrip Antenna.)

二、計畫緣由與目的

由於本子計畫所屬之整合型計畫係以平面結構為主幹，而串接各元組件(子計畫)之波導為共面波導(Coplanar Waveguide)或微帶線(Microstrip Line)，因此本計畫選擇以共面波導為饋入線(Feedline)，嘗試設計能同時使用在21-23 GHz及24-26 GHz兩頻段之平面型印刷天線(Printed Antenna)。

近年來，有越來越多的人使用共面波導作為微帶天線(Microstrip Antenna)之饋入線，尤其是在毫米波(Millimeter Wave)頻段時[1]-[3]。在共面波導饋入式微帶天線中，天線及其饋入線分別置於同一片介質基板(Dielectric Substrate)之兩側，而兩者間之耦合(Coupling)係經由位於接地金屬

面上連結在共面波導尾端之開槽(Slot)來達成。開槽之型式有很多種，最常見的包括：簡單開路直槽(Simple Open End)[1], [2], [4]、電容或電感型直槽(Inductive or Capacitive Slot)[3], [5]以及小環狀槽孔(Small Slot-Loop)[6]等。雖然共面波導饋入式微帶天線相當有用，然而由於其有效頻寬(Bandwidth)甚窄[3]-[5]，其應用自然受到限制。一個典型的共面波導饋入式矩形微帶天線的頻寬大約只有 2%而已。增加微帶天線頻寬的方法有許多種，例如：增加介質基板厚度或加入寄生元件(Parasitic Element)。然而基板太厚容易產生表面波(Surface Wave)而降低天線效益(Antenna Efficiency)，而寄生元件卻會使得天線構造變得複雜而難以製作，因此這兩種方法都有其應用上的限制。為了增加頻寬以滿足設計之需求，本研究採用大型環狀槽孔(Large Slot-Loop)作為共面波導與微帶天線間之媒介，其基本構造請參見圖一。

在圖一中，大型環狀槽孔之功用並非僅只於增加微帶天線之頻寬而已，它本身亦可自成一個環槽天線(Slot-Loop Antenna)。適當選取環槽之週長以及微帶天線之寬度，使它們所對應之共振頻率(Resonant Frequency)分別落於本計畫所要求之 21-23 GHz 及 24-26 GHz 內，則雙頻操作之需求亦可同時滿足。

除了頻寬及雙頻操作之考慮外，尚有其它之設計需求，例如天線增益(Gain)、電壓駐波比(VSWR)等。本計畫所要研製之天線規格如下所示：

- 頻率：21-23 GHz 及 24-26 GHz
- 增益(Gain)@中心頻率：24 dBi
- 側輻射(Side Lobe)強度： > 20 dBc
- 電壓駐波比(VSWR)： < 2.0

由於本子計畫主持人對共面波導饋入式印刷天線之設計與研究已有相當經驗[4],[5],[7]，相信應能順利完成滿足上列規格之「K-頻段雙頻印刷天線」供整合型計畫其他子計畫之用。

三、研究方法及成果

本研究將採用以屋頂型函數(Roof-Top

Functions)為基底(Basis)之動差法(Moment Method)做為理論分析之基礎。此法在我們先前所發表之文章中有詳盡之描述[4],[7]，在此僅簡述其原理及步驟如下：

1. 假設介質基板及接地金屬板均為無限大。
2. 利用等效原理(Equivalence Principle)，將槽孔用金屬板封住，其上、下各放置大小相等方向相反之面磁流，如此則整個空間被區分成兩個半空間，其一為半自由空間，另一個為含接地介質板之半空間。
3. 在微帶天線面上放置面電流。
4. 寫出代表邊界條件之電磁場方程式：天線面上切線電場為零；槽孔面上、下切線磁場連續。
5. 由 2、3 之半空間及電、磁流，利用格林函數技巧(Green's Function Technique)將 4 中之方程式化成積分方程式。
6. 以屋頂型函數為基底，用動差法求解 5 口之積分方程式，則天線面上之面電流、槽孔面上之面磁流、以及天線之輸入阻抗(Input Impedance)、共振頻率(Resonant Frequency)、輻射場型(Radiation Pattern)等即可求出(詳見[4],[7])。

本計畫亦將進行實驗，以實驗來驗證理論之正確性。設計時，理論的誤差(如無限大介質基板之假設)，將以實驗試錯法來改正。最後，為達到符合規格之天線增益，亦需要進行天線陣列(Array)之設計。

本報告為本計畫第一年之研究成果報告。我們已順利完成理論分析模型，並完成滿足頻率及電壓駐波比之初步設計(請參見圖二、三)。實驗平台亦已建立，後續將進行實作及實驗及難度較高之陣列設計以滿足增益需求。

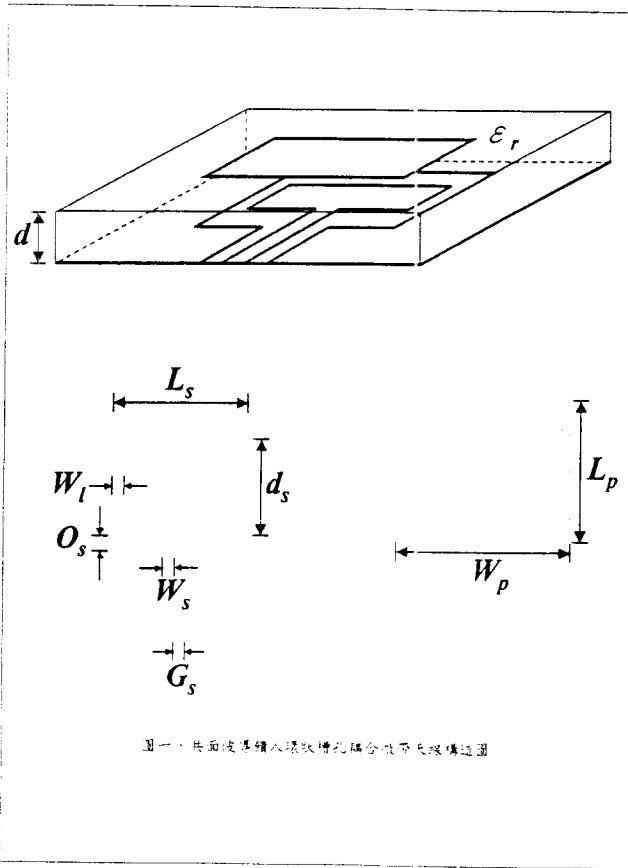
四、結論與討論

本計畫第一年主要工作在完成理論分析模型。我們採用以屋頂型函數為基底之動差法做分析，配合圖一之結構做修正。由數值分析所完成之初步設計如圖二、三所示。圖三中我們很清楚地看到頻率(21-

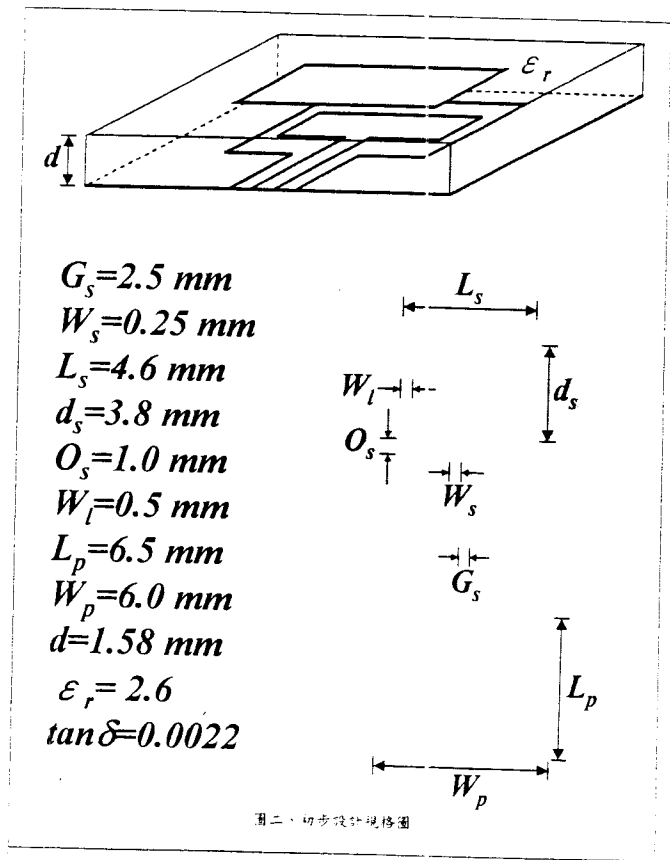
23GHz 及 24-26GHz) 及電壓駐波比 (VSWR<2.0)均能滿足設計需求,然而該分析設計是在假設介質基板為無限大的情況下所得到的,在實際情況下(介質基板為有限大小)是否與分析所得結果相同仍有待實驗証實。目前實驗所需平台亦已建構完成,我們即將進行實驗,並以實驗與理論之對照來修正設計,相信在第二年計畫中(目前進行中)必能完成與實驗相符之實際設計。

五、參考文獻

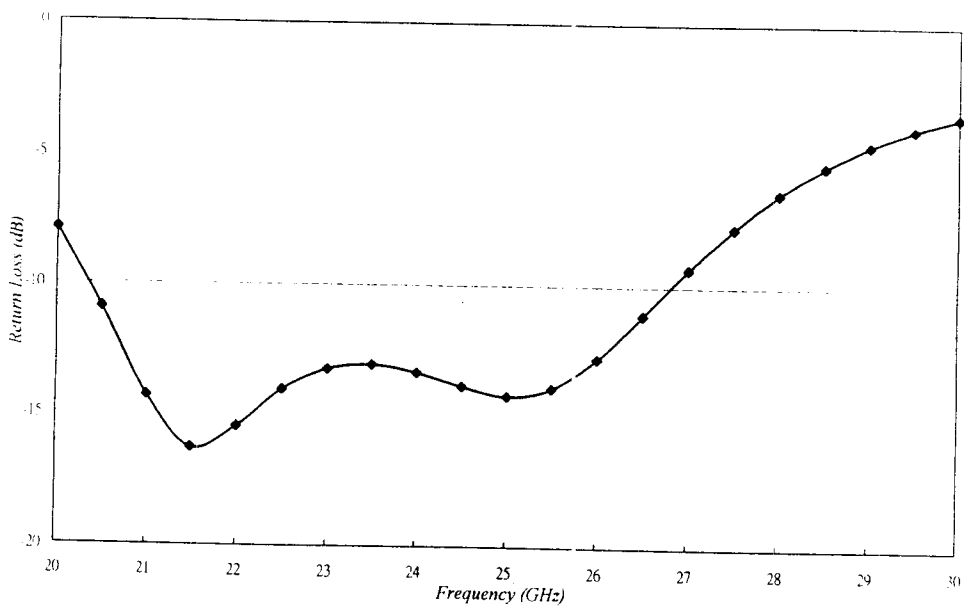
- [1] M. I. Aksun, S. L. Chuang, and Y. T. Lo, "On slot-coupled microstrip antennas and their applications to cp operation-theory and experiment," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-38, pp.1224-1230, Aug. 1990.
- [2] M. I. Aksun, S. L. Chuang, and Y. T. Lo, "Coplanar waveguide-fed microstrip antennas," *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 4, no. 8, pp. 292-295, July 1991.
- [3] W. Menzel and W. Grabherr, "A microstrip patch antenna with coplanar feed line," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, vol. 1, no. 11, pp. 340-342, Nov. 1991.
- [4] S. M. Deng, M. D. Wu, and Powen Hsu, "Analysis of coplanar waveguide-fed microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-43, no. 7, pp. 734-737, July 1995.
- [5] S. M. Deng, M. D. Wu, and Powen Hsu, "Impedance characteristics of microstrip antennas excited by coplanar waveguides with inductive or capacitive coupling slots," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, vol. 5, no. 11, pp. 391-393, Nov. 1995.
- [6] L. Giauffret and J. M. Laheurte, "Study of various shapes of the coupling slot in CPW-fed microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-45, no. 4, pp. 642-647, Apr. 1997.
- [7] Tzung-Fang Huang, Shih-Wen Lu, and Powen Hsu, "Analysis and design of coplanar waveguide fed slot antenna array," *IEEE Trans. Antennas Propagat.* (Accepted and to appear)



圖一、共面波導饋入環狀槽孔耦合微帶天線構造圖



圖二、初步設計規格圖



圖三、圖二中天線之頻率反應