

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6496005号
(P6496005)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 33/02 (2006.01)	GO 1 R 33/02 L
GO 1 R 33/09 (2006.01)	GO 1 R 33/09
HO 1 L 43/08 (2006.01)	GO 1 R 33/02 V
	HO 1 L 43/08 Z

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-501453 (P2017-501453)	(73) 特許権者	514116947
(86) (22) 出願日	平成27年3月26日 (2015.3.26)		江▲蘇▼多▲維▼科技有限公司
(65) 公表番号	特表2017-511489 (P2017-511489A)		MULTIDIMENSION TECH
(43) 公表日	平成29年4月20日 (2017.4.20)		NOLOGY CO., LTD.
(86) 国際出願番号	PCT/CN2015/075146		中華人民共和国 215634 江▲蘇▼
(87) 国際公開番号	W02015/144073		省▲張▼家港市保税区▲広▼▲東▼路7号
(87) 国際公開日	平成27年10月1日 (2015.10.1)		E▲棟▼
審査請求日	平成29年10月4日 (2017.10.4)		Building E, No. 7 G
(31) 優先権主張番号	201410123285.8		uangdong Road, Zhan
(32) 優先日	平成26年3月28日 (2014.3.28)		gjiagang Free Trade
(33) 優先権主張国	中国 (CN)		Zone, Jiangsu 2156
			34, China
		(74) 代理人	100166372
			弁理士 山内 博明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モノリシック 3 次元磁界センサ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モノリシック 3 次元磁界センサであって、

当該基板の内部において集積化された X 軸センサ、Y 軸センサ及び Z 軸センサであって、その各々が X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の磁界を検出するためのものを備える X Y 平面内の基板を備え、

前記 X 軸センサ及び前記 Y 軸センサは、それぞれ、参照ブリッジと少なくとも 2 つの磁束ガイドを備え；前記参照ブリッジの参照アームと検出アームは、それぞれ、相互に電気的に接続されている 1 又は 2 以上の同一の磁気抵抗検出素子を備え、前記参照アーム上の前記磁気抵抗検出素子は、前記磁束ガイドの上方又は下方に配置されていて、また、前記磁束ガイドの長手方向に沿って配列されていることにより参照素子列を形成し、前記検出アーム上の前記磁気抵抗検出素子は、隣接する 2 つの前記磁束ガイドの間隔で配置され、また、前記磁束ガイドの長手方向に沿って配列されていることにより、検出素子列を形成し、前記参照素子列と前記検出素子列は、互い違いとなっていて；前記参照素子列の各素子は、前記検出素子列の少なくとも 1 つの素子に隣接していて、前記検出素子列の各素子は、前記参照素子列の少なくとも 1 つの素子に隣接していて、

前記 Y 軸センサ内の素子の配列方向は、前記 X 軸センサ内の対応する素子の配列方向に対して垂直であり、

前記 X 軸センサ内及び前記 Y 軸センサ内の各隣接する 2 つの前記磁束ガイドの間隙における磁界の全ての利得係数 A_{sns} は、 $1 < A_{sns} < 100$ の関係を満たし、前記 X 軸

10

20

センサ内及び前記Ｙ軸センサ内の前記磁束ガイドの上方又は下方における磁界の全ての減衰係数 A_{ref} は、 $0 < A_{ref} < 1$ の関係を満たし、

前記Ｚ軸センサは、プッシュ・プル・ブリッジと少なくとも１つの磁束ガイドを備え、ここで、前記プッシュ・プル・ブリッジのプッシュ・アームとプル・アームは、互い違いであり、その各々は、電氣的に相互に接続された１又は２以上の同一の磁気抵抗検出素子を備え、前記プッシュ・アーム上の磁気抵抗検出素子と前記プル・アーム上の磁気抵抗検出素子は、Ｚ軸センサ内の前記磁束ガイドの長手方向に沿って配置されていて、また、前記Ｚ軸センサ内の前記磁束ガイドの底部又は頂部において２系列をなしてそれぞれ配置されていて、

前記Ｘ軸センサ及び前記Ｚ軸センサは、第１の固定層が阻害温度 T_{B1} の反強磁性層である半導体ウエーハ上に堆積された第１の磁気抵抗物質フィルムの積層物を有し、前記Ｙ軸センサは、第２の固定層が阻害温度 T_{B2} の反強磁性層である半導体ウエーハ上に堆積された第２の磁気抵抗物質フィルムの積層物を有し、前記第１の固定層の磁化方向と第２の固定層の磁化方向とが直行しており、阻害温度 $T_{B1} > 阻害温度 T_{B2}$ であり、外部磁界が存在しないときには、全ての前記磁気抵抗検出素子の無磁化自由層の磁化層の磁化方向は、前記各固定層の磁化方向に対して垂直であり、

Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸は、どの２つの組合せをとっても相互に直交することを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項２】

請求項１に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

前記磁気抵抗検出素子は、ＧＭＲスピン・バルブ素子又はＴＭＲ検出素子であることを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項３】

請求項１に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

前記磁束ガイドは、矩形ストリップの配列であり、磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に対して垂直な方向に沿ったその長さは、前記磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に沿ったその長さよりも長く、前記磁束ガイドは、柔強磁性の合金より成ることを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項４】

請求項１乃至３の何れか１項に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

前記Ｘ軸センサ及び前記Ｙ軸センサの前記検出アーム及び前記参照アームの各々における磁気抵抗検出素子の数は、相互に同一であることを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項５】

請求項１乃至３の何れか１項に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

前記固定層の磁化方向に対して垂直な方向に沿った前記磁気抵抗検出素子の長さは、前記固定層の磁化方向に沿った前記磁気抵抗検出素子の長さよりも長いことを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項６】

請求項１乃至３の何れか１項に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

Ｚ軸センサの隣接する２つの隣接する前記磁束ガイドの間隙 S は、前記Ｚ軸センサの前記磁束ガイドの３方向の寸法の最小値よりも狭くないことを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項７】

請求項１乃至３の何れか１項に記載のモノリシック３次元磁界センサであって、

外部磁界がないときには、前記磁気抵抗検出素子は、無磁化層の磁化方向が、永久磁石バイアス、二重交換相互作用、形状異方性又はこれらの何れかの組合せによる、固定層の磁化方向に対して垂直になることを達成することを特徴とするモノリシック３次元磁界センサ。

【請求項８】

請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のモノリシック 3 次元磁界センサであって、
前記参照ブリッジ及び前記プッシュ・プルブリッジは、共に、ハーフ・ブリッジ、フル・ブリッジ又は擬似ブリッジ構造のものであることを特徴とするモノリシック 3 次元磁界センサ。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のモノリシック 3 次元磁界センサであって、
基板は、その上に置かれる A S I C チップと集積化され、又は、基板は、別個の A S I C チップと電氣的に接続されることを特徴とするモノリシック 3 次元磁界センサ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のモノリシック 3 次元磁界センサであって、
当該モノリシック 3 次元磁界センサが、少なくとも 3 つの結合パッドを備え、又は、前記 X 軸センサ、前記 Y 軸センサ及び前記 Z 軸センサの各々が少なくとも 3 つの貫通シリコン・ビアスを更に備えることを特徴とするモノリシック 3 次元磁界センサ。

【請求項 11】

モノリシック 3 次元線形磁界センサの製造方法であって、
(1) 半導体ウエーハ上に第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物であって、その固定層として阻害温度 T_{B1} の反強磁性層が用いられ、X 軸センサと Z 軸センサを構築するために用いられる第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を堆積させ、前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の磁化方向を設定する工程、又は、半導体ウエーハ上に同様な第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を堆積させ、アニーリングにより前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の磁化方向を設定する工程と、

(2) 前記半導体ウエーハ上の幾つかの領域を選択し、選択された領域において前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を除去する工程と、

(3) 前記半導体ウエーハ上に第 2 の磁気抵抗物質フィルムであって、その固定層として阻害温度 T_{B2} (但し、 $T_{B1} > T_{B2}$) の反強磁性層が用いられ、Y 軸センサを構築するために用いられる第 2 の磁気抵抗物質フィルムを堆積し、前記 X 軸センサと前記 Z 軸センサの前記固定層の磁化方向に平行な方向の外部磁界と T_{B1} よりも高い温度で第 1 の高温アニーリングを実施し、温度を T_{B1} から T_{B2} の間まで下げ、前記外部磁界の方向が Y 軸センサの固定層の磁化方向と同一になるように外部磁界を回転させ、室温まで温度を下げ、前記外部磁界をゼロ磁界になるまで下げる工程と、

(4) 前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムと前記第 2 の磁気抵抗物質フィルムをマスクで覆い、前記第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物と重複している部分を除去する工程と、

(5) 底部電極を構築し、該構築の前に又は後で、同一の構造形成工程で前記 X 軸センサ、前記 Y 軸センサ及び前記 Z 軸センサ内に磁気抵抗検出素子を構築する工程と、

(6) 前記磁気抵抗検出素子の上に絶縁層 I を積層し、リフト・オフ・プロセスを有する自動整列技術又はフォトリソグラフィ・プロセス又はエッチング・プロセスを用いて前記絶縁層 I を通して前記磁気抵抗検出素子の頂部において下方に向かって穴を空けることにより、前記絶縁層 I を介して前記磁気抵抗検出素子の頂部に接触穴を形成する工程と、

(7) 前記磁気抵抗検出素子の上面層に電氣的に接続された上面導電層を堆積し、パターンニング処理により上面電極を形成し、素子間配線をする工程と、

(8) 絶縁層 I I を堆積する工程、又は、絶縁層 I I I を堆積し、前記絶縁層 I I I の上に導電層を堆積することにより電磁コイル層を構築し、前記電磁コイル層の上面に絶縁層 I V を堆積する工程と、

(9) 前記絶縁層 I I 又は絶縁層 I V の上に複数の磁束ガイドを同一の軟強磁性物質を用いて同時に形成する工程と、

(10) 全ての前記磁束ガイドの上方に保護層を堆積し、前記保護層をエッチングし、前記上面導電体と前記底面電極に対応する位置にビアスを空け、センサ・チップに接続される結合パッドを形成する工程；又は、

全ての前記磁束ガイドの上方に保護層を堆積し、前記保護層をエッチングし、前記上面

10

20

30

40

50

電極と前記底面電極に対応する位置にビアスを空け、センサチップに接続される結合用パッドを形成し、前記結合用パッド頂部に導電性金属をスパッタ蒸着又は電気めっきする工程と、

を有することを特徴とするモノリシック３次元線形磁界センサの製造方法。

【請求項１２】

請求項１１に記載のモノリシック３次元線形磁界センサの製造方法であって、

前記半導体ウエーハは、集積回路がドーブされているシリコン・ウエーハ、化学的機械的研磨されるシリコン・ウエーハ、又は、保護膜が被さった平坦な表面を持つブランク・シリコン・ウエーハであることを特徴とするモノリシック３次元線形磁界センサの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、磁界センサの技術分野に関するものであり、特に、モノリシック３次元磁界センサとその製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

磁界センサ技術の発達に伴い、磁界センサは、初期の１次元元磁界センサからその後の２次元磁界センサ、更にその後の３次元磁界センサまで開発されてきており、これらが空間内において包括的にＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸の３方向の磁界信号を検出できるようになっている。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

A M R、G M R及びT M Rといった磁界センサについていえば、磁界の検出方向は、薄膜平面内にあるため、平面内におけるＸ軸及びＹ軸の磁界成分の測定は、２つのセンサを直交させることにより実施することもでき、これにより、ＸＹ２次元磁界テストシステムを実施することができる。しかしながら、Ｚ軸の磁界成分についていえば、解決方法は、独立した１軸の平面磁界センサを２軸平面センサ上に垂直に立てることである。この例は、中国特許出願２０１１１０２５１９０２．９に「３次元磁界センサ」という表題で開示されている３次元磁界センサである。しかし、この方法には、次に述べる欠点がある：

30

１）Ｘ、Ｙの２軸磁界センサとＺの１軸は、実装される前は、別々の素子であるので、３軸の磁界センサを統合的に製造することができず、従って、製造工程の複雑性が増加する。

【０００４】

２）統合的な製造システムと比較して、組立てることにより製造された３軸磁界センサシステムにおける素子の位置精度が低く、これにより、センサの測定精度が影響される。

【０００５】

３）Ｚの単軸磁界センサの検出方向は、Ｘ、Ｙの２軸磁界センサに垂直であるので、３軸磁界センサのＺ軸方向の寸法が増大してしまう。よって、装置のサイズが増大してしまう、また、包装における困難性も増大してしまう。

40

【０００６】

もう一つの解決策は、「３軸磁界センサ」という表題のC N U - 2 0 2 5 4 8 3 0 8に開示されているような、Ｚ方向の磁気信号を検出するための磁界センサユニットを配置するために傾斜を用いることである。

【０００７】

しかしながら、この構造においてセンサ内に傾斜を形成するための角度を制御することは困難であり、傾斜に磁気抵抗薄膜を積層する工程においてシャドウイング効果が発生し易い。従って、磁界センサ素子の性能が落ちてしまう。更には、Ｚ軸方向の磁気信号を計算するためにアルゴリズムが必要となる。

50

【 0 0 0 8 】

もう一つの解決策は、「三次元デジタルコンパス」という表題の中国特許出願 2 0 1 3 1 0 2 0 2 8 0 1 . 1 に開示されている解決策であり、これにおいては、磁界におかれた磁束凝縮器の歪関数を用いることにより、平面に垂直な Z 軸方向の磁界成分を X Y 平面の磁界成分に変換する。これにより、Z 軸方向における磁気信号の測定を実施する。しかしながら、この構成における磁界センサは、X、Y、Z 軸の 3 次元における磁気信号を得るためには、A S I C チップ又はアルゴリズムを用いた計算を必要とする。

【 0 0 0 9 】

現在において、三次元磁界センサは、主に、基板の基板層をエッチングすることにより傾斜を形成し、その傾斜に磁気抵抗物質フィルムを積層することを 2 層分行う方法により製造される。例えば、「三次元磁界センサ」という表題の C N U - 2 0 2 5 4 8 3 0 8 は、ウェーハの基板層をエッチングすることにより 2 つの傾斜を形成する工程と、その 2 つの傾斜の各々に磁気抵抗物質フィルムを二重に積層する工程と、アニーリングを二重に行う工程を本質的に備え、これにより、X Z 方向の検出ユニットと Y Z 方向に検出ユニットが製造される。ヨーロッパ特許 E P 2 2 6 7 4 7 0 B 1 には、三次元センサを製造する方法が開示されており、これにおいては、傾斜を形成するために基板がエッチングされ、Z 軸方向の磁界成分を測定するために検出ユニットがスロープ状に形成される。これらの 2 つの特許においては、エッチングされた傾斜の程度を制御することは困難であり、また、磁気抵抗物質フィルムをスロープに積層することが困難である。従って、実施困難である。

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するため、本発明は、モノリシック三次元磁界センサとそれを製造するための方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

このモノリシック 3 次元磁界センサは、アルゴリズムの計算を実行することなしに、直接的に X、Y 及び Z の 3 方向における磁界信号を出力することができる。更に、この製造方法は、傾斜を形成するため溝を形成する必要がなく、また、この 3 次元磁界センサは、2 重積層により直接的に取得することができる。その 2 重積層においては、X 軸センサと Y 軸センサは、相互に直交し、また、それらの内部に構成されている磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向も相互に直交する。

【 0 0 1 2 】

モノリシック 3 次元磁界センサは、

当該基板の内部において集積化された X 軸センサ、Y 軸センサ及び Z 軸センサであって、その各々が X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の磁界を検出するためのものを備える X Y 平面内の基板を備え、

前記 X 軸センサ及び前記 Y 軸センサは、それぞれ、参照ブリッジと少なくとも 2 つの磁束ガイドを備え；前記参照ブリッジの参照アームと検出アームは、それぞれ、相互に電氣的に接続されている 1 又は 2 以上の同一の磁気抵抗検出素子を備え、前記参照アーム上の前記磁気抵抗検出素子は、前記磁束ガイドの上方又は下方に配置されていて、また、前記磁束ガイドの長手方向に沿って配列されていることにより参照素子列を形成し、前記検出アーム上の前記磁気抵抗検出素子は、隣接する 2 つの前記磁束ガイドの間隔で配置され、また、前記磁束ガイドの長手方向に沿って配列されていることにより、検出素子列を形成し、前記参照素子列と前記検出素子列は、互い違いとなっていて、前記参照素子列の各素子は、前記検出素子列の少なくとも 1 つの素子に隣接して；前記検出素子列の各素子は、前記参照素子列の少なくとも 1 つの素子に隣接して、

前記 Y 軸センサ内の素子の配列方向は、前記 X 軸センサ内の対応する素子の配列方向に対して垂直であり、

前記 X 軸センサ内及び前記 Y 軸センサ内の各隣接する 2 つの前記磁束ガイドの間隙における磁界の全ての利得係数 A_{sn} は、 $1 < A_{sn} < 100$ の関係を満たし、前記 X 軸

10

20

30

40

50

センサ内及び前記 Y 軸センサ内の前記磁束ガイドの上方又は下方における磁界の全ての減衰係数 A_{ref} は、 $0 < A_{ref} < 1$ の関係を満たし、

前記 Z 軸センサは、プッシュ・プル・ブリッジと少なくとも 1 つの磁束ガイドを備え、ここで、前記プッシュ・プル・ブリッジのプッシュ・アームとプル・アームは、互い違いであり、その各々は、電氣的に相互に接続された 1 又は 2 以上の同一の磁気抵抗検出素子を備え、前記プッシュ・アーム上の磁気抵抗検出素子と前記プル・アーム上の磁気抵抗検出素子は、Z 軸センサ内の前記磁束ガイドの長手方向に沿って配置されていて、また、前記 Z 軸センサ内の前記磁束ガイドの底部又は頂部において 2 系列をなしてそれぞれ配置されていて、

前記 X 軸センサ及び前記 Y 軸センサの前記磁気抵抗検出素子の固定層は、異なった材質により成り、前記固定層の磁化方向は、相互に垂直であり、前記 Z 軸センサと前記 X 軸センサの固定層の磁化方向は同一であり、外部磁界が存在しないときには、全ての前記磁気抵抗検出素子の無磁化層の磁化方向は、前記固定層の磁化方向に対して垂直であり、

X 軸、Y 軸及び Z 軸は、どの 2 つの組合せをとっても相互に直交するものである。

【0013】

好ましくは、磁気抵抗検出素子は、GMR スピン・バルブ素子又は TMR 検出素子である。

【0014】

好ましくは、磁束ガイドは、矩形ストリップの配列であり、磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に対して垂直な方向に沿った、その長さは、磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に沿った、その長さよりも長く、磁束ガイドは、柔強磁性の合金より成る。

【0015】

好ましくは、X 軸センサ及び Y 軸センサの検出アーム及び参照アームの各々における磁気抵抗検出素子の数は、相互に同一である。

【0016】

好ましくは、固定層の磁化方向に対して垂直な方向に沿った磁気抵抗検出素子の長さは、固定層の磁化方向に沿った磁気抵抗検出素子の長さよりも長い。

【0017】

好ましくは、Z 軸センサの隣接する 2 つの隣接する前記磁束ガイドの間隙 S は、前記 Z 軸センサの前記磁束ガイドの 3 方向の寸法の最小値よりも狭くない。

【0018】

好ましくは、外部磁界がないときには、前記磁気抵抗検出素子は、無磁化層の磁化方向が、永久磁石バイアス、二重交換相互作用、形状異方性又はこれらの何れかの組合せによる、固定層の磁化方向に対して垂直になることを達成する。

【0019】

好ましくは、参照ブリッジ及びプッシュ・プルブリッジは、共に、ハーフ・ブリッジ、フル・ブリッジ又は擬似ブリッジ構造のものである。

【0020】

好ましくは、基板は、その上に置かれる ASIC チップと集積化され、又は、基板は、別個の ASIC チップと電氣的に接続される。

【0021】

好ましくは、当該モノリシック 3 次元磁界センサが、少なくとも 3 つの結合パッドを備え、又は、前記 X 軸センサ、前記 Y 軸センサ及び前記 Z 軸センサの各々が少なくとも 3 つの貫通シリコン・ビアスを持つ。

【0022】

本発明は、モノリシック 3 次元線形磁界センサの製造方法であって、

(1) 半導体ウエーハ上に第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物であって、その固定層として阻害温度 T_{B1} の反強磁性層が用いられ、X 軸センサと Z 軸センサを構築するために用いられる第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を堆積させ、前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の磁化方向を設定する工程、又は、半導体ウエーハ上に同様な第 1 の磁

10

20

30

40

50

気抵抗物質フィルムの積層物を堆積させ、アニーリングにより前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の磁化方向を設定する工程と、

(2) 前記半導体ウエーハ上の幾つかの領域を選択し、選択された領域において前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を除去する工程と、

(3) 前記半導体ウエーハ上に第 2 の磁気抵抗物質フィルムであって、その固定層として阻害温度 T_{B2} (但し、 $T_{B1} > T_{B2}$) の反強磁性層が用いられ、Y 軸センサを構築するために用いられる第 2 の磁気抵抗物質フィルムを堆積し、前記 X 軸センサと前記 Z 軸センサの前記固定層の磁化方向に平行な方向の外部磁界と T_{B1} よりも高い温度で第 1 の高温アニーリングを実施し、温度を T_{B1} から T_{B2} の間まで下げ、前記外部磁界の方向が Y 軸センサの固定層の磁化方向と同一になるように外部磁界を回転させ、室温まで温度を下げ、前記外部磁界をゼロ磁界になるまで下げる工程と、

10

(4) 前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムと前記第 2 の磁気抵抗物質フィルムをマスクで覆い、前記第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物と重複している部分を除去する工程と、

(5) 底部電極を構築し、該構築の前に又は後で、同一の構造形成工程で前記 X 軸センサ、前記 Y 軸センサ及び前記 Z 軸センサ内に磁気抵抗検出素子を構築する工程と、

(6) 前記磁気抵抗検出素子の上に絶縁層 I を積層し、リフト・オフ・プロセスを有する自動整列技術又はフォトリソグラフィ・プロセス又はエッチング・プロセスを用いて前記絶縁層 I を通して前記磁気抵抗検出素子の頂部において下方に向かって穴を空けることにより、前記絶縁層 I を介して前記磁気抵抗検出素子の頂部に接触穴を形成する工程と、

20

(7) 前記磁気抵抗検出素子の上面層に電氣的に接続された上面導電層を堆積し、パターンニング処理により上面電極を形成し、素子間配線をする工程と、

(8) 絶縁層 I I を堆積する工程、又は、絶縁層 I I I を堆積し、前記絶縁層 I I I の上に導電層を堆積することにより電磁コイル層を構築し、前記電磁コイル層の上面に絶縁層 I V を堆積する工程と、

(9) 前記絶縁層 I I 又は絶縁層 I V の上に複数の磁束ガイドを同一の軟強磁性物質を用いて同時に形成する工程と、

(10) 全ての前記磁束ガイドの上方に保護層を堆積し、前記保護層をエッチングし、前記上面導電体と前記底面電極に対応する位置にビアスを空け、センサ・チップに接続される結合パッドを形成する工程；又は、

30

全ての前記磁束ガイドの上方に保護層を堆積し、前記保護層をエッチングし、前記上面電極と前記底面電極に対応する位置にビアスを空け、センサチップに接続される結合用パッドを形成し、前記結合用パッド頂部に導電性金属をスパッタ蒸着又は電気めっきする工程と、

を有することを特徴とするモノリシック 3 次元線形磁界センサの製造方法を提供する。

【0023】

好ましくは、半導体ウエーハは、集積回路がドーブされているシリコン・ウエーハ、化学的機械的研磨されるシリコン・ウエーハ、又は、保護膜が被さった平坦な表面を持つブランク・シリコン・ウエーハである。

【0024】

40

本発明の実施例におけるこの技術における技術的解決をより明確に記述するために、実施例においてこの技術で用いられる必要がある添付図面を簡単に説明する。明らかに、以下に続く添付図面は、本発明の単なる例示に過ぎず、当業者は、いかなる創造的な作業をしなくても添付図面に従って更なる添付図面を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明によるモノリシック 3 次元磁界センサの模式的構造図である。

【図 2】本発明によるモノリシック 3 次元磁界センサのデジタル信号処理回路の模式図である。

【図 3】X 軸センサ及び Y 軸センサの模式的構造図である。

50

【図 4】X 軸センサ内の磁気抵抗素子周辺の磁界分布の図である。

【図 5】X 軸センサ内の M T J 素子の位置と検出された磁界の強度の関係曲線の図である。

【図 6】X 軸センサの反応曲線の図である。

【図 7】X 軸センサの模式的回路図である。

【図 8】Z 軸センサの模式的構造図である。

【図 9】Z 方向の磁界における Z 軸センサの磁束ガイド周辺における磁界分布の図である。

【図 10】Z 軸センサの模式的回路図である。

【図 11】X 方向磁界内における Z 軸センサの磁束ガイド周辺における磁界分布の図である。 10

【図 12】Y 軸方向磁界内における Z 軸センサの磁束ガイド周辺における磁界分布の模式的図である。

【図 13】Z 軸センサの反応曲線である。

【図 14】本発明におけるモノリシック 3 次元磁界センサの製造方法の模式的フローチャートである。

【図 15】ウエーハの二重堆積後の X 軸センサ、Y 軸センサ及び Z 軸センサ上の固定層の磁化方向の模式的図である。

【図 16】製造されたモノリシック 3 次元磁界センサの模式的断面図である。

【図 17】ウエーハ切断工程の前におけるウエーハ上の 3 次元磁界センサの構造的配置の模式的図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、添付図面を参照し、また、実施例を交えて、本発明を詳細に説明する。

【実施例 1】

【0027】

図 1 は、本発明によるモノリシック 3 次元磁界センサの X Y 平面の模式的構造図である。

【0028】

このセンサは、基板 1 を備える。当該基板 1 においては、X 軸センサ 3、Y 軸センサ 4、Z 軸センサ 5 及び複数の入出力用の結合パッド 2 が集約されており、また、X 軸センサ 3 と Y 軸センサ 4 は、同一の構造を有するが、配置方向が異なり、相互に直交する。 30

【0029】

図 1 において、X 軸センサ 3 の要素は、長手方向に配置されていて、Y 軸センサ 4 の要素は、横方向に配置されているが、X 軸センサ 3 の要素が、横方向に配置されていて、Y 軸センサ 4 の要素が、長手方向に配置されていてもよい。

【0030】

X 軸センサ 3 は、複数の検出素子列 11、複数の参照素子列 12 及び複数の X 磁束ガイド 8 を備え、Y 軸センサ 4 は、複数の検出素子列 13、複数の参照素子列 14 及び複数の Y 磁束ガイド 9 を備える。ここで、複数の参照素子列 12、14 の各々は、それぞれ、X 磁束ガイド 8 の下、Y 磁束ガイド 9 の下に配置される。また、検出素子列 11、13 は、それぞれ、2 つの隣接した X 磁束ガイド 8 の間、2 つの隣接した Y 磁束ガイド 9 の間に配置される。更に、検出素子列 11、13 及び参照素子列 12、14 は、それぞれ、1 又は 2 以上の同一の磁気抵抗検出素子を電氣的に接続することにより形成される。 40

【0031】

Z 軸センサ 5 は、Z 磁束ガイド 10 及び磁気抵抗検出素子 15、16 を備える。ここで、磁気抵抗検出素子 15、16 は、それぞれ、列状に電氣的に接続されていて、Z 磁束ガイド 10 の底部において 2 系列をなして配置されている。

【0032】

更に、参照素子列 12、14 を形成している磁気抵抗検出素子は、それぞれ、X 磁束ガ 50

イド 8 の上方、Y 磁束ガイド 9 の上方に配置されていてもよく、この点からみると、Z 軸センサ内の磁気抵抗検出素子 15、16 は、Z 磁束ガイド 10 の頂部において 2 系列をなして配置されていてもよい。

【0033】

全ての磁気抵抗検出素子は、GMR スピンバルブ又は TMR 検出素子であり、また、これらは、正方形、菱形又は楕円形に形成されていてもよいし、他の形状に形成されていてもよい。X 軸センサ 3 の磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向 6 と、Z 軸センサ 5 の磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向 6 は、同一であり、共に、X 軸に沿っているが、X 軸センサ 3 の磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向 6 と、Y 軸センサ 4 の磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向 7 は、相互に直交する。外部磁界が無いときは、磁気抵抗検出素子は、永久磁化バイアス、二重交換相互作用若しくは形状的な異方性又はこれらの組合せにより、固定層の磁化方向に対して直交する無磁化層の磁化方向を達成する。全ての磁束ガイドは、それぞれ、矩形ストリップの配列であり、磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に対して垂直な方向に沿ったその長さは、磁気抵抗検出素子の固定層の磁化方向に沿ったその長さよりも長く、全ての磁束ガイドは、柔強磁性の合金より成る。ここで、合金は、Ni、Fe、Co、Si、B、Ni、Zr 又は Al のうちの 1 又は 2 以上の要素を含んでいてもよいし、そうでなくてもよい。基板 1 は、ASIC を備えていてもよいし、追加された別個の ASIC に電氣的に接続されていてもよいが、ASIC は、図面には示されていない。この例においては、モノリシック 3 次元線形磁界センサは、結合パッドのワイヤ結合を用いることにより、パッケージ化されているが、貫通シリコン・ピアス、フリップ・チップ、ボール・グリッド・アレイ (BGA)、ウエハー・レベル・パッケージ (WLP) 及びチップ・オン・ボード (COB) のような技術を用いることにより、パッケージ化されてもよい。

【0034】

図 2 は、モノリシック 3 次元線形磁界センサのデジタル信号処理回路の模式図である。X 軸センサ 3、Y 軸センサ 4 及び Z 軸センサ 5 により検出される磁気信号は、デジタル信号処理回路 50 内の ADC 41 を用いることによりアナログからデジタルに変換され、変換後のデジタル信号は、データ・プロセッサ 42 に送信され、そこで処理された信号は、I/O により外部に出力される。これにより、外部磁界の測定が実施される。デジタル信号処理回路 50 は、基板 1、他のアナログ ASIC チップ、基板 1 に電氣的に接続された ASIC チップに載置されてもよい。

【0035】

図 3 は、図 1 に示す X 軸センサの模式的構造図である。X 軸センサは、参照完全ブリッジ構成のものであり、参照アーム、検出アームを備える。参照アームは、X 磁束ガイドの下に配置された複数の参照素子列 12 を備え、検出アームは、X 磁束ガイドのギャップ 9 に配置された複数の検出素子列 11 を備える。検出素子列 11 と参照素子列 12 は、両者間で互い違いに、そして、それぞれが、X 磁束ガイドの長軸方向に沿って配置される。ここで、参照素子列 12 の各素子は、少なくとも 1 つの検出素子列 11 に隣接していて、検出素子列 11 の各素子は、少なくとも 1 つの参照素子列 12 にしている。検出素子列 11 の各素子は、参照素子列 12 のうちの隣接する 1 つの素子から間隔 L だけ離間している。ここで、間隔 L は、非常に狭く、好ましくは 20 乃至 100 ミクロンである。検出アーム、参照アーム及び結合パッド 17 乃至 20 は、電氣的結合導体 21 により接続されていてもよい。結合パッド 17 乃至 20 は、それぞれ、入力端部 V_{bias} 、接地端部 GND 及び出力端部 V1、V2 として用いられ、図 1 における左端の 4 つの結合パッドに対応する。

【0036】

図 4 は、図 3 における検出素子群 11 と参照素子群 12 の周辺の磁界分布を示す。X 磁束ガイド 8 のギャップにおいて検出素子群 11 により検出される磁界強度が増加していることと、X 磁束ガイド 8 の下方に配置される参照素子群 12 により検出される磁界強度が減少していることとが図面よりがわかり、従って、X 磁束ガイド 8 が、磁界を減衰させる

役割を務めていることは明白である。

【 0 0 3 7 】

図 5 は、図 3 における検出素子列 1 1 及び参照素子列 1 2 の位置と、検出された磁界強度の関係曲線である。ここで、 B_{sns} 3 4 は、検出素子列 1 1 により検出された磁界強度を示し、 B_{ref} 3 5 は、参照素子列 1 2 により検出された磁界強度を示し、外部磁界強度 B_{ext} は、1 0 0 G である。この図面より、 B_{sns} は 1 6 0 G であり、 B_{ref} は 2 5 G であることを得ることができる。対応する増幅係数 A_{sns} の大きさと、対応する減衰係数 A_{ref} の大きさは、次の式 (1)、(2) により得ることができる。

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$B_{sns} = A_{sns} * B_{ext} \quad (1)$$

$$B_{ref} = A_{ref} * B_{ext} \quad (2)$$

図 6 は、図 3 における X 軸センサの出力電圧と外部磁界の関係曲線である。X 軸センサは、X 軸方向の磁界成分のみを検出することができ、出力電圧 V_x 3 6 は、Y 軸方向及び Z 軸方向の磁界成分には反応しないこと、電圧 V_y 3 7、 V_z 3 8 は共にゼロであること、 V_x 3 6 は、原点 0 に関して対称であることが図面よりわかる。

【 0 0 3 9 】

図 7 は、図 3 の X 軸センサの回路図である。この図面において、2 つの検出アーム 5 2、5 2' と 2 つの参照アーム 5 3、5 3' が、完全ブリッジを形成するように間隔をおいて接続されていることがわかり、完全ブリッジの出力電圧は、下式の通りである。

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$\begin{aligned} V \\ &= V1 - V2 \\ &= \frac{R_{sns}}{R_{sns} + R_{ref}} V_{bias} - \frac{R_{ref}}{R_{sns} + R_{ref}} V_{bias} \\ &= \frac{(A_{sns} - A_{ref}) \left(\frac{\Delta R}{\Delta B} \right) B}{2R_L + (A_{sns} + A_{ref}) \left(\frac{\Delta R}{\Delta B} \right) B} V_{bias} \\ &\dots \quad (3) \end{aligned}$$

従って、X 軸センサの感度は、次のように表せる。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

【数 3】

$$\frac{V}{V_{bias}} = \frac{(A_{sns} - A_{ref}) \left(\frac{\Delta R}{\Delta B} \right) B}{2R_L + (A_{sns} + A_{ref}) \left(\frac{\Delta R}{\Delta B} \right) B} \dots (4)$$

10

非常に弱い磁界に対しては、つまり、磁界強度 B が非常に小さければ、上記の式 (4) を、次の近似式で表すことができる。

【0042】

【数 4】

$$\frac{V}{V_{bias}} \approx \frac{(A_{sns} - A_{ref}) \left(\frac{\Delta R}{\Delta B} \right) B}{2R_L} \dots (5)$$

20

Y 軸センサ 4 は、X 軸センサ 3 と同一の構造のものであり、従って、この動作原理、周辺磁界分布、反応曲線は、全て、X 軸センサ 3 のものと同一であるので重複する説明を省略する。

【0043】

図 8 は、Z 軸センサの模式的構造図である。Z 軸センサは、プッシュ・プル完全ブリッジ構造のものである。Z 軸センサは、複数の磁気抵抗検出素子 15、16、複数の Z 磁束ガイド 10、電気的接続導体 27 及び結合パッド 28 乃至 31 を備える。ここで、結合パッド 28 乃至 31 は、それぞれ、電源供給端部 V_{Bias} 、接地端部 GND 及び電圧出力端部 $V+$ 、 $V-$ として用いられ、図 1 に示す結合パッド 2 における右端の 4 つの結合パッドに対応する。全ての磁気抵抗検出素子 15 は、完全ブリッジのプッシュ・アームを形成するために電気的に相互に接続されていて、全ての磁気抵抗検出素子 16 は、完全ブリッジのプル・アームを形成するために電気的に相互に接続されている。プッシュ・アームは、プル・アームから離間するように配列されていて、プッシュ・アーム、プル・アーム及び結合パッド 28 乃至 31 は、プッシュ・プル完全ブリッジを形成するために電気的結合導体 27 を介して接続されている。磁気抵抗検出素子 15、16 は、Z 磁束ガイド 10 の長さ方向に沿って配列されている。図 8 において、磁気抵抗検出素子 15、16 は、列をなしている Z 磁束ガイド 10 の底面において 2 系列に配列されている。プッシュ・アーム磁気抵抗検出素子 15 の列と、プル・アーム磁気抵抗検出素子 16 の列は、各 Z 磁束ガイド 10 (最上端、最下端及び中央のものを除く。) の底部において 2 系列をなして配列されていて、もしも必要ならば、磁気抵抗検出素子 15、16 は、3 つの Z 磁束ガイド 10 の下方に配列されてもよい。

30

40

【0044】

図 9 は、Z 軸方向の外部磁界 106 下における Z 軸センサの磁場分布図である。図における磁力線の分布より、外部磁界が Z 磁束ガイド 10 の近傍で歪んでいることがわかる。従って、X 軸方向の磁界成分が生成され、Z 磁束ガイド 10 の下方にある磁気抵抗素子 15、16 が丁度この成分を検出することができるが、これらの素子により検出される磁界成分の方向 107、108 が相互に反対方向であることがわかる。与えられた外部磁界の強度は、検出された X 軸磁界成分から知ることができる。

50

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は、Z 軸センサの模式的回路図である。幾つかの磁気抵抗検出素子 1 5 は、等価磁気抵抗素子 R 2、R 2' を形成するために電氣的に接続されている。また、幾つかの磁気抵抗検出素子 1 6 は、等価磁気抵抗素子 R 3、R 3' を形成するために電氣的に接続されている。そして、これらの 4 つの磁気抵抗素子は、完全ブリッジを形成するため接続されている。Z 軸方向の外部磁界が与えられた時には、変化状況が磁気抵抗素子 R 2、R 2' と磁気抵抗素子 R 3、R 3' 間では、相互に反対であり、従って、プッシュ・プル出力を形成する。一般的に、R 2' = R 2、R 3' = R 3 である。図 1 0 より、この回路の出力電圧は、次の通りである。

【 0 0 4 6 】

10

【 数 5 】

$$V_{out} = V_+ - V_- = \frac{R2-R3}{R2+R3} V_{Bias} \quad (9)$$

この式における感度は、次の通りである。

【 0 0 4 7 】

【 数 6 】

$$\frac{V_{out}}{V_{Bias}} = \frac{R2-R3}{R2+R3} \quad (10)$$

20

図 1 1 は、X 軸方向の外部磁界 1 0 0 下における Z 軸センサ近傍における磁界分布図である。この図より、磁気抵抗検出素子 1 5 により検出される磁界と磁気抵抗検出素子 1 6 により検出される磁界が同じであることがわかる。従って、変化状況が磁気抵抗素子 R 2、R 2' と磁気抵抗素子 R 3、R 3' 間では、同一であり、従って、プッシュ・プル出力が形成されず、センサは反応しないことになる。

【 0 0 4 8 】

図 1 2 は、Y 軸方向の外部磁界 1 0 1 下における Z 軸センサの磁界分布図である。この図より、Z 磁束ガイド 1 0 が Y 軸方向の外部磁界を完全に遮蔽するため、磁気抵抗素子 1 5、1 6 が Y 軸方向の磁界に反応しない。

30

【 0 0 4 9 】

図 1 3 は、Z 軸センサの出力電圧と外部磁界の関係曲線である。この図より、Z 軸センサが Z 軸方向の磁界成分のみを検出することができると、出力電圧 V z 3 8 が X 軸方向と Y 軸方向の磁界成分には反応しないことと、電圧 V x 3 6、V y 3 7 が共にゼロであることと、電圧 V z 3 8 が原点 0 について対称であることがわかる。

【 0 0 5 0 】

上記は、X 軸センサ、Y 軸センサ及び Z 軸センサのブリッジが完全ブリッジであるときの状況を説明したものである。半ブリッジと擬似ブリッジについては、動作原理がこれと同一であるので、重複する説明を省略する。上記で得られた結論は、半ブリッジ構造と擬似ブリッジ構造におけるモノリシック 3 軸線形磁界センサにも適用できる。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 5 1 】

図 1 4 は、本発明によるモノリシック 3 次元磁界センサの製造工程流れ図である。センサの製造方法は、次の工程を有する。

【 0 0 5 2 】

(1) 半導体ウエーハ上に X 軸センサ及び Y 軸センサとして用いられることになる第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を堆積させた上で、好ましくは、磁界内での高温アニーリングによる固定層の磁化方向を設定するような関連したプロセスを用いることにより、

50

前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の磁化方向を設定する工程；

(2) 半導体ウエーハ上の領域を選択し、選択された領域において前記第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を、フォトリソグラフィ、イオン・エッチング又はその他の技術を利用して除去し、Y 軸センサを構成するために用いられることになる第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を堆積する工程；

(3) 第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の領域に堆積している第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物を除去して、第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の固定層の磁化方向が、第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の固定層の磁化方向に対して垂直になるように設定するためにアニールを 2 回実施する工程；

二重の積層の後に、ウエーハ上のセンサの固定層の磁化方向は、図 1 5 に示すようになる。ここで、X 軸センサと Y 軸センサの固定層の磁化方向は、符号 6 に示す通りであり、Y 軸センサの固定層の磁化方向は、符号 7 に示す通りである。

【 0 0 5 3 】

(4) マスキングを実行して、第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の、第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物との重複部分を除去し、好ましくは、リフト・オフ・プロセスを用いることにより、第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の当該重複部分を除去する。

【 0 0 5 4 】

(5) 底面電極を形成し、同一のフォトリソグラフィと除去パターニングステップで X 軸センサ、Y 軸センサ及び Z 軸センサの磁気抵抗検出素子のパターンを形成する。ここで、除去パターニングステップは、ウェットエッチング、イオンエッチング及び反応的イオンエッチングのような方法を有する。

【 0 0 5 5 】

(6) 上面導電層を積層し、フォトリソグラフィと除去パターニングにより上面の電極を形成し、素子間配線をする。

【 0 0 5 6 】

(7) 絶縁層を積層し、絶縁層の上方に X 磁束ガイド、Y 磁束ガイド及び Z 磁束ガイドを、同一の軟強磁性物質を用いて、同時に電気めっきし、もしも必要ならば、絶縁層の上に導電層を積層して電磁コイル層を形成し、コイル層の上にもう一つの絶縁層を積層し、そして、X 磁束ガイド、Y 磁束ガイド及び Z 磁束ガイドを電気めっきする。

【 0 0 5 7 】

(8) 全ての X 磁束ガイド、Y 磁束ガイド及び Z 磁束ガイドの上方を保護層で覆い、保護層をエッチングして、上面電極と底面電極に対応する位置にビアスを空け、外部と接続された結合パッドを形成する。コイル層があるときは、センサ・チップに接続された結合パッドを形成するために、ビアスは、上面電極と下面電極に対応する位置にある保護層とコイル層に空けられていてもよい。好ましくは、導体金属は、結合パッドの上面において、更にスパッタされ、又は、電気メッキされてもよい。

【 0 0 5 8 】

上記の工程が実行された後の単一のモノリシック 3 軸センサを、図 1 6 の模式的断面図に示す。図 1 7 は、ウエーハ上の全ての 3 軸センサの模式図である。

【 0 0 5 9 】

上記の工程におけるウエーハは、集積回路のあるシリコン・ウエーハ、化学的機械的研磨されるシリコン・ウエーハ、又は、保護膜が被さった平坦な表面を持つブランク・シリコン・ウエーハであり、また、ウエーハは、コイルを備えていてもよい。更に、第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物内の固定層上の反強磁性層は、第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物内の固定層上の反強磁性層とは異なる。第 1 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の構成は、PtMn/SAF/tunnel barrier/free layer/IrMn であり、第 2 の磁気抵抗物質フィルムの積層物の構成は、IrMn/SAF/tunnel barrier/free layer/PtMn であり、これらの 2 つの積層物は、また、相互交換することができる。PtMn の阻害温度 T_{B1} は、IrMn の阻害温度 T_{B2} よりも高く、このようにして、X 軸センサと Y 軸センサを構成するために用いられるフィルムは、同一の工程でアニールされてもよく、バイアス層と固定層の磁化方向は

10

20

30

40

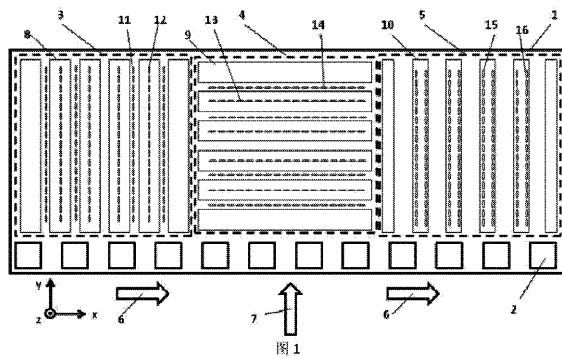
50

、同時に交差していてもよい。工程（２）で実行される二重のアニーリングとは、ＴＢ１よりも高い高温及びＸ軸に沿った磁界の下で第１のアニーリングを実行し、それから、ＴＢ１からＴＢ２までの低温及びウエーハにかけられる磁界方向が、第１のアニーリングの高温磁界の方向に対して直交するような磁界の下でアニーリングを実行することである。

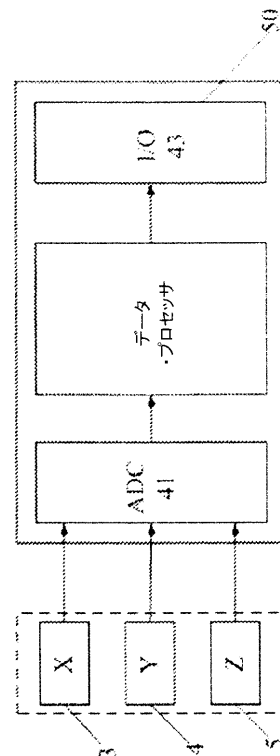
【００６０】

上記の説明は、本発明の単なる好適な例のものであり、本発明を限定することを意図したものではない。当業者にとってみれば、本発明は、様々な変形と変更を有する。本発明の精神と原理から離れることのない、如何なる変形、等価置換、改良等も、本発明の保護範囲に入るものである。

【図１】



【図２】



【図 3】

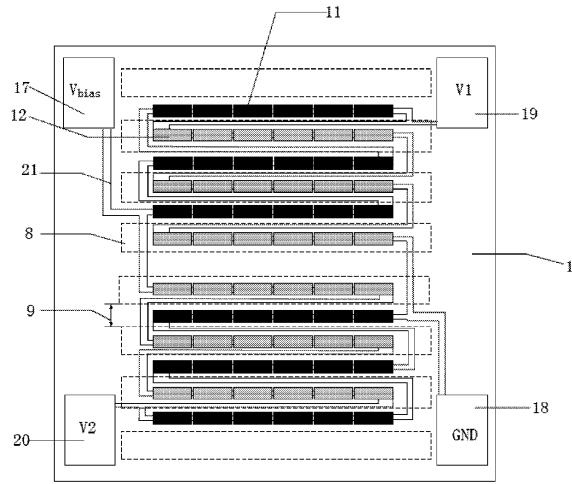
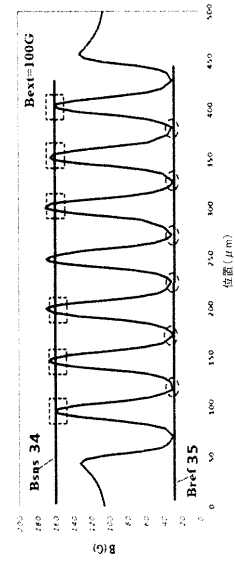


图 3

【図 5】



【図 4】

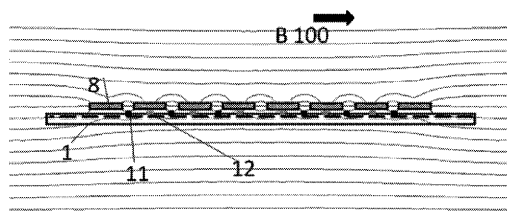


图 4

【図 6】

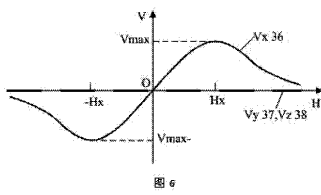


图 6

【図 8】

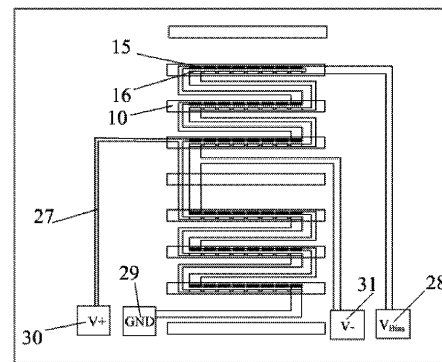


图 8

【図 7】

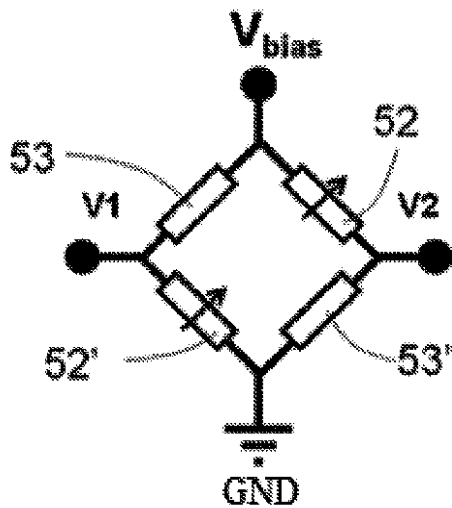


图 7

【図 9】

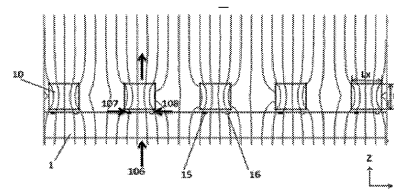


图 9

【図 10】

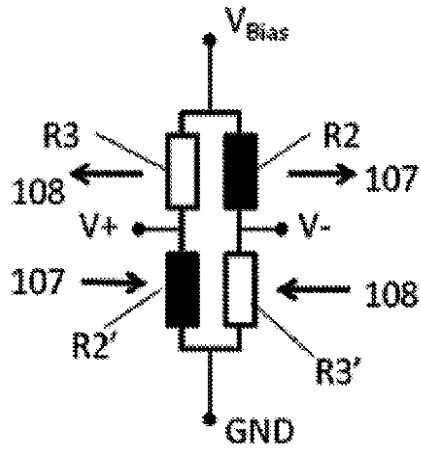


図 10

【図 11】

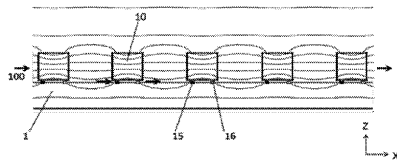
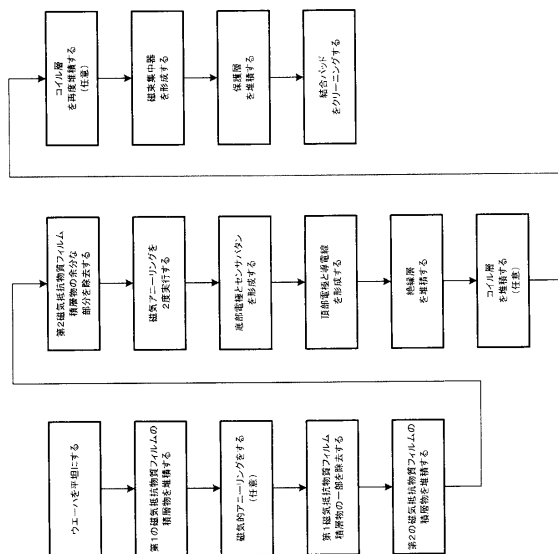


図 11

【図 14】



【図 12】

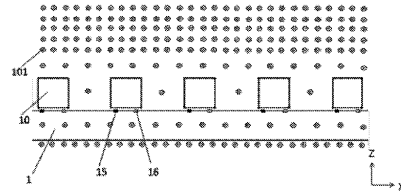


図 12

【図 13】

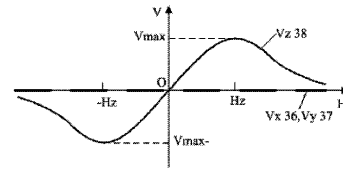


図 13

【図 15】

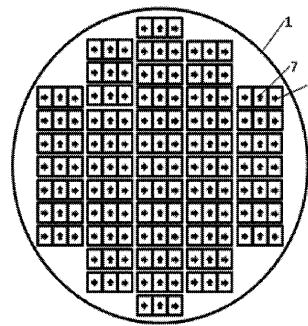


図 15

【図 16】

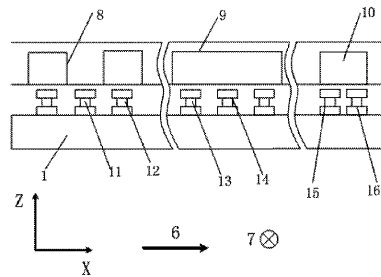


図 16

【図 17】

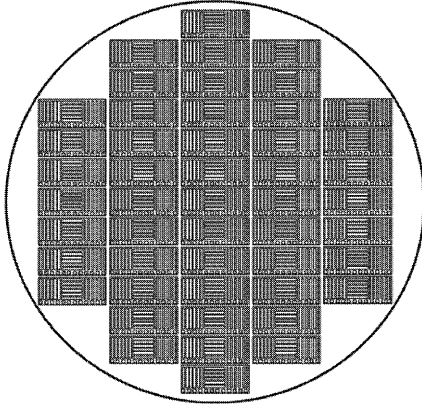


图 17

フロントページの続き

(74)代理人 100115451

弁理士 山田 武史

(74)代理人 100130029

弁理士 永井 道雄

(72)発明者 ジェームス ゲザ ディーク

中華人民共和国 215634 ジャンス、ジャンジャガン、フリー トレード ゾーン、グァン
ドン ロード ナンバー7 ビルディングE

(72)発明者 リー ダン

中華人民共和国 215634 ジャンス、ジャンジャガン、フリー トレード ゾーン、グァン
ドン ロード ナンバー7 ビルディングE

審査官 島▲崎▼ 純一

(56)参考文献 特開2012-127788(JP,A)

特開2009-175120(JP,A)

米国特許出願公開第2004/0137275(US,A1)

特開2007-220945(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 33/02

G01R 33/09

H01L 43/08