

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02014/073452

発行日 平成28年9月8日 (2016.9.8)

(43) 国際公開日 平成26年5月15日 (2014.5.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 29/82 (2006.01)	H01L 29/82	3C081
B81B 1/00 (2006.01)	B81B 1/00	5F092

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

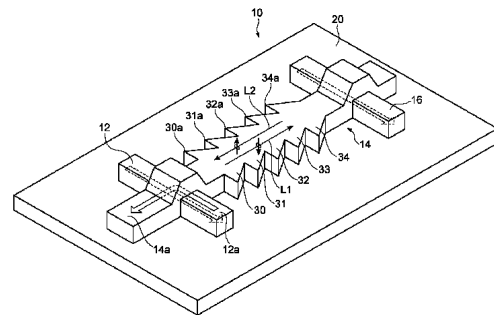
出願番号	特願2014-517923 (P2014-517923)	(71) 出願人	503360115 国立研究開発法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2013/079599	(71) 出願人	500116351 ユニヴァーシティー オブ ヨーク UNIVERSITY OF YORK イギリス, ワイオー10 5ディーデー ー ノース・ヨークシャー, ヨーク, ヘスリントン
(22) 国際出願日	平成25年10月31日 (2013.10.31)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(11) 特許番号	特許第5645181号 (P5645181)	(74) 代理人	100124291 弁理士 石田 悟
(45) 特許公報発行日	平成26年12月24日 (2014.12.24)	(74) 代理人	100161425 弁理士 大森 鉄平
(31) 優先権主張番号	特願2012-246581 (P2012-246581)		
(32) 優先日	平成24年11月8日 (2012.11.8)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ素子

(57) 【要約】

強磁性体からなるスピン注入子12と、強磁性体からなるスピン検出子16と、非磁性体からなるチャンネル部14と、を有するスピンバルブ素子10であって、スピン検出子16は、スピン注入子12から離間した位置に配置され、チャンネル部14は、スピン注入子12及びスピン検出子16に直接又は絶縁層を介して接続され、チャンネル部14には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部30~34が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

強磁性体からなるスピン注入子と、
強磁性体からなるスピン検出子と、
非磁性体からなるチャンネル部と、
を有するスピバルブ素子であって、

前記スピン検出子は、前記スピン注入子から離間した位置に配置され、

前記チャンネル部は、前記スピン注入子及び前記スピン検出子に直接又は絶縁層を介して接続され、前記チャンネル部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が形成されているスピバルブ素子。

10

【請求項 2】

前記スピン拡散部は、前記スピン注入子から前記スピン検出子へ向かう第 1 方向の経路のスピン抵抗が、前記スピン検出子から前記スピン注入子へ向かう第 2 方向の経路のスピン抵抗よりも小さくなるように形成されている請求項 1 のスピバルブ素子。

【請求項 3】

前記スピン拡散部は、前記断面積が最大となる先端部を有し、

前記スピン流に直交する方向の前記スピン拡散部の断面積の変化率は、前記スピン注入子側から前記先端部へ向かう場合の方が、前記先端部から前記スピン検出子側へ向かう場合に比べて小さい請求項 1 又は 2 に記載のスピバルブ素子。

20

【請求項 4】

前記スピン注入子、前記スピン検出子及び前記チャンネル部は、基板上に形成されており、

前記スピン注入子及び前記スピン検出子が基板の主面と平行な方向に互いに離間して配置される請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のスピバルブ素子。

【請求項 5】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記断面積が最大となる先端部を通り、前記スピン流に直交する方向に伸びる線を基準として非対称に形成されている請求項 4 に記載のスピバルブ素子。

【請求項 6】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記チャンネル部の軸線を基準として対称に形成されている請求項 5 に記載のスピバルブ素子。

30

【請求項 7】

前記チャンネル部には、前記スピン拡散部が複数形成されている請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載のスピバルブ素子。

【請求項 8】

非局所的手法を用いて電圧を検出する請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載のスピバルブ素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スピバルブ素子に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

従来、スピエレクトロニクス分野では、電子のスピン状態を利用したスピバルブ素子が用いられている（例えば、特許文献 1 参照。）。このスピバルブ素子は、強磁性体からなるスピン注入子及びスピン検出子と、スピン注入子及びスピン検出子を橋渡しした非磁性体からなるチャンネル部を備えており、いわゆる非局所的手法により、スピン注入子とスピン検出子との間のチャンネル部に電荷の流れを伴わないスピン流を発生させ、スピン検出子とチャンネル部との界面に発生するスピン蓄積電圧を検出する。また、スピバルブ素子において、スピン流すなわち電子の角運動量の流れは、スピン注入子からの距離と

50

スピンの拡散長とに依存して指数関数的に減衰することが知られている（例えば、特許文献2参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-151307号公報

【特許文献2】特開2009-158554号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

スピンバルブ素子を設計するにあたっては、上記スピン流の減衰を考慮してスピン注入子とスピン検出子との間の長さを設定する必要がある。すなわち、スピン注入子とスピン検出子との間の長さは減衰後のスピン流が検出可能である長さでなければならないという一定の制約があるため、スピン注入子及びスピン検出子の配置の自由度に制限があるとともに、上記制約を満たすことができる加工技術が要求される。このため、本技術分野ではスピン流の減衰を抑制することができるスピンバルブ素子が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一側面に係るスピンバルブ素子は、強磁性体からなるスピン注入子と、強磁性体からなるスピン検出子と、非磁性体からなるチャンネル部と、を有するスピンバルブ素子であって、スピン検出子は、スピン注入子から離間した位置に配置され、チャンネル部は、スピン注入子及びスピン検出子に直接又は絶縁層を介して接続され、チャンネル部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が形成されている。

【0006】

このように構成することで、強磁性体からなるスピン注入子と非磁性体からなるチャンネル部とに電流又は電圧を印加すると、チャンネル部にスピン検出子へ向けてスピン流が生じる。チャンネル部の一部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が形成されているため、チャンネル部に発生したスピン流は、スピン拡散部にてスピン流に直交する方向に拡散させられる。このように、スピン拡散部の形状によってスピン流の拡散を制御することができるため、例えば、スピン拡散部の形状を、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の方が、スピン検出子からスピン注入子へ向かうスピン流よりも流れやすい形状とすることが可能となる。すなわち、スピン拡散部の形状を制御することによって、所望の方向のスピン流の減衰を抑制することができる。よって、スピン流の減衰が抑制されることから、スピン注入子とスピン検出子との間を拡大させることができるため、設計の自由度が向上する。

【0007】

一実施形態では、スピン拡散部は、スピン注入子からスピン検出子へ向かう第1方向の経路のスピン抵抗が、スピン検出子からスピン注入子へ向かう第2方向の経路のスピン抵抗よりも小さくなるように形成されていてもよい。

【0008】

このように構成することで、第1方向の経路のスピン抵抗は第2方向の経路のスピン抵抗より低くなる。このため、チャンネル部を第1方向へ流入するスピン流の拡散と、第2方向へ流入するスピン流の拡散とに差が生じるため、例えば第1方向のスピン流の減衰を抑制することができる。

【0009】

一実施形態では、スピン拡散部は、断面積が最大となる先端部を有し、スピン流に直交する方向のスピン拡散部の断面積の変化率は、スピン注入子側から先端部へ向かう場合の方が、先端部からスピン検出子側へ向かう場合に比べて大きくされていてもよい。

【0010】

このように構成することで、スピン注入子側から拡散部の断面積が最大となる先端部ま

10

20

30

40

50

で流れるスピン流の拡散の程度と、先端部からスピン検出子側へ流れるスピン流の拡散の程度とが同一とならず、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の流れやすくすることができる。よって、スピン流の減衰を抑制することが可能となる。

【0011】

一実施形態では、スピン注入子、スピン検出子及びチャンネル部は、基板上に形成されており、スピン注入子及びスピン検出子が基板の主面と平行な方向に互いに離間して配置されている。このように、いわゆる面内スピンバルブ構造において、スピン流の減衰を抑制することができる。

【0012】

一実施形態では、スピン拡散部は、基板の上面からみて、前記断面積が最大となる先端部を通り、スピン流に直交する方向に伸びる線を基準として非対称に形成されている。このように、先端部を通る線を基準としてスピン拡散部を非対称とすることで、スピン注入子からスピン検出子へ流れるスピン流の拡散の程度と、スピン検出子からスピン注入子へ流れるスピン流の拡散の程度とが同一とならず、例えばスピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の流れやすくすることができるため、スピン流の減衰を抑制することが可能となる。

10

【0013】

一実施形態では、スピン拡散部は、基板の上面からみて、チャンネル部の軸線を基準として対称に形成されている。スピン流はチャンネル部の軸線方向に沿って発生する。上記構成とすることで、スピン流の伝搬が軸線方向を基準に対称となるため、軸線方向へのスピン流の流れやすくすることができる。

20

【0014】

一実施形態では、チャンネル部には、スピン拡散部が複数形成されている。このように構成することで、より効率的にスピンを拡散することができる。

【0015】

一実施形態では、非局所的手法を用いて電圧を検出してもよい。このように構成することで、電荷の流れを伴わないスピン偏極電子の流れやすさを制御することができる。

【発明の効果】

【0016】

以上説明したように、本発明の一側面及び実施形態によれば、スピン流の減衰を抑制することができるスピンバルブ素子を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係るスピンバルブ素子の斜視図である。

【図2】一実施形態に係るスピンバルブ素子の上面図である。

【図3】スピン拡散部の変形例を示す概要図である。

【図4】シミュレーションにおけるスピンバルブ素子と注入されるスピンの関係を示す概要図である。

【図5】シミュレーションにおいて用いたモデルを示す概要図である。

【図6】スピン流が伝搬するシミュレーション結果を示す概要図である。

40

【図7】スピン流が伝搬するシミュレーション結果を示す概要図である。

【図8】スピン流の電流密度のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図9】スピン拡散部の先端部の大きさと、スピン流の電流密度の変化との関係をあらわすシミュレーション結果のグラフである。

【図10】スピン拡散部の断面積の大きさと、スピン流の電流密度の変化との関係をあらわすシミュレーション結果のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照して本発明の一実施形態について具体的に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面

50

の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0019】

一実施形態に係るスピバルブ素子は、例えばいわゆる面内スピバルブ構造を有する素子として好適に採用されるものである。図1は、一実施形態に係るスピバルブ素子10の斜視図である。図2は本実施形態に係るスピバルブ素子10の上面図である。

【0020】

図1及び図2に示すように、スピバルブ素子10は、基板20上に形成された、スピン注入子12、チャンネル部14及びスピン検出子16を備えている。基板20は、例えばSi, GaAs, MgO基板などの半導体や絶縁体基板が用いられる。スピン注入子12、チャンネル部14及びスピン検出子16は、チャンネル部14がスピン注入子12及びスピン検出子16を橋渡しするようにスピン注入子12及びスピン検出子16に接続された面内スピバルブ構造を形成している。

10

【0021】

スピン注入子12は、チャンネル部14へスピンを注入する端子であり、例えば線形部材である。スピン注入子12は、その軸線方向が面内方向（基板面に平行な方向）と一致するように基板20上に配置されている。スピン注入子12は、所定方向に磁化された強磁性体からなり、例えばFe、NiFe等により形成される。図1に示すスピン注入子12中の破線矢印は、スピン注入子12の磁化方向をあらわしている。スピン注入子12の線幅は、例えば10 μ m以下とされる。また、スピン注入子12の線幅は、例えば、0.1 μ m以上であってもよい。スピン注入子12及びチャンネル部14は、互いに接触（直接的に接合）している。スピン注入子12の一端部には、電流又は電圧印加用の端子部12aが形成されていてもよい。なお、スピン注入子12は、チャンネル部14上に配置されていてもよい。また、スピン注入子12とチャンネル部14とは、絶縁層を介して接合していてもよい。

20

【0022】

スピン検出子16は、チャンネル部14からスピンを検出する端子であり、例えば線形部材である。スピン検出子16は、基板20上であって、基板20の主面と平行な方向にスピン注入子12と離間して配置されている。スピン検出子16は、その軸線方向が面内方向と一致するように基板20上に配置されている。スピン検出子16は、所定方向に磁化された強磁性体からなり、例えばFe、NiFe等により形成される。磁化方向は、スピン注入子12の磁化方向と平行又は反平行とされる。図1に示すスピン検出子16中の破線矢印は、スピン検出子16の磁化方向をあらわしており、例えば、スピン注入子12の磁化方向と平行な磁化方向をあらわしている。スピン検出子16の線幅は、例えば10 μ m以下とされる。また、スピン検出子16の線幅は、例えば、0.1 μ m以上であってもよい。スピン検出子16及びチャンネル部14は、互いに接触（直接的に接合）している。なお、スピン検出子16は、チャンネル部14上に配置されていてもよい。また、スピン検出子16とチャンネル部14とは、絶縁層を介して接合していてもよい。

30

【0023】

チャンネル部14は、線形部材であって、その軸線L1の方向が面内方向と一致するように配置されている。チャンネル部14は、スピン注入子12及びスピン検出子16に直接又は絶縁層を介して接続されている。スピン注入子12及びスピン検出子16の接合位置は、チャンネル部14の両端部から離間した位置とされている。チャンネル部14は、非磁性体からなり、例えばSiもしくはヒ化ガリウム（GaAs）などの半導体材料、又は、AgもしくはCu等の非磁性金属により形成される。チャンネル部14の一端部（両端部のうちスピン注入子12に近い端部）には、電流又は電圧印加用の端子部14aが形成されている。チャンネル部14は、例えば基板20上に積層させた半導体層をメサ状に加工することによって形成されていてもよい。チャンネル部14の線幅は、例えば10 μ m以下とされる。また、チャンネル部14の線幅は、例えば、0.1 μ m以上であってもよい。

40

【0024】

チャンネル部14の一部には、チャンネル部14に発生するスピン流を制御するためのスピ

50

ン拡散部が形成されている。ここでは、一例として、チャンネル部 14 に 5 つのスピンド拡散部 30 ~ 34 が形成されている。具体的には、スピンド拡散部 30 ~ 34 は、スピンド注入子 12 の接合位置とスピンド検出子 16 の接合位置との間に形成されている。スピンド拡散部 30 ~ 34 は、チャンネル部 14 に発生するスピンド流において、スピンド注入子 12 からスピンド検出子 16 へ向かう第 1 方向 L1 の経路のスピンド抵抗が、スピンド検出子 16 からスピンド注入子 12 へ向かう第 2 方向 L2 の経路のスピンド抵抗よりも小さくなる形状で形成されている。

【0025】

各スピンド拡散部 30 ~ 34 は、ここでは同一の形状を有しているため、スピンド拡散部 30 を例にして説明する。スピンド拡散部 30 は、スピンド注入子 12 と接する接合部からスピンド検出子 16 と接する接合部へ流れるスピンド流に直交する方向のチャンネル部 14 の断面積を他の箇所のチャンネル部 14 の断面積よりも拡大させることで形成されている。例えば、スピンド拡散部 30 は、チャンネル部 14 の軸線 M1 を基準としてチャンネル部 14 の断面積を幅方向に対称に拡大させることで形成されている。スピンド拡散部 30 の幅方向の形状を対称とすることで、スピンド流の伝搬が軸線方向を基準に対称となるため、第 1 方向 L1 又は第 2 方向 L2 へのスピンド流に与える影響を少なくしつつ、幅方向へのスピンド流に影響を与えることができる形状とすることができる。また、スピンド拡散部 30 は、例えばスピンド流に直交する方向の断面積が最大となる先端部 30a を有している。そして、スピンド拡散部 30 は、基板 20 の上面からみて、先端部 30a を通り、スピンド流に直交する方向に伸びる線 M2 を基準として非対称に形成されている。例えば、スピンド拡散部 30 は、スピンド注入子 12 側から先端部 30a へ向かう場合の断面積の変化率の方が、先端部 30a からスピンド検出子 16 側へ向かう場合の断面積の変化率に比べて大きくなるような形状とされる。例えば、チャンネル部 14 の両側部が幅方向外側へ拡大されており、該拡大された部分が基板 20 の上面からみて先端部 30a を頂点とした直角三角形とされている。スピンド拡散部 30 のスピンド流に沿った方向の長さが、スピンド拡散部が形成されていないチャンネル部 14 の部分のスピンド流に直交する方向の長さの 3 倍のとき、上記断面積は、スピンド拡散部が形成されていないチャンネル部 14 の部分のスピンド流に直交する方向の断面積の 1.2 倍から 3.0 倍に形成されていてもよい。なお、先端部 30a は、スピンド拡散部 31 ~ 34 の先端部 31a ~ 34a に対応している。

【0026】

上記構成を有するスピンドバルブ素子 10 は、以下のように動作する。ここでは、以下に示す非局所的手法によって電圧を検出する。非局所的手法は、電流の流れている部分に生じる電圧を測定する局所的手法と異なり、電流の流れていない部分にスピンドの拡散伝導を生じさせスピンド分極によって発生する電位差を測定する手法である。

【0027】

まず、図 1 に示すように、スピンド注入子 12 の端子部 12a とチャンネル部 14 の端子部 14a との間に電流が印加される（図 1 中白矢印）。これにより、スピンド注入子 12 の磁化方向と反平行となるスピンドがチャンネル部 14 へ注入される。チャンネル部 14 に注入されたスピンドは、チャンネル部 14 の両端部へ伝搬する。すなわち、スピンド注入子 12 とスピンド検出子 16 との間においては、第 1 方向 L1 へスピンドが伝搬する。このとき、第 1 方向 L1 へ伝搬するスピンドを打ち消す方向（第 2 方向 L2）に、第 1 方向 L1 へ伝搬するスピンドとは反平行のスピンドが流れる。即ち、例えば、図 1 に示すように、第 1 方向 L1 へ上向きスピンドが伝搬した場合、第 2 方向 L2 に下向きスピンドが流れる。このため、スピンド注入子 12 とスピンド検出子 16 との間においては、電荷の流れは存在しないが、第 1 方向 L1 へのスピンド流と、第 2 方向へのスピンド流が生じる。言い換えれば、スピンド注入子 12 とスピンド検出子 16 との間には、電荷の流れを伴わないスピンド流が発生する。

【0028】

ここで、対比のために従来のスピンドバルブ素子のチャンネル部に発生するスピンド流を概説する。従来のスピンドバルブ素子では、第 1 方向 L1 へのスピンド流と、第 2 方向 L2 へのスピンド流とは同一の伝搬の速度で流れ、両者はスピンドが伝搬する距離に応じて指数関数的に

減少する。上向きスピンの逆方向への移動は下向きスピンの順方向への移動とみなすことができるため、第1方向L1へのスピン流と第2方向L2へのスピン流との差で表される、トータルのスピン流としても、伝搬する距離に応じて指数関数的に減少する。

【0029】

これに対して、チャンネル部14を伝搬するスピンは、第1方向及び第2方向に伝搬するだけでなく、スピン拡散部30によって幅方向へ拡散させられる。スピン拡散部30の形状は、第1方向L1へのスピン流の拡散の度合いと、第2方向L2へのスピン流の拡散の度合いが異なるように形成されている。ここでは、第1方向L1へのスピン流の拡散の度合いの方が、第2方向L2へのスピン流の拡散の度合いよりも大きくされている。すなわち、第1方向L1のスピン抵抗が第2方向L2のスピン抵抗よりも小さくされている。このため、第2方向L2へのスピン流は、スピン拡散部30を設けない場合に比べて伝搬しにくくなり、他方、第1方向へのスピン流は、スピン拡散部30を設けない場合に比べて伝搬しやすくなる。すなわち、第1方向へのスピン流の減衰が抑制される。このため、本実施形態に係るスピバルブ素子10では、第1方向L1へのスピン流と、第2方向L2へのスピン流とはスピンの伝搬する距離に応じて指数関数的に減少するものの、第1方向L1へのスピン流の減衰が抑制されていることから、第1方向L1へのスピン流の方が第2方向L2へのスピン流よりも相対的にスピン拡散長が長くなる。よって、トータルのスピン流としても減衰が抑制され、結果としてスピン流が増大する。

10

【0030】

以上、本実施形態に係るスピバルブ素子10によれば、チャンネル部14の一部にスピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部30が形成されており、該スピン拡散部30の形状は、スピン注入子12からスピン検出子16へ向かう第1方向L1のスピン流の方が、スピン検出子16からスピン注入子12へ向かう第2方向L2のスピン流よりも流れやすい形状とされているため、第1方向L1のスピン流の減衰を抑制することができる。よって、チャンネル部14の全体のスピン流の減衰が抑制されることから、結果としてスピン流を増大することが可能となる。このため、スピン注入子とスピン検出子との間を拡大させることができるため、設計の自由度が向上する。また、スピン拡散長の制御をチャンネル部の材料によって制御するのではなく、形状によって制御することができるため、材料に捕らわれない素子設計が可能となる。また、基板20上に積層・エッチング等を行うことによりスピバルブ素子10を製造することができるため、従来の半導体技術で容易に製造可能である。

20

30

【0031】

上述した実施形態は、本発明に係るスピバルブ素子の一例を示すものである。本発明に係るスピバルブ素子は、実施形態に係るスピバルブ素子10に限られるものではなく、変形し、又は他のものに適用したものであってもよい。

【0032】

例えば、上述した実施形態では、スピン拡散部30の形状として、チャンネル部14の両側部が幅方向外側へ拡大され、該拡大された部分が基板20の上面からみて先端部30aを頂点とした直角三角形形状(ラチェット形状)となる例を説明したが、先端部30aを通る線M2を基準として非対象であれば、他の形状であってもよい。例えば、鋭角三角形や、鈍角三角形であってもよい(図3の(A)参照)。また、面内方向に限られず三次元的に非対称な形状を有していても良い。

40

【0033】

また、上述した実施形態では、スピン拡散部30の形状として、チャンネル部14の軸線を基準として対称である例を説明したが、チャンネル部14の軸線を基準として非対称であってもよい。例えば、図3の(B)に示すように、チャンネル部14の両側部のうち一方の側部のみが幅方向外側へ拡大されていてもよい。

【0034】

また、上述した実施形態では、スピン拡散部30~34が1つのスピン拡散部を構成している例を説明したが、図3の(C)に示すようにスピン拡散部30のみであってもよい

50

し、5つ以外の複数のスピン拡散部30を有していてもよい。チャンネル部14は、両側部のうち一方の側部にスピン拡散部30を1つ以上有していてもよい。

【0035】

また、上述した実施形態では、スピン拡散部30～34は同一の形状を有する例を説明したが、図3の(D)、(E)に示すように同一でなくてもよい。例えば、図3の(D)に示すように、スピン拡散部30～34は、基板20の上面からみて、先端部30aを頂点とする三角形が小さくなる傾向にあることを特徴としてもよい。また、例えば、図3の(E)に示すように、スピン拡散部30～34は、基板20の上面からみて、先端部30aを頂点とする三角形が大きくなる傾向にあることを特徴としてもよい。

【0036】

また、スピンバルブ素子10の各構成部材の大きさは、特に限定されず、マイクロオーダーの部材であってもよいし、ナノオーダーの部材であってもよい。

【0037】

さらに、上述した実施形態では、面内スピンバルブ構造を有するスピンバルブ素子10を例に説明したが、例えば積層方向にスピン注入子及びスピン検出子がチャンネル部を挟んだ構造であってもよい。

【実施例】

【0038】

以下図4から図7を用いて、上記効果を説明すべく本発明者が実施した実施例及び比較例について述べる。

【0039】

(減衰抑止効果の確認)

(実施例1)

まず、図4の(A)及び図5の(A)に示すモデル140を用いてシミュレーションを行った。モデル140によりスピンバルブ素子10のチャンネル部14を数値的に再現し、注入したスピンの拡散について有限要素法により計算した。なお、シミュレーションにおいては、スピンの拡散を電子の拡散と置き換え、電流密度を計算した。

【0040】

モデル140の一端Ipは印加点とし、印加点Ipから下向きスピンSdを注入した。モデル140は、図中左から右へ発生する下向きスピンSdのスピン流をシミュレーションするためのモデルである。長手軸方向の長さLを2500nmとし、長手軸方向と垂直な方向の幅Wを100nmとし、厚さを1nmとした。印加点Ipからスピン拡散部300が形成される距離liは100nmとした。各スピン拡散部300から340の幅bは100nmとし、高さhは50nmとした。印加点Ipからスピン検出子側に最も遠いスピン拡散部の端点b0から測定点Mpまでの距離lmを50nmとした。また材料は銅を仮定し、スピンの緩和の時定数を12psとした。

【0041】

上記モデル140において、印加点Ipから、下向きスピンSdを注入した。結果を図6に示す。図6では、スピン流の変化を図6の(a)から(e)で時系列に示している。図6に示すように、下向きスピンSdは時間の経過に従い図中左から右へ伝搬するとともにスピン拡散部にて幅方向へ拡散することが確認された。そして、測定点Mpで下向きスピンSdの個数を計算し、電流密度を求めた。

【0042】

次に、図4の(B)及び図5の(B)に示すモデル142を用いてシミュレーションを行った。モデル142は、図中右から左へ発生する上向きスピンSuのスピン流をシミュレーションするためのモデルであり、モデル140と比較して、スピンの印加点Ipと、測定点Mpとが反対となっている点が相違する。なお、モデル140のスピン拡散部の形成位置とモデル142のスピン拡散部の形成位置とが異なっているが、これは測定点Mp以降の経路においてスピン流の反射等が起こることによるノイズを無くするためのものであり、実質的な差異ではない。モデル142を用いて、スピンバルブ素子10のチャンネル部

10

20

30

40

50

14に対して、スピンの印加点 I_p と、測定点 M_p とが反対側に配置した構造を数値的に再現した。

【0043】

上記モデル142において、印加点 I_p から、上向きスピン S_u を注入した。結果を図7に示す。図7では、スピン流の変化を図7の(a)から(e)で時系列に示している。図7に示すように、上向きスピン S_u は時間の経過に従い図中右から左へ伝搬するとともにスピン拡散部にて幅方向へ拡散することが確認された。さらに、その拡散の程度は、モデル140でシミュレーションした場合と異なることが確認された。すなわち、上記実施形態で説明したスピン拡散部を備えることで、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流と、スピン検出子からスピン注入子へ向かうスピン流との拡散の程度に変化を付けることができることが確認された。そして、測定点 M_p で上向きスピン S_u の個数を計算し、電流密度を求めた。

10

【0044】

(比較例1)

高さ h が0である点以外は、実施例と同一のシミュレーションを行った。

【0045】

以上より、実施例1のシミュレーション結果及び比較例1のシミュレーション結果を得た。評価は、測定点 M_p で計測した上向きスピンと下向きスピンの個数との差から電流密度の値とした。図8に結果を示す。

20

【0046】

図8において、実施例1のシミュレーション結果を示した。図8により、実施例1と比較例1の電流密度の時間変化をあらわした。図8の縦軸は、下向きスピン S_d の個数から上向きスピン S_u の個数を減算することで得られる電流密度の差を表した。図8の横軸は、シミュレーションにおける時間経過を示した。

【0047】

図8に示すように、実施例1の電流密度の差は、有限の値を示した。すなわち、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の伝搬と、スピン検出子からスピン注入子へ向かうスピン流の伝搬とに差が生じていることが確認された。さらに、比較例1の電流密度の差は0であった。このことから、拡散部の形状を制御することで、スピン流の減衰を抑制することが可能であることが確認された。

30

【0048】

(拡散部の最適値の検証)

(実施例2)

幅 b が300nm、高さ h が、10nm、20nm、30nm、40nm、50nm、60nm、70nm、75nm、80nm、90nm、及び100nmである点以外は、実施例1と同一のシミュレーションを行った。

【0049】

以上より、実施例2のシミュレーション結果を得た。評価は、測定点 M_p で計測した上向きスピンと下向きスピンの個数との差から電流密度の値とした。図9に結果を示す。

40

【0050】

図9において、実施例2のシミュレーション結果を示した。図9により、実施例2の電流密度の時間変化をあらわした。図9の縦軸は、下向きスピン S_d の個数から上向きスピン S_u の個数を減算することで得られる電流密度の差を表した。図9の横軸は、シミュレーションにおける時間経過を示した。また、図9の挿入図は、時間が6.30ps付近における拡大図である。

【0051】

図9に示すように、実施例2における各高さ h の電流密度差は、有限の値を示した。このため、幅 b が幅 W の3倍のとき、スピン拡散部の断面積は、スピン拡散部が形成されていないチャンネル部の部分のスピン流に直交する方向の断面積の1.2倍から3.0倍に形成されていてもよい。即ち、スピン拡散部がチャンネル部の上面からみて先端部を頂点とし

50

た直角三角形状とした場合、直角三角形状のチャンネル部と平行な一辺の長さが、チャンネル部のスピン流に直交する方向の長さの3倍のとき、スピン拡散部の断面積を1.2~3.0倍になるように上記スピン拡散部を拡大してもよいことが確認された。

【0052】

(実施例3)

幅 b が 100 nm、150 nm、200 nm、250 nm、300 nm、350 nm、400 nm、450 nm、高さ h が、50 nm、60 nm、70 nm、75 nm、80 nm である点以外は、実施例1と同一のシミュレーションを行った。

【0053】

以上より、実施例3のシミュレーション結果を得た。評価は、測定点 M_p で計測した上向きスピンと下向きスピンの個数との差から電流密度の値とした。図10に結果を示す。

10

【0054】

図10において、実施例3のシミュレーション結果を示した。図10の各軸は、軸 b はスピン拡散部の幅を示し、軸 h はスピン拡散部の高さを示し、軸 $Energy\ Difference$ は、下向きスピン S_d の個数から上向きスピン S_u の個数を減算することで得られる電流密度の差を示した。

【0055】

図10は、各高さ h と幅 b において、電流密度の差が最大になる高さ h と幅 b の組み合わせを示した。またその時の電流密度の差の値を示した。このことから、スピン拡散部の高さや底辺の長さを変化させた場合、スピンの拡大領域がチャンネル部に存在することにより、上向きスピン及び下向きスピンの流れに有意な差が生じることが確認できた。

20

【産業上の利用可能性】

【0056】

スピンバルブ素子10は、産業上、以下のような利用可能性を有している。例えば、ナノスケールの回路における抵抗素子として、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) や、NEMS (Nano Electro Mechanical Systems) などの分野で利用することができる。またスピンバルブ素子10は、電子・電気分野、医療関係分野等の機器部品、素子として使用できる。

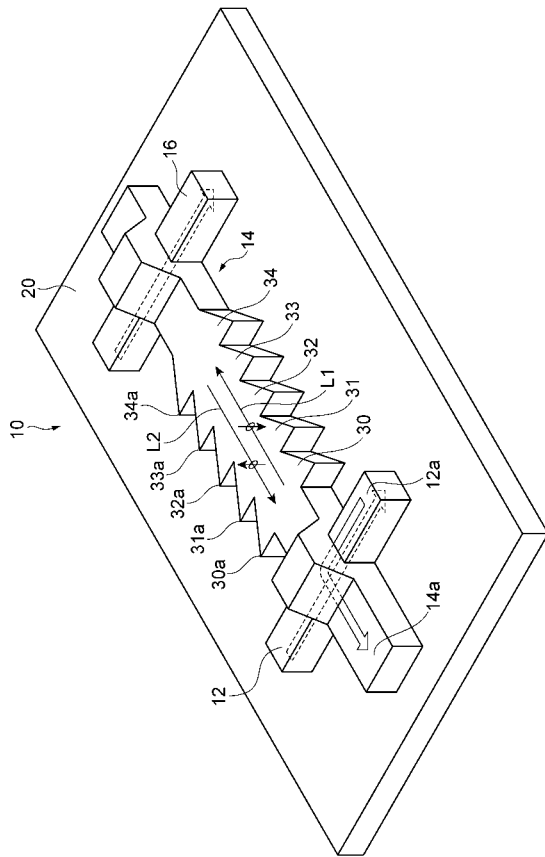
【符号の説明】

【0057】

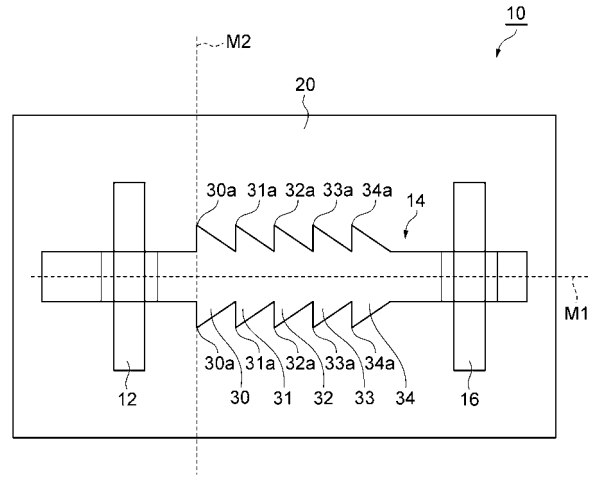
10 ... スピンバルブ素子、12 ... スピン注入子、12a ... 端子部、14 ... チャンネル部、14a ... 端子部、16 ... スピン検出子、20 ... 基板、30、31、32、33、34 ... スピン拡散部、30a、31a、32a、33a、34a ... 先端部、140、142 ... モデル、300、310、320、330、340、302、312、322、332、342 ... スピン拡散部、 S_u ... 上向きスピン、 S_d ... 下向きスピン。

30

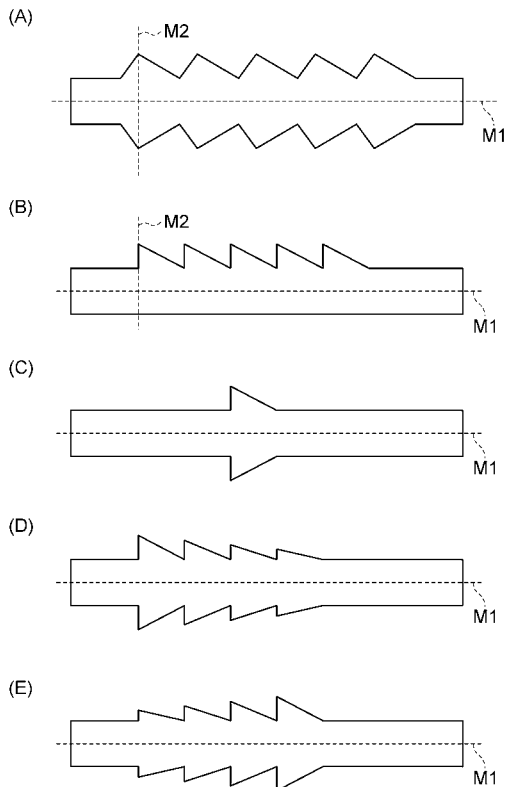
【 図 1 】



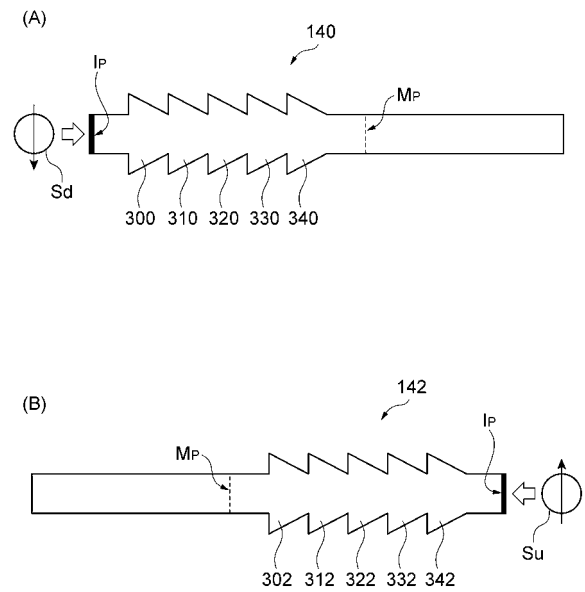
【 図 2 】



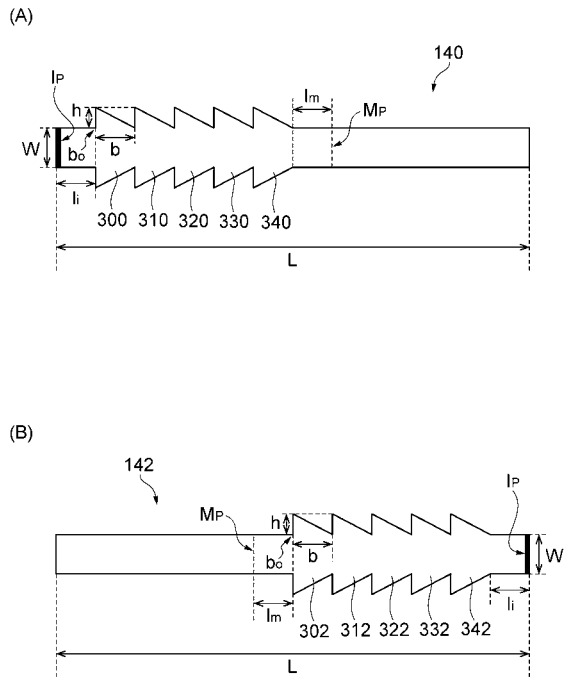
【 図 3 】



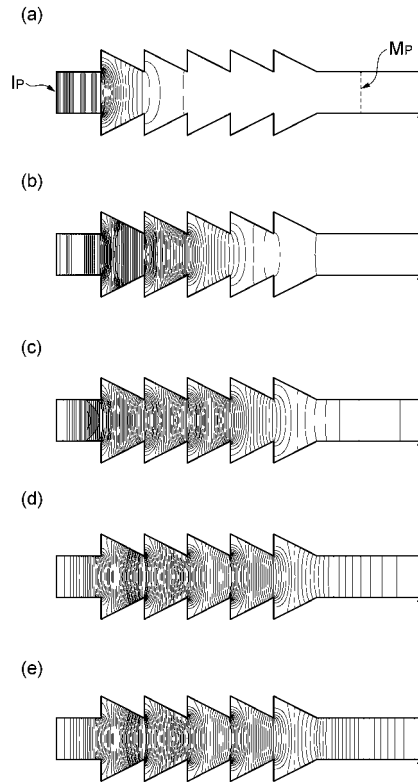
【 図 4 】



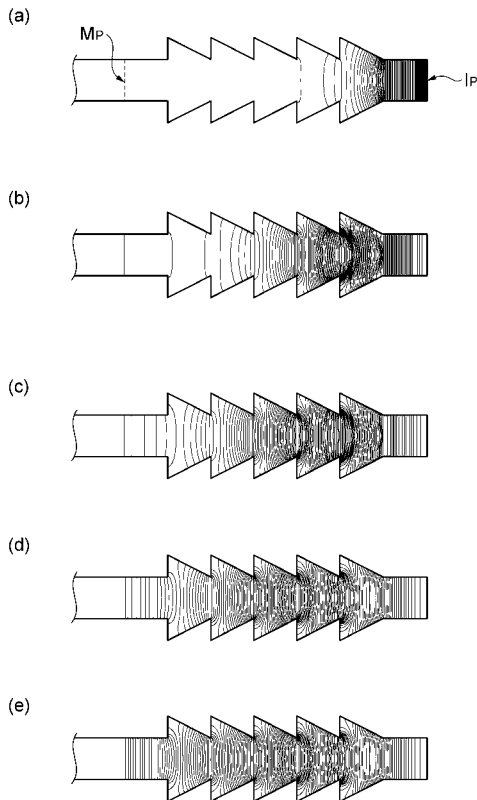
【 図 5 】



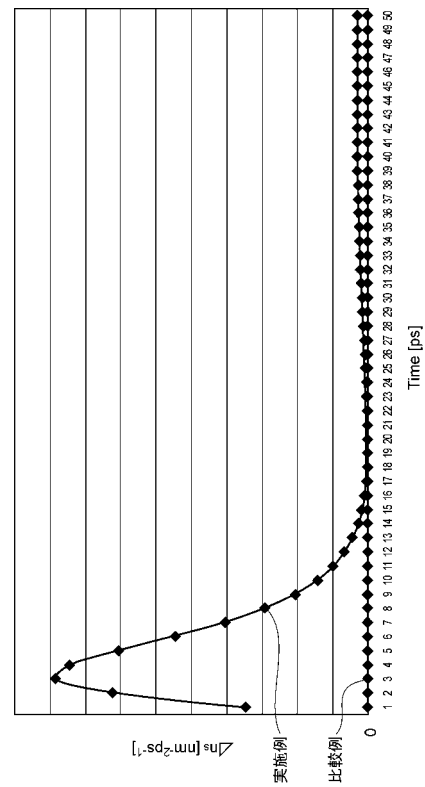
【 図 6 】



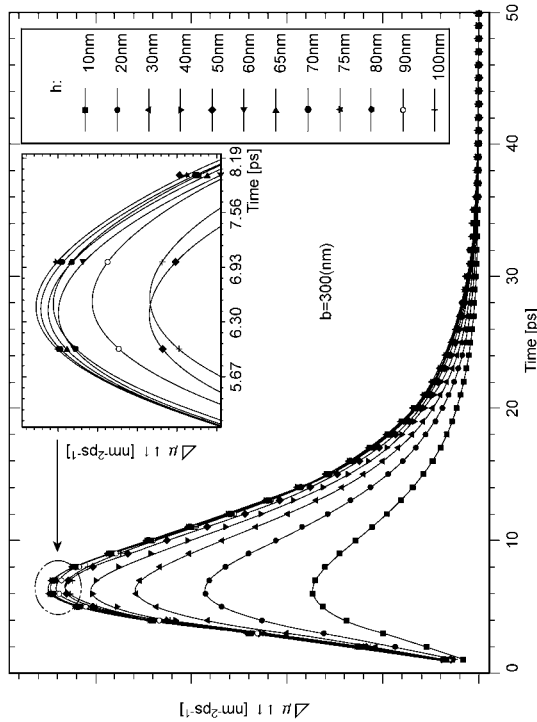
【 図 7 】



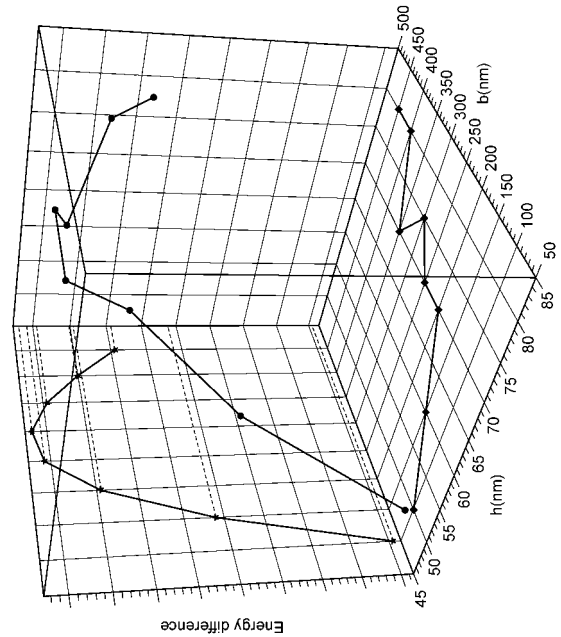
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成26年4月16日 (2014.4.16)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

強磁性体からなるスピン注入子と、
 強磁性体からなるスピン検出子と、
 非磁性体からなるチャンネル部と、
 を有するスピナルブ素子であって、

前記スピン検出子は、前記スピン注入子から離間した位置に配置され、

前記チャンネル部は、前記スピン注入子及び前記スピン検出子に直接又は絶縁層を介して
 接続され、前記チャンネル部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡
 散部が複数形成されているスピナルブ素子。

【 請求項 2 】

前記スピン拡散部は、前記スピン注入子から前記スピン検出子へ向かう第 1 方向の経路
 のスピン抵抗が、前記スピン検出子から前記スピン注入子へ向かう第 2 方向の経路のスピン
 抵抗よりも小さくなるように形成されている請求項 1 のスピナルブ素子。

【 請求項 3 】

前記スピン拡散部は、前記断面積が最大となる先端部を有し、

前記スピン流に直交する方向の前記スピン拡散部の断面積の変化率は、前記スピン注入
 子側から前記先端部へ向かう場合の方が、前記先端部から前記スピン検出子側へ向かう場

合に比べて小さい請求項 1 又は 2 に記載のスピンバルブ素子。

【請求項 4】

前記スピン注入子、前記スピン検出子及び前記チャンネル部は、基板上に形成されており、

前記スピン注入子及び前記スピン検出子が基板の主面と平行な方向に互いに離間して配置される請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のスピンバルブ素子。

【請求項 5】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記断面積が最大となる先端部を通り、前記スピン流に直交する方向に伸びる線を基準として非対称に形成されている請求項 4 に記載のスピンバルブ素子。

【請求項 6】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記チャンネル部の軸線を基準として対称に形成されている請求項 5 に記載のスピンバルブ素子。

【請求項 7】

非局所的手法を用いて電圧を検出する請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載のスピンバルブ素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

本発明の一側面に係るスピンバルブ素子は、強磁性体からなるスピン注入子と、強磁性体からなるスピン検出子と、非磁性体からなるチャンネル部と、を有するスピンバルブ素子であって、スピン検出子は、スピン注入子から離間した位置に配置され、チャンネル部は、スピン注入子及びスピン検出子に直接又は絶縁層を介して接続され、チャンネル部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が複数形成されている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

このように構成することで、強磁性体からなるスピン注入子と非磁性体からなるチャンネル部とに電流又は電圧を印加すると、チャンネル部にスピン検出子へ向けてスピン流が生じる。チャンネル部の一部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が形成されているため、チャンネル部に発生したスピン流は、スピン拡散部にてスピン流に直交する方向に拡散させられる。このように、スピン拡散部の形状によってスピン流の拡散を制御することができるため、例えば、スピン拡散部の形状を、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の方が、スピン検出子からスピン注入子へ向かうスピン流よりも流れやすい形状とすることが可能となる。すなわち、スピン拡散部の形状を制御することによって、所望の方向のスピン流の減衰を抑制することができる。よって、スピン流の減衰が抑制されることから、スピン注入子とスピン検出子との間を拡大させることができるため、設計の自由度が向上する。また、チャンネル部にスピン拡散部が複数形成されているため、より効率的にスピンを拡散することができる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正書】

【提出日】平成26年9月4日(2014.9.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

強磁性体からなるスピン注入子と、
強磁性体からなるスピン検出子と、
非磁性体からなるチャンネル部と、
を有するスピバルブ素子であって、

前記スピン検出子は、前記スピン注入子から離間した位置に配置され、

前記チャンネル部は、前記スピン注入子及び前記スピン検出子に直接又は絶縁層を介して接続され、前記チャンネル部には、前記スピン注入子の接合位置と前記スピン検出子の接合位置との間に、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が複数形成され、

前記スピン拡散部は、スピン注入子からスピン検出子へ向かう第1方向の経路のスピン抵抗が、スピン検出子からスピン注入子へ向かう第2方向の経路のスピン抵抗よりも小さくなるように形成されているスピバルブ素子。

【請求項2】

前記スピン拡散部は、前記断面積が最大となる先端部を有し、

前記スピン流に直交する方向の前記スピン拡散部の断面積の変化率は、前記スピン注入子側から前記先端部へ向かう場合の方が、前記先端部から前記スピン検出子側へ向かう場合に比べて小さい請求項1に記載のスピバルブ素子。

【請求項3】

前記スピン注入子、前記スピン検出子及び前記チャンネル部は、基板上に形成されており、

前記スピン注入子及び前記スピン検出子が基板の主面と平行な方向に互いに離間して配置される請求項1又は2に記載のスピバルブ素子。

【請求項4】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記断面積が最大となる先端部を通り、前記スピン流に直交する方向に伸びる線を基準として非対称に形成されている請求項3に記載のスピバルブ素子。

【請求項5】

前記スピン拡散部は、前記基板の上面からみて、前記チャンネル部の軸線を基準として対称に形成されている請求項4に記載のスピバルブ素子。

【請求項6】

非局所的手法を用いて電圧を検出する請求項1～5の何れか一項に記載のスピバルブ素子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

本発明の一側面に係るスピバルブ素子は、強磁性体からなるスピン注入子と、強磁性体からなるスピン検出子と、非磁性体からなるチャンネル部と、を有するスピバルブ素子であって、スピン検出子は、スピン注入子から離間した位置に配置され、チャンネル部は、

スピン注入子及びスピン検出子に直接又は絶縁層を介して接続され、チャンネル部には、スピン注入子の接合位置とスピン検出子の接合位置との間に、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が複数形成され、スピン拡散部は、スピン注入子からスピン検出子へ向かう第1方向の経路のスピン抵抗が、スピン検出子からスピン注入子へ向かう第2方向の経路のスピン抵抗よりも小さくなるように形成されている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

このように構成することで、強磁性体からなるスピン注入子と非磁性体からなるチャンネル部とに電流又は電圧を印加すると、チャンネル部にスピン検出子へ向けてスピン流が生じる。チャンネル部の一部には、スピン流に直交する方向の断面積が拡大されたスピン拡散部が形成されているため、チャンネル部に発生したスピン流は、スピン拡散部にてスピン流に直交する方向に拡散させられる。このように、スピン拡散部の形状によってスピン流の拡散を制御することができるため、例えば、スピン拡散部の形状を、スピン注入子からスピン検出子へ向かうスピン流の方が、スピン検出子からスピン注入子へ向かうスピン流よりも流れやすい形状とすることが可能となる。すなわち、スピン拡散部の形状を制御することによって、所望の方向のスピン流の減衰を抑制することができる。よって、スピン流の減衰が抑制されることから、スピン注入子とスピン検出子との間を拡大させることができるため、設計の自由度が向上する。また、チャンネル部にスピン拡散部が複数形成されているため、より効率的にスピンを拡散することができる。さらに、このように構成することで、第1方向の経路のスピン抵抗は第2方向の経路のスピン抵抗より低くなる。このため、チャンネル部を第1方向へ流入するスピン流の拡散と、第2方向へ流入するスピン流の拡散とに差が生じるため、例えば第1方向のスピン流の減衰を抑制することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】削除

【補正の内容】

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2013/079599
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L29/82(2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L29/82 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JSTchina/JST7580 (JDreamIII), Scopus		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2012-174323 A (TDK Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0014] to [0016], [0038] to [0053], [0084]; fig. 1 & US 2012/0211848 A1	1, 4, 5, 8 2, 3, 6, 7
A	JP 2012-49403 A (Riken, Japan), 08 March 2012 (08.03.2012), paragraphs [0045] to [0055]; fig. 6 & US 2013/0154633 A1 & WO 2012/026168 A	1-8
A	WO 2011/118374 A1 (NEC Corp.), 29 September 2011 (29.09.2011), fig. 6A & US 2013/0044787 A1 & EP 2551913 A1	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 January, 2014 (06.01.14)		Date of mailing of the international search report 14 January, 2014 (14.01.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 3 / 0 7 9 5 9 9									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L29/82(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L29/82											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2014年	日本国実用新案登録公報	1996-2014年	日本国登録実用新案公報	1994-2014年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2014年										
日本国実用新案登録公報	1996-2014年										
日本国登録実用新案公報	1994-2014年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用了用語) JSTPlus/JSTchina/JST7580(JDreamIII), Scopus											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
X A	JP 2012-174323 A (TDK株式会社) 2012.09.10, 段落【0014】 - 【0016】, 【0038】 - 【0053】, 【0084】, 図1 & US 2012/0211848 A1	1, 4, 5, 8 2, 3, 6, 7									
A	JP 2012-49403 A (独立行政法人理化学研究所) 2012.03.08, 段落【0045】 - 【0055】, 図6 & US 2013/0154633 A1 & WO 2012/026168 A	1-8									
A	WO 2011/118374 A1 (日本電気株式会社) 2011.09.29, 図6A & US 2013/0044787 A1 & EP 2551913 A1	1-8									
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献									
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの									
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの									
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 06.01.2014		国際調査報告の発送日 14.01.2014									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 佐久 聖子	5 F 3142								
		電話番号 03-3581-1101 内線	3516								

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 廣畑 貴文

埼玉県川口市本町4丁目1番8号 独立行政法人科学技術振興機構内

Fターム(参考) 3C081 BA05 BA22 EA21

5F092 AA15 AC21 AD25 BD03 BD13 BD14 BD15 BD19 GA03

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。