

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4542520号
(P4542520)

(45) 発行日 平成22年9月15日 (2010. 9. 15)

(24) 登録日 平成22年7月2日 (2010. 7. 2)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 43/08 (2006. 01)

H O 1 L 43/08 Z N M Z

H O 1 L 29/82 (2006. 01)

H O 1 L 29/82 Z

H O 1 L 29/06 (2006. 01)

H O 1 L 29/06 6 O 1 N

H O 1 L 29/66 (2006. 01)

H O 1 L 29/66 M

H O 1 L 21/8246 (2006. 01)

H O 1 L 27/10 4 4 7

請求項の数 6 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-122634 (P2006-122634)
 (22) 出願日 平成18年4月26日 (2006. 4. 26)
 (65) 公開番号 特開2007-258655 (P2007-258655A)
 (43) 公開日 平成19年10月4日 (2007. 10. 4)
 審査請求日 平成18年4月26日 (2006. 4. 26)
 (31) 優先権主張番号 10-2006-0025632
 (32) 優先日 平成18年3月21日 (2006. 3. 21)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 503169851
 コリア・ユニヴァーシティ・ファウンダー
 ション
 大韓民国 1 3 6 - 7 0 1 ソウル ソン
 ブクーク アナムードン 5 - カ 1
 (74) 代理人 100081086
 弁理士 大家 邦久
 (74) 代理人 100121050
 弁理士 林 篤史
 (72) 発明者 キム・ヨングン
 大韓民国, ソウル, カンナムーク, アック
 ジョン・2ードン, ハーニャン・アパート
 7 2 - 1 1 0 9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善された接合形態を有するナノ接合

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁壁を形成する強磁性体で構成される 2 個の接合ワイヤーが接合される、弾道磁気抵抗素子用のナノ接合であって、接合される接合領域を含む接合面が四分円形を有する第 1 の接合ワイヤーと、前記第 1 の接合ワイヤーと前記接合領域で接合し前記第 1 の接合ワイヤーの四分円の接合面と原点对称の四分円形の接合面を有する第 2 の接合ワイヤーとを含み、磁壁を形成する前記第 1 及び第 2 のワイヤーのナノ接合部の磁気モーメントが初期状態に関係なく接合の両側で常に反対方向であることを特徴とするナノ接合。

【請求項 2】

前記接合領域の長さは 0 ~ 2 0 n m で、前記接合領域の幅は 2 ~ 1 5 n m であることを特徴とする請求項 1 記載のナノ接合。

10

【請求項 3】

前記第 1 の接合ワイヤーと第 2 の接合ワイヤーは N i 、 C o 又は N i F e であることを特徴とする請求項 1 記載のナノ接合。

【請求項 4】

磁壁を形成する強磁性体で構成される 2 個の接合ワイヤーが接合される、弾道磁気抵抗素子用のナノ接合であって、接合される接合領域を含む接合面が一定の傾斜角をなす形態を有する第 1 の接合ワイヤーと、前記第 1 の接合ワイヤーと前記接合領域で接合し前記第 1 の接合ワイヤーの接合面の傾斜角と対称の傾斜角をなす接合面を有する第 2 の接合ワイヤーとを含み、磁壁を形成する前記第 1 及び第 2 のワイヤーのナノ接合部の磁気モーメン

20

トが初期状態に関係なく接合の両側で常に反対方向であることを特徴とするナノ接合。

【請求項 5】

前記接合領域の長さは 3 ~ 20 nm で、前記接合領域の幅は 2 ~ 15 nm であることを特徴とする請求項 4 記載のナノ接合。

【請求項 6】

前記第 1 の接合ワイヤーと第 2 の接合ワイヤーは Ni、Co 又は NiFe であることを特徴とする請求項 4 記載のナノ接合。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はナノ接合(nanocontact)に関するもので、特に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく一定の厚さの磁壁(domain wall)を実現して弾道磁気抵抗(Ballistic Magnetoresistance: BM R)を一定に維持するナノ接合に関するものである。

【背景技術】

【0002】

モバイルアプリケーション市場が成長することによって、大容量の不揮発性メモリと小型 HDD(Hard Disc Drive)の需要が急増している。このような不揮発性メモリと HDD 用素子として弾道磁気抵抗素子が研究されている。

【0003】

弾道磁気抵抗素子は、GMR(Giant Magnetoresistance)素子又は TMR(Tunneling Magnetoresistance)素子より非常に高い磁気抵抗比(Magnetoresistance Ratio)が得られるため、1 Tb(Terabit)/in²以上の記録密度を有する HDD 用の再生ヘッド素子として使用が可能である。また、このような弾道磁気抵抗素子は、磁性スイッチングを通じてビットを表現するため、作動速度が非常に速い。また、弾道磁気抵抗素子は、不揮発性を有し、単純な構造を有して高集積が可能のため、次世代メモリ素子の実現に使用可能である。すなわち、この弾道磁気抵抗素子は、携帯用端末機、コンピュータ又はネットワーク分野で使用されるフラッシュメモリ、DRAM(Dynamic Random Access Memory)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)又は SRAM(Static Random Access Memory)を代替する技術として使用することができる。

また、弾道磁気抵抗素子は、放射能耐性が強くミサイルのような軍需用や宇宙航空分野にも適用可能である。

【0004】

このような弾道磁気抵抗に関する従来技術として、Physical Review Letters, N. Garcia, M. Mudoz, and Y. W. Zhao, VOLUME 82, NUMBER 14, 2923 - 2926, (1999)に、Niナノ接合(nanocontact)が開示されている。ここで、Niナノ接合は、常温で 100 Oe の磁場を用いる場合に、磁壁(domain wall)によって 200 % が超える弾道磁気抵抗比を獲得した。また、Journal of Applied Physics, K. Miyake, K. Shigeto, Y. Yokoyama, T. Ono, K. Mibu, T. Shinjo, VOLUME 97, 014309 - 1 ~ 6, (2005)に、従来の一般的な形態のナノ接合において不安定で、再現性のない磁壁の形成が開示されている。

【0005】

図 1 の(A)及び(B)は、従来のナノ接合構造で接合部の長さが 0 である場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向により厚さが異なる磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

10

20

30

40

50

ここで、一側の接合ワイヤーの幅は150nmで、他側の接合ワイヤーの幅は125nmである。両側接合ワイヤーの接触面の幅(width)yは2~15nmで、長さxは0nmである。初期状態で、接合ワイヤーのスピンモーメント方向は相互に異なる。100Oeの磁場を右側の接合ワイヤーにかけて $t_1(300\text{ps}(\text{picosecond}))$ で流すと、右側の接合ワイヤーに磁壁が形成される。 $t_2(600\text{ps})$ では、磁壁が接合ワイヤーの接合部分の方向に移動する。3~4ns(nanosecond)後に最終結果として示す接合ワイヤー間の磁壁は、相互にその厚さが異なる。すなわち、図1で、(A)は最終的に接合ワイヤー間の接合部に示す磁壁の厚さが58nmで、(B)は最終的に接合ワイヤー間の接合部に示す磁壁の厚さが175nmである。

【0006】

10

図2の(A)及び(B)は、従来のナノ接合構造で接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向により厚さが異なる磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

ここで、一側の接合ワイヤーの幅は150nmで、他側の接合ワイヤーの幅は125nmである。両側の接合ワイヤーの接触面の幅yは2~15nmで、長さxは3~20nmである。初期状態で、接合ワイヤーのスピンモーメント方向は相互に異なる。100Oeの磁場を右側の接合ワイヤーにかけて $t_1(300\text{ps})$ で流すと、右側の接合ワイヤーに磁壁が形成される。 $t_2(600\text{ps})$ では、磁壁が接合ワイヤーの接合部分の方向に移動する。3~4ns後に最終結果として、接合ワイヤー間の磁壁はその厚さが相互に異なるように示す。すなわち、図2で、(A)は最終的に接合ワイヤー間の接合部に示す磁壁の厚さが60nmで、(B)は最終的に接合ワイヤー間の接合部に示す磁壁の厚さが180nmである。

20

【0007】

このように、従来の接合形態を有する弾道磁気抵抗は、接合ワイヤーの初期スピン状態により磁場をかけたときに、最終的に接合ワイヤー間の接合部の磁壁厚さが変化するという問題があった。したがって、磁壁の厚さに反比例する弾道磁気抵抗比が変わるため、素子の信頼性が低下するという問題点があった。

したがって、弾道磁気抵抗比の信頼性を確保するために、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なくナノ接合部の磁壁の厚さが一定のナノ接合を獲得することが要求される。すなわち、ナノ接合部の磁壁に示す弾道磁気抵抗が接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく安定したナノ接合部の形状を得ることを必要とする。

30

【0008】

【非特許文献1】Physical Review Letters, N. Garcia, M. Mudoz, and Y. W. Zhao, VOLUME 82, NUMBER 14, 2923-2926 (1999)

【非特許文献2】Journal of Applied Physics, K. Miyake, K. Shigeto, Y. Yokoyama, T. Ono, K. Mibu, T. Shinjo, VOLUME 97, 014309-1~6, (2005)

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、上記のような従来技術の問題点を解決するために、本発明の目的は、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく接合ワイヤー間の磁壁の厚さが一定のナノ接合を提供することにある。

また、本発明の目的は、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく接合ワイヤー間の接合部の弾道磁気抵抗(BMR)を一定に維持するナノ接合を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

上記のような本発明の目的を達成するために、本発明は、2個の接合ワイヤーが接合されるナノ接合であって、接合される接合領域を含む接合面が四分円形を有する第1の接合ワイヤーと、前記第1の接合ワイヤーと前記接合領域で接合し、前記第1の接合ワイヤーの四分円の接合面と原点对称する四分円形の接合面を有する第2の接合ワイヤーとを含むことを特徴とする。

また、本発明は、2個の接合ワイヤーが接合されるナノ接合であって、接合される接合領域を含む接合面が一定の傾斜角をなす形態を有する第1の接合ワイヤーと、前記第1の接合ワイヤーと前記接合領域で接合し、前記第1の接合ワイヤーの接合面の傾斜角と対称する傾斜角をなす接合面を有する第2の接合ワイヤーとを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0011】

本発明は、ナノ接合を構成する2個の接合ワイヤーの接合領域を各々原点对称する四分円形として、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく磁場をかけて第1のナノワイヤーと第2のナノワイヤーの磁化方向が反対の場合に示す磁壁の厚さが一定に実現することができる。したがって、一定で、再現性のよく弾道磁気抵抗比を有するナノ接合を提供することができる効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の望ましい実施形態を添付の図面を参照して詳細に説明する。

下記の実施形態では、両側に $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ ナノワイヤーを使用する場合のナノ接合を説明する。本発明によるナノ接合を示す図は、基板に塗布された薄膜(thin film)を上から見たことを示す。

20

【0013】

図3の(A)及び(B)は、本発明の第1の実施形態によるナノ接合構造で接合部の長さが0である場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

ここで、第1の接合ワイヤーは接合される接合領域(contact area)を含む接合面(contact plane)が四分円形を有し、第2の接合ワイヤーは第1の接合ワイヤーと接合領域で接合し、第1の接合ワイヤーの四分円の接合面と原点对称する四分円形の接合面を有する。これは、四分円の両端が相互に接している形態である。第1の接合ワイヤーの幅は150nmで、他側の接合ワイヤーの幅は125nmである。

30

【0014】

この場合、両側の接合ワイヤーの接触面の幅 y は2~15nmで、長さ x は0nmである。初期状態で、接合ワイヤーのスピンモーメント方向は相互に異なる。1000eの磁場を右側の接合ワイヤーにかけて t_1 (300ps)で流すと、右側の接合ワイヤーに磁壁が形成される。 t_2 (600ps)及び t_3 (1ns)では磁壁が接合ワイヤーの接合部分の方向に移動する。3~4ns後に最終結果(final result)として示す接合ワイヤー間の磁壁はその厚さが同一である。すなわち、時間の流れに従って(A)と(B)は、磁壁のスピンモーメント方向が相互に異なるように示すが、最終的には初期スピンモーメント方向に関係なく一定の厚さの磁壁を形成する。すなわち、最終結果として示す接合ワイヤー間の磁壁は、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく60nmの厚さを有する。

40

【0015】

図4の(A)及び(B)は、本発明の第2の実施形態によるナノ接合構造で接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

ここで、第1の接合ワイヤーは接合される接合領域を含む接合面が四分円形を有し、第2の接合ワイヤーは第1の接合ワイヤーと接合領域で接合し、第1の接合ワイヤーの四分円の接合面と原点对称する四分円形の接合面を有する。但し、ここでは、このような四分円が接合される部分が長方形の長さを有する。

50

【0016】

一側の接合ワイヤーの幅は150nmで、他側の接合ワイヤーの幅は125nmである。この場合、両側の接合ワイヤーの接触面の幅 y は2~15nm以下で、長さ x は3~20nmである。初期状態で、接合ワイヤーのスピンモーメント方向は相互に異なる。1000eの磁場を右側の接合ワイヤーにかけて t_1 (300ps)で流すと、右側の接合ワイヤーに磁壁が形成される。 t_2 (600ps)及び t_3 (1ns)では磁壁が接合ワイヤーの接合部分の方向に移動する。3~4ns後に最終結果として示す接合ワイヤー間の磁壁は、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく62nmの厚さを有する。

【0017】

すなわち、本発明による接合部形状を有する場合に、2ナノワイヤーの磁化が相互に反対方向になるように磁化反転されると、形状異方性によってナノ接合の両側の磁気モーメントは初期状態に関係なく常に反対方向になるように、ナノ接合の両側で磁気モーメントの方向を一定に制御するため、一定の厚さの磁壁を形成する。したがって、弾道磁気抵抗比が一定になり、それによって安定した弾道磁気抵抗素子の実現可能になる。

【0018】

図5の(A)及び(B)は、本発明の第1の実施形態と第2の実施形態によるナノ接合構造で接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁を形成した最終のナノ接合を示す図である。すなわち、図5で、(A)は図4に示した本発明の第1の実施形態で、接合部の長さが10nmである場合に第1のナノワイヤーと第2のナノワイヤーとの間に生じた磁壁を示し、(B)は本発明の第2の実施形態によるナノ接合構造で接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく第1のナノワイヤーと第2のナノワイヤーとの間に厚さが同一の磁壁を形成した最終のナノ接合を示す。

【0019】

図5の(B)に示す本発明の第2の実施形態によるナノ接合構造で、第1の接合ワイヤーは、接合される接合領域を含む接合面が一定の傾斜角をなす形態を有する。この構造で、第1の接合ワイヤーと上記の接合領域で接合する第2の接合ワイヤーは、第1の接合ワイヤーの接合面の傾斜角と対称である傾斜角をなす接合面を有する。

以上に、接合ワイヤーとしてNiFe(特に、Ni₈₁Fe₁₉)を使用する場合を説明したが、それ以外にCo又はNiのようにフェルミエネルギー(Fermi energy)でアップスピン(up spin)がダウンスピン(down spin)より多くの材料を使用することができる。

【0020】

以上、本発明の詳細な説明においては具体的な実施形態に関して説明したが、形式や細部についての様々な変更が可能であることは、当該技術分野における通常の知識を持つ者には明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】従来のナノ接合構造で接合部の長さが0である場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向により厚さが異なる磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

【図2】従来のナノ接合構造で接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向により厚さが異なる磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施形態によるナノ接合構造で、接合部の長さが0である場合に接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施形態によるナノ接合構造で、接合部の長さが10nmである場合に接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁を形成するナノ接合を示す図である。

【図5】本発明の第1及び第2の実施形態によるナノ接合構造で、接合部の長さが10nmである場合に、接合ワイヤーの初期スピンモーメント方向に関係なく厚さが同一の磁壁

10

20

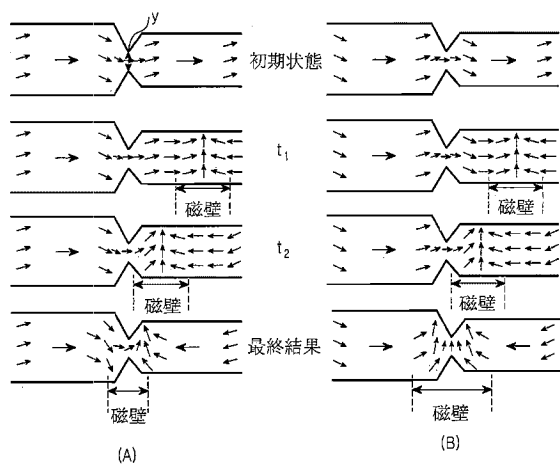
30

40

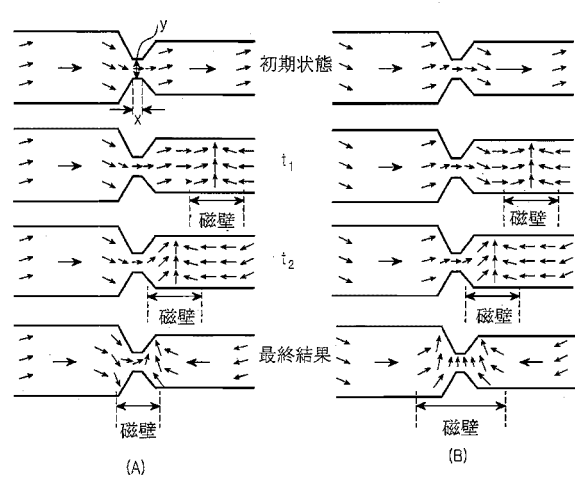
50

を形成する最終のナノ接合を示す図である。

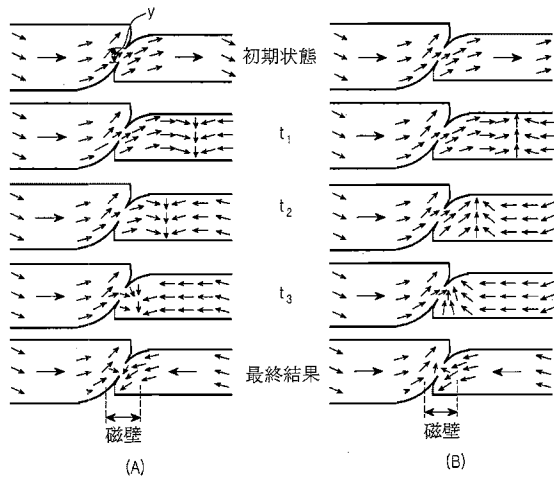
【図 1】



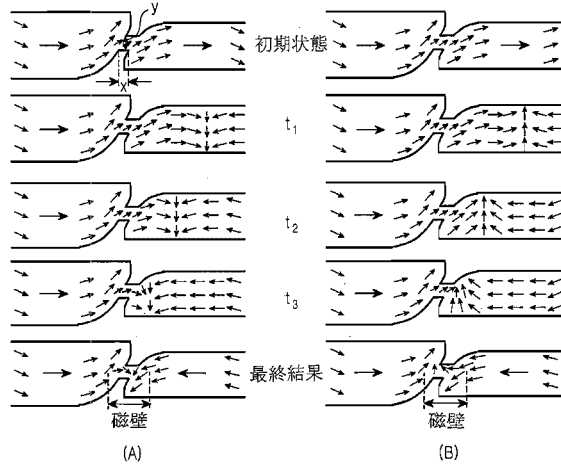
【図 2】



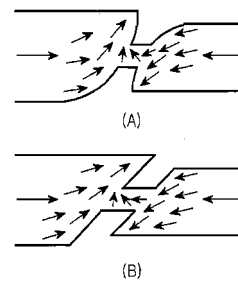
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 27/105 (2006.01) G 1 1 B 5/39
G 1 1 B 5/39 (2006.01) H 0 1 F 10/32
H 0 1 F 10/32 (2006.01) H 0 1 F 10/16
H 0 1 F 10/16 (2006.01)

(72)発明者 キム・セドン
 大韓民国, キョンサンボク - ドウ, キンシュン - シ, ピョンワ - ドン 3 4 1 - 1 6 1 4 / 3
 (72)発明者 チョン・ビョンスン
 大韓民国, ソウル, クァナク - ク, ボンチョン・9 - ドン 6 2 2 - 1 1 8 6 / 5

審査官 三浦 尊裕

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 1 9 5 2 5 0 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 0 3 9 2 2 8 (J P , A)
 国際公開第 2 0 0 6 / 0 4 6 5 9 1 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 0 7 / 0 1 5 4 7 5 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 7 - 1 2 3 8 3 8 (J P , A)
 Takashi Komine, Tomohiro Takahashi, Ryuji Sugita, Tetsuo Muranoi, Yasuhiro Hasegawa, "Micromagnetic calculation of the magnetization process in nanocontacts", Journal of Applied Physics, 米国, American Institute of Physics, 2 0 0 5 年 5 月 4 日, Vol.97, P. 10C508-1 - p.10C508-3
 Takashi Komine, Tomohiro Takahashi, Satoshi Ishii, Ryuji Sugita, Tetsuo Muranoi, Yasuhiro Hasegawa, "Micromagnetic Analysis of a Magnetic Domain Wall in 2-D and 3-D Nanocontacts", IEEE Transactions on Magnetics, 米国, IEEE, 2 0 0 5 年 1 0 月, Vol.41, No.10, p. 2586-p.2588

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 4 3 / 0 8
 G 1 1 B 5 / 3 9
 H 0 1 F 1 0 / 1 6
 H 0 1 F 1 0 / 3 2
 H 0 1 L 2 1 / 8 2 4 6
 H 0 1 L 2 7 / 1 0 5
 H 0 1 L 2 9 / 0 6
 H 0 1 L 2 9 / 6 6
 H 0 1 L 2 9 / 8 2