



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201332219 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：101102349

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 20 日

(51)Int. Cl. : *H01Q9/04 (2006.01)*

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：鍾世忠 CHUNG, SHYH JONG (TW)；莊肇堂 CHUANG, CHAO TANG (TW)

(74)代理人：何金塗；丁國隆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：10 共 29 頁

(54)名稱

具頻帶截止功能之超寬頻天線

BAND-NOTCHED ULTRAWIDEBAND ANTENNA

(57)摘要

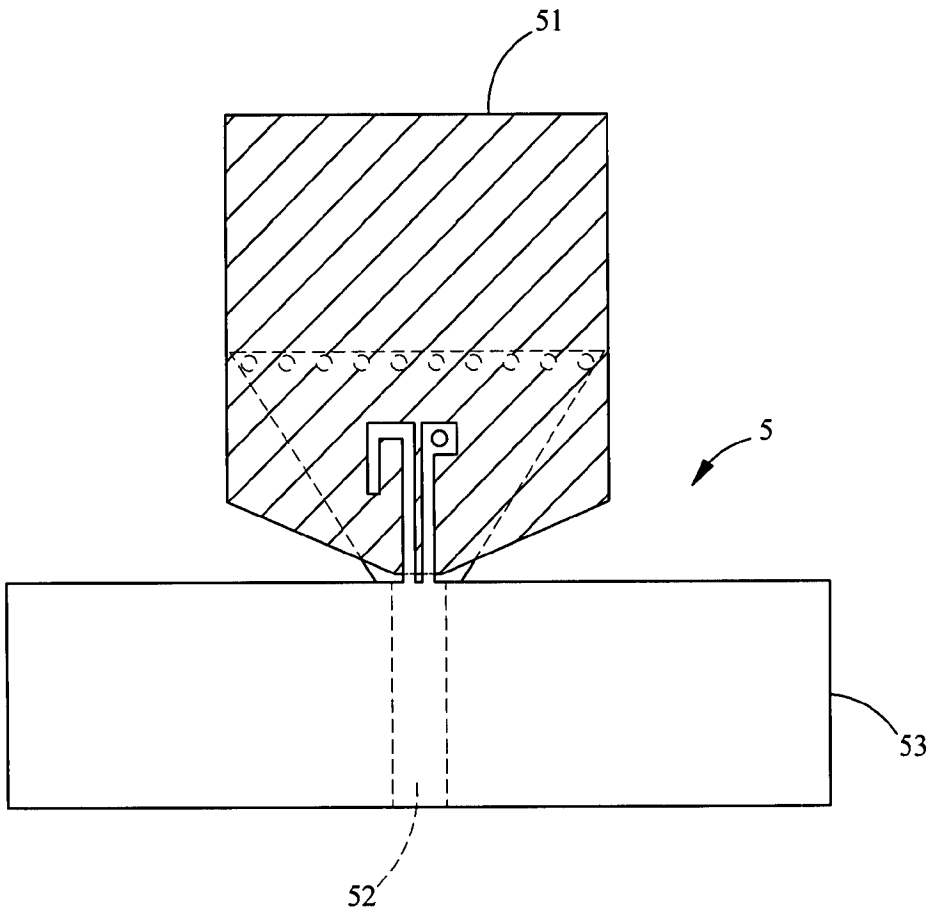
一種具頻帶截止功能之超寬頻天線，包括：一上層非均勻式短路金屬貼片、一中間層金屬輻射貼片、及一下層金屬貼片。下層金屬貼片包含有一耦合開路/短路殘段，其係電性連接至該中間層金屬輻射貼片。上層非均勻式短路金屬貼片之等效電路係為一並聯 LC 共振器，耦合開路/短路殘段之等效電路係為一串聯 LC 共振器。上層非均勻式短路金屬貼片之共振頻率係等同於耦合開路/短路殘段之共振頻率，使上層非均勻式短路金屬貼片與耦合開路/短路殘段組成二階帶拒濾波器，並使超寬頻天線在不增加面積的情況下達到較高的截止頻帶邊緣選擇。

5：具頻帶截止功能之
超寬頻天線

51：中間層金屬輻射
貼片

52：上層非均勻式短
路金屬貼片

53：下層金屬貼片



發明專利說明書

PD1118262(11)

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 101102349

※申請日： 101.1.20 ※IPC 分類： H01R 9/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具頻帶截止功能之超寬頻天線

BAND-NOTCHED ULTRAWIDEBAND ANTENNA

二、中文發明摘要：

一種具頻帶截止功能之超寬頻天線，包括：一上層非均勻式短路金屬貼片、一中間層金屬輻射貼片、及一下層金屬貼片。下層金屬貼片包含有一耦合開路/短路殘段，其係電性連接至該中間層金屬輻射貼片。上層非均勻式短路金屬貼片之等效電路係為一並聯 LC 共振器，耦合開路/短路殘段之等效電路係為一串聯 LC 共振器。上層非均勻式短路金屬貼片之共振頻率係等同於耦合開路/短路殘段之共振頻率，使上層非均勻式短路金屬貼片與耦合開路/短路殘段組成二階帶拒濾波器，並使超寬頻天線在不增加面積的情況下達到較高的截止頻帶邊緣選擇。

三、英文發明摘要：

A band-notched ultrawideband antenna comprises a top layer non-uniform short-circuit metal patch, a middle layer metal radiated patch, and a bottom metal patch. The bottom layer metal patch includes a coupled open/short circuit stub which is set close to the middle layer metal radiated patch. The equivalent circuit of the top layer non-uniform short-circuit metal patch is a parallel LC resonator, and the equivalent circuit of the coupled open/short circuit stub is a series LC resonator. The resonant frequency of the top layer non-uniform short-circuit metal patch is equivalent to the resonant frequency of the coupled open/short circuit stub, so as to function as a second-order bandstop filter to yield high notch-band-edge selectivity without increasing total circuit area of the band-notched ultrawideband antenna.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：圖 5(a)。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

- 5 具頻帶截止功能之超寬頻天線
- 51 中間層金屬輻射貼片
- 52 上層非均勻式短路金屬貼片
- 53 下層金屬貼片

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種超寬頻天線，尤指一種具頻帶截止功能之超寬頻天線。

【先前技術】

超寬頻(Ultrawideband)早期主要是運用在軍事上，2002年，美國聯邦通信委員會(Federal Communication Commission)許可短距離應用超寬頻技術，並將使用頻譜設定在3.1GHz至10.6GHz之間。隨著科技的演進，行動通訊的時代已經來臨，超寬頻技術也逐漸地與行動通訊產品相結合。

現今無線通訊系統產品日益朝輕、薄、短、小的方向演進。為了改善系統的電路特性，並降低電路功率損耗以及縮小電路尺寸，電路整合技術儼然成為當今行動通訊領域中最重要的研究課題之一。倘若能將超寬頻天線與帶拒濾波器整合於單一電路中，不僅能提供寬頻、高頻率邊緣選擇、低耗損、微小化之特性，更能達到有效地空間運用，進而得到電路縮小化的目的。

將超寬頻天線與帶拒濾波器整合於單一電路中，已屬習見之技術。如專利文件US7061442B2揭露一種超寬頻天線，如圖1所示，其設計一段二分之一共振頻率波長的U型槽孔11於超寬頻天線1中，使得超寬頻天線1具有截止頻帶的功能。然而，此項設計僅只會有一個輻射零點產生，無法產生良好的截止頻帶邊緣選擇，因此在現今通訊產品的使用上，仍有其改善空間。

另外，專業文獻中，同樣揭露有關於超寬頻天線與帶拒濾波器整合的技術。如圖 2 所示，第一文獻 (S.-W. Qu, J.-L. Li, and Q. Xue, “A band-notched ultrawideband printed monopole antenna,” *Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol.5, pp. 495-498, 2006) 設計一個一階帶拒濾波器 21 與一個超寬頻天線 2，利用匹配電路 (matching circuit) 22 將這兩個電路整合在一個電路板 20 中。然此為傳統的整合方式，需要額外的電路來做合成，會造成整體電路面積變大，降低其應用性。

其次，如圖 3 所示，第二文獻 (C.-Y. Hong, C.-W. Ling, I.-Y. Tarn, and S.-J. Chung, “Design of a planar ultrawideband antenna with a new band-notch structure,” *IEEE Trans. Antennas propag.*, vol. 55, pp. 3391-3397, Dec. 2007) 設計一種帶拒並聯 LC 共振電路 31 於超寬頻天線 3 中，使其達到小型化的設計。此電路雖不需使用額外的電路面積，並將具截止功能的電路嵌入超寬頻天線中，但其截止頻帶只有一個輻射零點產生，無法產生良好的截止頻帶邊緣選擇。

再次，如圖 4 所示，第三文獻 (S.-J. Wu, C.-H. Kang, K.-H. Chen, and J.-H. Tarng, “Study of an ultrawideband monopole antenna with a band-notched open-looped resonator,” *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. 58, pp. 1890-1897, Jun. 2010) 亦設計一種帶拒並聯 LC 共振電路 41 於超寬頻天線 4 中。此電路同樣不需使用額外的電路面積，並將具截止功能的電路嵌入超寬頻天線中，但其截

止頻帶同樣只有一個輻射零點產生，無法產生良好的截止頻帶邊緣選擇。

是故，如何能有效整合超寬頻天線與帶拒濾波器，並且能提供良好的截止頻帶邊緣選擇，將是一個值得探討的課題。

【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種具頻帶截止功能之超寬頻天線，以將帶拒濾波器整合於超寬頻天線中，同時提供良好的截止頻帶邊緣選擇。

本發明之具頻帶截止功能之超寬頻天線，包括：一上層非均勻式短路金屬貼片，其係與一訊號傳輸段連接；一中間層金屬輻射貼片，其係電性連接至上層非均勻式短路金屬貼片；以及一下層金屬貼片，其包含有一接地金屬墊、及一耦合開路/短路殘段，耦合開路/短路殘段係包含有一開路殘段、及一短路殘段，短路殘段係電性連接至中間層金屬輻射貼片；其中，上層非均勻式短路金屬貼片之等效電路係為一並聯LC共振器，耦合開路/短路殘段之等效電路係為一串聯LC共振器，上層非均勻式短路金屬貼片之共振頻率係等同於耦合開路/短路殘段之共振頻率，以使上層非均勻式短路金屬貼片與耦合開路/短路殘段組成二階帶拒濾波器。二階帶拒濾波器與超寬頻天線結合，其在截止頻帶可產生兩個輻射極點，而在截止頻帶邊緣可產生兩個傳輸極點，可達到較佳的頻帶邊緣選擇。

上層非均勻式短路金屬貼片、及耦合開路/短路殘段

之共振頻率可設為 5.5GHz，如此，本發明之二階帶拒濾波器將可截止頻率 5~6GHz 的傳輸訊號，以避免和其他無線訊號(例如 WLAN，802.11a，其所使用的頻帶為 5.015GHz 至 5.825GHz 之間)相互干擾。

本發明之中間層金屬輻射貼片係做為耦合開路/短路殘段之接地面，此係為本發明之主要特徵之一。另外，上層非均勻式短路金屬貼片較佳地可為一梯形金屬貼片，中間層金屬輻射貼片可為一五邊形金屬輻射貼片，訊號傳輸段可為一微帶饋入線。

本發明之開路及短路殘段可為等長、或不等長之微帶線，較佳地，開路殘段之長度可為耦合開路/短路殘段共振頻率所對應波長的四分之一。另外，上層非均勻式短路金屬貼片之長度係可為上層非均勻式短路金屬貼片共振頻率所對應波長的四分之一。耦合開路/短路殘段可用微帶線的方式設計在同一平面上，兩個殘段透過一缺口使能量互相耦合。此外，耦合開路/短路殘段除了可用微帶線來設計外，亦可用其方式來實現，如共平面波導管(Coplanar Waveguide, CPW)、帶線(Strip line)等電路架構。

經由本發明所提供之具頻帶截止功能之超寬頻天線，將可有效縮減電路面積，不僅能提供寬頻、高頻率邊緣選擇，同時達到電路縮小化的目的。

【實施方式】

請先參考圖 5(a)及 5(b)，圖 5(a)係本發明一較佳實施例之組合圖，圖 5(b)係本發明一較佳實施例之分解圖。

如圖所示，本發明之具頻帶截止功能之超寬頻天線5，包括：一中間層金屬輻射貼片51、一上層非均勻式短路金屬貼片52、一下層金屬貼片53。本發明之超寬頻天線5係為三層金屬層結構。

上層非均勻式短路金屬貼片52係連接至一訊號傳輸段521，上層非均勻式短路金屬貼片52係經由複數個連接通道52a電性連接至中間層金屬輻射貼片51。下層金屬貼片53包含有一接地金屬墊531、及一耦合開路/短路殘段532。耦合開路/短路殘段532包含有一開路殘段532a、及一短路殘段532b，短路殘段532b係經由一連接通道532b'電性連接至中間層金屬輻射貼片51。於本實施例中，中間層金屬輻射貼片51係為一五邊形金屬輻射貼片，上層非均勻式短路金屬貼片52係為一梯形金屬貼片，訊號傳輸段521係為一微帶饋入線，其係用於傳輸即將發送之傳輸訊號。於本發明中，中間層金屬輻射貼片51係做為超寬頻天線5的輻射體，以將傳輸訊號發送出去。中間層金屬輻射貼片51同時也是耦合開路/短路殘段532的接地面，此係本發明之主要特徵。

接著，請一併參考圖6及圖5(b)，圖6係本發明上層非均勻式短路金屬貼片52、耦合開路/短路殘段532與中間層金屬輻射貼片51之等效電路圖，其中，圖6之A點係等同於圖5(b)之A點，圖6之B點係等同於圖5(b)之B點，圖6之C點係等同於圖5(b)之C點。

請繼續參考圖6及圖5(b)，其中，上層非均勻式短路金屬貼片52之長度係為上層非均勻式短路金屬貼片52共

振頻率所對應波長的四分之一，其等效電路係為一並聯 LC 共振器 61。耦合開路/短路殘段 532 之等效電路係為一串聯 LC 共振器 62。上層非均勻式短路金屬貼片 52 (即並聯 LC 共振器 61) 的共振頻率為 $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$ ，耦合開路/短路殘段 532 (即串聯 LC 共振器 62) 的共振頻率為 $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$ 。於本實施例中，上層非均勻式短路金屬貼片 52 之共振頻率係等同於耦合開路/短路殘段 532 之共振頻率，使得上層非均勻式短路金屬貼片 52 與耦合開路/短路殘段 532 共同組成二階帶拒濾波器。

耦合開路/短路殘段 532 之設計亦為本發明之主要特徵。為清楚說明此一特徵，請先參考圖 7(a) 及圖 7(b)，圖 7(a) 所示為傳統開路/短路殘段共振器 7 之結構，圖 7(b) 所示為本發明耦合開路/短路殘段 532 之結構。如圖 7(a) 所示，傳統開路/短路殘段共振器 7 主要係由長度為共振頻率四分之一波長的開路殘段 71，配合短路殘段 72 提供一串聯結構，D 點為訊號輸入端，E 點為訊號輸出端。當傳輸訊號頻率低於共振頻率時，開路殘段 71 與短路殘段 72 分別呈電容性與電感性，形成一並聯 LC 共振器；當傳輸訊號頻率高於共振頻率時，開路殘段 71 與短路殘段 72 分別呈現電感性與電容性，亦形成一並聯 LC 共振器。然而，於此架構中，操作於共振頻率之開路殘段 71 僅能提供一較低的等效電感值，故傳統的架構並不適用於設計窄頻寬的帶拒濾波器。

與傳統的結構相較，圖 7(b) 所示本發明之耦合開路/

短路殘段 532 係採用耦合式形式(亦即開路殘段 532a 與短路殘段 532b 係沿相同方向並排設置)，此一設計方式，將可使操作於共振頻率之串聯 LC 共振器產生一較高的等效電感值。為了提高設計上的自由度，本發明提供兩種耦合開路/短路殘段的設計方式。開路殘段 532a、及短路殘段 532b 可為等長、或不等長之微帶線，於本實施例中，開路殘段 532a 與短路殘段 532b 係不等長，且開路殘段 532a 之長度為耦合開路/短路殘段 532 共振頻率所對應波長的四分之一。另外，開路殘段 532a 與短路殘段 532b 可設計為等長，其長度均為耦合開路/短路殘段 532 共振頻率所對應波長的四分之一，其示意圖則如 7(c) 所示。此外，耦合開路/短路殘段 532 除了可用微帶線來設計外，亦可用其方式來實現，如共平面波導管(Coplanar Waveguide, CPW)、帶線(Strip line)等電路架構。

本發明所提出的耦合開路/短路殘段 532 架構如同傳統開路/短路殘段共振器 7，在中心頻率為一串聯 LC 共振器，而在截止頻帶兩旁可產生一對傳輸極點。圖 8(a) 為不同線寬之傳統開路/短路殘段共振器 7 與本發明之耦合開路/短路殘段 532 之等效電感萃取比較，可觀察出本發明之耦合開路/短路殘段 532 相較於傳統開路/短路殘段共振器 7，可提供較高的等效電感值。

其次，關於開路殘段 532a、及短路殘段 532b 為等長、或不等長之微帶線，本發明亦提供電腦模擬結果來說明其所具備之功效。請參考圖 8(b) 所示，其中，在中心頻率為 5.5GHz 時，開路殘段 532a 的長度固定為四分之一

(90/360)波長，短路殘段 532b 的長度依次調整為 90/360 波長、80/360 波長、及 70/360 波長。由圖中可觀察出，在中心頻率附近的頻率響應並不會因為不同的短路殘段 532b 長度而改變，表示短路殘段 532b 的長度並不影響中心頻率。當開路殘段 532a、及短路殘段 532b 的長度皆為四分之一 (90/360) 波長時，可觀察出在 3.3GHz 與 7.5GHz 各有一個傳輸極點產生。當短路殘段 532b 漸漸縮短時，可觀察出兩個傳輸極點接往高頻移動，其中較高頻的傳輸極點比較低頻的傳輸極點移動快。在設計一個帶拒濾波器時，適當地控制傳輸極點的頻率，可改善截止頻帶以外 (即帶通頻段) 的頻寬與頻率響應。因此，本發明之耦合開路/短路殘段 532，不僅在中心頻率可提供較高的電感值，亦可提供額外的設計自由度來有效控制帶通頻段的特性。在設計上，可先設計等長度的耦合開路/短路殘段 532，再依照所需求的超寬頻天線頻寬來調整短路殘段 532b 的長度。

接著，請參考圖 9(a) 及圖 9(b)，其分別為本發具頻帶截止功能之超寬頻天線 5 與習知超寬頻天線之折返損耗、及全輻射功率頻率響應比較圖，包含本發明超寬頻天線 5 使用全波電磁模擬軟體 (Ansoft HFSS 10) 的模擬與量測結果，以及沒有使用具頻帶截止功能之超寬頻天線的模擬結果。由圖中可清楚地看出，本發明的超寬頻天線 5 與習知的超寬頻天線相比，在低頻有較低的頻寬，其成因係由本發明超寬頻天線 5 的耦合開路/短路殘段 532 於低頻產生的傳輸極點所造成。將二階帶拒濾波器嵌入

基本的天線中，很明顯可以看出在5GHz至6GHz之訊號成功地被截止住。

本發明之超寬頻天線5在模擬結果方面，於5.25GHz與5.8GHz產生兩個輻射零點(radiation nulls)。此外，在操作頻率5.5GHz的模擬結果效率為7.5%，而在兩個輻射零點的模擬輻射效率皆低於5%。量測結果與模擬結果做比較，兩者具有良好的一致性。在相同的電路面積情況下，本發明之超寬頻天線5在截止頻帶具有平緩的折返損耗與低於-10Db的全波輻射功率響應，並且有較高的截止頻帶邊緣選擇。

接著，請參考圖10(a)、10(b)及圖10(c)，其分別為本發具頻帶截止功能之超寬頻天線5在低頻帶、截止頻帶、高頻帶之天線輻射場型量測結果。如圖所示，本發具頻帶截止功能之超寬頻天線5在x-z平面上之輻射場型為全向性(omni-directional)，其天線增益在低頻帶與高頻帶約為0dBi，而在截止頻帶至少低於-10dBi。

經由本發明所提供之具頻帶截止功能之超寬頻天線5，可於有限的電路面積中設計出有效截止頻帶的共振電路，不僅能提供寬頻、高頻率邊緣選擇，同時達到電路縮小化的目的。然而，以上所舉實施例僅係用以說明本發明，並非用以限制本發明之範圍，因此，舉凡與上述實施例等效，而能完成者，均仍應包含於本發明之精神範圍內。

【圖式簡單說明】

圖1係習知技術之第一超寬頻天線示意圖。

圖 2 係習知技術之第二超寬頻天線示意圖。

圖 3 係習知技術之第三超寬頻天線示意圖。

圖 4 係習知技術之第四超寬頻天線示意圖。

圖 5(a) 係本發明一較佳實施例之超寬頻天線組合圖。

圖 5(b) 係本發明一較佳實施例之超寬頻天線分解圖。

圖 6 係本發明上層非均勻式短路金屬貼片、耦合開路/短路殘段、與中間層金屬輻射貼片之等效電路圖。

圖 7(a) 係習知技術之開路/短路殘段共振器之示意圖。

。

圖 7(b) 係本發明耦合開路/短路殘段共振器之第一示意圖。

圖 7(c) 係本發明耦合開路/短路殘段共振器之第二示意圖。

圖 8(a) 係為不同線寬之傳統開路/短路殘段共振器與本發明之耦合開路/短路殘段之等效電感萃取比較圖。

圖 8(b) 係為不同線寬之耦合開路/短路殘段之電腦模擬結果比較圖。

圖 9(a) 係為本發明具頻帶截止功能之超寬頻天線與習知超寬頻天線之折返損耗頻率響應比較圖。

圖 9(b) 係為本發明具頻帶截止功能之超寬頻天線與習知超寬頻天線之全輻射功率頻率響應比較圖。

圖 10(a) 係為本發明具頻帶截止功能之超寬頻天線在低頻帶之天線輻射場型量測結果。

圖 10(b) 係為本發明具頻帶截止功能之超寬頻天線在截止頻帶之天線輻射場型量測結果。

圖 10(c)係為本發明明具頻帶截止功能之超寬頻天線
在高頻帶之天線輻射場型量測結果。

【主要元件符號說明】

1、2、3、4	超寬頻天線
11	U型槽孔
20	電路板
21	一階帶拒濾波器
22	匹配電路
31、41	帶拒並聯 LC 共振電路
5	具頻帶截止功能之超寬頻天線
51	中間層金屬輻射貼片
52	上層非均勻式短路金屬貼片
521	訊號傳輸段
52a、532b'	連接通道
53	下層金屬貼片
531	接地金屬墊
532	耦合開路/短路殘段
532a、71	開路殘段
532b、72	短路殘段
61	並聯 LC 共振器
62	串聯 LC 共振器
7	開路/短路殘段共振器
A、B、C	接觸點
D	訊號輸入端
E	訊號輸出端

七、申請專利範圍：

1. 一種具頻帶截止功能之超寬頻天線，包括：

一上層非均勻式短路金屬貼片，其係與一訊號傳輸段連接；

一中間層金屬輻射貼片，其係電性連接至該上層非均勻式短路金屬貼片；以及

一下層金屬貼片，其包含有一接地金屬墊、及一耦合開路/短路殘段，該耦合開路/短路殘段係包含有一開路殘段、及一短路殘段，該短路殘段係電性連接至該中間層金屬輻射貼片；

其中，該上層非均勻式短路金屬貼片之等效電路係為一並聯LC共振器，該耦合開路/短路殘段之等效電路係為一串聯LC共振器，該上層非均勻式短路金屬貼片之共振頻率係等同於該耦合開路/短路殘段之共振頻率，以使該上層非均勻式短路金屬貼片與該耦合開路/短路殘段組成二階帶拒濾波器。

2. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該中間層金屬輻射貼片係作用成該耦合開路/短路殘段之接地面。

3. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該中間層金屬輻射貼片係為一單極超寬頻天線或其它超寬頻天線及其變形。

4. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該開路殘段、及該短路殘段係沿相同方向並排設置。

5. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該開路殘段、及該短路殘段係為等長之微帶線。
6. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該開路殘段、及該短路殘段係為不等長之微帶線。
7. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該開路殘段之長度係為該耦合開路/短路殘段之共振頻率所對應波長的四分之一。
8. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該耦合開路/短路殘段係用微帶線的方式設計在同一平面上，其係透過一缺口使能量互相耦合。
9. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該上層非均勻式短路金屬貼片之長度係為該上層非均勻式短路金屬貼片之共振頻率所對應波長的四分之一。
10. 如申請專利範圍第1項所述之具頻帶截止功能之超寬頻天線，其中，該二階帶拒濾波器與該超寬頻天線結合，其在截止頻帶可產生兩個輻射極點，而在截止頻帶邊緣可產生兩個傳輸極點，以達到較佳的頻帶邊緣選擇。

八、圖式：

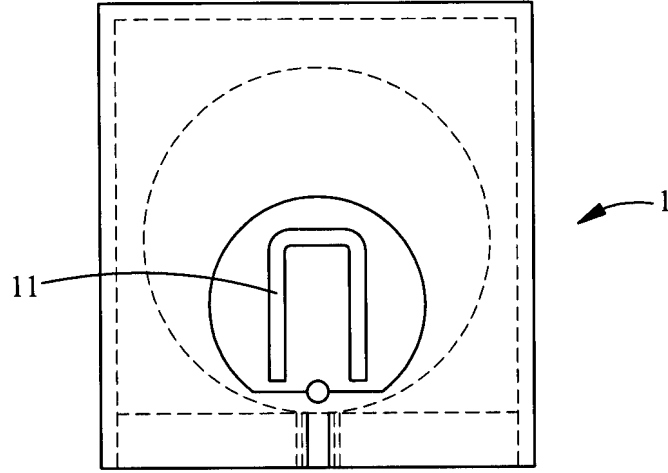


圖 1

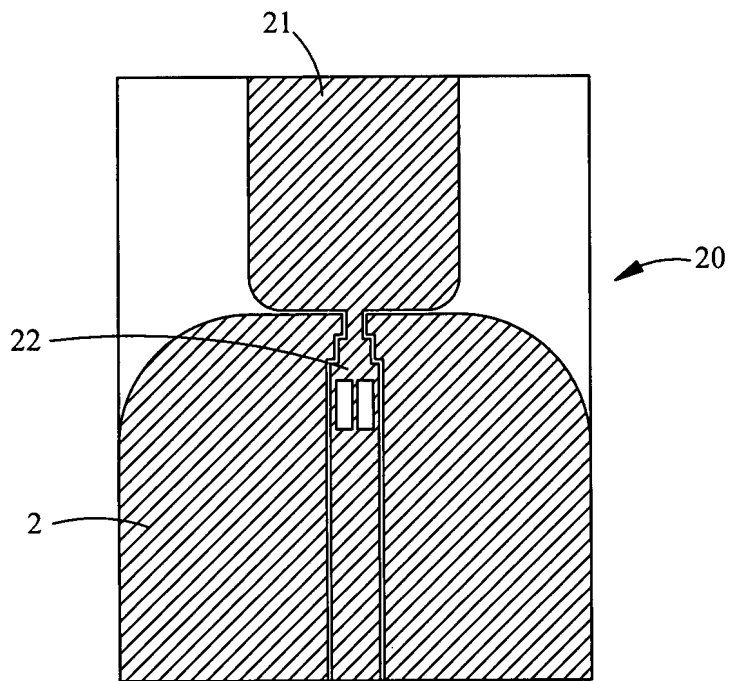


圖 2

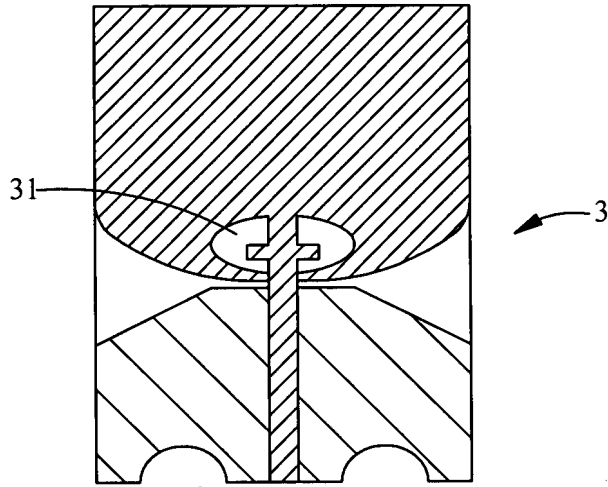


圖 3

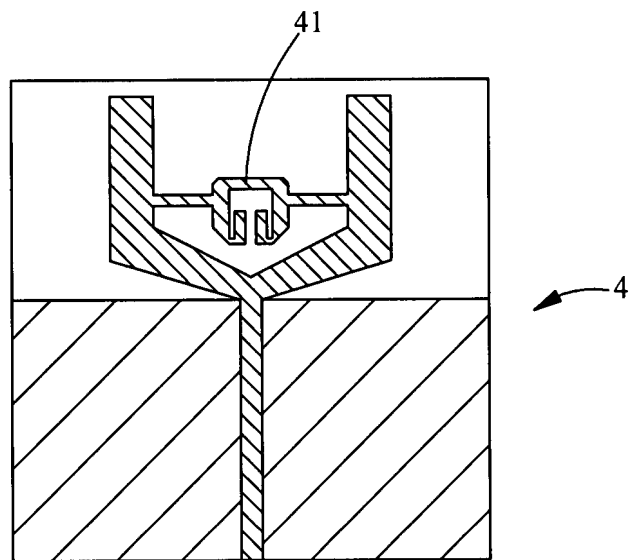


圖 4

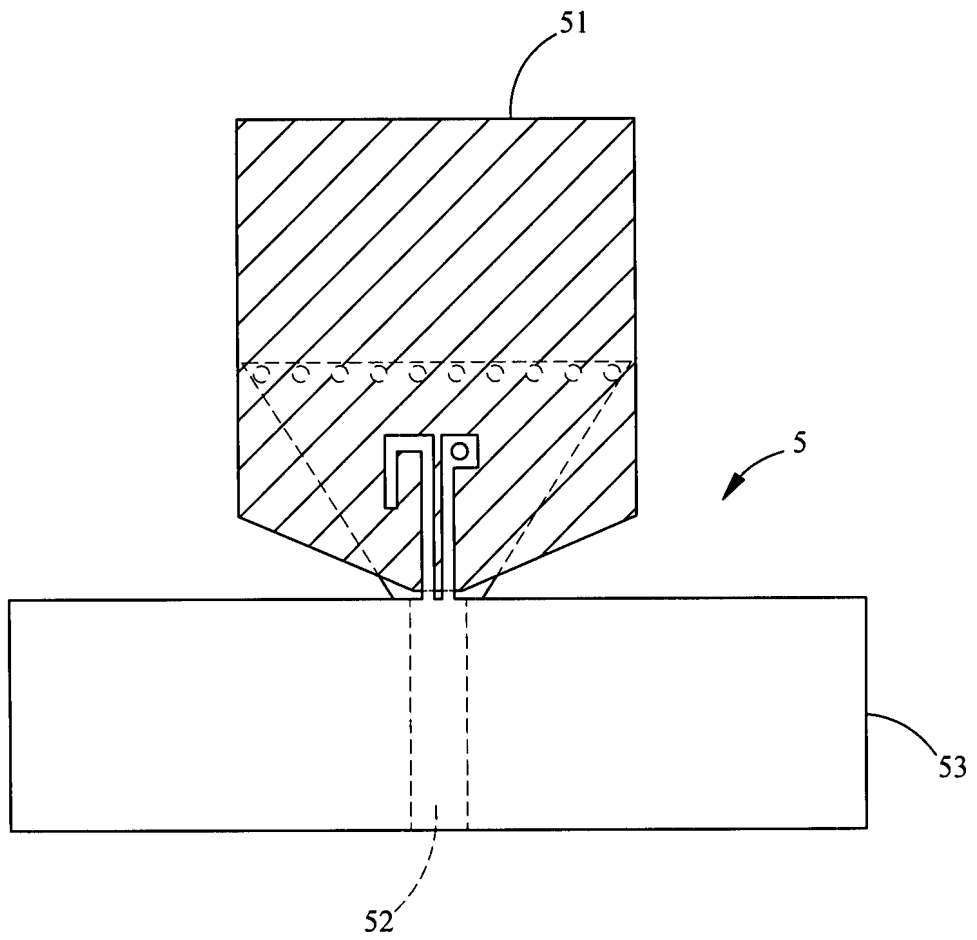


圖 5(a)

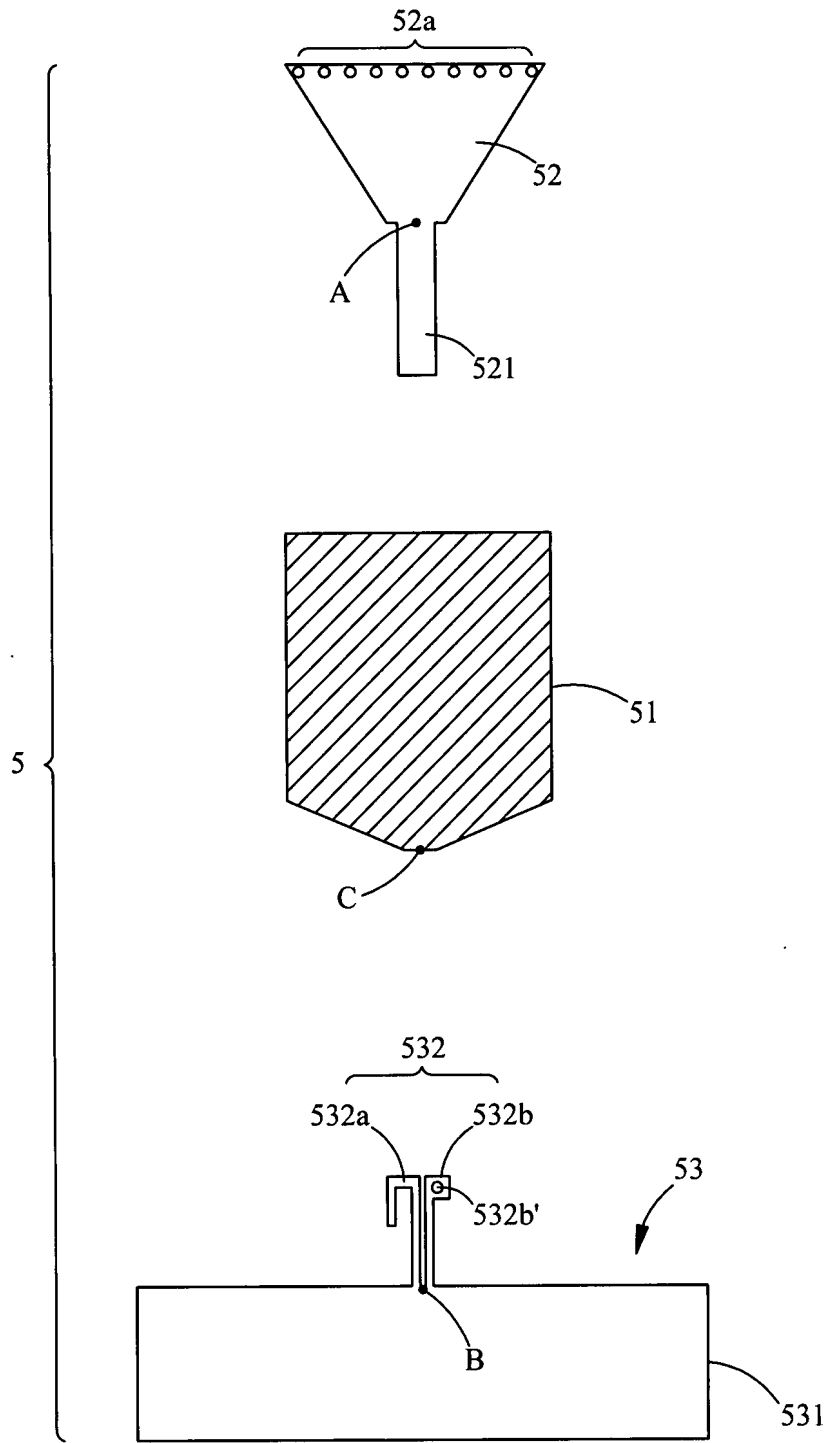


圖 5(b)

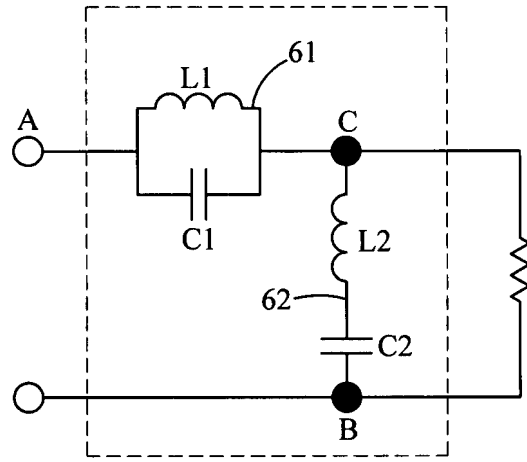


圖 6

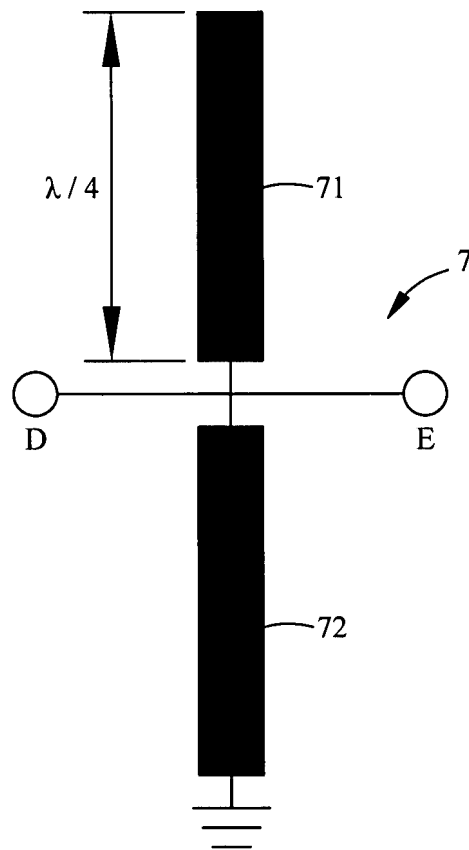


圖 7(a)

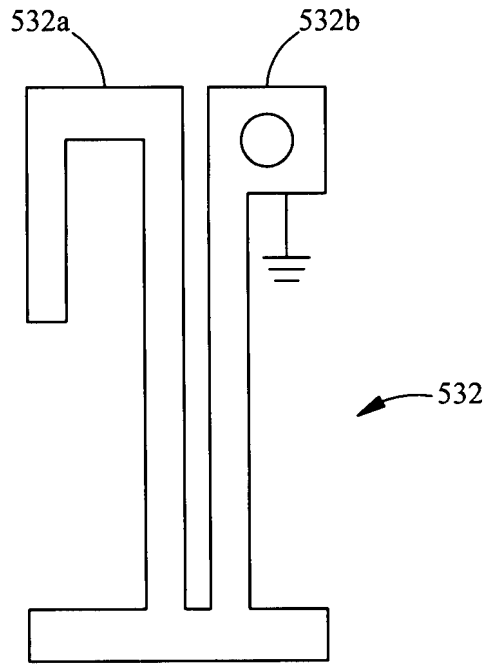


圖 7(b)

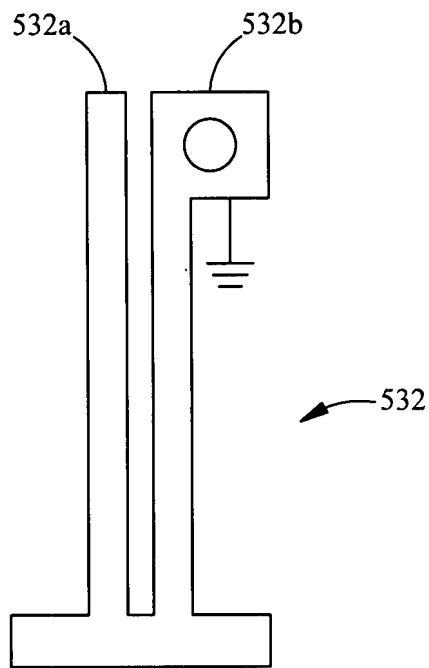
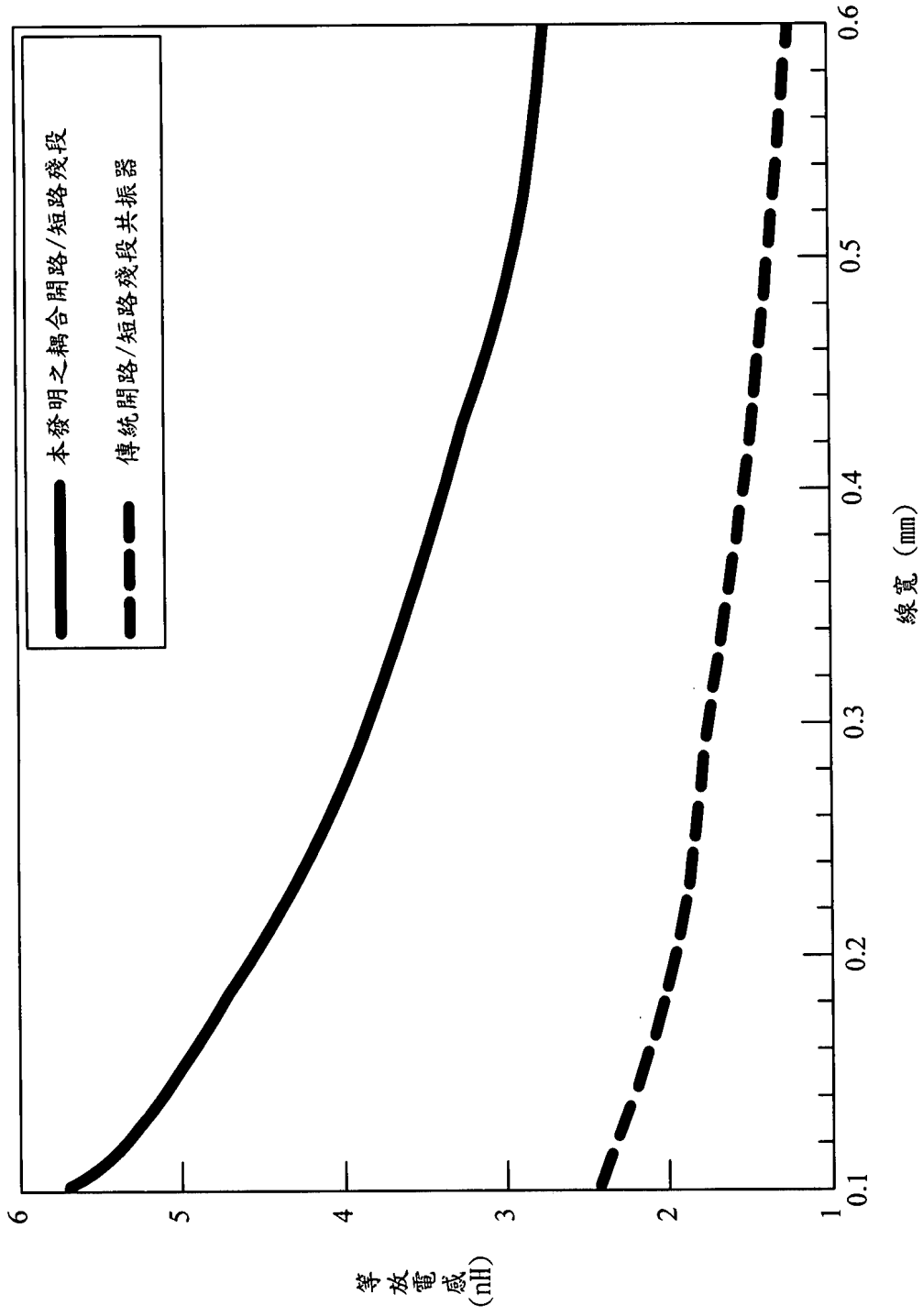


圖 7(c)



線寬 (mm)

圖 8 (a)

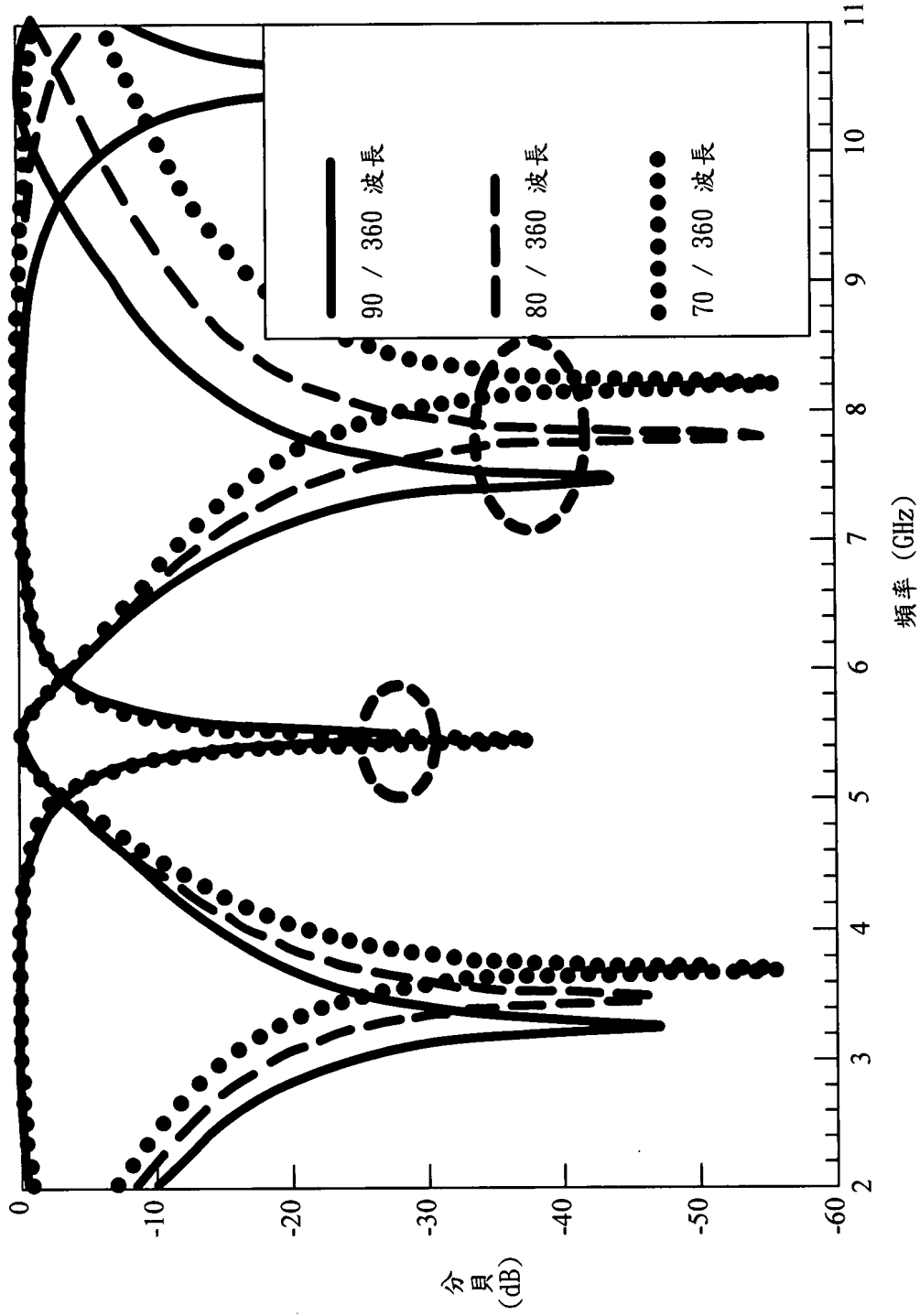


圖 8 (b)

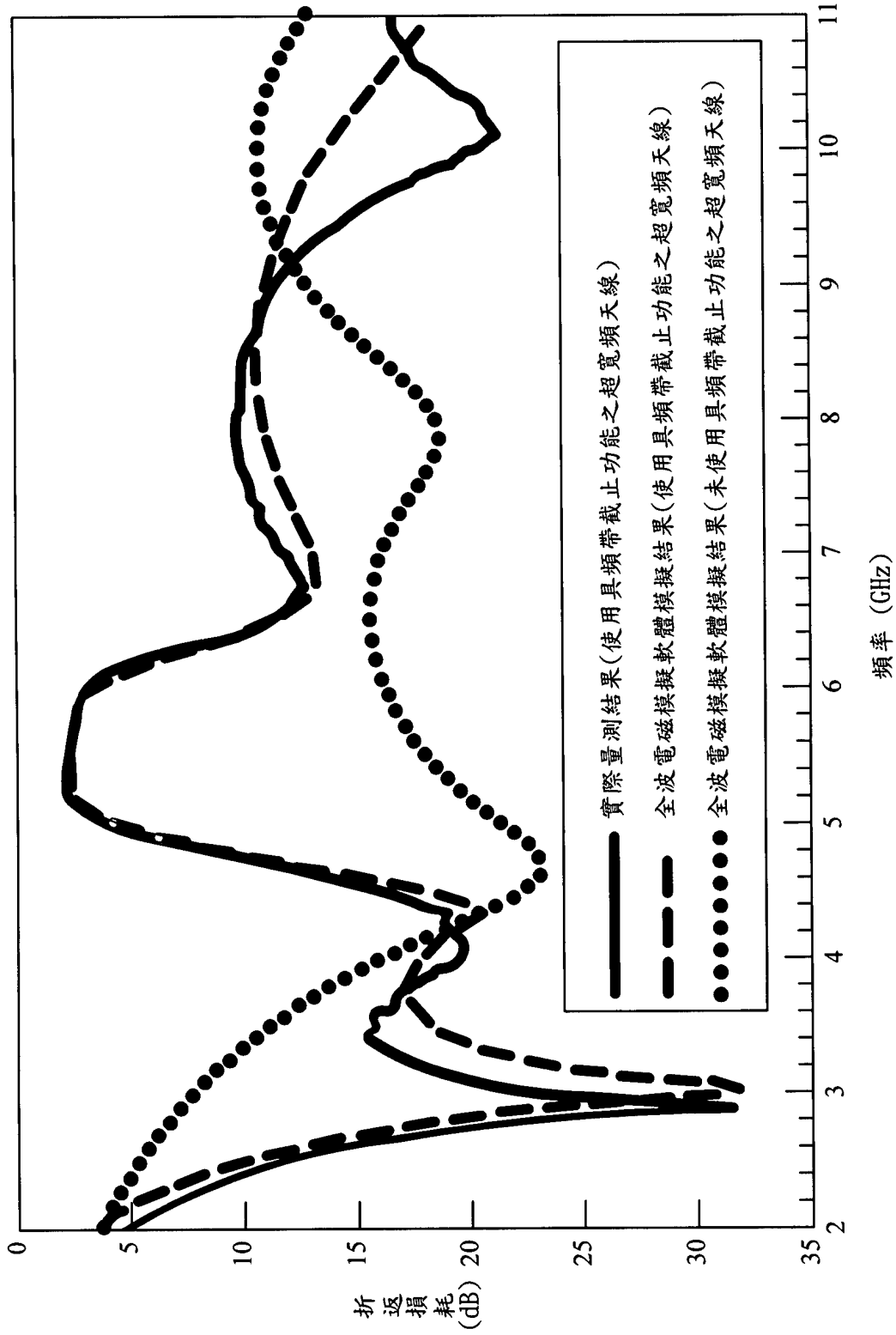


圖 9 (a)

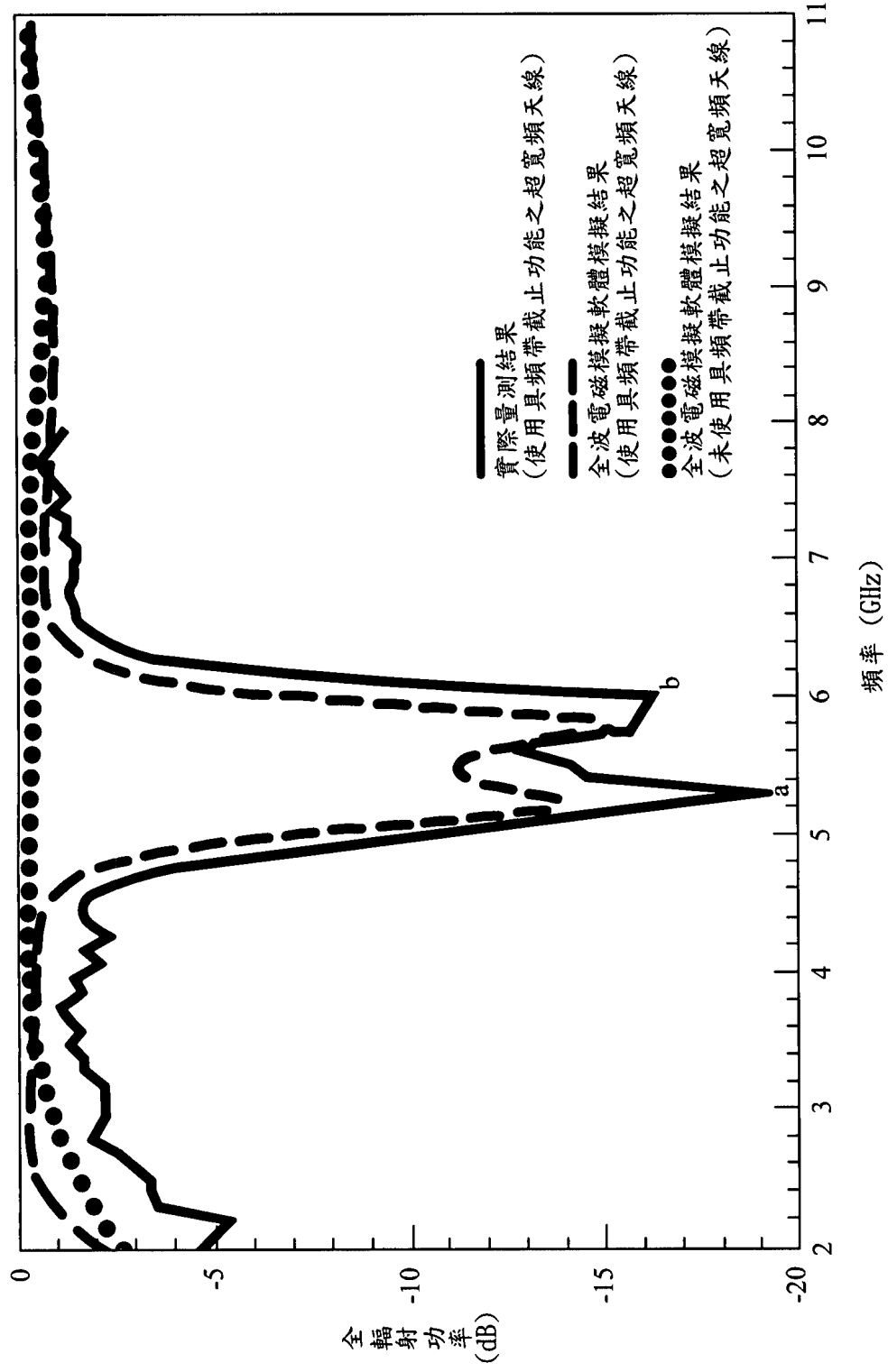


圖 9 (b)

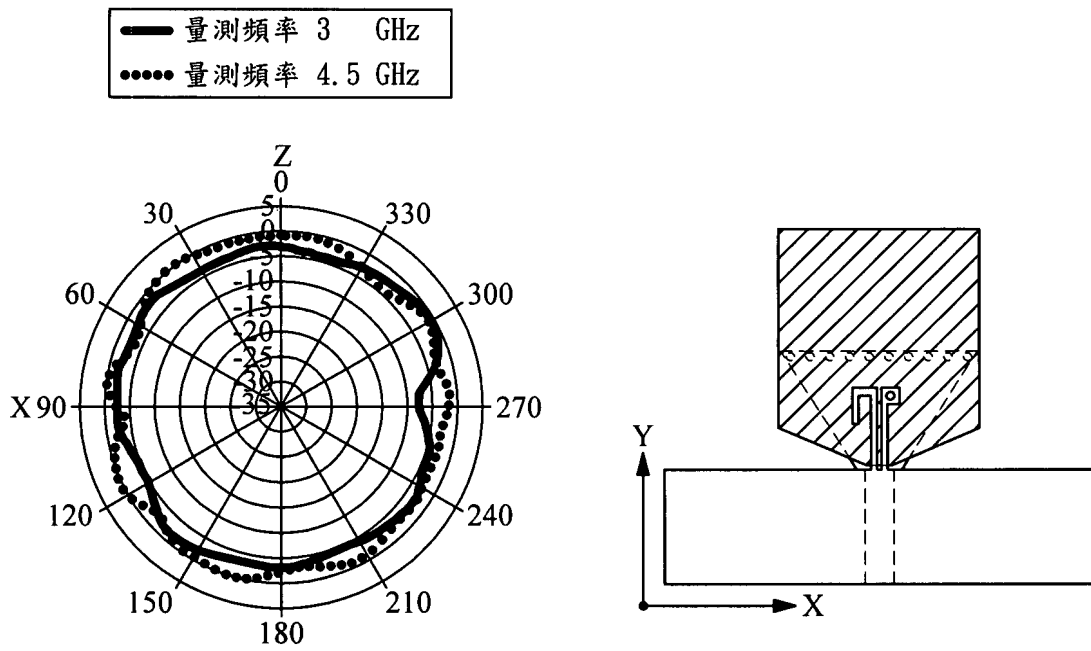


圖 10 (a)

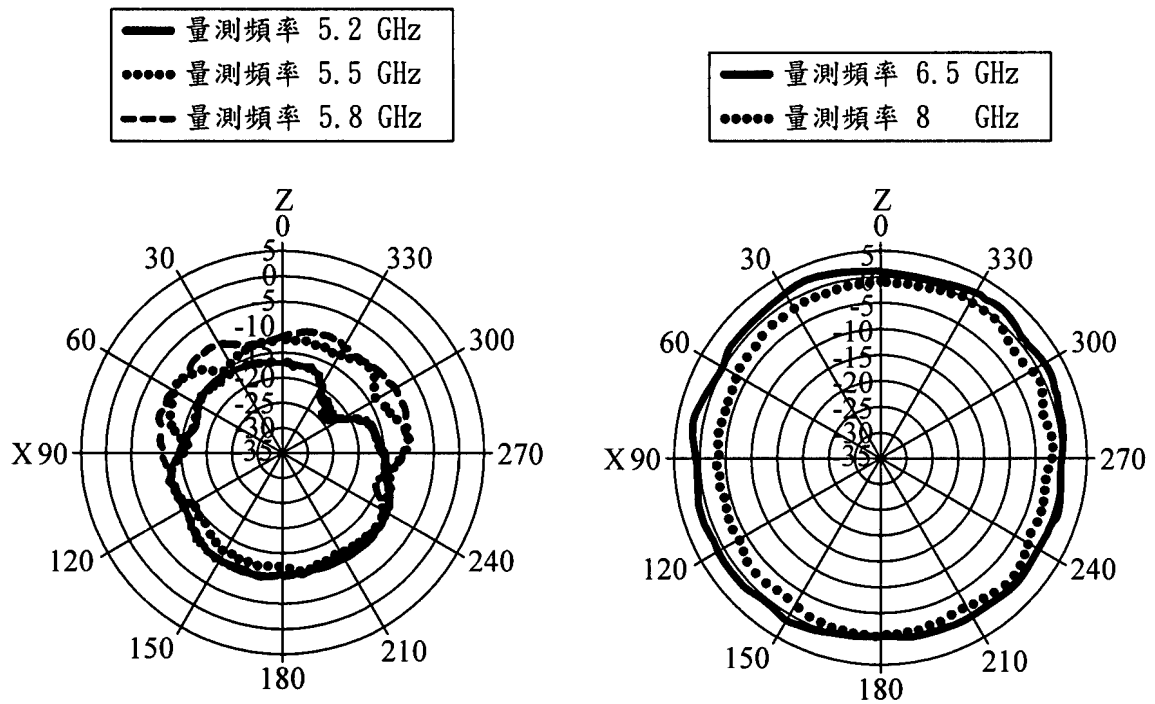


圖 10 (b)

圖 10 (c)