

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6107864号
(P6107864)

(45) 発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日(2017.3.17)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 D	5/245	(2006.01)	GO 1 D	5/245	N
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO 1 R	33/06	R
GO 1 R	33/02	(2006.01)	GO 1 R	33/02	Q

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-64212 (P2015-64212)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成27年3月26日 (2015. 3. 26)		TDK株式会社
(65) 公開番号	特開2016-183904 (P2016-183904A)		東京都港区芝浦三丁目9番1号
(43) 公開日	平成28年10月20日 (2016.10.20)	(74) 代理人	100132207
審査請求日	平成28年2月18日 (2016.2.18)		弁理士 太田 昌幸
		(74) 代理人	100095463
			弁理士 米田 潤三
		(72) 発明者	上田 国博
			東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
		(72) 発明者	溝口 義之
			東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気センサ及び磁気式エンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部磁界を検出可能な第1磁気抵抗効果素子及び第2磁気抵抗効果素子を少なくとも備える磁気センサであって、

前記第1磁気抵抗効果素子及び前記第2磁気抵抗効果素子は、それぞれ、前記外部磁界により磁化方向が変化する自由層を少なくとも含む複数層の積層体であり、

前記第1磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層と、前記第2磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層とのそれぞれを積層方向上方から見たときに、両自由層は互いに異なる形状を有し、

前記第1磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の、前記第1磁気抵抗効果素子の積層方向上方から見たときの形状は、前記外部磁界の変化に伴う前記第1磁気抵抗効果素子の出力の傾きを大きくさせ得る形状であり、

前記第2磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の、前記第2磁気抵抗効果素子の積層方向上方から見たときの形状は、前記外部磁界の変化に伴う前記第2磁気抵抗効果素子の出力の傾きを、前記第1磁気抵抗効果素子の出力の傾きに比して小さくさせ得る形状である

磁気センサ。

【請求項2】

前記第1磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、M+N角形(Mは3以上の整数であり、Nは1以上の整数である。)であり、

10

20

前記第 2 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、M 角形である
請求項 1 に記載の磁気センサ。

【請求項 3】

前記第 1 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、M + N 角形 (M は 4 以上の偶数であり、N は 1 以上の整数である。) であり、

前記第 2 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、M 角形である
請求項 1 又は 2 に記載の磁気センサ。

【請求項 4】

前記第 2 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、互いに平行な対向する 2 辺を少なくとも有する形状である

請求項 2 又は 3 に記載の磁気センサ。

10

【請求項 5】

前記第 1 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、略円形状であり、

前記第 2 磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、略方形形状である

請求項 1 に記載の磁気センサ。

【請求項 6】

前記第 1 磁気抵抗効果素子及び前記第 2 磁気抵抗効果素子は、TMR 素子又は GMR 素子である

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の磁気センサ。

【請求項 7】

前記第 1 磁気抵抗効果素子及び前記第 2 磁気抵抗効果素子は、磁化固定層、非磁性中間層及び前記自由層がこの順で積層されてなる

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の磁気センサ。

20

【請求項 8】

前記非磁性中間層が、 MgO_x ($X = 0.1 \sim 0.9$) である

請求項 7 に記載の磁気センサ。

【請求項 9】

前記非磁性中間層が、第 1 非磁性中間層及び第 2 非磁性中間層を少なくとも含む積層体である

請求項 7 又は 8 に記載の磁気センサ。

30

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の磁気センサと、

アブソリュート磁気信号を記録したアブソリュート信号トラック及びインクリメンタル磁気信号を記録したインクリメンタル信号トラックを有し、前記磁気センサに対して相対的に移動可能なスケール部と

を備え、

前記第 1 磁気抵抗効果素子と前記アブソリュート信号トラックとが互いに対向し、かつ前記第 2 磁気抵抗効果素子と前記インクリメンタル信号トラックとが互いに対向するように、前記磁気センサと前記スケール部とが対向して設けられている

磁気式エンコーダ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気センサ及びそれを備える磁気式エンコーダに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械等において、移動体の回転移動や直線的移動による位置を検出するための位置検出装置が用いられている。この位置検出装置としては、磁気信号が記録された媒体と磁気センサとを備えるものが知られており、磁気センサによって、媒体と磁気センサとの相対的位置関係を示す信号を出力することができる。

50

【 0 0 0 3 】

かかる位置検出装置において用いられる磁気センサとしては、自由層と磁化固定層とを有する積層体であって、外部磁界に応じた自由層の磁化方向の変化に伴い抵抗が変化する磁気抵抗効果素子（MR素子）を備えるものが知られている。また、かかる位置検出装置において用いられる媒体としては、アブソリュート信号用トラックを有するもの、インクリメンタル信号用トラックを有するもの、アブソリュート信号用トラックとインクリメンタル信号用トラックとを有するもの等が知られている。

【 0 0 0 4 】

従来、アブソリュート信号用トラックとインクリメンタル信号用トラックとを有する媒体を備える位置検出装置に用いられる磁気センサとしては、アブソリュート信号用トラックに記録された磁気信号を検出するためのMR素子と、インクリメンタル信号用トラックに記録された磁気信号を検出するためのMR素子との2種のMR素子を有するものが提案されている（特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2001-264112号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記磁気センサにおいて、アブソリュート信号用トラックに記録された磁気信号を検出するためのMR素子は、媒体の相対移動に伴う磁界の変化に応じ、急峻に出力を変化させる特性（応答特性）が要求される。一方、インクリメンタル信号用トラックに記録された磁気信号を検出するためのMR素子は、媒体の相対移動に伴う磁界の変化に応じ、リニアに出力を変化させる特性（応答特性）が要求される。

20

【 0 0 0 7 】

このように、要求される応答特性が異なる2種のMR素子につき、近年、さらなる高感度、低ノイズ等の応答特性の向上が要求されている。従来、MR素子を構成する自由層等の各層を構成する材料や、当該各層の膜厚等の最適化等により、上記応答特性を向上させる試みがなされている。しかしながら、これらの試みにより上記応答特性をさらに向上させることは、非常に困難であるという問題がある。

30

【 0 0 0 8 】

上記課題に鑑み、本発明は、互いに異なる応答特性が要求される2種の磁気抵抗効果素子を有し、各磁気抵抗効果素子に要求される、異なる応答特性をともに向上させることのできる磁気センサ及び磁気式エンコーダを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、本発明は、外部磁界を検出可能な第1磁気抵抗効果素子及び第2磁気抵抗効果素子を少なくとも備える磁気センサであって、前記第1磁気抵抗効果素子及び前記第2磁気抵抗効果素子は、それぞれ、前記外部磁界により磁化方向が変化する自由層を少なくとも含む複数層の積層体であり、前記第1磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層と、前記第2磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層とのそれぞれを積層方向上方から見たときに、両自由層は互いに異なる形状を有し、前記第1磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の、前記第1磁気抵抗効果素子の積層方向上方から見たときの形状は、前記外部磁界の変化に伴う前記第1磁気抵抗効果素子の出力の傾きを大きくさせ得る形状であり、前記第2磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の、前記第2磁気抵抗効果素子の積層方向上方から見たときの形状は、前記外部磁界の変化に伴う前記第2磁気抵抗効果素子の出力の傾きを、前記第1磁気抵抗効果素子の出力の傾きに比して小さくさせ得る形状である磁気センサを提供する（発明1）。

40

【 0 0 1 0 】

50

上記発明（発明１）によれば、出力の傾きが大きいこと（出力変化が急峻であること）が要求される第１磁気抵抗効果素子と、それよりも出力の傾きが小さいこと（出力変化がリニアであること）が要求される第２磁気抵抗効果素子とのそれぞれの自由層の形状（積層方向上方から見たときの形状）を、それぞれの応答特性に適した形状に設定することにより、第１及び第２磁気抵抗効果素子のそれぞれに要求される異なる応答特性をともに向上させることができる。

【００１１】

上記発明（発明１）においては、前記第１磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状を、 $M + N$ 角形（ M は３以上の整数であり、 N は１以上の整数である。）とし、前記第２磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状を、 M 角形とすることができ（発明２）、前記第１磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、 $M + N$ 角形（ M は４以上の偶数であり、 N は２以上の偶数である。）であり、前記第２磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、 M 角形であるのが好ましく（発明３）、前記第２磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状は、互いに平行な対向する２辺を少なくとも有する形状であるのが好ましい（発明４）。

【００１２】

また、上記発明（発明１）においては、前記第１磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状を、略円形状とし、前記第２磁気抵抗効果素子の少なくとも前記自由層の前記形状を、略方形形状とすることができ（発明５）。

【００１３】

上記発明（発明１～５）においては、前記第１磁気抵抗効果素子及び前記第２磁気抵抗効果素子として、 TMR 素子又は GMR 素子を用いることができ（発明６）、上記発明（発明１～６）においては、前記第１磁気抵抗効果素子及び前記第２磁気抵抗効果素子は、磁化固定層、非磁性中間層及び前記自由層がこの順で積層されてなるのが好ましい（発明７）。上記発明（発明７）においては、前記非磁性中間層が、 MgO_x （ $x = 0.1 \sim 0.9$ ）であるのが好ましい（発明８）。上記発明（発明７，８）においては、前記非磁性中間層が、第１非磁性中間層及び第２非磁性中間層を少なくとも含む積層体であるのが好ましい（発明９）。

【００１４】

また、本発明は、上記発明（発明１～９）に係る磁気センサと、アブソリュート磁気信号を記録したアブソリュート信号トラック及びインクリメンタル磁気信号を記録したインクリメンタル信号トラックを有し、前記磁気センサに対して相対的に移動可能なスケール部とを備え、前記第１磁気抵抗効果素子と前記アブソリュート信号トラックとが互いに対向し、かつ前記第２磁気抵抗効果素子と前記インクリメンタル信号トラックとが互いに対向するように、前記磁気センサと前記スケール部とが対向して設けられている磁気式エンコーダを提供する（発明１０）。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、互いに異なる応答特性が要求される２種の磁気抵抗効果素子を有し、各磁気抵抗効果素子に要求される、異なる応答特性をともに向上させることのできる磁気センサ及び磁気式エンコーダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係る磁気センサを備える磁気式エンコーダの概略構成を示す斜視図である。

【図２】図２は、本発明の一実施形態に係る磁気センサの概略構成を示す平面図である。

【図３】図３は、本発明の一実施形態に係る磁気センサの他の概略構成を示す平面図である。

【図４】図４は、本発明の一実施形態における第１磁気抵抗効果素子及び第２磁気抵抗効果素子の概略構成を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図5】図5は、本発明の一実施形態における第1磁気抵抗効果素子の作用を説明するための斜視図(その1)である。

【図6】図6は、本発明の一実施形態における第2磁気抵抗効果素子の作用を説明するための斜視図(その1)である。

【図7】図7は、本発明の一実施形態における第1磁気抵抗効果素子の作用を説明するための斜視図(その2)である。

【図8】図8は、本発明の一実施形態における第2磁気抵抗効果素子の作用を説明するための斜視図(その2)である。

【図9】図9は、本発明の一実施形態における第1磁気抵抗効果素子の出力変化を示すグラフである。

10

【図10】図10は、本発明の一実施形態における第2磁気抵抗効果素子の出力変化を示すグラフである。

【図11】図11は、本発明の一実施形態に係る磁気センサを備える磁気式エンコーダの他の概略構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、本実施形態に係る磁気センサを備える磁気式エンコーダの概略構成を示す斜視図であり、図2は、本実施形態に係る磁気センサの概略構成を示す平面図であり、図3は、本実施形態に係る磁気センサの他の概略構成を示す平面図であり、図4は、本実施形態における磁気抵抗効果素子の概略構成を示す断面図である。

20

【0018】

図1に示すように、本実施形態における磁気式エンコーダ10は、本実施形態に係る磁気センサ1と、磁気センサ1に対して第1の方向(以下「X方向」という場合がある。)に相対的に移動可能なスケール部20とを備える。

【0019】

本実施形態において、スケール部20は、いわゆるリニアスケールであって、アブソリュート磁気信号を記録したアブソリュート信号トラック21と、インクリメンタル磁気信号を記録したインクリメンタル信号トラック22とを有する。アブソリュート磁気信号及びインクリメンタル磁気信号は、それぞれ、第1の方向(±X方向)に着磁されている。なお、図1において、アブソリュート磁気信号及びインクリメンタル磁気信号の着磁方向がそれぞれ矢印にて示されている。

30

【0020】

図2に示すように、本実施形態に係る磁気センサ1は、基板2と、基板2上に設けられた1個の第1磁気センサ部3及び2個の第2磁気センサ部4,4とを備える。第1磁気センサ部3は、スケール部20のアブソリュート信号トラック21に記録されたアブソリュート磁気信号を検出するための磁気センサである。第2磁気センサ部4は、スケール部20のインクリメンタル信号トラック22に記録されたインクリメンタル磁気信号を検出するための磁気センサである。

【0021】

40

第1磁気センサ部3は、スピバルブ型の第1磁気抵抗効果素子(第1MR素子)31と、第1MR素子31を挟むように、第1MR素子31の第2の方向(以下、Y方向という場合がある。)両側に設けられたバイアス磁界発生部32とを備える。2個の第2磁気センサ部4,4は、それぞれ、スピバルブ型の第2磁気抵抗効果素子(第2MR素子)41と、第2MR素子41を挟むように、第2MR素子41のY方向両側に設けられたバイアス磁界発生部42とを備える。

【0022】

基板2は、第1磁気センサ部3及び第2磁気センサ部4をともに支持可能な矩形状のものであり、例えば、ガラス、シリコン(Si)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、AlTiC($Al_2O_3 - TiC$)等により構成され得る。

50

【 0 0 2 3 】

本実施形態において、アブソリュート信号トラック 2 1 に記録されたアブソリュート磁気信号を検出する第 1 M R 素子 3 1 は、当該トラック 2 1 (スケール部 2 0) の相対移動による外部磁界の変化に応じ、出力を急峻に変化させ得る応答特性を有する。一方、インクリメンタル信号トラック 2 2 に記録されたインクリメンタル磁気信号を検出する第 2 M R 素子 4 1 は、当該トラック 2 2 (スケール部 2 0) の相対移動による外部磁界の変化に応じ、出力をリニアに変化させ得る応答特性を有する。すなわち、第 1 M R 素子 3 1 による出力の傾きは、第 2 M R 素子 4 1 による出力の傾きよりも大きくなる。例えば、 $-50 \sim 50 \text{ Oe}$ の範囲で外部磁界が変化する場合、第 1 M R 素子 3 1 による出力の傾きは、 $10 \text{ mV} / \text{Oe}$ 以上程度である。一方、第 2 M R 素子 4 1 による出力の傾きは、 $2 \sim 5 \text{ mV} / \text{Oe}$ 程度である。第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 は、それらの積層方向 (Z 方向) 上方から見たときの形状を、それぞれ、出力を急峻に変化させ得る形状及びリニアに変化させ得る形状にすることで、互いに異なる応答特性を効果的に発揮することができる。

10

【 0 0 2 4 】

より具体的には、図 2 に示すように、第 1 M R 素子 3 1 の積層方向上方から見たときの形状が略円形状であって、第 2 M R 素子 4 1 の積層方向上方から見たときの形状が略方形形状であると、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 が、それぞれに要求される応答特性を効果的に発揮することができる。なお、本実施形態において「略円形状」には、真円形状の他、長径に対して短径が 70% 以上の円形状をも含むものとする。また、「略方形形状」には、正方形、長方形の他、4 個の内角のいずれもが $85 \sim 95^\circ$ である四角形状をも含むものとする。

20

【 0 0 2 5 】

また、図 3 に示すように、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 の積層方向上方から見たときの形状が、いずれも多角形状であって、第 1 M R 素子 3 1 の角の数が、第 2 M R 素子 4 1 の角の数よりも多い (図 3 に示す例においては、第 1 M R 素子 3 1 の上記形状が六角形状であり、第 2 M R 素子 4 1 の上記形状が四角形状である) ことによっても、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 が互いに異なる応答特性を効果的に発揮することができる。すなわち、第 1 M R 素子 3 1 の上記形状が $M + N$ 角形状であり、第 2 M R 素子 4 1 の上記形状が M 角形状 (M は 3 以上の整数であるのが好ましく、5 以上の整数であるのが特に好ましい。 N は 1 以上の整数であるのが好ましい。) であってもよい。これにより、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 が互いに異なる応答特性を効果的に発揮することができる。

30

【 0 0 2 6 】

好ましくは、第 2 M R 素子 4 1 の形状が M 角形状 (M は 4 以上の偶数である。) であり、より好ましくは、正 M 角形状 (M は 4 以上の偶数である。) である。後述するように、第 2 M R 素子 4 1 は、第 1 M R 素子 3 1 に比してバイアス磁界発生部 4 2 が近接して設けられる。そのため、第 2 M R 素子 4 1 の形状が M 角形状 (M は 4 以上の偶数である。)、特に正 M 角形状 (M は 4 以上の偶数である。) であることで、第 2 M R 素子 4 1 の積層方向上方から見たときに、第 2 M R 素子 4 1 の対向する 2 辺、特に第 2 M R 素子 4 1 の形状が正 M 角形状 (M は 4 以上の偶数である。) である場合には第 2 M R 素子 4 1 の対向する平行な 2 辺のそれぞれをバイアス磁界発生部 4 2 に対向させることができる。この結果、第 2 M R 素子 4 1 とバイアス磁界発生部 4 2 との間の長さ G_2 を小さくすることができ、バイアス磁界発生部 4 2 によるバイアス磁界を第 2 M R 素子 4 1 の全体に略均一に印加させるのが容易となるため、 M が 4 以上の偶数であることが製造上好ましい。

40

【 0 0 2 7 】

バイアス磁界発生部 3 2, 4 2 は、例えば永久磁石により構成されており、自由層 3 1 5, 4 1 5 (図 4 参照) の初期磁化方向 (外部磁界がゼロ (零磁界) のときの自由層 3 1 5, 4 1 5 全体の磁化 $3 1 5 M$, $4 1 5 M$) が所定の方向 (本実施形態においては Y 方向) に向くように、バイアス磁界が自由層 3 1 5, 4 1 5 に印加される。

50

【0028】

第1MR素子31とバイアス磁界発生部32との間の長さG1は、第2MR素子41とバイアス磁界発生部42との間の長さG2よりも大きいのが好ましく、長さG1及び長さG2は、いずれも0~5μmの範囲で適宜設定され得る。長さG1が長さG2よりも大きいことで、第1MR素子31に印加されるバイアス磁界の強度が、第2MR素子41に印加されるバイアス磁界の強度よりも小さくなるため、第1MR素子31からの出力の変化をより急峻にすることができる一方、第2MR素子41からの出力の変化をよりリニアにすることができる。なお、第1MR素子31とバイアス磁界発生部32との間の長さG1とは、磁気センサ1の平面視において(第1MR素子31の積層方向上方からみたときに)、第1MR素子31とバイアス磁界発生部32とのY方向における最短の間隔を意味する。第2MR素子41とバイアス磁界発生部42との間の長さG2も同様に、第2MR素子41とバイアス磁界発生部42とのY方向における最短の間隔を意味する。

10

【0029】

次に、第1MR素子31及び第2MR素子41の積層構造について説明する。

図4に示すように、第1MR素子31及び第2MR素子41は、下地層311, 411、反強磁性層312, 412、磁化固定層313, 413、非磁性中間層314, 414、自由層315, 415及びキャップ層316, 416がこの順に積層されてなる積層体である。下地層311, 411の下層(基板2側)及びキャップ層316, 416の上層に、それぞれ、Cu膜等により構成される下部電極層及び上部電極層(ともに図示せず)が設けられ、第1MR素子31及び第2MR素子41の積層方向に沿ってセンス電流が流れる。

20

【0030】

下地層311, 411は、基板2の結晶軸の影響を排除し、下地層311, 411の上方に積層形成される各層の結晶性や配向性を向上させるために形成される。下地層311, 411を構成する材料としては、例えば、Ta、Ru等が挙げられる。

【0031】

反強磁性層312, 412は、その上層の磁化固定層313, 413の磁化方向を固定する役割を果たす層である。反強磁性層312, 412を構成する材料としては、例えば、Pt, Ru, Rh, Pd, Ni, Cu, Ir, Cr及びFeのグループの中から選ばれる少なくとも1種の元素と、Mnとを含む反強磁性材料を用いることができる。この反強磁性材料におけるMnの含有量は、35~95原子%であるのが好ましい

30

【0032】

反強磁性材料の中には、熱処理を要せずに反強磁性を示して強磁性材料との間で交換結合磁界を誘起する非熱処理系反強磁性材料と、熱処理により反強磁性を示すようになる熱処理系反強磁性材料とがある。本実施形態においては、反強磁性層312, 412を構成する材料として、いずれのタイプの反強磁性材料を用いてもよい。非熱処理系反強磁性材料としては、RuRhMn、FeMn、IrMn等が挙げられ、熱処理系反強磁性材料としては、PtMn、NiMn、PtRhMn等が挙げられる。

【0033】

磁化固定層313, 413は、第1磁化固定層313A, 413A、中間層313B, 413B及び第2磁化固定層313C, 413Cが反強磁性層312, 412上にこの順に積層された構成を有する。第1磁化固定層313A, 413A及び第2磁化固定層313C, 413Cを構成する材料としては、NiFe、CoZrTa、センダスト、NiFeCo、CoZrNb、CoFe、CoFeB等を例示することができる。中間層313B, 413Bを構成する材料としては、Ru等を例示することができる。磁化固定層313, 413の厚さは、3.5~5.5nm程度とされ得る。

40

【0034】

磁化固定層313, 413において、第1磁化固定層313A, 413Aの磁化は反強磁性層312, 412によって強固に固定され、第2磁化固定層313C, 413Cの磁化は、中間層313B, 413Bを介して第1磁化固定層313A, 413Aと交換結合

50

され、強固に固定されている。本実施形態において、第2磁化固定層313C, 413Cの磁化方向は、X方向に設定されている。

【0035】

自由層315, 415は、スケール部20の相対移動に伴うアブソリュート磁気信号及びインクリメンタル磁気信号の信号磁界の変化に応じ、磁化方向が変化する軟磁性層である。自由層315, 415を構成する材料としては、NiFe、CoFe、CoFeB、CoFeNi、Co₂MnSi、Co₂MnGe、FeO_x(Feの酸化物)等を例示することができる。自由層315, 415の厚さは、0.5~8nm程度とされ得る。自由層315, 415における初期磁化方向は、バイアス磁界発生部32, 42からのバイアス磁界の印加により、Y方向に設定されている。

10

【0036】

非磁性中間層314, 414は、本実施形態における第1MR素子31及び第2MR素子41に磁気抵抗効果(MR効果)を発現させるための必須の膜である。本実施形態における第1MR素子31及び第2MR素子41が、トンネル磁気抵抗効果を発揮するTMR素子である場合、非磁性中間層314, 414は絶縁層により構成される。一方、本実施形態における第1MR素子31及び第2MR素子41が、GMR素子である場合、非磁性中間層は金属層により構成される。非磁性中間層314, 414を構成する材料としては、例えば、Cu、Au、Ag、Zn、Ga、TiO_x、ZnO、InO、SnO、GaN、ITO(Indium Tin Oxide)、Al₂O₃、MgO等が挙げられる。本実施形態における第1MR素子31及び第2MR素子41がTMR素子である場合、非磁性中間層314, 414を構成する材料として、MgO_x(X=0.1~0.9)を用いるのが好ましい。非磁性中間層314, 414を構成する材料としてMgO_x(X=0.1~0.9)を用いることで、より高いMR比が得られる。

20

【0037】

非磁性中間層314, 414は、好ましくは2層以上の積層膜により構成され得る。非磁性中間層314, 414が2層以上の積層膜により構成されることで、MR素子の抵抗調整を容易に行うことができる。例えば、非磁性中間層314, 414は、MgO/MgOの2層積層膜や、Cu/ZnO/Cu、Cu/ZnO/Znの3層積層膜により構成され得る。なお、非磁性中間層314, 414の厚さは、0.5~5nm程度とされ得る。

【0038】

キャップ層316, 416は、第1MR素子31及び第2MR素子41を保護するための層である。キャップ層316, 416としては、例えば、Ta, Ru, Cu, Ag, Rh, Cr, Ti, Re, Ir, Mo, W, Ti等のうちの1種の単層膜又は2種以上の積層膜が挙げられる。

30

【0039】

上述したような構成を有する本実施形態における磁気式エンコーダ10の作用を説明する。

第1MR素子31において、自由層315と磁化固定層313とは、それらの磁化315M, 313Mが互いに実質的に直交している(図5参照)。この状態が、第1MR素子31としてのイニシャル状態(初期状態)である。第2MR素子41においても同様に、自由層415と磁化固定層413とは、それらの磁化415M, 413Mが互いに実質的に直交している(図6参照)。

40

【0040】

本実施形態に係る磁気センサ1がスケール部20に対して-X方向に相対的に移動すると、アブソリュート磁気信号トラック21のアブソリュート磁気信号による、第1MR素子31の自由層315に対して作用する外部磁界の磁界強度が徐々に変化する。例えば、磁気センサ1及びスケール部20が互いに相対的に移動し、第1MR素子31とアブソリュート磁気信号トラック21のアブソリュート磁気信号との物理的距離が小さくなるに従い、第1MR素子31の自由層315に対して作用する外部磁界の磁界強度が徐々に大きくなる。本実施形態における第1MR素子31の自由層315が、外部磁界の変化に伴い

50

急峻に出力を変化させ得る形状、すなわち磁化を急峻に回転させ得る形状であることで、自由層315に対する外部磁界の磁界強度が所定の閾値を超えたときに、自由層315の磁化315Mが、実質的に90°回転する(図7参照)。すなわち、第1磁気センサ3(第1MR素子31)における抵抗値が急峻に増大(又は減少)し、第1MR素子31による出力が急峻に変化する(図9参照)。これにより、アブソリュート位置の高精度での検出が可能となる。

【0041】

本実施形態における磁気式エンコーダ10においては、第1MR素子31の積層方向上方から見たときの形状が、例えば略円形状であることで、第1MR素子31による出力を急峻に変化させることができる。

10

【0042】

一方、本実施形態に係る磁気センサ1がスケール部20に対して-X方向に相対的に移動すると、インクリメンタル磁気信号トラック22のインクリメンタル磁気信号による、第2MR素子41の自由層415に対する外部磁界の磁界強度が徐々に変化する。本実施形態における第2MR素子41の自由層415が、外部磁界の変化に伴いニアに出力を変化させ得る形状、すなわち磁化を実質的に一定な速度で回転させ得る形状であることで、自由層415に対する外部磁界の磁界強度の変化に応じて、自由層415の磁化415Mが徐々に回転する(図8参照)。すなわち、第2磁気センサ4(第2MR素子41)における抵抗値が徐々に増大又は減少し、第2MR素子41による出力がリニアに変化する(図10参照)。これにより、インクリメンタル位置の高精度での検出が可能となる。

20

【0043】

本実施形態における磁気式エンコーダ10においては、第2MR素子41の積層方向上方から見たときの形状が、例えば略形状であることで、第2MR素子41による出力をリニアに変化させることができる。

【0044】

このように、本実施形態に係る磁気センサ1によれば、アブソリュート磁気信号を検出するための第1MR素子31と、インクリメンタル磁気信号を検出するための第2MR素子41とが、それぞれ所望の形状(積層方向上方から見たときの形状)を有することで、それぞれに要求される応答特性(出力の急峻な変化、出力のリニアな変化)を効果的に発揮することができる。これにより、当該磁気センサ1を備える磁気式エンコーダ10によれば、アブソリュート磁気信号によるアブソリュート位置及びインクリメンタル磁気信号によるインクリメンタル位置を、従来に比してより高精度に検出することができる。

30

【0045】

以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【0046】

上記実施形態においては、第1MR素子31及び第2MR素子41の形状(積層方向上方から見たときの形状)が、それぞれの要求特性に応じた形状(例えば、第1MR素子31が略円形状で、第2MR素子41が略形状等)であるが、本発明はこのような態様に限定されるものではない。例えば、少なくとも自由層315, 415が当該形状を有していればよく、その他の各層(磁化固定層313, 413等)の形状に制限はない。

40

【0047】

上記実施形態において、磁気式エンコーダ10として、磁気センサ1と対向する磁気信号トラック(アブソリュート磁気信号トラック21及びインクリメンタル磁気信号トラック22)を有するリニアセンサを例に挙げて説明したが、本発明はこのような態様に限定されるものではない。本発明の磁気式エンコーダは、回転角度センサであってもよい。この場合、図11に示すように、ドラム状の回転体50の外周面51にアブソリュート磁気信号トラック21'及びインクリメンタル磁気信号トラック22'が設けられてなるスケール部20'と、本実施形態に係る磁気センサ1とを備える構成であればよい。

50

【 0 0 4 8 】

上記実施形態において、磁気センサ 1 は、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 を 1 個ずつ備えているが、本発明はこのような態様に限定されるものではなく、例えば、第 1 磁気センサ部 3 及び第 2 磁気センサ部 4 は、それぞれ複数個の第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 を含むものであってもよい。

【実施例】

【 0 0 4 9 】

以下、実施例等を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は下記の実施例等に何ら限定されるものではない。

【 0 0 5 0 】

10

〔実施例 1〕

積層方向上方から見た形状がそれぞれ円形状及び正形状であって、図 4 に示す層構成を有する第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 を S i 基板 2 上に作製するとともに、バイアス磁界発生部 3 2 , 4 2 としての永久磁石を設けた磁気センサ 1 を製造した。第 1 M R 素子 3 1 の直径を 1 . 6 μ m、第 1 M R 素子 3 1 とバイアス磁界発生部 3 2 との間の長さ G 1 を 0 . 4 μ m とし、第 2 M R 素子 4 1 の一辺の長さを 2 . 8 μ m、第 2 M R 素子 4 1 とバイアス磁界発生部 4 2 との間の長さ G 2 を 0 μ m とした。そして、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 のそれぞれに電圧 1 V の定電流を印加しながら、外部磁界強度を - 1 0 ~ 1 0 O e の範囲で変化させて当該外部磁界を第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 に作用させ、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 の感度 (m V / O e) を求めた。結果を表 2 に示す。

20

【 0 0 5 1 】

なお、第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 の各層を構成する材料及び膜厚は、表 1 に示すとおりである。

【 0 0 5 2 】

【表 1】

	材料	膜厚(Å)
キャップ層(316, 416)	Ta/Ru	60/70
自由層(315, 415)	NiFe	40
非磁性中間層(314, 414)	MgO _x (X=0.8)	20
第2磁化固定層(313C, 413C)	CoFe/CoFeB	10/10
中間層(313B, 413B)	Ru	8
第1磁化固定層(313A, 413A)	CoFe/CoFeB	20
反強磁性層(312, 412)	IrMn	100
下地層(311, 411)	Ta/Ru	20/20

30

【 0 0 5 3 】

〔比較例 1〕

40

第 2 M R 素子 4 1 の形状 (積層方向上方から見た形状) を円形状にし、直径及び第 2 M R 素子 4 1 とバイアス磁界発生部 4 2 との間の長さ G 2 を、第 1 M R 素子 3 1 の直径及び長さ G 1 と同一にした以外は、実施例 1 と同様にして第 1 M R 素子 3 1 及び第 2 M R 素子 4 1 を作製し、それぞれの M R 素子の感度 (m V / O e) を求めた。結果を表 2 に示す。

【 0 0 5 4 】

〔比較例 2〕

第 1 M R 素子 3 1 の形状 (積層方向上方から見た形状) を正形状にし、一辺の長さ及び第 1 M R 素子 3 1 とバイアス磁界発生部 3 2 との間の長さ G 1 を、第 2 M R 素子 4 1 の直径及び長さ G 2 と同一にする一方、第 2 M R 素子 4 1 の形状 (積層方向上方から見た形状) を円形状にし、直径及び第 2 M R 素子 4 1 とバイアス磁界発生部 4 2 との間の長さ G

50

2を、第1MR素子31の直径及び長さG1と同一にした以外は、実施例1と同様にして第1MR素子31及び第2MR素子41を作製し、それぞれのMR素子の感度(mV/Oe)を求めた。結果を表2に示す。

【0055】

〔比較例3〕

第1MR素子31の形状(積層方向上方から見た形状)を正形状にし、一辺の長さ及び第1MR素子31とパイアス磁界発生部32との間の長さG1を、第2MR素子41の直径及び長さG2と同一にした以外は、実施例1と同様にして第1MR素子31及び第2MR素子41を作製し、それぞれのMR素子の感度(mV/Oe)を求めた。結果を表2に示す。

【0056】

【表2】

	感度(mV/Oe)	
	第1MR素子	第2MR素子
実施例1	15.0	2.7
比較例1	15.0	15.0
比較例2	2.7	15.0
比較例3	2.7	2.7

【0057】

表2に示す結果から、第1MR素子31の形状(積層方向上方から見た形状)を円形状とし、第2MR素子41の形状(積層方向上方から見た形状)を正形状とすることにより、第1MR素子31の出力の傾き(mV/Oe)を、第2MR素子41の出力の傾き(mV/Oe)に比して大きくすることができ、第1MR素子31による出力を急峻に変化させ、かつ第2MR素子41による出力をリニアに変化させ得ることが確認された。

【0058】

続いて、実施例1(第1MR素子31が円形状、第2MR素子41が正形状)の磁気センサ1と、比較例1(第1MR素子及び第2MR素子がともに円形状)の磁気センサとを用い、-50~500eの範囲で外部磁界を変化させ、第2MR素子のそれぞれの出力変化量(最大出力と最小出力との差分, mV)を求めた。そして、-10~100eの範囲で外部磁界を変化させたときの第2MR素子の出力変化量MP1(mV)と、-50~500eの範囲で外部磁界を変化させたときの第2MR素子の出力変化量MP2(mV)とから、下記式により直線性に関する指標ILを算出した。結果を表3に示す。

$$IL = MP2 / MP1$$

【0059】

【表3】

		直線性
実施例1	第2MR素子(正形状)	5
比較例1	第2MR素子(円形)	4.5

【0060】

外部磁界の強度を-50~500eの範囲で変化させたとき、-10~100eの範囲で変化させたときの第2MR素子の出力変化量MP2, MP1の比で表される直線性に関する指標ILが「5」に近いほど、-50~500eの範囲で外部磁界を変化させたときに、第2MR素子の出力がリニアに変化していることを意味する。

【0061】

表3に示す結果から、第2MR素子41の形状(積層方向上方から見たときの形状)が正形状であることで、直線性が向上することが明らかとなった。このことから、第2MR

10

20

30

40

50

素子の形状（積層方向上方から見たときの形状）が方形状であることで、第2MR素子からの出力をリニアに変化させ得ることが確認された。

【0062】

表2及び表3に示す結果から、第1MR素子31及び第2MR素子41の形状（積層方向上方から見たときの形状）が多角形状であっても、出力の急峻な変化が要求される、アブソリュート磁気信号を検出するための第1MR素子31の形状を、インクリメンタル磁気信号を検出するための第2MR素子41の形状よりも円形状に近似させることで、第1MR素子31の出力が急峻に変化し、第2MR素子41の出力がリニアに変化するものと推認される。

【0063】

すなわち、上記結果から、第1MR素子31の形状（積層方向上方から見たときの形状）をM+N角形状（Mは3以上の整数、Nは1以上の整数である。）とし、第2MR素子41の形状（積層方向上方から見たときの形状）をM角形状とすることで、第1MR素子31及び第2MR素子41のそれぞれに要求される応答特性が効果的に発揮され得るものと推認される。

【符号の説明】

【0064】

- 1 ... 磁気センサ
- 2 ... 基板
- 3 ... 第1磁気センサ
- 31 ... 第1MR素子
- 315, 415 ... 自由層
- 32, 42 ... バイアス磁界発生部
- 4 ... 第2磁気センサ
- 41 ... 第2MR素子
- 10 ... 磁気式エンコーダ
- 20 ... スケール部

10

20

【 図 1 】

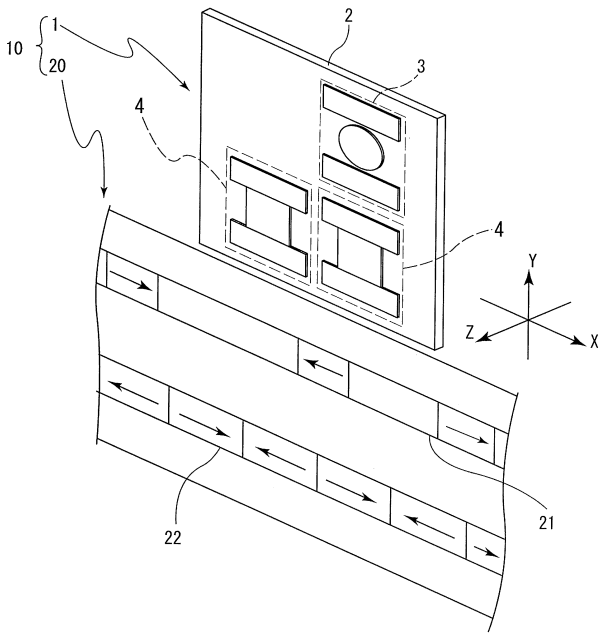


FIG. 1

【 図 2 】

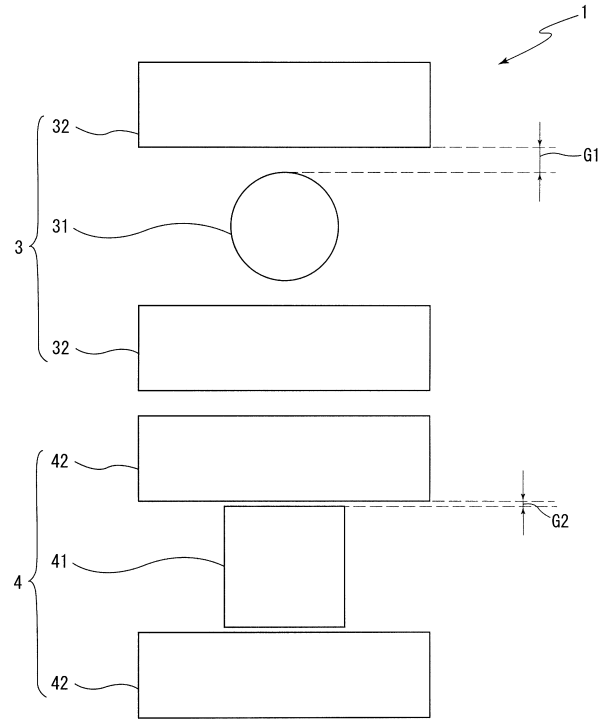


FIG. 2

【 図 3 】

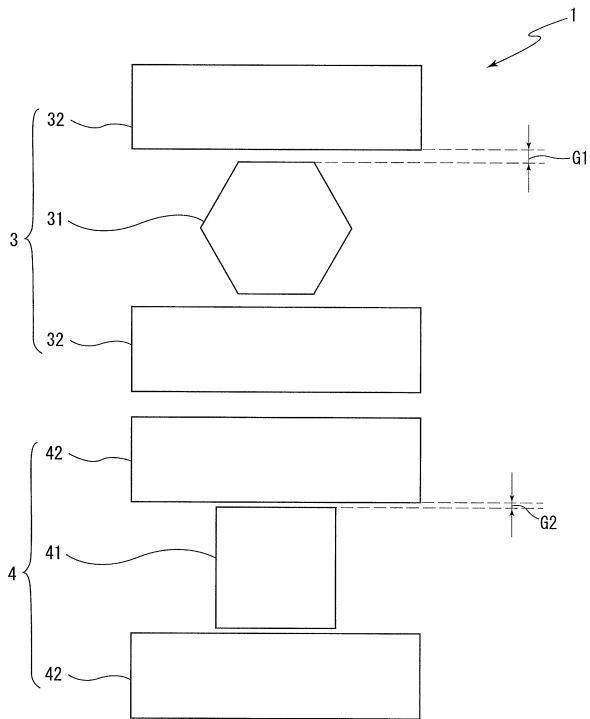


FIG. 3

【 図 4 】

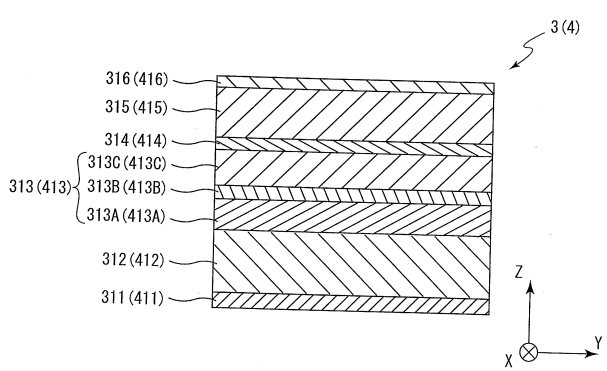


FIG. 4

【図5】

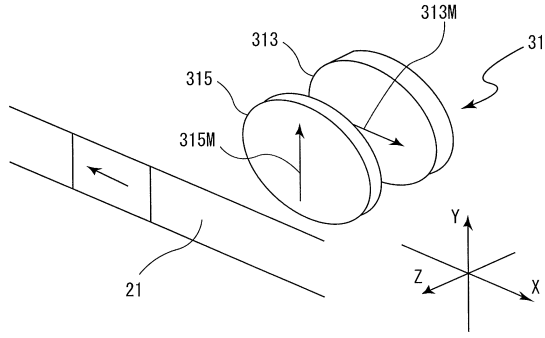


FIG. 5

【図6】

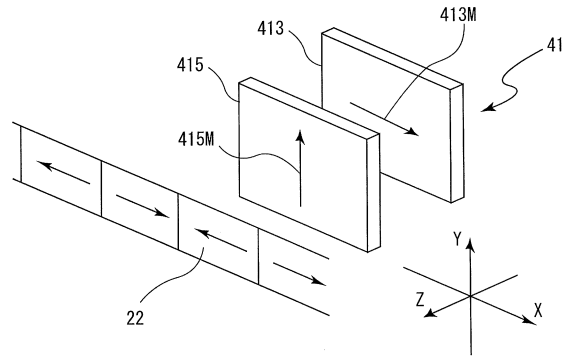


FIG. 6

【図7】

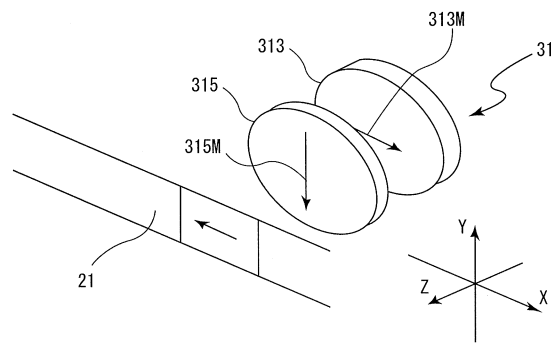


FIG. 7

【図8】

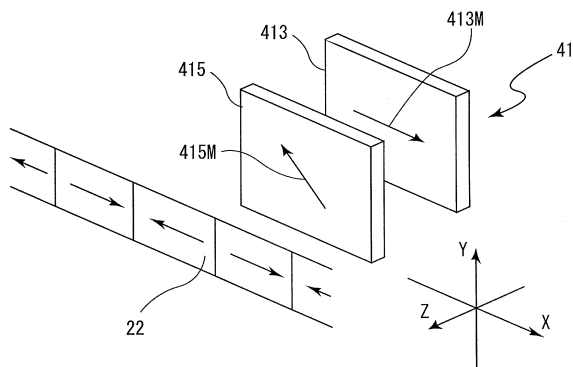


FIG. 8

【図9】

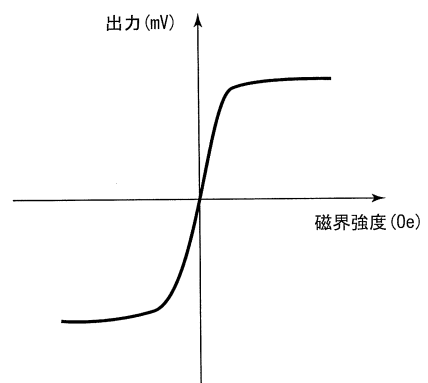


FIG. 9

【図 10】

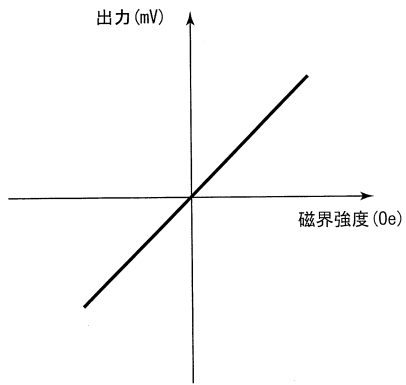


FIG. 10

【図 11】

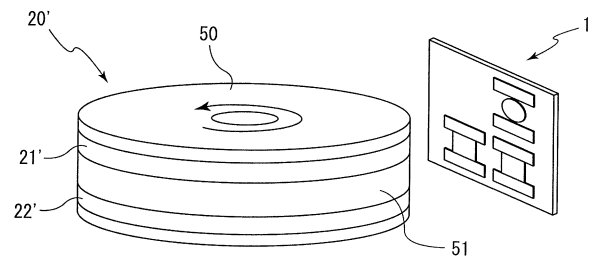


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 山崎 寛史
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 渡邊 克
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内

審査官 菅藤 政明

- (56)参考文献 特開2001-264112(JP,A)
特開2014-35206(JP,A)
特開2014-20888(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01D | 5/245 |
| G01R | 33/02 |
| G01R | 33/09 |