

(21)申請案號：101146943

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 12 日

(51)Int. Cl. : **G01R33/09 (2006.01)**

**H01L43/08 (2006.01)**

(30)優先權：2012/01/09 中華民國

101100799

(71)申請人：宇能電科技股份有限公司 (中華民國) VOLTAFIELD TECHNOLOGY CORPORATION (TW)

新竹縣竹北市台元一街 1 號 6 樓之 1

(72)發明人：李乾銘 LEE, CHIEN MIN (TW)；劉富臺 LIOU, FU TAI (TW)；汪大鏞 WONG, TA YUNG (TW)

(74)代理人：郭曉文；楊代強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：8 共 34 頁

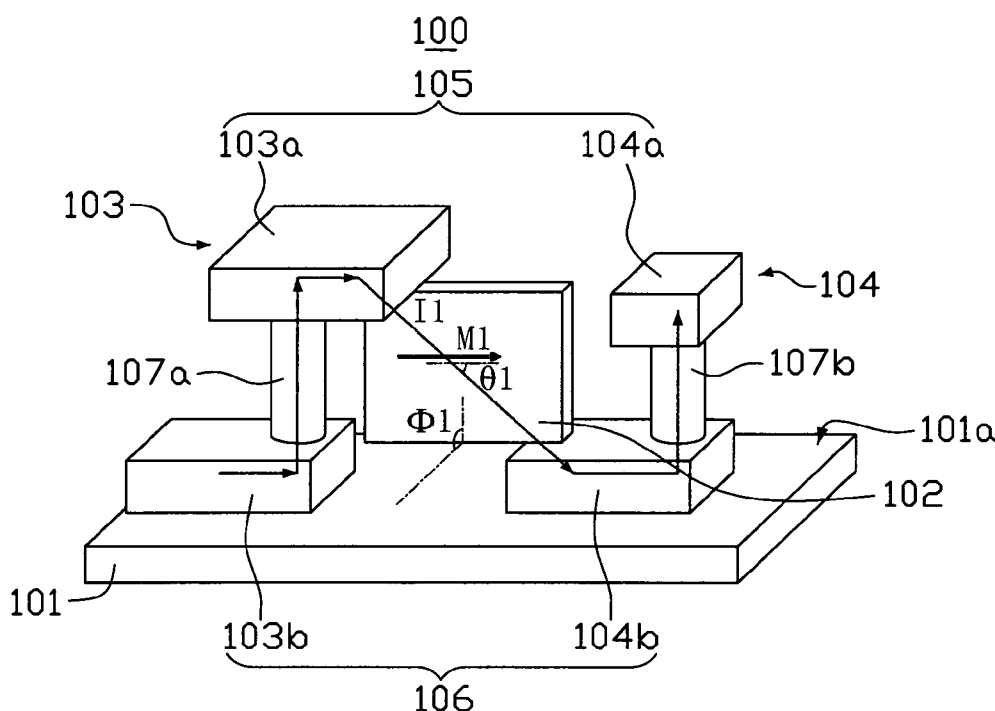
(54)名稱

磁阻感測元件

MAGNETORESISTIVE SENSING DEVICE

(57)摘要

一種磁阻感測元件，包含基材、磁性層、第一電極以及第二電極。基材具有一個基準平面，其中第一電極和第二電極皆位於基準平面上方。磁性層位於基準平面上，並與基準平面夾一個非平角，且具有一個磁化方向以及一個用來導通第一電極與第二電極的電流導通路徑，其中此一電流導通路徑與磁化方向夾一個角度。



100：磁阻感測單元

101：基板

101a：基板的基準平面

102：磁性層

103：電極

103a：電極的上部

103b：電極的下部

104：電極

104a：電極的上部

104b：電極的下部

105：圖案化金屬層

106：圖案化金屬層

107a：接觸插塞

107b：接觸插塞

I1：電流導通路徑

M1：磁化方向

$\theta_1$  : 角度

$\Phi_1$  : 非平角

(21)申請案號：101146943

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 12 日

(51)Int. Cl. : G01R33/09 (2006.01)

H01L43/08 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/09 中華民國

101100799

(71)申請人：宇能電科技股份有限公司 (中華民國) VOLTAFIELD TECHNOLOGY CORPORATION (TW)

新竹縣竹北市台元一街 1 號 6 樓之 1

(72)發明人：李乾銘 LEE, CHIEN MIN (TW) ; 劉富臺 LIOU, FU TAI (TW) ; 汪大鏞 WONG, TA YUNG (TW)

(74)代理人：郭曉文；楊代強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：8 共 34 頁

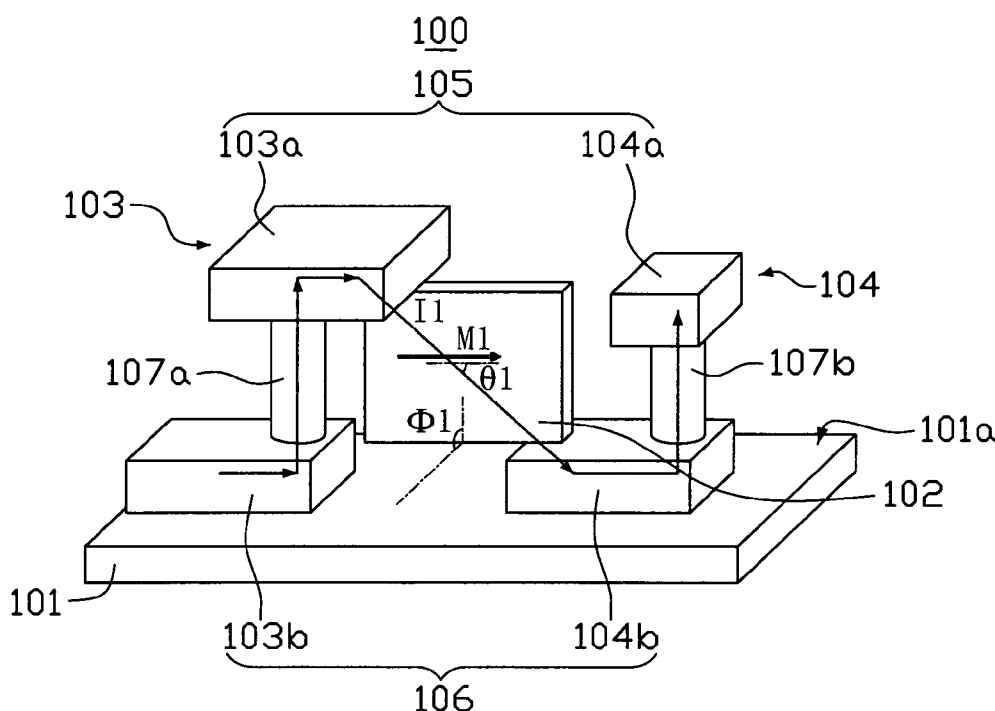
(54)名稱

磁阻感測元件

MAGNETORESISTIVE SENSING DEVICE

(57)摘要

一種磁阻感測元件，包含基材、磁性層、第一電極以及第二電極。基材具有一個基準平面，其中第一電極和第二電極皆位於基準平面上方。磁性層位於基準平面上，並與基準平面夾一個非平角，且具有一個磁化方向以及一個用來導通第一電極與第二電極的電流導通路徑，其中此一電流導通路徑與磁化方向夾一個角度。



100：磁阻感測單元

101：基板

101a：基板的基準平面

102：磁性層

103：電極

103a：電極的上部

103b：電極的下部

104：電極

104a：電極的上部

104b：電極的下部

105：圖案化金屬層

106：圖案化金屬層

107a：接觸插塞

107b：接觸插塞

I1：電流導通路徑

M1：磁化方向

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 101146943 G01R 33/09 (2006.01)  
※申請日： 101. 12. 12 ※IPC 分類： H01L 43/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

磁阻感測元件/MAGNETORESISTIVE SENSING DEVICE

二、中文發明摘要：

一種磁阻感測元件，包含基材、磁性層、第一電極以及第二電極。基材具有一個基準平面，其中第一電極和第二電極皆位於基準平面上方。磁性層位於基準平面上，並與基準平面夾一個非平角，且具有一個磁化方向以及一個用來導通第一電極與第二電極的電流導通路徑，其中此一電流導通路徑與磁化方向夾一個角度。

三、英文發明摘要：

A magnetoresistive sensing device comprises a substrate, a magnetic layer, a first electrode and a second electrode, wherein the substrate has a reference plane, and both of the first electrode and the second electrode are disposed on the reference plane. The magnetic layer is disposed on the reference plane to make a non-straight angle with the reference plane. The magnetic layer has a magnetic moment with a magnetic direction, and an electrical pathway electrically connecting the first electrode with the second electrode. Such electrical pathway forms a first angle with the magnetic direction.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100：磁阻感測單元	101：基板
101a：基板的基準平面	102：磁性層
103：電極	103a：電極的上部
103b：電極的下部	104：電極
104a：電極的上部	104b：電極的下部
105：圖案化金屬層	106：圖案化金屬層
107a：接觸插塞	107b：接觸插塞
I1：電流導通路徑	M1：磁化方向
$\theta 1$ ：角度	$\Phi 1$ ：非平角

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：  
無。

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種磁感測元件，且特別是有關於一種藉由半導體製程所建構的磁阻式磁感測元件。

### 【先前技術】

由於消費電子產品如手機、電子羅盤的出現，再加上馬達、制動器等傳統產品，使磁阻式磁感測裝置（簡稱磁阻感測裝置）的需求日益增加。尤其是三維磁阻感測裝置，可感測出互為正交之X、Y、Z三軸之磁場變化，而電子羅盤便是利用三維磁阻感測裝置，精準的量測出地球磁場。

目前以半導體製程製作二維式平面磁阻感測器的技術已相當成熟。然而，習知技術並無法在單一半導體基材中提供一種可量測垂直基材水平面的Z軸方向之磁場變化的磁阻感測裝置，而是必須採用兩個分別具有不同基材的平面磁阻感測晶片來進行垂直組立封裝，方可達到量測垂直基材水平面之Z軸方向磁場變化的目的。抑或者是採用磁通量集中器(flux concentrator)，將垂直基材水平面的Z軸方向之磁力線導引轉向至平行基材水平面的X-Y軸方向，再以X-Y軸方向的磁阻感測裝置加以量測。

但是上述作法，不僅結構較為複雜，製程步驟煩瑣、耗時，製程成本高，且必須額外考量晶片組立封裝的製程變異，對於製程良率有負面影響。

有鑑於此，有需要提供一種先進的磁阻感測器及其製造方法，可藉由一次半導體製程來製備可量測Z軸方向磁場變化的

磁阻感測器。

### 【發明內容】

本發明的目的之一，是提供一種磁阻感測元件，包含基材、磁性層、第一電極以及第二電極。基材具有一個基準平面。第一電極和第二電極皆位於基準平面上。磁性層位於基準平面上，並與基準平面夾一個非平角，且磁性層具有一個磁化方向，以及一個導通第一電極與第二電極的電流導通路徑，其中電流導通路徑與第一磁化方向夾一個第一角度。使磁阻感測元件可量測垂直基準平面之 Z 軸方向之磁場變化。根據本發明的實施例，本發明所揭露的磁阻感測元件，是提供一個與基材的基準平面夾有一個非平角的磁性層，形成一個可量測垂直基準平面之 Z 軸方向之磁場變化的磁阻感測單元。搭配量測平行基準平面之 X-Y 軸方向磁場變化的磁阻感測單元，進而將偵測三維磁場變化的磁阻感測單元整合於單一半導體基材之中。由於，不需額外採用磁通量集中器設計，結構相對單純，因此可進一步簡化製程，大幅降低製作成本，提高製程良率，達到上述發明的目的。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉數個實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。因此為了方便說明起見，相同的元件將使用相同的元件符號。

### 【實施方式】

本發明的目的，是藉由半導體製程來提供一種磁阻感測元件，可用來量測垂直基準平面上的 Z 軸方向之磁場變化。為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特

舉數個異向性磁阻(Anisotropic Magnetic Resistance, AMR)感測元件，作為實施例，並配合所附圖式，其詳細說明如下：

請參照圖 1，圖 1 係根據本發明的一實施例所繪示的磁阻感測單元 100 的結構立體透視圖。

其中，異向性磁阻感測單元 100 包含基板 101、磁性層 102、電極 103 以及電極 104。其中，基板 101 可為表層覆蓋絕緣材料之矽基板，或是具有前段邏輯電晶體元件之矽晶片。基板 101 具有一個基準平面 101a。電極 103 以及電極 104，位於基板 101 的基準平面 101a 上方。

在本發明的一些實施例之中，電極 103 以及電極 104 彼此分離，並且包埋在位於基準平面 101a 上方之介電層(未繪示)中。在本發明的一些實施例中，電極 103 和電極 104 係由兩個不共面的圖案化金屬層 105 和 106，以及連接圖案化金屬層 105 和 106 的介層插塞 107a 和 107b 所構成。

在本實施例之中，電極 103 和電極 104 的上部 103a 和 104a，分別為圖案化金屬層 105 的一部分；而電極 103 和電極 104 的下部 103b 和 104b，則分別為圖案化金屬層 106 的一部分。電極 103 的上部 103a，藉由介層插塞 107a 與其下部 103b 連結；且電極 104 的上部 103a，藉由介層插塞 107b 與其下部 104b 連結。

磁性層 102 位於基準平面 101a 上方，並與基板 101 的基準平面 101a 夾一個非平角  $\Phi 1$ ，且電極 103 和電極 104 二者，係藉由磁性層 102 來加以導通。構成磁性層 102 的材料，可為鐵磁材料、反鐵磁材料、非鐵磁性金屬材料、穿隧氧化物材料之一或其組合(但不以此為限)。當外加磁場為零時，磁性層 102 受形狀異向性 (shape anisotropy) 的作用，具有平行其磁性層

膜面的磁化方向  $M1$ 。

在本發明的一些實施例中，磁性層 102，可以是一種立設於基準平面 101a 上方的單層磁性材料結構，或多層磁性材料堆疊結構；且磁性層 102 的膜面與基板 101 的基準平面 101a 夾有一個非平角  $\Phi1$ ，例如  $90^\circ$  角。在本實施例中，磁性層 102 分別與電極 103 的上部 103a 和電極 104 的下部 104b 直接接觸，進而使電極 103 和電極 104 二者電性連接。當電極 103 和電極 104 導通時，流經磁性層 102 的電流，會在磁性層 102 之中，決定出一條電阻最小的電流導通路徑  $I1$ ，並且與磁化方向  $M1$  夾一個特定角度  $\theta1$ ，在外加磁場為零的情況下，角度  $\theta1$  較佳為  $45^\circ$ 。

但在另一些實施例之中，為了增加磁性層 102 與電極 103 和 104 的接觸面積降低接觸電阻。可以採用平行基準平面 101a 的其他磁性層或金屬線，來使磁性層 102 與電極 103 和 104 間接接觸。例如，請參照圖 2，圖 2 係根據本發明的另一實施例所繪示的磁阻感測單元 200 的結構立體透視圖。

其中，磁阻感測單元 100 和磁阻感測單元 200 的結構大致相同，差別僅在於，磁阻感測單元 200 採用平行基準平面 101a 的磁性層 201，使磁性層 102 與電極 103 的上部 103a 電性連結。也就是說，導入電極 103 的電流，可經過磁性層 201 先導通至磁性層 102，再導通至電極 104。其中構成磁性層 201 的材質，可以與磁性層 102 的材料相同或不同。當磁性層 201 的材質與磁性層 102 相同時，可為同一製程所製備的一體成型結構。在本發明的一些實施例之中，磁性層 201 也可以由金屬導線層來加以取代。

同理，為了增加磁性層 102 與電極 104 的接觸面積降低接

觸電阻，在本發明的另外一些實施例之中，亦可採用其他的磁性層(未繪示)，使磁性層 102 與電極 104 的下部 104b 電性連結。由於該磁性層的功能與結構大致與磁性層 201 相同，故不在此贅述。

請再參照圖 1，當磁阻感測單元 100 受到實質上平行磁性層 102 的外加磁場作用時，隨著外加磁場強度改變，磁化方向  $M1$  將受到帶動產生相對變化。若電流導通方向固定，則角度  $\theta 1$  的數值也會跟著改變，進而造成磁阻值亦隨之上升或下降。由於磁化方向  $M1$  是在磁性層 102 的膜面上產生變化，加上磁性層 102 與基板 101 的基準平面 101a 夾有一個非平角  $\Phi 1$ 。因此，磁阻感測單元 100，可用來感測垂直介電層水平面的  $Z$  軸方向之磁場變化。

值得注意的是，雖然在上述的實施例之中，磁阻感測單元 100 和 200 皆係由單一層磁性層(即磁性層 102)所構成的異向性磁阻感測結構。但在本發明的一些實施例之中，磁阻感測單元 100 也可以是由多層不同磁性層彼此堆疊所構成的巨磁阻(Giant Magnetoresistance, GMR) 結構、穿隧式磁阻(Tunneling Magnetoresistance, TMR) 結構或龐磁阻(Colossal Magnetoresistance, CMR) 結構。

另外，為了增進磁阻感測元件的感測能力，可將複數個磁阻感測單元加以整合，進而形成感測訊號較強的磁阻感測元件。例如，圖 3 係根據本發明的再一實施例，所繪示的一種磁阻感測元件 30 的結構立體透視圖。磁阻感測元件 30，除了包含圖 2 所繪示的磁阻感測單元 200 外，更包括另一個電極 303，以及用來連接電極 104 和電極 303 的磁性層 301 和 302。藉由，電極 104 和 303 以及磁性層 301 和 302，可組成另一個磁阻感

測單元 300。

其中，磁性層 302 的膜面方向，與基板 101 的基準平面 101a 夾一非平角  $\Phi_3$ ；磁性層 301 跨接於磁性層 302 與電極 104 的上部 104a 之間，使二者電性連結。當電極 104 和電極 303 導通時，電流會在磁性層 302 之中，決定出一條電流導通路徑 I3，而與磁化方向 M3 夾一個特定角度  $\theta_3$ ，在外加磁場為零的情況下，角度  $\theta_3$  較佳為  $45^\circ$ 。

在本實施例之中，磁性層 302 與磁性層 102 可為共平面；磁性層 301 也可與磁性層 201 共平面且平行基準平面 101a。因此，磁性層 302 膜面方向與基準平面 101a 所夾的非平角  $\Phi_3$ ，以及磁性層 102 膜面方向與基準平面 101a 所夾的非平角  $\Phi_1$ ，二者皆可為  $90^\circ$ ；磁性層 302 的磁化方向 M3 可和磁性層 102 的磁化方向 M1 相同；且磁性層 302 的電流導通路徑 I3，可與磁性層 102 的電流導通路徑 I1 平行。在外加磁場為零的情況下，角度  $\theta_1$  與  $\theta_3$ ，較佳皆為  $45^\circ$ 。藉由串連磁阻感測單元 200 和 300，可使磁阻感測元件 30 量測到較強的感測訊號。

請參照圖 4，圖 4 係根據本發明的又一實施例所繪示的磁阻感測元件 40 的結構立體透視圖。其中磁阻感測元件 40 的結構，大致與磁阻感測元件 30 相同。差別在於，磁阻感測元件 40 相鄰的兩個磁阻感測單元 200 和 300，共用同一個磁性層 402。

對比於圖 3 磁阻感測元件 30，磁性層 402 係由相同材質以同一製程所製備的一體成型結構，與基板 101 的基準平面 101a 夾一非平角  $\Phi_4$  較佳為  $90^\circ$ 。磁性層 402 具有單一的磁化方向 M4，且同時與電極 103、104 和 303 接觸，可用來導通電極 103、104 和 303，並在磁性層 402 中定義出導通電極 104

與電極 103 之間的電流導通路徑 I1，和導通電極 104 與電極 303 之間的電流導通路徑 I3。在本發實施例之中，電流導通路徑 I1 和 I3 分別與磁化方向 M4 夾一個角度  $\theta_4$ ，在外加磁場為零的情況下，角度  $\theta_4$  較佳皆為  $45^\circ$ 。

由於磁性層 402 係直接跨接於電極 103、104 和 303 之間。因此假若電極 103、104 和 303 之間的直線距離過短，則可能會因為跨接於電極 103、104 和 303 之間的平面跨接電阻  $R_e$  過小，使大部份的電流直接穿過磁性層 402 的跨接部份，而不流經電流導通路徑 I1 和 I3，進而導致磁阻感測單元 400 失效。因此，以電流導通路徑 I1 為例，若要使由電極 103 所導入的電流，流經電流導通路徑 I1，則介於磁性層 201 與磁性層 301 之間的磁性層 402 平面跨接電阻  $R$ ，必須遠大於由導通路徑 I1（電阻值為  $R_a$ ）、電極 104 之下部 104b（電阻值為  $R_b$ ）、金屬介層插塞 107b（電阻值為  $R_c$ ）、電極 104 之上部 104a（電阻值為  $R_d$ ）以及磁性層 301（電阻值為  $R_e$ ）所組成之路徑的電阻值總和。

數學式如下： $R_a + R_b + R_c + R_d + R_e \ll R$ 。

由於共用磁性層 402，相較於彼此分離的磁性層(例如圖 3 的磁性層 102 和 302)具有較長的尺寸，可以降低改變磁化方向 M4 的翻轉場，因此對於外在磁場變化，敏感度較高，具有較佳的感測能力。請參照圖 5，圖 5 係根據本發明的又另一實施例所繪示之磁阻感測單元 500 的結構立體透視圖。

其中，磁阻感測元件 500 包含至少一個基材 101、電極 503、電極 504、磁性層 502、505 以及 506。磁性層 502、505 和 506、電極 503、504，都位於基材 101 基準平面 101a 上方。電極 503 和 504 分別為兩層不共平面的圖案化金屬層。磁性層

502 位於基準平面 101a 上方，並與基準平面 101a 夾一個實值介於  $80^\circ$  至  $90^\circ$  非平角  $\Phi_5$ 。

意即，磁性層 502 近乎垂直地豎立於基材基準平面 101a 上。且磁性層 502 與電極 503 和 504 電性接觸。在本實施例之中，磁性層 502，分別係藉由磁性層 505 和 506，來與電極 503 和 504 電性接觸。其中磁性層 505 位於電極 503 的上方，且與磁性層 502 和電極 503 接觸；磁性層 506 位於電極 504 的上方，且與磁性層 502 和電極 504 接觸。

由電極 503 導入磁性層 502 的電流，會選擇電阻最低的路徑通過磁性層 502，而在磁性層 502 中決定出一條電流導通路徑 I5，藉以導通磁性層 505 和磁性層 506，再流入電極 504。根據磁性層 502 的形狀異向性，當外加磁場為零時，磁性層 502 具有一個實質平行其磁性層膜面長軸的磁化方向 M5。並且與電流導通路徑 I5 夾一個夾角  $\theta_5$ ，夾角  $\theta_5$  較佳為  $45^\circ$ 。

隨著垂直基準平面 101a 外加磁場強度改變，磁化方向 M5 將受到帶動產生相對變化。若電流導通方向固定，則夾角  $\theta_5$  的數值也會跟著改變，進而造成磁阻值亦隨之上升或下降。由於磁化方向 M5 在磁性層 502 平面上產生變化，又與基準平面 101a 夾有一個非平角  $\Phi_5$ 。因此，磁阻感測單元 500 可用來感測垂直基準平面 101a 的 Z 軸方向之磁場變化。

另外，為了增進磁阻感測元件的密集度可將多個磁阻感測單元，利用串接的佈線方式，配合製程的空間安排，形成具有蜿蜒結構(serpentine structure)的磁阻感測元件。請參照圖 6A，圖 6A 係根據本發明的再另一實施例所繪示，具有蜿蜒結構之磁阻感測元件 60 的部份結構上視圖。具有蜿蜒結構的磁阻感測元件 60 包含其複數個如圖 5 所繪示的磁阻感測元件（由切

線 A1-A1'所定義)，例如磁阻感測單元 500a、500b 和 500c。

而為了兼顧製程方便性，在本發明的一些實施例之中，磁阻感測單元 500a、500b 和 500c 三者藉由一連續磁性層圖形串聯在一起。請參照圖 6B，圖 6B 係沿著圖 6A 切線 B1-B1'，所繪示的磁阻感測元件 60 部份結構側視圖。以磁阻感測單元 500a 和 500b 為例，磁阻感測單元 500a 係由電極 504 和 503、磁性層 502、505 和 506 所構成；磁阻感測單元 500b 係由電極 504 和 507、磁性層 506、508 和 509 所構成。

磁阻感測單元 500a 和 500b 的磁性層 502 和 508 分別具有磁化方向 M5a 和 M5b，且分別與基準平面 101a 夾有一個非平角  $\Phi 5a$  和  $\Phi 5b$ 。根據磁性層 502 和 508 的形狀異向性，當外加磁場為零時，磁性層 502 和 508 的磁化方向 M5a 和 M5b，會分別與形成在磁性層 502 和 508 中的電流導通路徑 I5a 和 I5b 夾一個夾角  $\theta 5$ (如圖 5 所繪示)。

其中，磁性層層 502、505、506、508 和 509 係由單一磁性材料結構所組成。例如在本發明的一些實施例之中，磁性層層 502、505、506、508 和 509，屬於藉由同一半導體製程步驟，所形成的同一圖案化磁性層。

進一步增進磁阻感測器感測訊號的方式，是將四個上述之磁阻感測單元或元件，進一步組成一個惠氏登電橋迴路 (Wheatstone bridge circuit)。例如，請參照圖 7A，係根據本發明的又再一實施例，所繪示之磁阻感測元件 50 的佈線示意圖。

其中，異向性磁阻感測元件 70 係由四個如圖 1 所示的磁阻感測單元：第一磁阻感測單元 100a、第二磁阻感測單元 100b、第三磁阻感測單元 100c 和第四磁阻感測單元 100d 組成

的惠氏登電橋迴路。在結構上四個磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d 均採用相同的基準平面。若上述四磁阻感測單元之磁矩化方向相同時，第一磁阻感測單元 100a 之電極 103 的上部 103a，位於磁阻層 102 的左上方；第一磁阻感測單元 100a 之電極 104 的下部 104b，位於磁阻層 102 之右下方，且此二電極 103 和 104 均與磁阻層 102 電性相連。磁阻感測單元 100b 的電極 103 之上部 103a，則位於磁阻層 102 之右上方，而磁阻感測單元 100b 的電極 104 之下部 104b，則位於磁阻層 102 之左下方。且第一磁阻感測單元 100a 的結構，與第三磁阻感測單元 100c 的結構一致；而第二磁阻感測單元 100b 的結構，與第四磁阻感測單元 100d 的結構一致；第一磁阻感測單元 100a 和第三磁阻感測單元 100c 二者之電極分佈，剛好成一鏡面反射之分布；且第二磁阻感測單元 100b 和第四磁阻感測單元 100d 二者之電極分佈，剛好成一鏡面反射之分布。

當將此四磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d，如圖 7A 之方式串連成一惠氏登電橋後，外加磁場作用下，磁阻感測單元 100a 與 100c 具有一相同的磁阻變化量；而磁阻感測單元 100b 與 100d 具有另一相同的磁阻變化量。磁阻感測單元 100a、100b 的磁化方向與磁阻感測單元 100c、100d 的磁化方向可經由外加電路（未繪示）設定為彼此平行且同向（以  $M1$  表示）。在此情況下，流經磁阻感測單元 100a 和 100c 的電流二者需同向（如箭頭所示），電流導通路徑  $I1a$  和  $I1c$  與磁化方向  $M1$  所形成的銳夾角皆為  $\theta1$ ；且流經磁阻感測單元 100b 和 100d 的電流二者亦需同向（如箭頭所示），電流導通路徑  $I1b$  和  $I1d$  與磁化方向  $M1$  所形成的銳夾角亦皆為  $\theta1$ 。

在垂直基準平面（介電層水平表面）的  $Z$  軸方向之外加磁場

為零的狀態下（圖 7A），銳夾角  $\theta_1$  較佳的條件為  $45^\circ$ 。請參照圖 7B，當外加磁場不為零時，例如施加一向上方向的磁場  $H$ ，磁阻感測單元 100a、100b、100c、100d 的磁化方向  $M_1$  會隨著外加磁場而上揚，此時磁阻感測單元 100a、100c 的夾角會產生正向的角度變化量，變成  $(\theta_1 + \Delta\theta)$ ，對應到磁阻值的下降；而磁阻感測單元 100b、100d 的夾角會產生負向的角度變化量，變成  $(\theta_1 - \Delta\theta)$ ，對應到磁阻值的上升。透過惠氏登電橋迴路的佈線，可以放大磁阻訊號，更靈敏地感測磁場強度的改變。

值得注意的是，在本發明的實施例中，每一個磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d 的磁化方向可設定為彼此平行且同向，亦可設定為彼此平行且反向。而流經每一個磁性層的電流導通路徑 I1a、I1b、I1c 和 I1d，則係由被導通的兩電極二者之間的相對位置，以及磁性層和兩電極的電阻大小，來加以決定。因此，可藉由調控每一個磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d 各個磁性層 102 的磁化方向以及電流導通路徑 I1a、I1b、I1c 和 I1d，使得惠氏登電橋迴路的構成方式，產生多種不同的排列組合。如圖 7C 所示，當第三磁阻感測單元 100c'、第四磁阻感測元件 100d' 之磁化方向  $M_1'$  與第一磁阻感測元件 100a'、第二磁阻感測元件 100b' 之磁化方向  $M_1$  相反時，可經由調整磁阻感測單元 100a'、100b'、100c' 和 100d' 電極 103 的上部 103a、電極 104 的下部 104b 與磁性層 102 的相對位置，而改變其電流路徑，使得第一磁阻感測元件 100a' 與第三磁阻感測元件 100c' 受到磁場  $H'$  之感應時，其電流路徑 I1a'、I1c' 分別與磁化方向  $M_1$ 、 $M_1'$  所夾之銳角同為  $\theta_1' + \Delta\theta'$ ；而第二磁阻感測元件與第四磁阻感測元件，其電流路徑 I1b'、I1d' 分別

與磁化方向  $M1$ 、 $M1'$  所夾之銳角同為  $\theta_1' - \Delta\theta'$ 。

綜合以上之說明該惠氏登電橋之該四個磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d(或 100a'、100b'、100c'和 100d')，當感應到一相同之垂直磁場變化時，若四個磁阻感測單元 100a、100b、100c 和 100d 其中之一者(例如磁阻感測單元 100a)的磁化方向與電流路徑所夾之銳角，由原本之  $\theta$  變成  $\theta + \Delta\theta$  時，則與該磁阻感測單元 100a 相鄰的兩個磁阻感測單元 100b 和 100c，其磁化方向與電流路徑所夾之銳角將由原本之  $\theta$  變成  $\theta - \Delta\theta$ 。

若將上述之任一種感測 Z 軸方向磁場變化的磁阻感測元件 (30、40、70) 與量測平行基準平面之 X-Y 軸方向之磁場變化的磁阻感測元件加以整合，即可在單一基材上製作出能同時量測 X、Y 和 Z 軸方向之磁場變化的三維磁阻感測元件。

請參照圖 8，圖 8 係根據本發明的一實施例，所繪示的一種三維磁阻感測元件 80 的結構俯視圖。

其中三維磁阻感測元件 80 包含有一個感測垂直基材 101 基準平面 101a 之 Z 軸方向磁場變化的磁阻感測元件 (以磁阻感測元件 60 為例，如圖 6A 所繪示)，以及兩個分別感測平行基準平面 101a 之 Y 軸方向以及 X 軸方向磁場變化的磁阻感測元件 81 和 82。

該磁阻感測元件 81 和 82 可採用習知的 barber pole 結構設計。其中磁阻感測元件 60 及磁阻感測元件 81 和 82 係形成於同一半導體晶片(基材 101)上。Z 軸方向之磁阻感測元件 60 的結構與操作方式，已詳述如前，此處不再贅述。

Y 軸方向之磁阻感測元件 81，包含一個與如圖 6A 所繪示之磁阻感測元件 60 的磁性層 502、505、506、508 和 509 同時

(但不在其限)形成的磁性層 812, 以及與如圖 6A 所繪示之磁阻感測元件 60 的電極 503 或 504 同時(但不在其限)形成的電極 811a、811b、811c 和 811d (電極數量不以此為限)。其中, 磁性層 812 之長軸方向垂直基材 101 基準平面 101a 的 Y 軸方向, 且與電極 811a、811b、811c 和 811d 接觸, 並導通電極 811a 和 811d, 使導通電流分別在磁性層 812, 不與電極 811a、811b、811c 和 811d 接觸的部份中, 定義出複數條電流導通路徑 I81。

X 軸方向之磁阻感測元件 82 亦包含一個與如圖 6A 所繪示之磁阻感測元件 60 的磁性層 502、505、506、508 和 509 同時(但不在其限)形成的磁性層 822, 以及與如圖 6A 所繪示之磁阻感測元件 60 的電極 503 或 504 同時(但不在其限)形成的電極 821a、821b、821c 和 821d (電極數量不以此為限)。磁性層 822, 其長軸方向垂直基材 101 基準平面 101a 的 X 軸方向, 且與電極 821a、821b、821c 和 821d 接觸, 並導通電極 821a 和 821d, 使導通電流在磁性層 802b, 不與電極 821a、821b、821c 和 821d 接觸的部份中, 定義出複數條電流導通路徑 I82。

由於, 磁性層 812 的圖形長軸方向與基材 101 或基準平面 101a 的 Y 軸方向垂直, 受到形狀異向性的作用, 磁性層 812 的磁化方向 M81 在無外加磁場的情況下將垂直於基材 101 基準平面 101a 的 Y 軸方向, 且與電流導通路徑 I81 夾一個角度  $\theta_{81}$ , 較佳為  $45^\circ$ 。由電極 811a、811b、811c 和 811d 及磁性層 802a 所構成的磁阻感測元件 81, 可用以感測平行基材 101 基準平面 101a 之 Y 軸方向的磁場變化。

同樣地, 磁性層 822 的圖形長軸方向與基材 101 基準平面 101a 的 X 軸方向垂直, 受到形狀異向性的作用, 磁性層 822 的磁化方向 M82 在無外加磁場的情況下將垂直於基材 101 基

準平面 101a 的 X 軸方向，且與電流導通路徑 I82 夾一個角度  $\theta 82$ ，較佳為  $45^\circ$ 。由電極 821a、821b、821c 和 821d 及磁性層 822 所構成的磁阻感測元件 82，可用以感測平行基材 101 基準平面 101a 之 X 軸方向的磁場變化。

根據本發明的實施例，本發明所揭露的磁阻感測元件，可藉由提供一個與基材的基準平面夾有一個非平角的磁性層，來導通兩相鄰電極。利用磁性層的形狀異向性，搭配電極與磁性層的空間配置，使磁性層的磁化方向，與流經磁性層的電流導通路徑夾一個角度，藉以形成一個可量測垂直基準平面 Z 軸方向之磁場變化的磁阻感測單元。更可於同一半導體晶片中，提供量測 X-Y 軸基準平面之磁場變化的磁阻感測單元，進而將三維磁阻感測器整合於單一半導體晶片之中。由於，不需額外採用磁通量集中器設計，結構相對單純，因此可進一步簡化製程，大幅降低製作成本，提高製程良率，達到上述發明的目的。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

### 【圖式簡單說明】

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，特舉數個實施例，並配合所附圖式，來加以描述。其中，相同的元件，將採用相同的元件符號來加以標示。圖式簡單說明如下：

圖 1 係根據本發明的一實施例，所繪示的磁阻感測單元的結構立體透視圖。

圖 2 係根據本發明的另一實施例，所繪示的磁阻感測單元的結構立體透視圖。

圖 3 係根據本發明的再一實施例，所繪示的一種磁阻感測元件的結構立體透視圖。

圖 4 係根據本發明的又一實施例，所繪示的磁阻感測元件的結構立體透視圖。

圖 5 係根據本發明的又另一實施例，所繪示之磁阻感測單元的結構立體透視圖。

圖 6A 係根據本發明的再另一實施例所繪示，具有蜿蜒結構之磁阻感測元件的部份結構上視圖。

圖 6B 係沿著圖 6A 切線 B1-B1'，所繪示的磁阻感測元件部份結構側視圖。

圖 7A 係根據本發明的又再一實施例，所繪示之磁阻感測元件的佈線示意圖（外加磁場為零）。

圖 7B 係根據本發明的又再一實施例，所繪示之磁阻感測元件的佈線示意圖（外加磁場不為零）。

圖 7C 係根據本發明的又再一實施例，所繪示之磁阻感測元件的佈線示意圖（外加磁場不為零）。

圖 8 係根據本發明的一實施例，所繪示的一種三維磁阻感測元件的結構俯視圖。

#### 【主要元件符號說明】

30：磁阻感測元件

40：磁阻感測元件

50：磁阻感測元件

70：磁阻感測元件

70'：磁阻感測元件

80：三維磁阻感測元件

100：磁阻感測單元

100a：磁阻感測單元

100b：磁阻感測單元	100c：磁阻感測單元
100d：磁阻感測單元	100a'：磁阻感測單元
100b'：磁阻感測單元	100c'：磁阻感測單元
100d：磁阻感測單元	101：基板
101a：基板的基準平面	102：磁性層
103：電極	103a：電極的上部
103b：電極的下部	104：電極
104a：電極的上部	104b：電極的下部
105：圖案化金屬層	106：圖案化金屬層
107a：接觸插塞	107b：接觸插塞
200：磁阻感測單元	201：磁性層
300：磁阻感測單元	303：電極
301：磁性層	302：磁性層
402：磁性層	500：磁阻感測單元
500a：磁阻感測單元	500b：磁阻感測單元
500c：磁阻感測單元	502：磁性層
503：電極	504：電極
505：磁性層	506：磁性層
507：電極	508：磁性層
509：磁性層	81：磁阻感測元件
82：磁阻感測元件	811a：電極
811b：電極	811c：電極
811d：電極	812：磁性層
821a：電極	821b：電極
821c：電極	821d：電極
822：磁性層	A1-A1'：切線

B1-B1' : 切線	I1 : 電流導通路徑
I1a : 電流導通路徑	I1b : 電流導通路徑
I1a' : 電流導通路徑	I1b' : 電流導通路徑
I1c : 電流導通路徑	I1d : 電流導通路徑
I1c' : 電流導通路徑	I1d' : 電流導通路徑
I3 : 電流導通路徑	I5 : 電流導通路徑
I5a : 電流導通路徑	I5b : 電流導通路徑
I81 : 電流導通路徑	I82 : 電流導通路徑
$\Phi 1$ : 非平角	$\Phi 3$ : 非平角
$\Phi 4$ : 非平角	$\Phi 5$ : 非平角
$\Phi 5a$ : 非平角	$\Phi 5b$ : 非平角
M1 : 磁化方向	M1' : 磁化方向
M3 : 磁化方向	M4 : 磁化方向
M5 : 磁化方向	M81 : 磁化方向
M82 : 磁化方向	
$\theta 1$ : 角度	$\theta 3$ : 角度
$\theta 4$ : 角度	$\theta 5$ : 角度
$\theta 81$ : 角度	$\theta 82$ : 角度

七、申請專利範圍：

1. 一種磁阻感測元件，包含：
  - 一基材，具有一基準平面；
  - 一第一電極，位於該基準平面上方；
  - 一第二電極，位於該基準平面上方；以及
  - 一第一磁性層，位於該基準平面上方，並與該基準平面夾一第一非平角，且該第一磁性層具有一第一磁化方向以及用來導通該第一電極和該第二電極的一第一電流導通路徑，其中該第一電流導通路徑與該第一磁化方向夾一第一角度。
  
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之磁阻感測元件，其中該基材為表層覆蓋一絕緣材料之一矽基板，或是具有一前段邏輯電晶體元件之一矽晶片。
  
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之磁阻感測元件，其中該第一電流導通路徑，導通該第一電極的一上部與該第二電極的一下部。
  
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之磁阻感測元件，其中該第一電極之該上部和該第二電極的一上部，分別為一第一圖案化金屬層的一部分；且該第一電極之一下部和該第二電極的該下部，分別為一第二圖案化金屬層的一部分。
  
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之磁阻感測元件，更包括：
  - 一第三電極，位於該基準平面上；以及

一第二磁性層，位於該基準平面上方，與該基準平面夾一第二非平角，且該第二磁性層具有一第二磁化方向，以及導通該第三電極和該第二電極的一第二電流導通路徑，其中該第二電流導通路徑，與該第二磁化方向夾一第二角度。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之磁阻感測元件，其中該第二電流導通路徑，導通該第二電極的一上部與該第三電極的一下部。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之磁阻感測元件，其中該第一非平角與該第二非平角，二者實質相等；且該第一磁化方向與該第二磁化方向，實質同向。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之磁阻感測元件，其中該第一磁性層與該第二磁性層，二者係共平面之一體成型結構，且彼此相連。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之磁阻感測元件，其中該第一磁性層跨接於該第一電極之該上部和該第二電極的該上部之間，且具有一跨接電阻值；該第一電流導通路徑具有一第一電阻值，該第二電極具有一第二電阻值；且該跨接電阻值實質大於該第一電阻值和該第二電阻值二者的總和。

10. 如申請專利範圍第 5 項所述之磁阻感測元件，更包括：  
一第三磁性層，位於該第一電極上方，且電性連接該第一電極與該第一磁性層；

一第四磁性層，位於該第三電極上方，且電性連接該第三電極與該第二磁性層；以及

一第五磁性層位於該第二電極上方，電性連接該第一磁性層、該第二電極與該第二磁性層。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之磁阻感測元件，其中該第一磁性層、該第二磁性層、該第三磁性層、該第四磁性層與該第五磁性層，係一單一磁性材料結構。

12. 一種磁阻感測裝置，包含四個如申請專利範圍第 1 項所述之磁阻感測元件，其包含一第一磁阻感測元件、一第二磁阻感測元件、一第三磁阻感測元件及一第四磁阻感測元件，彼此電性連結，並組成一惠氏登電橋迴路（Wheatstone bridge circuit），其中該四個磁阻感測元件的該些基準平面相同，並共用一基材。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之磁阻感測裝置，其中該第一磁阻感測元件之該第一角度為一第一銳角；該第二磁阻感測元件之該第一角度為實質與該第一銳角相同的一第二銳角；且在相同的一垂直磁場作用下，該第一銳角會產生正向的一角度變化量；而該第二銳角會產生負向的該角度變化量。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之磁阻感測裝置，其中更包含該第三磁阻感測元件與該第一磁阻感測元件具相同一磁阻變化量；該第四磁阻感測元件與該第二磁阻感測元件具相同之一磁阻變化量。

15. 如申請專利範圍第 11 項所述之磁阻感測元件，其中四個該磁阻感測元件的各個該基準平面相同。

16. 一種磁阻感測元件，包含：

一基材，具有一基準平面；

一第一磁性層，位於該基準平面上方，並與該基準平面夾一第一非平角，且該第一磁性層具有一第一磁化方向一第二磁性層，位於該基準平面上方，並與該基準平面平行，且該第二磁性層具有一第二磁化方向；

一第三磁性層，位於該基準平面上方，並與該基準平面平行，且該第三磁性層具有一第三磁化方向，該第三磁化方向和該第二磁化方向垂直。

17. 如申請專利範圍第 16 項之磁阻感測元件，更包含一第一電極與該第一磁性層上方接觸，及一第二電極與該第一磁性層下方接觸。

18. 如申請專利範圍第 16 項之磁阻感測元件，更包含複數個電極與該第二磁性層電性接觸。

19. 如申請專利範圍第 16 項之磁阻感測元件，更包含複數個電極與該第三磁性層電性接觸。

20. 如申請專利範圍第 16 項所述之磁阻感測元件，其中該基材為表層覆蓋一絕緣材料之一矽基板，或是具有一前段邏

輯電晶體元件之一矽晶片。

八、圖式：

輯電晶體元件之一矽晶片。

八、圖式：

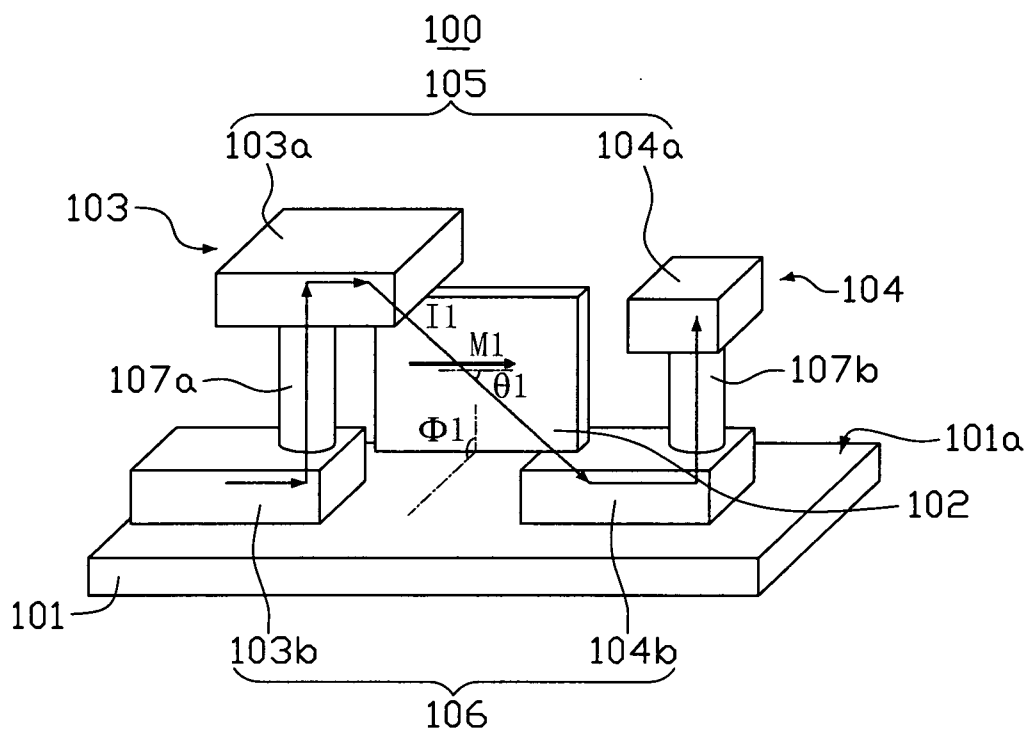


圖 1

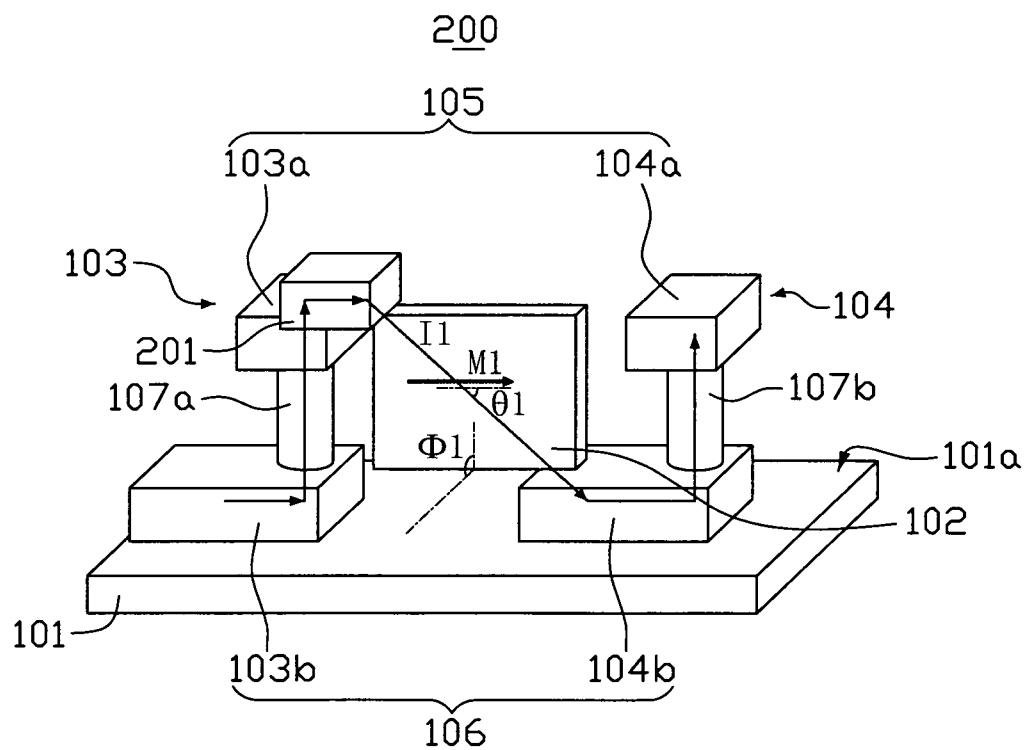


圖 2

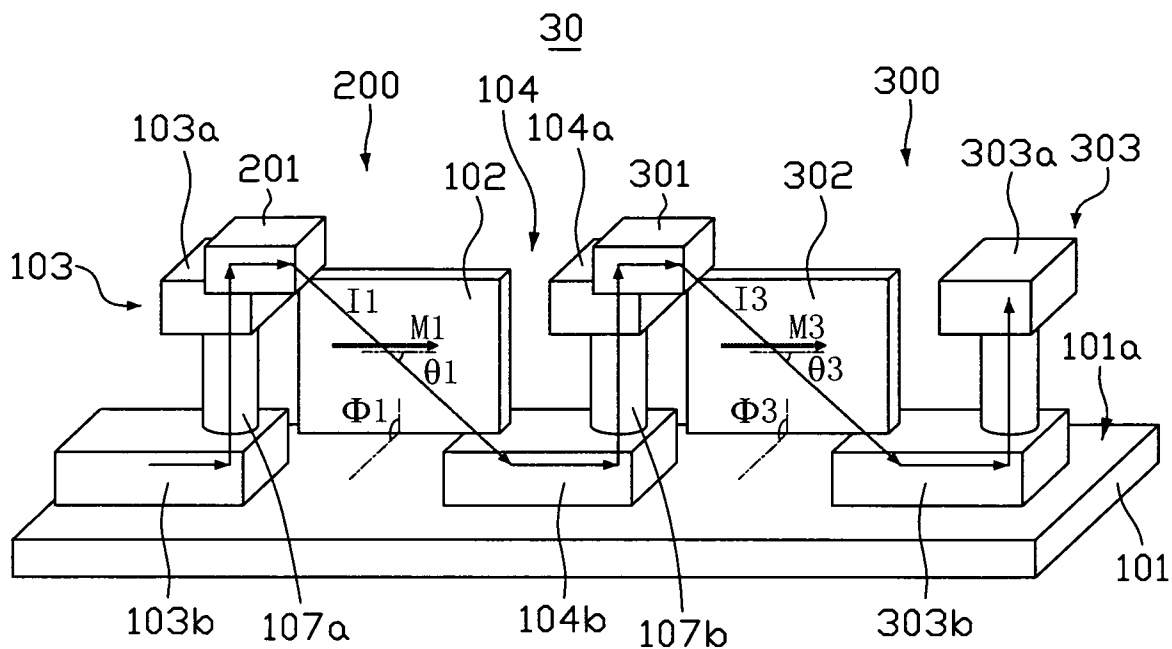


圖 3

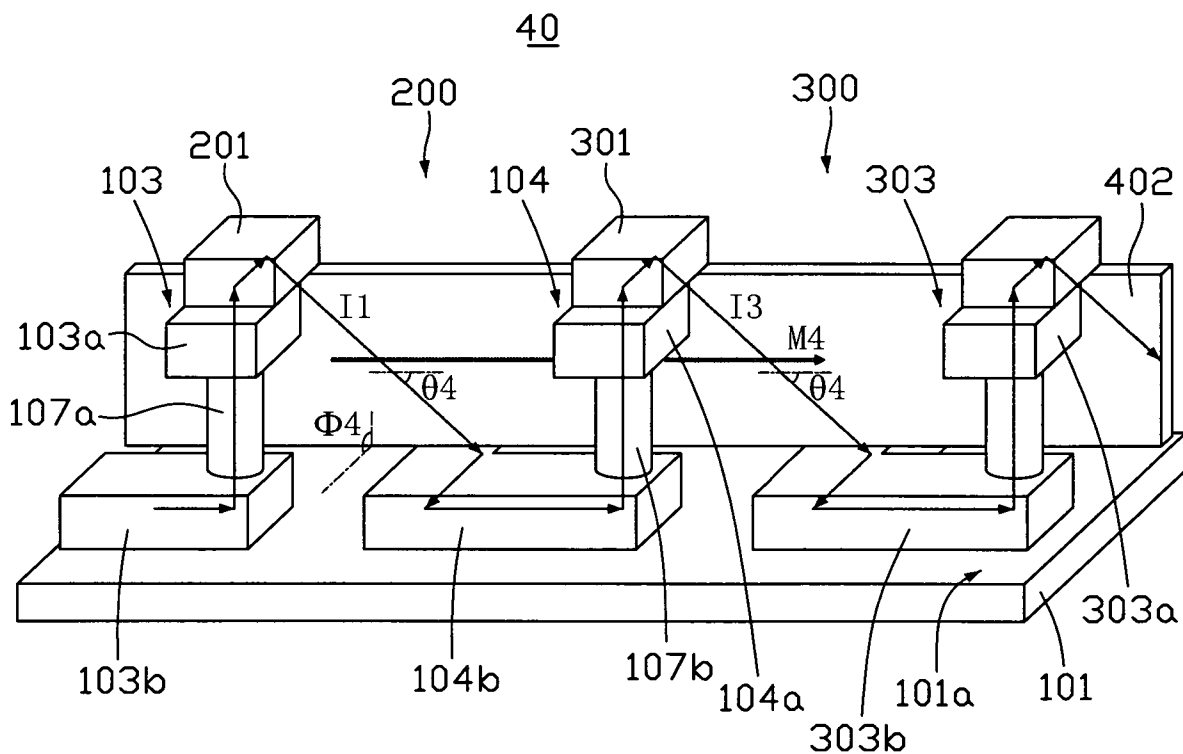


圖 4

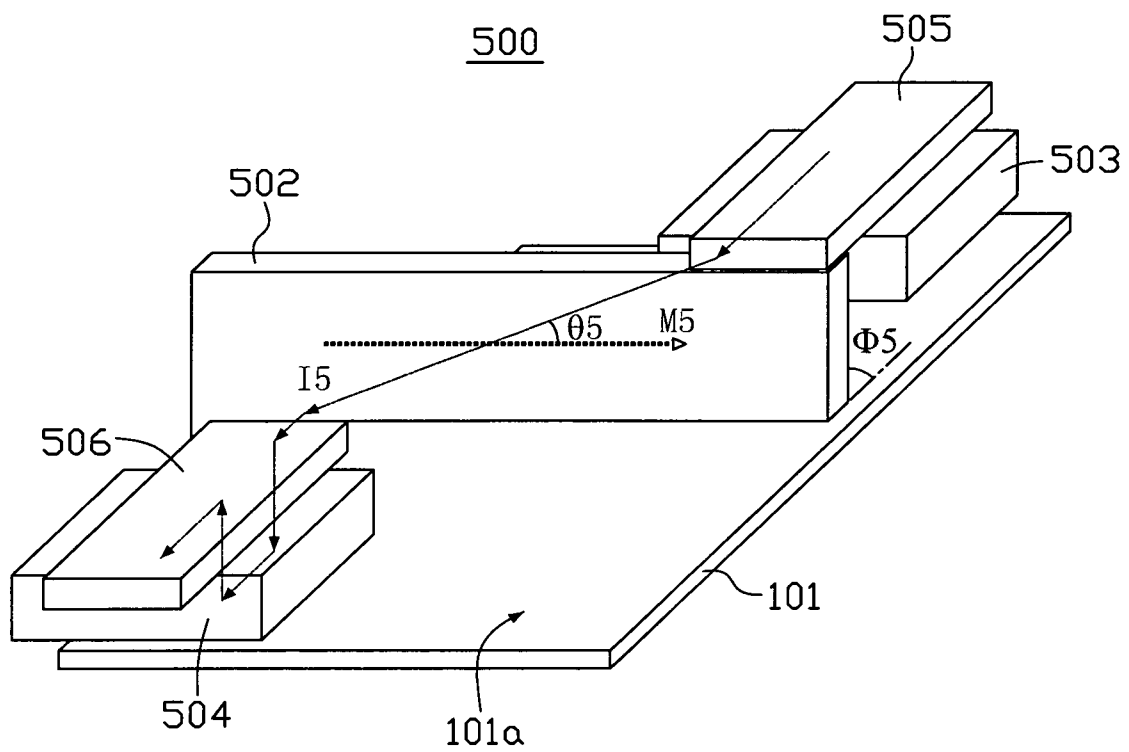


圖 5

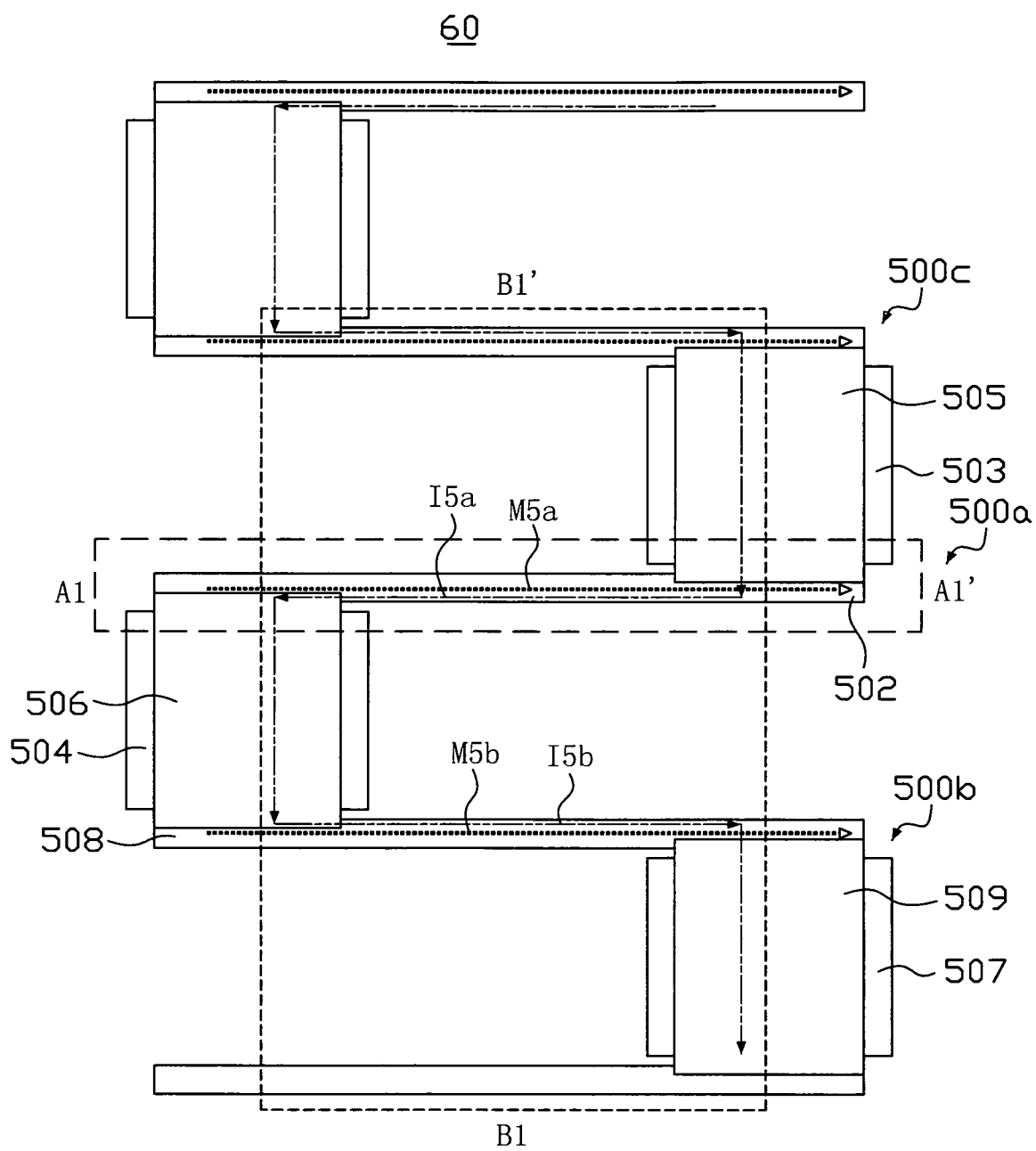


圖 6A

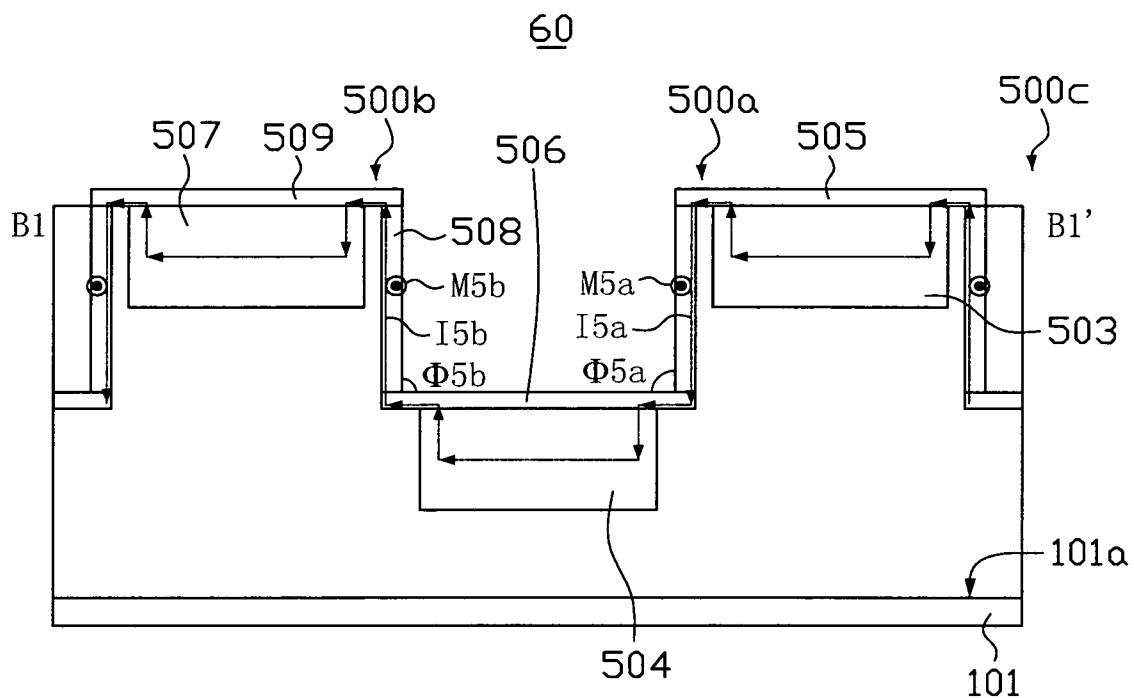


圖 6B

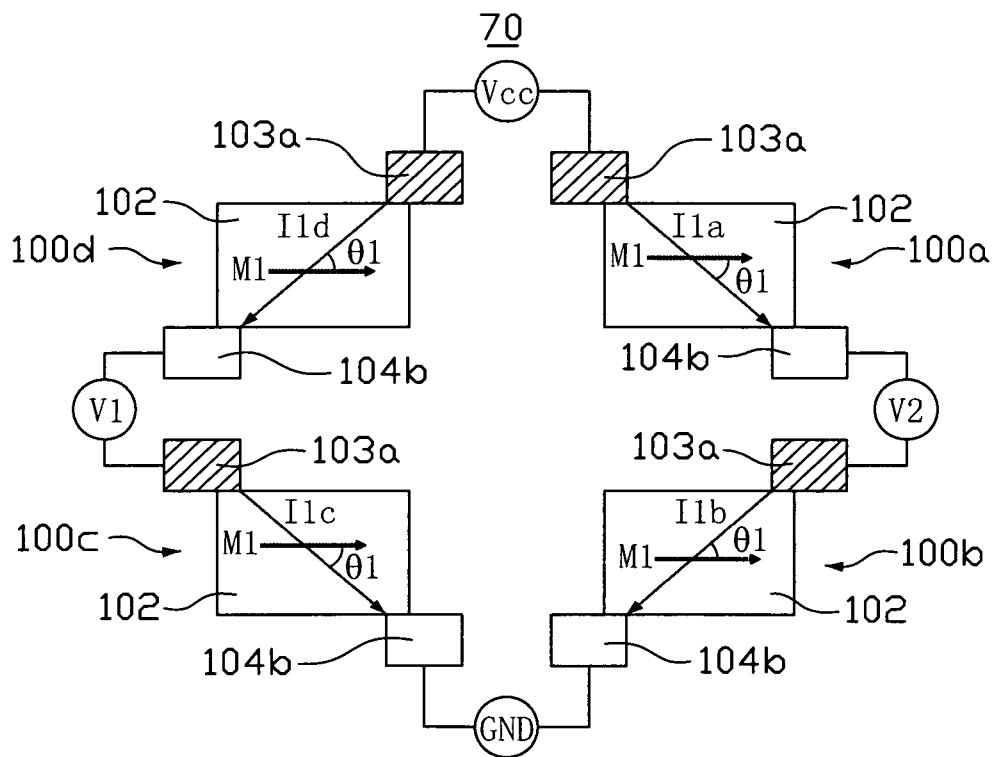


圖 7A

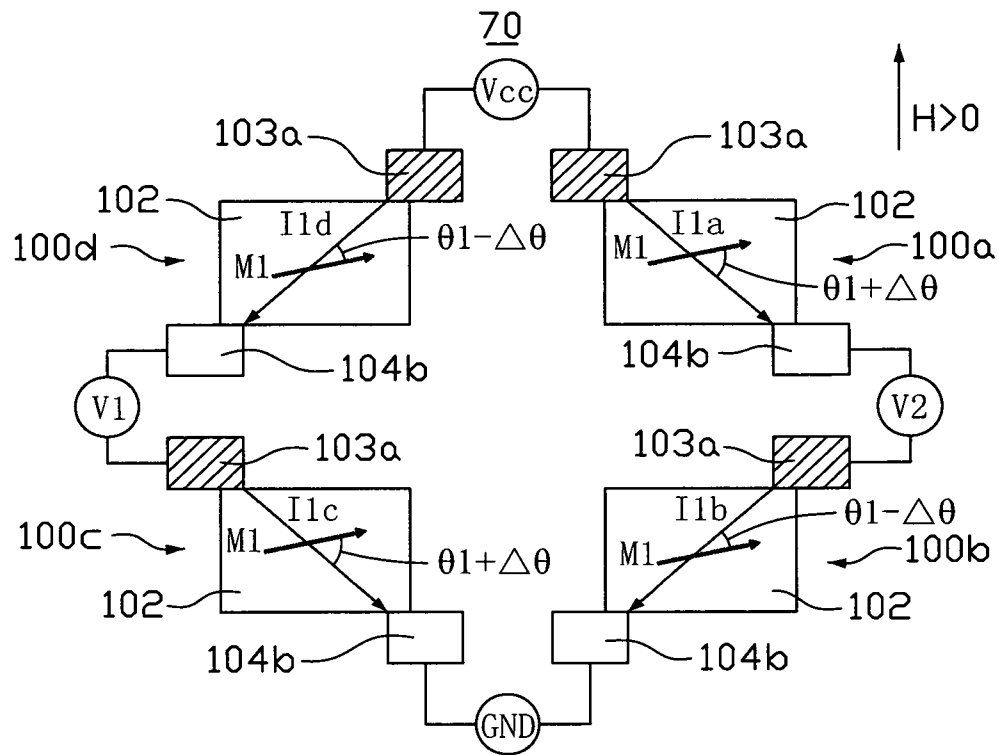


圖 7B

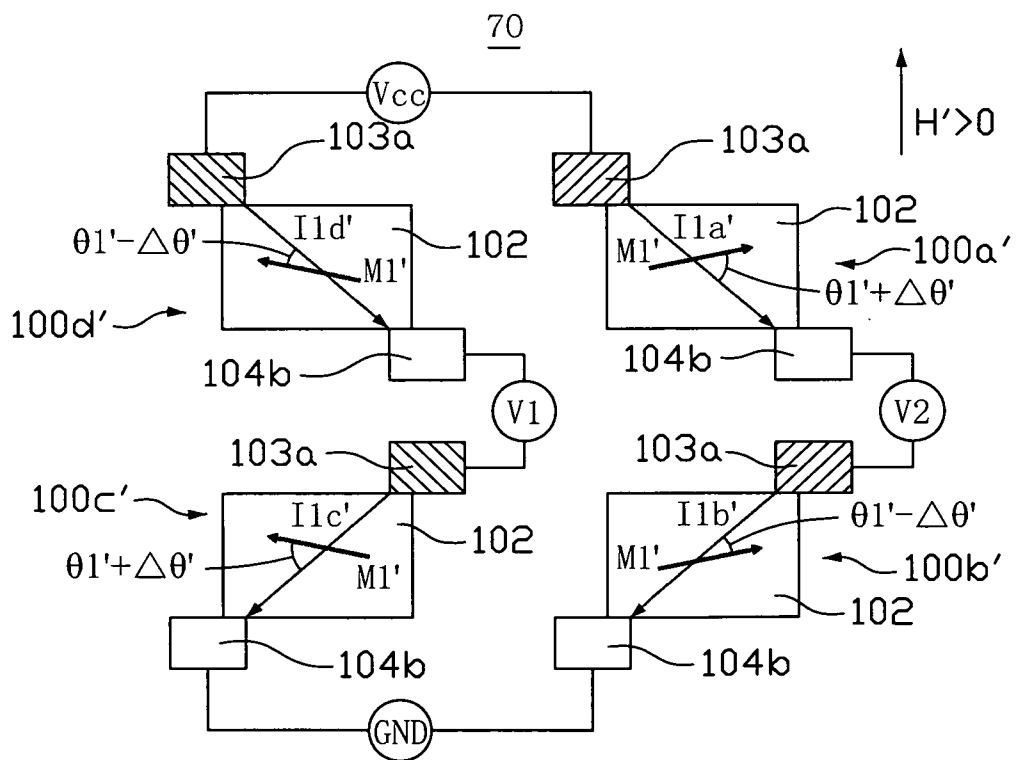


圖 7C

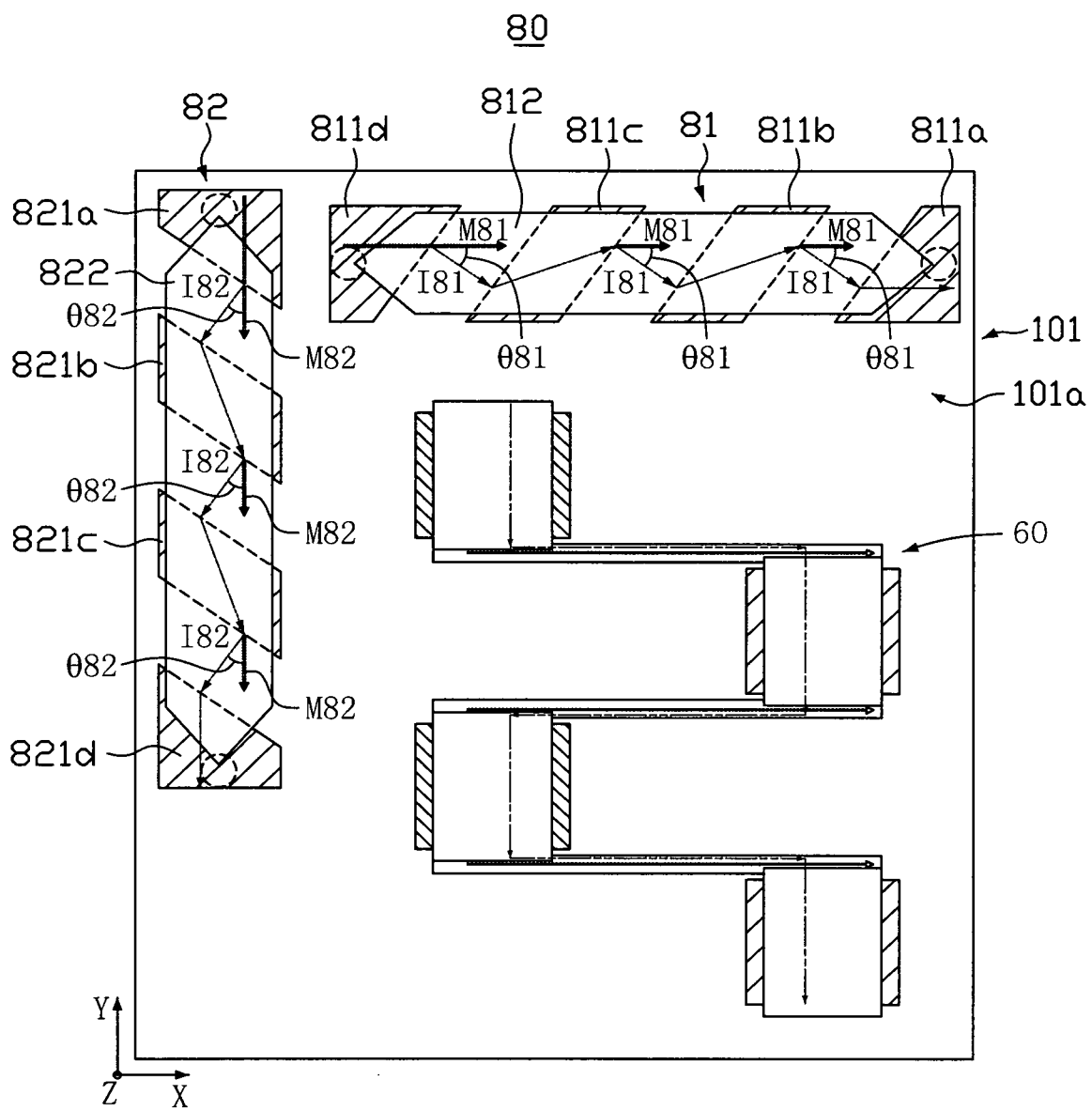


圖 8