



(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 201423140 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：101146594

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 11 日

(51)Int. Cl. : **G01S3/14 (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)；鄭人豪 CHENG, JEN HAO (TW)

(74)代理人：蔡朝安

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：6 共 21 頁

(54)名稱

角度偵測方法及其裝置

METHOD AND DEVICE FOR DIRECTION-OF-ARRIVAL ESTIMATION

(57)摘要

一種角度偵測方法，用以偵測前方物體所在的角度，包含以下步驟：提供至少二天線，其中天線以偏斜角度設置且天線形成至少二基底波束；依據相鄰兩基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的基底波束之間，其中每兩相差一間隔的虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組；將每一虛擬波束組中的兩虛擬波束合成為一單脈衝波束；以及比較多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定物體所在的角度。同時亦揭露一種角度偵測之裝置。

S10：步驟
S20：步驟
S30：步驟
S40：步驟
S50：步驟

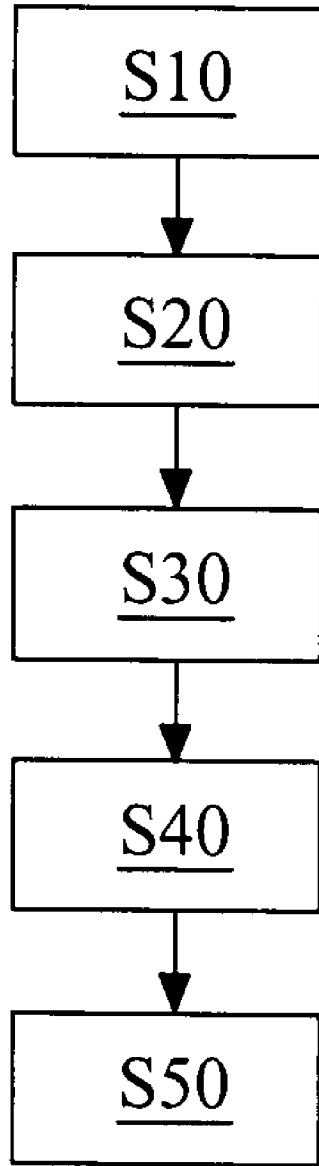


圖 1

發明專利說明書

(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： 101146594

※ 申請日： 101. 12. 11

※IPC 分類：G01S 3/14 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

角度偵測方法及其裝置

METHOD AND DEVICE FOR DIRECTION-OF-ARRIVAL
ESTIMATION

二、中文發明摘要：

一種角度偵測方法，用以偵測前方物體所在的角度，包含以下步驟：提供至少二天線，其中天線以偏斜角度設置且天線形成至少二基底波束；依據相鄰兩基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的基底波束之間，其中每兩相差一間隔的虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組；將每一虛擬波束組中的兩虛擬波束合成為一單脈衝波束；以及比較多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定物體所在的角度。同時亦揭露一種角度偵測之裝置。

三、英文發明摘要：

A method for determining a DOA (Direction of Arrival) comprises the following steps: (a) providing at least two antennas arranged an offset with respect to one another in direction; (b) forming at least two characteristic beams from those antennas; (c) forming a plurality of virtual beams based on the two adjacent characteristic beams; (d) creating a quasi-monopulse ratio from two virtual beams spaced at the specific interval; and (e) determining the DOA according to quasi-monopulse ratios. A device of DOA is also disclosed.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S10 步驟

S20 步驟

S30 步驟

S40 步驟

S50 步驟

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】

本發明係關於一種目標角度偵測之方法及裝置，特別是一種車用雷達之角度偵測方法及其裝置。

【先前技術】

現今雷達裝置係受到廣泛應用，一般為追蹤或搜索目標。為了提高雷達追蹤目標之精確性，需減少偵測誤差以改善雷達裝置的偵測效能，為此學界與業界皆不斷對雷達裝置提出改善偵測精確度的技術，評估一抵達方向(Direction of arrival, DOA)技術，例如運用傳統數位合成波束(Digital beamformer)之方法，多重信號分類之技術(Multiple signal classification, MUSIC)及 Capon's 波束合成法(Capon's beamformer)等。

一般而言，Capon 波束合成法是利用最小變異無失真響應演算法(Minimum Variance Distortionless Response, MVDR)，估測入射訊號之方向。而多重信號分類之技術則是利用天線陣列，將接收到之入射訊號產生一自相關矩陣，再將此矩陣做特徵值分解(Eigen value decomposition)，分解成訊號子空間與雜訊子空間，利用兩子空間互相正交之特性，估測入射訊號方向。

然而，如 Capon 波束合成法、數位合成波束法等這些習知的演算法，如需偵測多個物體則需要較多的天線數目，才能達到較高角度解析度。此外，多重信號分類技術之演算法雖有較佳解析度，惟因其解法上的特性，限制了可偵測目標數目，若要偵測較多物體，則需要較多天線來實現。

因此，上述演算法在實際應用上仍有其改善空間。

【發明內容】

為解決上述問題，本發明提供一種角度偵測之方法及其裝置，利用數位合成波及單脈衝天線的技術，在不增加額外天線電路面積的情況下，提高天線的角度解析度。

本發明一實施例之角度偵測方法，用於偵測前方物體所在的角度，此方法包含下列步驟：提供至少二天線，其中天線係偏斜角度設置，且天線係形成至少二基底波束；依據相鄰兩基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的基底波束之間，其中每兩相差一間隔的多個虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組；將每一虛擬波束組中的兩虛擬波束合成為一單脈衝波束；以及比較多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定物體所在的角度。

本發明另一實施例之角度偵測裝置，用於偵測前方物體所在的角度，此裝置包含：至少二天線、一數位波束合成模組、一單脈衝波束合成模組以及一處理單元。天線以偏斜角度設置，用以形成至少二基底波束。數位波束合成模組，用以依據相鄰兩基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的基底波束之間，其中每兩相差一間隔的虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組。單脈衝波束合成模組，用以將每一虛擬波束組中的兩虛擬波束合成為一單脈衝波束。處理單元，用以比較多個單脈衝波束所對之解調訊號的大小，以決定物體所在的角度。

以下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

請參考圖 1，圖 1 所示為本發明一實施例之角度偵測方法之流程圖。本發明一實施例之角度偵測方法，係用以偵測前方物體所在的角度，該方法包括以下步驟：首先，提供至少兩個天線，這些天線係偏斜角度設置，並且以這些天線形成至少二基底波束(步驟 S10)。接著，

在兩相鄰的基底波束之間，形成多個虛擬波束(步驟 S20)。再來，在所產生的虛擬波束中，每兩相差一間隔的虛擬波束會相交於一特定角度，可將其定義為一虛擬波束組(步驟 S30)。接著，再將每一虛擬波束組中的兩虛擬波束合成為一單脈衝波束(步驟 S40)。最後，比較多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定物體所在的角度(步驟 S50)。

接續上述，為方便說明，步驟 S10 及步驟 S20 輔以圖 2a 與圖 2b 加以說明，如圖 2a 所示，本實施例假設具有 N 個天線，此處以 $N=3$ 為例，並且以此三個天線產生三個基底波束(如 B_{w1} 、 B_{w2} 、 B_{w3})。再來，如圖 2b 所示，以基底波束 B_{w1} 、 B_{w2} 、 B_{w3} 為基底，運用合成波束的概念，在相鄰的基底波束之間(如 B_{w1} 、 B_{w2} 或者 B_{w2} 、 B_{w3})各產生 M 個虛擬波束，其中變數 M 為一正整數，其決定虛擬波束之數量，變數 M 可考量天線間之偏斜角度、天線數量或欲達到的角度解析度而設計。舉例而言，天線間偏斜角度愈大，其涵蓋之範圍也較大，若欲達到較佳的角度解析度，變數 M 之值則需愈大，此處以 $M=3$ 為例，其中所形成的 M 個虛擬波束在相鄰兩該基底波束之間產生偏移，於本實施例中，其係為等距偏移。

接續上述說明，本發明一實施例中，多個虛擬波束的形成係依據相鄰二個基底波束(如 B_{w1} 、 B_{w2} 或者 B_{w2} 、 B_{w3})的波束寬及天線間偏斜的角度，依據上述特性給予不同的權重以形成 M 個虛擬波束。其中基底波束的波束寬係指天線輻射場型(Antenna radiation pattern)中之主波束(Main beam)MB 之半功率波束寬(Half power beam width)，如圖 3 所示，一般天線輻射場型包含一主波束 MB 及數個旁波束 SL，圖 3 中，主波束 MB 之兩個半功率點 X_1 、 X_2 之角度差即定義為波束寬 θ 。原則上，波束寬 θ 決定天線偵測角度之解析度能力，波束寬 θ 愈小，則偵測目標物體之角度解析度就愈好。因此，可依據相鄰兩基底波束的波束寬及天線間偏斜的角度等特性，分別給予不同的權重以在此兩基底天線之間合成 M 個虛擬波束，於一實施例中，權重係參考自一權值表(Weighting table)，權值表由多個權重值所組成，這些權重值可為已預

先估算好的值或者依據前次相似或相同基底所產生的值，如此一來，即可節省每次需要運算權重的時間。

以下舉例說明步驟 S10 所形成虛擬波束之數量，若天線數量為 N 時，欲於相鄰的二個基底波束之間產生 M 個虛擬波束，則共產生 K 個虛擬波束，其中 $K=(N-1) \times M$ ，其中 K 、 N 、 M 為正整數，其中 N 表示基底波束的數量， $N \geq 2$ ；及 M 為一變數，表示相鄰兩基底波束之間所產生的多個虛擬波束的數量。如圖 2b 所示，若有 3 個天線($N=3$)可產生 3 個基底波束，則具有 2 組相鄰的基底波束(如 B_{w1} 、 B_{w2} 及 B_{w2} 、 B_{w3})，若欲在每組相鄰天線間產生 3 個虛擬波束($M=3$)，則共可產生 6 個虛擬波束。

請繼續參照圖 1，於步驟 S20 所產生的 K 個虛擬波束均需先正規化至相同大小的增益，再將每兩相差一間隔的虛擬波束會相交於一特定角度，例如：第 k 個與第 $k+2$ 個虛擬波束將相交於一特定角度 [$k=1 \sim (K-2)$]，此第 k 個與第 $k+2$ 個虛擬波束可定義為一虛擬波束組(步驟 S30)，則如此將產生 $K-2$ 個的虛擬波束組。於步驟 S40 中， K 個虛擬波束定義為 $K-2$ 個虛擬波束組後，每一虛擬波束組的兩個虛擬波束將合成為一單脈衝波束。其中合成為該單脈衝波束的方法包括將 $K-2$ 個虛擬波束組之每一虛擬波束組分別產生為一加總場型 Σ (Sum pattern) 及一差分場型 Δ (Delta pattern)。如圖 2c 之天線輻射場型示意圖所示，實線表示加總場型 Σ ，虛線表示差分場型 Δ 。接著採用類似單脈衝天線技術，將上述 $(K-2)$ 個加總場型 Σ 與差分場型 Δ 對，利用其比值關係以合成 $(K-2)$ 個單脈衝波束(monopulse)。所合成的 $(K-2)$ 個單脈衝波束將在天線偵測範圍內指向 $(K-2)$ 個特定角度。

須注意者，於步驟 S20，在 K 個虛擬波束中，第 k 與 $k+2$ 個虛擬波束用以合成單脈衝波束。就虛擬波束之輻射場型而言， K 個虛擬波束中，並不限於第 k 與 $k+2$ 個虛擬波束始能合成單脈衝波束。惟，若使用第 k 與第 $k+1$ 個所合成之單脈衝波束，則當波束寬較大時有可能造成相鄰之兩單脈衝波束互相干擾。相反地，若使用第 k 與 $k+n$ ($n \geq 3$)

個虛擬波束所合成單脈衝波束，其所產生的單脈衝波束數量較少，則若要達到較佳角度解析度，必須在兩基底間形成更多的虛擬波束才能合成數量較多之單脈衝波束。例如： K 個虛擬波束中，選定第 k 與 $k+2$ 個虛擬波束可以合成 $K-2$ 個單脈衝波束，若選定 k 與 $k+3$ 個虛擬波束則僅能合成 $K-3$ 個單脈衝波束，而單脈衝波束數量將決定角度偵測之解析度，因此若要達到較高解析度，則需產生更多虛擬波束，如此將造成整體運算量增加。是以，本發明之角度偵測方法選定第 k 與 $k+2$ 個虛擬波束具有較佳的角度偵測效能及較低運算量。

請參照圖 4，其表示 11 個虛擬波束($K=11$)可定義出 9 個虛擬波束組，此 9 個虛擬波束組分別取其加總場型與差分場型之比值形成圖 4 中央的 9 個單脈衝波束；而 9 個虛擬波束組的旁波束(Sidelobe)，其加總場型與差分場型之比值則形成圖 4 兩側較低位準之旁波束。利用單脈衝波束技術，加總場型及差分場型之比值可以大幅降低旁波束位準(Sidelobe level)，當旁波束位準低於單脈衝波束 20dB 時，可減少非偵測範圍內雜訊之干擾，提高偵測的準確度，以圖 4 為例，圖中兩側旁波束位準即低於單脈衝波束達 30dB 以上。

接續上述，所合成的 $K-2$ 個單脈衝波束中若偵測到物體，則其中一單脈衝波束所對應的解調訊號將具有最大值，此時該單脈衝波束所指向之角度表示該物體之方位。

以下以又一實施例說明上述步驟，請參考圖 5a、圖 5b 及圖 4。請參考圖 5a，提供二個天線，其具有偏斜角度，一天線指向+5 度，另一天線指向-5 度，此兩天線所形成的基底波束之涵蓋範圍為 9 度。在本實施例中，為達到解析度為 1 度，則須在二個天線間產生 11 個虛擬波束，如圖 5b 所示，須注意者，權重之設計須使每個虛擬波束具有對稱性並具有相同間距，每個虛擬波束經正規化後，將具有相同的最高增益(peak gain)。此 11 個虛擬波束將形成於二個基底波束之間，其中第 1 與第 3 個波束、第 2 與第 4 個波束...至第 9 與第 11 個波束，兩兩相交於一特定角度，形成 9 個虛擬波束組。此 9 個虛擬波束組合成為 9 組

加總場型 Σ 及差分場型 Δ 對，接著採用類似單脈衝天線技術，將上述 9 組加總場型 Σ 與差分場型 Δ 對，利用其比值關係產生 9 個單脈衝波束。這 9 個單脈衝波束將指向在兩天線間+4 度到-4 度的偵測範圍內，提供角度解析度為 1 度之偵測能力。

請參照圖 6，本發明之另一實施例之角度偵測裝置 10，用以偵測前方物體所出現的角度，角度偵測裝置 10 包含：至少兩個天線 20、一數位波束合成模組 30、一單脈衝波束合成模組 40 以及一處理單元 50，其係用以實現上述角度偵測方法。數個天線 20 之間係偏斜角度設置，這些天線 20 用以產生至少兩個基底波束，數位波束合成模組 30 依據相鄰的兩個基底波束，形成多個虛擬波束於兩個相鄰的基底波束之間。因天線具有偏斜角度，故兩個基底波束及多個虛擬波束同時具有偏移角度。

一實施例中，數位波束合成模組 30 可依據基底波束的波束寬及天線間偏斜的角度給予相鄰之兩個基底波束不同之權重以形成多個虛擬波束。其中權重可參考自一權值表(Weighting table)，此與上一實施例雷同，即不在贅述。

接續上述說明，在二個相鄰基底之間的多個虛擬波束中，每兩間隔的虛擬波束各自相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組。若天線 20 之數量為 N 時，且欲分別在相鄰的 N 個基底波束之間產生 M 個虛擬波束，則數位波束合成模組 30 共產生 K 個虛擬波束，其中 $K=(N-1)\times M$ ，其中 K、N、M 為正整數。數位波束合成模組 30 所形成的 K 個虛擬波束中，每兩間隔的虛擬波束將相交於一特定角度，例如第 k 個與第 k+2 個波束將相交於一特定角度，此第 k 個與第 k+2 個波束將定義為一虛擬波束組 [k=1~(K-2)]，則數位波束合成模組 30 將產生 K-2 組的虛擬波束組。

數位波束合成模組 30 所產生之 K 個虛擬波束定義為 K-2 個虛擬波束組後，單脈衝波束合成模組 40 將 K-2 個虛擬波束組之每一虛擬波束組將合成為加一總場型 Σ (Sum pattern)及一差分場型 Δ (Delta pattern)。

接著，採用類似單脈衝天線技術，單脈衝波束合成模組 40 將上述(K-2)個加總場型 Σ 與差分場型 Δ 對，利用其比值關係產生(K-2)個單脈衝波束(Monopulse)。這些(K-2)個單脈衝波束將在天線偵測範圍內指向(K-2)個特定角度。(K-2)個單脈衝波束中，若其中一單脈衝波束偵測到物體，此單脈衝波束經物體反射後，此單脈衝波束所對應的解調訊號將具有最大值，處理單元 50 可為一數位訊號處理單元，其比較(K-2)的單脈衝波束的解調訊號，以其中之最大值用以判斷物體所在的角度。

一實施例中，本發明之角度偵測裝置所使用之天線為多波束天線系統，其中以微帶天線(Microstrip antenna)產生輻射場型，微帶天線之優點為平面結構，容易與收發電路整合，同時其平面構造也方便與其他元件結合，減少對外觀的影響。惟本發明可運用之天線形式不限於此，凡可以適當頻段形成波束場型之天線均可運用本發明偵測角度方法用以偵測物體方位。

綜合上述，本發明一實施例之角度偵測之方法及其裝置，利用數位合成波及合成單脈衝波束方式判斷訊號到達方向以偵測物體的方位，利用單脈衝波束其波束寬較窄並且旁波束位準低的特性，本發明可用較少天線達到較高角度解析度，較少天線可以使電路面積縮小，以達降低成本及減小裝置體積的功效。需注意者，所屬技術領域中具有通常知識者可知本發明之偵測角度裝置包含運作所需功能元件，例如電源模組、濾波單元及訊號放大器等，此為習知之技術手段，在此不再贅述。

以上所述之實施例僅是為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

圖 1 為一流程圖，顯示本發明一實施例之偵測角度之步驟。

圖 2a 為一示意圖，顯示本發明一實施例之天線。

圖 2b 為一示意圖，顯示本發明一實施例之兩相鄰天線間產生之虛擬波束。

圖 2c 為一示意圖，顯示本發明一實施例之虛擬波束組，其加總場型及差分場型。

圖 3 為一示意圖，顯示本發明一實施例之基底波束之場型。

圖 4 為一示意圖，顯示本發明一實施例之單脈衝波束之場型。

圖 5a 為一示意圖，顯示本發明又一實施例之天線及其產生的基底波束。

圖 5b 為一示意圖，顯示本發明一實施例之虛擬波束之場型。

圖 6 為一方塊圖，顯示本發明一實施例之角度偵測裝置。

【主要元件符號說明】

10	角度偵測裝置
20	天線
30	數位波束合成模組
40	單脈衝波束合成模組
50	處理單元
S10	步驟
S20	步驟
S30	步驟
S40	步驟
S50	步驟

B_{w1}, B_{w2}, B_{w3}	基底波束
MB	主波束
SL	旁波束
X_1, X_2	半功率點
θ	波束寬
Σ	加總場型
Δ	差分場型

七、申請專利範圍：

1. 一種角度偵測方法，用以偵測前方物體所出現的角度，其包含以下步驟：

提供至少二天線，其中該些天線係偏斜角度設置，且該些天線係形成至少二基底波束；

依據相鄰兩該些基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的該些基底波束之間，其中每兩相差一間隔的該多個虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組；

將每一該些虛擬波束組中的兩該虛擬波束合成為一單脈衝波束；以及

比較該多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定該物體所在的角度。

2. 如請求項 1 所述之角度偵測方法，其中依據相鄰兩該基底波束的波束寬及該些天線偏斜的角度給予相鄰兩該基底波束不同的一權重以形成該多個虛擬波束。
3. 如請求項 2 所述之角度偵測方法，其中該權重係參考自一權值表(Weighting table)，且該權值表由多個權重值所組成。
4. 如請求項 1 所述之角度偵測方法，其中所形成的該多個虛擬波束在相鄰兩該基底波束之間產生偏移。
5. 如請求項 1 所述之角度偵測方法，其中共定義出 K 個虛擬波束，且 $K=(N-1)\times M$ ，其中 N 、 M 、 K 為正整數，且 N 表示該基底波束的數量， $N\geq 2$ ；及 M 為一變數，表示相鄰兩該基底波束之間所產生的該多個虛擬波束的數量。
6. 如請求項 5 所述之角度偵測方法，其中共產生 $K-2$ 個虛擬波束組。
7. 如請求項 1 所述之角度偵測方法，其中合成為該單脈衝波束的方法包含：

針對每一該些虛擬波束組中的兩該虛擬波束產生一加總場型及一差分場型；以及

計算該加總場型及該差分場型的比值以合成該單脈衝波束。

8. 一種角度偵測裝置，用以偵測前方物體所出現的角度，該角度偵測裝置包含：

至少二天線，其係偏斜角度設置，用以形成至少二基底波束；

一數位波束合成模組，用以依據相鄰兩該些基底波束，形成多個虛擬波束於兩相鄰的該些基底波束之間，其中每兩相差一間隔的該多個虛擬波束係相交於一特定角度，以定義出一虛擬波束組；

一單脈衝波束合成模組，用以將每一該些虛擬波束組中的兩該虛擬波束合成為一單脈衝波束；以及

一處理單元，用以比較該多個單脈衝波束所對應之解調訊號的大小，以決定該物體所在的角度。

9. 如請求項 8 所述之角度偵測裝置，其中該些天線為多波束天線。
10. 如請求項 8 所述之角度偵測裝置，其中該數位波束合成模組，依據相鄰兩該基底波束的波束寬及該些天線偏斜的角度給予相鄰兩該基底波束不同的一權重以形成該多個虛擬波束。
11. 如請求項 10 所述之角度偵測裝置，其中該權重係參考自一權值表(Weighting table)，且該權值表由多個權重值所組成。
12. 如請求項 8 所述之角度偵測裝置，其中所形成的該多個虛擬波束在相鄰兩該基底波束之間產生偏移。
13. 如請求項 8 所述之角度偵測裝置，其中該數位波束合成模組共定義出 K 個虛擬波束，且 $K=(N-1) \times M$ ，其中 N 、 M 、 K 為正整數，且 N 表示該基底波束的數量， $N \geq 2$ ；及 M 為一變數，表示相鄰兩該基底波束之間所產生的該多個虛擬波束的數量。

14. 如請求項 13 所述之角度偵測裝置，其中該數位波束合成模組共產生 $K-2$ 個虛擬波束組。

15. 如請求項 8 所述之角度偵測裝置，其中該單脈衝波束合成模組形成為該單脈衝波束的方法包含：

針對每一該些虛擬波束組中的兩該虛擬波束產生一加總場型及一差分場型；以及

計算該加總場型及該差分場型的比值以合成該單脈衝波束。

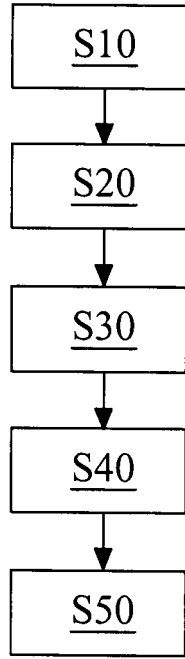


圖 1

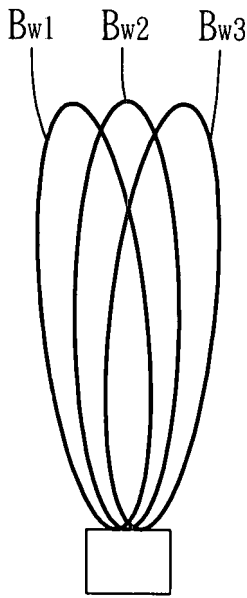


圖 2a

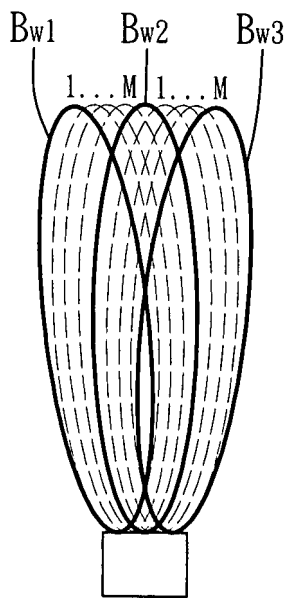


圖 2b

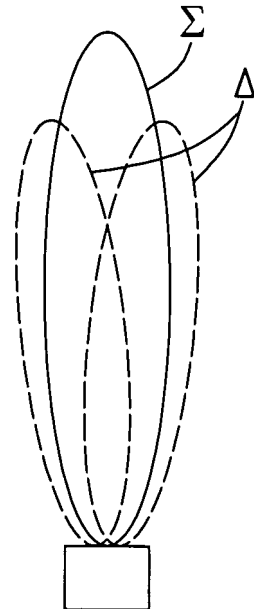


圖 2c

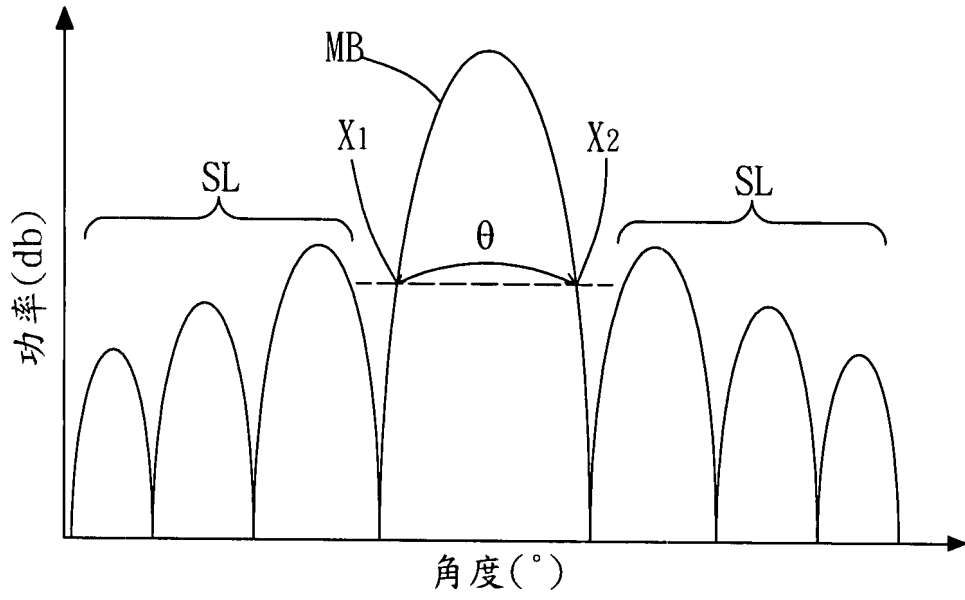


圖3

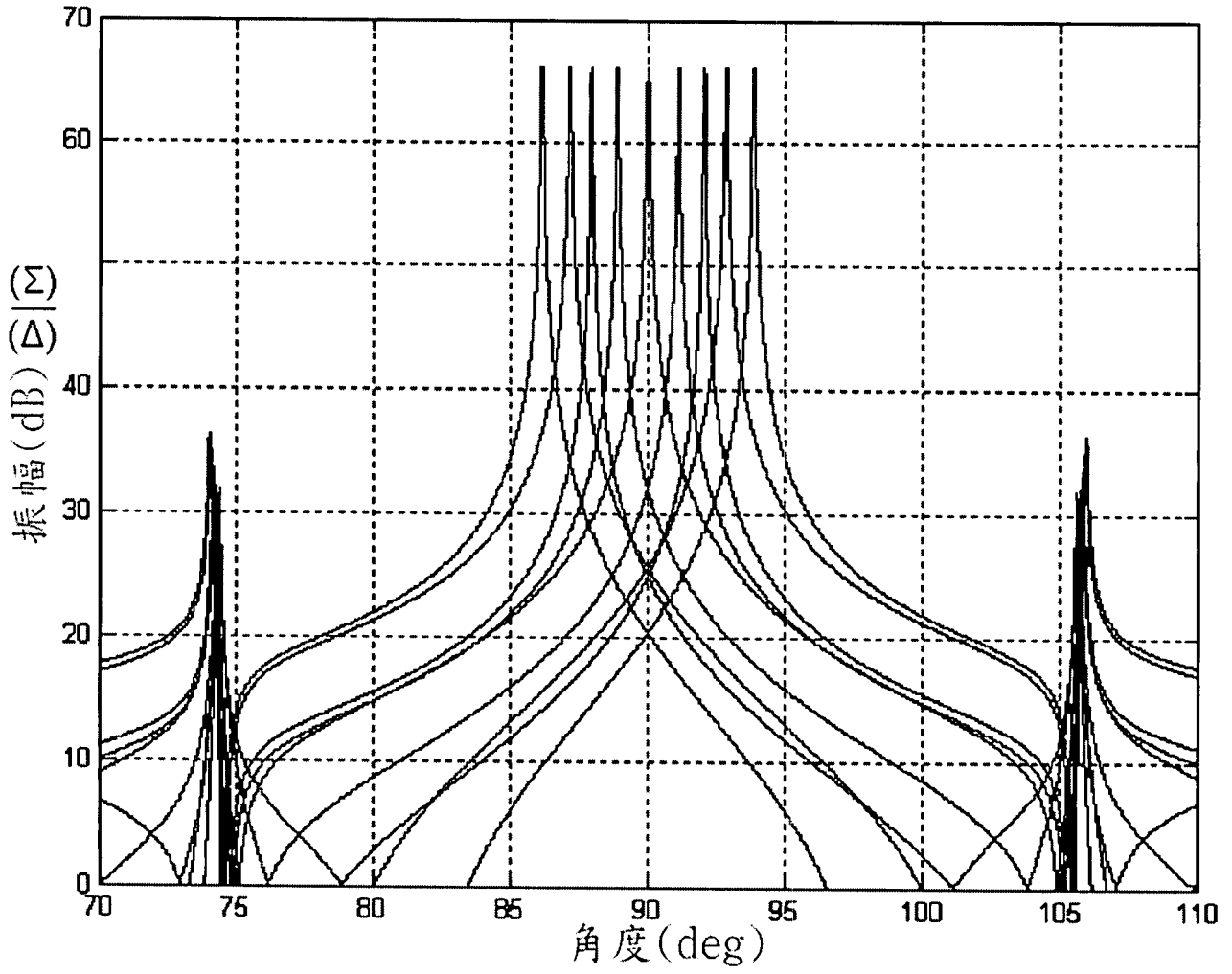


圖4

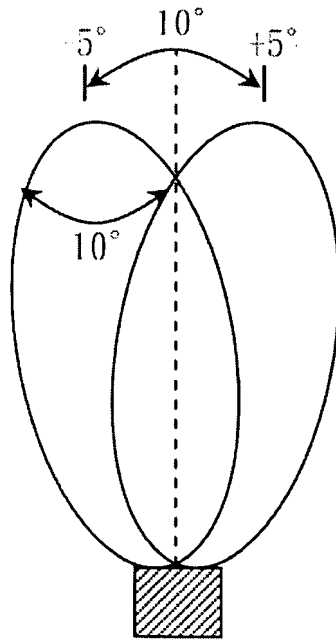


圖5a

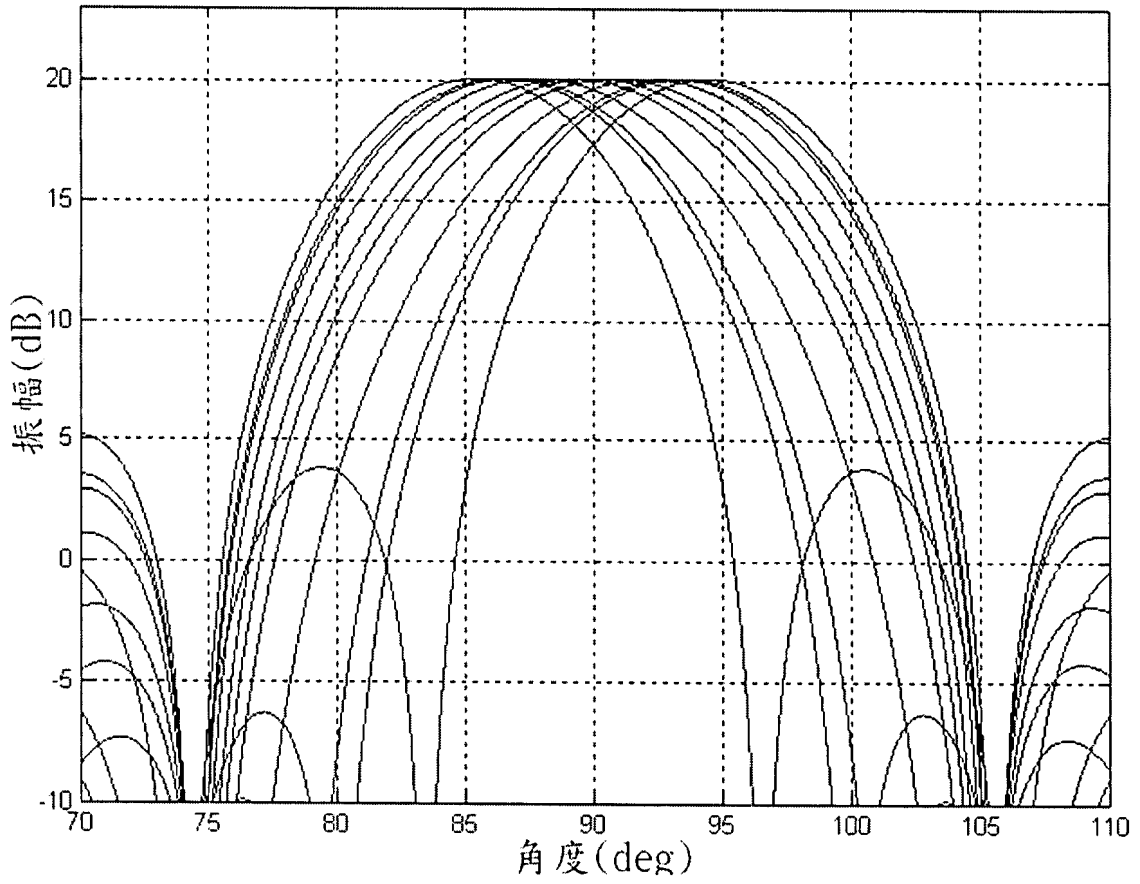


圖5b

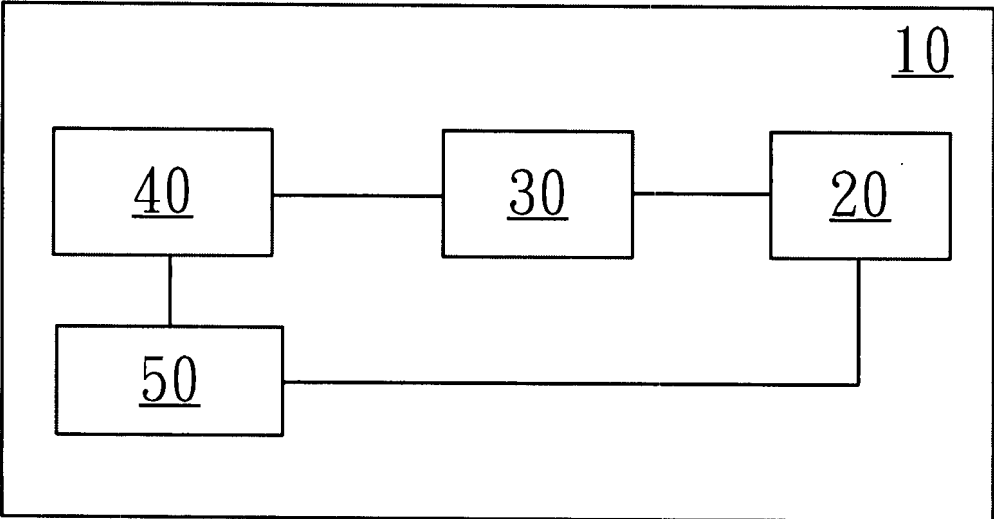


圖6