



(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 I699515 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：108130267

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 15 日

(51)Int. Cl. : **G01D5/245 (2006.01)**

(30)優先權：2014/12/17 日本 2014-255350

(71)申請人：日商東方馬達股份有限公司 (日本) ORIENTAL MOTOR CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：近藤大生 KONDO, DAIKI (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW	573116	EP	0435429A1
JP	2010-164553A	US	4477860
US	2001/0005139A1		

審查人員：陳勇志

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：15 共 48 頁

(54)名稱

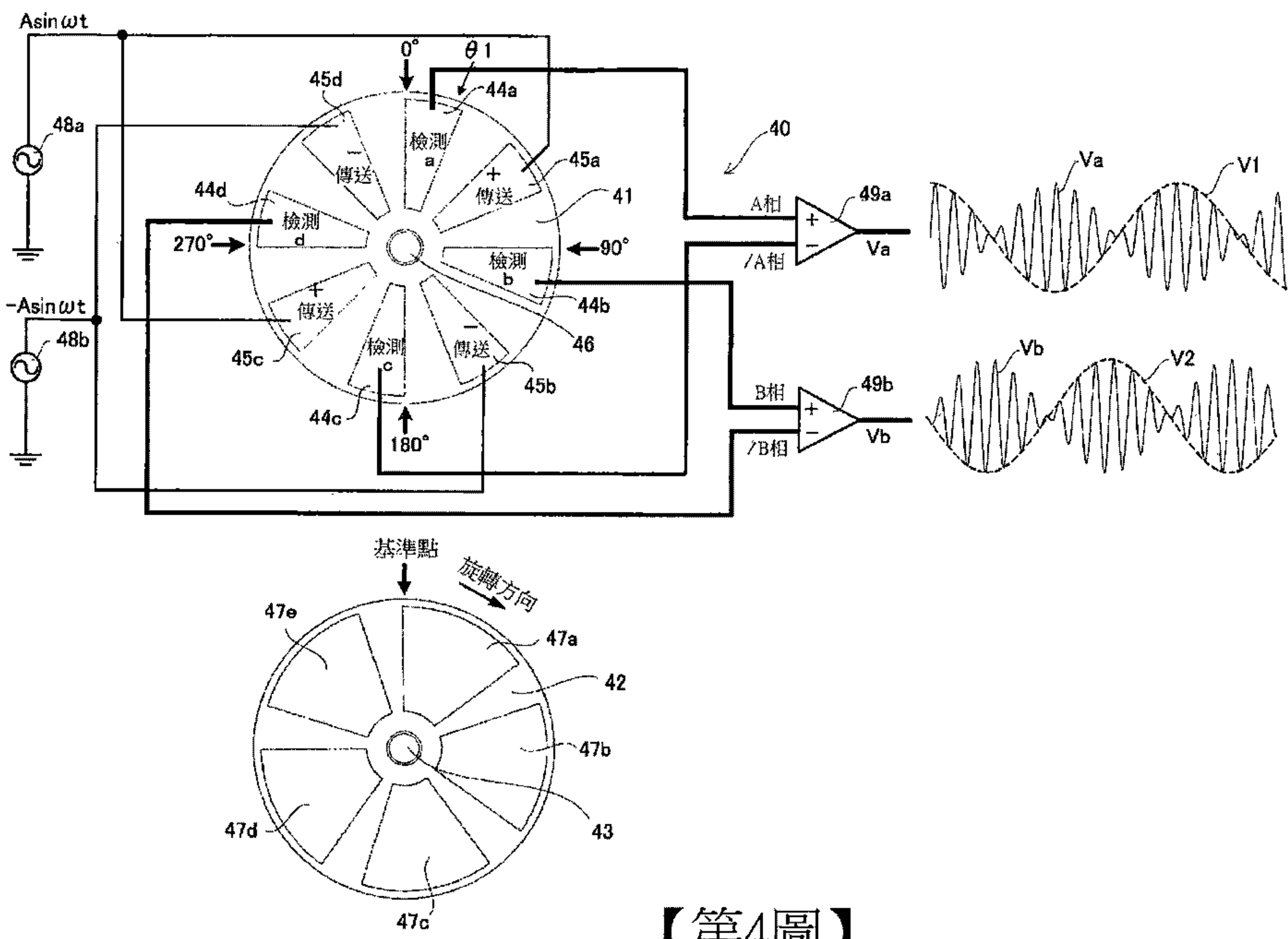
靜電編碼器

(57)摘要

本發明提供一種依據配置於定子(41)及轉子(42)之電極間之靜電電容的變化而以高精確度檢測轉子之旋轉角的靜電編碼器(40)。本發明之靜電編碼器係將配置在定子(41)之檢測電極(44a 至 44d)及傳送電極(45a 至 45d)於圓周方向交互地配置。藉由傳送電極及檢測電極交互地配置，可從相鄰接之檢測電極輸出根據轉子(42)的旋轉而被振幅調變且具有 90°相位差的檢測信號(A 相、B 相)。將該等具有 90°的相位差的檢測信號予以解調而產生調變信號(V1、V2)。對該等調變信號適用分解數位(RD)變換處理，而求得轉子的旋轉角。由於傳送電極與檢測電極係交互地配置，因此可抑制調變信號之位移的偏移，並且可降低檢測電極的數量，而能達成靜電編碼器的小型化。

This invention is related to an electrostatic encoder for detecting angles of rotation of a rotor with a high precision according to changes of electrostatic capacity disposed between electrodes of stator (41) and rotor (42). In the electrostatic encoder of the subject invention, detection electrodes (44a to 44d) and transfer electrodes (45a to 45d) which are provided in the stator (41), are alternately disposed in a circumferential direction. By way of alternate disposition of the transfer electrodes and the detection electrodes, detection signals (A phase, B phase) being amplitude modulated according to rotations of rotor (42) and having 90° phase difference can be output from adjacent detection electrodes. The detection signals are amplitude modulated to generate modulated signals (V1, V2). A resolver-to-digital (RD) conversion process is applied to the modulated signals to calculate rotation angles of a rotor. Owing to alternate disposition of the transfer electrodes and the detection electrodes, displacement of modulated signals can be inhibited and the number of detection electrodes can be reduced so as to achieve miniaturization of an electrostatic encoder.

指定代表圖：



【第4圖】

符號簡單說明：

40:靜電編碼器

41:定子

42:轉子

43:中心軸

44a 至 44d:檢測電極

45a 至 45d:傳送電極

46:中心軸

47a 至 47e:中繼電極

48a:高頻信號

48b:反轉後的高頻信號

49a、49b:差動演算放大
大電路

Va、Vb:輸出信號

V1、V2:調變信號

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※ I P C 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

靜電編碼器

ELECTROSTATIC ENCODER

【中文】

本發明提供一種依據配置於定子(41)及轉子(42)之電極間之靜電電容的變化而以高精確度檢測轉子之旋轉角的靜電編碼器(40)。本發明之靜電編碼器係將配置在定子(41)之檢測電極(44a 至 44d)及傳送電極(45a 至 45d)於圓周方向交互地配置。藉由傳送電極及檢測電極交互地配置，可從相鄰接之檢測電極輸出根據轉子(42)的旋轉而被振幅調變且具有 90°相位差的檢測信號(A 相、B 相)。將該等具有 90°的相位差的檢測信號予以解調而產生調變信號(V1、V2)。對該等調變信號適用分解數位(RD)變換處理，而求得轉子的旋轉角。由於傳送電極與檢測電極係交互地配置，因此可抑制調變信號之位移的偏移，並且可降低檢測電極的數量，而能達成靜電編碼器的小型化。

【英文】

This invention is related to an electrostatic encoder for detecting angles of rotation of a rotor with a high precision according to changes of electrostatic capacity disposed between electrodes of stator (41) and rotor (42). In the electrostatic encoder of the subject invention, detection electrodes (44a to 44d) and transfer electrodes (45a to 45d) which are provided in the stator (41), are alternately disposed in a circumferential direction. By way of alternate disposition of the transfer electrodes and the detection electrodes, detection signals (A phase, B phase) being amplitude modulated according to rotations of rotor (42) and having 90° phase difference can be output from adjacent detection electrodes. The detection signals are amplitude modulated to generate modulated signals (V1, V2). A resolver-to-digital (RD) conversion process is applied to the modulated signals to calculate rotation angles of a rotor. Owing to alternate disposition of the transfer electrodes and the detection electrodes, displacement of modulated signals can be inhibited and the number of detection electrodes can be reduced so as to achieve miniaturization of an electrostatic encoder.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 4 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

40	靜電編碼器
41	定子
42	轉子
43	中心軸
44a 至 44d	檢測電極
45a 至 45d	傳送電極
46	中心軸
47a 至 47e	中繼電極
48a	高頻信號
48b	反轉後的高頻信號
49a、49b	差動演算放大電路
Va、Vb	輸出信號
V1、V2	調變信號

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

本案無化學式

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)

靜電編碼器

ELECTROSTATIC ENCODER

【技術領域】

【0001】 本發明係有關靜電編碼器，更詳細而言，係關於形成在靜電編碼器的定子及轉子之電極的配置。

【先前技術】

【0002】 如第 1 圖所示，靜電編碼器 10 係於定子 11 上具有傳送電極 12 及檢測電極 13，且於配置在與該等電極相對向的位置之動子 14 上具有中繼電極 15。高頻信號 16 施加於傳送電極 12 時，高頻信號 16 係透過形成在傳送電極 12 與中繼電極 15 之間的靜電電容 C_{tc} 及形成在中繼電極 15 與檢測電極 13 之間的靜電電容 C_{cs} 而傳達至檢測電極 13。由於靜電電容 C_{tc} 及靜電電容 C_{cs} 會藉由動子 14 的移動所造成傳送電極 12、中繼電極 15 及檢測電極 13 之對向關係而變化，因此利用信號處理電路 17 來處理出現在檢測電極 13 的高頻信號，而能檢測出動子 14 的位置。使用靜電編碼器以檢測動子的原理如以下所述。

【0003】 參照第 2 圖，高頻信號 16 施加於靜電編碼器 10 的傳送電極 12。高頻信號 16 藉由形成在傳送電極 12 與中繼電極 15 之間的靜電電容 C_{tc} 而於中繼電極 15 產生靜電感應所造成的電位，並且該感應電位藉由形成在中繼

電極 15 與檢測電極 13 之間的靜電電容 C_{cs} 而使於檢測電極 13 產生檢測信號 18。假設傳送電極 12 與中繼電極 15 之間的靜電電容 C_{tc} 係固定而無變化，則靜電電容 C_{cs} 會因動子 14 的移動而變化，而檢測信號 18 成為將高頻信號 16 予以調變振幅後的波形。信號處理電路 17 藉由檢測出該經調變振幅後的信號成分而能算出動子的位置。

【0004】 根據上述的靜電編碼器所為之位置檢測的原理，美國專利第 4,429,307 號(專利文獻 1)揭示有將傳送元件 56、58、接收元件 60、以及導電元件 50、52 分別配置於圓板狀的固定碟 48 及移動碟 46 上所構成的靜電編碼器(參照專利文獻 1 之第 7 圖及第 8 圖)。前述美國專利所揭示之靜電編碼器中，由固定碟 48 之傳送元件 56、58 所傳送的傳送信號($A\sin\omega t, -A\sin\omega t$)係以導電元件 50、52 中繼，而以接收元件 60 檢測。移動碟 46 旋轉的狀態下，導電元件 50、52 與接收元件 60 之間的靜電電容會變化。該電容的變化作為電位的變化被檢測出，而能獲得經調變成具有 2 個相互呈 90° 之相位差之正弦波狀的輸出信號。從該等之輸出信號的包絡線(振幅調變)成分來檢測出移動碟 46 的旋轉位移量。

(先前技術文獻)

(專利文獻)

【0005】

專利文獻 1：美國專利第 4,429,307 號說明書

【發明內容】

(發明所欲解決的課題)

【0006】 第 3 圖所示之以往的靜電編碼器中，由於傳送元件 56、58 與接收元件 60 的形狀互異，因此，不利於傳送元件 56、58 與導電元件 50、52 之間的靜電編碼器之動作的寄生電容，或導電元件 50、52 與接收元件 60 之間的寄生電容的大小會依每個傳送元件及接收元件而不同。其結果，存在有從接收元件 60 來的輸出信號之振幅調變的電壓會偏移到正負之其中一者的課題。特別是，當移動碟 46 及固定碟 48 之間の間隔變寬時，輸出信號之振幅調變的電壓的偏移就會增加。此外，由於接收元件 60 的數量較多，因此存在有在構造上難以將固定碟 48 小型化的課題。

(解決課題之手段)

【0007】 本發明係關於使用配置在第 1 及第 2 絕緣構件之相對向的表面之電極所形成的靜電電容而測量絕緣構件間之測定方向之位移的靜電編碼器，特點在於：在第 1 絕構件以預定的第 1 電極週期於測定方向配置有 2 個或多於 2 個的中繼電極，且在第 2 絕緣電極以與第 1 電極週期不同之預定的第 2 電極週期於測定方向交互地配置有傳送電極及檢測電極。

(發明的效果)

【0008】 為了解決上述的課題，本發明採用了將傳送電極及檢測電極於測定方向交互地配置的電極配置，結果全部的電極的形狀變得相等，因此，可降低輸出信號之振幅調變的電壓會偏移到正負之其中一者的課題，並且對

於第 1 及第 2 絕緣構件間之間隔的變動，可進一步降低輸出信號中的振幅調變之振幅調變之電壓變動的偏移。而且，以減少檢測電極之數量的方式，可減少配置成輻射狀之電極的數量，且能有助於靜電編碼器的小型化。

【圖式簡單說明】

【0009】

第 1 圖係說明靜電編碼器之基本原理的圖式。

第 2 圖係用以說明第 1 圖所示之構成之靜電編碼器之動作的圖式。

第 3 圖係顯示習知的靜電編碼器之電極配置之一例的圖式。

第 4 圖係說明本發明之第 1 實施例之靜電編碼器之基本原理的圖式。

第 5 圖係顯示第 4 圖所示之靜電編碼器之形成在定子的電極與轉子的電極之間的靜電電容的關係的圖式。

第 6 圖(1)、(2)係用以說明電極的配置與檢測信號之關係的圖式。

第 7 圖係顯示本發明之第 2 實施例之靜電編碼器的接線圖。

第 8 圖係顯示藉由轉子之旋轉而造成之中繼電極與傳送電極及檢測電極之對向關係的圖式。

第 9 圖係顯示藉由轉子之旋轉而造成對向面積之變化的波形圖。

第 10 圖係顯示回應轉子之旋轉而輸出之調變信號的

曲線圖。

第 11 圖係顯示中繼電極之電極數為 $X(2 \text{ 至 } 50)$ 時之傳送電極、檢測電極、以及中繼電極之電極數之組合的表。

第 12 圖係顯示本發明之第 3 實施例之靜電編碼器的接線圖。

第 13 圖(a)及(b)係表示配置在內層之電極間之相對的位置關係、以及根據因轉子之旋轉造成之對向面積之變化所形成之差動輸出(A 相系統)之變化的波形圖。

第 14 圖(a)及(b)係表示配置在外層之電極間之相對的位置關係、以及根據因轉子之旋轉造成之對向面積之變化所形成之差動輸出(B 相系統)之變化的波形圖。

第 15 圖係顯示回應轉子之旋轉而輸出之調變信號的曲線圖。

【實施方式】

【0010】 第 4 圖係說明本發明之第 1 實施例之用以取得旋轉型靜電編碼器 40 之輸出信號之基本原理的圖式。靜電編碼器 40 係將定子 41 與形成在轉子 42 上之電極面予以相對向配置，轉子 42 係可對中心軸 43 旋轉的方式結合。定子 41 係將檢測電極 44a 至 44d 及傳送電極 45a 至 45d 從中心軸 46 以輻射狀的形狀配置。檢測電極 44a 至 44d 及傳送電極 45a 至 45d 係於定子 41 之圓周方向交互且以等間隔的方式配置。轉子 42 係將中繼電極 47a 至 47e 從中心軸 43 以輻射狀的形狀且等間隔的方式配置。定子 41 及轉子 42 係由例如直徑 40 毫米、厚度 2 毫米之玻璃環氧基材之印刷

基板所製成，並利用蝕刻於其上形成銅箔的電極圖案，惟也可利用其他的材料或其他的方法來形成(以下所述之其他的實施例亦同)。定子 41 及轉子 42 係電極面以大約 0.1 毫米的間隙相對向的方式配置。如以上所述，第 4 圖所示之靜電編碼器 40 係由配置有 4 極的檢測電極及 4 極的傳送電極的定子 41、及配置有 5 極的中繼電極之轉子 42 所構成的實施例。

【0011】 高頻信號($A\sin\omega t$)48a 施予傳送電極 45a、45c，此外，使高頻信號 48a 的相位反轉後的高頻信號($-A\sin\omega t$)48b 施予傳送電極 45b、45d。分別表示 A 係電壓、 ω 係角速度、t 係時間。檢測電極 44a、44c 分別結合至差動演算放大電路 49a 的非反轉輸入及反轉輸入，此外，檢測電極 44b、44d 分別結合至差動演算放大電路 49b 的非反轉輸入及反轉輸入。

【0012】 當以上所述的方式所配置的靜電編碼器 40 之轉子 42 以中心軸 43 為中心來旋轉時，演算放大電路 49a 就會取得以檢測電極 44a 所檢測出之 A 相的檢測信號與以檢測電極 44c 所檢測出之 $\neg$ A 相的檢測信號的差分，並輸出經振幅調變後的輸出信號 Va。此外，演算放大電路 49b 會取得以檢測電極 44b 所檢測出之 B 相的檢測信號與以檢測電極 44d 所檢測出之 $\neg$ B 相的檢測信號的差分，並輸出經振幅調變後的輸出信號 Vb。該等輸出信號 Va、Vb 係從高頻信號 48a、48b 透過形成在定子 41 上的電極與轉子 42 上之電極之間的靜電電容而傳達的信號所獲得的信號，且

依據以轉子 42 的旋轉所產生的靜電電容的變化而被振幅調變。第 5 圖示意地顯示高頻信號 48a、48b 經由該靜電電容而傳達至演算放大電路 49a 的路徑。

【0013】 第 5 圖係用以說明轉子 42 的基準點(參照第 4 圖)從定子 41 的基準位置(0°)旋轉達旋轉角 θ 1 時，檢測電極 44a、44b 透過中繼電極 47a 至 47e 而與傳送電極 45a 至 45d 形成的靜電電容的圖式。定子 41 及轉子 42 上的電極係配置成圓周狀，然而，第 5 圖中為了說明形成在電極間的靜電電容，而簡單以直線狀描繪傳送電極、檢測電極及中繼電極。

【0014】 第 5 圖所示之電極的位置關係上，傳送電極 45d 與中繼電極 47e 相對向，且該等電極之間形成有靜電電容 C1。此外，傳送電極 45a 與中繼電極 47a 相對向，且該等電極之間形成有靜電電容 C4。再者，檢測電極 44a 與中繼電極 47e 及中繼電極 47a 之間分別形成有靜電電容 C2、C3。傳送電極 45b、45c 與中繼電極 47c 之間分別形成有靜電電容 C5、C7。此外，檢測電極 44c 與中繼電極 47c 之間形成有靜電電容 C6。

【0015】 於第 5 圖所示之靜電電容的分布狀態中，關於與 A 相相關之檢測信號，施加於傳送電極 45a 的高頻信號 ($A \sin \omega t$)48a 透過靜電電容 C4 而於中繼電極 47a 感應高頻信號，經感應後的高頻信號經由靜電電容 C3 而傳達至檢測電極 44a。此外，施加於傳送電極 45d 的反轉高頻信號 ($-A \sin \omega t$)48b 透過靜電電容 C1 而於中繼電極 47e 感應

高頻信號，經感應後的高頻信號進一步經由靜電電容 C2 而傳達至檢測電極 44a。關於 / A 相相關之檢測信號，施加於傳送電極 45b 的反轉高頻信號 48b 透過靜電電容 C5 而於中繼電極 47c 感應高頻信號，經感應後的高頻信號經由靜電電容 C6 而傳達至檢測電極 44c。此外，施加於傳送電極 45c 的高頻信號 48a 透過靜電電容 C7 而於中繼電極 47c 感應高頻信號，經感應後的高頻信號進一步經由靜電電容 C6 而傳達至檢測電極 44c。此外，關於 B 相及 / B 相相關的檢測信號(參照第 4 圖)亦與上述情形同樣經由分布在電極間的靜電電容而使高頻信號傳達至檢測電極。

【0016】 經由上述的電極間的靜電電容而傳達至檢測電極 44a 及檢測電極 44c 的高頻信號施加於演算放大電路 49a 之非反轉輸入及反轉輸入，並藉由執行對該等的輸入信號的差動放大演算而可獲得輸出信號 V_a 。第 5 圖顯示 A 系統(導引 A 相，/ A 相之檢測信號的系統)之靜電電容的分布，惟未顯示 B 系統(導引 B 相，/ B 相之檢測信號的系統)之靜電電容的分布。然而，藉由與 A 系統同樣的電路可獲得與從 B 系統來的輸出信號 V_b 。藉由將輸出信號 V_a 、 V_b 予以解調，可獲得輸出信號 V_a 、 V_b 之振幅調變成分、亦即調變信號 V_1 、 V_2 。由於調變信號 V_2 相對於調變信號 V_1 具有 90° 的相位差，故對調變信號 V_1 及調變信號 V_2 適用眾所周知的分解數位(RD)變換處理，而能求得轉子 42 的旋轉角。

【0017】 說明從第 4 圖所示之配置在定子 41 及轉子

42 之檢測電極 44a 至 44d 輸出具有 90° 的相位差之檢測信號的原理。第 6 圖(1)顯示以相同的電極週期(相同電極數)來配置中繼電極、檢測電極及傳送電極的構成。第 6 圖(1)所示之配置中，對傳送電極(+ 傳送 a1、- 傳送 b1、...)交互地給予高頻信號($A\sin\omega t$)及反轉高頻信號($-A\sin\omega t$)。其結果，檢測電極(a1、b1、...)交互地輸出高頻信號($A\sin\omega t$)(A 相)及反轉高頻信號($-A\sin\omega t$)($\angle$ A 相)。相對於此，第 6 圖(2)所示之配置係使配置中繼電極之電極週期與配置檢測電極及傳送電極的電極週期不同，因此，在相鄰接之檢測電極間檢測出的檢測信號會產生相位差。以相鄰接的檢測信號間產生 90° 的相位差的方式，調整相對於中繼電極之電極週期的檢測電極及傳送電極的電極週期。其結果，檢測電極(a2、b2、...)以 A 相($A\sin\omega t$)、B 相($A\cos\omega t$)、 $\angle$ A 相($-A\sin\omega t$)、 $\angle$ B 相($-A\cos\omega t$)的順序輸出檢測信號。

【0018】 如前述，施加到傳送電極的高頻信號經由中繼電極而傳達到檢測電極，而可從該檢測電極所檢測出的檢測信號求得輸出信號。形成在定子及轉子之電極間的靜電電容會對應轉子的旋轉而改變，並且，輸出信號的振幅會因該改變而產生變化。由於定子係與轉子密接，故可設想電極間的靜電電容大致與從中繼電極的表面至直角方向的傳送電極及檢測電極的表面的面積對應。亦即，輸出信號的振幅的變化與轉子的旋轉所造成之對向面積的變化對應。因此，為了導出輸出信號的波形，轉子的旋轉所造

成之對向面積的變化就成為重要。

【0019】 第 7 圖係顯示本發明之第 2 實施例之旋轉型靜電編碼器 70 的接線圖。第 7 圖所示之靜電編碼器 70 係表示定子 71 具有 8 極的檢測電極及 8 極的傳送電極，且轉子 72 具有 10 極的中繼電極的實施例。靜電編碼器 70 係形成在定子 71 與轉子 72 上的電極面相對向配置，轉子 72 以可旋轉的方式結合於中心軸 73。定子 71 係將檢測電極 74a 至 74h 及傳送電極 75a 至 75h 從定子 71 的中心軸 76 以輻射狀的形狀配置。檢測電極 74a 至 74h 及傳送電極 75a 至 75h 係於定子 71 之圓周方向交互且以等間隔的方式配置。轉子 72 係將中繼電極 77a 至 77j 從轉子 72 的中心軸 73 以輻射狀的形狀且等間隔的方式配置。高頻信號($A\sin\omega t$)78a 連接於傳送電極 75a、75c、75e、75g(未顯示配線)。使高頻信號 78a 的相位反轉後的高頻信號($-A\sin\omega t$)78b 連接於傳送電極 75b、75d、75f、75h。在此說明，A 係表示電壓， ω 係表示角速度，t 係表示時間。此外，分別地，檢測電極 74a、74e(A 相)結合到演算放大電路 79a 的非反轉輸入，檢測電極 74c、74g($\angle$ A 相)結合到演算放大電路 79a 的反轉輸入。此外，檢測電極 74b、74f(B 相)結合到演算放大電路 79b 的非反轉輸入，檢測電極 74d、74h($\angle$ B 相)結合到演算放大電路 79b 的反轉輸入。

【0020】 當以上述方式配置的靜電編碼器 70 的轉子 72 以中心軸 73 為中心進行旋轉時，演算放大電路 79a、79b 輸出經振幅調變後的輸出信號 Va、Vb。該等輸出信號 Va、

Vb 係從高頻信號 78a 及反轉高頻信號 78b 透過形成在定子 71 上的電極與轉子 72 上的電極之間的靜電電容而傳達的信號所獲得的信號。於是，以下檢討傳送電極與中繼電極之間的對向面積、以及中繼電極與檢測電極之間的對向面積係依據轉子的旋轉而如何地變化。

【0021】 第 8 圖係顯示轉子 72 旋轉時之中繼電極 77a 至 77j 與檢測電極 74a 至 74h 及傳送電極 75a 至 75h 之對向關係的圖式。檢測電極、傳送電極及中繼電極係在定子及轉子上配置成圓周狀，惟在第 8 圖中為了使對向關係明確而描繪成直線狀。設想為轉子 72 的基準點(參照第 7 圖)從定子的基準位置(0°)開始旋轉，而圖示轉子 72 旋轉 9° 、 18° 、 27° 、 36° 、 $\dots$ 、 351° 、 360° 時之中繼電極 77a 至 77j 之分別的位置。

【0022】 第 9 圖係顯示轉子 72 旋轉時之對向面積之變化的波形圖。參照第 8 圖來說明傳送電極與中繼電極之間之對向面積的變化。首先，第 9 圖(1)顯示傳送電極 75a 與中繼電極之間之對向面積的變化。轉子 72 的基準點位於定子 71 的 0° 位置時(旋轉角 $\theta = 0^\circ$)，若是參照第 7 圖，則傳送電極 75a 與中繼電極 77a 係部分地(傳送電極 75a 的一半)對向。當轉子 72 的繼續旋轉時，會使中繼電極 77a 相對於傳送電極 75a 的對向面積增加，而在旋轉角在 0° 與 9° 的中間(旋轉角 $\theta = 4.5^\circ$)，傳送電極 75a 的全面會與中繼電極 77a 相對向。在此時間點的對向面積最大，一直到轉子 72 達到 18° 與 27° 的中間的旋轉角(旋轉角 $\theta = 22.5^\circ$)為止維

持最大的對向面積。一旦轉子 72 超過旋轉角 22.5° ，與中繼電極 77a 的對向面積就轉為減少，而在轉子 72 的旋轉角在 27° 與 36° 的中間(旋轉角 $\theta = 31.5^\circ$)，傳送電極 75a 與中繼電極 77a 之間的對向關係就消失，亦即對向面積變為零。一旦轉子 72 的旋轉角超過 31.5° ，則中繼電極 77j 開始與傳送電極 75a 的對向關係。當轉子 72 的旋轉角達到 36° ，傳送電極 75a 與中繼電極 77j 之間的對向關係就與在旋轉角於 0° 時之傳送電極 75a 與中繼電極 77a 之間的對向關係相同的關係。之後，如第 9 圖(1)所示，傳送電極 75a 與中繼電極(77j、77i、...)之間的對向面積係反覆相同的波形。此外，如第 8 圖所示，由於傳送電極 75e 之相對於中繼電極 77f 的對向關係與傳送電極 75a 之相對於中繼電極 77a 的對向關係為相同的關係，因此傳送電極 75e 與中繼電極之間的對向面積的變化係與第 9 圖(1)所示的波形相同的波形。

【0023】 依照與上述相同的順序，會獲得其他傳送電極與中繼電極之間的對向面積的變化。第 9 圖(2)顯示傳送電極 75c(75g)與中繼電極之間的對向面積的變化。此外，第 9 圖(3)顯示傳送電極 75b(75f)與中繼電極之間的對向面積的變化。再者，第 9 圖(4)顯示傳送電極 75d(75h)與中繼電極之間的對向面積的變化。依據以上發明，如第 9 圖(1)至(4)的波形所示，顯示出從轉子旋轉時之傳送電極所見之相對於中繼電極之對向面積的變化。接著，檢討從檢測電極所見之相對於中繼電極的對向面積的變化。

【0024】 首先，求得檢測電極 74a 與和被賦予高頻信號($A\sin\omega t$)之傳送電極 75a 相對向之中繼電極之間的對向面積的變化。如第 8 圖所示，轉子 72 的旋轉角為 0° 時，與傳送電極 75a 相對向的中繼電極為中繼電極 77a。因此，求得中繼電極 77a 與檢測電極 74a 之間的對向面積的變化。如第 8 圖所示，轉子 72 的旋轉角為 0° 時，檢測電極 74a 的全面與中繼電極 77a 處於對向關係。因此，如第 9 圖(5)所示，顯示在旋轉角為 0° 時對向面積最大。當轉子 72 繼續旋轉時，中繼電極 77a 於第 8 圖中係朝右移動，因此中繼電極 77a 與檢測電極 74a 之間的對向面積轉為減少。當轉子 72 的旋轉角達到 9° ，中繼電極 77a 與檢測電極 74a 之間的對向關係消失，而對向面積變為零。之後，與傳送電極 75a 相對向的中繼電極並無與檢測電極 74a 相對向的狀態，對向面積維持於零。在轉子 72 達到 27° 與 36° 之中間的旋轉角(旋轉角 $\theta = 31.5^\circ$)時，中繼電極 77j 開始與傳送電極 75a 具有對向關係。其結果，中繼電極 77j 係在旋轉角 31.5° 與檢測電極 74a1 之全面相對向，因此中繼電極 77j 與檢測電極 74a 之間的對向面積一鼓作氣顯示為最大值。直到轉子 72 達到旋轉角 36° 為止係維持最大的對向面積。之後，如第 9 圖(5)所示，檢測電極 74a 在與後續的中繼電極(77i、77h、...)之間保持對向關係，該等之間的對向面積係反覆與中繼電極 77a 與檢測電極 74a 之間的對向面積的變化相同的變化。此外，如第 7 圖所示，由於檢測電極 74e 之相對於中繼電極 77f 的對向關係與檢測電極 74a 之相對

於中繼電極 77a 的對向關係為相同的關係，因此檢測電極 74e 與中繼電極(77f、77e、…)之間的對向面積的變化係與第 9 圖(5)所示之波形相同的波形。

【0025】 接著，求取檢測電極 74a 與和被賦予反轉高頻信號($-A\sin\omega t$)之傳送電極 75h 相對向之中繼電極之間的對向面積的變化。如第 8 圖所示，轉子 72 的旋轉角為 0° 時，與供給反轉高頻信號之傳送電極 75h 相對向的中繼電極為中繼電極 77j。因此，求取中繼電極 77j 與檢測電極 74a 之間的對向面積的變化。轉子 72 的旋轉角為 0° 時，檢測電極 74a 未與中繼電極 77j 對向。因此，如第 9 圖(6)所示，顯示在旋轉角為 0° 時，與中繼電極 77j 相對向的對向面積為 0，當旋轉角達到 9° ，其對向面積維持於零。一旦旋轉角超過 9° ，中繼電極 77j 與檢測電極 74a 之間的對向面積開始增加，在旋轉角 18° 時檢測電極 74a 之全面與中繼電極 77j 相對向，而對向面積成為最大。之後，轉子 72 直到 18° 與 27° 之中間的旋轉角(旋轉角 $\theta = 22.5^\circ$)，係維持最大的對向面積。當旋轉角超過 22.5° 時，傳送電極 75h 與中繼電極 77j 之間的對向關係消失，因此檢測電極 74a 與中繼電極 77j 之間的對向面積一鼓作氣成為零。直到轉子 72 達到旋轉角 36° 為止係維持零的對向面積。之後，如第 9 圖(6)所示，檢測電極 74a 在與後續的中繼電極(77i、77h、…)之間保持對向關係，該等之間的對向面積係反覆與中繼電極 77j 與檢測電極 74a 之間的對向面積的變化相同的變化。此外，如第 8 圖所示，由於檢測電極 74a 之相對於中

繼電極 77j 的對向關係與檢測電極 74e 之相對於中繼電極 77e 的對向關係為相同的關係，因此檢測電極 74e 與中繼電極之間的對向面積的變化係與第 9 圖(6)所示之波形相同的波形。

【0026】 如以上說明，分別於第 9 圖(5)顯示檢測電極 74a 與和被賦予高頻信號之傳送電極 75a 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化，於第 9 圖(6)顯示檢測電極 74a 與和被賦予反轉高頻信號之傳送電極 75h 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化。藉由同樣的手法，分別於第 9 圖(7)顯示檢測電極 74b 與和被賦予高頻信號之傳送電極 75a 相之中繼電極之間之對向面積的變化，於第 9 圖(8)顯示檢測電極 74b 與和被賦予反轉高頻信號之傳送電極 75b 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化，再者，於第 9 圖(9)顯示檢測電極 74c 與和被賦予高頻信號之傳送電極 75c 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化，於第 9 圖(10)顯示檢測電極 74c 與和被賦予反轉高頻信號之傳送電極 75b 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化，再者，於第 9 圖(11)顯示檢測電極 74d 與和被賦予高頻信號之傳送電極 75c 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化，於第 9 圖(12)顯示檢測電極 74d 與和被賦予反轉高頻信號之傳送電極 75d 相對向之中繼電極之間之對向面積的變化。此外，檢測電極 74f、74g、74h 與中繼電極之間的對向面積的變化係與第 9 圖(7)至第 9 圖(12)所示的波形相同。

【0027】 依據以上的說明，分別顯示了傳送電極與

中繼電極之間的對向面積的變化、以及中繼電極與檢測電極之間的對向面積的變化。由該等對向面積的變化，求得因轉子的旋轉所造成之傳送電極與檢測電極之間的對向面積的變化，並檢討供給至傳送電極之高頻信號(反轉高頻信號)藉由轉子的旋轉而如何地出現於檢測電極。當將施加於傳送電極的電位設為 V ，可從傳送電極與中繼電極之間的靜電電容 $C1$ 、以及中繼電極與檢測電極之間之靜電電容 $C2$ 的合成電容，來藉由 $V \cdot C1 \cdot C2 / (C1 + C2)$ 求得出現於檢測電極之檢測信號的電位。但是，由於 $(C1 + C2)$ 項表示接近恆定的信號波形，所以即便是使用 $C1 \cdot C2$ 的值作為合成電容，且即便是使用 $C1 \cdot C2 / (C1 + C2)$ 的值作為合成電容，檢測信號的電位皆會顯示大致相同形狀的信號波形，所以，以下從計算的簡略性來看，傳送電極與檢測電極之間的對向面積，係藉由中繼電極與檢測電極之間的對向面積乘上傳送電極與中繼電極之間的對向面積而求得。

【0028】 檢測電極 74a 接收被供給至傳送電極 75a 並經由中繼電極而傳送的高頻信號，並且接收被供給至傳送電極 75h 並經由中繼電極而傳送的高頻信號。亦即，從檢測電極 74a 所見之相對於傳送電極 75a 及傳送電極 75h 之對向面積的變化，係對應於以檢測電極 74a 所檢測之檢測信號(A 相)的變化。從檢測電極 74a 所見之相對於傳送電極 75a 的對向面積，係與和傳送電極 75a 相對向之中繼電極(77a、77j、...)與檢測電極 74a 之間的對向面積(第 9 圖(5))，乘上傳送電極 75a 與和傳送電極 75a 相對向之中繼電極

(77a、77j、…)之間的對向面積(第 9 圖(1))所得之值(第 1 值)對應。此外，從檢測電極 74a 所見之相對於傳送電極 75h 的對向面積，係與和傳送電極 75h 相對向之中繼電極(77j、77i、…)與檢測電極 74a 之間的對向面積(第 9 圖(6))，乘上傳送電極 75h 與和傳送電極 75h 相對向之中繼電極(77j、77i、…)之間的對向面積(第 9 圖(4))所得之值(第 2 值)對應。因此，當考量反轉高頻信號供給至傳送電極 75h 的情形，從檢測電極 74a 所見之相對於傳送電極 75a 及傳送電極 75h 之對向面積係為第 1 值減去第 2 值所得的值，其變化係依據轉子的旋轉而顯示第 9 圖(13)所描繪的波形。

【0029】 接著，與上述說明相同，檢測電極 74b 接收被供給至傳送電極 75a 並經由中繼電極而傳送的高頻信號，並且接收被供給至傳送電極 75b 並經由中繼電極而傳送的高頻信號。亦即，從檢測電極 74b 所見之相對於傳送電極 75a 及傳送電極 75h 之對向面積的變化，係對應於以檢測電極 74b 所檢測之檢測信號(B 相)的變化。從檢測電極 74b 所見之相對於傳送電極 75a 的對向面積，係與和傳送電極 75a 相對向之中繼電極(77a、77j、…)與檢測電極 74b 之間的對向面積(第 9 圖(7))，乘上傳送電極 75a 與和傳送電極 75a 相對向之中繼電極(77a、77j、…)之間的對向面積(第 9 圖(1))所得之值(第 3 值)對應。此外，從檢測電極 74b 所見之相對於傳送電極 75b 的對向面積，係與和傳送電極 75b 相對向之中繼電極(77c、77b、…)與檢測電極 74b 之間的對向面積(第 9 圖(8))，乘上傳送電極 75b 與和傳送電極

75b 相對向之中繼電極(77c、77b、…)之間的對向面積(第 9 圖(3))所得之值(第 4 值)對應。因此，當考量反轉高頻信號供給至傳送電極 75b 的情形，從檢測電極 74b 所見之相對於傳送電極 75a 及傳送電極 75b 之對向面積係為第 3 值減去第 4 值所得的值，其變化係依據轉子的旋轉而顯示第 9 圖(14)所描繪的波形。

【0030】 再者，從檢測電極 74c 所見之相對於傳送電極 75a 及傳送電極 75c 之對向面積的變化，係對應於以檢測電極 74c 所檢測之檢測信號(／A 相)的變化。從檢測電極 74c 所見之相對於傳送電極 75c 的對向面積，係與和傳送電極 75c 相對向之中繼電極(77d、77c、…)與檢測電極 74c 之間的對向面積(第 9 圖(9))，乘上傳送電極 75c 與和傳送電極 75c 相對向之中繼電極(77d、77c、…)之間的對向面積(第 9 圖(2))所得之值(第 5 值)對應。此外，從檢測電極 74c 所見之相對於傳送電極 75b 的對向面積，係與和傳送電極 75b 相對向之中繼電極(77c、77b、…)與檢測電極 74c 之間的對向面積(第 9 圖(1))，乘上傳送電極 75b 與和傳送電極 75b 相對向之中繼電極(77c、77b、…)之間的對向面積(第 9 圖(3))所得之值(第 6 值)對應。因此，當考量反轉高頻信號供給至傳送電極 75b 的情形，從檢測電極 74c 所見之相對於傳送電極 75b 及傳送電極 75c 的對向面積係為第 5 值減去第 6 值所得的值，其變化係依據轉子的旋轉而顯示第 9 圖(15)所描繪的波形。

【0031】 繼而，從檢測電極 74d 所見之相對於傳送電

極 75c 及傳送電極 75d 之對向面積的變化，係對應於以檢測電極 74d 所檢測之檢測信號(／B 相)的變化。從檢測電極 74d 所見之相對於傳送電極 75c 的對向面積，係與和傳送電極 75c 相對向之中繼電極(77d、77c、…)與檢測電極 74d 之間的對向面積(第 9 圖(11))，乘上傳送電極 75c 與和傳送電極 75c 相對向之中繼電極(77d、77c、…)之間的對向面積(第 9 圖(2))所得之值(第 7 值)對應。此外，從檢測電極 74d 所見之相對於傳送電極 75d 的對向面積，係與和傳送電極 75d 相對向之中繼電極(77e、77d、…)與檢測電極 74d 之間的對向面積(第 9 圖(12))，乘上傳送電極 75d 與和傳送電極 75d 相對向之中繼電極(77e、77d、…)之間的對向面積(第 9 圖(4))所得之值(第 8 值)對應。因此，當考量反轉高頻信號供給至傳送電極 75d 的情形，從檢測電極 74d 所見之與傳送電極 75c 及傳送電極 75d 相對向的對向面積係為第 7 值減去第 8 值所得的值，其變化係依據轉子的旋轉而顯示第 9 圖(16)所描繪的波形。

【0032】 如以上所說明，第 9 圖(13)至(16)係分別顯示：相對於從檢測電極 74a、74b、74c、74d 所見之傳送高頻信號之傳送電極及傳送反轉高頻信號之傳送電極之依據轉子之旋轉所造成之對向面積的變化。其結果，檢測電極 74a、74b、74c、74d 所檢測之檢測信號的波形與該等電極之對向面積之變化的波形對應。此外，檢測電極 74e、74f、74g、74h 之相對於傳送電極 75e、75f、75g、75h 的位置關係為與檢測電極 74a、74b、74c、74d 相同的位置關係，所

以，相對於從檢測電極 74e、74f、74g、74h 所見之傳送高頻信號的傳送電極以及傳送反轉高頻信號的傳送電極之因轉子之旋轉所造成對向面積的變化，係與檢測電極 74a、74b、74c、74d 相同的變化。因此，檢測電極 74e、74f、74g、74h 分別結合於檢測電極 74a、74b、74c、74d，並結合於演算放大器 79a、79b 的輸入。

【0033】 取得第 9 圖(13)所示之 A 相的波形與第 9 圖(15)所示之 $\angle$ A 相的波形的差分，就成為第 9 圖(17)所示之三角波的差動輸出。由於 A 相的波形與 $\angle$ A 相的波形的相位係反轉 180° ，因此，藉由取得該等 2 個波形的差分而可獲得更大振幅的正弦波狀的波形(B 相波形、 $\angle$ B 相波形亦同)。此外，取得第 9 圖(14)所示之 B 相的波形與第 9 圖(16)所示之 $\angle$ B 相的波形的差分，就構成第 9 圖(18)所示之三角波的差動輸出。第 9 圖(17)所示之三角波相對於第 9 圖(18)所示之三角波具有 90° 的相位差。因此，施加於定子 71 之傳送電極的高諧波信號及反轉高諧波信號藉由轉子 72 的旋轉而接受第 9 圖(17)、(18)所示之差動輸出的振幅調變。然而，實際上從演算放大器 79a、79b 輸出的輸出信號 Va、Vb 係顯示接受了第 10 圖所示之正弦波之振幅調變後的信號，而非接受了第 9 圖(17)、(18)所示之三角波之振幅調變後的信號。電極間的靜電電容實際上並非僅以電極正對(朝直角方向相對向)之面積來形成者，而係於斜的方向也對應電極間的距離來形成，因此，具有窄的電極間之間隔的轉子移動時，電極間之實際的靜電電容的變化並非三角波而

係接近正弦波。如此一來，從演算放大器 79a、79b 輸出的輸出信號 V_a 、 V_b 的電壓也顯示接受了正弦波之振幅調變後的信號。

【0034】 演算放大器 79a、79b 輸出的輸出信號 V_a 、 V_b 藉由未以圖式顯示的解調器來解調，該解調器輸出第 10 圖所示的調變信號 V_1 、 V_2 。由於調變信號 V_1 、 V_2 相對地具有 90° 的相位差，所以對於調變信號 V_1 及調變信號 V_2 適用眾所周知的分解數位(RD)變換處理，而能求得轉子 72 的旋轉角。轉子 72 配置有 10 極的中繼電極 77a 至 77j，因此一旦轉子 72 進行一個旋轉(360°)，則如第 9 圖(17)、(18)所示，靜電編碼器 71 輸出 10 個週期的正弦波。如以上所述，如第 7 圖所示，本發明之靜電編碼器係由傳送電極與檢測電極於旋轉方向交互地配置的定子、以及接近該定子而配置的轉子所構成，該轉子的旋轉角係可從藉由該轉子的旋轉所輸出之具有 90° 相位差的正弦波的調變信號來求得。

【0035】 考察於轉子配置 X 個中繼電極，而於定子交互地分別配置 $4n$ 個傳送電極與檢測電極的情況下，用以從檢測電極檢測出顯示電角度呈 90° 相位差之檢測信號之電極配置的條件。為了使相鄰的檢測電極的間距(機械角)錯開中繼電極的 0.25 個間距(就電角度而言，具有 90° 的電角度相位差)，只要存在滿足以下式(1)之非零(0)的自然數 n 即可。

$$X/4n = 1 \pm 0.25 \quad \cdots (1)$$

亦即，若存在有滿足式(1)的 n ，則可檢測出在相鄰的檢測電極間具有 90° 的電角度相位差的檢測信號。將式(1)進一步一般化，而將配置在定子之檢測電極於旋轉方向劃分為 $4n$ 個群組，而將 1 個群組之檢測電極數設為 m 個時(全部的檢測電極數為 $4nm$)，為了在相鄰的群組之分隔 m 個檢測電極間錯開中繼電極的 0.25 個間距(相當於具有 90° 的電角度之相位差)，只要存在滿足以下式(2)之非零(0)的自然數 n 、 m 即可。

$$X/4n = m \pm 0.25 \quad \cdots (2)$$

亦即，若存在有滿足式(2)的 n 、 m ，則可檢測出在相隔 m 個檢測電極間具有 90° 的電性角相位差的檢測信號。

【0036】 第 11 圖係顯示滿足式(2)之中繼電極之電極數 X 為 2 至 50 時之傳送電極、檢測電極、以及中繼電極之電極數之組合的表。例如，中繼電極的電極數 X 為 5 時，以 $n=1$ 、 $m=1$ 滿足式(2)，而能實現第 4 圖所示之由 4 極的傳送電極、4 極的檢測電極及 5 極的中繼電極所構成的靜電編碼器。此外，中繼電極的電極數 X 為 10 時，以 $n=2$ 、 $m=1$ 滿足式(2)，而能實現第 7 圖所示之由 8 極的傳送電極、8 極的檢測電極及 10 極的中繼電極所構成的靜電編碼器。

【0037】 上述靜電編碼器係於定子及轉子之圓周方向配置 1 層的電極，惟亦可為：將該等電極從中心朝外周配置成 2 層的定子及轉子。第 12 圖係顯示第 3 實施例之靜電編碼器 120。靜電編碼器 120 係將電極配置於定子及轉

子之圓周方向的外層及內層的 2 層。亦即，定子 121 係將 4 極的傳送電極及 4 極的檢測電極以等間隔配置於帶狀的外層及內層面。此外，轉子 122 係 4 極的中繼電極以等間隔配置於帶狀的外層及內層面。

【0038】 第 12 圖所示之靜電編碼器 120 具備：於外層交互地配置有檢測電極 124a 至 124d 及傳送電極 125a 至 125d，且於內層交互地配置有檢測電極 124e 至 124h 及傳送電極 125e 至 125h 的定子 121、以及於外層及內層分別配置有 4 極的中繼電極 127a 至 127h 的轉子 122。配置在定子 121 之外層的檢測電極 124a 至 124d 及傳送電極 125a 至 125d 與配置在內層的檢測電極 124e 至 124h 及傳送電極 125e 至 125h 相互以旋轉角錯開 22.5° 。其結果，如以第 6 圖(1)之檢測原理所說明的一樣，外層形成引導 A 相及 $\angle$ A 相之檢測信號的系統(A 相系統)，並且內層形成引導 B 相及 $\angle$ B 相之檢測信號的系統(B 相系統)。A 相及 $\angle$ A 相之檢測信號及 B 相及 $\angle$ B 相之檢測信號分別被輸入差動演算放大器 129a、129b，差動演算放大器 129a、129b 伴隨著轉子 122 的旋轉而輸出振幅調變的輸出信號 V_a 、 V_b 。輸出信號 V_a 、 V_b 經解調而輸出調變信號 V_1 、 V_2 ，該等信號具有相互為 90° 的相位差。可從該等調變信號 V_1 、 V_2 求得轉子 122 的旋轉角。

【0039】 接著，以下檢討第 12 圖所示之靜電編碼器 120 輸出相互具有 90° 相位差之調變信號 V_1 、 V_2 的情形。第 13 圖(a)係顯示配置在定子 121 之外層的檢測電極 124a

至 124d 及傳送電極 125a 至 125d 與配置在轉子 122 之外層的中繼電極 127a 至 127d 之間之因轉子 122 的旋轉所造成之相對的位置關係。第 13 圖(b)係顯示因轉子 122 的旋轉所造成之電極間之對向面積的變化、以及根據該對向面積的變化所進行之差動輸出(A 相系統)之變化的波形圖。定子上的傳送電極及檢測電極、以及轉子上的中繼電極係於轉子及定子上配置成圓周狀，惟第 13 圖(a)中為了使對向關係明確而描繪於直線上。

【0040】 首先，檢討配置在定子 121 之外層的檢測電極 124a 至 124d 及傳送電極 125a 至 125d 與配置在轉子 122 之外層的中繼電極 127a 至 127d 之間之對向面積的變化。參照第 13 圖(a)及第 13 圖(b)(1)，例如，轉子 122 之旋轉角為 0° 時，傳送電極 125a 與中繼電極 127a 完全相對向(最大的對向面積)，而將該狀態繼續直到旋轉角為 45° 為止。之後，相對於中繼電極 127a 的對向面積減少，而在旋轉角為 67.5° 時達到零。在旋轉角為 67.5° 時相對於中繼電極 127a 的對向面積達到零的同時，中繼電極 127d 開始與傳送電極 125a 有對向關係，而在旋轉角為 90° 時相對於傳送電極 125a 的對向面積呈完全相對向。之後，如第 13 圖(b)(1)所示，傳送電極 125a 與中繼電極之間的對向面積係反覆相同的波形。此外，如第 13 圖(a)所示，傳送電極 125b、125c、125d 之相對於中繼電極 127b、127c、127d 的對向關係分別與傳送電極 125a 之相對於中繼電極 127a 的對向關係為相同關係，所以，傳送電極 125b、125c、125d 與中繼電極之

間之對向面積的變化成為與第 13 圖(b)(1)、(2)所示之波形相同之波形。

【0041】 接著，檢討與傳送電極相對向之中繼電極和中繼電極之間之對向面積的變化。如第 13 圖(a)所示，轉子 122 之旋轉角為 0° 時，與傳送電極 125a 相對向的中繼電極係中繼電極 127a。因此，檢測電極 124a 透過中繼電極 127a 而接收來自於傳送電極 125a 的高頻信號，所以，求得中繼電極 127a 與檢測電極 124a 之間之對向面積的變化。如第 13 圖(a)所示，轉子 122 之旋轉角為 0° 時，檢測電極 124a 之全面與中繼電極 127a 處於對向關係。因此，如第 13 圖(b)(3)所示，表示對向面積在旋轉角為 0° 時最大。當轉子 122 的旋轉進行時，中繼電極 127a 於第 13 圖(a)中係朝右移動，所以中繼電極 127a 與檢測電極 124a 之間的對向面積轉為減少。當轉子 122 之旋轉角達到 22.5° 時，中繼電極 127a 與中繼電極 124a 之間的對向關係變為無，對向面積成為零。之後，與傳送電極 125a 相對向的中繼電極並無與檢測電極 124a 相對向的狀態，對向面積維持為零。當轉子 122 達到 67.5° 時，中繼電極 127d 開始與傳送電極 125a 有對向關係。在旋轉角為 67.5° 時中繼電極 127d 與檢測電極 124a 的全面對向，故中繼電極 127d 與檢測電極 124a 之間的對向面積一鼓作氣成為最大值。直到轉子 122 之旋轉角達到 90° 為止係維持最大的對向面積。之後，如第 13 圖(b)(3)所示，檢測電極 124a 在與後續的中繼電極(127c、127b、…)之間具有對向關係，該等電極之間的對向面積係

反覆和中繼電極 127a 與檢測電極 124a 之間的對向面積的變化相同的變化。此外，如第 13 圖(a)所示，由於檢測電極 124c 之相對於中繼電極 127c 的對向關係與檢測電極 124a 之相對於中繼電極 127a 的對向關係為相同的關係，因此檢測電極 124c 與中繼電極(127c、127b、...)之間的對向面積的變化係與第 13 圖(b)(3)所示之波形相同的波形。

【0042】 依照與上述相同的順序來檢討其他電極間之對向面積的變化時，於第 13 圖(b)(4)顯示與傳送電極 125b 相對向的中繼電極和檢測電極 124c 之間的對向面積的變化、以及與傳送電極 125d 相對向的中繼電極和檢測電極 124a 之間的對向面積的變化。此外，於第 13 圖(b)(5)顯示與傳送電極 125a 相對向的中繼電極和檢測電極 124b 之間的對向面積的變化、以及與傳送電極 125c 相對向的中繼電極和檢測電極 124d 之間的對向面積的變化。再者，於第 13 圖(b)(6)顯示與傳送電極 125b 相對向的中繼電極和檢測電極 124b 之間的對向面積的變化、以及與傳送電極 125d 相對向的中繼電極和檢測電極 124d 之間的對向面積的變化。

【0043】 如以上所述，分別顯示了傳送電極與中繼電極之間的對向面積的變化、以及中繼電極與檢測電極之間的對向面積的變化。由該等對向面積的變化，檢討從配置於外層之傳送電極所看到因轉子之旋轉所造成之相對於傳送電極之對向面積的變化。

【0044】 首先，檢測電極 124a 接受從傳送電極 125a

經由中繼電極而傳送來的高頻信號($A\sin\omega t$)、以及從傳送電極 125d 經由中繼電極而傳送來的反轉高頻信號($-A\sin\omega t$)，在檢測電極 124a 接受的高頻信號係依據傳送電極 125a 與該傳送電極 125a 相對向之中繼電極之間的靜電電容、以及該中繼電極與檢測電極 124a 之間的靜電電容，而接受振幅調變。此外，在檢測電極 124a 接受的反轉高頻信號係依據傳送電極 125d 與該傳送電極 125d 相對向之中繼電極之間的靜電電容、以及該中繼電極與檢測電極 124a 之間的靜電電容，而接受振幅調變。因此，依據該靜電電容會與對向面積對應的考量，在檢測電極 124a 接受的檢測信號，係在檢測電極 124a 接收高頻信號的期間，會藉由將與傳送電極 125a 對向之中繼電極和檢測電極 124a 之間的對向面積(第 13 圖(b)(3))，乘上傳送電極 125a 與中繼電極之間的對向面積(第 13 圖(b)(1))而得之值而予以幅調變，再者，在檢測電極 124a 接收反轉高頻信號的期間，會藉由將與傳送電極 125d 對向之中繼電極和檢測電極 124a 之間的對向面積(第 13 圖(b)(4))，乘上傳送電極 125d 與中繼電極之間的對向面積(第 13 圖(b)(2))而得之值而予以振幅調變。亦即，在檢測電極 124a 檢測出的檢測信號係接受第 13 圖(b)(7)所示之三角波的振幅調變。此外，由於檢測電極 124c 與檢測電極 124a 產生相同的信號，所以檢測電極 124a 與檢測電極 124c 結合而作為 A 相的檢測信號來輸入差動演算放大器 129a。

【0045】 與上述同樣地，以檢測電極 124b 檢測出的

／A 相之檢測信號會受到第 13 圖(b)(8)所示之三角波的振幅頻變。第 13 圖(b)(8)所示之三角波與等同於將第 13 圖(b)(7)所示之三角波予以反轉後的三角波，因此，為了獲得更大的輸出信號 V_A ，／A 相的檢測信號係以差動演算放大器進行差動放大成 A 相的檢測信號。

【0046】 接著，配置在定子 120 之內層的檢測電極 124e 至 124h 及傳送電極 125e 至 125h 與配置在轉子 122 之內層的中繼電極 127e 至 127h 之間之對向面積的變化，係藉由與配置在外層之電極間之對向面積的變化同樣的手法來求得。第 14 圖(a)顯示配置在內層之電極間之因轉子的旋轉所造成的相對的位置關係，第 14 圖(b)係顯示因轉子的旋轉所造成配置在內層之電極間之對向面積的變化、以及根據該對向面積的變化所為之差動輸出(B 相系統)之變化的波形圖。第 14 圖(b)(1)顯示傳送電極 125e(傳送電極 125g)與中繼電極之間之對向面積的變化，第 14 圖(b)(2)顯示傳送電極 125f(傳送電極 125h)與中繼電極之間之對向面積的變化。此外，第 14 圖(b)(3)至(6)顯示傳送電極與相對向於該傳送電極之中繼電極之間之對向面積的變化。

【0047】 再者，與檢測電極 124a 檢測的檢測信號同樣，檢測電極 124e 檢測的檢測信號係來自於傳送電極 125e 之高諧波信號與來自於傳送電極 125h 之反轉高諧波信號重疊後的信號。該高諧波信號依據傳送電極 125e 與傳送電極 125e 相對向之中繼電極之間的靜電電容而振幅調變，其次，依據該中繼電極與檢測電極 124e 之間的靜電電容而振

幅調變。因此，檢測電極 124e 檢測的檢測信號係藉由將和傳送電極 125e 相對向之中繼電極與檢測電極 124e 之間的對向面積(第 14 圖(b)(3))，乘上傳送電極 125e 與中繼電極之間的對向面積(第 14 圖(b)(1))而得的值來而予以振幅調變，而且，反轉高諧波信號係藉由將該中繼電極與檢測電極 124e 之間的對向面積(第 14 圖(b)(4))，乘上傳送電極 125h 與和傳送電極 125h 相對向之中繼電極之間的對向面積(第 14 圖(b)(2))而得的值而予以振幅調變。亦即，從檢測電極 124e 所見之相對於傳送電極 125e、125h 之對向面積的變化係呈第 14 圖(b)(7)所示的三角波，而其結果，檢測電極 124e 檢測的檢測信號接受第 14 圖(b)(7)所示之三角波的振幅調變。此外，檢測電極 124g 與檢測電極 124a 產生相同信號，因此檢測電極 124a 與檢測電極 124g 結合來作為 B 相的檢測信號而輸入差動演算放大器 129b。從檢測電極 124f 所見之相對於傳送電極 125e、125f 之對向面積的變化也相同地呈第 14 圖(b)(8)所示的三角波，而其結果，檢測電極 124f 檢測的檢測信號接受第 14 圖(b)(8)所示之三角波的振幅調變。此外，檢測電極 124h 與檢測電極 124f 產生相同信號，因此檢測電極 124e 與檢測電極 124h 結合來作為 / B 相的檢測信號而輸入差動演算放大器 129b。

【0048】 繼而，電極間的靜電電容實際上並非僅以電極正對(寓直角方向對向)的面積來形成者，而係於斜的方向也依據電極間的距離來形成，所以，具有較窄的電極間之間隔的轉子移動時，電極間之實際的靜電電容的變化

並非三角波，而係接近正弦波。因此，從差動演算放大器 129a、129b 輸出的輸出信號 V_a 、 V_b 的電壓也顯示接受了正弦波之振幅調變後的信號波形。

【0049】 從差動演算放大器 129a、129b 輸出的輸出信號 V_a 、 V_b 藉由未以圖式顯示之解調器來解調，該解調器輸出第 15 圖所示之調變信號 V_1 、 V_2 。由於調變信號 V_1 、 V_2 相對地具有 90° 的相位差，所以眾所周知的分解數位(RD)變換處理適用於調變信號 V_1 、 V_2 ，而能求得轉子 122 的旋轉角。由於在轉子 122 之外層及內層配置有 4 極的中繼電極 127a 至 127d、127e 至 127h，所以當轉子 122 進行一個旋轉(360°)，則如第 13 圖、第 14 圖所示，靜電編碼器 121 輸出 4 週期的正弦波。如此一來，本發明之靜電編碼器如第 12 圖所示，係由在傳送電極與檢測電極於旋轉方向交互地配置的定子、以及接近該定子而配置之轉子所構成，該轉子的旋轉角可由該轉子之旋轉所輸出之具有 90° 之相位差之正弦波的調變信號來求得。

【0050】 依據以上的說明，本發明之靜電編碼器的定子係將傳送電極與檢測電極於旋轉方向交互地配置，故藉由配置有中繼電極之轉子的旋轉，而能從檢測電極所檢測出的檢測信號來獲得具有相位差之正弦波的調變信號。從具有相位差之正弦波的調變信號可求得轉子的旋轉角。再者，上述的實施例之靜電編碼器係由定子及轉子所構成，惟即使是不準備定子及轉子，只要是形成有：具有 2 個要素，形成於其中一方的要素上的旋轉方向交互地配置

有傳送電極與檢測電極，而於另一方的要素上配置中繼電極的構造，而求得該 2 個要素之相對的旋轉角的方式也可。繼而，也可將傳送電極、檢測電極及中繼電極配置於直線上來求得直線方向的移動量。

【符號說明】

【0051】

10、40、70、120	靜電編碼器		
11	定子	12	傳送電極
13	檢測電極	14	動子
15	中繼電極	16	高頻信號
17	信號處理電路	18	檢測信號
41、71、121	定子	42、72、122	轉子
44a 至 44d、74a 至 74h、124a 至 124h	檢測電極		
45a 至 45d、75a 至 75h、125a 至 125h	傳送電極		
43、46、73、76	中心軸		
47a 至 47e、77a 至 77j、127a 至 127h	中繼電極		
48	固定碟	48a、78a、128a	高頻信號
48b、78b、128b	反轉高頻信號		
49a、49b	差動演算放大電路		
50、52	導電元件	56、58	傳送元件
60	接收元件		
79、79a 至 79b、129a 至 129b	差動演算放大器		
C1 至 C7、Ctc、Ccs	靜電電容		
Va、Vb	輸出信號	V1、V2	調變信號

申請專利範圍

1. 一種靜電編碼器，係使用配置在圓板狀之轉子及定子之相對向的表面上之電極所形成的靜電電容而測量前述轉子之旋轉角者，其中，

前述電極係由複數個中繼電極、以及複數個傳送電極及檢測電極所構成，

前述複數個中繼電極係在前述轉子之圓周方向所形成之外層及內層的各層於前述圓周方向以等間隔配置，

前述複數個傳送電極及前述檢測電極係在前述定子之圓周方向所形成之外層及內層的各層於前述圓周方向以等間隔配置，且前述複數個傳送電極及前述檢測電極係於前述圓周方向交互地配置；

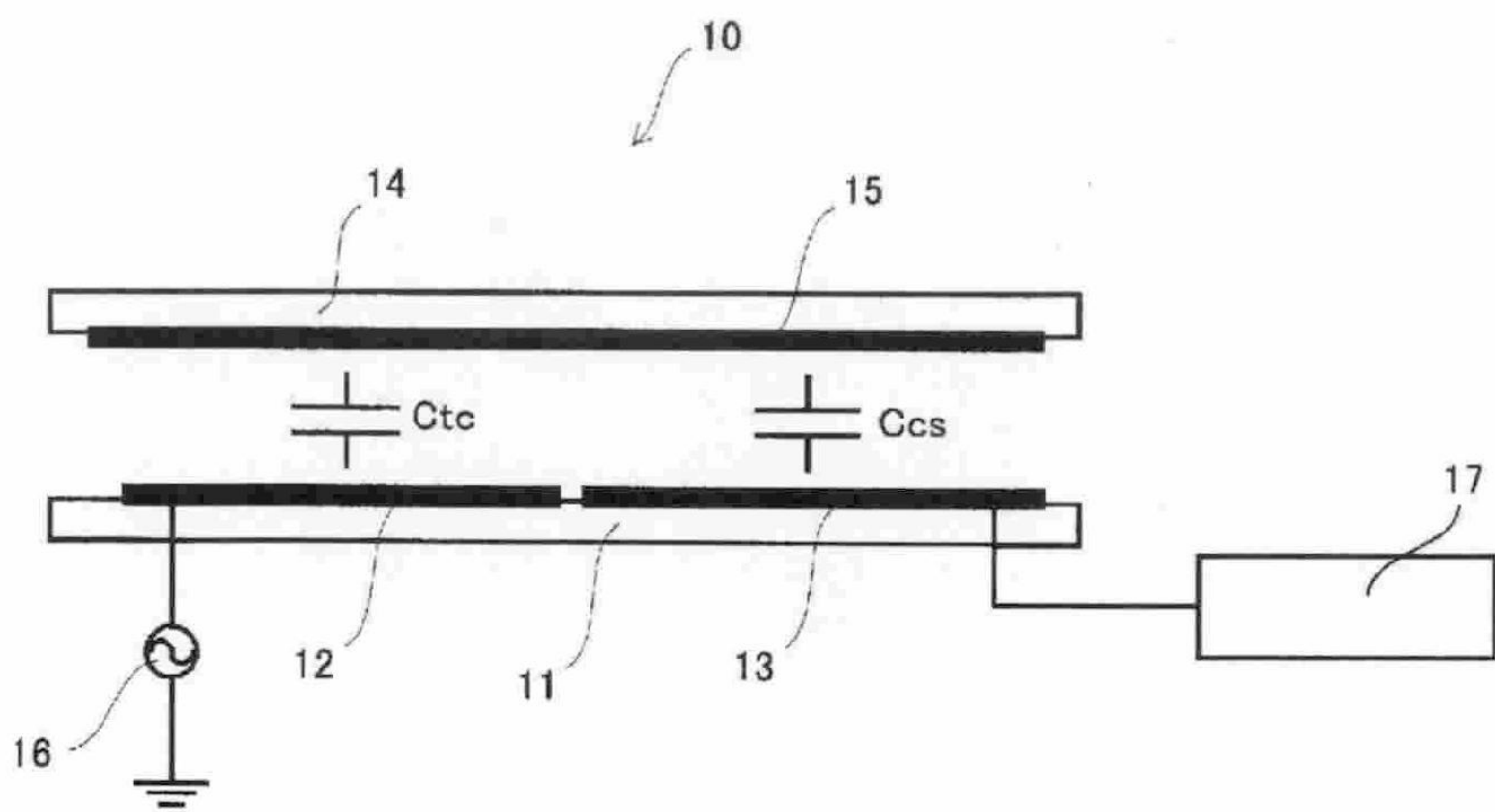
配置於前述定子之外層的前述複數個傳送電極及檢測電極係與配置在前述轉子之外層之前述複數個中繼電極以相同的電極週期配置，且配置於前述定子之內層的前述複數個傳送電極及檢測電極係與配置在前述轉子之內層之前述複數個中繼電極以相同的電極週期配置。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之靜電編碼器，其中，配置於前述定子之內層的前述複數個傳送電極及檢測電極，係相對於配置在前述定子之外層的前述複數個傳送電極及檢測電極錯開圓周方向之預定的角度而配置。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之靜電編碼器，其中，當高

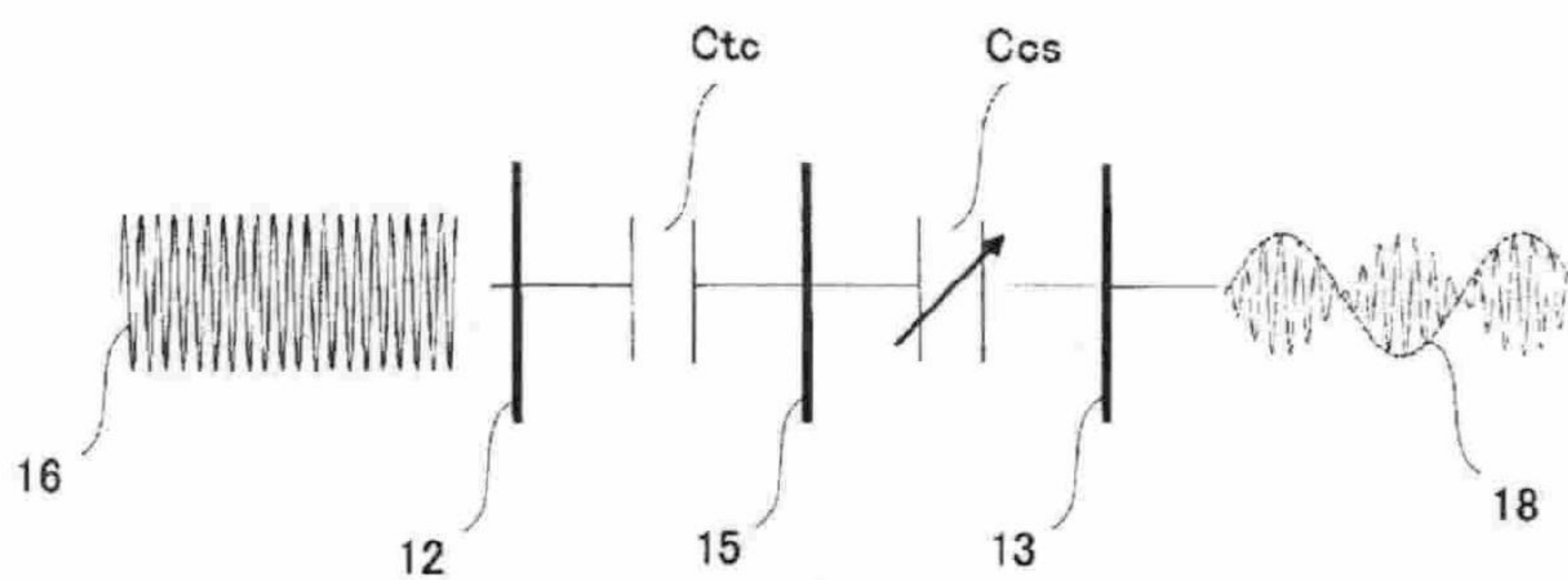
頻信號及將前述高頻信號反轉後的反轉高頻信號於前述圓周方向交互地施予至前述複數個傳送電極時，係檢測出在所述外層的檢測電極與所述內層的檢測電極之間具有 90° 的相位差的檢測信號。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之靜電編碼器，其中，依據前述外層的檢測電極及所述內層的檢測電極檢測出之具有 90° 相位差的檢測信號，而求得前述轉子的旋轉角。

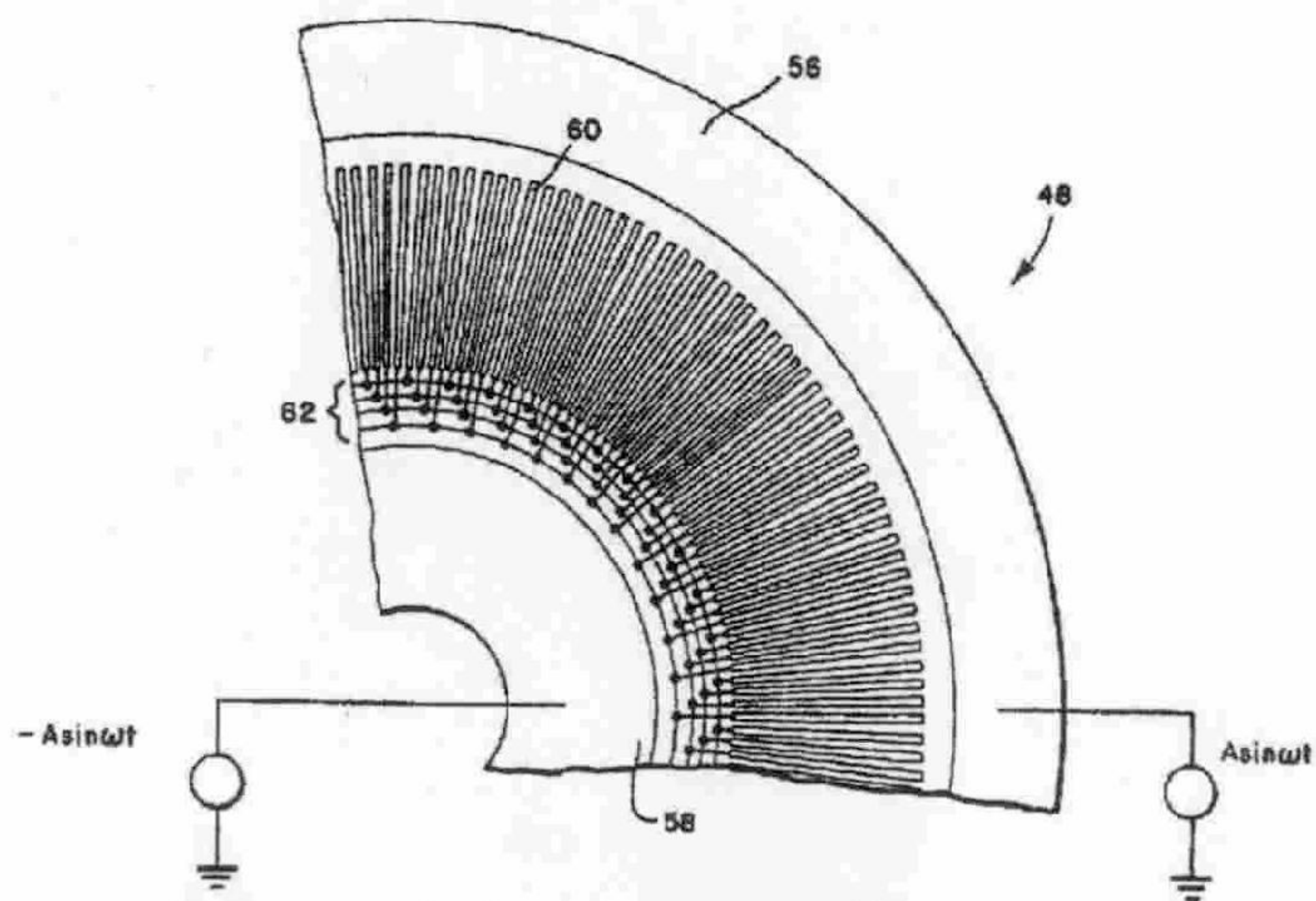
【發明圖式】



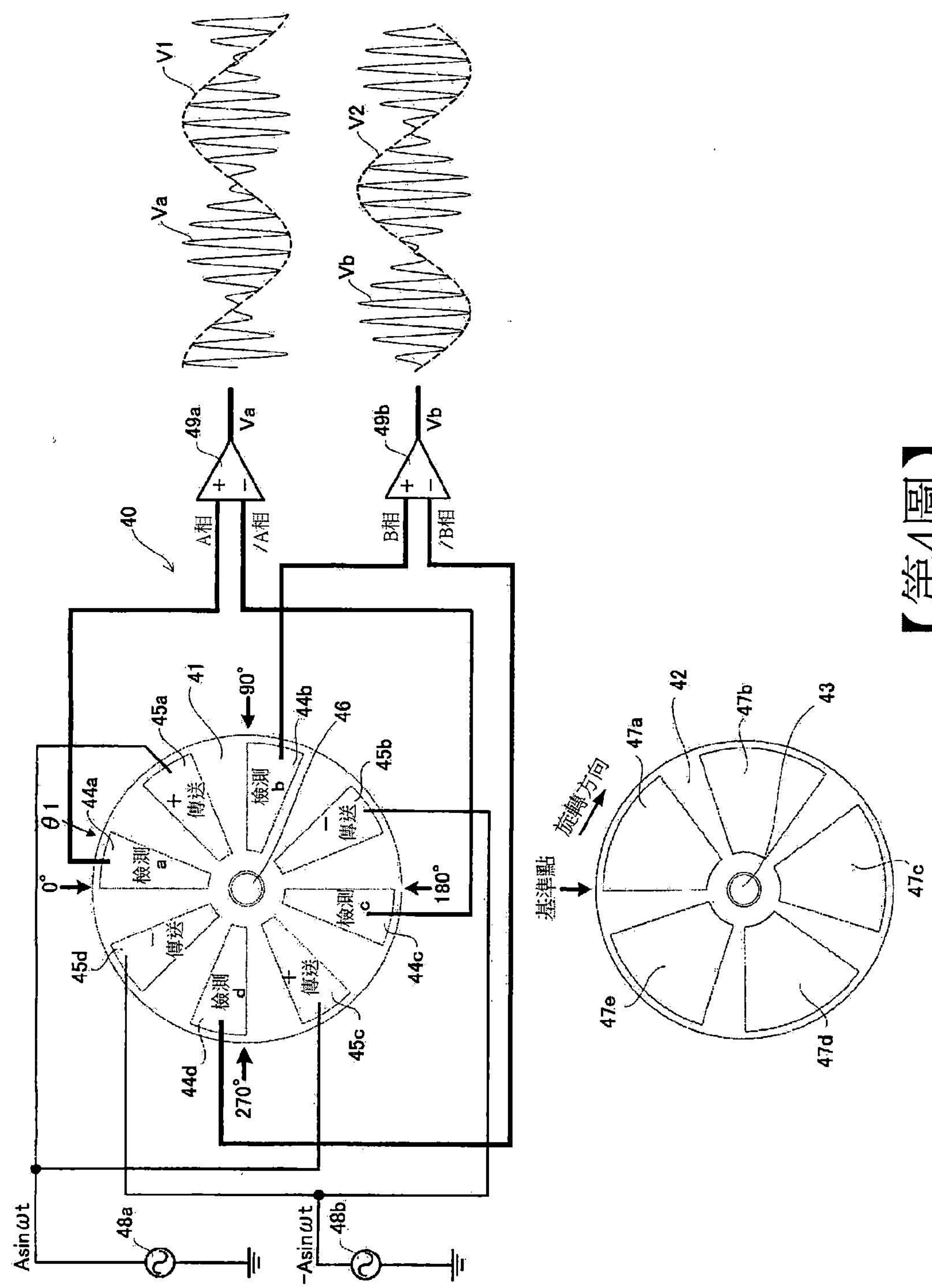
【第1圖】



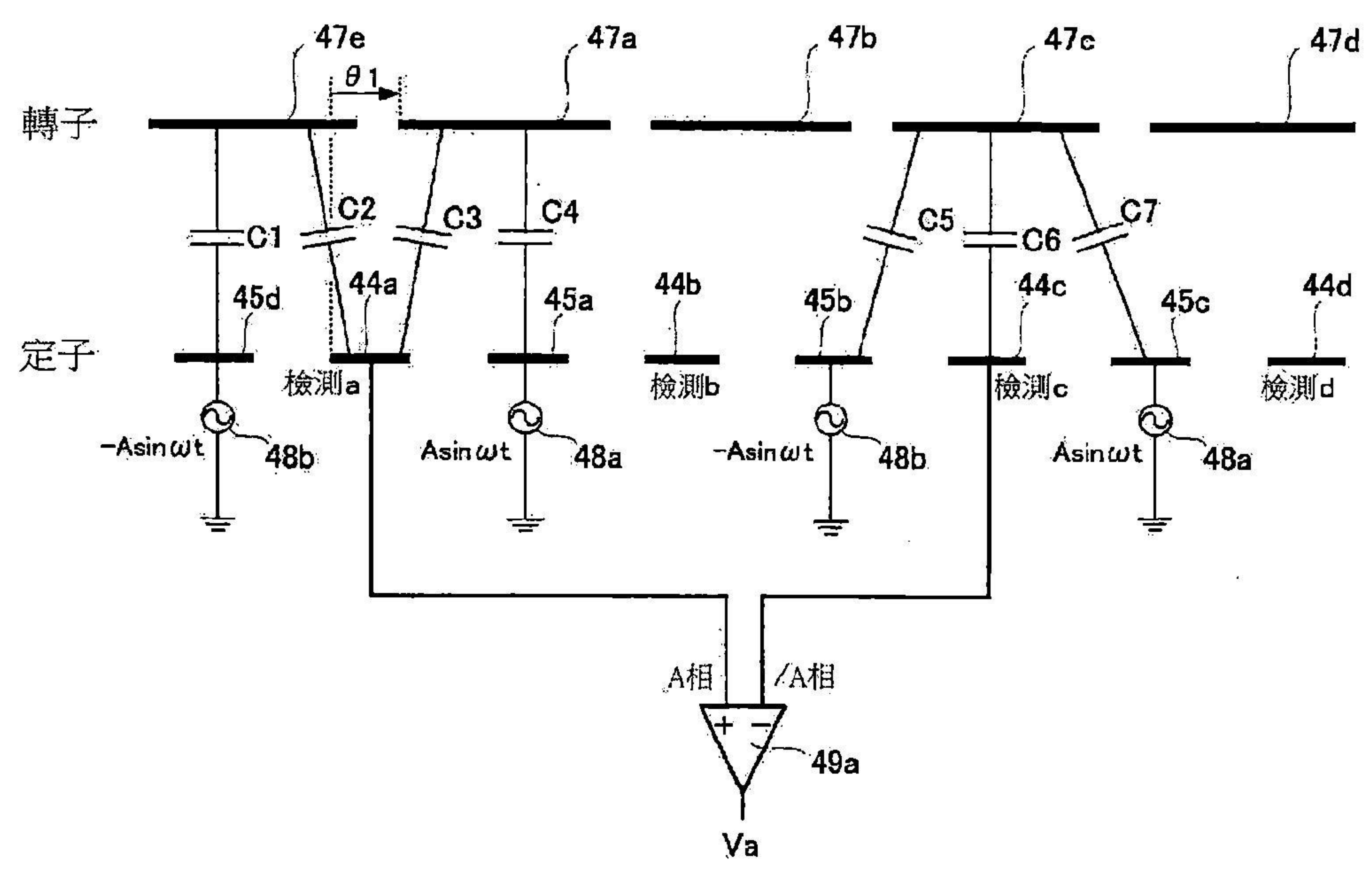
【第2圖】



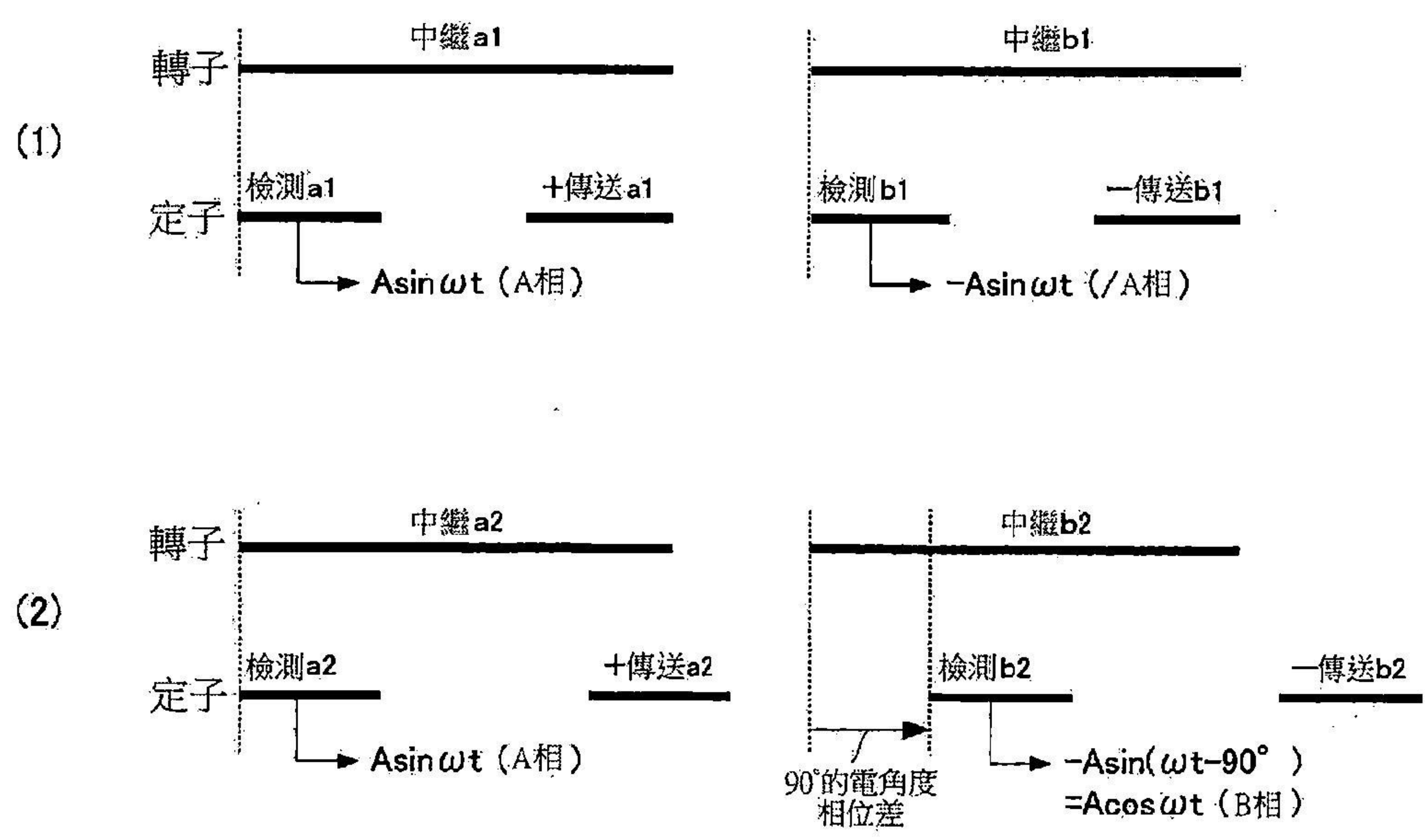
【第3圖】



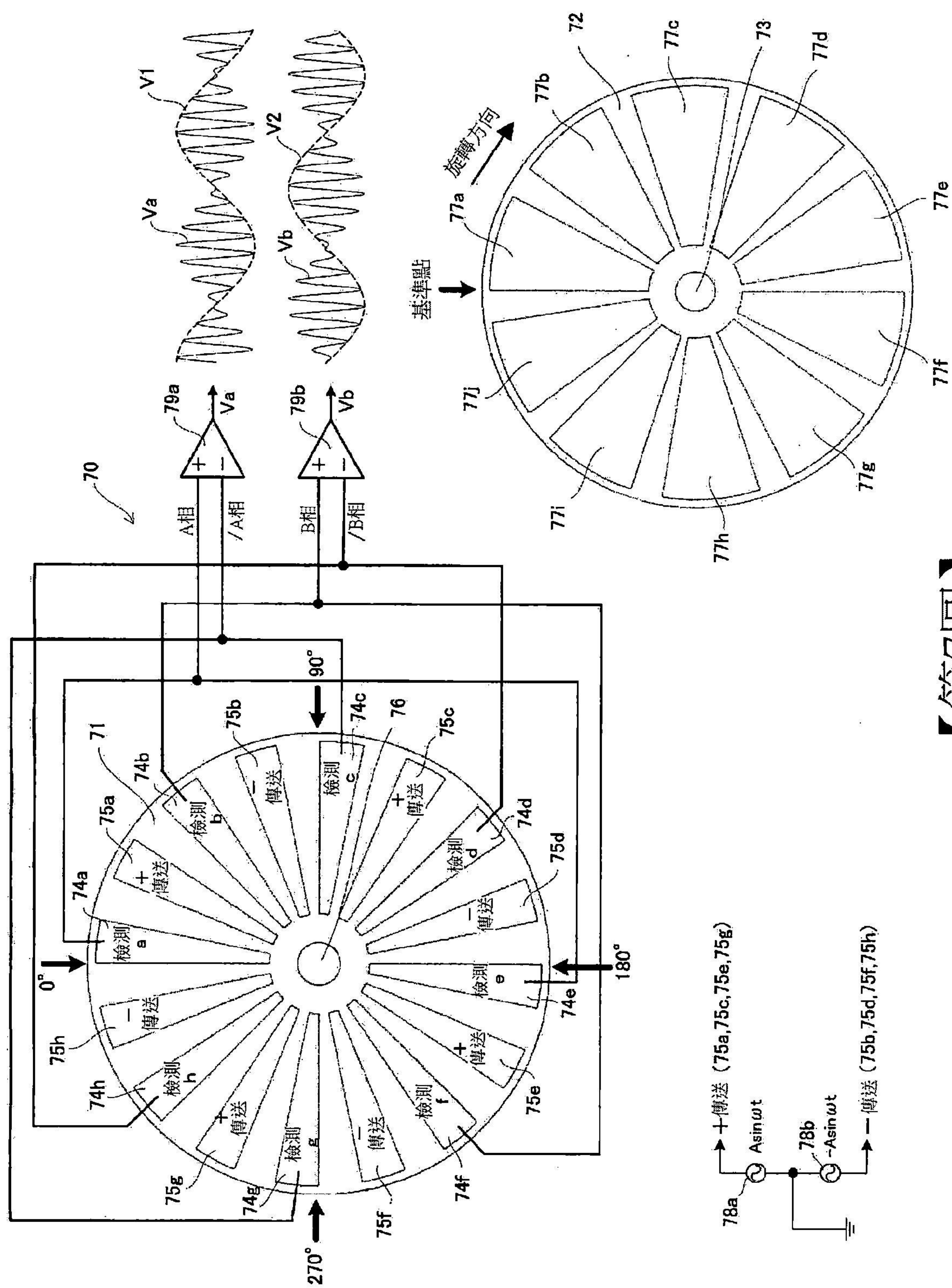
【第4圖】



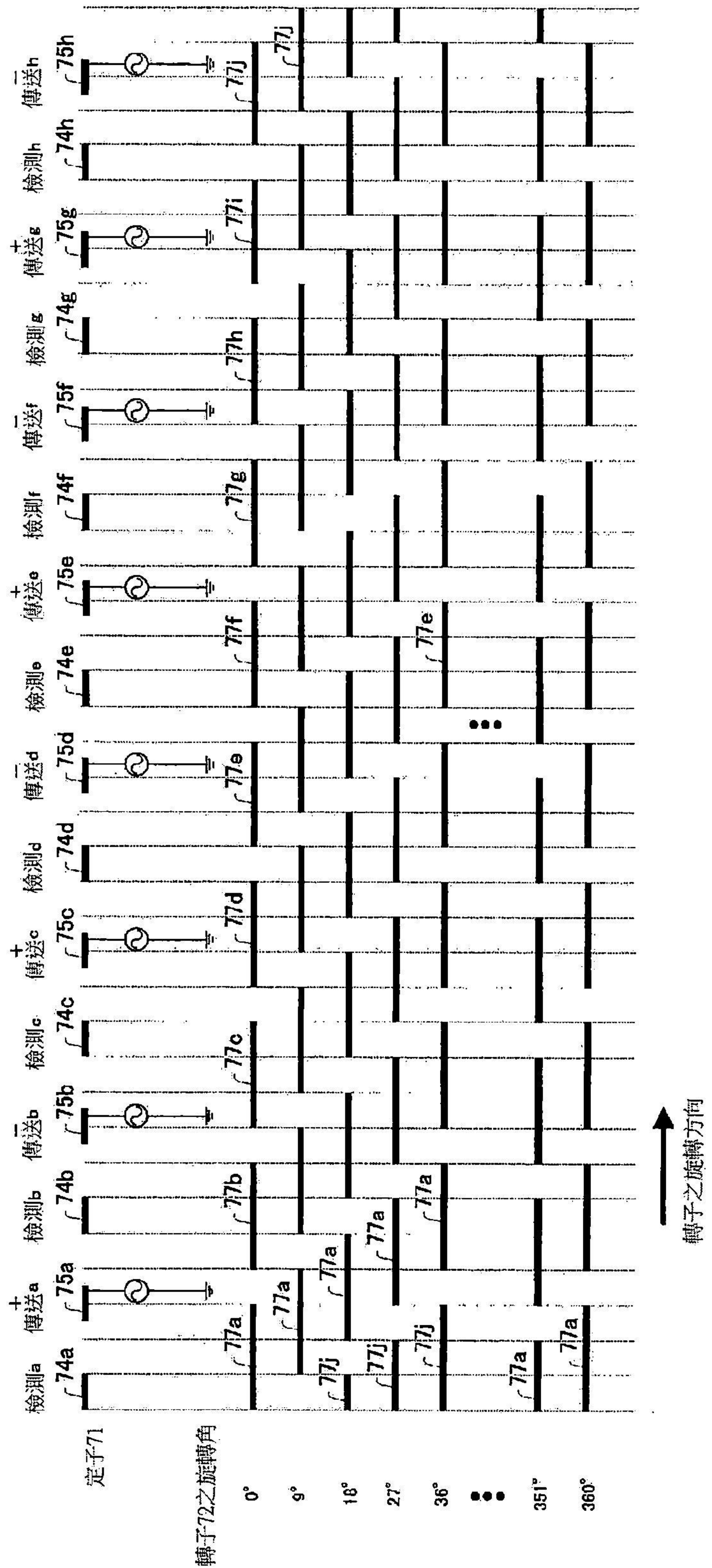
【第5圖】



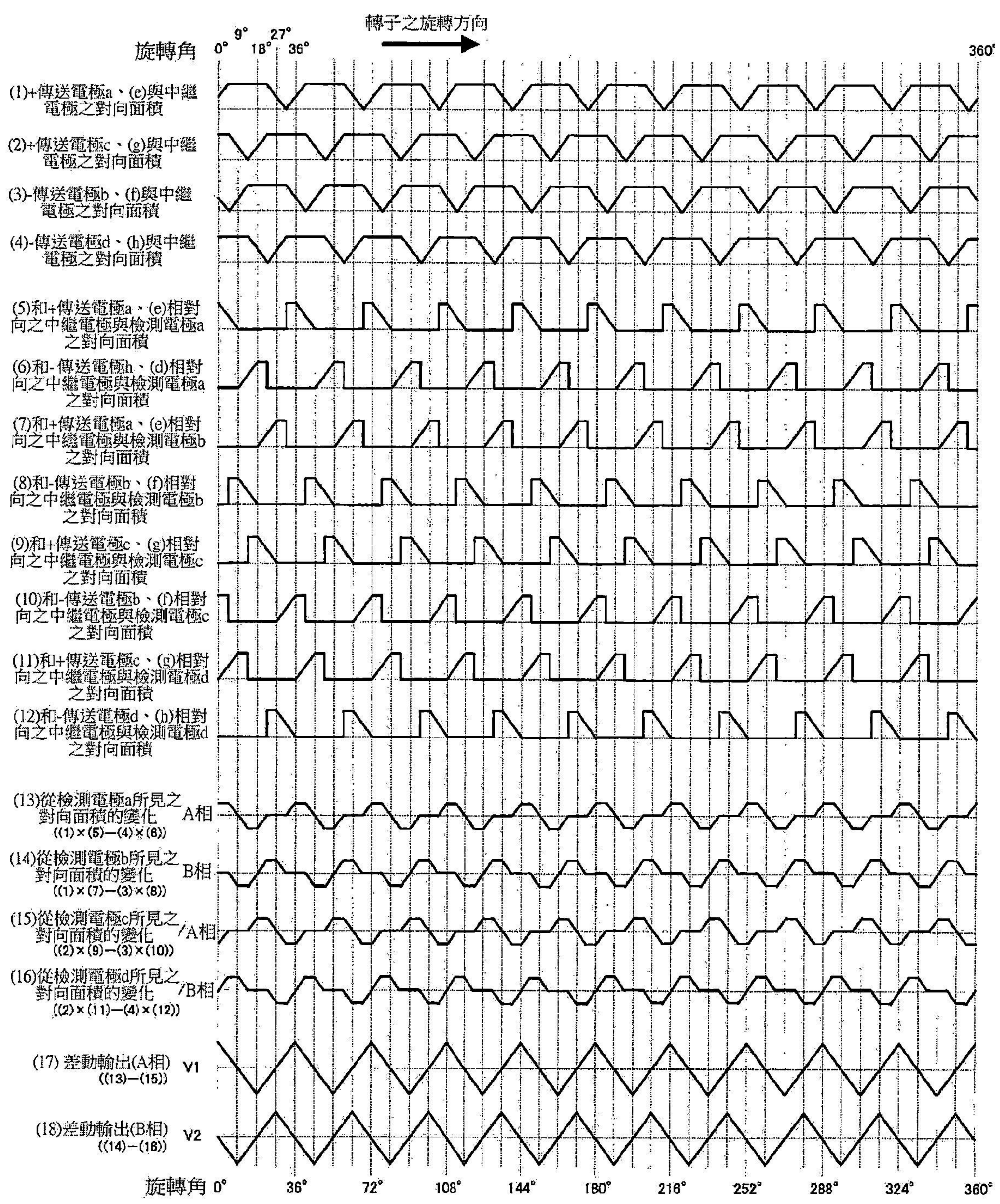
【第6圖】



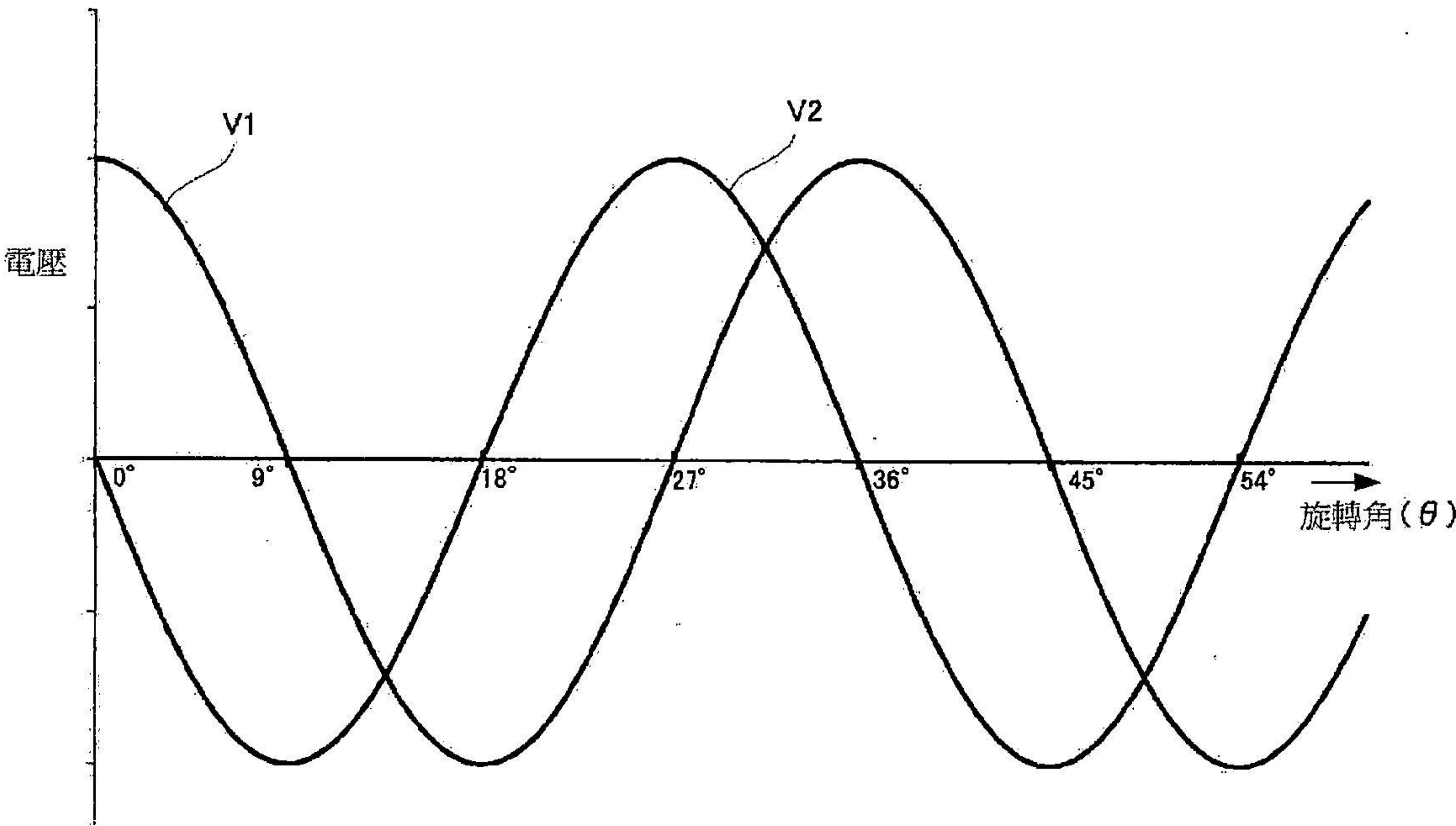
【圖案】



【第8圖】



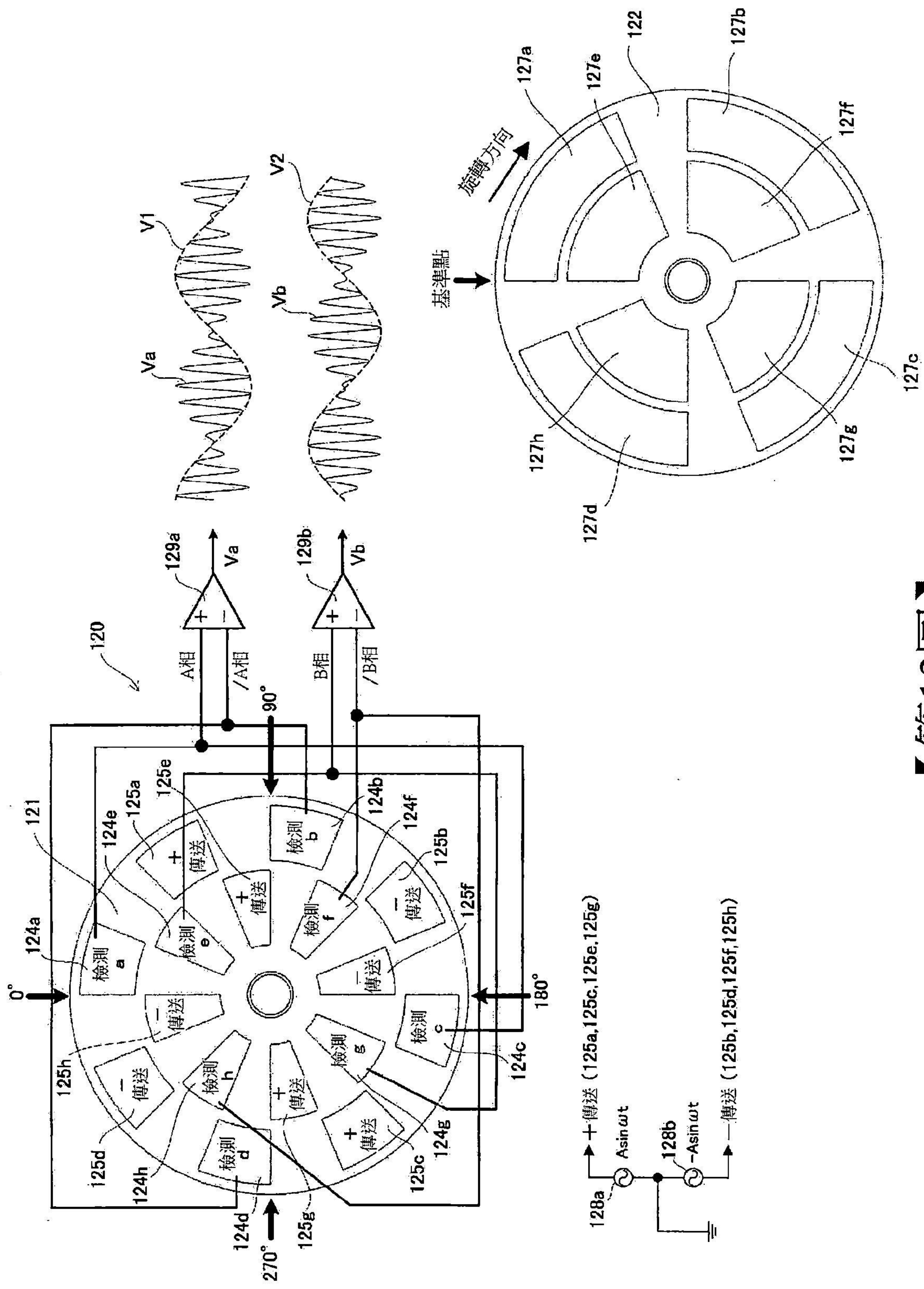
【第9圖】



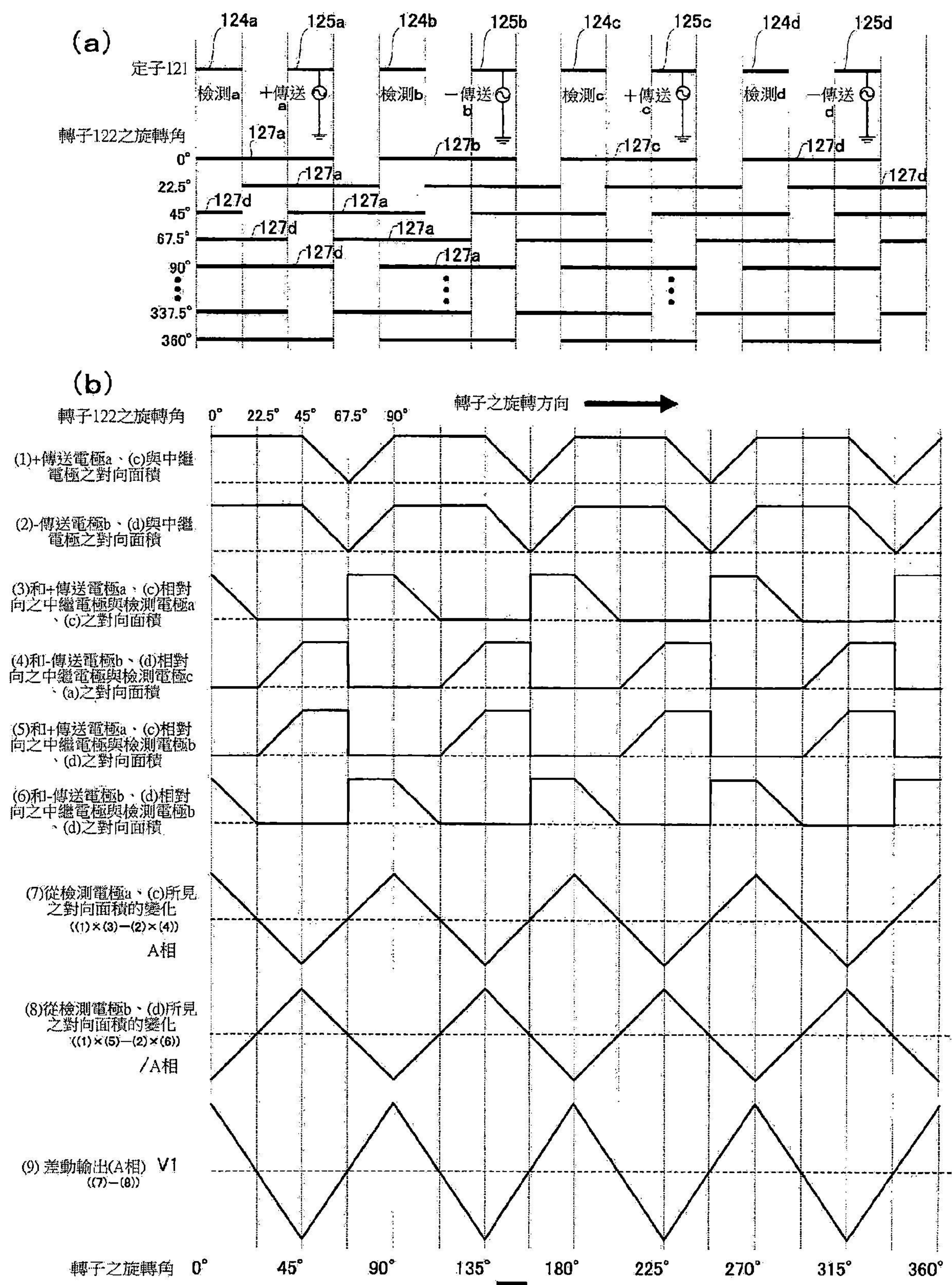
【第10圖】

X(極數)	(n, m)					(傳送電極、檢測電極、中繼電極)				
2	無					無				
3	(1, 1)					(4, 4, 3)				
4	無									
5	(1, 1)					(4, 4, 5)				
6	(2, 1)					(8, 8, 6)				
7	(1, 2)					(8, 8, 7)				
8	無					無				
9	(1, 2)	(1, 3)				(8, 8, 9)	(12, 12, 9)			
10	(2, 1)					(8, 8, 10)				
11	(1, 3)					(12, 12, 11)				
12	(4, 1)					(16, 16, 12)				
13	(1, 3)					(12, 12, 13)				
14	(2, 2)					(16, 16, 14)				
15	(1, 4)	(3, 1)	(5, 1)			(16, 16, 15)	(12, 12, 15)	(20, 20, 15)		
16	無					無				
17	(1, 4)					(16, 16, 17)				
18	(2, 2)	(6, 1)				(16, 16, 18)	(24, 24, 18)			
19	(1, 5)					(20, 20, 19)				
20	(4, 1)					(16, 16, 20)				
21	(1, 5)	(3, 2)	(7, 1)			(20, 20, 21)	(24, 24, 21)	(28, 28, 21)		
22	(2, 3)					(24, 24, 22)				
23	(1, 6)					(24, 24, 23)				
24	(8, 1)					(32, 32, 24)				
25	(1, 6)	(5, 1)				(24, 24, 25)	(20, 20, 25)			
26	(2, 3)					(24, 24, 26)				
27	(1, 7)	(3, 2)	(9, 1)			(28, 28, 27)	(24, 24, 27)	(36, 36, 27)		
28	(4, 2)					(32, 32, 28)				
29	(1, 7)					(28, 28, 29)				
30	(2, 4)	(6, 1)	(10, 1)			(32, 32, 30)	(24, 24, 30)	(40, 40, 30)		
31	(1, 8)					(32, 32, 31)				
32	無					無				
33	(1, 8)	(3, 3)	(11, 1)			(32, 32, 33)	(36, 36, 33)	(44, 44, 33)		
34	(2, 4)					(32, 32, 34)				
35	(1, 9)	(5, 2)	(7, 1)			(36, 36, 35)	(40, 40, 35)	(28, 28, 35)		
36	(4, 2)	(12, 1)				(32, 32, 36)	(48, 48, 36)			
37	(1, 9)					(36, 36, 37)				
38	(2, 5)					(40, 40, 38)				
39	(1, 10)	(3, 3)	(13, 1)			(40, 40, 39)	(36, 36, 39)	(52, 52, 39)		
40	(8, 1)					(32, 32, 40)				
41	(1, 10)					(40, 40, 41)				
42	(2, 5)	(6, 2)	(14, 1)			(40, 40, 42)	(48, 48, 42)	(56, 56, 42)		
43	(1, 11)					(44, 44, 43)				
44	(4, 3)					(48, 48, 44)				
45	(1, 11)	(3, 4)	(5, 2)	(9, 1)	(15, 1)	(44, 44, 45)	(48, 48, 45)	(40, 40, 45)	(36, 36, 45)	(60, 60, 45)
46	(2, 6)					(48, 48, 46)				
47	(1, 12)					(48, 48, 47)				
48	(16, 1)					(64, 64, 48)				
49	(1, 12)	(7, 2)				(48, 48, 49)	(56, 56, 49)			
50	(2, 6)	(10, 1)				(48, 48, 50)	(40, 40, 50)			

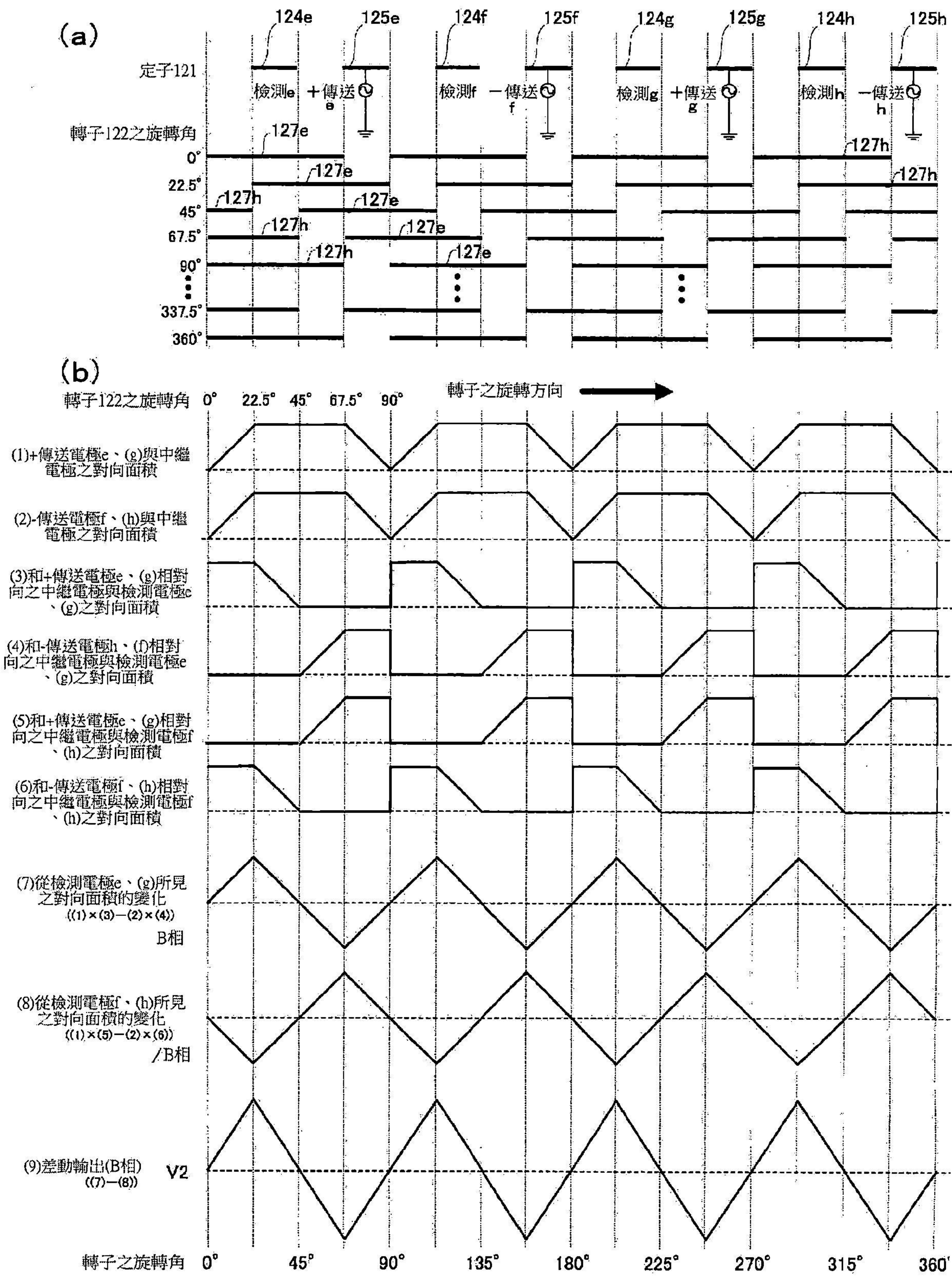
【第11圖】



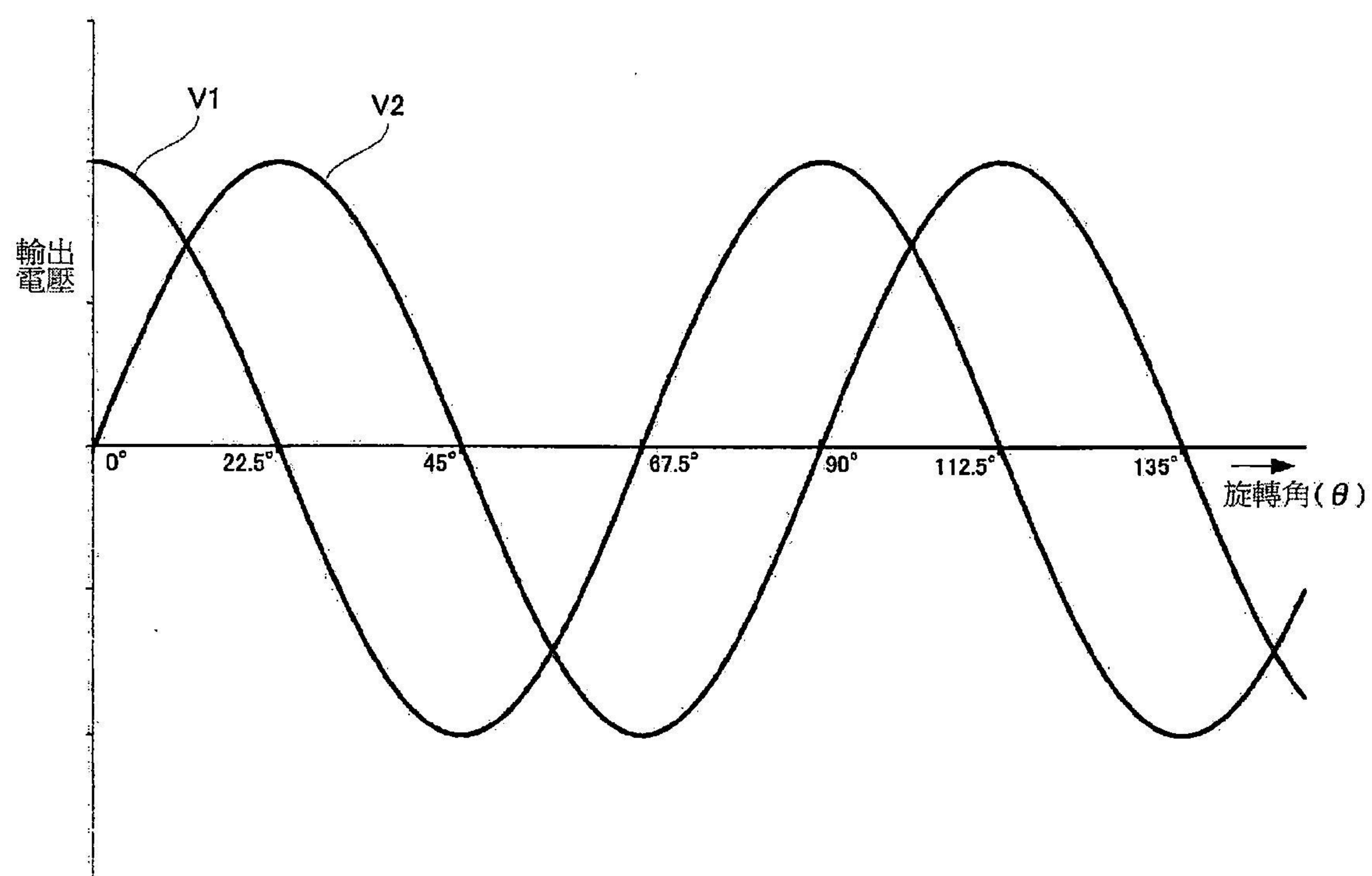
【第12圖】



【第13圖】



【第14圖】



【第15圖】