

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 子計畫一:共面波導印刷電路二維天線陣列(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2219-E-002-015-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電信工程學研究所

計畫主持人：許博文

計畫參與人員：陳士元, 廖志威, 蘇哲穎, 王盈智

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 5 月 28 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫期中進度報告

## 38-GHz 無線收發系統關鍵元組件技術æ

### 子計畫一:共面波導印刷電路二維天線陣列(2/3)

#### 2-D CPW-Fed Printed Circuit Antenna Array (2/3)

計畫編號：NSC 91-2219-E-002-015

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 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

計畫參與人員：陳士元 廖志威 蘇哲穎 王盈智 台大電信所

#### 一、摘要

##### 中文摘要

本計畫是三年期計畫的第二年。本年度主要是針對整合型計畫所需要之 38 GHz，主波束寬為 3 度之二維陣列天線進行設計。如第一年計畫中所提出之結構，該陣列天線之特點為：可依應用之不同而設計成一維或二維之天線陣列，設計上相當具有彈性。為了驗證頻率與天線特性的獨立性，本年度中我們設計了一 60GHz 的二維天線陣列，並以實作完成驗證。

隨著城垛形開槽陣列天線中輻射單元數目的增加，其輸入阻抗亦隨之增加，造成輸入阻抗不匹配。對於輻射單元數不多的城垛形開槽陣列天線，我們可藉由調整其槽線寬來達到輸入阻抗匹配的目的。若其輻射單元數過多，光靠縮小槽線寬已無法達成阻抗匹配，於是我們加入一簡單的輸入阻抗之匹配電路。該匹配電路在不影響天線效能的前提下，成功地將陣列天線的高輸入阻抗轉換至饋入共面波導的特徵阻抗。為驗證城垛形開槽陣列天線之工作頻率對於天線特性與匹配電路效能的影響，我們設計一 12×2 之二維陣列天線及其輸入阻抗之匹配電路，由實驗與模擬之比較結果顯示城垛形開槽陣列天線及匹配電路之實用性與可行性，且天線特性與匹配情形不因工作頻率而有所改變。

**關鍵詞：**共面波導、二維陣列天線

## Abstract

This project is the second year of a three-year project. The final goal of this project is to design a CPW-fed planar array with 3-degree beamwidth at 38GHz. As presented in the first year, the CPW-fed rampart slot array had been proposed and studied feasibly. One attractive feature of this antenna array is that it can be designed as a linear or a planar array depending on the system requirements. A 60-GHz design is realized this year to verify the independence between the operating frequency and the radiation characteristics.

As the number of radiating elements in a rampart slot array increases, the input impedance of the array increases as well. An impedance mismatch thus occurs. When less elements are used, it is easy to obtain a good input match by tuning the slotline width. However, when more elements are required, an input matching circuit must be applied. A simple matching circuit is used in our design, which successfully tunes the high input impedance of the array to match the characteristic impedance of the feeding CPW. To clarify our design and the relation between the operating frequency and radiation characteristics, a 60-GHz  $12 \times 2$  planar array with a matching circuit is fabricated. From experiment and simulation results, the rampart slot array together with the matching circuit is proved to be practical and the performance is independent of the operating frequency.

**Keywords:** Coplanar Waveguide, Planar Antenna Array

## 二、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)，嘗試設計一符合規格之平面印刷電路二維陣列天線。

共面波導由於具有低輻射溢漏(Low Radiation Leakage)，能夠在與波導金屬的同一平面上佈植主被動元件而不須隔層鑽洞，再加上波導特性較不隨基板厚度而改變，可以適當加厚達到輸入匹配而增加天線效益及頻寬，因此越來越多人在設計天線時，尤其是設計毫米波天線時，採用共面波導做為饋入線。

由於到目前為止，共面波導饋入平面印刷電路二維陣列天線可供參考之相關文獻仍然很少，因此我們提出了一個全新的陣列架構—共面波導饋入城垛形開槽陣列天線。其中，我們選擇半波長的開槽天線(Slot Antenna)作為該陣列天線中的輻射單元，乃由於開槽天線具有較寬的頻寬以及較高的輻射效益。此外，開槽天線的結構簡單，製作容易，非常適合毫米波的應用。

## 三、共面波導饋入城垛形開槽陣列天線

圖一所示為一共面波導饋入八單元之一維城垛形開槽陣列天線。結構上，可視為共面波導饋入一對並接的城垛形槽線，其槽線寬均勻為  $w$ ，主要決定其輸入阻抗；其垂直或水平開槽線段的長度  $l$  均為槽線導波波長之一半。垂直開槽線段

作為饋入網路的一部分，水平開槽線段則是陣列中的輻射單元。這樣的幾何構造使得水平開槽線段上的等效磁流於遠場有加成的作用，相反的，垂直開槽線段上的等效磁流則因對稱  $x$  軸而於遠場相互抵消，使其交叉極化波瓣位準(Cross Polarization)相當低。圖二所示為該陣列天線於共振時之瞬時電場分佈。

二維城垛形開槽陣列天線可由數個一維陣列串接而成，其中，一維陣列沿著饋入之共面波導彼此間隔一個導波波長。由於該二維陣列採用的是串接的方式，大型的二維陣列之阻抗將會過大，而無法匹配到饋入線的特徵阻抗。因此，我們於天線陣列及饋入共面波導間加入一個簡單的輸入阻抗匹配電路。它是由一對並接的短路開槽與一段傳輸線串接而成。其結構如圖三所示。

由圖四的模擬結果得知：城垛形開槽陣列天線的最大增益會隨著  $N$  及  $M$  大到一定程度而有飽和的現象。其中， $N$  及  $M$  分別是沿著城垛形槽線上輻射單元的個數以及饋入共面波導上串接的一維陣列數。額外增加的輻射單元對於提高最大增益並無幫助。這個現象我們稱之為增益飽和，主要是由該陣列的饋入連接方式所造成的。當輻射單元數較少時，城垛形開槽陣列天線可視為一駐波型陣列[1]，而輻射單元數較多時，則可視為一行波型的陣列[1]。由於行波型陣列中，能量會朝著陣列的末端傳播而不會有多重反射的情形，電磁場的分佈也將呈遞減分佈，以致於傳送到陣列末端單元的能量很少，即使增加輻射單元數，仍無法提高陣列之增益。

#### 四、結果比較

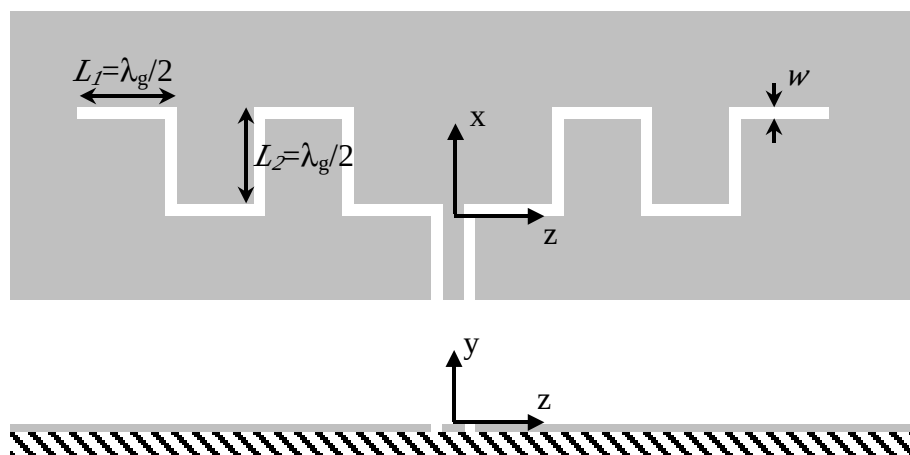
我們用 Ensemble [2] 設計了工作頻率為 60 GHz 的  $12 \times 2$  二維及  $12 \times 1$  一維之城垛形開槽陣列天線，並製作於氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )的介質基板上，該基板厚度為 10 mil (0.254mm)。圖五為  $12 \times 2$  二維城垛形開槽陣列天線及其匹配電路之結構圖，圖六(a) (b)則分別為一維及二維陣列天線之反射損耗之量測值。從圖中我們可以看到匹配電路確實達成輸入阻抗匹配的效果，且不因頻率之提升而對天線效能造成影響。

#### 五、結論

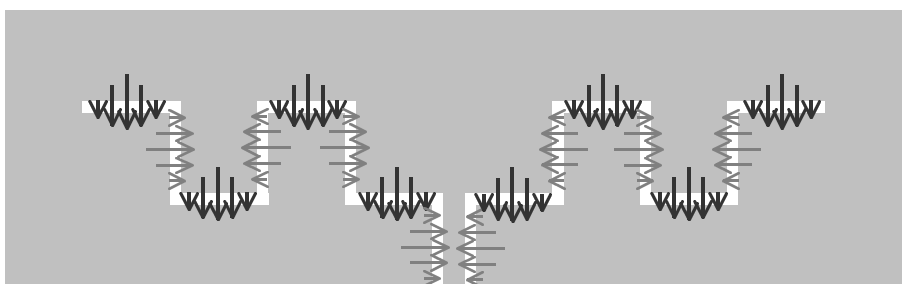
實驗及模擬的比較結果證實了我們所提出的共面波導饋入城垛形開槽陣列天線的效能及與工作頻率之相互獨立特性，可以設計製作於任何所需之工作頻率。且這個天線陣列擁以下幾個優點：製作容易、不需要額外的元件、低旁波瓣位準(Side-Lobe Level)、輸入阻抗易於調整、低交叉極化波瓣位準以及高增益。

#### 六、參考文獻

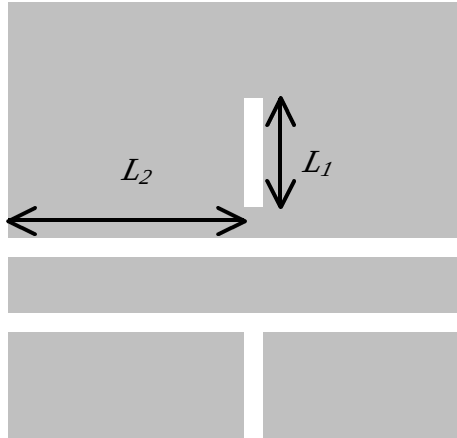
- [1] K. F. Lee and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, New York: Wiley-Interscience, 1997.
- [2] Trade mark of Ansoft Corp.



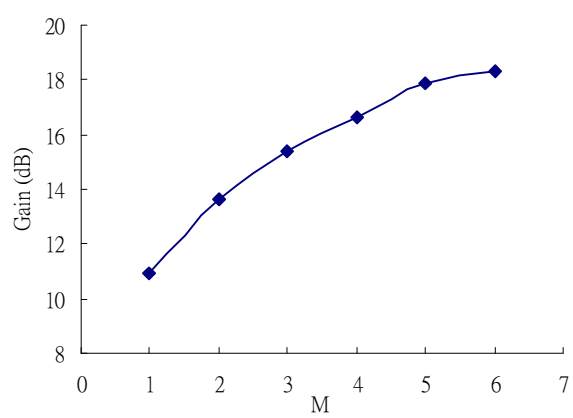
圖一 共面波導饋入之八單元一維城垛形開槽陣列天線結構圖



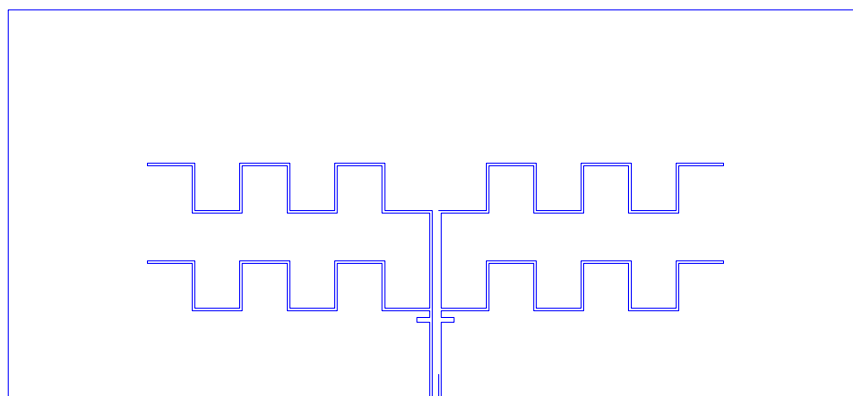
圖二 共面波導饋入之八單元一維城垛形開槽陣列天線，其瞬時電場分佈圖



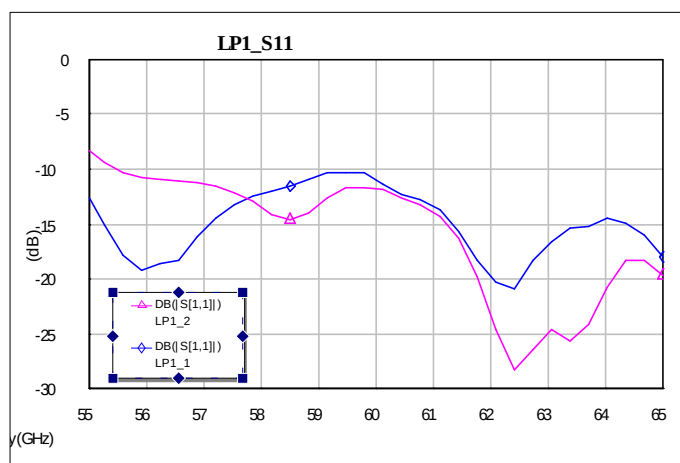
圖三 輸入阻抗之匹配電路結構圖



圖四  $N \times M$  二維矩形開槽陣列天線之  
天線增益峰值與  $M$  之關係 ( $N=12$ )



圖五 包含輸入匹配電路的 60-GHz 12×2 二維城垛形開槽陣列天線之佈局



(a) 一維陣列

