



(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 I422083 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 01 日

(21) 申請案號：098117467

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 05 月 26 日

(51) Int. Cl. : H01L43/08 (2006.01)

H01L43/12 (2006.01)

H01L27/22 (2006.01)

(30) 優先權：2008/05/28 日本

2008-140082

(71) 申請人：日立製作所股份有限公司 (日本) HITACHI, LTD. (JP)

日本

(72) 發明人：伊藤顯知 ITO, KENCHI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

US 2006/0092696A1

US 2007/0297220A1

US 2008/0037314A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：11 共 0 頁

(54) 名稱

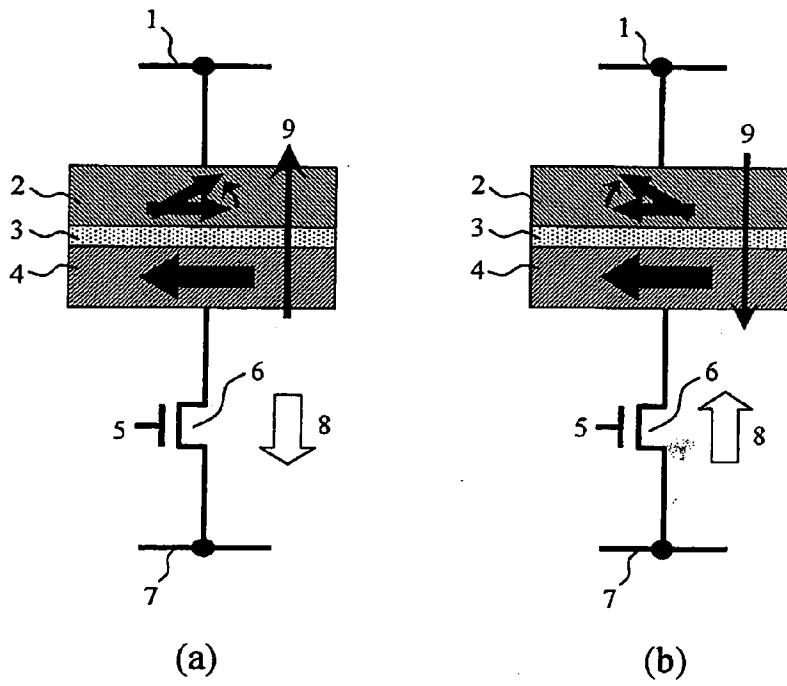
磁性記憶格及磁性隨機存取記憶體

(57) 摘要

提供不需要改寫時之電流方向之切換，而且高集積度之應用自旋轉矩磁化反轉的磁性記憶體。

具備記憶格，其由強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成；藉由記錄層之磁化方向相對於固定層之磁化方向成為大略面平行或大略反平行來進行記錄的磁性記憶體之中，使固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化方向全部朝向磁性層之大略面內方向，磁化旋轉補助層之磁化方向設為固定層之磁化方向之大略 90 度之方向。不論使記錄層之磁化方向由固定層之磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，或由反平行方向改寫為平行方向時，寫入電流均由固定層流向記錄層之方向。

圖 1



- 1 . . . 位元線
- 2 . . . 強磁性層(記錄層)
- 3 . . . 中間層
- 4 . . . 強磁性層(固定層)
- 5 . . . 閘極
- 6 . . . 電晶體
- 7 . . . 源極線
- 8 . . . 電流方向
- 9 . . . 電子移動方向

## 發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98117467

※申請日：98年05月26日

※IPC分類：

H01L 43/08 (2006.01)

H01L 43/12 (2006.01)

H01L 27/22 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

磁性記憶格及磁性隨機存取記憶體

## 二、中文發明摘要：

提供不需要改寫時之電流方向之切換，而且高集積度之應用自旋轉矩磁化反轉的磁性記憶體。

具備記憶格，其由強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成；藉由記錄層之磁化方向相對於固定層之磁化方向成為大略面平行或大略反平行來進行記錄的磁性記憶體之中，使固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化方向全部朝向磁性層之大略面內方向，磁化旋轉補助層之磁化方向設為固定層之磁化方向之大略90度之方向。不論使記錄層之磁化方向由固定層之磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，或由反平行方向改寫為平行方向時，寫入電流均由固定層流向記錄層之方向。

三、英文發明摘要：

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：

- 1：位元線
- 2：強磁性層（記錄層）
- 3：中間層
- 4：強磁性層（固定層）
- 5：閘極
- 6：電晶體
- 7：源極線
- 8：電流方向
- 9：電子移動方向

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】

本發明關於利用自旋轉矩磁化反轉的磁性記憶格及磁性隨機存取記憶體。

### 【先前技術】

近年來，可取代習知動態隨機存取記憶體（DRAM）的磁性隨機存取記憶體（MRAM）受到注目。於習知MRAM，例如美國專利第 5734605 號說明書之揭示，其採用：使具有磁性膜／非磁性絕緣膜／磁性膜之多層構造的穿隧磁阻效應（TMR）元件之一方之磁化，藉由流入 2 個金屬配線的電流所作成之合成磁場使其反轉而進行記錄的方式，該 2 個金屬配線，係設於 TMR 元件之上下互呈正交之方向。但是，於 MRAM，為求大容量化而縮小 TMR 元件尺寸時，磁化反轉所要磁場之大小會變大，需要較多電流流入金屬配線，將導致消費電力增加，甚而配線之破壞等問題。

作為不使用磁場而使磁化反轉的方法，可以對磁性再生磁頭使用之巨大磁阻效應（GMR）膜或穿隧磁阻效應（TMR）膜，僅流入一定以上之電流即可使磁化反轉，此為理論上可行，例如 Applied Physics Letters, Vol.84 pp.3118-3120(2004)之揭示，使用利用 TMR 膜之奈米突起，而證實自旋轉矩磁化反轉。特別是，使用 TMR 膜之自旋轉矩磁化反轉，可以獲得和習知 MRAM 同等以上之輸

出，而被集中注目。

圖 1 為上述說明之自旋轉矩磁化反轉之模式圖。於圖 1，於位元線 1 被連接：由變化磁化方向的第 1 強磁性層（記錄層）2，中間層 3，磁化方向固定的第 2 強磁性層（固定層）4 構成之磁阻效應元件；及閘極 5 控制傳導的電晶體 6；電晶體 6 之另一方端子被連接源極線 7。如圖 1 (a) 所示，固定層 4 與記錄層 2 之磁化由反平行（高電阻）狀態變化為平行（低電阻）狀態時，電流 8 由位元線 1 流入源極線 7。此時，電子 9 由源極線 7 流入位元線 1。另外，如圖 1 (b) 所示，欲使固定層 4 與自由層 2 之磁化由平行（低電阻）狀態變化為反平行（高電阻）狀態時，使電流 8 由源極線 7 流入位元線 1 之方向即可。此時，電子 9 由位元線 1 流入源極線 7 之方向。

於 *Applied Physics Letters*, Vol.84, pp.3897-3899(2004) 揭示，使用和磁性膜面垂直之磁化，在不變化電流方向下，進行自旋轉矩磁化反轉之方法。於該例，如圖 2 所示，係使用具有和膜面垂直之磁化方向的固定層 21，非磁性之第 1 中間層 22，具有膜面內之磁化方向的記錄層 23，非磁性之第 2 中間層 24，具有膜面內之磁化方向的參照層 25 予以積層而成的磁阻效應元件。例如記錄層 23 之磁化與參照層 25 之磁化平行時，首先，流入正的電流 26，對記錄層之磁性提供自旋轉矩。流入正電流之時間，為自旋轉矩引起之磁化之歲差運動之週期  $T$  之  $1/4$  之時間。之後，切換電流之方向成為相反之方向 27，提供終



止磁化運動之轉矩，在些微之  $T/2$  之時間內可以完成自旋轉矩磁化反轉。

特開 2006-128579 號之揭示，係如圖 3 所示，使用磁阻效應元件，其具備：具有膜面內方向之磁化的固定層 31，非磁性層 32，具有膜面內方向之磁化的自由層（記錄層）33，非磁性層 34，具有膜面之垂直磁化的自旋轉矩驅動層 35，僅流入電流 8，可使自由層 33 之磁化方向，由固定層 31 之磁化方向之平行方向朝反平行方向、或者由反平行方向朝平行方向之任一方向反轉。另外，揭示藉由控制脈衝時間，來控制是否進行或不進行磁化反轉。

專利文獻 1：美國專利第 5734605 號公報

專利文獻 2：特開 2006-128579 號公報

非專利文獻 1：Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 159,L1-6(1996)

非專利文獻 2：Applied Physics Letters, Vol.84, pp.3118-3120(2004)

非專利文獻 3：Applied Physics Letters, Vol.84, pp.3897-3899(2004)

### 【發明內容】

（發明所欲解決之課題）

但是，習知應用自旋轉矩磁化反轉的 TMR 型 MRAM 存在以下問題。

應用自旋轉矩磁化反轉進行磁性記憶體之資訊改寫時

，如圖 1 所示，由平行狀態朝反平行狀態之改寫，與由反平行狀態朝平行狀態之改寫之情況下，電流方向須設為相反。此乃需要電流方向切換用之開關等特別之電路。另外，於圖 2 之情況下，動作雖然高速，乃然需要電流切換之開關、而且需要極為高速動作之開關。另外，採用切換電流方向之改寫方式時，無法以二極體作為元件選擇之用，此乃因為其成為妨礙格面積縮減之主因。

另外，圖 3 所示構造，係不變化電流方向，而可進行由平行狀態朝反平行狀態之改寫，與由反平行狀態朝平行狀態之改寫之雙方。但是，和磁性膜面垂直的磁化自旋轉矩驅動層 35 位於最上層，不僅磁性膜 35 之磁氣異方性之控制不容易，磁性膜之磁化方向亦難以保持一定之問題存在。

本發明目的在於提供，現實上可以製作，而且不需要資訊改寫時之電流方向之切換，應用自旋轉矩磁化反轉的磁性記憶格及磁性隨機存取記憶體。

（用以解決課題的手段）

本發明之磁性記憶格，係由：強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成。固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化方向全部朝向磁性層之大略面內方向，磁化旋轉補助層之磁化方向係和固定層之磁化方向呈大略 90 度。而且，使固定層之磁化，藉由來自和記

錄層相反之面接觸固定層而設的反強磁性層之交換結合力予以固定。或者，使磁化旋轉補助層之磁化，藉由來自和記錄層相反之面接觸磁化旋轉補助層而設的反強磁性層之交換結合力予以固定。

另外，於磁性記憶格，連接可由固定層朝記錄層之方向流通電流的二極體。或者，於磁性記憶格，連接可流通電流的電晶體。

於連接有二極體的磁性記憶格，使二極體之一端，電連接於第 1 寫入驅動電路連接之源極線，使磁化旋轉補助層，連接於第 2 寫入驅動電路與讀出信號放大用之放大器所連接之位元線。於磁性記憶格連接電晶體時，使電晶體之一端，電連接於第 1 寫入驅動電路連接之源極線，使磁化旋轉補助層之一端，連接於第 2 寫入驅動電路與讀出信號放大用之放大器所連接之位元線，具備控制電晶體之電阻的字元線，使字元線連接於第 3 寫入驅動電路。

於連接有二極體的磁性記憶格，使記錄層之磁化方向由固定層磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，由反平行方向改寫為平行方向時，均使電流由固定層流向記錄層之方向。

另外，於連接有電晶體的磁性記憶格，使記錄層之磁化方向由固定層磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，由反平行方向改寫為平行方向時，均使電流由固定層流向記錄層之方向，而且讀出磁性記憶格之資訊時，使讀出電流由記錄層流向固定層之方向。

關於對磁性記憶格寫入資訊之電流波形，係對施加電流脈衝開始之時間  $t$ ，依以下形態予以控制。其中， $I_0$  為特定之寫入電流， $T$  為記錄層之磁化之歲差運動週期。

$$I = I_0 \quad (0 \leq t \leq T/4)$$

$$0 \quad (T/4 < t \leq 3T/4)$$

$$I_0 \quad (3T/4 < t \leq 5T/4)$$

:

$$0 \quad (T/4 + (n-1)T < t \leq 3T/4 + (n-1)T)$$

$$I_0 \quad (3T/4 + (n-1)T < t \leq 5T/4 + (n-1)T)$$

#### 【實施方式】

以下參照圖面說明本發明。

圖 4 為使用本發明之磁性記憶格之主要構成例。本發明之磁阻效應元件，係具有依序積層以下之構造：底層膜 41；反強磁性膜 42；固定層 43；絕緣障壁層 44；記錄層 45；非磁性中間層 46；磁化反轉補助層 47；反強磁性層 48；適當之帽蓋層 49。固定層 43 之磁化方向，係藉由來自反強磁性膜 42 之交換結合力被固定於膜面內之特定方向。記錄層 45 之磁化，係和膜面平行，和固定層 43 之磁化方向大略平行、或反平行。非磁性中間層 46 通常使用絕緣層。磁化反轉補助層 47，其之磁化方向，係和膜面平行，而且和固定層 43 之磁化方向大略垂直，藉由反強磁性層 48 使其之磁化方向被固定。二極體 50，係作為開關用於設定自源極線 7 流入位元線 1 之電流 8（電子流入方向 9）成為 ON/OFF（導通/非導通）。

以下說明該磁性記憶格之寫入動作。圖 5 表示，於如

圖 4 所示磁阻效應元件，使記錄層 45 之磁化方向相對於固定層 43 之磁化方向，由平行（低電阻狀態）變化為反平行（高電阻狀態）時之電流值之時間變化，與伴隨其之記錄層之磁化方向之變化之一例。首先，於時間 0，使電流增加至特定大小，之後，在記錄層 45 之磁化之歲差運動週期  $T$  之  $1/4$  之時間為止保持其電流值，之後，減低至 0。藉由該電流提供給予記錄層之磁化的自旋轉矩，如圖 5 (b) 所示，激發記錄層 45 之磁化之歲差運動。該歲差運動，在電流成爲 OFF 的時間  $T/4$  至  $3T/4$  之間亦如圖 5 (c)、(d) 所示繼續。再度於時間  $3T/4$ ，使電流增加至特定值，在時間  $5T/4$  之前保持一定之值。於該期間，由該電流再度對記錄層之磁化提供自旋轉矩，如圖 5 (e)、(f) 所示，記錄層之磁化之歲差運動被放大，切斷電流之後，如圖 5 (g) 所示，磁化朝和初期狀態相反之方向切換，歲差運動被停止。

圖 6 表示，於如圖 4 所示磁阻效應元件，使記錄層 45 之磁化方向相對於固定層 43 之磁化方向，由反平行（高電阻狀態）變化為平行（低電阻狀態）時之電壓值之時間變化，與伴隨其之記錄層之磁化方向之變化之一例。此情況下，亦和圖 5 所示同樣，首先，於時間 0，使電流增加至特定大小，之後，在記錄層之磁化之歲差運動週期  $T$  之  $1/4$  之時間為止保持其電流值，之後，減低至 0。藉由該電流提供給予記錄層磁化的自旋轉矩，如圖 6 (b) 所示，激發記錄層之磁化之歲差運動。之後，該歲差運動，在電

流成爲 OFF 的時間  $T/4$  至  $3T/4$  之間亦如圖 6 (c)、(d) 所示繼續。再度於時間  $3T/4$ ，使電流增加至特定值，在時間  $5T/4$  之前保持一定之值。於該期間，再度由該電流對記錄層之磁化提供自旋轉矩，如圖 6 (e)、(f) 所示，記錄層之磁化之歲差運動被放大，切斷電流之後，如圖 6 (g) 所示，磁化朝和初期狀態相反之方向切換，歲差運動被停止。

於圖 5、6，須注意歲差運動之記錄層之磁化之旋轉方向成爲相反。亦即，電流之方向朝圖 4 之箭頭 8 之方向、亦即電子之方向朝圖 4 之箭頭 9 之方向時，自時間 0 至  $T/4$  爲止，由通電電流之電子持有之自旋作用於記錄層 45 之磁化的自旋轉矩，係發揮使記錄層 45 之磁化方向對齊磁化旋轉補助層 47 之磁化方向之作用。因此，如圖 5 (b)、6 (b) 所示，激發歲差運動。但是，假設時間  $T/4$  以後不切斷電流而使持續時，自時間  $T/4$  至時間  $3T/4$  之間，於圖 5、6，自旋轉矩係發揮使記錄層 45 之磁化方向對齊磁化旋轉補助層 47 之磁化方向，亦即，發揮使歲差運動朝向衰減 (damping) 之方向而作用，結果，電流成爲浪費。因此，於該時間之間將電流設爲 OFF。於時間  $3T/4$ ，再度將電流設爲 ON 時，至時間  $5T/4$  爲止，自旋轉矩發揮使記錄層之磁化之歲差運動被激發之方向作用，結果，結束自旋轉矩引起之記錄層磁化之反轉。如上述說明，使記錄層 45 之磁化方向相對於固定層 43 之磁化方向，由平行 (低電阻狀態) 變化爲反平行 (高電阻狀態) 之方向時

，或使記錄層 45 之磁化方向相對於固定層 43 之磁化方向，由反平行（高電阻狀態）變化為平行（低電阻狀態）之方向時，可使用同一電流方向與電流脈衝之時間軸上之波形，此乃本發明第 1 特徵。

以下說明本發明第 2 特徵。例如 *Applied Physics Letters*, Vol.88, p.152505(2006)之揭示，通常自旋轉矩引起之磁化反轉，係顯示以下現象：

(1) 在脈寬為 10ns 以下區域，寫入電流會隨脈寬之減少而急速增大。

(2) 磁化反轉係以機率方式產生，因而產生開關時間之分布。上述 (1) 就消費電力增大之觀點而言不好，(2) 就阻礙記憶體之穩定寫入動作之觀點而言不好。

在脈寬為 10ns 以下區域，寫入之必要電流  $I$  可如下式表示。

$$I = I_{c0} + I_{c0} \ln(\pi/2\theta)(\alpha\gamma H_{eff})^{-1}/\tau_p \quad (1)$$

$$I_{c0} \propto \sin\theta [p/2 / (1+p^2\cos\theta)] - 1 \quad (2)$$

其中， $\alpha$  為記錄層磁化膜之衰減常數， $\gamma$  為磁性旋轉比， $H_{eff}$  為施加於記錄層 45 之等效磁場， $\tau_p$  為電流脈寬， $p$  為記錄層及磁化旋轉補助層之磁性膜之自旋極化率， $\theta$  為脈衝電流被供給前之記錄層與磁化旋轉補助層之磁化之構成角度。式 (2) 表示之  $I_{c0}$  為記錄層或磁化旋轉補助層之磁性膜材料或形狀所決定之內部 (intrinsic) 之臨限電流值、亦即使用直流電流時之臨限電流值。本實施形態中， $\theta$  為大略 90 度，因此，由式 (2) 可將同一材料或構

造之元件之內部之臨限電流值  $I_{c0}$  設為最小。另外，於式 (1)， $\theta$  為大略 90 度，式 (1) 之第 2 項變小，因此具有大幅緩和上述 (1) 之問題點的效果。

另外，本發明中，如圖 7 所示，磁化反轉補助層 47 之磁化，係朝向記錄層 45 之磁化之垂直方向，由磁化反轉補助層 47 產生之洩漏磁場 71，係朝向記錄層 45 之磁化方向之大略垂直方向。如周知者，本發明之磁性記憶體中，如圖 4 所示記錄層 45 之磁化方向之能量穩定之方向，被稱為磁化容易軸。另外，和該方向垂直之方向被稱為磁化困難軸。如本實施形態中，對記錄層之磁化困難軸施加磁場時，例如 *Physical Review B*, Vol.75, p.064402(2007) 之揭示，開／關之機率分布可以大為減低。因此，本發明具有同時解決上述 (1)、(2) 之問題之效果。

以下說明如何決定電流脈衝之時間波形。圖 8 係將磁化旋轉補助層之洩漏磁場  $H$  成為，記錄層之磁化由磁化容易軸方向變化為磁化困難軸方向時必要之磁場  $H_k$  (其被稱為異方性磁場) 之  $1/4$  時的，磁化反轉為止之磁化之旋轉數，以時間  $0$  之記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度  $\theta$  之正弦 ( $\sin \theta$ )，與電流值之函數予以描繪之圖。此情況下，例如電流值設為  $I_{c0}$  時，即使熱干擾導致記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度於圖 8 所示範圍  $A$  搖擺時，必定如圖 5、6 所示，於  $5/4$  旋轉結束磁化反轉。如上述說明，磁化反轉為止所要之歲差運動之旋轉數，可由來自磁化旋轉補助層之洩漏磁場  $H$  與被供給之電流值一味地決定



，因而可以對應於此來決定脈衝波形。亦即，通常磁化反轉結束為止之記錄層之磁化之歲差運動之旋轉數為  $1/4 + n$  ( $n$  為 1 以上之整數) 時，電流波形對於時間  $t$  可設為如下。

$$I = I_0 \quad (0 \leq t \leq T/4)$$

$$0 \quad (T/4 < t \leq 3T/4)$$

$$I_0 \quad (3T/4 < t \leq 5T/4)$$

$$\vdots \quad (3)$$

$$0 \quad (T/4 + (n-1)T < t \leq 3T/4 + (n-1)T)$$

$$I_0 \quad (3T/4 + (n-1)T < t \leq 5T/4 + (n-1)T)$$

其中， $I_0$  係不跨越圖 8 決定之多數區域的通電電流之值， $T$  為歲差運動之 1 旋轉所要時間。於式 (3)，電流雖以脈衝狀設為 ON/OFF 予以記述，但因電路容量引起之波形鈍化存在，實際之波形如圖 5、6 所示未必為脈衝狀。通常， $n$  大多為 0~1，必要之電流  $I_0$  亦可設為大略  $I_{c0}$  之如此小。亦即，依據本發明，針對磁阻效應元件之構造或材料設定適當之電流之脈衝波形，即可以極為良好精確度地控制自旋轉矩磁化反轉之過程。

圖 9 為圖 1 (習知例中) 之自旋轉矩磁化反轉情況下，使磁化反轉結束為止之磁化之旋轉數，以時間 0 之記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度  $\theta$  之正弦 ( $\sin \theta$ )，與電流值之函數予以描繪之圖。例如寫入電流設為  $3I_{c0}$  時，熱干擾導致記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度如圖 9 所示範圍 B 之程度分散變動，因而自旋轉矩磁化反轉結束為止所要之旋轉數，成為在  $8/4$  旋轉至  $18/4$  旋轉之廣範圍

旋轉數之間之分布，伴隨此，磁化反轉所要之時間亦大為分散變動。比較圖 8 與圖 9 可知，本實施形態情況下，磁化反轉所要之電流可設為極小，而且可以極為良好精確度地控制自旋轉矩磁化反轉所要之時間。

如上述說明，依據本發明，在上述說明之困難軸磁場施加引起之開／關機率之分散變動之通常之減少效果以上，可以完全控制自旋轉矩磁化反轉之反轉機率，具有可以根本解決反轉機率分散變動之問題。

以下說明本發明之磁性記憶格之膜構造之例，及磁性記憶格陣列之構成例。

#### (1) 磁性記憶格之膜構造之例

第 1 膜構成例：於圖 4，使用 Ta 作為底層膜 41，使用 MnIr 作為反強磁性膜 42，使用 CoFeB 作為固定層 43，使用 MgO 作為絕緣障壁層 44，使用 CoFeB 作為記錄層 45，使用 MgO 作為非磁性中間層 46，使用 CoFeB 作為磁化反轉補助層 47，使用 PtMn 作為反強磁性層 48，使用 Ta 作為帽蓋層 49。該構成為基本之構成，係可達成上述所有效果之構成。

第 2 膜構成例：於圖 4，使用 Ta 作為底層膜 41，使用 MnIr 作為反強磁性膜 42，使用 CoFe／Ru／CoFeB 之積層鐵氧體構造（CoFe 與 CoFeB 介由 Ru 膜被反交換結合之構造）作為固定層 43，使用 MgO 作為絕緣障壁層 44，使用 CoFeB 作為記錄層 45，使用 MgO 作為非磁性中間層 46，使用 CoFeB 作為磁化反轉補助層 47，使用 PtMn 作為反

強磁性層 48，使用 Ta 作為帽蓋層 49。於該構成，固定層之磁化互相進行反平行結合而朝相反之方向，因而固定層 43 之洩漏磁通不會施加於記錄層 45，可以減少相對於記錄層 45 之性能決定用的磁場－電阻滯留之磁場的偏移（offset，滯留之中心由 0 磁場之偏移）。

第 3 膜構成例：於圖 4，係使用 Ta 作為底層膜 41，使用 MnIr 作為反強磁性膜 42，使用 CoFe/Ru/CoFeB 之積層鐵氧體構造作為固定層 43，使用 MgO 作為絕緣障壁層 44，使用 CoFeB/Ru/CoFeB 之積層鐵氧體構造作為記錄層 45，使用 MgO 作為非磁性中間層 46，使用 CoFeB 作為磁化反轉補助層 47，使用 PtMn 作為反強磁性層 48，使用 Ta 作為帽蓋層 49。於該構成，固定層 43 之磁化互相進行反平行結合而朝相反之方向，因而除固定層 43 之洩漏磁通不會施加於記錄層 45 以外，記錄層本身之洩漏磁場亦於構成記錄層的 2 片磁性膜內被閉鎖，可以將相對於記錄層之磁場－電阻滯留之磁場的偏移幾乎設為 0。另外，可增大記錄層全體之體積，而且可使構成記錄層之 2 片磁性膜之膜厚接近，可增大記錄層之保磁力，可提供熱穩定之磁性記憶格。

第 4 膜構成例：於圖 4，係使用 Ta 作為底層膜 41，使用 MnIr 作為反強磁性膜 42，使用 CoFe/Ru/CoFeB 之積層鐵氧體構造作為固定層 43，使用 MgO 作為絕緣障壁層 44，使用 CoFeB/Ru/CoFe 之積層鐵氧體構造作為記錄層 45，使用 Cu 作為非磁性中間層 46，使用 CoFe 作為

磁化反轉補助層 47，使用 PtMn 作為反強磁性層 48，使用 Ta 作為帽蓋層 49。於該構成，和上述第 3 膜構成例比較，藉由中間層 46 之使用金屬之 Cu，可減少元件全體之電阻。

於上述，即使使用 MnIr、PtMn 以外的反強磁性材料作為反強磁性膜 42、48，亦不會改變本發明之基本效果。另外，固定層 43 之材料使用 CoFe 基材之材料亦不會改變本發明之基本效果。另外，固定層 43 之材料使用  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  等所謂赫斯勒強磁性合金 (Heusler alloy)，更能提升極化率  $p$ ，更能達成減少  $I_{c0}$  之效果。絕緣障壁層 44 使用 Al 之氧化物、Ti 之氧化物、或 TiN 或 AlN 等之氮化物材料亦不會改變本發明之基本效果。

## (2) 磁性隨機存取記憶體之構成例

### (2-1) 使用二極體之磁性隨機存取記憶體之構成例

圖 10 為本發明之磁性隨機存取記憶體之構成例。於圖 10，1 為源極線，50 為二極體，91 為本發明之磁阻效應元件，7 為位元線，92 為 1 個磁性記憶格。源極線 1 與位元線 7 係被個別之寫入驅動器電路驅動。於位元線 7 被連接感測放大器用於放大來自磁性記憶格之讀出信號。於圖示之例，二極體 50 被連接成為，對磁阻效應元件 91 可使電流由固定層流向記錄層之方向。另外，二極體之一端，電連接於源極線，磁阻效應元件 91 之磁化旋轉補助層被連接於位元線。

寫入時，藉由源極線寫入驅動器僅使 1 個源極線 1 升

壓至寫入電壓  $V$ ，其他源極線則降壓至接地，於位元線寫入驅動器僅使 1 個位元線 7 降壓至接地，其他則維持於電壓  $V$ 。如此則，電流僅流入被選擇之磁性記憶格 92，僅被選擇之磁阻效應元件 91 被進行寫入。讀出時，係藉由同樣順序僅對磁阻效應元件 91 通電，但流入之電流則設為較  $I_{c0}$  為極小之值，可防止誤寫入。此種構造為最單純之交叉點配置，單位格之佔有面積為  $2F \times 2F = 4F^2$ ，可構成高集積度者。

(2-2) 使用電晶體之磁性隨機存取記憶體之構成例

圖 11 為本發明之磁性隨機存取記憶體之另一構成例。於圖 11，1 為源極線，101 為本發明之磁阻效應元件，7 為位元線線，102 為格選擇電晶體，103 為字元線，104 為 1 個磁性記憶格。於位元線 7 被連接感測放大器用於放大來自磁性記憶格之讀出信號。於圖示之例，電晶體 102 之一端被電連接於源極線 1，磁阻效應元件 101 之磁化旋轉補助層被連接於位元線 7。電晶體 102 係藉由字元線 103 被控制。

本構成之寫入時，藉由寫入驅動器僅使欲寫入之記憶格所連接之 1 個源極線 1 升壓至寫入電壓  $V$ ，藉由另一方寫入驅動器僅選擇該記憶格之格選擇電晶體 102 所連接之字元線，設定電晶體 102 成為 ON，流入電流進行寫入。

讀出時，係和上述相反，僅使欲讀出之記憶格所連接之位元線 7 升壓至讀出電壓  $V$ ，藉由另一方寫入驅動器僅選擇格選擇電晶體 102 所連接之字元線，設定電晶體 102

成爲 ON，流入電流進行讀出。此情況下，讀出時之電流方向係和寫入時之電流方向相反，因此無須擔心讀出電流引起之誤寫入。因此可流入更大之讀出電流，高速讀出成爲可能。該構造爲最單純之 1 電晶體 + 1 記憶格之配置，單位格之佔有面積爲  $2F \times 4F = 8F^2$ ，可構成高集積度者。

（發明效果）

依據本發明，不需要寫入時之電流方向之切換，而且可以提供高集積度之自旋轉矩磁化反轉應用之磁性記憶體。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 爲自旋轉矩磁化反轉之原理之圖，（a）表示由反平行狀態至平行狀態之磁化反轉，（b）表示由平行狀態至反平行狀態之磁化反轉。

圖 2 爲習知例之說明圖。

圖 3 爲另一習知例之說明圖。

圖 4 爲本發明使用之磁阻效應元件之構成例。

圖 5 爲由平行狀態至反平行狀態之寫入方法。

圖 6 爲由反平行狀態至平行狀態之寫入方法。

圖 7 爲來自本發明之磁阻效應元件之磁化旋轉補助層之洩漏磁場。

圖 8 爲本發明中，使磁化反轉結束爲止之磁化之旋轉數，以時間 0 之記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度  $\theta$  之

正弦 (  $\sin \theta$  ) ，與電流值之函數予以描繪之圖。

圖 9 為習知例中，使磁化反轉結束為止之磁化之旋轉數，以時間 0 之記錄層之磁化和磁化容易軸間之角度  $\theta$  之正弦 (  $\sin \theta$  ) ，與電流值之函數予以描繪之圖。

圖 10 為使用二極體之磁性隨機存取記憶體之構成例

圖 11 為使用電晶體之磁性隨機存取記憶體之構成例

#### 【主要元件符號說明】

- 1：位元線
- 2：強磁性層（記錄層）
- 3：中間層
- 4：強磁性層（固定層）
- 5：閘極
- 6：電晶體
- 7：源極線
- 8：電流方向
- 9：電子移動方向
- 21：具有和磁性膜垂直之磁化方向的強磁性固定層
- 22：非磁性中間層
- 23：強磁性層（記錄層）
- 24：非磁性中間層
- 25：參照層

- 26、27：電流之方向
- 31：固定層
- 32：非磁性層
- 33：記錄層
- 34：非磁性層
- 35：自旋轉矩驅動層
- 41：底層膜
- 42：反強磁性膜
- 43：固定層
- 44：絕緣障壁層
- 45：記錄層
- 46：中間層
- 47：磁化旋轉補助層
- 48：反強磁性層
- 49：帽蓋層
- 50：二極體
- 71：洩漏磁通
- 91：磁阻效應元件
- 92：記憶格
- 101：記憶格
- 102：電晶體
- 103：字元線
- 104：記憶格



## 七、申請專利範圍

1. 一種磁性記憶格，其特徵為：

具備：

磁阻效應元件，係由：強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成；

上述固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化全部朝向面內方向，上述磁化旋轉補助層之磁化方向係和上述固定層之磁化方向呈大略正交；

藉由上述記錄層之磁化方向相對於上述固定層之磁化方向之呈大略平行或呈大略反平行，來進行資訊記錄；

上述改寫用之電流，假設上述記錄層之磁化之歲差運動週期為  $T$  時，係於改寫開始起至  $T/4$  為止進行通電，之後減低至 0。

2. 如申請專利範圍第 1 項之磁性記憶格，其中

在上述固定層之和上述記錄層之相反側之面，使反強磁性層接觸而被設置。

3. 如申請專利範圍第 1 項之磁性記憶格，其中

在上述磁化旋轉補助層之和上述記錄層之相反側之面，使反強磁性層接觸而被設置。

4. 如申請專利範圍第 1 項之磁性記憶格，其中

在上述磁阻效應元件，連接可由上述固定層朝上述記錄層之方向流通電流的二極體。

5. 如申請專利範圍第 4 項之磁性記憶格，其中

使上述記錄層之磁化方向由上述固定層磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，由反平行方向改寫為平行方向時，均使電流由上述固定層流向上述記錄層之方向。

6. 如申請專利範圍第 5 項之磁性記憶格，其中  
之後，使上述改寫用之電流自  $3T/4$  起至  $5T/4$  為止通電。

7. 如申請專利範圍第 1 項之磁性記憶格，其中  
於上述磁阻效應元件，連接流通電流用的電晶體。

8. 如申請專利範圍第 7 項之磁性記憶格，其中  
使上述記錄層之磁化方向由上述固定層磁化方向之平行方向改寫為反平行方向時，由反平行方向改寫為平行方向時，均使電流由上述固定層流向記錄層之方向，讀出上述磁性記憶體之資訊時，係使讀出電流由上述記錄層流向固定層之方向。

9. 如申請專利範圍第 8 項之磁性記憶格，其中  
之後，使上述改寫用之電流自  $3T/4$  起至  $5T/4$  為止通電。

10. 一種磁性隨機存取記憶體，其特徵為：

具有：

多數源極線被連接的第 1 驅動器電路；

多數位元線被連接的第 2 驅動器電路；

多數磁性記憶格，分別配置於上述源極線與上述位元線之交叉區域；及

多數放大器，分別連接於上述多數位元線，用於放大

來自上述磁性記憶格之讀出信號；

上述磁性記憶格，係具備：磁阻效應元件，由強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成；及二極體，一端被連接於上述磁阻效應元件；上述固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化全部朝向面內方向，上述磁化旋轉補助層之磁化方向係和上述固定層之磁化方向呈大略正交；藉由上述記錄層之磁化方向相對於上述固定層之磁化方向之呈大略平行或呈大略反平行，來進行資訊記錄；

上述二極體，其另一端被連接於上述源極線，而對上述磁阻效應元件可由上述固定層朝上述記錄層之方向流通電流；

上述磁阻效應元件之上述磁化旋轉補助層係被連接於上述位元線；

上述改寫用之電流，假設上述記錄層之磁化之歲差運動週期為  $T$  時，係於改寫開始起至  $T/4$  為止進行通電，之後減低至 0。

11. 一種磁性隨機存取記憶體，其特徵為：

具有：

多數源極線被連接的第 1 驅動器電路；

多數位元線被連接的第 2 驅動器電路；

多數字元線被連接的第 3 驅動器電路；

多數磁性記憶格，分別配置於上述源極線、上述位元

線與上述字元線之交叉區域；及

多數放大器，分別連接於上述多數位元線，用於放大來自上述磁性記憶格之讀出信號；

上述磁性記憶格，係具備：磁阻效應元件，由強磁性體構成之固定層、非磁性層、強磁性體構成之記錄層、非磁性層、及強磁性體構成之磁化旋轉補助層依序積層而成；及電晶體，一端被連接於上述磁阻效應元件；上述固定層、記錄層、磁化旋轉補助層之磁化全部朝向面內方向，上述磁化旋轉補助層之磁化方向係和上述固定層之磁化方向呈大略正交；藉由上述記錄層之磁化方向相對於上述固定層之磁化方向之呈大略平行或呈大略反平行，來進行資訊記錄；

上述電晶體之另一端被連接於上述源極線；

上述磁化旋轉補助層被連接於上述位元線；

藉由上述字元線使上述電晶體之電阻被控制；

資訊之寫入時，使上述第 1 驅動器電路進行寫入的磁性記憶格所連接之源極線，升壓至寫入電壓之同時，以上述第 3 驅動器電路進行該磁性記憶格之電晶體之通電控制；

資訊之讀出時，使上述第 2 驅動器電路進行讀出的磁性記憶格所連接之位元線，升壓至讀出電壓之同時，以上述第 3 驅動器電路進行該磁性記憶格之電晶體之通電控制；

上述改寫用之電流，假設上述記錄層之磁化之歲差運動週期為  $T$  時，係於改寫開始起至  $T/4$  為止進行通電，之

I422083

第 098117467 號

102年2月27日修正替換頁

民國 102 年 2 月 27 日修正

後減低至 0。

圖1

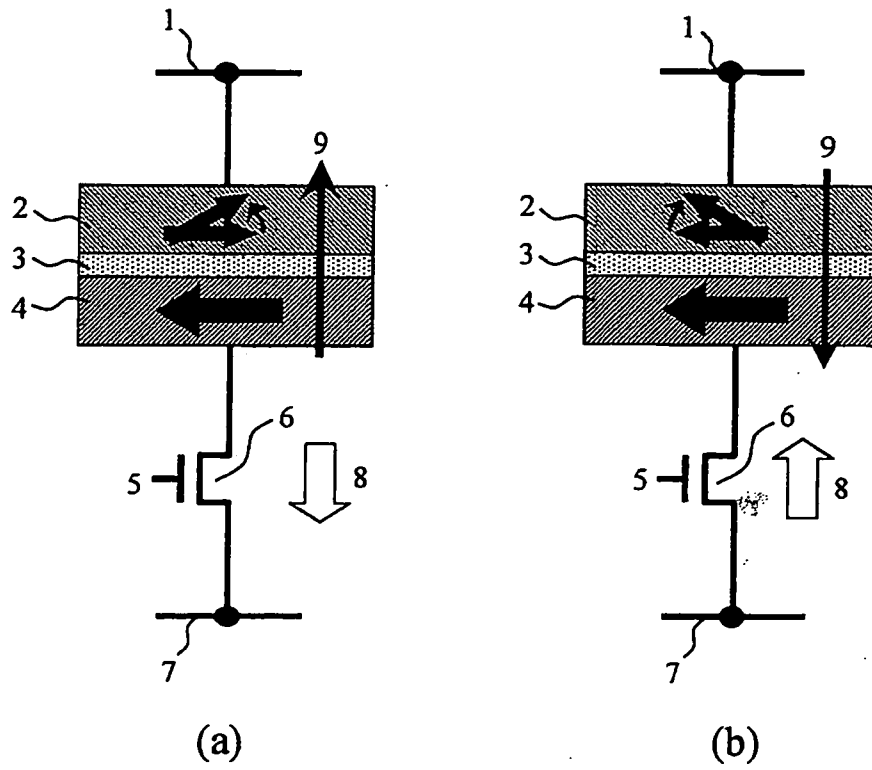


圖2

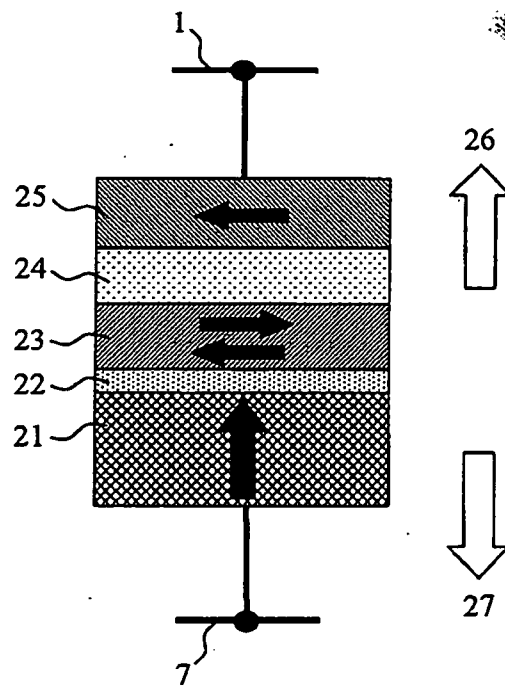


圖3

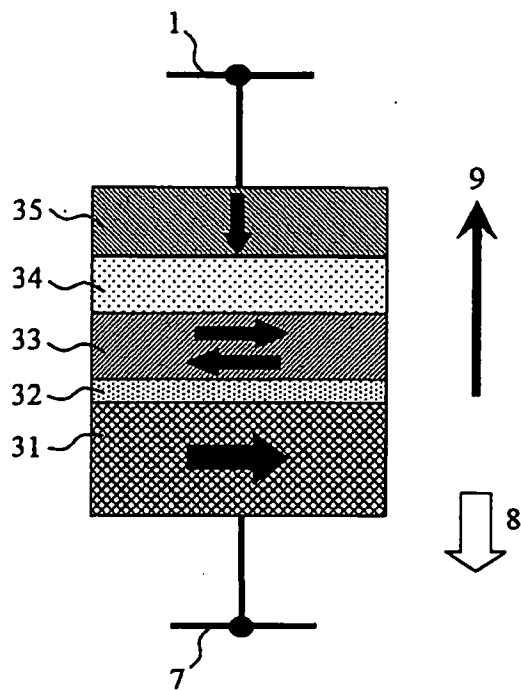


圖4

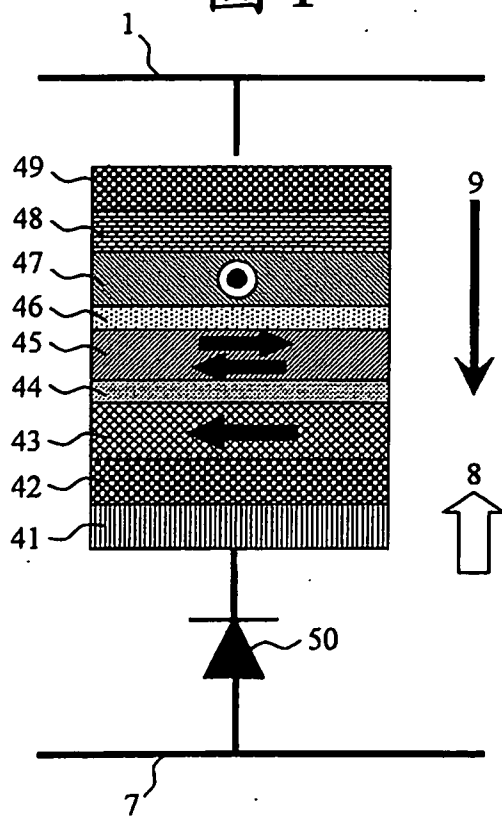


圖5

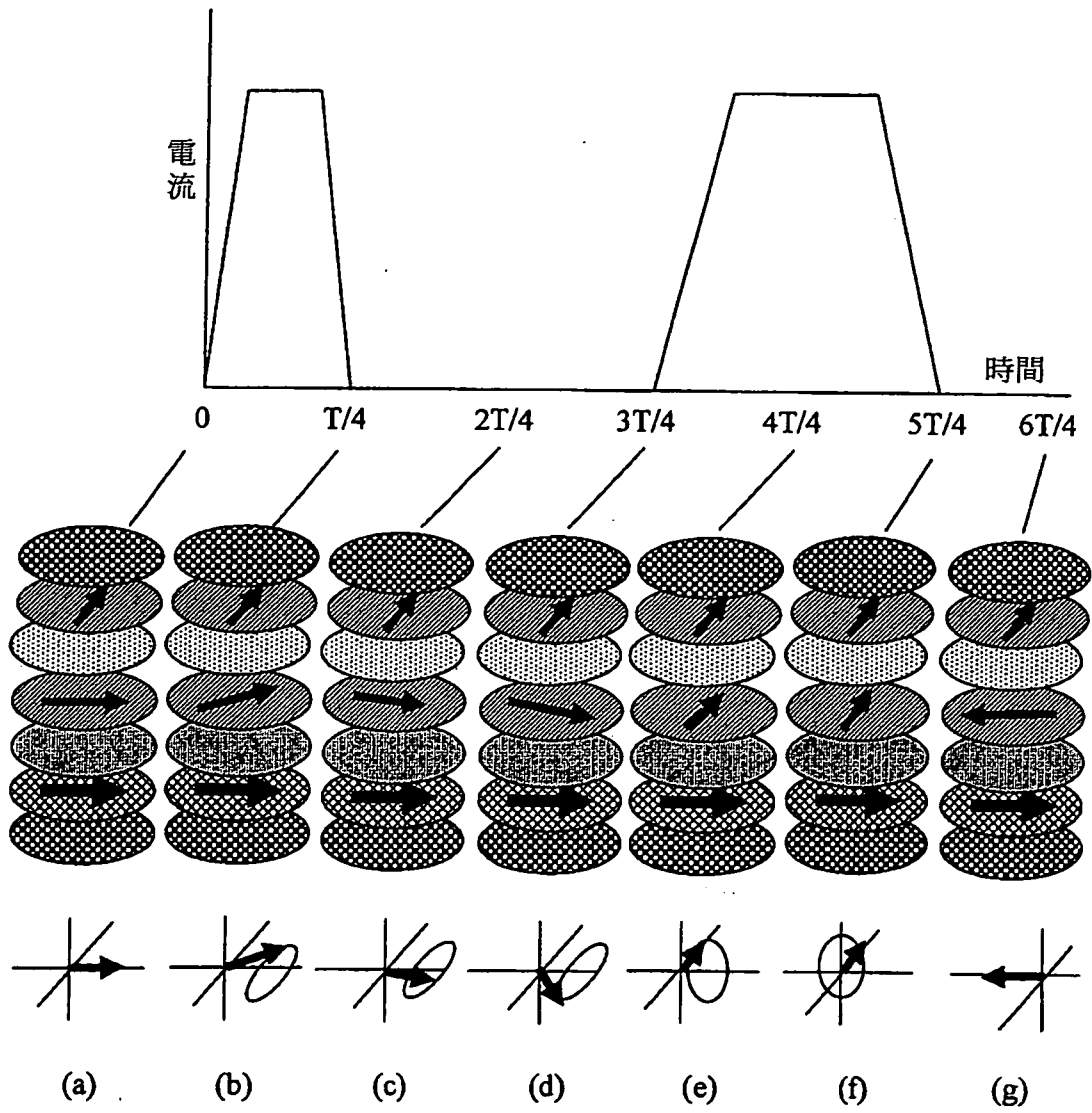




圖6

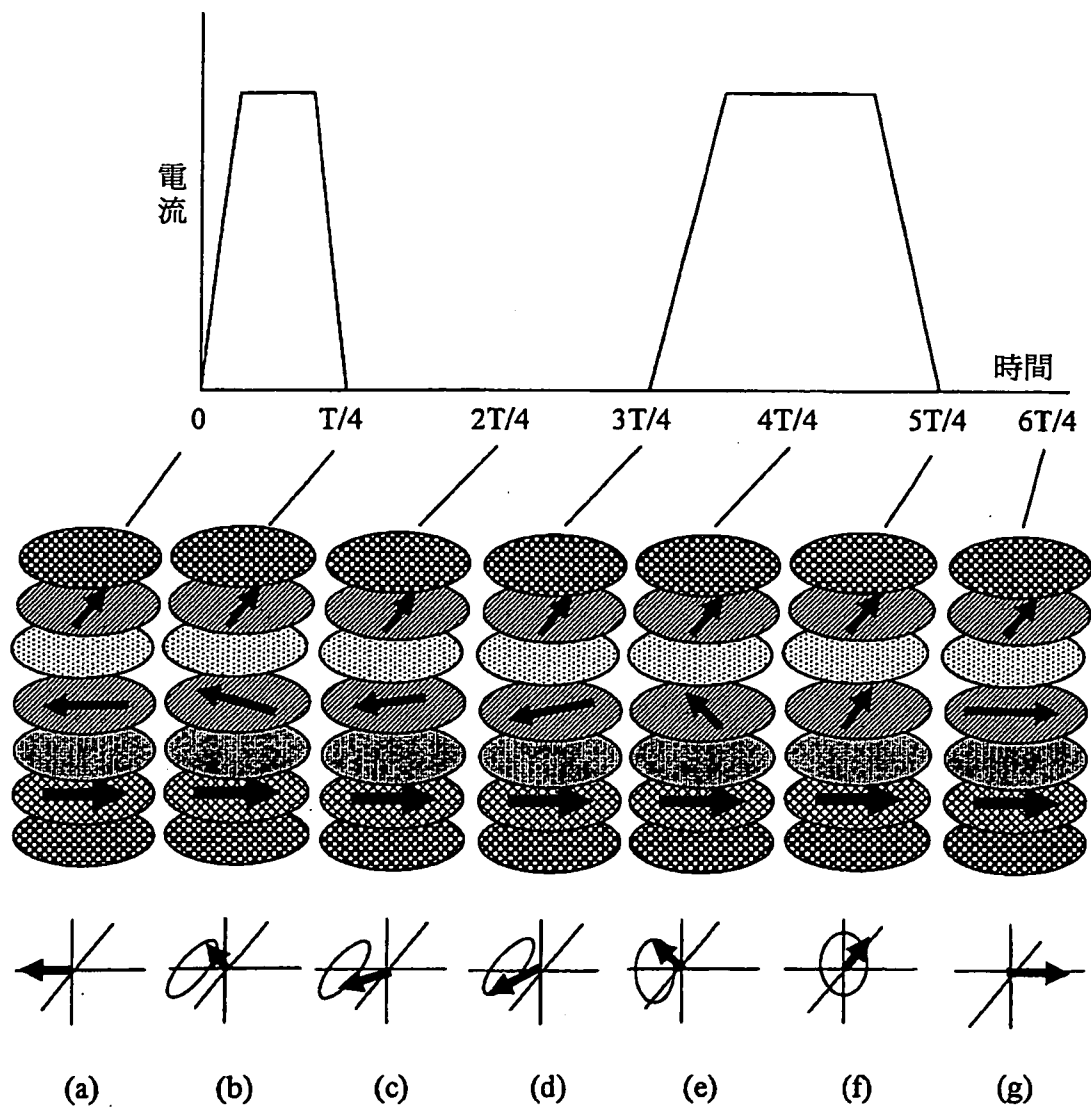


圖7

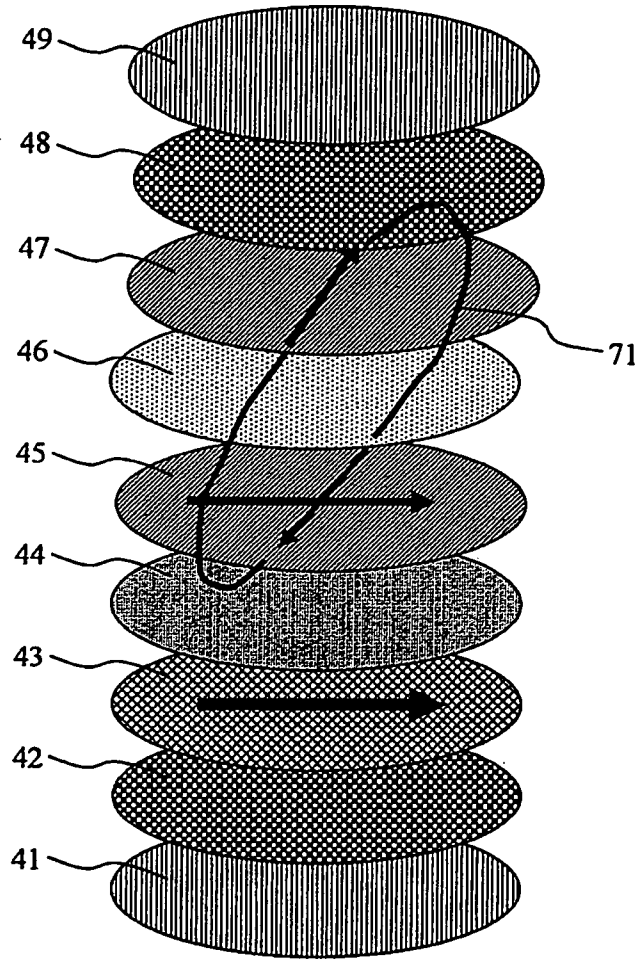


圖 8

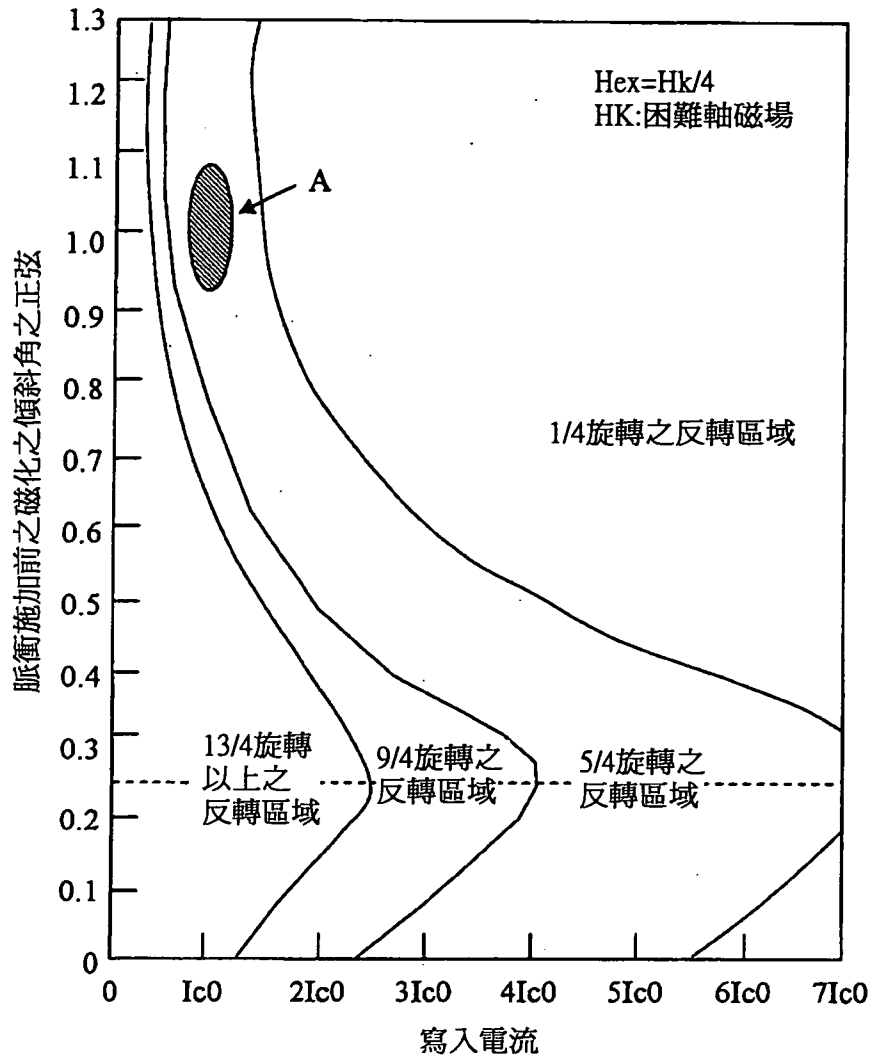


圖9

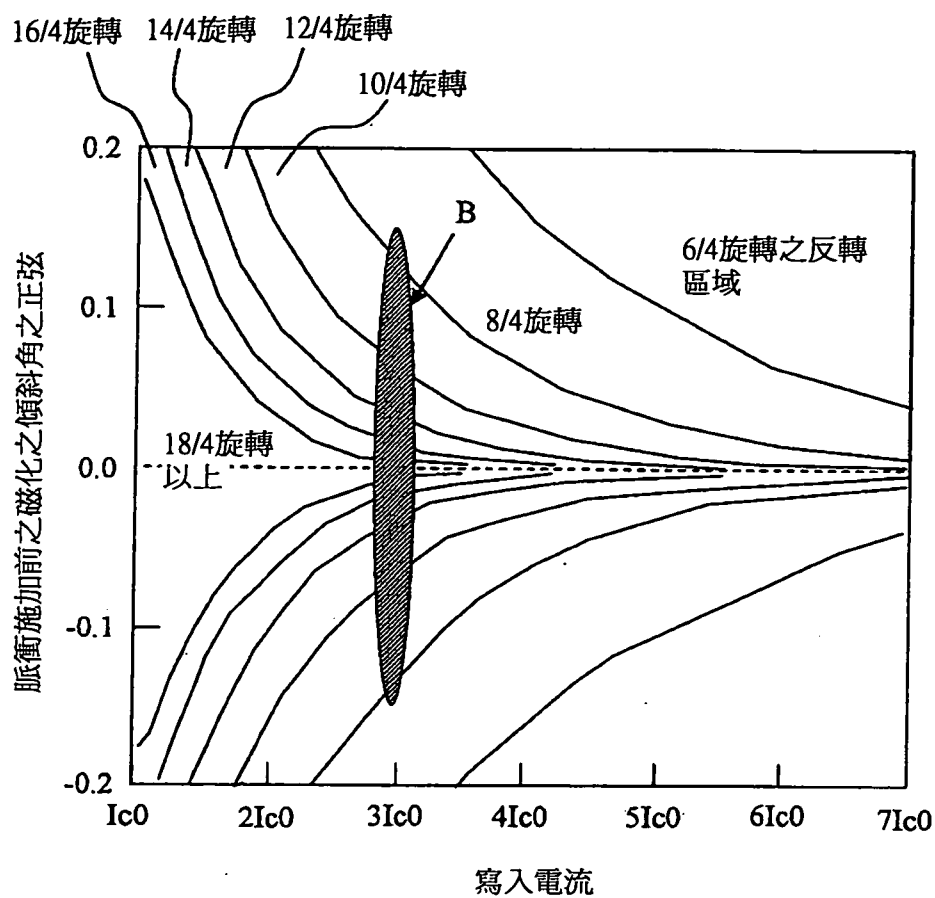


圖 10

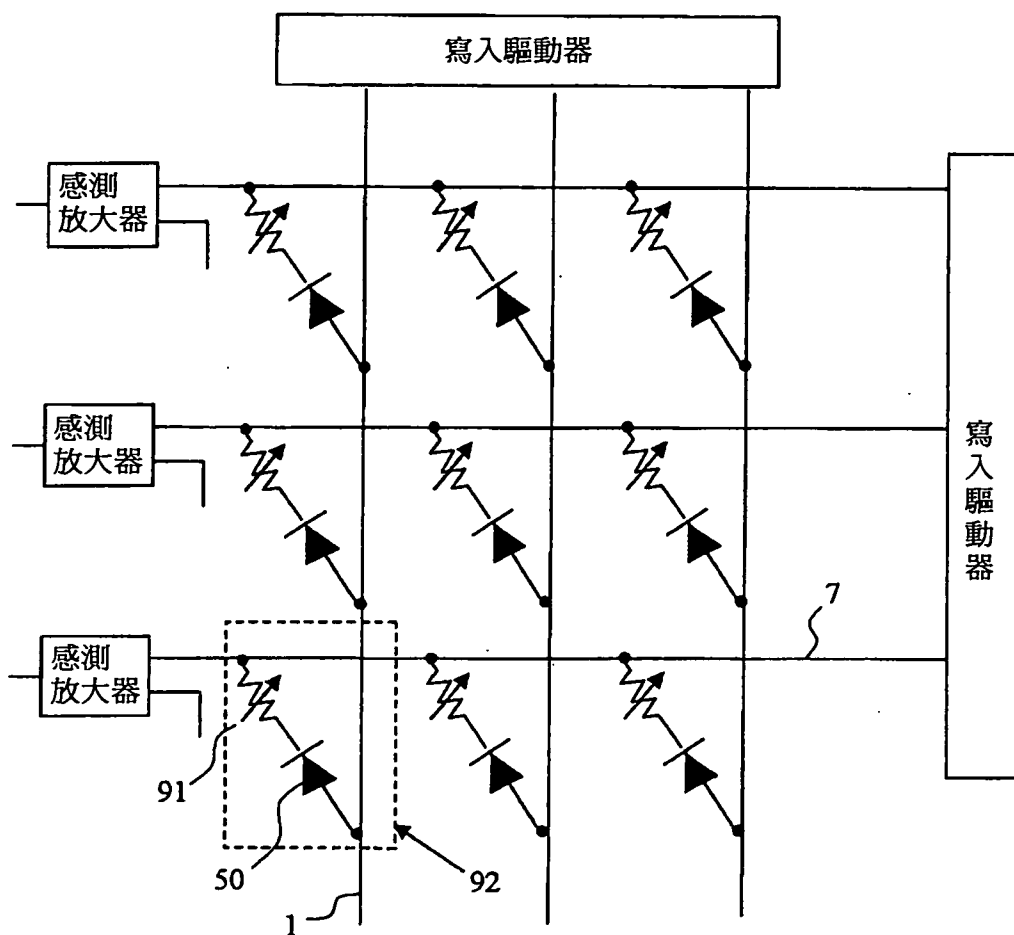


圖 11

