

不同指向性不同波束寬多波束微波透鏡天線之設計

張道治¹, 連煥成²

¹ 大葉大學, E-mail: dcchang@mail.dyu.edu.tw;

² 吳鳳技術學院, E-mail: lhcaa.v001@msa.hinet.net

摘要: 基地台所使用之線性陣列天線，其輻射遠場場型，通常為全向性，其方向性差，增益低，天線頻譜使用效率差，易造成多重路徑之輻射及同一涵蓋範圍之同頻干擾，影響通訊品質。基地台所使用陣列天線為線性極化波，經由無數次之多重路徑反射，電磁波向量合成後，使收訊者受訊接收產生強弱不定之衰落(fading)現象。藉由改變金屬平板間距，設計出不同折射率，配合不同的焦距，設計出不同曲率之微波透鏡天線，多組不同曲率之微波透鏡天線，組裝構成具有將柱狀輻射電磁波，轉換為等相位波前且具有不同波束寬，多波束功能之特殊平面波微波透鏡天線。

關鍵詞： 折射率；相速；半張角

1 簡 介

輻射電磁波隨傳播路徑介質不同而改變其傳播速度與方向，當電磁波由疏介質進入密介質時，其折射波會偏向介面法線，反之，電磁波由密介質進入疏介質時，其折射波會偏離法線。

以平面金屬薄板，等間距平行排列，構成波導管之功用，數片平行堆疊之金屬板，折射率 n 隨其間距 d 而改變

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{I_o}{2d}\right)^2} \quad (1)$$

如圖 1 為間距變化對折射率之關係圖，製作凹透鏡天線前，應先按此關係曲線求出折射率。以饋源為焦點配合選定之折射率，依不同的半張角即可設計製作出不同曲率之微波透鏡單片元件，再將數片按一定之曲率，平行堆疊組裝成微波透鏡天線，能轉換柱狀電磁波為平面波。

若設計需求之折射率為 n ，則利用 $d = \frac{I_o}{2\sqrt{1-n^2}}$ ，可求出符合操作頻率 f 及折射率 n 之平行金屬板間距 d 。

因此，電磁波相速

$$v_p = \frac{v_o}{\sqrt{1 - \left(\frac{I_o}{2d}\right)^2}} \quad (2)$$

若平行板間距 $d = \frac{I_o}{2}$ 則 $v_p = \infty$ ，此為凹型微波透鏡天線平行金屬板間距之臨界值；若 $d < \frac{I_o}{2}$ ，輻射電磁波將停止傳播；若將平行金屬板之間距選擇在 $\frac{I_o}{2} < d < I_o$ 之間調整，即可獲得不同折射率，進而獲得不同之傳播速度。因此藉由調整平行金屬板間距 d ，可改變電磁波傳播相位速度 v_p 。利用此項技術，將線性陣列天線之圓柱波，轉變為等相位波前平面電磁波。

平行金屬板微波透鏡曲率之半張角 θ ，與折射率 n 有相當關係：

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{n \pm 2(1-n)\sqrt{4(1-n)^2 + n^2 - 1}}{4(1-n)^2 + n^2} \right] \quad (3)$$

由上式知折射率 n 須 $n \leq 0.6$ ，或 $n \geq 1$ ，又因凹型透鏡之 n 需 ≤ 1 ，因此取 $n \leq 0.6$ ，半張角 θ 與折射率 n 之

關係曲線如圖2所示，不同之折射率應採用不同之半張角 θ ，針對不同的折射率選擇正確的半張角，方能設計出正確之透鏡曲率。

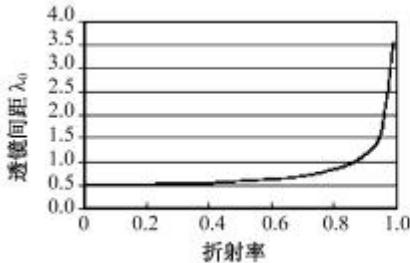


圖1 凹型微波透鏡金屬平板間距與折射率之關係曲線

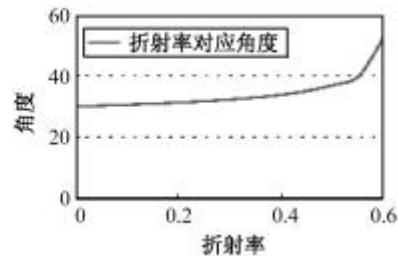


圖2 半張角與折射率關係圖

假設輻射源與透鏡之焦距為 F ，折射率為 n 、半張角 θ ，則饋源至透鏡之距離 R 為

$$R = \frac{(1-n)F}{(1-n \cos \theta)} \quad (4)$$

依照不同折射率所選定之半張角，由(4)式饋源至透鏡之距離 R 所描繪之曲線即為透鏡之曲率。

凹面透鏡每片之深度 t ，由圖 3 知

$$t = F - R \cos \theta = \frac{D}{2(1-n)} \tan \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

從式(5)知，凹透鏡之深度 t 與透鏡之半張角 θ 、直徑 D 及折射率 n 有關， θ 及 D 可於設計時視需要做適當調整。

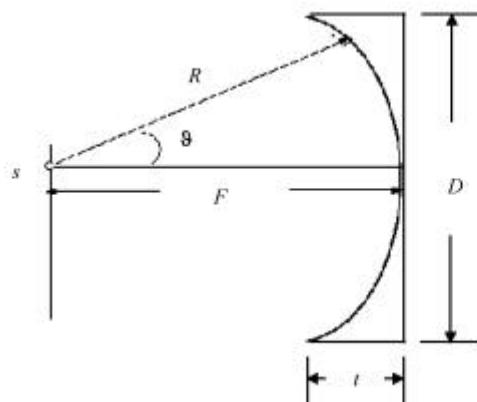


圖3 設計凹透鏡相關參數示意圖

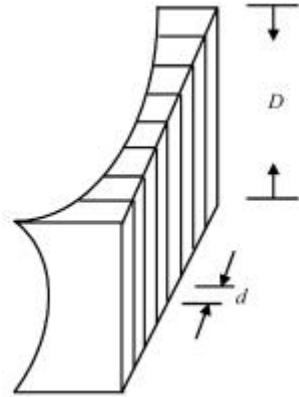


圖4 將若干片凹型金屬板堆疊構成凹型透鏡天線

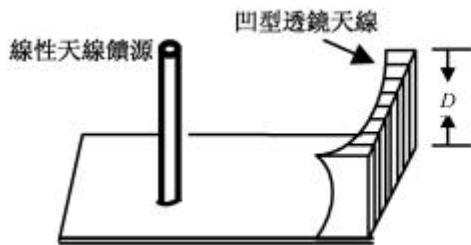


圖5 輻射柱狀電磁波之線性陣列天線
與凹型透鏡天線之配置圖

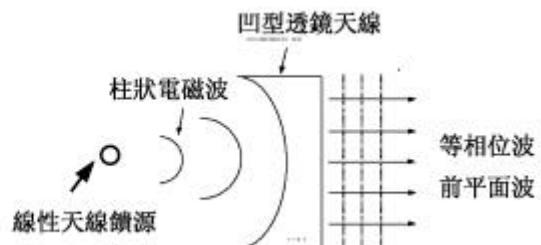


圖6 圓柱電磁波經凹型微波透鏡轉換為
等相位波前平面波

將平面金屬板依設計之曲率製作數片，平行堆疊為二維微波透鏡天線如圖 4 所示；以輻射圓柱波之全向性線性陣列天線，置放於該微波透鏡天線之對應焦點處如圖 5 所示，可將全向性場型改變為高指向

性之等相位波前平面波，如圖 6 所示。以同一支全向性天線為多組不同曲率微波透鏡天線共同焦點之輻射源，置於同一平面上如圖 7 所示，則全向性天線所輻射出之圓柱波，經由不同曲率之微波透鏡，除可產生不同指向性之等相位波前平面波外，還可產生不同波束寬之波束以滿足不同接收者對指向性不同之需求，針對需求可設計改變組裝之組數，使此天線在空間具有多波束多指向性之功能。



圖 7 不同曲率之凹型微波透鏡對不同之焦距產生不同指向性波束

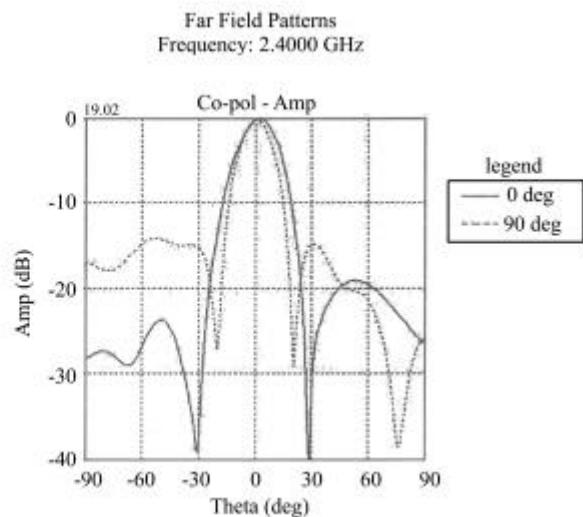


圖 8 折射率為 0.5 時之場圖

2 量測與分析

以 2.45 GHz 為操作頻率，彼此以相等之間距 $d = 7.21$ cm 之平面金屬板，依圖 2 其半張角應為 36.86 度，及式(4)所計算之曲率製作 6 片平行排列組裝為 $n = 0.5$ 之凹型二維微波透鏡天線，於近場量測系統測得其 Co-Pol Amp 如圖 8，若間距以 $d = 7$ cm，其折射率 n 不再是 0.5(而是 0.45)，假使維持半張角為 36.86 度製作組裝，則其 Co-Pol Amp 如圖 9，因此，製作時其 d 、 n 、 θ 三個相關參數應審慎正確。

設計組裝二組折射率 n 分別為 0.5、0.4 之凹型微波透鏡，以一支同軸共線天線為共同焦點之發射源如圖 7 所示，於近場量測系統測得之遠場圖如圖 10 所示，得出不同指向性不同波束寬之多波束天線。

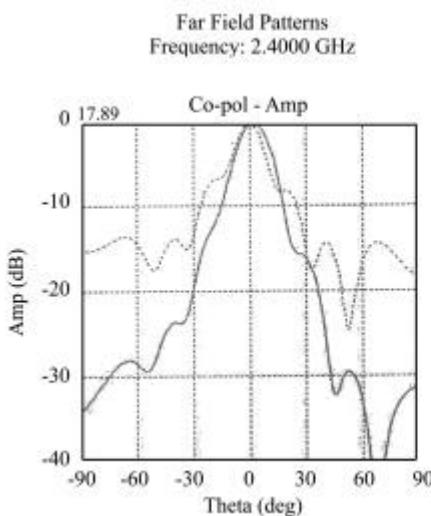


圖 9 折射率為 0.45 之場圖

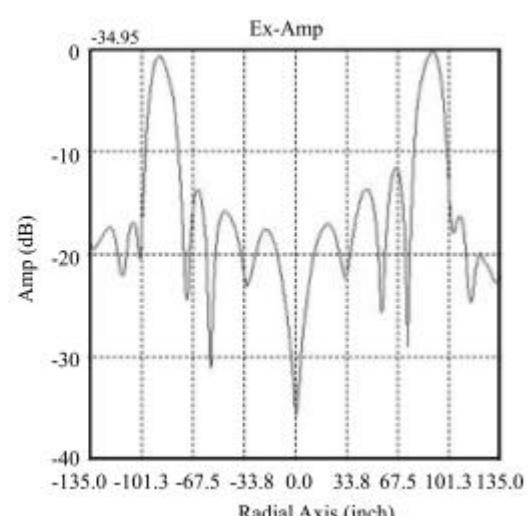


圖 10 全向性柱狀波經由兩組不同位置凹透鏡之場圖

3 結 論

設計時正確掌握間距及半張角，才能夠設計製作出較佳的平板凹型微波透鏡，改變透鏡曲率能產生不同波束寬與指向性，多組不同曲率之微波透鏡組合，能涵蓋全方向性通訊範圍，滿足不同受訊接收之要求。

參考文獻

- [1] Constantine A, "Antenna theory -analysis and design", Wiley, 1982.
- [2] John D.Kraus, "Antennas (second edition)", Halliday ,1988.
- [3] Warren L. Stutzman and Gray A , "Antenna theory and design", Thiele, 1981.
- [4] Thomas A. Milligan,"Modern Antenna Design "McGraw-Hill Book co' , 1985.
- [5] Samuel Silver,"Microwave Antenna Theory and Design "McGraw-Hill Book co' , 1949.