



(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 I639155 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：103134937

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 10 月 07 日

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

H01F10/16 (2006.01)

H01F10/32 (2006.01)

(30)優先權：2013/10/28 日本

2013-223352

(71)申請人：新力股份有限公司 (日本) SONY CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：山根一陽 YAMANE, KAZUTAKA (JP)；細見政功 HOSOMI, MASANORI (JP)；
大森廣之 OHMORI, HIROYUKI (JP)；別所和宏 BESSHO, KAZUHIRO (JP)；肥後
豊 HIGO, YUTAKA (JP)；內田裕行 UCHIDA, HIROYUKI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 102376873A

EP 1970911A1

US 8374025B1

US 2007/0297220A1

US 2009/0251951A1

US 2010/0080050A1

US 2012/0043631A1

審查人員：蕭明椿

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 53 頁

(54)名稱

儲存元件、儲存裝置及磁頭

STORAGE ELEMENT, STORAGE DEVICE, AND MAGNETIC HEAD

(57)摘要

本發明揭示一種儲存元件，其具有一分層結構且經組態以用於儲存資訊。在一實例中，該儲存元件包括一儲存部分，該儲存部分具有垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變。該儲存元件亦包含：一固定磁化部分，其具有充當該儲存磁化之一參考之參考磁化；及一中間部分，其介於該儲存部分與該固定磁化部分之間，該中間部分係由一非磁性材料製成。該固定磁化部分包含一層疊亞鐵磁性結構，其包括一第一鐵磁性層、一第二鐵磁性層及一非磁性層。該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含 Pt、Co 及 Y 之一合金或一層疊結構。本發明亦揭示包含該儲存元件之儲存裝置。

A storage element having a layered structure and being configured for storing information is disclosed. In one example, the storage element comprises a storage portion with a storage magnetization that is perpendicular to a film surface of the layered structure, wherein a direction of the storage magnetization is configured to change according to the information. The storage element also includes a fixed magnetization portion with reference magnetization serving as a reference to the storage magnetization, and an intermediate portion between the storage portion and the fixed magnetization portion that is made of a non-magnetic material. The fixed magnetization portion includes a laminated ferrimagnetic structure that comprises a first ferromagnetic layer, a second ferromagnetic layer, and a non-magnetic layer. The fixed magnetization

portion includes a first magnetic material that is an alloy or a laminated structure including Pt, Co, and Y. Storage devices including the storage element are also disclosed.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 11 . . . 基底層
- 12 . . . 磁化固定層
- 12a . . . 鐵磁性層
- 12b . . . 非磁性層
- 12c . . . 鐵磁性層
- 13 . . . 中間層
- 14 . . . 儲存層
- 15 . . . 頂蓋層

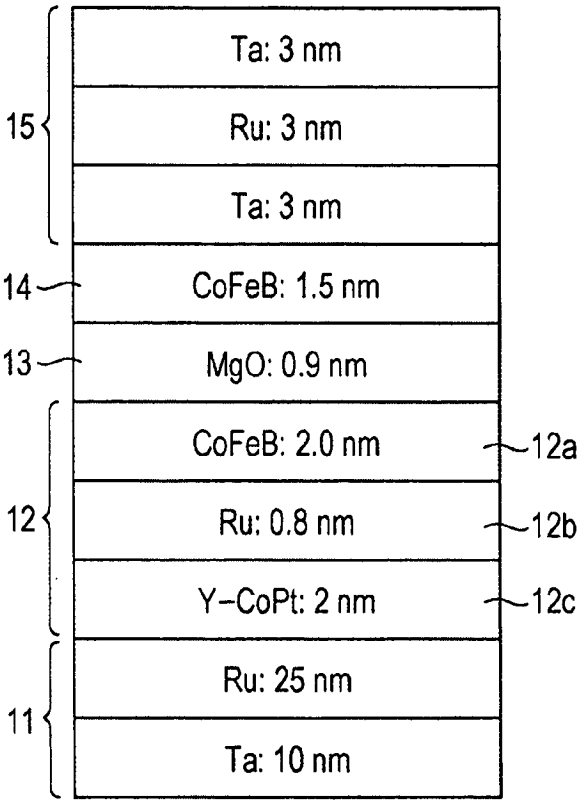


圖 6

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】

儲存元件、儲存裝置及磁頭

STORAGE ELEMENT, STORAGE DEVICE, AND MAGNETIC
HEAD

[相關申請案之交叉參考]

本申請案主張2013年10月28日申請之日本優先專利申請案JP2013-223352之權利，該案之全文以引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於一種儲存元件及一種儲存裝置，其等具有複數個磁性層且使用自旋力矩磁化反轉來執行儲存。另外，本發明亦係關於一種磁頭，其從一磁性記錄媒體偵測一磁性信號。

【先前技術】

隨著從行動終端機至大容量伺服器之各種資訊設備快速發展，吾人在不斷尋求更高效能(諸如更高整合度、更快速度及更少電力消耗)之組件(如記憶體及邏輯元件)用於組態此等設備。特定言之，已在一非揮發性半導體記憶體中取得顯著進展，且作為一大容量檔案記憶體之一快閃記憶體被日益廣泛使用且促使其取代硬碟機。

同時，關於程式碼儲存器及甚至一工作記憶體之擴充，非揮發性半導體記憶體之發展亦不斷推進以替換當前常用之一反或快閃記憶體、一DRAM及其類似者。例如，鐵電隨機存取記憶體(FeRAM)、磁性隨機存取記憶體(MRAM)、相變RAM (PCRAM)及其類似者可作為非揮發性半導體記憶體之例示。此等裝置之部分已被商業化。

在此等非揮發性記憶體中，MRAM使用一磁性材料之一磁化方

向來儲存資料，且因此能夠快速重寫及幾乎無限次重寫(10^{15} 倍或更大)。MRAM已用於諸如工業自動化或航空之領域中。

歸因於MRAM之快速操作及可靠性，預期在未來很可能將MRAM用作為程式碼儲存器及工作記憶體。

然而，減少電力消耗及增加容量對於MRAM而言仍是問題。

存在歸因於MRAM之一儲存原理(即，使用從佈線產生之一電流磁場來使磁化反轉之一方法)之重大問題。

作為解決此問題之一方法，現正研究不依靠一電流磁場之儲存方法(即，磁化反轉)，且其中關於自旋力矩磁化反轉之研究正積極進行中(參考(例如) PTL1、PTL2、PTL3、NPL1及NPL2)。

在下文中，使用自旋力矩磁化反轉之一MRAM被稱為一基於自旋力矩轉移之磁性隨機存取記憶體(STT-MRAM)。自旋力矩磁化反轉有時亦被稱為自旋注入磁化反轉。

STT-MRAM具有兩種類型：一平面內磁化類型及一垂直磁化類型。其中，近年來，正積極發展更適合於按比例調整之一垂直磁化類型之STT-MRAM。

例如，根據NPL3，已建議，在儲存層中使用一垂直磁化膜(諸如一Co/Ni多層膜)可減小反轉電流且確保熱穩定性。

[引用清單]

[專利文獻]

[PTL1]

日本未審查專利申請公開案第2003-17782號

[PTL2]

美國專利第6256223號

[PTL3]

日本未審查專利申請公開案第2008-227388號

[PTL4]

日本未審查專利申請公開案第2010-80746號

[非專利文獻]

[NPL1]

Phys. Rev. B, 54, 9353 (1996)

[NPL2]

J. Magn. Mat., 159, L1 (1996)

[NPL3]

Nature Materials, 5, 210 (2006)

[NPL4]

Phys. Rev. Lett., 67, 3598 (1991)

【發明內容】

[技術問題]

STT-MRAM中之儲存元件比先前技術中之一MRAM更有利於按比例調整。換言之，可減小儲存層之容量。然而，一減小容量大體上降低一磁性材料之熱穩定性，且此引起一記憶體操作之失效。

為此，重要的是提高一微型裝置中之一記憶體操作之穩定性以減小一元件尺寸(以及記憶體容量之擴充)。

可期望進一步減少由一儲存元件(諸如一STT-MRAM)之自旋力矩波動引起之寫入錯誤且改良一微型裝置中之一記憶體之一資訊寫入操作之穩定性。

[問題之解決方案]

在一實例中，揭示一種儲存元件，其具有一分層結構且經組態以用於儲存資訊。在一實例中，該儲存元件包括具有垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化之一儲存部分，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變。該儲存元件亦包含：一固定磁化部分，

其具有充當該儲存磁化之一參考之參考磁化；及一中間部分，其介於該儲存部分與該固定磁化部分之間，該中間部分由一非磁性材料製成。該固定磁化部分包含一層疊亞鐵磁性結構，其包括一第一鐵磁性層、一第二鐵磁性層及一非磁性層。該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構。本發明亦揭示包含該儲存元件之儲存裝置。根據一實施例，可提供一種儲存元件，其包含一分層結構，該分層結構包含：一儲存層，其具有垂直於該分層結構之一膜表面之磁化且其中該磁化之方向對應於資訊而改變；一磁化固定層，其充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且具有垂直於一膜表面之磁化；及一中間層，其設置於該儲存層與該釘紮磁化層之間且由一非磁性材料製成。藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向且將資訊儲存於該儲存層上。此外，該磁化固定層具有由至少兩個鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊亞鐵磁性結構，且一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為該磁化固定層中之一磁性材料。

即，藉由在一STT-MRAM儲存元件中使用具有一高耦合場之一層疊亞鐵磁性結構之一磁化固定層來減小由自旋力矩波動引起之一寫入錯誤之可能性。藉由將Y新增至該磁性材料，為相較於使用一Co-Pt單一材料時增大該層疊亞鐵磁性結構之一耦合場，例如，可考量使Y變為Co-Y，且表現由Co-Y引起之垂直磁各向異性。

在根據本發明之實施例之儲存元件中，將一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為不與該磁化固定層中之該中間層接觸之一磁性材料。

在根據本發明之實施例之儲存元件中，Y元素之新增量較佳為12 at% (原子百分比)或更低。

在上文所描述之層疊鐵釘紮結構中，當Y之新增量在12 at%或更

低之一範圍內時，獲得比不新增Y時之耦合場高之一耦合場。

在根據本發明之實施例之儲存元件中，Y元素之新增量較佳為1 at%至10 at%。

在上文所描述之層疊鐵釘紮結構中，當Y之新增量在1 at%至10 at%之一範圍內時，獲得甚至更高耦合場或一適當電阻變化率。

在根據本發明之實施例之儲存元件中，與該磁化固定層中之該中間層接觸之一磁性材料較佳地經組態以具有一CoFeB磁性層。

根據本發明之另一實施例，提供一種儲存元件，其包含一分層結構，該分層結構包含：一儲存層，其具有垂直於一膜表面之磁化且其中該磁化之一方向根據資訊而改變；一磁化固定層，其具有充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且垂直於一膜表面的磁化；及一中間層，其設置於該儲存層與該磁化固定層之間且由一非磁性材料製成，其中藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向且將資訊儲存於該儲存層中，且一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為該磁化固定層中之一磁性材料。

在此情況中，可期望Y元素之新增量係12 at%或更低，且可進一步期望Y元素之新增量係1 at%至10 at%。

根據本發明之又一實施例，提供一種儲存裝置，其包含：一儲存元件，其在一磁性材料之一磁化狀態中保存資訊；及兩種類型之佈線，其等彼此相交。該儲存元件具有以下組態：該儲存元件安置於該兩種類型之佈線之間，沿層疊方向之電流透過該兩種類型之佈線而流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。

根據本發明之又一實施例，提供一種磁頭，其包含相同於上文所描述之儲存元件之組態。

[本發明之有利效應]

根據本發明之實施例，可在不犧牲電阻變化率之情況下藉由增強一磁化固定層之一層疊鐵釘紮結構之一耦合場且藉由減少由自旋力矩波動引起之一寫入錯誤來改良一微型裝置中之一記憶體之一資訊寫入操作之穩定性。

在根據本發明之實施例之磁頭(其使用本發明之儲存元件之一結構)中，可實現具有極佳熱穩定性之一高度可靠磁頭。

本文所描述之效應不受限制，且可為本發明中所描述之任何效應。

【圖式簡單說明】

圖1係根據一實施例之一儲存裝置之一示意透視圖。

圖2係根據一實施例之一儲存裝置之一橫截面圖。

圖3係根據一實施例之一儲存裝置之一平面圖。

圖4A係描述根據一實施例之一儲存元件之一組態的一圖式。

圖4B係描述根據一實施例之一儲存元件之一組態的一圖式。

圖5係描述用於實驗1中之一樣本之一組態的一圖式。

圖6係描述用於實驗2中之一樣本之一組態的一圖式。

圖7A係描述從實驗1及2中之各樣本之一振動樣本磁力計(VSM)測量結果獲得之一層疊鐵釘紮結構之一耦合場及一電阻變化率的一圖式。

圖7B係描述從實驗1及2中之各樣本之一VSM測量結果獲得之一層疊鐵釘紮結構之一耦合場及一電阻變化率的一圖式。

圖8A係描述根據作為一修改實例之一實施例之一儲存元件之磁化固定層之一組態的一圖式。

圖8B係描述根據作為一修改實例之一實施例之一儲存元件之磁化固定層之一組態的一圖式。

圖8C係描述根據作為一修改實例之一實施例之一儲存元件之磁

化固定層之一組態的一圖式。

圖8D係描述根據作為一修改實例之一實施例之一儲存元件之磁化固定層之一組態的一圖式。

圖8E係描述根據作為一修改實例之一實施例之一儲存元件之磁化固定層之一組態的一圖式。

圖9A係描述根據一實施例之一複合磁頭之一應用實例的一圖式。

圖9B係描述根據一實施例之一複合磁頭之一應用實例的一圖式。

圖10係描述根據作為一修改實例之一實施例之儲存元件之一組態的一圖式。

【實施方式】

在下文中，將依以下順序描述實施例。

<1. 根據一實施例之一儲存裝置之組態>

<2. 根據一實施例之一儲存元件之組態>

<3. 實驗結果>

<4. 修改實例>

<1. 根據一實施例之一儲存裝置之組態>

首先，將描述一儲存裝置之一示意組態。

圖1、圖2及圖3中展示儲存裝置之一示意圖。圖1係一透視圖，圖2係一橫截面圖，及圖3係一平面圖。

如圖1中所展示，根據實施例之一儲存裝置具有儲存元件3，其在彼此相交之兩種類型之位址佈線(例如字線及位元線)之相交點附近使用能夠在一磁化狀態中保存資訊之一基於自旋轉移力矩之磁性隨機存取記憶體(STT-MRAM)。

即，一汲極區域8、一源極區域7及一閘極電極1 (其等組態用於

選擇各儲存元件3之一選擇電晶體)分別形成於由半導體基板10 (諸如矽基板及其類似者)之一元件分離層2分離之一部分中。其中，閘極電極1亦充當沿圖中之一前後方向延伸之一位址佈線(字線)。

汲極區域8經形成以由圖1中之右選擇電晶體及左選擇電晶體共用，且一佈線9連接至汲極區域8。

具有一儲存層(其中藉由自旋力矩磁化反轉來使磁化方向反轉)之一儲存元件3安置於源極區域7與一位元線6 (其安置於上側以沿圖1中之一水平方向延伸)之間。儲存元件3經組態以具有(例如)一磁性穿隧接面元件(MTJ元件)。

當沿某一方向穿過一固定磁性層之自旋極化電子進入自由磁性層時，儲存元件3 (諸如一STT-MRAM，其使用實施例之MTJ元件)使用施用至另一自由磁性層之一力矩(亦稱為「自旋力矩」)(磁化方向不固定)。據此，當一給定臨限值或更大之一電流流入自由磁性層中時，使自由磁性層反轉。藉由改變電流之一極性來執行0/1之重寫。

對於約0.1微米之一尺寸之一元件，用於此反轉之一電流之一絕對值係1毫安培或更低。由於此一電流值與一元件容量成比例地減小，所以亦可按比例調整。另外，由於無需字線來產生一MRAM所需之一儲存電流磁場，所以存在一記憶體胞結構變簡化之一進一步優點。

此一STT-MRAM用作為一非揮發性記憶體，其能夠減少電力消耗及增加容量，且維持MRAM之優點，即，高速及幾乎無限次重寫。

如圖2中所展示，儲存元件3具有兩個磁性層12及14。在此等兩個磁性層12及14中，一磁性層被設定為一磁化固定層12，其中磁化M12之方向係固定的；及另一磁性層被設定為一自由磁化層(即，一儲存層14)，其中一磁化M14之方向係變化的。

另外，儲存元件3透過各自上下接觸層4而連接至位元線6及源極

區域7。

據此，藉由允許一電流透過兩種類型之位址佈線1及6來沿一垂直方向(層疊方向)流動至儲存元件3，可藉由自旋力矩磁化反轉來使儲存層14之磁化M14之方向反轉。

如圖3中所展示，一儲存裝置經組態以具有安置於複數個第一佈線(字線) 1與複數個第二佈線(位元線) 6之各自相交點處之一儲存元件3，第一佈線1及第二佈線6正交地安置成一矩陣形式。

假定儲存元件3之一平面形狀係(例如)一圓形形狀，且儲存元件3具有一橫截面結構，如圖2中所展示。

再者，儲存元件3具有磁化固定層12及儲存層14，如圖2中所展示。

此外，儲存裝置之一記憶體胞經組態以具有各儲存元件3。

此處，在此一儲存裝置中，由於已知必須使用一選定電晶體之一飽和電流或更小之一電流來執行寫入且一電晶體之飽和電流隨著該電晶體被小型化而減小以實現儲存裝置之小型化，所以適當地改良自旋力矩之轉移效率以減小供應至儲存元件3之電流。

另外，為增強一讀取信號，需要確保一大磁性電阻變化率，且因此有效地採用MTJ結構(如上文所描述)，即，具有儲存元件3之一組態，其將兩個磁性層12與14之間之一中間層設定為一穿隧絕緣層(穿隧障壁層)。

採用MTJ結構之一優點在於：可藉由確保一大磁性電阻變化率來增強一讀取信號。

當依此方式將穿隧絕緣層用作為一中間層時，為防止穿隧絕緣層之一絕緣破壞，需要限制在儲存元件3中流動之電流量。即，為確保相對於儲存元件3中之重複寫入之可靠性，較佳地抑制自旋力矩磁化反轉所需之一電流。自旋力矩磁化反轉所需之電流被稱為一反轉電

流、一儲存電流及其類似者。

另外，存在用於STT-MRAM之兩種類型之平面內磁化及垂直磁化。然而，在實施例中使用更適合於按比例調整之STT-MRAM之一垂直磁化類型。將一垂直磁化膜用於儲存層14有利於確保反轉電流減小及熱穩定性之相容性。

儲存裝置之儲存元件3 (STT-MRAM)比先前技術中之一MRAM更有利於按比例調整。即，可使體積變小。然而，使體積變小引起磁化之熱穩定性降低。

當STT-MRAM之容量變大時，儲存元件3之體積反而變小。因此，一重要任務係確保一記憶體操作之穩定性。

<2. 根據一實施例之一儲存元件之組態>

接著，將參考圖4A及圖4B來描述實施例之儲存元件3之一組態。如圖4A中所展示，藉由依相同順序層疊以下各者來形成儲存元件3：磁化固定層(亦稱為一參考層) 12，其中磁化M12之方向係固定的；一中間層(非磁性層：穿隧絕緣層) 13；儲存層(自由磁化層) 14，其中磁化M14之一方向係可變的；及頂蓋層15，其位於基底層11上。

儲存層14具有垂直於一膜表面之磁化M14，且磁化之一方向根據資訊而改變。

磁化固定層12具有磁化M12，其係儲存於儲存層14中之資訊之一基礎且垂直於一膜表面。在磁化固定層12中，磁化M12之方向由高矯頑磁性及其類似者固定。

中間層13係一非磁性材料且設置於儲存層14與磁化固定層12之間。

藉由沿具有儲存層14、中間層13及磁化固定層12之一分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變儲存層14之一磁化之方向且將資訊儲存於儲存層14中。

基底層11及頂蓋層15係用作為一電極，且用作一保護層。

此處將簡單描述自旋力矩磁化反轉。

電子具有兩種類型之自旋角動量。假定：此等類型被定義為「向上」及「向下」。在一非磁性材料中，兩種類型具有相同數目，但在一鐵磁性材料中，該兩種類型之數目存在差異。考量一情況：當各自磁矩在磁化固定層12及儲存層14（其等係組態一STT-MRAM之兩個鐵磁性材料層）中係沿相反方向（反平行）時，引起電子從磁化固定層12移動至儲存層14。

磁化固定層12係一固定磁性層，其中歸因於一高矯頑磁性，磁矩之方向係固定的。

穿過磁化固定層12之電子經自旋極化，即，向上之數目不同於向下之數目。當中間層13（此係一非磁性層）之一厚度經組態成足夠薄時，在藉由磁化固定層12之穿過的自旋極化經鬆弛以引起電子在一正常非磁性材料中處於一非極化狀態中（向上之數目相同於向下之數目）之前，電子達到另一磁性材料，即，儲存層14。

由於自旋極化之一符號在儲存層14中係相反的，所以使電子之部分反轉（即，改變自旋角動量之一方向）以減少系統能量。此時，由於需要維持系統之總角動量，所以亦將等效於由其方向改變之電子所引起之角動量之總變化之一反應施加至儲存層14之磁矩。

當一電流（即，每單位時間內通過之電子數目）較低時，由於其方向改變之電子的總數目亦較小，所以儲存層14之磁矩中所產生之角動量之一變化亦較小。然而，當電流增大時，可在一單位時間內施加角動量之一大變化。

當角動量之一時間變化係力矩且力矩超過任何臨限值時，儲存層14之一磁矩開始進動，且在由單軸各向異性來旋轉180度之一位置處變穩定。即，發生從相反方向至相同方向（平行）之一反轉。

當磁化係沿相同方向時，一電流沿相反方向流動以將電子從儲存層14發送至磁化固定層12，且一旦被磁化固定層12反射，則被自旋反轉的電子進入儲存層14時施加力矩，可能使磁矩反轉至相反方向。然而，此時，引起反轉所需之電流量大於從相反方向反轉至相同方向時之電流量。

儘管難以直觀地理解一磁矩從相同方向至相反方向之反轉，但可考量可不使磁化固定層12之磁矩反轉，此係因為磁化固定層12係固定的，且因此使儲存層14反轉以維持整個系統之角動量。

依此方式，藉由引起對應於各自極性且等於或大於某一臨限值之一電流沿從磁化固定層12至儲存層14之一方向或沿相反方向流動來執行0/1之儲存。

同時，依相同於既有MRAM之方式使用磁致電阻效應來執行資訊之讀取。即，電流依相同於上文所描述之儲存之方式沿垂直於膜表面之方向流動。利用一現象，其中由元件指示之電阻根據儲存層14之一磁矩是否沿相同於磁化固定層12之一磁矩之方向或沿相反於磁化固定層12之一磁矩之方向而改變。

用作為磁化固定層12與儲存層14之間之中間層13之一材料可為一金屬或可為一絕緣體。然而，當使用一絕緣體來作為中間層時，獲得一較高讀取信號(電阻變化率)且可使用一較低電流來執行儲存。此時，將一元件稱為一鐵磁穿隧界面(磁性穿隧界面：MTJ)。

就一垂直磁化型儲存元件而言，當藉由自旋力矩磁化反轉來使一磁性層之磁化方向反轉時，由以下方程式1來表達一所需電流之一臨限值 I_c ：

$$I_c = \left(\frac{4ek_B T}{\hbar} \right) \left(\frac{\alpha \Delta}{\eta} \right) \quad \text{方程式1}$$

然而， e 係電子之電荷， η 係一自旋注入效率，具有一橫桿之 h 係

普朗克(Planck)常數之一轉換， α 係一阻尼常數， k_B 為一波茲曼(Boltzmann)常數，且T係溫度。

此處，為能夠作為一記憶體而存在，需要保存寫入於儲存層14中之資訊。保存資訊之能力取決於熱穩定性之差量指數($=KV/k_B T$)之一值。由以下方程式2來表達差量：

$$\Delta = \frac{KV}{k_B T} = \frac{M_s V H_k}{2k_B T} \quad \text{方程式2}$$

此處，K係各向異性能量， H_k 係有效各向異性磁場， k_B 係波茲曼常數，T係溫度， M_s 係飽和磁化量，且V係儲存層之一容量。

有效各向異性磁場 H_k 受形狀磁性異型性、誘發磁性各向異性、晶體磁性各向異性及其類似者影響，且當假定具有一單一磁域之一同調旋轉模型時，有效各向異性磁場 H_k 等於矯頑磁性。

在諸多情況中，熱穩定性之一差量指數與一電流臨限值 I_c 基本上成一權衡關係。為此，需要解決熱穩定性之差量指數與電流臨限值 I_c 之相容性問題以維持記憶體特性。

此處，當執行一自旋力矩磁化反轉時，由於一電流直接流動至儲存元件3以執行資訊之寫入(儲存)，所以藉由將儲存元件3連接至選擇電晶體以選擇將對其執行寫入之一記憶體胞來組態一記憶體胞。

在此情況中，儲存元件3中流動之電流受限於能夠在選擇電晶體中流動之電流之一量值(選擇電晶體之一飽和電流)。

可期望採用上文所描述之一垂直磁化類型來減小儲存電流。由於一垂直磁化膜大體上能夠具有比一平面內磁化膜高之磁性各向異性，所以此亦較佳地使上文所描述之差量維持一高值。

存在使用氧化物與磁性金屬(Co/MgO及其類似者)之間之介面各向異性之若干類型之垂直磁性材料，諸如稀土-過渡金屬合金(TbCoFe及其類似者)、金屬多層膜(Co/Pd多層膜及其類似者)、有序合金(FePt

及其類似者)。然而，由於稀土-過渡金屬合金在因加熱而擴散及結晶時失去其垂直磁性各向異性，所以此等合金不適合作為一STT-MRAM材料。吾人已知：金屬多層膜亦因加熱而擴散以引起垂直磁性各向異性之劣化，且由於將此垂直磁性各向異性表達為一面心立方體之(111)方向，所以難以實現安置於MgO相鄰處之MgO或Fe、CoFe、CoFeB或其類似者之一高極化層所要之(001)方向。一L10有序金屬在一高溫處係穩定的且展現具有一(001)方向之垂直磁性各向異性，此意謂上述問題不發生，但需要藉由在製造期間加熱至攝氏500度或更高之一足夠高溫度或藉由在製造之後於攝氏500度或更高之一高溫處執行一熱處理來使原子規則地對準，此具有在層疊膜之其他部分(諸如穿隧障壁)中引起非所要擴散且增加介面粗糙度之風險。

相反地，使用介面磁性各向異性之一材料(即，藉由將一Co基材料或一Fe基材料層疊於MgO (其係一穿隧障壁)上來形成之一材料)不易受上述問題之任何者影響，且因此有希望作為STT-MRAM之一儲存層材料。

同時，可期望在磁化固定層12中使用具有介面磁性各向異性之一垂直磁化磁性材料。特定言之，為提供一強讀取信號，可期望藉由將包含Co或Fe之一磁性材料層疊於MgO (此係一穿隧障壁)下方來形成之一材料。

在實施例中，儲存層14係一CoFeB垂直磁化膜。

此外，鑑於選擇電晶體之一飽和電流值，使用由一絕緣體製成之一穿隧絕緣層之一磁性穿隧接面(MTJ)元件組態為儲存層14與磁化固定層12之間之非磁性中間層13。

相較於其中使用一非磁性導電層來組態一巨磁致電阻效應(GMR)元件之一情況，可藉由使用一穿隧絕緣層來組態磁性穿隧接面(MTJ)元件來增大磁致電阻之一變化率(MR比率)且提高讀取信號強度。

接著，特定言之，可藉由使用氧化鎂(MgO)來作為中間層13 (如穿隧絕緣層)之材料來增大磁致電阻之變化率(MR比率)。

自旋力矩之一轉移效率大體上取決於MR比率，且自旋力矩之轉移效率隨著MR比率變高而改良，且藉此可減少一磁化反轉電流集中。

據此，可藉由使用氧化鎂來作為穿隧絕緣層之一材料且同時藉由使用上文所描述之儲存層14來減小使用自旋力矩磁化反轉之一寫入臨限電流，且藉此可使用一小電流來執行資訊之寫入(儲存)。另外，可提高讀取信號強度。

藉此，可確保MR比率(TMR比率)且減小使用自旋力矩磁化反轉之寫入臨限電流，且藉此可使用一小電流來執行資訊之寫入(儲存)。亦可提高讀取信號強度。

當穿隧絕緣層依此方式由氧化鎂(MgO)形成時，使MgO膜結晶，且因此更可期望使結晶方向保持為(001)方向。

在實施例中，除具有由上文所描述之氧化鎂製成之一組態之外，亦可使用各種類型之絕緣體、介電質及半導體(諸如氧化鋁、氮化鋁、SiO₂、Bi₂O₃、MgF₂、CaF₂、SrTiO₂、AlLaO₃、Al-N-O及其類似者)來組態儲存層14與磁化固定層12之間之中間層13。

從獲得使用自旋力矩磁化反轉來使儲存層14之磁化方向反轉所需之一電流密度之觀點，可期望將中間層(穿隧絕緣層) 13之一面積電阻值控制為約數十歐姆-平方微米或更小。

接著，為將由一MgO膜製成之穿隧絕緣層之面積電阻值設定於上文所描述之範圍內，可期望將該MgO膜之一厚度設定為1.5奈米或更低。

另外，在根據實施例之儲存元件3中，頂蓋層15安置於儲存層14相鄰處。

頂蓋層15由氧化物製成。

例如，使用 MgO 、氧化鋁、 TiO_2 、 SiO_2 、 Bi_2O_3 、 SrTiO_2 、 AlLaO_3 、 Al-N-O 及其類似者來作為頂蓋層15之氧化物。

此處，在儲存元件3中，儘管可想到採用一單一分層結構來作為磁化固定層12之一結構，但採用由兩個或兩個以上鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊鐵釘紮結構係有效的。可藉由將層疊鐵釘紮結構用於磁化固定層12來容易地取消相對於與熱穩定性有關之寫入資訊之一方向之不對稱且改良相對於自旋力矩之穩定性。

為此，在實施例中，假定：磁化固定層12具有一層疊鐵釘紮結構。即，例如圖4B中所展示，磁化固定層12係由至少兩個鐵磁性層12a及12c及一非磁性層12b製成之層疊鐵釘紮結構。

接著，在實施例中，將磁化固定層12中之磁性材料中之一磁性材料(諸如不與中間層13接觸之一鐵磁性層12c)設定為一磁性材料，其使用Pt (鉑)及Co (鈷)之一合金或一層疊結構且被新增Y(鉕)。

據此，層疊鐵釘紮結構之一耦合場高於不使用Co-Pt之一單一材料來作為鐵磁性層12c時之耦合場，且可在不減小電阻變化率之情況下使一記憶體之一資訊寫入操作穩定。

此處，除Co-Pt之外，亦因以下原因而聚焦於作為一材料之Y。

在實施例中，選擇Co-Pt作為磁化固定層12中之鐵磁性層12c (其不與中間層13接觸)之一磁性材料之一原因係：可依一相對容易方式產生具有一高垂直磁性各向異性能量之一薄膜。

另一方面，一Co-稀土系統「Y (鐳系元素)」作為具有一高垂直磁性各向異性能量之一材料而存在。

可考量：Co-稀土基材料及Co-Pt中之高垂直磁性各向異性能量之來源係不相同的。然而，在稀土材料中，若Y在元素週期表中最靠近Co，則可在不干擾表達Co-Pt中之高垂直磁性各向異性之Co之狀態之

情況下估計：可提供由Co-稀土系統引起之高垂直磁性各向異性。

基於此點，在實施例之儲存元件3中，磁化固定層12被組態如下：

即，磁化固定層12包含由至少兩個鐵磁性層12a及12c及一非磁性層12b製成之一層疊鐵釘紮結構。

假定：在磁化固定層12之磁性材料中，與中間層13接觸之鐵磁性層12a之一磁性材料係CoFeB。另外，假定：不與中間層13接觸之鐵磁性層12c之一磁性材料係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且係使用Pt及Co及新增Y之一合金或一層疊結構。即，層疊鐵釘紮結構之一耦合場大於使用Pt-Co之一單一材料時之耦合場。

由於層疊鐵釘紮結構之一耦合場藉由新增Y而變大(例如上文所描述)，所以可估計：Y變為Co-Y，且表現由Co-Y引起之垂直磁性各向異性。

此處，一單一材料(諸如Ru、Os、Rh、Ir、Cu、Ag、Au、Re、V、Nb、Ta、Cr、Mo及W)、兩種或兩種以上類型元素之一層疊膜、或一合金可用於磁化固定層12中之一非磁性層12b。

藉由使用此組態，可增強磁化固定層12中之層疊鐵釘紮結構之一耦合場且在不犧牲電阻變化率之情況下藉由減少歸因於自旋力矩波動引起之寫入錯誤來提高一微型裝置中之一記憶體之一資訊寫入操作之穩定性。

據此，可實現穩定地操作且具有高可靠性之一儲存裝置。

由於儲存層14係一垂直磁化膜，所以根據實施例之儲存元件3可減少使儲存層14之磁化M14之方向反轉所需之寫入電流量。

可藉由依此方式減小寫入電流來減少執行儲存元件3中之寫入時之電力消耗。

此處，可藉由在一真空裝置內連續形成基底層11至金屬頂蓋層15

且接著形成儲存元件3之一型樣(藉由諸如蝕刻及其類似者之程序)來製造根據實施例之儲存元件3，如圖4A及圖4B中所展示。

據此，當製造儲存裝置時，存在可使用一典型半導體MOS形成程序之一優點。即，根據實施例之儲存裝置可用作為一通用記憶體。

在根據實施例之儲存元件3中，亦可將非磁性元素新增至儲存層14。

藉由新增不同類型之元素來獲得諸如以下各者之效應：藉由防止擴散之改良熱電阻、一增強磁致效應、及與平面化相關聯之介電電壓之增大。可使用B、C、N、O、F、Li、Mg、Si、P、Ti、V、Cr、Mn、Ni、Cu、Ge、Nb、Ru、Rh、Pd、Ag、Ta、Ir、Pt、Au、Zr、Hf、W、Mo、Re及Os、或上述各者之合金及氧化物來作為新增元素之一材料。

亦可直接層疊一不同組合物之另一鐵磁性層來作為儲存層14。替代地，亦可層疊一鐵磁性層及一軟磁性層，或透過軟磁性層或非磁性層來使複數個鐵磁性層彼此層疊。即使當依此方式執行層疊時，亦達成本發明之效應。

特定言之，當使用其中透過非磁性層來層疊複數個鐵磁性層之一組態時，由於可調整該等鐵磁性層之間之互動強度，所以一效應係可抑制磁化反轉電流不變大。在此情況中，可使用Ru、Os、Re、Ir、Au、Ag、Cu、Al、Bi、Si、B、C、Cr、Ta、Pd、Pt、Zr、Hf、W、Mo、Nb及V、或上述各者之一合金來作為非磁性層之一材料。

可期望：磁化固定層12及儲存層14之各自厚度在0.5奈米至30奈米之一範圍內。

可期望使儲存元件3之尺寸變小以易於使用一小電流來使儲存層14之磁化方向反轉。

例如，可期望：儲存元件3之面積係0.01平方微米或更小。

儲存元件3之其他組態可相同於使用自旋力矩磁化反轉來儲存資訊之一儲存元件之一通用組態。

例如，可藉由將非磁性元素(諸如Ag、Cu、Au、Al、Si、Bi、Ta、B、C、O、N、Pd、Pt、Zr、Ta、Hf、Ir、W、Mo、Nb、V、Ru、Rh及其類似者)新增至一磁性材料來調整磁性特性或調整其他各種物理性質，諸如一結晶結構、結晶度、一材料之穩定性或其類似者。

另外，儲存元件3之一膜組態(分層結構)可為其中儲存層14安置於磁化固定層12之一下側處之一組態。

<3. 實驗結果>

[實驗1]

關於實施例之儲存元件3，在實驗1中，使用一晶圓(其僅形成除儲存元件3之儲存層14之外之一組態中之樣本)來研究磁性特性以研究磁化固定層12之磁化反轉特性。

具體言之，具有300奈米之一厚度之一熱氧化物膜形成於具有0.725毫米之一厚度之一矽基板上，且使用圖5中所展示之一基板來形成儲存元件3。

如圖5中所展示，組態磁化固定層12之各層之一材料及一膜厚度被選擇如下：

- 磁化固定層12：新增Y之層疊膜(CoPt：2奈米/Ru：0.8奈米/CoFeB：2奈米)
- 磁化固定層12中之垂直磁化膜係具有2奈米之一膜厚度之一CoPt膜(其被新增at%之Y)，且「x」被設定為在從0 at%至15 at%之一範圍內。

除磁化固定層12之外之各層之一材料及一膜厚度被選擇如下：

- 基底層11：由一10奈米厚Ta膜及一25奈米厚Ru膜製成之一層

疊膜

- 中間層(穿隧絕緣層)13：一0.9奈米厚氧化鎂膜
- 頂蓋層15：由3奈米厚Ru/3奈米Ta製成之一層疊膜

在已沈積上文所描述之所有膜之後，此實驗之樣本經受熱處理。

將磁化固定層12之一CoFeB合金之一組合物設定為CoFe80% (Co30%-Fe70%)-B20% (均為at%)。

使用RF磁控濺鍍來沈積由氧化鎂(MgO)膜製成之中間層13，且使用DC磁控濺鍍來沈積其他膜。

[實驗2]

關於根據實施例之儲存元件3之一整個組態，在實驗2中，使用僅形成儲存元件3之一晶圓來研究一電阻變化率及一資訊寫入錯誤率(WER)以研究一電阻變化率。

具體言之，具有300奈米之一厚度之一熱氧化物膜形成於具有0.725毫米之一厚度之一矽基板上，且根據圖6中所展示之一結構之儲存元件3形成於該熱氧化物膜上。

如圖6中所展示，組態磁化固定層12之各層之一材料及一膜厚度被選擇如下：

- 磁化固定層12：新增Y之一層疊膜(CoPt：2奈米/Ru：0.8奈米/CoFeB：2奈米)
- 磁化固定層12中之一垂直磁化膜係具有增加2奈米之一厚度之一CoPt膜(其被新增x at%之Y)，且「x」被設定為從0 at%至15 at%之一範圍。

除磁化固定層12之外之各層之一材料及一膜厚度被選擇如下：

- 基底層11：由一10奈米厚Ta膜及一25奈米厚Ru膜製成之一層疊膜

- 中間層(穿隧絕緣層) 13：—0.9奈米厚氧化鎂膜
- 儲存層14：1.5奈米：CoFeB
- 頂蓋層15：由Ru：3奈米/Ta：3奈米製成之一層疊膜

在已沈積上文所描述之所有膜之後，此實驗之樣本經受熱處理。

在實驗中，在處理具有50奈米之一直徑 ϕ 之一元件之後測量一電阻變化率。該電阻變化率(%)：藉由 $TMR\ (\%) = (R_{AP} - R_P) / R_P \times 100$ (R_P 係一平行狀態中之一電阻值， R_{AP} 係一反平行狀態中之一電阻值)之一方程式，從儲存層14及磁化固定層12處於彼此平行之一(P)狀態時之電阻與儲存層14及磁化固定層12處於一反平行(AP)狀態時之電阻之間之一電阻差計算TMR。

圖7A展示從實驗1及2中所執行之振動樣本磁力計(VSM)測量之一結果獲得之磁化固定層之一層疊鐵釘紮結構之一耦合場及一電阻變化率之一測量結果。圖7B展示未新增Y(x=0)時之一耦合場。

首先，將描述實驗1之一結果。

根據圖7A及圖7B，當使用Co-Pt單一材料時，層疊鐵釘紮結構之一耦合場係6.5 kOe (圖7B)。相比而言，如圖7A中之黑圓及一左垂直軸所展示，藉由將1 at% Y新增至一Co-Pt，層疊鐵釘紮結構之一耦合場係8.85 kOe，且可確認增加約35%。此外，吾人已知：在直至10 at%之Y之一新增濃度範圍內，使大層疊鐵釘紮結構之一耦合場維持不變。

藉由新增Y來使一層疊鐵釘紮結構之一耦合場增強之一原因係：可估計Y將變為Co-Y，且將表現由Co-Y引起之垂直磁性各向異性。

在實驗中，已證實：將Y新增至一Co-Pt有效地顯著增強層疊鐵釘紮結構之一耦合場。

此外，根據圖7A，可確認：當Y之新增量超過10 at%時，層疊鐵

釘紫結構之一耦合場趨向於被快速減弱。層疊鐵釘紫結構之一耦合場之Y新增濃度相依性意欲支援上文所描述之估計機制，若新增過量Y，則Co-Pt中之Co之狀態改變。因此，可估計：Co-Pt之垂直磁性各向異性被劣化。

從上述實驗結果表明：新增至Co-Pt之Y係適合於增強磁化固定層之層疊鐵釘紫結構之耦合場的一新增元素。

接著，將描述實驗2之一結果。

如圖7A中之黑方塊及一右垂直軸所展示，吾人已知：當Y新增濃度係10 at%或更小時，電阻變化率(TMR)固定為約135%；但當Y新增濃度升高至12 at%時，TMR被大幅降低至100%或更小。

TMR之此降低對應於歸因於過度新增Y之層疊鐵釘紫結構之一耦合場之減弱。

因此，從實驗1及2之一結果表明：新增至Co-Pt之Y係適合於增強磁化固定層之層疊鐵釘紫結構之一耦合場的一新增元素；此外，當Y之新增濃度係1 at%至10 at%時，表明大層疊鐵釘紫結構之一耦合場及一高電阻變化率係相容的。

再者，關於實驗2中所產生之樣本中之具有Y之0 at%、1 at%、5 at%、10 at%、12 at%之新增量的樣本，執行資訊寫入錯誤率之測量。在估計資訊寫入錯誤率(WER)時，施加15奈秒之一脈衝電壓，且測量此時發生之一資訊寫入錯誤。

因此，吾人已發現：層疊鐵釘紫結構之耦合場之一量值很大程度地影響一微型裝置中之資訊寫入錯誤特性，且當Y (藉由其來獲得一大層疊鐵釘紫結構之一耦合場)之新增量係在1 at%至10 at%之一範圍內時，使WER變為 10^{-7} 之一反轉電壓被抑制成小的。

一實際記憶體操作所需之WER取決於一電路，但被假定為 10^{-7} 或更小。據此，一低WER之一操作特性係極其重要的。

使用具有一大層疊鐵釘紮結構之一耦合場之一裝置來實現一低WER之一理由如下。

在STT-MRAM中，當寫入資訊時，使用自旋力矩。主要藉由儲存層14來觀察力矩之一效應；然而，該效應影響磁化固定層12。此處，當一裝置之尺寸較大時，儲存層14及磁化固定層12之磁化相對於一熱波動維持高穩定性，使得由磁化固定層12接收之自旋力矩的效應可被忽略。

然而，當裝置尺寸係(例如) 50奈米或更低時，熱波動之效應及自旋力矩之效應彼此疊加，使得由磁化固定層12接收的自旋力矩不可被忽略。

特定言之，在低WER之一區域中，由磁化固定層12接收之自旋力矩的效應係明顯的，且若磁化固定層12之層疊鐵釘紮結構之一耦合場未足夠增強，則可使反轉效應表現為一操作電壓增大(即，電力消耗增加)及一記憶體操作之可靠性降低。

據此，當具有使用新增1 at%至10 at% Y之Co-Pt之一磁化固定層且使用具有一層疊鐵釘紮結構之一高耦合場之一裝置時，可略微停止由磁化固定層12接收之自旋力矩的效應，使得可估計一低WER中之一記憶體操作電壓可被抑制成低的。

基於上述實驗結果，不與磁化固定層12之絕緣層接觸之一磁性材料被假定為使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且被假定為使用Pt及Co及施加至Pt及Co之Y之一合金或一層疊結構。在具有比使用Co-Pt之一單一材料時之耦合場高之層疊鐵釘紮結構中之一耦合場之一記憶體元件中，於不損失電阻變化率的情況下，使資訊寫入操作穩定。

特定言之，可期望：Y元素之新增量係12 at% (原子百分比)或更小。在層疊鐵釘紮結構中，當Y新增量在12 at%或更小之一範圍內時，藉由圖7A中所展示之實驗結果來獲得比未新增Y時之耦合場高之

之一耦合場。

此外，可期望：Y元素之新增量係1 at%至10 at%。在層疊鐵釘紮結構中，當Y之新增量在1 at%至10 at%之一範圍內時，可獲得一較高耦合場且可獲得一所要電阻變化率。此亦適用於WER。

儘管圖中已展示新增Y之CoPt/Ru/CoFeB之一組態之磁化固定層12中之一實驗結果，但磁化固定層12可採用圖8A至圖8E中所展示之組態。

圖8A展示相同於圖4A中之結構之儲存元件3之一結構。在此情況中，圖8B至圖8E中例示磁化固定層12之其他結構。

當從中間層13側觀看時，圖8B係依序具有一鐵磁性層12A-1及12A-2、一非磁性層12B及一鐵磁性層12A-3之一組態實例。

將一鐵磁性層12A-1設定為CoFeB，將一鐵磁性層12A-2設定為一新增Y之CoPt，將一非磁性層12B設定為Ru，且將一鐵磁性層12A-3設定為CoPt。

如同圖8B，圖8C係從中間層13側依序具有鐵磁性層12A-1及12A-2、一非鐵磁性層12B及一鐵磁性層12A-3之一組態實例，且在此情況中，圖8C係將鐵磁性層12A-2及12A-3兩者設定為一新增Y之CoPt的一實例。

圖8D係其中從中間層13側依序交替層疊一鐵磁性層及一非磁性層(諸如一鐵磁性層12A-1、一非磁性層12B-1、一鐵磁性層12A-2、一非磁性層12B-2、一鐵磁性層12A-3)的一組態實例。

將鐵磁性層12A-1設定為CoFeB，將鐵磁性層12A-2設定為一新增Y之CoPt，將非磁性層12B設定為Ru，且將鐵磁性層12A-3設定為CoPt。

如同圖8D，圖8E係其中從中間層13側依序交替層疊一鐵磁性層及一非磁性層(諸如鐵磁性層12A-1、非磁性層12B-1、鐵磁性層12A-

2、非磁性層12B-2及鐵磁性層12A-3)的一組態實例。在此情況中，將鐵磁性層12A-2及12A-3兩者設定為新增Y之CoPt。

在此等實例中，非磁性層12B-1亦可呈現Ta、Nb、Cr、W、Mo、V、Hf、Zr、Ti及其類似者之一組態。

另外，可使用Os、Rh、Ir、Cu、Ag、Au、Re、V、Nb、Ta、Cr、Mo及W之一單一材料、兩種或兩種以上類型之元素之一層疊膜、或一合金來代替Ru作為非磁性層12B及12B-2。

在圖8A至圖8E之實例中，磁化固定層12具有由至少兩個鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊鐵釘紮結構，且不與磁化固定層12中之中間層13接觸之一磁性材料係藉由將Y新增至使用Pt及Co之一合金或一層疊結構來形成之一材料。據此，在不犧牲電阻變化率之情況下，藉由增強磁化固定層12之一層疊鐵釘紮結構之一耦合場來減小由自旋力矩波動引起之寫入錯誤之一可能性。因此，可提高一微型裝置中之一記憶體之一資訊寫入操作之穩定性。

上文所描述之實施例中描述磁化固定層12中之一磁性材料之一實例，其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y；然而，Pt、Co及Y之一層疊結構可用作對應於該磁性材料之一實例之一結構。即，在圖4A及圖4B之一鐵磁性層12c或圖8B至圖8E之鐵磁性層12A-2、12A-3及其類似者中考量其中層疊一Pt層、一Y層及一Co層之一結構。

此外，考量使用一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)來作為與中間層13接觸之一磁性材料。

<4. 修改實例>

儘管上文已描述本發明之實施例，但本發明不受限於由以上描述例示之特定實例。

例如，將根據本發明之實施例之儲存元件之一結構描述為磁致

電阻效應元件(諸如TMR元件)之一組態，諸如一TMR元件之一磁致電阻效應元件不僅可為上文所描述之儲存裝置，且可為各種電子器件、電氣器件及其類似者，諸如一磁頭、配備有此一磁頭之一硬碟機、一積體電路晶片、各種電子裝置(諸如一個人電腦、一行動終端機、一行動電話、一磁性感測器設備、電氣設備及其類似者)。

圖9A及圖9B展示其中將使用上文所描述之儲存元件3之結構之一磁致電阻效應元件101施加至一複合磁頭100的實例。應注意，圖9A係已被部分剖切以展示內部結構之複合磁頭100之一透視圖，且圖9B係複合磁頭100之一橫截面圖。

複合磁頭100係用於一硬碟裝置及其類似者中之一磁頭，且具有形成於一基板122上之根據本發明之一實施例之一磁致電阻效應型磁頭，且具有經形成以層疊於該磁致電阻效應型磁頭上之一感應式磁頭。此處，該磁致電阻效應型磁頭用作一再現頭且該感應式磁頭用作一記錄頭。即，藉由組合該再現頭及該記錄頭來組態複合磁頭100。

嵌入複合磁頭100中之磁致電阻效應型磁頭係一所謂之「擋板型MR頭」且包含：一第一磁性擋板125，其透過一絕緣層123來形成於基板122上；磁致電阻效應元件101，其透過絕緣層123來形成於第一磁性擋板125上；及一第二磁性擋板127，其透過絕緣層123來形成於磁致電阻效應元件101上。絕緣層123由諸如 Al_2O_3 、 SiO_2 或其類似者之一絕緣材料製成。

第一磁性擋板125磁性地遮擋磁致電阻效應元件101之一下層側，且由諸如Ni-Fe及其類似者之一軟磁性材料製成。磁致電阻效應元件101透過絕緣層123來形成於第一磁性擋板125上。

磁致電阻效應元件101在磁致電阻效應型磁頭中用作從一磁性記錄媒體偵測一磁性信號之一磁性感測元件。磁致電阻效應元件101具有相同於上文所描述之儲存元件3之膜組態(分層結構)。

磁致電阻效應元件101形成於一實質上呈矩形之形狀上，其中一側表面暴露於一磁性記錄媒體之一對向表面。接著，偏壓層128及129安置於磁致電阻效應元件101之兩端處。另外，形成連接至偏壓層128及129之連接端子130及131。透過連接端子130及131來將一感測電流供應至磁致電阻效應元件101。

此外，第二磁性擋板127透過絕緣層123來設置於偏壓層128及129上。

如上文所描述，經形成以層疊(藉由層疊來形成)於磁致電阻效應型磁頭上之感應式磁頭包含：一磁性核心，其由第二磁性擋板127及一上層核心132製成；及一薄膜線圈133，其經形成以纏繞該磁性核心。

上層核心132與第二磁性擋板127一起形成一閉合磁路，變為一感應式磁頭之一磁性核心，且由諸如Ni-Fe及其類似者44之一軟磁性材料製成。此處，第二磁性擋板127及上層核心132之前端部分暴露於一磁性記錄媒體之對向表面，且在第二磁性擋板127及上層核心132之後端部分處，第二磁性擋板127及上層核心132經形成以彼此接觸。此處，第二磁性擋板127及上層核心132之前端部分經形成使得第二磁性擋板127及上層核心132彼此間隔以在該磁性記錄媒體之對向表面處具有第二磁性擋板127與上層核心132之間之一預定間隙。

即，在複合磁頭100中，第二磁性擋板127不僅磁性地遮擋一磁致電阻效應元件126之一上層側，且充當感應式磁頭之磁性核心，使感應式磁頭之磁性核心經組態以具有第二磁性擋板127及上層核心132。接著，間隙g變為感應式磁頭之一記錄磁隙。

再者，嵌入絕緣層123中之一薄膜線圈133形成於第二磁性擋板127上。此處，薄膜線圈133經形成以纏繞由第二磁性擋板127及上層核心132製成之磁性核心。儘管圖中未繪示，但薄膜線圈133之兩端部

分暴露於外部且形成於薄膜線圈133之兩端處之端子變為感應式磁頭之外部連接端子。即，當在一磁性記錄媒體上記錄一磁性信號時，將一記錄電流從此等外部連接端子供應至薄膜線圈133。

如上文所描述，根據本發明之實施例之一層疊結構(作為一儲存元件)能夠用作為一磁性記錄媒體之一再現頭，即，用作為從一磁性記錄媒體偵測一磁性信號之一磁性感測元件。

可藉由將根據本發明之實施例之一層疊結構(作為一儲存元件)應用於一磁頭來實現具有極佳穩定性之一高度可靠磁頭。

儘管已在本發明之一描述中將由基底層11、磁化固定層12、中間層13、儲存層14及頂蓋層15製成之儲存元件3之一結構例示為根據本發明之一實施例之儲存元件(及磁頭)，但亦可採用一結構來作為儲存元件3'，其中磁化固定層12被劃分且安置於儲存層14之一下部分及一上部分兩者上，如基底層11、下磁化固定層12L、下中間層13L、儲存層14、上中間層13U、上磁化固定層12U、頂蓋層15，如圖10中所展示。

圖10中展示下磁化固定層12L之磁化M12L之方向及上磁化固定層12U之磁化M12U之方向兩者。然而，在此情況中，磁化M12L及M12U之方向彼此相反。

再者，在此情況中，一下中間層13L及一上中間層13U依相同於中間層13之方式由MgO及其類似者之氧化物膜製成。

即使具有其中磁化固定層12經安置以依此方式被劃分為下部分/上部分的一組態，但磁化固定層12之下部分及上部分採用相同於早先所描述之磁化固定層12之結構，即，一記憶體元件之一結構，其中磁化固定層12之磁性材料中之一磁性材料(其不與一中間層(13U及13L)接觸)係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構且係一新增Y之磁性材料，且層疊鐵釘紮結構之結合強度強於使用一Co-Pt單一材料時之結合強

度，且藉此可依相同方式獲得改良一記憶體操作穩定性之一效應。

此外，儘管以上描述中已例示其中儲存層14及磁化固定層12之CoFeB組合物彼此相同的一情況，但在不背離本發明之主旨之一範圍內，組合物可具有各種其他組態。

儘管與中間層13接觸之磁化固定層12之鐵磁性層12a及12A-1係一CoFeB單層，但可在耦合場無顯著下降之一範圍內新增元素及氧化物。

Ta、Hf、Nb、Zr、Cr、Ti、V及W可作為待新增之一元素之例示，且MgO、AlO及SiO₂可作為氧化物之例示。

另外，磁化固定層12不受限於一層疊亞鐵磁性結構。

基底層11及頂蓋層15可為一單一材料或複數個材料之一層疊結構。

本發明亦可應用於一所謂之「頂部層疊鐵型STT-MRAM」，且在此情況中，可藉由使用新增Y之Co-Pt來依相同方式獲得改良記憶體操作穩定性之效應。

本說明書中所描述之效應僅供例示且不限於此，且可存在(但不限於)其他效應。

另外，本發明亦可被組態如下：

(1) 一種儲存元件，其包含：

一分層結構，其包含：

一儲存層，其具有垂直於一膜表面之磁化且其中一磁化之方向根據資訊而改變；

一磁化固定層，其具有充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且垂直於一膜表面的磁化；及

一中間層，其設置於該儲存層與該磁化固定層之間且由一非磁性材料製成，

其中藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向且將資訊儲存於該儲存層中，

該磁化固定層具有由至少兩個鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊亞鐵磁性結構，及

一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為該磁化固定層中之一磁性材料。

(2) 如(1)之儲存元件，其中一磁性材料(其被假定為使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為不與該磁化固定層中之該中間層接觸之一磁性材料。

(3) 如(2)之儲存元件，其中該Y元素之新增量係12 at% (原子百分比)或更小。

(4) 如(2)或(3)中任一項之儲存元件，其中該Y元素之新增量係1 at%至10 at%。

(5) 如(2)至(4)中任一項之儲存元件，其中與該中間層接觸之一磁性材料經組態以在該磁化固定層中具有一CoFeB磁性層。

(6) 一種儲存元件，其包含：

一分層結構，其包含：

一儲存層，其具有垂直於一膜表面之磁化且其中該磁化之一方向根據資訊而改變；

一磁化固定層，其具有充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且垂直於一膜表面的磁化；及

一中間層，其設置於該儲存層與該磁化固定層之間且由一非磁性材料製成，

其中藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向且將資訊儲存於該儲存層中，及

一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)

用作為該磁化固定層中之一磁性材料。

(7) 如(6)之儲存元件，其中該Y元素之新增量係12 at%或更小。

(8) 如(6)或(7)之儲存元件，其中該Y元素之新增量係1 at%至10 at%。

(9) 一種儲存裝置，其包含：

一儲存元件，其藉由一磁性材料之一磁化狀態來保存資訊；及
兩種類型之佈線，其等彼此相交，

其中該儲存元件包含：

一分層結構，其包含一儲存元件，該儲存元件包含一分層結構，該分層結構包含：

一儲存層，其具有垂直於一膜表面之磁化且其中該磁化之一方向根據資訊而改變；

一磁化固定層，其具有充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且垂直於一膜表面的磁化；及

一中間層，其設置於該儲存層與該磁化固定層之間且由一非磁性材料製成，

其中藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向且將資訊儲存於該儲存層中，

該磁化固定層具有由至少兩個鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊亞鐵磁性結構，

一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為該磁化固定層中之一磁性材料，

該儲存元件安置於該兩種類型之佈線之間，及

沿該層疊方向之一電流透過該兩種類型之佈線來流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。

(10) 一種磁頭，其包含：

一分層結構，其包含：

一儲存層，其具有垂直於一膜表面之磁化且其中磁化之一方向根據資訊而改變；

一磁化固定層，其具有充當儲存於該儲存層中之資訊之一參考且垂直於一膜表面的磁化；及

一中間層，其設置於該儲存層與該磁化固定層之間且由一非磁性材料製成，

其中藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存層之磁化之一方向，

該磁化固定層具有由至少兩個鐵磁性層及一非磁性層製成之一層疊亞鐵磁性結構，及

一磁性材料(其係使用Pt及Co之一合金或一層疊結構，且包含Y)用作為該磁化固定層中之一磁性材料。

(11) 一種具有一分層結構且經組態以儲存資訊之儲存元件，該儲存元件包括：

一儲存部分，其包含垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變；

一固定磁化部分，其包含充當該儲存磁化之一參考之一參考磁化；及

一中間部分，其設置於該儲存部分與該固定磁化部分之間且由一非磁性材料製成，

其中該固定磁化部分包含一層疊亞鐵磁性結構，該層疊亞鐵磁性結構包括一第一鐵磁性層、一第二鐵磁性層及一非磁性層，及

該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構。

(12) 如(11)之儲存元件，

其中該第一鐵磁性層包含該第一磁性材料且不與該中間部分接觸。

(13) 如(12)之儲存元件，

其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係12 at%或更小。

(14) 如(12)之儲存元件，

其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at%至10 at%。

(15) 如(12)之儲存元件，

其中該第二鐵磁性層包含一第二磁性材料，其包括CoFeB，該第二鐵磁性層與該中間部分接觸。

(16) 如(11)之儲存元件，

其中該儲存磁化之該磁化方向經組態以藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存部分上之該資訊之儲存。

(17) 如(11)之儲存元件，

其中該儲存部分、該中間部分及該固定磁化部分分別包括沿該分層結構之一層疊方向配置之一或多個層。

(18) 如(17)之儲存元件，

其中沿該層疊方向配置該固定磁化部分之該第一鐵磁性層、該非磁性層及該第二鐵磁性層，且其中該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

(19) 如(11)之儲存元件，

其進一步包括該儲存部分上之一頂蓋部分，

其中該頂蓋部分包括沿該分層結構之一層疊方向配置之一第一頂蓋部分層及一第二頂蓋部分層，且其中該第一頂蓋部分層包含Ru且該第二頂蓋部分層包含Ta。

(20) 如(11)之儲存元件，

其中該第二鐵磁性層包含CoFeB。

(21) 如(17)之儲存元件，

其中該固定磁化部分包括一第三鐵磁性層，沿該層疊方向配置該非磁性層、該第一鐵磁性層及該第二鐵磁性層，且其中該第三鐵磁性層包含CoPt或Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

(22) 如(11)之儲存元件，其進一步包括：

一第二非磁性層，其位於該第一鐵磁性層與該第二鐵磁性層之間。

(23) 一種具有一分層結構且經組態以用於儲存資訊之儲存元件，該儲存元件包括：

一儲存部分，其包含垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變；

一固定磁化部分，其包含充當該儲存磁化之一參考之一參考磁化；及

一中間部分，其設置於該儲存部分與該固定磁化部分之間且由一非磁性材料製成，

其中該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構。

(24) 如(23)之儲存元件，

其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係12 at%或更小。

(25) 如(23)之儲存元件，

其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at%至10 at%。

(26) 如(23)之儲存元件，

其中該儲存部分、該中間部分及該固定磁化部分分別包括沿該分層結構之一層疊方向配置之一或多個層。

(27) 如(26)之儲存元件，

其中沿該層疊方向配置該固定磁化部分之一第一鐵磁性層、一非磁性層及一第二鐵磁性層，且其中該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

(28) 如(23)之儲存元件，

其中該第二鐵磁性層包含CoFeB。

(29) 一種儲存裝置，其包括：

如(11)之儲存元件；及

兩種類型之佈線，其等彼此相交，

其中

沿該分層結構之一層疊方向之一電流透過該兩種類型之佈線來流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。

(30) 一種儲存裝置，其包括：

如(23)之儲存元件；及

兩種類型之佈線，其等彼此相交，

其中

沿該分層結構之一層疊方向之一電流透過該兩種類型之佈線來流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。

熟習技術者應瞭解，可根據設計要求及其他因數而進行各種修改、組合、子組合及改動，只要其等係在隨附技術方案或其等效物之範疇內。

【符號說明】

1	閘極電極
2	元件分離層
3	儲存元件
3'	儲存元件
4	接觸層

6	位元線
7	源極區域
8	汲極區域
9	佈線
10	半導體基板
11	基底層
12	磁化固定層
12a	鐵磁性層
12A-1	鐵磁性層
12A-2	鐵磁性層
12A-3	鐵磁性層
12b	非磁性層
12B	非磁性層
12B-1	非磁性層
12B-2	非磁性層
12c	鐵磁性層
12L	下磁化固定層
12U	上磁化固定層
13	中間層
13L	下中間層
13U	上中間層
14	儲存層
15	頂蓋層
100	複合磁頭
101	磁致電阻效應元件
122	基板

123	絕緣層
125	第一磁性擋板
127	第二磁性擋板
128	偏壓層
129	偏壓層
130	連接端子
131	連接端子
132	上層核心
133	薄膜線圈
g	間隙
M12	磁化固定層之磁化
M12L	下磁化固定層之磁化
M12U	上磁化固定層之磁化
M14	儲存層之磁化

I639155

※ 申請案號：103134937

※ 申請日：103/10/07

※IPC 分類：G11C11/00

【發明名稱】

儲存元件、儲存裝置及磁頭

STORAGE ELEMENT, STORAGE DEVICE, AND MAGNETIC
HEAD

【中文】

本發明揭示一種儲存元件，其具有分層結構且經組態以用於儲存資訊。在一實例中，該儲存元件包括一儲存部分，該儲存部分具有垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變。該儲存元件亦包含：一固定磁化部分，其具有充當該儲存磁化之一參考之參考磁化；及一中間部分，其介於該儲存部分與該固定磁化部分之間，該中間部分係由一非磁性材料製成。該固定磁化部分包含一層疊亞鐵磁性結構，其包括一第一鐵磁性層、一第二鐵磁性層及一非磁性層。該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構。本發明亦揭示包含該儲存元件之儲存裝置。

【英文】

A storage element having a layered structure and being configured for storing information is disclosed. In one example, the storage element comprises a storage portion with a storage magnetization that is perpendicular to a film surface of the layered structure, wherein a direction of the storage magnetization is configured to change according to the information. The storage element also includes a fixed magnetization portion with reference magnetization serving as a reference to the storage magnetization, and an intermediate portion between the storage portion and the fixed magnetization portion that is made of a non-magnetic material. The fixed magnetization portion includes a laminated ferrimagnetic structure that comprises a first ferromagnetic layer, a second ferromagnetic layer, and a non-magnetic layer. The fixed magnetization portion includes a first magnetic material that is an alloy or a laminated structure including Pt, Co, and Y. Storage devices including the storage element are also disclosed.

圖式

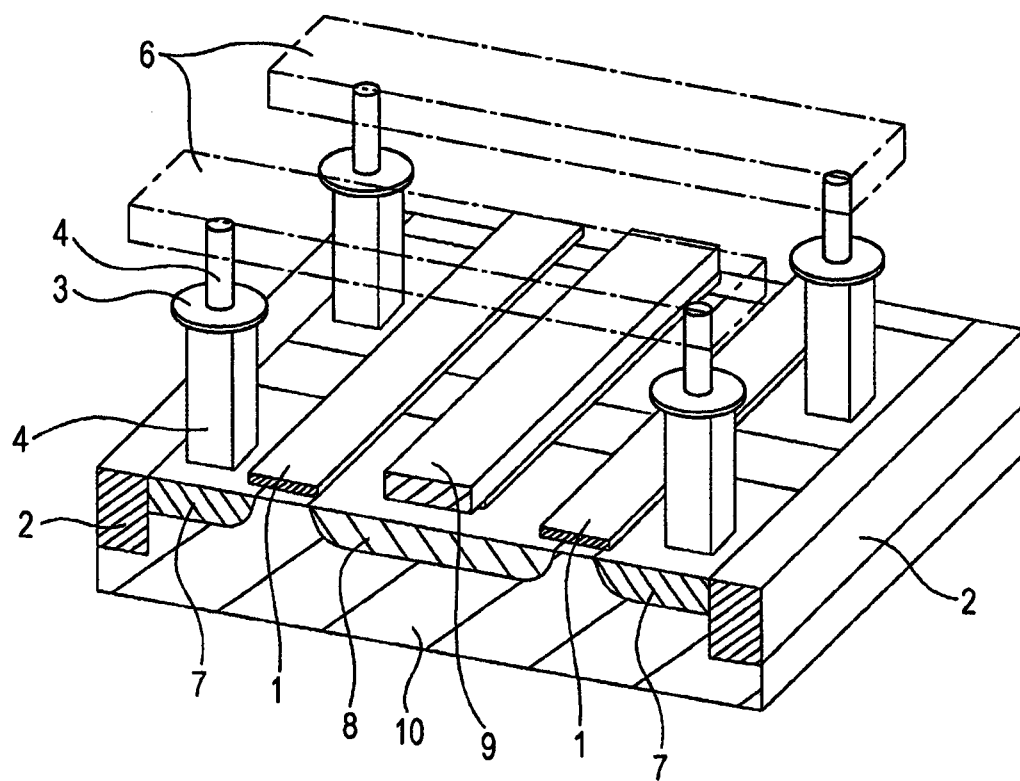


圖 1

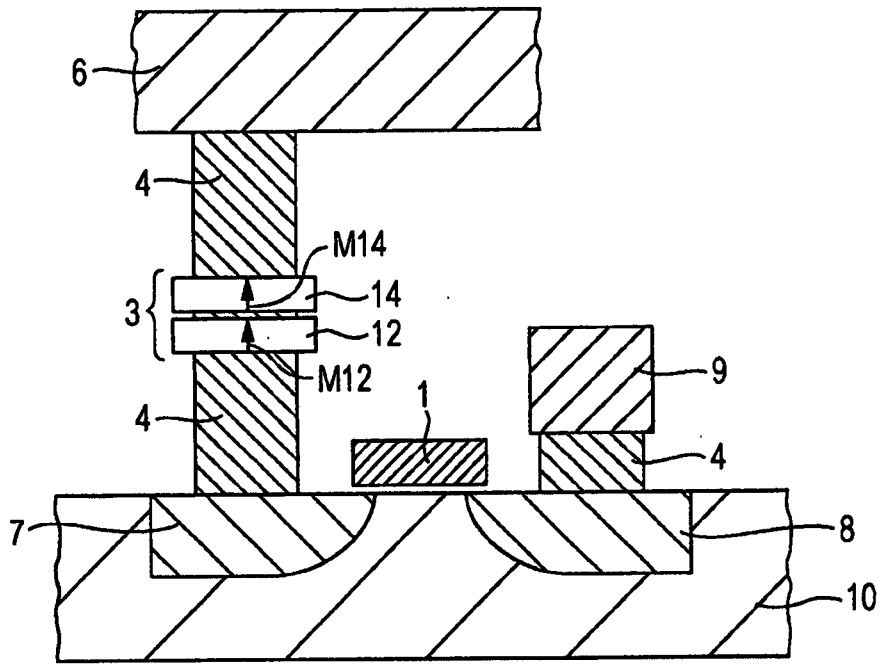


圖 2

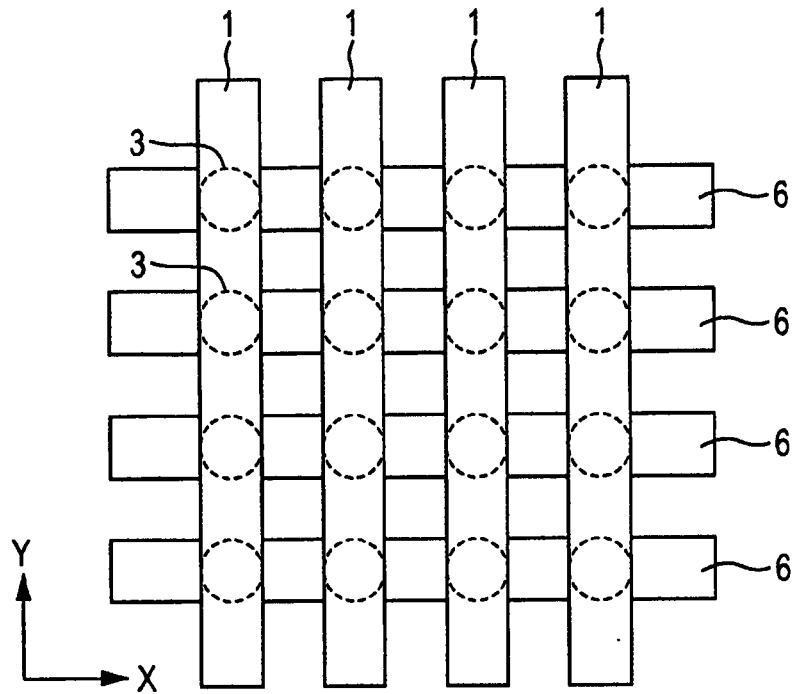
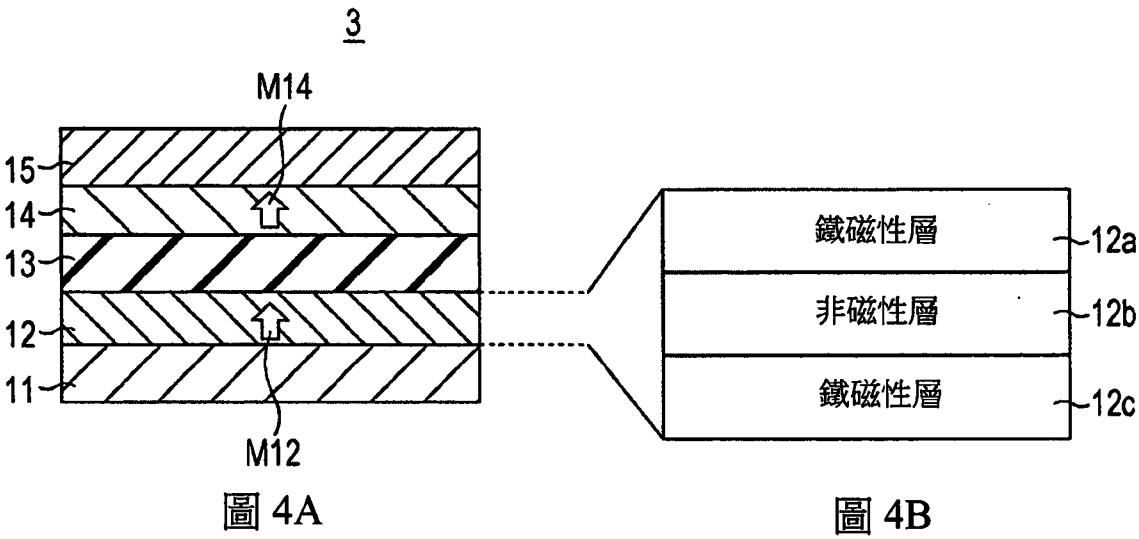


圖 3



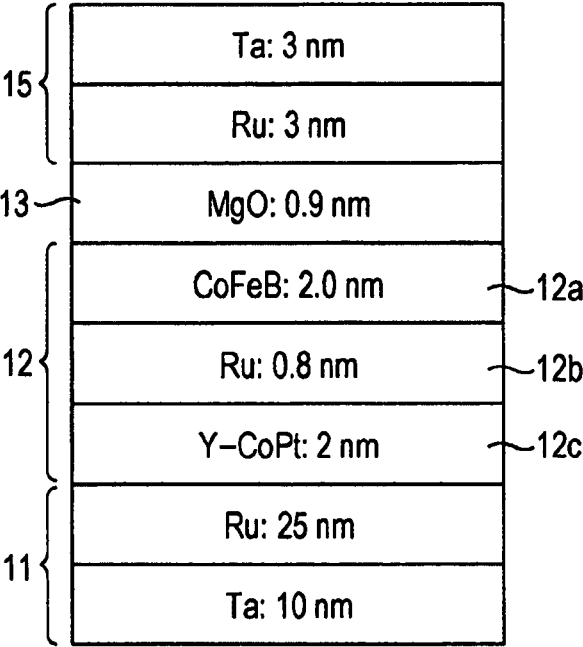


圖 5

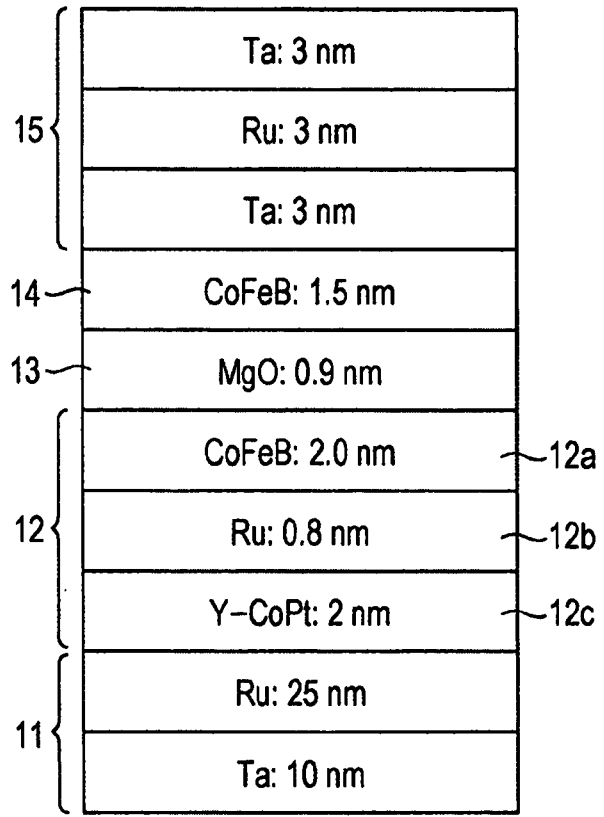


圖 6

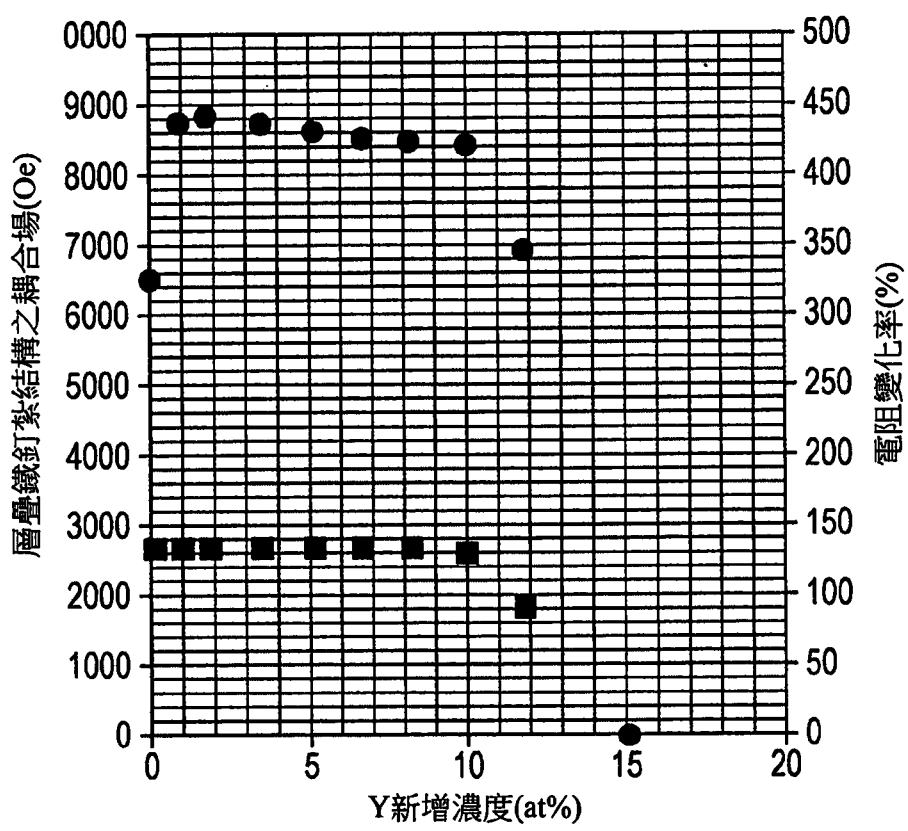


圖 7A

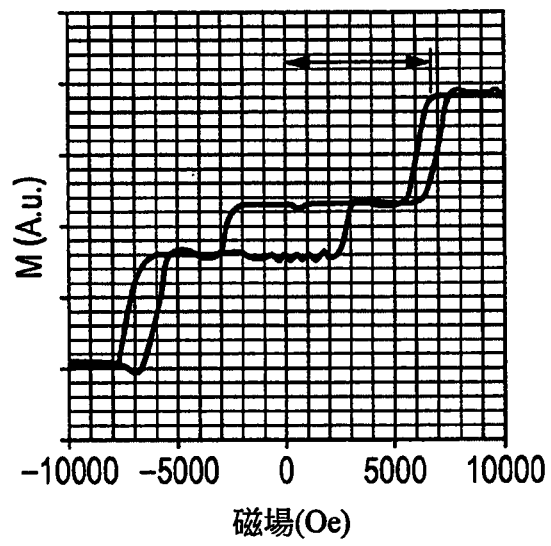
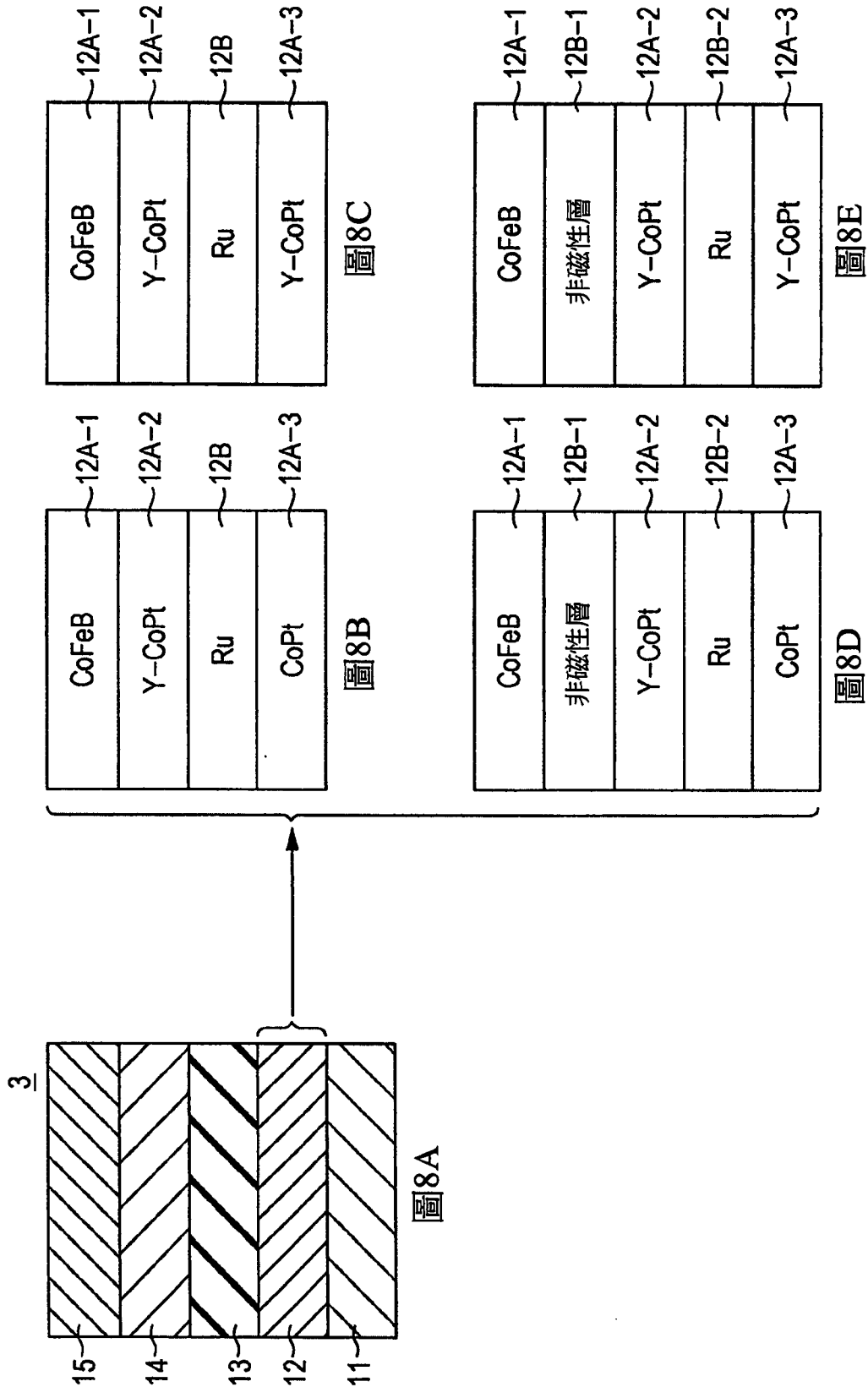


圖 7B



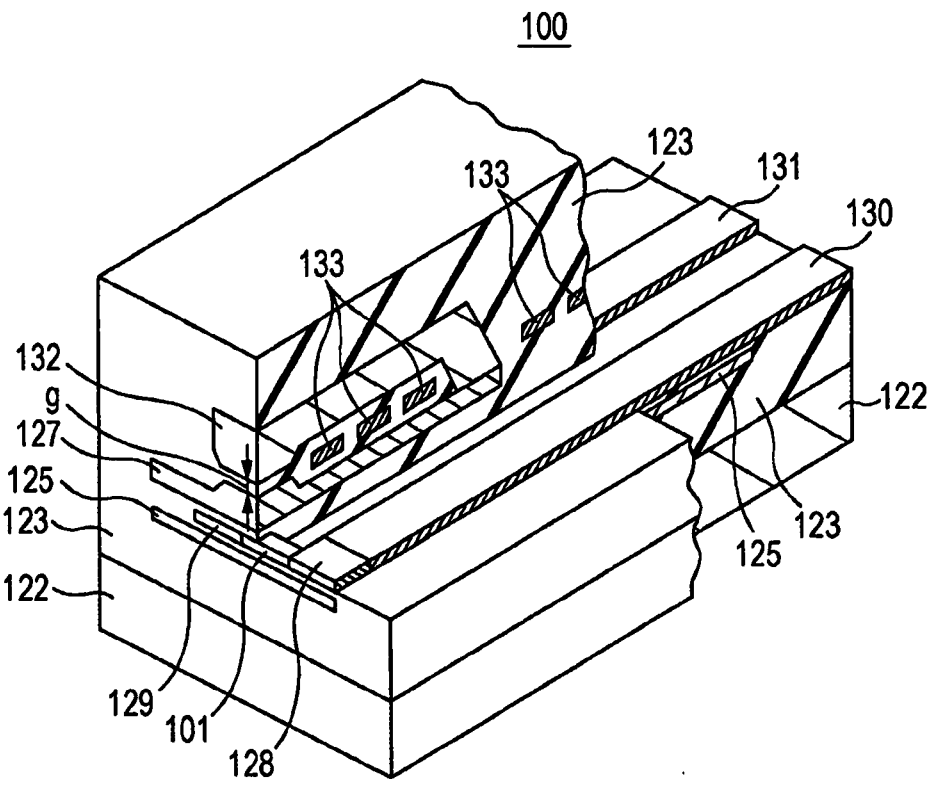


圖 9A

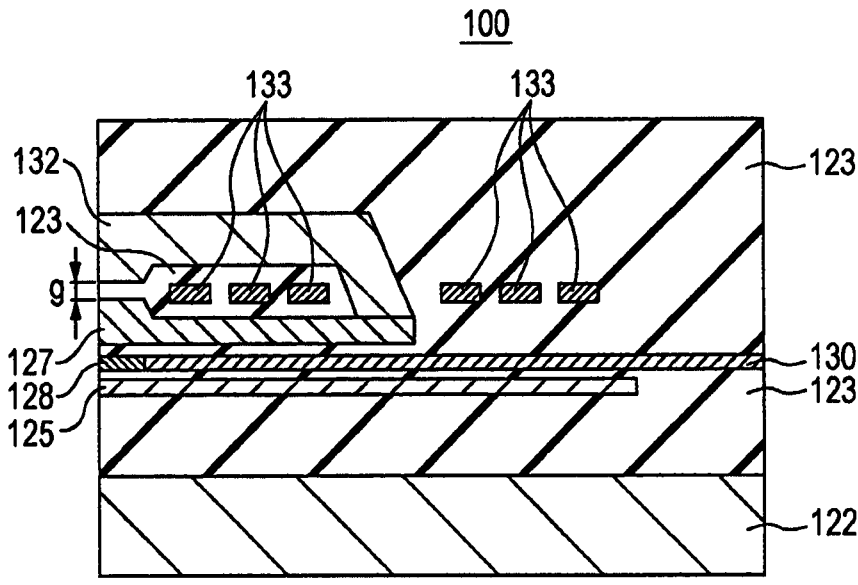


圖 9B

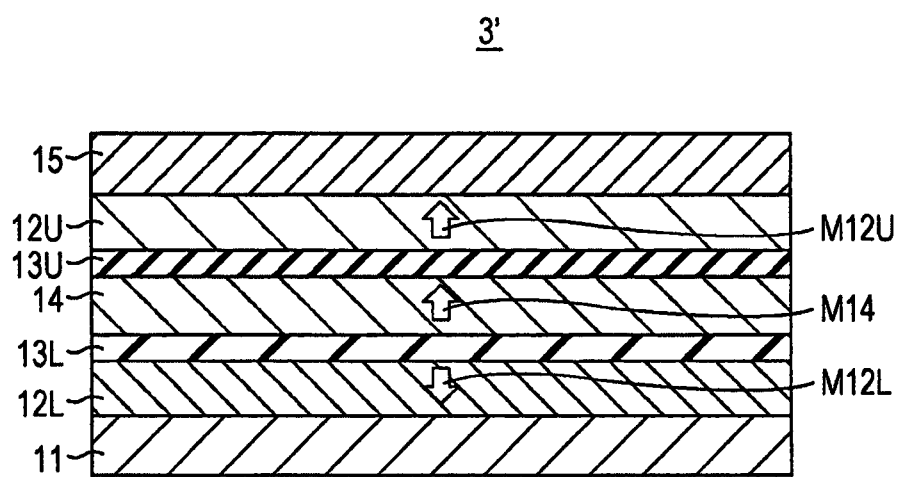


圖 10

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 6 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 11 基底層
- 12 磁化固定層
- 12a 鐵磁性層
- 12b 非磁性層
- 12c 鐵磁性層
- 13 中間層
- 14 儲存層
- 15 頂蓋層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種具有一分層結構且經組態以用於儲存資訊之儲存元件，該儲存元件包括：
 - 一儲存部分，其包含垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變，
 - 一固定磁化部分，其包含充當該儲存磁化之一參考之一參考磁化，及
 - 一中間部分，其經設置於該儲存部分與該固定磁化部分之間，且係由一非磁性材料製成，其中該固定磁化部分包含一層疊亞鐵磁性結構，其包括一第一鐵磁性層、一第二鐵磁性層及設置於該第一鐵磁性層與該第二鐵磁性層之間之一非磁性層，
 - 該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構，該第一磁性材料係接觸該非磁性層，及
 - 在該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at% (原子百分比) 至12 at%。
2. 如請求項1之儲存元件，
 - 其中該第一鐵磁性層包含該第一磁性材料且不與該中間部分接觸。
3. 如請求項2之儲存元件，
 - 其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at%至10 at%。
4. 如請求項2之儲存元件，
 - 其中該第二鐵磁性層包含一第二磁性材料，其包括CoFeB，該第二鐵磁性層與該中間部分接觸。
5. 如請求項1之儲存元件，

其中該儲存磁化之該磁化方向經組態以藉由沿該分層結構之一層疊方向注入自旋極化電子來改變該儲存部分上之該資訊的儲存。

6. 如請求項1之儲存元件，

其中該儲存部分、該中間部分及該固定磁化部分分別包括沿該分層結構之一層疊方向來配置的一或多個層。

7. 如請求項6之儲存元件，

其中沿該層疊方向來配置該固定磁化部分之該第一鐵磁性層、該非磁性層及該第二鐵磁性層，且其中該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

8. 如請求項1之儲存元件，

進一步包括該儲存部分上之一頂蓋部分，

其中該頂蓋部分包括沿該分層結構之一層疊方向來配置之一第一頂蓋部分層及一第二頂蓋部分層，且其中該第一頂蓋部分層包含Ru且該第二頂蓋部分層包含Ta。

9. 如請求項1之儲存元件，

其中該7第二鐵磁性層包含CoFeB。

10. 如請求項6之儲存元件，

其中該固定磁化部分包括一第三鐵磁性層，沿該層疊方向來配置該非磁性層、該第一鐵磁性層及該第二鐵磁性層，且其中該第三鐵磁性層包含CoPt或Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

11. 如請求項10之儲存元件，進一步包括：

一第二非磁性層，其係位於該第一鐵磁性層與該第二鐵磁性層之間。

12. 如請求項1之儲存元件，

其中該固定磁化部分之一厚度係0.5 nm至30 nm。

13. 一種具有一分層結構且經組態以用於儲存資訊之儲存元件，該儲存元件包括：

一儲存部分，其包含垂直於該分層結構之一膜表面之一儲存磁化，

其中該儲存磁化之一方向經組態以根據該資訊而改變，

一固定磁化部分，其包含充當該儲存磁化之一參考之一參考磁化，

一中間部分，其經設置於該儲存部分與該固定磁化部分之間且係由設置於一第一鐵磁性層與一第二鐵磁性層之間之一非磁性材料製成，

其中該固定磁化部分包含一第一磁性材料，其係包含Pt、Co及Y之一合金或一層疊結構，該第一磁性材料係接觸該非磁性層，及

在該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at%至12 at%。

14. 如請求項13之儲存元件，

其中該第一磁性材料中之該Y元素之數量係1 at%至10 at%。

15. 如請求項13之儲存元件，

其中該儲存部分、該中間部分及該固定磁化部分分別包括沿該分層結構之一層疊方向配置的一或多個層。

16. 如請求項15之儲存元件，

其中沿該層疊方向來配置該固定磁化部分之一第一鐵磁性層、一非磁性層及一第二鐵磁性層，且其中該第一鐵磁性層包含Y-CoPt，該非磁性層包含Ru，且該第二鐵磁性層包含CoFeB。

17. 如請求項13之儲存元件，

其中該第二鐵磁性層包含CoFeB。

18. 如請求項13之儲存元件，

其中該固定磁化部分之一厚度係0.5 nm至30 nm。

19. 一種儲存裝置，其包括：

如請求項1之儲存元件；及

兩種類型之佈線，其等彼此相交，其中

沿該分層結構之一層疊方向之一電流透過該兩種類型之佈線來流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。

20. 一種儲存裝置，其包括：

如請求項13之儲存元件；及

兩種類型之佈線，其等彼此相交，其中

沿該分層結構之一層疊方向之一電流透過該兩種類型之佈線來流動至該儲存元件，且注入自旋極化電子。