

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

洩漏波天線於毫米波頻段之應用

Millimeter Wave Applications of Leaky-Wave Antenna

計畫編號：NSC 89-2213-E-009-195

執行期限：89年8月1日至90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

本計劃完成微帶孔徑耦合饋入之洩漏波天線陣列所組合而成具有二維回波效果的平面式陣列回波反射器。此回波反射器對入射電磁波能量有原方向反射回去之高廣角反射裝置及方法。所提供之單純佈線方式及天線的選用組合排列架構，可以針對所須之回波掃描仰角，容易地實現回波反射器，可不加任何主動電路元件，不需外加電源供給，即具備高廣角反射回波能力特性。對八個單元所構成之回波反射器和平面金屬板比較，反射場強相差低於10 dB。其量測結果在E平面上超過235度，在H平面上超過110度。

關鍵詞：微帶、漏波天線、孔徑耦合、陣列天線、回波反射器、樊艾塔陣列。

Abstract

A two-dimensional Van Atta retrodirective reflector based on the microstrip leaky-wave antennas was designed in this paper. Planar structure makes this reflector low-cost and low-profile. Along with the reflector's property of being able to reflect high fields toward the source point over a wide range of incident angles makes it very suitable for applications in intelligent vehicle highway systems (IVHS). Using the leaky-wave antenna as the basic constructing unit has the advantage of avoiding complex routing of the connecting network commonly encountered in two-dimensional retrodirective array. An eight-element leaky-wave retrodirective array was designed and measured in this paper. The experimental result show that both in the E-plane and H-plane the array has a high reflected field within 10dB down from that of a flat metal plate over a range of more than 235 degrees in the E-plane and 110 degrees in the H-plane.

Keywords: Microstrip, Array, Leaky-Wave Antenna, Apertured-Coupled, Van Atta array, retrodirective reflector, .

二、緣由與目地

本計劃完成的洩漏波天線於毫米波頻段之應用為使用兩層基板合成的微帶-孔徑耦合饋入之洩漏波天線陣列所組合而成具有二維回波效果的平面式陣列回波反射器。圖一為樊艾塔之陣列天線組合方式。此平行排列之天線陣列須以成對的天線組成，每一對天線以傳輸線連結在一起，對原入射電磁波，具有高反射回波掃描角之特性，唯非用洩漏波天線來實現，其設計之機制必須擁有一對以上兩兩成對的天線所組成，且每對天線相連接之傳輸線差須為整數倍之導波波長。

本平面式陣列回波反射器為一種有效對於入射源的高回波量，具寬掃描仰角回波特性的平面反射器。提供之優點包括：避免以往傳統二維效果反射器連接佈線網路之複雜性；比以往設計之回波反射器更具寬廣掃描仰角之回波效果；提供低成本、薄厚度、高可攜性；不需外加元件、電源的應用結構；其單純的連接佈線網路亦提供較多可外加主動電路的空件；一維的陣列結構設計具備二維的回波效果；饋入電路與漏波天線可分開作最佳化的設計；金屬接地面位居漏波天線面與饋入後級電路面中間，具最佳的隔離效果，可避免其相互不當耦合的不良現象發生。

三、討論與結果

圖二係微帶-孔徑耦合饋入方式之微帶漏波天線單元。上層基板用來設計使激發第一高階漏波模之微帶漏波天線，下層基板則設計為饋入上層漏波天線之準平面波微帶電路，兩夾層中間為共同接地面，即一金屬面，並蝕刻孔徑於此共地金屬板，做為信號耦合之用，將信號由下層微帶線饋入，經由孔徑激發上層微帶第一高階漏波模，以達輻射回波的目的。孔徑的多寡則視漏波陣列

天線的數目需求而定。本平面式陣列回波反射器的耦合信號是從洩漏波天線的雙端饋入，所造成的輻射場型參見圖三。由雙端耦合饋入故其造成的電磁總輻射場型再加上電磁波入射碰到金屬共地面所產生的平面回波器天線面之法線方向的散射場 (scattered field)，所加總成的總輻射回波場如圖四所示。此總輻射場即為回波反射器在 H 平面上所造成的回波輻射場型，是由洩漏波天線本身輻射原理所達成，但由於洩漏波天線本身所造成的主波束寬 (beamwidth) 有限，故設計了四組不同寬度的洩漏波天線對，來達成更寬回波輻射仰角效果，此是因為不同的微帶洩漏波天線寬度所造成的輻射仰角不同，如此適度的搭配微帶洩漏波天線寬度可以達成回波器 H 平面上更寬的回波仰角。圖五說明電磁總輻射場包含漏波天線再輻射場和散射場和角度的關係。回波反射器在 E 平面輻射回波仰角的提昇主要是以樊艾塔陣列 (Van Atta array) 的方式來排列洩漏波天線，可以造成寬廣的輻射回波仰角，原則上每單元的洩漏波天線間距以小於二分之一自由空間光速波長 ($\lambda_0/2$)，可達 E 平面上更寬廣的回波仰角，但其間距不受限固定，可依實際需要自由設計所需之回波仰角的天線間距。每單元的洩漏波天線間距是以兩相鄰的洩漏波天線為準，以兩洩漏波天線中心點間的距離計算之。本回波器 E 和 H 平面的座標指示圖參見圖六，本實施例用此座標系來做 E 平面和 H 平面的回波器實際量測。

本設計中，由八個單元所構成之回波反射器其天線陣列和饋入結構列於圖七和圖八。其實際量測和理論計算的結果參見圖九和圖十。天線陣列彼此間距 13mm，工作頻率於 9.8GHz，其中零度的輻射仰角指平面回波器之天線面法線方向，圖九的 E 和 H 平面量測皆同時顯示了相同回波器大小之金屬平板反射波回入射波方向的電場型量測和回波器做一個明顯的對比。以回波器和相同大小金屬平板做比較，顯示了 360 度 (-180 度 +180 度) 的全方位輻射回波仰角量測，將兩比較取最大的電場量測值為 0dB 做一個統一的正規化及標準，往下推 -10dB 內的輻射仰角為其回波仰角寬度，E 平面在 -10dB 內的回波仰角為 -115 度 +115 度 (即 230 度)，H 平面在 -10dB 內的回波仰角為 -55 度 +55 度 (即 110 度)，比相同大小金屬板在正規化 -10dB 波，的確回波器的回波場型較震盪

且狹窄的回波仰角金屬板回波場，回波器的場型較平滑穩定且具極寬廣的回波仰角。

四、計劃成果自評

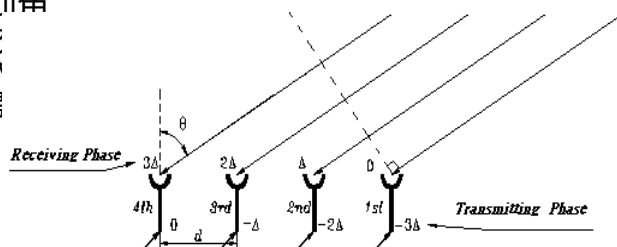
(一) 研究內容與原計劃相符程度
本年度之研究內容包括洩漏波同向反射陣列之設計和量測。本年度之研究內容完成設計微帶孔徑耦合饋入之洩漏波天線陣列所組合而成具有二維回波效果的平面式陣列回波反射器，並完成了場型及效率的量測。

(二) 達成預期目標情況
本計劃之研究結果為提供一種一維的天線陣列結構，而具備二維高回波效果之設計方式，且不受固定回波掃描仰角能力限制，可針對所需的回波仰角，增減天線陣列對之元件，而做個別設計。量測結果符合我們預期中的結果，驗證所提出之設計方法的可行性。

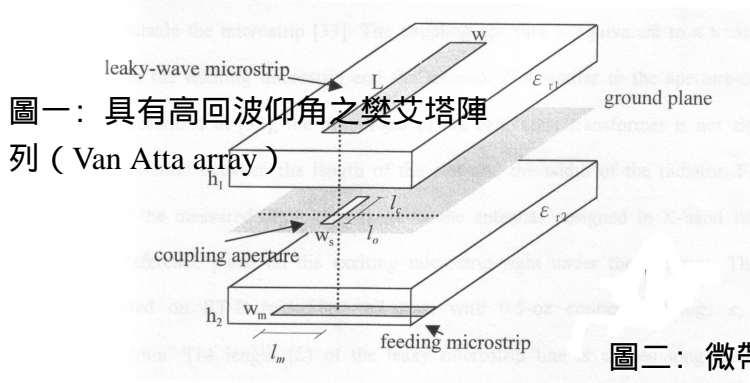
(三) 學術成果及應用價值
由於所提出之微帶孔徑耦合饋入之洩漏波天線陣列所組合而成的平面式陣列回波反射器結構未見於學術期刊且一維的陣列結構設計具備二維的回波效果其效果更優於習知之其他型式之平面式陣列回波反射器，已發表在國際研討會[3]上並已申請專利中。由於所提供的設計方式簡單，其佈線線路單純，欲加主動元件以提高增益等回波能量亦非常方便且容易，基於本發明的高廣角回波性質，加上高可攜性的平面式結構，易於應用在智慧型運輸系統 (Intelligent Vehicle Highway System, IVHS)；諸如汽車防撞雷達或道路交通管理系統、車道電子管制收費系統、監視系統、RF ID 識別等方面之應用。

五、參考文獻

- [1] L. C. Van Atta, "Electromagnetic reflector", *U.S. Patent 2 908 002*, Serial no. 514040, Oct. 1959.
- [2] T. -L. Chen and Y. -D. Lin, "A K-band aperture-coupled microstrip leaky-wave antenna," *1998 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings*, Yokohama, Japan, 1998, pp. 1491-1494.
- [3] C.-C. Chiu and Y.-D. Lin, 2000, "A Planar Leaky-Wave Retrodirective Array," 2000 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, TSMW.

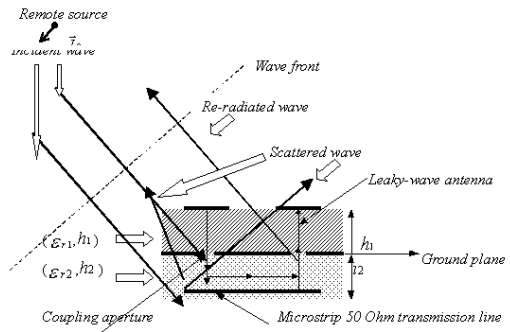
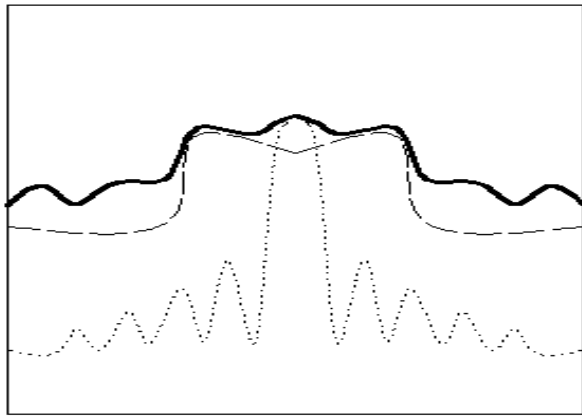


圖三：單一洩漏波天線雙端耦合饋入



圖一：具有高回波仰角之樊艾塔陣列 (Van Atta array)

圖二：微帶-孔徑耦合饋入方式之微帶洩漏波天線

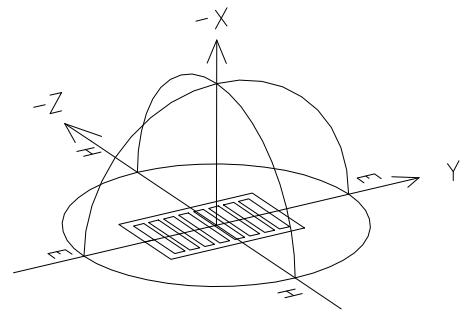


圖四：微帶孔徑雙端耦合饋入之平面式陣列回波反射器電磁總輻射場型分析

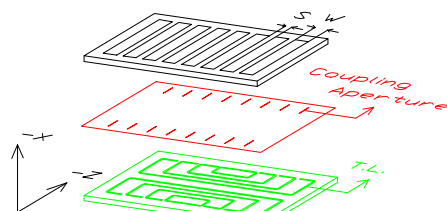
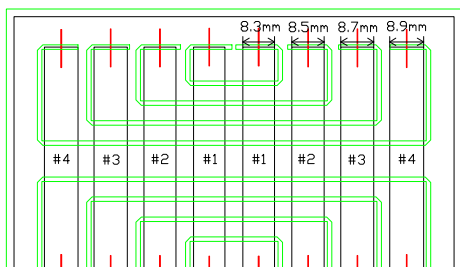
Returned Field

-90 0 90
Radiated Angles

圖五：電磁總輻射場包含漏波天線再輻射場和散射場和角度的關係

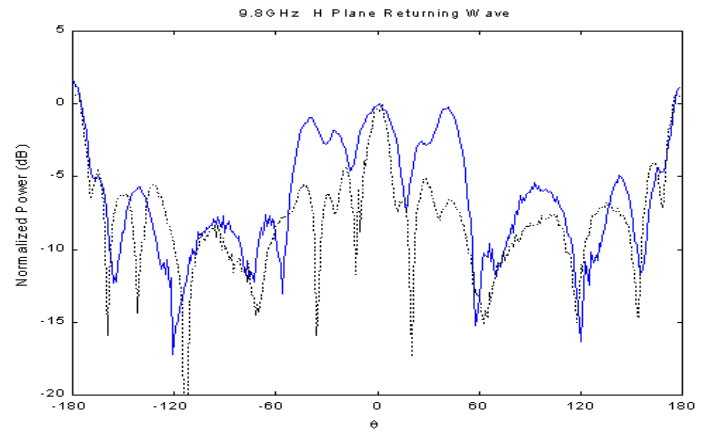
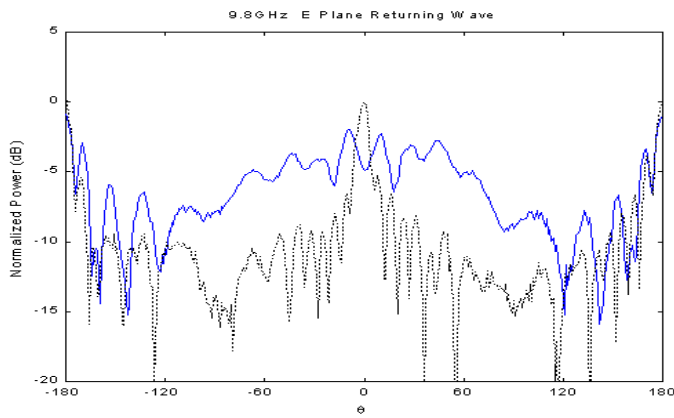


圖六：回波器 E 和 H 平面的座標指示圖

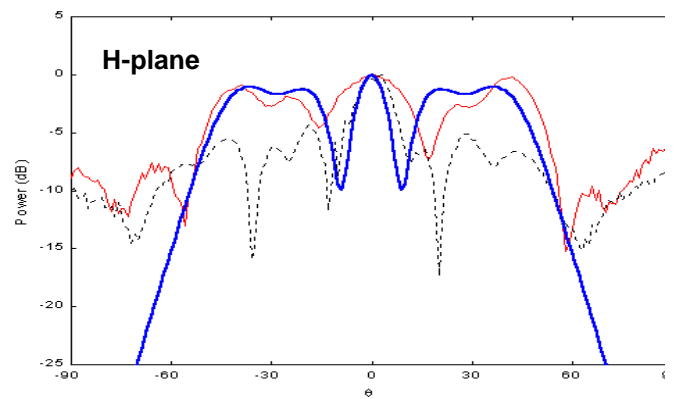
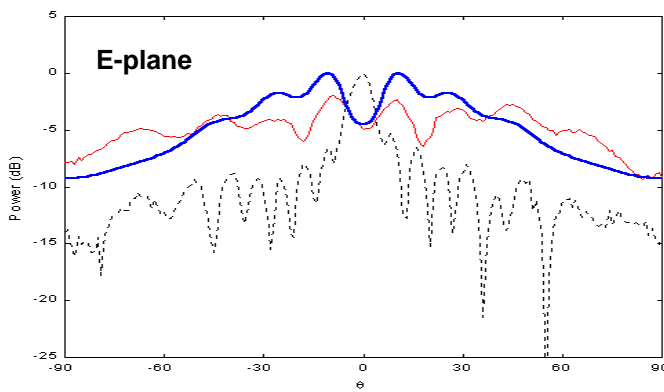


圖七：由八個單元所構成之回波反射器其天線陣列

圖八：由八個單元所構成之回波反射器其饋入結構



圖九：平面式之陣列洩漏波天線回波器，其 E 平面和 H 平面之回波仰角與相同大小金屬板量測比較



圖十：量測之回波場、散射場和理論計算值比較