



(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 I555018 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 21 日

(21) 申請案號：101148955 (22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 21 日

(51) Int. Cl. : G11C11/16 (2006.01) G11C13/00 (2006.01)

(30) 優先權：2011/12/22 歐洲專利局 11290591.4

(71) 申請人：科羅庫斯科技股份有限公司 (法國) CROCUS TECHNOLOGY SA (FR)
法國(72) 發明人：普瑞比努 伊恩路遜 PREJBEANU, IOAN LUCIAN (FR)；馬凱 肯尼士 MACKAY,
KENNETH (GB)

(74) 代理人：王彥評；丁國隆

(56) 參考文獻：

US	6166948	US	6256223B1
US	6512690B1	US	6611405B1
US	6714444B2	US	6865109B2

審查人員：賴炳成

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 20 頁

(54) 名稱

寫入自我參照磁性隨機存取記憶體單元的方法

METHOD OF WRITING TO A SELF-REFERENCED MRAM CELL

(57) 摘要

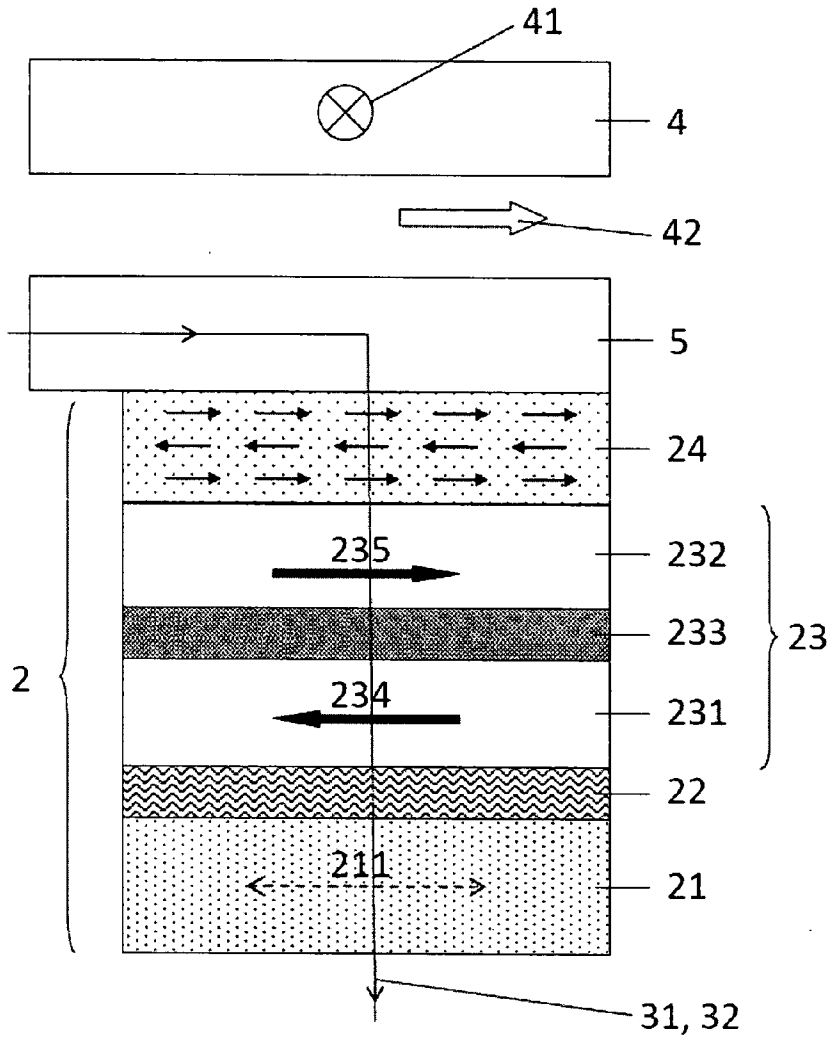
本揭示內容係關於一用於寫入自我參照 MRAM 單元的方法，該 MRAM 單元包括一磁性穿隧界面，該磁性穿隧界面包括：一儲存層，其包括一具有一第一儲存磁化向量的第一鐵磁層、一具有一第二儲存磁化向量的第二鐵磁層及一分開該第一及第二鐵磁層的非磁性耦合層；一感測層，其具有一自由感測磁化向量；及一穿隧阻障層，其包含在該感測及儲存層之間；該第一及第二鐵磁層係配置成該儲存及該感測層間之一雙極耦合大致是無效的；該方法包含以下步驟：藉由在該磁性穿隧界面中傳遞一自旋極化電流來切換該第二鐵磁磁化向量；其中該自旋極化電流係在該感測層中傳遞時根據該感測磁化向量的方向極化。該 MRAM 單元可以低功率消耗寫入。

The present disclosure concerns a method for writing to a self-referenced MRAM cell comprising a magnetic tunnel junction comprising: a storage layer including a first ferromagnetic layer having a first storage magnetization, a second ferromagnetic layer having a second storage magnetization, and a non-magnetic coupling layer separating the first and second ferromagnetic layers; a sense layer having a free sense magnetization; and a tunnel barrier layer included between the sense and storage layers; the first and second ferromagnetic layers being arranged such that a dipolar coupling between the storage) and the sense layers is substantially null; the method comprising: switching the second ferromagnetic magnetization by passing a spin-polarized current in the magnetic tunnel junction; wherein the spin-polarized current is polarized when passing in the sense layer, in accordance with the direction of the sense magnetization. The MRAM cell can be written with low power consumption.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 1 . . . 磁性隨機存取記憶體(MRAM)單元
- 2 . . . 磁性穿隧接面
- 21 . . . 感測層
- 211 . . . 感測磁化向量
- 22 . . . 穿隧阻障層
- 23 . . . 儲存層
- 231 . . . 第一鐵磁層
- 232 . . . 第二鐵磁層
- 233 . . . 間隔物層
- 234 . . . 第一鐵磁磁化向量
- 235 . . . 第二鐵磁磁化向量
- 24 . . . 反鐵磁儲存層
- 31 . . . 自旋極化電流
- 32 . . . 感測電流
- 4 . . . 場線
- 41 . . . 場電流
- 42 . . . 磁場
- 5 . . . 電流線



1 ↗

第 1 圖

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：101148955

※申請日：101, 12, 21

※IPC分類：G11C 11/16 (2006.01)

G11C 13/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

寫入自我參照磁性隨機存取記憶體單元的方法
METHOD OF WRITING TO A SELF-REFERENCED MRAM
CELL

二、中文發明摘要：

本揭示內容係關於一用於寫入自我參照 MRAM 單元的方法，該 MRAM 單元包括一磁性穿隧接面，該磁性穿隧接面包括：一儲存層，其包括一具有一第一儲存磁化向量的第一鐵磁層、一具有一第二儲存磁化向量的第二鐵磁層及一分開該第一及第二鐵磁層的非磁性耦合層；一感測層，其具有一自由感測磁化向量；及一穿隧阻障層，其包含在該感測及儲存層之間；該第一及第二鐵磁層係配置成該儲存及該感測層間之一雙極耦合大致是無效的；該方法包含以下步驟：藉由在該磁性穿隧接面中傳遞一自旋極化電流來切換該第二鐵磁磁化向量；其中該自旋極化電流係在該感測層中傳遞時根據該感測磁化向量的方向極化。該 MRAM 單元可以低功率消耗寫入。

三、英文發明摘要：

The present disclosure concerns a method for writing to a self-referenced MRAM cell comprising a magnetic tunnel junction comprising: a storage layer including a first ferromagnetic layer having a first storage magnetization, a second ferromagnetic layer having a second storage magnetization, and a non-magnetic coupling layer separating the first and second ferromagnetic layers; a sense layer having a free sense magnetization; and a tunnel barrier layer included between the sense and storage layers; the first and second ferromagnetic layers being arranged such that a dipolar coupling between the storage) and the sense layers is substantially null; the method comprising: switching the second ferromagnetic magnetization by passing a spin-polarized current in the magnetic tunnel junction; wherein the spin-polarized current is polarized when passing in the sense layer, in accordance with the direction of the sense magnetization. The MRAM cell can be written with low power consumption.

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	磁性隨機存取記憶體(MRAM)單元
2	磁性穿隧界面
21	感測層
211	感測磁化向量
22	穿隧阻障層
23	儲存層
231	第一鐵磁層
232	第二鐵磁層
233	間隔物層
234	第一鐵磁磁化向量
235	第二鐵磁磁化向量
24	反鐵磁儲存層
31	自旋極化電流
32	感測電流
4	場線
41	場電流
42	磁場
5	電流線

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】

本發明係關於一種用於使用旋轉轉移力矩寫入操作以低功率消耗寫入自我參照 MRAM 單元的方法。

【先前技術】

使用所謂的自我參照讀取操作之 MRAM 單元典型包括一磁性穿隧接面，其由一磁性儲存層、一薄絕緣層及一感測層組成，該磁性儲存層所具有之一磁化向量的方向可從一第一穩定方向變化為一第二穩定方向，且該感測層所具有之一磁化向量具有可反轉的方向。自我參照 MRAM 單元容許以低功率消耗及增加的速度來執行寫入及讀取操作。此外，自我參照 MRAM 單元既可用於製造具有減少之回收率的功能性記憶體，亦可用於高溫與安全應用。

不過，由於局部的磁性雜散場而在儲存及感測層之間發生一雙極耦合，其在一閉合磁通量組態中將感測層的磁化向量與儲存層的磁化向量耦合在一起。切換感測層的磁化向量接著將需要施加一足夠高的磁場來克服雙極耦合。當為了測量感測層的磁滯迴路而施加一場循環時，雙極耦合導致磁滯迴路移位(或偏移)。此雙極耦合與儲存及感測層的厚度及磁化向量相依，並與磁性穿隧接面的尺寸相依。特別地，雙極耦合隨著磁性穿隧接面的直徑減少而增加，並可因此成為按比例縮小 MRAM 單元時的主要問題。

由儲存層在感測層上產生的雜散場導致增加的功率

消耗，特別是在 MRAM 單元的讀取操作期間。此外，例如使用一合成儲存層來減少雜散場可導致感測層之磁化向量的切換場增加。

【發明內容】

本揭示內容係關於一用於寫入自我參照 MRAM 單元的方法，該 MRAM 單元包括一磁性穿隧接面，其包括：一儲存層，其包括一具有一第一儲存磁化向量的第一鐵磁層、一具有一第二儲存磁化向量的第二鐵磁層及一分開該第一及第二鐵磁層的非磁性耦合層；一感測層，其具有一自由感測磁化向量；及一穿隧阻障層，其包含在該感測及儲存層之間；該第一及第二鐵磁層係配置成該儲存及該感測層間之一雙極耦合大致是無效的；該方法可包含以下步驟：藉由在該磁性穿隧接面中傳遞一自旋極化電流來切換該第二鐵磁磁化向量；其中該自旋極化電流係在該感測層中傳遞時根據該感測磁化向量的方向極化。

在一實施例中，該感測磁化向量的方向可藉由在切換該第二鐵磁磁化向量之前施加一磁場來決定。

在另一實施例中，該感測層可具有一形狀異向性或磁晶異向性，以便使該感測磁化向量的方向穩定。

在尚有另一實施例中，該第二鐵磁磁化向量的切換方向可藉由該自旋極化電流的極性來決定。

在尚有另一實施例中，該感測磁化向量的方向可藉由在該切換該第二鐵磁磁化向量期間施加一磁場來決定。

在尚有另一實施例中，該感測磁化向量的方向可藉由施加磁場的方向來決定。

此處所揭示的方法容許以低功率消耗寫入 MRAM 單元。

【實施方式】

第 1 圖繪示根據一實施例之自我參照 MRAM 單元 1。MRAM 單元 1 包括磁性穿隧界面 2，其包括儲存層 23；感測層 21，其具有自由感測磁化向量 211；穿隧阻障層 22，其係包含在儲存層 23 及感測層 21 之間。儲存層 23 較佳的是合成儲存層，其包括第一鐵磁層 231，其具有第一儲存磁化向量 234；第二鐵磁層 232，其具有第二儲存磁化向量 235；及非磁性耦合層 233，其分開第一及第二鐵磁層 231、232。

間隔物層 233 的尺寸(例如，厚度)可經過選擇，以致使第一及第二鐵磁層 231 及 232 經由 RKKY 耦合磁性耦合，以致第一鐵磁磁化向量 234 定向為與第二鐵磁磁化向量 235 反向平行。厚度可取決於形成間隔物層 233 的材料。舉例來說，間隔物層 233 可包括一非磁性材料，其選自包括例如下列的群組：鈥(Ru)、銠(Re)、銩(Rh)、碲(Te)、釔(Y)、鉻(Cr)、銱(Ir)、銀(Ag)、銅(Cu)等。在一實施例中，厚度可包含在約 0.2 nm 及 3 nm 之間。不過，其他厚度可適於耦合兩鐵磁層 231 及 232。在一較佳實施例中，間隔物層 233 包括鈥(Ru)，並具有包含在 0.7 nm 及 0.9 nm 之間的厚度。

在第 1 圖的示範組態中，合成儲存層 23 係與反鐵磁層 24 交換耦合，以便使第二鐵磁層 232 的第二鐵磁磁化向量 235 在低於臨界溫度的低溫定限值下固定不變，並在等於或高於臨界溫度的第二高溫定限值下使其自由。反鐵磁層 24 可由例如 IrMn、PtMn、NiMn 或 FeMn 之錳基合金或任何其他適用的材料製成。

一雙極耦合可發生在儲存層 23 及感測層 21 之間。這類雙極耦合係由第一及第二鐵磁磁化向量 234、235 所感生之局部磁性雜散場(未顯示)所導致。雙極耦合的量值取決於第一及第二鐵磁層 231、232 的個別厚度。雙極耦合的量值亦可藉由選擇具有各種自發磁化向量之第一及第二鐵磁層 231、232 的磁性材料來改變，這些材料例如，但非獨占性地為 Fe、Co、Ni 及例如 FeCo、NiFe、FeCoB、FeCoNi 或 FeCoCr 的合金。

在一實施例中，選擇第一及第二鐵磁層 231、232 的厚度，以致雙極耦合，從而是雜散場大致是無效的。在此組態中，合成儲存層 23 可說是完全得到補償。

根據一實施例，一熱輔助切換(TAS)寫入操作包含以下步驟：

將磁性穿隧界面 2 加熱至一高溫定限值；

一旦磁性穿隧界面 2 已達到該高溫定限值，將第二鐵磁磁化向量 235 切換為寫入狀態；及

將磁性穿隧界面 2 冷卻至低溫定限值，以便將第二鐵磁磁化向量 235 凍結在寫入狀態。

加熱磁性穿隧接面 2 可藉由在磁性穿隧接面 2 中經由電流線 5 傳遞加熱電流 31 來執行，電流線 5 係與磁性穿隧接面 2 電通訊。

在一實施例中，經寫入的 MRAM 單元 1 可使用自我參照讀取操作來讀取，該讀取操作包含以下步驟：

沿著一第一讀取方向調整感測磁化向量 211；

測量第一接面電阻值 R_1 ；

沿著一第二讀取方向調整感測磁化向量 211；及

測量第二接面電阻值 R_2 。

沿著一第一讀取方向調整感測磁化向量 211 可包含藉由在場線 4 中傳遞具有一第一極性的場電流 41 來施加具有一第一極性的磁場 42。沿著一第二讀取方向調整感測磁化向量 211 可包含在場線 4 中傳遞具有一與第一極性相反之第二極性的場電流 41 來施加具有一與第一極性相反之第二極性的讀取磁場 42。在一低於第一臨界溫度的讀取溫度(例如，可相當於低溫定限值)下施加磁場 42，其中第二儲存磁化向量 235 係藉由第一反鐵磁層 24 來固定不變。測量第一及第二接面電阻值 R_1 、 R_2 可藉由在磁性穿隧接面 2 中經由電流線 5 傳遞感測電流 32 來執行。或者，場電流 41 可在電流線 5 中傳遞。

第 2 和 3 圖繪示根據一實施例之以旋轉轉移力矩 (STT) 為基礎的寫入操作，其中感測層 21 係用作一極化層。在以 STT 為基礎的寫入操作期間，切換第一鐵磁磁化向量 234 包含在磁性穿隧接面 2 中例如經由電流線 5 注入自旋極化電流 31。自旋極化電流 31 的旋轉變為主

要沿著感測磁化向量 211 的磁化向量方向定向。自旋極化電流 31 在第一鐵磁磁化向量 234 上施加一力矩，沿著相當於感測磁化向量 211 之定向的方向切換第一鐵磁磁化向量 234。在一較佳實施例中，感測層 21 具有大於與穿隧阻障層 22 接觸之第一鐵磁層 231 之厚度的厚度。

更特別地，第 2(a)圖顯示處於一初始狀態的 MRAM 單元 1，其中第一及第二鐵磁磁化向量 234、235 係定向為反向平行，且其中感測磁化向量 211 係朝著圖的左邊定向。感測磁化向量 211 的定向可例如藉由在寫入操作前之讀取操作期間施加的磁場 42 來決定。感測磁化向量 211 的定向可藉由下列來使之穩定：感測層 21 的形狀異向性，例如，感測層 21 具有橢圓形；或歸因於磁晶異向性。

第 2(b)圖繪示 MRAM 單元 1，其中具有一第一極性的自旋極化電流 31 係注入磁性穿隧界面 2 中。根據自旋極化電流 31 的第一極性，自旋極化電流 31 在通過感測層 21 時變為極化。在此組態中，自旋極化電流 31 係於對應於感測磁化向量 211 之定向的方向在第一鐵磁磁化向量 234 上施加一切換第一鐵磁磁化向量 234 的力矩。第二鐵磁磁化向量 235 因此被切換在與感測磁化向量 211 之方向相反的方向，以便由於 RKKY 耦合而維持與第一鐵磁磁化向量 234 反向平行。

第 2(c)圖繪示處於一第一寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中第二鐵磁磁化向量 235 已在與感測磁化向量 211

相反的方向進行切換。在寫入之後，第一反鐵磁層 24 變成定向為本質上平行鐵磁層 232 的磁化向量 235。

第 3(a)圖繪示處於第 2(c)圖之寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中具有一第二極性的自旋極化電流 31 係通過磁性穿隧接面 2 注入。根據自旋極化電流 31 的第二極性，自旋極化電流 31 在通過感測層 21 時變為極化。在此組態中，自旋極化電流 31 沿著與第一寫入方向相反或與感測磁化向量 211 之定向相反的方向切換第一鐵磁磁化向量 234。

第 3(b)圖繪示處於一第二寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中第一鐵磁磁化向量 234 已根據具有第二極性的自旋極化電流 31 進行切換。再次，亦切換第二鐵磁磁化向量 235，以便由於 RKKY 耦合而維持與第一鐵磁磁化向量 234 反向平行。

根據本實施例之以 STT 為基礎的寫入操作之一優點在於寫入操作可在缺少磁場的情況下執行。不過，根據本實施例之以 STT 為基礎的寫入操作需要使用一雙極電晶體，以用於注入雙向自旋極化電流 31。由於感測層 21 的形狀及/或磁晶異向性，讀取操作亦可需要磁場 42 具有較大的量值。

第 4 和 5 圖繪示根據另一實施例之以 STT 為基礎的寫入操作。更特別地，第 4(a)圖顯示處於一初始狀態的 MRAM 單元 1，其中第一及第二鐵磁磁化向量 234、235 係定向為反向平行，且其中感測磁化向量 211 係朝著圖的左邊定向。

第 4(b)圖繪示 MRAM 單元 1，在其中施加磁場 42，以便根據磁場 42 定向感測磁化向量 211。當施加磁場 42 時，自旋極化電流 31 係通過磁性穿隧界面 2 注入。根據感測磁化向量 211 由磁場 42 所決定的定向，自旋極化電流 31 在通過感測層 21 時變為極化。自旋極化電流在第一鐵磁磁化向量 234 上施加一力矩，沿著相當於感測磁化向量 211 之定向的方向切換第一鐵磁磁化向量 234。磁場 42 小到足以允許僅切換感測磁化向量 211 而不切換第一鐵磁磁化向量 234。在第 4(b)圖的範例中，可藉由在場線 4 中傳遞進入頁面的場電流 41 來施加朝右定向的磁場，如第 1 圖所繪示。

第 4(c)圖繪示處於寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中第一鐵磁磁化向量 234 已根據感測磁化向量 211 的方向進行切換。第二鐵磁磁化向量 235 亦經切換，以便由於 RKKY 耦合而維持與第一鐵磁磁化向量 234 反向平行。

第 5(a)圖繪示處於第 4(c)圖之寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中注入磁性穿隧界面 2 中的自旋極化電流 31 具有與第 4(b)圖的相同的極性。在第 5(a)圖中，所施加的磁場 42 具有與第 4(b)圖的相反的方向，以致感測磁化向量係沿著與第 4(b)圖的相反的方向定向。根據感測磁化向量 211 的定向極化的自旋極化電流 31 沿著與其處於第 5(a)圖之第一寫入狀態之方向相反的方向切換第一鐵磁磁化向量 234。

第 5(b)圖繪示處於第二寫入狀態的 MRAM 單元 1，其中第一鐵磁磁化向量 234 已根據自旋極化電流 31 及施

加磁場 42 的方向進行切換。第二鐵磁磁化向量 235 亦經切換，以便由於 RKKY 耦合而維持與第一鐵磁磁化向量 234 反向平行。

根據本實施例之以 STT 為基礎的寫入操作之一優點在於注入單向自旋極化電流 31 可使用一單極電晶體執行，該單極電晶體小於雙極電晶體，並具有較低的功率消耗。讀取操作亦需要使用具有較小量值的磁場 42。不過，寫入操作需要使用磁場 42。

【圖式簡單說明】

在經由範例給定並藉由圖式繪示之一實施例的敘述輔助下，將更佳地了解本發明，其中：

第 1 圖繪示根據一實施例之自我參照 MRAM 單元 1；

第 2 和 3 圖繪示根據一實施例之以旋轉轉移力矩 (STT) 為基礎的寫入操作；

第 4 和 5 圖繪示根據另一實施例之以 STT 為基礎的寫入操作。

【主要元件符號說明】

1	磁性隨機存取記憶體 (MRAM) 單元
2	磁性穿隧界面
21	感測層
211	感測磁化向量
22	穿隧阻障層
23	儲存層
231	第一鐵磁層
232	第二鐵磁層

233	間隔物層
234	第一鐵磁磁化向量
235	第二鐵磁磁化向量
24	反鐵磁儲存層
31	自旋極化電流
32	感測電流
4	場線
41	場電流
42	磁場
5	電流線

七、申請專利範圍：

1. 一種用於寫入自我參照磁性隨機存取記憶體單元的方法，該磁性隨機存取記憶體單元包括一磁性穿隧界面，該磁性穿隧界面包括：

一儲存層，其包括一具有一第一儲存磁化向量的第一鐵磁層、一具有一第二儲存磁化向量的第二鐵磁層及一分開該第一及第二鐵磁層的非磁性耦合層；

一感測層，其具有一自由感測磁化向量；及

一穿隧障壁層，其包含在該感測層與儲存層之間；

該第一及第二鐵磁層係配置成該儲存層及該感測層間之一雙極耦合大致是無效的；

該磁性穿隧界面更包括一反鐵磁層，其交換耦合該第二鐵磁層，以便在低溫定限值將該第二儲存磁化向量固定不變，但在第二高溫定限值使其自由；

該方法包含以下步驟：

將磁性穿隧界面加熱至該高溫定限值；

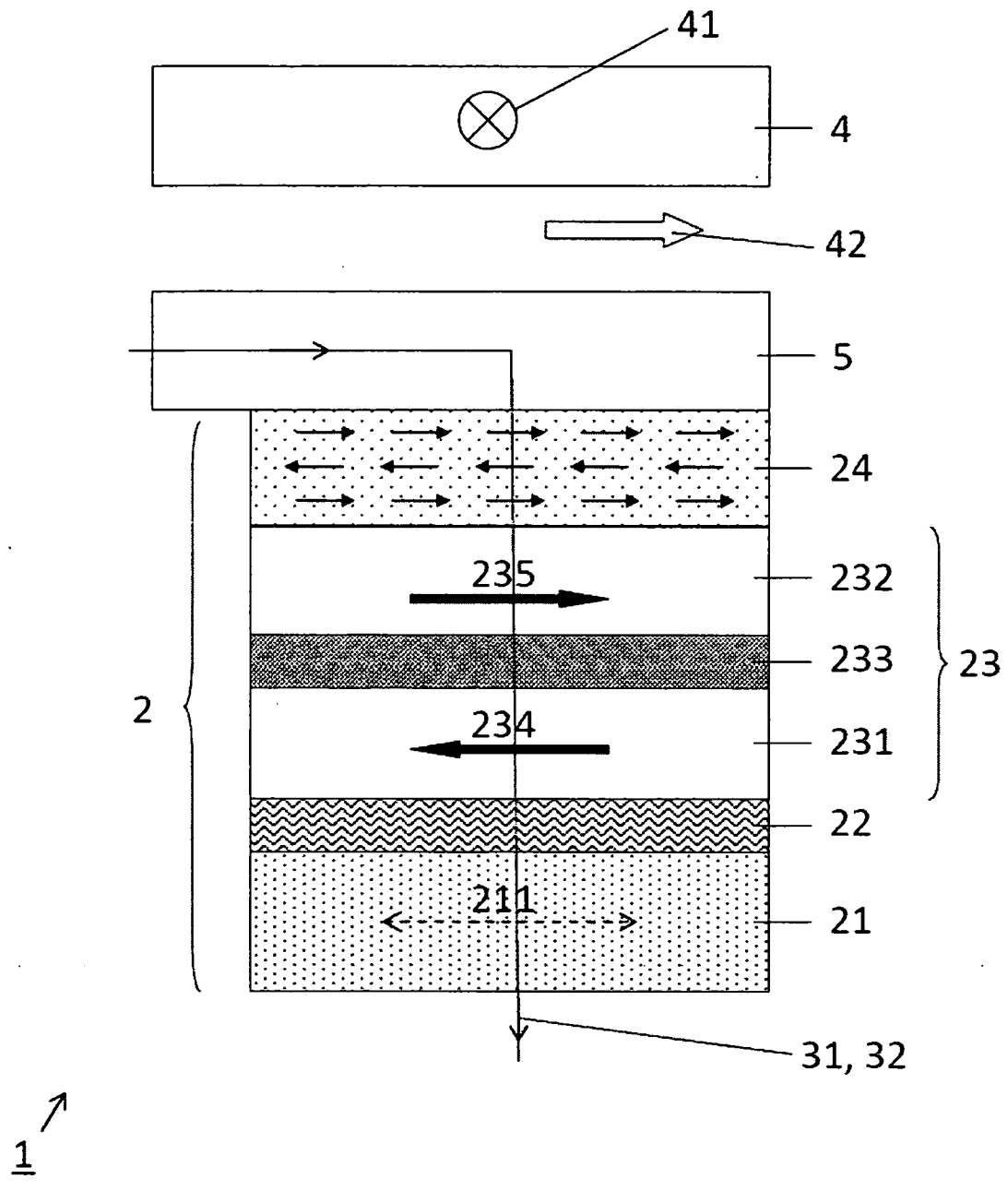
施加一磁場以將該感測磁化向量定向於一預先定義的方向，其係對應於所期望的自旋極化電流之極化的方向，其中施加磁場的量值係僅可調整該感測磁化向量的方向，但不能調整該第一儲存磁化向量；

一旦該磁性穿隧界面已達到該高溫定限值，藉由將一自旋極化電流通過該磁性穿隧界面來切換該第一儲存磁化向量，其中該第一儲存磁化向量切換的方向取決於該自旋極化電流的極性；

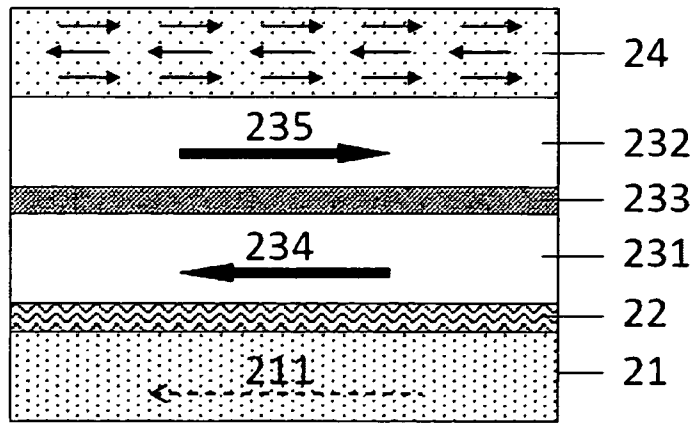
該自旋極化電流係僅在通過該感測層時根據該感

- 測磁化向量的方向極化，且在其通過該感測層中之前為非極化。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該感測磁化向量的方向係藉由在切換該第一儲存磁化向量之前施加一磁場來決定。
 3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中該感測層具有一形狀異向性或磁晶異向性，以便使該感測磁化向量的方向穩定。
 4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一儲存磁化向量的切換方向係藉由該自旋極化電流的極性來決定。
 5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該感測磁化向量的方向係藉由在切換該第一儲存磁化向量期間施加一磁場來決定。
 6. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該感測磁化向量的方向係藉由施加磁場的方向來決定。

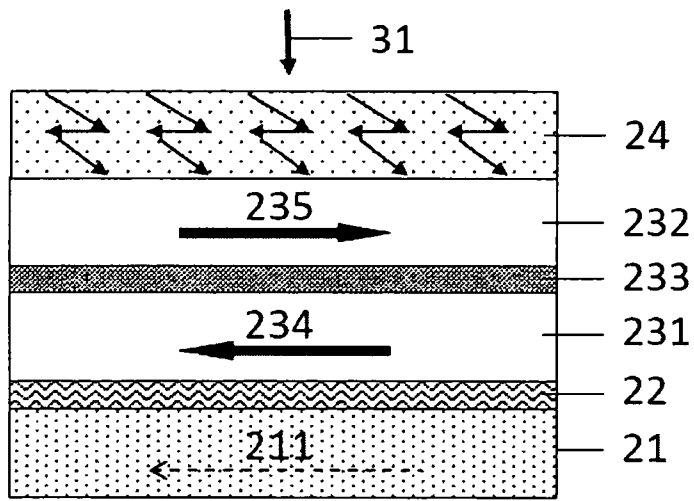
八、圖式：



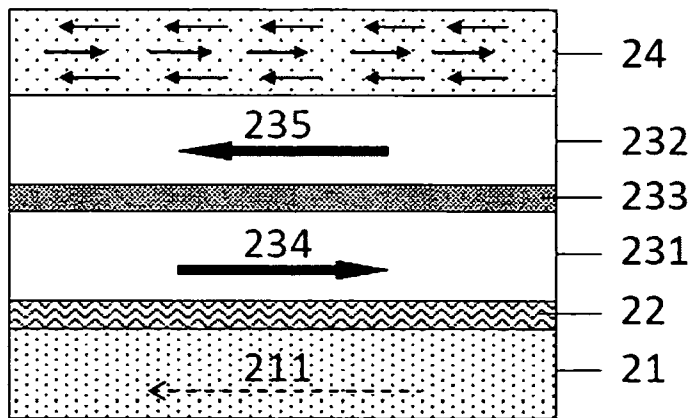
第 1 圖



(a)

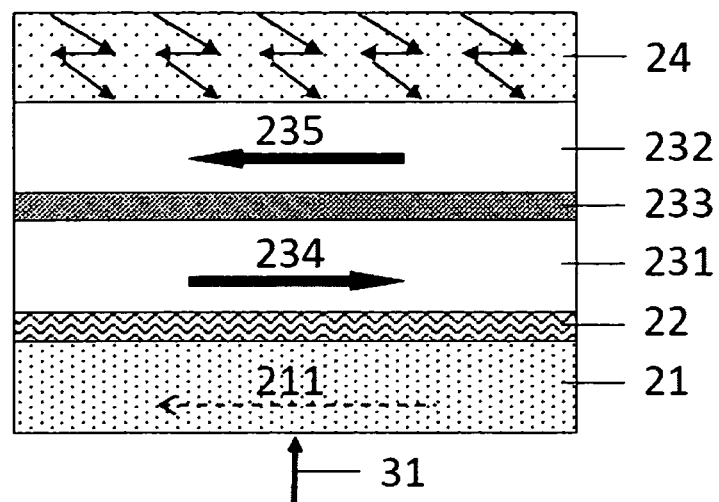


(b)

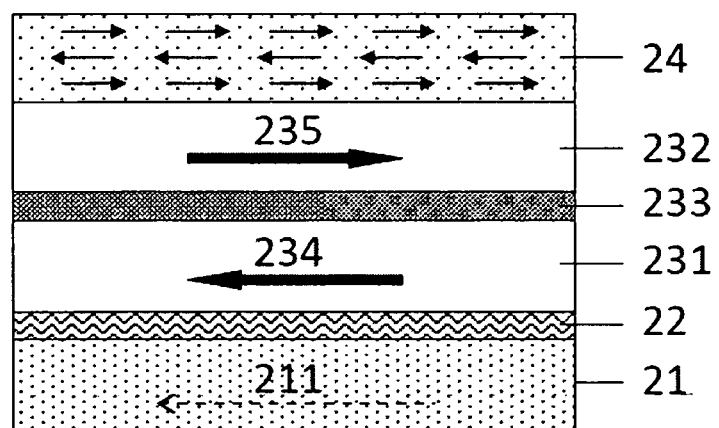


(c)

第 2 圖

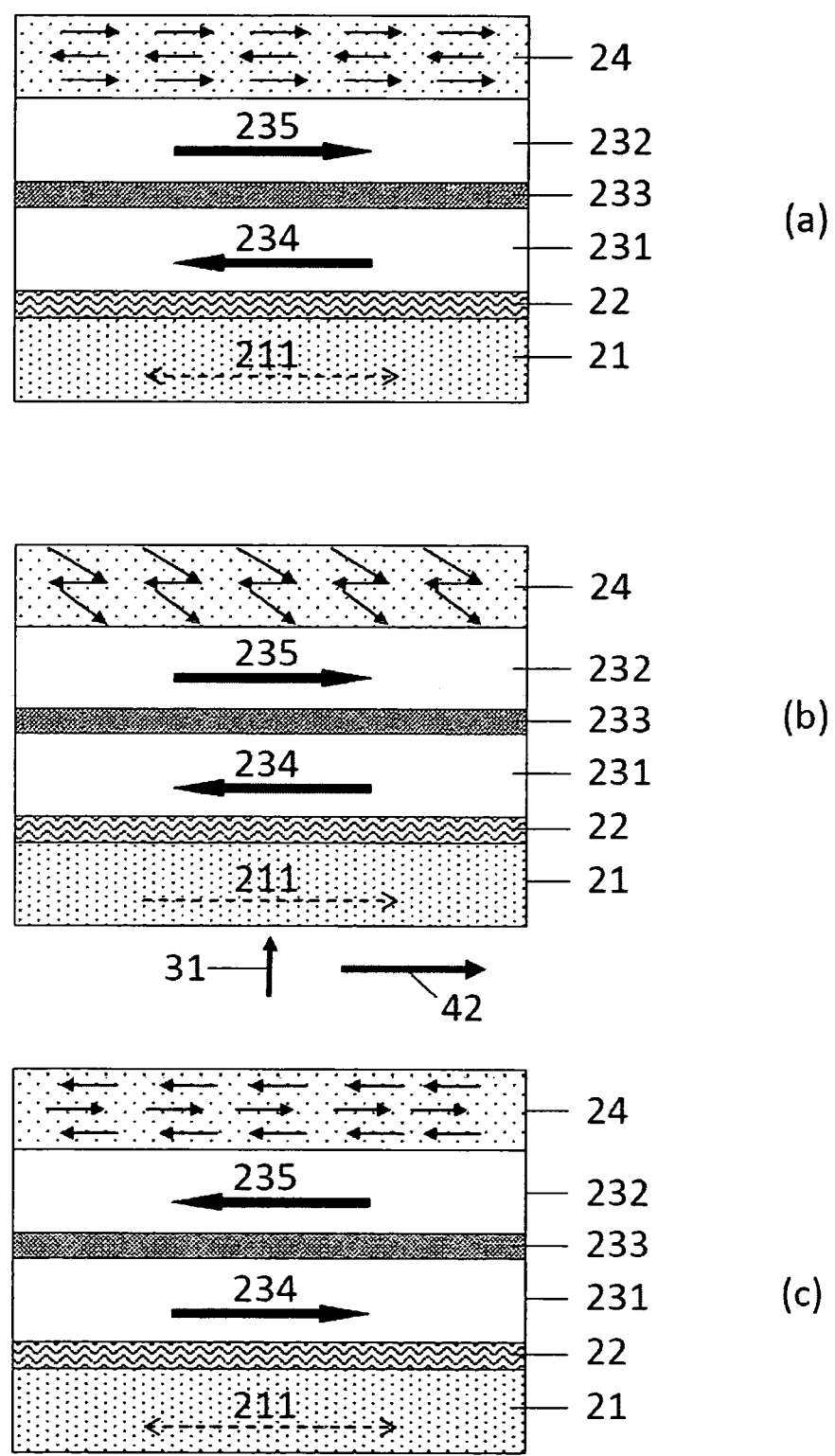


(a)

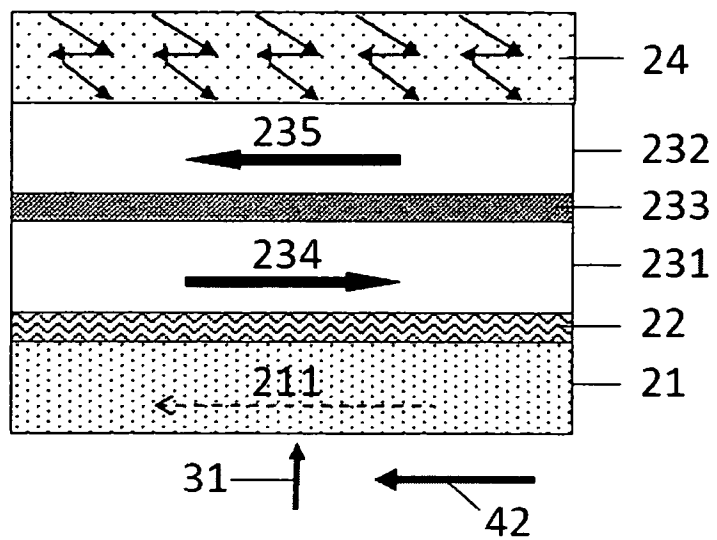


(b)

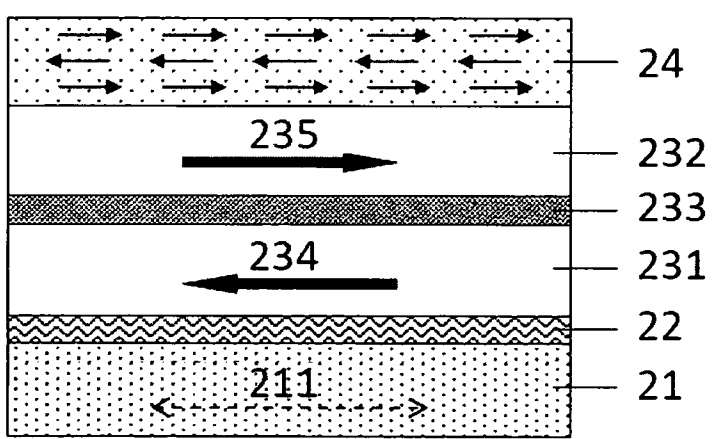
第 3 圖



第 4 圖



(b)



(c)

第 5 圖