

發明專利說明書

中文說明書替換頁(98年5月)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：094123606

※ 申請日期：94.07.12.

※IPC 分類：G11C 11/15 (2006.01)
H01L 21/8239 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

磁隧接面元件結構及其製造方法

MAGNETIC TUNNEL JUNCTION ELEMENT STRUCTURES AND
METHODS FOR FABRICATING THE SAME

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商艾爾斯賓科技公司

EVERSPIN TECHNOLOGIES, INC.

代表人：(中文/英文)

約翰 史勞特

SLAUGHTER, JON

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國亞歷桑那州查德勒市北愛瑪學校路1300號

1300 N. ALMA SCHOOL RD., MD: CH 400, CHANDLER, AZ 85224,
U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 孫濟忠

SUN, JIJUN

2. 雷努 W 戴夫

DAVE, RENU W.

3. 強 M 史勞特

SLAUGHTER, JON M.

4. 喬漢 艾克曼

AKERMAN, JOHAN

國 籍：(中文/英文)

1. 中國大陸 P.R.C.

2. 美國 U.S.A.

3. 美國 U.S.A.

4. 瑞典 SWEDEN

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2004年07月26日；10/899,610

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明提供磁隧接面(MTJ)元件結構及用於製造MTJ元件結構之方法。一MTJ元件結構(10)可包含一結晶受釘紮層(26)、一非晶系固定層(30)，及一配置於該結晶受釘紮層與該非晶系固定層之間的耦合層(28)。該非晶系固定層(30)反鐵磁性地耦合至該結晶受釘紮層(26)。該MTJ元件進一步包含一自由層(34)及一配置於該非晶系固定層與該自由層之間的隧道障壁層(32)。另一MTJ元件結構(60)可包含一受釘紮層(26)、一固定層(30)及一配置於兩者之間的非磁耦合層(28)。一隧道障壁層(32)配置於該固定層(30)與一自由層(34)之間。一界面層(62)配置於鄰接該隧道障壁層(32)及一非晶系材料層(30)處。該第一界面層(62)包含一具有一高於該非晶系材料(30)之自旋極化率的自旋極化率之材料。

六、英文發明摘要：

七、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：

10	MTJ元 件
12	第二電極多層堆疊
14	第一電極多層堆疊
16	基板
18	電極層
20	種晶層
22	模板層
24	反鐵磁性釘紮層
26	鐵磁性層
28	金屬耦合層
30	鐵磁性層
32	隧道障壁層
34	自由鐵磁性層
36	電極層
38	SAF

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大體上係關於磁電裝置，且更特定言之係關於磁隧接面元件結構及用於製造磁隧接面元件結構之方法。

【先前技術】

磁電裝置、自旋電子學裝置及自旋電子裝置係使用主要由電子自旋所引起之效應的裝置之同義術語。磁電效應用於衆多資訊裝置中，且提供非揮發性的、可靠的、抗輻射的及高密度的資料儲存與擷取。衆多磁電資訊裝置包括(但不限於)磁性隨機存取記憶體(MRAM)、磁感應器及磁碟機讀/寫頭。

通常，諸如一磁性記憶體元件之一磁電裝置具有包括由至少一個非磁性層分離開的多個鐵磁性層之一結構。在磁性記憶體元件中，資訊在磁性層中儲存為磁化向量之方向。舉例而言，磁性地固定或釘紮一磁性層中之磁化向量，然而另一磁性層之磁化方向可在分別被稱作"平行"與"反平行"狀態的相同與相反方向之間自由轉換。回應於平行與反平行狀態，磁性記憶體元件表現出兩種不同的阻抗。當兩個磁性層之磁化向量大體上分別沿相同與相反方向指向時，該阻抗具有最小值與最大值。因此，阻抗變化之偵測允許諸如一MRAM裝置之一裝置提供儲存於磁性記憶體元件中之資訊。最小阻抗值與最大阻抗值之間的差除以最小阻抗稱作磁阻比(MR)。

一種類型的磁性記憶體元件，一磁隧接面(MTJ)元件包

含一具有一相對於一外部磁場而固定之磁化方向的固定鐵磁性層及一具有一隨著外部磁場自由旋轉之磁化方向的自由鐵磁性層。固定層與自由層藉由一絕緣隧道障壁層進行分離，此係有賴於經由該隧道障壁層在該自由鐵磁性層與該固定鐵磁性層之間自旋極化電子穿隧之現象。穿隧現象係基於電子自旋的，使得MTJ元件之磁響應為該自由鐵磁性層與該固定鐵磁性層之間的傳導電子的相對方向及自旋極化率之一函數。

隧道障壁層對MTJ元件之效能而言很重要，因為MR強烈地依賴於隧道障壁品質。詳言之，隧道障壁之表面光滑度在製造一高品質MTJ裝置中扮演一關鍵角色。通常，隧道障壁之表面粗糙度會因為非隧道電流流經障壁或底部鐵磁性層中之較高點的過度氧化而導致一MR降低，如此便降低可靠性且因此而降低MTJ裝置製造的加工良率。此外，因為諸如MRAM之後代磁電裝置將會縮至更小尺寸，所以將需要更薄的隧道障壁層。因此，隨著未來裝置中之隧道障壁層變得更薄，表面光滑度將變得愈加重要。

因此，需要提供具有降低的表面粗糙度之隧道障壁層的MTJ元件。另外，需要提供一種用於製造一具有改良電子特性之MTJ元件的方法。此外，結合本發明之附圖及先前技術，本發明之其它所需特點及特徵將自本發明之隨後詳細描述及附加申請專利範圍而變得顯而易見。

【發明內容】

本發明提供磁隧接面(MTJ)元件結構及用於製造MTJ元

件結構之方法。一MTJ元件結構(10)可包含一結晶受釘紮層(26)、一非晶系固定層(30)，及一配置於該結晶受釘紮層與該非晶系固定層之間的耦合層(28)。該非晶系固定層(30)反鐵磁性地耦合至該結晶受釘紮層(26)。該MTJ元件進一步包含一自由層(34)及一配置於該非晶系固定層與該自由層之間的隧道障壁層(32)。另一MTJ元件結構(60)可包含一受釘紮層(26)、一固定層(30)及一配置於兩者之間的非磁耦合層(28)。一隧道障壁層(32)配置於該固定層(30)與一自由層(34)之間。一界面層(62)配置於鄰接該隧道障壁層(32)及一非晶系材料層(30)處。該第一界面層(62)包含一具有一高於該非晶系材料(30)之自旋極化率的自旋極化率之材料。

根據本發明之一種磁隧接面元件包含一合成反鐵磁性受釘紮結構，其包含：一結晶受釘紮鐵磁性層；一非晶系固定鐵磁性層；及一配置於該結晶受釘紮鐵磁性層與該非晶系固定鐵磁性層之間的非磁耦合層，其中該非晶系固定鐵磁性層反鐵磁性地耦合至該結晶受釘紮鐵磁性層；一包含一自由鐵磁性層之第一電極堆疊；及一配置於該合成反鐵磁性受釘紮結構與該第一電極堆疊之間的隧道障壁層。

根據本發明之一種磁隧接面元件包含一合成反鐵磁性受釘紮結構，其包含：一受釘紮鐵磁性層；一固定鐵磁性層；及一配置於該受釘紮鐵磁性層與該固定鐵磁性層之間的非磁耦合層，其中該固定鐵磁性層反鐵磁性地耦合至該受釘紮鐵磁性層；一包含一自由鐵磁性層之電極堆疊；一

配置於該合成反鐵磁性受釘紮結構與該第一電極堆疊之間的隧道障壁層；及一經配置而鄰接該隧道障壁層及一非晶系材料層之第一界面層，其中該第一界面層包含一具有高於該非晶系材料層之自旋極化率的一自旋極化率之材料。

根據本發明之一種用於形成一磁隧接面元件之方法包含以下步驟：形成一第一耦合層以使其覆蓋在一第一鐵磁性層上，該第一耦合層具有一表面；將該第一耦合層之該表面暴露在一第一表面改質劑中；沈積一第二鐵磁性層以使其覆蓋在該經表面改質之第一耦合層上；形成一隧道障壁層以使其覆蓋在該第二鐵磁性層上；及形成一電極堆疊以使其覆蓋在該隧道障壁層上。

【實施方式】

本發明之以下詳細描述實質上只是例示性的且並非意欲限制本發明或本發明之應用及使用的。此外，並非意欲受到本發明之前述背景技術中或本發明之以下詳細描述中所出現之任何理論的約束的。

參看圖1，根據本發明之一例示性實施例的MTJ元件10包含基板16、第一電極多層堆疊14、第二電極多層堆疊12及配置於第一電極多層堆疊14與第二電極多層堆疊12之間的絕緣隧道障壁層32。基板16可包含任何適合的絕緣材料，諸如介電材料。如下文將更詳細描述的，第一電極多層堆疊14及第二電極多層堆疊12包括鐵磁性層。隧道障壁層32較佳由介電材料形成，且更佳由氧化鋁(AlO_x)形成。隧道障壁層32可具有任何適當的厚度，但較佳具有在自約

7埃至約15埃的範圍內之厚度。第一多層堆疊14、第二多層堆疊12及隧道障壁層32中之層可藉由諸如離子束沈積、物理氣相沈積(PVD)、分子束磊晶法(MBE)及其類似物之任何適合的沈積製程形成。

第一電極多層堆疊14包含形成於基板16上之第一或基底電極層18。第一電極層18可包含單一導電材料或層，或者，第一電極層18可為具有一個以上的導電材料或層之多層堆疊。在任一情況下，第一電極層18均對第一電極多層堆疊14中之層提供電接觸。

在本發明之一實施例中，第一電極多層堆疊14包括經沈積而覆蓋在第一電極層18上之種晶層20。如下文將更詳細描述的，種晶層20可由任何適用於種晶隨後的反鐵磁性AF釘紮層24形成物之材料形成。適用於形成種晶層20之材料的實例例如包括鉭(Ta)或氮化鉭(TaN_x)，氮化鉭係藉由反應性濺鍍或藉由相對薄(較佳小於約100埃且最佳小於約50埃)的鉭層之電漿或離子束氮化製得。種晶層20可為與第一電極層18分離之層或可包含與第一電極層18相同之層。第一電極多層堆疊14亦可包含覆蓋在種晶層20上的可選模板層22。模板層22可包含鎳鐵(NiFe)合金、鎳鐵鈷(NiFeCo)合金、鈥(Ru)、鉭(Ta)、鋁(Al)或任何其它適用於便利反鐵磁性釘紮層24生成之材料。反鐵磁性釘紮層24經配置而覆蓋在種晶層20及/或模板層22上。反鐵磁性釘紮層24可自任何適當的反鐵磁性材料形成，但較佳包含含有常見組合物 MnX 之錳合金，其中X較佳為選自由鉑(Pt)、

鈦 (Pd)、鎳 (Ni)、銥 (Ir)、銱 (Os)、鈳 (Ru) 或鐵 (Fe) 組成之群的一或多種材料。

受釘紮的鐵磁性層 26 形成於下面的反鐵磁性釘紮層 24 上且與反鐵磁性釘紮層 24 交換耦合，反鐵磁性釘紮層 24 沿一方向釘紮釘紮鐵磁性層 26 之磁矩。受釘紮鐵磁性層 26 係結晶結構且例如可由鈷鐵合金形成，此鈷鐵合金諸如 CoFe 或 CoFe_x，其中 X 可包含硼 (B)、鉭 (Ta)、鈪 (Hf) 或碳 (C)。非晶系固定鐵磁性層 30 形成於覆蓋在受釘紮鐵磁性層 26 上的金屬耦合層 28 上。如本文所使用，術語 "非晶系" 應意味其中不存在長程晶序的材料，諸如在使用普通 X 光繞射測量法時會產生易辨別的繞射峰或在使用電子繞射測量法時會產生可辨別的圖案影像的材料。在本發明之一實施例中，非晶系固定鐵磁性層 30 可由鈷 (Co)、鐵 (Fe) 與硼 (B) 之合金形成。舉例而言，非晶系固定層 30 可由包含 71.2% 的鈷、8.8% 的鐵及 20% 的硼之合金形成。此組合物係添加了硼之 CoFe 合金且可表示成 (Co₈₉Fe₁₁)₈₀B₂₀。然而，應瞭解任何其它適合的合金組合物，諸如 CoFeX (其中 X 可為鉭、鈪、硼、碳及其類似物中的一或多種) 或包含鈷及 / 或鐵的合金均可用來形成非晶系固定層 30。金屬耦合層 28 可由任何適用於反鐵磁性地耦合結晶受釘紮層 26 與非晶系固定層 30 之材料形成，該等材料諸如鈳、銻、銱、銨或其合金，但較佳由鈳形成。金屬耦合層 28、結晶受釘紮層 26 及非晶系固定層 30 建立了合成反鐵磁性 (SAF) 結構 38。經由金屬耦合層 28 提供的 SAF 結構之反鐵磁性耦合使得 MTJ 元件 10 在所

施加的磁場中更穩定。此外，藉由改變鐵磁性層26及30的厚度，可抵消對自由層的靜磁耦合且滯後回線可居中。

由於非晶系結構之性質，意即，非晶系結構不具有實質的晶粒邊界，因此SAF結構38之非晶系固定層30便利生成與隧道障壁層32生成於結晶或多晶固定層上的情況相比具有更光滑表面之隧道障壁層32。隧道障壁層之更光滑表面改良了MTJ元件10的磁致電阻。此外，SAF結構38之結晶受釘紮層26產生充分的反鐵磁性耦合強度，從而使得SAF結構在外部磁場中是穩定的。因此，非晶系固定層及結晶受釘紮層用以改良MTJ元件10之效能、可靠性及可製造性。

第二電極多層堆疊12包含自由鐵磁性層34及保護性第二電極層36。第二電極層36可由諸如鉭之任何適合的導電材料形成。在本發明之一較佳實施例中，第二電極層可包含一個以上材料層，諸如覆蓋在鉭層上之氮化鉭層。自由鐵磁性層34之磁矩大體上不固定或不藉由交換耦合來釘紮，且大體上在所施加的磁場存在的情況下自由旋轉。自由層34可具有非晶系或結晶結構且可由任何適合的合金組合物形成，諸如CoFeX(其中X可為硼、鉭、鉛、碳及其類似物)，或包含鎳及鐵的合金或包含鈷、鎳及鐵的合金。自由層34可包含一個材料層或可包含多個層。舉例而言，在本發明之一實施例中，自由層34可包含單個NiFeCo層。在本發明之另一實施例中，自由層34可為例如下包含諸如為NiFe之兩個鐵磁性材料層之SAF結構，兩個鐵磁性材料層

係由諸如鈞、銻、鐵、銻、其合金及其類似物之導電材料的耦合層進行分離。

應瞭解，雖然圖1及上文隨附描述揭示一MTJ元件10，其中一結晶受鈞紫層覆蓋在一AF鈞紫層上，一金屬耦合層覆蓋在該結晶受鈞紫層上，一非晶系固定層覆蓋在該耦合層上，一隧道障壁層覆蓋在該固定層上及一自由層或自由SAF結構覆蓋在該隧道障壁層上，但本發明並非限於如此。本發明亦還可用於具有倒置或翻轉結構的MTJ元件，其中一隧道障壁層覆蓋在一自由層或自由SAF結構上，一非晶系固定層覆蓋在該隧道障壁層上、一耦合層覆蓋在該非晶系固定層上，一結晶受鈞紫層覆蓋在該金屬耦合層上及一AF鈞紫層覆蓋在該受鈞紫層上。

圖2說明根據本發明之另一實施例之一MTJ元件60。MTJ元件60類似於圖1中之MTJ元件10，其中相似參考符號代表相似或類似層。MTJ元件60包含基板16、第一電極多層堆疊14、第二電極多層堆疊12及配置於第一電極多層堆疊14與第二電極多層堆疊12之間的絕緣隧道障壁層32。如上文關於MTJ元件10參考圖1所述，第一電極堆疊14可包含第一電極18、種晶層20、模板層22、反鐵磁性鈞紫層24、結晶鐵磁性受鈞紫層26、耦合層28及非晶系鐵磁性固定層30。同樣，MTJ元件60之第二電極多層堆疊12可包含第二電極36及自由層34，其中自由層34可包含一個鐵磁性層或可包含諸如SAF結構之多個層。

在本發明之一實施例中，MTJ元件60進一步包含形成於

非晶系固定層30與隧道障壁層32間之界面層62。在本發明之另一實施例中，當自由層34為一個非晶系材料層或多個非晶系材料層時，MTJ元件可包含形成於隧道障壁層32與非晶系自由層34之間的界面層64。在本發明之又一實施例中，MTJ元件60可包含界面層62及界面層64兩者。因為MTJ元件60之磁致電阻與鄰近隧道障壁層32之任一表面之鐵磁性層的自旋極化之結果成比例，所以界面層62及/或界面層64可用於增強MTJ元件60之磁致電阻。因此，界面層62及64可為非晶系、結晶或多晶的且可由"高自旋極化率材料"形成。如本文所使用，術語"高自旋極化率材料"意謂具有高於與其相鄰之非晶系鐵磁性材料之自旋極化率的自旋極化率之材料。因此，界面層62可由具有高於非晶系固定層30之自旋極化率的自旋極化率之材料形成。同樣，界面層64可由具有高於非晶系自由層34之自旋極化率的自旋極化率之材料形成。舉例而言，在本發明之一實施例中，非晶系固定層30可包含CoFeB且界面層62可包含CoFe。類似地，非晶系自由層34可包含CoFeB且界面層64可包含CoFe。然而，應瞭解，界面層62及64亦可包含CoFeX，其中X可包含硼、鈹、鉛、碳及其類似物，且X低於5%。或者，界面層62及64可包含其他含鈷合金或其他含鐵合金。使用界面層62還是界面層64還是兩者可依各種因素而定，諸如所要的MTJ元件磁特性、所要的MTJ元件電特性、期望的MTJ元件應用及其類似物。

界面層62及64充分薄從而它們不會由於固定層30及/或

自由層34之非晶系性質而阻礙MTJ裝置之改良。在本發明之一實施例中，界面層62及64具有不大於15埃的厚度。較佳地，界面層62及64具有不大於10埃的厚度且更佳地，具有不大於5埃的厚度。此外，儘管固定層30及/或自由層34之非晶系性質可改良MTJ元件60之電特性，諸如磁致電阻之量值、磁致電阻之穩定性、反鐵磁性耦合強度(由飽和場(H_{sat})確定)及其類似物，但MTJ元件60中界面層62及/或界面層64之存在亦可藉由增加MTJ元件之磁致電阻而改良電特性。

圖3為根據本發明之一例示性實施例之用於製造諸如圖1及圖2中所說明之半導體結構之一半導體結構之製程100的流程圖。製程100可藉由提供一諸如圖1及圖2之基板16之基板(步驟102)及形成覆蓋在基板16上之第一電極層18(步驟106)而開始。如上所述，第一電極層18可包含對隨後形成之層提供電接觸之一或多個金屬層或其他導電材料層。可沈積種晶層20以使其覆蓋在第一電極層18上(步驟106)。種晶層20可為與第一電極層18分離之層，或者，種晶層20可包含與第一電極層18相同的層。接著可製造可選模板層22以使其覆蓋在種晶層20及/或第一電極層18上(步驟108)。

製程100進一步包含沈積覆蓋在可選模板層22及/或種晶層20及/或第一電極層18上(步驟110)之反鐵磁性釘紮層24，及在反鐵磁性釘紮層24上形成結晶受釘紮鐵磁性層26從而使得受釘紮鐵磁性層26與反鐵磁性釘紮層24交換耦合

(步驟112)。接著沈積金屬耦合層28以使其覆蓋在受釘紫鐵磁性層26上(步驟114)。如上所述，金屬耦合層28可由用於反鐵磁性地耦合結晶受釘紫層26與覆蓋的非晶系固定層30之任何適合厚度及任何適合材料組成。適用於形成金屬耦合層28之材料可包括釘、鐵、銑、銻及其類似物及其合金。較佳地，金屬耦合層28由釘形成。

根據本發明之一實施例，接著將金屬耦合層28暴露在改質金屬耦合層28之暴露表面的表面改質劑中(步驟116)。如本文所使用，術語"表面改質劑"意謂任何適合的材料，該種材料改質金屬耦合層28之表面，以使得隨後形成之覆蓋在金屬耦合層28上之固定層30展現其上可形成隧道障壁層之與該金屬耦合層未如此改質的情況下所展現的表面相比之更光滑表面。因此，表面改質劑導致MTJ元件之MR增加。表面改質劑亦可導致產生MTJ元件改良的崩潰電壓及更少的穿隧熱點，因此增加了良率且使MTJ元件陣列之位阻抗分佈變窄。

在本發明之一實施例中，表面改質劑包含氧。如此考慮，可在室溫下將金屬耦合層28暴露於具有自約 10^{-5} 托-秒至約 10^{-1} 托-秒之劑量(壓力與暴露時間相乘)的氧環境中。將金屬耦合層28暴露於氧環境中持續充分長的時間以允許氧改質金屬耦合層28之暴露表面，但同時是持續充分短的時間以使得金屬耦合層28所提供之反鐵磁性耦合大體上未降低。在本發明之一實施例中，金屬耦合層暴露於氧環境中持續充分短的時間以使得不允許氧沈積至標準量測技術

可辨別之厚度。在本發明之較佳實施例中，金屬耦合層28暴露於氧環境中持續允許兩個以上的氧單層沈積於金屬耦合層28之暴露表面上之時間段。應瞭解，表面改質劑可包含並非氧或除氧之外的材料，諸如空氣、氬(Ar)/氧(O₂)混合物或氮(N₂)/氧(O₂)混合物。

在改質金屬耦合層28之暴露表面後，可沈積固定鐵磁性層以使其覆蓋在金屬耦合層28上(步驟118)。在本發明之一實施例中，該固定鐵磁性層可由諸如CoFe或任何其他適合的鈷合金及/或鐵合金之結晶鐵磁性材料形成。在本發明之另一更佳實施例中，該固定鐵磁性層可為非晶系的，諸如上文參考圖1及圖2所述之非晶系固定層30。如此考慮，該非晶系固定層可由諸如CoFeX(其中X可為硼、碳、鉭、鈐及其類似物)之非晶系鐵磁合金形成，或可由其他鈷及/或鐵合金形成。

在本發明之另一實施例中，當該固定層包含非晶系材料時，製程100進一步可包含沈積諸如圖2中之界面層62之第一界面層以使其覆蓋在該固定層上(步驟120)。界面層62可由具有高於非晶系固定層30之自旋極化率之自旋極化率的材料形成。舉例而言，該固定層可包含CoFeB非晶系層且該第一界面層可包含CoFe。然而，在本發明之另一實施例中，該第一界面層可包含CoFeX，其中X可包含硼、鉭、碳、鈐及其類似物，且X低於5%。在本發明之又一實施例中，該第一界面層可包含其他含鈷合金或其他含鐵合金。

接著可形成諸如圖1及圖2中之隧道障壁層32之絕緣隧道

障壁層以使其覆蓋在第一界面層及/或固定層上(步驟122)。該隧道障壁層可使用半導體工業中用於形成隧道障壁層之任何適合絕緣材料形成。舉例而言，如此項技術中所熟知，該隧道障壁層可藉由沈積覆蓋在第一界面層及/或固定層上之鋁層及氧化該鋁層形成。

接著可形成諸如自由鐵磁性層34之自由鐵磁性層以使其覆蓋在該隧道障蔽層上(步驟126)。如上所述，該自由層可具有非晶系結構或結晶結構且可由任何適合的合金組合物形成，諸如CoFeX(其中X可為硼、碳、鈮、鉛及其類似物)、NiFe合金或包含鈷、鐵及鎳的其他合金。在本發明之另一可選實施例中，該自由層可為例如下包含諸如為NiFe之兩個鐵磁性材料層之SAF結構，兩個鐵磁性材料層係由諸如鈮、鎳、鐵、銻及其類似物及其合金之絕緣材料之金屬耦合層進行分離。

在本發明之又一可選實施例中，當自由層包含非晶系材料時，在形成非晶系自由鐵磁性層之前可沈積諸如界面層64之第二界面層以使其覆蓋在隧道障壁層上(步驟124)。該第二界面層可包含具有高於該自由層之自旋極化率的自旋極化率之材料。舉例而言，該自由層可包含非晶系CoFeB且該第二界面層可包含CoFe。然而，在本發明之另一實施例中，該第二界面層可包含CoFeX，其中X可包含硼、鈮、鉛、碳及其類似物，且X低於5%。在本發明之又一實施例中，該第二界面層可包含其他含鈷合金及/或其他含鐵合金。

在自由層形成之後，可沈積諸如第二電極層36之第二電極層以使其覆蓋在該自由層上(步驟128)。如上所述，該第二電極層可由諸如鈹之任何適合的導電材料形成。在本發明之一較佳實施例中，該第二電極層可包含一個以上的材料層，諸如氮化鈹(TaN_x)層覆蓋在鈹層上。

上文參考圖3所述之製程100中層之形成可使用半導體工業中已知的任何適合的習知沈積方法完成，習知沈積方法諸如，離子束沈積、物理氣相沈積(PVD)、分子束磊晶法(MBE)及其類似物。此外，應瞭解，本發明之製程並不限於上文參考圖3所述之步驟的次序。該等步驟還可以倒置次序完成以形成一磁隧接面元件，該磁隧接面元件中有一隧道障壁層覆蓋在一自由層或自由層SAF結構上，一固定層覆蓋在該隧道障壁層上及一受釘紮層覆蓋在該固定層上。如此考慮，當自由層為如上所述之SAF結構時，在第二電極形成之後，可沈積該自由SAF結構之第一鐵磁性層，接著沈積一金屬耦合層。該金屬耦合層接著可暴露在改質該金屬耦合層之暴露表面的表面改質劑中。表面改質劑改質該金屬耦合層之表面，以使得隨後形成之覆蓋在該金屬耦合層上之第二鐵磁性層展現其上可形成隧道障壁層之與該金屬耦合層未如此改質的情況所展現之表面相比之更光滑的表面。在改質該金屬耦合層之表面之後，可沈積自由SAF層之第二鐵磁性層以使其覆蓋在該金屬耦合層上。接著該製程可繼續形成隧道障壁層及固定SAF結構。應瞭解，在本發明之另一實施例中，固定SAF結構之金屬

耦合層及自由SAF結構之金屬耦合層兩者均應在隨後沈積一覆蓋層之前暴露在表面改質劑中以改良該覆蓋層之物理品質。

雖然已在本發明之以上詳細描述中給出了至少一個例示性實施例，但應瞭解可存在大量變體。亦應瞭解，例示性實施例僅是實例，而根本不用來限制本發明之範疇、適用性或組態。以上詳細描述還將為熟習此項技術者提供實現本發明之一例示性實施例之便利路徑圖，應理解，可在不脫離附加申請專利範圍中所陳述之範疇的情況下對一例示性實施例中所描述之元件的功能及配置進行各種修改。

【圖式簡單說明】

圖1係根據本發明之一例示性實施例之一磁隧接面元件結構的橫截面視圖；

圖2係根據本發明之另一例示性實施例之一磁隧接面元件結構的橫截面視圖；及

圖3係根據本發明之一例示性實施例之用於製造諸如圖1或圖2之磁隧接面元件結構之製程的流程圖。

【主要元件符號說明】

10	MTJ元件
12	第二電極多層堆疊
14	第一電極多層堆疊
16	基板
18	電極層
20	種晶層

22	模 板 層
24	反 鐵 磁 性 釘 紮 層
26	鐵 磁 性 層
28	金 屬 耦 合 層
30	鐵 磁 性 層
32	隧 道 障 壁 層
34	自 由 鐵 磁 性 層
36	電 極 層
38	SAF
60	MTJ元 件
62	界 面 層
64	界 面 層
100	製 程
102	步 驟
104	步 驟
106	步 驟
108	步 驟
110	步 驟
112	步 驟
114	步 驟
116	步 驟
118	步 驟
120	步 驟
122	步 驟

124 步驟

126 步驟

128 步驟

十、申請專利範圍：

1. 一種磁隧接面元件，其包含：
 - 一合成反鐵磁性受釘紮結構，其包含：
 - 一結晶受釘紮鐵磁性層；
 - 一非晶系固定鐵磁性層；及
 - 一配置於該結晶受釘紮鐵磁性層與該非晶系固定鐵磁性層之間的非磁耦合層，其中該非晶系固定鐵磁性層反鐵磁性地耦合至該結晶受釘紮鐵磁性層；
 - 一包含一自由鐵磁性層之第一電極堆疊；及
 - 一配置於該合成反鐵磁性受釘紮結構與該第一電極堆疊之間的隧道障壁層。
2. 如請求項1之磁隧接面元件，其進一步包含一經配置而緊鄰該結晶受釘紮鐵磁性層之反鐵磁性釘紮層，其中該結晶受釘紮鐵磁性層與該反鐵磁性釘紮層耦合。
3. 如請求項1之磁隧接面元件，該非晶系固定鐵磁性層包含一具有分子式 CoFeX 之材料，其中 X 包含選自由硼、鈹、碳及鉛組成之群的至少一種材料。
4. 如請求項1之磁隧接面元件，該自由鐵磁性層包含一非晶系材料及一結晶材料中之一者。
5. 如請求項1之磁隧接面元件，該自由鐵磁性層包含一具有兩個鐵磁性層及一配置於該兩個鐵磁性層之間的非磁性層的 SAF 結構。
6. 如請求項1之磁隧接面元件，該第一電極堆疊進一步包含一經配置而緊鄰該自由鐵磁性層之電極層。

7. 如請求項6之磁隧接面元件，該結晶受釘紮鐵磁性層包含一具有分子式 CoFeX 之材料，其中X包含選自由硼、鈹、鉛及碳組成之群的至少一種材料。
8. 如請求項1之磁隧接面元件，該非磁耦合層包含一選自由釘、銻、鐵、銻及其任何組合組成之群的材料。
9. 一種磁隧接面元件，其包含：
 - 一合成反鐵磁性受釘紮結構，其包含：
 - 一受釘紮鐵磁性層；
 - 一固定鐵磁性層；及
 - 一配置於該受釘紮鐵磁性層與該固定鐵磁性層之間的非磁耦合層，其中該固定鐵磁性層反鐵磁性地耦合至該受釘紮鐵磁性層；
 - 一包含一自由鐵磁性層之第一電極堆疊；
 - 一配置於該合成反鐵磁性受釘紮結構與該第一電極堆疊之間的隧道障壁層；及
 - 一經配置而鄰接該隧道障壁層及一非晶系材料層之第一界面層，其中該第一界面層包含一具有高於該非晶系材料層之自旋極化率的一自旋極化率之材料。
10. 如請求項9之磁隧接面元件，該非晶系材料層包含一具有分子式 CoFeX 之材料，其中X包含選自由硼、鈹、鉛及碳組成之群的至少一種材料，且該第一界面層包含 CoFe 。
11. 如請求項9之磁隧接面元件，該固定鐵磁性層包含該非晶系材料層，其中該第一界面層配置於該隧道障壁層與

該固定鐵磁性層之間，且其中該第一界面層包含一具有高於該固定鐵磁性層之自旋極化率的一自旋極化率之材料。

12. 如請求項11之磁隧接面元件，其中該自由鐵磁性層包含一非晶系材料，且其中該磁隧接面元件進一步包含一配置於該隧道障壁層與該自由鐵磁性層之間的第二界面層，該第二界面層包含一具有高於該自由鐵磁性層之自旋極化率的一自旋極化率之材料。

13. 如請求項12之磁隧接面元件，其中該自由鐵磁性層包含一具有被一非磁性耦合層分離開之兩個鐵磁性材料層的SAF結構。

14. 如請求項9之磁隧接面元件，該自由鐵磁性層包含該非晶系材料層，其中該第一界面層配置於該隧道障壁層與該自由鐵磁性層之間，且其中該第一界面層包含一具有高於該自由鐵磁性層之自旋極化率的一自旋極化率之材料。

15. 如請求項14之磁隧接面元件，其中該自由鐵磁性層包含一具有被一非磁性耦合層分離開之兩個鐵磁性材料層的SAF結構。

16. 一種用於形成一磁隧接面元件之方法，該方法包含以下步驟：

形成一第一耦合層以使其覆蓋在一第一鐵磁性層上，
該第一耦合層具有一表面；

將該第一耦合層之該表面暴露在一第一表面改質劑

中；

沈積一第二鐵磁性層以使其覆蓋在該經表面改質之第一耦合層上；

形成一隧道障壁層以使其覆蓋在該第二鐵磁性層上；及

形成一電極堆疊以使其覆蓋在該隧道障壁層上。

17. 如請求項16之用於形成一磁隧接面元件之方法，其中該將該第一耦合層之該表面暴露在一第一表面改質劑中的步驟包含將該第一耦合層之該表面暴露在氧中之步驟。
18. 如請求項16之用於形成一磁隧接面元件之方法，其中該將該第一耦合層之該表面暴露在一第一表面改質劑中的步驟包含將該第一耦合層之該表面暴露在空氣、一Ar/O₂混合物或一N₂/O₂混合物中之步驟。
19. 如請求項16之用於形成一磁隧接面元件之方法，該在一第一鐵磁性層上形成一第一耦合層之步驟包含形成一第一耦合層以使其覆蓋在一受釘紮鐵磁性層上之步驟，在經表面改質之第一耦合層上沈積一第二鐵磁性層之該步驟包含沈積一固定鐵磁性層以使其覆蓋在該經表面改質之第一耦合層上之步驟。
20. 如請求項16之用於形成一磁隧接面元件之方法，其中該形成一電極堆疊以使其覆蓋在該隧道障壁層上之步驟包含形成一自由鐵磁性層以使其覆蓋在該隧道障壁層上之步驟，該形成一自由鐵磁性層以使其覆蓋在該隧道障壁層上之步驟包含：

沈積一第三鐵磁性層以使其覆蓋在該隧道障壁層上；

形成一第二耦合層以使其覆蓋在該第三鐵磁性層上；及

沈積一第四鐵磁性層以使其覆蓋在該第二耦合層上，
在沈積一第四鐵磁性層以使其覆蓋在該第二耦合層上的
該步驟之前進一步包含將該第二耦合層暴露在一第二表面改質劑中之步驟，其中將該第二耦合層之表面暴露在一第二表面改質劑中之該步驟包含將該第二耦合層之表面暴露在氧中之步驟。

十一、圖式：

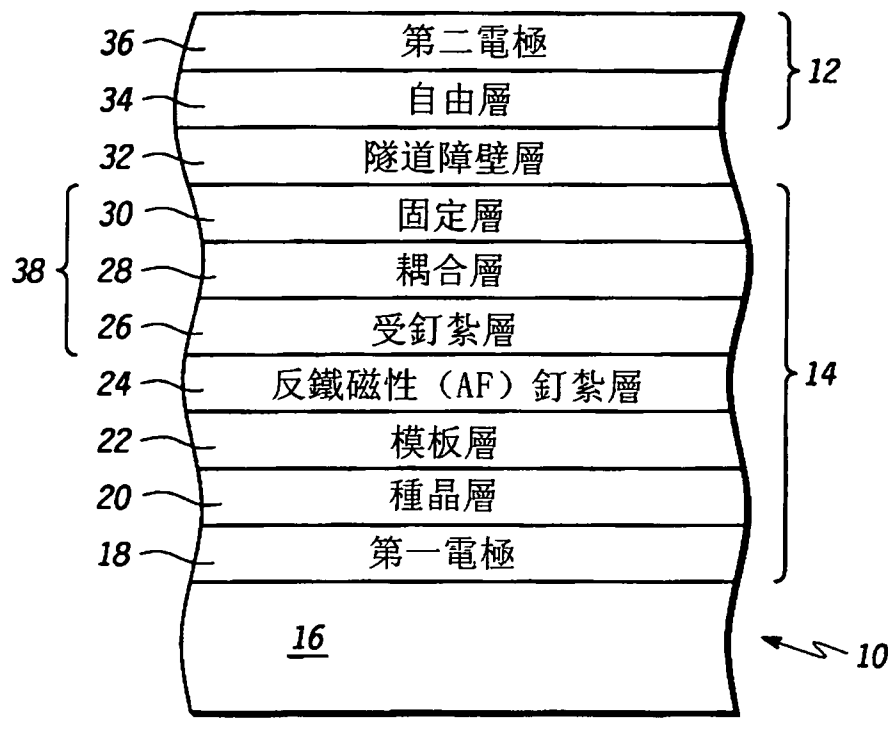


圖 1

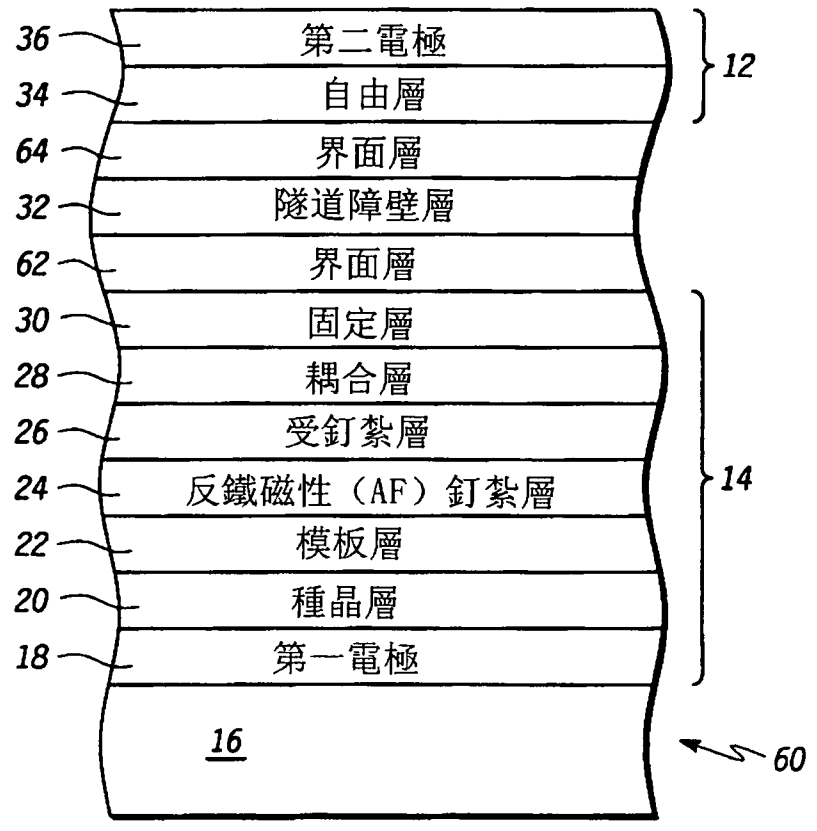


圖 2



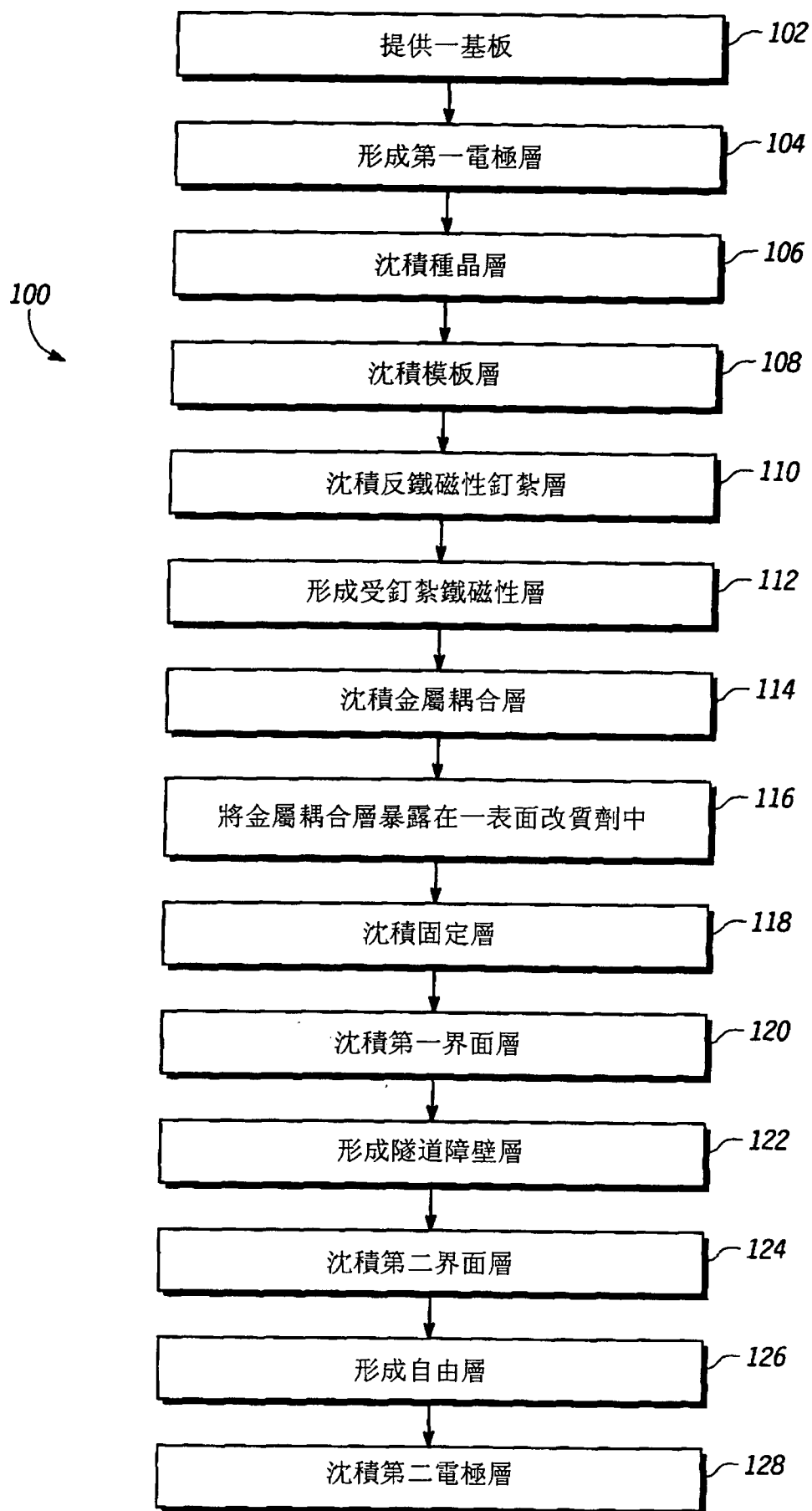


圖 3