

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-194906

(P2009-194906A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03B 15/00 (2006.01)	H03B 15/00	5 F 0 9 2
B82B 3/00 (2006.01)	B82B 3/00	
H01L 43/08 (2006.01)	H01L 43/08 U	
	H01L 43/08 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2009-14714 (P2009-14714)	(71) 出願人	590000514
(22) 出願日	平成21年1月26日 (2009.1.26)		コミツサリア タ レネルジー アトミー
(31) 優先権主張番号	0850906		ク
(32) 優先日	平成20年2月13日 (2008.2.13)		フランス・75015・パリ・パティマン
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		・” ル・ポナン・デー” ・リュ・ルブラン
			・25
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

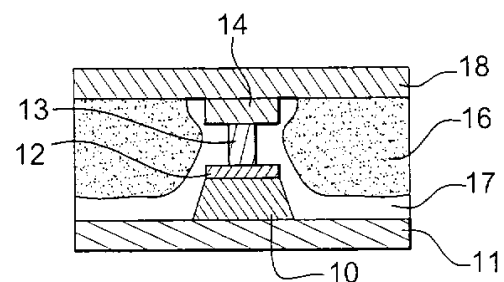
(54) 【発明の名称】 ラジオ周波数オシレータの構成に組み込まれるスピンバルブナノコンタクトを形成する方法

(57) 【要約】

【課題】 ラジオ周波数オシレータを構成するためのスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法を提供する。

【解決手段】 ラジオ周波数オシレータを構成するためのスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法であって、：バリアー層（12）として知られている金属層を堆積する段階；金属層（13）を堆積する段階；ハードマスク（14）を堆積する段階；金属層（13）の第1の選択的なエッチング段階にアセンブリをさらす段階であって、金属層（13）が、ハードマスク下においてオーバーエッチングされる段階；磁気スタック（10）及びバリアー層（12）の部分的な除去を生じることが可能な第2の選択的なエッチング段階に、アセンブリをさらす段階；アセンブリを誘電体（16、17）内にカプセル化する段階；アセンブリを、平坦化する段階；及び、導電性上部電極（18）を配置する段階によって構成される。

【選択図】 図3G



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下部電極（１１）上にスピバルブを構成する磁気スタックを堆積した後に、ラジオー周波数オシレータを構成するためのスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法であって、：

－前記磁気スタック（１０）上に、その後に存在するエッチング段階を停止することを目的とした“バリアー”層（１２）として知られている金属層を堆積する段階；

－前記“バリアー”層（１２）上に、厳密に言えば、その後にナノコンタクトのインジェクターを構成することを目的とした他の金属層（１３）を堆積する段階；

－前記金属層（１３）上に、局部的に、下部層のエッチングを限定することを目的としたハードマスク（１４）を堆積する段階；

－ハードマスク（１４）を通して、インジェクターを構成する金属層（１３）の第１の選択的なエッチング段階に、アセンブリをさらす段階であって、“バリアー”層（１２）が、前記エッチング段階を停止するために機能し、ナノコンタクトをその最終的な寸法にするために、前記金属層（１３）が、ハードマスク下においてこの段階の間オーバーエッチングされる段階；

－実質的に、ハードマスクの周辺上の磁気スタック（１０）及びバリアー層（１２）の部分的な除去を生じることが可能な第２の選択的なエッチング段階に、そのようにして得られたアセンブリをさらす段階；

－得られたアセンブリを誘電体（１６、１７）内にカプセル化する段階；

－そのようにして得られたカプセル化されたアセンブリを、ハードマスク（１４）又はインジェクター（１３）の残留層が垂直になるまで平坦化する段階；

－及び、最後に、導電性上部電極（１８）を配置する段階によって構成される、スピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 2】

エッチング“バリアー”層（１２）が、陰極スパッタリング又はイオン銃によって堆積されることを特徴とする請求項 1 に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 3】

エッチング“バリアー”層（１２）が、５から２０ナノメートルの厚さのアルミニウム層によって構成されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 4】

実際のインジェクターを構成するのに適した金属層（１３）が、陰極スパッタリング又はイオン銃によって堆積されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 5】

樹脂層（１５）が、ハードマスク（１４）を構成する層上に局部的に堆積され、そのようにして得られたアセンブリが、フォトリソグラフィ段階にさらされることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 6】

第１の選択的なエッチング段階が、反応性イオンエッチングによって実施されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 7】

第２の選択的なエッチング段階が、イオンビームによって実施されることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のスピバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項 8】

インジェクター（１３）を構成する金属が、タンタル、モリブデン、タングステン及びチタンを含む群から選択されることを特徴とする請求項１から７のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項９】

ハードマスクを構成することを目的とした層（１４）が、直流陰極スパッタリングによって堆積されることを特徴とする請求項１から８のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１０】

ハードマスクを構成する層（１４）が、クロム、アルミニウム、ルテニウム、シリカ（ SiO_2 ）及びアルミナ（ Al_2O_3 ）を含む群から選択された材料によって構成されることを特徴とする請求項１から９のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１１】

ハードマスクを構成する層（１４）が、１０から５０ナノメートルの間の厚さであることを特徴とする請求項１から１０のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１２】

インジェクターの直径が、エッチング段階の間における、インジェクターに対する SF_6 、 CHF_3 又は CF_4 タイプのフッ素化の化学反応によってサイジングされ、さらに、前記インジェクターの直径が、前記エッチングの時間によって調整されることを特徴とする請求項１から１１のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１３】

誘電体によるカプセル化段階が、
－原子層堆積による第１段階、
－及び、その後の、陰極スパッタリング又はイオン銃堆積による第２段階、
の２つの段階において実施されることを特徴とする請求項１から１２のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１４】

誘電体カプセル化材料が、アルミナ及びシリカを含む群から選択されることを特徴とする請求項１から１３のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１５】

磁気スタック（１０）が、：
－磁化が一定の方向である、“トラップ層”（１）として知られている第１磁気層、
－第２磁気層（２）、
－スペーサーとしての機能を目的とし、及び前記層を磁氣的に分離することを目的とした、前記２つの層の間に介在する非磁気層（３）、
を含むことを特徴とする請求項１から１４のいずれか一項に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１６】

第２磁気層（２）が、反強磁性層（６）が結合される単一層によって構成され、反強磁性層（６）が、スペーサーとして機能する非磁気層（３）と反対側の前記層（２）の面上に配置され、反強磁性層（６）を構成する材料が、次の合金： $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ 、 FeMn 及び PtMn を含む群から選択されることを特徴とする請求項１５に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【請求項１７】

ポライザとして機能するトラップ層として知られている第１磁気層（１）が、単一層によって構成され、トラッピングが、反強磁性層との結合によって確保され、反強磁性層が、特に、 IrMn 又は PtMn （４）から形成され、前記層（１）と非磁気層（３）と

10

20

30

40

50

の接触面の反対側のその面に付加されることを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載のスピンバルブ上にナノコンタクトを形成する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スピンバルブを使用するラジオー周波数オシレータの分野に属する。

【0002】

さらに、詳しくは、スピンバルブと接触し、及びそれを構成する磁気層の 1 つの磁気モーメントのオシレーションを生成するために、前記スピンバルブが励起電流にさらされることを可能にすることを目的した、金属インジェクターを含むナノコンタクト (nan

10

o - c o n t a c t s) の形成を目的とする。

【背景技術】

【0003】

ラジオー周波数オシレータは、通常、1 G H z から数十 G H z の間の高周波数レンジにおいて操作することを目的とする。

【0004】

ポータブル、携帯（セル方式の携帯無線）電話の開発から生じる、特に、電気通信に割り当てられた周波数バンドの飽和から生じる要求を満たすために、前記周波数バンドの静的割り当てを動的割り当てに換える提案がなされてきた。それらを使用することが可能となるように、この原理は、周波数スペクトルを解析し、周波数バンドの空きを特定する能力に基づいている。その結果、これは、オポチュニスティックラジオ (o p p o r t u n

20

i s t i c r a d i o) として知られている。

【0005】

しかしながら、周波数の動的割り当てについての原理を適応するために、それらを使用するデバイスに、極めて広いバンドのオシレータが提供されなければならない、さらに、位相ノイズに極めて有効でなければならない、従って、高品質な係数 $Q = f / \Delta f$ を有さなければならない。

【0006】

これらの要求を満たすのに適した 1 つの技術的解決法が、スピントロニクスを備えたラジオー周波数オシレータを使用することにある。この種のオシレータを用いることにより

30

、広い周波数バンドに、高品質な係数 Q 、及び容易な周波数調和性 (f r e q u e n c y

a c c o r d a b i l i t y) が備わり、比較的単純なアーキテクチャが使用される。

【0007】

新たな効果を生じるために、スピントロニクスが、付加的な自由度として電子スピンを利用する。電流のスピン偏極が、巨大磁気抵抗又はトンネル磁気抵抗のような、磁気多層における磁気抵抗現象を引き起こす。

【0008】

いずれの外部磁場も存在しない場合には、薄い磁気層を介して通り抜けたスピン偏極電流が、その磁化の反転を生じることが可能であることが示されている。また、スピン偏極電流が、オシレーションとも呼ばれる持続的な磁気励起を生成しうる。磁気抵抗デバイスにおいて持続的な磁気励起を生成する効果の使用により、この効果が、直接的に電子回路に使用されることが出来る電気抵抗変調 (e l e c t r i c r e s i s t a n c e

40

m o d u l a t i o n) に変換されることが可能になり、従って、結果として、直接的に周波数レベルにおいて介在することが可能になる。

【0009】

特許文献 1 では、上記の物理的な原理を使用する様々な開発が記載されており、特に、スピン偏極電流が流れる磁気層の磁化のプリセッション (p r e c e s s i o n) が記載されている。ラジオー周波数オシレータのようなものを構成することが出来る 2 つのタイプの磁気層のスタックが、図 1 及び 2 に示されている。これらのスタックが、2 つの入力電流の間に挿入され、2 つの端部層との接触部が、例えば銅又は金から形成される。

50

【0010】

“トラップ層”として知られているこのスタックの層1は、一定の方向に磁化される。これは、通常、5から100ナノメートルの厚さを有し、コバルト、例えば合金CoFe又はNiFeから形成された単一層であってよい。このトラップ層1が、単一物又は合成物質であってよい。これが、基本的に、ポラライザの機能を果たす。そのようなものとして、それらの平面に垂直な磁気抵抗デバイスを構成する層を通り抜け、ポラライザによって反射または伝送される電流電子が、それと結合されその磁化方向を固定することを目的とする反強磁性層4と接触する側と反対側の接触面において層1が有する磁化に平行なスピン方向に偏極される。

【0011】

さらに、この層1が、反強磁性層4を受け入れる面と反対側のその面で、スペーサーとして機能する他の層3を受け入れる。

【0012】

実際は、層3は、金属であり、通常、3から10ナノメートルの厚さの銅の層であり、又は、通常、0.5から1.5ナノメートルの厚さのアルミニウム酸化物タイプ、若しくは通常、0.5から3ナノメートルの厚さのマグネシウム酸化物の上質の絶縁層によって構成される。

【0013】

通常、層1よりも狭い層2が、スペーサー3の他の側面に配置される。この層2が、スペーサー3との層2との接触面の反対側のその面に付加される反強磁性層6と結合されてもよい。この層6が、例えば、Ir₈₀Mn₂₀のような合金、FeMn又はPtMnから構成される。

【0014】

有利に、層2について使用される材料が、良好な交換スティフネス定数を有する。この材料は、通常、3d金属であり、特に、コバルト又はコバルトリッチ合金である。

【0015】

このようなオシレータを形成するために使用される磁気抵抗スタックが、2つの異なる方法で生成されるスタックを使用する：

—いわゆる“ピラー（pillar）”スタック：約50から100ナノメートルの直径を有するピラーを形成するように全ての層がエッチングされる；

—いわゆる“コンタクトポイント（contact point）”スタック：この種のスタックでは、活性層（層1、層2、層3、又は反強磁性材料の層でさえ）が、ナノメートルパターンでエッチングされない、又は、これらがエッチングされる場合であっても、極めて大きなパターン（平方マイクロメートルに近い）を使用して製造され；外部にあるナノチップ（例えば、インジェクター又は原子間力顕微鏡のチップ）又は内部にあるナノチップ、リソグラフィピラーを用い、層2又はそれと結合する反強磁性層上に、通常、50ナノメートルである極めて密接な金属接触部が形成される。

【0016】

スピバルブが使用される場合、ナノコンタクトが好ましいが、これは、これらが、良好に定義されたラジオ周波数放出特に、細かなラジオ周波数放出を生成するためである。実際には、製造プロセスによるエッジ効果（edge effects）の最小化、及び自由層の体積の増加に起因するRF放出線の幅の減少を観察することが可能である。

【0017】

通常、ナノコンタクトの形成が、スピバルブ上の金属ナノインジェクター、又は誘電体内に形成され、その後、金属で満たされるナノホールを製造することを含む。基本部材を形成するように、スピバルブが、さらにパターンニングされなければならない。従って、これらのナノコンタクトの形成が、すくなくとも2つのリソグラフィ段階、すなわち、一方が、ナノコンタクトを形成し、他方が、ナノコンタクトとスピバルブとの間における整列制限を有するスピバルブを形成する段階を含み、並びに、また、

10

20

30

40

50

2つの異なる連続するエッチング、及び2つの異なる連続する樹脂除去又は剥離を含む。

【0018】

これを通じて、この種のナノコンタクトの実施が、過度に、オシレータの形成を複雑化し、プロセスのコストを押し上げ、期間を増加させる。

【0019】

本発明が対象とする目的は、このようなナノコンタクトの形成を単純化することである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0020】

10

【特許文献1】米国特許第5695864号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0021】

例えば、陰極スパッタリング又はイオン銃によって、下部電極上にスピバルブを構成する磁気スタックを堆積した後に、ラジオ周波数オシレータを形成するために、スピバルブ上にナノコンタクトを形成する本発明の方法が、：

－前記磁気スタック上に、その後に存在するエッチング段階を停止することを目的とした“バリアー”層として知られている金属層を堆積する段階；

－この“バリアー”層上に、厳密に言えば、その後にナノコンタクトのインジェクターを構成することを目的とした他の金属層を堆積する段階；

20

－この金属層上に局部的に、下部層を限定することを目的としたハードマスクを堆積する段階；

－ハードマスクを通して、インジェクターを構成する金属層の第1の選択的なエッチング段階に、アセンブリをさらす段階であって、前記“バリアー”層が、このエッチング段階に対してバリアーとして機能し、ナノコンタクトをその最終的な形状にするように、前記金属層が、ハードマスク下においてこの段階の間オーバーエッチングされる段階；

－実質的にハードマスクの周辺上の磁気スタック及び前記“バリアー”層の部分的な除去を生じることが可能な第2の選択的なエッチング段階に、そのようにして得られたアセンブリをさらす段階；

30

－そのようにして得られたアセンブリを誘電体内にカプセル化する段階；

－そのようにして得られたカプセル化されたアセンブリを、ハードマスク又はインジェクターの残留層が垂直になるまで平坦化する段階；

－及び、最後に、導電性上部電極を配置する段階によって構成される。

【0022】

換言すると、本発明は、連続する単一のフォトリソグラフィに、スピバルブを構成する磁気接触板及びインジェクターのナノ製造を組み合わせることにあり、結果として、インジェクターが、機械的に前記磁気接触板上に整列する。

【0023】

従って、最初に及び基本的にイメージされるように、従来技術におけるナノコンタクト形成方法のように2つのフォトリソグラフィ段階が実施された場合に生じる整列の制限が、取り除かれる。

40

【0024】

他の結果として、製造段階の数が減少し、結果として、時間を省き、コストを削減する。

【0025】

最後に、本発明の方法は、磁気接触板を、フォトリソグラフィの使用によって寸法制御が困難になる、通常100ナノメートル未満、又は、50ナノメートル未満にした場合でさえ、その寸法にわたって、効果的な制御が達成されることを意味する。

【0026】

50

本発明によると、エッチングバリアー層が、陰極スパッタリング又はイオン銃によって堆積される。このバリアー層が、通常、10から20ナノメートルの厚さのアルミニウム層によって構成される。

【0027】

本発明によると、また、インジェクター自体を構成するために適した金属層が、陰極スパッタリング又はイオン銃によって堆積され、前記インジェクターを構成するこの金属が、タンタル、モリブデン又はチタンである。

【0028】

本発明によると、樹脂層が、ハードマスクを構成する層上に局部的に堆積され、そのようにして得られたアセンブリが、フォトリソグラフィ段階にさらされる。

10

【0029】

さらに、第1の選択的なエッチング段階が、例えば、反応性イオンエッチングによって実施される。

【0030】

さらに、本発明によると、第2の選択的なエッチング段階が、例えば、イオンビームエッチング、すなわちIBEによって実施される。

【0031】

さらに、本発明によると、ハードマスクを構成する層が、直流陰極スパッタリングによって堆積され、このハードマスクが、通常、10から50ナノメートルの厚さのクロム、ルテニウム若しくはアルミニウムの層、又は例えば Al_2O_3 又は SiO_2 である酸化物層によって構成される。

20

【0032】

通常100から300ナノメートルの間の寸法を有する接触板を定義するように、フォトリソグラフィ段階が、有利に、深紫外線すなわちDUV、又は電子技術によって実施される。

【0033】

本発明によると、ハードマスクの残留層及びインジェクターの直径のそれぞれが、ハードマスクに対する塩素化の化学反応及びインジェクターに対する SF_6 、 CHF_3 又は CF_4 タイプのフッ素化の化学反応を選択することによってサイジングされ、さらに、エッチングの時間によって決定される。下部の磁気スタックのように、エッチングバリアー層が、IBEエッチングによって攻撃される。

30

【0034】

本発明によると、誘電体層によるカプセル化が、有利に、2つの段階で実施される：
－原子層堆積すなわちALD技術を使用する第1段階、
－及び、その後の、陰極スパッタリング又はイオン銃を用いた堆積による第2段階。

【0035】

ALDによって実施される第1堆積段階が、その高い適合特性を介して、表面突起物に形状の一致をもたらし、極めて高品質な誘電体の堆積を確保する。スパッタリングによる第2堆積段階が、短時間の間のカプセル化を仕上げるために使用される。

【0036】

誘電体材料が、通常、アルミナ Al_2O_3 又はシリカ SiO_2 によって構成される。

40

【0037】

本発明によると、スピンバルブを構成する磁気スタックが、：

－その磁化が一定の方向である、“トラップ層”として知られている第1磁気層、
－第2磁気層、
－スペーサーとしての機能を目的とし、及び前記層を磁氣的に分離することを目的とした、前記2つの層の間に介在する非磁気層を含む。

【0038】

有利に、前記第2磁気層が、反強磁性層が結合する単一層によって構成され、反強磁性層が、スペーサーとして機能する非磁気層と反対側の前記第2層の面上に配置され、反強

50

磁性層を構成する材料が、次の合金： $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ 、 FeMn 及び PtMn を含む群から選択される。別の方法として、第2磁気層が、合成物質層であってよく、反強磁性層と結合されても結合されなくてもよい。

【0039】

有利に、ポライザとして機能する、“トラップ”層として知られている前記第1磁気層が、単一層によって構成され、反強磁性層との結合によって提供されるトラッピングを備え、反強磁性層が、特に IrMn 又は PtMn で形成され、前記層と非磁気層との接触面の反対側のその面に付加される。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】既に述べたような、従来技術によるラジオ一周波数オシレータの図表示である。

【図2】既に述べたような、従来技術によるラジオ一周波数オシレータの図表示である。

【図3A】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3B】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3C】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3D】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3E】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3F】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【図3G】本発明の方法における異なる段階を示すことを目的としたものである。

【発明を実施するための形態】

【0041】

本発明を具体化しうる方法、及びそれから生じる利点が、なんら制限するものではなく例示を目的として与えられ、添付する図面によって補助される以下の実施例により、さらに明らかになるだろう。

【0042】

従って、本発明によるナノコンタクトを形成する方法における異なる段階が、図3Aから3Gに関連して示される。

【0043】

図3Aにおいて、図1及び2に関連して記載されたタイプの磁気スタック10が、既に、下部電極11上に堆積されていると考えられる。この堆積が、例えば、陰極スパッタリング又はイオン銃によって実行されてよい。

【0044】

第1段階は、スタック10上に、その後に生じるエッチング動作を防ぐことを目的とした通常アルミニウムである金属材料の層12を堆積することであり、これによって、前記エッチング段階の間における磁気スタック10の一時的な保護を提供する。

【0045】

この“バリアー”層12が、通常、アルミニウムから形成され、陰極スパッタリング又はイオン銃によって形成され、5から20ナノメートルの厚さ、例えば10ナノメートルの厚さである。

【0046】

前記層を堆積した後、次の段階は、オシレータ ナノコンタクト インジェクターを構成する、すなわち、スピン偏極電流が流れることを目的とした、金属層13を堆積することである。

【0047】

また、この層が、陰極スパッタリング又はイオン銃によって堆積される。

【0048】

使用される金属が、通常、タンタル、モリブデン、タングステン又はチタンによって構成される。この層の厚さは、50から200ナノメートルの間である。

【0049】

最後に、この層13上に、下部の層がエッチングされる場合に、マスクとして機能する

10

20

30

40

50

ことを目的とした局所的なハードマスク 14 が堆積される。この目的を達成するために、図 3 A に示すように、その後エッチングされる、例えばクロム、ルテニウム又はアルミニウムの連続層 14 を堆積することが可能である。従って、深紫外線又は電子ビームフォトリソグラフィの段階にそれをさらすことによって、インジェクターに対するベースとして機能することを垂直に制限する樹脂 15 を、層 14 上に堆積することが可能である。このようにして、通常、100 から 300 ナノメートルの間の直径を有する樹脂接触板が得られる。

【0050】

次に、これらの接触板が、層 14 (図 3 B) を選択的にエッチングするために使用され、これによって、ハードマスクを形成する。この段階で、樹脂 15 を除去する段階のための対策が行われてよい。

10

【0051】

次の段階は、この金属層 13 にその最終的な寸法を与えるための、ハードマスク 14 を介したインジェクターを構成する層 13 の第 1 エッチング段階である。この目的を達成するための、第 1 段階は、塩素化の化学反応 (例えば、 Cl_2 又は HBr/Cl_2 を使用する) によって、ハードマスクを構成するクロムの反応性イオンエッチング (RIE) 段階であり、この層 14 の厚さを減らす。その後、次の段階 (図 3 C) は、 SF_6 、 CHF_3 又は CF_4 のフッ素化の化学反応による金属層 13 の RIE エッチング段階であり、エッチングバリアー層として機能するバリアー層 12 上で選択的に停止する。

【0052】

20

図 3 D に示されるように、金属層 13 の横方向のオーバーエッチングが得られるまで、RIE エッチングが継続されるが、ハードマスク 14 と比較してその横方向の寸法を減らすためであり、これによって、結局、要求されるインジェクターの寸法となる。この目的を達成するために、エッチング時間の観点から動作が行われる。エッチング時間が、バリアー層 12 に達するために必要とされる時間と比較して、通常 20 から 50 % 増加する。

【0053】

図 3 E に示される段階では、一方では、ハードマスク 14 と垂直に位置された領域の外部に位置されたエッチングバリアー層 12 を除去するため、他方では、この同じ領域の外部に位置された磁気スタック 10 を除去するため、ハードマスク 14 を介した、例えばイオンビームエッチングすなわち IBE である、第 2 エッチングが着手される。この IBE エッチングが、5 から 50 度の間の入射角で、アルゴン又はキセノンガスを使用して行われてよい。

30

【0054】

次の段階は、この最後の段階 (図 3 F) によるアセンブリのカプセル化である。シリカ又はアルミナタイプの誘電体材料を用いて、このカプセル化が、実行される。このカプセル化が、物理気相成長法すなわち PVD によって行われてよい。

【0055】

有利に、このカプセル化が、2つの段階で実施される：

—通常、30 から 60 ナノメートルの間の厚さで、原子層堆積 17 (ALD) によって実施される第 1 段階；

40

—及び、100 から 300 ナノメートルの間の厚さで、陰極スパッタリング又はイオン銃 16 によって実施される第 2 段階。

【0056】

ALD 堆積が、高い適合性を有するという利点を備え、これが、図 3 E において得られた構造上の突起部、特に、マスク 14 下のインジェクターレベル 13 における突出部に対する形状と完全に一致することを意味する。次に、この堆積が、陰極スパッタリング又はイオン銃による速い堆積によって完成する。最終的な結果は、図 3 F に示されるアセンブリである。

【0057】

次に、その後に上部電極 18 の堆積が可能になるように、そのようにして得られたアセ

50

ンブリが、ナノコンタクト板 14 が得られるまで、化学的機械的研磨すなわち CMP による平坦化段階にさらされる。

【0058】

この場合、上部電極 18 とインジェクター 13 との間の接続を提供するために、ナノコンタクト板が、導電性でなければならない。

【0059】

別の方法として、インジェクター 13 に達するまで、平坦化を継続することが可能である。この場合、ナノコンタクト 14 が、この段階で除去され、その結果、ハードマスク 14 に対する材料の選択の幅を広げることが可能であり、特に、 SiO_2 又は Al_2O_3 のような絶縁材料である。

10

【0060】

容易に想像されうるように、本発明の方法のために、インジェクター 13 が、磁気スタック 10 に機械的に整列されるので、整列の制限が取り除かれる。

【0061】

さらには、本発明の方法を用いることにより、結果としてナノコンタクト板の寸法を、通常、100 ナノメートル未満の、さらには、50 ナノメートル未満に減らすことが可能であり、これにより生じるラジオ周波数オシレータの操作条件を最適化するのに適している。

【符号の説明】

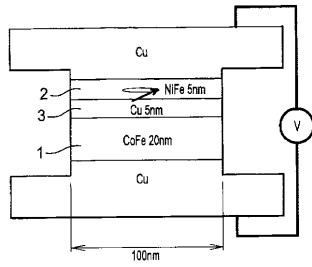
【0062】

20

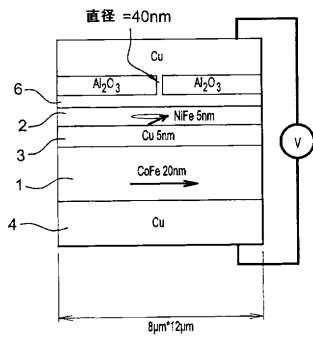
- 1 トラップ層
- 2 磁気層
- 3 スペーサー
- 4 反強磁性層
- 6 反強磁性層
- 10 磁気スタック
- 11 下部電極
- 12 バリヤー層
- 13 金属層
- 14 ハードマスク
- 18 上部電極

30

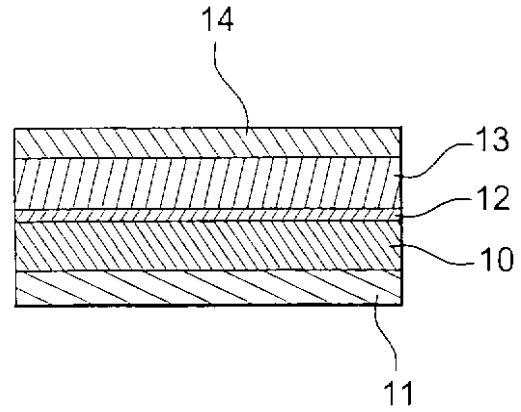
【図 1】



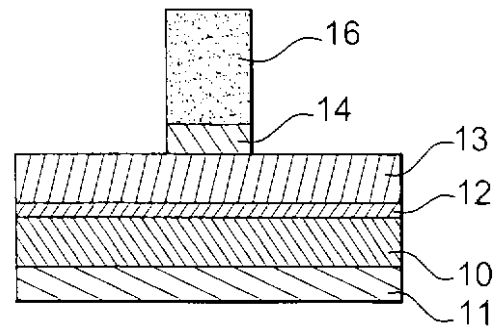
【図 2】



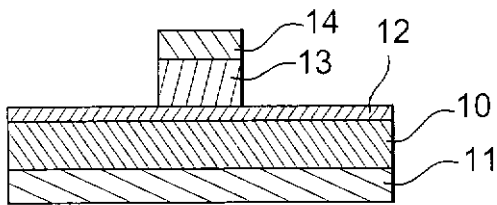
【図 3 A】



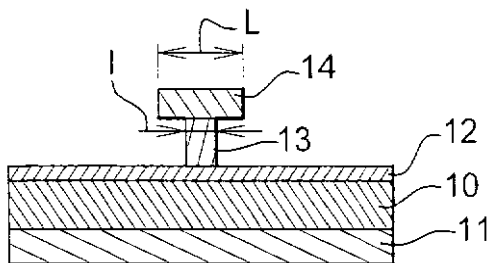
【図 3 B】



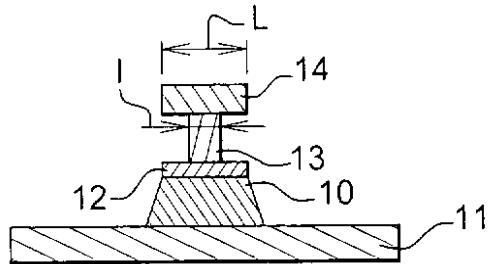
【図 3 C】



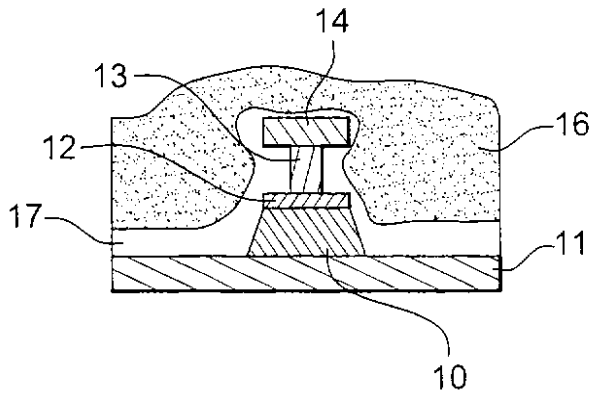
【図 3 D】



【図 3 E】



【図 3 F】



フロントページの続き

(72)発明者 マリーークレール・シリル

フランス・3 8 6 5 0・シナール・ル・コレット・(番地なし)

(72)発明者 ファビエンヌ・ポンテニエール

フランス・3 8 8 0 0・シャンパニエール・アレー・デ・イロンデーレ・(番地なし)

Fターム(参考) 5F092 AA11 AB10 AC08 AC12 AD03 BB22 BB31 BB35 BB36 BB42

BB55 BB81 BC04 CA20 CA31

【外国語明細書】

**METHOD FOR MAKING A SPIN VALVE NANO-CONTACT ENTERING THE CONSTITUTION OF
A RADIO-FREQUENCY OSCILLATOR**

FIELD OF THE INVENTION

The invention belongs to the field of radio-frequency oscillators that employ spin valves.

It is more particularly targeted at the formation of nano-contacts including a metal injector that comes into contact with the spin valve, and is intended to allow said spin valve to be subjected to an electric excitation current in order to generate an oscillation of the magnetic moment of one of the magnetic layers of which it is constituted.

PRIOR ART

Radio-frequency oscillators are intended to operate in high frequency ranges, typically between a GHz and several tens of GHz.

To meet the demands arising from the development of portable, mobile (cell) telephones, in particular, as well as from the saturation of the frequency bands assigned to telecommunications, a proposal has been made to replace the static allocation of said frequency bands with a dynamic allocation. This principle rests on the capacity to analyse the frequency spectrum and identify free frequency bands, in order to be able to use them. This is then known as opportunistic radio.

However, in order to apply the principle in respect of the dynamic allocation of frequencies, the devices that use them must be provided with very wide band oscillators, and furthermore be highly effective in phase noise, and therefore have a high quality coefficient $Q=f/\Delta f$.

One technical solution suitable for meeting these demands lies in using radio-frequency oscillators with spintronics. With oscillators of this kind, a wide frequency band is provided with a high quality factor Q , as well as easy frequency accordability and a relatively simple architecture is employed.

Spintronics exploits electron spin as an additional degree of freedom, in order to generate new effects. The spin polarization of an electric current causes magneto-resistive phenomena in the magnetic multi-layers, such as giant magneto-resistance or tunnel magneto-resistance.

It has been shown that a spin polarized current passed through a thin magnetic layer could induce a reversal of its magnetization in the absence of any external magnetic field. The spin polarized current may also generate sustained magnetic excitations, also referred to as oscillations. The use of the effect of generating sustained magnetic excitations in a magneto-resistive device allows this effect to be converted into an electric resistance modulation that can be used directly in electronic circuits, and is therefore, as a result, able to intervene directly at frequency level.

The document US 5,695,864 describes various developments that employ the physical principle mentioned above, and in particular describe the precession of the magnetization of a magnetic layer passed through by a spin polarized electric current. Two types of stacks of magnetic layers able to constitute such a radio-frequency oscillator have been shown in figures 1 and 2. These stacks are inserted between two current inputs, whereof the contact with the two end layers is for example made out of copper or gold.

The layer 1 of this stack, known as the "trapped layer", is magnetized in a fixed direction. It may be a single layer, with a typical thickness of between 5 and 100 nanometres, made of cobalt for example, of an alloy CoFe or NiFe. This trapped layer 1 may be single or synthetic. It basically fulfils the function of polarizer. As such, the electric current electrons passing through the layers constituting the magneto-resistive device perpendicular to their plane, reflected or transmitted by the polarizer, are polarized with a direction of spin parallel to the magnetization that the layer 1 has at the interface opposite the one in contact with an anti-ferromagnetic layer 4, with which it is associated, and intended to fix the direction of its magnetization.

Additionally, this layer 1 receives on its face opposite the face receiving the anti-ferromagnetic layer 4 another layer 3 functioning as spacer.

This layer 3 is metallic in nature, typically a layer of copper from 3 to 10 nanometres thick, or is constituted by a fine insulating layer of the aluminium oxide type, with a typical thickness of between 0.5 and 1.5 nanometres, or of magnesium oxide, with a typical thickness of between 0.5 and 3 nanometres.

A layer 2, generally narrower than the layer 1, is put in place on the other side of the spacer 3. This layer 2 may also be coupled with an anti-ferromagnetic layer 6 added to it on its face opposite the interface of the layer 2 with the spacer 3. This layer 6 is for example constituted of an alloy such as $\text{Ir}_{80}\text{Mn}_{20}$, of FeMn or of PtMn.

To advantage, the material used in respect of the layer 2 has a good exchange stiffness constant. This material is typically a 3d metal, and more particularly cobalt or cobalt-rich alloys.

The magneto-resistive stacks employed in making such oscillators use stacks produced in two different ways:

- so-called "pillar" stacks: all the layers are etched to make a pillar with a diameter of about 50 to 100 nanometres;
- so-called "contact point" stacks: in a stack of this kind, the active layers (layer 1, layer 2, layer 3, or even the layers of anti-ferromagnetic material) are not etched with nanometric patterns or if they are, are then manufactured using very large patterns (close to a square micrometre); a very close metal contact is produced, typically 50 nanometres, above the layer 2 or the anti-ferromagnetic layer associated with it, by means of a nanotip that is external (for example tip of an atomic force microscope or injector) or internal, a lithographed pillar.

Nano-contacts are preferred when spin valves are employed, as they produce better defined radio-frequency emissions, and particularly finer radio-frequency emissions. Indeed, it has been possible to observe a reduction in the width of RF emission lines that is attributed to the minimization of the edge effects due to the manufacturing process, and to the increase in the volume of the free layers.

Making nano-contacts generally involves manufacturing a metal nano-injector above the spin valve, or a nano-hole made in a dielectric, which is subsequently filled with metal. The spin valve must additionally be patterned to form elementary components. Making these nano-contacts therefore involves at least two lithography steps, namely one to make a nano-contact and one to make the spin valve with the alignment constraints between the nano-contact and the spin valve, and also two distinct etching sequences and two distinct resin removal or stripping sequences.

Through this, the implementation of nano-contacts of this kind significantly complicates production of the oscillator, driving up costs and increasing the length of the process.

The objective targeted by the present invention is to simplify the production of such nano-contacts.

DISCLOSURE OF THE INVENTION

The inventive method for making a nano-contact on a spin valve for the purpose of forming a radio-frequency oscillator consists, after deposition, by cathode sputtering or by ion gun for example, of the magnetic stack constituting the spin valve on a lower electrode:

- in depositing on said magnetic stack a metal layer known as a "barrier" layer, intended to halt the etching step, that occurs subsequently;
- in depositing on this "barrier" layer another metal layer intended subsequently to constitute the injector of a nano-contact strictly speaking;
- in depositing locally on this metal layer a hard mask, intended to confine the subjacent layers;
- in subjecting the assembly to a first selective etching step of the metal layer constituting the injector through the hard mask, said "barrier" layer acting as a barrier to this etching step, said metal layer being over-etched during this step under the hard mask so as to give the nano-contact its final shape;
- in subjecting the assembly so obtained to a second selective etching step able to induce the partial removal of said "barrier" layer and of the magnetic stack substantially on the periphery of the hard mask;
- in encapsulating the assembly so obtained in a dielectric;
- in planarizing the encapsulated assembly so obtained until ending plumb with the

- residual layer of the hard mask or the injector;
- and finally in putting the conductive upper electrode in place.

In other words, the invention consists in combining into a single photolithography sequence the nano-manufacture of the injector and that of the magnetic contact plate constituting the spin valve, such that the injector is thus automatically aligned on said magnetic contact plate.

As can therefore be initially and basically imagined the alignment constraints, occurring when two photolithography steps are implemented as in the prior art nano-contact production method, are eliminated.

Another end result is a drop in the number of manufacturing steps, leading to a saving of time and a reduction in costs.

Lastly, the inventive method means that effective control is achieved over the dimensions when making the magnetic contact plates, typically less than 100 nanometres, or even less than 50 nanometres, where the use of photolithography makes dimension control difficult.

According to the invention, the etching barrier layer is deposited by cathode sputtering or ion gun. This barrier layer is typically constituted by a layer of aluminium from 10 to 20 nanometres thick.

According to the invention, the metal layer suitable for constituting the injector itself is also deposited by cathode sputtering or ion gun, the metal constituting said injector being tantalum, molybdenum or titanium.

According to the invention, a layer of resin is deposited locally on the layer constituting the hard mask and the assembly so obtained is subjected to a photolithography step.

Additionally, the first selective etching step is for example implemented by reactive ion etching.

Still according to the invention, the second selective etching step is for example implemented by ion beam etching or IBE.

Still according to the invention, the layer for constituting the hard mask is deposited by direct current cathode sputtering, the hard mask being typically constituted by a layer of chromium, ruthenium or aluminium from 10 to 50 nanometres thick or an oxide layer, for example Al_2O_3 or SiO_2 .

The photolithography step is implemented to advantage by deep ultraviolet or DUV, or electronics so as to define contact plates with dimensions of typically between 100 and 300 nanometres.

According to the invention, the residual layer of the hard mask and the diameter of the injector respectively are sized by selecting chlorination chemistry for the hard mask and fluorination chemistry, type SF_6 or CHF_3 or CF_4 for the injector, further determined by the duration of the etching. The etching barrier layer is attacked by IBE etching, as is the subjacent magnetic stack.

According to the invention, the encapsulation by dielectric is implemented to advantage in two steps:

- a first step using the atomic layer deposition or ALD technique,
- and then a second step by deposition by cathode sputtering or ion gun.

The first deposition step, implemented by ALD gives, through its highly conformal nature, conformance in shape to the surface projections and ensures the deposition of a very high quality dielectric. The second deposition step, by sputtering, is used to complete the encapsulation in shorter time.

The dielectric material is typically constituted by alumina, Al_2O_3 or silica SiO_2 .

According to the invention, the magnetic stack constituting the spin valve includes:

- a first magnetic layer known as a "trapped layer", whereof the magnetization is of fixed direction,
- a second magnetic layer,
- an nonmagnetic layer, interposed between the two previous layers, intended to function as a spacer, and intended to decouple said layers magnetically.

To advantage, said second magnetic layer is constituted by a single layer with which an anti-ferromagnetic layer is associated, the latter being placed on the face of said second layer opposite the nonmagnetic layer functioning as spacer, the material constituting the anti-ferromagnetic layer being selected from the group that includes the following alloys: $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$, FeMn and PtMn . As an alternative, the second magnetic layer may be a synthetic layer, coupled or not coupled to an anti-ferromagnetic layer.

To advantage, said first magnetic layer known as the "trapped" layer, functioning as polarizer, is constituted by a single layer, with the trapping provided by the association with an anti-ferromagnetic layer, particularly made out of IrMn or PtMn , added to its face opposite to the interface of said layer with the nonmagnetic layer.

BRIEF DESCRIPTION OF THE FIGURES

The way in which the invention may be embodied, and the advantages arising therefrom, will emerge better from the following embodiment example, given by way of example and non-restrictively, supported by the appended figures.

Figures 1 and 2 are, as already said, diagrammatic representations of a radio-frequency oscillator in accordance with the prior art.

Figures 3A to 3G are intended to show the different steps in the inventive method.

EMBODIMENT OF THE INVENTION

The different steps in the method for producing a nano-contact in accordance with the invention have therefore been shown in relation to figures 3A to 3G.

At step 3A, it is assumed that the magnetic stack **10** of the type described in relation to figures 1 and 2 has already been deposited on the lower electrode **11**. This deposition may have been carried out by cathode sputtering or by ion gun for example.

The first step is to deposit on the stack **10** a layer **12** of a metal material, typically aluminium, intended to oppose the etching action that occurs subsequently, thereby offering temporary protection to the magnetic stack **10** during said etching step.

This "barrier" layer **12** is typically made of aluminium and produced by cathode sputtering or by ion gun and is between 5 and 20 nanometres thick, and for example 10 nanometres.

After deposition of said layer, the next step is to deposit a metal layer **13**, intended to constitute the oscillator nano-contact injector, i.e. through which the spin polarized current will pass.

This layer is also deposited by cathode sputtering or by ion gun.

The metal employed is typically constituted by tantalum, molybdenum, tungsten or titanium. The thickness of this layer is between 50 and 200 nanometres.

Lastly, onto this layer **13** is deposited a localized hard mask **14**, intended to act as a mask when etching the subjacent layers. To this end, it is possible, as shown in figure 3A, to deposit a continuous layer **14**, for example of chromium or ruthenium or aluminium, which is then etched. It is thus possible to deposit on the layer **14** a resin **15** which is confined plumb with what will act as a base for the injector by subjecting it to a step of deep ultra-violet or electron beam photolithography. Resin contact plates are thus obtained, with a typical diameter of between 100 and 300 nanometres.

These contact plates are then used to selectively etch the layer **14** (figure 3B) thereby forming the hard mask. Provision may be made for a step of removing the resin **15** at this stage.

The next step is a first etching of the layer **13** constituting the injector through the hard mask **14** so as to give this metal layer **13** its final dimensions. To this end, the first stage may be reactive ion etching (RIE) of the chromium constituting the hard mask by chlorination chemistry (for example using Cl_2 or HBr/Cl_2), reducing the thickness of this layer **14**. Then, the next stage (figure 3C) is RIE etching of the metal layer **13** by fluorination chemistry SF_6 or CHF_3 or CF_4 with selective stopping on the barrier layer **12** functioning as the etching barrier layer.

RIE etching is continued, as shown in figure 3D, until lateral over-etching of the metal layer **13** is obtained, in order to reduce its lateral dimensions relative to the hard mask **14**, thereby leading to the required injector dimension. To this end, action is taken in terms of

etching time. The etching time may typically be increased by 20 to 50% relative to the time needed to reach the barrier layer 12.

At the step shown in figure 3E, a second etching is undertaken, for example ion beam etching or IBE, through the hard mask 14, in order to remove on the one hand, the etching barrier layer 12 located outside the area located plumb with the hard mask 14, and on the other hand, the magnetic stack 10 located outside this same area. This IBE etching may be applied using Argon or Xenon gas, with an angle of incidence of between 5 and 50 degrees.

The next step is to encapsulate the assembly arising out of this last step (figure 3F). This encapsulation is performed, by means of a dielectric material, of the silica or alumina type. This encapsulation may be performed by physical vapour deposition or PVD.

To advantage, this encapsulation is implemented on two steps:

- a first step, implemented by atomic layer deposition 17 (ALD) with a typical thickness of between 30 and 60 nanometres;
- and then a second step, implemented by cathode sputtering or by ion gun 16 with a thickness of between 100 and 300 nanometres

ALD deposition has the advantage of being highly conformal, which means it conforms perfectly in shape to the projections on the structure obtained in figure 3E and particularly the overhang under the mask 14 at injector level 13. This deposition is then completed by faster deposition by cathode sputtering or by ion gun. The end result is the assembly shown in figure 3F.

The assembly so obtained is then subjected to a step of planarization by chemical mechanical polishing or CMP until the nano-contact plate 14 is obtained so as then to allow the deposition of the upper electrode 18.

In this case, the nano-contact plate must be electrically conductive in order to provide the contact between the upper electrode 18 and the injector 13.

As an alternative, it is possible to continue with planarization until the injector 13 is reached. In this case, the nano-contact plate 14 is removed at this step, a wider choice of

material is then possible for the hard mask **14**, particularly insulating materials like SiO_2 or Al_2O_3 .

As may easily be imagined, because of the inventive method, the alignment constraints are eliminated since the injector **13** is automatically aligned with the magnetic stack **10**.

What is more, it is possible by means of the inventive method to end up with nano-contact plates that have reduced dimensions, typically less than 100 nanometres, or even less than 50 nanometres, and are suitable for optimising the operating conditions of the radio-frequency oscillator arising therefrom.

1. A Method for making a nano-contact on a spin valve for the purposes of constituting a radio-frequency oscillator, consisting, after deposition of the magnetic stack constituting the spin valve on a lower electrode (11):
 - in depositing on said magnetic stack (10) a metal layer known as a "barrier" layer (12), intended to halt the etching step, that occurs subsequently;
 - in depositing onto this "barrier" layer (12) another metal layer (13) intended subsequently to constitute the injector a nano-contact strictly speaking;
 - in depositing locally on this metal layer (13) a hard mask (14), intended to confine the etching of the subjacent layers;
 - in subjecting the assembly to a first selective etching step of the metal layer (13) constituting the injector through the hard mask (14), the "barrier" layer (12) acting to halt this etching step, said metal layer (13) being over-etched during this step under the hard mask in order to give the nano-contact its final dimension;
 - in subjecting the assembly so obtained to a second selective etching step, able to induce the partial removal of the barrier layer (12) and of the magnetic stack (10) substantially on the periphery of the hard mask;
 - in encapsulating the assembly obtained in a dielectric (16, 17);
 - in planarizing the encapsulated assembly so obtained until ending plumb with the residual layer of the hard mask (14) or of the injector (13);
 - and finally in putting the conductive upper electrode (18) in place.
2. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in claim 1, characterized in that the etching "barrier" layer (12) is deposited by cathode sputtering or by ion gun.
3. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 and 2, characterized in that the etching "barrier" layer (12) is constituted by a layer of aluminium from 5 to 20 nanometres thick.

4. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 3, characterized in that the metal layer (13) suitable for constituting the actual injector is deposited by cathode sputtering or by ion gun.
5. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 4, characterized in that a layer of resin (15) is deposited locally on the layer constituting the hard mask (14), and in that the assembly so obtained is subjected to a photolithography step.
6. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 5, characterized in that the first selective etching step is implemented by reactive ion etching.
7. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 6, characterized in that the second selective etching step is implemented by ion beam.
8. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 7, characterized in that the metal constituting the injector (13) is selected from the group including tantalum, molybdenum, tungsten and titanium.
9. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 8, characterized in that the layer (14) intended to constitute the hard mask is deposited by direct current cathode sputtering.
10. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 9, characterized in that the layer (14) constituting the hard mask is constituted by a material selected from the group including chromium, aluminium, ruthenium, silica (SiO_2) and alumina (Al_2O_3).
11. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 10, characterized in that the layer (14) constituting the hard mask is between 10 and 50 nanometres thick.

12. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 11, characterized in that the injector diameter is sized by fluorination chemistry, type SF₆ or CHF₃ or CF₄ for the injector during an etching step, the diameter of said injector being further adjusted by the duration of said etching.
13. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 12, characterized in that the encapsulation by dielectric phase is implemented in two steps:
 - a first step by atomic layer deposition,
 - and then a second step by cathode sputtering or ion gun deposition.
14. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 13, characterized in that the dielectric encapsulation material is selected from the group including alumina and silica.
15. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 1 to 14, characterized in that the magnetic stack (10) includes:
 - a first magnetic layer known as a "trapped layer" (1), whereof the magnetization is of fixed direction,
 - a second magnetic layer (2),
 - a nonmagnetic layer (3) interposed between the two previous layers, intended to function as spacer, and intended to decouple said layers magnetically.
16. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in claim 15, characterized in that the second magnetic layer (2) is constituted by a single layer with which is associated an anti-ferromagnetic layer (6), the latter being placed on the face of said layer (2) opposite the nonmagnetic layer (3) functioning as spacer, the material constituting the anti-ferromagnetic layer (6) being selected from the group including the following alloys: Ir₂₀Mn₈₀, FeMn and PtMn.
17. The method for making a nano-contact on a spin valve as claimed in one of claims 15 and 16, characterized in that the first magnetic layer (1) known as the trapped layer, functioning as polarizer, is constituted by a single layer, with the trapping being ensured by the association with an anti-ferromagnetic layer, particularly made out of IrMn or PtMn (4), added to its face opposite the interface of said layer (1) with the nonmagnetic layer (3).

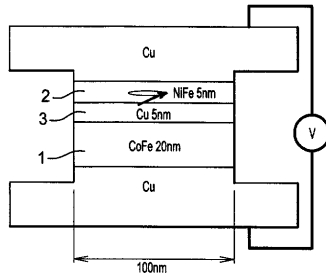
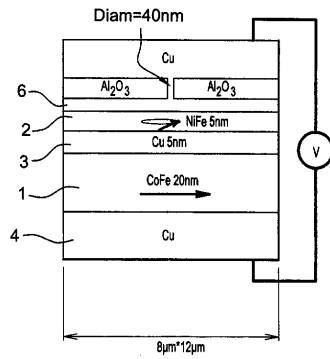
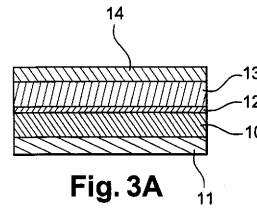
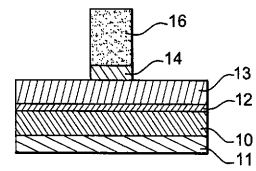
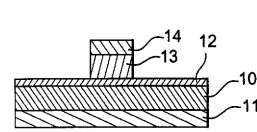
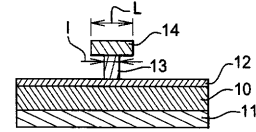
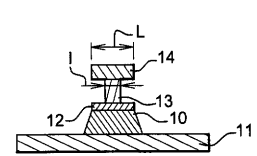
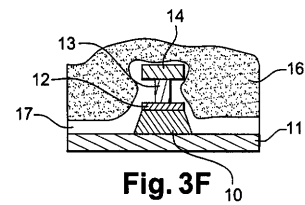
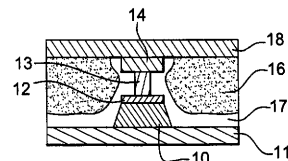
1 Abstract

This method for making a nano-contact on a spin valve for the purposes of constituting a radio-frequency oscillator, consists, after deposition of the magnetic stack constituting the spin valve on a lower electrode (11):

- in depositing on said magnetic stack (10) a metal layer known as a "barrier" layer (12);
- in depositing on this "barrier" layer (12) another metal layer (13);
- in depositing locally on this metal layer (13) a hard mask (14);
- in subjecting the assembly to a first selective etching step of the metal layer (13) constituting the injector through the hard mask (14), said metal layer (13) being over-etched during this step under the hard mask in order to give the nano-contact its final dimension;
- in subjecting the assembly so obtained to a second selective etching step, able to induce the partial removal of the barrier layer (12) and of the magnetic stack (10) substantially on the periphery of the hard mask;
- in encapsulating the assembly obtained in a dielectric (16, 17);
- in planarizing the encapsulated assembly so obtained until ending plumb with the residual layer of the hard mask (14) or of the injector (13);
- and finally in putting the conductive upper electrode (18) in place.

2 Representative Drawing

Fig. 3 G

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3A****Fig. 3B****Fig. 3C****Fig. 3D****Fig. 3E****Fig. 3F****Fig. 3G**