

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁歪センサを作る方法であって、
磁歪材料の上に誘電体を形成するステップと、
誘電体にバーバー・ポール・ウィンドウを形成するステップと、
バーバー・ポール・ウィンドウにバーバー・ポールを形成するステップと、
を含む方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、磁歪材料は、パーマロイ（商標）を備える、方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、誘電体の前記形成は、磁歪材料の上に誘電体を堆積するステップを含む、方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法であって、誘電体へのバーバー・ポール・ウィンドウの前記形成は、誘電体を選択的にエッチングしてバーバー・ポール・ウィンドウを形成するステップを含む、方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の方法であって、バーバー・ポールの前記形成は、バーバー・ポール・ウィンドウに電導体を堆積するステップを含む、方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法であって、バーバー・ポール・ウィンドウへの電導体の前記堆積は、誘電体とバーバー・ポール・ウィンドウとの上に導電性材料を堆積するステップと、バーバー・ポールを分離するために電導性材料をエッチングするステップとを含む、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、誘電体へのバーバー・ポール・ウィンドウの前記形成は、誘電体を選択的にエッチングし、バーバー・ポール・ウィンドウを形成するステップを含む、方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の方法であって、バーバー・ポール・ウィンドウの前記形成は、バーバー・ポール・ウィンドウに電導体を堆積するステップを含む、方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、バーバー・ポール・ウィンドウへの電導体の前記堆積は、誘電体の上及びバーバー・ポール・ウィンドウ内に電導材料を堆積するステップと、バーバー・ポールを絶縁するために電導材料をエッチングするステップとを含む、方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法であって、バーバー・ポールの前記形成は、バーバー・ポール・ウィンドウに電導体を堆積するステップを含む、方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、バーバー・ポール・ウィンドウへの電導体の前記堆積は、誘電体の上及びバーバー・ポール・ウィンドウ内に電導材料を堆積するステップと、バーバー・ポールを絶縁するために電導材料をエッチングするステップとを含む、方法。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法であって、バーバー・ポールの前記形成は、誘電体の上及びバーバー・ポール・ウィンドウ内に電導材料を堆積するステップと、バーバー・ポールを絶縁するために電導材料をエッチングするステップとを含む、方法。

【請求項 13】

磁歪センサを作る方法であって、
基板の上に磁歪ストリップを堆積するステップと、
磁歪ストリップの上に絶縁層を堆積するステップと、
絶縁層にバーバー・ポール・ウィンドウをエッチングするステップと、

10

20

30

40

50

絶縁層の上及びバーバー・ポール・ウィンドウ内に電導性材料を堆積するステップと、バーバー・ポール・ウィンドウ間の電導性材料をエッチングで取り去り、バーバー・ポールを形成するステップと、を含む方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の方法であって、基板上の磁歪ストリップの前記堆積は、磁歪ストリップの上にタンタル窒化物ストリップを堆積するステップを含み、絶縁体の前記堆積は、タンタル窒化物層の上に絶縁層を堆積するステップを含む、方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法であって、磁歪ストリップは、両端を有し、タンタル・ストリップは、両端を有し、該方法はさらに、磁歪ストリップ及びタンタル窒化物ストリップの両端をエッチングで取り去るステップを含み、絶縁層の前記堆積は、タンタル窒化物ストリップの上とタンタル窒化物ストリップの両端をエッチングで取り去ることによって残された領域内とに絶縁層を堆積するステップを含む、方法。 10

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、熱酸化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 5 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に窒化物を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。 20

【請求項 1 8】

請求項 1 5 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップと、熱酸化物層の上に窒化物層を堆積するステップとを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 に記載の方法であって、磁歪ストリップは、両端を有し、該方法はさらに、磁歪ストリップの両端をエッチングで取り去るステップを含み、絶縁層の前記堆積は、磁歪ストリップの上と磁歪ストリップの両端をエッチングで取り去ることによって残された領域内とに絶縁層を堆積するステップを含む、方法。 30

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、熱酸化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 9 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に窒化物層を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 9 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップと、熱酸化物層の上に窒化物層を堆積するステップとを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。 40

【請求項 2 3】

請求項 1 3 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、熱酸化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 2 4】

請求項 1 3 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に窒化物層を堆積するステップを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物層の上に磁歪ストリップを堆 50

積するステップを含む、方法。

【請求項 25】

請求項 13 に記載の方法であって、該方法はさらに、シリコン基板の上に熱酸化物層を堆積するステップと、熱酸化物層の上に窒化物層を堆積するステップとを含み、磁歪ストリップの前記堆積は、窒化物層の上に磁歪ストリップを堆積するステップを含む、方法。

【請求項 26】

磁歪センサであって、
基板と、
基板上の磁歪ストリップと、
磁歪ストリップ上の電導性のバーバー・ポールと、
隣接したバーバー・ポール間の誘電体と、
を備える磁歪センサ。

10

【請求項 27】

請求項 26 に記載のセンサであって、該センサはさらに、磁歪ストリップ上のタンタル窒化物を備え、前記バーバー・ポールは、タンタル窒化物の上にある、センサ。

【請求項 28】

請求項 27 に記載のセンサであって、前記誘電体はまた、タンタル窒化物及び磁歪ストリップの側面の上にある、センサ。

【請求項 29】

請求項 28 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の熱酸化物層を備える、センサ。

20

【請求項 30】

請求項 28 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の窒化物層を備える、センサ。

【請求項 31】

請求項 28 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板上の熱酸化物層と、熱酸化物層と磁歪ストリップとの間の窒化物層とを備える、センサ。

【請求項 32】

請求項 26 に記載のセンサであって、前記誘電体はまた、磁歪ストリップの側面の上にある、センサ。

30

【請求項 33】

請求項 32 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の熱酸化物層を備える、センサ。

【請求項 34】

請求項 32 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の窒化物層を備える、センサ。

【請求項 35】

請求項 32 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板上の熱酸化物層と、熱酸化物層と磁歪ストリップとの間の窒化物層とを備える、センサ。

【請求項 36】

請求項 26 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の熱酸化物層を備える、センサ。

40

【請求項 37】

請求項 26 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板と磁歪ストリップとの間の窒化物層を備える、センサ。

【請求項 38】

請求項 26 に記載のセンサであって、該センサはさらに、シリコン基板上の熱酸化物層と、熱酸化物層と磁歪ストリップとの間の窒化物層とを備える、センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

(関連出願)

米国特許出願のシリアル番号 (B 1 0 - 1 7 3 0 5) は、ここに記載の主題と同様の主題を開示する。

【 0 0 0 2 】

(発明の技術分野)

本発明は、一般に、磁場センサに関連し、より詳細には、磁歪センサに関連する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

磁歪センサは、典型的に小さく、一般に、0 . 0 0 1 ガウスから 1 0 0 ガウスまでの大きな磁場を測定することができる。また、磁歪センサは、メガヘルツのまでの周波数及びそれを超える周波数の場とともに、D C 場を測定することができる。従って、磁歪センサは、例えば電流検知、接近検知などの様々な用途に使用される。 10

【 0 0 0 4 】

磁歪センサを作るために使用される磁歪材料は、磁場の存在で抵抗が変化する金属である。パーマロイ (商標) (ニッケル / 鉄合金) は、そのような金属であり、しばしば、磁歪センサ内で使用されるフィルムとして提供される。フィルムの抵抗は、磁化の方向と電流の方向との間の角度のコサインの二乗に従って変化する。

【 0 0 0 5 】

磁歪材料の応答は、 R / R_N として測定され、ここで、 R は、磁歪材料の抵抗の変化であり、 R_N は、磁歪材料の公称抵抗である。磁化の方向が電流の方向に平行であるポイントと磁化の方向が電流の方向に垂直であるポイントとの間のパーマロイ (商標) の抵抗の変化 R は、材料の公称抵抗の 2 % 程度である。 20

【 0 0 0 6 】

また、 R / R_N に対する、磁化の方向と電流の方向との間の角度のプロットは、ベル形状である。この曲線の線形部分で磁歪材料を動作させるために、バイアス場が、しばしば、磁歪センサに加えられる。例えば、磁歪センサ・パッケージの周りを取り囲むソレノイド、又は、磁歪センサの端における薄いフィルム状の複数の永久磁石の何れか一方が、通常、この線形部分で磁歪材料にバイアスをかけるために用いられる。

【 0 0 0 7 】

或いは、磁歪センサにバイアス場を加える代わりに、電導性のバーバー・ポール (b a r b e r p o l e) を備える磁歪センサを用いることが知られている。電流の方向に対して磁化の方向を回転させるバイアス場と異なり、バーバー・ポールはその代わりに、磁化の方向に対して電流の方向を回転させる。 30

【 0 0 0 8 】

磁歪センサは、しばしば、ホイートストン・ブリッジ内で使用される。従って、ホイートストン・ブリッジの4つの枝部分のそれぞれは、磁歪センサを含む。図1は、具体的な例の既知のホイートストン・ブリッジ10の上面図である。ホイートストン・ブリッジ10は、4つの磁歪センサ12、14、16及び18を含む。磁歪センサ12は、パーマロイ (商標) フィルム20から形成され、バイアス用に1組のバーバー・ポール22を有する。磁歪センサ14は、パーマロイ (商標) フィルム24から形成され、バイアス用に1組のバーバー・ポール26を有する。磁歪センサ16は、パーマロイ (商標) フィルム28から形成され、バイアス用に1組のバーバー・ポール30を有する。磁歪センサ18は、パーマロイ (商標) フィルム32から形成され、バイアス用に1組のバーバー・ポール34を有する。 40

【 0 0 0 9 】

4つの枝部分の公称抵抗は、理想的には同一であり、それにより、ホイートストン・ブリッジ10は、平衡を保ち、磁場の不存在において出力を有さない。ホイートストン・ブリッジ10内の磁歪センサ12、14、16及び18を形成する磁歪材料を磁化 / 電流曲線の整形部分で動作させるためのバイアス場の使用は、この平衡を乱さない。なぜならば、 50

4つのセンサの抵抗は、バイアス場に応じて同じ量だけ変化するからである。

【0010】

しかしながら、バーバー・ポールの使用は、例えばバーバー・ポールが4つのセンサの磁歪材料の上に均一に形成されていないときに、この平衡を乱すことができる。上述のように、非平衡の影響により、ブリッジは、磁場が存在していないときでさえ出力を有する。この出力は、通常、オフセットと呼ばれる。従って、レーザ・トリミングの使用によって、このオフセットを減少させることが知られている。しかしながら、レーザ・トリミングは、例えば磁歪センサを使用するホイートストン・ブリッジのようなデバイスのコストを上昇させる。

【0011】

本発明は、少なくとも1実施形態において、バーバー・ポールの配置によってオフセットのより厳しいコントロールを可能にし、それにより、レーザ・トリミングの必要性を減少させることに向けられる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0012】

(発明の概要)

本発明の1実施形態に従って、磁歪センサを作る方法は、以下のステップを備える：磁歪材料の上に誘電体を形成するステップ；誘電体にバーバー・ポール・ウィンドウを形成するステップ；及び；バーバー・ポール・ウィンドウにバーバー・ポールを形成するステップ。

【0013】

本発明のもう1つの実施形態に従って、磁歪センサを作る方法は、以下のステップを備える：基板の上に磁歪ストリップを堆積するステップ；磁歪ストリップの上に絶縁層を堆積するステップ；絶縁層にバーバー・ポール・ウィンドウをエッチングするステップ；絶縁層の上及びバーバー・ポール・ウィンドウ内に電導性材料を堆積するステップ；バーバー・ポール・ウィンドウ間の電導性材料をエッチングで取り去り、バーバー・ポールを形成するステップ。

【0014】

本発明の更なるもう1つの実施形態に従って、磁歪センサは、基板と、基板上の磁歪ストリップと、磁歪ストリップ上の電導性のバーバー・ポールと、隣接したバーバー・ポール間の誘電体と、を備える。

【0015】

なお、こらら及び他の特徴及び利点は、図面とともに得られるとき、本発明の詳細な考慮から明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

図2に示す磁歪センサ40は、シリコン基板44上に熱酸化物層42を堆積することによって作製される。(図2の視線は、1つの磁歪センサの側面図である。)熱酸化物42は、シリコン基板44と磁歪センサ40の残部とを電氣的に絶縁するために用いられる誘電体層であり、例えば、4000の厚さを有する。窒化物層46は、熱酸化物43の上にスパッタリングされる。窒化物層46の厚さは、例えば、300である。窒化物の上には、パーマロイ(商標)層48が、例えば175の厚さまで、蓄積され、また、タンタル窒化物層50が、パーマロイ(商標)層48の上に、例えば600の厚さまで、蓄積される。

【0017】

窒化物層46は、パーマロイ(商標)層48のために、原子的に滑らかな表面を提供し、熱酸化物42とパーマロイ(商標)層48との間でバリアを生成する。タンタル窒化物層50は、優れたハード・エッチ・マスクと優れたバリアを提供し、タンタル窒化物層50を流れる電流の量は、少ない量だけであり、磁歪センサ40の上部の電導層をほとんどの

10

20

30

40

50

電流が流れる。

【0018】

図3に示すように、タンタル窒化物層50は、選択的にエッチングされ、その結果、パーマロイ(商標)層48の両端上のタンタル窒化物層50の一部が、取り除かれる。図4に示すように、パーマロイ(商標)層48の露呈する部分は、エッチングで取り除かれ、その結果、パーマロイ(商標)層48は、タンタル窒化物層50と実質的に同大になり、また、窒化物層46の露呈部分は、部分的にエッチングされる。その後、誘電体層52(例えば、二酸化シリコン又はシリコン窒化物)が、タンタル窒化物層50と、窒化物層46の露呈部分であって部分的にエッチングされた部分との上にスパッタリングされる。誘電体層52の厚さは、例えば、800である。

10

【0019】

図5に示すように、誘電体層52は、選択的にエッチングされ、ウィンドウ53が、タンタル窒化物層50まで形成される。残部の誘電体層52によって形成されるウィンドウ53のパターン形状は、後続のプロセスによって形成されるバーバー・ポールを規定する。図6に示すように、後続のプロセスは、誘電体層52上の電導層54と、誘電体層52内のウィンドウ53からタンタル窒化物層50までの導層54との蓄積を含み、電導層54は、例えば、アルミニウム銅(AlCu)である。電導層54の厚さは、例えば、500である。

【0020】

最後に、図7に示すように、ウィンドウ間の電導層54は、選択的にエッチングされ、バーバー・ポール56が形成される。バーバー・ポール56のそれぞれは、誘電体層52の対応する部分によって、隣り合うバーバー・ポールから絶縁される。バーバー・ポール56は、図8に示される既知のバーバー・ポール58と比較することができる。

20

【0021】

誘電体層52内に形成されるウィンドウ53の使用によってバーバー・ポール56を規定するプロセスにより、バーバー・ポール56の形状及び大きさは、図8に示される磁歪センサの場合のようにバーバー・ポール金属それ自身をエッチングしてバーバー・ポールの形状及び大きさをコントロールする場合と比較して、より良くコントロールすることが可能となる。従って、本発明は、ブリッジ・オフセットのより厳しいコントロールと、レーザ・トリミングのより低い信頼性とを導く。さらに、本発明は、より良いセンサ・ブリッジ抵抗コントロールを生じさせる。なぜならば、誘電体層は、バーバー・ポール金属とパーマロイ(商標)との接触面積のより良い規定を可能とし、さらに、滑らかなバーバー・ポール・エッジを可能とするからである。

30

【0022】

本発明の幾つかの変形は、本発明の技術分野に属する当業者によって行われるであろう。例えば、磁歪センサ40は、層42、44、46、48、50、52及び54のそれぞれで示される。しかしながら、それらの層の1以上の層は、省略することができ、又は、他の層によって置換され、及び/又は、追加の層を提供することができる。

【0023】

従って、本発明の記述は、説明としてのみ解釈され、また、本発明を実施するベスト・モードを当業者に教授するための目的である。詳細な説明は、本発明の精神から離れることなく実質的に変形することができ、また、添付の特許請求の範囲内のすべての変形の排他的な使用が、保持される。

40

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】パーマロイ(商標)(NiFe)フィルムとバーバー・ポールとからなる磁歪センサを有する既知のホイートストン・ブリッジを示す。

【図2】本発明の実施形態に従った磁歪センサの形成における準備ステップから生じるパーマロイ(商標)層及びタンタル窒化物(TaN)層を示す。

【図3】本発明の1実施形態に従ったル窒化物エッチに従う磁歪センサを示す。

50

【図 4】本発明の 1 実施形態に従ったパーマロイ（商標）エッチ及びスパッタ窒化物堆積物に従う磁歪センサを示す。

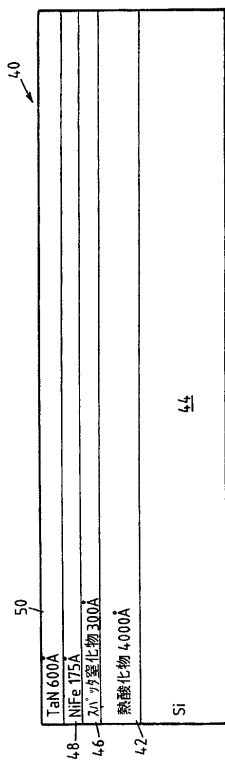
【図 5】本発明の 1 実施形態に従った窒化物エッチに従う磁歪センサを示す。

【図 6】本発明の 1 実施形態に従った電導層の蓄積物に従う磁歪センサを示す。

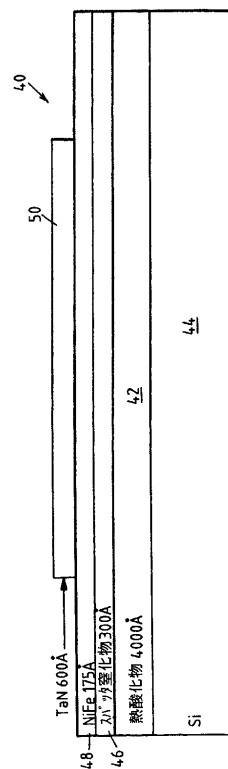
【図 7】本発明の 1 実施形態に従った電導層の選択的なエッチングに従う磁歪センサのバーバー・ポールを示す。

【図 8】従来のプロセスから生じた磁歪センサのバーバー・ポールを示す。

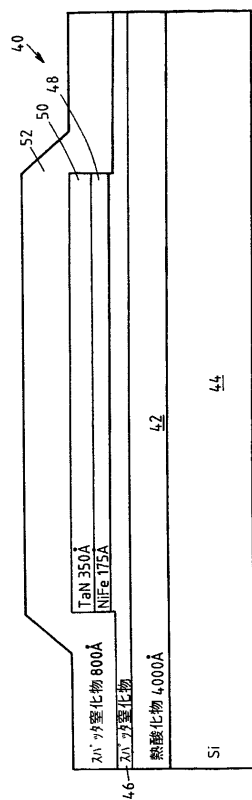
【図 2】



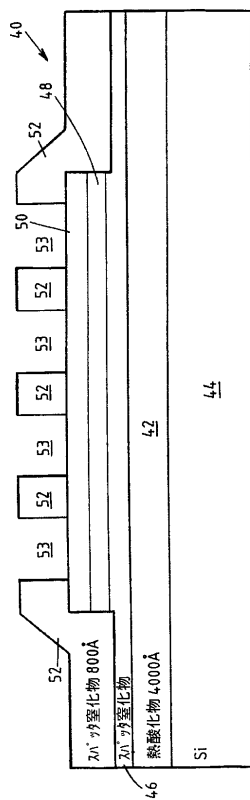
【図 3】



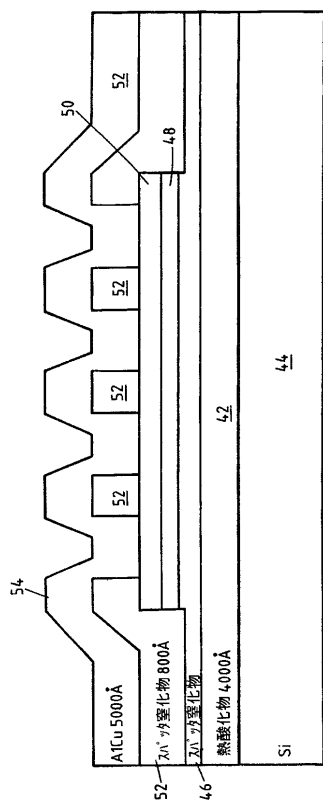
【 図 4 】



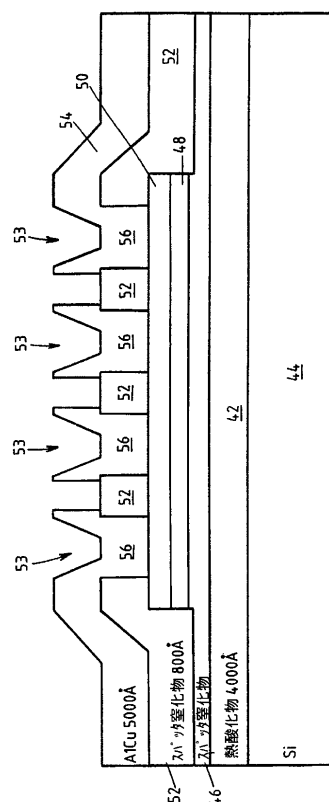
【 図 5 】



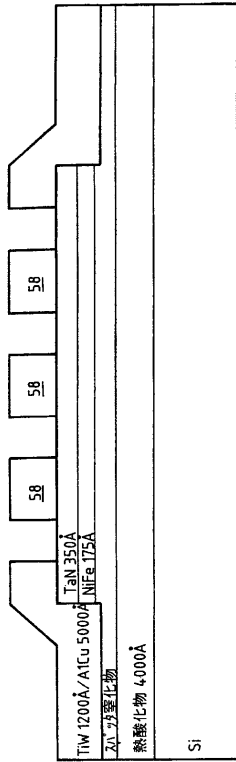
【 図 6 】



【圖 7】



【 図 8 】



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)



PCT

G01R 33/09

(81) **Designated States** (*national*): AU, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GU, IL, IN, ID, IG, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/US02/22626

(22) **International Filing Date:** 16 July 2002 (16.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) **Publication Language:** English

(30) Priority Data:
09/908,834 19 July 2001 (19.07.2001) US

(71) Applicant: HONEYWELL INTERNATIONAL INC.
[US/US]; 101 Columbia Avenue, P.O. Box 2245, Morris-
town, NJ 07960 (US).

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

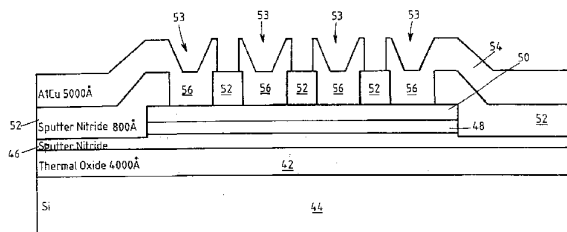
Published:
with international search report

(72) **Inventors:** WITCRAFT, William, F.; 4122 Linden Hills Blvd., Minneapolis, MN 55410 (US). YEH, Tom; 1175 Amble Drive, Arden Hills, MN 55112 (US). NG, Mae, W.; 6826 Langford Drive, Edina, MN 55436 (US). BERG, Lonny; 19402 Lander St. NW, Elk River, MN 55330 (US).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(74) **Agents:** **CRISS, Roger, H.** et al.; Honeywell International Inc., 101 Columbia Avenue, P.O. Box 2245, Morristown, NJ 07960 (US).

(54) Title: BARBER POLE STRUCTURE FOR MAGNETORESTRICTIVE SENSORS



(57) Abstract: A method of making a magnetostrictive sensor (40) involves the deposition of a magnetostrictive strip (42, 46, 48, 50) over a substrate (44), the deposition of an insulating layer (52) over the magnetostrictive strip (42, 46, 48, 50), the etching of a barber pole window (53) through the insulating layer (52) to expose a conductive material (54), the deposition of a conductive material (54) into the barber pole window (53) and into the barber windows (54), and the etching away of the conductive material (54) between the barber pole windows (53) so as to form barber poles (56). In this manner, the formation of the barber poles (56) is controlled by the windows (53) formed in the insulating layer.

WO 03/008987 A1

WO 03/008987

PCT/US02/22626

BARBER POLE STRUCTURE FOR MAGNETORESTRICTIVE SENSORSRelated Application

U.S. Patent Application Serial No. (B10-17305)
5 discloses subject matter which is similar to the subject
matter disclosed herein.

Technical Field of the Invention

The present invention relates in general to
10 magnetic field sensors and, more particularly, to
magnetorestrictive sensors.

Background of the Invention

Magnetorestrictive sensors are typically small
15 and can generally measure magnetic fields on the order of
0.001 gauss to 100 gauss. Also, magnetorestrictive
sensors are able to measure D.C. fields as well as fields
having frequencies up to and exceeding a megahertz.
Accordingly, magnetorestrictive sensors are used in a wide
20 variety of applications such as current sensing, proximity
sensing, etc.

The magnetorestrictive material used in making
magnetorestrictive sensors is a material whose resistance
changes in the presence of a magnetic field. Permalloy,
25 which is a nickle/iron alloy, is such a material and is
often provided as a film for use in magnetorestrictive
sensors. The resistance of the film varies according to
the square of the cosine of the angle between the
magnetization direction and the current direction.

30 The response of a magnetorestrictive material is
measured as $\Delta R/R_N$, where ΔR is the change in resistance of
the magnetorestrictive material and R_N is the nominal
resistance of the magnetorestrictive material. The change

WO 03/008987

PCT/US02/22626

in the resistance ΔR of Permalloy between the point where the magnetization direction is parallel to the current direction and the point where the magnetization direction is perpendicular to the current direction is on the order of 2% of the nominal resistance of the material.

Moreover, the plot of $\Delta R/R_N$ versus the angle between the magnetization direction and the current direction is bell shaped. In order to operate the magnetoresistive material on the linear part of this curve, a bias field is frequently applied to the magnetoresistive sensor. For example, either a solenoid wrapped around the magnetoresistive sensor package or a plurality of thin-film permanent magnets at the end of the magnetoresistive sensor are usually used to bias the magnetoresistive material at this linear portion.

Alternatively, instead of applying a biasing field to the magnetoresistive sensor, it is known to provide the magnetoresistive sensor with conductive barber poles. Unlike the bias field which rotates the magnetization direction with respect to the current direction, barber poles instead rotate the current direction with respect to the magnetization direction.

Magnetoresistive sensors are frequently used in Wheatstone bridges. Thus, each of the four legs of a Wheatstone bridge contains a magnetoresistive sensor. A top view of an exemplary known Wheatstone bridge 10 is shown in Figure 1. The Wheatstone bridge 10 includes four magnetoresistive sensors 12, 14, 16, and 18. The magnetoresistive sensor 12 is formed from a Permalloy film 20 and has a set of barber poles 22 for biasing. The magnetoresistive sensor 14 is formed from a Permalloy film 24 and has a set of barber poles 26 for biasing. The

WO 03/008987

PCT/US02/22626

magnetorestrictive sensor 16 is formed from a Permalloy film 28 and has a set of barber poles 30 for biasing. Finally, the magnetorestrictive sensor 18 is formed from a Permalloy film 32 and has a set of barber poles 34 for

5 biasing.

The nominal resistances of the four legs are ideally identical so that the Wheatstone bridge 10 is balanced and has no output in the absence of a magnetic field. The use of a bias field to operate the

10 magnetorestrictive material forming the magnetorestrictive sensors 12, 14, 16, and 18 in the Wheatstone bridge 10 at the linear portion of the magnetization/current curve does not upset this balance because the resistances of the four sensors change by the same amount in response to the bias

15 field.

The use of barber poles, however, can upset this balance, such as where the barber poles are not uniformly formed over the magnetorestrictive material of the four sensors. As described above, an imbalance causes the

20 bridge to have an output even when no magnetic field is present. This output is usually referred to as offset. Accordingly, it is known to reduce this offset through the use of laser trimming. However, laser trimming adds cost to devices such as Wheatstone bridges which use

25 magnetorestrictive sensors.

The present invention is directed, at least in one embodiment, to an arrangement of barber poles which allows tighter control of offset and, therefore, reduces the need for laser trimming.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

Summary of the Invention

In accordance with one aspect of the present invention, a method of making a magnetorestrictive sensor comprises the following: forming a dielectric over a magnetorestrictive material; forming barber pole windows through the dielectric; and, forming barber poles through the barber pole windows.

In accordance with another aspect of the present invention, a method of making a magnetorestrictive sensor comprises the following: depositing a magnetorestrictive strip over a substrate; depositing an insulating layer over the magnetorestrictive strip; etching barber pole windows through the insulating layer; depositing a conductive material over the insulating layer and into the barber windows; and, etching away the conductive material between the barber pole windows so as to form barber poles.

In accordance with yet another aspect of the present invention, a magnetorestrictive sensor comprises a substrate, a magnetorestrictive strip over the substrate, barber poles of conductive material over the magnetorestrictive strip, and a dielectric between adjacent ones of the barber poles.

Brief Description of the Drawings

These and other features and advantages will become more apparent from a detailed consideration of the invention when taken in conjunction with the drawings in which:

Figure 1 shows a known Wheatstone bridge having magnetorestrictive sensors formed of Permalloy (NiFe) films and barber poles;

WO 03/008987

PCT/US02/22626

Figure 2 shows a Permalloy layer and a Tantalum nitride (TaN) layer resulting from preliminary steps in the formation of a magnetorestrictive sensor according to one embodiment of the present invention;

5 Figure 3 shows the magnetorestrictive sensor following a Tantalum nitride etch according to one embodiment of the present invention;

 Figure 4 shows the magnetorestrictive sensor following a Permalloy etch and a sputter nitride deposition according to one embodiment of the present invention;

10 Figure 5 shows the magnetorestrictive sensor following a nitride etch according to one embodiment of the present invention;

15 Figure 6 shows the magnetorestrictive sensor following deposition of a conductive layer according to one embodiment of the present invention;

 Figure 7 shows the barber poles of the magnetorestrictive sensor following selective etching of the conductive layer according to one embodiment of the present invention; and,

20 Figure 8 shows the barber poles of a magnetorestrictive sensor resulting from conventional processing.

25

Detailed Description

A magnetorestrictive sensor 40 as illustrated in Figure 2 is produced by depositing a thermal oxide layer 42 over a silicon substrate 44. (The view in Figure 2 is a side view of one magnetorestrictive sensor.) The thermal oxide layer 42 is a dielectric layer used to electrically isolate the silicon substrate 44 from the rest of the magnetorestrictive sensor 40 and may have a

WO 03/008987

PCT/US02/22626

thickness of, for example, 4000 Å. A nitride layer 46 is sputtered over the thermal oxide layer 42. The nitride layer 46 may have a thickness of, for example, 300 Å. Over the nitride layer 46 is deposited a Permalloy layer 48 to a thickness, for example, of 175 Å, and a tantalum nitride layer 50 is deposited over the Permalloy layer 48 to a thickness, for example, of 600 Å.

The nitride layer 46 provides an atomically smooth surface for the Permalloy layer 48, and creates a barrier between the thermal oxide layer 42 and the Permalloy layer 48. The tantalum nitride layer 50 provides a good hard etch mask and a good barrier that allows only a small amount of current to flow through it with most of the current flowing through the upper conductive layers of the magnetoresistive sensor 40.

As illustrated in Figure 3, the tantalum nitride layer 50 is selectively etched so that the portions of tantalum nitride layer 50 over the ends of the Permalloy layer 48 are removed. As illustrated in Figure 4, the exposed portions of the Permalloy layer 48 are etched away so that the Permalloy layer 48 is substantially commensurate with the Tantalum nitride layer 50 and so that the exposed portions of the nitride layer 46 are partially etched. Then a dielectric layer 52, such as silicon dioxide or silicon nitride, is sputtered over the tantalum nitride layer 50 and the exposed and partially etched portions of the nitride layer 46. The dielectric layer 52 may have a thickness, for example, of 800 Å.

As shown in Figure 5, the dielectric layer 52 is selectively etched to form windows 53 down to the tantalum nitride layer 50. The pattern of the windows 53, which are formed by the remaining dielectric layer 52, defines

WO 03/008987

PCT/US02/22626

the barber poles that are formed by subsequent processing. As shown in Figure 6, this subsequent processing includes the deposition of a conducting layer 54, such as aluminum copper (AlCu), over the dielectric layer 52 and through the windows 53 in the dielectric layer 52 down to the tantalum nitride layer 50. The conducting layer 54 may have a thickness, for example, of 5000 Å.

Finally, as shown in Figure 7, the conducting layer 54 between the windows is selectively etched to form barber poles 56. Each of the barber poles 56 is insulated from an adjacent barber pole by corresponding portions of the dielectric layer 52. The barber poles 56 may be compared to known barber poles 58 which are shown in Figure 8.

The process of defining the barber poles 56 by use of the windows 53 formed in the dielectric layer 52 allows the shape and size of the barber poles 56 to be controlled better than where the size and shape of the barber poles are controlled by the etching of the barber pole metal itself, as is the case with the magnetorestrictive sensor shown in Figure 8. Accordingly, the present invention leads to tighter control of bridge offset and less reliance on laser trimming. Moreover, the present invention results in better sensor bridge resistance control because the dielectric layer 52 permits better definition of the contact area between the barber pole metal and the Permalloy layer and because the dielectric layer 52 permits smoother barber pole edges.

Certain modifications of the present invention will occur to those practicing in the art of the present invention. For example, the magnetorestrictive sensor 40 is shown with each of the layers 42, 44, 46, 48, 50, 52, and 54. However, one or more of these layers may be

WO 03/008987

PCT/US02/22626

omitted or may be replaced by other layers, and/or
additional layers may be provided.

Accordingly, the description of the present
invention is to be construed as illustrative only and is
5 for the purpose of teaching those skilled in the art the
best mode of carrying out the invention. The details may
be varied substantially without departing from the spirit
of the invention, and the exclusive use of all
modifications which are within the scope of the appended
10 claims is reserved.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method of making a magnetorestrictive sensor comprising:
5 forming a dielectric over a magnetorestrictive material;
forming barber pole windows through the dielectric; and,
forming barber poles through the barber pole
10 windows.
2. The method of claim 1 wherein the magnetorestrictive material comprises Permalloy.
- 15 3. The method of claim 1 wherein the formation of the dielectric comprises depositing the dielectric over the magnetorestrictive material.
- 20 4. The method of claim 3 wherein the formation of the barber pole windows through the dielectric comprises selectively etching the dielectric to form the barber pole windows.
- 25 5. The method of claim 4 wherein the formation of the barber poles comprises depositing conductors through the barber pole windows.
- 30 6. The method of claim 5 wherein the deposition of the conductors through the barber pole windows comprises depositing a conductive material over the dielectric and the barber pole windows and etching the conductive material to separate the barber poles.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

7. The method of claim 1 wherein the formation of the barber pole windows through the dielectric comprises selectively etching the dielectric to form the barber pole windows.

5

8. The method of claim 7 wherein the formation of the barber poles comprises depositing conductors through the barber pole windows.

10

9. The method of claim 8 wherein the deposition of the conductors through the barber pole windows comprises depositing a conductive material over the dielectric and into the barber pole windows and etching the conductive material to separate the barber poles.

15

10. The method of claim 1 wherein the formation of the barber poles comprises depositing conductors through the barber pole windows.

20

11. The method of claim 10 wherein the deposition of the conductors through the barber pole windows comprises depositing a conductive material over the dielectric and into the barber pole windows and etching the conductive material to separate the barber poles.

25

WO 03/008987

PCT/US02/22626

12. The method of claim 1 wherein the formation
of the barber poles comprises depositing a conductive
material over the dielectric and into the barber pole
5 windows and etching the conductive material to separate
the barber poles.

13. A method of making a magnetorestrictive
sensor comprising:
10 depositing a magnetorestrictive strip over a
substrate;
depositing an insulating layer over the
magnetorestrictive strip;
15 etching barber pole windows through the
insulating layer;
depositing a conductive material over the
insulating layer and into the barber windows; and,
etching away the conductive material between the
barber pole windows so as to form barber poles.

20
14. The method of claim 13 wherein the
deposition of the magnetorestrictive strip over the
substrate includes depositing a tantalum nitride strip
over the magnetorestrictive strip, and wherein the
25 deposition of the insulating layer comprises depositing
the insulating layer over the tantalum nitride layer.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

15. The method of claim 14 wherein the
magnetorestrictive strip has ends, wherein the tantalum
strip has ends, wherein the method further comprises
etching away the ends of the tantalum nitride strip and
the magnetorestrictive strip, and wherein the deposition
of the insulating layer comprises depositing the
insulating layer over the tantalum nitride strip and into
areas left by the etching away of the ends of the tantalum
nitride strip.

10

16. The method of claim 15 further comprising
depositing a thermal oxide layer over the silicon
substrate, wherein the deposition of the
magnetorestrictive strip comprises depositing the
magnetorestrictive strip over the thermal oxide layer.

15

17. The method of claim 15 further comprising
depositing a nitride layer over the silicon substrate,
wherein the deposition of the magnetorestrictive strip
comprises depositing the magnetorestrictive strip over the
nitride layer.

20

18. The method of claim 15 further comprising
depositing a thermal oxide layer over the silicon
substrate and depositing a nitride layer over the thermal
oxide layer, wherein the deposition of the
magnetorestrictive strip comprises depositing the
magnetorestrictive strip over the nitride layer.

25

WO 03/008987

PCT/US02/22626

19. The method of claim 13 wherein the
magnetorestrictive strip has ends, wherein the method
further comprises etching away the ends of the
5 magnetorestrictive strip, and wherein the deposition of
the insulating layer comprises depositing the insulating
layer over the magnetorestrictive strip and into areas
left by the etching away of the ends of the
magnetorestrictive strip.

10

20. The method of claim 19 further comprising
depositing a thermal oxide layer over the silicon
substrate, wherein the deposition of the
magnetorestrictive strip comprises depositing the
15 magnetorestrictive strip over the thermal oxide layer.

21. The method of claim 19 further comprising
depositing a nitride layer over the silicon substrate,
wherein the deposition of the magnetorestrictive strip
20 comprises depositing the magnetorestrictive strip over the
nitride layer.

22. The method of claim 19 further comprising
depositing a thermal oxide layer over the silicon
25 substrate and depositing a nitride layer over the thermal
oxide layer, wherein the deposition of the
magnetorestrictive strip comprises depositing the
magnetorestrictive strip over the nitride layer.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

23. The method of claim 13 further comprising
depositing a thermal oxide layer over the silicon
substrate, wherein the deposition of the
5 magnetorestrictive strip comprises depositing the
magnetorestrictive strip over the thermal oxide layer.
24. The method of claim 13 further comprising
depositing a nitride layer over the silicon substrate,
10 wherein the deposition of the magnetorestrictive strip
comprises depositing the magnetorestrictive strip over the
nitride layer.
25. The method of claim 13 further comprising
15 depositing a thermal oxide layer over the silicon
substrate and depositing a nitride layer over the thermal
oxide layer, wherein the deposition of the
magnetorestrictive strip comprises depositing the
magnetorestrictive strip over the nitride layer.
20
26. A magnetorestrictive sensor comprising:
a substrate;
a magnetorestrictive strip over the substrate;
barber poles of conductive material over the
25 magnetorestrictive strip; and,
a dielectric between adjacent ones of the barber
poles.
27. The magnetorestrictive sensor of claim 26
30 further comprising a tantalum nitride strip over the
magnetorestrictive strip, wherein the barber poles are
over the tantalum nitride layer.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

28. The magnetorestrictive sensor of claim 27 wherein the dielectric layer is also over sides of the tantalum nitride strip and the magnetorestrictive strip.

5 29. The magnetorestrictive sensor of claim 28 further comprising a thermal oxide layer between the silicon substrate and the magnetorestrictive strip.

10 30. The magnetorestrictive sensor of claim 28 further comprising a nitride layer between the silicon substrate and the magnetorestrictive strip.

15 31. The magnetorestrictive sensor of claim 28 further comprising a thermal oxide layer over the silicon substrate and a nitride layer between the thermal oxide layer and the magnetorestrictive strip.

20 32. The magnetorestrictive sensor of claim 26 wherein the dielectric layer is also over sides of the magnetorestrictive strip.

25 33. The magnetorestrictive sensor of claim 32 further comprising a thermal oxide layer between the silicon substrate and the magnetorestrictive strip.

 34. The magnetorestrictive sensor of claim 32 further comprising a nitride layer between the silicon substrate and the magnetorestrictive strip.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

35. The magnetorestrictive sensor of claim 32
further comprising a thermal oxide layer over the silicon
substrate and a nitride layer between the thermal oxide
5 layer and the magnetorestrictive strip.

36. The magnetorestrictive sensor of claim 26
further comprising a thermal oxide layer between the
silicon substrate and the magnetorestrictive strip.
10

37. The magnetorestrictive sensor of claim 26
further comprising a nitride layer between the silicon
substrate and the magnetorestrictive strip.

38. The magnetorestrictive sensor of claim 26
further comprising a thermal oxide layer over the silicon
substrate and a nitride layer between the thermal oxide
15 layer and the magnetorestrictive strip.

WO 03/008987

PCT/US02/22626

1 / 6

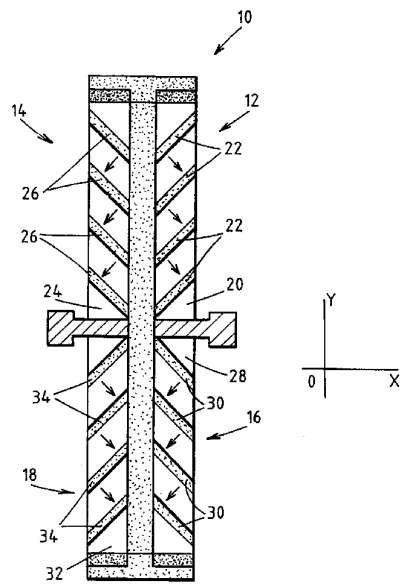
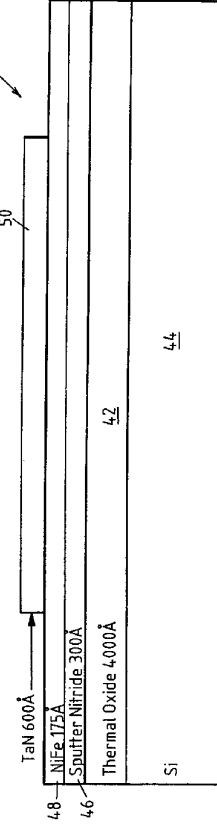
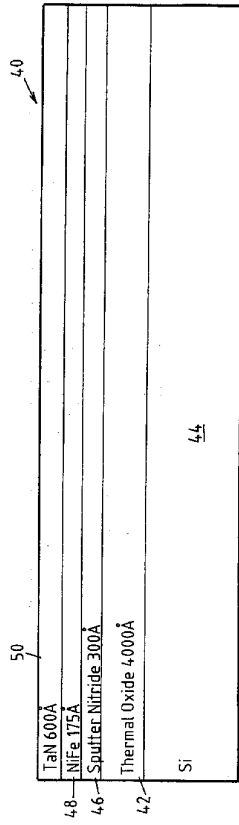
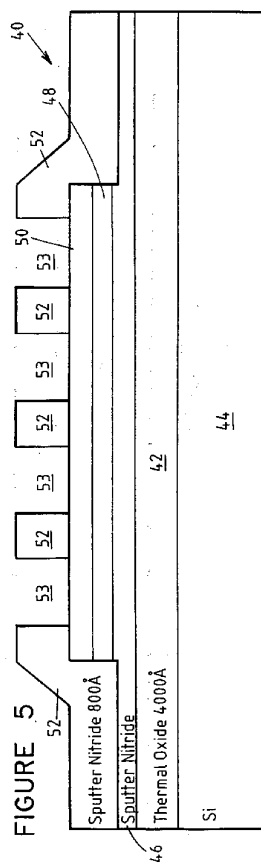
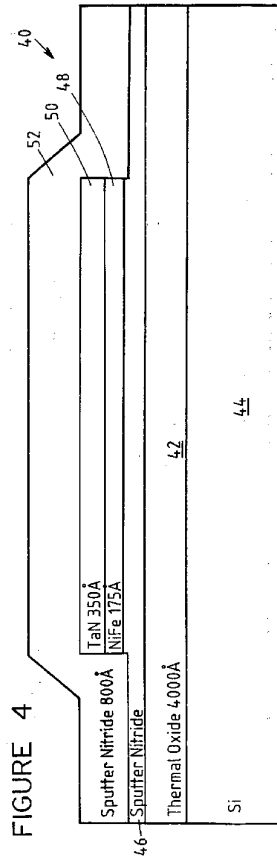


FIGURE 1

2 / 6



3 / 6



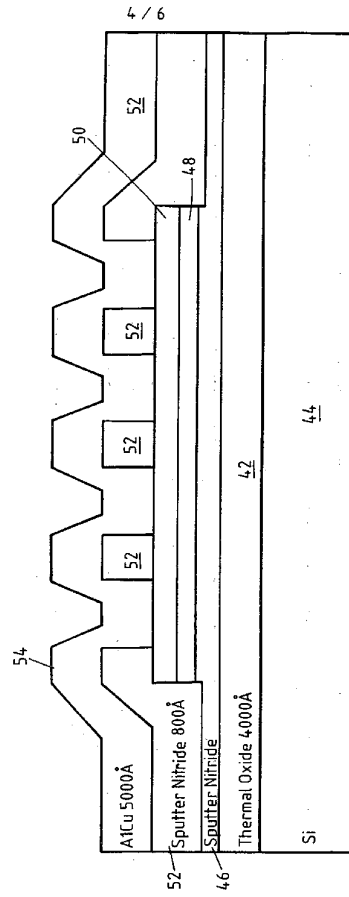


FIGURE 6

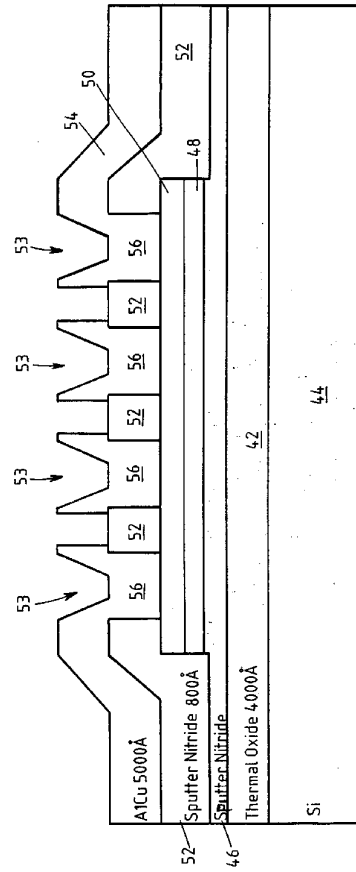


FIGURE 7

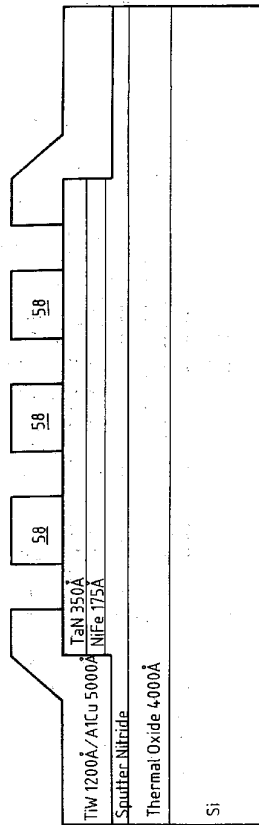


FIGURE 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 02/22626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01R33/09		
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) IPC 7 G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 40 408 A (H SCHIEBEL ELEKTRONISCHE GERÄTE) 12 March 1998 (1998-03-12) column 6, line 63 -column 10, line 25 figures 1-8 ---	1-38
A	US 5 719 494 A (KUNZE JUERGEN ET AL) 17 February 1998 (1998-02-17) column 2, line 38 -column 3, line 46 figures 1-4 ---	1-38
A	ENDO H M ET AL: "Highly sensitive thin film magnetoresistive sensor with good linearity" CONFERENCE PROCEEDINGS ARTICLE , XP010078254 the whole document --- -/--	1-38
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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) "C" 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 "I" 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 "S" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 31 October 2002		Date of mailing of the international search report 07/11/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5816 Patenkäse 2 NL - 2280 LV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Modesto, C

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 02/22626

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LENZ J E ET AL: "A high-sensitivity magnetoresistive sensor" CONFERENCE PROCEEDINGS ARTICLE , XP010000748 the whole document -----	1-38

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 02/22626

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19740408	A	12-03-1998	AT 407803 B 25-06-2001
		DE 19740408 A1 12-03-1998	
		AT 192896 A 15-10-2000	
US 5719494	A	17-02-1998	DE 4436876 A1 18-04-1996
		DE 59509965 D1 31-01-2002	
		EP 0707218 A2 17-04-1996	
		JP 8211138 A 20-08-1996	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100120558

弁理士 住吉 勝彦

(72)発明者 ウィトクラフト,ウィリアム・エフ

アメリカ合衆国ミネソタ州55410,ミネアポリス,リンデン・ヒルズ・ブルヴァード 41
22

(72)発明者 イェー,トム

アメリカ合衆国ミネソタ州55112,アーデン・ヒルズ,アンプル・ドライブ 1175

(72)発明者 ング,メー・ダブリュー

アメリカ合衆国ミネソタ州55436,エディナ,ラングフォード・ドライブ 6826

(72)発明者 バーク,ロニー

アメリカ合衆国ミネソタ州55330,エルク・リバー,ランダー・ストリート・ノースウエスト
19402