

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

寬頻單一金屬帶洩漏波天線

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-009-130-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學電信工程研究所

計畫主持人：林育德

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 9 月 26 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
寬頻單一金屬帶洩漏波天線
**Broadband Single-Conductor Strip Leaky-Wave
Antenna**

計畫編號：NSC91-2213-E009-130

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：林育德 ydlin@cc.nctu.edu.tw 國立交通大學電信工程系

一、 中文摘要

本計畫完成單一金屬帶的寬頻洩漏波天線之設計與量測。有別於傳統的微帶線洩漏波天線，該天線之主要特色在於除了天線本體之外，並無一般洩漏波天線所需具有的地 (ground)。經由數值分析的方法發現，此天線結構的第一高階模可操作的輻射區間相當寬頻。因為此天線的第一高階模相當寬頻，為有效激發此一模態，在此沿用先前本實驗室研發之寬頻的微帶線平衡-不平衡的饋入架構。從量測結果顯示，此單一金屬帶洩漏波天線 $VSWR \leq 2$ 之頻寬可從 6.55GHz 至 13.75GHz，頻寬比約 2.1:1。此外，該單一金屬帶洩漏波天線在 endfire 方向會有一固定的主波束。

關鍵詞：洩漏波天線、寬頻天線、單一金屬帶、微帶線平衡-不平衡電路

Abstract

A single-conductor strip leaky wave antenna was designed and estimated in this project. The difference between this antenna and conventional microstrip leak-wave antennas is this antenna with only a single-conductor strip on a substrate without a practical ground plane. By using numerical analysis method, the first higher order leaky mode of this single-conductor strip structure is investigated and found to possess a broadband radiation regime. Owing to this antenna has broadband radiation property. In order to effectively excite this first higher order mode, we use the broadband microstrip line balun in our previous proposed. The return loss measurement result shows the antenna bandwidth about 2.1:1 from 6.55GHz to 13.75GHz for a $VSWR \leq 2$. In addition, this single-conductor strip leaky wave antenna has a fixed main-beam radiation pattern in the endfire direction.

Keywords: Leaky-wave, broadband antenna, single-conductor strip, microstrip line balun

二、 緣由與目的

由於目前無線通訊產業及服務日趨複雜且資料日漸龐大，因此對寬頻的需求也就愈形殷切。在這種前提之下，使得毫米波頻段的無線通訊收發系統在未來深具競爭力。傳統長條型平面洩漏天線因傳播特性受限(如：微帶線、共平面波導、槽線...等)，其頻寬約 20%，且體積較大。本計畫所完成之單一金屬帶洩漏波天

線，在提供相當寬頻的工作效能之餘，尚能考慮體積與低成本及容易製作之特點，以因應更多通訊場合之應用。該單一導體洩漏波天線結構如圖一所示，為一寬度均勻佈於基板之導體。由於該天線的結構是對稱的，因此在天線上的縱向電流可用奇或偶對稱的型式去分析。在不影響精確度的情況之下，為簡化分析過程，假設導體之厚度為0，基板沒有損耗；該天線之遠場輻射電場於頻域之表示式如下：

$$E(x, y, z) = \frac{1}{2f} \int_{-w/2}^{w/2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{G}_{EJ}(k_x, k_y, z) e^{jk_x(x-x')} e^{jk_y(y-y')} dk_x dk_y J_s(x', y') dx' dy'$$

上式複數傳播常數 $k_x = s - jr$ ，且在金屬帶的邊界條件為 $E_{tan}=0$ 。

三、討論與結果

利用前一節所述之方法去分析，若是使用理想的平衡訊號去饋入天線，在基板參數： $w=20\text{mm}$, $h=0.508\text{mm}$, $\nu=2.2$ 的情況下，所得到的結果如圖二所示，其第一高階模輻射的頻段(s/k_0 與 $-r/k_0$ 之交點以後與 $s/k_0 \leq 1$ 之交集區域)從 4.5GHz 至 13.8GHz。圖三所比較的曲線可看出，不同線寬所能夠激發的第一高階模頻段不同，愈寬的其頻段會愈往低頻平移，不過頻寬會受到影響而變窄，因此在作此類天線之設計時，可依需求之不同去考量。圖四所示為相同金屬帶寬度 ($w=20\text{mm}$) 不同基板厚度與介質常數(ν)對正規化傳播常數之影響，而由圖中大致可以看出在同一介質情況下，較厚的基板因為邊際效應的關係，使得金屬帶的有效寬度變窄，輻射頻帶往高頻平移；而在不同板材的比較方面，可看出介質常數愈小，頻寬愈大。自圖一至圖四所示及上述討論，均是在饋入架構為理想情況之下所做。按討論結果，並使用先前本實驗室研發之寬頻的微帶線平衡-不平衡的饋入架構[1]，所設計的天線實體照片如圖五。圖六之曲線所示，為圖五天線反射損失(S_{11})量測結果，其第一高階模 $VSWR \leq 2$ 之頻寬從 6.55GHz 至 13.75GHz，頻寬比約為 2.1:1。圖七所示為單一金屬帶寬頻洩漏波天線，於 11GHz 的 H-plane 及 E-plane 的輻射場型。圖八所示為單一金屬帶寬頻洩漏波天線，在 9 及 12.4GHz 不同頻率的輻射場型之比較。由此兩圖可看出該天線的主波束幾乎就是在 endfire 方向，且不隨頻率而改變，而其 peak gain 約 9dBi 左右。(視頻率之不同而有所不同。)

四、計畫成果自評

(一) 研究內容與原計畫相符程度

本年度之研究內容，包括微帶線平衡-不平衡電路應用於寬頻單一金屬帶洩漏波天線之設計與修正，及單一金屬帶洩漏波天線之設計、分析與量測。

(二) 達成預期目標情況

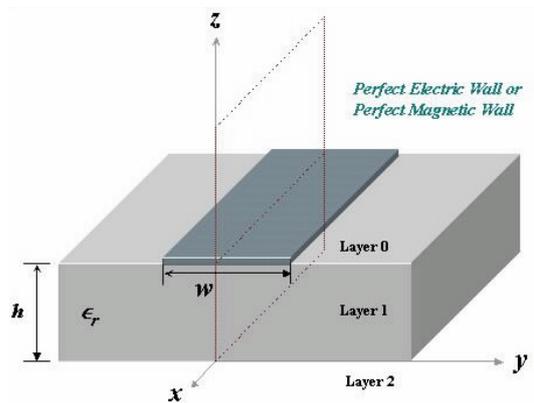
本計畫之研究結果不僅提供了一新穎的毫米波寬頻洩漏波天線，其在工作效能維持一定的情况下，尚能在體積方面作一有效之改善；其量測結果符合理論分析的預期，亦驗證所提出之設計方法的可行性。

(三) 學術成果及應用價值

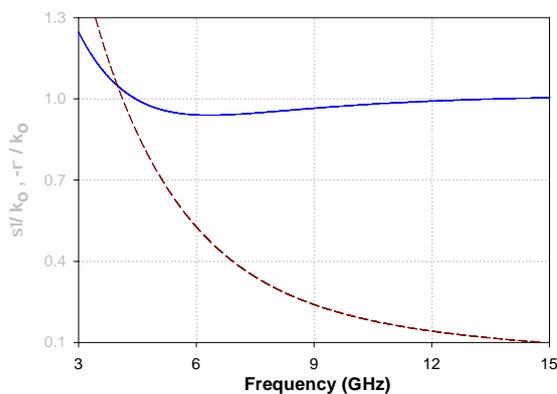
由於所提出之寬頻未見於學術期刊，其寬頻特性和主波束位置不隨頻率變動的效果更優於習知之其他型式之平面式洩漏波天線，並有效證明緩變槽形天線輻射的原因，與洩漏波天線不同。這些結果已發表在國際期刊和研討會上[2]-[3]。基於本計畫之研究結果的性質，加上可攜性高的平面式結構，易於應用在點對點通訊系統，諸如無線區域迴路 (Wireless Local Loop)，無線寬頻網路 (Wireless Broadband Network)，監視系統，船舶通信雷達及汽車防撞雷達等方面之應用。

五、參考文獻

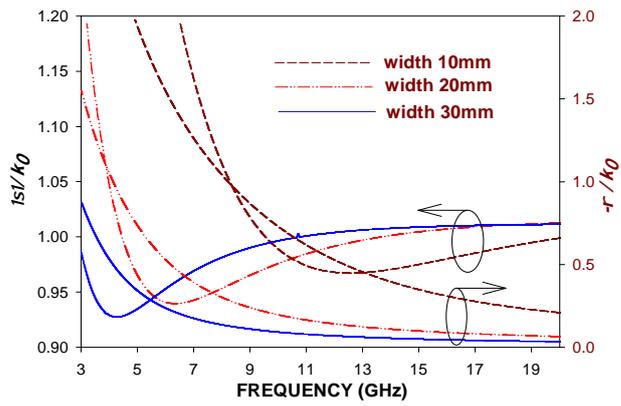
- [1] W. Hong, and T. L. Chen, C. Y. Chang, J. W. Sheen, and Y. D. Lin, "Broadband tapered microstrip leaky-wave antenna," to appear in *IEEE Trans. Antennas Propagat.*
- [2] W. Hong, and Y. D. Lin, "Single-conductor strip leaky-wave antenna," in *IEEE AP-S International Symposium*, 2002, vol.1, pp. 498-501, San Antonio, Texas.
- [3] W. Hong, and Y. D. Lin, "Single-conductor strip leaky-wave antenna," to appear in *IEEE Trans. Antennas Propagat.*



圖一、單一金屬帶天線結構，基板介質層為 Layer 1，其餘 Layer 0 及 Layer 2 均為空氣。



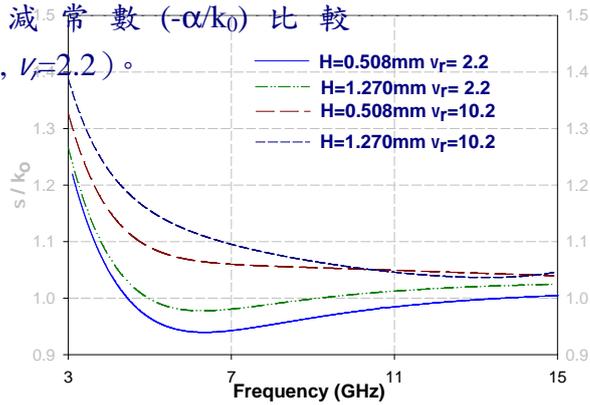
圖二、正規化之相位常數(β/k_0)與衰減常數($-\alpha/k_0$)，基板參數： $w=20\text{mm}$ ， $h=0.508\text{mm}$ ， $\epsilon_r=2.2$ 。



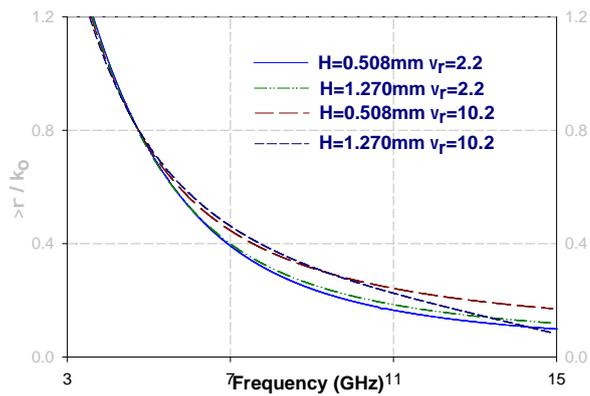
圖三、不同導體寬度之正規化相位常數

(β/k_0) 與衰減常數 ($-\alpha/k_0$) 比較

($h=0.508\text{mm}$, $\nu_r=2.2$)。

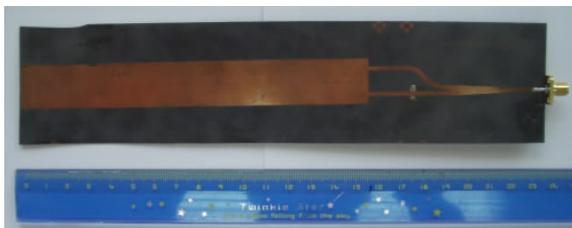


(a)



(b)

圖四、相同金屬帶寬度 ($w=20\text{mm}$) 不同
基板厚度與介質常數 (ν_r) 對正規化傳

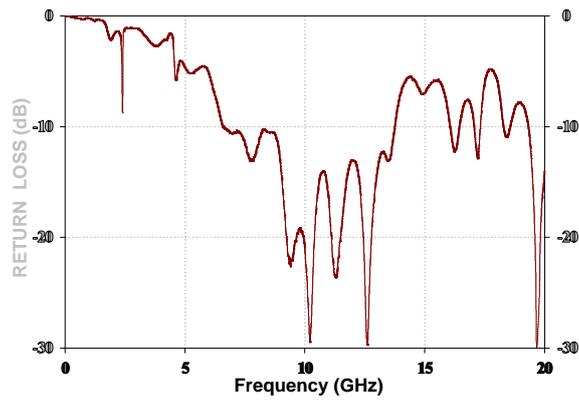


(a)

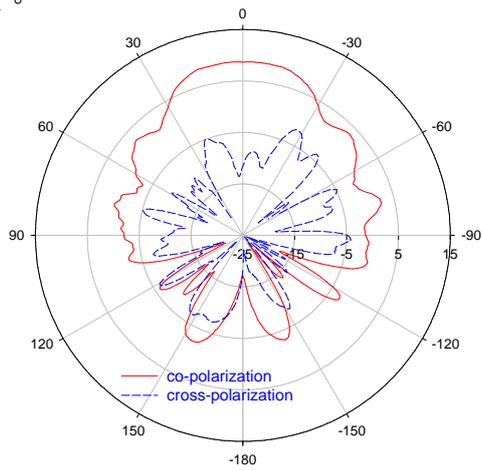


(b)

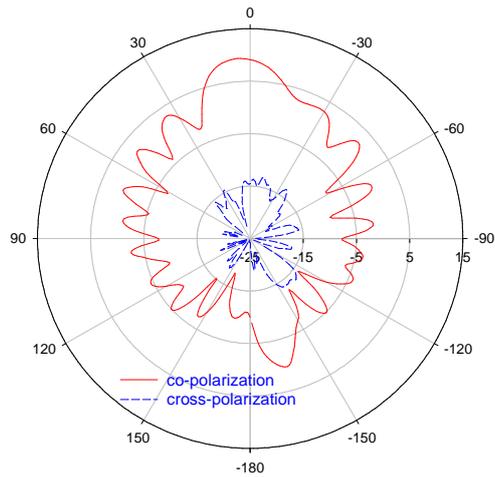
圖五、天線及寬頻微帶線平衡-不平衡
實體照片，(a)正面(b)背面。



圖六、單一金屬帶寬頻洩漏波天線反射
損失(S_{11})量測結果。

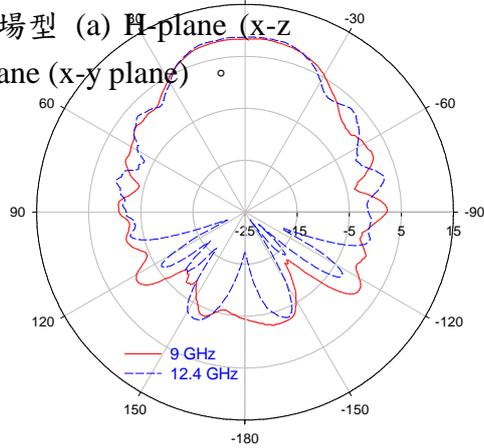


(a)

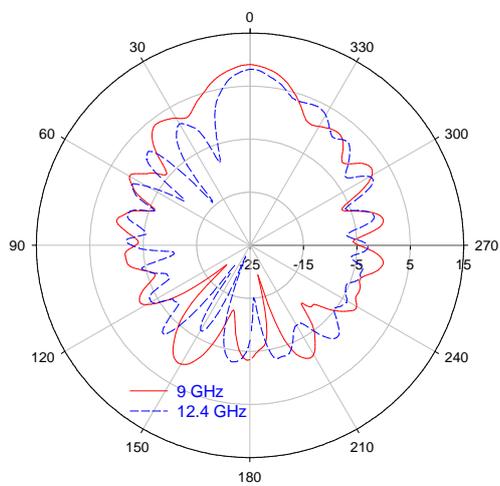


(b)

圖七、單一金屬帶寬頻洩漏波天線於 11GHz 之輻射場型 (a) H-plane (x-z plane), (b) E-plane (x-y plane)



(a)



(b)

圖八、單一金屬帶寬頻洩漏波天線不同頻率的輻射場型 (a) H-plane (x-z plane), (b) E-plane (x-y plane)。

圖十、反趾金屬帶寬頻洩漏波天線天線
反射損失(S_{11})量測結果。(基板參
數： $h=0.508\text{mm}$, $\nu_r=2.2$, $w=20\text{mm}$,
 $D=2.5\text{mm}$ 。)