

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5882444号
(P5882444)

(45) 発行日 平成28年3月9日(2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日(2016.2.12)

(51) Int.Cl.

GO 1 R 33/02 (2006.01)

F I

GO 1 R 33/02 D

GO 1 R 33/02 Z

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-500305 (P2014-500305)	(73) 特許権者	390023711
(86) (22) 出願日	平成24年2月23日 (2012.2.23)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2014-511996 (P2014-511996A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成26年5月19日 (2014.5.19)		ROBERT BOSCH GMBH
(86) 国際出願番号	PCT/EP2012/053037		ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト (
(87) 国際公開番号	W02012/126693		番地なし)
(87) 国際公開日	平成24年9月27日 (2012.9.27)		Stuttgart, Germany
審査請求日	平成25年9月18日 (2013.9.18)	(74) 代理人	100114890
(31) 優先権主張番号	102011005764.1		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
(32) 優先日	平成23年3月18日 (2011.3.18)		ンハルト
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也
		(72) 発明者	フランク シャッツ
			ドイツ連邦共和国 コルンヴェストハイム
			テルシュトラーク 29
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁場測定装置および磁場測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁化反転可能なコア材料を有するコア（10）と、前記コア材料を磁化反転する励磁コイルとを備えた磁場測定装置であって、

前記磁化反転可能なコア材料は、互いに間隔をおいて配置された複数の層（12，14，16，18，20）として構成されており、

前記コア（10）は、

- 値20以上の、幅に対する長さの比を有しており、
- $2\mu\text{m} \leq D \leq 0.2\mu\text{m}$ の厚さDを有している、磁場測定装置において、

複数の層（12，14，16，18，20）を有するコア（10）の磁化反転可能なコア材料からなる当該複数の層（12，14，16，18，20）の各層の厚さは、 $60\text{nm} \leq D_s \leq 20\text{nm}$ の層厚 D_s を有し、

当該寸法設定により、前記複数の層（12，14，16，18，20）のうちの少なくとも1つの層は、磁気的な非等方性層として構成されており、

当該磁気的な非等方性は、磁化について2回対称性即ち180°の等方性を有しており、

磁化反転可能なコア材料からなる前記層（12，14，16，18，20）の間に1つずつの非磁性中間層（22，24，26，28）が配置されており、

前記非磁性中間層（22，24，26，28）は、磁化反転可能なコア材料からなる前記層（12，14，16，18，20）の間の交換相互作用が妨害されることなく結晶化

10

20

が回避される厚さを有し、

前記装置はさらに、

前記磁化反転プロセスを検出するためのデバイスを有し、

周期的に交番する磁場 (H_{err}) を形成して前記コア材料を周期的に磁化反転させるために前記励磁コイルに交流電流 (I_{err}) を通流させ、

前記測定すべき磁場 (H_{ext}) と、前記励磁コイルの前記周期的に交番する磁場 (H_{err}) とを重畳させ、前記交流電流 (I_{err}) のゼロ通過を基準にした前記コア材料の磁化反転の時間的なシフトから前記測定すべき磁場 (H_{ext}) を推定するように構成されていることを特徴とする磁場測定装置。

【請求項 2】

10

請求項 1 に記載の装置において、

前記磁化反転可能なコア材料は、2000 以上の相対透磁率を有する、ことを特徴とする装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の装置において、

前記磁化反転可能なコア材料は、10000 以上の相対透磁率を有する、ことを特徴とする装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の装置において、

前記コア (10) の前記磁化反転可能なコア材料は、軟磁性材料である、ことを特徴とする装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の装置において、

前記コア (10) の前記磁化反転可能なコア材料は、ニッケル - 鉄合金である、ことを特徴とする装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の装置を含むマイクロメカニカルシステム。

【請求項 7】

請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の装置を用いて磁場 (H_{ext}) を測定する方法であって、

30

前記装置は、前記磁化反転プロセスを検出するためのデバイスを有し、

前記方法は、

周期的に交番する磁場 (H_{err}) を形成して前記コア材料を周期的に磁化反転させるために前記励磁コイルに交流電流 (I_{err}) を通流させ、

前記測定すべき磁場 (H_{ext}) と、前記励磁コイルの前記周期的に交番する磁場 (H_{err}) とを重畳させ、前記交流電流 (I_{err}) のゼロ通過を基準にした前記コア材料の磁化反転の時間的なシフトから前記測定すべき磁場 (H_{ext}) を推定する、

ことを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の方法において、

40

前記デバイスは、前記磁化反転可能なコア材料によって生じる磁場変化を測定するための測定コイルを有しており、

前記測定コイルに誘導される電圧変化によって前記磁化反転の時点を求める、

ことを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の方法において、

前記デバイスは、前記磁化反転可能なコア材料によって生じる磁場変化を測定するための測定コイルを有しており、

前記測定コイルに誘導される電圧パルス (U_p) によって前記磁化反転の時点を求める

50

ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁化反転可能なコア材料を有するコアと、このコア材料を磁化反転するための励磁コイルとを備えた磁場測定装置に関する。本発明はさらに、対応する磁場測定方法に関する。

【0002】

従来の技術

磁場を求めるないしは測定するための種々異なる装置が存在する。これは、殊にホールセンサ、AMR (AMR: Anisotrope Magneto Resistance) センサ、フィールドプレート、フィールドコイル、フラックスゲートセンサ、GMR (GMR: giant magnetoresistance または巨大磁気抵抗) センサ、TMR (TMR: tunnel magnetoresistance またはトンネル磁気抵抗) センサおよびSQUID (Superconducting Quantum Interference Device または超伝導量子干渉素子) である。

【0003】

コイルおよび軟磁性コアをベースにした極めて簡単な原理は、フラックスゲートセンサである。この測定原理は、励磁コイルを用いて軟磁性コアを磁化反転させることと、この際に形成される時間依存の磁束を測定コイル (ピックアップコイル) に検出することとに基づいている。この磁束変化は、外部磁場に依存する軟磁性コアの磁化曲線によって求められる。上記の磁化反転が迅速に行われれば行われるほど、ピックアップコイルにおける電圧はそれだけ大きくなる。この際に上記の電圧増大は、一層急勾配の磁化ヒステリシス (透磁率が一層大きい) によって形成することができ、また上記の励磁コイルの周波数を高めることによって形成することができる。

【0004】

しばしば使用される評価方法は、上記のピックアップコイルにおける信号の複数の第2の調和成分の測定である。これらの成分は実質的に、上記のコアの飽和に起因する伝達関数の非線形成分に相応する。これらの第2の調和成分の振幅は、上記の外部磁場に比例する。

【0005】

このような方法は、例えば、Drljaca, P.M等による "Low-Power 2-D fully integrated CMOS Fluxgate Magnetometer", IEEE Sensor Journal, Vol.5, Issue 5, Page 909 - 915 (2005) に記載されている。このフラックスゲートコアのサイズは、長さ $1400\text{ }\mu\text{m}$, 幅 $20\text{ }\mu\text{m}$ および厚さ $7\text{ }\mu\text{m}$) である。この方法においては、外部磁場に依存する第2の調和成分を分離するために信号形状をそのフリーエ成分に分解しなければならない。この際に重要であるのは、この第2の調和成分の振幅が、システムのノイズよりも格段に大きいことである。しかしながらこの振幅は、コア材料の体積に伴って小さくなってしまふ。このために小型化の可能性は制限されてしまうのである。

【0006】

別の文献 (学位論文 Walter Heinecke: "Messung von magnetischen Feldern und Felddifferenzen mit Saturationskernsonden nach dem Verfahren mit direkter Zeitverschlüsselung", Braunschweig, 1975) から公知の測定方法は、ピックアップコイルに誘導される電圧の電圧偏位に基づいて上記の磁化反転の時点測定することである。この時点は、外部磁場に依存し、したがって測定すべき磁場の尺度である。

【0007】

この時点を正確に測定するために必要になるのは、上記の磁化反転に起因して電圧パルスが、可能なかぎり急峻な立ち上がりエッジを有することである。周波数を高めることは役に立たない。なぜならば、立ち上がりエッジの幅は狭まるが、同じ比率で変動幅が小さくなるため、分解能を改善することはできないからである。残されているのは、上記の材料および製造プロセスを適切に選択することにより、上記の磁化ヒステリシスを可能な限

10

20

30

40

50

りに急傾斜にすることだけである。

【 0 0 0 8 】

小型化されたフラックスゲートセンサには、材料およびプロセスの最適化に制限が課される。なぜならば、MEMS製造プロセスは、その周囲条件により、わずかな変更しか許容されないからである。さらに、短いフラックスゲートコアは、消磁率に起因して、同じ材料の小型化されていないフラックスゲートよりも平らなヒステリシス曲線を示す。さらに上記のコイルおよびコイルコアの小型化によって（磁化ヒステリシスが同じ場合に）ピックアップコイルにおける信号が小さくなれば、上記の評価は一層に困難になるのである。

【 0 0 0 9 】

本発明の課題は、わずかな所要スペースで極めて小さい磁場の測定を可能にする測定装置および相応の測定方法を提供することである。

【 0 0 1 0 】

発明の開示内容

この課題は、請求項1に記載された本発明の装置によって解決される。本発明による装置のコア材料は、1つの層としてまたは互いに間隔をおいて配置された複数の層として構成される。このコアは、(a) $2.5\text{ mm} \times 0.2\text{ mm}$ の最大全体サイズGと、(b) $2\text{ }\mu\text{m} \times 0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚さDと、(c) 値20以上の、幅に対する長さの比とを有する。この寸法設定により、少なくとも1つの層が磁気的な非等方性層として構成されたコアが得られる。この磁気的な非等方性層は、磁化について有利には2回対称性（180°対称性）を有している。この装置を以下ではフリップコアセンサと称する。

【 0 0 1 1 】

コア材料を上記のように構成することの利点は、少なくとも1つのブロッホ壁のシフトによって磁化反転が行われることである。ブロッホ壁シフトは約 100 m/s の速度で発生するため、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ の層厚を有するコア材料においてブロッホ壁のシフトは $0.5\text{ }\mu\text{s}$ 以下で行われ得る。このことの利点は、実質的にワイス磁区磁極反転に基づくフラックスゲート磁気計によって行うよりも10倍大きい信号が得られることである。これに加えて上記の磁化変化は実質的にブロッホ壁がシフトする速度に依存するため、本発明による装置のコア材料の磁化変化は有利にも少なくとも実質的には励磁コイルを流れる交流の周波数に依存しない。本発明による装置の別の利点は、この装置を特に小型化できることである。なぜならば本発明による装置の信号は一層大きくなるからである。

【 0 0 1 2 】

したがって本発明の核心は、磁化曲線を走破するのに必要な時間よりも短い時間で磁化反転が行われるようにコア10のサイズを最適化することである。この場合に全体的な磁化反転プロセスは、1つのステップにおいてドメイン壁運動の速度で行われる。

【 0 0 1 3 】

これにより、磁化反転プロセスの持続時間を 500 ns 以下に制限することができ、これによって補償点を良好に時間的に分解することができる。したがってこれに対応する励起電流を良好に求めることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の装置は有利にも、マイクロチップに、例えばマイクロエレクトロメカニカルシステム（MEMS = micro electro mechanical system）に組み込むことができる。ここで「マイクロエレクトロメカニカルシステム」とは、例えば「マイクロエレクトロメカニカルシステム（MEMS）」であると共に一層小さなエレクトロメカニカルシステム、例えばナノエレクトロメカニカルシステム（NEMS）とも理解される。上記のワイス磁区は有利には上記の1つまたは複数の厚さにわたって延在する。

【 0 0 1 5 】

ここでは殊に上記のコアの厚さDが $1\text{ }\mu\text{m} \times 0.2\text{ }\mu\text{m}$ の範囲にあるようにする。

【 0 0 1 6 】

本発明の有利な実施形態によれば、上記のコアが、値20以上の、幅に対する長さの比

10

20

30

40

50

を有するようにする。

【0017】

本発明の有利な実施形態によれば、上記のコア材料は、5000以上の、殊に10000以上の相対透磁率 μ_r を有するようにする。

【0018】

本発明の有利な実施形態によれば、上記のコアのコア材料が軟磁性材料であるようにする。殊に上記のコアのコア材料は、ニッケル - 鉄合金 (NiFe または μ 金属 (μ 金属、英語では Mu-metal または permalloy)) である。Muメタルは、極めて透磁率の高い (相対透磁率 μ_r : 50000 ~ 140000) 軟磁性のニッケル - 鉄合金 (約 75 ~ 80 % のニッケル) であり、この合金は、例えば、低周波の磁場をシールドするため、および、
10 信号伝送器、磁気電流センサおよび変流器の強磁性コアを作製するために使用される。

【0019】

本発明の別の有利な実施形態では、磁化反転可能なコア材料からなる層間に1つずつの非磁性中間層を配置する。これらの中間層は有利には、磁化反転可能なコア材料からなる層間の交換相互作用が妨害されることなく結晶化が回避されるように薄くする。殊に有利には、上記の1つまたは複数の非磁性中間層は、1ナノメートル (1 nm) と3ナノメートル (3 nm) との間の厚さを有する。

【0020】

有利にはさらに、互いに間隔をおいて配置される複数の層を有する、コアの磁化反転可能なコア材料からなる各層の厚さが、60 nm D_S 20 nmの層厚 D_S を有するように
20 する。

【0021】

本発明の別の有利な実施形態では、上記の装置が、磁化反転プロセスを検出するためのデバイスと有するようにする。このデバイスは、例えば磁気光学効果によって、または結果的に得られる漂遊場によって磁化反転を検出することができる。このデバイスは、例えば上記のコア材料磁化状態を求めるデバイスである。

【0022】

本発明がさらに対象とするのは、本発明による装置を含むマイクロエレクトロメカニカルシステムである。

【0023】

本発明がさらに対象とするのは、上記の装置を用いて磁場を測定する方法である。本発明による方法の枠内では、周期的に交番する磁場を形成してコア材料を周期的に磁化反転させるために励磁コイルに交流電流を通流させ、これによってこのコア材料を周期的に磁化反転させる。この際には、測定すべき磁場と、励磁コイルの磁場とを重畳させる。上記の交流電流のゼロ通過を基準にしたコア材料の磁化反転の時間的なシフトから、測定すべき磁場を推定する。

【0024】

本発明の別の有利な実施形態では、上記の装置は、磁化反転プロセスを検出するためのデバイスと有する。上記の磁化反転の時点は、ブロッホ壁シフトに基づく、殊にただ1つのブロッホ壁のシフトに基づく信号によって求めることができる。これは有利である。なぜならば、ブロッホ壁のシフトは一般的にワイス磁区の磁化反転よりも早く迅速し、これによってより大きな信号が形成されて、磁化反転の時点を正確に示すことができるからである。
40

【0025】

本発明の別の有利な実施形態では、上記のデバイスは、コア材料によって生じる磁場変化を測定するための測定コイルを有しており、この磁化反転の時点は、この測定コイルに誘導される電圧変化によって求められる。例えば、上記の磁化反転の時点は、測定コイルに誘導され、かつ、ブロッホ壁シフトに基づく、殊にただ1つのブロッホ壁のシフトに基づく電圧パルスによって求めることができる。これは有利である。なぜならば、ブロッホ壁のシフトは一般的にワイス磁区の磁化反転よりも迅速に発生し、これによってより大き
50

な信号が形成されて、磁化反転の時点を確認に示すことができるからである。

【0026】

以下では図面に基づいて本発明を詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】測定原理を説明するための対応する2つのグラフを示す図である。

【図2】磁場測定装置のコアを示す図である。

【0028】

上記の磁場測定装置は、ここで示していない実施形態において、少なくとも1つの層の形態の磁化反転コア材料を含む図2に示したコア10と、コア10の複数の層の磁化反転するための励磁コイルと、磁化反転プロセスを時間に依存して検出する装置とを有する。この装置は、磁化反転可能なコア材料によって生じる磁場変化を測定するための測定コイルを有する。

【0029】

図1には、上記の測定原理を説明するための対応する2つのグラフが示されている。上側のグラフは、上記の励磁コイルを通る交流電流 I_{err} が示されており、この交流電流は時間 t についてプロットされている。この交流電流は、磁場強度 H に直接比例する。この交流電流 I_{err} は、この図示した実施例において三角波電圧として形成されている励磁コイルに印加される交流電圧によって発生する。さらにここには、測定すべき外部磁場の磁場強度 H_{ext} が書き込まれている。

【0030】

図1の下側のグラフには、時間 t について結果的に得られる電圧 U が示されており、この電圧は上記の装置の測定コイルにおいて取り出すことができる。この電圧は、ここで概略的に示した電圧パルス U_p の形状を有する。

【0031】

図2には、磁場測定装置のコア10が示されている。コア10は、磁化反転可能なコア材料からなる平行平面形に互いに間隔をおいて配置された複数の（ここでは5つの）層12, 14, 16, 18, 20と、隣り合う2つずつの層12, 14, 16, 18, 20間に配置された非磁性の中間層22, 24, 26, 28とを有する。ここでコア10は、 $G = 1.5 \text{ mm}$ をやや上回る最大全体サイズ G を有しており、値24に等しい、幅 B に対する長さ L の比を有しており、また $0.26 \text{ }\mu\text{m}$ の厚さ D を有する。磁化反転可能な材料からなる各層の長さ L は、 $1200 \text{ }\mu\text{m}$ であり、各層の幅 B は $50 \text{ }\mu\text{m}$ である。磁化反転可能な材料からなる各層12, 14, 16, 18, 20の厚さ D_s は、 50 nm である。

【0032】

磁化反転可能なコア材料は、透磁率の高く（例えば100,000の相対透磁率 μ_r ）かつ磁気ひずみの少ない軟磁性ニッケル - 鉄 - 合金である。層12, 14, 16, 18, 20の選択した幾何学形状と、これに適合させて選択した（図示しない）基板とに起因して、上記の磁化反転可能な層は、磁気的な非等方性層として構成され、磁化方向に関して2回対称性（ 180° 対称性）を有する（図2の両向き矢印 M ）。この対称性は、磁化反転可能なコア材料からなるすべての層12, 14, 16, 18, 20において平行に配向されている。

【0033】

ここではつぎのような機能が得られる。すなわち、本発明による測定方法の枠内では、交流電流 I_{err} が、周期的に交番する磁場 H_{err} を形成して上記の励磁コイルを通り、これによって層12, 14, 16, 18, 20におけるコア材料が周期的に磁化反転するのである。この際には、測定すべき磁場 H_{ext} と、励磁コイルの磁場 H_{err} とが重畳される。上記の交流電流のゼロ通過を基準にしたコア材料の磁化反転の時間的なシフト（ Δt ）から、測定すべき磁場 H_{ext} を推定する。このために磁化反転の時点、測定コイルに誘導される電圧変化によって求める。殊にこの磁化反転の時点は、測定コイルに誘導されかつブロッホ壁シフト、殊にただ1つのブロッホ壁のシフトに基づく電圧パルスによって求める

10

20

30

40

50

ことができる。これは有利である。なぜならば、ブロッホ壁のシフトは一般的にワイス磁区の磁化反転よりも迅速に発生し、これによってより大きな信号が形成されて、磁化反転の時点を正確に示すことができるからである。

【 0 0 3 4 】

透磁率が高くかつ軟磁性のコア材料を使用し、また1つまたは複数の層の幾何学形状を特に選択することにより、極めて幅の狭い電圧パルスが得られ、この電圧パルスによって上記の外部磁場を正確に求めることができる。励磁コイルは、この励磁コイルが、あらかじめ定めた測定領域において（互いに逆平行に延在する）2つの磁化方向に対し、飽和磁化 $+ / - M_S$ に磁化反転可能なコア材料を駆動できるように設計される。この飽和磁化は、パーマロイに対して $0.7 \sim 0.8$ T の磁束密度になる。しかしながら上記のフリップコア方式には飽和磁化の一層大きなまたは一層小さな材料も使用可能である。

10

【 0 0 3 5 】

したがって上記の装置は、フリップコア（磁場）センサとも称されるのである。このフリップコアセンサ（このセンサは、その他の点では、フラックスゲートセンサと同様に簡単に構成されている）の基本原理は、励磁コイルを用いて、測定すべき外部磁場 H_{ext} を補償する一方で上記のコアをつねに磁場ゼロ通過時に急激に磁化反転（フリップ）させて磁場ゼロ通過を示すようすることである。この急激な磁化反転は、測定コイル（ピックアップコイル）または簡単な磁場センサによって簡単に示すことができる。なぜならば、 $+ M_S$ （飽和磁化）から $- M_S$ へのこの磁化の回転が良好に検出できるからである。外部磁場 H_{ext} を補償するために必要な電流 I_{err} は、外部磁場に対する1つの尺度である。

20

【 0 0 3 6 】

フラックスゲートセンサに対する利点は、上記のセンサが良好に小型化できることである。この小型化は、むしろフリップ原理に合致するのである。

【 0 0 3 7 】

μm 領域またはそれ以上のサイズを有する磁気材料は一般的に多数のドメインを有するのがつねである。相異なるドメインは決して同時には磁化反転しないため、この磁化反転の時間は相応に長くなる。急激な磁化反転を可能にするためには、第一に透磁率の高い磁気層、例えば $NiFe$ を使用し、場合によっては、非磁性中間層 $22, 24, 26, 28$ を有する複数の層 $12, 14, 16, 18, 20$ からなる層も使用しなければならない。複数のドメインが上下に実現されないようにするため、上記の磁化反転可能な層は厚すぎではない（ $2 \mu m$ 以下の厚さまたは $1 \mu m$ 以下の厚さ）。また上記の長さに依存するコア10の幅は、所定の基準を上回ってはならない。なぜならば、そうでなければ、固有の漂遊場により、ストライプ全体が磁化反転する前に上記の磁化反転が停止してしまうからである。 $1600 \mu m \sim 2000 \mu m$ のコア長に対して $80 \mu m$ 以下の幅が有利であり、 $1000 \mu m \sim 1600 \mu m$ のコア長に対して $50 \mu m$ 以下の幅が有利であり、 $700 \mu m \sim 1000 \mu m$ のコア長に対して $35 \mu m$ 以下の幅が有利である。 $700 \mu m$ 未満のコア長に対してこの幅は $22 \mu m$ 以下に制限される。

30

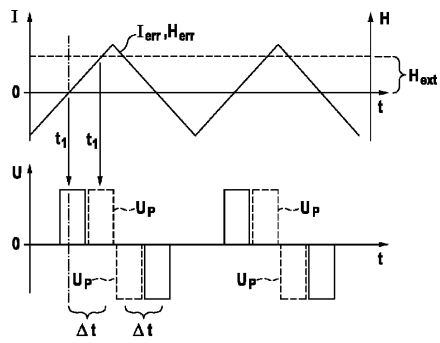
【 0 0 3 8 】

上記の幾何学的な設定値により、磁化反転プロセスは実質的にドメインギャップによって得られる（実際の適用に殊に有利な範囲は、 $700 \mu m \sim 1600 \mu m$ である）。上記の磁化反転プロセスまたは磁化反転過程が別のプロセスによって妨害されないようにするため、上記の材料は殊に高透磁にすべきである。

40

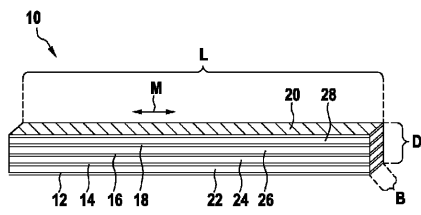
【 図 1 】

Fig. 1



【 図 2 】

Fig. 2



フロントページの続き

- (72)発明者 パウル ファーバー
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガート デイルマンシュトラッセ 27
- (72)発明者 シュテファン ヴァイス
ドイツ連邦共和国 テュービンゲン シュヴェアツロッハー シュトラッセ 119
- (72)発明者 ゲアハート ラメル
ドイツ連邦共和国 テュービンゲン オットー - エアベ - ヴェーク 76
- (72)発明者 ファード ベンニーニ
ドイツ連邦共和国 ロイトリンゲン レニ - マテイ - ヴェーク 19

審査官 菅藤 政明

- (56)参考文献 特開平3 - 295482 (JP, A)
特表2009 - 519452 (JP, A)
特開2000 - 292506 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 33/02