



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I718194 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：105134025

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 21 日

(51)Int. Cl. : **G01S15/89 (2006.01)**

(30)優先權：2016/01/15 美國 14/997,381

(71)申請人：美商蝴蝶網路公司 (美國) BUTTERFLY NETWORK, INC. (US)
美國

(72)發明人：拉司頓 泰勒 S RALSTON, TYLER S. (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

US 2014/0200456A1

US 2014/0288428A1

WO 2011/163475A1

審查人員：黃是衡

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：6 共 62 頁

(54)名稱

超音波訊號處理電路系統及相關設備與方法

(57)摘要

本發明說明超音波訊號處理電路系統及相關設備與方法。對應於由一超音波換能器陣列所實施之個別獲取的訊號取樣群可以藉由被轉換至傅立葉域並且透過套用一或更多個加權函數而被處理。該些經過轉換的訊號群可以在該傅立葉域之中相互組合，用以取得一可用於影像形成的傅立葉合成訊號集。

Ultrasound signal processing circuitry and related apparatus and methods are described. Groups of signal samples corresponding to respective acquisitions performed by an ultrasound transducer array may be processed by being transformed to the Fourier domain and via the application of one or more weighting functions. The transformed groups of signals may be combined with one another in the Fourier domain to obtain a Fourier-compounded set of signals that may be used for image formation.

指定代表圖：

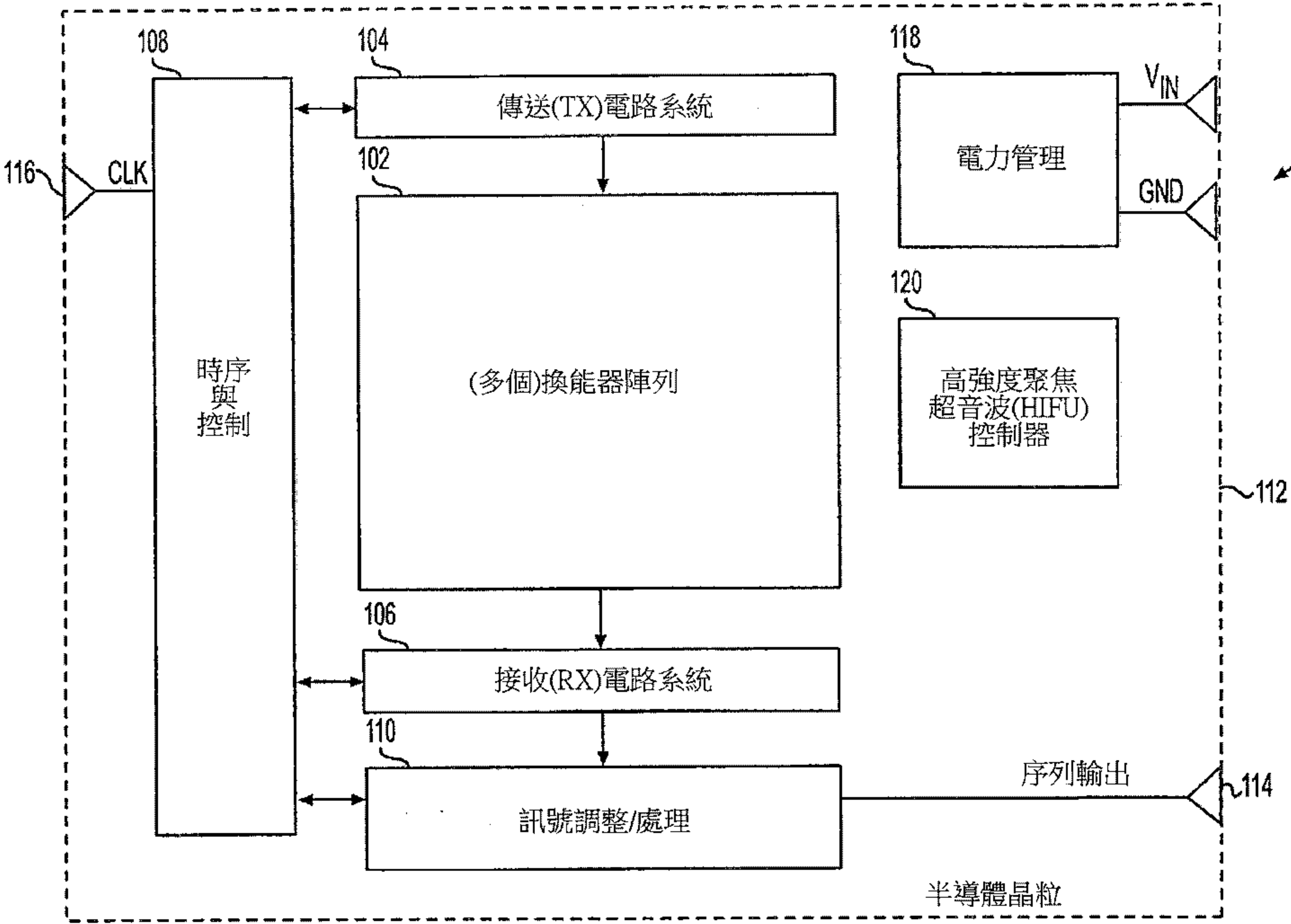


圖1

符號簡單說明：

- 100 . . . 超音波裝置
- 102 . . . 換能器排列 (陣列)
- 104 . . . 傳送(TX)電路系統
- 106 . . . 接收(RX)電路系統
- 108 . . . 時序與控制電路
- 110 . . . 訊號調整/處理電路
- 112 . . . 半導體晶粒
- 114 . . . 輸出埠
- 116 . . . 輸入埠
- 118 . . . 電力管理電路
- 120 . . . 高強度聚焦超音波(HIFU)控制器

I718194

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

超音波訊號處理電路系統及相關設備與方法

ULTRASOUND SIGNAL PROCESSING CIRCUITRY AND RELATED
APPARATUS AND METHODS

【中文】

本發明說明超音波訊號處理電路系統及相關設備與方法。對應於由一超音波換能器陣列所實施之個別獲取的訊號取樣群可以藉由被轉換至傅立葉域並且透過套用一或更多個加權函數而被處理。該些經過轉換的訊號群可以在該傅立葉域之中相互組合，用以取得一可用於影像形成的傅立葉合成訊號集。

【英文】

Ultrasound signal processing circuitry and related apparatus and methods are described. Groups of signal samples corresponding to respective acquisitions performed by an ultrasound transducer array may be processed by being transformed to the Fourier domain and via the application of one or more weighting functions. The transformed groups of signals may be combined with one another in the Fourier domain to obtain a Fourier-compounded set of signals that may be used for image formation.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100	超音波裝置
102	換能器排列(陣列)
104	傳送(TX)電路系統
106	接收(RX)電路系統
108	時序與控制電路
110	訊號調整/處理電路
112	半導體晶粒
114	輸出埠
116	輸入埠
118	電力管理電路
120	高強度聚焦超音波(HIFU)控制器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式：順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

超音波訊號處理電路系統及相關設備與方法

ULTRASOUND SIGNAL PROCESSING CIRCUITRY AND RELATED
APPARATUS AND METHODS

【技術領域】

【0001】 本揭示內容的觀點係關於超音波訊號處理電路系統，以及關於相關的超音波設備與方法。

相關申請案交叉參考

本申請案主張 2016 年 1 月 15 日所提申的美國專利申請案序號第 14/997,381 號的權利，本文以引用的方式將其完全併入。

【先前技術】

【0002】 使用於醫療應用中的超音波換能器陣列通常會在需要時產生大量的資料，用以產生用於醫療應用的超音波影像。該些所希望的影像的品質和複雜性越高，所需要的資料通常便越多。

【0003】 從一超音波換能器陣列處傳輸多條類比訊號通道至一超音波系統的控制與處理電子元件的問題已經限制了用於改良超音波成像的解析度以及致能高品質 3D 體積成像所需要的較大且較密集波換能器陣列的利用性。

【發明內容】

【0004】 本揭示內容說明處理接收自一基於超音波換能器成像系統之中的超音波換能器陣列的訊號的觀點，其包含用於處理該些訊號的數位

與類比電路系統。該數位電路系統包含接收電路系統，其被配置成用以針對對應於該超音波換能器陣列所實施的不同資料獲取的多個超音波訊號實施傅立葉域合成。

【0005】 本發明的某些實施例和一種超音波裝置有關。該超音波裝置包括：一半導體晶粒；複數個微加工超音波換能器元件，它們被整合在該半導體晶粒上並且被配置成用以響應於偵測超音波訊號而輸出電氣訊號；以及接收電路系統，其被耦接至該複數個微加工超音波換能器元件。該接收電路系統被配置成：以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第一電氣訊號為基礎取得代表第一獲取的第一訊號取樣集；以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第二電氣訊號為基礎取得代表第二獲取的第二訊號取樣集；對該第一訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第一傅立葉轉換訊號集以及對該第二訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第二傅立葉轉換訊號集；以及至少部分藉由組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集而產生一傅立葉合成訊號集。

【0006】 本發明的某些實施例提供一種由超音波裝置來實施的方法，該超音波裝置包括：一半導體晶粒；複數個微加工超音波換能器元件，它們被整合在該半導體晶粒上並且被配置成用以響應於偵測超音波訊號而輸出電氣訊號；以及接收電路系統，其被耦接至該複數個微加工超音波換能器元件。該方法包括利用該接收電路系統來實施：以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第一電氣訊號為基礎取得代表第一獲取的第一訊號取樣集；以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第二電氣訊號為基礎取得代表第二獲取的第二訊號取樣集；對該第一訊號取樣集套用傅立

葉轉換用以產生第一傅立葉轉換訊號集以及對該第二訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第二傅立葉轉換訊號集；以及至少部分藉由組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集而產生一傅立葉合成訊號集。

【圖式簡單說明】

【0007】 現在將參考下面的圖式來說明本發明所揭技術的各種觀點與實施例。應該明白的係，該些圖式未必依照比例繪製。在所有圖式中會以相同的元件符號來表示出現於多個圖式之中的相同項目。

圖 1 所示的係用以具現所揭技術之各項觀點的一體式超音波裝置的解釋性範例的方塊圖。

圖 2 所示的係一方塊圖，其圖解於某些實施例中用於一給定換能器元件的傳送(TX)電路系統與接收(RX)電路系統可以如何被用來供能給該元件而用以發射一超音波脈衝，或者，用以接收與處理一來自該元件用以代表被該換能器元件感測到之超音波脈衝的訊號。

圖 3 所示的係根據本文中所述技術之某些實施例和單基板超音波裝置的基板整合的多個超音波換能器的解釋性排列。

圖 4 所示的係根據本文中所述技術之某些實施例的 RX 電路系統的數位處理方塊的方塊圖。

圖 5A 至 5F 所示的係由根據本文中所述技術之某些實施例的 RX 電路系統的數位處理方塊所實施的處理。

圖 6 所示的係根據本文中所述技術之某些實施例，用以實施傅立葉域合成的訊號處理方法的範例的流程圖。

【實施方式】

【0008】 本揭示內容的觀點係關於接收自一超音波換能器陣列的訊號的數位訊號處理。於某些實施例中，該超音波換能器陣列與該電路系統可以被整合於單一互補式金屬氧化物半導體(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)晶片或基板之上，或者，可以位於一超音波探針裡面的多個晶片上。本揭示內容提供獨特、節省成本、以及可縮小的整合式訊號處理架構，用以處理來自多個超音波換能器元件或是多群超音波換能器元件的訊號並且用以提供非常健全的資料以使用於先進的高品質成像應用之中。因此，本揭示內容的觀點提供一種可以用於單基板超音波裝置的架構，該單基板超音波裝置具有多個整合式超音波換能器(舉例來說，CMOS超音波換能器)以及數位電路系統。

【0009】 本揭示內容說明處理接收自一基於超音波換能器成像系統之中的超音波換能器陣列的訊號的觀點。明確地說，本揭示內容說明處理對應於由該超音波換能器陣列所實施之個別獲取的訊號群的觀點。對應於由該超音波換能器陣列所實施之個別獲取的電氣訊號群可以利用類比電路系統來處理並且經過取樣用以取得多群數位訊號取樣。接著，多群數位訊號取樣可以至少部分藉由被轉換至傅立葉域並且，視情況，透過應用一或更多個加權函數而由數位電路系統來處理。該些經轉換的訊號群可以在該傅立葉域之中相互組合，以便取得一可以用於影像形成的傅立葉合成訊號集。

【0010】 用於進行超音波影像形成的習知方式係利用在多次獲取中所取得的資料在時間域之中合成該資料。相反地，本文中所述的傅立葉域合成技術則可以在合成該些訊號之前先在傅立葉域之中調整該些已取得的

訊號，其會導致較高品質的超音波圖像。

【0011】 據此，於某些實施例中，多個訊號取樣集係在多個個別獲取期間從藉由超音波換能器所收集的電氣訊號處所取得。在進行非必要的資料縮減和時間域調整之後，該多個訊號取樣集中的每一者便可以被轉換至傅立葉域，於該傅立葉域處經過套用頻域調整之後，該些經轉換的訊號取樣集便可以於該傅立葉域之中被合成，用以取得傅立葉合成資料，以使用於進行超音波影像形成。

【0012】 於某些實施例中，對應於一獲取的一訊號取樣集可以在兩個階段中被轉換至該傅立葉域。在該兩個階段之中的每一個階段中皆會對該訊號取樣集套用一維快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)。該訊號取樣集可能包括多群訊號取樣，該多群訊號取樣中的每一群皆對應於一通道。於第一階段中會以時間為基準對該多群訊號取樣中的每一群套用一維FFT。由該第一階段所實施的處理結果所取得複數數值資料包含多群複數數值，該多群複數數值中的每一者皆對應於複數個頻率箱中的一個別頻率箱。於第二階段中會對該多群複數數值中的每一者套用一維FFT。

【0013】 上面所術的觀點與實施例以及額外的觀點與實施例會在下面作進一步說明。此些觀點及/或實施例可以單獨運用、一起運用、或者以二或更多個觀點與實施例的任何組合來運用，本文中所述的技術於此方面並沒有受到限制。

【0014】 圖 1 所示的係用以具現本文中所述技術之各項觀點的一體式超音波裝置 100 的解釋性範例。如圖所示，該裝置 100 可以包含一或更多個換能器排列(舉例來說，陣列)102、傳送(TX)電路系統 104、接收(RX)電路

系統 106、一時序與控制電路 108、一訊號調整/處理電路 110、一電力管理電路 118、及/或一高強度聚焦超音波(High-Intensity Focused Ultrasound, HIFU)控制器 120。於圖中所示的實施例中，所有圖示元件雖然皆被形成在單一半導體晶粒 112 上；然而，應該明白的係，於替代的實施例中，該些圖示元件中的一或更多個元件亦可以被放置在晶片外。此外，圖示範例雖然顯示 TX 電路系統 104 與 RX 電路系統 106 兩者；但是，於替代的實施例中，亦可以僅運用 TX 電路系統或是僅運用 RX 電路系統。舉例來說，此些實施例可被運用於使用一或更多個僅傳送裝置 100 來傳送超音波訊號以及使用一或更多個僅接收裝置 100 來接收已經由一要被超音波成像的受測對象所傳送或是從該受測對象處被反射的超音波訊號的情況中。

【0015】 應該明白的係，該些圖示器件中的一或更多者之間的通訊可以眾多方式中的任何方式來實施。舉例來說，於某些實施例中，可以使用一或更多條高速匯流排(圖中並未顯示)，例如，統一北橋(unified Northbridge)所運用的高速匯流排，來允許進行高速晶片內通訊或是和一或更多個晶片外器件進行通訊。

【0016】 該一或更多個換能器陣列 102 可以有眾多形式中的任何形式，並且本技術的觀點未必需要使用任何特殊類型或排列的換能器胞體或是換能器元件。確切地說，本說明書中雖然使用「陣列」一詞；不過，應該明白的係，於某些實施例中，該些超音波換能器亦可以不被組織在一陣列之中，取而代之地，可以特定非陣列的形式來排列。於不同的實施例中，舉例來說，陣列 102 之中的換能器元件中的每一個換能器元件可以包含一或更多個電容式微加工超音波換能器(Capacitive Micromachined Ultrasonic

Transducer, CMUT)、一或更多個 CMOS 式超音波換能器(CMOS Ultrasonic Transducer, CUT)、一或更多個壓電式微加工超音波換能器(Piezoelectric Micromachined Ultrasonic Transducer, PMUT)、及/或一或更多個其它合宜的超音波換能器胞體。於某些實施例中，換能器陣列 102 的換能器元件可以被形成在和 TX 電路系統 104 及/或 RX 電路系統 106 的電子元件相同的晶片上。於某些實施例中，該些換能器元件 102、TX 電路系統 104、以及 RX 電路系統 106 可以被整合在單一超音波探針之中。於某些實施例中，該單一超音波探針可以為一手持式探針。於其它實施例中，該單一超音波探針可以被具現在一可被耦接至病患的貼片之中。該貼片可以被配置成以無線的方式來傳送該貼片所收集的資料給一或更多個外部裝置，用以作進一步處理。

【0017】 舉例來說，一 CUT 可以包含一被形成在一 CMOS 晶圓之中的凹穴，於該凹穴上方疊置一薄膜，並且於某些實施例中，該薄膜會密封該凹穴。電極可以被提供用以從該被覆蓋的凹穴結構處創造一換能器胞體。該 CMOS 晶圓可以包含該換能器胞體可被連接的整合式電路系統。該換能器胞體與 CMOS 晶圓可以被一體成形整合，從而在單一基板(該 CMOS 晶圓)上形成一整合式的超音波換能器胞體與積體電路。

【0018】 舉例來說，該 TX 電路系統 104(如果包含的話)可以產生脈衝，其會驅動該(些)換能器陣列 102 裡面的單獨元件或是一或更多群元件，以便產生要用於成像的聲頻訊號。相反地，該 RX 電路系統 106 則可以在聲頻訊號撞擊該(些)換能器陣列 102 的單獨元件時接收與處理由此些元件所產生的電子訊號。

【0019】 於某些實施例中，舉例來說，時序與控制電路 108 可以負責產生用於同步化並且協調裝置 100 之中的其它元件之操作的所有時序與控制訊號。於圖中所示的範例中，該時序與控制電路 108 係由被供應至一輸入埠 116 的單一時脈訊號 CLK 來驅動。舉例來說，該時脈訊號 CLK 可以為一被用來驅動該些晶片上電路器件中的一或更多個電路器件的高頻時脈。於某些實施例中，舉例來說，該時脈訊號 CLK 可以為一被用來驅動訊號調整/處理電路 110 之中的高速序列輸出裝置(圖 1 中並未顯示)的 1.5625GHz 或 2.5GHz 的時脈，或是一被用來驅動晶粒 112 上的其它數位器件的 20MHz 或 40MHz 的時脈，並且該時序與控制電路 108 可以於必要時分除或相乘該時脈訊號 CLK，以便驅動晶粒 112 上的其它器件。於其它實施例中，不同頻率(例如，上面提及的頻率)的二或更多個時脈可以從一晶片外來源處被分開供應至該時序與控制電路 108。

【0020】 舉例來說，電力管理電路 118 可以負責將來自一晶片外來源處的一或更多個輸入電壓 V_{IN} 轉換成用以實行該晶片之操作所需要的電壓，並且用於管理裝置 100 裡面的電力消耗。舉例來說，於某些實施例中，單一電壓可以被供應 (舉例來說，12V、80V、100V、120V、...等)給該晶片並且該電力管理電路 118 可以於必要時利用一電量泵電路或是透過特定其它 DC 至 DC 電壓轉換機制來步進提升或降低該電壓。於其它實施例中，多個不同電壓可以被分開供應給該電力管理電路 118，用以處理及/或分配至其它晶片上器件。

【0021】 如圖 1 中所示，於某些實施例中，一 HIFU 控制器 120 可被整合於晶粒 112 上，以便能夠透過該(些)換能器陣列 102 的一或更多個原件

來產生 HIFU 訊號。於其它實施例中，一用於驅動該(些)換能器陣列 102 的 HIFU 控制器可被放置在晶片外，或者被放置在一與該裝置 100 分離的裝置裡面。也就是，本揭示內容的觀點雖然關於提供具有或不具有超音波成像能力的晶片上超音波 HIFU 系統；然而，應該明白的係，某些實施例可能並沒有任何 HIFU 能力，且因此，可能不包含 HIFU 控制器 120。

【0022】 又，應該明白的係，在提供 HIFU 功能的實施例中，HIFU 控制器 120 可能並不代表不同的電路系統。舉例來說，於某些實施例中，圖 1 的剩餘電路系統(HIFU 控制器 120 以外的電路系統)可能適合提供超音波成像功能及/或 HIFU，也就是，於某些實施例中，相同共用的電路系統可被操作成為一成像系統及/或用於 HIFU。呈現的究竟係成像或 HIFU 功能可以相依於被提供至該系統的電力。相較於超音波成像，HIFU 通常操作在較高的電力處。因此，提供該系統適合成像應用的第一電力位準(或是電壓位準)可以讓該系統操作成為一成像系統；反之，提供較高的電力位準(或是電壓位準)則可以讓該系統操作用於進行 HIFU。於某些實施例中，此電力管理可以由晶片外控制電路系統來提供。

【0023】 除了利用不同的電力位準之外，成像與 HIFU 應用亦可以運用不同的波形。因此，可以使用波形產生電路系統來提供用於操作該系統作為成像系統或是 HIFU 系統的合宜波形。

【0024】 於某些實施例中，該系統可以操作成為兼具成像系統與 HIFU 系統(舉例來說，能夠提供影像導向的 HIFU)。於某些此類實施例中，可以運用同一個晶片上電路系統來提供兩項功能，其具有用以控至該兩種模式之間的操作的合宜時序序列。

【0025】 於圖中所示的範例中，一或更多個輸出埠 114 可以輸出一由該訊號調整/處理電路 110 的一或更多個器件所產生的高速序列資料串。舉例來說，此些資料串可以由被整合在晶粒 112 上的一或更多個 USB 3.0 模組及/或一或更多個 10GB、40GB、或是 100GB 的乙太模組所產生。於某些實施例中，在輸出埠 114 上所產生的訊號串會被饋送至一電腦、平板、或是智慧型電話，用以產生及/或顯示 2 維影像、3 維影像、及/或斷層影像。於影像形成能力被併入於訊號調整/處理電路 110 之中的實施例中，即使相對低電力的裝置(例如，僅有有限數額的處理電力和記憶體可用於應用程式執行的智慧型電話或平板)亦能夠僅利用來自該輸出埠 114 的序列資料串來顯示影像。如上面提及，使用晶片上類比至數位轉換以及高速序列資料鏈路來卸載一數位資料串為幫助促成根據本文中所述技術之某些實施例的「晶片上超音波」解決方案的特點之一。

【0026】 諸如圖 1 中所示的裝置 100 可以被使用在許多成像及/或處理(舉例來說，HIFU)應用中的任何應用之中，並且本文中所討論的特殊範例不應該被視為有限制性。舉例來說，於其中一解釋性施行方式中，一包含 NxM 的平面或實質上平面的 CMUT 元件陣列的成像裝置本身可以被用來藉由下面方式獲取一受測對象(舉例來說，人的腹部)的超音波影像：於一或更多個傳送階段期間供能給該(些)陣列 102 之中的某些或所有元件(一起或是單獨)，以及於一或更多個接收階段期間接收與處理由該(些)陣列 102 之中的某些或所有元件所產生的訊號，俾使得在每一個接收階段期間，該些 CMUT 元件會感測被該受測對象反射的聲頻訊號。於其它施行方式中，該(些)陣列 102 之中的某些元件僅可以被用來傳送聲頻訊號並且該(些)相同陣列 102 之

中的其它元件僅可以同步被用來接收聲頻訊號。又，於某些施行方式中，一成像裝置可以包含一由多個獨特裝置所組成的 PxQ 陣列，或是一由多個 CMUT 元件所組成的多個獨特 NxM 平面陣列所組成的 PxQ 陣列，該些器件能夠平行、依序、或是根據特定其它時序技巧來操作，以便相較於能夠被具現在單一裝置 100 上或是單一晶粒 112 上的方式允許從更大量的 CMUT 元件處累積資料。

【0027】 又，於其它施行方式中，一對成像裝置會被定位成跨越一受測對象，俾使得位在該受測對象的其中一側的成像裝置的該(些)裝置 100 中的一或更多個 CMUT 元件能夠感測由位在該受測對象的另一側的成像裝置的該(些)裝置 100 中的一或更多個 CMUT 元件所產生的聲頻訊號，只要此些脈衝沒有被該對像實質上衰減即可。又，於某些施行方式中，同一個裝置 100 能夠被用來量測來自其自己的 CMUT 元件中的一或更多個 CMUT 元件的聲頻訊號的散射以及來自被設置在該受測對象之相反側的成像裝置之中的 CMUT 元件中的一或更多個 CMUT 元件的聲頻訊號的傳送。

【0028】 圖 2 所示的係一方塊圖，其圖解於某些實施例中用於一給定換能器元件 204 的 TX 電路系統 104 與 RX 電路系統 106 可以如何被用來供能給該換能器元件 204 而用以發射一超音波脈衝，或者，用以接收與處理一來自該換能器元件 204 用以代表被它感測到之超音波脈衝的訊號。於某些施行方式中，TX 電路系統 104 可以被使用在一「傳送」階段期間，而 RX 電路系統 106 則可以被使用在一沒有和該傳送階段重疊的「接收」階段期間。於其它施行方式中，TX 電路系統 104 與 RX 電路系統 106 中的其中一者可能不會被使用在一給定的裝置 100 之中，例如，當一對超音波單元僅

用於傳送式成像時。如上面提及，於某些實施例中，一裝置 100 可以僅運用 TX 電路系統 104 或是僅運用 RX 電路系統 106，而且本技術的觀點未必需要兩種類型的電路系統皆存在。於不同的實施例中，TX 電路系統 104 及/或 RX 電路系統 106 可以包含和下面相關聯的一 TX 電路及/或一 RX 電路：單一換能器胞體(舉例來說，一 CUT 或是一 CMUT)、由單一換能器元件 204 裡面的二或更多個換能器胞體所組成的一群換能器胞體、包括一群換能器胞體的單一換能器元件 204、由一陣列 102 裡面的二或更多個換能器元件 204 所組成的一群換能器元件、或是由多個換能器元件 204 所組成的整個陣列 102。

【0029】 於圖 2 中所示的範例中，TX 電路系統 104/RX 電路系統 106 包含用於該(些)陣列 102 之中的每一個換能器元件 204 的一分離的 TX 電路及一分離的 RX 電路，但是，僅有該時序與控制電路 108 以及該訊號調整/處理電路 110 中每一者的其中一個實例。據此，於此施行方式中，該時序與控制電路 108 可以負責同步化並且協調晶粒 112 上的所有 TX 電路系統 104/RX 電路系統 106 組合的操作，而該訊號調整/處理電路 110 可以負責處理來自晶粒 112 上所有 RX 電路系統 106 的輸入。於其它實施例中，時序與控制電路 108 可以被複製用於每一個換能器元件 204 或是用於一群換能器元件 204。

【0030】 如圖 2 中所示，除了產生及/或分配時脈訊號用以驅動裝置 100 之中的不同數位器件之外，該時序與控制電路 108 還可以輸出一「TX 致能」訊號用以致能該 TX 電路系統 104 的每一個 TX 電路的操作，或是輸出一「RX 致能」訊號用以致能該 RX 電路系統 106 的每一個 RX 電路的操

作。於圖中所示的範例中，在該 RX 電路系統 106 之中的一切換器 202 可以在該 TX 電路系統 104 被致能之前一直張開，以便防止該 TX 電路系統 104 的輸出驅動該 RX 電路系統 106。當該 RX 電路系統 106 的操作被致能時該切換器 202 則可以被閉合，以便讓該 RX 電路系統 106 可以接收與處理一由該換能器元件 204 所產生的訊號。

【0031】 如圖示，用於一個別換能器元件 204 的 TX 電路系統 104 可以包含一波形產生器 206 以及一脈衝產生器 208。舉例來說，該波形產生器 206 負責產生一要被施加至該脈衝產生器 208 的波形，以便讓該脈衝產生器 208 輸出一對應於該被產生波形的驅動訊號給該換能器元件 204。

【0032】 於圖 2 中所示的範例中，用於一個別換能器元件 204 的 RX 電路系統 106 可以包含一類比處理方塊 210、一類比至數位轉換器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 212、以及一數位處理方塊 214。舉例來說，該 ADC 212 可以包括一 10 位元或 12 位元的 20Msps、25Msps、40Msps、50Msps、或是 80Msps 的 ADC。

【0033】 在該數位處理方塊 214 之中進行處理之後，晶粒 112 上所有 RX 電路的輸出(於此範例中，RX 電路的數量等於該晶片上的換能器元件 204 的數量)便會被饋送至該訊號調整/處理電路 110 之中的一多工器 (MUX) 216。於其它實施例中，換能器元件的數量大於 RX 電路的數量，並且數個換能器元件會提供訊號給單一 RX 電路。MUX 216 會多工處理來自該些 RX 電路的數位資料，並且該 MUX 216 的輸出會被饋送至訊號調整/處理電路 110 之中的一多工數位處理方塊 218，用以在該資料從該晶粒 112 處被輸出(舉例來說，透過一或更多個高速序列輸出埠 114)之前進行最終處

理。MUX 216 為選配性，並且於某些實施例中會實施平行訊號處理。一高速序列資料埠可以被提供在方塊之間或是方塊裡面的任何介面處、晶片之間的任何介面處、及/或介接至一主裝置的任何介面處。在類比處理方塊 210 及/或數位處理方塊 214 之中的各種器件皆可以減少需要透過一高速序列資料鏈路或是其它方式從晶粒 112 處被輸出的資料量。於某些實施例中，舉例來說，在類比處理方塊 210 及/或數位處理方塊 214 中的一或更多個器件因而可以讓該 RX 電路系統 106 接收具有改良訊噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)的被傳送及/或被散射的超音波壓力波並且以相容於各式各樣波形的方式來接收。此些元件的併入可以因而進一步促成及/或增強於某些實施例中所揭示的「晶片上超音波」解決方案。

【0034】 下面雖然會說明可視情況被併入於類比處理方塊 210 之中的特殊器件；不過，應該明白的係，此些類比器件的數位對應器件亦可以額外或是替代性被運用在數位處理方塊 214 之中。反之亦然。也就是，下面雖然會說明可視情況被併入於數位處理方塊 214 之中的特殊器件；不過，應該明白的係，此些數位器件的類比對應器件亦可以額外或是替代性被運用在類比處理方塊 210 之中。

超音波換能器的佈局

【0035】 圖 3 所示的係一超音波裝置的基板 302(舉例來說，一半導體基板)，其上已形成多個超音波電路系統模組 304。如圖示，一超音波電路系統模組 304 可以包括多個超音波元件 306。一超音波元件 306 可以包括多個超音波換能器 308。

【0036】 於圖中所示的實施例中，基板 304 雖然包括 144 個模組，它們被排列成一具有兩列與 72 行的陣列；然而，應該明白的係，一單基板超音波裝置的基板可以包括任何合宜數量的超音波電路系統模組(舉例來說，至少兩個模組、至少十個模組、至少 100 個模組、至少 1000 個模組、至少 5000 個模組、至少 10,000 個模組、至少 25,000 個模組、至少 50,000 個模組、至少 100,000 個模組、至少 250,000 個模組、至少 500,000 個模組、介於兩個模組與一百萬個模組之間、…等)，它們可以被排列成一具有任何合宜數量的列與行的二維模組陣列或是以任何其它合宜方式來排列。

【0037】 於圖中所示的實施例中，每一個超音波電路系統模組 304 雖然包括 64 個超音波元件，它們被排列成一具有 32 列與兩行的陣列；然而，應該明白的係，一超音波電路系統模組可以包括任何合宜數量的超音波元件(舉例來說，一個超音波元件、至少兩個超音波元件、至少四個超音波元件、至少八個超音波元件、至少 16 個超音波元件、至少 32 個超音波元件、至少 64 個超音波元件、至少 128 個超音波元件、至少 256 個超音波元件、至少 512 個超音波元件、介於兩個元件與 1024 個元件之間、至少 2500 個元件、至少 5,000 個元件、至少 10,000 個元件、至少 20,000 個元件、介於 1000 個元件與 20,000 個元件之間、…等)，它們可以被排列成一具有任何合宜數量的列與行的二維超音波元件陣列或是以任何其它合宜方式來排列。

【0038】 於圖中所示的實施例中，每一個超音波元件 306 雖然包括 16 個超音波換能器，它們被排列成一具有四列與四行的二維陣列；然而，應該明白的係，一超音波元件可以包括任何合宜數量的超音波換能器(舉例來說，一個、至少兩個、至少四個、至少 16 個、至少 25 個、至少 36 個、

至少 49 個、至少 64 個、至少 81 個、至少 100 個、介於一個與 200 個之間、…等)，它們可以被排列成一具有任何合宜數量的列與行的二維超音波元件陣列(方形或是矩形)或是以任何其它合宜方式來排列。

【0039】 應該明白的係，任何上面所述的器件(舉例來說，超音波傳送單元、超音波元件、超音波換能器)可以被排列成一維陣列、二維陣列、或是以任何其它合宜的方式來排列。

【0040】 於某些實施例中，一超音波電路系統模組除了包括一或更多個超音波元件之外還可以包括其它電路系統。舉例來說，一超音波電路系統模組可以包括一或更多個波形產生器及/或任何其它合宜的電路系統。

【0041】 於某些實施例中，模組互連電路系統可以和基板 302 整合並且被配置成用以相互連接多個超音波電路系統模組，以便讓資料在該些超音波電路系統模組之間流動。舉例來說，該裝置模組互連電路系統可以在相鄰的超音波電路系統模組之間提供連接功能。依此方式，一超音波電路系統模組可以被配置成用以提供資料給該裝置上的一或更多個其它超音波電路系統模組及/或從該裝置上的一或更多個其它超音波電路系統模組處接收資料。

數位訊號處理電路系統

【0042】 圖 4 所示的係根據本文中所述技術之某些實施例的 RX 電路系統 106 的數位處理方塊 214 的方塊圖。該數位處理方塊 214 被配置成能夠進行下面操作的訊號處理電路系統：從 ADC 212 處接收數位訊號取樣、處理該些訊號取樣、以及提供該些經處理的訊號取樣給一高速序列介面以便

接續用於影像形成處理。由方塊 214 所實施的訊號處理可以包含，但是並不限於：用於資料縮減、資料壓縮、及/或下行取樣的處理；用於各種實體與電路效應之補償的處理；以及對於在多次不同獲取中所取得的資料實施傅立葉域合成。

【0043】 如圖 4 中所示，該訊號處理電路包含：一抽取範圍痕跡方塊 402；一正交解調變方塊 404；一濾波器方塊 406(圖中顯示為一低通濾波器 (Low Pass Filter, LPF))；一下行取樣方塊 408；一記憶體 410；一時域訊號調整方塊 412；一快速傅立葉轉換(FFT)方塊 414；一頻域訊號調整方塊 416；一加總高度通道(sum elevation channel)方塊 418；一轉置方塊 420；一第一乘法方塊 422；一第二 FFT 方塊 424；一第二乘法方塊 426；一再取樣/內插方塊 428；一傅立葉域合成方塊 430；卸載緩衝器方塊 432；以及高速序列介面方塊 434，該訊號處理鏈的輸出可以被供應至該介面。接著，透過該高速序列介面 434 所卸載的資料便可以被用來利用合宜的影像形成技術而形成一或更多個影像，本文中所述技術的觀點於此方面並沒有受到限制。

【0044】 圖 4 的訊號處理電路會處理透過 ADC 212 從單一超音波換能器元件或是一群超音波換能器元件處所接收到的訊號。因此，該訊號處理鏈的至少一部分會被重複用於每一個超音波換能器元件或是用於每一群超音波換能器元件。舉例來說，於某些實施例中，方塊 402 至 410 可以被重複用於每一個超音波換能器元件或是用於每一群超音波換能器元件，從而導致經處理的超音波資料被儲存在記憶體 410 之中，而後，方塊 412 至 434 便可以處理被儲存在記憶體 410 之中的超音波資料。方塊 412 至 434 可以被套用至儲存在記憶體 410 之中的所有經處理的超音波資料或是重複套用至

儲存在記憶體 410 之中的一部分經處理的資料，俾使得儲存在記憶體 410 之中的經處理的超音波資料會以時間多工為基礎被分塊處理。於一非限制性的範例中，方塊 402 至 410 可以不斷被重複，直到代表由該超音波裝置所實施之多次獲取的資料被儲存在記憶體 410 之中為止。接著，方塊 412 至 434 便可以處理在該多次獲取期間所取得的資料(一次性處理或是分塊處理)，舉例來說，實施傅立葉域合成，如下面的更詳細說明。

【0045】 從前面的說明中可以明白，於某些實施例中，該訊號處理鏈的一部分運用較少數量的通道並且以時間多工為基礎來處理數條通道的訊號。相較於針對每一個超音波換能器元件或是每一群超音波換能器元件運用一條訊號處理通道，藉由運用較少數量的通道來進行訊號處理能夠縮減晶片面積和電力消耗。透過範例來說，一超音波換能器陣列可以包含 1000 個超音波換能器元件，從而需要 1000 條訊號處理通道。於某些實施例中，相較於記憶體 410 前面的處理通道的數量，記憶體 410 後面的處理通道的數量會減少。舉例來說，在記憶體 410 後面可以使用 4 條、8 條、或是 16 條通道；但是，該架構並沒有限制通道的數量。如所示，記憶體 410 能夠被放置在該訊號處理電路之中的任何位置點處，以便透過時間多工來達成有效的速率變化。還應該明白的係，於某些實施例中，圖 4 的訊號處理電路可以藉由完全串流架構而被施行為沒有記憶體 410，於該架構中會使用平行處理硬體來平行處理多條不同通道中的資料(於某些實例中不會使用時間多工)。

【0046】 圖 4 的訊號處理電路能夠有各式各樣的配置，其中，某些方塊會被略過或省略，端視一特殊超音波系統的需求而定。舉例來說，正交

解調變方塊 404、濾波器方塊 406、以及下行取樣方塊 408 實施資料縮減並且可以在不需要資料縮減的系統中被略過或省略。於另一範例中，時域訊號調整方塊 412 可以被略過或省略。於另一範例中，頻域訊號調整方塊可以被略過或省略。於另一範例中，乘法方塊 422 與 426 中的一或兩者可以被略過或省略。於另一範例中，卸載緩衝器 432 可以被略過或省略。於某些實施例中可以略過或省略本段落中於上面所列的方塊的任何組合。

抽取範圍痕跡方塊 402

【0047】 抽取範圍痕跡方塊 402 選擇貢獻於該影像的輸入取樣並且棄置沒有貢獻於該影像的輸入取樣。為處理一具有以光圈為基礎之給定範圍和位置之多個像素的影像，並且使用具有一給定脈衝長度的波形，在一給定的接收器/激昇組合中會有一組時間取樣貢獻於該些影像像素；在此組時間取樣外面的時間取樣可以被棄置。於某些實施例中，該抽取範圍痕跡方塊 402 可以藉由串流來自 ADC 212 的資料來施行，其中，該選定的資料範圍係由該資料被數位及/或被射入該訊號處理電路之中的開始時間與結束時間來定義。

【0048】 抽取接收痕跡的貢獻部分會減少資料轉換需求(當在電路板上完成時)、資料儲存需求(不論係在記憶體中或是寫入碟片中)、以及處理負擔。這能夠相依於資料縮減的重要性而以各種精簡程度來完成。基礎的施行方式包含跨越所有接收器與所有激昇的一恆定時間範圍，跨越所有接收器與所有激昇有一恆定的開始時間。其它施行方式則能夠針對每一個接收器與每一次激昇使用不同的開始時間與時間範圍。在經過資料轉換之

後，該資料會對準並且被排列成用於進行處理所需要的形式。

【0049】 當該系統正在進行傳送或是傳送之後不久時經常會有非零的接收 A/D 取樣，因此，不論接收器保護電路系統或切換為和，都會導致與飽和高度失真的 A/D 數值或是其它非線性結果。此些取樣不會貢獻至可使用的圖像並且會在該圖像中造成許多問題和瑕疵，這通常會使其更難以進行基礎診斷。當實施任何種類的解捲積(deconvolution)或是其它時間頻域的處理時(通常僅為捨尾至一處理頻帶)，在延長時間域之中的能量便可能會污染整個影像。利用此些存在的取樣來預測頻譜(用於進行診斷或是校正)會有問題，因為此些取樣之中的能量會掌控整個接收通道之中的能量。據此，於某些實施例中，此些取樣可以在方塊 402 之中被棄置。

資料縮減方塊 404 至 408

【0050】 於圖 4 中所示的訊號處理鏈 214 的實施例中，會在方塊 404 至 408 處對抽取範圍痕跡方塊 402 所選定的取樣實施資料縮減。如上面所述，於沒有使用資料縮減的某些配置中，方塊 404 至 408 可以被略過或省略。當該些方塊被施行時，資料縮減便可以藉由在方塊 404 處實施正交解調變、在方塊 406 處實施濾波、以及在方塊 408 處實施下行取樣而被實施。

【0051】 於某些實施例中，正交解調變方塊 404 可以被施行為複數輸入訊號 $x[n]$ 的虛數部(I[n])與正交部(Q[n])的兩個不同資料串。QDM 方塊 404 可以包含一數值控制的振盪器或是可被用來產生 $\cos(2\pi f_c t)$ 與 $\sin(2\pi f_c t)$ 的任何其它合宜器件，其中，中央頻率 f_c 經過選擇，以便提供一特殊數額的解調變。解調變可以相位調變一訊號為置中在 0Hz 處或是受到用於濾波的特

定所希望頻率範圍的限定。於某些實施例中可能會希望將 f_c 匹配於被使用在該(些)陣列 102 之中的換能器的感興趣頻率。來自 QDM 方塊 404 的虛數資料串與正交資料串會由濾波器方塊 406 與下行取樣方塊 408 作進一步處理。

【0052】 於圖 4 中所示的實施例中，濾波器方塊 406 雖然被圖解為實施低通濾波器(LPF)；然而，應該明白的係，在濾波器方塊 406 之中亦可以使用其它類型的濾波，例如，帶通濾波(Band-Pass Filter, BPF)以及高通濾波(High-Pass Filter, HPF)。

【0053】 於某些實施例中，一級聯積分梳(Cascade Integrating Comb, CIC)濾波器架構可以被用來實施濾波(舉例來說，用於濾波器方塊 406)以及減樣(舉例來說，用於下行取樣方塊 408)。舉例來說，此 CIC 濾波器架構可被用來利用一精確的延遲時間指數而準確地計算一範圍數值。該 CIC 濾波器可以包含複數(N)級並且充當一低通濾波器，同時會減樣該輸入資料串 $x[n]$ 用以產生一輸出資料串 $y[n]$ 。增加級的數量雖然會導致較佳的影像抑制效果；但是增加級的數量卻可能會導致更多的通帶下垂。於某些實例或施行方式中，利用一在對該資料套用該 CIC 濾波器之後所套用的補償濾波器可以至少部分解決通道下垂的問題。

記憶體 410

【0054】 再次參考圖 4，記憶體 410 會在抽取範圍痕跡方塊 402、正交解調變方塊 404、低通濾波器 406、以及下行取樣方塊 408 處理該些被接收的訊號取樣之後儲存訊號取樣。被儲存在記憶體 410 之中的訊號取樣可

以根據時間來進行索引編排。據此，該些訊號取樣可以在接收自該超音波換能器陣列時並且於初始處理(舉例來說，經過方塊 402、404、406、以及 408 的處理)之後被寫入至記憶體 410。當記憶體 410 後面的處理方塊(舉例來說，時域訊號調整方塊 412(於包含此方塊的施行方式中))需要時，該些訊號取樣便可以從記憶體 410 處被讀取。

【0055】 於某些實施例中，在多次獲取的每一次獲取期間所取得的訊號取樣皆可以被儲存在記憶體 410 之中。舉例來說，如圖 5A 中所示，記憶體 410 可以儲存對應於由該超音波換能器陣列所實施的 M 次個別獲取的 M 個訊號取樣集(也就是，訊號取樣集 502-1、502-2、...、502-M)，其中，M 為大於等於一的任何正整數。於圖 5A 中所示的解釋性範例中，每一個訊號取樣集皆包含針對 288 條通道的每一條通道隨著時間經過所取得的 1024 個訊號取樣。舉例來說，在該 288 條通道的每一條通道之中的資料可以藉由組合由一群超音波元件所取得的資料來取得。舉例來說，該 288 條通道的每一條通道可以對應於一個別超音波模組 304 中的單行超音波元件(基板 302 包含總共 144 個超音波模組，每一個超音波模組有兩行超音波元件)。舉例來說，在該 288 條通道的每一條通道之中的資料可以藉由，加總或是平均該個別超音波模組的該對應行之中的超音波元件所取得的訊號取樣。

【0056】 應該明白的係，圖 5A 的範例為解釋性並且沒有限制性，因為每一個訊號取樣集可以包含針對任何合宜數量通道的每一條通道所取得的任何合宜數量的訊號取樣。每一條通道可以對應於該超音波換能器陣列的任何合宜的超音波元件組，本文中所述技術的觀點於此方面並沒有受到限制。除此之外，於某些實施例中，記憶體 410 之中的訊號取樣亦可以根

據獲取、時間、以及通道來進行索引編排。然而，於其它實施例中，訊號取樣亦可以任何其它合宜的方式來進行索引編排。除此之外，圖 5A 中所示的每一個訊號取樣集雖然被組織成一二維的陣列；不過，這僅係為達清楚表現的目的而並沒有任何限制意義，因為每一個訊號取樣集皆可以任何其它合宜的方式來組織(舉例來說，儲存)。

【0057】 如上面所述，訊號取樣可以在記憶體 410 後面的處理方塊需要時從記憶體 410 處被讀取。於某些實施例中，對應於個別獲取的訊號取樣集可以從記憶體 410 處被讀取並且由記憶體 410 後面的處理方塊來處理。如下面的更詳細說明，處理方塊 412 至 428 可以彼此獨立的方式來處理每一個該些訊號取樣集之中的訊號取樣(舉例來說，處理方塊 412 至 428 中的每一者可以獨立於訊號取樣集 502-2 的方式來處理訊號取樣集 502-1)。對應於個別獲取的訊號取樣集可以如下面參考處理方塊 430 所述般地被組合，用以實施傅立葉域合成。

【0058】 於圖 4 中所示的實施例中，記憶體 410 雖然被提供在方塊 408 與 412 之間；然而，本文中所述技術的觀點於此方面並沒有受到限制；於其它實施例中，記憶體 410 亦可以被提供在任何方塊對或是子方塊(方塊裡面的方塊)對之間。於該處理電路中的任何位置點處，一記憶體方塊可以幫助降低串流處理速率，從而減少處理所需要的平行資源的數量(舉例來說，可以節省同時被處理的 1152 條通道通往記憶體，因此在記憶體之後，該串流處理每一次可以僅由 4 條通道組成)。降低串流速率的其中一個理由係藉由匹配一資料速率介面(舉例來說，通用序列匯流排(Universal Serial Bus, USB)、Firewire、低電壓差動式信令(Low Voltage Differential Signaling,

LVDS)、Thunderbolt、…等)而在速度與資源之間進行最佳化。

時域訊號調整方塊 412

【0059】 圖 4 中所示的時域訊號調整方塊 412 會在時域之中實施該些訊號取樣的訊號調整。該訊號調整可以包含對該些時域訊號進行加權，用以補償各種效應。該加權可以利用一加權函數或遮罩來實施。該加權函數可以包含對應於一參考時間(例如，一傳送事件)後面的一時間範圍的係數或權值。因此，舉例來說，該些訊號取樣可以包含位在一參考時間後面的時間 t_1 、 t_2 、 $\dots$ 、 t_n 處的取樣，並且該加權函數可以包含對應於該參考時間後面的每一個訊號取樣的係數或權值。每一個訊號取樣可以與該對應係數相乘，用以提供一加權的訊號取樣。該時域訊號調整方塊 412 可以包含一記憶體，用已儲存該些加權函數中的一或更多者的係數。該些加權函數可以為固定或者可以從一主電腦處下載以提供靈活性。該些加權函數可以通道相依或是通道不相依。該些訊號取樣與該些權值的相乘能夠為一複數乘法。

【0060】 時域訊號調整方塊 412 可以被配置成用以從記憶體 410 處讀取訊號取樣並且對該些被讀取的訊號取樣套用一或更多個加權函數。舉例來說，方塊 412 可以接取對應於一獲取的一訊號取樣集(舉例來說，訊號取樣集 502-2)並且對該訊號取樣集之中的取樣套用一或更多個加權函數。在方塊 412 中，一加權函數可以被套用至針對一特殊通道隨著時間經過所取得的一訊號取樣序列(舉例來說，圖 5A 中所示的訊號取樣集 502-1 的一特殊列之中的訊號取樣)。除此之外，或是替代地，一加權函數可以被套用至同一時間跨越不同通道所取得的一取樣集(舉例來說，被套用至圖 5A 中所示之

訊號取樣集 502-1 的一特殊行之中的訊號取樣)。

【0061】 於某些實施例中，方塊 412 可以對接收自記憶體 410 的訊號取樣實施一通道不相依(舉例來說，接收器與激昇不相依)的加權。當要跨越時間被套用的唯一加權為通道不相依時，便能夠節省記憶體並且簡化索引編排。當使用任何其它形式的時域加權時(接收器相依、激昇相依、或是通道相依)，此通道不相依加權則會被吸收至該其它時域加權之中。通道不相依時域加權的非限制性範例包含：(1)攜載頻率調整；(2)對該些取樣套用一線性相位；以及(3)時間-增益補償(Time-Gain Compensation, TGC)，於某些情況中，可以針對每一個接收器和每一次激昇利用相同的 TGC 輪廓來實施。

【0062】 於某些實施例中，方塊 412 可以對接收自記憶體 410 的訊號取樣實施一通道相依加權。套用一通道相依加權可以包含套用一和被用來取得該些訊號取樣的激昇不相依的接收器相依加權函數。舉例來說，時間-增益補償可以針對每一個接收器利用不同的加權來實施(舉例來說，於接收器放大器增益的變異非常大而需要被分開處理的情況中)。除此之外，或是替代地，套用一通道相依加權可以包含套用一激昇相依加權函數(舉例來說，於刻意使用不同的時間-增益補償設定值來最佳量化所有激昇中的訊號的情況中)。

【0063】 雖然當在方塊 412 處被實施的加權相依於通道、激昇、及/或一或更多個其它因素時所產生的影像的品質可以獲得改良；但是，施行此加權卻可能需要額外的電力、處理、及/或記憶體資源。在施行超音波探針時可能會將影像品質以及硬體大小與電力消耗之間的取捨納入考量。於某些實施例中，該探針可以被配置成用以施行具有相依性(舉例來說，相依

於通道、相依於激昇、…等)或是不具有相依性的兩種加權，並且在該探針的操作期間以可利用的電力、處理、及/或記憶體資源為基礎來決定要使用哪一種類型的加權。

快速傅立葉轉換方塊 414

【0064】 於圖 4 中所示的實施例中，FFT 方塊 414 會在時域訊號調整方塊 412 實施加權之後接收訊號取樣，並且對該些被接收的訊號取樣實施 FFT 處理。FFT 方塊 414 可以針對每一條通道藉由對在該通道上隨著時間經過所取得的訊號取樣套用一快速傅立葉轉換而以時間為基準對該些訊號取樣套用一維的 FFT。舉例來說，方塊 414 可以接取對應於一獲取的一訊號取樣集(舉例來說，訊號取樣集 504-1)並且針對該些通道中的每一條通道對該訊號取樣集之中的訊號取樣實施 FFT(舉例來說，對訊號取樣集 504-1 的每一列(舉例來說，列 505-1)套用一 FFT)。

【0065】 因此，於某些實施例中，在方塊 414 處所接收的訊號取樣可能包含多群訊號取樣，該多群訊號取樣中的每一群皆對應於複數條個別通道中的一個別通道。所以，該多群訊號取樣中的每一群皆係由從一個別通道中所取得的資料中所取得的訊號取樣所組成。FFT 方塊 414 可以藉由對該多群訊號取樣中的每一群套用一維的 FFT 而對該些訊號取樣套用一維的 FFT。因對該些訊號取樣套用一維的 FFT 的結果所取得的複數數值資料包含多群複數數值，每一群複數數值皆對應於在一個別通道上所取得的資料之中的頻率/相位資訊。

【0066】 於某些實施例中，FFT 方塊 414 可以針對每一條通道並且針

對每一次獲取而以時間為基準對該些訊號取樣套用一維的 FFT。舉例來說，如圖 5B 中所示，FFT 方塊 414 可以對訊號取樣集 504-1 的每一列取樣(舉例來說，其包含列 505-1)套用一 FFT、對訊號取樣集 504-2 的每一列取樣(舉例來說，其包含列 505-2)套用一 FFT、...、以及對訊號取樣集 504-M 的每一列取樣(舉例來說，其包含列 505-M)套用一 FFT。於此範例中，取樣集 504-1、504-2、以及 504-M 已經因為時域訊號調整方塊 412 所實施的處理的結果而從取樣集 502-1、502-2、以及 502-M 處被取得。在實施該 FFT 之後，取樣集 504-1、504-2、以及 504-M 中的每一列皆代表經由套用該快速傅立葉轉換所取得的頻率值和相位值。應該明白的係，圖 5A 至 5F 的範例中所示的每一列訊號取樣皆對應於針對一個別通道隨著時間經過所取得的多個訊號取樣，並且應該明白的係，圖 5A 至 5F 中所示的訊號取樣的組織方式並不代表並且可以不同於諸如圖 3 中所示佈局的一超音波換能器陣列之中的超音波元件的佈局。

【0067】 應該明白的係，由方塊 414 所實施的任何 FFT 可以藉由零填補(zero padding)該些要被轉換的訊號取樣來實施。該些訊號取樣可以藉由將該時域資料擺放在一具有較大事先決定大小的已填零陣列的 FFT 中心來被零填補。舉例來說，在圖 5B 中所示的實施例之中雖然將一 1024 點的 FFT 套用至具有 1024 個訊號取樣的每一列資料；不過，於其它實施例中，亦可以將一 2048 點或是 4096 點的 FFT 套用至具有 1024 個訊號取樣的每一列資料。此外，該零填補可以為通道不相依(也就是，針對每一條通道中的資料使用相同數額的零填補)或是通道相依(也就是，針對不同通道中的資料使用不同數額的零填補)。

【0068】 除此之外，於某些實施例中，在將一 FFT 套用至一訊號取樣序列之後所得到的結果可以被捨尾(在頻域之中)，俾使得所產生的頻譜中僅有一選定的部分會被用來形成一影像。所產生的頻譜中的任何部分皆可以被選擇(舉例來說，針對一指定頻帶、藉由移除高頻、...等)。

頻域訊號調整方塊 416

【0069】 頻域訊號調整方塊 416 會接收因為 FFT 方塊 414 所實施之處理的結果所取得的頻域數值並且在頻域之中實施訊號調整。明確地說，該頻域訊號調整方塊 416 會實施該些頻域數值的加權，用以補償一或更多種效應並且提供經過加權的頻域數值。方塊 416 可以被配置成用以套用一加權函數至針對一特殊通道隨著時間經過所取得的一訊號取樣序列。舉例來說，方塊 416 可以被配置成用以在已經在 FFT 方塊 414 之中將一 FFT 套用至圖 5B 中所示之訊號取樣集 504-1 的一特殊列之後套用一加權函數至該特殊列之中的訊號取樣。相同或是不同的加權函數可以被套用至對應於不同通道的訊號取樣，如下面的更詳細討論。

【0070】 由方塊 416 所實施的處理可以被用來藉由下面方式將許多不同的實際效應納入考量：利用一個別的轉換函數來模擬該些效應中的每一種效應並且利用該些轉換函數來消除該些效應。方塊 416 亦可以被用來實施運動補償/相位調整。

【0071】 方塊 416 可以被配置成用以使用任何合宜的(多個)加權來實施頻域加權。舉例來說，方塊 416 可以被配置成用以利用(多個)通道不相依加權、(多個)通道相依加權、或是它們的任何合宜組合。通道相依加權的範

例包含接收器相依加權以及激昇相依加權。有許多作法和組合可用於組合通道不相依加權和通道相依加權。下面會說明此些作法和組合中的一部分。

【0072】 一通道不相依的頻域加權可以被用來說明下面數種效應，舉例來說：(1)時間頻率線性孔徑加權，其經過選擇用以在該圖像中加諸一特定的旁瓣(sidelobe)結構；(2)被套用至所有通道的恆定「主波形」；以及(3)共用的換能器轉換函數。

【0073】 於在前置處理內套用至少一接收器/激昇/通道相依頻域加權的某些實施例中，該通道不相依的頻域加權會於該處被吸收。其中一種可能的例外情況為當該接收器/激昇/通道相依頻域加權為僅有相位時，其中，該相位係由一低階多項式來描述(例如，利用線性相位進行運動補償或是利用二次相位函數進行其它相位調整)。於此情況中，該僅有相位函數能夠在運算行進中(on-the-fly)被有效地算出，並且該通道不相依加權會以一分離的乘法步驟被套用。這雖然會招致較多整體的乘法運算；但是，卻會節省被用於儲存該些事先算出之權值的大量記憶體(尤其是完全通道相依的權值)。

【0074】 於某些實例中可以套用接收器相依頻域加權。這可以於每一個被組合的傳送器/換能器/接收器的轉換函數並不相同而足以確保分開處理它們的情況中來進行。

【0075】 激昇相依頻域加權可以被套用至接收器不相依的資料。相關的範例為針對平面波激昇，其中，在中間接收器處經常會有以該相位參考值為基準的偏移量，其為平面波角度的函數。這雖然會被吸收至一時域內插或是一完全通道相依的頻域加權之中；但是，用於一完全加權集的記憶體儲存體的數額卻可能讓激昇相依加權更具吸引力。

【0076】 通道相依頻域加權同樣可以被運用。最通用的方式為每一條資料通道中的加權方式可能不相同的加權，其中，一通道對應於一特有的接收器/激昇組合。任何通道不相依的加權皆能夠被吸收於通道相依、接收器相依、或是激昇相依的加權之中。

【0077】 當利用接收器相依加權和激昇相依加權時，在為將兩種加權吸收至單一通道相依加權之中而需要用到的額外儲存體和配合兩種分開的乘法所達成之利用較少儲存體之間可能要有取捨。此外，在用以儲存乘法的係數的記憶體數額和為在運算行進中產生此些參數而需要用到的邏輯元件之間亦可能要有取捨。利用在運算行進中產生係數的方式可以達成明顯節省記憶體的目的，從而可以低成本的硬體達成高品質處理的結果。

【0078】 可能會需要提供頻率不相依、時間/範圍不相依，但是，通道相依的加權。此種加權的最常見類型為在逐個接收器中為不相同，但是在所有激昇中為恆定的純量增益(scalar gain)。此些加權雖然可能會有最少數量的係數(因為快速-時間 A/D 取樣的優勢勝過接收器的數量)；但是，如果每一個複數乘法皆非常昂貴的話，那麼，不論何種方式為最適當(在快速-時間中或是在頻率中，其相依於哪一個擁有相同接收器/激昇/通道相依性的對應權值集)，此些類型的加權皆會被吸收於其它通道相依的加權之中。倘若在前置處理內的任何地方皆沒有任何接收器/激昇/通道相依的修正的話，那麼，便會在分開乘法級以及儲存能夠吸收此些快速-時間/頻率不相依加權的完全通道相依加權之間作取捨。

【0079】 在聲頻能量傳播通過組織時，局部聲頻能量的降低會很明顯。其可能會希望不要對具有已預測範圍相依輪廓的原始資料進行加權，

以便整平(level out)該影像。補償近似範圍衰減可能會有用。明確地說，許多 2-D 成像公式皆假設有無限的直線源以及無限的直線換能器元件，其會導致圓柱形波衰減。許多此些公式實際上會對原始資料加諸正確的圓柱形波行為(當使用在正向意義中時，而當使用在「反向」意義中時則會被準確地移除)。但是，因為實際的換能器行為比較類似點源並且體積係由多個點散射器所組成，所以，球形波會比較適合用來描述基礎的傳播損耗。

【0080】 穿過組織的訊號衰減特徵通常不會事先知悉。然而，利用已預測的參數將該衰減近似為一種均勻過程則能夠幫助以下限範圍(downrange)為函數來整平影像亮度。即使利用假設的均勻衰減參數，該衰減仍應該以頻率為函數經由多項式或是其它基底擴展、多率、或是其它手段來施加/移除。倘若計算太繁複的話，那麼，便能夠利用單一頻率處的參數來近似。

加總高度通道方塊 418

【0081】 經過頻域訊號調整方塊 416 處理的資料會被提供至加總高度通道方塊 418，其會在頻域之中加總高度通道資料。該總和可以經過加權或是不經過加權。方塊 418 可以加總每一次獲取的高度通道資料。於某些實施例中，方塊 418 可以被省略並且每一次獲取的通道資料不會在高度中被加總。除此之外，於某些實施例中，任何前面所述的方塊皆可以在時域中或是在頻域中透過調頻乘法來施加一時域延遲至該訊號。此些時域延遲可能會在加總之後於高度中產生一接收射束圖案，舉例來說，其可能為一聚焦射束。

【0082】 加總高度通道方塊 418 實施處理的方式參考圖 5B 與 5C 便可以明白。在方塊 414 與 416 對訊號取樣集 504-1、504-2、...、504-M(圖 5B 中所示)實施 FFT 和頻域訊號調整之後，每一個生成的訊號取樣集可以包含 288×1024 個複數數值(288 條通道，每一條通道有 1024 個複數數值用以代表頻率與相位)。第一個 144 條通道可以代表圖 3 中所示的基板 302 的頂端部分(也就是，基板 302 之中的第一列超音波模組)之中的超音波元件行。第二個 144 條通道可以代表圖 3 中所示的基板 302 的底端部分(也就是，基板 302 之中的第二列超音波模組)之中的超音波元件行。於此範例中，方塊 418 可以加總第一個 144 條通道的頻率資料和第二個 144 條通道的頻率資料，以便取得 144×1024 個複數數值(144 條通道，每一條通道有 1024 個複數數值用以代表頻率與相位)。這圖解在圖 5C 中，於該圖中藉由加總(在方塊 418 中)第一個 144 條通道的頻率資料和第二個 144 條通道的頻率資料取得複數數值集 506-1、506-2、...、506-M(每一個複數數值集皆含有 144×1024 個複數數值)。

轉置方塊 420

【0083】 於對應於個別獲取的訊號取樣集以陣列方式(或是可進行複數數值的二維索引編排的任何合宜資料結構)被儲存的實施例中，轉置方塊 420 可以重新組織該些訊號取樣集用以轉置它們。因此，倘若對應於一獲取的一訊號取樣集被組織成一 144×1024 的複數數值陣列(舉例來說，被儲存在一 144×1024 的複數數值陣列之中、透過一 144×1024 的複數數值陣列來索引編排、...等)的話，那麼，經過轉置後，該訊號取樣集則會被組織成一 1024×144 的複數數值陣列。此處理可以減少在方塊 424 處實施跨範圍

(cross-range)FFT(下面會說明)的計算負荷，俾使得該 FFT 可以有效地被套用至用來儲存該些訊號取樣的資料結構中的多列。於某些實施例中，於此級處所實施的處理可以利用串流來達成並且經由組織化讀取與寫入一緩衝器而不會付出任何代價。

乘法方塊 422 與 426

【0084】 乘法方塊 422 與 426 可被用來在方塊 424 中對資料實施跨範圍或是方位角 FFT 處理之前(方塊 422)和之後(方塊 426)於頻域中有效地對該資料套用加權，如下面所述。於某些實施例中，該些乘法方塊 422 與 426 可以利用運算行進中乘法架構來施行。此些加權可被用來補償上面提供的任何眾多效應範例。該些乘法方塊 422 與 426 可被用來將該些訊號取樣乘以以通道、頻率、激昇、及/或任何其它合宜因子為函數所決定的權值。

【0085】 於某些實施例中，第一乘法方塊 422 可以被用來調整總總偏距或是反向傳播距離、時間頻域濾波、跨範圍變跡、及/或以參數為函數的任何合宜因子。該第一乘法方塊 422 可以藉由在該轉置方向中進行係數計算而被用來利用較少的資源施加額外的係數(舉例來說，相較於其中一個方向，已算出的數值能夠再使用於另一個方向中)。

【0086】 於某些實施例中，第二乘法方塊 426 可以被用來調整跨範圍頻域濾波、繞射核乘法(基於頻率的繞射傳播)、漸消波(evanescent wave)濾波、或是以參數為函數的任何合宜因子。

快速傅立葉轉換方塊 424

【0087】 於圖 4 中所示的實施例中，FFT 方塊 424 會接收經過方塊 422 所實施的任何加權之後的資料並且對已收到的資料實施 FFT 處理。明確地說，FFT 方塊 424 會以跨範圍方向或是方位角方向為基準對複數數值資料套用一維的快速傅立葉轉換。

【0088】 從前面便可以明白，於某些實施例中，在方塊 424 處所接收的資料可以包含多次獲取中的每一次獲取的資料。每一次獲取的資料可能包含多條通道中的每一條通道(舉例來說，144 條通道中的每一條通道)的一複數數值集(舉例來說，1024 個複數數值，其代表 1024 個對應頻率箱的相位與頻率)。於此些實施例中，FFT 方塊 424 可以針對每一個頻率箱跨越多條通道套用一維的 FFT，從而以跨範圍方向或是方位角方向為基準來進行資料的一維快速傅立葉轉換。如上面的討論，該 144 條通道中的每一條通道接可以對應於被排列在基板 302 上的一個別行之中的超音波元件，顯示在圖 3 中。當該基板被設置成平行於被用來實施成像的超音波探針的某一面時，該些行會從該超音波探針的該面的左邊繞行至右邊，其對應於該跨範圍方向或是方位角方向。基於此項理由，在每一個頻率箱中跨越多條通道實施一維的 FFT 在本文中被稱為實施跨範圍或方位角 FFT。

【0089】 舉例來說，如圖 5D 中所示，FFT 方塊 424 可以取得對應於獲取的資料(舉例來說，資料 508-1 對應於一獲取)並且對一行複數數值 507-1(其含有單一頻率箱中跨越多條通道的複數數值)實施一維的 FFT。應該明白的係，圖 5D 所示的單一頻率箱中跨越多條通道的複數數值雖然被組織在一行之中；但是，當包含轉置方塊 420 時，此些複數數值亦可以被組織在一列之中。

【0090】 據此，被提供至 FFT 方塊 424 的複數數值資料可以包含多群複數數值，該多群複數數值中的每一群皆對應於複數個頻率箱中的一個別頻率箱。該 FFT 方塊 424 可以藉由對該多群複數數值中的每一群實施一維的 FFT 來處理該複數數值資料，用以取得要被下面討論的傅立葉合成方塊使用的經轉換的複數數值。

【0091】 於某些實施例中，FFT 方塊 424 可以針對每一個頻率箱必且針對每一次獲取以多條通道為基準對該些訊號取樣套用一維的 FFT。舉例來說，如圖 5D 中所示，方塊 424 可以對複數數值集 508-1 中的每一行複數數值(其包含行 507-1)套用一維的 FFT，對複數數值集 508-2 中的每一行複數數值(其包含行 507-2)套用一維的 FFT，...，以及對複數數值集 508-M 中的每一行取樣(其包含行 507-M)套用一維的 FFT。於此範例中，複數數值集 508-1、508-2、以及 508-M 已經因為乘法方塊 422 所實施的處理的結果而從複數數值集 506-1、506-2、以及 506-M 處被取得。

【0092】 應該明白的係，FFT 方塊 424 所實施的任何 FFT 可以藉由零填補該要被轉換的資料來實施。該資料可以藉由將該資料擺放在一具有較大事先決定大小的已填零陣列的 FFT 中心來被零填補。舉例來說，在圖 5D 中所示的實施例之中的每一行資料雖然包含 144 個複數數值；但是，一 2048 點的 FFT 可以被套用至每一行資料。如圖 5E 中所示，這會產生複數數值集 510-1、510-2、以及 510-M，每一個複數數值集皆有 2048x1024 個複數數值。此些複數數值集中的每一個複數數值集係從在一個別的獲取期間所收集的資料中所取得。

【0093】 此外，該零填補可以為通道不相依(也就是，針對每一條通

道中的資料使用相同數額的零填補)或是通道相依(也就是，針對不同通道中的資料使用不同數額的零填補)。

再取樣/內插方塊 428

【0094】 於某些情況中，於實施 FFT 方塊 424 之後，以及視情況在方塊 426 中實施乘法之後，可能會需要再取樣所生成的資料。該再取樣可被用來施行再取樣映射，從收集自該感測器的資料的傅立葉空間映射至要被成像的物體的傅立葉空間。此再取樣映射可以從分散關係(dispersion relation)之中取得。據此，再取樣/內插方塊 428 可以被用來將時間頻率與跨範圍頻率映射至空間縱向頻率與空間橫向頻率。所生成的取樣可以均勻地分隔在被成像的物體的空間之中。因此，於某些實例中，方塊 428 所實施的再取樣運算可以將一均勻取樣間隔轉換成一具有不均勻取樣集的新取樣間隔。

傅立葉合成方塊 430

【0095】 在傅立葉合成方塊 430 處，對應於多個不同獲取的資料會在傅立葉域之中被組合，有時候亦稱為合成。明確地說，多個複數數值集(每一個複數數值集係由在一個別獲取期間所收集的資料中所取得)會被組合，用以產生單一傅立葉合成數值集。該些複數數值集可以任何合宜的方式被組合，並且舉例來說，可以經由沒有加權的相加或是有加權的相加(舉例來說，平均)來組合。據此，該傅立葉合成數值集可以多個複數數值集的(有加權或是沒有加權的)線性組合的方式來取得，該些複數數值集中的每一個複數數值集皆對應於一個別的獲取。接著，該傅立葉合成數值集便可以被用

來利用任何合宜的影像形成技術(舉例來說，逆傅立葉轉換)而形成一超音波影像。

【0096】 舉例來說，複數數值集 510-1、510-2、...、510-M(顯示在圖 5E 中並且每一個複數數值集皆含有 2048x1024 個複數數值)可以經過組合用以取得含有 2048x1024 個複數數值的單一複數數值集 512。此複數數值集 512 可以 M 個複數數值集的有加權或是沒有加權的線性組合的方式來取得，該些複數數值集中的每一個複數數值集則係從一個別獲取處所取得的訊號取樣處所取得。

【0097】 於此解釋性的範例中，對應於 M 個不同獲取的 M 個複數數值集雖然在傅立葉域之中被合成用以取得單一複數數值集；但是，於其它實施例中，並非所有獲取皆被合成用以產生單一合成資料集。舉例來說，於某些實施例中，對應於其中一群多個個別獲取的資料集可以被合成用以取得一合成資料集，該合成資料集接著可以被用來產生一超音波影像；而對應於另一群多個個別獲取的資料集則可以被合成用以取得另一合成資料集，該另一合成資料集接著可以被用來產生另一超音波影像。

卸載緩衝器 432 以及高速介面 434

【0098】 在方塊 430 處實施傅立葉域合成之後，所生成的合成資料會透過卸載緩衝器 432 以及高速介面 434 被提供至另一裝置，用以進行接續處理以便促進影像形成。卸載緩衝器 432 雖然為非必要；但是，當被用到時可以降低透過高速介面 434 來卸載資料的頻寬需求。高速介面可以為用於卸載數位資料的任何合宜高速數位介面，並且舉例來說，可以為 USB 3.0

介面或是 Thunderbolt 介面。如上面提及，使用高速序列資料介面來卸載一數位資料串為幫助促成根據本文中所述技術之某些實施例的「晶片上超音波」解決方案的特點之一。

數位訊號處理方法

【0099】 圖 6 中所示的解釋性方法 600 的流程圖，其為藉由圖 4 的數位訊號處理電路系統所實施的方法的一範例。在階段 602 中，該數位訊號處理電路系統會從 ADC 212 處接收訊號取樣。在階段 604 中，沒有貢獻於該影像的訊號取樣可以利用抽取範圍痕跡方塊 402 來棄置。非線性的訊號取樣亦可以被棄置。在階段 606 中，資料縮減可以藉由下面方式來實施：利用正交解調變方塊 404 實施正交解調變，利用濾波方塊 406 實施低通濾波，以及利用下行取樣方塊 408 實施下行取樣。該些經過部分處理的訊號取樣接著可以在階段 608 中被儲存於記憶體 410 之中。

【0100】 在階段 610 中，資料數值係從記憶體 410 處被讀取並且時域訊號調整係由時域訊號調整方塊 412 來實施。如上面所述，時域訊號調整可以包含對該些時域訊號套用一或更多個加權函數。在階段 612 中，一一維的快速傅立葉轉換會利用 FFT 方塊 414 以時間為基準被套用至該些訊號取樣。該些訊號取樣可以包含多群訊號取樣，該多群之中的每一群和一個別通道相關聯，並且套用該一維的 FFT 至該些訊號取樣可以包含以時間為基套用該一維的 FFT 至該多群訊號取樣之中的每一群。在階段 614 中，頻域調整方塊 416 會透過該一維 FFT 而被用來對在階段 612 中處所取得的複數數值資料實施頻域訊號調整。如上面所述，頻域訊號調整可以包含對該

頻域資料套用一或更多個頻域加權函數。在階段 616 中，該些高度通道會由加總高度通道方塊 418 加總，從而減少被供應用於影像形成處理的資料的數量。

【0101】 在階段 618 中，該複數數值資料可以利用轉置方塊 420 被轉置，且可以在階段 620 中利用乘法方塊 422 實施運算行進中乘法。在階段 622 中，FFT 方塊 424 可以以跨範圍方向或是方位角方向為基準被用來套用一維的 FFT 至該複數數值資料。該複數數值資料可以包含多群複數數值，該多群之中的每一群皆和複數個頻率箱之中的一個別頻率箱相關聯。在階段 622 中套用該一維 FFT 可以包含套用該一維 FFT 至該多群複數數值之中的每一群。在階段 624 中，可以利用乘法方塊 426 來實施乘法，並且可以在利用再取樣/內插方塊 428 實施再取樣/內插。在階段 626 中會藉由傅立葉域合成方塊 430 來實施傅立葉域合成。如上面所述，傅立葉域合成可以包含在傅立葉域之中組合從多個不同獲取中取得的資料。在階段 628 中，該經傅立葉合成的資料會被用於影像形成處理。

【0102】 在圖 6 的方法 600 中，非必要的功能可以被省略。舉例來說，在階段 606 中所實施的資料縮減運算可以被省略。除此之外，或是替代地，階段 610、614、616、618、620、以及 624 之中的一或更多者亦可以被省略。再者，額外的步驟亦可以被併入於圖 6 之中所示的方法 600 裡面。

【0103】 本文至此已說明本揭示內容所提出之技術的數項觀點與實施例；但是，應該明白的係，熟習本技術的人士便可以輕易地進行各種變更、修正、以及改良。此些變更、修正、以及改良預期落在本文中所述之技術的精神與範疇裡面。舉例來說，熟習本技術的人士便可輕易地設計各

式各樣其它構件及/或結構，用以實施本文中所述之功能及/或達成本文中所述之結果及/或一或更多項優點，而且此些變化及/或修正中的每一者皆被視為落在本文中所述實施例的範疇裡面。熟習本技術的人士便會明瞭或是僅利用例行試驗便能夠確認本文中所述之特定實施例的許多等效例。所以，應該瞭解的係，前面的實施例僅係透過範例被提出並且在隨附申請專利範圍的範疇及其等效範疇內可以以本文明確說明以外的方式來實行創新的實施例。此外，如果本文中所述之特點、系統、物體、材料、套件、及/或方法彼此沒有不一致，那麼，本文中所述之二或更多項特點、系統、物體、材料、套件、及/或方法的任何組合便涵蓋在本揭示內容的範疇裡面。

【0104】 上面所述實施例能夠以任何眾多方式來施行。涉及製程或方法之實施的本揭示內容的一或更多項觀點與實施例可以運用可由一裝置(舉例來說，電腦、處理器、或是其它裝置)來執行的程式指令來實施該些製程或方法或是控制該些製程或方法的實施。就此方面來說，各種創新概念皆可以被具現為以一或更多個程式來編碼的一或多個電腦可讀取的儲存媒體(舉例來說，電腦記憶體、一或更多個軟碟片、小型碟片、光碟片、磁帶、快閃記憶體、可場程式化閘陣列或是其它半導體裝置所組成的電路配置、或是其它有形的電腦儲存媒體)，當該些程式於一或更多部電腦或是其它處理器中被執行時可以實施用以施行上面所述之各種實施例中的一或更多個實施例的方法。該或該些電腦可讀取媒體為可傳輸，因此，儲存在其中的(多個)程式能夠被載入於一或更多個不同的電腦或是其它處理器之中，用以施行上面所述觀點中的各項觀點。於某些實施例中，電腦可讀取媒體可以為非暫時性媒體。

【0105】 本文中所使用的「程式」或「軟體」等詞語為上位意義，用以表示能夠被用來程式化一電腦或是其它處理器以便施行上面所述之各項觀點的任何類型電腦碼或是電腦可執行指令集。除此之外，還應該明白的係，根據其中一項觀點，當被執行會實施本揭示內容之方法的一或更多個電腦程式並不需要駐存在單一電腦或處理器之中，相反地，可以模組的方式分散在許多不同的電腦或處理器之中，用以施行本揭示內容的各項觀點。

【0106】 電腦可執行的指令可以許多形式由一或更多電腦或是其它裝置來執行，例如，程式模組。一般來說，程式模組包含常式、程式、物件、組件、資料結構、…等，它們會實施特殊的工作或是施行特殊的抽象資料類型。一般來說，該些程式模組的功能可以於各種實施例中如所希望的方式來組合或分散。

【0107】 另外，資料結構可以任何合宜的形式被儲存在電腦可讀取的媒體之中。為達簡化解釋起見，圖中所示的資料結構具有經由該資料結構之中的位置產生關係的欄位。此些關係可以藉由將儲存作業分配給在一電腦可讀取媒體之中的位置可傳達欄位之間的關係的欄位來達成。然而，任何合宜的機制皆可被用來建立一資料結構的欄位之中的資訊之間的關係，其包含使用指標、標籤、或是可以建立資料元件之間的關係的其它機制。

【0108】 當以軟體來施行時，軟體碼能夠在任何合宜的處理器或是處理器集合之中被執行，不論係被提供在單一電腦之中或是分散在多部電腦之中。

【0109】 進一步言之，應該明白的係，一電腦可以被具現為任何眾多形式，例如，機架安裝式電腦、桌上型電腦、膝上型電腦、或是平板電腦、…

等非限制性範例。除此之外，一電腦還可以被具現為通常不被視為電腦但是具有合宜處理能力的裝置，其包含：個人數位助理(Personal Digital Assistant, PDA)、智慧型電話、或是任何其它合宜的攜帶式或固定式電子裝置。

【0110】 另外，一電腦還可以有一或更多個輸入與輸出裝置。此些裝置能夠被用來呈現一使用者介面以及其它類似物。能夠被用來提供一使用者介面的輸出裝置的範例包含用於視覺表現輸出的印表機或是顯示螢幕以及用於聽覺表現輸出的揚聲器或是其它聲音產生裝置。能夠被用於一使用者介面的輸入裝置的範例包含鍵盤、指標裝置(例如，滑鼠)、觸碰墊、以及數位板。於另一範例中，一電腦可以經由語音辨識或是其它聽覺格式來接收輸入資訊。

【0111】 此些電腦可以藉由一或更多個網路以任何合宜的形式來互連，其包含區域網路或廣域網路(例如，企業網路)以及智慧型網路(Intelligent Network, IN)或是網際網路。此些網路可以以任何合宜技術為基礎並且可以根據任何合宜協定來操作並且可以包含無線網路、有線網路、或是光纖網路。

【0112】 另外，如所述，本發明的某些觀點可以被具現為一或更多種方法。被實施當作本發明之方法的一部分的動作可以任何合宜的方式來排序。據此，本發明的實施例可以被建構以不同於本文中所示的順序來實施該些動作，即使在解釋性的實施例中顯示為序列式的動作，其仍可以包含同步實施某些動作。

【0113】 如本文中所定義及使用的的所有定義皆應該被理解為超越字

典定義、超越本文以引用的方式併入的文件之中的定義、及/或超越該些被定義語詞的一般意義。

【0114】 除非清楚表示相反的意義，否則，如本文在說明書之中以及在申請專利範圍之中所使用的不定冠詞「一」應該被理解為具有「至少一」的意義。

【0115】 如本文在說明書之中以及在申請專利範圍之中所使用的「及/或」一詞應該被理解為具有所連結之元件中「任一者或兩者」的意義，也就是，該些元件於某些情況中一起存在而於其它情況中則分開存在。利用「及/或」所表列的多個元件應該以相同的方式來詮釋，也就是，具有所連結之元件中「一或更多者」的意義。由「及/或」語詞所明確確認的元件以外的其它元件可以視情況存在，不論是否和明確確認的元件有關或無關。因此，就一非限制性範例來說，當配合開放式語言(例如，「包括」)使用「A 及/或 B」時：於其中一實施例中，其能夠僅表示 A(視情況，其包含 B 以外的元件)；於另一實施例中，其能夠僅表示 B(視情況，其包含 A 以外的元件)；於又一實施例中，其能夠僅表示 A 與 B 兩者(視情況，其還包含其它元件)；…等。

【0116】 如本文在說明書之中以及在申請專利範圍之中參考由一或更多個元件所組成的清單所使用的「至少一」一詞應該被理解為具有選擇自該元件清單之中的任何一或更多個元件的至少一元件的意義，但是未必包含該元件清單裡面明確列出的每一個元件中的至少一者，並且不排除該元件清單之中的元件的任何組合。此定義亦允許由「至少一」一詞所明確確認的元件以外的元件可以視情況存在，不論是否和明確確認的元件有關

或無關。因此，就一非限制性範例來說，「A 與 B 中的至少一者」(或是，等效語句「A 或 B 中的至少一者」，或是，等效語句「A 及/或 B 中的至少一者」)於其中一實施例中能夠表示至少一個 A(視情況，其包含一個以上的 A)，而沒有 B 存在(並且視情況，其包含 B 以外的元件)；於另一實施例中能夠表示至少一個 B(視情況，其包含一個以上的 B)，而沒有 A 存在(並且視情況，其包含 A 以外的元件)；於又一實施例中能夠表示至少一個 A(視情況，其包含一個以上的 A)以及至少一個 B(視情況，其包含一個以上的 B)(並且視情況，其還包含其它元件)；…等。

【0117】 另外，本文中所使用的語句和語詞僅為達說明的目的，而不應被視為具有限制意義。本文中使用「包含」、「包括」、或是「具有」、「含有」、「涉及」、及其變化語句和語詞的意義涵蓋表列在其後面的項目和其等效項目以及額外的項目。

【0118】 在申請專利範圍之中以及在上面的說明之中，所有轉折詞，例如，「包括」、「包含」、「載有」、「具有」、「含有」、「涉及」、「保有」、「構成」、以及類似詞皆應被理解為開放式，也就是，其意義為「包含，但是並不限於」。僅有轉折詞「由…所組成」和「基本上由…所組成」應該分別為封閉式或半封閉式用詞。

【符號說明】

【0119】	
100	超音波裝置
102	換能器排列(陣列)
104	傳送(TX)電路系統

106	接收(RX)電路系統
108	時序與控制電路
110	訊號調整/處理電路
112	半導體晶粒
114	輸出埠
116	輸入埠
118	電力管理電路
120	高強度聚焦超音波(HIFU)控制器
202	切換器
204	換能器元件
206	波形產生器
208	脈衝產生器
210	類比處理方塊
212	類比至數位轉換器(ADC)
214	數位處理方塊
216	多工器(MUX)
218	多工數位處理方塊
302	基板
304	超音波電路系統模組
306	超音波元件
308	超音波換能器
402	抽取範圍痕跡方塊

404	正交解調變方塊
406	濾波器(LPF)方塊
408	下行取樣方塊
410	記憶體
412	時域訊號調整方塊
414	快速傅立葉轉換(FFT)方塊
416	頻域訊號調整方塊
418	加總高度通道方塊
420	轉置方塊
422	第一乘法方塊
424	第二 FFT 方塊
426	第二乘法方塊
428	再取樣/內插方塊
430	傅立葉域合成方塊
432	卸載緩衝器方塊
434	高速序列介面方塊
502-1	訊號取樣集
502-2	訊號取樣集
502-M	訊號取樣集
504-1	訊號取樣集
504-2	訊號取樣集
504-M	訊號取樣集

505-1	列
505-2	列
505-M	列
506-1	複數數值集
506-2	複數數值集
506-M	複數數值集
507-1	複數數值行
507-2	複數數值行
507-M	複數數值行
508-1	複數數值集
508-2	複數數值集
508-M	複數數值集
510-1	複數數值集
510-2	複數數值集
510-M	複數數值集
512	傅立葉合成數值集

申請專利範圍

1.一種超音波裝置，其包括：

一半導體晶粒；

複數個微加工超音波換能器元件，它們被整合在該半導體晶粒上並且被配置成用以響應於偵測超音波訊號而輸出電氣訊號；

傳送電路系統，其被耦接至該複數個微加工超音波換能器元件，並且被配置成驅動該複數個微加工超音波換能器元件以產生超音波訊號；以及

接收電路系統，其被耦接至該複數個微加工超音波換能器元件並且被配置成：

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第一電氣訊號為基礎，隨著第一時間時期經過取得代表第一獲取的第一訊號取樣集；

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第二電氣訊號為基礎，隨著不同於該第一時間時期之第二時間時期經過取得代表第二獲取的第二訊號取樣集；

對該第一訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第一傅立葉轉換訊號集以及對該第二訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第二傅立葉轉換訊號集；以及

至少部分藉由在傅立葉域中組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集而產生一傅立葉合成訊號集。

2.根據申請專利範圍第 1 項的超音波裝置，其中，該接收電路系統進一步被配置成：

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第三電氣訊號為基礎，

隨著不同於該第一時間時期且不同於該第二時間時期之第三時間時期經過取得代表第三獲取的第三訊號取樣集；

對該第三訊號取樣集套用該傅立葉轉換用以產生第三傅立葉轉換訊號集；以及

至少部分藉由在該傅立葉域中組合該些第一傅立葉轉換訊號集、第二傅立葉轉換訊號集、以及第三傅立葉轉換訊號集而產生該傅立葉合成訊號集。

3.根據申請專利範圍第 1 項的超音波裝置，其中，該第一訊號取樣集包括複數群訊號取樣，該複數群訊號取樣中的每一群和複數條通道中的一個別通道相關聯。

4.根據申請專利範圍第 3 項的超音波裝置，其中，該接收電路系統被配置成用以至少部分藉由下面方式對該第一訊號取樣集套用該傅立葉轉換：

以時間為基準對該第一訊號取樣集套用第一一維快速傅立葉轉換 (FFT)，以便取得複數數值資料，該套用包括以時間為基準對該複數群訊號取樣中的每一群套用該第一一維 FFT。

5.根據申請專利範圍第 4 項的超音波裝置，其中，該接收電路系統進一步被配置成：

在對該第一訊號取樣集套用該第一一維 FFT 之前先對該第一訊號取樣集套用一時域加權。

6.根據申請專利範圍第 4 項的超音波裝置，

其中，該複數數值資料包括複數群複數數值，該複數群複數數值中的每一群和複數個頻率箱之中的一個別頻率箱相關聯；以及

其中，該接收電路系統被配置成用以至少部分藉由以跨範圍為基準對該複數數值資料套用第二一維 FFT 來對該第一訊號取樣集套用該傅立葉轉換，該套用包括對該複數群複數數值中的每一群套用該第二一維 FFT。

7.根據申請專利範圍第 6 項的超音波裝置，其中，該接收電路系統進一步被配置成：

在對該複數數值資料套用該第二一維 FFT 之前先對該複數數值資料套用一个頻域加權。

8.根據申請專利範圍第 1 項的超音波裝置，其中，該第一傅立葉轉換訊號集包括第一複數個複數數值，其中，該第二傅立葉轉換訊號集包括第二複數個複數數值，且其中，組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集包括將該第一複數個複數數值之中的複數數值和該第二複數個複數數值之中的個別複數數值相加。

9.根據申請專利範圍第 1 項的超音波裝置，其中，該接收電路系統被配置成取得由包括該複數個微加工超音波換能器元件中的至少一些的第一通道所提供的該些第一電氣訊號，並且取得由該第一通道所提供的該些第二電氣訊號。

10.一種由超音波裝置來實施的方法，該超音波裝置包括一半導體晶粒；複數個微加工超音波換能器元件，它們被整合在該半導體晶粒上並且被配置成用以響應於偵測超音波訊號而輸出電氣訊號；以及接收電路系統，其被耦接至該複數個微加工超音波換能器元件，該方法包括利用該接收電路系統來實施：

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第一電氣訊號為基礎，

隨著第一時間時期經過取得代表第一獲取的第一訊號取樣集；

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第二電氣訊號為基礎，
隨著不同於該第一時間時期之第二時間時期經過取得代表第二獲取的第二
訊號取樣集；

對該第一訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第一傅立葉轉換訊號集
以及對該第二訊號取樣集套用傅立葉轉換用以產生第二傅立葉轉換訊號
集；以及

至少部分藉由在傅立葉域中組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅
立葉轉換訊號集而產生一傅立葉合成訊號集。

11.根據申請專利範圍第 10 項的方法，其進一步包括利用該接收電路系
統來實施：

以該複數個微加工超音波換能器元件所提供的第三電氣訊號為基礎，
隨著不同於該第一時間時期且不同於該第二時間時期之第三時間時期經過
取得代表第三獲取的第三訊號取樣集；

對該第三訊號取樣集套用該傅立葉轉換用以產生第三傅立葉轉換訊號
集；以及

至少部分藉由在該傅立葉域中組合該些第一傅立葉轉換訊號集、第二
傅立葉轉換訊號集、以及第三傅立葉轉換訊號集而產生該傅立葉合成訊號
集。

12.根據申請專利範圍第 10 項的方法，其中，該第一訊號取樣集包括複
數群訊號取樣，該複數群訊號取樣中的每一群和複數條通道中的一個別通
道相關聯。

13.根據申請專利範圍第 12 項的方法，其中，對該第一訊號取樣集套用該傅立葉轉換進一步包括：

以時間為基準對該第一訊號取樣集套用第一一維快速傅立葉轉換 (FFT)，以便取得複數數值資料，該套用包括以時間為基準對該複數群訊號取樣中的每一群套用該第一一維 FFT。

14.根據申請專利範圍第 13 項的方法，其進一步包括：

在對該第一訊號取樣集套用該第一一維 FFT 之前先對該第一訊號取樣集套用一時域加權。

15.根據申請專利範圍第 13 項的方法，其中，該複數數值資料包括複數群複數數值，該複數群複數數值中的每一群和複數個頻率箱之中的一個別頻率箱相關聯，且其中，對該第一訊號取樣集套用該傅立葉轉換進一步包括以跨範圍為基準對該複數數值資料套用第二一維 FFT，該套用包括對該複數群複數數值中的每一群套用該第二一維 FFT。

16.根據申請專利範圍第 15 項的方法，其進一步包括：

在對該複數數值資料套用該第二一維 FFT 之前先對該複數數值資料套用一頻域加權。

17.根據申請專利範圍第 10 項的方法，其進一步包括在組合該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集之前先再取樣該些第一傅立葉轉換訊號集與第二傅立葉轉換訊號集。

18.根據申請專利範圍第 10 項的方法，其中，由包括該複數個微加工超音波換能器元件中的至少一些的第一通道提供該些第一電氣訊號，並且由該第一通道提供該些第二電氣訊號。

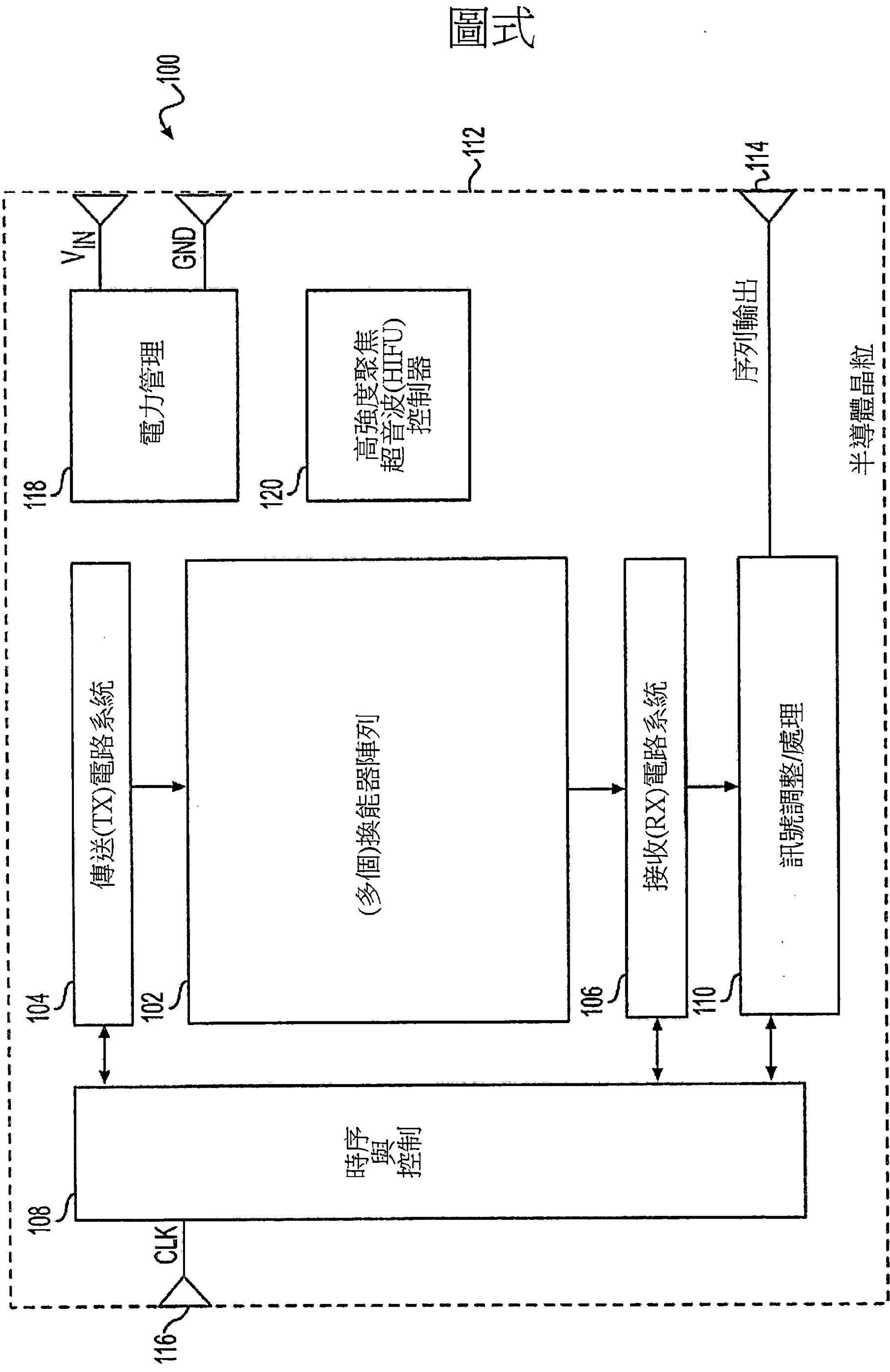


圖1

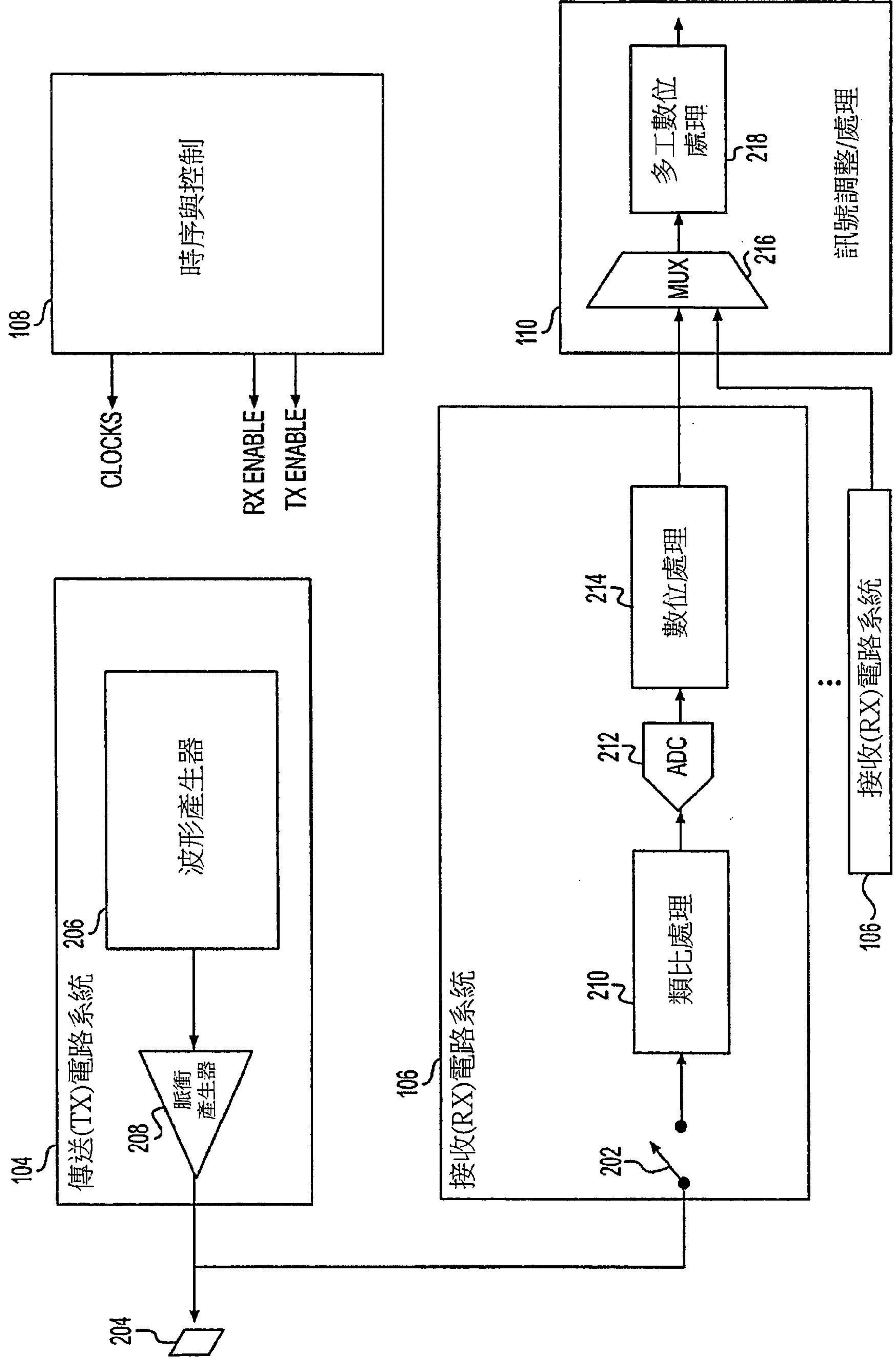


圖2

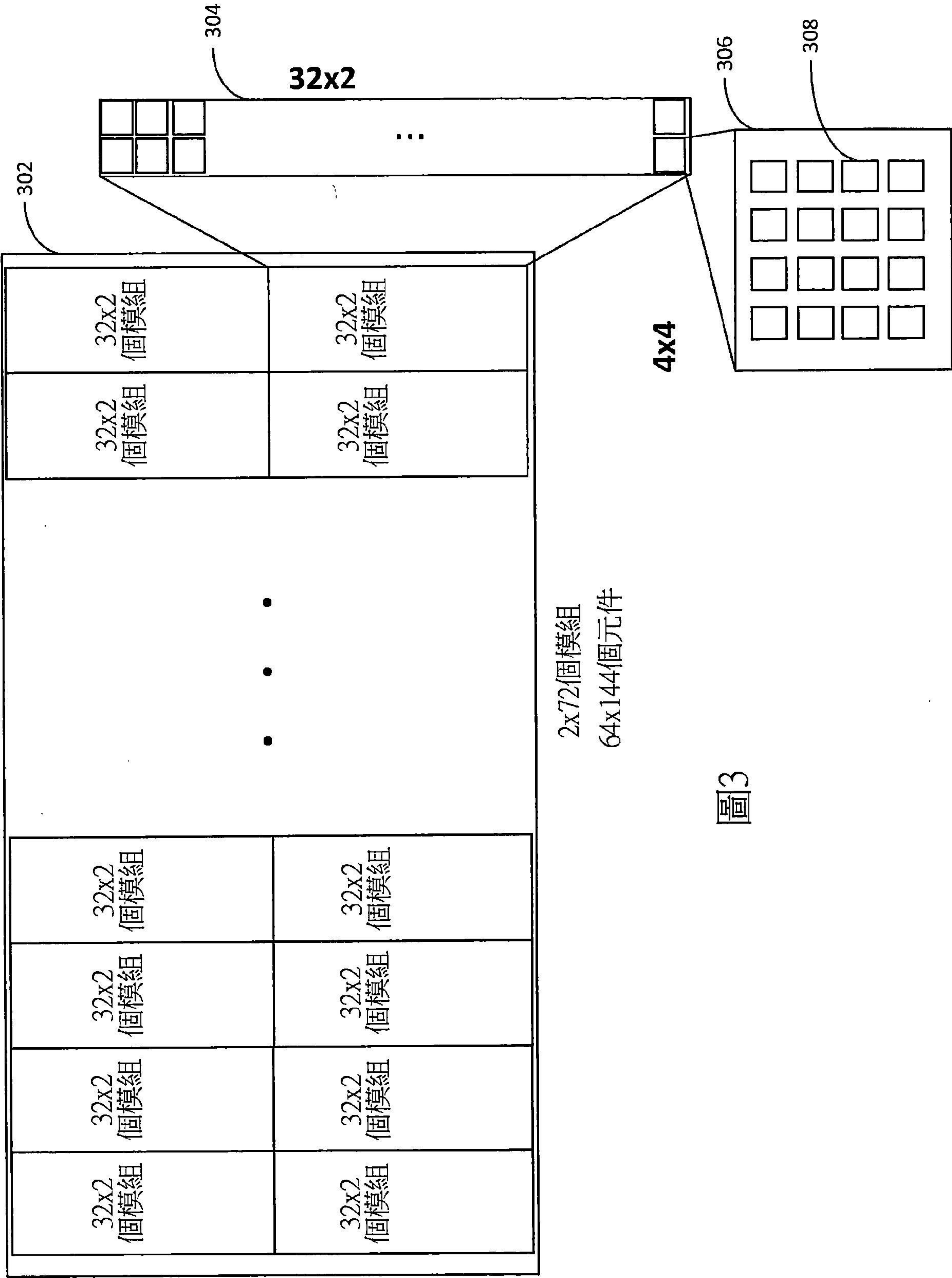


圖3

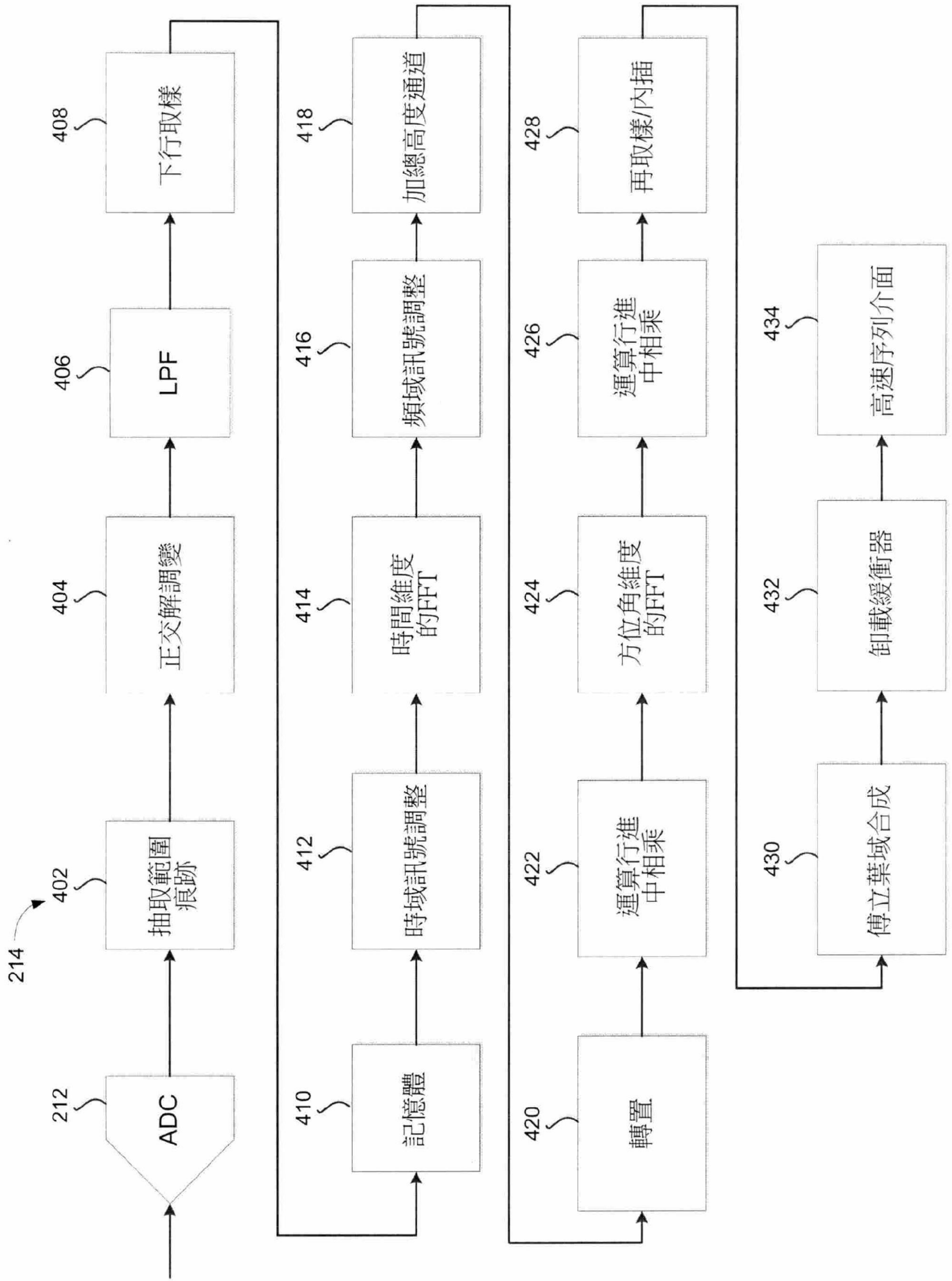


圖4

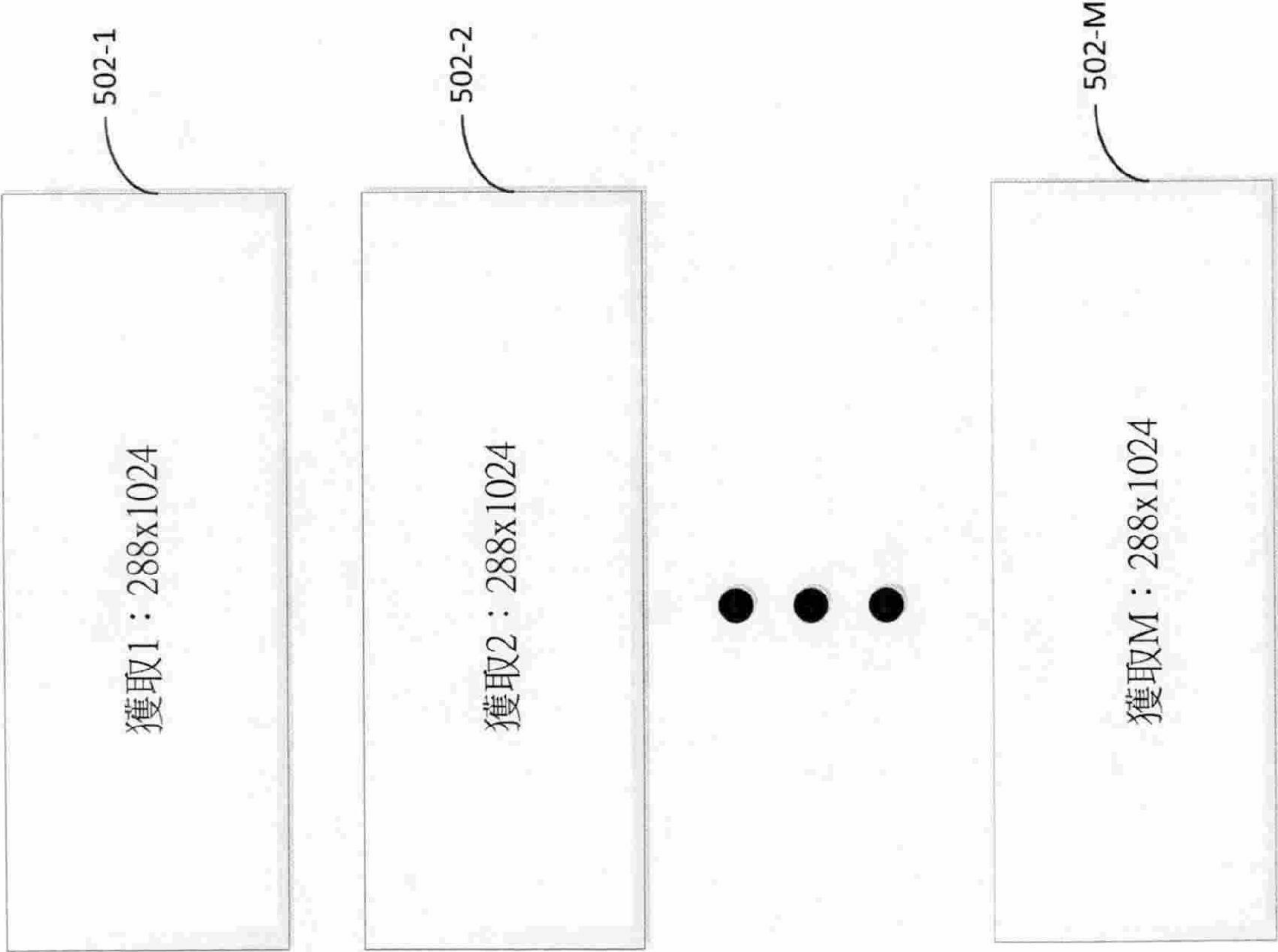


圖5A

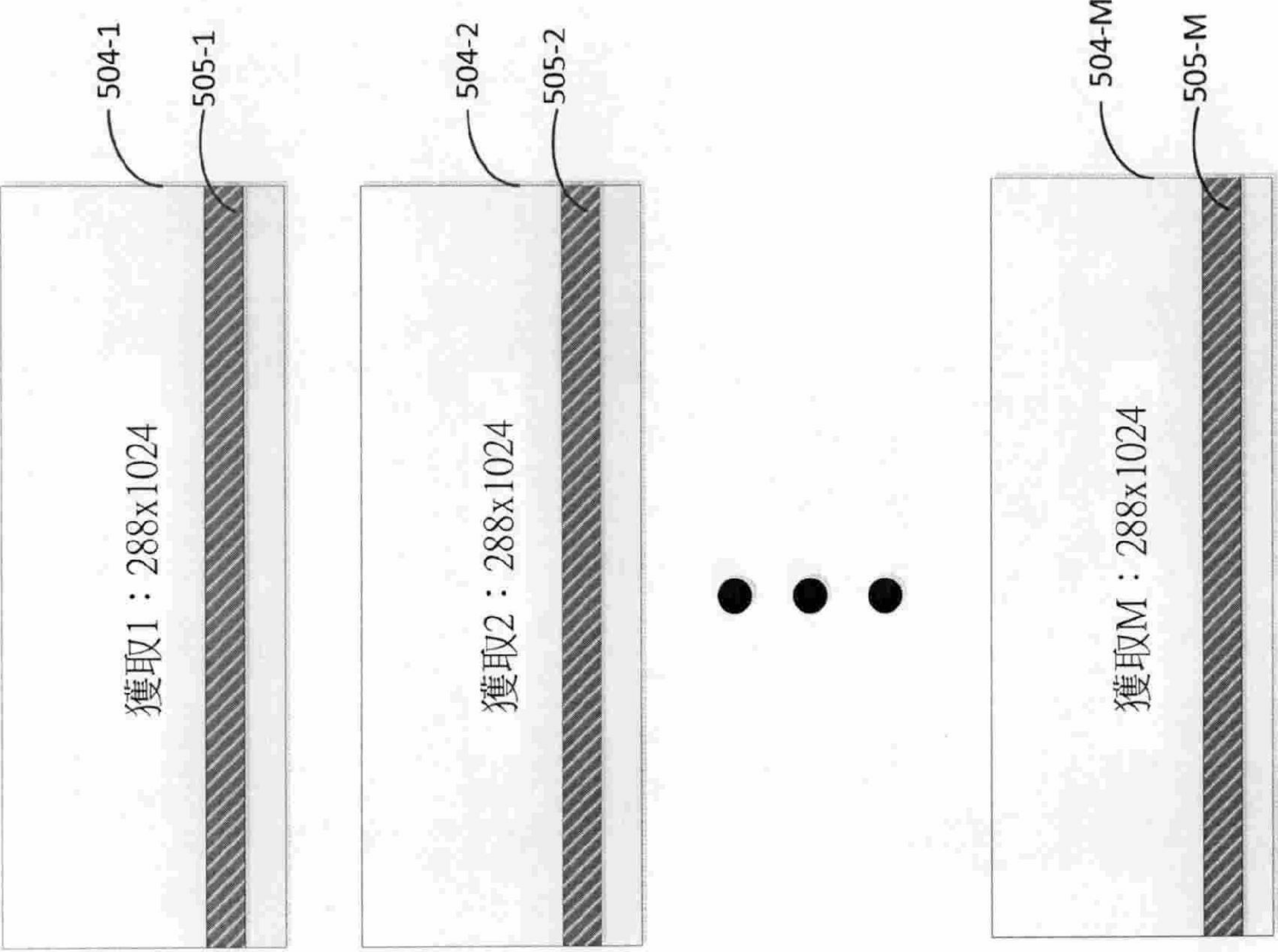


圖5B

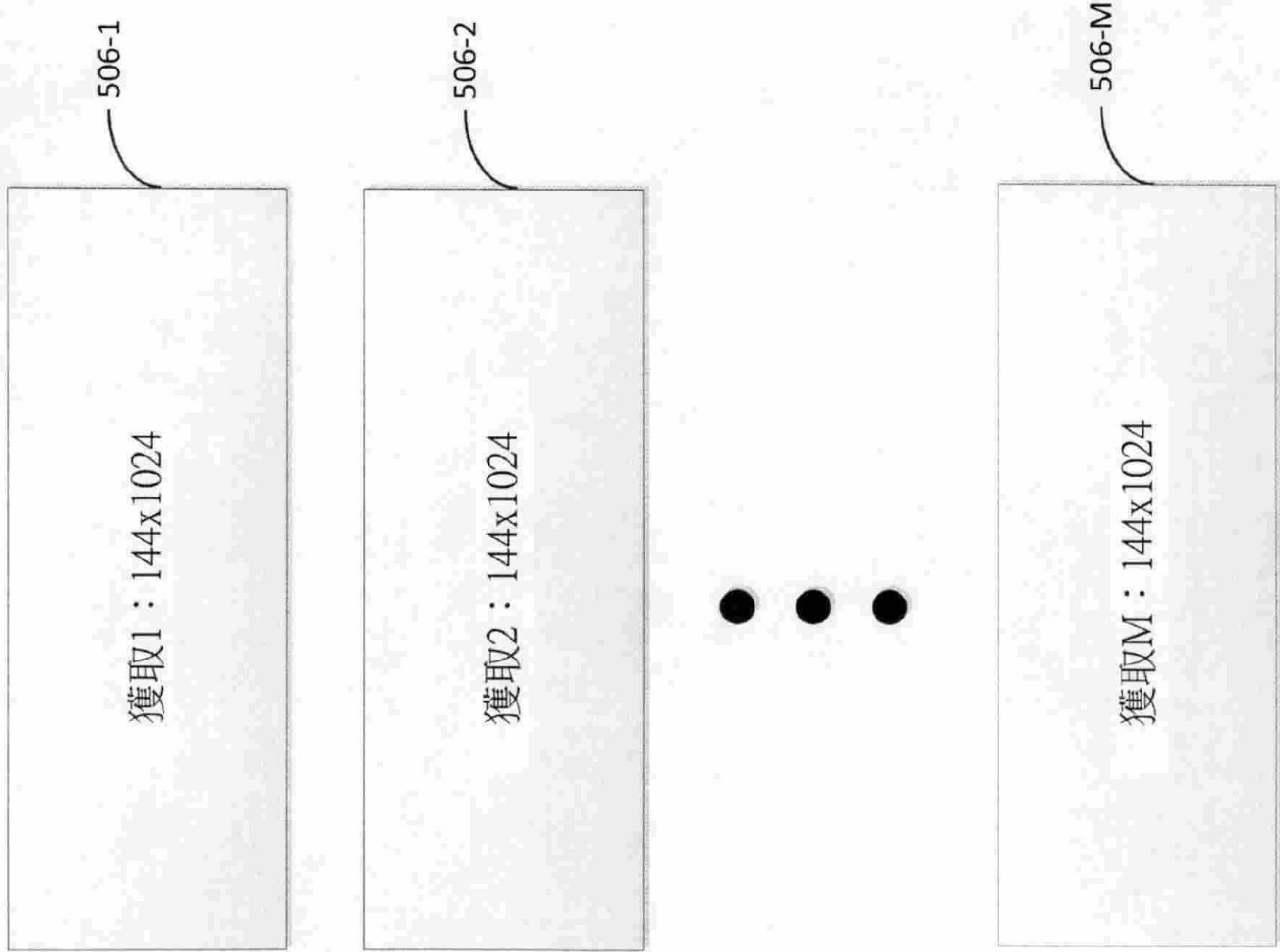


圖5C

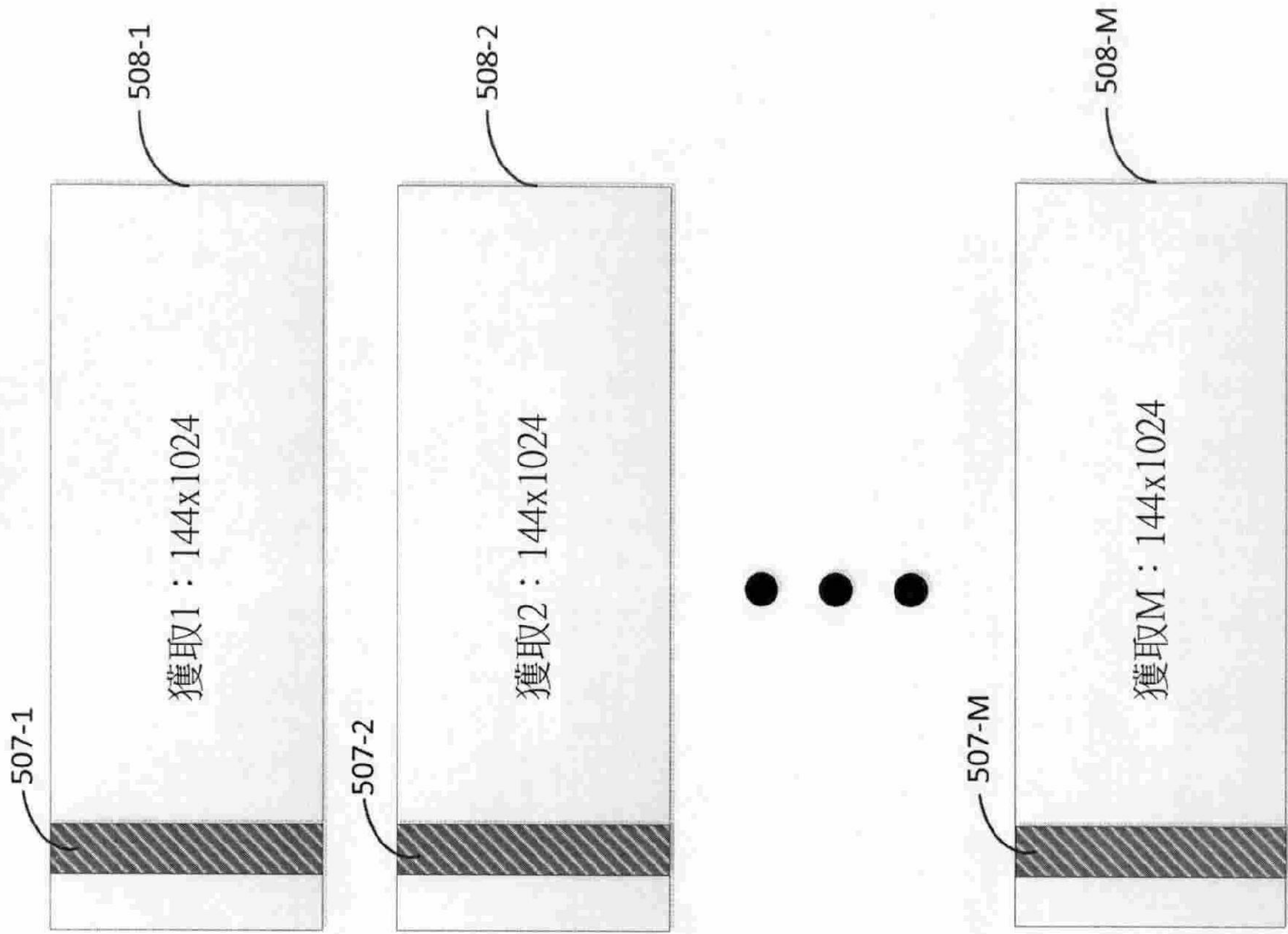


圖5D

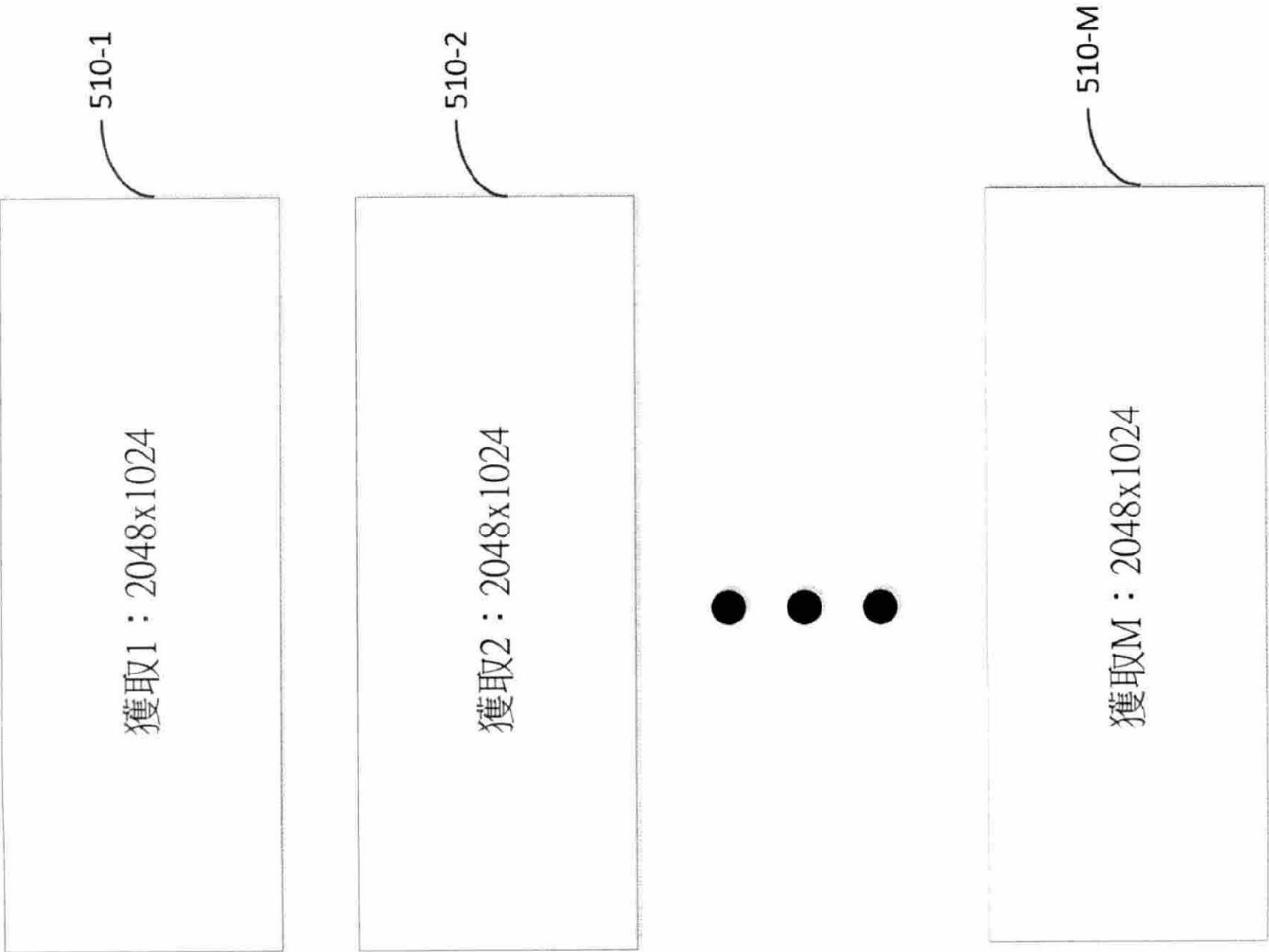


圖5E



圖5F

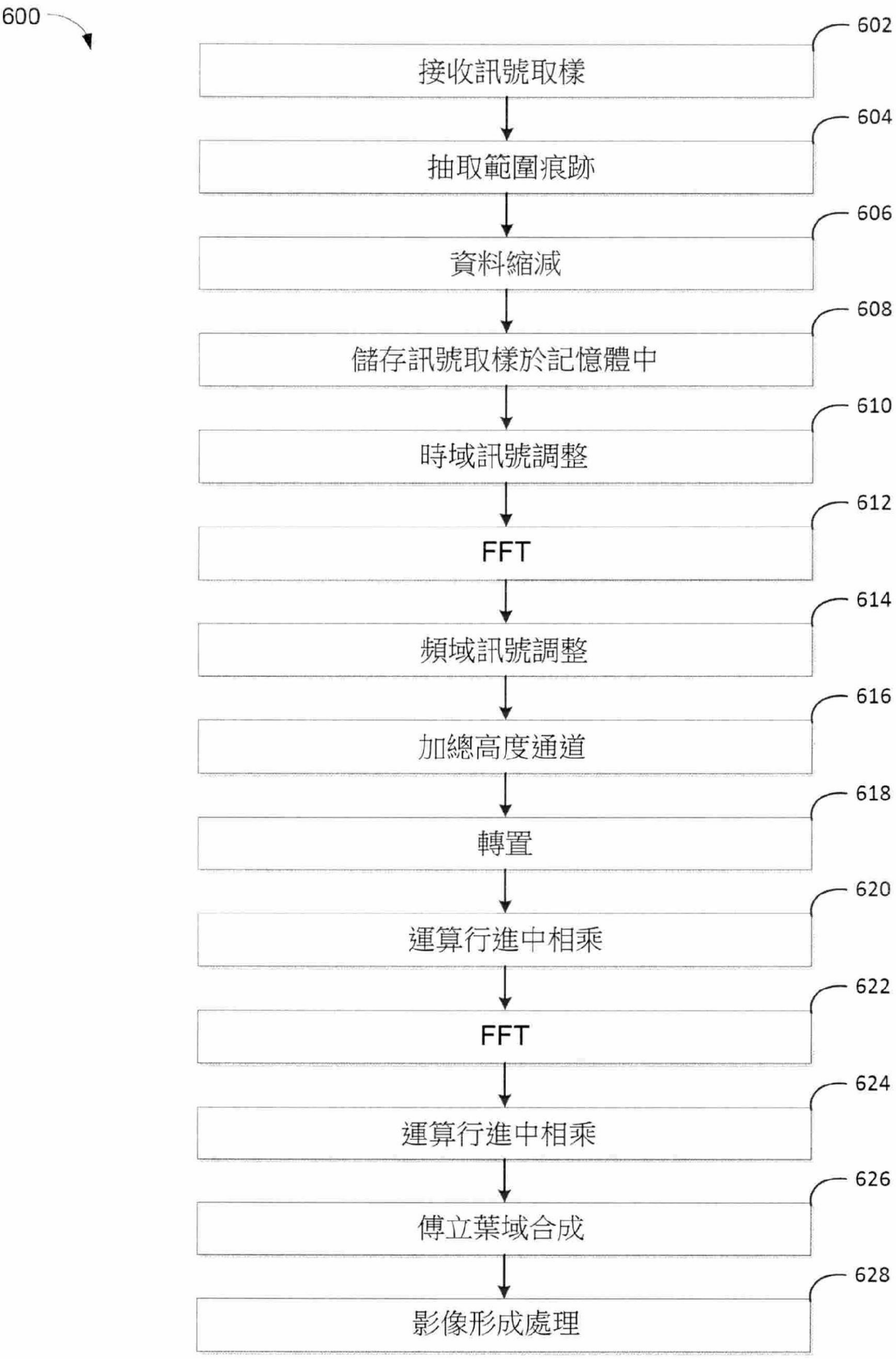


圖6