I468714

(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 I468714 B**

(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：102102201 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 01 月 21 日

(51)Int. Cl.： *G01R33/00 (2006.01)* *G01R35/00 (2006.01)*

(30)優先權：2012/02/16 美國 13/398,127

(71)申請人：愛列果微系統公司 (美國) ALLEGRO MICROSYSTEMS, LLC. (US)
美國

(72)發明人：賽瑟雷提 胡安 曼諾 CESARETTI, JUAN MANUEL (AR)；羅梅洛 賀南 ROMERO, HERNAN D. (AR)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW	200640135A	CN	101023367A
JP	4840481B2	US	2008/0094055A1
WO	2010/096367A1		

審查人員：黃尹珊

申請專利範圍項數：46 項 圖式數：32 共 97 頁

(54)名稱

使用可調整回饋以自校正或自測試之磁場感應器和其調整方法

MAGNETIC FIELD SENSORS USING ADJUSTABLE FEEDBACK FOR SELF-CALIBRATING OR SELF-TESTING AND AN ADJUSTING METHOD THEREOF

(57)摘要

一種磁場感應器，包括容許該磁場感應器之電路的自測試或自校正的參考場感應電路通道。該自測試或該自校正可具有提供個別至少二不同自測試或自校正率的至少二不同帶寬。

A magnetic field sensor includes a reference-field-sensing circuit channel that allows a self-test or a self-calibration of the circuitry of the magnetic field sensor. The self-test or the self calibration can have at least two different bandwidths that provide a respective at least two different rates of self-test or self-calibration.

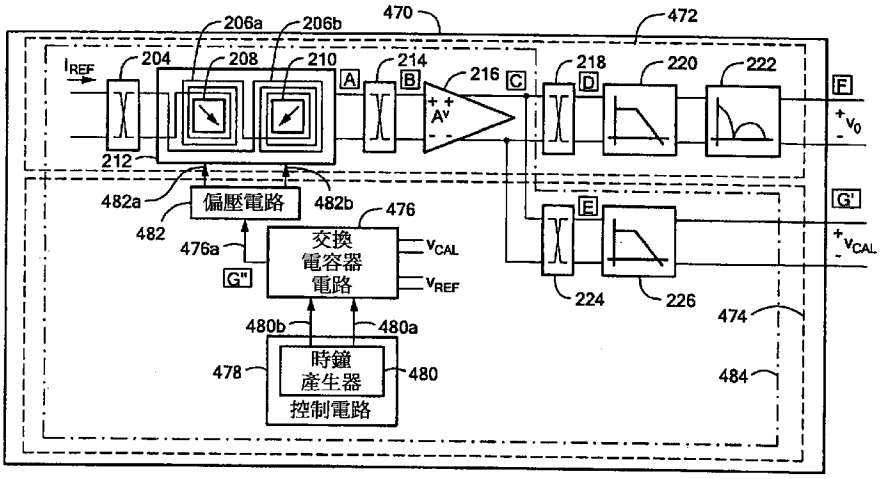


圖 25

204、212、214、218、224・・・交換電路

216・・・放大器

470・・・磁場感應器

206a、206b・・・參考場導體

208、210・・・磁場感應元件

220、222、226・・・濾波器電路

472・・・主電路路徑

474・・・回饋電路路徑

476・・・交換電容器電路

476a・・・訊號

478・・・控制電路

480・・・時鐘頻率產生器

480a・・・再分配時鐘訊號

480b・・・樣本時鐘訊號

482・・・偏壓電路

482a、482b・・・偏壓訊號

484・・・回饋迴路

民國 103 年 8 月 28 日修正本

發明摘要

公告本

※申請案號：102102201

※申請日：102 年 01 月 21 日　　※IPC 分類：G01R 33/00 (2006.01)
G01R 35/00 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

使用可調整回饋以自校正或自測試之磁場感應器和其調整方法

Magnetic field sensors using adjustable feedback for self-calibrating or self-testing and an adjusting method thereof

【中文】

一種磁場感應器，包括容許該磁場感應器之電路的自測試或自校正的參考場感應電路通道。該自測試或該自校正可具有提供個別至少二不同自測試或自校正率的至少二不同帶寬。

【英文】

A magnetic field sensor includes a reference-field-sensing circuit channel that allows a self-test or a self-calibration of the circuitry of the magnetic field sensor. The self-test or the self calibration can have at least two different bandwidths that provide a respective at least two different rates of self-test or self-calibration.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(25)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

204、212、214、218、224：交換電路

216：放大器

470：磁場感應器

206a、206b：參考場導體

208、210：磁場感應元件

220、222、226：濾波器電路

472：主電路路徑

474：回饋電路路徑

476：交換電容器電路

476a：訊號

478：控制電路

480：時鐘頻率產生器

480a：再分配時鐘訊號

480b：樣本時鐘訊號

482：偏壓電路

482a、482b：偏壓訊號

484：回饋迴路

【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)

使用可調整回饋以自校正或自測試之磁場感應器和其調整方法

Magnetic field sensors using adjustable feedback for self-calibrating or self-testing and an adjusting method thereof

【技術領域】

本發明通常相關於磁場感應器，且更明確地相關於使用可調整回饋以自校正或自測試具有可調整時間常數的磁場感應器。

【先前技術】

眾所周知的，有各種磁場感應元件，包括，但未受限於霍爾效應元件、磁阻元件、及磁電晶體。也係眾所周知的，有不同種類的霍爾效應元件，例如，平面霍爾效應元件、垂直霍爾效應元件、及圓形霍爾效應元件。也係眾所周知的，有不同種類的磁阻元件，例如，各向異性磁阻（AMR）元件、巨磁阻（GMR）元件、穿隧磁阻（TMR）元件、銻化銦（InSb）元件、及磁穿隧接面（MTJ）元件。

霍爾效應元件產生比例於磁場的輸出電壓。相對的，磁阻元件與磁場成比例地改變電阻。在電路中，可將電流

引導通過磁阻元件，從而產生與磁場成比例的電壓輸出訊號。

使用磁場感應元件的磁場感應器使用在各種應用中，包括，但未受限於，感應由載流導體運載的電流所產生之磁場的電流感應器、感應鄰近鐵磁或磁性物件的磁開關（本文中也稱爲鄰近偵測器）、感應通過的鐵磁物品，例如，輪齒，的旋轉偵測器、及感應磁場之磁場密度的磁場感應器。在本文中將特定磁場感應器配置使用爲範例。然而，本文描述的電路及技術也施用於任何磁場感應器。

眾所周知的，部分積體電路具有內建自測試（BIST）能力。內建自測試係可驗證積體電路之所有或部分內部功能性的功能。部分種類的積體電路具有直接建於積體電路晶粒上的內建自測試電路。典型地，內建自測試係藉由外部機構啓動，例如，從積體電路外側通訊至積體電路上之專用插腳或埠的訊號。例如，具有記憶體部分的積體電路可包括內建自測試電路，其可藉由從積體電路外側通訊的自測試訊號啓動。內建自測試電路可回應於該自測試訊號測試積體電路的記憶體部分。

使用在磁場感應器中的習知內建自測試電路未意圖測試使用在磁場感應器中的磁場感應元件。習知內建自測試電路也未意圖測試具有磁場感應器的所有電路。

部分磁場感應器使用自校正技術，例如，藉由使用線圈等區域地產生校正磁場、量測從校正磁場產生的訊號、及反饋與該產生訊號相關的訊號，以控制磁場感應器的增

益。數種自校正配置顯示及描述在於 2008 年發佈之美國專利案號第 7923996 號，發明名稱爲「具有自動靈敏度調整的磁場感應器」中，並指定給本發明的受讓人。也指定給本發明的受讓人之於 2010 年 7 月 21 日提出申請之美國專利申請案案號第 12/840324 號，發明名稱爲「在磁場感應器中產生診斷操作模式的電路及方法」、於 2010 年 2 月 16 日提出申請之美國專利申請案案號第 12/706318 號，發明名稱爲「產生磁場感應器之自測試的電路及方法」、及於 2011 年 4 月 27 日提出申請之美國專利申請案案號第 13/095371 號，發明名稱爲「自測試或自校正磁場感應器的電路及方法」各者教示設置成鄰近於磁場感應元件並用於產生自測試磁場之線圈及導體的各種配置。上述專利及申請案也教示各種多工配置。此等申請案及專利及本文描述之所有其他專利申請案及專利之教示全文以提及之方式併入本文中。

典型地，磁場感應器的自測試或自校正以單一速率或在單一預定時間週期期間發生（亦即，具有單一帶寬）。在部分應用中，當將此單一速率用於自校正時，可能導致磁場感應器對該磁場感應器供電之後的實質時間量不準確。然而，加速自測試或自校正，亦即，增加自校正的帶寬會導致磁場感應器較不準確並具有更高的輸出雜訊位準。

又典型地，當磁場感應器未感應到已感應磁場時，亦即，當磁場感應器未在其常規感應模式中操作時，必須實

施磁場感應器自測試及/或自校正。

會期望將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以容許自測試及自校正功能以快速率測試及校正磁場感應器（亦即，在短時間週期內），同時不降低解析度也不增加雜訊位準。

也會期望將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以在磁場感應器正在其常規感測模式中操作的同時，容許自測試及自校正發生。

也會期望能與外部磁場的振幅無關地實施內建自測試及自校正。

也會期望將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以容許自測試功能測試使用在磁場感應器內的磁場感應元件。

也會期望將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以容許該磁場感應器內之所有電路的自測試。

【發明內容】

本發明可將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以容許自測試及自校正功能以快速率測試及校正磁場感應器（亦即，在短時間週期內），同時不降低解析度也不增加雜訊位準。

本發明也可將內建自測試及/或自校正電路及技術設置在磁場感應器中，以在磁場感應器正在其常規感測模式

中操作的同時，容許自測試及自校正發生。

本發明也可與外部磁場的振幅無關地實施內建自測試及自校正。

本發明也可將內建自測試電路及技術設置在磁場感應器中，以容許自測試功能測試使用在磁場感應器內的磁場感應元件。

本發明也可將內建自測試電路及技術設置在磁場感應器中，以容許該磁場感應器內之所有電路的自測試。

根據本發明的一實施樣態，磁場感應器包括組態成回應於磁場產生磁場訊號的磁場感應元件。該磁場感應器也包括耦合成接收及處理該磁場訊號的主電路路徑。該主電路路徑具有電路參數。該磁場感應器也包括時鐘頻率產生器，組態成產生在第一時間週期期間具有第一再分配時鐘頻率並在第二時間週期期間具有第二不同再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號。該磁場感應器也包括回饋電路路徑，耦合在至該主電路路徑的二終端並形成回饋迴路。該回饋電路路徑包括耦合成接收該再分配時鐘訊號的交換電容器電路，該交換電容器電路形成積分器。該交換電容器電路具有在該第一時間週期期間具有相關於該第一再分配時鐘頻率的第一單位增益頻率及在該第二時間週期期間具有相關於該第二再分配時鐘頻率之第二單位增益頻率的可選擇單位增益頻率。將該回饋電路組態成產生耦合成控制該電路參數的輸出訊號。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場感應器也可包

括一或多個下列實施樣態。

在磁場感應器的部分實施例中，該時鐘頻率產生器更組態成產生在該等第一及第二時間週期期間具有樣本時鐘頻率的樣本時鐘訊號，其中將該已交換電容器電路耦合成接收該樣本時鐘訊號，且其中該已交換電容器電路更包含陷波特徵，該陷波特徵具有相關於該再分配時鐘頻率的陷波頻率。

在磁場感應器的部分實施例中，該第二再分配時鐘頻率低於該第一再分配時鐘頻率。

在磁場感應器的部分實施例中，將該時鐘頻率產生器組態成產生分別在多於二不同時間具有多於二再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號。

在磁場感應器的部分實施例中，該第一時間週期在鄰近該磁場感應器之起動的時間開始，且其中該第二時間週期在鄰近該第一時間週期之結束的時間開始。

在磁場感應器的部分實施例中，將該磁場感應器設置成鄰近目標物件，其中將該磁場感應器組態成感應該目標物件的移動，其中該第一時間週期在鄰近該目標物件之第一移動的時間開始，且其中該第二時間週期在鄰近該第一時間週期之結束的時間開始。

在磁場感應器的部分實施例中，由該回饋電路路徑控制的該電路參數包含該主電路路徑對該磁場的靈敏度。

在部分實施例中，該磁場感應器更包含組態成產生電壓訊號或電流訊號的偏壓電路，其中將該磁場感應元件耦

、合成接收該電壓訊號或該電流訊號，其中將該回饋電路路徑組態成控制該電壓訊號或該電流訊號，以控制該主電路路徑對該磁場的該靈敏度。

在磁場感應器的部分實施例中，由該回饋電路路徑控制的該電路參數包含該主電路路徑的位移電壓。

在磁場感應器的部分實施例中，該電子電路更包含組態成產生一位移控制訊號的介面電路，其中該主電路路徑更包含耦合成接收該位移控制訊號的放大器，其中將該回饋電路路徑組態成控制該位移控制訊號，以控制該主電路路徑的該位移電壓。

在磁場感應器的部分實施例中，選擇該第一單位增益頻率及該第二單位增益頻率以提供迴路穩定性。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二霍爾效應元件。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二磁阻元件。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二磁場感應元件，其中該主電路路徑更包含：第一交換電路，耦合至該等至少二磁場感應元件，其中將該第一交換電路組態成將該等至少二磁場感應元件耦合至已量測場感應組態中並耦合至參考場感應組態中，其中可操作該第一交換電路以第一交換率在該已量測場感應組態及該參考場感應組態之間交替地來回交換，以提供該磁場訊號，其中將該第一交換電路組態成產生該磁場訊號，該磁場訊

號包含：已量測磁場回應訊號部分，當耦合在該已量測場感應組態中時，回應於已量測磁場；及參考磁場回應訊號部分，當耦合在該參考場感應組態中時，回應於參考磁場。

在磁場感應器的部分實施例中，該參考磁場包含在該等至少二磁場感應元件之經選擇元件的位置指向相反方向的第一及第二參考磁場，該磁場感應器更包含：磁場產生器，可操作以產生該等第一及第二參考磁場。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場產生器包含：至少二參考場導體部分，各者鄰近於該等至少二磁場感應元件的個別一者，其中將該等至少二參考場導體部分組態成運載參考電流，以產生該參考磁場，其中該參考磁場包含具有導向相反方向之個別磁場方向的至少二參考磁場部分。

在磁場感應器的部分實施例中，該主電路路徑更包含：第二交換電路，耦合成提供該參考電流，其中可操作該第二交換電路以與該第一交換率同步地在第一參考電流方向及第二相反參考電流方向之間交替地交換該參考電流。

在磁場感應器的部分實施例中，該磁場訊號，在該等量測時間週期期間代表該已量測磁場回應訊號部分，且以與該第一交換率同步之率與該等量測時間週期交錯的參考時間週期期間代表該參考磁場回應訊號部分，其中將該主電路路徑時間多工，以在該等量測時間週期期間選擇並處

理代表該已量測磁場回應訊號部分的該訊號，且其中將該回饋電路路徑時間多工，以在該等參考時間週期期間選擇並處理代表該參考磁場回應訊號部分的該訊號。

在磁場感應器的部分實施例中，將該主電路路徑組態成產生代表該已量測磁場回應訊號部分的第一感應器輸出訊號，且其中將該回饋電路路徑組態成產生代表該參考磁場回應訊號部分的第二不同感應器輸出訊號。

在磁場感應器的部分實施例中，將該第一交換電路組態成當該等至少二磁場感應元件耦合在該參考場感應組態中時耦合成具有回應於磁場的個別相反方向，且其中將該第一交換電路組態成當該等至少二磁場感應元件耦合在該已量測場感應組態中時耦合成具有回應於磁場的個別相同方向。

在磁場感應器的部分實施例中，該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部分包含由該基材支撐並鄰近於該磁場感應元件的導體。

在磁場感應器的部分實施例中，該等至少二參考場導體部分跨越由該基材支撐之多於一層的金屬層。

在磁場感應器的部分實施例中，該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部分包含與該基材分離但鄰近的導體。

在磁場感應器的部分實施例中，該已量測磁場係藉由已量測電流導體運載的已量測電流產生。

依據本發明的另一實施樣態，調整磁場感應器之校正

速率及自測試速率的方法包括使用磁場感應元件，回應於磁場產生磁場訊號。該方法也包括使用包含電路參數的主電路路徑接收及處理該磁場訊號。該方法也包括產生在第一時間週期期間具有第一再分配時鐘頻率並在第二時間週期期間具有第二不同再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號。該方法也包括產生輸出訊號，耦合成使用回饋電路路徑控制該電路參數，該回饋電路路徑耦合在至該主電路路徑的二終端並形成回饋迴路。該回饋電路路徑包括耦合成接收該再分配時鐘訊號的交換電容器電路，該交換電容器電路形成積分器。該交換電容器電路具有在該第一時間週期期間具有相關於該第一再分配時鐘頻率的第一單位增益頻率及在該第二時間週期期間具有相關於該第二再分配時鐘頻率之第二單位增益頻率的可選擇單位增益頻率。

在該方法的部分實施例中，該方法也可包括一或多個下列實施樣態。

在部分實施例中，該方法更包含：產生在該等第一及第二時間週期期間具有樣本時鐘頻率的樣本時鐘訊號，其中將該已交換電容器電路耦合成接收該樣本時鐘訊號，且其中該已交換電容器電路更包含陷波特徵，該陷波特徵具有相關於該再分配時鐘頻率的陷波頻率。

在該方法的部分實施例中，該第二再分配時鐘頻率低於該第一再分配時鐘頻率。

在該方法的部分實施例中，產生該再分配時鐘訊號包含：產生分別在多於二不同時間具有多於二再分配時鐘頻

率的再分配時鐘訊號。

在該方法的部分實施例中，該第一時間週期在鄰近該磁場感應器之起動的時間開始，且其中該第二時間週期在鄰近該第一時間週期之結束的時間開始。

在該方法的部分實施例中，將該磁場感應器設置成鄰近目標物件，其中該第一時間週期在鄰近該目標物件之第一移動的時間開始，且其中該第二時間週期在鄰近該第一時間週期之結束的時間開始。

在該方法的部分實施例中，由該輸出訊號控制的該電路參數包含該主電路路徑對該磁場的靈敏度。

在該方法的部分實施例中，由該回饋電路路徑控制的該電路參數包含該主電路路徑的位移電壓。

在該方法的部分實施例中，選擇該第一單位增益頻率及該第二單位增益頻率以提供迴路穩定性。

在該方法的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二霍爾效應元件。

在該方法的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二磁阻元件。

在該方法的部分實施例中，該磁場感應元件包含至少二磁場感應元件，其中使用該主電路路徑接收及處理該磁場訊號更包含：使用第一交換電路將該等至少二磁場感應元件耦合至已量測場感應組態中並耦合至參考場感應組態中，其中使用該第一交換電路可操作該耦合以第一交換率在該已量測場感應組態及該參考場感應組態之間交替地來

回交換以提供該磁場訊號包含：已量測磁場回應訊號部分，當耦合在該已量測場感應組態中時，回應於已量測磁場；及參考磁場回應訊號部分，當耦合在該參考場感應組態中時，回應於參考磁場。

在該方法的部分實施例中，該參考磁場包含在該等至少二磁場感應元件之經選擇元件的位置指向相反方向的第一及第二參考磁場。

在部分實施例中，該方法更包含：使用磁場產生器產生參考磁場包含：至少二參考場導體部分，各者鄰近於該等至少二磁場感應元件的個別一者，其中將該等至少二參考場導體部分組態成運載參考電流，以產生該參考磁場，其中該參考磁場包含具有導向相反方向之個別磁場方向的至少二參考磁場部分。

在部分實施例中，該方法更包含：使用第二交換電路以與該第一交換率同步地在第一參考電流方向及第二相反參考電流方向之間交替地交換該參考電流。

在該方法的部分實施例中，該磁場訊號，在該等量測時間週期期間代表該已量測磁場回應訊號部分，且以與該第一交換率同步之率與該等量測時間週期交錯的參考時間週期期間代表該參考磁場回應訊號部分，其中將該主電路路徑時間多工，以在該等量測時間週期期間選擇並處理代表該已量測磁場回應訊號部分的該訊號，且其中將該回饋電路路徑時間多工，以在該等參考時間週期期間選擇並處理代表該參考磁場回應訊號部分的該訊號。

在該方法的部分實施例中，將該主電路路徑組態成產生代表該已量測磁場回應訊號部分的第一感應器輸出訊號，且其中將該回饋電路路徑組態成產生代表該參考磁場回應訊號部分的第二不同感應器輸出訊號。

在該方法的部分實施例中，使用該第一交換電路的該耦合，包含：當該等至少二磁場感應元件耦合在該參考場感應組態中時耦合成具有回應於磁場的個別相反方向；及當該等至少二磁場感應元件耦合在該已量測場感應組態中時耦合成具有回應於磁場的個別相同方向。

在方法的部分實施例中，該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部分包含由該基材支撐並鄰近於該磁場感應元件的導體。

在該方法的部分實施例中，該等至少二參考場導體部分跨越由該基材支撐之多於一層的金屬層。

在該方法的部分實施例中，該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部分包含與該基材分離但鄰近的導體。

在該方法的部分實施例中，該已量測磁場係藉由已量測電流導體運載的已量測電流產生。

【圖式簡單說明】

可能從該等圖式的以下詳細描述更完整地理解本發明的上述特性以及本發明自身，其中：

圖 1 係先前技術的磁場感應器的方塊圖，其具有截波

（或交換）霍爾效應元件，以及關聯交換電路；

圖 1A 係顯示在圖 1 之先前技術磁場感應器中的各個點之頻譜的一系列圖；

圖 2 係顯示具有霍爾效應元件並具有交換電路之交換式霍爾效應元件的方塊圖，該霍爾效應元件及該交換電路可使用爲圖 1 之磁場感應器的霍爾效應元件及交換電路，並也可使用爲下文之磁場感應器的霍爾效應元件及交換電路；

圖 2A 係顯示用於圖 2 之交換式霍爾效應元件的時鐘訊號的圖；

圖 2B 係藉由圖 2 的交換式霍爾效應元件提供之調變位移成分的圖；

圖 2C 係顯示藉由圖 2 的交換式霍爾效應元件提供之未調變磁場訊號成分的圖；

圖 3 係顯示具有霍爾效應元件並具有交換電路之交換式霍爾效應元件的方塊圖，該霍爾效應元件及該交換電路可使用爲圖 1 之感應器的霍爾效應元件及交換電路，並也可使用爲下文之磁場感應器的霍爾效應元件及交換電路；

圖 3A 係顯示用於圖 3 之交換式霍爾效應元件的時鐘訊號的圖；

圖 3B 係顯示藉由圖 3 的交換式霍爾效應元件提供之未調變位移成分的圖；

圖 3C 係顯示藉由圖 3 的交換式霍爾效應元件提供之調變磁場訊號成分的圖；

圖 4 係顯示以已量測場感應組態並聯地配置的二霍爾效應元件的方塊圖，其意圖協同地回應外部磁場的存在；

圖 5 係顯示圖 4 之二霍爾效應元件的方塊圖，重連接成參考場感應組態，且圖 4 的外部磁場存在，且，例如，藉由二個別線圈產生在二相反方向上的二參考磁場也可能存在；

圖 5A 係顯示圖 4 之二霍爾效應元件的方塊圖，重連接成參考場感應組態，且圖 5 的外部磁場存在，且，例如，藉由二個別線圈產生在二相反方向上的二參考磁場也可能存在，其中該等二參考磁場係 AC 磁場；

圖 6 係顯示彼等之耦合在二相位中在已量測場感應組態及參考場感應組態之間來回交替的二霍爾效應元件的方塊圖，且當以已量測場感應組態耦合時，不具有該等二霍爾效應元件的截波；

圖 7 係顯示彼等之耦合在四相位中在二已量測場感應組態及參考場感應組態之間來回交替的二霍爾效應元件的方塊圖，其中將該等二個霍爾效應元件截波以實現二已量測場感應組態；

圖 8 係顯示來自圖 7 之該等二霍爾效應元件的輸出訊號並顯示在所有四個相位期間之訊號的圖；

圖 9 係顯示來自圖 7 之該等二霍爾效應元件的輸出訊號的圖，僅顯示在對應於該等二霍爾效應元件之已量測場感應組態的第一及第三相位期間的訊號；

圖 10 係顯示來自圖 7 之該等二霍爾效應元件的輸出

訊號的圖，僅顯示在對應於該等二霍爾效應元件之參考場感應組態的第二及第四相位期間的訊號；

圖 11 係顯示彼等之耦合在八相位中在四已量測場感應組態及參考場感應組態之間來回交替的二霍爾效應元件的方塊圖，其中將該等二個霍爾效應元件截波以實現四個已量測場感應組態；

圖 12 係顯示磁場感應器的方塊圖，其具有二霍爾效應元件、對應的二參考場導體，在此處顯示爲線圈、並具有二電子通道，組態成產生回應於已量測（正常）磁場之輸出訊號的第一通道，及組態成產生回應於由該等二參考場導體產生的參考磁場之輸出訊號的第二通道；

圖 13 係顯示圖 12 之部分磁場感應器的方塊圖，且特別顯示圖 12 的第一通道且不顯示該第二通道；

圖 14-18 係顯示在圖 13 之磁場感應器部分的各點之頻譜的圖；

圖 19 係顯示圖 12 之磁場感應器的另一部分的方塊圖，且特別顯示圖 12 的第二通道且不顯示該第一通道；且

圖 20-24 係顯示在圖 19 之磁場感應器部分的各點之頻譜的圖；

圖 25 係顯示另一磁場感應器的方塊圖，其具有二霍爾效應元件、對應的二參考場導體，此處顯示爲線圈、也具有二電子通道，組態成產生回應於已量測（正常）磁場之輸出訊號的主電路通道、及組態成產生回應於由該等二

參考場導體產生之參考磁場的輸出訊號並也自校正（或自測試）磁場感應器之靈敏度的回饋電路通道，該回饋電路通道具有交換電容器電路，該回饋電路通道係回饋迴路的一部分；

圖 26 係可使用爲圖 25 的交換電容器電路之交換電容器電路的方塊圖；

圖 27 係具有二電路元件的回饋迴路的方塊圖，其代表圖 25 的回饋迴路；

圖 28 係顯示圖 27 之該等電路元件之一者的轉移函數的圖；

圖 29 係顯示圖 27 之該等電路元件之另一者的轉移函數的圖；

圖 30 係顯示圖 25 之該等二電路元件之轉移函數的組合的圖，因此係圖 25 及 27 之回饋迴路的迴路增益；

圖 31 係顯示圖 25 之該等二電路元件之轉移函數的另一組合的圖，因此係圖 25 及 27 之回饋迴路的另一迴路增益；且

圖 32 係顯示另一磁場感應器的方塊圖，其具有二霍爾效應元件、對應的二參考場導體，此處顯示爲線圈、也具有二電子通道，組態成產生回應於已量測（正常）磁場之輸出訊號的主電路通道、及組態成產生指示磁場感應器之位移的輸出訊號並也自校正（或自測試）磁場感應器之位移電壓的回饋電路通道，該回饋電路通道具有交換電容器電路，該回饋電路通道係回饋迴路的一部分。

【實施方式】

在描述本發明之前，解釋部分介紹觀念及術語。如本文使用的，術語「磁場感應元件」用於描述可感應磁場的各種電子元件。磁場感應元件可係，但未受限於霍爾效應元件、磁阻元件、或磁電晶體。眾所周知的，有不同種類的霍爾效應元件，例如，平面霍爾效應元件、垂直霍爾效應元件、及圓形霍爾效應元件。也係眾所周知的，有不同種類的磁阻元件，例如，各向異性磁阻（AMR）元件、巨磁阻（GMR）元件、穿隧磁阻（TMR）元件、銻化銦（InSb）元件、及磁穿隧接面（MTJ）元件。

眾所周知的，部分上述磁場感應元件意圖具有與支撐磁場感應元件之基材平行的最大靈敏度軸，且其他上述磁場感應元件意圖具有與支撐磁場感應元件之基材垂直的最大靈敏度軸。特別係多數，但非全部種類的磁阻元件意圖具有與基材平行的最大靈敏度軸，且多數，但非全部種類的霍爾效應元件意圖具有與基材垂直的靈敏度軸。

如本文所使用的，術語「磁場感應器」用於描述包括磁場感應元件的電路。磁場感應器使用在各種應用中，包括，但未受限於，感應由載流導體運載的電流所產生之磁場的電流感應器、感應鄰近鐵磁或磁性物件的磁開關（本文中也稱爲鄰近偵測器）、感應通過的鐵磁物品，例如，輪齒，的旋轉偵測器、及感應磁場之磁場密度的磁場感應器（例如，線性磁場感應器）。在本文中將線性磁場感應

器使用爲範例。然而，本文描述的電路及技術也施用至能偵測磁場的任何磁場感應器。

如本文所使用的，使用術語「磁場訊號」描述從由磁場感應元件經受之磁場產生的任何電路訊號。

下文描述之操作的參考場感應組態模式可用於調整（亦即，自校正）磁場感應器的靈敏度及/或位移電壓。然而，該參考場感應組態也可用於提供磁場感應器的自測試。亦即，若在操作的參考場模式期間未產生輸出訊號（或在線性磁場感應器的情形中，輸出訊號太低或太高），將磁場感應器視爲已故障。因此，如本文所使用的，使用術語「參考」以涵蓋靈敏度及/或位移電壓量測（自測試）及自校正。

參考圖 1，先前技術的磁場感應器 10 包括耦合在交換電路 12 內的霍爾效應元件 13。將交換電路 12 組態成產生回應於外部磁場的差動訊號 12a、12b。下文描述的許多訊號可係差動訊號，然而，術語差動未使用在所有實例中。在其他實施例中，部分或所有訊號係單端訊號。

交換電路 12 於下文結合圖 2-2C 更完整地描述。此處足以說交換電路 12 以頻率係 f_C 的時鐘將驅動訊號（未圖示）交換至霍爾效應元件 13。

磁場感應器 10 也包括耦合成接收差動訊號 12a、12b 並組態成產生截波訊號 14a、14b 的交換電路 14。交換電路 14 也以頻率係 f_C 的時鐘交換。交換電路 12 及交換電路 14 的組合操作將於下文結合圖 3-3C 更完整地描述。

將放大器 16 耦合成接收截波訊號 14a、14b 並組態成產生放大訊號 16a、16b。將交換電路 18 耦合成接收放大訊號 16a、16b 並組態成產生解多工訊號 18a、18b。交換電路 18 係以頻率係 f_C 的時鐘時控。將低通濾波器 20 耦合成接收解多工訊號 18a、18b 並組態成產生已濾波訊號 20a、20b。將 sinx/x（sinc）濾波器 22 耦合成接收已濾波訊號 20a、20b 並組態成產生來自磁場感應器 10 的輸出訊號 22a、22b。

在部分實施例中，sinc 濾波器 22 係具有頻率係 f_C 之第一陷波的交換電容器濾波器。然而，在其他實施例中，sinc 濾波器 22 數位地產生。在其他實施例中，sinc 濾波器 22 係類比非時控濾波器。

將理解提供給 sinc 濾波器 22 的時鐘頻率可係如圖所示的頻率 f_C，以提供頻率係 f_C 的陷波。然而，也將理解可將 sinc 濾波器 22 設計成使用不同頻率的時鐘訊號，但具有頻率係 f_C 的陷波。結合下列圖，將提供至 sinc 濾波器 22 的時鐘描述爲頻率係 f_C。然而，期望其爲頻率係 f_C 的陷波頻率。

將理解輸出訊號 22a、22b 係比例於霍爾效應元件 13 所經受之磁場的線性訊號，且磁場感應器 10 係線性磁場感應器。然而，在其他實施例中，比較器可接收輸出訊號 22a、22b，且因此藉由比較器產生的磁場感應器輸出訊號係二態訊號，且磁場感應器係磁開關。將理解在部分實施例中，僅使用低通濾波器 20 或 sinc 濾波器 22 之一者。

圖 1 之磁場感應器的操作在下文中結合圖 1A 描述。

現在參考圖 1A，圖形 26 包括具有任意單位之頻率單位的水平軸及具有任意單位之功率單位的垂直軸。

圖形 28 代表差動訊號 12a、12b（亦即，差動訊號 12a、12b 的頻譜），並顯示出現在可係指示 DC 外部磁場的零頻率之頻率的外部磁場訊號 Bexternal，加殘餘位移電壓 ResOff。根據時鐘頻率 f_C，霍爾效應位移電壓 HallOff 在不同頻率。此效應另外結合圖 2-2C 描述。

霍爾效應位移電壓 HallOff 對應於當交換電路 12 不交換時，亦即，當在一特定個別方向上引導通過霍爾效應元件的電流時，會存在於霍爾效應元件 13 之差動訊號 12a、12b 中的 DC 電壓誤差。如圖形 28 所示，藉由交換電路 12 的交換操作將霍爾效應位移電壓 HallOff 偏移至差動訊號 12a、12b 中的更高頻率（並藉由交換電路 14 的操作偏移回 DC，如結合圖形 30 於下文描述的）。殘餘位移電壓 ResOff 對應於殘留在差動訊號 12a、12b 中之 DC 的殘留位移訊號，即使在交換電路 12 正在交換時（並藉由交換電路 14 的操作偏移至更高頻道，如結合圖形 30 於下文描述的）。

圖形 30 代表在截波之後的訊號 14a、14b。藉由交換電路 14 的操作將霍爾效應位移電壓 HallOff 偏移至 DC，且訊號 Bexternal+ResOff 的頻率爲 f_C。

圖形 32 代表放大訊號 16a、16b。在圖形 32 中，將放大器 16 的 DC 位移加至在 DC 的霍爾效應位移電壓，導

致在 DC 的訊號 HallOff+AmpOff。

圖形 34 代表在交換電路 18 之後的訊號 18a、18b。如圖所示，訊號 Bexternal+ResOff 現在在 DC 且訊號 HallOff+AmpOff 目前的頻率爲 f_C。

圖形 36 代表在濾波器 20 之後的已濾波訊號 20a、20b。將濾波器 20 的分截頻率選擇成低於頻率 f_C。如所期望的，將訊號 HallOff+AmpOff 降低。

圖形 38 代表在 sinc 濾波器 22 之後的輸出訊號 22a、22b。將 sinc 濾波器 22 的陷波選擇成頻率爲 f_C，亦即，sinc 濾波器 22 的奈奎斯特頻率。僅有外部磁場訊號（加部分殘餘位移電壓）殘留在圖形 38 中及在訊號 22a、22b 中。已將霍爾效應位移電壓（）移除。

現在參考圖 2-2C，一種調變霍爾位移成分（例如，58）的交換式霍爾效應元件 50 包括霍爾效應元件（或霍爾板）52 及調變電路 54。霍爾效應元件 52 包括四個接點 52a、52b、52c、及 52d，如圖所示，各者耦合至個別開關 56a、56b、56c、及 56d 的第一終端。將開關 56b 及 56c 的第二終端耦合，以提供已交換霍爾輸出訊號正節點，此處標示爲 V_O+，並將開關 56a 及 56d 的第二終端耦合，以提供已交換霍爾輸出訊號負節點，此處標示爲 V_O-。

將額外開關 60a、60b、60c、及 60d 配置成將接點 52a、52b、52c、52d 選擇性耦合至供應電壓 V_S 及接地。更明確地說，如圖所示，開關 56b、56d、60a、及 60c 係由時鐘訊號 CLK 控制，且開關 56a、56c、60b、及 60d 係

由互補時鐘訊號 CLK/控制。時鐘訊號 CLK 及 CLK/具有二狀態或相位，相位Φ_0°及相位Φ_{90}°，如圖 2A 所示。

在操作中，在相位Φ_0°期間，電流從接點 52a 流至接點 52c，且差動已交換霍爾輸出訊號 $V_O+ - V_O-$等於 V_H+V_{op}，其中 V_{op} 係霍爾位移成分，且 V_H 係磁場訊號成分。在相位Φ_{90}°期間，電流從接點 52b 流至接點 52d，且差動已交換霍爾輸出訊號 $V_O+ - V_O-$等於 V_H-V_{op}。因此，調變電路 54 調變霍爾位移成分 V_{op}，其顯示在圖 2B 中。磁場訊號成分 V_H保持實質不變，如圖 2C 所示。

圖 3 的截波電路 70 可使用爲圖 1 的組合交換電路 12、14。

現在參考圖 3-3C，一種調變磁場訊號成分的交替截波電路 70（其可使用爲圖 1 的交換電路 12、14）包括霍爾效應元件 72 及調變電路 74。霍爾效應元件 72 與圖 2 之霍爾效應元件 52 相同，並包括四個接點 72a、72b、72c、及 72d，各者耦合至個別開關 76a、76b、76c、及 76d 的第一終端。將開關 76a 及 76b 的第二終端耦合，以提供已交換霍爾輸出訊號正節點 V_O+，並將開關 56c 及 56d 的第二終端耦合，以提供已交換霍爾輸出訊號負節點 V_O-。因此，圖 2 及 3 的比較揭露霍爾效應元件的輸出接點在Φ_{90}°相位期間互換。

將額外開關 80a、80b、80c、及 80d 配置成將接點 72a、72b、72c、72d 選擇性耦合至供應電壓 V_S 及接地。如圖所示，開關 76b、76d、80a、及 80c 係由時鐘訊號

CLK 控制，且開關 76a、76c、80b、及 80d 係由互補時鐘訊號 CLK/控制。如圖所示，時鐘訊號 CLK 及 CLK/與圖 2 之相似訊號完全相同，且因此具有二狀態或相位，相位 $\Phi_{0°}$及相位 $\Phi_{90°}$。

在操作時，在相位 $\Phi_{0°}$期間，電流從接點 72a 流至接點 72c，且差動已交換霍爾輸出訊號 $V_{O+} - V_{O-}$等於 V_H+V_{op}。在相位 $\Phi_{90°}$期間，電流從接點 72b 流至接點 72d，且差動已交換霍爾輸出訊號 $V_{O+} - V_{O-}$等於 $-V_H+V_{op}$。因此，調變電路 74 調變磁訊號成分，以提供已調變磁訊號成分 V_H，其顯示於圖 3C 中。霍爾位移成分 V_{op}保持實質不變，如圖 3B 所示。

將理解開關 80a-80d 可形成與圖 1 之交換電路 12 相同或相似的交換電路。也將理解開關 76a-76d 可形成與圖 1 之交換電路 14 相同或相似的交換電路。

在部分實施例中，圖 1 之交換電路 12 及交換電路 14 的組合係結合圖 3-3C 於上文描述的種類，而非結合圖 2-2C 於上文描述的種類。

現在參考圖 4，可將二霍爾效應元件並聯地耦合在一起。可使用並聯耦合的該等二霍爾效應元件取代結合圖 1-3C 於上文描述的任何單一霍爾效應元件。因此，可使用二個並聯霍爾效應元件的輸出（加及減）取代來自一個霍爾效應元件的正及負輸出。驅動訊號（未顯示於圖 4 中）可驅動該等二個並聯霍爾效應元件，正如彼等驅動以上任何圖中的該一個霍爾效應元件。

在本文中將霍爾效應元件的並聯配置稱爲已量測場感應組態，與於下文更完整地描述的參考場感應組態相反。

現在參考圖 5，可將圖 4 的該等二霍爾效應元件以參考場感應組態耦合在一起（亦即，重連接）。使用此配置，應理解該等二霍爾效應元件的組合未實質回應於該等二霍爾效應元件各者所經受之在相同方向上的外部磁場 B external。由於該等二霍爾效應元件的不匹配，可導致對外部磁場的殘餘回應，其會導致殘餘外部磁場訊號。

然而，也將理解回應於以參考場感應組態配置的該等二霍爾效應元件各者所經受之在不同方向上的二參考磁場 Bcoil，該等二磁場感應元件的組合確實產生輸出訊號 V_{Bcoil} 來作爲一非零輸出訊號。

現在參考圖 5A，再度顯示以參考場感應組態配置的該等二霍爾效應元件。此處，顯示該等二參考磁場 Bcoil 各者的二相位（方向）。基本上，回應於 AC 參考磁場，輸出訊號 V_{Bcoil} 係 AC 訊號。然而，當該等二霍爾效應元件以參考場感應組態配置時，輸出訊號具有來自外部磁場之實質爲零的成分，其在二霍爾效應元件係在相同方向上，與外部磁場是否係 DC 磁場或 AC 磁場無關。

現在參考圖 6，將二個磁場感應元件，彼等係相同的二個磁場感應元件，顯示成在二不同相位配置中。該等二不同相位配置係替代地藉由於下文結合圖 12 更完整地描述之交換電路實現。

如本文所使用的，辭「相位」使用在許多實例中，以

描述將二或多個磁場感應元件配置耦合成已量測場感應組態或參考場感應組態，並也描述通過參考場導體之電流的方向，其在此處顯示爲簡單導體，但其在下文描述的其他配置中，例如，在圖 12 中，可由二參考場導體部分組成。本文使用的辭相位並不指於下文更完整地描述的截波配置。

首先參考相位 1 配置，將該等二磁場感應元件以已量測場感應組態耦合，其與上文結合圖 4 描述的耦合配置相似或相同。如上文所述，使用此耦合配置，該等二磁場感應元件回應於可能自環境接收的外部磁場，並共同地產生所謂的「已量測磁場回應訊號」。

將參考場導體顯示爲虛線，該虛線指示沒有電流正由參考場導體運載。然而，在另一實施例中，參考場導體可能運載電流 IREF。

將承認由參考場導體運載的電流在該參考場導體周圍產生磁場。也將承認由於參考場導體的路徑，磁場具有在右手磁場感應元件進入頁及在左手磁場感應元件離開頁的方向。因此，藉由參考場導體產生二磁場在該等二磁場感應元件係在相反方向上。因爲該等二磁場感應元件以已量測場感應組態並聯耦合，且二者具有相同的回應方向，由二磁場感應元件回應於由參考場導體運載的電流所產生的輸出訊號將係零或接近零。

因此，當以已量測場感應組態耦合時，通過參考場導體的任何電流對由該等二磁場感應元件共同地產生的輸出

訊號具有些許或沒有影響。

相對地，回應於如可能從環境接收之在相同方向上通過該等二霍爾效應元件的已量測磁場，已量測磁場回應訊號部分不爲零。因此，當以相位 1 配置耦合時，該等二磁場感應元件不回應於由參考場導體產生的磁場，但回應於已量測磁場（外部或正常）。

在相位 2 配置中，將該等二磁場感應元件以參考場感應組態耦合，其與上文結合圖 5 及 5A 描述的耦合配置相似或相同。從上文的討論，將理解當在參考場感應組態中時，該等二磁場感應元件以相反方向回應垂直於該頁的磁場。

在該二磁場感應元件的相位 2 配置中，與顯示於相位 1 配置中之參考場導體相同的參考場導體運載電流 IREF。如上文在相位 1 配置中所描述的，電流 IREF 在二磁場感應元件產生在相反方向上的磁場。因爲在參考場感應組態中的該等二磁場感應元件具有對磁場的相反靈敏度，在電流 IREF 存在時，由該等二磁場感應元件產生在本文中稱爲「參考磁場回應訊號」的非零輸出訊號。因此，當以相位 2 配置耦合時，該等二磁場感應元件回應於由參考場導體產生的磁場，但不回應已量測磁場（外部或正常）。

磁場感應器可藉由交替來回於相位 1 及相位 2 配置之間而操作將從下文討論變得明顯。使用此交替配置，已量測場感應組態始終相同，且因此沒有該等二霍爾效應元件的截波應係明顯的。已量測場感應組態中的截波於下文結

合圖 7 及 10 更完整地描述。

總而言之，因爲已量測磁場回應訊號部分及參考磁場回應訊號部分來自相同的二磁場感應元件但係在不同時間取得，彼等在本文中簡單地稱爲回應於磁場的「磁場訊號」。

從以下圖，因爲該等二磁場感應元件，例如，圖 6 的該等二磁場感應元件的耦合來回交替，該磁場訊號當以已量測場感應組態耦合時具有回應於已量測磁場的已量測磁場回應訊號部分且當以參考場感應組態耦合時具有回應於參考磁場之參考磁場回應訊號部分二者將變得明顯。如更於下文描述的，因爲已量測場感應組態及參考場感應組態藉由使用分時多工而來回交替地發生，可藉由於下文更完整地描述的方式將已量測磁場回應訊號部分從參考磁場回應訊號部分開。

現在參考圖 7，將二個磁場感應元件，彼等係相同的二個磁場感應元件，顯示在四個不同的相位配置中，二個在已量測場感應組態中且二個在參考場感應組態中（與各組態關聯的 2X 截波配置）。該等四不同相位配置係藉由於下文結合圖 12 更完整地描述之交換電路循序地及重複地實現。

首先參考相位 1 配置，將該等二磁場感應元件以已量測場感應組態耦合，其與上文結合圖 4 描述的已量測場感應組態耦合配置相似或相同。如上文所述，使用此耦合配置，該等二磁場感應元件回應於可能接收自環境的外部磁

場，並共同地產生回應於已量測（外部）磁場的已量測磁場回應訊號部分。

將參考場導體顯示爲虛線，該虛線指示沒有電流正由參考場導體運載。然而，在另一實施例中，參考場導體可能運載電流。

在相位 2 配置中，將該等二磁場感應元件以參考場感應組態耦合，其與上文結合圖 5 及 5A 描述的參考場耦合配置相似或相同。從以上討論，將理解將該等二磁場感應元件以使得該等二磁場感應元件以相反方向回應垂直於該頁之磁場的方式耦合。

在該二磁場感應元件的相位 2 配置中，與顯示於相位 1 配置中之參考場導體相同的參考場導體運載電流 IREF。電流 IREF 在該等二磁場感應元件產生方向相反的二磁場。因爲在參考場感應組態中的該等二磁場感應元件具有對磁場的相反靈敏度，在電流 IREF 存在時，由該等二磁場感應元件產生係參考磁場回應訊號部分的非零輸出訊號。在相位 2 配置中，該等二磁場感應元件回應於藉由參考場導體產生的磁場且/或不回應已量測（外部）磁場。

在相位 3 配置中，將該等二磁場感應元件再度耦合成已量測場感應組態。然而，將該等二磁場感應元件耦合成具有與相位 1 配置中所示之極性相反的極性。該相反極性代表該等二磁場感應元件的上述截波部分，例如，結合圖 3-3C 所描述的。

在霍爾效應元件內的不同方向的箭號代表將驅動訊號

（未圖示）不同地耦合至個別霍爾效應元件的經選擇二接點。習知霍爾效應元件係四接點裝置，其中將該等接點的二者耦合以通過驅動電流，且其餘的二接點提供差動輸出訊號。將承認該等四個接點可用至少四種不同組態耦合。若將個別霍爾效應元件耦合成此等組態的二或多者，並算術地處理來自該等二或多種不同組態的輸出訊號（例如，加總或另外平均），經算術處理的訊號具有比取自該等不同組態之任何一者的輸出訊號更少的位移電壓。與不同組態關聯之輸出訊號的此加總或平均對應於上文提及的「截波」。

特別係圖 7 的配置，相位 1 及相位 3 的該等二已量測場感應組態代表二霍爾效應元件的 2x 截波。基本上，可算術地處理在不同時間發生的已量測磁場回應訊號部分，以降低位移電壓。

在該二磁場感應元件的相位 3 配置中，與顯示於相位 1 及相位 2 配置中之參考場導體相同的參考場導體未運載電流。然而，在另一實施例中，參考場導體可能運載電流。與相位 1 配置相同，在相位 3 配置中，共同取得的該等二磁場感應元件再度不回應由參考場導體運載之電流所產生的磁場，而回應於外部磁場。

在相位 4 配置中，將該等二磁場感應元件再度耦合成參考場感應組態。

在該等二磁場感應元件的相位 4 配置中，再度與顯示於相位 1、相位 2、及相位 3 配置中的參考場導體相同的

參考場導體運載電流 IREF，但係在與相位 2 配置所示的方向相反的方向上。在與相位 2 配置相同的相位 4 配置中，總而言之該等二磁場感應元件回應於由電流 IREF 產生的磁場，且不回應於外部磁場。

總而言之，因爲已量測磁場回應訊號部分及參考磁場回應訊號部分來自相同的二磁場感應元件，彼等在本文中簡單地稱爲回應於磁場的「磁場訊號」。

從以下圖，因爲該等二磁場感應元件，例如，圖 7 的該等二磁場感應元件，的耦合來回交替，該磁場訊號當以已量測場感應組態耦合時具有回應於已量測磁場的已量測磁場回應訊號部分且當以參考場感應組態耦合時具有回應於參考磁場之參考磁場回應訊號部分二者將變得明顯。因爲已量測場感應組態及參考場感應組態藉由使用分時多工而來回交替地發生，可藉由於下文更完整地描述的方式將已量測磁場回應訊號部分從參考磁場回應訊號部分分開。

現在參考圖 8，圖形 100 包括具有任意時間單位尺度的水平軸及具有任意電壓單位尺度的垂直軸。磁場訊號 102 代表在該等四個相位期間可能藉由，例如，結合圖 7 於上文描述之該等二磁場感應元件產生的磁場訊號。

圖形 100 顯示四個時間週期 t0-t1、t1-t2、t2-t3、t3-t4。該等時間週期 t0-t1、t1-t2、t2-t3、t3-t4 的每一者對應於圖 7 之相位 1、相位 2、相位 3、及相位 4 的個別一者。磁場訊號 102 包括當圖 7 之該等二磁場感應元件循序地通過四個相位，相位 1、相位 2、相位 3、及相位 4

時，可能由該等二磁場感應元件產生的已量測磁場回應訊號部分 102a、參考磁場回應訊號部分 102b、已量測磁場回應訊號部分 102c、及參考磁場回應訊號部分 102d。

該等二已量測磁場回應訊號部分 102a、102c 具有代表可能由該等二磁場感應元件感應的外部磁場之振幅的振幅，由於驅動訊號的不同耦合，具有在相位 1 中先在一方向上，然後在相位 3 中在另一方向上的振幅。

該等二參考磁場回應訊號部分 102b、102d 具有代表可能由通過圖 6 之參考場導體之電流 IREF 產生的參考磁場（具有在相反方向上的二參考磁場部）之振幅的振幅，在相位 2 中先在一方向上，然後在相位 4 中在另一方向上。

磁場訊號 102 具有位移電壓 104。因此，該等二已量測磁場回應訊號部分 102a、102c 具有中心約在位移電壓 104 的振幅。相似地，該等二參考磁場回應訊號部分 102b、102d 具有中心約在位移電壓 104 的振幅。

應理解位移電壓 104 係不可取的。藉由於下文更完整描述的技術，可移除位移電壓 104。

現在參考圖 9，將其中與圖 8 的相似元件顯示爲具有相似的參考指示符，圖形 120 具有與結合圖 8 顯示之該等軸相同的水平軸及相同的垂直軸。然而，此處僅將二已量測磁場回應訊號部分 102a、102c 顯示爲可藉由分時多工從圖 8 的磁場訊號 102 分離。

現在參考圖 10，將其中與圖 8 的相似元件顯示爲具

有相似的參考指示符，圖形 140 具有與結合圖 8 顯示之該等軸相同的水平軸及相同的垂直軸。然而，此處僅將二參考磁場回應訊號部分 102b、102d 顯示爲可藉由分時多工從圖 8 的磁場訊號 102 分離。

現在參考圖 11，再度顯示二磁場感應元件，但此處具有八個不同相位，亦即，該等磁場感應元件的耦合及通過導體的電流方向。如同使用圖 6 及 7 的配置，具有以已量測場感應組態（亦即，在量測時間週期期間）及以參考場感應組態（亦即，在參考時間週期期間）耦合的磁場感應元件交替來回於相位 1、相位 2、相位 3、相位 4、相位 5、相位 6、相位 7、相位 8 之間（與各組態關聯的 4X 截波配置）。此處顯示電流在該等二磁場感應元件的每隔一個相位在方向上交替。

再度，當在相位 1、相位 3、相位 5、及相位 7 的已量測場感應組態中時，可將通過導體的電流關閉，其藉由虛線表示。

相位 1、相位 3、相位 5、相位 7 各者的已量測場感應組態具有藉由該等二磁場感應元件內之不同方向的箭號表示之驅動訊號（未圖示）的不同耦合（亦即，四種不同耦合）。依據該等四種不同耦合，當在已量測場感應組態中時，將承認顯示於圖 11 中的配置係 4x 截波配置，並可將來自此等四種不同相位的輸出訊號加總或另外平均，以實現位移電壓的降低。

現在參考圖 12，磁場感應器 200 包括此處以導電參

考場線圈的形式顯示的二參考場導體 206a、206b，由線圈組成的各參考場線圈在彼此相反的方向上卷繞，以回應於流過該等二參考場導體的電流，在相反方向上產生磁場。將該等二參考場導體 206a、206b 串聯耦合，並耦合成藉由交換電路 204 接收電流 202。回應於控制訊號 204a，可操作交換電路 204 以週期地性將通過該等二參考場導體 206a、206b 之電流 202 的方向反轉。

磁場感應器 200 也包括二磁場感應元件 208、210，此處以二霍爾效應元件的形式顯示。該等二磁場感應元件 206、208 耦合在交換電路 212 中。雖然顯示二磁場感應元件 208、210，在其他實施例中，相似的電路或功能可使用二或多個磁阻元件實現。

回應於控制訊號 212a，可操作交換電路 212 以將該等二磁場感應元件 208、210 來回耦合成結合圖 6、7、及 11 於上文顯示的已量測場感應組態及參考場感應組態。該交換來回可，當在如圖 6 表示的已量測場感應組態中時，不具有截波，當在如圖 7 表示的已量測場感應組態中時，具有 2x 截波，當在如圖 11 表示的已量測場感應組態中時，具有 4x 截波，或其他截波配置。

可係不同電子磁場訊號的磁場訊號係藉由參考指示符 A 識別。如上文描述的，磁場訊號，在參考指示符 A，可包括當以已量測場感應組態耦合時回應於已量測磁場（且不回應於參考磁場）的已量測磁場回應訊號部分，以及當以參考場感應組態耦合時回應於參考磁場（且不回應於已

量測磁場）的參考磁場回應訊號部分二者。該等二訊號部分可週期性且交替地發生，例如，如結合圖 6、7、或 11 於上文描述的。

將交換電路 214 耦合成接收差動訊號，亦即，磁場訊號，在參考指示符 A，並組態成產生藉由參考指示符 B 識別之顯示爲差動訊號的已交換訊號。應理解與交換電路 212 組合的交換電路 214 提供該等二磁場感應元件 208、210 的完整截波，且交換電路 214、212 可分別與圖 3 之開關 80a-80d、及 76a-76d 比較。然而，與顯示 2X 截波之圖 3-3C 的配置不同，圖 12 的交換電路 212、214 代表，例如，如圖 11 中所示的 4X 截波。

將交換電路 214 耦合成接收控制訊號 214a。將放大器 216 耦合成接收已交換訊號，在參考指示符 B，並組態成產生藉由參考指示符 C 識別之顯示爲差動訊號的放大訊號。

在第一電路通道的一部分中，亦即，已量測場感應通道（在本文中也稱爲「主電路通道」），將交換電路 218 耦合成接收差動訊號，在參考指示符 C，並組態成產生藉由參考指示符 D 之顯示爲差動訊號的已交換訊號。

在第一電路通道的另一部分中，將濾波器電路 220 耦合成接收差動訊號，在參考指示符 D，並組態成產生由另一濾波電路 222 所接收的已濾波訊號。濾波電路 222 可組態成產生藉由參考指示符 F 識別之顯示爲差動訊號的訊號。訊號，在參考指示符 F 可係上述的已量測磁場回應訊

號部分。

在第二電路通道的一部分中，亦即，參考場感應通道，其也可提供所謂的「回饋電路路徑」，將交換電路224耦合成接收差動訊號，在參考指示符 C，並組態成產生藉由參考指示符 E 之顯示爲差動訊號的已交換訊號。

在第二電路通道的另一部分中，將濾波器電路 226 耦合成接收已交換訊號，在參考指示符 E，並組態成產生藉由藉由另一濾波器電路 228 接收的已濾波訊號。可將濾波器電路 228 組態成產生藉由參考指示符 G 識別之顯示爲差動訊號的訊號。訊號，在參考指示符 G，可係上述的參考磁場回應訊號部分。

訊號，在參考指示符 F 及 G，亦即，已量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F，及參考磁場回應訊號部分，在參考指示符 G(在此也被參考爲校正訊號(VCAL))，可重複地及週期地來回發生。

磁場感應器 200 也可包括耦合成接收參考磁場回應訊號部分，在參考指示符 G，耦合成接收參考電壓 VREF、並組態成產生誤差訊號 219a 的放大器 219。可將偏壓電路 230 耦合成接收誤差訊號 219a 並組態成產生偏壓訊號 230a、230b，彼等在部分實施例中，可係組態成經由交換電路 212 驅動及通過該等二磁場感應元件 208、210 之各個別一者的二接點的電流訊號。

在操作時，誤差訊號 219a 控制偏壓訊號 230a、230b 的振幅。相對於參考電壓 VREF 太大的參考磁場回應訊號

部分，在參考指示符 G 導致偏壓訊號 230a、230b 降低。因此，磁場感應器 200 的有效增益或靈敏度相關於參考電壓 VREF 受控制。

在部分替代實施例中，誤差訊號 219a 替代地控制放大器 216 的增益。

在部分其他替代實施例中，不使用放大器 219，而替代地藉由另一處理器（未圖示）接收及使用參考磁場回應訊號部分，在參考指示符 G，以相對於量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F，調整訊號的振幅。

磁場感應器 200 的其他操作於下文結合圖 13-24 描述。特別係圖 13 顯示當該等二磁場感應元件 208、210 重複地且週期地耦合成已量測場感應組態時圖 12 的磁場感應器 200。相似地，圖 19 顯示當該等二磁場感應元件 208、210 重複地且週期地耦合成，例如，圖 7 之參考場感應組態時圖 12 的磁場感應器 200。

現在參考圖 13，其中將圖 12 的相似元件顯示成具有相似的指示符，顯示圖 12 之磁場感應器 200 的磁場感應器部分 300，但僅具有第一通道，其產生已量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F。

當該等二磁場感應元件 208、210 重複地且週期地耦合成已量測場感應組態時，可將交換電路 204 耦合成任何組態。此處顯示交換電路 204 不具有開關，意謂著每次藉由交換電路 212 將該等二磁場感應元件 208、210 耦合成已量測場感應組態時，交換電路 204 係透通。

又，當在已量測場感應組態中時，可將通過該等二參考場導體 206a、206b 的電流 202 設定爲零。將從以上討論理解當該等二磁場感應元件 208、210 耦合成已量測場感應組態時，總而言之彼等回應在相同方向上的磁場且不回應會藉由二參考場導體 206a、206b 產生在相反方向上的磁場。因此，可將電流 202 設定爲零以節省電力。

交換電路 214 係藉由待交換之交換電路 214 內側的交換符號顯示，意謂著每次該等二磁場感應元件 208、210 的已量測場感應組態耦合藉由交換電路 212 發生時，交換電路 214 將該等二磁場感應元件 208、210 及放大器 216 之間的耦合反向。此導致磁場訊號，在參考指示符 A 之成分的頻率偏移，如更將於下文描述的。

交換電路 218 也藉由待交換之交換電路 218 內側的交換符號顯示，再次意謂著每次該等二磁場感應元件 208、210 的已量測場感應組態耦合藉由交換電路 212 發生時，交換電路 218 將放大器 216 及濾波器電路 220 之間的耦合反向。此也導致放大訊號，在參考指示符 C 之成分的另一頻率偏移，如更將於下文描述的。

如所指示的，控制訊號 214a、218a 以 fck 的交換速率交換個別的交換電路 214、218。相對地，交換電路 212 以 2fck 的交換速率交換，意謂著交換電路 212 在控制訊號 212a 的每隔一個時鐘週期上實現該等二磁場感應元件 208、210 的已量測場感應組態。

圖 14-18 顯示使用以正常組態操作模式重複地且週期

地耦合的該等二磁場感應元件 208、210 發生在磁場感應器 200 的磁場感應器部分 300 內之訊號，在參考指示符 A、B、C、D、及 F 的頻域圖。特別係圖 14-18 代表圖 11 之用於已量測場感應組態操作模式的 4x 截波。

現在參考圖 14，圖形 320 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 320 包括當存在固定的，亦即，不變的磁場時的三條譜線。該磁場係經感應或外部磁場。

圖形 320 代表與圖 13 之磁場感應器部分 300 關聯的磁場訊號，在參考指示符 A，亦即，當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成已量測場感應組態時取得的磁場訊號，在參考指示符 A。

第一譜線（左）以 DC 發生並具有對應於外部或經感應磁場之振幅 Bext 加上藉由圖 13 之該等二磁場感應元件 208、210 產生的不可取殘留位移電壓（在截波後）的振幅。

第二譜線以 fck/2 的頻率發生，並導致上述 4X 截波。

第三譜線以 fck 的頻率發生，並也導致上述 4X 截波。基本上，可將 4X 截波視爲一者正在另一者之後的二個 2X 截波，且因此頻率係 fck 的譜線與若使用 2X 截波會發生的譜線相似。

現在參考圖 15，圖形 330 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 330 包括

當存在固定的，亦即，不變的磁場時的三條譜線。該磁場係經感應或外部磁場。

圖形 330 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成已量測場感應組態時取得之與圖 13 之磁場感應器部分 300 關聯的磁場訊號，在參考指示符 B。

如可看到的，藉由圖 12 及 13 之交換電路 214 的操作，已將頻率偏移。

第一譜線（左）以 DC 發生，並具有與圖 14 之第三譜線的振幅相關的振幅。

第二譜線以 fck/2 的頻率發生，並具有與圖 14 之第二譜線的振幅相關的振幅。

第三譜線以 fck 的頻率發生，並具有與圖 14 之第一譜線的振幅相關，對應於外部或經感應磁場之振幅 Bext 加上藉由圖 13 之該等二磁場感應元件 208、210 產生的不可取殘留位移電壓（在截波後）的振幅。

現在參考圖 16，圖形 340 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 340 包括當存在固定的，亦即，不變的磁場時的三條譜線。該磁場係經感應或外部磁場。

圖形 340 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成已量測場感應組態時取得之與圖 13 之磁場感應器部分 300 關聯的磁場訊號，在參考指示符 C。

如可見的，放大器 216 將位移成分 AmpOff 加至以 DC 出現之圖 15 的第一譜線。另外，圖 16 的三條譜線與

圖 15 的相同，但依據放大器 216 的增益縮放。

現在參考圖 17，圖形 350 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 350 包括當存在固定的，亦即，不變的磁場時的三條譜線。該磁場係經感應或外部磁場。

圖形 350 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成已量測場感應組態時取得之與圖 13 之磁場感應器部分 300 關聯的磁場訊號，在參考指示符 D。

如可看到的，藉由圖 12 及 13 之交換電路 218 的操作，已將頻率偏移。

第一譜線（左）以 DC 發生，並具有與圖 16 之第三譜線的振幅相關，對應於外部或經感應磁場之振幅 Bext 加上藉由圖 13 之該等二磁場感應元件 208、210 產生的不可取殘留位移電壓（在截波後）的振幅。

第二譜線以 fck/2 的頻率發生，並具有與圖 16 之第二譜線的振幅相關的振幅。

第三譜線以 fck 的頻率發生，並具有與圖 16 之第一譜線的振幅相關的振幅。

現在參考圖 18，圖形 360 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 360 包括當存在固定的，亦即，不變的磁場時的一條譜線。該磁場係經感應或外部磁場。

圖形 360 代表當該等二磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成已量測場感應組態時取得之與圖 13 之

磁場感應器部分 300 關聯的量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F。

如可看到的，藉由圖 12 及 13 之濾波器電路 220、222 的操作，已將圖 17 的部分頻譜成分移除，僅留下在 DC 之具有對應於外部、或經感應磁場的振幅 Bext 加上藉由圖 13 之該等二磁場感應元件 208、210 產生的不受期望的殘留位移電壓 ResOff（在截波後）之振幅的譜線。圖 18 的譜線代表上述已量測磁場回應訊號部分。

現在參考圖 19，其中將圖 12 的相似元件顯示成具有相似的指示符，僅具有第二通道的圖 12 之磁場感應器 200 的磁場感應器部分 400 包括所示元件，該第二通道產生已量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 G。

當該等二磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時，交換電路 204 交換，以在每次藉由交換電路 212 將該等二磁場感應元件 208、210 耦合成參考場感應組態時，將電流 202 的方向反轉。

當在參考場感應組態中時，可將通過該等二參考場導體 206a、206b 的電流 202 設定爲 IREF 的值。將從以上討論理解當該等二磁場感應元件 208、210 以參考場感應組態耦合時，總而言之彼等回應於會由該等二參考場導體 206a、206b 在相反方向上產生之在相反方向上的磁場，且不回應於會係外部或經感應磁場之在相同方向上的磁場。

將交換電路 214 顯示成不交換，意謂著每次該等二磁

場感應元件 208、210 的參考場感應組態耦合藉由交換電路 212 發生時，交換電路 214 只通過磁場訊號，在參考指示符 A，在參考指示符 B，作爲訊號至放大器 216 而不交換。此導致磁場訊號，在參考指示符 A 之成分無頻率偏移，另於下文描述。

相對的，交換電路 224 藉由待交換之交換電路 224 內側的交換符號顯示，意謂著每次該等二磁場感應元件 208、210 的參考場感應組態耦合藉由交換電路 212 發生時，交換電路 218 將放大器 216 及濾波器電路 226 之間的耦合反向。此導致放大訊號，在參考指示符 C 之成分的頻率偏移，如更將於下文描述的。

如所指示的，控制訊號 204a、224a 以 fck 的交換速率交換個別的交換電路 204、224。相對地，交換電路 212 以 2fck 的交換速率交換，意謂著交換電路 212 在控制訊號 212a 的每隔一個時鐘週期上實現該等二磁場感應元件 208、210 的參考場感應組態，並在其他時鐘週期上實施已量測場感應組態。

圖 20-24 顯示使用以參考場感應組態操作模式重複地且週期地耦合的該等二磁場感應元件 208、210 發生在磁場感應器 200 的磁場感應器部分 400 內之訊號，在參考指示符 A、B、C、E、及 G 的頻域圖。特別係圖 20-24 代表圖 11 之用於參考場感應組態操作模式的 4x 截波。

現在參考圖 20，圖形 420 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 420 包括

當藉由交換電路 204 之操作週期性地反向之電流 202 產生的週期性反向參考磁場存在時的二譜線。

圖形 420 代表與圖 19 之磁場感應器部分 400 關聯的磁場訊號，在參考指示符 A，亦即，當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時取得的磁場訊號，在參考指示符 A。

第一譜線（左）以 DC 發生並具有對應於外部或經感應磁場之殘餘靈敏度的振幅 ResBext 加上藉由圖 19 之該等二磁場感應元件 208、210 產生的不可取位移電壓（無截波）的振幅。

第二譜線以 fck 的頻率發生，並具有與藉由該等二參考場導體 206a、206b 產生的參考磁場之振幅對應的振幅 Bcal。此譜線已藉由交換電路 204 的交換操作偏移至頻率 fck。

現在參考圖 21，圖形 430 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 430 包括當藉由交換電路 204 之操作週期性地反向之電流 202 產生的週期性反向參考磁場存在時的二譜線。

圖形 430 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時取得之與圖 19 之磁場感應器部分 400 關聯的訊號，在參考指示符 B。

因爲當該等二磁場感應元件 208、210 耦合成參考場感應組態時，圖 12 及 19 的交換電路 214 僅作爲透通使用，圖形 430 具有與圖 20 之圖形 420 相同的譜線。

現在參考圖 22，圖形 440 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 440 包括當藉由交換電路 204 之操作週期性地反向之電流 202 產生的週期性反向參考磁場存在時的二譜線。

圖形 440 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時取得之與圖 19 之磁場感應器部分 400 關聯的訊號，在參考指示符 C。

如可見的，放大器 216 將位移成分 AmpOff 加至以 DC 出現之圖 21 的第一譜線。另外，圖 22 的二條譜線與圖 21 的相同，但依據放大器 216 的增益縮放。

現在參考圖 23，圖形 450 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 450 包括當藉由交換電路 204 之操作週期性地反向之電流 202 產生的週期性反向參考磁場存在時的二譜線。

圖形 450 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時取得之與圖 19 之磁場感應器部分 400 關聯的磁場訊號，在參考指示符 E。

如可看到的，藉由圖 12 及 19 之交換電路 224 的操作，已將頻率偏移。

第一譜線（左）以 DC 發生，並具有與圖 22 之第二譜線的振幅相關，並與藉由二參考場導體 206a、206b 產生的參考磁場之振幅對應的振幅 Bcal。此譜線藉由交換電路 224 的操作偏移至 DC。

第二譜線以 fck 的頻率發生，並具有與圖 22 之第一

DC 譜線的振幅相關的振幅。

現在參考圖 24，圖形 460 具有任何頻率單位尺度的水平軸及具有任何振幅單位尺度的垂直軸。圖形 460 包括一譜線。

圖形 460 代表當該等磁場感應元件 208、210 重複地及週期地耦合成參考場感應組態時取得之與圖 19 之磁場感應器部分 400 關聯的參考磁場回應訊號部分，在參考指示符 G。

如所看到的，藉由圖 12 及 19 之濾波器電路 226、228 的操作，已將圖 23 的其他頻譜成分移除，僅留下在 DC 之具有與參考磁場的振幅 Bcal 對應之振幅的譜線。圖 23 的譜線代表上述參考磁場回應訊號部分。

雖然在本文中電路及技術可能依據磁場感應器的校正描述，應理解可將相同技術用於提供磁場感應器的自測試。亦即，可藉由，例如，另一處理器調查圖 12 及 19 之參考磁場回應訊號部，在參考指示符 G，以識別該訊號是否在可接受限制內。

現在參考圖 25，在其中將圖 12 的相似元件顯示成具有相似指示符，除了圖 12 的濾波器電路 228 及放大器 219 爲交換電容器電路 476 所置換，磁場感應器 470 與圖 12 的磁場感應器 200 相似。交換電容器電路 476 於下文結合圖 26 更完整地描述。然而，足以說交換電容器電路 476 可提供具有與濾波器電路 228 相似之 sinx/x（sinc）轉移函數特徵的轉移函數及其他濾波器特徵。交換電容器

電路 476 也可提供藉由單位增益帶寬特徵化的帶寬。

交換電容器電路 476 可與顯示及描述在指定給本發明的受讓人之於 2011 年 8 月 2 日發佈之美國專利序號第 7990209 號中的交換電容器電路之一者相同或相似，其教示全文以提及之方式併入本文中。

磁場感應器 470 包括具有時鐘頻率產生器 480 的控制電路 478，該時鐘頻率產生器組態成在第一時間週期具有第一再分配時鐘頻率且在第二時間週期具有第二再分配時鐘頻率產生再分配時鐘訊號 480a。在部分實施例中，時鐘頻率產生器 480 更組態成產生具有樣本時鐘頻率的樣本時鐘訊號 480b，其在第一及第二時間週期期間可係相同頻率。

將交換電容器電路 476 耦合成接收再分配時鐘訊號 480a 及樣本時鐘訊號 480b。交換電容器電路 476 形成具有可選擇單位增益頻率的積分器，其中第一單位增益頻率在第一時間週期期間相關於第一再分配時鐘頻率，且第二單位增益頻率在第二時間週期期間相關於第二再分配時鐘頻率。單位增益頻率於下文結合圖 27-31 更完整地描述。將理解積分器在 DC 具有非常高的增益。

在部分實施例中，可將偏壓電路 482 耦合成從交換電容器電路 476 接收訊號 476a，並組態成產生可驅動或另外影響至二磁場感應元件 208、210 之驅動電流的偏壓訊號 482a、482b。因此，將理解偏壓訊號 482a、482b 可影響該等二磁場感應元件 208、210 的靈敏度。

一主電路路徑 472 組態成產生與藉由當耦合成上述已量測場感應組態時的磁場感應元件 208、210 感應之已量測磁場相關的量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F。主電路路徑具有所謂的「電路參數」，例如，靈敏度及/或增益。

一回饋電路路徑 474 組態成產生與藉由參考場導體 206a、206b 產生並藉由當耦合成上述參考場感應組態時的磁場感應元件 208、210 感應之參考磁場相關的校正訊號 VCAL。也將回饋電路路徑 474 組態成產生耦合成控制主電路路徑 472 之上述電路參數（亦即，靈敏度）的訊號 476a（在此實施例中也係 482a、482b）。

回饋電路路徑 474 包括在回饋迴路 484 中。回饋迴路 484 也包括主電路路徑 472 的部分元件。

如上文所述，將交換電容器電路 476 耦合成接收再分配時鐘訊號 480a。再分配時鐘訊號 480a 導致交換電容器電路 476 除了上述藉由再分配時鐘訊號 480a 控制的單位增益頻率外，還具有陷波特徵，其具有與再分配時鐘訊號 480a 之頻率相關的陷波頻率。依次地，樣本時鐘訊號 480b 的頻率可相關於再分配時鐘訊號的頻率，例如，再分配時鐘訊號 480a 之頻率的 2^n 倍的因子。通常，陷波特徵的最低頻率陷波以再分配時鐘訊號 480a 的頻率發生，且較高頻率陷波以樣本時鐘訊號 480b 的頻率發生。

在部分實施例中，在第一時間週期之後的第二時間週期期間發生的第二再分配時鐘頻率可低於在第一時間週期

期間發生的第一再分配時鐘頻率。

在部分實施例中，可將時鐘頻率產生器 480 組態成產生在多於二個別不同時間具有多於二再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號 480a。

在部分實施例中，第一時間週期可在接近磁場感應器 470 啓始的時間開始，且第二時間週期可在接近第一時間週期結束的時間開始。

在部分實施例中，可將磁場感應器 470 設置成鄰近目標物件（未圖示），並可將磁場感應器 470 組態成感應目標物件的移動。針對此等實施例中，第一時間週期可在接近該目標物件之第一移動的時間開始，且第二時間週期可在接近第一時間週期結束的時間開始。

在部分實施例中，由回饋電路路徑 474 控制之主電路路徑 472 的電路參數可係主電路路徑 472 對磁場的靈敏度。結果，訊號 476a 可如上述地藉由偏壓電路 482 控制磁場感應元件 208、210 的靈敏度。然而，在其他實施例中（未圖示），訊號 476a 可控制放大器增益，例如，放大器 216 的增益，以控制主電路路徑 472 的靈敏度，以實現相似結果。

在控制磁場感應元件之靈敏度的部分實施例中，偏壓電路 482 將偏壓訊號 482a、482b 產生爲電壓訊號。在其他實施例中，偏壓電路 482 將偏壓訊號 482a、482b 產生爲電流訊號。可將磁場感應元件 208、210 耦合成接收該等電壓訊號或電流訊號。

在結合圖 32 於下文更完整地描述的部分實施例中，由回饋電路路徑 474 控制之主電路路徑 472 的電路參數可包括主電路路徑的位移電壓。

在結合圖 30 及 31 於下文更完整地描述的部分實施例中，可選擇交換電容器電路 476 的第一單位增益頻率及交換電容器電路 476 的第二單位增益頻率以提供迴路穩定性。

在部分實施例中，磁場感應元件 208、210 包含至少二霍爾效應元件。

在部分實施例中，磁場感應元件 208、210 包含至少二磁阻元件。

如結合圖 12 於上文描述的，主電路路徑 472 可包括第一交換電路 212 及第二交換電路 204，彼等的功能於上文結合圖 12 描述。

結合圖 12-18 顯示及描述於上文中的主電路路徑訊號，在參考指示符 A、B、C、D 及 F 也顯示在圖 25 中。主電路路徑 472 的操作及其中的訊號，在參考指示符 A、B、C、D、及 F 與結合圖 12-18 於上文描述的相同。

回饋電路路徑訊號，在參考指示符 E 與結合圖 13 及 23 顯示及描述於上文的訊號，在參考指示符 E 相似。回饋電路路徑訊號，在參考指示符 G'及 G"產生與結合圖 13 及 24 顯示及描述於上文中的訊號，在參考指示符 G 相似。然而，訊號，在參考指示符 G'及 G"受與藉由圖 19 之濾波器電路 228 提供的濾波不同的濾波。訊號，在參考指

示符 G'及 G"，也傾向於具有緩慢改變的訊號，與圖 24 中指示的 DC 頻率不同。又，訊號，在參考指示符 G'，運載與校正訊號 VCAL 有關的資訊，而訊號 G"運載校正訊號 VCAL 如何與參考電壓 VREF 不同的資訊。

如結合圖 12-18 於上文描述的，主電路路徑 472 可係時間多工的，以在量測時間期間週期選擇及處理代表已量測磁場回應訊號部分的上述訊號，且回饋電路路徑 474 可係時間多工的，以在與量測時間週期交錯的參考時間週期期間選擇及處理代表參考磁場回應訊號部分的上述訊號。

可將主電路路徑 472 組態成將輸出已量測磁場回應訊號部分，在參考指示符 F，產生爲代表已量測磁場回應訊號部分的第一感應器輸出訊號。如結合圖 12 及 19-24 於上文描述的，可將回饋電路路徑 474 組態成將校正訊號 VCAL 產生爲代表參考磁場回應訊號部的第二不同感應器輸出訊號。在部分實施例中，校正訊號 VCAL 對磁場感應器 470 係內部的，並使用爲自校正訊號。在其他實施例中，可將校正訊號 VCAL 使用爲在磁場感應器 470 外側提供的自測試訊號。

現在參考圖 26，可將交換電容器電路 500 使用爲圖 25 的交換電容器電路 476。交換電容器電路 500 可包括由複數個開關圍繞的複數個電容器，形成積分器配置。

在第一通道中，將開關 504a、506a 耦合至電容器 502a 的一側。將開關 504a 耦合成接收正參考電壓（臨界）VREF+，並由樣本時鐘訊號 CLKS 所控制。正參考電

壓 VREF+可與圖 25 之參考電壓 VREF 之一側相同或相似。樣本時鐘訊號 CLKS 可與圖 25 之樣本時鐘訊號 480b 相同或相似。將開關 506a 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。再分配時鐘訊號 CLKR 可與圖 25 之樣本時鐘訊號 480a 相同或相似。

也在第一通道中，將開關 508a、510a 耦合至電容器 502a 的另一側。將開關 508a 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。將開關 510a 耦合至放大器 512 的非反向輸入，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

在第二通道中，將開關 504b、506b 耦合至電容器 502b 的一側。將開關 504b 耦合成接收負參考電壓（臨界）VREF-，並由樣本時鐘訊號 CLKS 所控制。負參考電壓 VREF-可與圖 25 之參考電壓 VREF 之一側相同或相似。將開關 506b 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

也在第二通道中，將開關 508b、510b 耦合至電容器 502b 的另一側。將開關 508b 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。將開關 510b 耦合至放大器 512 的反向輸入，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

在第三通道中，將開關 504c、506c 耦合至電容器 502c 的一側。將開關 504c 耦合成接收負校正訊號 VCAL-，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。負校正訊號 VCAL-可與

圖 25 之校正訊號 VCAL 之一側相同或相似。將開關 506c 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

也在第三通道中，將開關 508c、510c 耦合至電容器 502c 的另一側。將開關 508c 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。將開關 510c 耦合至放大器 512 的非反向輸入，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

在第四通道中，將開關 504d、506d 耦合至電容器 502d 的一側。將開關 504d 耦合成接收正校正訊號 VCAL+，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。正校正訊號 VCAL+可與圖 25 之校正訊號 VCAL 之一側相同或相似。將開關 506d 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

也在第四通道中，將開關 508d、510d 耦合至電容器 502d 的另一側。將開關 508d 耦合成接收共同模式電壓 VCM，並由樣本時鐘訊號 CLKS 控制。將開關 510d 耦合至放大器 512 的非反向輸入，並由再分配時鐘訊號 CLKR 控制。

來自第一及第三通道的輸出係並聯的，且來自第二及第四通道的輸出係並聯的。

放大器 512 產生差動訊號 512a、512b。

將電容器 514 耦合在放大器 512 的非反向輸入及放大器 512 的正側差動訊號 512a 之間。將電容器 516 耦合在

放大器 512 的反向輸入及放大器 512 的負側差動訊號 512b 之間。

應理解交換電容器電路 500 採用差分積分器的形式。也應理解交換電容器電路 500 提供 sinx/x（sinc）型轉移函數，針對其的第一陷波相關於再分配時鐘訊號 CLKR 的頻率。也應理解交換電容器電路 500 提供具有依據再分配時鐘訊號 CLKR 的頻率控制之單位增益頻率的轉移函數。通常，單位增益頻率良好地在陷波頻率內。

在操作時，藉由改變再分配時鐘訊號 CLKR 的頻率，可改變單位增益頻率。因爲將交換電容器電路 500 使用在回饋迴路中，例如，圖 25 的回饋迴路 484，圖 25 之磁場感應器 470 的自校正（或自測試）速度或速率可相關於再分配時鐘訊號 CLKR 的頻率。

再度簡短地參考圖 25，在部分應用中，在部分時間，例如，在緊接於磁場感應器 470 供電之後的時間，迅速地實施磁場感應器 470 的自校正（或自測試）係可取的。迅速校正可藉由增加回饋電路路徑 474 的帶寬而實現，亦即，藉由增加交換電容器電路 476 的單位增益頻率。結合圖 27-31 於下文更完整地描述該效應。然而，若在磁場感應器 470 的操作中始終維持此增加帶寬，將理解磁場感應器的解析度及至少回饋電路路徑 474 的雜訊效能會退化。因此，在其他時間，例如，當磁場感應器 470 已自校正（或自測試）及操作時的時間，使用較小帶寬持續磁場感應器 470 的自校正（或自測試），亦即，較不迅速

地係可取的。較不迅速的自校正（或自測試）可藉由減少回饋電路路徑 474 的帶寬而實現，亦即，藉由減少交換電容器電路 476 的單位增益頻率。

因此，可使用圖 25 的時鐘頻率產生器 480 提供在不同時間具有不同頻率的再分配時鐘訊號 480a。在部分實施例中，再分配時鐘訊號 480a 具有緊接在磁場感應器 470 供電之後的第一頻率，及之後的較低的第二頻率。仍在部分其他實施例中，再分配時鐘訊號 480 具有在緊接在磁場感應器 470 識別鄰近於磁場感應元件 208、210 之目標物件的移動之後的第一頻率，及在之後的較低的第二頻率。

在其他實施例中，依據使用磁場感應器 470 的應用，可有多於二種的再分配時鐘訊號 480a 的頻率。

再度參考圖 26，可依據磁場感應元件 208、210 的截波相位數，將電容器 502a、502b、502c、502d 及關聯開關的每一者重複（並聯）在每個特定通道中。又，當重複電容器 502a、502b、502c、502d 及關聯開關時，爲保持相同的電路特徵，可因此將電容器 514、516 的值縮放。在此種配置中，樣本時鐘訊號 CLKS 可替代地成爲複數個樣本時鐘訊號，各者具有相同頻率，但各者具有不同相位，其中各相位控制用於接收與再分配時鐘相反的樣本時鐘之各通道的該等重複開關之關聯一者的開關。針對 4X 截波配置，將每個電容器 502a、502b、502c、502d 重複在四個個別實例中，產生十六個電容器，各者爲四個開關

所圍繞。針對 2X 截波配置，將每個電容器 502a、502b、502c、502d 重複在二個個別實例中，產生八個電容器，各者爲四個開關所圍繞。

上述截波配置在於上文提及之於 2011 年 8 月 2 日發佈之美國專利序號第 7990209 號中描述。

現在參考圖 27，範例回饋迴路 520 具有二電路元件，彼等具有對應的二轉移函數，具有最大增益 AOL 及 β。回饋迴路可代表圖 25 的回饋迴路 484，其中圖 27 的輸出訊號 Vo 對應於圖 25 的訊號 476a。簡短地參考圖 25，意圖使具有最大增益 AOL 的轉移函數對應於交換電容器電路 476 的轉移函數，且意圖使具有最大增益β的轉移函數對應於圖 25 之回饋迴路 484 內的其餘電路的轉移函數。

現在參考圖 28，圖形 522 具有任何頻率單位尺度的縱向軸及具有任何增益單位對數尺度的垂直軸。圖形 522 代表具有最大增益 AOL 的轉移函數，亦即，單獨代表圖 25 之交換電容器電路 476 的增益。

交換電容器電路 476 具有最大增益 AOL、單位增益頻率 fintegrator、及 fintegrator 除以最大增益 AOL 的角頻率。在部分實施例中，最大增益 AOL 約 100dB（亦即，100000）、單位增益頻率約 100Hz、且角頻率約 100Hz 除以 100000。若交換電容器電路 476 係完美積分器，則最大增益 AOL 會係無限大。然而，無限大的增益係不現實的。可使用範圍從約 80dB 至約 120dB 的最大增益 AOL。

現在參考圖 29，圖形 524 具有任何頻率單位尺度的縱向軸及具有任何增益單位對數尺度的垂直軸。圖形 524 代表具有最大增益β的轉移函數，亦即，圖 25 之回饋迴路 484 內之其他電路元件的增益。

經組合的其他電路元件具有β的最大增益，及 fβ的角頻率。在部分實施例中，最大增益β約 0dB（亦即，1），且角頻率約 100kHz。

現在參考圖 30，圖形 530 具有任何頻率單位尺度的縱向軸及具有任何迴路增益單位對數尺度的垂直軸。圖形 530 代表轉移函數，一具有最大增益 AOL 及另一具有最大增益β的乘積，亦即，圖 25 之回饋迴路 484 及圖 27 之回饋迴路 520 的迴饋增益。

圖形 530 代表圖 25 之回饋迴路 484 在，例如，在圖 25 之磁場感應器 470 啓動時開始之第一時間週期期間的迴路增益。然而，圖形 530 僅代表圖 25 之回饋迴路 484 的部分頻率響應。特別係圖形 530 顯示不具有 sinx/x（再分配/樣本）部分的轉移函數，來自其的陷波會在比圖形 530 所表示的頻率更高的頻率。

回饋迴路具有 AOL 乘以β或 fintegrator 的頻率之單位增益頻率乘以β的最大開迴路增益及 fintegrator 除以 AOL 的角頻率。在β約爲一的部分實施例中，開迴路增益約 100dB（亦即，100000）、單位增益頻率約 100Hz、且角頻率約 100Hz 除以 100000。

在角頻率 fβ，圖 29 之圖形 524 之發生在角頻率 fβ的

極導致轉移函數 532 改變斜率並受額外相位偏移。爲使圖 27 之回饋迴路 520 或圖 25 之回饋迴路 484 在角頻率 fβ具有至少四十五度的相位容限，其中已產生額外的相位偏移，增益必須如所示地少於零 dB。

比較圖形 530 及圖 28 之圖形 522，將理解圖形 530 的單位增益頻率相關於 fintegrator，其如圖 28 中所指示的，受圖 25 的交換電容器電路 476 且特別受再分配時鐘訊號 480a 的頻率所控制。因此，藉由改變交換電容器電路 476 的單位增益頻率，回饋迴路 484 的迴路增益可因此改變。

現在參考圖 31，圖形 540 具有任何頻率單位尺度的縱向軸及具有任何增益單位對數尺度的垂直軸。

圖形 540 代表圖 25 之回饋迴路 484 在第二時間週期期間的開迴路增益，例如，在結合圖 30 於上文描述的第一時間週期之後。如在圖 30 中，圖形 540 僅代表圖 25 之回饋迴路 484 的部分開迴路增益。特別係圖形 540 顯示不具有 sinx/x（再分配/樣本）部分的轉移函數，來自其的陷波會在比圖形 540 所表示的頻率更高的頻率。

在圖形 540 中，藉由改變圖 25 之再分配時鐘訊號 480a 的頻率，將單位增益頻率從圖 30 之圖形 530 的單位增益頻率改變。在部分實施例中，開迴路增益約 100dB（亦即，100000）、開迴路單位增益頻率約 30Hz、且開迴路角頻率約 30Hz 除以 100000。

現在參考圖 32，其中將圖 25 的相似元件顯示成具有

相似參考指示符，另一範例磁場感應器 560 可包括主電路路徑 562，其可與圖 25 之主電路路徑 472 相同或相似。然而，在此處將主電路路徑 562 顯示成不具有濾波器電路 222。又，交換電路 204 係旁路電路並將參考場導體電流設定成如圖 13 中的零。

比較圖 32 及圖 25，將注意到濾波器電路 222 未出現在圖 32 中。濾波器電路 222 意圖降低位移成分，其已藉由圖 32 中的回饋操作移除。然而，在磁場感應器 560 的其他實施例中，可包括濾波器電路 222。將濾波器電路 222 移除可有利地導致更快的磁場感應器。

磁場感應器 560 包括與圖 25 之回饋電路路徑 474 不同的回饋電路路徑 564。該回饋電路路徑 564 包括在回饋迴路 584 中，其也包括放大器 216。

回饋電路路徑 564 可包括配置成直接旁路訊號在參考指示符 C 的饋通電路 574。訊號，在參考指示符 C'，和位移電壓訊號 Voff 產生爲來自磁場感應器 560 的輸出。在部分實施例中，位移電壓訊號 Voff 對磁場感應器 560 係內部的，並使用爲自校正訊號。在其他實施例中，可將位移電壓訊號 Voff 使用爲在磁場感應器 470 外側提供的自測試訊號。將理解位移電壓訊號 Voff 在適當的穩態狀態下接近零。

磁場感應器 560 可包括交換電容器電路 566。交換電容器電路 566 可與圖 25 的交換電容器電路 476 相同或相似。然而，此處將交換電容器電路 566 耦合成接收位移電

壓訊號 Voff，取代圖 25 的校正訊號 VCAL，並將參考電壓 VREF 設定成零。

磁場感應器 560 可包括具有組態成產生時鐘訊號 570a、570b 之時鐘產生器 570 的控制電路 568。控制電路 568、時鐘產生器 570、及再分配和樣本時鐘訊號 570a、570b 可與圖 25 的控制電路 478、時鐘頻率產生器 480、及再分配時鐘訊號 480a、樣本時鐘訊號 480b 相同或相似。

將交換電容器電路 566 組態成產生訊號 566a，，在參考指示符 C"。從以下討論，將理解藉訊號 566a（在參考指示符 C"）及由濾波器電路 226 產生的位移電壓訊號 Voff（在參考指示符 C'）與圖 16 的訊號，在參考指示符 C 相似。然而，訊號，在參考指示符 C'和 C"，包括由濾波器電路 226 提供的額外濾波。因此將降低高於 DC 的頻率成分。

在部分實施例中，磁場感應器 560 以 2X 截波操作。當使用 2X 截波時，圖 1A、圖形 32 代表在圖 1 之放大器 16 之後（及在圖 32 的放大器 216 之後）的訊號，在參考指示符 C。2X 截波導致僅在 DC 的位移成分。此成分可藉由回饋電路路徑 564 移除。訊號，在參考指示符 C'和 C"，可具有與圖 1A 之圖形 32 相似的 DC 部分。在回饋電路已到達穩態之後，訊號，在參考指示符 C 和 C'的 DC 部分變爲零。

在部分替代實施例中，磁場感應器 560 以 4X 截波操

作。當使用 4X 截波時，圖 16 代表在圖 12、13、及 32 的放大器 216 之後的訊號，在參考指示符 C。4X 截波導致額外的位移成分。使用 4X 截波的實施例需要額外電路（未圖示）以移除額外位移成分。

磁場感應器 560 可包括耦合成接收訊號 566a 並組態成產生位移控制訊號 572a 的介面電路 572。可將放大器 216 耦合成接收位移控制訊號 572a。使用此配置，位移控制訊號 572a 可降低或消除來自主電路路徑 562 的位移電壓。

在磁場感應器 560 中，交換電容器電路 566 可使用結合圖 25-31 於上文描述之至少二單位增益帶寬操作。

應理解，在部分實施例中，可將饋通電路 574 消除，並可將直接通過路徑設置在其位置中。

也應理解單一積體磁場感應器可具有圖 25 之磁場感應器 470 的增益（亦即，靈敏度）校正特性，也具有圖 32 之磁場感應器 560 的位移校正特性。在此等實施例中，電路可將磁場感應器操作期間改變，以在部分時間操作爲如饋通電路 574 之饋通電路，以在其他時間操作爲圖 25 的交換電路 224。在此等實施例中，具有偏壓電路 482 的圖 2 之交換電容器電路 476 且也具有連同介面電路 572 之圖 32 的交換電容器電路 566 二者可能係有利的。因此，在部分實施例中，磁場感應器可提供連同圖 25 之電路拓撲的圖 32 的電路拓撲。此組合配置可提供靈敏度的自校正（或自測試），並也提供組合磁場感應器之位移電

壓的自校正（或自測試）。

本文例示的所有參考文件的教示全文以提及之方式併入本文中。

具有上述較佳實施例，彼等用於說明係此專利的主題的各種觀念、結構、及技術，使用合併此等觀念、結構、及技術的其他實施例現在對熟悉本技術的人士可能將變得明顯。因此，認爲本專利的範圍不應限制在所描述的實施例，而應更確切地僅受以下之申請專利範圍的精神及範圍所限制。

【符號說明】

10：磁場感應器

12、14、18、204、212、214、218、224：交換電路

12a、12b、512a、512b：差動訊號

13：霍爾效應元件

14a、14b：截波訊號

16、216、219、512：放大器

16a、16b：放大訊號

A、B、C、C'、C"、D、E、F、G、G'、G"：指示符

18a、18b：解多工訊號

20：低通濾波器

20a、20b、22a、22b：已濾波訊號

22：sinx/x（sinc）濾波器

26、28、30、32、34、36、38、100、120、140、320、

330、340、350、360、420、430、440、450、460、522、524、530、540：圖形

50：交換式霍爾效應元件

52、72：霍爾效應元件

52a、52b、52c、52d、72a、72b、72c、72d：接點

54、74：調變電路

56a、56b、56c、56d、60a、60b、60c、60d、76a、76b、76c、76d、80a、80b、80c、80d、504a、504b、504c、504d、506a、506b、506c、506d、508a、508b、508c、508d、510a、510b、510c、510d：開關

58：霍爾位移成分

70：截波電路

102：磁場訊號

102a、102c：已量測磁場回應訊號部分

102b、102d：參考磁場回應訊號部分

104：位移電壓

200、470、560：磁場感應器

202：電流

204a、212a、214a、218a、224a：控制訊號

206a、206b：參考場導體

208、210：磁場感應元件

219a：誤差訊號

220、222、226、228：濾波器電路

230a、230b：偏壓訊號

300、400：磁場感應器部分

472、562：主電路路徑

474、564：回饋電路路徑

476、500、566：交換電容器電路

476a：訊號

566a、：輸出訊號

478、568：控制電路

480：時鐘頻率產生器

480a、CLKR：再分配時鐘訊號

480b、CLKS：樣本時鐘訊號

482：偏壓電路

482a、482b：偏壓訊號

484、520、584：回饋迴路

502a、502b、502c、502d、514、516：電容器

532：轉移函數

AOL、β：最大增益

570：時鐘產生器

570a、570b、CLK：時鐘訊號

572：介面電路

572a：位移控制訊號

574：饋通電路

$\Phi_{0°}$、$\Phi_{90°}$：相位

AmpOff：位移成分

Bcoil：參考磁場

Bcal、Bext、ResBext：振幅

Bexternal：外部磁場訊號

CLK/：互補時鐘訊號

fβ：角頻率

f_C：頻率

fintegrator：單位增益頻率

HallOff：霍爾效應位移電壓

IREF：電流

ResOff：殘餘位移電壓

V_{Bcoil}：輸出訊號

VCAL：校正訊號

VCAL+：正校正訊號

VCAL-：負校正訊號

VCM：共同模式電壓

V_H：磁場訊號成分

V_O：已交換霍爾輸出訊號

V_O+：正節點

V_O-：負節點

V_{op}：霍爾位移成分

VREF：參考電壓

VREF+：正參考電壓

VREF-：負參考電壓

V_S：供應電壓

Voff：位移電壓訊號

申請專利範圍

1. 一種使用可調整回饋以自校正或自測試之磁場感應器，包含：

磁場感應元件，組態成回應於磁場產生磁場訊號；

主電路路徑，耦合成接收及處理該磁場訊號，該主電路路徑包含電路參數；

時鐘頻率產生器，組態成產生在第一時間週期期間具有第一再分配時鐘頻率並在第二時間週期期間具有第二不同再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號；

回饋電路路徑，耦合在至該主電路路徑的二終端並形成回饋迴路，其中該回饋電路路徑包含：

交換電容器電路，耦合成接收該再分配時鐘訊號，該交換電容器電路形成積分器，該交換電容器電路包含在該第一時間週期期間具有相關於該第一再分配時鐘頻率的第一單位增益頻率及在該第二時間週期期間具有相關於該第二再分配時鐘頻率之第二單位增益頻率的可選擇單位增益頻率，其中將該回饋電路路徑組態成產生輸出訊號，該輸出訊號係耦合成控制該電路參數。

2. 如申請專利範圍第 1 項的磁場感應器，其中該時鐘頻率產生器更組態成產生在該等第一及第二時間週期期間具有樣本時鐘頻率的樣本時鐘訊號，其中將該已交換電容器電路耦合成接收該樣本時鐘訊號，且其中該已交換電容器電路更包含陷波特徵，該陷波特徵具有相關於該再分配時鐘頻率的陷波頻率。

3. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中該第二再分配時鐘頻率低於該第一再分配時鐘頻率。

4. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中將該時鐘頻率產生器組態成產生分別在二個以上不同時間具有二個以上再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號。

5. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中該第一時間週期約在該磁場感應器起動的時間開始，且其中該第二時間週期約在該第一時間週期結束的時間開始。

6. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中將該磁場感應器設置成鄰近目標物件，其中將該磁場感應器組態成感應該目標物件的移動，其中該第一時間週期約在該目標物件首次移動的時間開始，且其中該第二時間週期約在該第一時間週期結束的時間開始。

7. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中由該回饋電路路徑控制的該電路參數包含該主電路路徑對該磁場的靈敏度。

8. 如申請專利範圍第 7 項的磁場感應器，更包含組態成產生電壓訊號或電流訊號的偏壓電路，其中將該磁場感應元件耦合成接收該電壓訊號或該電流訊號，其中將該回饋電路路徑組態成控制該電壓訊號或該電流訊號，以控制該主電路路徑對該磁場的該靈敏度。

9. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中由該回饋電路路徑控制的該電路參數包含該主電路路徑的位移電壓。

10. 如申請專利範圍第 9 項的磁場感應器，其中該電子電路更包含組態成產生偏移控制訊號的介面電路，其中該主電路路徑更包含耦合成接收該偏移控制訊號的放大器，其中將該回饋電路路徑組態成控制該偏移控制訊號，以控制該主電路路徑的該位移電壓。

11. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中選擇該第一單位增益頻率及該第二單位增益頻率以提供迴路穩定性。

12. 如申請專利範圍整 2 項的磁場感應器，其中該磁場感應元件包含至少二霍爾效應元件。

13. 如申請專利範圍整 2 項的磁場感應器，其中該磁場感應元件包含至少二磁阻元件。

14. 如申請專利範圍第 2 項的磁場感應器，其中該磁場感應元件包含至少二磁場感應元件，其中該主電路路徑更包含：

第一交換電路，耦合至該等至少二磁場感應元件，其中將該第一交換電路組態成將該等至少二磁場感應元件耦合至已量測場感應組態中並耦合至參考場感應組態中，其中可操作該第一交換電路以第一交換率在該已量測場感應組態及該參考場感應組態之間交替地來回交換，以提供該磁場訊號，其中將該第一交換電路組態成產生該磁場訊號，該磁場訊號包含：

已量測磁場回應訊號部，當耦合在該已量測場感應組態中時，回應於已量測磁場；及

參考磁場回應訊號部，當耦合在該參考場感應組態中時，回應於參考磁場。

15. 如申請專利範圍第 14 項的磁場感應器，其中該參考磁場包含在該等至少二磁場感應元件之經選擇元件的位置指向相反方向的第一及第二參考磁場，該磁場感應器更包含：

磁場產生器，可操作以產生該等第一及第二參考磁場。

16. 如申請專利範圍第 15 項的磁場感應器，其中該磁場產生器包含：

至少二參考場導體部，各者鄰近於該等至少二磁場感應元件的個別一者，其中將該等至少二參考場導體部組態成運載參考電流，以產生該參考磁場，其中該參考磁場包含具有導向相反方向之個別磁場方向的至少二參考磁場部。

17. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，其中該主電路路徑更包含：

第二交換電路，耦合成提供該參考電流，其中可操作該第二交換電路以與該第一交換率同步地在第一參考電流方向及第二相反參考電流方向之間交替地交換該參考電流。

18. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，

其中該磁場訊號，在該等量測時間週期期間代表該已量測磁場回應訊號部，且以與該第一交換率同步之率，在

與該等量測時間週期交錯的參考時間週期期間代表該參考磁場回應訊號部，其中

將該主電路路徑時間多工，以在該等量測時間週期期間選擇並處理代表該已量測磁場回應訊號部的該訊號，且其中

將該回饋電路路徑時間多工，以在該等參考時間週期期間選擇並處理代表該參考磁場回應訊號部的該訊號。

19. 如申請專利範圍第 18 項的磁場感應器，其中將該主電路路徑組態成產生代表該已量測磁場回應訊號部的第一感應器輸出訊號，且其中將該回饋電路路徑組態成產生代表該參考磁場回應訊號部的第二不同感應器輸出訊號。

20. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，其中將該第一交換電路組態成當該等至少二磁場感應元件耦合在該參考場感應組態中時耦合成具有回應於磁場的個別相反方向，且其中將該第一交換電路組態成當該等至少二磁場感應元件耦合在該已量測場感應組態中時，耦合成具有回應於磁場的個別相同方向。

21. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，其中該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部包含由該基材支撐並鄰近於該磁場感應元件的導體。

22. 如申請專利範圍第 21 項的磁場感應器，其中該等至少二參考場導體部跨越由該基材支撐之多於一層的金

屬層。

23. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，其中該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部包含與該基材分離但鄰近的導體。

24. 如申請專利範圍第 16 項的磁場感應器，其中該已量測磁場係藉由已量測電流導體運載的已量測電流產生。

25. 一種使用可調整回饋以自校正或自測試磁場感應器的方法，包含：

使用磁場感應元件，回應於磁場產生磁場訊號；

使用包含電路參數的主電路路徑接收及處理該磁場訊號；

產生在第一時間週期期間具有第一再分配時鐘頻率並在第二時間週期期間具有第二不同再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號；

產生輸出訊號，耦合成控制該電路參數，具有回饋電路路徑耦合在至該主電路路徑的二終端並形成回饋迴路，其中該回饋電路路徑包含：

交換電容器電路，耦合成接收該再分配時鐘訊號，該交換電容器電路形成積分器，該交換電容器電路包含在該第一時間週期期間具有相關於該第一再分配時鐘頻率的第一單位增益頻率及在該第二時間週期期間具有相關於該第二再分配時鐘頻率之第二單位增益頻率的可選擇單位增益頻率。

26. 如申請專利範圍第 25 項之方法，更包含：

產生在該等第一及第二時間週期期間具有樣本時鐘頻率的樣本時鐘訊號，其中將該已交換電容器電路耦合成接收該樣本時鐘訊號，且其中該已交換電容器電路更包含陷波特徵，該陷波特徵具有相關於該再分配時鐘頻率的陷波頻率。

27. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該第二再分配時鐘頻率低於該第一再分配時鐘頻率。

28. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中產生該再分配時鐘訊號包含：

產生分別在二個以上不同時間具有二個以上再分配時鐘頻率的再分配時鐘訊號。

29. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該第一時間週期約在該磁場感應器起動的時間開始，且其中該第二時間週期約在該第一時間週期結束的時間開始。

30. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中將該磁場感應器設置成鄰近目標物件，其中該第一時間週期約在該目標物件首次移動的時間開始，且其中該第二時間週期約在該第一時間週期結束的時間開始。

31. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中由該輸出訊號控制的該電路參數包含該主電路路徑對該磁場的靈敏度。

32. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中由該回饋電路控制路徑的該電路參數包含該主電路路徑的位移電

壓。

33. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中選擇該第一單位增益頻率及該第二單位增益頻率以提供迴路穩定性。

34. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該磁場感應元件包含至少二霍爾效應元件。

35. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該磁場感應元件包含至少二磁阻元件。

36. 如申請專利範圍第 26 項的方法，其中該磁場感應元件包含至少二磁場感應元件，其中使用該主電路路徑接收及處理該磁場訊號更包含：

使用第一交換電路將該等至少二磁場感應元件耦合至已量測場感應組態中並耦合至參考場感應組態中，其中使用該第一交換電路可操作該耦合以第一交換率在該已量測場感應組態及該參考場感應組態之間交替地來回交換以提供該磁場訊號包含：

已量測磁場回應訊號部，當耦合在該已量測場感應組態中時，回應於已量測磁場；及

參考磁場回應訊號部，當耦合在該參考場感應組態中時，回應於參考磁場。

37. 如申請專利範圍第 36 項的方法，其中該參考磁場包含在該等至少二磁場感應元件之經選擇元件的位置指向相反方向的第一及第二參考磁場。

38. 如申請專利範圍第 37 項之方法，更包含：

使用參考場導體產生該參考磁場包含：

至少二參考場導體部，各者鄰近於該等至少二磁場感應元件的個別一者，其中將該等至少二參考場導體部組態成運載參考電流，以產生該參考磁場，其中該參考磁場包含具有導向相反方向之個別磁場方向的至少二參考磁場部。

39. 如申請專利範圍第 38 項之方法，更包含：

使用第二交換電路以與該第一交換率同步地在第一參考電流方向及第二相反參考電流方向之間交替地交換該參考電流。

40. 如申請專利範圍第 38 項的方法，

其中該磁場訊號，在該等量測時間週期期間代表該已量測磁場回應訊號部，且以與該第一交換率同步之率，在與該等量測時間週期交錯的參考時間週期期間代表該參考磁場回應訊號部，其中

將該主電路路徑時間多工，以在該等量測時間週期期間選擇並處理代表該已量測磁場回應訊號部的該訊號，且其中

將該回饋電路路徑時間多工，以在該等參考時間週期期間選擇並處理代表該參考磁場回應訊號部的該訊號。

41. 如申請專利範圍第 40 項的方法，其中將該主電路路徑組態成產生代表該已量測磁場回應訊號部的第一感應器輸出訊號，且其中將該回饋電路路徑組態成產生代表該參考磁場回應訊號部的第二不同感應器輸出訊號。

42. 如申請專利範圍第 38 項的方法，其中使用該第一交換電路的該耦合，包含：

當該等至少二磁場感應元件耦合在該參考場感應組態中時，耦合成具有回應於磁場的個別相反方向；及

當該等至少二磁場感應元件耦合在該已量測場感應組態中時，耦合成具有回應於磁場的個別相同方向。

43. 如申請專利範圍第 38 項的方法，其中該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部包含由該基材支撐並鄰近於該磁場感應元件的導體。

44. 如申請專利範圍第 43 項的方法，其中該等至少二參考場導體部跨越由該基材支撐之多於一層的金屬層。

45. 如申請專利範圍第 38 項的方法，其中該等至少二磁場感應元件由基材支撐，且其中該等至少二參考場導體部包含與該基材分離但鄰近的導體。

46. 如申請專利範圍第 38 項的方法，其中該已量測磁場係藉由已量測電流導體運載的已量測電流產生。

圖式

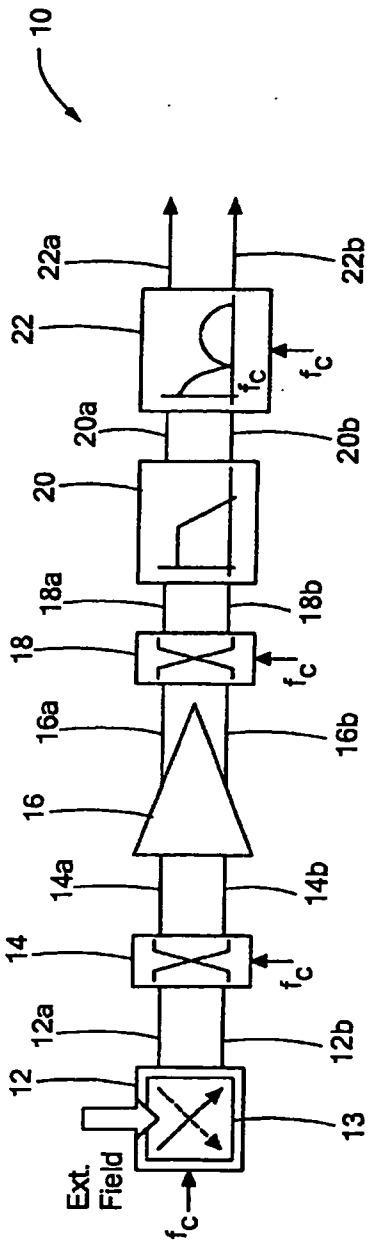


圖 1
(先前技術)

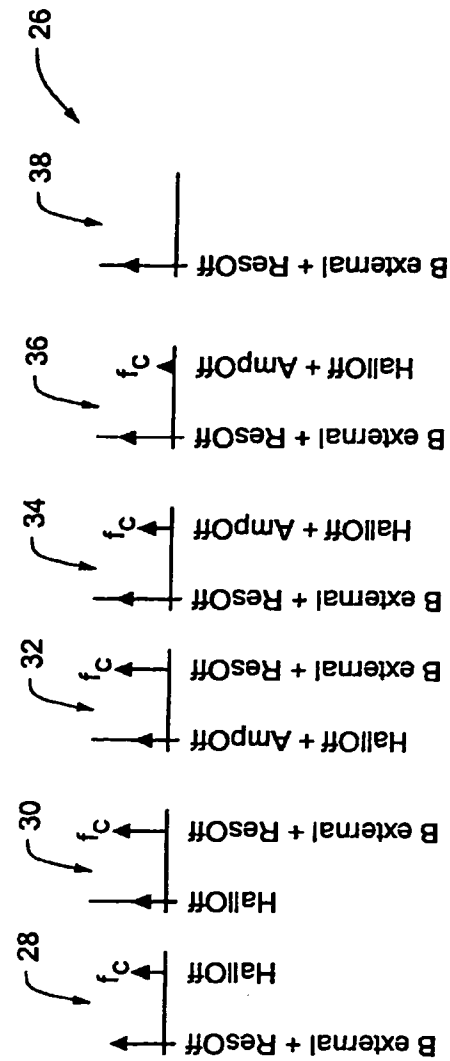


圖 1A
(先前技術)

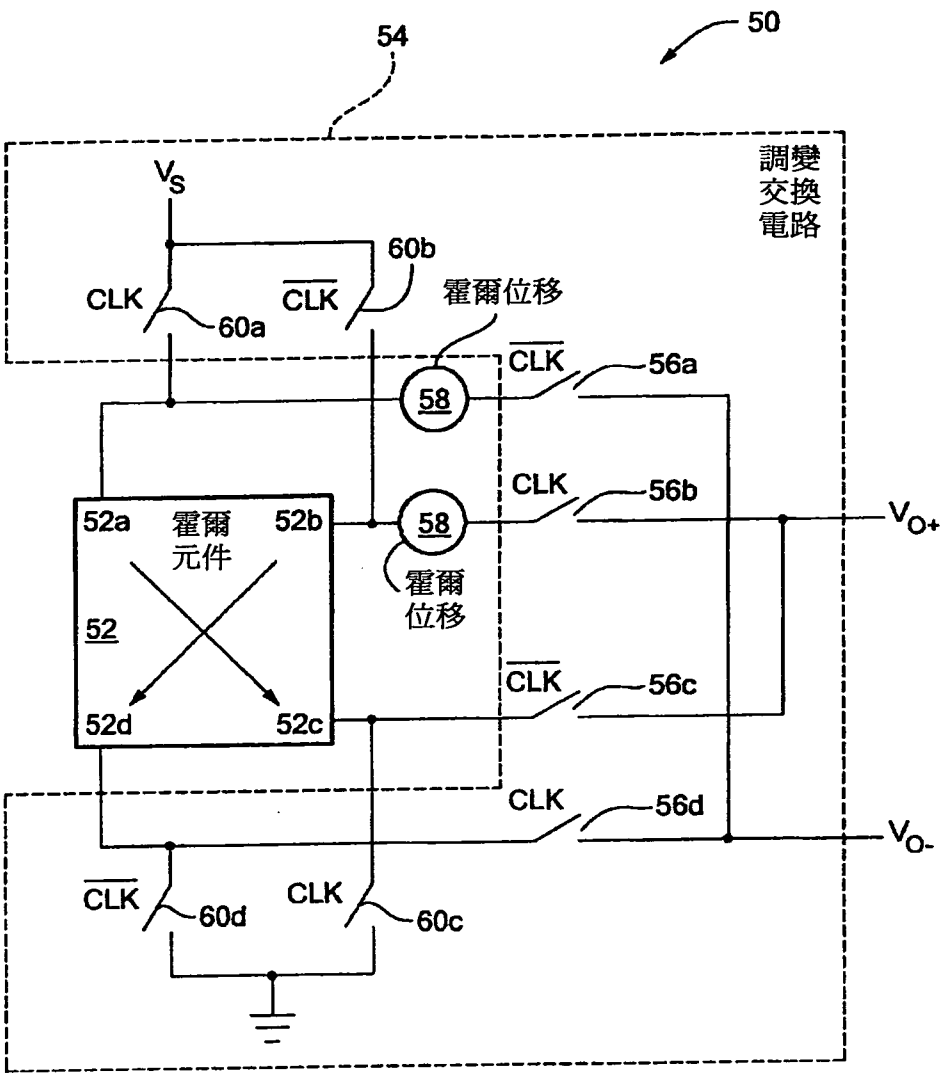

54
50
調變
交換
電路
V_S
60b
CLK
CLK
60a
霍爾位移
CLK
56a
58
CLK
56b
52a
霍爾
元件
52b
58
V_{O+}
霍爾
位移
52
CLK
56c
52d
52c
CLK
56d
V_{O-}
CLK
60d
CLK
60c

圖 2
(先前技術)

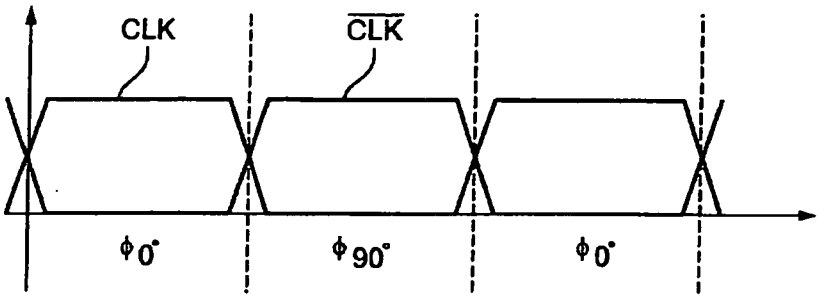


圖 2A
(先前技術)

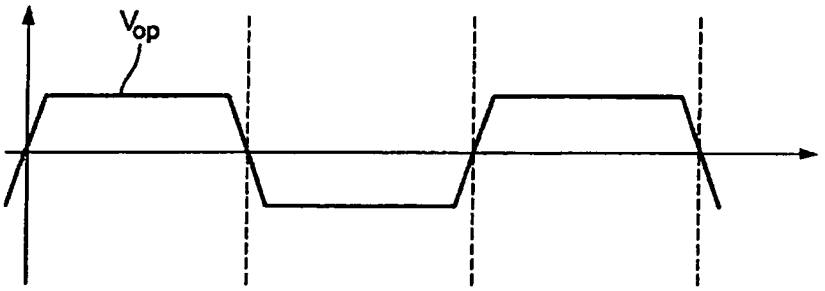


圖 2B
(先前技術)

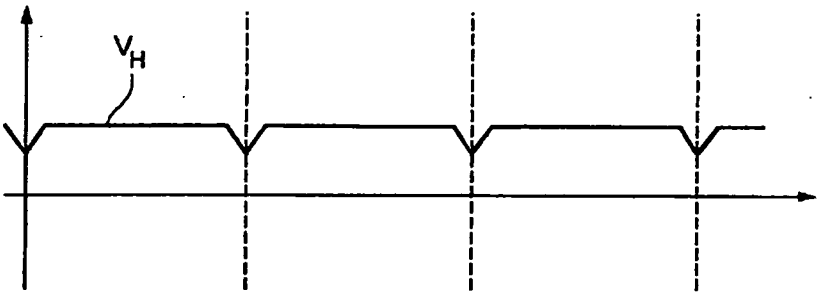


圖 2C
(先前技術)

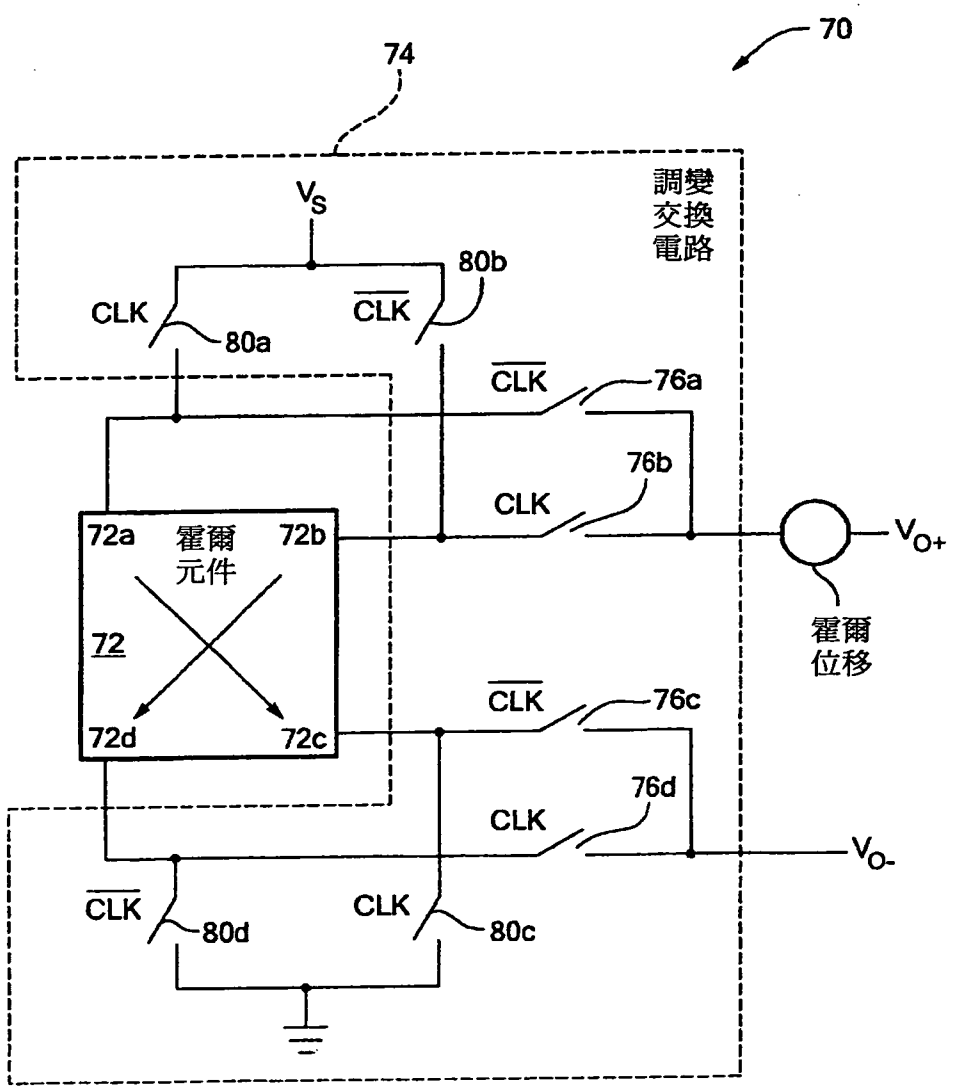

70
74
調變
交換
電路
V_S
80b
CLK
CLK
80a
CLK
76a
76b
CLK
72a
霍爾
元件
72b
72
V_{O+}
霍爾
位移
CLK
76c
72d
72c
76d
CLK
V_{O-}
CLK
80d
CLK
80c

圖 3
(先前技術)

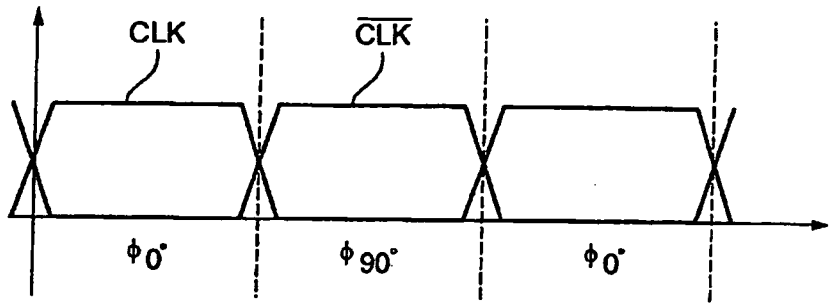


圖 3A
(先前技術)

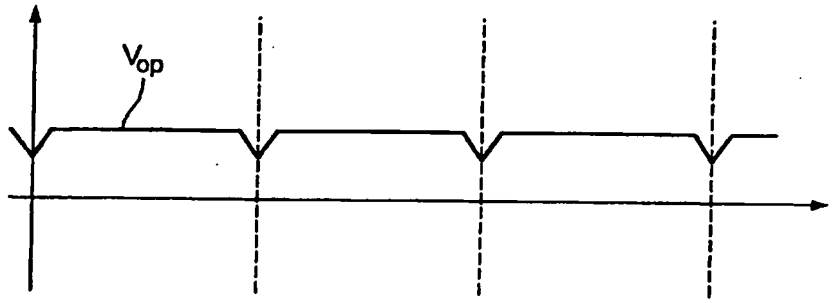


圖 3B
(先前技術)

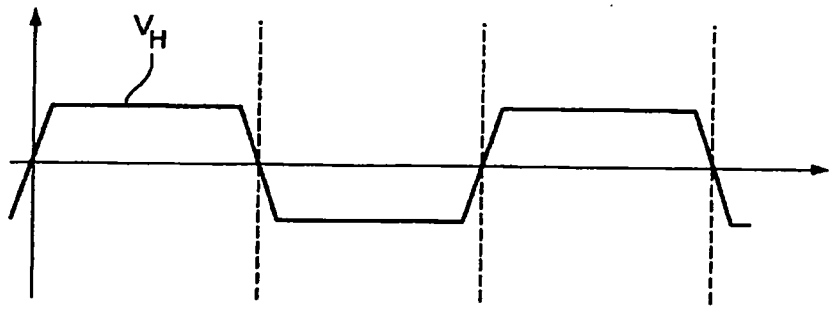


圖 3C
(先前技術)

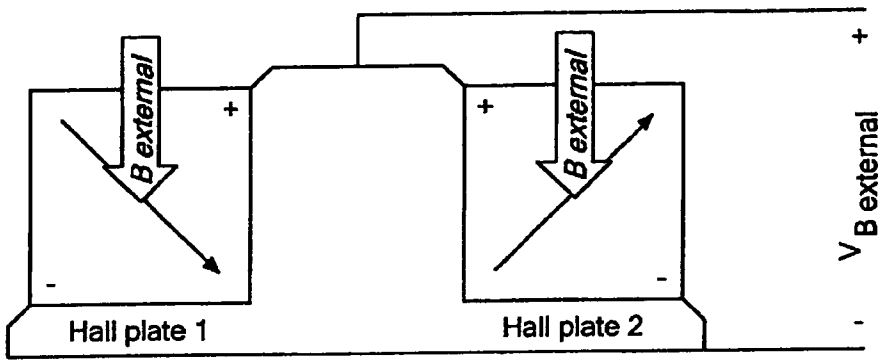

B external
B external
+
+
-
-
Hall plate 1
Hall plate 2
+
-
V B external

圖 4

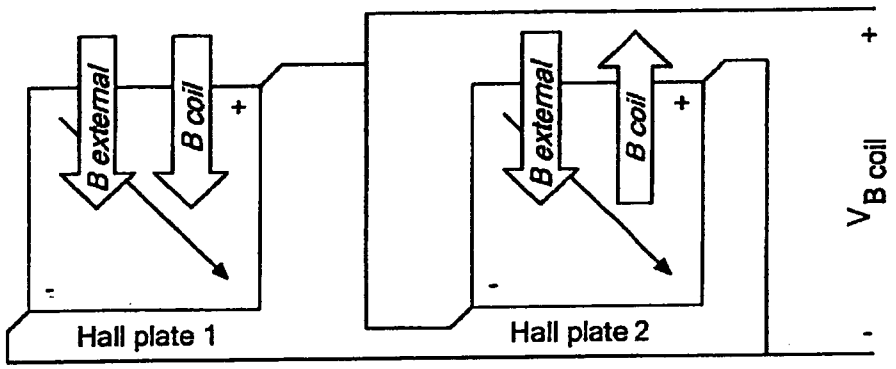

B external
B coil
B external
B coil
+
+
-
-
Hall plate 1
Hall plate 2
+
-
V B coil

圖 5

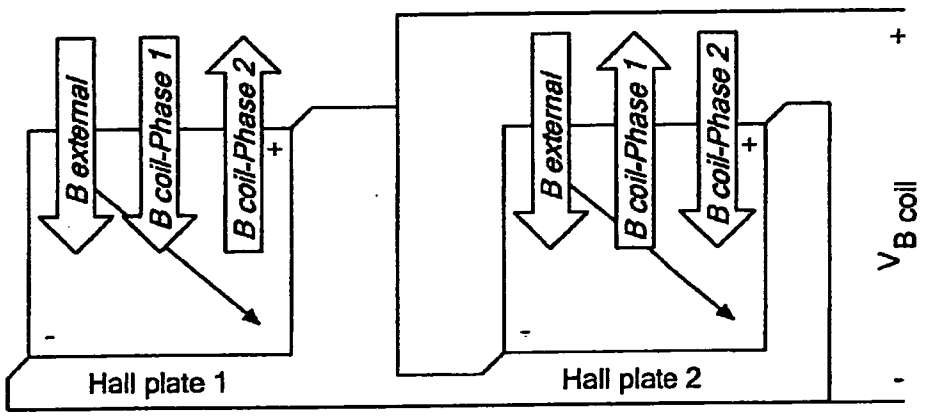

B external
B coil-Phase 1
B coil-Phase 2
B external
B coil-Phase 1
B coil-Phase 2
+
-
-
Hall plate 1
Hall plate 2
+
-
V B coil

圖 5A

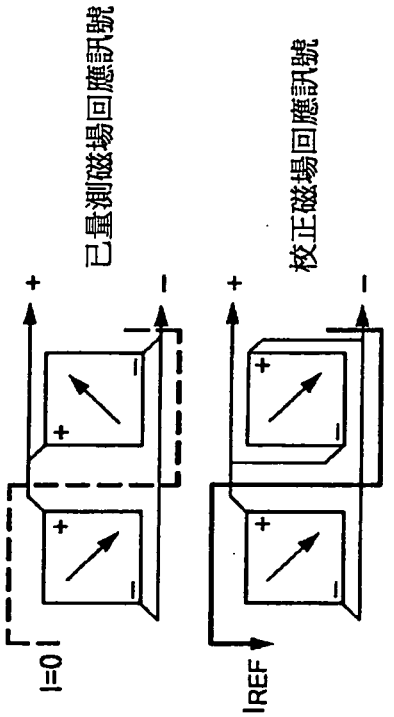


圖 6

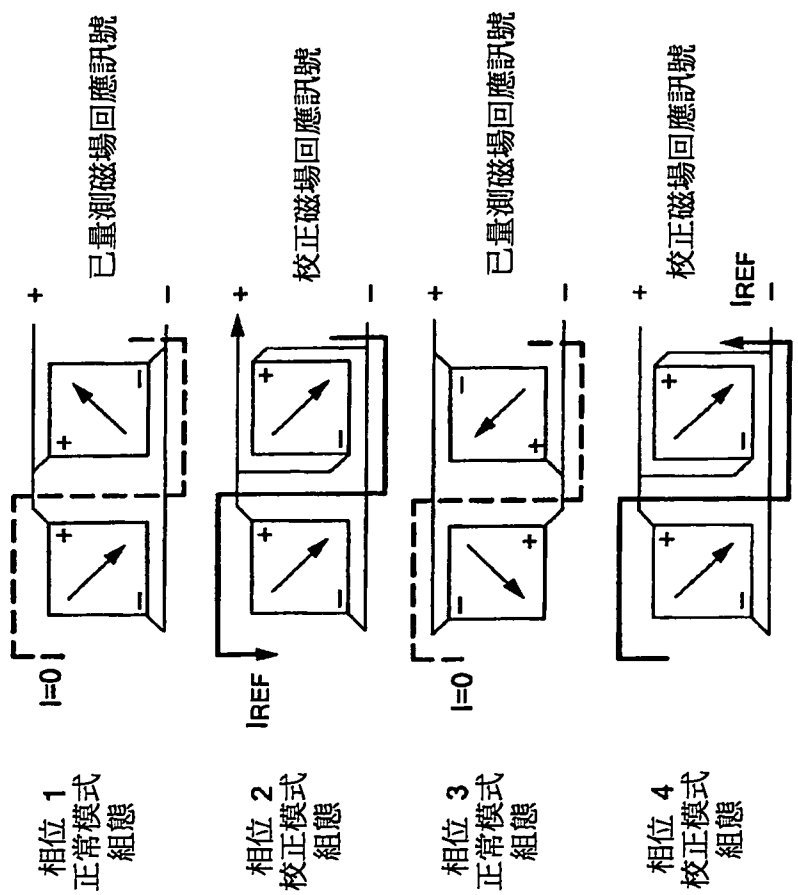

已量測磁場回應訊號
校正磁場回應訊號
已量測磁場回應訊號
校正磁場回應訊號
+
−
I=0
IREF
I=0
IREF
相位 1
正常模式
組態
相位 2
校正模式
組態
相位 3
正常模式
組態
相位 4
校正模式
組態

圖 7

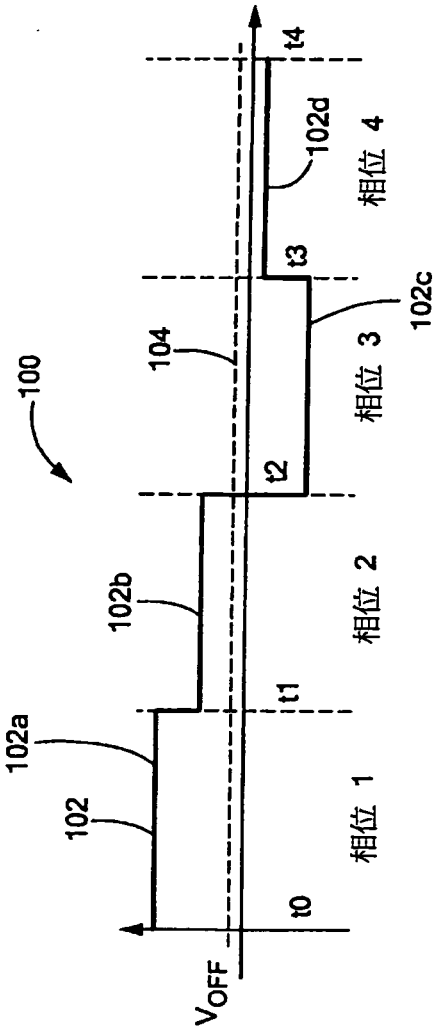

100
102
102a
102b
102c
102d
104
t0
t1
t2
t3
t4
相位 1
相位 2
相位 3
相位 4
V_{OFF}

圖 8

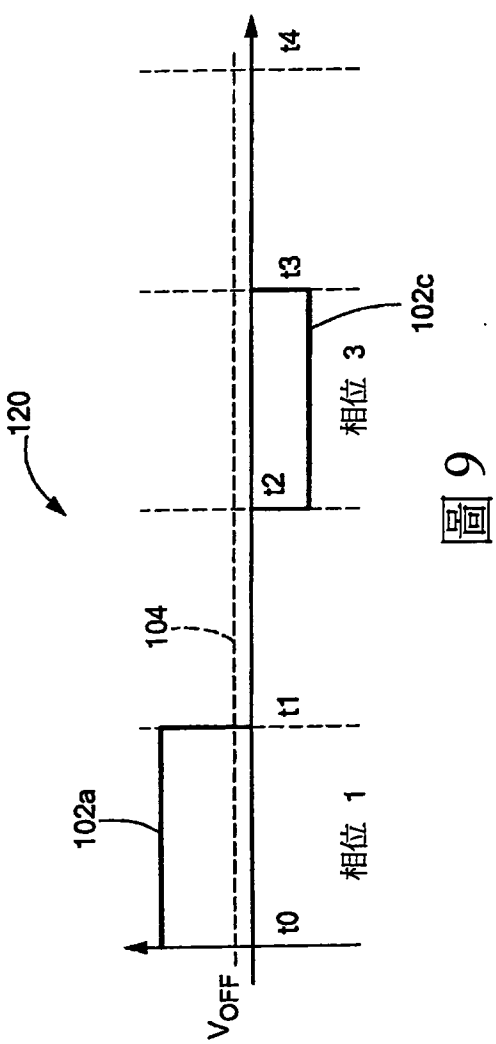

120
102a
104
102c
t0
t1
t2
t3
t4
相位 1
相位 3
V_{OFF}

圖 9

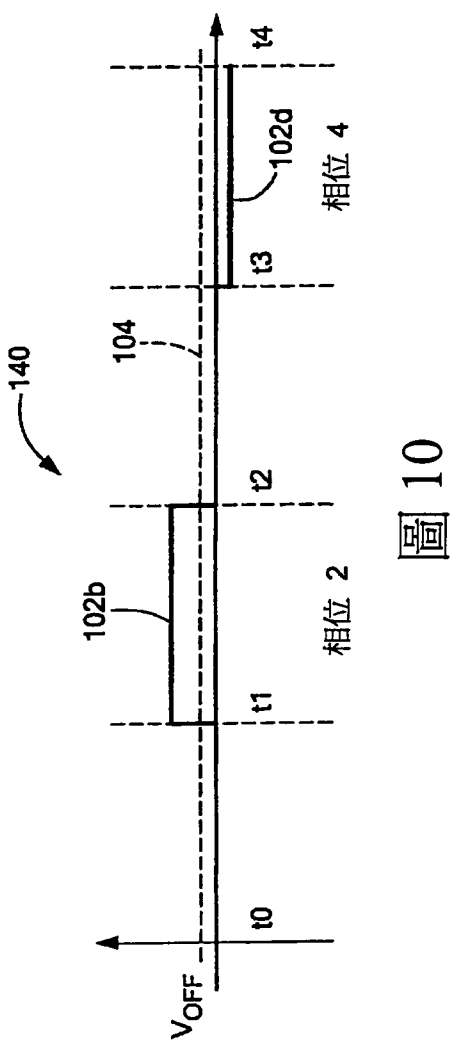

140
102b
104
102d
t0
t1
t2
t3
t4
相位 2
相位 4
V_{OFF}

圖 10

S

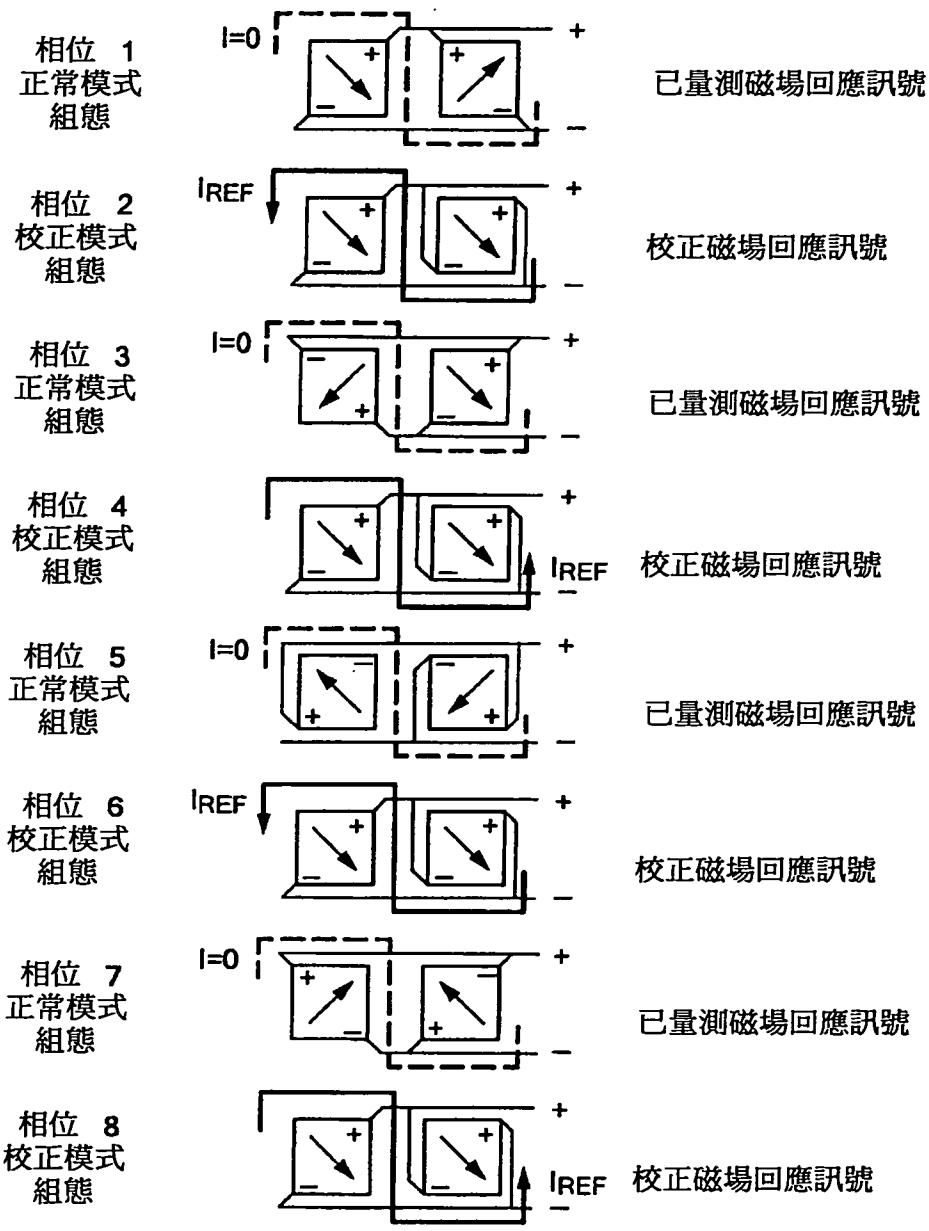

相位 1
正常模式
組態
I=0
已量測磁場回應訊號
相位 2
校正模式
組態
IREF
校正磁場回應訊號
相位 3
正常模式
組態
I=0
已量測磁場回應訊號
相位 4
校正模式
組態
IREF
校正磁場回應訊號
相位 5
正常模式
組態
I=0
已量測磁場回應訊號
相位 6
校正模式
組態
IREF
校正磁場回應訊號
相位 7
正常模式
組態
I=0
已量測磁場回應訊號
相位 8
校正模式
組態
IREF
校正磁場回應訊號

圖 11

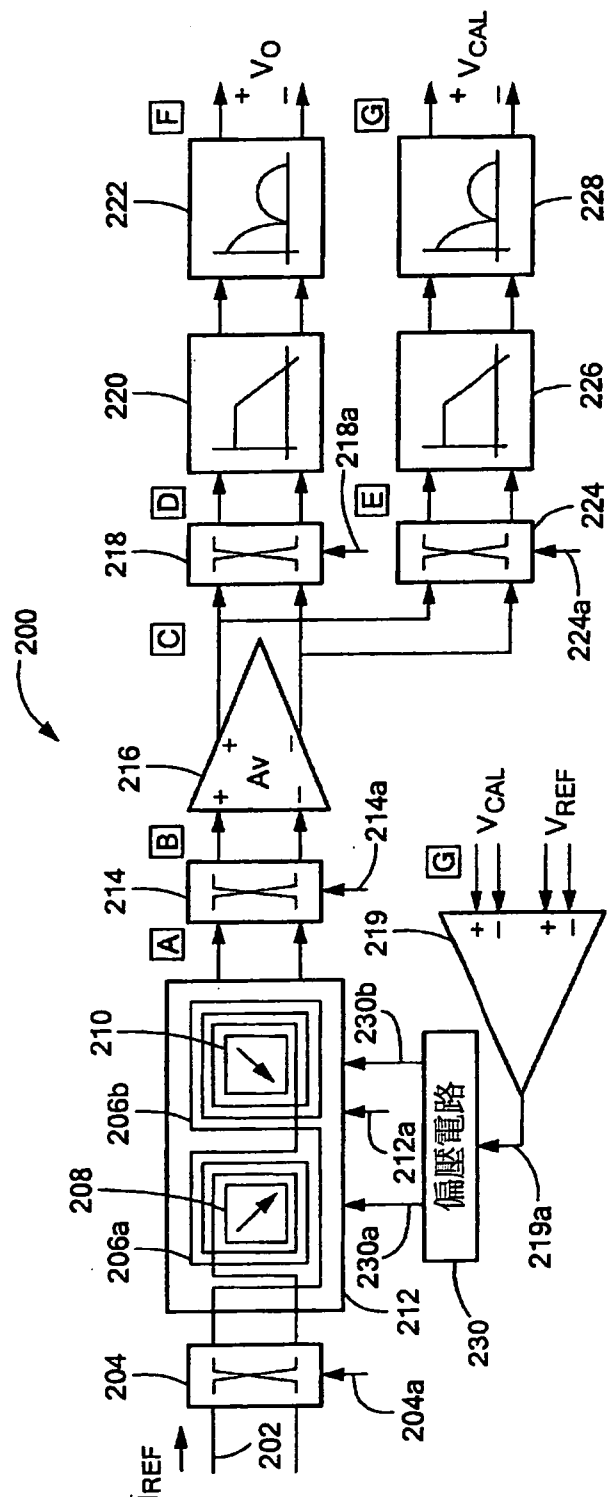

200
202
204
204a
206a
206b
208
210
212
212a
214
214a
216
218
218a
219
219a
220
222
224
224a
226
228
230
230a
230b
IREF
Av
VO
VCAL
VREF
偏壓電路
A
B
C
D
E
F
G

圖 12

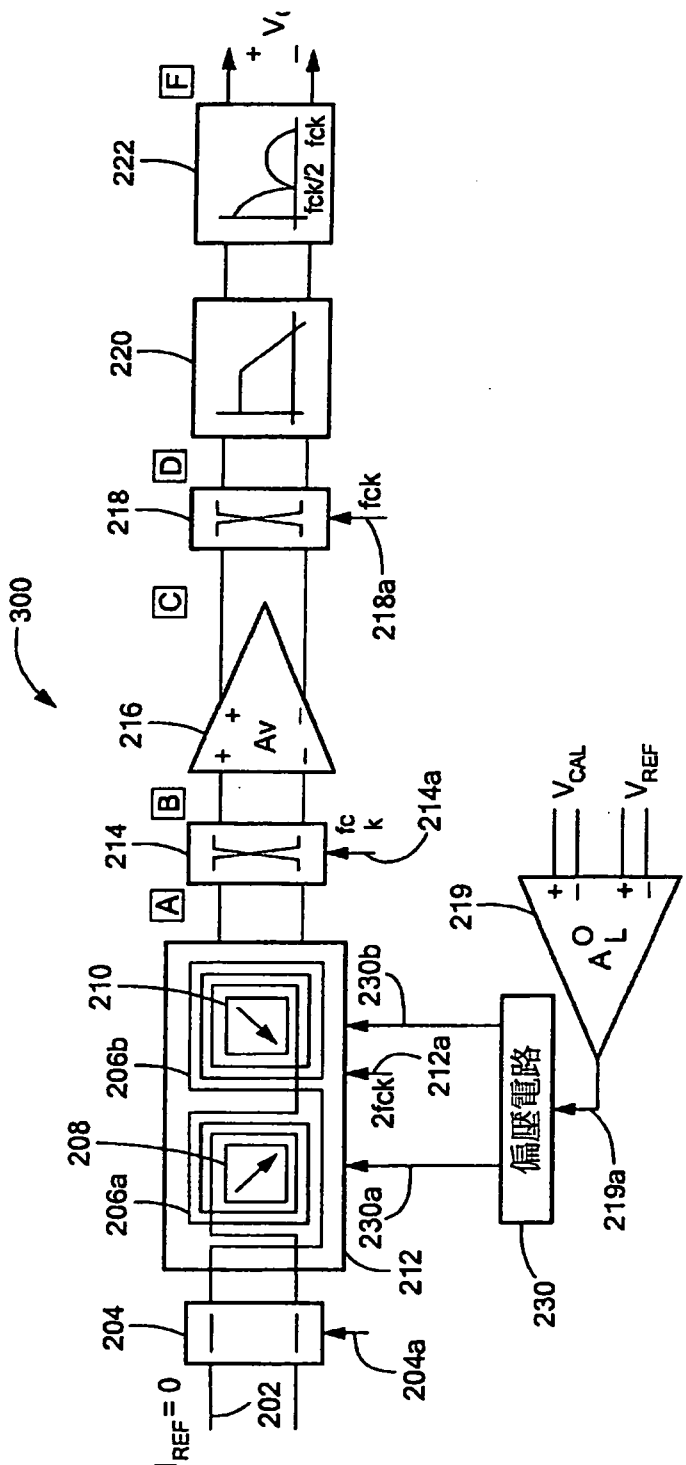

300
$I_{REF}=0$
202
204
204a
206a
206b
208
210
212
230a
230b
2fck
212a
A
214
fc
k
214a
B
216
Av
C
218
fck
218a
D
220
222
fck/2
fck
F
+
−
V_{CAL}
V_{REF}
219
A_L^O
219a
230
偏壓電路

圖 13

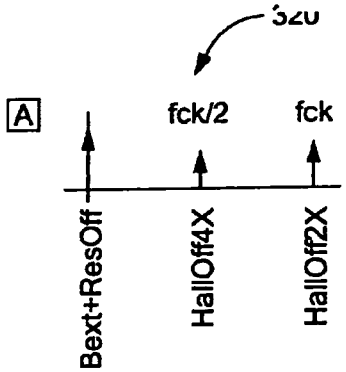


圖 14

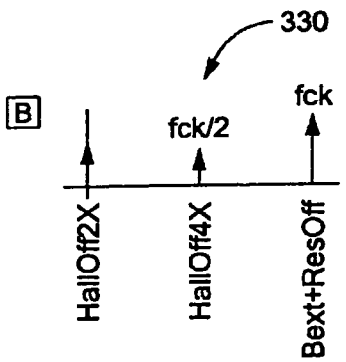


圖 15

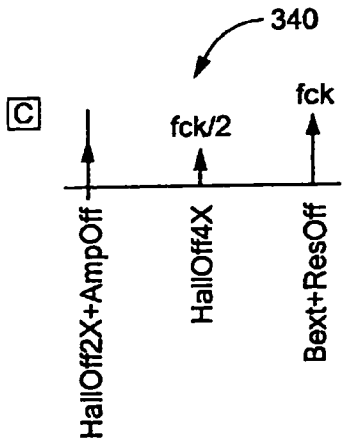


圖 16

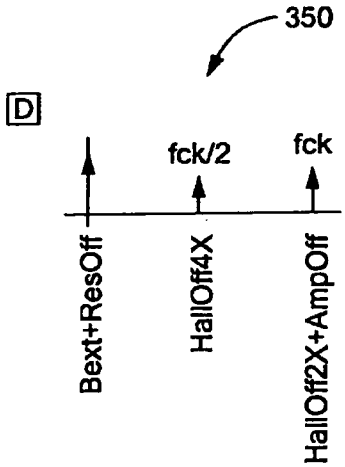


圖 17

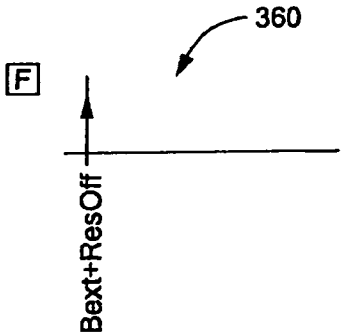


圖 18

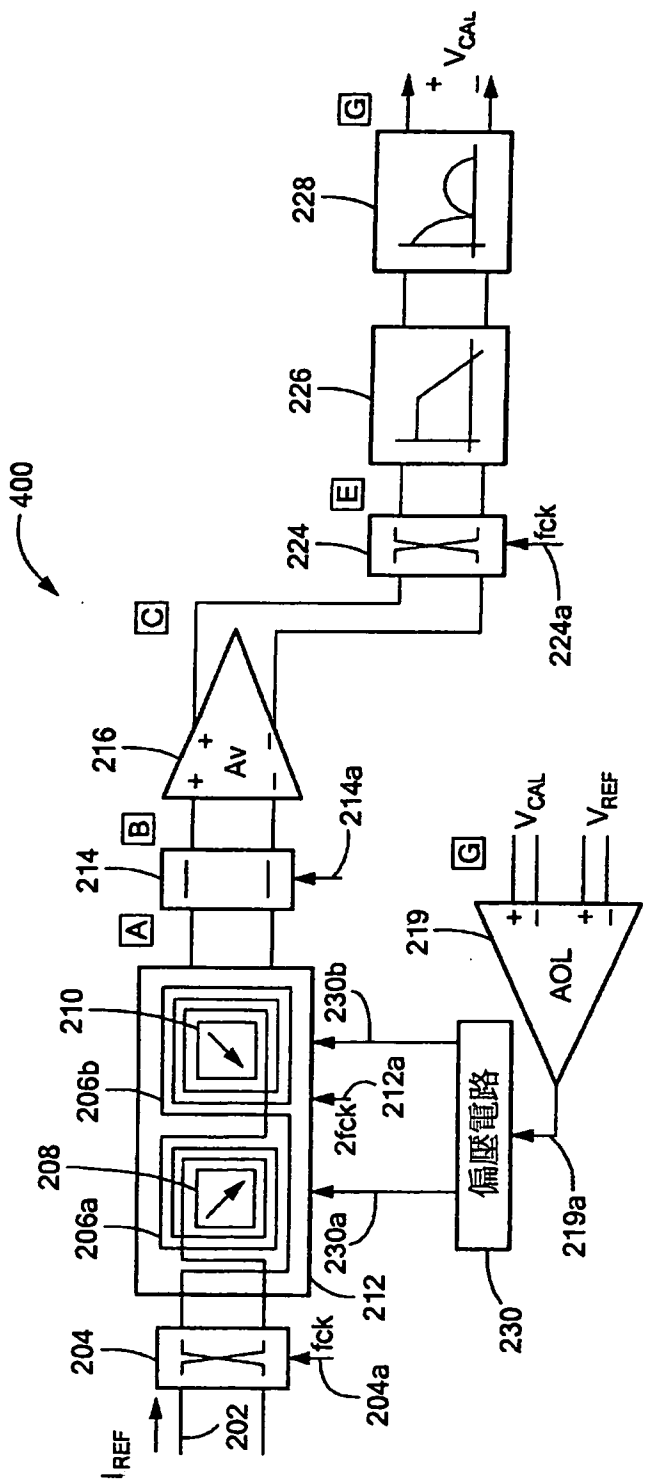

400
202
I_{REF}
204
fck
204a
206a
206b
208
210
212
230a
230b
2fck
212a
214
214a
A
B
C
216
Av
224
224a
E
226
228
G
V_{CAL}
219
AOL
V_{REF}
219a
偏壓電路
230

圖 19

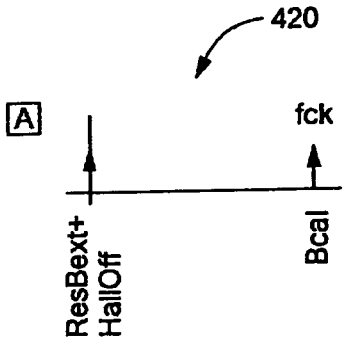


圖 20

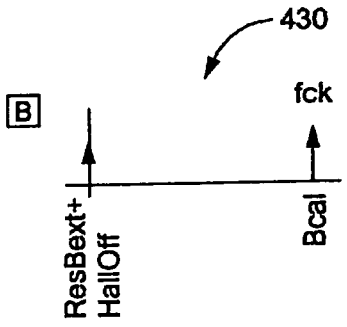


圖 21

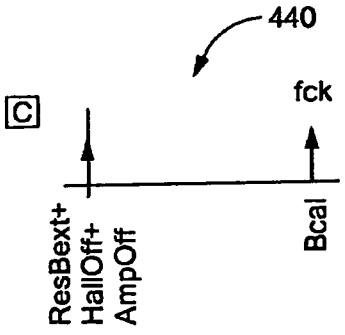


圖 22

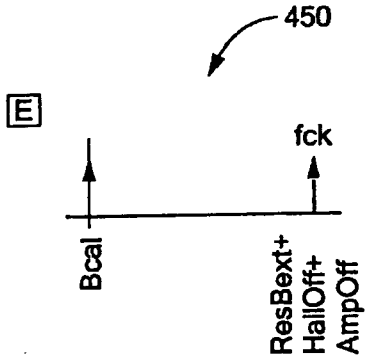


圖 23

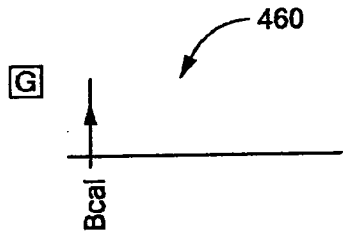
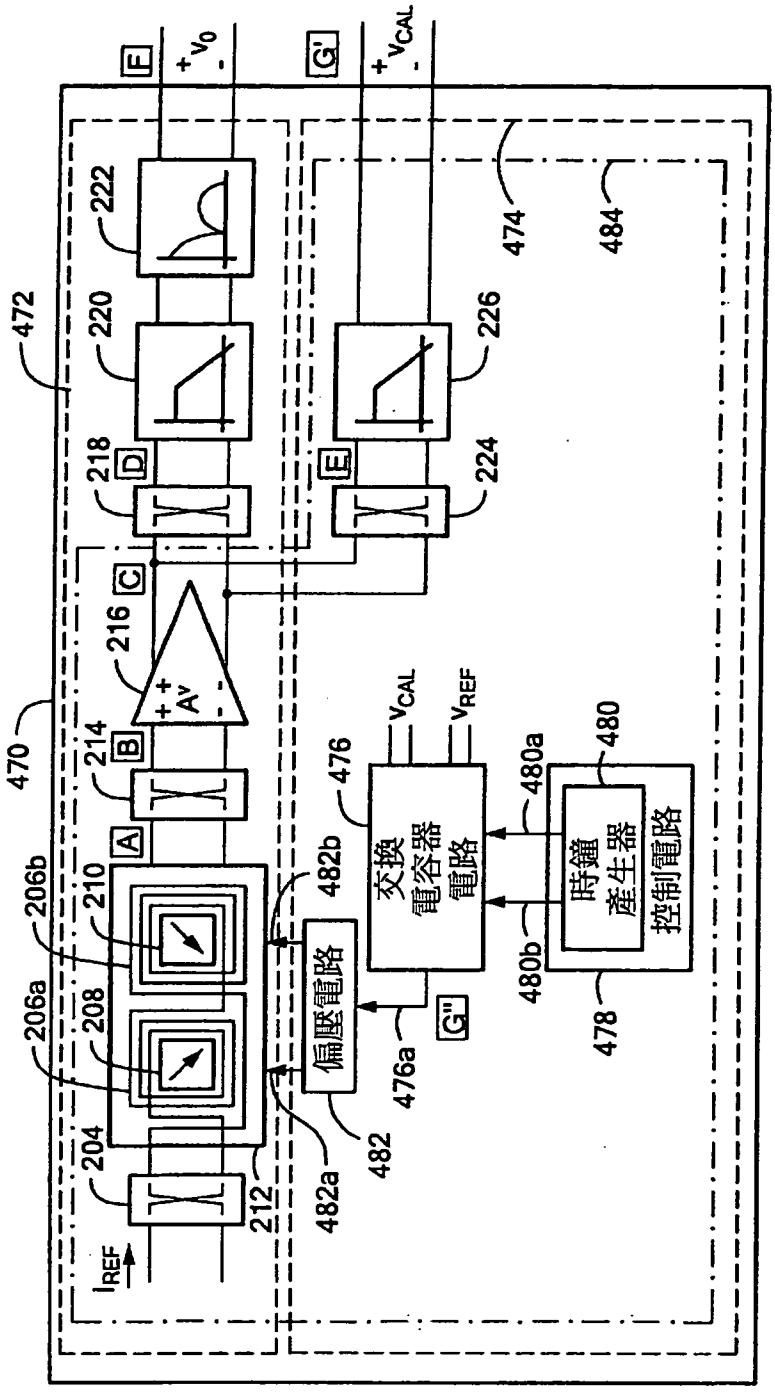


圖 24



F
$+ v_0 -$
G'
$+ v_{CAL} -$
474
484
472
222
220
226
218
D
E
224
C
216
A^v
470
214
B
A
206b
210
206a
208
204
212
I_{REF}
482b
482a
482
偏壓電路
476
v_{CAL}
v_{REF}
交換電容器電路
480a
480
時鐘產生器
控制電路
480b
478
G''
476a

圖 25

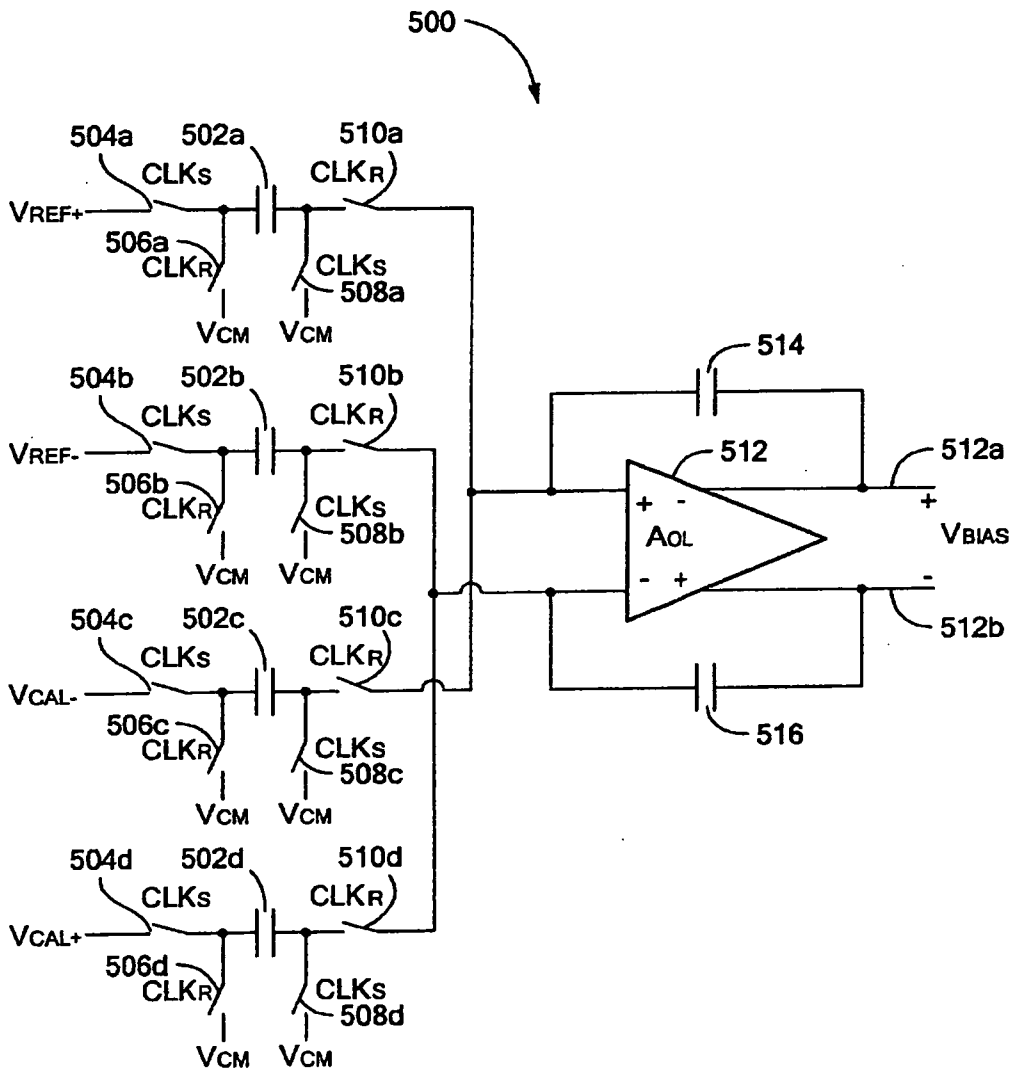

500
504a
502a
510a
CLKs
CLKR
VREF+
506a
CLKR
CLKs
508a
VCM
VCM
504b
502b
510b
CLKs
CLKR
VREF-
506b
CLKR
CLKs
508b
VCM
VCM
504c
502c
510c
CLKs
CLKR
VCAL-
506c
CLKR
CLKs
508c
VCM
VCM
504d
502d
510d
CLKs
CLKR
VCAL+
506d
CLKR
CLKs
508d
VCM
VCM
514
512
512a
AOL
VBIAS
512b
516

圖 26

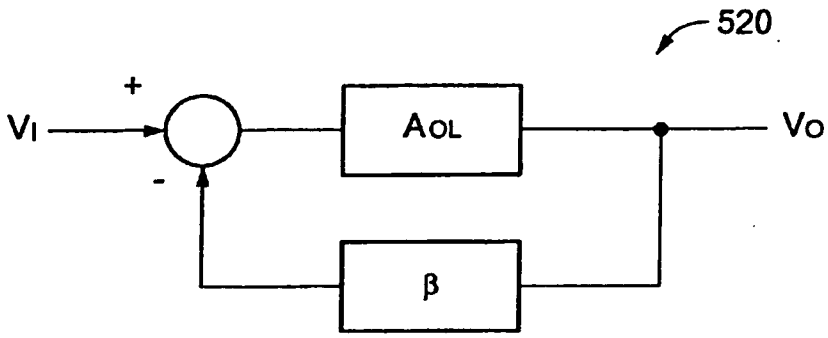

520
+
-
VI
AOL
VO
β

圖 27

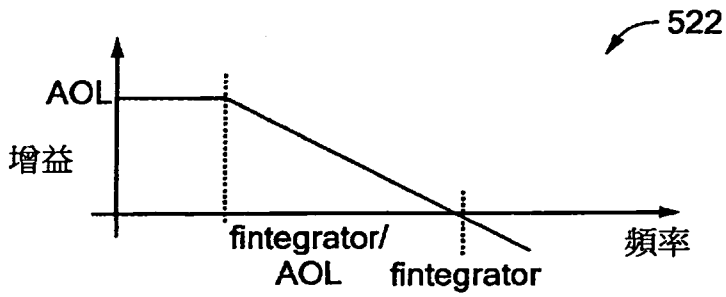

522
AOL
增益
fintegrator/
AOL
fintegrator
頻率

圖 28

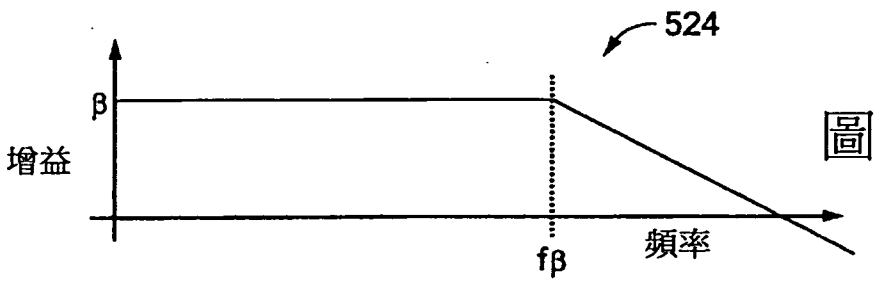

524
β
增益
fβ
頻率

圖 29

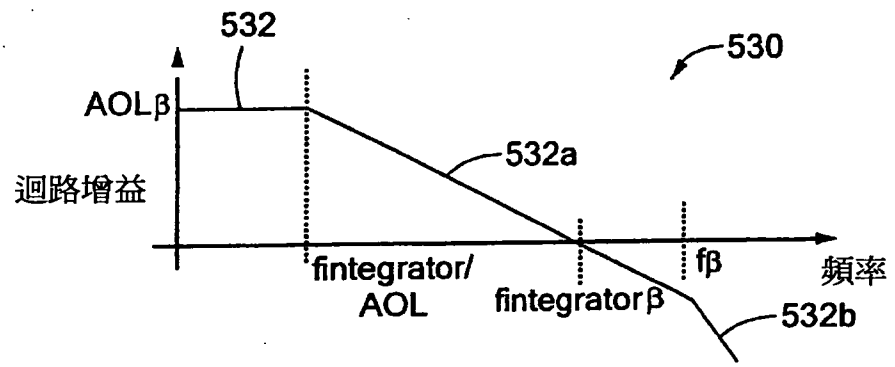

532
530
AOLβ
迴路增益
532a
fintegrator/
AOL
fintegratorβ
fβ
頻率
532b

圖 30

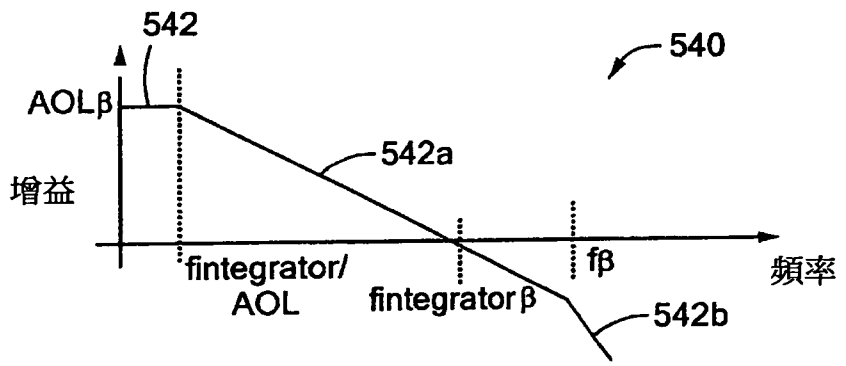
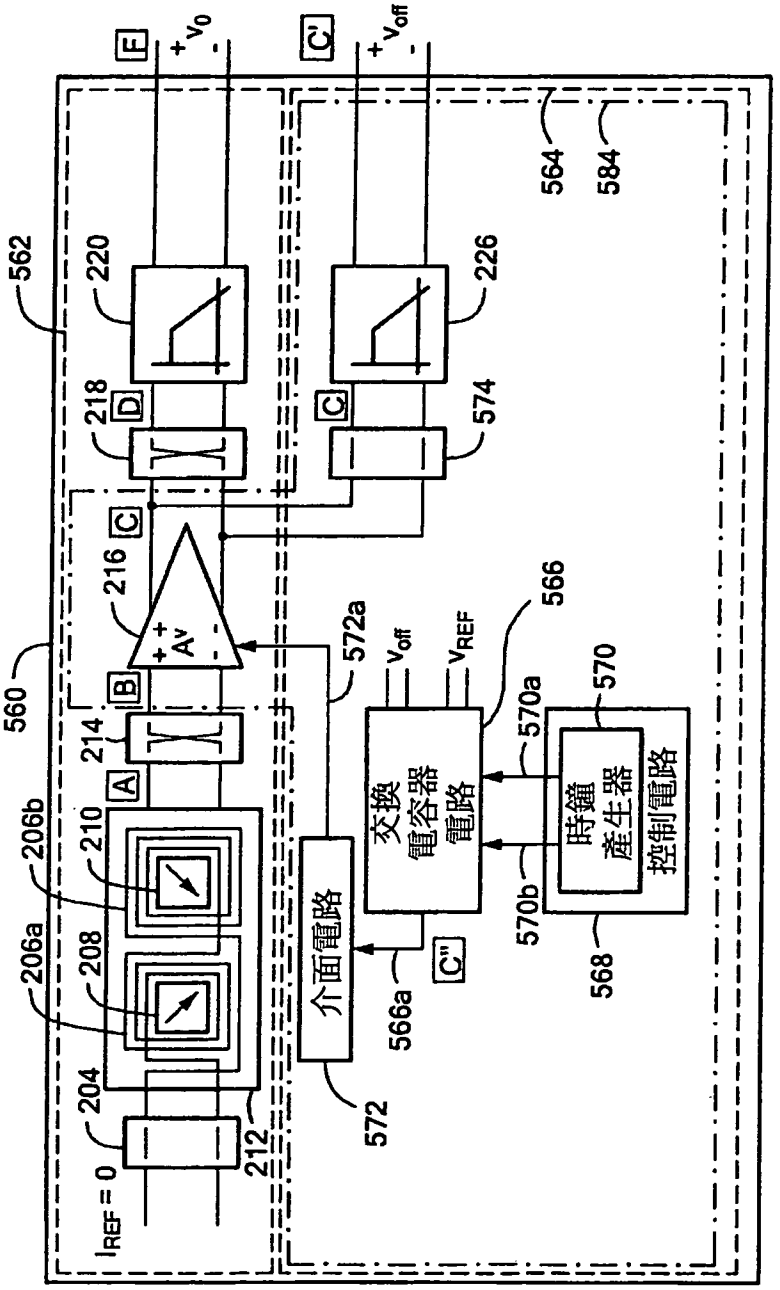

542
540
AOLβ
增益
542a
fintegrator/
AOL
fintegratorβ
fβ
頻率
542b

圖 31



562
560
564
584
220
226
218
574
216
214
210
206b
206a
208
204
212
$I_{REF} = 0$
A
B
C
D
E
F
C'
C"
$+ v_0 -$
$+ v_{off} -$
A^v
572a
v_{off}
v_{REF}
566
570
570a
570b
568
566a
572
交換電容器電路
時鐘產生器控制電路
介面電路

圖 32