



(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 I697194 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：108123687

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 04 日

(51)Int. Cl. : **H02P21/14 (2016.01)****H02K1/27 (2006.01)**

(71)申請人：微星科技股份有限公司(中華民國) MICRO-STAR INT'L CO., LIMITED. (TW)

新北市中和區立德街 69 號

大陸商恩斯邁電子(深圳)有限公司(中國大陸) MSI COMPUTER (SHENZHEN) CO., LTD. (CN)

中國大陸

(72)發明人：黎永昇 LEE, YUNG-SHEN (TW)；陳豪宇 CHAN, HOA-YU (TW)

(74)代理人：李文賢

(56)參考文獻：

TW 201448448A

EP 2053734B1

US 2012/0256575A1

WO 2008/120727A1

WO 2015/033651A1

審查人員：曾宏仁

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：9 共 28 頁

(54)名稱

永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法

(57)摘要

一種永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法，包括：輸入第一正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第一正向測試電流；依據第一正向測試電流，產生第一反向測試電流至永磁馬達，紀錄第一電流零交越時間點；在第一電流零交越時間點後，輸入第二正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第二正向測試電流；依據第二正向測試電流，產生第二反向測試電流至永磁馬達；偵測永磁馬達上的總電流以獲得多個總電流峰值；以及依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。

A permanent magnet motor rotor position detecting device and method thereof, comprising: inputting a first forward test voltage to a permanent magnet motor, corresponding to generating a first forward test current; generating a first reverse test current to the permanent magnet motor according to the first forward test current, recording a first current zero crossing time point; after the first current zero crossing time point, inputting a second forward test voltage to the permanent magnet motor, corresponding to generating a second forward test current; generating a second reverse test current to the permanent magnet motor according to the second forward test current; detecting a total current on the permanent magnet motor to obtain a plurality of total current peaks; obtaining a rotor position phase difference according to the total current peaks.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10:永磁馬達轉子位置
偵測裝置

20:永磁馬達

100:電壓輸入單元

200:反向電流輸入單元

300:電流偵測單元

400:處理器

500:儲存單元

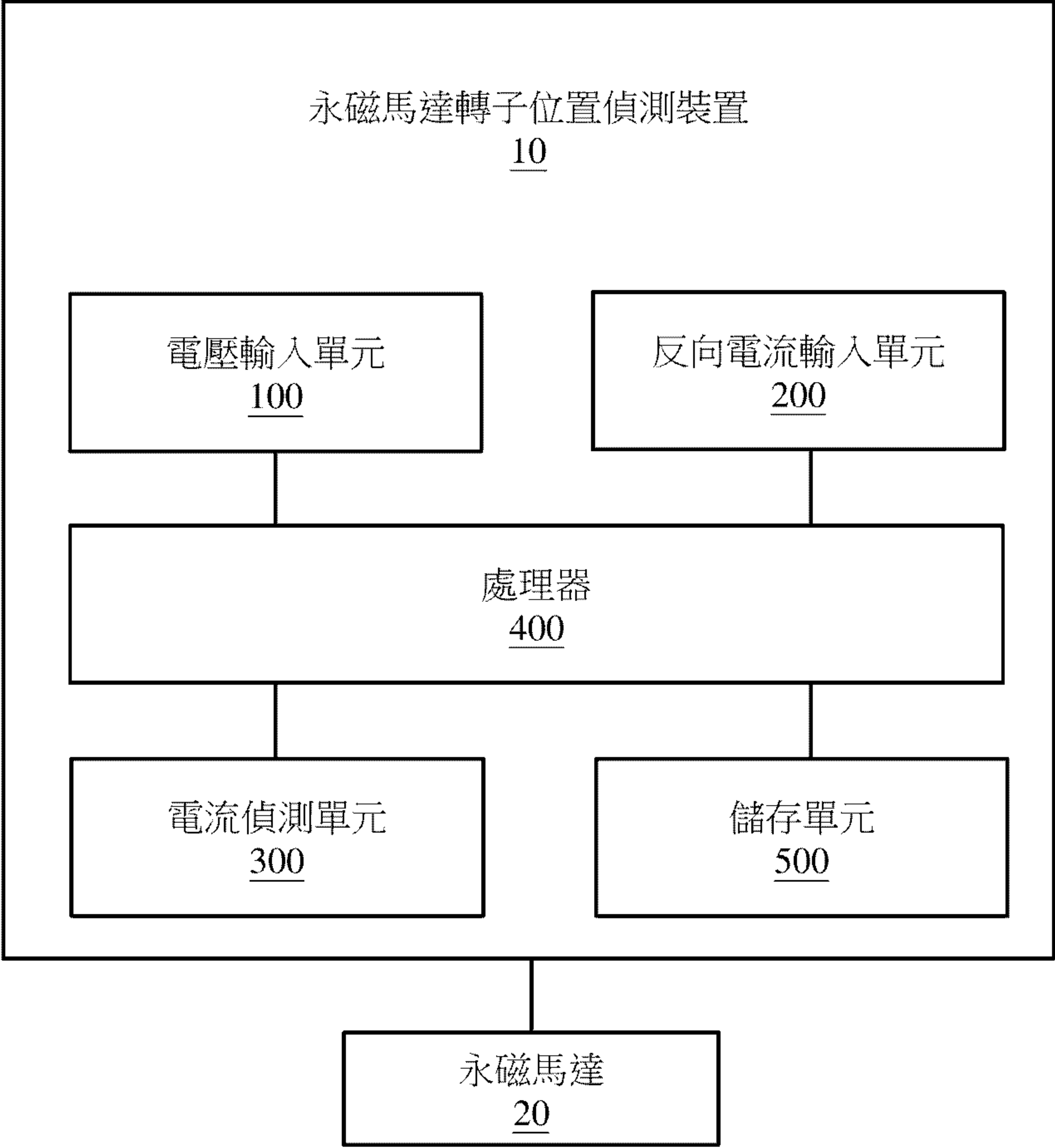


圖3



I697194

【發明摘要】

【中文發明名稱】 永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法

【英文發明名稱】 PERMANENT MAGNET MOTOR ROTOR POSITION

DETECTING DEVICE AND METHOD THEREOF

【中文】

一種永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法，包括：輸入第一正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第一正向測試電流；依據第一正向測試電流，產生第一反向測試電流至永磁馬達，紀錄第一電流零交越時間點；在第一電流零交越時間點後，輸入第二正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第二正向測試電流；依據第二正向測試電流，產生第二反向測試電流至永磁馬達；偵測永磁馬達上的總電流以獲得多個總電流峰值；以及依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。

【英文】

A permanent magnet motor rotor position detecting device and method thereof, comprising: inputting a first forward test voltage to a permanent magnet motor, corresponding to generating a first forward test current; generating a first reverse test current to the permanent magnet motor according to the first forward test current, recording a first current zero crossing time point; after the first current zero crossing time point, inputting a second forward test voltage to the permanent magnet motor, corresponding to generating a second forward test current; generating a second reverse test current to the permanent magnet motor

according to the second forward test current; detecting a total current on the permanent magnet motor to obtain a plurality of total current peaks; obtaining a rotor position phase difference according to the total current peaks.

【指定代表圖】 圖3

【代表圖之符號簡單說明】

- 10 永磁馬達轉子位置偵測裝置
- 20 永磁馬達
- 100 電壓輸入單元
- 200 反向電流輸入單元
- 300 電流偵測單元
- 400 處理器
- 500 儲存單元

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法

【英文發明名稱】 PERMANENT MAGNET MOTOR ROTOR POSITION
DETECTING DEVICE AND METHOD THEREOF

【技術領域】

【0001】 本案是關於永磁馬達控制領域，特別是一種永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法。

【先前技術】

【0002】 永磁馬達由於高性能及低成本的優點以廣泛運用在各個領域。永磁馬達包括轉子及定子，永磁馬達透過定子以產生磁場來吸引或排斥轉子，並藉由轉子的旋轉進一步產生馬達扭矩以達到輸出的功能。其中，為了準確控制永磁馬達以達到理想的輸出功率，需要量測轉子的位置。

【0003】 目前永磁馬達通常搭配編碼器（**encoder**）以準確量測轉子的位置，但是編碼器只能量測轉子的相對位置，因此對於量測轉子的絕對位置（即，停止狀態時的位置）仍然沒幫助。因此，為了量測轉子處於停止狀態時的位置，部分永磁馬達更搭配有感測器（**sensor**）以做量測，但是相對的提高了成本。反之，無感測器的永磁馬達雖然具有低成本的優勢，但是卻不易準確量測永磁馬達的轉子位置。並且無感測器的永磁馬達如果不能準確偵測到轉子位置，可能導致馬達的啟動扭矩減少或是在啟動時發生暫時性的反轉，並使得馬達本身或是馬達驅動的裝置受損。

【發明內容】

【0004】 有鑑於此，本案提出一種永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法。

【0005】 一種永磁馬達轉子位置偵測方法，包括：第一電壓輸入步驟，輸入第一正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第一正向測試電流；第一反向電流輸入步驟，依據第一正向測試電流，產生第一反向測試電流至永磁馬達，紀錄第一電流零交越時間點；第二電壓輸入步驟，在第一電流零交越時間點後，輸入第二正向測試電壓至永磁馬達上，對應產生第二正向測試電流，其中第一正向測試電流對應的第一正相位與第二正向測試電流對應的第二正相位相差180度；第二反向電流輸入步驟，依據第二正向測試電流，產生第二反向測試電流至永磁馬達，紀錄第二電流零交越時間點，其中第一反向測試電流對應的第一負相位與第二反向測試電流對應的第二負相位相差180度；電流偵測步驟，偵測永磁馬達上的總電流以獲得多個總電流峰值；以及相位差獲得步驟，依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。

【0006】 依據一些實施例，一種永磁馬達轉子位置偵測裝置，包括：電壓輸入單元、反向電流輸入單元、電流偵測單元、及處理器。處理器耦接於電壓輸入單元、反向電流輸入單元、及電流偵測單元。電壓輸入單元用於依據多個電流零交越時間點以一對一的方式輸入多個正向測試電壓至永磁馬達，並且對應產生多個正向測試電流。反向電流輸入單元用於依據正向測試電流以分別產生負向測試電流至永磁馬達。電流偵測單元偵測永磁馬達上的總電流以獲得多個總電流峰值及電流零交越點。處理器用於依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。

【0007】 綜上所述，本案中一些實施例的永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法能藉由輸入不同相位的正向測試電壓至永磁馬達，並且偵測總電流峰值以獲得轉子位置相位差。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖1繪示本案一些實施例之永磁馬達的示意圖。

圖2繪示本案一些實施例之永磁馬達的示意圖。

圖3繪示本案一些實施例之永磁馬達轉子位置偵測裝置的示意圖。

圖4繪示本案一些實施例之永磁馬達轉子位置偵測方式的示意圖。

圖5繪示本案一些實施例之電流零交越時間點的示意圖。

圖6繪示本案一對照實施例之感測器的量測相位與轉子位置相位差的關係圖。

圖7繪示本案一實施例之感測器的量測相位與轉子位置相位差的關係圖。

圖8繪示本案一對照實施例之總電流的示意圖。

圖9繪示本案一實施例之總電流的示意圖。

【實施方式】

【0009】 圖1及圖2繪示本案一些實施例之永磁馬達20的示意圖。請同時參照圖1及圖2，在一些實施例，永磁馬達20包括轉子30、定子40及控制裝置50。轉子30具有一對磁極，分別為N極32及S極34，以形成轉子磁場於永磁馬達20中。定子40包括線圈 L_U 、線圈 L_V 及線圈 L_W ，並且線圈 L_U 、線圈 L_V 及線圈 L_W 兩兩相差120度。線圈 L_U 耦接於U相位電壓 V_U ，線

圈 L_v 耦接於V相位電壓 V_v ，線圈 L_w 耦接於W相位電壓 V_w 。控制裝置50用於控制U相位電壓 V_u 、V相位電壓 V_v 及W相位電壓 V_w ，也就是能控制線圈 L_u 、線圈 L_v 及線圈 L_w 中的輸入電流。由於電生磁線圈 L_u 、線圈 L_v 及線圈 L_w 中的輸入電流能在永磁馬達20中形成定子磁場。而定子磁場能與轉子磁場能互相吸引或互相排斥，因此藉由控制U相位電壓 V_u 、V相位電壓 V_v 及W相位電壓 V_w 就能控制轉子30旋轉。以下為便於說明，簡化「線圈 L_u 、線圈 L_v 及線圈 L_w 中的輸入電流」為某一相位的輸入電流，因此不同相位的輸入電流對應不同U相位電壓 V_u 、V相位電壓 V_v 及W相位電壓 V_w 的組合。

【0010】 承上，永磁馬達20包括d方向 D_d 及q方向 D_q ，d方向 D_d 為轉子30的水平方向，q方向 D_q 為轉子30的垂直方向，d方向 D_d 與q方向 D_q 互相垂直。由於d方向 D_d 對應的相位的輸入電流對轉子30形成的扭矩最小，q方向 D_q 對應的相位的輸入電流對轉子30形成的扭矩最大，因此偵測永磁馬達20的q方向 D_q 對應的相位與輸入電流的相位之間的相位差，即可使永磁馬達20以最大扭矩進行輸出。以下為便於說明，以「轉子位置相位差」簡稱永磁馬達20的q方向 D_q 對應的相位與輸入電流的相位之間的相位差。

【0011】 圖3為本案一些實施例之永磁馬達轉子位置偵測裝置10的示意圖。請參照圖3，在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10包括電壓輸入單元100、反向電流輸入單元200、電流偵測單元300、處理器400及儲存單元500。其中電壓輸入單元100、反向電流輸入單元200、電流偵測單元300及儲存單元500耦接於處理器400。在一些實施例中，電壓輸入單元100、反向電流輸入單元200、電流偵測單元300耦接於儲存單元500。

【0012】 請同時參照圖2及圖3，在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10能內置於永磁馬達20中，以做為永磁馬達20的控制裝置50。反之，在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10能外接於永磁馬達20，並且控制永磁馬達20中的控制裝置50。

【0013】 在一些實施例，電壓輸入單元100用於輸入正向測試電壓至永磁馬達20，或者也可以說，電壓輸入單元100用於輸入正向測試電流至永磁馬達20，因為當正向測試電壓施加在永磁馬達20時，即對應產生正向測試電流。需特別說明的是，正向測試電壓為突波電壓，當突波電壓施加在永磁馬達20之後，突波電壓對應產生的電流會隨時間震盪並逐漸衰減。因此，正向測試電流也會隨時間震盪並逐漸衰減。

【0014】 在一些實施例，電壓輸入單元100用於依序輸入多個正向測試電壓至永磁馬達20，也就是電壓輸入單元100用於依序輸入多個正向測試電流至永磁馬達20。各個正向測試電流分別具有一個電流峰值，也就是正向測試電流的最大電流值。此外，各個正向測試電流分別對應一個正相位，也就對應正向測試電壓。依據一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10偵測出轉子位置相位差，需經由電壓輸入單元100輸入十二個不同相位對應的正向測試電流至永磁馬達20，依據正向測試電流輸入至永磁馬達20的順序，這十二個正相位依序為0度、180度、30度、210度、60度、240度、90度、270度、120度、300度、150度、及330度。

【0015】 在一些實施例，反向電流輸入單元200用於輸入負向測試電壓至永磁馬達20，也就是輸入負向測試電流至永磁馬達20。電流偵測單元300用於偵測永磁馬達20中的總電流I，並且獲得各個正向測試電流對應的

電流峰值。需特別說明的是，負向測試電壓為突波電壓。因此任一時間點的總電流 I 為永磁馬達20此時間點之前所接受的正向測試電壓或負向測試電壓對應產生的電流總合。

【0016】 在一些實施例，反向電流輸入單元200用於依據正向測試電流以產生負向測試電流。具體而言，反向電流輸入單元200產生的負向測試電流與正向測試電流為一對一的關係。換句話說，每當電壓輸入單元100輸入正向測試電壓至永磁馬達20時，反向電流輸入單元200偵測到正向測試電壓，才對應輸入負向測試電壓至永磁馬達20。其中，負向測試電壓施加在永磁馬達20的時間與正向測試電壓施加在永磁馬達20的時間相同，也就是負向測試電流用於抵消對應的正向測試電流，使總電流 I 震盪衰減所需的時間縮短。由於總電流 I 震盪衰減時間縮短，因此轉子30不會因為正向測試電流而轉動造成轉子位置相位差的量測誤差。依據一些實施例，正向測試電壓停止輸入之後，負向測試電壓在第一工作時間之後才開始輸入。依據一些實施例，正向測試電壓為41伏特（V）並持續3/8000秒的突波電壓，負向測試電壓為-41伏特（V）並持續3/8000秒的突波電壓，第一工作時間為3/8000秒，也就是正向測試電壓停止輸入與負向測試電壓開始輸入之間的時間差為3/8000秒。

【0017】 在一些實施例，電流偵測單元300用於獲得電流零交越點。電壓輸入單元100用於依據電流零交越時間點以一對一的方式輸入正向測試電壓至永磁馬達20。具體而言，電流零交越時間點為總電流 I 交越過「零」電流值為的時間點，特別是負向測試電壓施加在永磁馬達20結束之後，總電流 I 第一次交越「零」電流值的時間點。因此每一個正向測試電壓及其

對應的負向測試電壓會產生一個電流零交越時間點，而此電流零交越時間點就是電壓輸入單元100輸入下一個正向測試電壓至永磁馬達20的時間點。所以，藉由電壓輸入單元100控制輸入正向測試電壓的時間，當前一個正向測試電壓產生的總電流 I 震盪衰減至可忽略時，電壓輸入單元100才輸入下一個正向測試電壓，使每一次正向測試電流之間不會互相干擾以減少轉子位置相位差的量測誤差。依據一些實施例，負向測試電壓停止輸入的時間點早於電流零交越時間點，負向測試電壓停止輸入的時間點與電流零交越時間點之間相差第二工作時間 T_2 。依據一些實施例，由於正向測試電流之間幾乎為反向，並且相位差為180度或150度，即使總電流 I 仍然有前一個正向測試電壓造成的震盪，也會被下一個輸入的正向測試電壓所蓋過而忽略。需特別說明的是，在測試開始時，因為總電流 I 的起始值為零，電壓輸入單元100輸入的第一個正向測試電壓不需依據電流零交越時間即輸入至永磁馬達20。依據一些實施例，第一個正向測試電壓的正相位為0度。

【0018】 在一些實施例，處理器400用於依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。具體而言，處理器400從電壓輸入單元100獲得各個正向測試電流對應的相位，並且處理器400從電流偵測單元300獲得各個正向測試電流對應的總電流峰值。由於各個總電流峰值與其對應的正向測試電流的相位具有餘弦函數（**Cosine**）關係，因此藉由兩個以上不同相位的正向測試電流及對應的總電流峰值，處理器400即可運算獲得轉子位置相位差。並且隨著偵測的相位越多並且越平均，處理器400獲得的轉子位置相位差越準確。依據一些實施例，處理器400用於控制電壓輸入單元100輸

入永磁馬達20的正向測試電流的正相位，也就是處理器400本身就有各個正向測試電流對應的正相位的資訊。

【0019】 在一些實施例，處理器400依據總電流峰值及正相位，以相位差公式獲得轉子位置相位差，相位差公式為：

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sum y * \sin(x)}{\sum y * \cos(x)} \right)$$

其中， θ 為轉子位置相位差， x 為正相位， y 為總電流峰值。

【0020】 依據一些實施例，正向測試電流為相位為0度時，總電流峰值為 b 。正向測試電流為相位為90度時，總電流峰值為 a 。依據相位差公式，獲得轉子位置相位差 $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{a}{b} \right)$ 。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{b * \sin(0) + a * \sin(90^\circ)}{b * \cos(0) + a * \cos(90^\circ)} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{a}{b} \right)$$

【0021】 在一些實施例，儲存單元500用於儲存相位與峰值電流關係表。並且處理器400依據總電流峰值、正相位、及該相位與峰值電流關係表，以K-近鄰演算法（K-nearest neighbor）查表獲得轉子位置相位差。

【0022】 在一些實施例，處理器400以比例控制（P控制）收斂永磁馬達20中的總電流 I ，以減少總電流 I 震盪衰減的時間，並進一步減少各個正向測試電壓對下一個正向測試電壓的影響。在一些實施例，處理器400以比例-積分-微分控制（PID控制）收斂永磁馬達20中的總電流 I ，以減少總電流 I 震盪衰減的時間。

【0023】 在一些實施例，電壓輸入單元100、反向電流輸入單元200、電流偵測單元300、處理器400能各自以單一電路來實現、或整合在同一電路。在一些實施例，電壓輸入單元100、反向電流輸入單元200、電流

偵測單元300、處理器400能整合為一單晶片微控制器(microcontroller)，但本案不以此為限。

【0024】 圖4繪示本案一些實施例之永磁馬達轉子位置偵測方式的示意圖。請同時參閱圖3及圖4。在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測方式包括以下步驟：第一電壓輸入步驟（步驟S100）；第一反向電流輸入步驟（步驟S150）；第二電壓輸入步驟（步驟S200）；第二反向電流輸入步驟（步驟S250）；電流偵測步驟（步驟S300）；及相位差獲得步驟（步驟S400）。

【0025】 第一電壓輸入步驟（步驟S100）包括：輸入第一正向測試電壓至永磁馬達20上，對應產生第一正向測試電流。具體而言，當永磁馬達轉子位置偵測裝置10開始偵測轉子30的轉子位置相位差，電壓輸入單元100輸入第一正向測試電壓至永磁馬達20，也就是，電壓輸入單元100輸入第一正向測試電流至永磁馬達20。

【0026】 第一反向電流輸入步驟（步驟S150）包括：依據第一正向測試電流，產生第一反向測試電流至永磁馬達20，紀錄第一電流零交越時間點。具體而言，當反向電流輸入單元200偵測電壓輸入單元100輸出第一正向測試電壓，反向電流輸入單元200產生對應第一正向測試電壓的第一反向測試電壓至永磁馬達20，也就是反向電流輸入單元200產生第一反向測試電流至永磁馬達20。依據一些實施例，電壓輸入單元100發出正向測試電壓時，也會發送對應的測試訊號至反向電流輸入單元200，以驅動反向電流輸入單元200輸出對應正向測試電壓的負向測試電壓。

【0027】 第二電壓輸入步驟（步驟S200）包括：在第一電流零交越時間點後，輸入第二正向測試電壓至永磁馬達20上，對應產生第二正向測試電流，其中第二正向測試電流對應的第二正相位與第一正向測試電流對應的第一正相位相差180度。具體而言，由於第一正向測試電壓及第一負向測試電壓的作用，電流偵測單元300獲得的總電流I會震盪衰減至零，當第一負向測試電壓輸入結束之後，總電流I第一次交越「零」電流值的時間點為第一電流零交越時間點。當電流偵測單元300偵測到第一電流零交越時間點，電壓輸入單元100響應以輸入第二正向測試電壓至永磁馬達20。依據一些實施例，第一正相位為0度，第二正相位為180度。依據一些實施例，當電流偵測單元300偵測到零交越時間點，電流偵測單元300能發送驅動訊號至電壓輸入單元100，以驅動電壓輸入單元100輸入對應零交越時間點的正向測試電壓至永磁馬達20。

【0028】 第二反向電流輸入步驟（步驟S250）包括：依據第二正向測試電流，產生第二反向測試電流至永磁馬達20，紀錄第二電流零交越時間點，其中第二反向測試電流對應的第二負相位與該第一反向測試電流對應的第一負相位相差180度。具體而言，當反向電流輸入單元200偵測電壓輸入單元100輸出第二正向測試電壓，反向電流輸入單元200產生對應第二正向測試電壓的第二反向測試電壓至永磁馬達20，也就是反向電流輸入單元200產生第二反向測試電流至永磁馬達20。

【0029】 電流偵測步驟（步驟S300）包括：偵測永磁馬達20上的總電流I以獲得多個總電流峰值。具體而言，電流偵測單元300偵測永磁馬達20的總電流I，並依據各個正向測試電壓（例如，第一正向測試電壓及第

二正向測試電壓) 獲得對應的總電流峰值。

【0030】 相位差獲得步驟(步驟S400)包括：依據總電流峰值以獲得轉子位置相位差。具體而言，依據電流偵測單元300偵測到的總電流峰值，以及處理器400控制電壓輸入單元100輸入永磁馬達20的正向測試電流的正相位，處理器400可運算獲得轉子位置相位差。其中處理器400能依據相位差公式或K-近鄰演算法查表以轉子位置相位差，如前所述。

【0031】 在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測方式更包括第三電壓輸入步驟、第三反向電流輸入步驟、第四電壓輸入步驟、及第四反向電流輸入步驟。並且第三電壓輸入步驟、第三反向電流輸入步驟、第四電壓輸入步驟、及第四反向電流輸入步驟執行的時間點在第二反向電流輸入步驟(步驟S250)與電流偵測步驟(步驟S300)之間。

【0032】 第三電壓輸入步驟包括：輸入第三正向測試電壓至永磁馬達20上，對應產生第三正向測試電流。同理，在第二電流零交越時間點後，電壓輸入單元100輸入第三正向測試電壓至永磁馬達20。

【0033】 第三反向電流輸入步驟包括：依據第三正向測試電流，產生第三反向測試電流至永磁馬達20，紀錄第三電流零交越時間點。同理，當反向電流輸入單元200偵測電壓輸入單元100輸出第三正向測試電壓，反向電流輸入單元200產生對應第三正向測試電壓的第三反向測試電壓至永磁馬達20，也就是反向電流輸入單元200產生第三反向測試電流至永磁馬達20。

【0034】 第四電壓輸入步驟包括：在第三電流零交越時間點後，輸入第四正向測試電壓至永磁馬達20上，對應產生第四正向測試電流，其中

第四正向測試電流對應的第四正相位與第三正向測試電流對應的第三正相位相差180度。依據一些實施例，第三正相位為90度及第四正相位為270度。依據一些實施例，第三正相位為30度及第四正相位為210度。

【0035】 第四反向電流輸入步驟包括：依據第四正向測試電流，產生第四反向測試電流至永磁馬達20，紀錄第四電流零交越時間點，其中第三反向測試電流對應的第三負相位與第四反向測試電流對應的第四負相位相差180度。

【0036】 在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測方法分別對於永磁馬達20測試十二組正向測試電壓，也就是電壓輸入單元100輸入十二組不同的正相位的正向測試電流至永磁馬達20。其中，依據電壓輸入單元100輸入正向測試電流至永磁馬達20的順序，這十二組不同的正相位分別是0度、180度、30度、210度、60度、240度、90度、270度、120度、300度、150度、330度。並且每一組正向測試電壓對應一個電壓輸入步驟及一個反向電流輸入步驟。當十二組正向測試電壓都依序輸入至永磁馬達20之後，電流偵測單元300依據電流偵測步驟（步驟S300）偵測各個正向測試電壓對應的總電流峰值，處理器400依據相位差獲得步驟（步驟S400）獲得轉子位置相位差。依據一些實施例，0度、180度、30度、210度分別對應第一至第四的電壓輸入步驟及第一至第四的反向電流輸入步驟。60度、240度、90度、270度、120度、300度、150度、330度分別對應第五至第十二的電壓輸入步驟及第五至第十二的反向電流輸入步驟。

【0037】 圖5繪示本案一些實施例之電流零交越時間點的示意圖。在一些實施例，請參照圖5，X軸為時間T，Y軸為總電流I，當總電流I通過

總電流峰值的時間點後，負向測試電壓開始施加在永磁馬達20以減少總電流I的震盪衰減時間。並且電流零交越時間點為負向測試電壓施加在永磁馬達20結束之後，總電流I第一次交越「零」電流值的時間點。負向測試電壓停止輸入的時間點與電流零交越時間點之間相差第二工作時間T2。

【0038】 圖6繪示本案一對照實施例之感測器的量測相位與轉子位置相位差的關係圖。圖7繪示本案一實施例之感測器的量測相位與轉子位置相位差的關係圖。其中，圖6及圖7的X軸為感測器的量測相位，Y軸為轉子位置相位差。請參照圖6，在一對照實施例中，永磁馬達20搭配有習知的感測器，並且未使用永磁馬達轉子位置偵測方法以偵測轉子位置相位差。請參照圖7，在一實施例中，永磁馬達20搭配有習知的感測器，並且使用永磁馬達轉子位置偵測方法以偵測與轉子位置相位差。從比較圖6及圖7可知，藉由永磁馬達轉子位置偵測方法偵測的轉子位置相位差與習知感測器的量測相位之間的關係接近理想的線性關係，因此圖7中的點幾乎收斂在線性關係的線（圖7中的虛線）上，也就是永磁馬達轉子位置偵測方法量測的轉子位置相位差具有較少的量測誤差。反之，未使用永磁馬達轉子位置偵測方法偵測的轉子位置相位差與習知感測器的量測相位之間的關係較發散，圖6中的點並未收斂在線性關係的線（圖6中的虛線）上，也就是轉子位置相位差量測的誤差較大。

【0039】 圖8繪示本案一對照實施例之總電流I的示意圖。圖9繪示本案一實施例之總電流I的示意圖。請參照圖8及圖9X軸為時間T，Y軸為總電流I。比較圖8及圖9，永磁馬達轉子位置偵測方法量測轉子位置相位差的過程中，總電流I的震盪衰減的時間較短。相對的，未使用永磁馬達轉

子位置偵測方法，總電流I的震盪衰減的時間較長。因此，永磁馬達轉子位置偵測方法能減少轉子30因總電流I而造成轉動的可能性，並減少轉子位置相位差的量測誤差。依據一對照實施例，未使用永磁馬達轉子位置偵測方法，總電流I的震盪收斂至適合下一個正向測試電壓輸入的時間長度為100/8000秒。依據一實施例，使用永磁馬達轉子位置偵測方法，總電流I的震盪收斂至適合下一個正向測試電壓輸入的時間長度為18/8000秒。

【0040】 請續參照圖2及圖3，如前所述，在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10能內置於永磁馬達20中，以做為永磁馬達20的控制裝置50，因此永磁馬達20不需額外搭配感測器即可達到偵測轉子位置（即，轉子位置相位差）的功能。在一些實施例，永磁馬達轉子位置偵測裝置10能外接於永磁馬達20，藉由永磁馬達轉子位置偵測裝置10控制永磁馬達20中的控制裝置50，以達到偵測轉子位置的功能。

【0041】 綜上所述，本案中一些實施例的永磁馬達轉子位置偵測裝置及其方法能藉由輸入不同相位的正向測試電壓至永磁馬達，並且偵測總電流峰值以獲得轉子位置相位差。在一些實施例，當永磁馬達轉子位置偵測裝置輸入正向測試電流至永磁馬達，能即時輸入對應的反向測試電流至永磁馬達。因此能使總電流的震盪收斂時間減少，同時轉子不會因為正向測試電壓而轉動，因此減少轉子位置相位差的量測誤差。

【符號說明】

【0042】

10	永磁馬達轉子位置偵測裝置		
100	電壓輸入單元	200	反向電流輸入單元

300	電流偵測單元	400	處理器
500	儲存單元	20	永磁馬達
30	轉子	32	N極
34	S極	40	定子
50	控制裝置	D _d	d方向
D _q	q方向	L _U	線圈
L _V	線圈	L _W	線圈
V _U	U相位電壓	V _V	V相位電壓
V _W	W相位電壓	I	總電流
T	時間	T2	第二工作時間
S100-S400	步驟		

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種永磁馬達轉子位置偵測方法，包括：

一第一電壓輸入步驟，輸入一第一正向之三相測試電壓至一永磁馬達上，對應產生一第一正向之三相測試電流；

一第一反向電流輸入步驟，依據該第一正向之三相測試電流，產生用於抵銷該第一正向之三相測試電流的一第一反向之三相測試電流至該永磁馬達，紀錄一第一電流零交越時間點；

一第二電壓輸入步驟，在該第一電流零交越時間點後，輸入一第二正向之三相測試電壓至該永磁馬達上，對應產生一第二正向之三相測試電流，其中該第一正向之三相測試電流對應的一第一正相位與該第二正向之三相測試電流對應的一第二正相位相差180度；

一第二反向電流輸入步驟，依據該第二正向之三相測試電流，產生用於抵銷該第二正向之三相測試電流的一第二反向之三相測試電流至該永磁馬達，紀錄一第二電流零交越時間點，其中該第一反向之三相測試電流對應的一第一負相位與該第二反向之三相測試電流對應的一第二負相位相差180度；

一電流偵測步驟，偵測該永磁馬達上的一總電流以獲得多個總電流峰值；及

一相位差獲得步驟，依據該些總電流峰值以獲得一轉子位置相位差。

【第2項】 如請求項1所述之永磁馬達轉子位置偵測方法，更包括：

一第三電壓輸入步驟，輸入一第三正向之三相測試電壓至該永磁馬達上，對應產生一第三正向之三相測試電流；

一第三反向電流輸入步驟，依據該第三正向之三相測試電流，產生用於抵銷該第三正向之三相測試電流的一第三反向之三相測試電流至該永磁馬達，紀錄一第三電流零交越時間點；

一第四電壓輸入步驟，在該第三電流零交越時間點後，輸入一第四正向之三相測試電壓至該永磁馬達上，對應產生一第四正向之三相測試電流，其中該第三正向之三相測試電流對應的一第三正相位與該第四正向之三相測試電流對應的一第四正相位相差180度；及

一第四反向電流輸入步驟，依據該第四正向之三相測試電流，產生用於抵銷該第四正向之三相測試電流的一第四反向之三相測試電流至該永磁馬達，紀錄一第四電流零交越時間點，其中該第三反向之三相測試電流對應的一第三負相位與該第四反向之三相測試電流對應的一第四負相位相差180度。

【第3項】 如請求項2所述之永磁馬達轉子位置偵測方法，其中該第一正相位為0度、該第二正相位為180度、該第三正相位為90度、及該第四正相位為270度。

【第4項】 如請求項3所述的永磁馬達轉子位置偵測方法，其中該相位差獲得步驟更包括：

依據該些總電流峰值、該第一正相位、該第二正相位、該第三正相位、及該第四正相位，以一相位差公式獲得該轉子位置相位差，該相位差公式為：

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sum y * \sin(x)}{\sum y * \cos(x)} \right)$$

其中， θ 為該轉子位置相位差， x 為該第一正相位、該第二正相位、該第三正相位、及該第四正相位， y 為該些總電流峰值。

【第5項】 如請求項3所述的永磁馬達轉子位置偵測方法，其中該相位差獲得步驟更包括：

依據該些總電流峰值、該第一正相位、該第二正相位、該第三正相位、該第四正相位、及一相位與峰值電流關係表，以一K-近鄰演算法（K-nearest neighbor）獲得該轉子位置相位差。

【第6項】 一種永磁馬達轉子位置偵測裝置，包括：

一電壓輸入單元，用於依據多個電流零交越時間點以一對一的方式輸入多個正向之三相測試電壓至一永磁馬達，對應產生多個正向之三相測試電流，其中任二接續產生的該些正向之三相測試電流之間的相位差為180度或150度；

一反向電流輸入單元，用於依據各該正向之三相測試電流以分別產生一反向之三相測試電流至該永磁馬達，該反向之三相測試電流用於抵銷對應的該正向之三相測試電流；

一電流偵測單元，偵測該永磁馬達上的一總電流以獲得多個總電流峰值及該些電流零交越時間點；及

一處理器，耦接於該電壓輸入單元、該反向電流輸入單元、及該電流偵測單元，該處理器用於依據該些總電流峰值以獲得一轉子位置相位差。

【第7項】 如請求項6所述的永磁馬達轉子位置偵測裝置，其中該些正向之三相測試電流以一對一的方式對應該些總電流峰值，並且該些正向之三相測試電流以一對一的方式對應該些電流零交越時間點。

【第8項】 如請求項6所述的永磁馬達轉子位置偵測裝置，其中該些正向之三相測試電流分別對應一正相位，依據該些正向之三相測試電流輸入至該永磁馬達的順序，該些正相位依序為0度、180度、30度、210度、60度、240度、90度、270度、120度、300度、150度、及330度。

【第9項】 如請求項8所述的永磁馬達轉子位置偵測裝置，其中該處理器依據該些總電流峰值及該些正相位，以一相位差公式獲得該轉子位置相位差，該相位差公式為：

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\sum y * \sin(x)}{\sum y * \cos(x)} \right)$$

其中， θ 為該轉子位置相位差， x 為該些正相位， y 為該些總電流峰值。

【第10項】 如請求項8所永磁馬達轉子位置偵測裝置，更包括一儲存單元，該儲存單元用於儲存一相位與峰值電流關係表，並且該處理器依據該些總電流峰值、該些正相位、及該相位與峰值電流關係表，以一K-近鄰演算法（K-nearest neighbor）獲得該轉子位置相位差。

【發明圖式】

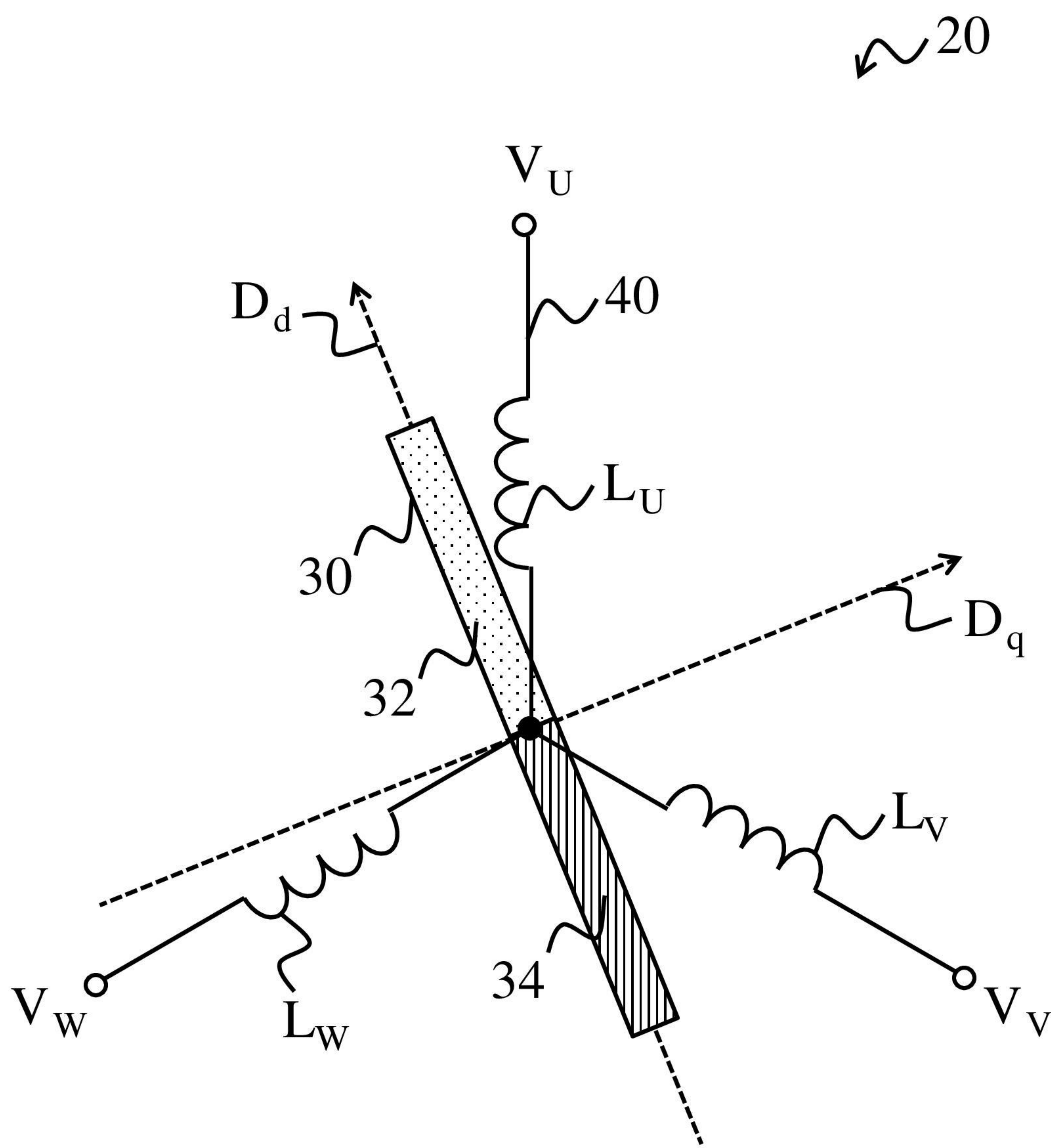


圖1

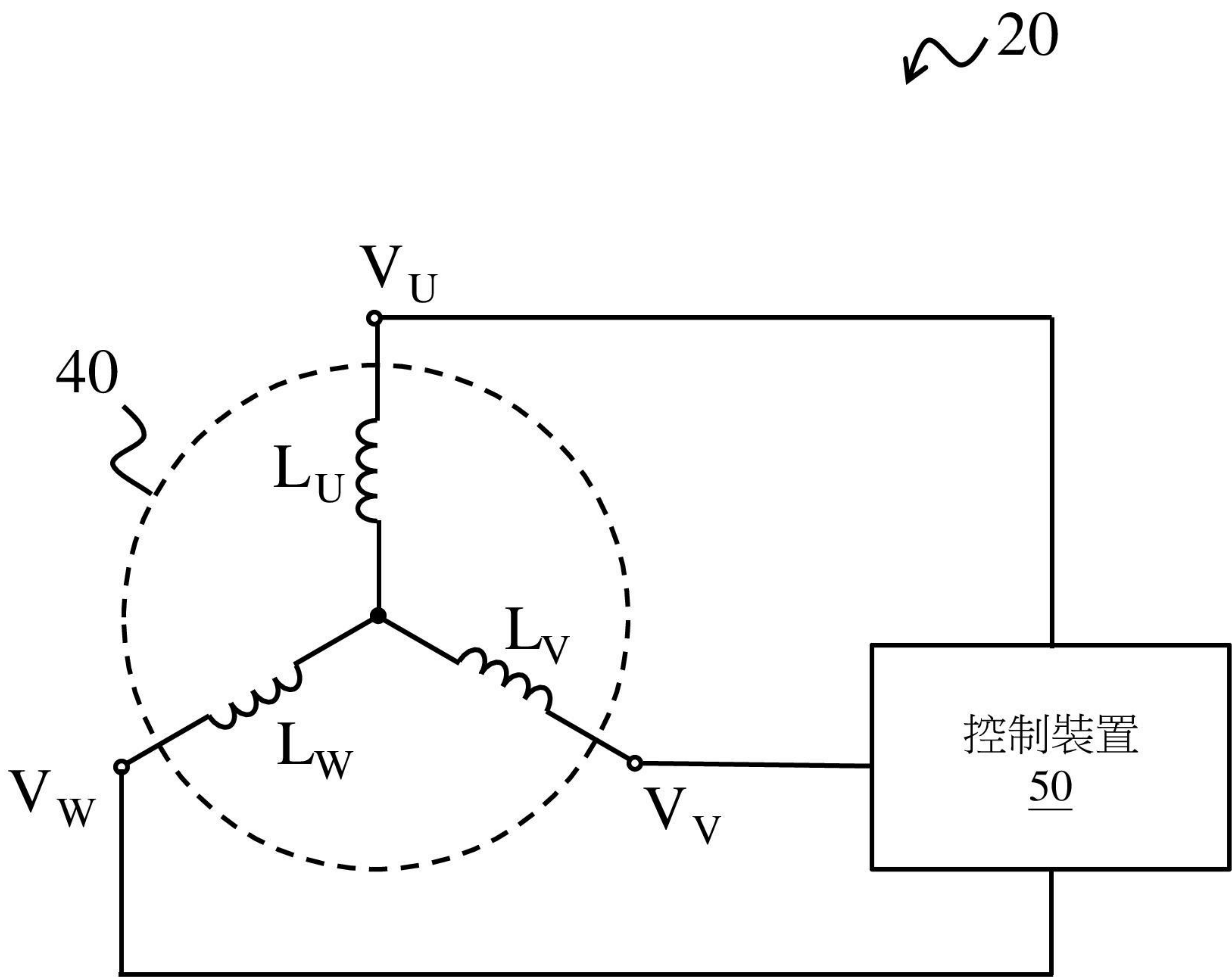


圖2

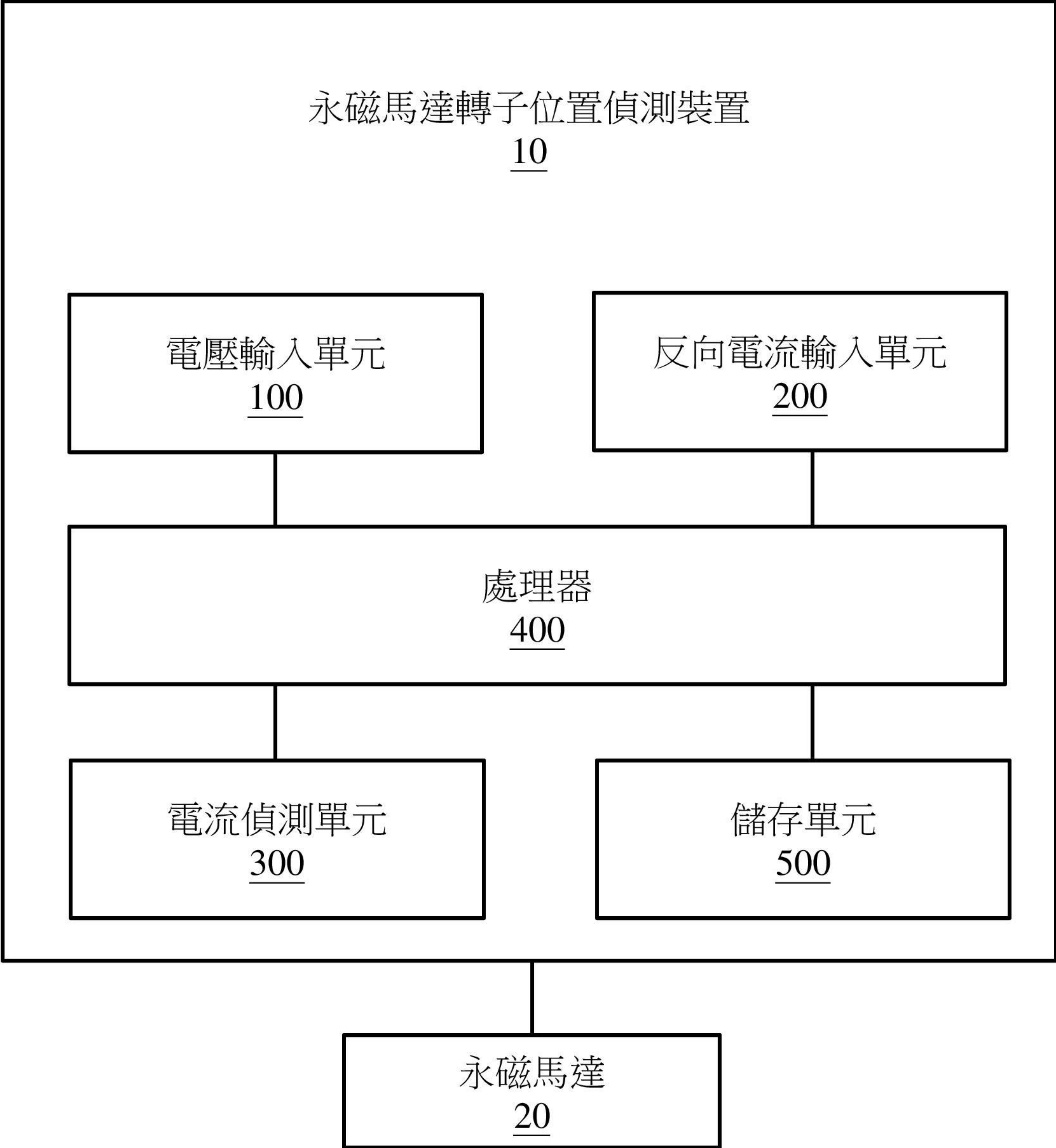


圖3

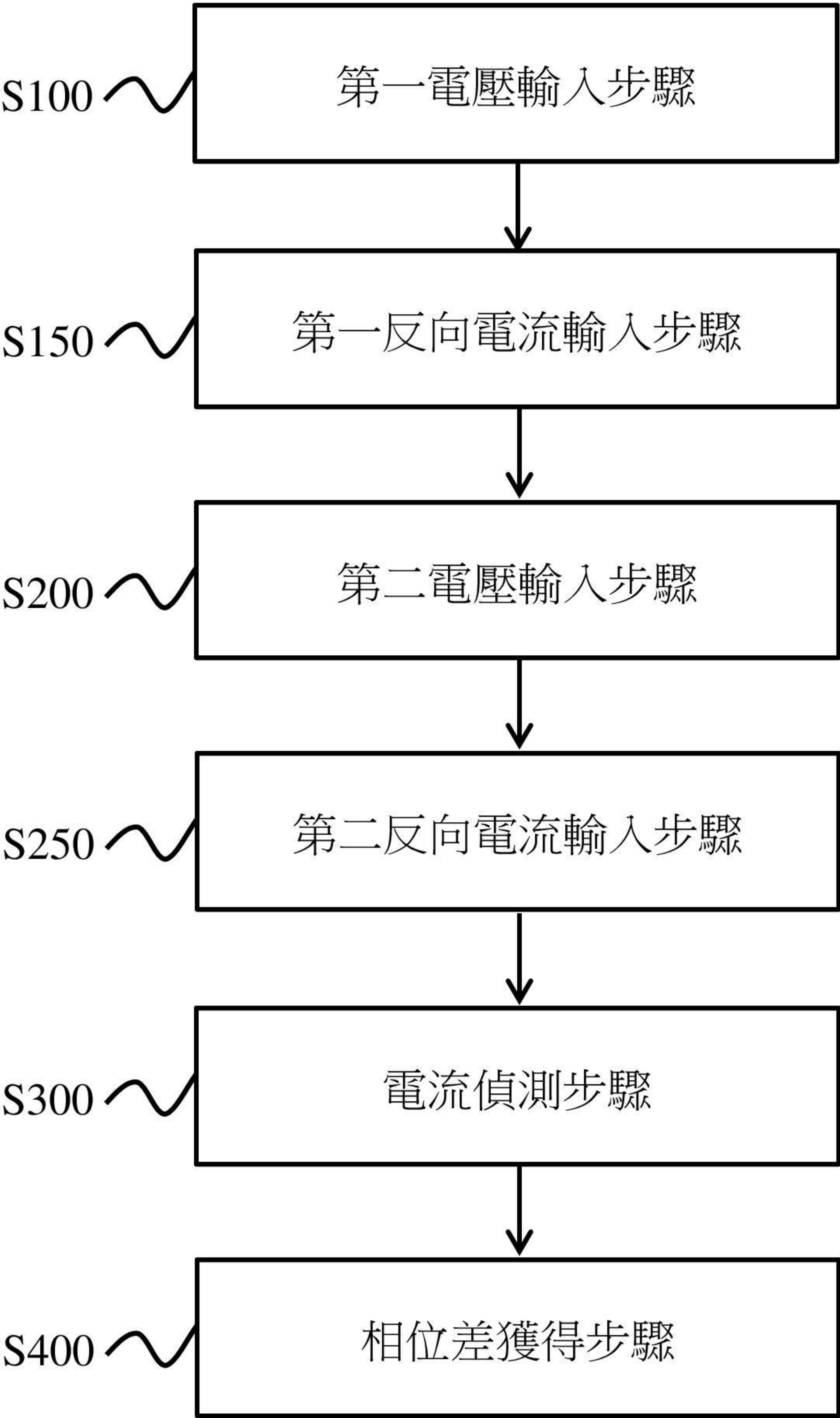


圖4

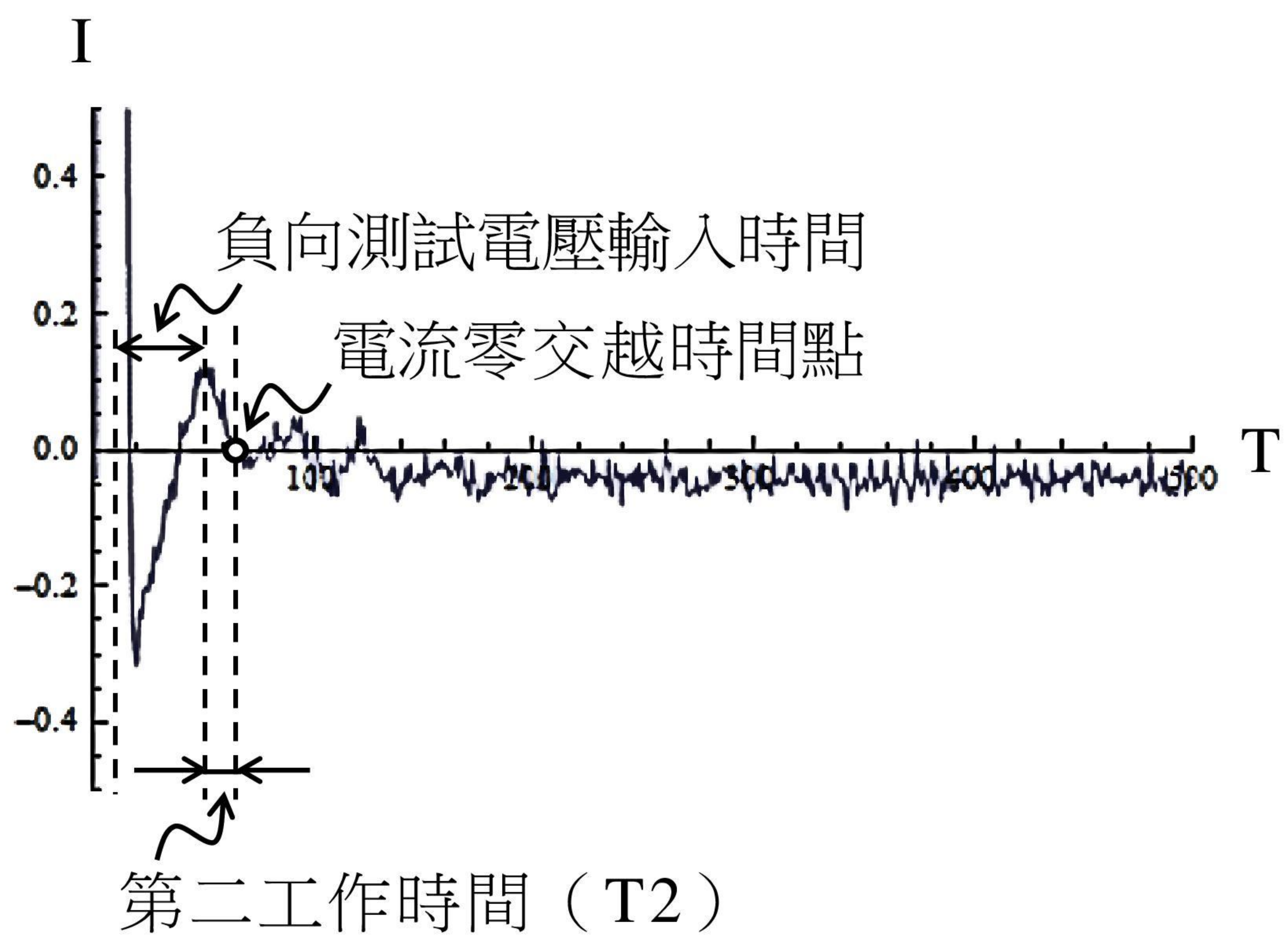


圖5

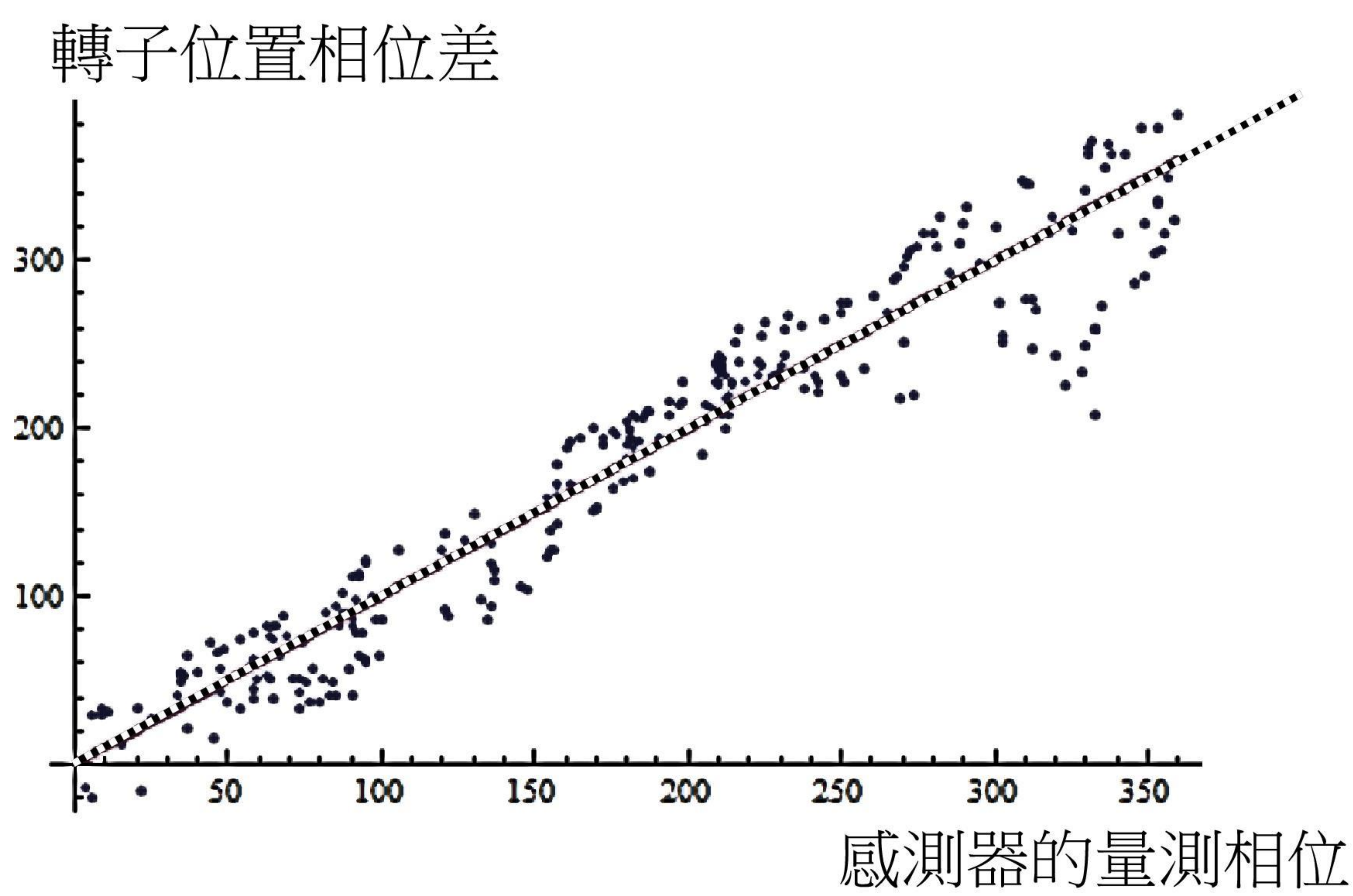


圖6

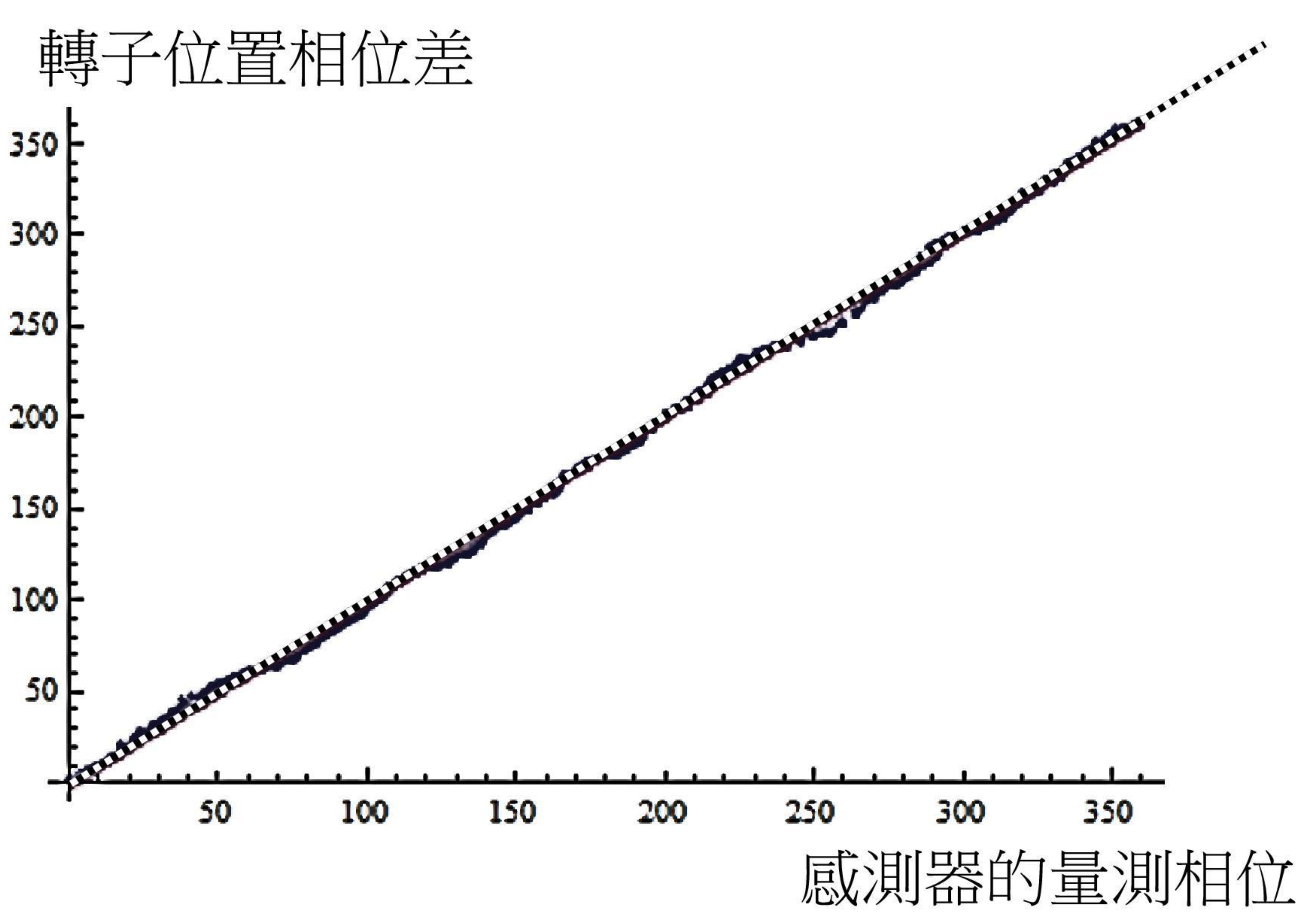


圖7

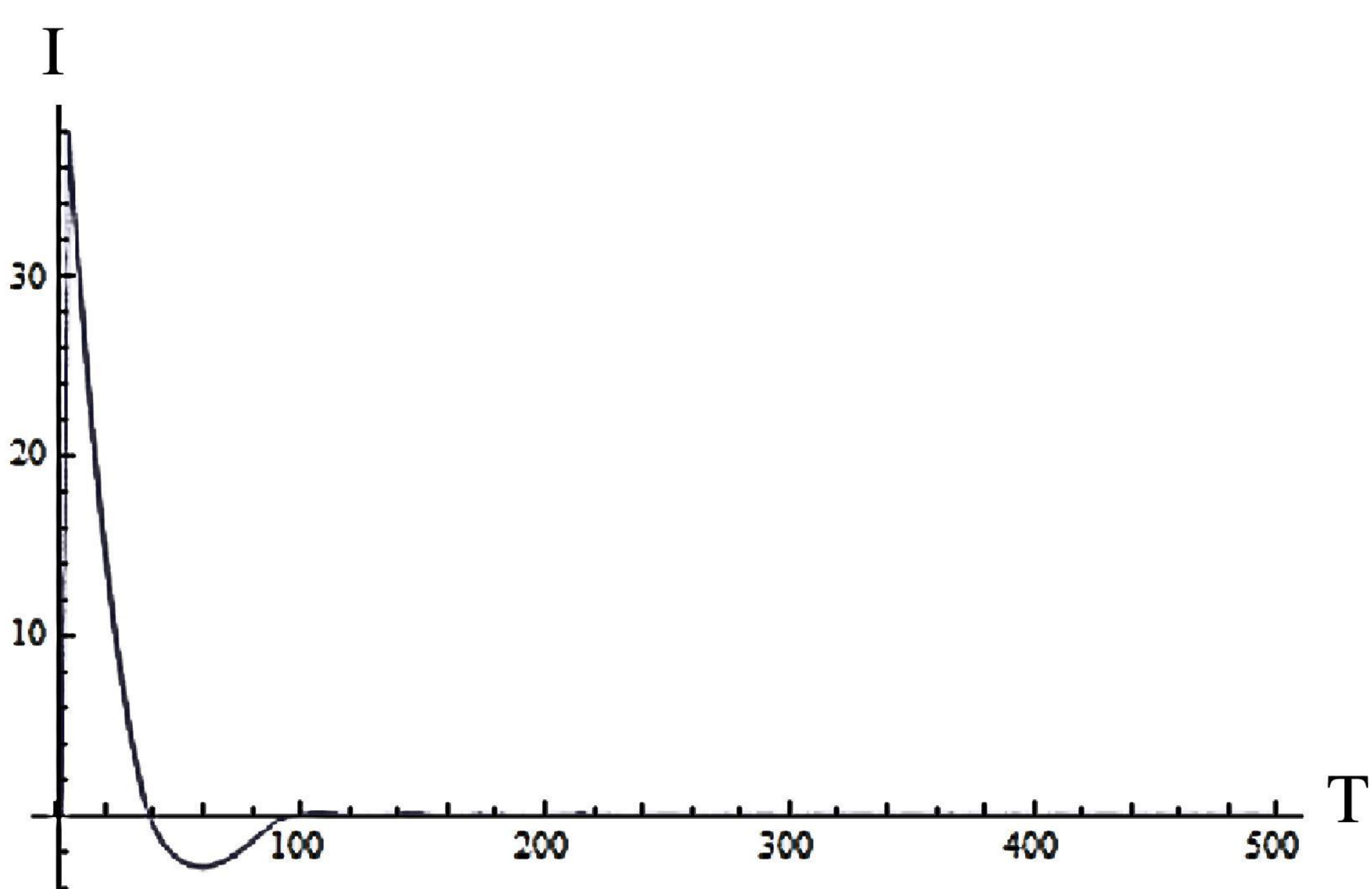


圖8

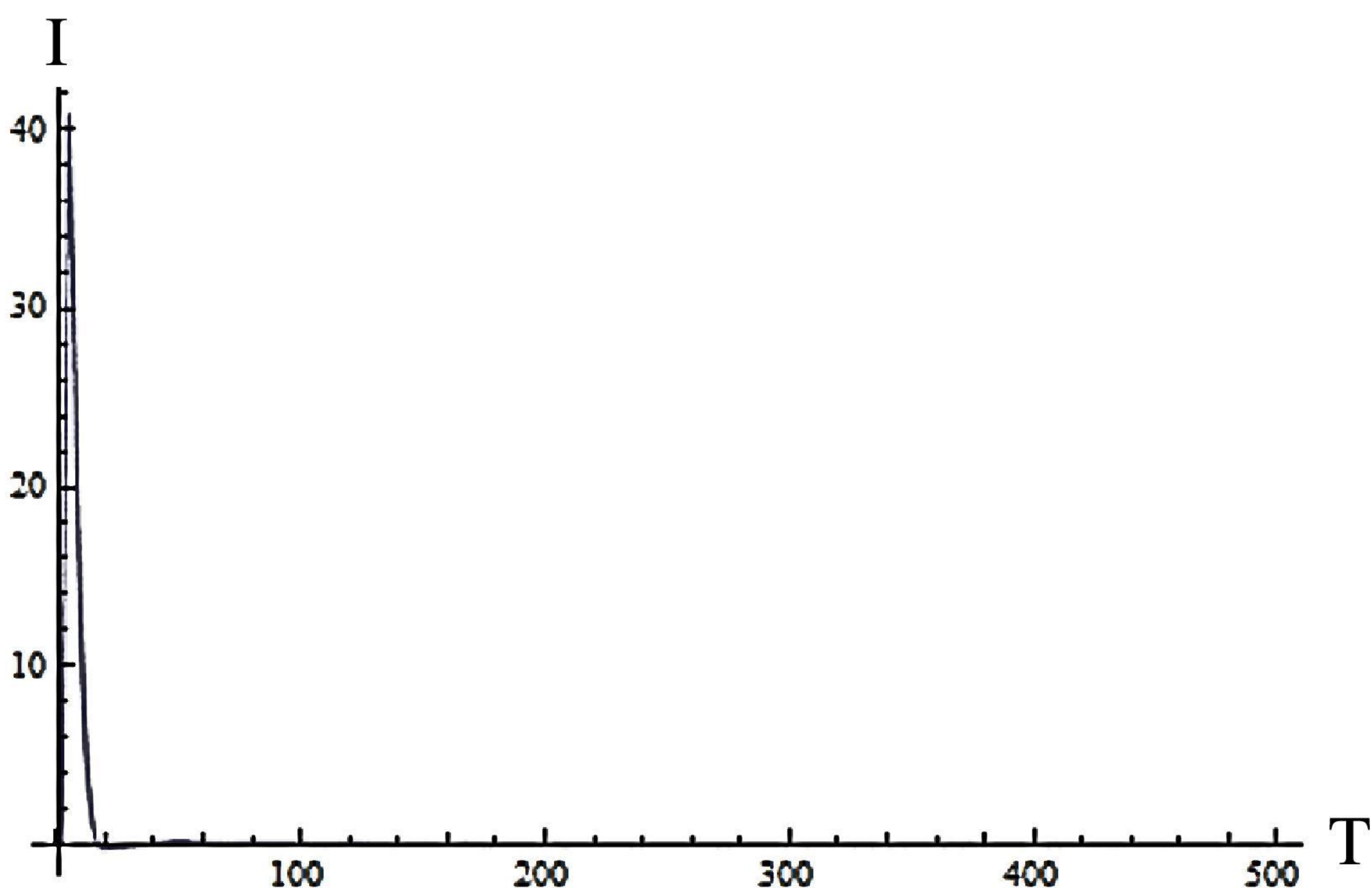


圖9