I521503

(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 I521503 B**

(45)公告日： 中華民國 105 (2016) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：103126805 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 08 月 05 日

(51)Int. Cl.： *G11B20/10 (2006.01)*

(30)優先權：2013/08/30 美國 61/872,161

2013/10/08 美國 14/048,897

(71)申請人：ＬＳＩ公司 (美國) LSI CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：馬修　喬治 MATHEW, GEORGE (US)；馬斯卓克拉　安奇羅Ｒ MASTROCOLA, ANGELO R. (US)；葛里妮　羅伯特Ａ GREENE, ROBERT A. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN	101743690A	US	7802172B2
US	7952824B2	US	8237597B2
US	2013/0019141A1		

審查人員：林坤隆

申請專利範圍項數：20 項　　圖式數：8　　共 39 頁

(54)名稱

磁性記錄系統、連接陣列讀取器頭總成之方法及儲存系統

MAGNETIC RECORDING SYSTEM, METHOD OF CONNECTING ARRAY-READER HEAD ASSEMBLY, AND STORAGE SYSTEM

(57)摘要

一種磁性記錄系統包含：一類比輸入陣列，其可操作以接收自一磁性儲存媒體擷取之類比信號；一正交振幅調變器，其可操作以組合該等類比信號以產生一正交振幅調變之信號；一正交振幅解調變器，其可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各通道之複數個解調變信號；及一聯合等化器，其可操作以對該複數個解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

A magnetic recording system includes an array of analog inputs operable to receive analog signals retrieved from a magnetic storage medium, a quadrature amplitude modulator operable to combine the analog signals to yield a quadrature amplitude modulated signal, a quadrature amplitude demodulator operable to yield a plurality of demodulated signals from the quadrature amplitude modulated signal corresponding to each channel of the array, and a joint equalizer operable to filter the plurality of demodulated signals to yield an equalized output.

指定代表圖：

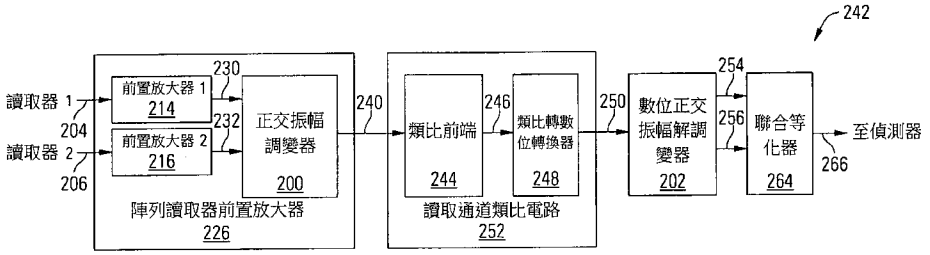


圖2

符號簡單說明：

200・・・正交振幅調變器

202・・・數位正交振幅解調變器

204・・・類比輸入/信號

206・・・類比輸入/信號

214・・・前置放大器

216・・・前置放大器

226・・・陣列讀取器前置放大器

230・・・經放大之類比信號

232・・・經放大之類比信號

240・・・正交振幅調變之信號/類比信號/2通道正交振幅調變之信號

242・・・讀取通道

244・・・類比前端電路

246・・・經處理之類比信號

248・・・類比轉數位轉換器

250・・・數位資料樣本

252・・・類比電路

254・・・資料通道

256・・・資料通道

264・・・聯合等化器

266・・・經等化之資料樣本

中文摘要替換本(104 年 7 月 31 日)

公告本

發明摘要

※ 申請案號：103126805

※ 申請日：103年8月5日　　※IPC 分類：G11B 20/10 (2006.01)

【發明名稱】

磁性記錄系統、連接陣列讀取器頭總成之方法及儲存系統

MAGNETIC RECORDING SYSTEM, METHOD OF CONNECTING ARRAY-READER HEAD ASSEMBLY, AND STORAGE SYSTEM

【中文】

一種磁性記錄系統包含：一類比輸入陣列，其可操作以接收自一磁性儲存媒體擷取之類比信號；一正交振幅調變器，其可操作以組合該等類比信號以產生一正交振幅調變之信號；一正交振幅解調變器，其可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各通道之複數個解調變信號；及一聯合等化器，其可操作以對該複數個解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

【英文】

A magnetic recording system includes an array of analog inputs operable to receive analog signals retrieved from a magnetic storage medium, a quadrature amplitude modulator operable to combine the analog signals to yield a quadrature amplitude modulated signal, a quadrature amplitude demodulator operable to yield a plurality of demodulated signals from the quadrature amplitude modulated signal corresponding to each channel of the array, and a joint equalizer operable to filter the plurality of demodulated signals to yield an equalized output.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200 正交振幅調變器

202 數位正交振幅解調變器

204 類比輸入/信號

206 類比輸入/信號

214 前置放大器

216 前置放大器

226 陣列讀取器前置放大器

230 經放大之類比信號

232 經放大之類比信號

240 正交振幅調變之信號/類比信號/2通道正交振幅調變之信號

242 讀取通道

244 類比前端電路

246 經處理之類比信號

248 類比轉數位轉換器

250 數位資料樣本

252 類比電路

254 資料通道

256 資料通道

264 聯合等化器

266 經等化之資料樣本

【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】

磁性記錄系統、連接陣列讀取器頭總成之方法及儲存系統

MAGNETIC RECORDING SYSTEM, METHOD OF CONNECTING ARRAY-READER HEAD ASSEMBLY, AND STORAGE SYSTEM

[相關申請案交叉參考]

本申請案主張2013年8月30日由Mathew等人申請之名為「Array-Reader Based Magnetic Recording Systems With Quadrature Amplitude Modulation」之美國專利申請案第61/872,161號之優先權(且係該美國專利申請案第61/872,161號之一非臨時申請案)，該案之全文針對所有目的以引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本發明之各種實施例提供用於處理資料之系統及方法，且更特定言之係關於用於多工處理來自一磁性記錄系統中之一陣列讀取器之信號之系統及方法。

【先前技術】

在一典型磁性儲存系統中，數位資料儲存於沿著一儲存媒體之一系列同心圓軌道中。藉由在使該儲存媒體旋轉時使一讀取/寫入頭總成定位於該媒體上方之一選定部位處，及隨後使一經調變電流穿過該頭總成，使得在該儲存媒體中引發一對應磁通量型樣而將資料寫入至該媒體。為擷取該經儲存之資料，在使儲存媒體旋轉時使該頭總成重新定位於軌道上方。在此位置中，先前儲存之磁通量型樣在該頭總成中引發可轉換至先前記錄之數位資料之一電流。

【發明內容】

本發明之一些實施例提供一種磁性記錄系統，該磁性記錄系統具有：一類比輸入陣列，其可操作以接收自一磁性儲存媒體擷取之類比信號；一正交振幅調變器，其可操作以組合該等類比信號以產生一正交振幅調變之信號一正交振幅解調變器，其可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各通道之複數個解調變信號；及一聯合等化器，其可操作以對該複數個解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

此概述僅提供根據本發明之一些實施例之一大體概要。將自以下【實施方式】、隨附申請專利範圍及附圖更充分明白本發明之許多其他實施例。

【圖式簡單說明】

可藉由參考描述於本說明書之剩餘部分中之圖式實現本發明之各種實施例之一進一步理解。在該等圖式中，相同元件符號係貫穿若干圖使用以指稱類似組件。在一些例項中，由一小寫字母組成之一副標注係與一元件符號相關聯以指示多個類似組件之一者。當在參考不具有對一現有副標注之規格之一元件符號時，意欲指稱全部此多個類似組件。

圖1描繪根據本發明之一些實施例之包含具有正交振幅調變及解調變之一陣列讀取器之一磁性儲存系統；

圖2描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變及數位解調變器之一陣列讀取器磁性記錄系統；

圖3描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變及類比解調變器之一陣列讀取器磁性記錄系統；

圖4A描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變之一前置放大器；

圖4B描繪根據本發明之一些實施例之藉由正交振幅調變多工處

理之多個讀取器通道之一頻域圖；

圖5描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅解調變器之一讀取通道；

圖6描繪根據本發明之一些實施例之一載波同步器；

圖7描繪根據本發明之一些實施例之一正交振幅解調變器；

圖8描繪根據本發明之一些實施例之傳輸來自一磁性記錄系統中之一陣列讀取器之資料之一操作之一流程圖。

【實施方式】

本發明之實施例係與用於多工處理來自使用正交振幅調變(QAM)之一磁性記錄系統中之一陣列讀取器之信號之系統及方法有關。在一陣列讀取器中，提供產生多個資料串流之一讀取頭陣列。在一些實施例中，該多個資料串列可用於改良雜訊補償(例如，藉由讀取在偏離軌道中心許多處之一資料軌道而降低軌道間干擾)，或藉由讀取寫入於多個軌道上之資料位元而增加輸送量。在一些實施例中，陣列讀取器使用處於不同部位處之多個讀取頭同時讀取一特定資料軌道。首先藉由連接至一讀取/寫入頭之一前置放大器處理資料，接著藉由包含電路(諸如但不限於，類比前端、類比轉數位轉換器、等化器及資料偵測器電路)之一讀取通道處理該資料。因為該等讀取頭係在磁性記錄系統中之一儲存媒體上方移動，所以前置放大器係藉由一可撓性電纜或撓性電纜連接至讀取通道。藉由讀取通道中之一分離類比前端電路處理陣列讀取器輸出之各通道，該分離類比前端電路執行(諸如但不限於)放大、偏壓及濾波之功能。藉由應用一資料偵測演算法至陣列讀取器之輸出之一聯合等化之版本而復原資料，其中聯合等化器係一多輸入單輸出濾波器或多輸入多輸出濾波器。在未使用本文中所揭示之正交振幅調變組合陣列讀取器信號之情況下，在陣列中具有兩個讀取頭之情況下，讀取通道包含在該讀取通道中之兩個類比前端電

路，此將需要兩對撓性電纜以將信號自前置放大器遞送至該讀取通道。

在一些實施例中，具有正交振幅調變之基於陣列讀取器之磁性儲存系統將信號之兩個通道組合成具有前置放大器內部頻寬之兩倍之頻寬之一個通道，藉此節省撓性電纜及類比電路。該儲存系統使用一對撓性電纜以將信號自前置放大器遞送至讀取通道。在一些實施例中，讀取通道包含一高頻寬類比前端及一高速類比轉數位轉換器。在一些實施例中，在類比域中執行解調變，且讀取通道包含類似於數位轉換器之兩個正常速率。在一些實施例中，正交振幅調變係用於降低撓性電纜之數目，雖然仍包含一個以上撓性電纜對。

參考圖1，描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變及解調變之一基於陣列讀取器之磁性儲存系統100。該儲存系統100包含具有正交振幅調解調變之一讀取通道電路102。儲存系統100可為(例如)一硬碟機。儲存系統100亦包含一前置放大器104、一介面控制器106、一硬碟控制器110、一馬達控制器112、一轉軸馬達114、一磁碟盤116及具有一陣列讀取器之一讀取/寫入頭總成120。介面控制器106控制往返於磁碟盤116之資料之定址及時序。磁碟盤116上之資料係由在使讀取/寫入頭總成120適當地定位於磁碟盤116上方時可藉由該總成偵測之磁性信號群組所組成。在一實施例中，磁碟盤116包含根據一縱向或一垂直記錄方案記錄之磁性信號。

在一典型讀取操作中，讀取/寫入頭總成120係藉由馬達控制器112準確地定位於磁碟盤116上之一所要資料軌道上方。馬達控制器112相對於磁碟盤116定位讀取/寫入頭總成120及亦藉由在硬碟控制器110之引導下移動讀取/寫入頭總成120至磁碟盤116上之適當資料軌道而驅動轉軸馬達114。轉軸馬達114使磁碟盤116以一經判定自旋速率(RPM)自旋。一旦讀取/寫入頭總成120鄰近於適當資料軌道定位，即

在藉由轉軸馬達114使磁碟盤116旋轉時藉由讀取/寫入頭總成120中之一陣列讀取器感測表示磁碟盤116上之資料之磁性信號。提供該等經感測之磁性信號作為表示磁碟盤116上之磁性資料之一連續、微小類比信號。此等微小類比信號係藉由讀取/寫入頭總成中之前置放大器104予以處理並且使用正交振幅調變予以組合，接著經由撓性電纜自讀取/寫入頭總成120傳遞至讀取通道電路102。前置放大器104可操作以放大對於兩個通道之各者之自磁碟盤116存取之微小類比信號。繼而，讀取通道電路102解調變、數位化及解碼經接收之類比信號以重新產生最初寫入至磁碟盤116之資訊。此資料係作為讀取資料122而提供至一接收電路。可實施與下文關於圖2至圖7之揭示內容一致之使用正交振幅調變之信號組合。在一些實施例中，執行與下文關於圖8所揭示之流程圖一致之資料處理。

參考圖2，描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變器200及數位正交振幅解調變器202之一陣列讀取器磁性記錄系統。將來自具有兩個讀取頭之一陣列讀取器之一對類比輸入204、206提供至一陣列讀取器前置放大器226中之前置放大器214、216，產生經放大之類比信號230、232。在一些實施例中，前置放大器214、216之各者係針對其相關聯類比輸入204、206及陣列讀取器(自該陣列讀取器獲得該類比輸入)中之讀取器之特性而調適。兩個通道之各者各具有B Hz之一頻寬，且前置放大器214、216之各者具有至少B Hz之一頻寬。該等前置放大器214、216可為此項技術中已知之任何電路或可在未來開發之能夠放大類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種放大器電路。

將來自前置放大器214、216之經放大之類比信號230、232提供至陣列讀取器前置放大器226中之正交振幅調變器200。在一些實施例

中，正交振幅調變器200藉由經由兩個通道之一載波信號之正交振幅調變將該兩個通道組合成一個通道。在一些實施例中，藉由來自一讀取器之信號振幅調變一正弦載波信號，藉由來自另一讀取器之信號振幅調變該載波信號之一90度相移版本，且經調變之輸出係組合於一正交振幅調變之信號240中。在一些實施例中，載波信號亦組合於正交振幅調變之信號中，從而提供載波相位資訊給解調變器。

所得正交振幅調變之信號240具有2B Hz之一頻寬，其中B係來自陣列讀取器之一單通道之頻寬。經由撓性電纜(或任何其他合適連接)將該正交振幅調變之信號240傳輸至一讀取通道242。在一類比前端電路244 (具有至少2B Hz之一頻寬之一類比電路)中處理該正交振幅調變之信號240。該類比前端電路244執行(諸如但不限於)類比信號240之放大、偏壓及濾波之功能，產生經處理之類比信號246。該類比前端電路244可為此項技術中已知之用於在取樣及進一步處理(諸如等化及值偵測)之前處理一類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比前端電路。

將經處理之類比信號246提供至一類比轉數位轉換器(ADC) 248，該類比轉數位轉換器(ADC) 248取樣該經處理之類比信號246以產生數位資料樣本250之一串流。該類比轉數位轉換器248在具有對於一通道所需之取樣率之至少兩倍之一取樣率之情況下具有至少約2B Hz之一頻寬。例如，在一些實施例中，對於一單通道之取樣率為2B樣本/秒，且類比轉數位轉換器248具有4B 樣本/秒之一取樣率，以支援兩個經組合之通道。類比轉數位轉換器248可為此項技術中已知之能夠產生對應於一類比輸入信號之數位樣本之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比轉數位轉換器電路。因此讀取通道242中之類比電路252

係經調適以處理2通道正交振幅調變之信號240之高速率、高頻寬類比電路。

將資料樣本250提供至一數位正交振幅解調變器202，該數位正交振幅解調變器202操作以將用於資料樣本250之信號分離成兩個個別資料通道254、256，各資料通道具有2B 樣本/秒之一速率，各資料通道對應於類比輸入204、206之一者。將該兩個資料通道254、256提供至一聯合等化器264，該聯合等化器264等化或濾波該兩個資料通道254、256。在一些實施例中，聯合等化器264應用數位有限脈衝回應濾波至兩個資料通道254、256，以基於該兩個資料通道254、256產生對於資料軌道之經等化之資料樣本266。因此，聯合等化器264基於在來自陣列讀取器之多個通道中之資訊而增加對於資料軌道之信雜比。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種等化器電路。可隨後以任何合適方式(諸如在一維特比(Viterbi)演算法偵測器或一最大後驗偵測器中)處理經等化之資料樣本266，以識別該等經等化之資料樣本266中之值。若陣列讀取器經組態而使得信號204、206係來自磁碟盤116上之兩個軌道之回讀，則聯合等化器264可經組態以導致兩個輸出信號串流以促進來自磁碟盤116上之兩個軌道之資料位元之偵測。

參考圖3，描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅調變器300及類比正交振幅解調變器370之一陣列讀取器磁性記錄系統。在此實施例中，該類比正交振幅解調變器370執行讀取通道398之類比電路368中之解調變，且提供兩個類比轉數位轉換器382、384，各類比轉數位轉換器具有2B之一取樣率及至少足夠高以支援經解調變之信號之一頻寬。

將來自一陣列讀取器之兩個類比輸入304、306提供至一陣列讀取器前置放大器326中之前置放大器314、316，產生經放大之類比信

號330、332。在一些實施例中，前置放大器314、316之各者係針對其相關聯類比輸入304、306及陣列讀取器(自該陣列讀取器獲得該類比輸入)中之讀取器之特性而調適。兩個通道之各者各具有B Hz之一頻寬，且前置放大器314、316之各者具有至少B Hz之一頻寬。該等前置放大器314、316可為此項技術中已知之任何電路或可在未來開發之能夠放大類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種放大器電路。

將來自前置放大器314、316之經放大之類比信號330、332提供至陣列讀取器前置放大器326中之正交振幅調變器300。在一些實施例中，正交振幅調變器300藉由經由兩個通道之一載波信號之正交振幅調變將該兩個通道組合成一個通道。在一些實施例中，藉由來自一讀取器之信號振幅調變一正弦載波信號，藉由來自另一讀取器之信號振幅調變該載波信號之一90度相移版本，且經調變之輸出係組合於一正交振幅調變之信號340中。在一些實施例中，載波信號亦組合於正交振幅調變之信號中，從而提供載波相位資訊給解調變器。

在一類比前端電路344 (具有至少2B Hz之一頻寬之一類比電路)中處理類比信號340。該類比前端電路344執行(諸如但不限於)類比信號340之放大、偏壓及濾波之功能，產生經處理之類比信號346。該類比前端電路344可為此項技術中已知之用於在取樣及進一步處理(諸如等化及值偵測)之前處理一類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比前端電路。

將經處理之類比信號346提供至一類比正交振幅解調變器370，該類比正交振幅解調變器370操作以將用於經處理之類比信號346之信號分離成兩個個別類比信號372、374，各類比信號具有B Hz之一頻寬，各類比信號對應於類比輸入304、306之一者。該兩個類比信號

372、374各提供至一類比轉數位轉換器(ADC) 382、384，該等類比轉數位轉換器(ADC) 382、384取樣該兩個類比信號372、374，以產生數位資料樣本391、392之兩個串流。該等類比轉數位轉換器382、384在具有2B 樣本/秒之一取樣率之情況下各具有至少約B Hz之一頻寬。類比轉數位轉換器382、384可為此項技術中已知之能夠產生對應於一類比輸入信號之數位樣本之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比轉數位轉換器電路。因此讀取通道398中之類比前端344係經調適以處理2通道類比信號340之高頻寬電路，而類比轉數位轉換器382、384係較低頻寬電路。

將數位資料樣本391、392之兩個串流提供至一聯合等化器396，該聯合等化器396等化或濾波數位資料樣本391、392之該兩個串流。在一些實施例中，聯合等化器396應用數位有限脈衝回應濾波至數位資料樣本391、392之該兩個串流，以復原對於資料軌道之經等化之資料樣本397。因此，聯合等化器396基於在來自陣列讀取器之多個通道中之資訊增加對於資料軌道之信雜比。可隨後以任何合適方式(諸如在一維特比演算法偵測器或最大後驗偵測器中)處理經等化之資料樣本397，以識別該等經等化之資料樣本397中之值。在一些實施例中，聯合等化器396輸出由數位樣本之兩個串流組成以促進來自儲存媒體上之兩個軌道之資料位元之偵測。

參考圖4A，描繪根據本發明之一些實施例之整合於具有兩個通道前置放大器404、424之一陣列讀取器前置放大器438中之一正交振幅調變器400。在一些實施例中，可使用該正交振幅調變器400來代替圖2之正交振幅調變器200。

將來自一陣列讀取器之兩個類比輸入402、422提供至一陣列讀取器前置放大器438中之前置放大器404、424，產生經放大之類比信

號406、426。在一些實施例中，前置放大器404、424之各者係針對其相關聯類比輸入402、422及陣列讀取器(自該陣列讀取器獲得該類比輸入)中之讀取器之特性而調適。兩個通道之各者各具有B Hz之一頻寬，且前置放大器404、424之各者具有至少B Hz之一頻寬。該等前置放大器404、424可為此項技術中已知之任何電路或可在未來開發之能夠放大類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種放大器電路。

將來自前置放大器404、424之經放大之類比信號406、426提供至陣列讀取器前置放大器438中之正交振幅調變器400。各經放大之類比信號406、426係用於振幅調變一載波信號408、428。在一些實施例中表示為$2\cos[2\pi Bt]$之載波信號408及載波信號428或$2\sin[2\pi Bt]$係具有相同頻率B但具有一90度相位差之類比載波信號。在倍增器410中藉由載波信號408倍增經放大之類比信號406，產生第一一經調變之信號或第一經調變之通道412。在倍增器430中，藉由載波信號428倍增經放大之類比信號426，產生第二經調變之通道432。可以任何合適方式(諸如但不限於，一頻率合成器)產生載波信號408、428且倍增器410、430可為此項技術中已知之能夠倍增隨時間變化之類比信號之任何合適電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種信號產生器及倍增器電路。

經調變之通道412、432係在一求和器434中彼此組合及與載波信號408組合以產生一經組合之類比信號436。又，將載波信號408相加至該經組合之類比信號436以提供關於載波之相位資訊，以促進接收器處之同調解調變。載波信號408之振幅係設定於產生對於特定系統之所要效能平衡之一點處，其中一較小振幅並不儘可能地降低類比前端電路中之信雜比，且一較大振幅縮減提取接收器中之一同調載波信號之延時。經組合之類比信號436之頻寬係約2B Hz，其中B係一單通

道之頻寬。求和器434可為此項技術中已知之能夠組合類比信號以產生含有來自全部輸入之資訊之一單一類比輸出之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種求和器電路。

可使用任何合適導體或傳輸媒體(諸如但不限於，撓性電纜或可撓性印刷電路)將經組合之類比信號436傳輸至任何合適接收器(諸如但不限於，一讀取通道中之一類比前端)。

在其中將多個類比信號組合至一類比前端中之一些實施例中，可能需要衰減該經組合之類比信號。在將多個類比信號組合至具有一固定可允許信號範圍之一類比前端中之前提下，多個類比信號之總信號能量可能超過該類比前端之該可允許信號範圍。因此，在一些實施例中，在將經組合之信號施加至類比前端之前衰減該經組合之信號，或在該類比前端之初級內衰減該經組合之信號(只要該經組合之信號在經衰減之前仍保持於可允許信號範圍之限制內)。然而，衰減信號歸因於在衰減之後存在於信號路徑中之下游之雜訊之相對比重而趨於降低信雜範圍(SNR)；因此衰減之程度應設定至最小所需值。此外，衰減應儘可能晚地置於信號路徑中。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種衰減技術。

在以下方程式中描述正交振幅調變器400之操作，其中用於一信號之一大寫符號指示藉由一小寫符號表示之信號之傅立葉(Fourier)變換，即，$R_k(f)$係$r_k(t)$之傅立葉變換。藉由正交振幅調變器400之一些實施例執行之信號組合可描述為：

$$Z(f) = R_1(f+B) + R_1(f-B) + jR_2(f+B) - jR_2(f-B) + \delta(f+B) - \delta(f-B) \quad \text{(方程式1)}$$

其中$Z(f)$係經組合之類比信號436之傅立葉變換，B係一單通道

之頻寬或1/T，其中T係對於一單通道之鮑率(baud rate)，$R_1(f+B)$及$R_1(f-B)$係上下偏移B Hz之經放大之類比信號406 $r_1(t)$之傅立葉變換，$R_2(f+B)$及$R_2(f-B)$係上下偏移B Hz之經放大之類比信號426 $r_2(t)$之傅立葉變換，且$\delta(f+B)$及$\delta(f-B)$係載波信號之傅立葉變換。

參考圖4B，一頻域頻譜圖展示藉由圖4A之正交振幅調變器400之一實施例組合之兩個陣列讀取器通道。圖中繪示對於兩個通道$X_1(f)$ 450及$X_2(f)$ 452之經放大之類比信號406、426之傅立葉變換係在正交振幅調變之前。(包絡450及452之形狀係僅為在圖4B中清楚區分其等而選擇且並不指示內容或頻率回應)。兩個通道$X_1(f)$ 450及$X_2(f)$ 452之各者在調變之前居中於頻率為零之一中心處。經組合之類比信號454之傅立葉變換$Z(f)$組合如圖4中所展示般經頻率偏移及加倍之兩個通道。正交振幅調變將兩個經放大之類比信號406、426組合成可在一單一撓性電纜上傳輸之具有自-2B至2B之頻寬之一單一組合之類比信號436。(取決於傳輸之方式，「單一撓性電纜」可含有一單一導體或在一些實施例含有多個導體(諸如在一差分信號中))。正交振幅調變之類比信號436具有重疊頻帶，其中藉由其等不同相位區分分量。藉由在經組合之類比信號436中包含載波信號408而將用於分離該等分量之此相位資訊提供至接收器。

參考圖5，描繪根據本發明之一些實施例之具有正交振幅解調變器516之一讀取通道500。該讀取通道500接收及處理正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$，該正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$可表示為：

$$z(t) = A_1 r_1(t)\cos(\omega_0 t + \theta_0) + A_2 r_2(t)\sin(\omega_0 t + \theta_0) + A_0\cos(\omega_0 t + \theta_0) \quad \text{(方程式2)}$$

其中$r_1(t)$及$r_2(t)$係自陣列讀取器調變之信號，A_1及A_2係對於待調變之該等信號之振幅因數，$\cos(\omega_0 t + \theta_0)$及$\sin(\omega_0 t + \theta_0)$係具有一90度相位偏移之在相同頻率下之載波信號，且$A_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0)$係相加至正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$之載波信號分量，其中A_0係對於載波信號之振幅因數，且θ_0係該載波信號之相位。振幅因數A_0、A_1及A_2係在傳輸信號時在該信號中之增益變化且並非先驗已知。頻率ω_0、通道頻寬B與鮑率T之間之關係如下：

$$\omega_0 = 2\pi B = \frac{\pi}{T} \qquad \text{(方程式3)}$$

$$B = \frac{0.5}{T} \qquad \text{(方程式4)}$$

藉由類比前端電路504 (具有至少2B Hz之一頻寬之一類比電路)處理一正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$。該類比前端電路504執行(諸如但不限於)正交振幅調變之類比信號502之放大、偏壓及濾波之功能，產生經處理之類比信號506。在一些實施例中，類比前端電路504亦執行正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$之類比等化，在類比域中等化或濾波該信號502以補償前置放大器(例如，圖1，104)與讀取通道(例如，圖1，102；圖5，500)之間之信號路徑中之有限頻寬。類比前端電路504中之類比等化器可為基於有限頻寬對正交振幅調變之類比信號502 $z(t)$產生之效應改良所得信號之資料偵測之任何合適等化器。在一些實施例中，類比等化器係具有基於預期信號及該信號之頻寬組態之濾波器分接頭係數之一線性等化器。在一些實施例中，類比等化器係實施為實數及/或複數極點及/或零點之一系統，使得強調特定頻率而不再強調其他頻率，以利用類比轉數位轉換器之動態範S

圍。在一些實施例中，類比等化器係基於經偵測資料(例如，528)調適濾波器分接頭係數之一適應性決策回饋等化器。類比前端電路504可為此項技術中已知之用於在取樣之前處理一類比信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比前端電路。

將經處理之類比信號506提供至一類比轉數位轉換器508，該類比轉數位轉換器508取樣該經處理之類比信號506，以產生數位資料樣本510 $z[m]$之一串流。該類比轉數位轉換器508在具有對於一通道所需之取樣率之至少兩倍之一取樣率之情況下具有至少約2B Hz之一頻寬。例如，在一些實施例中，對於一單通道之取樣率為2B 樣本/秒，且類比轉數位轉換器508具有4B 樣本/秒之一取樣率。類比轉數位轉換器508可為此項技術中已知之能夠產生對應於一類比輸入信號之數位樣本之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種類比轉數位轉換器電路。數位資料樣本510 $z[m]$可表示為：

$$\begin{aligned} z[m] = z(mT_s) = z(mT/2), \quad & \omega_0 mT_s = m\pi/2 \\ = A_1 r_1[m]\cos(m\pi/2 + \theta_0) + A_2 r_2[m]\sin(m\pi/2 + \theta_0) & \text{(方程式5)} \\ + A_0\cos(m\pi/2 + \theta_0) & \end{aligned}$$

其中$T_s = T/2$。

時序及/或載波復原之替代方法並不需要將一實際載波信號插入至經傳遞至類比前端之信號中。例如，在具有足夠非線性之情況下施加類比信號至一電路區塊及隨後接著對該非線性區塊之信號輸出濾波(例如，帶通濾波)將產生具有載波分量之一信號(可經由已知技術自該信號導出一時序時脈)。信號增益可為濾波器之輸出處之信號所需以如所需般相加信號振幅。類似地，對於適當電路亦可能需要相位調整。替代性地，以上功能(非線性、濾波、增益、載波/時序復原、相

位調整)亦可在數位域中(在類比轉數位轉換器之後)完成，但條件為該類比轉數位轉換器係適當計時。在一些實施例中此等技術亦可在類比轉數位轉換器之後應用於數位域中。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之用於時序及/或載波復原之各種技術。

在一些實施例中，類比轉數位轉換器508並非同步於正交振幅調變之類比信號502，且在接收器處可能並非已知載波信號之相位θ_0。因此藉由一載波同步器512處理數位資料樣本510$z[m]$，該載波同步器512自數位資料樣本510$z[m]$提取載波信號及其相位，且該載波同步器512相移該等數位資料樣本510$z[m]$以將其等同步於載波，產生同步化之數位資料樣本514 $p[m]$。該載波同步器512藉由平均化在四個樣本之區塊內之經接收之信號而提取該經接收之信號中之嵌入式載波，此係因為在經取樣之信號$z[m]$ 510中之載波信號$\cos(m\pi/2+\theta_0)$係週期性的，其中每週期4個樣本。使經接收之信號之經調變之通道部分相移經估計之載波相位使適於藉由一局部產生之載波基準之同調解調變。在其中並未將載波信號插入至正交振幅調變之類比信號502中之一些實施例中，載波同步器512或其他電路元件可操作以執行如上文所揭示之時序及/或載波復原。

藉由正交振幅解調變器516分離同步化之數位資料樣本514 $p[m]$中之兩個通道，產生兩個個別資料通道518 $x_1[n]$、520 $x_2[n]$，各資料通道含有對應於陣列讀取器輸出之一者之數位樣本。正交振幅解調變涉及藉由基頻帶處之各自載波減少取樣相位補償之經接收信號之奇數及偶數串流。顯著地，本文中有時使用術語「正交振幅解調變器」以指稱併入載波同步器512及解調變器516兩者之功能之

一電路或裝置。將兩個資料通道518 $x_1[n]$、520 $x_2[n]$提供至一聯合等化器522，該聯合等化器522等化或濾波該兩個資料通道518 $x_1[n]$、520 $x_2[n]$。在一些實施例中，聯合等化器522應用數位有限脈衝回應濾波至兩個資料通道518 $x_1[n]$、520 $x_2[n]$，以基於該兩個資料通道518 $x_1[n]$、520 $x_2[n]$產生對於資料軌道之經等化之資料樣本524 $y[n]$。因此，聯合等化器522基於在來自陣列讀取器之多個通道中之資訊增加對於資料軌道之信雜比。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種等化器電路。可隨後以任何合適方式(諸如在一維特比演算法偵測器或一最大後驗偵測器中)處理經等化之資料樣本524 $y[n]$，以產生對於該等經等化之資料樣本524 $y[n]$之位元決策。在一些實施例中，聯合等化器522輸出由數位樣本之兩個串流組成以促進來自儲存媒體上之兩個軌道之資料位元之偵測。

在一些實施例中，將經等化之資料樣本524 $y[n]$提供至資料偵測器電路526，該資料偵測器電路526藉由應用一資料偵測演算法至資料輸入而產生一經偵測輸出528。在一些實施例中，資料偵測演算法可為(但不限於)如此項技術中已知之一維特比演算法偵測演算法或一最大後驗偵測演算法。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種資料偵測演算法。

將經偵測輸出528提供至一中央佇列記憶體電路530，該中央佇列記憶體電路530操作以緩衝傳遞於資料偵測器電路526與資料解碼器電路534之間之資料。當資料解碼器電路534可用時，資料解碼器電路534自中央佇列記憶體530接收經偵測輸出528作為一解碼器輸入532。

資料解碼器電路534應用一資料解碼演算法至解碼器輸入532試圖復原最初寫入資料。提供資料解碼演算法之結果作為一經解碼輸出538。資料解碼器電路534可為此項技術中已知之能夠應用一解碼演算法至一經接收輸入之任何資料解碼器電路。資料解碼器電路534可為(但不限於)如此項技術中已知之一低密度同位檢查解碼器電路或一理德所羅門(Reed Solomon)解碼器電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種資料解碼器電路。在復原原始資料(即，資料解碼演算法收斂)或一逾時條件出現之情況下，資料解碼器電路534提供資料解碼演算法之結果作為一經解碼輸出542。將經解碼輸出542提供至一硬式決策輸出電路544，其中在提供一系列有序資料集作為一資料輸出546之前重新排序資料。

可完成組合資料偵測器電路526及資料解碼器電路534之一或多次反覆，以致力收斂於最初寫入之資料集上。透過資料偵測器電路526及資料解碼器電路534之處理係稱為一「全域反覆」。對於第一全域反覆，資料偵測器電路526在無來自一經解碼輸出之導引之情況下應用資料偵測演算法。對於隨後全域反覆，資料偵測器電路526如藉由經解碼輸出538導引般應用資料偵測演算法至經等化之資料樣本524 $y[n]$。自中央佇列記憶體530接收經解碼輸出538作為一偵測器輸入540。

在各全域反覆期間，可使資料解碼器電路534完成一或多個局域反覆(包含應用資料解碼演算法至解碼器輸入532)。對於第一局域反覆，資料解碼器電路534在無來自一經解碼輸出536之導引之情況下應用資料解碼器演算法。對於隨後局域反覆，資料解碼器電路534如藉由一先前經解碼輸出536導引般應用資料解碼演算法至解碼器輸入532。

參考圖6，描繪根據本發明之一些實施例之可用於代替載波同步器512之一載波同步器600。數位資料樣本602 $z[m]$儲存於緩衝器604中，稍後自該緩衝器604擷取經延遲之數位資料樣本606 $z[m-d]$。亦藉由載波提取器608處理數位資料樣本602 $z[m]$，提取載波信號及產生經估計之載波信號610 $c[m]$。在一些實施例中，載波提取器608藉由平均化對於經調變之資料區塊(諸如一資料區段)內之四個樣本相位之各者之樣本來計算載波信號(用於具有兩個讀取器之陣列讀取器之具有每週期四個樣本之一重複信號)。載波提取器608可為此項技術中已知之能夠自含有一載波信號之一正交振幅調變之信號提取該載波信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種載波提取電路。在一些實施例中，藉由載波提取器608預先知道載波信號頻率。經估計之載波信號610 $c[m]$係$A_0\cos(m\pi/2+\theta_0)$之一估計且可經計算為：

$$c[m]=\frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K}z[m+i4]$$

(方程式6)

其中K係在經傳輸之資料區塊或區段中之4個樣本之循環次數，且其中$c[m]$每四個樣本重複。因此，$c[m]=c[m+4]=c[m+8]$等。

減法電路612自經延遲之數位資料樣本606 $z[m-d]$(在緩衝器604中基於載波提取器608之延遲來延遲該等數位資料樣本)減去載波信號610 $c[m]$，產生不具有載波分量之正交振幅調變之信號614 $q[m]$。該正交振幅調變之信號614 $q[m]$對應於第一經調變之通道412及第二經調變之通道432之組合，儘管可能具有一些相位偏移(此

係因為類比轉數位轉換器508並不與載波信號同步取樣。減法電路612在一些實施例中計算正交振幅調變之信號614 $q[m]$為：

$$q[m] = z[m-d] - c[m] \qquad \text{(方程式7)}$$

一相位估計器616判定在前置放大器(例如，438)之輸出與類比轉數位轉換器508之輸出之間之傳輸期間發生於數位資料樣本510 $z[m]$中之載波分量中之相位偏移618 τ_0，該相位偏移618 τ_0引起該等數位資料樣本510 $z[m]$在經取樣時與原始組合之類比信號436非同相。相位估計器616可為此項技術中已知之能夠基於一經提取之載波信號判定數位樣本中之一相位偏移之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種相位估計器電路。在一些實施例中，相位估計器616根據以下自方程式8導出之方程式9估計在傳輸期間藉由載波引發之延遲：

$$\begin{aligned} c[m] = A_0\cos(m\pi/2 + \theta_0) &= (-1)^{m/2}A_0\cos(\theta_0) \text{ for } m = even \\ &= (-1)^{(m+1)/2}A_0\sin(\theta_0) \text{ for } m = odd \end{aligned} \qquad \text{(方程式8)}$$

$$\tau_0 = \frac{1}{\omega_0}\tan^{-1}\left(\frac{\sum(-1)^n c[2n-1]}{\sum(-1)^n c[2n]}\right) \qquad \text{(方程式9)}$$

一移相器620施加一相位偏移至正交振幅調變之信號614 $q[m]$以消除相位偏移618 τ_0，產生同步化之數位資料樣本622 $p[m]$。該移相器620可為此項技術中已知之能夠偏移包括來自一類比信號之樣本之一數位信號之相位之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種移相器電路。所得同步化之數位資料樣本622 $p[m]$ 對應於不具有任何載波信號及相位變化之原始組合之第一經調變通道412及第二經調變通道432。在一些實施例中，移相器620根據以下方程式使經接收之信號同

步於本端載波，從而移除傳輸之相位變化：

$$p[m] = q[m - \tau_0]$$
$$= A_1 r_1[m] \cos\left(\frac{m\pi}{2}\right) + A_2 r_2[m] \sin\left(\frac{m\pi}{2}\right) \quad \text{(方程式10)}$$

其中 $\cos(m\pi/2) = \{1,0,-1,0,1,0,-1,0,\ldots\}$ 及 $\sin(m\pi/2) = \{0,1,0,-1,0,1,0,-1,\ldots\}$。

參考圖7，描繪根據本發明之一些實施例之可用於代替正交振幅解調變器516之一正交振幅解調變器。藉由頻率偏移通道之相位補償之載波信號之數位形式704、718倍增同步化之數位資料樣本702 $p[m]$。一數位載波信號704對應於正交振幅調變器400中之載波信號408且可在一些實施例中表示為 $\cos[m\pi/2]$。具有一90度相位偏移之在相同頻率下之另一數位載波信號718對應於載波信號428且可在一些實施例中表示為 $\sin[m\pi/2]$。此產生表示來自陣列讀取器之第一通道及第二通道但在4B 樣本/秒下具有頻寬2B Hz之經解調變信號 $v_1[m]$ 708、$v_2[m]$ 722。藉由以下給定該等經解調變信號 $v_1[m]$ 708及 $v_2[m]$ 722：

$$v_1[m] = 2p[m]\,2\cos(m\pi/2) = A_1 r_1[m] * (1 + \cos(m\pi)) \quad \text{(方程式11)}$$

$$v_2[m] = 2p[m]2\sin(m\pi/2) = A_2 r_2[m] * (1 - \cos(m\pi)) \quad \text{(方程式12)}$$

低通濾波器710、724係頻寬B Hz之低通濾波器，該等低通濾波器對經解調變信號 $v_1[m]$ 708及 $v_2[m]$ 722濾波以拒斥超出頻帶[-B, +B]之頻率分量。經低通濾波之信號712 $p_1[m]$ 及726 $p_2[m]$ 仍具有4B 樣本/秒但頻寬為B Hz。低通濾波器710、724可為此項技術中已知之能夠低通濾波數位信號之任何電路。基於本文中提供之揭示內

容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種低通濾波器。經濾波信號712 $p_1[m]$及726 $p_2[m]$可如下表示：

$$p_1[m] = LPF\{v_1[m]\} = A_1 r_1[m] \qquad \text{(方程式13)}$$

$$p_2[m] = LPF\{v_2[m]\} = A_2 r_2[m] \qquad \text{(方程式14)}$$

在降低取樣頻率取樣器714、728中減少取樣經濾波信號712 $p_1[m]$及726 $p_2[m]$，該等降低取樣頻率取樣器714、728整數倍降低取樣或減少取樣經濾波信號712 $p_1[m]$及726 $p_2[m]$，產生帶限數位信號716 $x_1[n]$、730 $x_2[n]$，各帶限數位信號含有在2B 樣本/秒之一速率下之數位樣本，及各帶限數位信號對應於陣列讀取器輸出之一者。降低取樣頻率取樣器714、728可為此項技術中已知之能夠(例如)藉由摒棄每隔一個樣本而取樣一信號或以其他方式降低一數位信號之資料率之任何電路。基於本文中提供之揭示內容，一般技術者將認知可相對於本發明之不同實施例使用之各種減少取樣之電路。在一些實施例中，在降低取樣頻率取樣器714、728中減少取樣經濾波信號712 $p_1[m]$及726 $p_2[m]$可如下表示：

$$x_1[n] = p_1[2n] = A_1 r_1[2n] \qquad \text{(方程式15)}$$

$$x_2[n] = p_2[2n] = A_2 r_2[2n] \qquad \text{(方程式16)}$$

在一些實施例中，讀取通道包含如圖3中之一類比正交振幅解調變器。在此等實施例中，如圖3中所展示在解調變之後執行類比轉數位轉換。以任何合適方式(諸如但不限於，儘管在類比域中且不需要降低取樣頻率取樣器714及728，然仍以與圖6至圖7中及方程式2至方程式14中所揭示相同之方式)執行類比正交振幅解調變。

參考圖8，一流程圖800描繪根據本發明之一些實施例之傳輸來自一磁性記錄系統中之一陣列讀取器之資料之一操作。遵循流程圖800，自一陣列讀取器接收多個類比信號(方塊802)。使用正交振幅調

變組合該多個類比信號與一載波信號，以產生一經調變之類比信號(方塊804)。在一些實施例中，藉由使用同相及正交載波調變兩個類比信號之各者及將結果相加來組合該兩個類比信號。在一些實施例中，與多個類比信號組合之載波信號係同相載波，藉此促進接收器中之同調解調變。在撓性電纜上將經調變之類比信號傳輸至一讀取通道(方塊806)。

提取或復原嵌入於經接收之經調變信號中之載波(方塊810)。在一些數位解調變實施例中(其中在解調變之前取樣經接收之經調變信號)，此係藉由平均化在資料之經傳輸區塊內之類相位樣本來完成。例如，在對於具有2個讀取器之陣列讀取器給定每週期四個樣本之前提下，平均化在資料之經傳輸區塊中之在各週期中之四個樣本之第一個樣本以產生經平均化之第一樣本，平均化在資料之該經傳輸區塊中之在各週期中之四個樣本之第二個樣本以產生經平均化之第二樣本等等。因此，類相位樣本係按重複、定期時間間隔捕獲之樣本。自經接收之經調變信號移除經提取之載波分量，以產生一經調變之資料信號(方塊812)。在一些數位解調變實施例中，此係藉由自經調變之信號樣本減去經提取之載波來完成。估計該經提取之載波之相位以產生一相位偏移(方塊814)。在經調變之資料信號中消除該相位偏移以產生相位補償之經調變資料(方塊816)。藉由同相及正交載波信號之局部產生之版本頻率偏移該相位補償之經調變資料，以產生表示陣列讀取器之輸出之經解調變版本之高頻寬通道信號(方塊820)。該等高頻寬通道信號經低通濾波(方塊822)。在一些數位解調變實施例中，低通濾波器之輸出經減少取樣以獲得陣列讀取器之輸出之經解調變版本。

應注意，上文應用中論述之各種區塊可連同其它功能性而實施於積體電路中。此等積體電路可包含一給定區塊、系統或電路或該區塊、系統或電路之一子集之全部功能。此外，該等區塊、系統或電路

之元件可跨多個積體電路實施。此等積體電路可為此項技術中已知之任何類型之積體電路，包含(但不限於)：一單片積體電路、一覆晶積體電路、一個多晶片模組積體電路及/或一混合信號積體電路。亦應注意，本文中所論述之該等區塊、系統或電路之各者功能可實施於軟體或韌體中。在一些此等情況中，整個系統、區塊或電路可使用其軟體或韌體等效物實施。在其他情況中，一給定系統、區塊或電路之一部分可實施於軟體或韌體中，而其他部分實施於硬體中。

總之，本發明之實施例提供用於具有正交振幅調變之一基於陣列讀取器之磁性記錄系統之新穎系統、裝置、方法及配置。雖然上文已給定本發明之一或多項實施例之詳細描述，但在並不自本發明之精神改變之情況下熟習此項技術者將明白各種替代、修改及等效物。因此，以上描述不應理解為限制藉由隨附申請專利範圍涵蓋之本發明之實施例之範疇。

【符號說明】

100	基於陣列讀取器之磁性儲存系統/儲存系統
102	讀取通道電路/讀取通道
104	前置放大器
106	介面控制器
110	硬碟控制器
112	馬達控制器
114	轉軸馬達
116	磁碟盤/媒體
120	讀取/寫入頭總成
122	讀取資料
200	正交振幅調變器
202	數位正交振幅解調變器

204	類比輸入/信號
206	類比輸入/信號
214	前置放大器
216	前置放大器
226	陣列讀取器前置放大器
230	經放大之類比信號
232	經放大之類比信號
240	正交振幅調變之信號/類比信號/2通道正交振幅調變之信號
242	讀取通道
244	類比前端電路
246	經處理之類比信號
248	類比轉數位轉換器
250	數位資料樣本
252	類比電路
254	資料通道
256	資料通道
264	聯合等化器
266	經等化之資料樣本
300	正交振幅調變器
304	類比輸入
306	類比輸入
314	前置放大器
316	前置放大器
326	陣列讀取器前置放大器
330	經放大之類比信號

332	經放大之類比信號
340	正交振幅調變之信號/類比信號/2通道類比信號
344	類比前端電路/類比前端
346	經處理之類比信號
368	類比電路
370	類比正交振幅解調變器
372	類比信號
374	類比信號
382	類比轉數位轉換器
384	類比轉數位轉換器
391	數位資料樣本
392	數位資料樣本
396	聯合等化器
397	經等化之資料樣本
398	讀取通道
400	正交振幅調變器
402	類比輸入
404	通道前置放大器/前置放大器
406	經放大之類比信號
408	載波信號
410	倍增器
412	第一經調變之信號或第一經調變之通道
422	類比輸入
424	通道前置放大器/前置放大器
426	經放大之類比信號
428	載波信號

430 倍增器

432 第二經調變之通道

434 求和器

436 經組合之類比信號/單一組合之類比信號/正交振幅調變之類比信號/原始組合之類比信號

438 陣列讀取器前置放大器/前置放大器

450 通道/包絡

452 通道/包絡

454 經組合之類比信號/傅立葉變換

500 讀取通道

502 正交振幅調變之類比信號/信號

504 類比前端電路

506 經處理之類比信號

508 類比轉數位轉換器

510 數位資料樣本/經取樣之信號

512 載波同步器

514 同步化之數位資料樣本

516 正交振幅解調變器/解調變器

518 資料通道

520 資料通道

522 聯合等化器

524 經等化之資料樣本

526 資料偵測器電路

528 經偵測資料/經偵測輸出

530 中央佇列記憶體電路/中央佇列記憶體

532 解碼器輸入

534 資料解碼器電路

536 經解碼輸出

538 經解碼輸出

540 偵測器輸入

542 經解碼輸出

544 硬式決策輸出電路

546 資料輸出

600 載波同步器

602 數位資料樣本

604 緩衝器

606 經延遲之數位資料樣本

608 載波提取器

610 經估計之載波信號

612 減法電路

614 正交振幅調變之信號

616 相位估計器

618 相位偏移

620 移相器

622 同步化之數位資料樣本

702 同步化之數位資料樣本

704 相位補償之載波信號之數位形式/數位載波信號

708 經解調變信號

710 低通濾波器

712 經低通濾波之信號

714 降低取樣頻率取樣器

716 帶限數位信號

718	相位補償之載波信號之數位形式/數位載波信號
722	經解調變信號
724	低通濾波器
726	經低通濾波之信號
728	降低取樣頻率取樣器
730	帶限數位信號
800	流程圖
802	方塊
804	方塊
806	方塊
810	方塊
812	方塊
814	方塊
816	方塊
820	方塊
822	方塊

申請專利範圍

1. 一種磁性記錄系統，其包括：

一類比輸入陣列，其可操作以接收自一磁性儲存媒體擷取之類比信號；

一正交振幅調變器，其可操作以組合該等類比信號以產生一正交振幅調變之信號；

一正交振幅解調變器，其可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各通道之複數個解調變信號；及

一聯合等化器，其可操作以對該複數個解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

2. 如請求項1之系統，其中該正交振幅調變器可操作以在該正交振幅調變之信號中包含具有該等類比信號之一載波信號。

3. 如請求項1之系統，其進一步包括一載波同步器，其可操作以提取該載波信號及使該正交振幅調變之信號同步於該經提取之載波信號。

4. 如請求項3之系統，其中該載波同步器包括：一載波提取器，其可操作以藉由平均化該正交振幅調變之信號之類相位樣本來復原來自該正交振幅調變信號之該載波信號；一減法器電路，其可操作以自該正交振幅調變之信號減去該載波信號；一相位估計器，其可操作以估計該載波信號之一相位偏移；及一移相器，其可操作以消除來自該正交振幅調變之信號之該載波信號之該相位偏移。

5. 如請求項1之系統，其進一步包括可操作以傳輸該正交振幅調變之信號之一可撓性電纜。

6. 如請求項1之系統，其中該正交振幅調變器包括：

一第一倍增器，其可操作以藉由一同相載波信號倍增該等類比輸入之一第一者以產生一第一經調變信號；

一第二倍增器，其可操作以藉由一正交載波信號倍增該等類比輸入之一第二者以產生一第二經調變信號，其中該同相載波信號及該正交載波信號包括具有一90度相位偏移之一相同類比信號；及

一求和器電路，其可操作以組合該第一經調變信號及該第二經調變信號以產生該正交振幅調變信號。

7. 如請求項6之系統，其中該求和器電路進一步可操作以組合該同相載波信號於該正交振幅調變之信號中。

8. 如請求項1之系統，其中該正交振幅解調變器包括：

一第一倍增器，其可操作以藉由一同相載波信號倍增該正交振幅調變之信號以產生一第一經解調變信號；

一第一低通濾波器，其可操作以對該第一經解調變信號濾波以產生一第一經濾波信號；

一第二倍增器，其可操作以藉由一正交載波信號倍增該正交振幅調變之信號以產生一第二經解調變信號，其中該同相載波信號及該正交載波信號包括具有一90度相位偏移之一相同信號；及

一第二低通濾波器，其可操作以對該第二經解調變信號濾波以產生一第二經濾波信號。

9. 如請求項8之系統，其中該正交振幅解調變器包括一數位解調變器，其中該同相載波信號及該正交載波信號包括數位信號，該系統進一步包括一類比轉數位轉換器，其可操作以取樣該正交振幅調變之信號以產生一數位正交振幅調變之信號，且其中該正交振幅解調變器對該數位正交振幅調變之信號進行操作。

10. 如請求項9之系統，其中該正交振幅解調變器進一步包括：一第一降低取樣頻率取樣器，其可操作以減少取樣該第一經濾波信號；及一第二降低取樣頻率取樣器，其可操作以減少取樣該第二經濾波信號。

11. 如請求項8之系統，其中該正交振幅解調變器包括一類比解調變器，其中該同相載波信號及該正交載波信號包括類比信號，該系統進一步包括複數個類比轉數位轉換器，其等可操作以取樣該第一經濾波信號及該第二經濾波信號。

12. 如請求項1之系統，其進一步包括一信號衰減器，其可操作以衰減自該等類比信號導出之一信號。

13. 如請求項1之系統，其進一步包括一載波同步器，其可操作以復原對於一載波信號之用於產生該正交振幅調變信號之時序資訊，其中該載波信號並未藉由該正交振幅調變器包含於該正交振幅調變之信號中。

14. 一種將一磁性儲存系統中之一陣列讀取器頭總成連接至該磁性儲存系統中之一讀取通道之方法，其包括：

於該陣列讀取器頭總成中提供一正交振幅調變器，該正交振幅調變器可操作以產生含有來自該陣列讀取器頭總成之一類比信號陣列之一正交振幅調變信號；

藉由一可撓性電纜對將該陣列讀取器頭總成中之該正交振幅調變器連接至該讀取通道；

於該讀取通道中提供一正交振幅解調變器，該正交振幅解調變器可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各元件之複數個經解調變信號；及

於該讀取通道中提供一聯合等化器，該聯合等化器可操作以對該複數個經解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

15. 如請求項14之方法，其中該正交振幅調變器可操作以：調變具有一載波信號之不同相位偏移版本之該類比信號陣列以產生經調變信號；及組合該等經調變信號及該載波信號之該等版本之一者於該正交振幅調變之信號中。

16. 如請求項15之方法，其進一步包括提供一載波同步器，該載波同步器可操作以復原來自該正交振幅調變之信號之該載波信號、自該正交振幅調變之信號減去該載波信號、估計該載波信號之一相位偏移及消除來自該正交振幅調變之信號之該載波信號之該相位偏移。

17. 如請求項16之方法，其中該載波同步器可操作以藉由平均化該正交振幅調變信號之按定期時間間隔捕獲之類相位樣本來復原該載波信號。

18. 如請求項14之方法，其進一步包括提供一類比轉數位轉換器，該類比轉數位轉換器可操作以取樣該正交振幅調變之信號以產生一經取樣之正交振幅調變信號，其中該正交振幅解調變器可操作以解調變自該經取樣之正交振幅調變信號導出之一信號。

19. 如請求項14之方法，其中該正交振幅解調變器包括進一步一數位解調變器，其可操作以低通濾波及減少取樣該複數個經解調變信號。

20. 一種儲存系統，其包括：

一儲存媒體；

一陣列讀取器頭總成，其相對於該儲存媒體安置且可操作以提供對應於該儲存媒體上之資訊之一類比信號陣列；

一前置放大器，其可操作以放大該類比信號陣列；

一正交振幅調變器，其可操作以組合該等類比信號以產生一正交振幅調變之信號；及

一可撓性電纜，其可操作以攜載該正交振幅調變信號自該陣列讀取器頭總成至一讀取通道電路，該讀取通道電路包括：

一類比前端電路，其可操作以執行該正交振幅調變之信號之類比等化以降低有限頻寬之效應；

一正交振幅解調變器，其可操作以自該正交振幅調變之信號產生對應於該陣列之各通道之複數個經解調變信號；及

一聯合等化器，其可操作以對該複數個經解調變信號濾波以產生一經等化輸出。

圖式

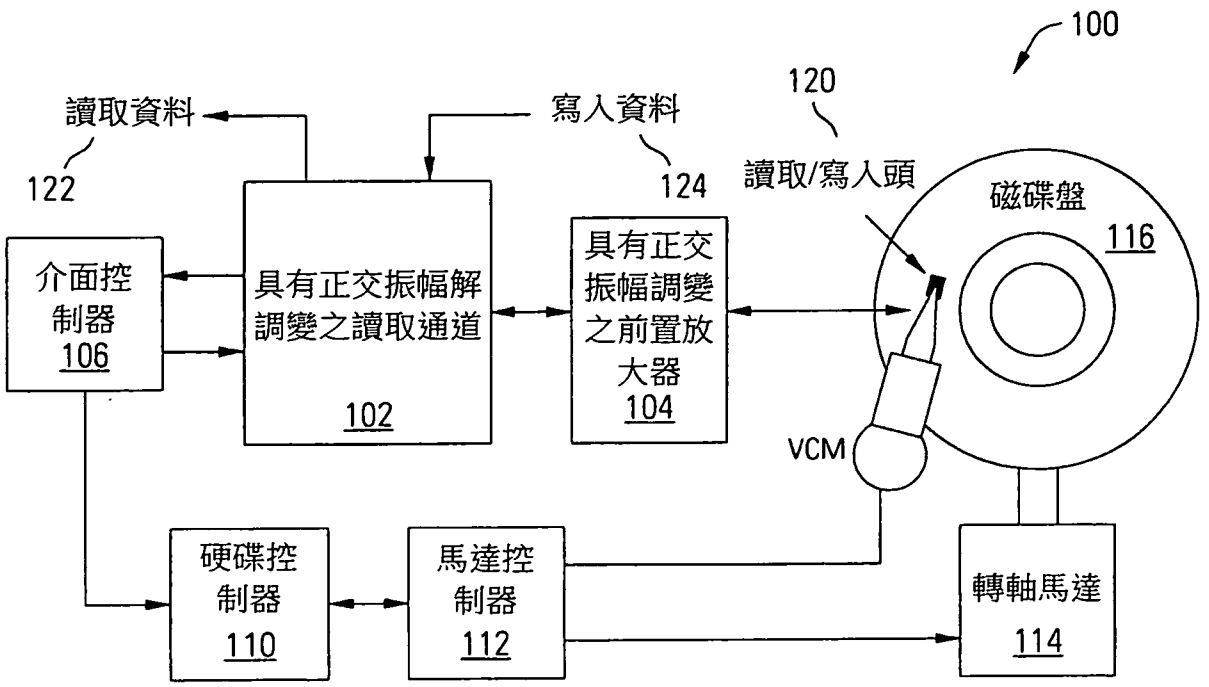

100
120
讀取資料
122
寫入資料
124
讀取/寫入頭
磁碟盤
116
介面控制器 106
具有正交振幅解調變之讀取通道 102
具有正交振幅調變之前置放大器 104
VCM
硬碟控制器 110
馬達控制器 112
轉軸馬達 114

圖1

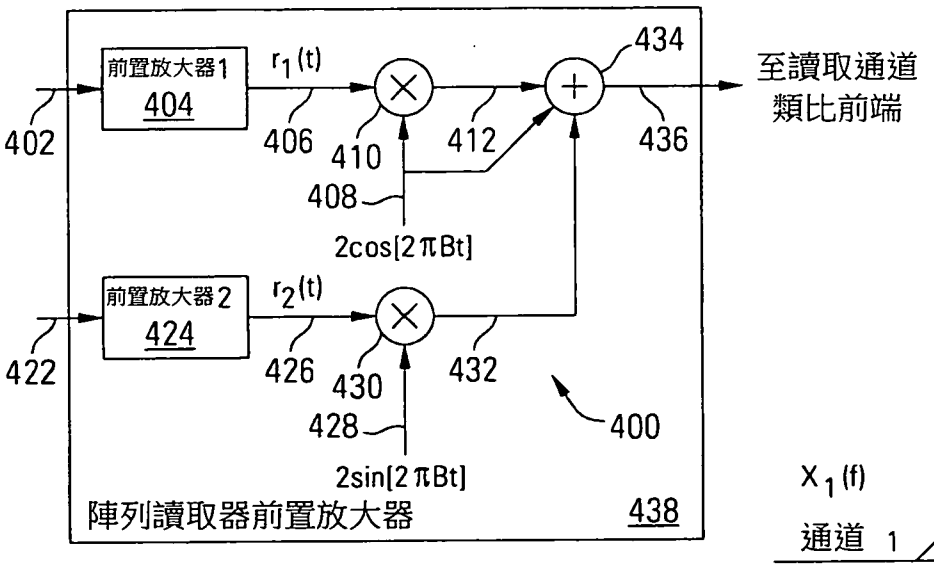

前置放大器1 404
$r_1(t)$
402
406
410
412
434
436
至讀取通道類比前端
408
2cos[2πBt]
前置放大器2 424
$r_2(t)$
422
426
430
432
428
2sin[2πBt]
400
陣列讀取器前置放大器
438

圖4A

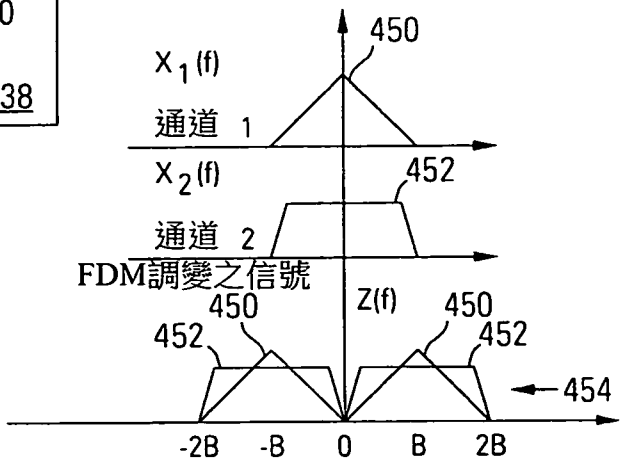

$X_1(f)$
通道 1
$X_2(f)$
通道 2
FDM調變之信號
Z(f)
450
452
454
-2B
-B
0
B
2B

圖4B

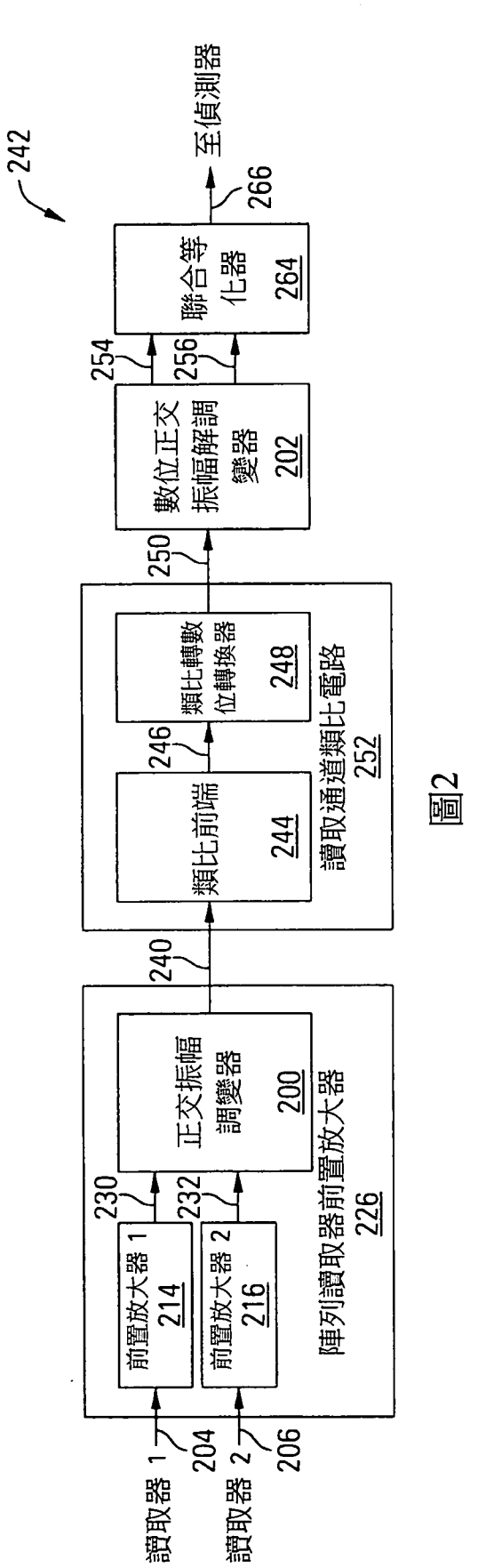

242
至偵測器
266
聯合等化器
264
254
256
數位正交振幅解調變器
202
250
類比轉數位轉換器
248
246
類比前端
244
讀取通道類比電路
252
240
正交振幅調變器
200
230
232
前置放大器 1
214
前置放大器 2
216
陣列讀取器前置放大器
226
讀取器 1
204
讀取器 2
206

圖2

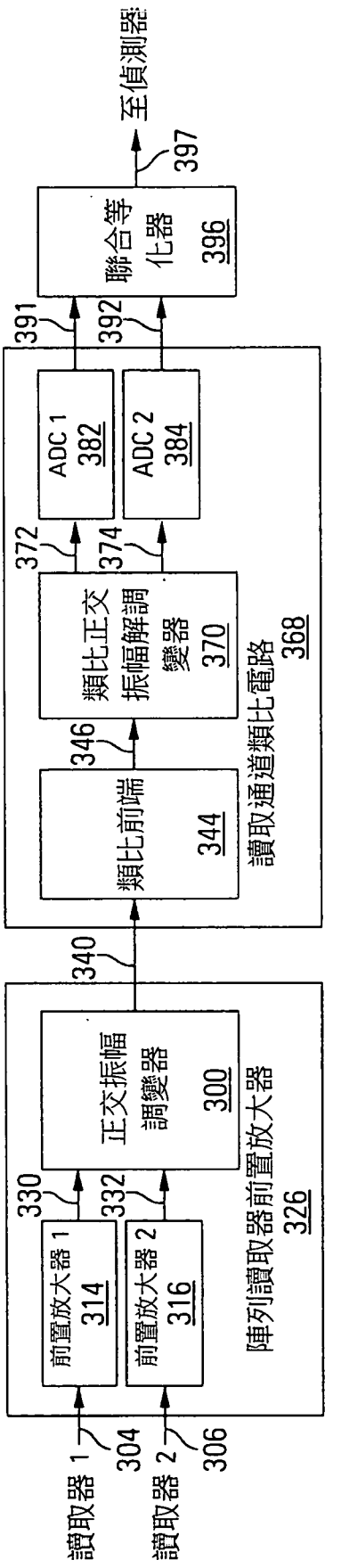

398
至偵測器
397
聯合等化器
396
391
392
ADC 1
382
ADC 2
384
372
374
類比正交振幅解調變器
370
346
類比前端
344
讀取通道類比電路
368
340
正交振幅調變器
300
330
332
前置放大器 1
314
前置放大器 2
316
陣列讀取器前置放大器
326
讀取器 1
304
讀取器 2
306

圖3

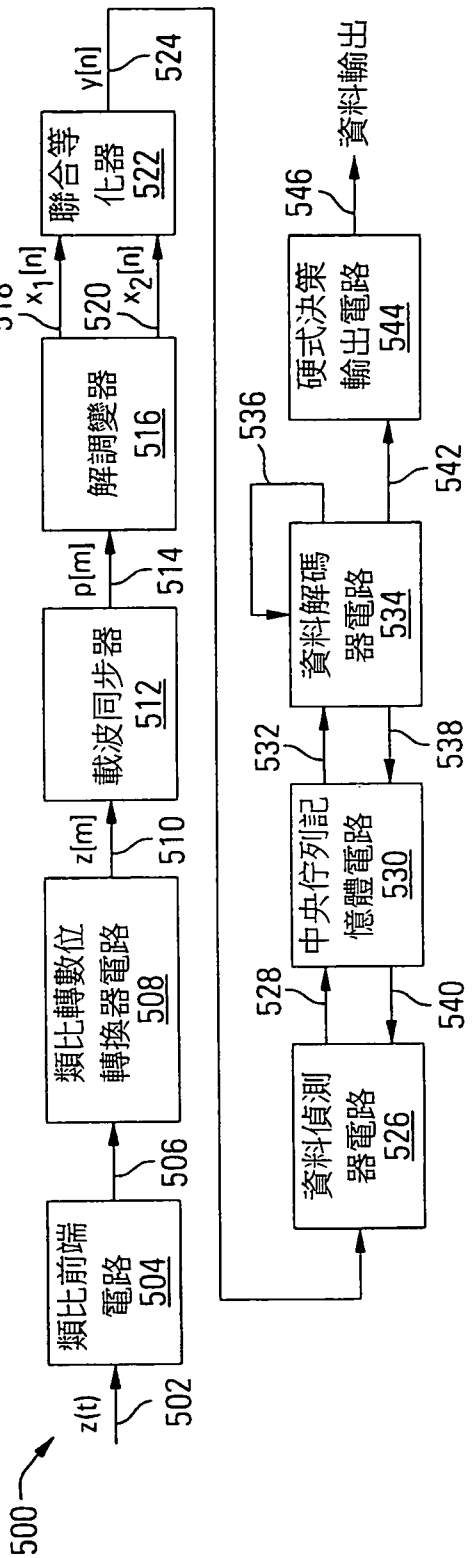

500
z(t)
502
類比前端電路 504
506
類比轉數位轉換器電路 508
z[m]
510
載波同步器 512
p[m]
514
解調變器 516
518 x1[n]
520 x2[n]
聯合等化器 522
y[n]
524
資料偵測器電路 526
528
中央佇列記憶體電路 530
532
資料解碼器電路 534
536
538
540
硬式決策輸出電路 544
542
546
資料輸出

圖5

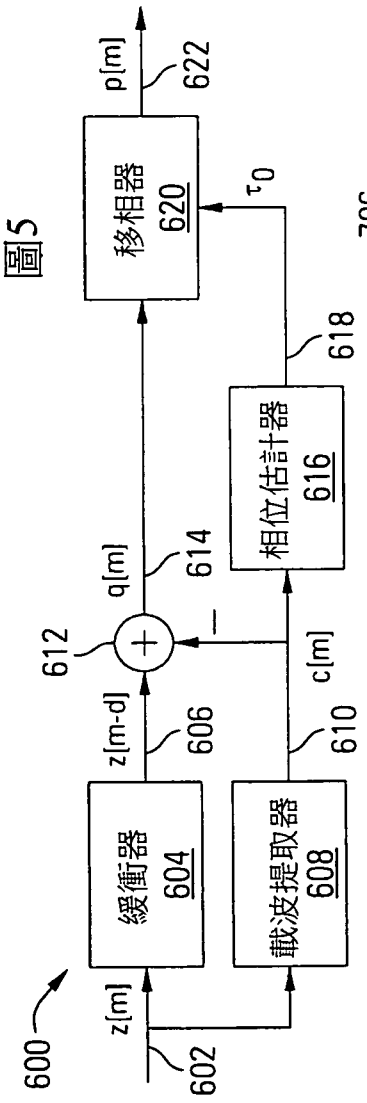

600
z[m]
602
緩衝器 604
z[m-d]
606
載波提取器 608
c[m]
610
612
q[m]
614
移相器 620
p[m]
622
τ0
相位估計器 616
618

圖6

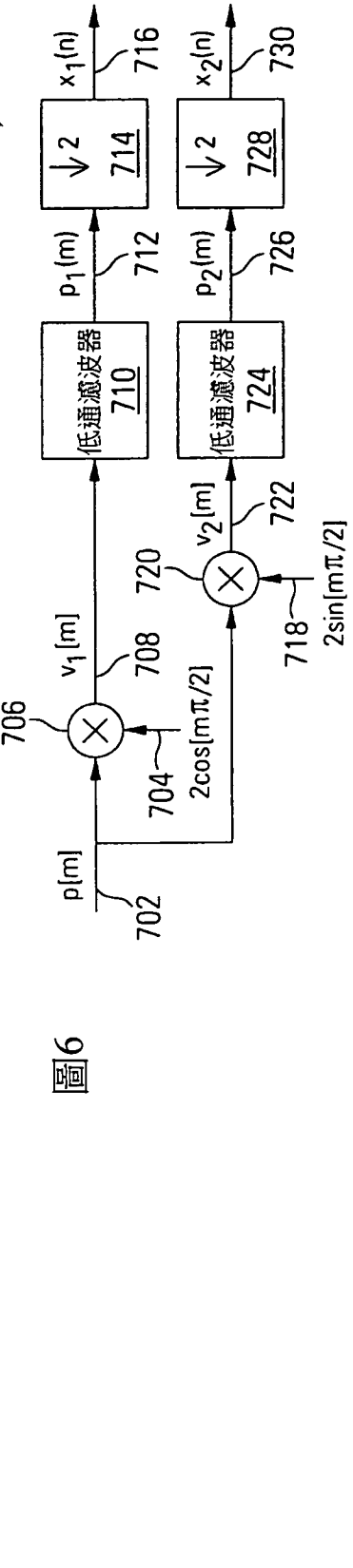

700
p[m]
702
704
2cos[mπ/2]
706
v1[m]
708
低通濾波器 710
p1(m)
712
↓2 714
x1(n)
716
718
2sin[mπ/2]
720
v2[m]
722
低通濾波器 724
p2(m)
726
↓2 728
x2(n)
730

圖7

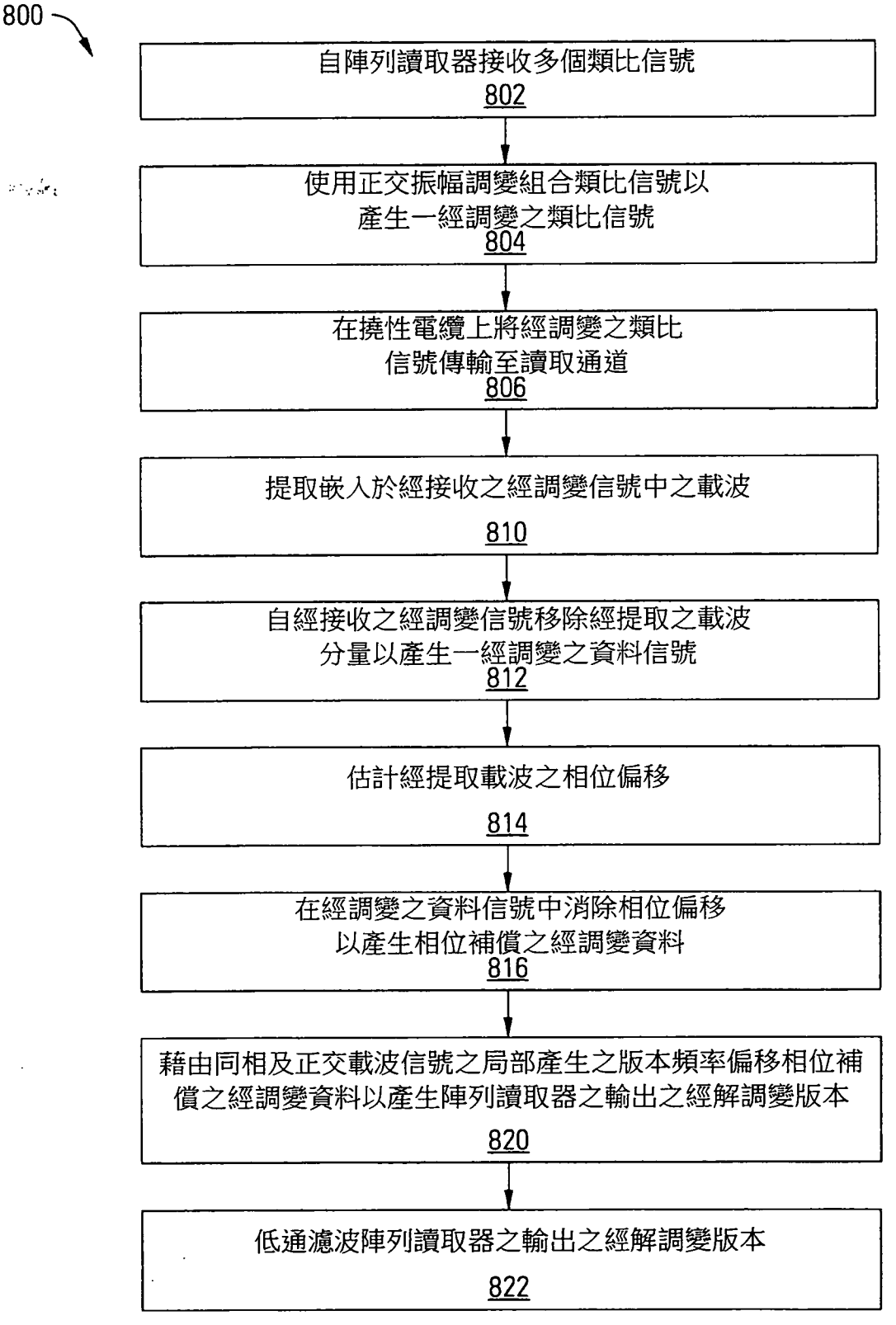

800
自陣列讀取器接收多個類比信號
802
使用正交振幅調變組合類比信號以
產生一經調變之類比信號
804
在撓性電纜上將經調變之類比
信號傳輸至讀取通道
806
提取嵌入於經接收之經調變信號中之載波
810
自經接收之經調變信號移除經提取之載波
分量以產生一經調變之資料信號
812
估計經提取載波之相位偏移
814
在經調變之資料信號中消除相位偏移
以產生相位補償之經調變資料
816
藉由同相及正交載波信號之局部產生之版本頻率偏移相位補
償之經調變資料以產生陣列讀取器之輸出之經解調變版本
820
低通濾波陣列讀取器之輸出之經解調變版本
822

圖8