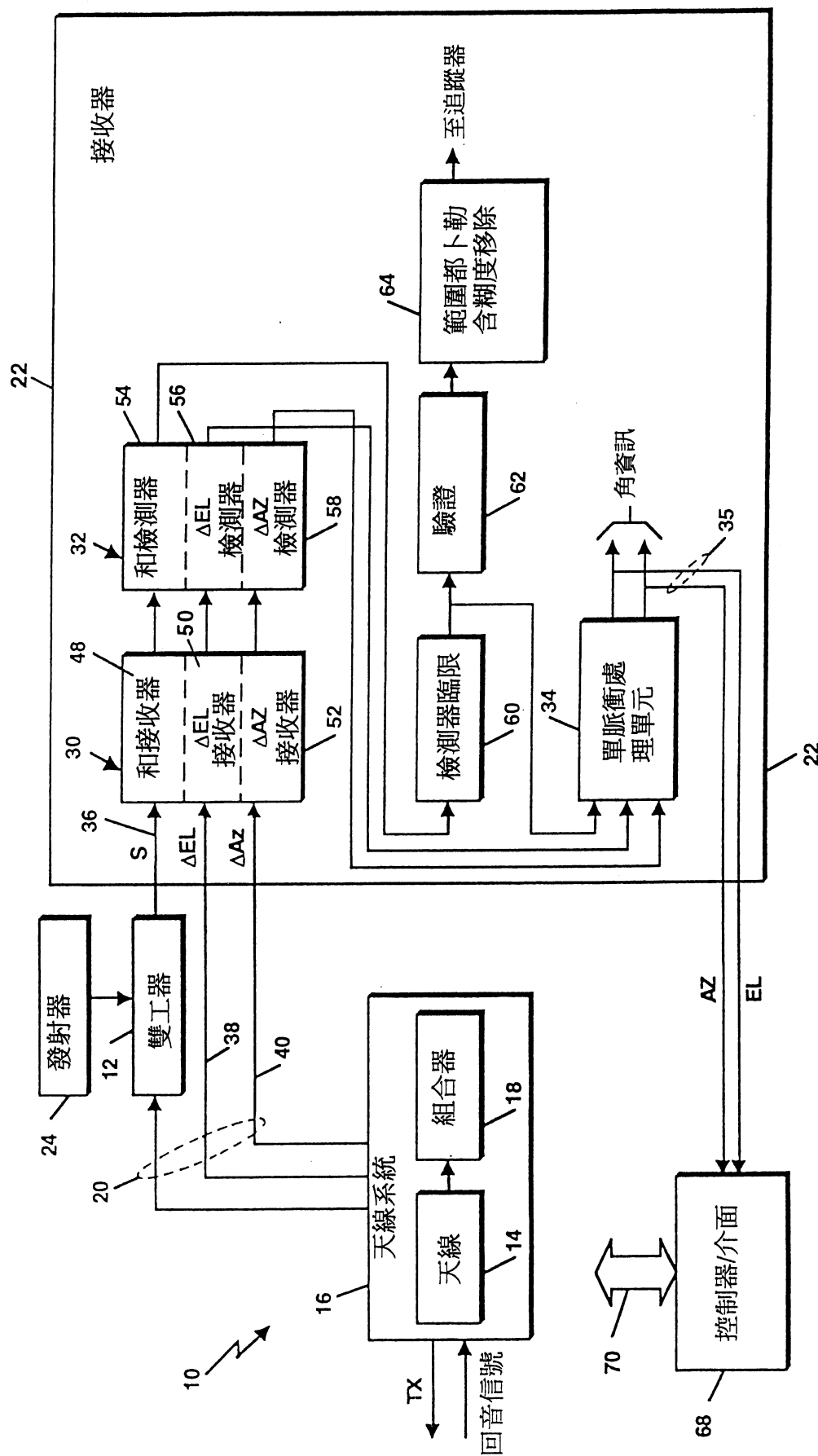
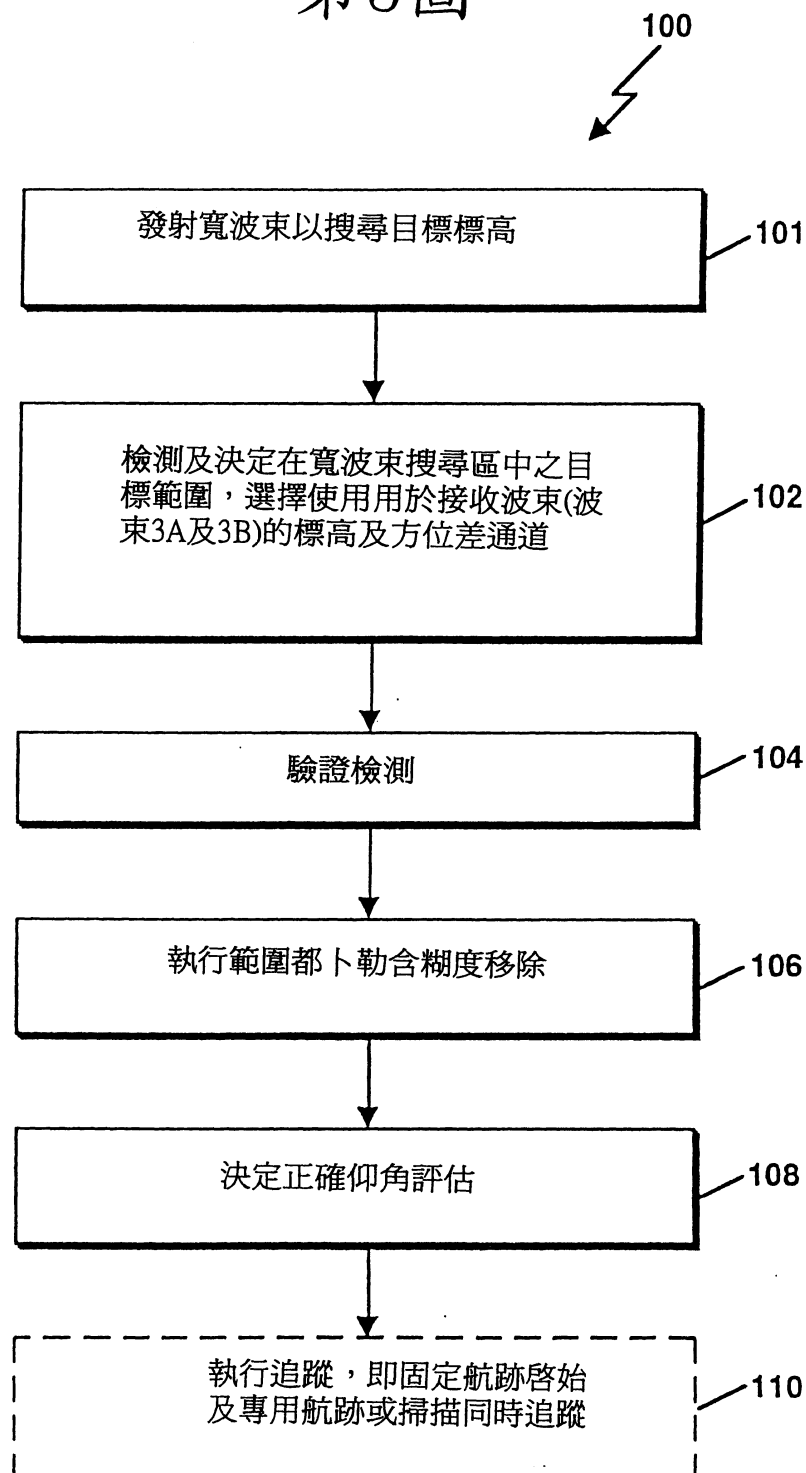


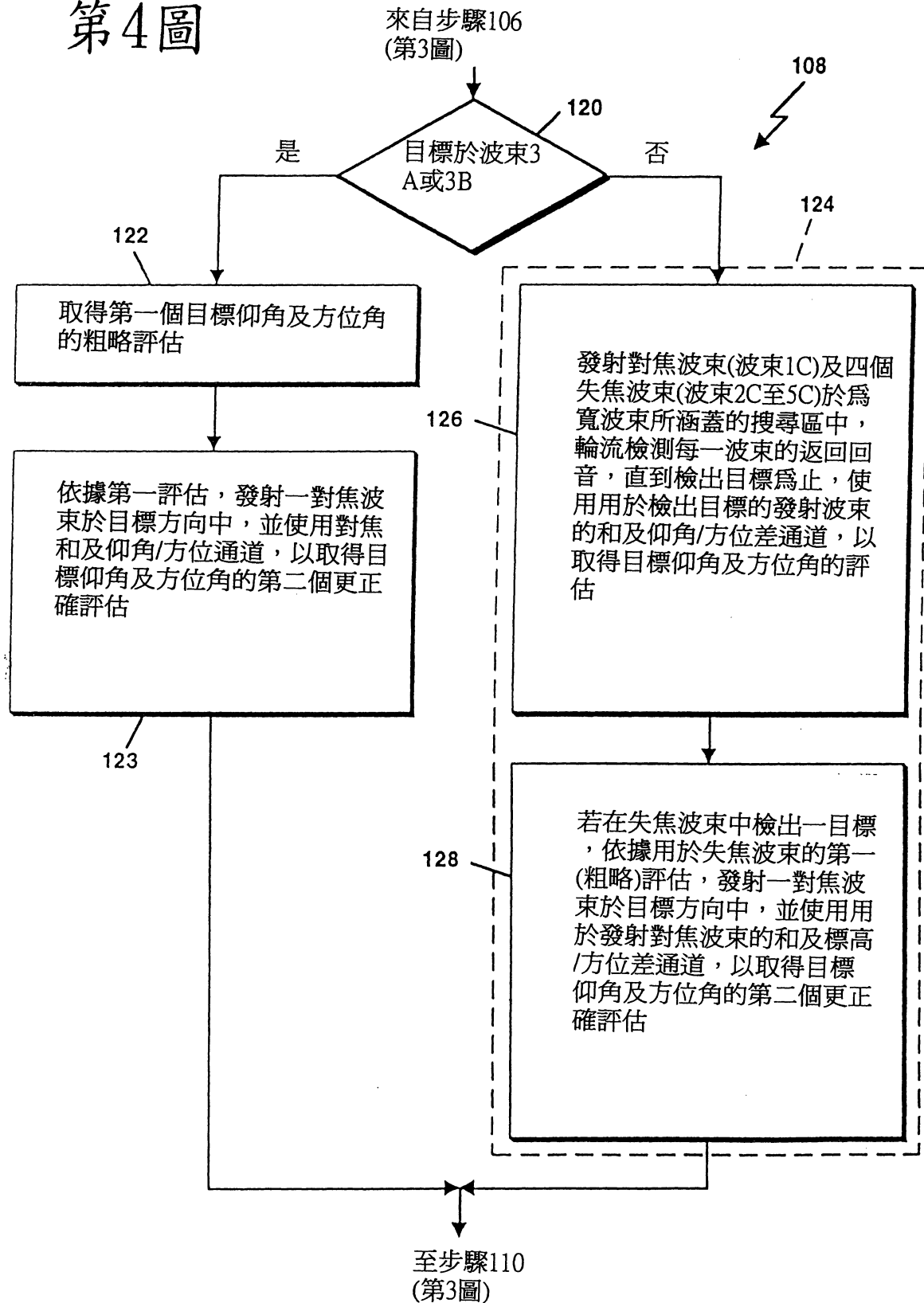
第1圖



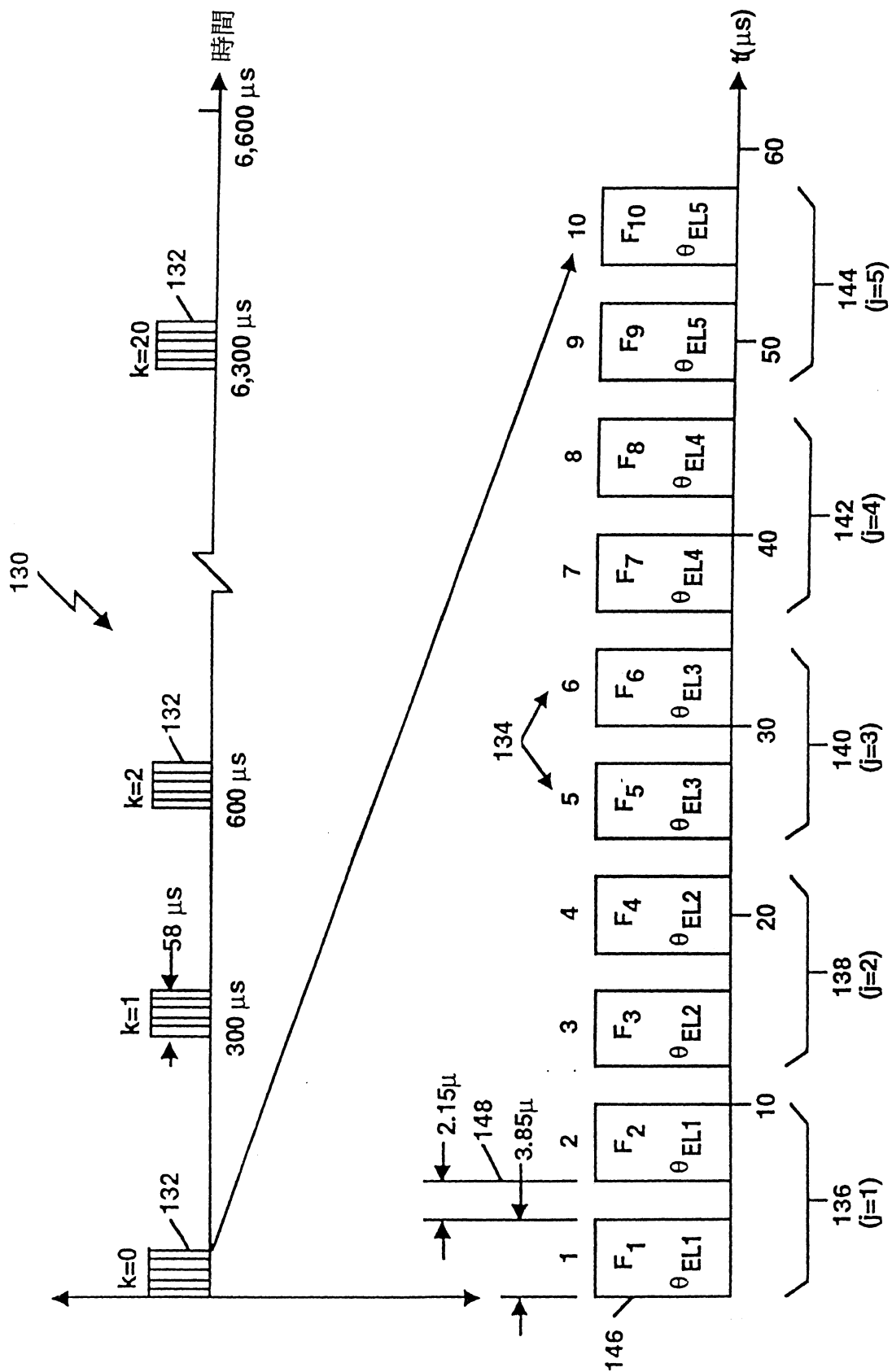
第3圖



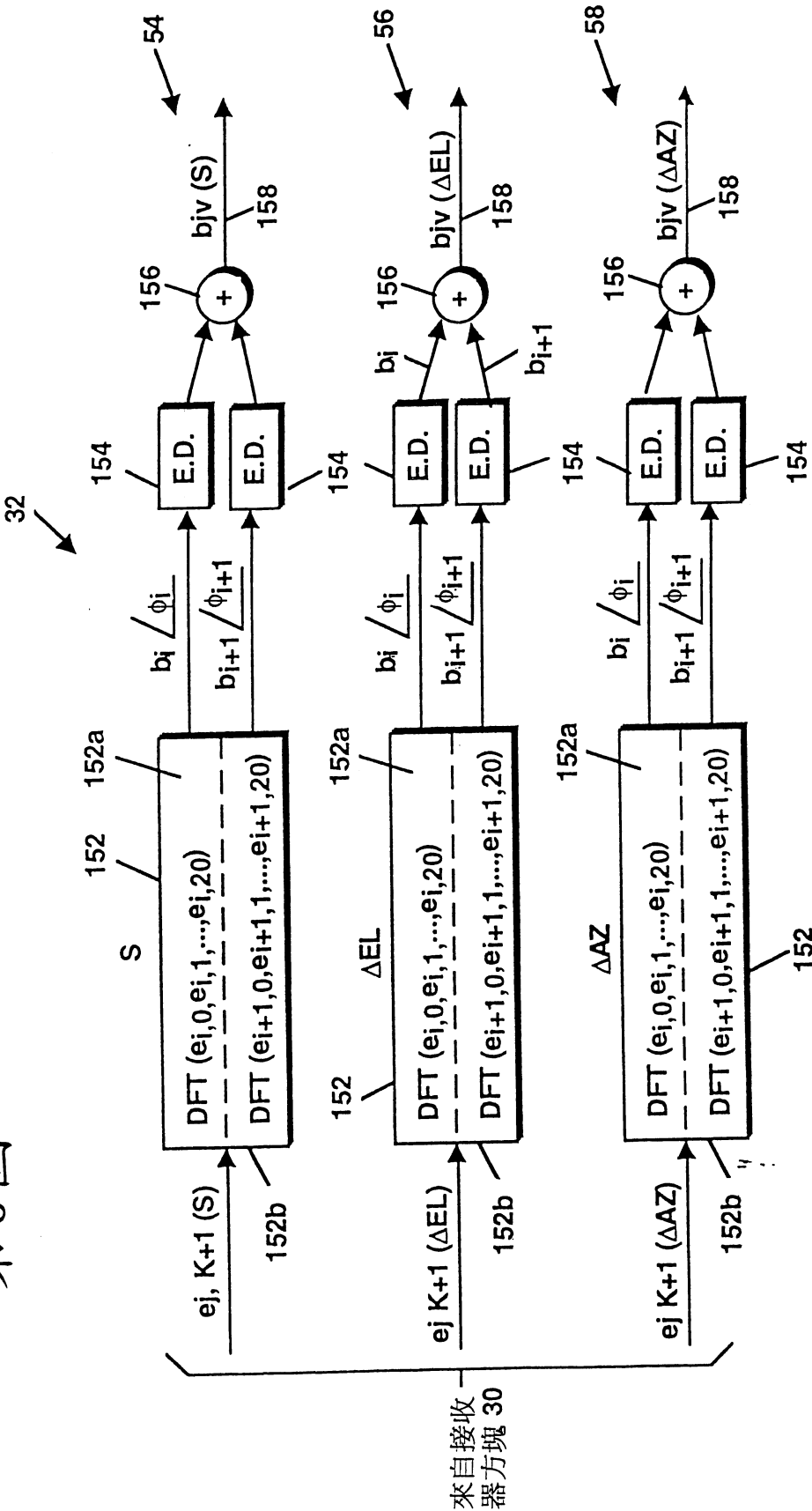
第4圖



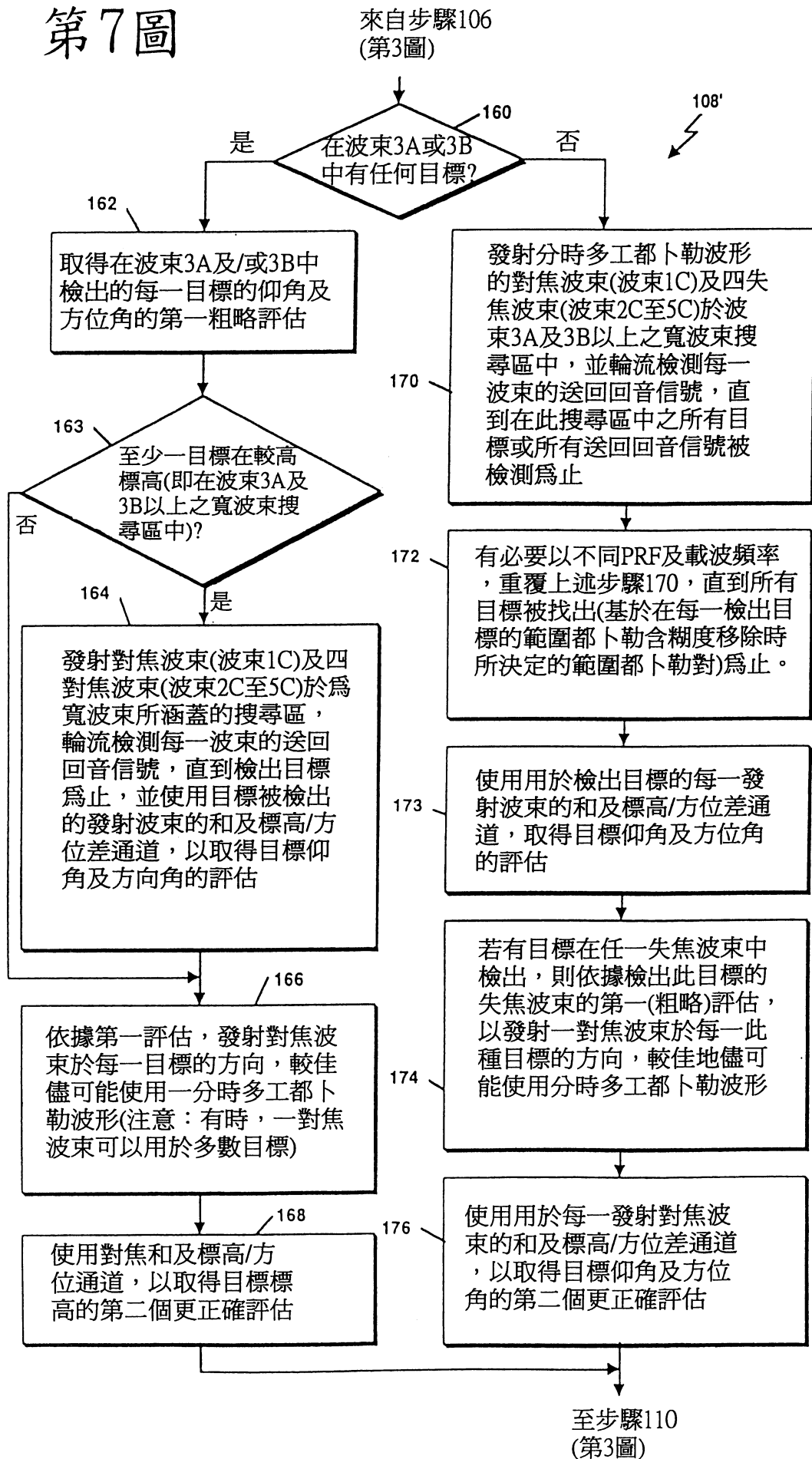
第5圖



第6圖



第7圖



(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

96年6月13日修(更)正替換頁

I289680

845815

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：93130272

※申請日期：93年10月06日

※IPC分類：G01S 13/00

一、發明名稱：

(中) 於雷達中使用寬波束搜尋以評估仰角之技術

(英) Efficient technique for estimating elevation angle when using a broad beam for search in a radar

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 雷森公司

(英) RAYTHEON COMPANY

代表人：(中) 1. 愛德華 羅曼

(英) 1. ROMAN, EDWARD S.

地 址：(中) 美國麻州瓦珊冬街八七〇號

(英) 870 Winter Street, Waltham, MA 02451-1449, U.S.A.

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 伊利 布魯克能

(英) BROOKNER, ELI

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2003/10/10 ; 10/683,507 ☒ 有主張優先權

I289680

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

96年6月13日修(更)正替換頁

845815

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：93130272

※申請日期：93年10月06日

※IPC分類：G01S 13/00

一、發明名稱：

(中) 於雷達中使用寬波束搜尋以評估仰角之技術

(英) Efficient technique for estimating elevation angle when using a broad beam for search in a radar

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 雷森公司

(英) RAYTHEON COMPANY

代表人：(中) 1. 愛德華 羅曼

(英) 1. ROMAN, EDWARD S.

地 址：(中) 美國麻州瓦珊冬街八七〇號

(英) 870 Winter Street, Waltham, MA 02451-1449, U.S.A.

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 伊利 布魯克能

(英) BROOKNER, ELI

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2003/10/10 ; 10/683,507 ☒ 有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明大致關於雷達系統。

【先前技術】

於具有旋轉(360度)天線的地面搜尋雷達系統中，一例如餘割平方波束的寬扇波束或形狀波束被用以有效地搜尋大仰角。此類型之搜尋在大角度搜尋面積中的目標方法較單一順序波束法不費時。典型地，一標高單脈衝通道及方位單脈衝通道分別藉由窄筆型波束所檢測，提供目標的正確仰角及方位角的評估。不好的是，正確標高評估並不能用於寬波束所檢測之目標。此問題的解答為在接收上使用堆疊波束。然而，使用堆疊波束需要一或兩個接收器，以用於在堆疊波束中之每一波束。

【發明內容】

因此，本發明係有關於一機制，用以例如以餘割平方波束的寬波束，有效地決定被檢測目標仰角資訊。

因此，於一態樣中，本發明提供方法與設備，用以決定於雷達搜尋時之目標標高。該等方法包含決定於以寬波束搜尋時所檢測的任意目標的範圍，該寬波束涵蓋一寬角搜尋區域，並基於所決定的範圍，以增加之搜尋仰角在寬角搜尋區域中，發射多數連續波束；及使用多數連續波束的回音信號，以取得目標的仰角評估。

(2)

本發明的實施例可以包含一或多數的以下特性。

寬波束可以為一整形之餘割平方波束。

多數連續波束可以於時間上順序地發射。

多數連續波束的第一個(具有最低仰角的波束)可以被聚焦。或者，可以略微地失焦。在後續較高仰角的後續波束可以失焦突變因數，該等因數增加搜尋角。典型地，除了第一個以外之多數連續波束均被失焦。

對於一脈衝都卜勒雷達，多數連續波束的傳輸可以包含發射一脈衝都卜勒波形，其包含一組發射叢發信號，每一發射叢發信號包含若干次脈衝。於每一發射叢發信號信號中之多數連續群次脈衝對應於多數連續波束。在該組的每一發射叢發信號中的對應號之次脈衝具有相同載波頻率。在每一發射叢發信號中之次脈衝可以具有不同載波頻率。然而，雖然不是較佳但可能令相同載波頻率，用於不同群次脈衝(或叢發信號)。

使用回音信號包含處理多數連續波束的第一波束的回音信號，以檢測出目標。若目標被檢測出，則對於目標的仰角評估被決定。使用回音信號更包含(i)輪流處理在和及差通道中之失焦連續波束的回音信號，直到目標在一多數失焦連續波束之一中被檢測為止；(ii)使用一個檢測出目標的失焦連續波束之回音信號的處理結果，以提供目標的仰角的第一評估；(iii)將一對焦波束基於第一評估發射朝向目標；及(iv)處理在和及差通道中的對焦波束的回音信號，以檢測目標並決定目標的一第二個更正確仰角的評

(3)

估。

本發明的特定實施例可以提供一或多數以下的優點。搜尋機制係相當有效率，其使用目標範圍的知識及雷達系統的標高掃描能力，配合上一分時多工波形，以取得一更正確決定的目標仰角。分時多工波形發射不同仰角的脈衝，以在一停止時間尋找目標。這些脈衝使用失焦波束。失焦係隨著被搜尋的仰角的角度而增加。因為檢測目標範圍隨著仰角角度增加而降低，所以，此失焦為可能並為想要的。需要失焦，以便有效地涵蓋在以餘割平方波束或扇形波束檢測後所擁有的標高不確定角度。一旦目標被以失焦波束找出，則對焦波束被使用以取得最終高度正確的仰角評估值。以具有方位回看功能的天線，有可能在相同旋轉週期中，當目標被檢出時，以失焦及對焦波束完成該功能。因此，本發明的方法提供超出某一低仰角，例如六度(或甚至零度)的有效搜尋，而不必如同傳統單序向波束法地負面衝擊搜尋結構時間。

本發明之其他特性與優點將由以下詳細說明及申請專利範圍加以了解。

【實施方式】

參考第 1 圖，顯示一雷達系統 10。雷達系統 10 可以為一地面雷達系統，但也可以用在船舶、飛機或太空梭上。雷達系統 10 包含一發射器 12、其輸出被輸送至一天線 14(於天線系統 16)，用以發射波束形式輻射。天線

(4)

14 收集由目標所接收的回音信號及組合器 18(其也在天線系統 16)，將多數回音信號組合成接收信號 20，這些接收信號係為一接收器 22 所處理，以檢測目標的出現並決定其位置範圍與角度。於所示實施例中，天線 14 係為一機械旋轉天線，以在方位中作掃描。然而，天線 14 也可以為電子式掃描方位天線。一耦接至發射器 12、接收器及天線 14 的雙工器 24 允許天線 14 基於一分時(time-shared)方式加以使用以發射及接收。

仍參考第 1 圖，接收器 22 包含一接收器方塊 30，以執行 RF 至 IF 轉換、放大、A/D 轉換、可能脈衝壓縮濾波、並包含一檢測器方塊 32 與一單脈衝處理方塊 34。檢測器方塊 32 檢測目標的出現。更明確地說，檢測器方塊 32 執行離散傅氏轉換(DFT)、波封檢測及後檢測整合(視訊整合)等功能。單脈衝處理方塊 34 由檢測器方塊 32 的輸出產生角度資訊 35。角度資訊包含資訊，以表示仰角及方位角。

於所示實施例中，接收器 22 為一單脈衝接收器。因此，接收信號 20 包含三信號，一和(S)信號 36、一標高差("Δ EL")信號 38 及一方位差("Δ AZ")信號 40。接收器方塊 30 及檢測器方塊 32 可以被分割為三個分離之通道，分別用於信號 36、38 及 40。因此，接收器方塊 30 包含接收器方塊 48、50、52，及檢測器方塊 32 包含檢測器方塊 54、56 及 58。接收器方塊 48 及檢測器方塊 54 形成一和通道，以處理和信號 36。接收器方塊 50 及檢測器方塊 56

(5)

形成一標高差通道，以處理標高差信號 38。接收器方塊 52 及檢測器方塊 58 形成一方位差通道，以處理方位差信號 40。

和通道更進一步耦接至臨限檢測單元 60，其由和通道的檢測器方塊 54 的輸出產生範圍信號。接收器 22 同時也包含一檢測驗證方塊 62，及一範圍與都卜勒含糊度移除方塊 64。雖然未顯示出，但接收器 22 可以耦接至一追蹤器。

單脈衝處理方塊 34 的輸出被連接至一控制器/介面 68。控制器 68 提供控制信號 70 給系統 10 的功能方塊。更明確地說，控制器 68 使得系統 10 使用一寬搜尋波束，以執行更高標高的目標搜尋，並如後述決定為此一寬搜尋波束所檢測的目標的正確仰角評估。

"寬"標高搜尋波束為涵蓋寬仰角搜尋區域的波束，其係至少與兩對焦波束的組合波束寬度一樣寬的失焦(或突變)波束。然而，典型上，其係寬大多了。"對焦"波束為一波束，其在垂直方向，沒有相位調變(顯示為在天線間)，造成標高約 λ/H 的波束寬，其中 H 為天線的高度。相反地，"失焦"波束為一波束，其在垂直方向具有相位調變。例如，失焦波束可以具有類正交相位調變。

於此未說明的雷達系統 10 的這些態樣可以依據已知雷達技術加以實施，例如於 Eli Brooker 所編輯的"現代雷達態樣"(1988 年之 Artech House 公司出版)，該文件及其他來源係併入作為參考。例如，上述 Brooker 文章中之第

(6)

5 章的第 297-335 頁所討論的單脈衝技術。

於目標搜尋時，天線 14 取決於搜尋標高，而發射兩不同類型之波束之一。參考第 2 圖，例示搜尋涵蓋範圍 80 包含發射兩窄波束 82(波束 1)及 84(波束 2)及寬搜尋波束 86(波束 3)。窄波束 82、84 係被用以搜尋至少低仰角(例如所示在仰角中，由水平至 5.6 度)，以較長範圍。對於一有效率較高標高搜尋，例如，當搜尋仰角由 5.6 度到達 70 度，則使用寬波束 86。寬波束 86 可以為例如餘割平方("CSC²")形狀波束(如所示)的一波束，其係為用以搜尋大角度體積的認可波束圖案。下方波束 82 及 84 使用所有這三個通道，即和通道，以檢測目標及標高與方位單脈衝通道，以提供目標方位(AZ)及仰角(EL)的評估。例如 CSC² 波束的寬波束 86 並未使用 AZ 或 EL 單脈衝。因此，寬波束 86 並未提供任何 EL 角評估。因此，波束 86 在犧牲仰角量測正確性下，取得良好標高涵蓋範圍。再者，其具有只以三個接收器，提供大角度涵蓋範圍的重大優點，因此，降低了成本。最後，寬波束在短時間提供此大角度涵蓋範圍，因此，允許一快速體積重訪時間。

於一實施例中，當以寬波束照射搜尋範圍時，兩個通常用於接收器之用於具有波束 1 及 2 的 AZ 及 EL 單脈衝的通道也被用於對焦接收波束 88 及 90(波束 3A 及 3B)，以在寬波束 86 的較低標高搜尋區中，提供一較佳長範圍涵蓋，例如在所示實施例中，為角度 5.6 度至 11.2 之間。它們也提供部份仰角評估，明確地說，若目標在這些

(7)

對焦接收波束 88 及 90 中被檢測出，則可取得其仰角的啓始粗略評估。在相關於這兩波束的兩接收器通道的重返波振幅給予目標位置標高上的指示。即，標高振幅單脈衝評估可以由波束 88 及 90 的輸出取得。當取得此一評估時，系統 10 在目標位置方向中，發射一對焦波束。此對焦發射波束具有單脈衝 AZ 及 EL，並提供目標 EL 及 AZ 角的正確評估。一脈衝重覆頻率 (PRF) 沒有範圍的脈衝都卜勒波形及都卜勒遮蔽效應可以用於對焦發射波束。若決定目標並未為波束 3A 或 3B (其提供於角度 5.6 至 11.2 度間之涵蓋範圍) 所檢出，則系統 10 使用一特殊仰角評估程序，其涉及另外發射包含以增加之搜尋仰角的波束 92 (波束 1C)、波束 94 (波束 2C)、波束 96 (波束 3C)、波束 98 (波束 4C)、波束 100 (波束 5C) 之多數波束，並將如下參考第 3 至 7 圖加以說明。

參考第 3 圖，顯示寬波束搜尋程序 100，其使用為波束 86 所涵蓋的較高仰角所檢測的目標的仰角決定程序。程序 100 係在控制器 68 的控制下，為系統 10 所執行。開始，系統 10 發射一寬波束，以搜尋目標的標高 (步驟 101)。於所示實施例，及如前所述，寬波束 86 係為一形狀波束，明確地說為一 CSC^2 波束。於一實施例中，使用具有範圍及/或都卜勒含糊度的 PRF 脈衝都卜勒波形。系統 10 檢測及決定在為寬波束所涵蓋的寬角標高搜尋區域中目標的範圍。或者，系統 10 使用標高及方位差通道，以形成接收波束 (波束 3A 及 3B)，以決定是否目標在這些

(8)

接收波束之一中被檢出否(步驟 102)。於檢測時，系統使用一低假警報或然率(P_{fa})設定如 10^{-6} 。於檢測時，系統 10 驗證檢測是否為來自一真實目標的實際回音而不是一假警報(步驟 104)。驗證係使用較大之 P_{fa} ，如 10^{-2} 加以完成。於驗證時，當有較少範圍之尋找目標的都卜勒單元時係有可能的。若系統 10 具有一方位掃描，其可以回看該驗證。或者，驗證可以在下一掃描(旋轉)執行。標稱上，驗證可以以具有相同載波頻率的脈衝都卜勒波形加以執行，及使用 PRF 於檢測目標，以允許在最小雷達能量完成目標驗證。

若檢測驗證確認目標出現，則一或多數其他具有相同載波頻率在不同 PRF 的脈衝都卜勒叢發信號被用以移除範圍都卜勒含糊度(步驟 106)。此移除可以以進一步回看或可以發生在下兩個掃描中。於此含糊度移除階段， P_{fa} 被降低在用以驗證之值以下，例如至一值 10^{-4} 。因為在含糊度移除中，有更多範圍及都卜勒單元被察看，所以必須降低 P_{fa} 。一旦明確地決定目標的範圍，系統 10 使用一仰角決定程序 108，以正確地以目標仰角，來定位目標。雖然不是搜尋程序的一部份(因此，以虛線表示)，系統 10 也可以執行追蹤，包含依據已知技術的固定航跡啓始及專用航跡或掃描同時追蹤。於所示實施例中，用於步驟 102、104、106 的頻寬或許是 1MHz，而用於程序 108 的頻寬為 5MHz。

參考描繪單目標檢測的程序 108 的第 4 圖，若其決定

(9)

目標於發射 CSC^2 波束，在接收波束 3A 及 / 或 3B 之一中被檢出時 (步驟 120)，則系統 10 提供目標仰角的粗略評估 (步驟 122)。系統 10 然後發射一對焦波束於其位置並在接收上，使用總和 ΔEL 及 ΔAZ 通道，以取得一目標仰角及方位角的正確評估 (步驟 123)。於部份例子中，當目標在波束 3A 及 / 或 3B 中檢出時，其仰角及方位角可以足夠正確地決定，以允許對焦波束被使用作為驗證及含糊度移除。

若在步驟 120 中，決定目標並未在接收波束 3A 及 3B 中檢出，而在較高角度檢出時，則系統 10 使用一仰角評估程序 124，以取得仰角評估。於仰角評估程序 124 中，系統 10 於時間中依序發射對焦波束 1C (或者，一失焦波束 1C) 及失焦波束 2C 至 5C，及對於每一個波束使用和 ΔEL 及 ΔAZ 通道，以取得一目標仰角及方位角的評估 (步驟 126)。若目標在波束 2C 至 5C 之一被檢出，則系統 10 在目標被評估方向中指出一對焦波束，並使用仰角及方位差通道及和通道，以取得目標仰角及方位角的更正確評估 (步驟 128)。

現配合第 5 圖參考程序 124，因為目標範圍資訊為已知，所以可能發射分時多工脈衝都卜勒波形，其沒有範圍或都卜勒遮蔽效應。此一波形係如第 5 圖所示。參考第 5 圖，一脈衝都卜勒波形 130 包含一組 " $k+1$ " 發射叢發信號 132，每一發射叢發信號 132 具有 " i " 發射次脈衝 134。於所示實施例中，" i " 及 " $k+1$ " 係分別被選擇為十 (10) 及二十

(10)

一 (21)。於所示實施例中，波形 130 係被發射於 6.3ms 的總時間及 3.33kHz 的 PRF。

一群大致表示為次脈衝群 "j" 的次脈衝係被用於波束 1C 至 5C。於所示實施例中，在一群 "j" 中，有兩 (2) 次脈衝。用於波束 1C、波束 2C、波束 3C、波束 4C 及波束 5C 的次脈衝對係分別為參考號 136(j=1)、138(j=2)、140(j=3)、142(j=4) 及 144(j=5) 所表示。於所示例子中，每一次脈衝持續時間 146 係為 3.85 微秒，及次脈衝間距為 2.15 微秒。在對 136 中之次脈衝 1 及 2 係被用以傳送進入波束 1C，其為對焦波束。在對 138 中之次脈衝 3 及 4 係被用以傳輸進入波束 2C，其係為在標高中之失焦波束。在對 140 中之次脈衝 5 及 6 係被用以傳輸進入波束 3C，其在標高中，具有較大失焦。在對 142 中之次脈衝 7 及 8 係用於波束 4C，其在標高具有更大之失焦。最後，在對 144 中之次脈衝 9 及 10 被用於波束 5C，其在標高具有更大之失焦。於所示實施例中，波束 2C、3C、4C 及 5C 係藉由突變因數 1.25、2.0、4.0 及 6.5 加以在標高中失焦。有可能隨著波束的標高增加而增加失焦，因為目標對於較高標高波束有較接近範圍。對於每一群 k 之第 i 個次脈衝 (其中 i 為 1 至 10) 具有相同載波頻率。再者，對於 i=1 的 21 個次脈衝 i 形成一持續時間 6.3ms 的共相關脈衝都卜勒波形 (叢發)，該持續時間典型為在目標上的停止時間。對於 i=2, 3 等等，也是如此。然而，對於每一對 j 的次脈衝的頻率，例如對 j=1 之次脈衝 1 及次脈衝 2 不

(11)

同。此動作係提供頻率多樣性，以作更有效目標檢測。波束的突變係被選擇，以提供在標高的所需涵蓋範圍，而同時由每一共相關叢發信號(於此例中，由 21 個次脈衝構成)，在 21 次脈衝叢發信號的每一的脈衝壓縮及共相關脈衝都卜勒處理後，維持一足夠高訊雜比(SNR)，用以作目標檢測及角度評估，以大於 11dB，該等 21 次脈衝叢發信號形成分時多工脈衝都卜勒叢發信號波形。

因為目標範圍為已知，所以也知道何時來自每一次脈衝的回音將被送回。例如，知道何時次脈衝 1 的回音將被送回。另外，該回音所期待的仰角也為已知，則其一旦使用波束 1C 加以傳送，使得其期待以相同於波束 1C 的角度回來。因此，當期待回音時，形成一如同用於發射之波束 1C(於此例為對焦波束)時，一具有相同仰角的接收波束。除了和波束通道外，將波束將具有一和 ΔEL 及 ΔAZ 通道(這些通道係被假設為可用)。因此，有可能處理來自次脈衝 1 的回音。來自次脈衝 2 的回音將在次脈衝 1 之後一已知時間到達，在所示波形中，此時間為 6 微秒。因為發射波束 1C 被用作發射，所以其將到達接收波束 1C。更重要的是，來自次脈衝 2 的回音並不會與來自次脈衝 1 的回音重疊。因此，可能時間共享用於次脈衝 1 及 2 的三個接收器，該等次脈衝 1 及 2 具有不同載波頻率。因為如同先前所述，不同載波頻率被用於次脈衝 1 及 2，以完成目標由次脈衝變動至次脈衝，以加強目標的可檢測性。在不同波束中之次脈衝具有不同頻率，以消除來自不同波束

(12)

1C 至 5C 的回音的干擾可能。

參考第 6 圖，顯示檢測器方塊 32 之例示實施法，如上所述，其包含一和檢測器 54、標高差檢測器 56 及方位角差檢測器 58。三個通道的每一個均包含為接收器方塊 30 所接收之壓縮回音信號次脈衝(如所示，用於每一對 j 為 $e_{j, k+1}$)的數位化樣品。對於一給定範圍(即 $e_{i, 0}$ 、 $e_{i, 1}$ 、... $e_{i, 20}$)的特定次脈衝對 j 的給定次脈衝 i 的 $k+1$ 數位取樣係被離散傅氏轉換(DFT)150 所轉換，以產生用於幾個都卜勒單元的振幅及相位值振幅 b_i 及相位 δ_i 。同樣地，相同次脈衝對 j (即 $e_{i+1, 0}$ 、 $e_{i+1, 1}$ 、... $e_{i+1, 20}$)之 $k+1$ 個次脈衝 $i+1$ 係被處理，以產生用於幾個都卜勒單元及於知道目標位置的不確定的範圍單元的振幅及相位 b_{i+1} 及 δ_{i+1} 。這兩 DFT 被分開之 DFT 所處理，例如，如所示，在對 j 中，對於 $k+1$ 次脈衝為 DFT152a 及對於 $k+1$ $i+1$ 次脈衝為 DFT152b。或者，在對中，次脈衝可以以分時方式為單一 DFT 所處理。每一值的大小係為對應波封檢測器 154 所選擇，及用於該對中之次脈衝的振幅 b_i 及 b_{i+1} 係為一加法器 156 所組合，以產生用於該第 j 對的單一檢測輸出值(振幅) b_{jv158} 。為了簡化起見，對於每一個不同通道，只顯示單一次脈衝對的波封檢測器及加法功能。此 b_{jv} 的計算係被執行，用於幾個範圍單元，其涵蓋目標的認知中的不確定性。

因此，對於第一發射波束 1C，加法檢測器 DFT152a 處理次脈衝 $i=1$ (具有頻率 $F1$)及 DFT152b 處理次脈衝 2(具

(13)

有頻率 $F2$)。DFT152a 由 $k+1$ 次脈衝產生 b_1 ，其中 $k=0, 1, 2, \dots, 20$ 。DFT152b 如同用於次脈衝 2 產生 b_2 。這些然後被加入，以形成 b_{1v} 。此係被如上所示計算，用於幾個範圍的單元。對於每一範圍單元，取得用於幾個都卜勒單元的 b_1 's 及 b_2 's。

這處理如同圖所示被執行於和、標高差及方位差檢測器之每一個上。檢測器 32 的輸出被用以檢測(經由臨限檢測單元 60)目標，並且，隨後使用單脈衝處理單元 34，以評估目標的仰角及方位角。例如，若臨限檢測單元 60 檢測目標的和檢測器輸出值 $b_{1v}(S)$ (即，對於 $j=1$)，則單脈衝處理單元 34 將取對應標高差檢測器輸出 $b_{1v}(\Delta EL)$ 並使用比率 $b_{1v}(\Delta EL)/b_{1v}(S)$ ，以決定仰角 θ_{EL} 的評估。方位角可以以相同方式產生。

於上述例子中，目標被檢測於波束 $1C(j=1)$ 中。若目標並未在來自波束 $1C$ 的回音中檢出，則來自波束 $2C$ 、 $3C$ 、 $4C$ 及 $5C$ 的回音隨後被檢查，以決定是否目標出現在這些波束中。如同來自次脈衝 1 及 2 的回音，對於其他波束，來自次脈衝對中之次脈衝，例如波束 $2C$ 的次脈衝 3 及 4 的回音並不會彼此重疊或者與來自其他次脈衝的回音重疊。於每一連續次脈衝對中之次脈衝的叢發信號係使用相同通道加以處理，該等通道係用於波束 $1C$ 的次脈衝 1 及 2。對於波束 $2C$ 、 $3C$ 、 $4C$ 及 $5C$ ，接收波束在接收上，於標高上被突變相同量，這如同它們在發射上之突變。若目標在波束 $1C$ 中被檢測，則因為其為對焦波束，所以，

(14)

取得正確 AZ 及 EL 角評估。若目標在波束 2C 至 5C 被檢出，則目標仰角及方位角的評估並不會如以對焦波束所取得般地正確。結果，若目標在這些失焦波束之一中被檢出並如參考步驟 128 所示，則一對焦波束係使用簡單脈衝都卜勒波形(或分時多工脈衝都卜勒波形，以在其他目標存在時，同時，取得其他目標的航跡更新，這將隨後說明)被發射於目標的方向(基於啓始評估)。在接收上之對焦波束具有 ΔAZ 及 ΔEL 通道，用以評估目標 AZ 及 EL 角。因為使用波束為對焦及單脈衝通道，所以，來自對焦波束的回音係很正確。

對於以失焦波束期待之角度評估，第一評估如同 0.20 度至 0.48 度，其後，第二評估具有 0.17 度的對焦波束。在視訊整合後，對於失焦波束的所有例中之 SNR 典型為大於等於 11dB。對於對焦波束，SNR 甚至更優於失焦波束。

第 7 圖顯示仰角決定程序 108(來自第 4 圖)實施例，其係被表示為仰角決定程序 108'，其假設檢測出多數目標。首先，程序 108'決定是否在波束 3A/3B 中檢測出目標(低標高搜尋區域)(步驟 160)。若有，則程序 108'取得在波束 3A 及/或 3B 中所檢出的低標高目標的仰角及方位角的粗略評估(步驟 162)。程序 108'然後決定是否在波束 3A 及 3B 之上，有至少一目標被檢出(步驟 163)。若發生較高標高目標的檢測，則程序 108'對在較高標高的檢測目標執行步驟 126(來自第 4 圖)(步驟 164)。若在失焦波束中

(15)

檢出一目標，則程序 108'依據每一目標的仰角及方位角的個別第一(粗略)評估，在該目標及在波束 3A 或 3B 中所檢測的目標的方向發射一對焦波束(步驟 166)。較佳地，若可能，一如同用於五個(示於第 5 圖之)連續波束的分時多工脈衝都卜勒波形可以用以發射對焦波束。然而，於此例子中，j 等於目標的數目，而不是五個。於此例子中之分時多工脈衝都卜勒波束的使用假設所選定的 PRF 及載波頻率並不會造成任何範圍遮蔽效應(重疊發射及回音脈衝)或都卜勒盲(發生於當 PRF 與目標都卜勒對成一線時)。在發射對焦波束後，用於每一發射對焦波束之和及標高/方位差通道係被用以取得目標仰角及方位角之一第二個之更正確評估(步驟 168)。

否則，若所有目標都在波束 3A 及 3B 上的搜尋區域中，則程序 108'發射一對焦波束(波束 1C)及四個失焦波束於波束 3A/3B 上之寬搜尋區域中，並輪流檢測每一波束的送回回音，直到所有目標被檢出及送回回音信號被檢出為止(步驟 170)。若有必要，此步驟可以使用該組五波束的不同 PRF 及頻率加以重覆，以找出所有之目標(步驟 172)。程序 108'使用於每一發射波束的標高/方位差通道，其中目標係被檢出，以取得該目標的仰角及方位角之評估(步驟 173)。若有任何失焦波束中檢測出目標，則程序 108'依據目標的仰角及方位角的第一(粗略)評估，在每一此種目標的方向中，發射一對焦波束(步驟 174)。若可能，當需要一個對焦波束時，則可以使用一分時多工脈衝

(16)

都卜勒波形以發射對焦波束。再一次， j 等於目標數(於本例子中， $j=2$)。同時，如前有關步驟 166 所述，使用分時多工脈衝都卜勒波束假設所選定 PRF 及載波頻率不會有範圍遮蔽效應或都卜勒盲。在對焦波束發射後，用於每一發射對焦波束的和及標高/方位差通道係用以取得目標仰角及方位角的第二個更正確評估(步驟 176)。

其他實施例係在以下申請專利範圍內。例如，可以了解的是，搜尋程序 100 並不需要使用接收波束 3A 及 3B。沒有檢測這些波束，可以了解的是，程序 108 變成與程序 124 相同，但可能有更多數量的發射波束，例如 7 個波束而不是 5 個，並由與寬波束的相同仰角開始(在第 2 圖所示的例子中為 5.6 度)。同時，所用之對焦及失焦波束的數量可以改變。可以進一步了解，例如 PRF、波束突變因數及波束寬之參數可以加以調整，以完成用於一給定系統設計的最佳效能。另外，雖然所述實施例包含一用以決定方位角的方位差通道，但可以了解的是，最少仰角決定需要一和及標高差通道。即，可能可以不必方位差通道。在此例子中，目標的方位可以由以通過目標的掃描角之叢發信號波形振幅的變化加以取得。因為多數單脈衝設計具有兩個差通道，所以方位角當然可以加以決定。同時，也不必然使用都卜勒波形。而可以使用一單一發射叢發信號或脈衝信號($k+1=1$ ，即 $k=0$)。

【圖式簡單說明】

(17)

第 1 圖 爲 一 脈 衝 都 卜 勒 單 脈 衝 雷 達 系 統 的 方 塊 圖 。

第 2 圖 爲 第 1 圖 之 單 脈 衝 雷 達 系 統 所 用 之 搜 尋 範 圍 由 0 至 70 度 的 發 射 及 接 收 波 束 圖 。

第 3 圖 爲 一 寬 波 束 目 標 搜 尋 的 操 作 流 程 圖 ， 其 使 用 一 仰 角 決 定 程 序 ， 以 決 定 在 較 高 標 高 所 檢 測 之 目 標 的 仰 角 。

第 4 圖 爲 用 於 單 檢 測 目 標 的 仰 角 決 定 程 序 (第 3 圖)的 流 程 圖 。

第 5 圖 爲 第 4 圖 之 仰 角 決 定 程 序 所 用 之 波 形 示 意 圖 。

第 6 圖 爲 第 1 圖 之 檢 測 器 方 塊 的 詳 細 方 塊 圖 。

第 7 圖 爲 用 於 多 重 檢 測 目 標 的 仰 角 決 定 程 序 的 流 程 圖 。

【 主 要 元 件 符 號 說 明 】

10	雷 達 系 統
12	發 射 器
14	天 線
16	天 線 系 統
18	組 合 器
20	接 收 信 號
22	接 收 器
24	雙 工 器
30	接 收 器 方 塊
32	檢 測 器 方 塊
34	處 理 方 塊

(18)

3 5	角 資 訊
3 6	和 信 號
3 8	標 高 信 號
4 0	方 位 差 信 號
4 8	接 收 器 方 塊
5 0	接 收 器 方 塊
5 2	接 收 器 方 塊
5 4	檢 測 器 方 塊
5 6	檢 測 器 方 塊
5 8	檢 測 器 方 塊
6 0	臨 限 檢 測 單 元
6 2	檢 測 驗 證 方 塊
6 4	含 糊 度 移 除 方 塊
6 8	控 制 器 / 介 面
7 0	控 制 信 號
8 0	搜 尋 涵 蓋 範 圍
8 2	窄 波 束
8 4	窄 波 束
8 6	寬 搜 尋 波 束
8 8	對 焦 接 收 波 束
9 0	對 焦 接 收 波 束
9 2	波 束
9 4	波 束
9 6	波 束

(19)

98	波 束
99	波 束
130	脈 衝 都 卜 勒 波 形
132	發 射 叢 發 信 號
134	次 脈 衝
136	次 脈 衝 對
138	次 脈 衝 對
140	次 脈 衝 對
142	次 脈 衝 對
144	次 脈 衝 對

五、中文發明摘要

發明之名稱：於雷達中使用寬波束搜尋以評估仰角之技術

本案提供一種當使用例如餘割平方束的寬搜尋束時，評估仰角的方法與設備。在以涵蓋寬角搜尋區域的寬束搜尋時，決定了所檢測目標的範圍。基於所決定的範圍，多數連續波束被以增加之搜尋仰角發射在寬角搜尋區內。多數連續波束的回音信號被用以決定目標的仰角評估。

六、英文發明摘要

發明之名稱：Efficient technique for estimating elevation angle when using a broad beam for search in a radar

A method and apparatus for estimating elevation angle when using a broad search beam such as a cosecant-squared beam is provided. The range of a target detected during a search with a broad beam covering a broad angular search area is determined. Based on the determined range, consecutive beams are transmitted at increasing search elevation angles in the broad angular search area. Echo signals of the consecutive beams are used to determine an elevation angle estimate for the target.

(1)

十、申請專利範圍

1.一種於一雷達搜尋時決定目標標高的方法，包含步驟：

於以涵蓋一寬角搜尋區域之寬波束搜尋時，決定被檢測之任何目標的範圍；

基於所決定之範圍，在該寬角搜尋區域中，以增加之搜尋仰角，發射多數連續波束；及

使用該等連續波束的回音信號，以決定用於該目標的仰角評估。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該寬波束包含一形狀餘割平方波束。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該等連續波束之一係為對焦波束。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該等連續波束的第一個波束以外的所有波束為失焦波束。

5.如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中該等失焦的連續波束係被失焦突變因數，該等因數隨著增加之仰角搜尋角而增加。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該發射步驟包含：

發射一分時多工脈衝都卜勒波形，其包含一組發射叢發信號，每一發射叢發信號包含多數次脈衝。

7.如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中該在每一發射叢發信號中之次脈衝的連續群對應於諸連續波束。

(2)

8.如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中在該組的每一發射叢發信號中之次脈衝的對應次脈衝具有相同載波頻率並彼此共相關。

9.如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中每一發射叢發信號的不同次脈衝具有不同載波頻率。

10.如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中每一發射叢發信號的每一群的次脈衝具有不同頻率及用於不同波束的不同群中之次脈衝的對應次脈衝可以具有相同載波頻率。

11.如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中除了第一連續波束外的所有連續波束係被失焦。

12.如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中所有的連續波束為失焦波束。

13.如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中使用回音信號的步驟包含：

處理第一個連續波束的回音信號，以檢測該目標；及
若檢測出目標，則使用處理的結果，以決定用於該目標的仰角評估。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該使用回音信號的步驟更包含：

在和及差通道中，輪流處理多數失焦連續波束的回音信號，直到目標在多數失焦連續波束的一波束中被檢出為止；

使用該等失焦連續波束之檢出目標的一波束之回音信

(3)

號的處理結果，以提供該目標的仰角的第一評估；

基於第一評估，將對焦波束發射向目標；及

在和及差通道中，處理該對焦波束的回音信號，以檢測該目標並決定該目標的仰角之第二個更正確評估。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之方法，更包含步驟：

使用用於為寬波束所涵蓋的一較低標高搜尋區的可用標高及方位差通道所接收的波束，以決定是否在較低標高搜尋區有檢測出任意目標，該寬波束係在連續波束發射以下的仰角及在該等連續波束發射之前；及

若多數目標被檢測及多數目標的至少一個目標在較低標高搜尋區檢出成為一較低標高目標，則執行步驟：

取得用於該較低標高目標的粗略仰角評估；及

基於該粗略評估，將一對焦波束發射向該較低標高目標。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中該基於該粗略評估，將一對焦波束發射向該較低標高目標的步驟發生於單一分時多工脈衝都卜勒波形。

17.如申請專利範圍第 15 項所述之方法，更包含步驟：

若多數目標被檢出及所有多數目標在較低標高搜尋區上的寬角搜尋區被檢出，則執行步驟：

在和及差通道中，輪流處理多數失焦連續波束的回音信號，直到所有的多數目標被檢出或者多數失焦連續波束

(4)

的所有回音信號被處理為止；

若多數目標的所有目標並未以一脈衝重覆頻率 (PRF) 檢出，則重覆以不同 PRF 發射連續波束及處理每一連續波束的回音信號的步驟，直到所有多數目標均被檢出為止；

使用處理步驟的結果，以提供每一目標的仰角之第一評估；

基於每一目標的第一評估，將一對焦波束發射向每一目標；及

在和及差通道中，處理對焦波束的回音信號，以檢測每一目標並決定每一目標的第二個更正確評估仰角。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之方法，其中該將對焦波束發射向每一目標發生在一單一分時多工脈衝都卜勒波形。

19.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該發射步驟包含：

發射一分時多工脈衝都卜勒波形，其包含一組發射叢發信號，每一發射叢發信號包含相同數量的次脈衝。

20.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該發射步驟包含：

發射包含一單一發射叢發信號的波形。

21.如申請專利範圍第 20 項所述之方法，其中在發射叢發信號中之連續群的次脈衝對應於連續波束。

22.如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中在該組

(5)

之每一發射叢發信號中之對應次脈衝具有相同載波頻率並彼此共相關。

23.如申請專利範圍第 22 項所述之方法，其中該發射叢發信號的不同次脈衝具有不同載波頻率。

24.如申請專利範圍第 22 項所述之方法，其中該每一群發射叢發信號的次脈衝具有不同頻率及在不同波束之不同群中之對應次脈衝可具有相同載波頻率。

25.如申請專利範圍第 23 項所述之方法，其中除了第一個連續波束外的所有連續波束均被失焦。

26.如申請專利範圍第 23 項所述之方法，其中所有連續波束為失焦波束。

27.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含步驟：

使用一或多數筆波束，以檢測在較為寬波束所涵蓋的仰角為低之仰角處的目標。

28.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該發射步驟包含於時間上依序發射多數連續波束。

29.一種於雷達搜尋時決定目標位置的方法，包含步驟：

決定以涵蓋寬角搜尋區之寬波束搜尋時所檢測出的任意目標的範圍；

基於所決定的範圍，在寬角搜尋區中，以增加之搜尋仰角，發射連續波束；及

使用多數連續波束的回音信號，以決定用於該目標的

(6)

至少一角度評估。

30.如申請專利範圍第 29 項所述之方法，其中該至少一角度評估包含一仰角評估及方位角評估。

31.一種雷達系統，包含：

決定機構，用以決定於以涵蓋寬角搜尋區之寬波束搜尋時所檢測出之任意目標的範圍；

發射機構，以增加之搜尋仰角，發射多數個連續波束至用於該決定範圍的寬角搜尋區；及

使用機構，使用連續波束的回音信號，以決定用於該目標的仰角評估。

32.一種雷達系統，包含：

一天線系統；

一發射器，耦接至該天線系統；

一接收器，耦接至該天線系統；

一控制器，控制該發射器、接收器及天線系統；

其中該接收器反應於來自控制器的控制信號，而於以涵蓋寬角搜尋區的寬波束搜尋時，操作以決定所檢出的任意目標的範圍；

其中該發射器反應於來自控制器的控制信號，操作以經由天線系統，以增加之搜尋仰角，發射多數連續波束，於用於該決定範圍的寬角搜尋區中；及

其中該接收器反應於來自控制器的控制信號，操作以使用經由天線系統加以接收的多數連續波束的回音信號，以決定用於該目標的仰角評估。

(7)

33.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該寬波束包含一形狀餘割平方波束。

34.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該等連續波束的至少一波束為對焦波束。

35.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中除了第一連續波束以外的所有連續波束均為失焦波束。

36.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中所有之連續波束均為失焦波束。

37.如申請專利範圍第 35 項所述之雷達系統，其中該等連續波束的失焦波束均被失焦突變因數，該等因數隨著每一連續波束而增加。

38.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該等發射連續波束被發射在單一分時多工脈衝都卜勒波形中，其包含一組發射叢發信號，每一叢發信號包含多數次脈衝，每一次脈衝形成一脈衝都卜勒波形。

39.如申請專利範圍第 36 項所述之雷達系統，其中在每一發射叢發信號中之次脈衝的連續群對應於連續之多數波束。

40.如申請專利範圍第 36 項所述之雷達系統，其中該組每一發射叢發信號之對應次脈衝具有相同載波頻率並彼此共相關。

41.如申請專利範圍第 38 項所述之雷達系統，其中該每一發射叢發信號的次脈衝具有不同載波頻率。

42.如申請專利範圍第 41 項所述之雷達系統，其中該

(8)

每一發射叢發信號的每一群次脈衝具有不同頻率及對於不同波束的不同群中之對應次脈衝可以具有相同載波頻率。

43.如申請專利範圍第 41 項所述之雷達系統，其中第一連續波束以外的所有連續波束均被失焦。

44.如申請專利範圍第 41 項所述之雷達系統，其中所有連續波束係為失焦波束。

45.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該等回音信號係被用以處理第一連續波束的回音信號，以檢測該目標，若該目標被檢出，則由處理結果決定用於該目標的仰角評估。

46.如申請專利範圍第 45 項所述之雷達系統，其中該等回音信號係被用以輪流在和及差通道中，處理多數失焦連續波束的回音信號，直到在一失焦連續波束中檢測該目標為止；以由該檢測出目標的一失焦連續波束的回音信號的處理結果取得目標的仰角的第一評估；並基於第一評估而發射一對焦波束向該目標並在和及差通道中，處理對焦波束的回音信號，以檢測出該目標並決定目標的第二個更正確仰角評估。

47.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該對焦波束係被傳送為分時多工脈衝都卜勒波形，其係包含一組發射叢發信號，每一發射叢發信號包含相同數目的次脈衝。

48.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中該對焦波束係被傳送為包含單一發射叢發信號的脈衝信號。

(9)

49.如申請專利範圍第 48 項所述之雷達系統，其中在該發射叢發信號中的連續群的次脈衝對應於連續的波束。

50.如申請專利範圍第 49 項所述之雷達系統，其中在每一發射叢發信號中對應的次脈衝組具有相同載波頻率並彼此共相關。

51.如申請專利範圍第 50 項所述之雷達系統，其中該發射叢發信號的不同次脈衝具有不同載波頻率。

52.如申請專利範圍第 50 項所述之雷達系統，其中該發射叢發信號的每一群次脈衝具有不同頻率並且在不同波束的不同群中之對應次脈衝可以具有相同載波頻率。

53.如申請專利範圍第 51 項所述之雷達系統，其中除了第一連續波束外的所有連續波束均被失焦。

54.如申請專利範圍第 51 項所述之雷達系統，其中所有之連續波束為失焦波束。

55.如申請專利範圍第 32 項所述之雷達系統，其中一或多數筆波束被用低於寬波束所涵蓋的仰角檢測目標。

56.一種雷達系統，用以在雷達搜尋時決定目標位置，該系統包含：

決定機構，用以決定於以涵蓋寬角搜尋區之寬波束搜尋時所檢出的任何目標的範圍；

發射機構，用以基於所決定的範圍，以增加之搜尋仰角發射連續的波束，於寬角搜尋區中；及

使用機構，使用連續波束的回音信號，以決定用於該目標的至少一角度評估。

(10)

57.如申請專利範圍第 56 項所述之雷達系統，其中該至少一角度評估包含仰角評估及方位角評估。

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

10	雷達系統	38	標高信號
12	發射器	40	方位差信號
14	天線	48	接收器方塊
16	天線系統	50	接收器方塊
18	組合器	52	接收器方塊
20	接收信號	54	檢測器方塊
22	接收器	56	檢測器方塊
24	雙工器	58	檢測器方塊
30	接收器方塊	60	臨限檢測單元
32	檢測器方塊	62	檢測驗證方塊
34	處理方塊	64	含糊度移除方塊
35	角資 訊	68	控制器/介面
36	和信號	70	控制信號

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：