

公告本

申請日期	91 年 4 月 1 日
案 號	91106511
類 別	H01L 43/08

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

560095

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	磁動電阻元件，具有磁動電阻元件之記憶體元件，及使用記憶體元 件之記憶體
	英 文	Magnetoresistive element, memory element having the magnetoresistive element, and memeory using the memory element
二、發明 創作人	姓 名	(1) 池田貴司 (2) 小金井昭雄 (3) 岡野一久
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本
	住、居所	(1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 佳能股份有限公司內 (2) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 佳能股份有限公司內 (3) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 佳能股份有限公司內
	住、居所 (事務所)	
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 佳能股份有限公司 キヤノン株式会社
	國 籍	(1) 日本 (1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號
	代 表 人 姓 名	(1) 御手洗富士夫

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國 (地區)	申請專利，申請日期：	案號：	， ☐ 有 ☐ 無主張優先權
日本	2001 年 4 月 2 日	2001-103185	☒ 有主張優先權
日本	2001 年 8 月 13 日	2001-245423	☒ 有主張優先權

有關微生物已寄存於：，寄存日期：，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (4)

發明範圍

本發明係有關於一種使用下文中降低之磁場轉磁化方法之磁動電阻元件，其係指定為磁性薄膜、具有該磁動電阻元件記憶體元件及使用該記憶體元件之記憶體之開閉場。

習知技術

近幾年，當作固態記憶體之半導體記憶體於許多資料裝置中使用，該資料裝置係各種之類型例如 D R A M、F e R A M 及快閃 E E P R O M。該半導體記憶體之特徵包括諸多優點及缺點。沒有任何記憶體合於現行資料裝置所需要之所有規格。舉例來說，D R A M 能達到高記錄密度及可大量覆寫次數，但係易變並隨著關閉電源而喪失其資料。該快閃 E E P R O M 係不變的，但要花費長的清除時間而不適於高速資料處理。

在此半導體記憶體之情況下，使用磁動電阻元件之磁性記憶體（M R A M：磁性不規則輔助記憶體）以該記錄時間、讀取時間、記錄密度、可覆寫次數、電源消耗等來看，可作為符合許多資料裝置所需之所有規格之記憶體。具體而言，因為可以獲得大量之讀取訊號，使用自旋性依數之穿隧磁動（T M R）效應之 M R A M 係有利於於高密度記錄或高速讀取。最近的研究報告證實了 M R A M 之可行性。

該用作 M R A M 元件之磁動電阻薄膜之基本結構係三

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(2)

明治結構，其中磁性層係經由非磁性層彼此相鄰而形成。該非磁性薄膜材料之習知實施例係銅及三氧化二鋁。非磁性層中使用導體例如銅之磁動電阻薄膜稱為 G M R 薄膜（巨型磁動電阻薄膜）。使用絕緣體例如三氧化二鋁之磁動電阻薄膜係稱為自旋性依數之 T M R 薄膜（穿隧磁動電阻薄膜）。通常，該 T M R 薄膜具有較大於該 G M R 薄膜之磁動電阻效應。

如第 1 3 A 圖所顯示的，當兩磁性層之磁化方向彼此平行時，該磁動電阻薄膜之電阻係較低的。如第 1 3 B 圖所顯示的，當這些磁化方向反平行時，該電阻係較高的。該磁性層其中之一係形成當作記錄層，另一層則當作讀取層。資料可以藉著利用上述性質讀出來。舉例來說，非磁性層 1 2 上之磁性層 1 3 係形成當作記錄層，而該非磁性層 1 2 下方之磁性層 1 4 係當作讀取層。該記錄層之向右磁化方向係定義為「1」，而向左方向則定義為「0」。如第 1 4 A 圖顯示的，如果該二磁性層之磁化方向都向右，則該磁動電阻薄膜之電阻係較低的。如第 1 4 B 圖顯示的，如果該讀取層之磁化方向右而該記錄層之磁化方向向左，則電阻係較高的。如第 1 4 C 圖顯示的，如果該讀取層之磁化方向向左而該記錄層之磁化方向向右，則電阻係較高。如第 1 4 D 圖顯示的，如果該二磁性層之磁化方向都向左，則該磁動電阻薄膜之電阻係較低的。也就是說，當該讀取層之磁化方向固定向右時，則該記錄層中用「0」記錄高電阻，用「1」記錄低電阻。或者，當該讀

五、發明說明 (3)

取層之磁化方向固定向左時，則該記錄層中用「1」記錄高電阻，用「0」記錄低電阻。

當該元件係小型化以達 M R A M 之較高記錄密度時，在消磁場或該端面之磁化扭曲之影響下，該使用平面內磁化薄膜之 M R A M 將變得難以保存資料。為避免此等問題，舉例來說，磁性層係做成矩形體。此方法無法小型化該元件，所以無法預期記錄密度之增加。U S P 6 2 1 9 2 7 5 建議使用垂直磁化薄膜以避免上述之問題。根據本方法，即使有較小的元件規格，該磁化場也不會增加。相較於使用平面內磁化薄膜，將了解較小規格之磁動電阻薄膜。相似於使用平面內磁化薄膜之磁動電阻薄膜，當該二磁性層之磁化方向係彼此平行時，使用垂直磁化薄膜之磁動電阻薄膜具有較低之電阻，而當這些磁化方向係反平行時，則使用垂直磁化薄膜之磁動電阻薄膜具有較高之電阻。如第 1 5 A 至 1 5 D 圖顯示的，一非磁性層 2 2 上係形成一磁性層 2 3 當作記錄層，該非磁性層 2 2 下方之磁性層 2 1 係當作讀取層。該記錄層之向上磁化方向係定義為「1」，而該向下方向則為「0」。如第 1 4 A 至 1 4 D 圖顯示的，其可能做成記憶體元件。

該垂直磁化薄膜之主要實施例係由至少一種選自例如釷、鎢及鉍之稀土金屬元素及至少一種選自例如鈷、鐵及鎳之過渡金屬元素製成之合金薄膜或人造晶格薄膜，由過渡金屬及貴重金屬例如鈷／鉑製成之人造晶格薄膜，以及依垂直於該薄膜表面之方向具有結晶體異方性

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

紉

五、發明說明 (4)

(crystallomagnetic anisotropy) 之合金薄膜，例如鈷鉻。通常，一垂直磁化薄膜之開閉場係大於具有過渡金屬之縱向磁異方性者。舉例來說，以透磁合金當作平面內磁化薄膜之開閉場係大約數百安培／米。該以鈷／鉑人造晶格薄膜當作垂直磁化薄膜之開閉場係高達大約數十安培／米。因為該稀土金屬之次晶格磁化及該過渡金屬之次晶格磁化彼此反平行配向，稀土金屬及過渡金屬之合金薄膜端視該薄膜組成而定，具有顯然不同之磁化強度。因而，此合金薄膜之開閉場端視該組成而改變。在諸多稀土金屬及過渡金屬之合金薄膜當中，釕鐵合金薄膜顯示較小之開閉場。通常，該釕鐵合金薄膜具有大約數千安培／米之開閉場，在該從 1 開始下降之磁化平方比曲線之臨界組成附近。

當感知器、記憶體等係由使用垂直磁化薄膜之磁動電阻薄膜製成時，由於上述理由，除非施加巨大之磁場，否則該感知器、記憶體等將無法操作。舉例來說，在該感知器中，偏離場必須集中於該磁動電阻薄膜之磁性層上。在該記憶體中，必須產生巨大之磁場。施加至記憶體之磁場通常係藉由導體供應電流而產生。尤其在用於攜帶式終端機中之記憶體，在該電源供應容量之限定下供應大電流係非所欲的。因此，用以產生磁場之導體必須捲繞於由磁動電阻薄膜製成之記憶體元件四周。此限定使該磁動電阻薄膜四周之結構或電路變得複雜，而難以製成。這將造成低產量及極高的成本。

本發明曾考量上述情況實行，其目的在於提供一種降

五、發明說明 (5)

低垂直磁化薄膜之開閉場，並且易於製造而不會降低產量或大幅地增加成本之磁動電阻薄膜，以及一種只需要小的電源消耗之記憶體。

發明概述

上述之目的係藉由一種包括非磁性層之磁動電阻薄膜，以及一種磁性薄膜形成於該非磁性薄膜兩側上之結構，其中該磁性薄膜至少有一包括垂直磁化薄膜，以及一種易磁化軸係由垂直於一薄膜表面，該薄膜表面係於該磁性薄膜接觸該垂直磁化薄膜之處形成，但是沒接觸該非磁性薄膜，之方向斜傾之磁性薄膜而達成。

上述目的復藉由具有含該磁動電阻薄膜之記憶體元件之記憶體而達成，該記憶體包括以垂直於表面表面之方向對該磁動電阻薄膜施加磁場之裝置，以及用以偵測該磁動電阻薄膜之電阻之裝置。

上述目的復藉由設置諸多磁動電阻薄膜之記憶體而達成，並且該記憶體復包括用於所欲之磁動電阻薄膜上選擇性地記錄資料之裝置，以及用以選擇性地讀出經記錄於所欲之磁動電阻薄膜上之資料之裝置。

圖示之簡單說明

第 1 圖係顯示根據本發明之磁動電阻薄膜之示意斷面圖；

第 2 圖係顯示另一種根據本發明之磁動電阻薄膜之示

五、發明說明 (6)

意斷面圖；

第 3 圖係復顯示另一種根據本發明之磁動電阻薄膜之示意斷面圖；

第 4 圖係顯示用於第一個具體實施例中之磁動電阻薄膜之示意斷面圖；

第 5 圖係顯示用於第一個具體實施例中該磁動電阻薄膜之磁動電阻曲線之圖形；

第 6 圖係顯示用於第二個具體實施例中磁動電阻薄膜之示意斷面圖；

第 7 圖係顯示用於第二個具體實施例中該磁動電阻薄膜之磁動電阻曲線之圖形；

第 8 圖係顯示第三具體例中對用於記憶體之磁動電阻薄膜施加磁場之電路之電路圖；

第 9 圖係顯示第三具體例中用於該記憶體之讀取電路之電路圖；

第 10 圖係顯示第三具體例中該記憶體之一部分示意斷面圖；

第 11 圖係顯示用於比較實施例之磁動電阻薄膜之示意斷面圖；

第 12 圖係顯示用於比較實施例之該磁動電阻薄膜之磁動電阻曲線之圖形；

第 13 A 圖係顯示該磁動電阻薄膜之磁化係於平行狀態之示意斷面圖；

第 13 B 圖係顯示該磁動電阻薄膜之磁化係於反平行

五、發明說明（ 7 ）

狀態之示意斷面圖；

第 1 4 A 、 1 4 B 、 1 4 C 及 1 4 D 圖係於使用平面內磁化薄膜之習知磁動電阻薄膜中解釋記錄／再生原理之概略圖，其中

第 1 4 A 圖係顯示讀出經記錄資料「 1 」時之磁化狀態之示意斷面圖，

第 1 4 B 圖係顯示讀出經記錄資料「 0 」時之磁化狀態之示意斷面圖，

第 1 4 C 圖係顯示讀出經記錄資料「 1 」時之磁化狀態之示意斷面圖，以及

第 1 4 D 圖係顯示讀出經記錄資料「 0 」時之磁化狀態之示意斷面圖；

第 1 5 A 、 1 5 B 、 1 5 C 及 1 5 D 圖係解釋使用垂直磁化薄膜之習知磁動電阻薄膜中之記錄／再生原理之概略圖，其中

第 1 5 A 圖係顯示讀出經記錄資料「 1 」時之磁化狀態之示意斷面圖，

第 1 5 B 圖係顯示讀出經記錄資料「 0 」時之磁化狀態之示意斷面圖，

第 1 5 C 圖係顯示讀出經記錄資料「 1 」時之磁化狀態之示意斷面圖，以及

第 1 5 D 圖係顯示讀出經記錄資料「 0 」時之磁化狀態之示意斷面圖；

第 1 6 A 、 1 6 B 、 1 6 C 及 1 6 D 圖係顯示第五個

五、發明說明 (8)

具體例中一磁性薄膜之該磁化變化之示意斷面圖；

第 1 7 A 及 1 7 B 圖係分別顯示第五個具體例中該磁性薄膜之磁化曲線，以及單獨第一磁性層 1 0 1 之磁化曲線之圖形；

第 1 8 A 及 1 8 B 圖係顯示使用由稀土金屬及過渡金屬之合金製成之垂直磁化薄膜之磁性元件磁化之示意圖；

第 1 9 A 、 1 9 B 及 1 9 C 圖係解釋使帶電粒子射入第一磁性層並使第一磁性層轉變之方法之示意圖；

第 2 0 A 、 2 0 B 及 2 0 C 圖係解釋使帶電粒子射入第一磁性層並使第一磁性層轉變之另一個方法之示意圖；

第 2 1 圖係顯示一穿隧磁動元件之概略圖；

第 2 2 圖係顯示另一種穿隧磁動元件之概略圖；

第 2 3 圖係顯示又另一種藉由該整個上部磁性層轉變形成之穿隧磁動元件之概略圖；

第 2 4 A 、 2 4 B 及 2 4 C 圖係用以解釋以光刻法形成第二磁性層方法之示意圖；以及

第 2 5 A 、 2 5 B 及 2 5 C 圖係用以解釋穿隧磁動元件形成方法之示意圖。

元件對照表

H c 1	抗磁力
H	外部磁場
M	磁化
0 0 1	基材

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

0 0 2	二 氧 化 矽 薄 膜
0 1 1	正 型 矽 基 材
1 2	非 磁 性 層
1 3	磁 性 層
1 4	磁 性 層
2 1	磁 性 層
2 2	非 磁 性 層
2 3	磁 性 層
1 0 0	固 定 電 阻 器
1 0 1	第 一 磁 性 層
1 0 1 a	第 一 磁 性 區
1 0 2	第 二 磁 性 區
1 0 2 a	第 二 磁 性 層
1 0 3	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 4	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 5	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 6	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 7	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 8	磁 動 電 阻 薄 膜
1 0 9	磁 動 電 阻 薄 膜
1 1 1	第 一 磁 性 層
1 1 2	第 二 磁 性 薄 膜
1 1 3	非 磁 性 薄 膜
1 1 4	第 三 磁 性 薄 膜

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

- | | |
|-------|----------|
| 1 1 5 | 第四磁性薄膜 |
| 1 1 8 | 保護薄膜 |
| 1 1 9 | 負型擴散區 |
| 1 2 0 | 負型擴散區 |
| 1 2 1 | 絕緣薄膜 |
| 1 2 2 | 上電極 |
| 1 2 3 | 絕緣層 |
| 1 3 1 | 基材 |
| 1 3 2 | 磁性層 |
| 1 3 3 | 穿隧薄膜 |
| 1 3 4 | 磁性層 |
| 1 3 5 | 導電保護層 |
| 1 3 6 | 經形成圖樣之阻劑 |
| 1 3 7 | 磁性層 |
| 1 3 8 | 磁性層 |
| 1 3 9 | 絕緣層 |
| 2 1 1 | 電晶體 |
| 2 1 2 | 電晶體 |
| 2 1 3 | 電晶體 |
| 2 1 4 | 電晶體 |
| 2 1 5 | 電晶體 |
| 2 1 6 | 電晶體 |
| 2 1 7 | 電晶體 |
| 2 1 8 | 電晶體 |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

2 1 9	電 晶 體
2 2 0	電 晶 體
2 2 1	電 晶 體
2 2 2	電 晶 體
2 2 3	電 晶 體
2 2 4	電 晶 體
2 2 5	電 晶 體
2 2 6	電 晶 體
2 3 1	電 晶 體
2 3 2	電 晶 體
2 3 3	電 晶 體
2 3 4	電 晶 體
2 3 5	電 晶 體
2 3 6	電 晶 體
2 3 7	電 晶 體
2 3 8	電 晶 體
2 3 9	電 晶 體
2 4 0	電 晶 體
2 4 1	電 晶 體
2 4 2	電 晶 體
2 7 1	字 線 (閘 極)
2 7 2	字 線 (閘 極)
3 1 1	導 體
3 1 2	導 體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

綴

五、發明說明 (12)

3 1 3	導 體
3 1 4	導 體
3 2 1	導 體
3 2 2	導 體
3 2 3	導 體
3 2 4	導 體
3 3 1	數 元 線
3 3 2	數 元 線
3 3 3	數 元 線
3 4 1	字 線 (閘 極)
3 4 2	字 線 (閘 極)
3 4 3	字 線 (閘 極)
3 5 1	接 觸 柱 塞
3 5 2	接 觸 柱 塞
3 5 3	接 觸 柱 塞
3 5 4	接 觸 柱 塞
3 5 6	地 線
3 5 7	接 觸 柱 塞
3 5 8	局 部 線
4 0 1	第 一 磁 性 層
4 0 2 a	第 一 磁 性 區
4 0 3	第 一 磁 性 層
4 0 4 a	第 一 磁 性 區
4 0 4	第 一 磁 性 區

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

4 1 1	電 源 供 應 器
4 1 2	電 源 供 應 器
5 0 0	感 測 放 大 器
5 0 1	基 材
5 0 2	第 一 磁 性 層
5 0 3	保 護 層
5 0 4	離 子
5 0 5	第 一 磁 性 區
5 0 6	非 磁 性 元 件
8 0 1	第 一 磁 性 層
8 0 2	穿 隧 薄 膜
8 0 3	第 一 磁 性 層
8 0 4	第 一 磁 性 區
8 0 5	第 一 磁 性 區
8 0 6	下 感 測 線
8 0 7	上 感 測 線
8 0 7 a	上 感 測 線
8 0 8	導 電 保 護 層
8 1 0	第 一 磁 性 層
8 2 0	第 二 磁 性 層
8 3 0	第 一 磁 性 薄 膜
8 4 0	第 二 磁 性 薄 膜
8 5 0	第 二 磁 性 薄 膜

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

較佳具體例之詳細敘述

第 1 圖顯示根據本發明一磁動電阻薄膜之實施例。其磁化在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，將使其本身依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜，亦即，其易磁化軸由垂直於該薄膜表面之方向傾斜之第一磁性層 1 1 1、用作垂直磁化薄膜之第二磁性薄膜 1 1 2、非磁性薄膜 1 1 3 及用作垂直磁化薄膜之第三磁性薄膜 1 1 4 係連續形成。該第一磁性層及第二磁性薄膜 1 1 1 及 1 1 2 係相互耦合。該第二磁性薄膜 1 1 2 之磁化在沒有磁場時，至少第二磁性薄膜 1 1 2 及非磁性薄膜 1 1 3 之間的界面周圍係調整至垂直該薄膜表面之配向，或視依此方向施加磁場而調整至垂直於該薄膜表面之配向。在 M R A M 中，可施加至記憶體元件之該磁場強度較佳在流經導體之電流密度限制之下，係設定於 4 千安培／米或更小。由此，在沒有磁場時由垂直於該薄膜表面之方向傾斜之磁場係藉由施加 4 千安培／米或更小之磁場而朝向該垂直方向。如果垂直磁化薄膜與磁性薄膜相互耦合，其磁化在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，將使其本身依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向，該垂直磁化薄膜之垂直磁性異向性將顯著降低。因此，依垂直於該薄膜表面之方向之開閉場能夠降低。

爲了進一步增加 M R 比率，習慣上都檢查高自旋性極化層係嵌入非磁性及磁性層之間的結構。相反地，本發明

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

關於降低關於依垂直於該薄膜表面方向施加之磁場之開閉場。其磁化在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，將使其本身依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜沒有與非磁性薄膜接觸，換句話說，該磁性薄膜並未嵌入磁性層及非磁性層之間。此等磁性薄膜並未直接關係到該MR效應之發展，且其磁化必需朝向依垂直於該薄膜表面之方向。

即使在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，將使其本身依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜係形成俾使不與非磁性薄膜接觸，該磁性薄膜及垂直磁化薄膜之間相互耦合薄膜之開閉場變得小於單一層之垂直磁化薄膜。依垂直於該薄膜表面方向之磁化轉變端視依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向磁化之磁性薄膜之膜厚而定。該磁性薄膜之膜厚由開閉場之強度而定。在根據本發明之非磁動電阻薄膜中，依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜之磁化不需要朝向依垂直於該薄膜表面之方向。此等磁性薄膜可以做得較厚，而垂直於該薄膜表面之方向之開閉場則容易充分地降低。

如上述，該垂直磁化薄膜之主要實施例係由至少一種選自例如釷、鎢及鉍之稀土金屬元素及至少一種選自例如鈷、鐵及鎳之過渡金屬元素製成之合金薄膜或人造晶格薄膜，由過渡金屬及貴重金屬例如鈷／鉑製成之人造晶格薄膜，以及依垂直於該薄膜表面之方向具有結晶體異方性之

五、發明說明 (16)

合金薄膜，例如鈷鉻。在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，其磁化依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜，可以藉著使用與具有垂直磁異方性之磁性薄膜相同之材料，調整薄膜形成條件俾能符合 $K_u - 2 \Pi M_s^2 < 0$ 而獲得。該等提供一種易磁化軸由垂直於該薄膜表面之方向傾斜之磁性薄膜。在該情況中， K_u 係垂直磁異方性之能量常數，而 M_s 係飽和磁化之強度。使用該稀土－過渡金屬合金較佳使控制此等物理性質變得容易。一種由選自鈷、鐵及鎳之過渡金屬元素製成之薄膜，或由兩種或多種元素製成之合金薄膜形成之平面內磁化薄膜亦可以使用。

非磁性薄膜 1 1 3 之實施例係例如銅或鉻之導體及例如三氧化二鋁或氧化鎳之絕緣體。由絕緣體製成之非磁性薄膜 1 1 3 提供較大的磁動電阻變化，較佳使用於記憶體元件。

當具有第 1 圖中顯示之薄膜結構之磁動電阻薄膜係用作記憶體元件時，第二磁性薄膜 1 1 2 之磁化可以藉由應用磁場開閉，而第三磁性薄膜 1 1 4 之磁化則不一定能轉變，元件電壓較佳直接讀取而不需變換磁化方向使不會破壞讀取中之記錄資料。如果第三磁性薄膜 1 1 4 之磁化可以轉變，則具有較小開閉場（抗磁力）介於第一及第二磁性薄膜 1 1 1 及 1 1 2 之間的相互耦合薄膜可以設定成讀出層，而具有較大開閉場（抗磁力）之磁性層 1 1 4 可以設定成記錄層。經記錄之資料可以藉由讀取由轉變第二磁

五、發明說明 (17)

性薄膜 1 1 2 之磁化方向所造成之元件電壓變化以非破壞性的方式讀出。

第 2 圖係顯示當作本發明具體實施例之薄膜結構之概略剖面圖。此等薄膜結構與第 1 圖中所顯示的不同，其中形成第四磁性薄膜 1 1 5。該第四磁性薄膜 1 1 5 係一種在沒有磁場同時沒有與另一磁性物質交換力之作用時，其磁化依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜。該第四磁性薄膜 1 1 5 對該第三磁性薄膜 1 1 4 相互耦合。類似於第一磁性層 1 1 1，第四磁性薄膜 1 1 5 會降低垂直磁化薄膜之開閉場。此等結構使能夠藉由小的應用磁場轉變第二及第三磁性薄膜 1 1 2 及 1 1 4 之磁化。第二磁性薄膜 1 1 2 之開閉場及第三磁性薄膜 1 1 4 之開閉場之強度不同。當具有此等結構之磁動電阻薄膜係用作記憶體時，在第一及第二磁性薄膜 1 1 1 及 1 1 2 之間的相互耦合薄膜及第三及第四磁性薄膜 1 1 4 及 1 1 5 之間的相互耦合薄膜之外具有較小開閉場之層係設定成讀出層，而剩下具有較大開閉場之層則設定成記錄層。該開閉場之強度可以藉由每種磁性薄膜之組成、膜厚或薄膜形成條件而調整。

同樣地，如第 3 圖所顯示的，由具有高自旋性極性材料製成之磁性薄膜 1 1 6 及 1 1 7 可以形成於非磁性薄膜 1 1 3 及此等磁性薄膜之間的界面，由此增加磁動電阻比。此等薄膜係形成於第 3 圖之二界面處，但僅可以形成其中之一薄膜。形成於界面處之磁性薄膜 1 1 6 及 1 1 6

五、發明說明 (18)

可能係磁化依垂直於該薄膜表面之方向傾斜朝向一方向之磁性薄膜，或垂直磁化薄膜。然而第二及第三磁性薄膜 1 1 2 及 1 1 4 係彼此相互偶合著，該界面與非磁性薄膜 1 1 3 周圍之磁化必須垂直於該薄膜表面。

該磁性薄膜 1 1 6 及 1 1 7 可能具有顆粒外形。

在本發明之磁動電阻薄膜中，該非磁性薄膜可能由例如銅之金屬或介電物質例三氧化二鋁製成。當該非磁性薄膜係用作記憶體時，因為大磁動電阻變化故，較佳係電介性非磁性薄膜。

設計諸多具有上述薄膜結構中任一種之磁動電阻薄膜以構成一種資料可以藉由對一種所欲之元素施加較大磁場而選擇性地記錄於其上之記憶體。

該開閉場（抗磁力）可藉由轉變一些或所有磁性層並故意形成一部分小的磁異方性而降低。以下具體實施例中將詳細說明。

（第一具體實施例）

第 4 圖係顯示根據第一個具體實施例之磁動電阻薄膜之概略剖面圖。矽晶圓係用作基材 0 0 1，而其表面係氧化而形成厚度大約 1 微米之二氧化矽薄膜 0 0 2。在二氧化矽薄膜 0 0 2 上連續形成用作第一磁性層 1 1 1 屬於平面內磁化薄膜之 5 奈米厚鐵膜、用作第二磁性薄膜 1 1 2 屬於垂直磁化薄膜之 30 奈米厚 $Gd_{20}Fe_{80}$ 薄膜、用作非磁性薄膜 1 1 3 之 2 奈米厚三氧化二鋁薄膜、用作第三

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

紮

五、發明說明 (19)

磁性薄膜 1 1 4 構成垂直磁化薄膜之 1 0 奈米厚

T b₂₂ F e₇₈ 薄膜以，以及用作保護薄膜 1 1 8 之 5 奈米厚鉑薄膜。該鐵及 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜係彼相互耦合，並且該鉑薄膜用作防止例如磁性薄膜氧化之腐蝕用之保護薄膜。在該 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜及 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜兩者當中，主要的係過渡金屬之次晶格磁化。在該獲得之多層薄膜上形成 1 - 微米抗蝕劑薄膜，而鉑及 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜係藉由乾式蝕刻自未覆蓋抗蝕劑部分移除。蝕刻之後，形成 1 5 奈米厚三氧化二鋁薄膜，而該抗蝕劑及上方之三氧化二鋁層係移除。在鐵及 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜製成之上電極及下電極之間形成用於防止短路之絕緣薄膜 1 2 1。之後，上電極 1 2 2 由鋁薄膜濺射形成，並且移除由上電極轉移之三氧化二鋁薄膜以形成用於連結量測電流之電極墊。2 百萬安培／米之磁場係以垂直於該薄膜表面之方向施加至該產生之磁動電阻薄膜以磁化該 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜使朝向該施加磁場。該 1 - 公分 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜之抗磁力顯現大到 1 . 6 百萬安培／米之值。亦期待該磁動電阻薄膜之抗磁力顯現同樣大的值。

該磁動電阻薄膜之上及下電極係連結至恆流電源，而固定電流係流動俾使電子穿隧經過 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜及 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜之間的三氧化二鋁薄膜。磁場垂直施加於該磁動電阻薄膜表面，改變強度及方向以測量該磁動電阻薄膜中的電壓變化（磁動電阻曲線）。結果顯示於第 5 圖中。根據該測量結果，磁化轉變發生於大約 3 千安

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

培 / 米處。

(第二具體實施例)

第 6 圖係顯示根據第二具體實施例之磁動電阻薄膜之概略剖面圖。以矽晶圓用作基材 0 0 1，而該矽晶圓表面係氧化而形成厚度大約 1 微米之二氧化矽薄膜 0 0 2。用作第一磁性層 1 1 1 屬於平面內磁化薄膜之 3 奈米厚的鐵膜、用作第二磁性薄膜 1 1 2 屬於垂直磁化薄膜之 5 0 奈米厚 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜、具有較高於第二磁性薄膜之自旋性極化用作磁性薄膜 1 1 6 屬於平面內磁化薄膜之 1 奈米厚 $Co_{50}Fe_{50}$ 薄膜、用作非磁性薄膜 1 1 3 之 2 奈米厚三氧化二鋁薄膜、具有較高於第三磁性薄膜之自旋性極化用作磁性薄膜 1 1 7 屬於平面內磁化薄膜之 1 奈米厚 $Co_{50}Fe_{50}$ 薄膜、用作第三磁性薄膜 1 1 4 屬於垂直磁化薄膜之 3 0 奈米厚 $Tb_{25}Fe_{75}$ 薄膜、用作第四磁性薄膜 1 1 5 屬於平面內磁化薄膜之 3 奈米厚的鐵膜，以及用作保護薄膜 1 1 8 之 5 奈米厚鉑薄膜連續形成於二氧化矽薄膜 0 0 2 上。該鐵薄膜及 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜，以及 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜及 $Co_{50}Fe_{50}$ 薄膜各別交互偶合。在 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜及 $Tb_{25}Fe_{75}$ 薄膜，以及 $Tb_{25}Fe_{75}$ 薄膜及鐵薄膜各別交互偶合。在 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜及 $Tb_{25}Fe_{75}$ 薄膜中，主要係稀土金屬之次晶格磁化。兩層 $Co_{50}Fe_{50}$ 薄膜都具有較高於 $Gd_{25}Fe_{75}$ 薄膜及 $Tb_{25}Fe_{75}$ 薄膜之自旋性極化，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

並且都藉由該交換偶合力依垂直於該薄膜表面之方向磁化。鉑薄膜用作防止例如磁性薄膜氧化之腐蝕用保護薄膜。於該獲得之多層薄膜上形成 1 - 微米抗蝕劑薄膜，而鉑及 $Tb_{2.5}Fe_{7.5}$ 薄膜係藉由乾式蝕刻自未利用抗蝕劑覆蓋之部分移除。蝕刻之後，形成 39 奈米厚之三氧化二鋁薄膜，移除該抗蝕劑及上方的三氧化二鋁薄膜。於鐵及 $Gd_{2.5}Fe_{7.5}$ 薄膜構成之上電極及下方電極之間形成防止短路之絕緣薄膜 121。然後，由鋁薄膜以濺射形成上電極 122，自上電極轉變之三氧化二鋁薄膜係移除形成連結測量電路之電極墊。

該磁動電阻薄膜之上及下電極係連結至恆流電源，固定電流係流動俾使電子穿隧經過 $Gd_{2.0}Fe_{8.0}$ 薄膜及 $Tb_{2.2}Fe_{7.8}$ 薄膜之間的三氧化二鋁薄膜。磁場垂直施加於該磁動電阻薄膜表面，改變強度及方向以測量該磁動電阻薄膜中的電壓變化。結果顯示於第 7 圖中。根據該測量結果，磁化轉變發生於大約 2.5 千安培／米及 3.8 千安培／米處。

(第三具體實施例)

第 8 及 9 圖顯示當第二具體實施例中用作記憶體元件之磁動電阻薄膜 101 至 109 係設計成 3 x 3 列陣時之記憶電池之電流。第 8 圖顯示用以產生施加於該磁動電阻薄膜之磁場之電流。第 9 圖顯示用以偵測該磁動電阻薄膜中阻抗變化之電流。

五、發明說明(22)

以下將解釋一種選擇性地轉變任意元件磁性薄膜之磁化之方法。舉例來說，選擇性地轉變該磁動電阻薄膜 1 0 5 之磁化，電晶體 2 1 2、2 1 7、2 2 5 及 2 2 0 係開啓，而其餘的電晶體則關閉。然後，電流流過導體 3 1 2、3 1 3、3 2 3 及 3 2 2 產生其周圍之磁場。由四導體之相同方向磁場僅施加於該磁動電阻薄膜 1 0 5。該結合磁場係調整至稍微大於該元件磁性薄膜之開閉場。僅該磁動電阻薄膜 1 0 5 之磁化可以選擇性地轉換。以垂直相反於該磁動電阻薄膜 1 0 5 之方向施加磁場，電晶體 2 1 3、2 1 6、2 2 4 及 2 2 1 係開啓，而其餘的電晶體則關閉。然後，電流流過導體 3 1 2、3 1 3、3 2 3 及 3 2 2 產生其周圍之磁場。由四導體之反向磁場則施加於該磁動電阻薄膜 1 0 5。

以下將解釋讀取作業。舉例來說，讀出記錄於該磁動電阻薄膜 1 0 5 上之資料，電晶體 2 3 5 及 2 4 1 係開啓產生電流，其中電源供應器 4 1 2、固定電阻 1 0 0 及該磁動電阻薄膜 1 0 5 係串聯。該電源供應器電壓係依固定電阻器 1 0 0 之電阻值及該磁動電阻薄膜 1 0 5 之電阻值劃分各電阻。因為電源供應器電壓係固定的，施加於該磁動電阻薄膜之電壓端視該磁動電阻薄膜之電阻值變化而定。此等電壓值係藉由感測放大器 5 0 0 讀出。該讀取方法主要包括兩種方法。首先，偵測施加至該磁動電阻薄膜之電壓值等級，由該等級鑑別資料。該等稱為絕對偵測。其次，僅改變該磁動電阻薄膜讀出層之磁化方向，藉由電

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (23)

壓變化差異鑑別資料。舉例來說，轉變該讀出層之磁化時，視電壓值降低而產生之變化定義為「1」，而電壓值增加而產生之變化定義為「0」。該讀取方法稱為相對偵測。

第10圖係顯示一元件周圍部分之概略圖。於正型矽基材011中形成兩個負型擴散區119及120，由絕緣層123於該負型擴散區之間形成字線（閘極）

342。將地線356連至負型擴散區119。磁動電阻薄膜105係連至經由接觸柱塞352、353、354及357及局部線（local wire）358連至另一個負型擴散區。該磁動電阻薄膜復連至數元線332。於該磁動電阻薄膜105旁形成用以產生磁場之導體322及323。

（比較例）

第11圖中，矽晶圓係用作基材001，而該基材表面係氧化以形成具有厚度大約1微米之二氧化矽薄膜002。具有較小開閉場用作磁性薄膜21屬於垂直磁化薄膜之30奈米厚 $Tb_{20}Fe_{80}$ 薄膜、用作非磁性薄膜22之2奈米厚三氧化二鋁薄膜、具有較大抗磁力用作磁性薄膜23屬於垂直磁化薄膜之10奈米厚 $Tb_{22}Fe_{78}$ 薄膜以及用作保護薄膜118之5奈米厚鉑薄膜於該二氧化矽薄膜002上連續形成。該鉑薄膜用作防止例如磁性薄膜氧化腐蝕用之保護薄膜。在該 $Gd_{20}Fe_{80}$ 薄膜及

五、發明說明 (24)

T b₂₂ F e₇₈ 薄膜兩者當中，主要的係過渡金屬之次晶格磁化。在該獲得之多層薄膜上形成 1 - 微米抗蝕劑薄膜，而鉑及 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜係藉由乾式蝕刻自未覆蓋抗蝕劑部分移除。蝕刻之後，形成 1.5 奈米厚三氧化二鋁薄膜，而該抗蝕劑及上方之三氧化二鋁層係移除。在鐵及 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜製成之上電極及下電極之間形成用於防止短路之絕緣薄膜 1.2.1。之後，上電極 1.2.2 由鋁薄膜濺射形成，並且移除由上電極轉移之三氧化二鋁薄膜以形成用於連結量測電流之電極墊。2 百萬安培／米之磁場係以垂直於該薄膜表面之方向施加至該產生之磁動電阻薄膜以磁化該 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜使朝向該施加磁場。該 1 - 公分 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜之抗磁力顯現大到 1.6 百萬安培／米之值。亦期待該磁動電阻薄膜之抗磁力顯現同樣大的值。

該磁動電阻薄膜之上及下電極係連至恆常電源，恆常電流係流動俾使電子穿透 T b₂₂ F e₇₈ 薄膜及 G d₂₀ F e₈₀ 薄膜之間的三氧化二鋁薄膜。磁場垂直施加於該磁動電阻薄膜表面，改變強度及方向以測量該磁動電阻薄膜中的電壓變化（磁動電阻曲線）。結果顯示於第 1.2 圖中。根據該測量結果，磁化轉變發生於大約 2.4 千安培／米處。

（第四具體實施例）

在上述具體實施例中，形成磁化依薄膜厚度之方向

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (25)

(堆疊方向)傾斜之磁性層(具有小垂直磁異方性之層)以降低開閉場之磁性層。該傾斜磁化之磁性層可於該磁性層之側表面形成以降低開閉場。

該等將參照第16A至16D圖而說明。第16A至16D圖係顯示於磁性層側表面上形成一區(層)具有小垂直磁異方性之結構中各磁性層之磁化方向變化之概略剖面圖。為說明之便,僅例示具有一小垂直磁異方性層之磁性薄膜。此等磁性薄膜亦可以用作磁動電阻元件之磁性薄膜。第16A至16D圖顯示,具有較小垂直磁異方性之第一磁性層101之磁化方向及第二磁性區102之磁化方向之時序及狀態同時發生,該磁化藉由施加外來磁場而轉變,最後磁化方向以相反方向同時發生。在第16A圖中,箭頭係代表該第一磁性層101及第二磁性區102磁化方向之向量。

此等係簡要解釋本發明機構之簡單模式。不用說,實際上的磁化轉變行為係以微磁學為基礎之微觀的、複雜的反應。

在第16A圖之狀態中,第一磁性層101之磁化及第一磁性區102a及102b之磁化向上。如第16B圖所示,當施加於該磁性薄膜之向下外部磁場通常變得更強時,具有小垂直磁異方性之第二磁性層102a及102b之磁化方向開始傾斜。

第16B圖之狀態中,該外部磁場之強度較小於第一磁性層101之抗磁力。第一磁性層101受到第二磁性

五、發明說明 (26)

區 1 0 2 a 及 1 0 2 b 周圍之交換力，該第一磁性層 1 0 1 之磁化比單一層結構更容易轉變。由此，第一磁性層 1 0 1 之磁化方向亦傾斜。然而，第一磁性層 1 0 1 之傾斜小於第二磁性區 1 0 2 a 及 1 0 2 b 之傾斜。

第 1 6 C 圖之狀態中，向下外部磁場變得比第 1 6 B 之狀態更強。具有小垂直磁異方性之第二磁性區 1 0 2 a 及 1 0 2 b 之磁化幾乎完全轉變。然而，該第一磁性層 1 0 1 之磁化延遲轉變。

第 1 6 D 圖之狀態中，該外部磁場變得比第 1 6 C 圖之狀態更強。該第一磁性層 1 0 1 之磁化及第一磁性區 1 0 2 a 及 1 0 2 b 之磁化完全轉變。依此方法，與使用單獨第一磁性層 1 0 1 比起來該磁化由小的外部磁場即能轉變。

將此具體實施例之磁性薄膜應用於 M R A R 能夠輕易地降低記憶電池之開閉場，並且能夠降低磁化轉變所需之寫入電流。

第 1 7 A 圖係顯示根據第四個具體實施例之磁性元件磁化曲線之圖形，而第 1 7 B 圖係顯示單獨第一磁性層 1 0 1 磁化曲線之圖形。該磁化曲線係表示外部磁場 (H) 及磁化之間關係的圖形。第 1 7 A 及 1 7 B 圖中各箭頭表示磁化曲線具有遲滯特徵部分之磁化進行方向。依此情況，磁化曲線穿越 H 軸該點處之外部磁場定義為抗磁力。第四個具體實施例中該磁性元件之抗磁力係 H_{c1} ，而單獨第一磁性層 1 0 1 之抗磁力係 H_{c2} 。

五、發明說明 (27)

抗磁力 $H_c 1$ 及 $H_c 2$ 具有一個關係： $H_c 1 < H_c 2$ 。比起單獨磁性層 101，該磁化係由弱的外部磁場轉變。

第 18 A 及 18 B 圖係顯示磁鐵當作稀土金屬之合金而過渡金屬係用於磁性薄膜之結構磁化之概略圖。第 18 A 圖顯示該過渡金屬係主要時之磁化，而第 18 B 圖顯示稀土金屬係主要時之磁化。各粗箭頭表示該稀土金屬 (RE) 之磁化，各細箭頭表示該過渡金屬 (TM) 之磁化方向，而各粗開放箭頭表示組合磁化方向。

稀土金屬－過渡金屬磁性物質與適當的材料組合，而組成物具有鐵磁性。因此，該稀土金屬及過渡金屬之磁性係反平行的。經觀察該稀土金屬次晶格磁化及過渡金屬次晶格磁化之間的差異係全部磁化。

上述說明揭示一種提供較小垂直磁異方性區以降低磁場反轉磁化之方法。同樣地，提供另一個較大磁化區之方法可用以降低該轉變場。

舉例來說，提供含過渡金屬及稀土金屬之第一磁性層 401，俾使該過渡金屬之磁化大於稀土金屬之磁化，但其差異係小的。含過渡金屬及稀土金屬之第一磁性區 402 a 及 402 b，俾使該過渡金屬之磁化遠大於稀土金屬之磁化。第一磁性區 402 a 及 402 b 之全部磁化大於該第一磁性層 401 之磁化。

與該第一磁性層 401 比起來，具有大磁化或小的垂直磁異方性之第一磁性區 402 a 及 402 b 係藉由較弱

五、發明說明 (28)

的外部磁場轉變磁化。

第 1 8 B 圖中，由合金製成之第一磁性層 4 0 3 及第一磁性區 4 0 4 中，稀土金屬之次晶格磁化係主要的。

與第一磁性層 4 0 3 比起來，具有大磁化之第一磁性區 4 0 4 a 及 4 0 4 b，或小的垂直磁異方性係藉由弱的外部磁場轉變磁化。

第 1 8 A 及 1 8 B 圖顯示第一磁性層及第一磁性區之主要金屬係相同種類之情況。同樣亦可能第一磁性層及第一磁性區之中任一之稀土金屬之次晶格磁化係主要的，而另一者之過渡金屬之次晶格磁化係主要的，全部第一磁性層之磁化就大於全部第一磁性區及方向相同者之磁化。

以下將解釋一種製造方法。第四具體實施例中有許多用於該磁性薄膜之製造方法。舉例來說，該第一磁性層係轉換以獲得該第一磁性區，或該第一磁性區係藉由光蝕刻法圖樣化而形成薄膜。

第 1 9 A 至 1 9 C 圖係用以解釋第四具體實施例之磁性元件製造方法，其中帶電粒子係射入該第一磁性層以轉換該第一磁性層，由此獲得該第一磁性區。

如第 1 9 A 圖所示，第一磁性層 5 0 2 及保護層 5 0 3 係於基材 5 0 1 上形成。

該第一磁性層 5 0 2 係藉由鎳離子源之聚焦離子束（加速電壓：3 0 千伏）加工處理。第 1 9 B 圖顯示該加工狀態。該第一磁性層 5 0 2 係利用離子束 5 0 4 照射俾於該元件周圍形成轉換的、減弱的部分。該第一磁性層

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (29)

5 0 2 之轉換的部分用作具有小於第一磁性層之垂直磁異方性之第一磁性區 5 0 5。第 1 9 C 圖顯示藉由轉換形成該第一磁性區 5 0 5 之後的狀態。

在該第一磁性區 5 0 5 中，該第一磁性層 5 0 2 中之磁耦合鏈部分經鎵離子切斷，俾降低磁異方性。

用以轉換該第一磁性層 5 0 2 之離子或帶電粒子不限於鎵聚焦束。

用以轉換該第一磁性層 5 0 2 之離子或帶電粒子之適當射出能量係 1 0 至 3 0 0 千電子伏。當能量為 1 0 千電子伏或更低時，不會發生適當的轉換。當能量超過 3 0 0 千電子伏時，將會物理損壞或破壞標的物。

該射出能量較佳依照帶電粒子或材料、加工外形或欲轉換之第一磁性層 5 0 2 之加工位置而選擇。

欲轉換以降低垂直磁異方性之磁性薄膜部分不限於該磁性層之周圍。如以上實施例中所說明的，此部分可以依該磁動電阻元件之堆疊方向設置。

此等結構顯示於第 2 0 A 至 2 0 C 圖中。如第 2 0 A 圖所示的，經由保護層 5 0 3 植入離子 5 0 4 以轉換該上表面。第 2 0 B 圖係顯示經離子植入之後的經轉換區域。於磁性層 5 0 2 上形成具有小垂直磁異方性之第一磁性層 5 0 5。因為該上表面係藉由該保護層 5 0 3 植入離子而轉換，該離子植入該磁性層 5 0 2 之量可以藉由適當選擇該保護層之膜厚而調整。因此，該第一磁性區 5 0 5 之膜厚可以調整至所欲之值。

五、發明說明 (30)

如第 2 0 C 圖所示，如果該保護層 5 0 3 做得更薄俾能完全移植一非磁性元件 5 0 6，將可完全轉換該第一磁性層 5 0 2。欲轉換區域之面積依照所欲之磁性薄膜之轉變場而控制。

用以轉換該磁性層 5 0 2 以形成該第一磁性區 5 0 5 之製造方法不限於例如 F I B 之離子束照射。舉例來說，可以藉著在空氣中自然氧化該第一磁性層 5 0 2 而輕易地轉換該第一磁性層 5 0 2。

有別於該第一磁性層及第一磁性區之第三區可能存在於該第一磁性層及該第一磁性區之間的邊界處。該第三區可能由該第一磁性層及第一磁性區之材料混合物製成。

在第四具體實施例中，上述磁性薄膜可以應用於穿隧磁動電阻元件之磁性薄膜。

第 2 1 圖係顯示具有將非磁性絕緣層夾在根據第四具體實施例磁性薄膜之間結構之穿隧磁動電阻元件之透視圖。

根據該具體實施例之穿隧磁動電阻元件之低磁性層係由第一磁性層 8 0 1 及藉由轉換第一磁性層而形成之第一磁性區 8 0 4 製成之第一磁性薄膜 8 1 0。該非磁性絕緣層係一穿隧薄膜 8 0 2。該上方磁性層係由第一磁性層 8 0 3 及第一磁性區 8 0 5 製成之第二磁性層 8 2 0。該第一磁性區 8 0 5 係該垂直磁異方性小於該第一磁性層之區域。

該上及下磁性層具有不同抗磁力。於一 M R A M 之應

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (31)

用中，該低抗磁力層用作自由層，而該高抗磁力層則用作束縛層 (pinned layer) 。換言之，該抗磁力層用作記憶層，而低抗磁力層用作偵測層。

於第四個具體實施例中，安置該第一磁性薄膜 8 1 0 之第一磁性區 8 0 4 俾環繞於該第一磁性層 8 0 1 四周。安置該第二磁性薄膜 8 2 0 之第一磁性區 8 0 5 俾環繞於該第一磁性層 8 0 3 四周。該第一及第二磁性薄膜 8 1 0 及 8 2 0 構成穿隧磁動電阻元件。

該穿隧磁動電阻元件係以電力連至下應測線 8 0 6 及上感測線 8 0 7 a 及 8 0 7 b 。在第 2 1 圖中，為說明之便，上感測線 8 0 7 係分成上感測線 8 0 7 a 及 8 0 7 b ，但實際上係一條線。

將該下感測線 8 0 6 連至該第一磁性薄膜 8 1 0 之第一磁性層 8 0 1 及第一磁性區 8 0 4 。將該上感測線 8 0 7 連至該第二磁性薄膜 8 2 0 之第一磁性層 8 0 3 及第一磁性區 8 0 5 。經由該穿隧磁動電阻元件將感測電流自一感測線流至另一感測線。注意第 2 1 圖中並未說明使感測電流流動所需之絕緣層。

如第四個具體實施例一樣，該抗磁力可以藉著將該磁性層之一部分轉換具有小垂直磁異方性之區域而降低。M R A M 中使用此等磁動電阻效應俾能以小電流輕易地寫入資料。

如第 2 1 圖所示，當該具體實施例之電磁元件係應用於穿隧磁動電阻元件時，該磁性層可以用於上及下磁性

五、發明說明 (32)

層，或僅可以應用於上或下磁性層。

藉由離子束轉換該上磁性層時，該磁性層可能部分或幾乎完全轉換。

第 2 2 圖係顯示由轉換該上磁性層之上表面側部分而構成之穿隧磁動電阻元件之透視圖。

該下磁性層係第一磁性薄膜 8 3 0，而該非磁性絕緣層係穿隧薄膜 8 0 2。該上磁性層係由第一磁性層 8 0 3 及第一磁性區 8 0 5 組成之第二磁性薄膜 8 4 0。導電保護層 8 0 8 將防止離子植入所造成之任何損壞。

該下及上磁性層具有不同的抗磁力。該下抗磁力層用作自由層，而該高抗磁力層則用作束縛層。

有一製造方法，加工以界定記憶電池區之後，放射離子束以轉換該第二磁性薄膜 8 4 0 之第一磁性層 8 0 3。結果，該具有小於該第一磁性層之垂直磁異方性之第一磁性區 8 0 5 係於該第一磁性層 8 0 3 上形成。

在該第一磁性區 8 0 5 中，鎂離子會使一部分該第一磁性層 8 0 3 中之磁耦合鏈斷開，降低該磁異方性。用作束縛層之第二磁性層 8 4 0 之抗磁力可以藉著選擇該導電保護層 8 0 8 之薄膜厚度而調整。

具有上述結構之磁動電阻薄膜中之抗磁力亦可降低。該穿隧磁動電阻元件應用至 M R A M 可以降低電源消耗。

第 2 3 圖係顯示藉由轉換整個上磁性層而形成之穿隧磁動電阻元件之透視圖。

第 2 3 圖中，該下磁性層係第一磁性薄膜 8 3 0。該

五、發明說明 (33)

非磁性絕緣層係穿隧薄膜 8 0 2，而該上磁性層係第二磁性薄膜 8 5 0。

等加工以界定記憶電池區之後，放射離子束以轉換整個上磁性薄膜 8 5 0，依此形成該第二磁性薄膜 8 5 0。將非磁性元件 8 0 9 加入該第二磁性薄膜 8 5 0 中。同時藉著選擇該發射能量俾能調整該第二磁性元件 8 5 0 之抗磁力。

具有此等結構之磁動電阻薄膜中之抗磁力亦可降低。將該穿隧磁動電阻元件應用於 M R A M 可以降低能源消耗。

因為不需要任何光罩形成步驟，一種形成利用離子束照射降低垂直磁異方性之磁性元件的方法較易導入該穿隧磁動電阻元件製程。因為可以加工俾使主要部分具有針點精密度，用以降低該抗磁力之加工生產力係高的。

第四具體實施例之磁性元件應用並不僅限於穿隧磁動電阻元件。當微圖樣化的磁性應用產品中需要低抗磁力磁性薄膜時，可以廣泛地應用此等具體實施例之磁性元件。

(第五具體實施例)

以下將說明另一個使用具有經降低抗磁力之磁性薄膜之穿隧磁動電阻元件。

該穿隧磁動電阻元件中，非磁性絕緣層係夾於下及上磁性層之間。該上及下磁性層係藉由轉換磁性層以降低該抗磁力而製備之磁性薄膜製成。

五、發明說明 (34)

如第 2 1 圖所示，該上及下磁性層係藉由離子研磨加工之後氧化以轉換側壁之製法製成該上及下磁性層。

該穿隧磁動電阻元件製法將參照第 2 5 A 至 2 5 C 圖而解釋。

第 2 5 A 圖係顯示加工之前隧道結剖面外形之概略圖。於基材 1 3 1 上形成磁性層 1 3 2、磁性層 1 3 4、導電保護層 1 3 5 以及經形成圖樣之阻劑。將穿隧薄膜 1 3 3 置於該磁性層 1 3 2 及 1 3 4 之間。以離子研磨、R I E 等加工元件。經過加工之後，該元件係廣泛使用俾以絕緣層隱蔽周圍，同時保留該阻劑 1 3 6，並且藉由濺射完成該隧道結。

第 2 5 B 圖係比較用的圖，並且係顯示用光蝕刻法製備之阻劑光罩以離子研磨而形成之元件加工後之隧道結剖面圖。於保留該阻劑 1 3 6 之區域形成隧道結。藉由絕緣層 1 3 9 隱蔽此等區域之兩側。

第 2 5 C 圖係顯示隧道結環繞於由第一磁性層轉換之第二磁性層四周之剖面圖，該第二磁性層係藉由該第一磁性層之側壁氧化而形成。

與第 2 5 B 圖相較之下，顯然由該磁性層 1 3 2 轉換之磁性層 1 3 7 及由該磁性層 1 3 4 轉換之磁性層 1 3 8 都形成於該隧道結四周。當該磁性層 1 3 2 係界定為該第一磁性層時，該磁性層 1 3 7 與該第一磁性區相同。當該磁性層 1 3 4 係界定為該第一磁性層時，該磁性層 1 3 8 與該第二磁性層相同。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (35)

以下將解釋該形成方法。

表 1 顯示於該基材上形成之磁性層 1 3 2 及 1 3 4 、穿隧薄膜 1 3 3 及導電保護層 1 3 5 之材料及膜厚。此等薄膜係藉由磁控管濺射形成。藉由 R f 濺射三氧化二鋁並實行氧化物電漿加工 (0 . 2 帕、R f 5 瓦、3 0 秒) 而形成該穿隧薄膜 1 3 3 。

表 1

名稱	材料	膜厚 (奈米)
磁性層 (奈米)	Gd ₂₂ Fe	50
穿隧薄膜 133	Al ₂ O ₃	1.5
磁性層 134	Tb ₂₀ Fe	25
導電保護層 135	矽	50

成膜之後，將阻劑應用於樣品，藉由光蝕刻法形成隧道結之光罩圖樣。更具體地，使用可自 T O K Y O O H K A K O G Y O 購得之 L O R - P O O 3 形成大約 1 . 2 微米厚之阻劑薄膜。藉由鹵素燈進行接觸曝光以形成圖樣。

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (36)

將具有該阻劑圖樣之基材置於離子研磨裝置中，進行加工以形成穿隧元件。

等加工一結束，立即於基材上形成用作比較樣品之絕緣層。該比較樣品具有如第 2 5 B 圖所示之剖面形狀。

等加工結束之後，使基材暫時暴露於空氣中形成磁性層 1 3 7 及 1 3 8，復形成絕緣層 1 3 9。結果得到之基材係用作第五具體實施例之樣品。此等樣品具有如第 2 5 C 圖之剖面形狀。

經進行隧道結加工之基材復進行光蝕刻，形成用於上電極之阻劑光罩。藉由電磁管濺射裝置形成當作上電極之 5 0 奈米厚之鋁薄膜，完成穿隧磁動電阻元件。該連結面積係 2 0 0 平方微米。

該元件之特徵係藉由磁動電阻測量裝置測量並評估。應用高達 1 k O e 之外部磁場，而流經該元件之電流係設定於 1 微安培。為免除探針之接觸電阻之影響，進行四端測量。比較第五具體實施例及比較樣品之間經定義為 H_c 之造成磁化轉變之磁場，以及該磁場之值 H_c 。結果顯示於表 2 中。

(第六具體實施例)

以下將說明又另一個使用具有降低抗磁力之磁性薄膜之穿隧磁動電阻元件。

如第 2 1 圖所示，藉由 F I B 轉換側壁之製法形成上及下磁性層。用於實驗之樣品及比較樣品之基材及磁性薄

五、發明說明 (37)

膜之成層結構與第五具體實施例係一致的。

成膜之後，樣品經光蝕刻法微圖樣化以形成下電極等。形成單一層磁性層，以鎘離子源之聚焦離子束（加速電壓：30 千伏）進行加工而形成穿隧元件，與第 19 B 圖類似。

類似於第 19 B 圖，放射聚焦離子束俾使該元件之周圍變細，藉以轉換上及下磁性層之周圍。於該轉換部分，鎘離子斷開部分該上磁性層內部之磁耦合鏈，降低該垂直磁異方性。

進行過隧道結加工之基材復進行光蝕刻，形成用於上電極之阻劑光罩。藉由電磁管濺射裝置形成當作上電極之 50 奈米厚之鋁薄膜，完成穿隧磁動電阻元件。

該元件之特徵係藉由第五具體實施例中相同之條件評估。結果顯示於表 2 中。

（第七具體實施例）

以下將說明又另一個具有經降低抗磁力之磁性薄膜之穿隧磁動電阻元件。

如第 22 圖所示，藉由離子束照射部分轉換上磁性層。用於實驗之樣品及比較樣品之基材及磁性薄膜之成層結構與第五具體實施例係一致的，除了非磁性導電層以外。該非磁性導電層係由 25 奈米厚之矽形成俾能部分離子植入。

成膜之後，藉由光蝕刻法使樣品微圖樣化以形成下電

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (38)

極及穿隧元件。形成單一層磁性薄膜，以鎵離子源之聚焦離子束（加速電壓：30 千伏）進行加工而進行部分轉換上磁性薄膜，與第 20 A 及 20 B 圖類似。

進行過隧道結加工之基材復進行光蝕刻，形成用於上電極之阻劑光罩。藉由電磁管濺射裝置形成當作上電極之 50 奈米厚之鋁薄膜，完成穿隧磁動電阻元件。

該元件之特徵係藉由第五具體實施例中相同之條件評估。結果顯示於表 2 中。

（第八具體實施例）

以下將說明又另一個具有經降低抗磁力之磁性薄膜之穿隧磁動電阻元件。

如第 23 圖所示，藉由離子束照射完全轉換上磁性層。用於實驗之樣品及比較樣品之基材及磁性薄膜之成層結構與第五具體實施例係一致的，除了非磁性導電層以外。該非磁性導電層係由 5 奈米厚之矽形成俾能完全離子植入。

成膜之後，藉由光蝕刻法使樣品微圖樣化以形成下電極及穿隧元件。形成單一層磁性薄膜，以鎵離子源之聚焦離子束（加速電壓：30 千伏）進行加工而進行部分轉換上磁性薄膜，與第 20 A 至 20 C 圖類似。

進行過隧道結加工之基材復進行光蝕刻，形成用於上電極之阻劑光罩。藉由電磁管濺射裝置形成當作上電極之 50 奈米厚之鋁薄膜，完成穿隧磁動電阻元件。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (39)

該元件之特徵係藉由第五具體實施例中相同之條件評估。結果顯示於表 2 中。

表 2

	H c (k o e)
第五具體實施例	0 . 4 8
第六具體實施例	0 . 3 6
第七具體實施例	0 . 4 1
第八具體實施例	0 . 5 0
比較例	0 . 6 2

本發明不限於上述之具體實施例，並且可以藉由結合諸多具體實施例實行。適用於 M R A M 之穿隧磁動電阻元件經例證為磁動電阻元件。然而，本發明不限於此，並且本發明之結構亦可應用於，例如，非磁性層係由導體製成之巨型磁動電阻元件。

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

四、中文發明摘要(發明之名稱： 磁動電阻元件，具有磁動電阻元件)
之記憶體元件，及使用記憶體元件
之記憶體

一種磁動電阻薄膜，其包括一種非磁性薄膜，以及一種在該非磁性薄膜兩側形成磁性薄膜之結構。該磁性薄膜至少一者係垂直磁化之薄膜。一種易磁化軸自垂直於薄膜表面之方向斜傾之磁性薄膜係於該磁性薄膜接觸該垂直磁化薄膜但未接觸該非磁性薄膜之處形成。復揭示一種記憶體、磁性元件、磁動電阻元件及磁性元件之製造方法。

英文發明摘要(發明之名稱： MAGNETORESISTIVE ELEMENT, MEMORY ELEMENT)
HAVING THE MAGNETORESISTIVE ELEMENT, AND
MEMORY USING THE MEMORY ELEMENT

A magnetoresistive film includes a nonmagnetic film, and a structure in which magnetic films are formed on the two sides of the nonmagnetic film. At least one of the magnetic films is a perpendicular magnetization film. A magnetic film whose easy axis of magnetization is inclined from a direction perpendicular to the film surface is formed at a position where the magnetic film contacts the perpendicular magnetization film but does not contact the nonmagnetic film. A memory, magnetic element, magnetoresistive element, and magnetic element manufacturing method are also disclosed.

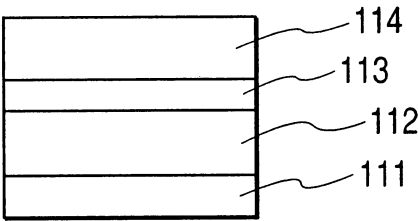
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

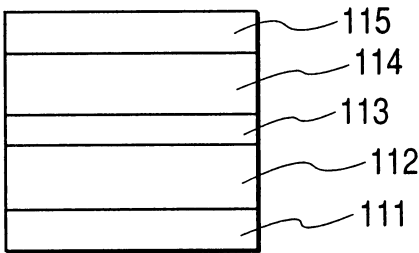
訂

線

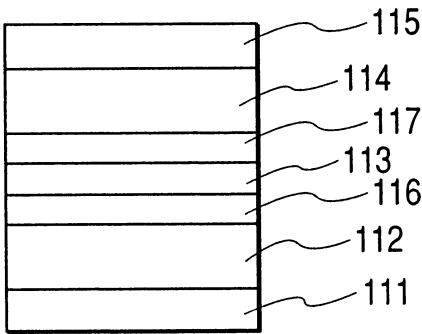
第 1 圖



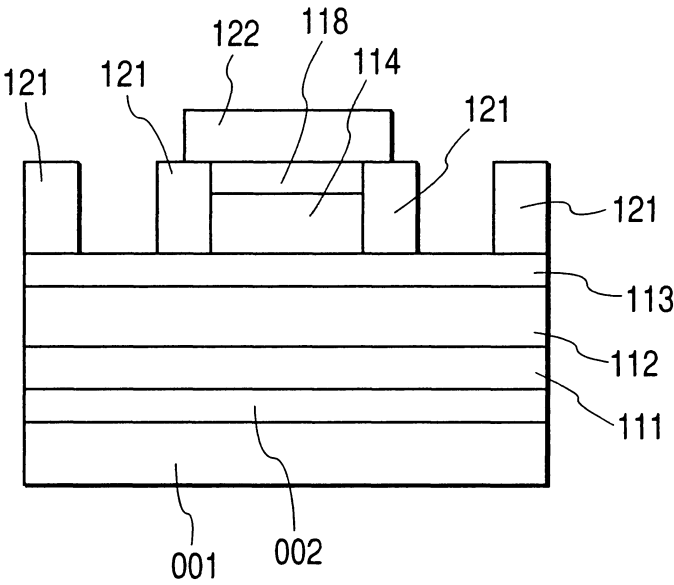
第 2 圖



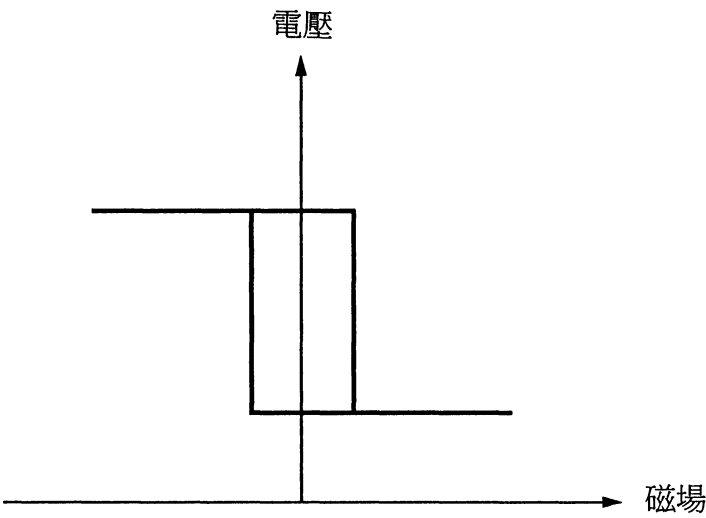
第 3 圖



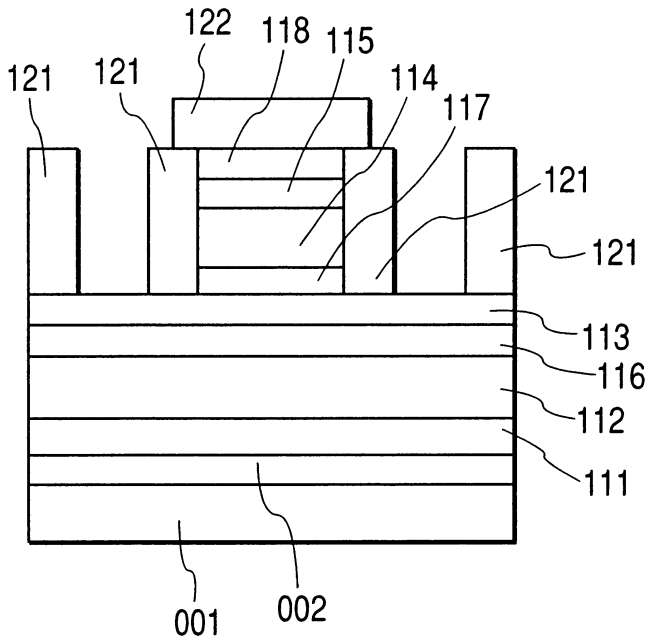
第 4 圖



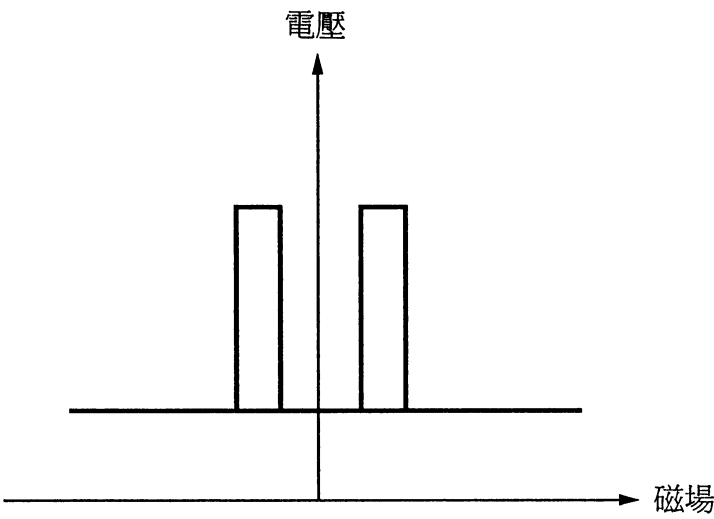
第 5 圖



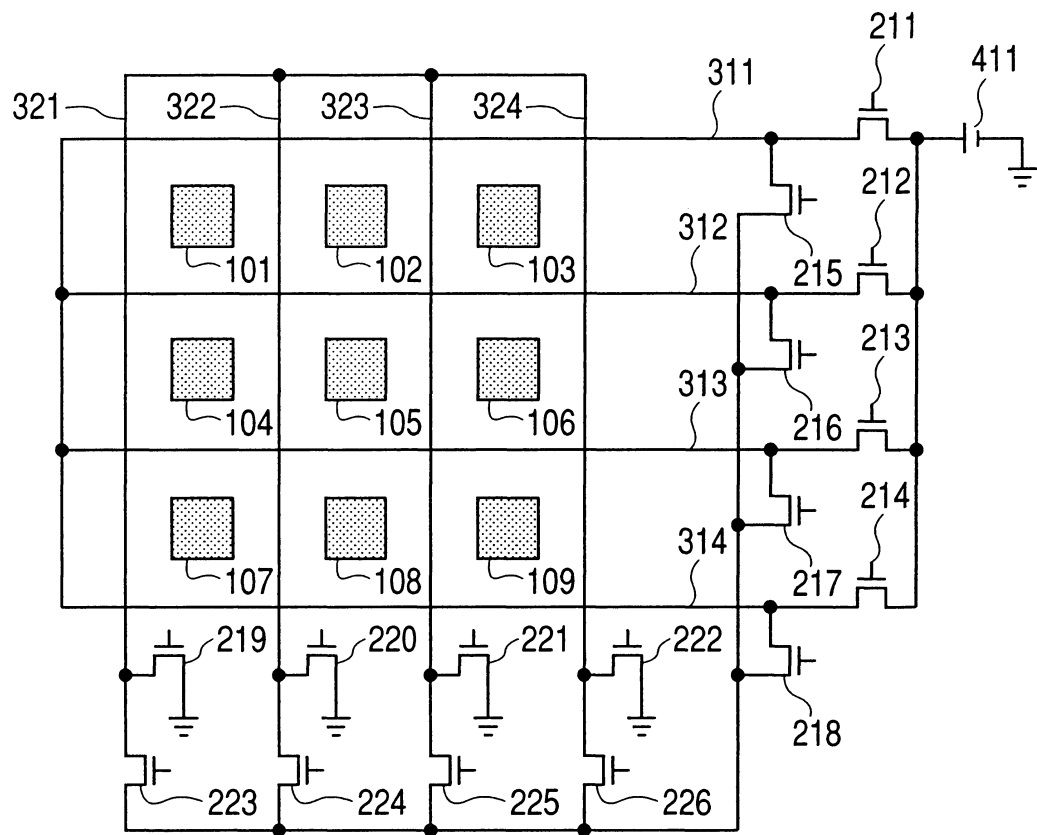
第 6 圖



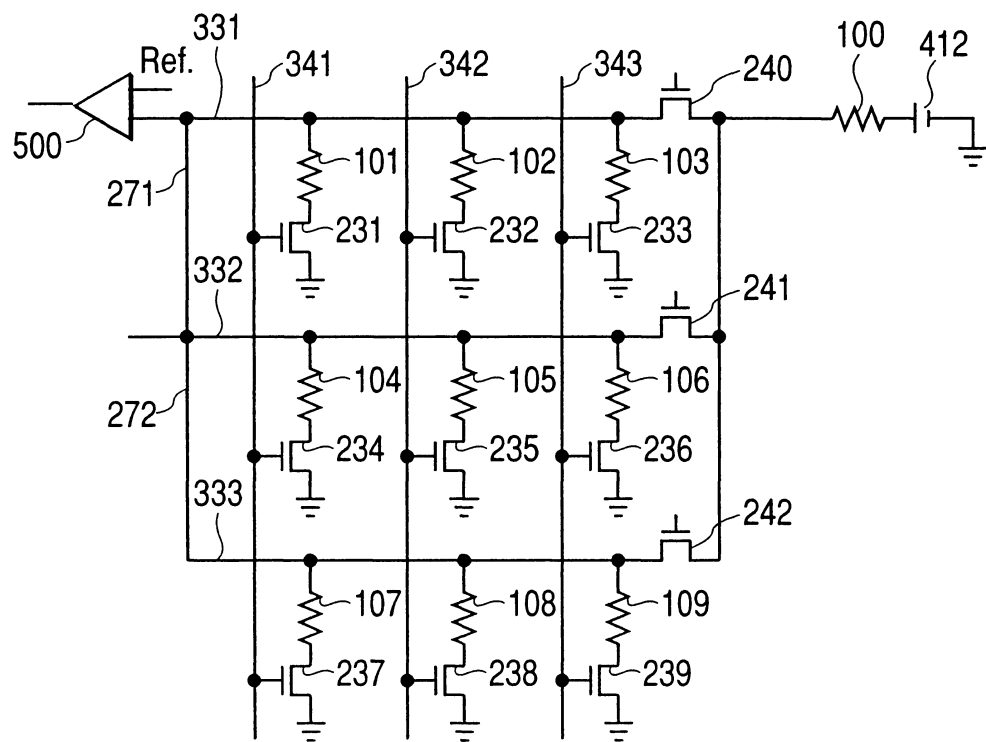
第 7 圖



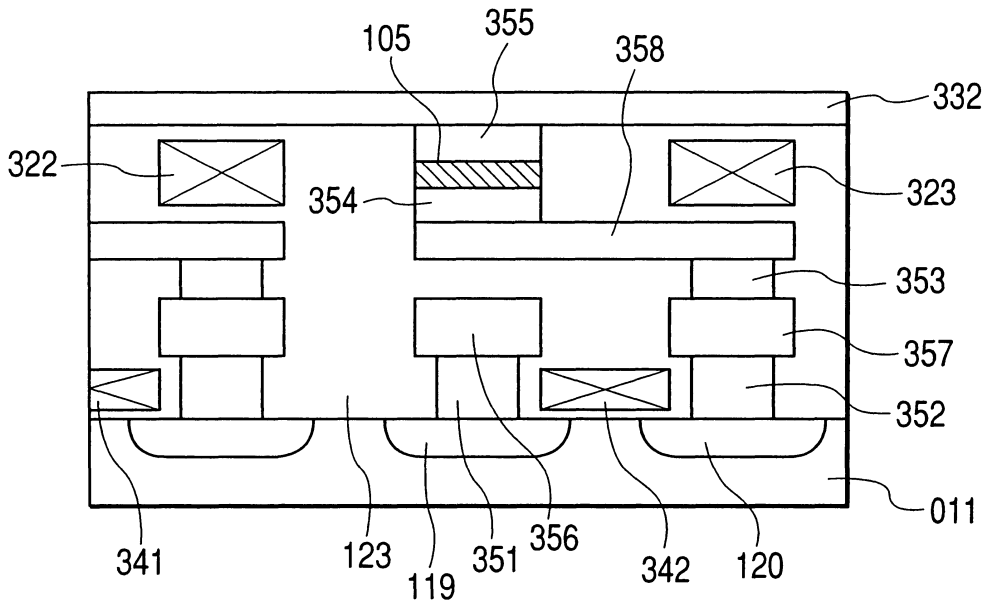
第 8 圖



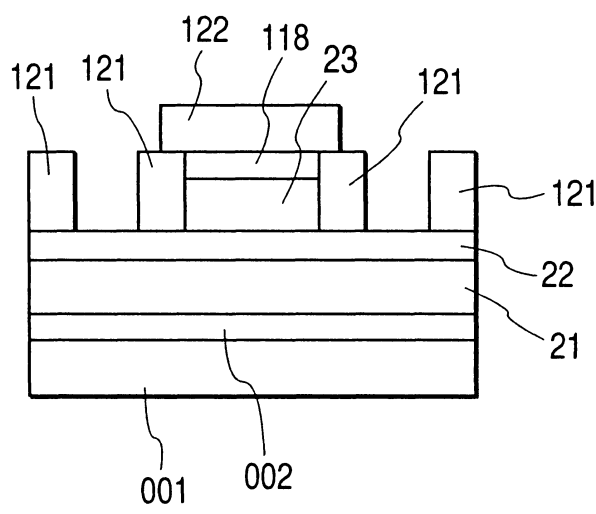
第 9 圖



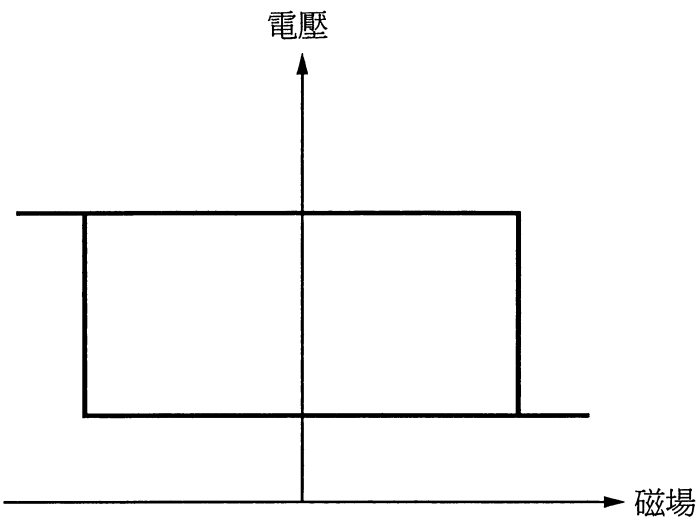
第 10 圖



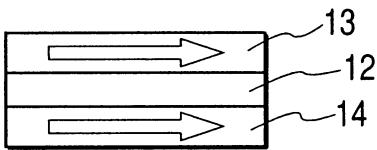
第 11 圖



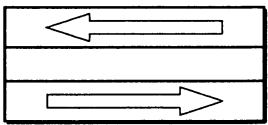
第 12 圖



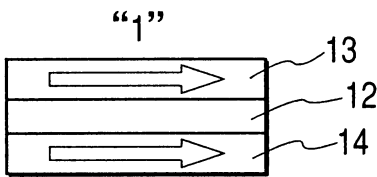
第 13 圖 A



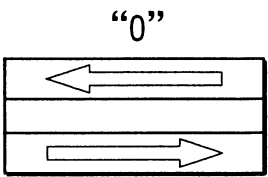
第 13 圖 B



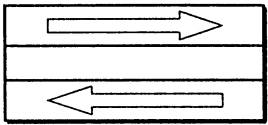
第 14 圖 A



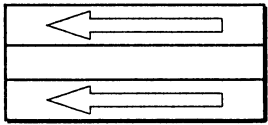
第 14 圖 B



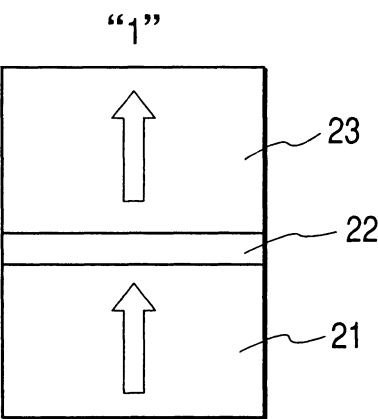
第 14 圖 C



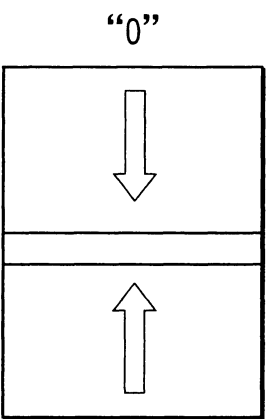
第 14 圖 D



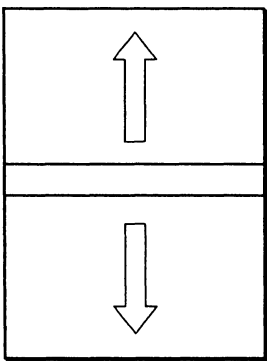
第 15 圖 A



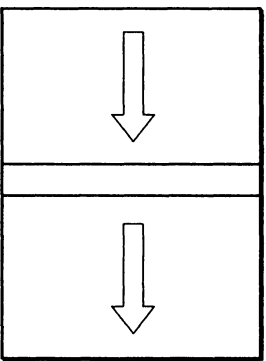
第 15 圖 B



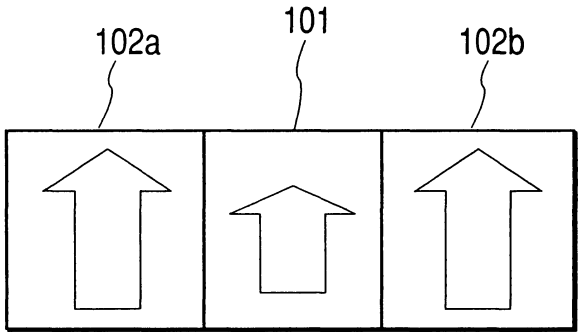
第 15 圖 C



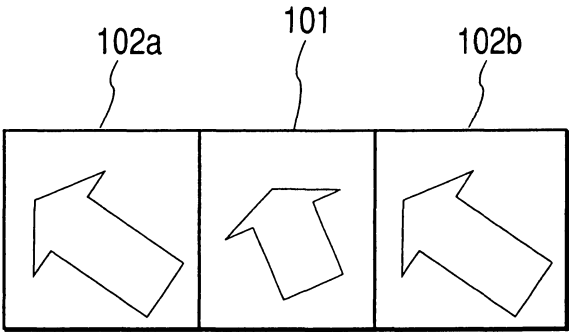
第 15 圖 D



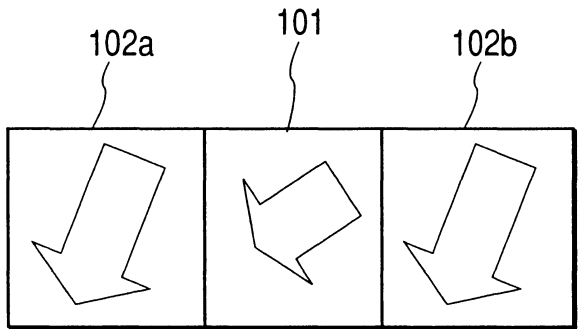
第 16 圖 A



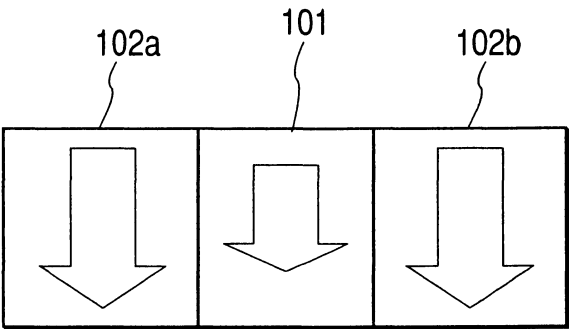
第 16 圖 B



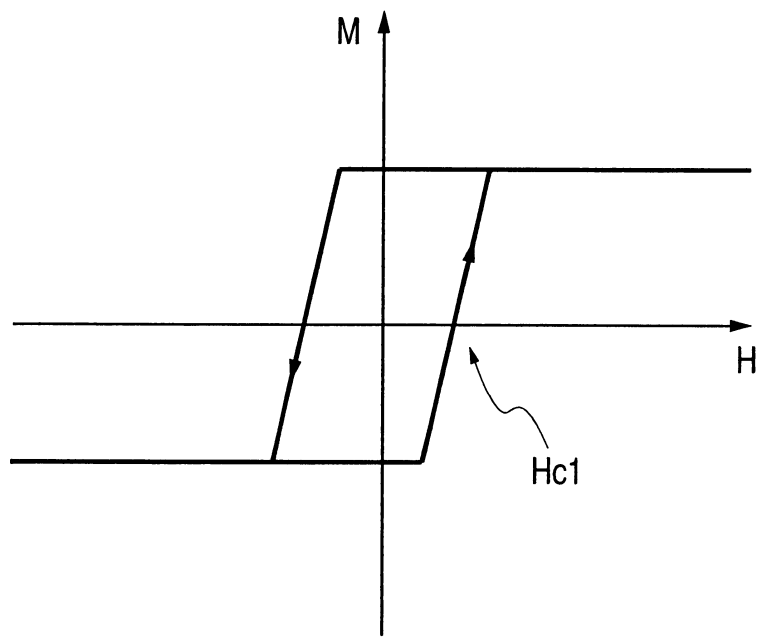
第 16 圖 C



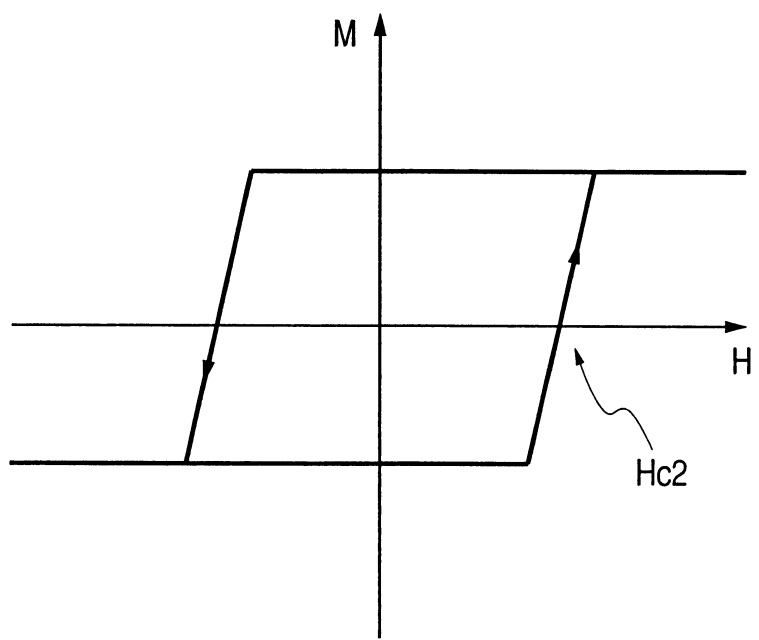
第 16 圖 D



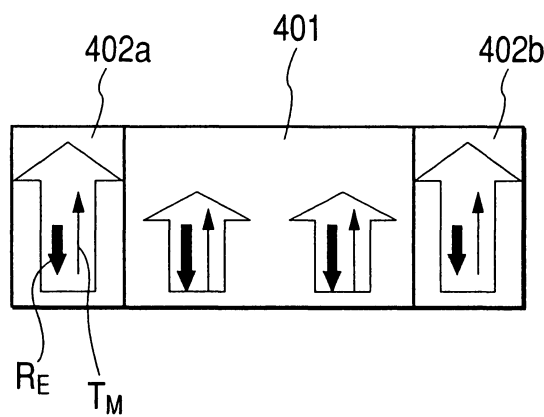
第 17 圖 A



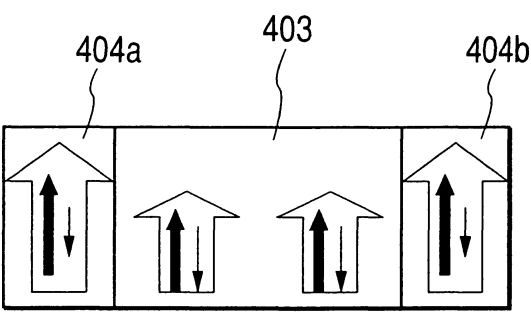
第 17 圖 B



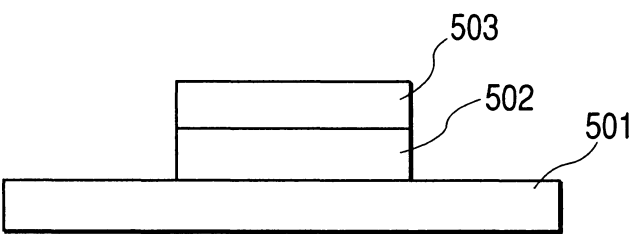
第 18 圖 A



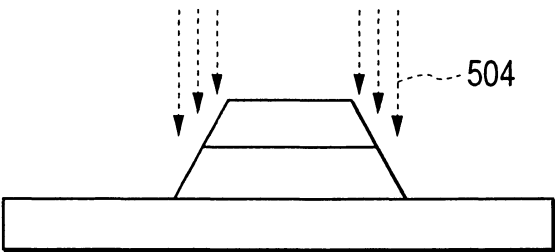
第 18 圖 B



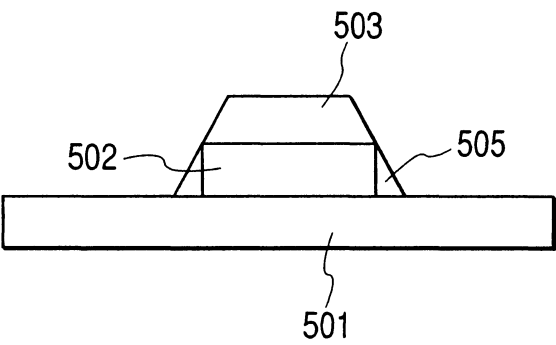
第 19 圖 A



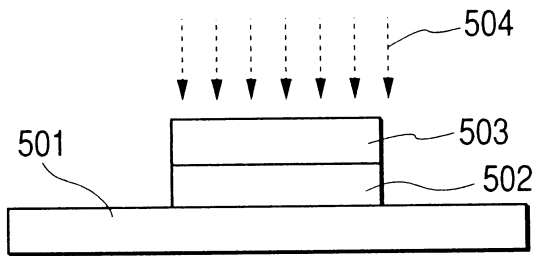
第 19 圖 B



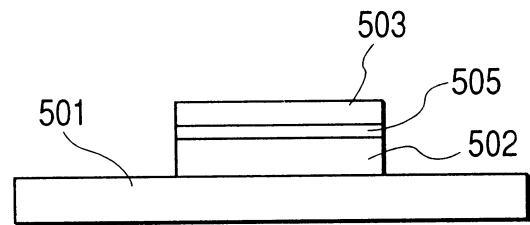
第 19 圖 C



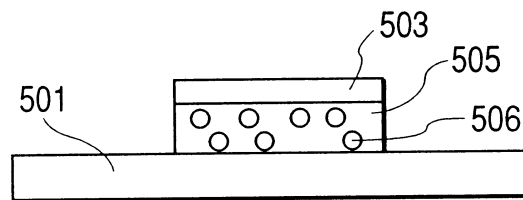
第 20 圖 A



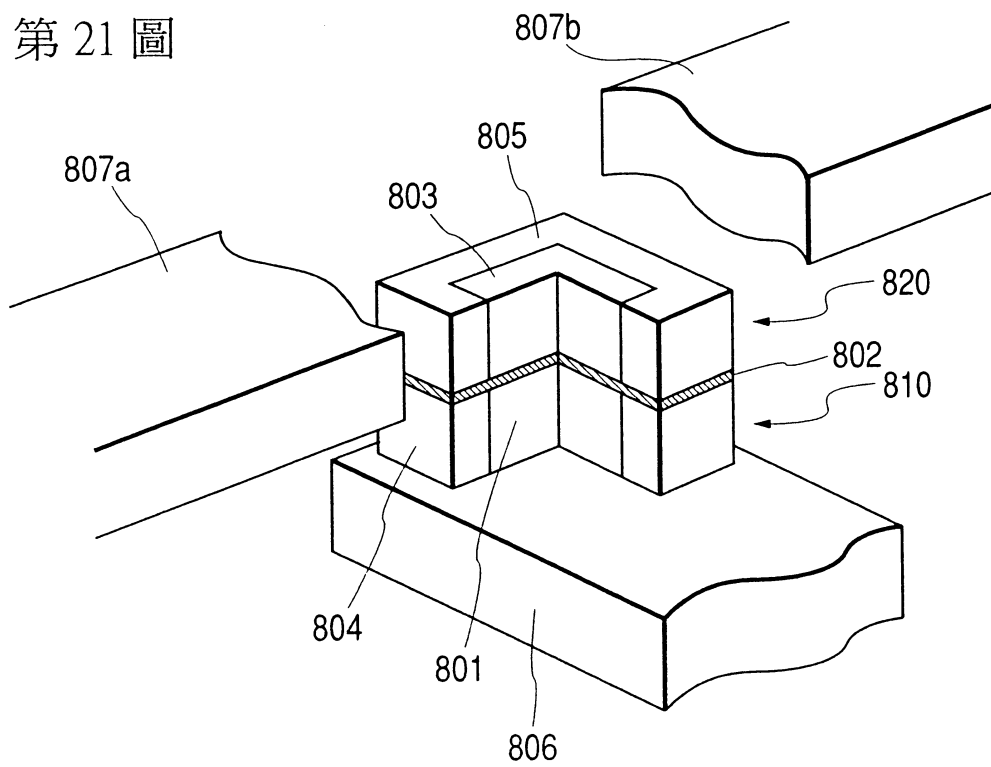
第 20 圖 B



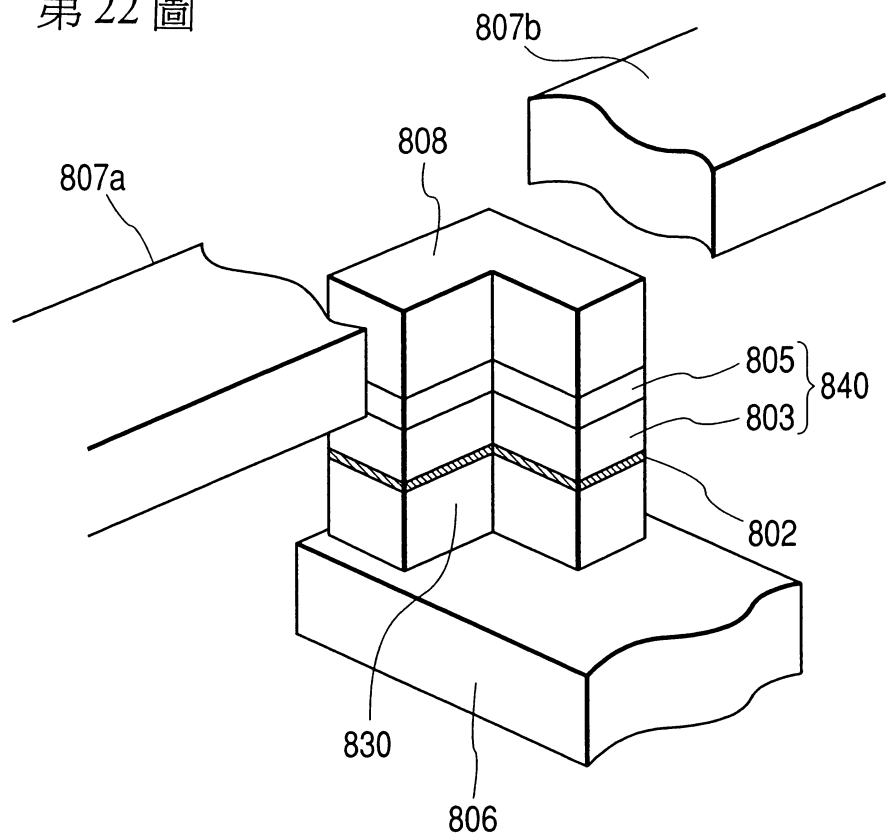
第 20 圖 C



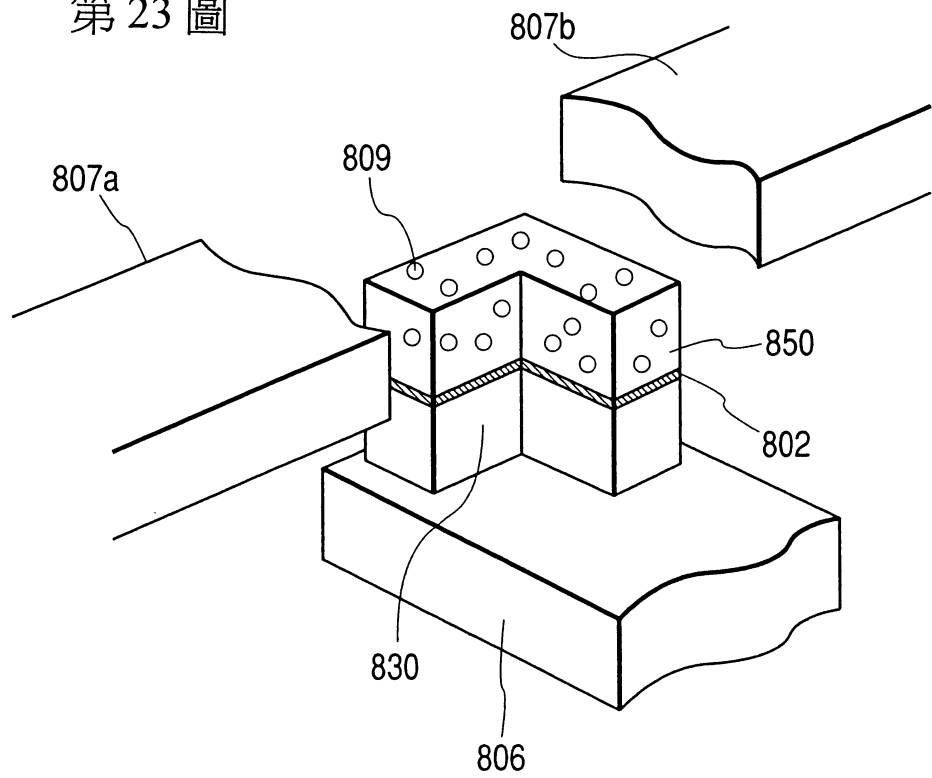
第 21 圖



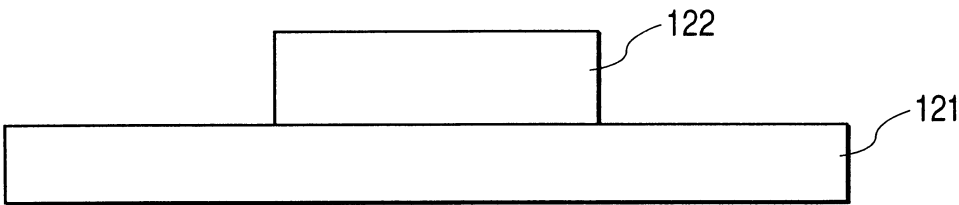
第 22 圖



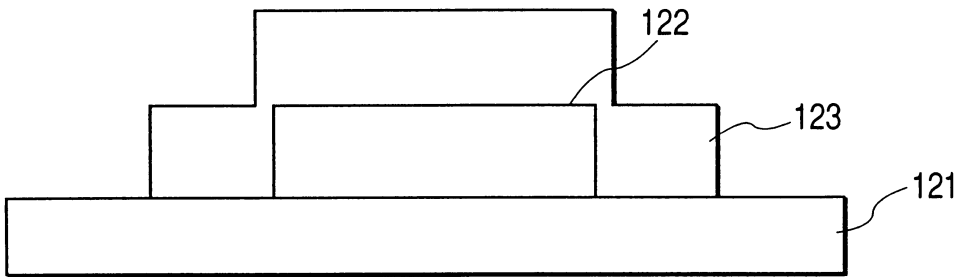
第 23 圖



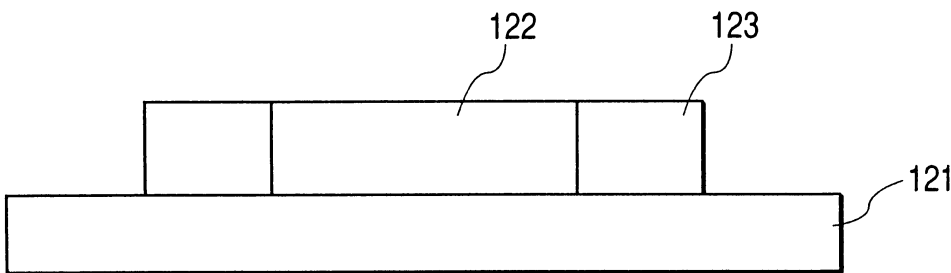
第 24 圖 A



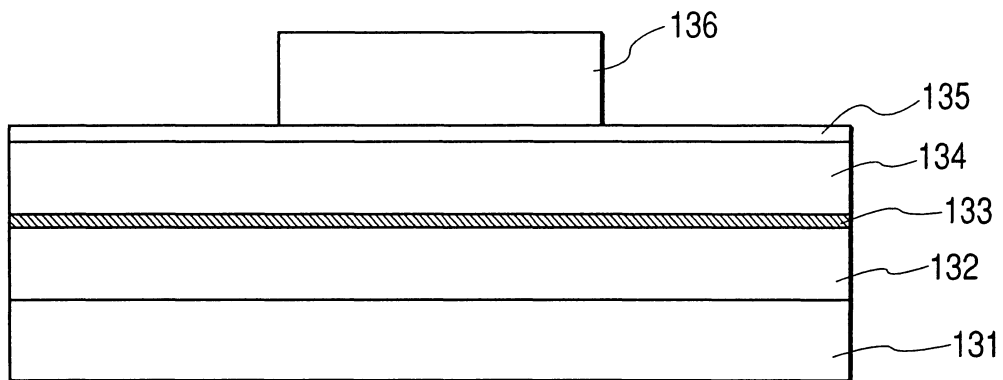
第 24 圖 B



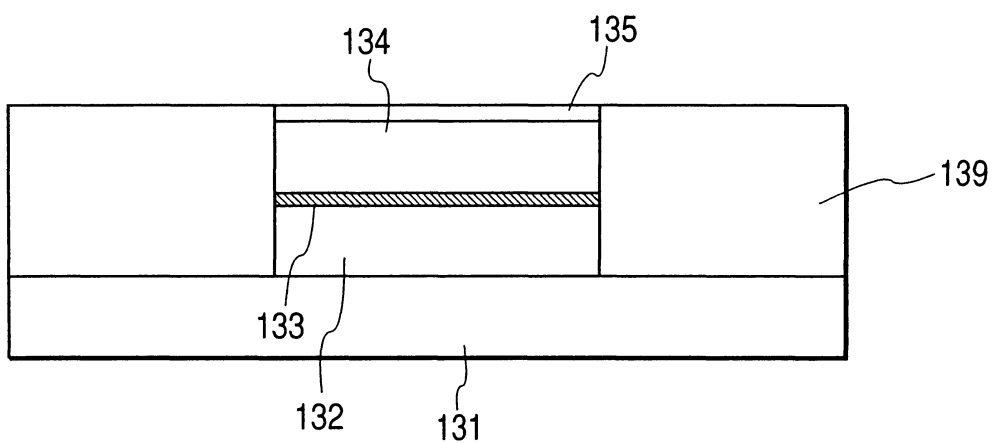
第 24 圖 C



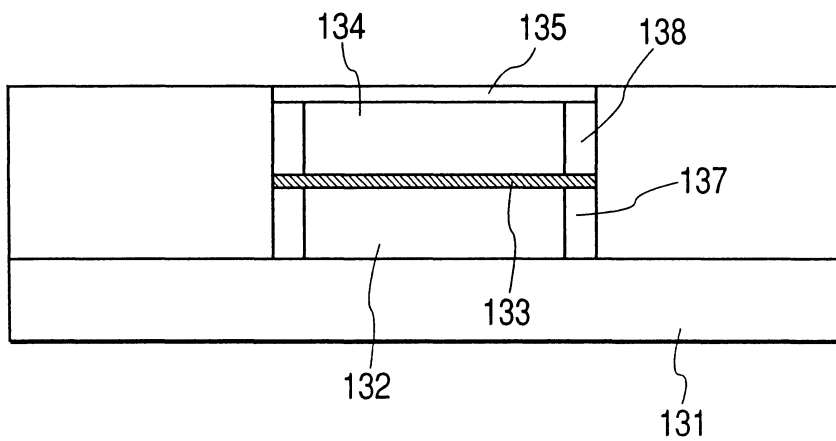
第 25 圖 A



第 25 圖 B



第 25 圖 C



六、申請專利範圍

附件 2: 第 91106511 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 92 年 7 月 18 日修正

1. 一種磁動電阻薄膜，包括：
一種非磁性薄膜；以及
一種在該非磁性薄膜兩側形成磁性薄膜之結構，
其中該磁性薄膜至少一者包含垂直磁化之薄膜，一種
易磁化軸自垂直於薄膜表面之方向斜傾之磁性薄膜係於該
磁性薄膜接觸該垂直磁化薄膜但未接觸該非磁性薄膜之處
形成。

2. 如申請專利範圍第 1 項之薄膜，其中該磁性薄膜
至少一者之易磁化軸係自垂直於該薄膜表面之方向傾斜。

3. 如申請專利範圍第 1 項之薄膜，其中該磁性薄膜
及易磁化軸自垂直於該薄膜表面之方向斜傾之該磁性薄膜
係交互偶合。

4. 如申請專利範圍第 1 項之薄膜，其中自旋性極化
高於該垂直磁化薄膜之自旋性極化之層係嵌入該垂直磁化
薄膜及該非磁性薄膜之間，而該垂直磁化薄膜及該具有高
自旋性極化之層係交互偶合。

5. 如申請專利範圍第 1 項之薄膜，其中易磁化軸自
垂直於該薄膜表面之方向斜傾之第一磁性薄膜、第二磁性
薄膜、非磁性薄膜、第三磁性薄膜及易磁化軸自垂直於該
薄膜表面之方向斜傾之第四磁性薄膜係連續形成，該第二
及第三磁性薄膜至少其中之一包含一垂直磁性薄膜，並且

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

該第一與第二磁性薄膜及第三與第四磁性薄膜係各自交互耦合。

6．如申請專利範圍第5項之薄膜，其中自旋性極化高於該第二磁性薄膜之自旋性極化之層係嵌入該第二磁性薄膜及該非磁性薄膜之間，自旋性極化高於該第三磁性薄膜之自旋性極化之層係嵌入該第三磁性薄膜及該非磁性薄膜之間，並且該自旋性極化高於該第二磁性薄膜之自旋性極化之層與第二磁性薄膜及該自旋性極化高於該第三磁性薄膜之自旋性極化之層與第三磁性薄膜係各自交互耦合。

7．如申請專利範圍第1項之薄膜，其中該易磁化軸自垂直於該薄膜表面之方向斜傾之磁性薄膜之磁化係自垂直於該薄膜表面之方向至少部分傾斜，同時該磁性薄膜則與該垂直磁化薄膜交互耦合。

8．如申請專利範圍第1項之薄膜，其中該垂直磁化薄膜包含由稀土金屬與過渡金屬之非晶形合金形成之鐵磁體。

9．如申請專利範圍第1項之薄膜，其中該非磁性薄膜包含絕緣體。

10．一種記憶體，其包括：

一具有一磁動電阻薄膜之記憶體元件，該記憶體元件包含一非磁性薄膜、以及一在該非磁性薄膜兩側形成磁性薄膜之結構；

依垂直於薄膜表面之方向將磁場應用於該磁動電阻薄膜之裝置；以及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

偵測該磁動電阻薄膜電阻之裝置，

其中該磁性薄膜至少一者包含垂直磁化之薄膜，一種易磁化軸自垂直於薄膜表面之方向斜傾之磁性薄膜係於該磁性薄膜接觸該垂直磁化薄膜但未接觸該非磁性薄膜之處形成。

1 1 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中該用以應用磁場之該裝置包含導體。

1 2 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中復包括用以依垂直於該薄膜表面之方向磁場應用至該磁動電阻薄膜之裝置。

1 3 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中記錄夾著該非磁性薄膜之該磁性薄膜之資料時，與該易磁化軸自垂直於該薄膜表面之方向傾斜之該磁性薄膜磁化方向將會改變，而該其餘磁性薄膜之該磁化方向則保持不變以記錄／複製資料。

1 4 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中，該磁性薄膜與該非磁性薄膜接觸而形成，在沒有磁場時朝向垂直於該薄膜表面之方向磁化之該磁性薄膜係設定為記錄層，而該其他磁性薄膜係設定為讀出層。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中，該磁性薄膜與該非磁性薄膜接觸而形成，記錄或讀取時應用之磁場不會轉變與該非磁性薄膜之一薄膜表面接觸之該磁性薄膜之磁化，而會轉變與該非磁性薄膜其他薄膜表面接觸而形成之該磁性薄膜之磁化。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

1 6 . 如申請專利範圍第 1 0 項之記憶體，其中
安置著諸多磁動電阻薄膜，並且
該記憶體復包括

於所欲之磁動電阻薄膜上選擇性地記錄之裝置，以及
於所欲之磁動電阻薄膜上選擇性地讀出之裝置。

1 7 . 一種使用磁性物質抗磁力之磁性元件，包括：
一種於基材上形成之第一磁性層；以及
一種具有垂直磁異方性小於該第一磁性層之垂直磁異
方性並且與該第一磁性層相接觸之第一磁性區。

1 8 . 一種磁動電阻元件，包括：
一種非磁性薄膜；以及
於該非磁性薄膜兩側上形成之磁性薄膜，該磁性薄膜
之中至少一者包含一使用磁性物質抗磁力之磁性元件，該
磁性元件包含一種於基材上形成之第一磁性層、以及一種
具有垂直磁異方性小於該第一磁性層之垂直磁異方性並且
與該第一磁性層相接觸之第一磁性區。

1 9 . 一種記憶體，包括：
一種基材；
諸多磁動電阻元件，其中磁動電阻元件包含一非磁性
薄膜以及於該非磁性薄膜兩側上形成之磁性薄膜，該磁性
薄膜之中至少一者包含一使用磁性物質抗磁力之磁性元
件，該磁性元件包含一種於基材上形成之第一磁性層、以
及一種具有垂直磁異方性小於該第一磁性層之垂直磁異方
性並且與該第一磁性層相接觸之第一磁性區；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

沿著易磁化軸將磁場應用於該磁動電阻元件之裝置；
以及

用以偵測該磁動電阻元件電阻之裝置。

20 . 一種磁性元件之製造方法，包括以下的步驟：

於基材上形成第一磁性層；以及

將帶電粒射入以轉換該第一磁性層，藉以形成具有垂直磁異方性小於該第一磁性層之垂直磁異方性之磁性區。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂