(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3612443号
(P3612443)
(45)発行日　平成17年1月19日(2005.1.19)　(24)登録日　平成16年10月29日(2004.10.29)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G11B 5/31　G11B 5/31 K
G11B 5/39　G11B 5/31 C
G11B 5/31 M
G11B 5/39

請求項の数 6　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平11-141165
(22)出願日　平成11年5月21日(1999.5.21)
(65)公開番号　特開2000-331313(P2000-331313A)
(43)公開日　平成12年11月30日(2000.11.30)
審査請求日　平成15年4月16日(2003.4.16)

(73)特許権者　503136004
株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ
神奈川県小田原市国府津２８８０番地
(74)代理人　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　岡田　智弘
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　森尻　誠
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
磁気ヘッドの製造方法において、
レジスト層を形成し、ハーフトーンマスクを用いて、変形照明法で露光することにより、記録トラック幅を形成することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。
【請求項２】
磁気ヘッドの製造方法において、レジスト層を形成し、ハーフトーンマスクを用いて、変形照明法で露光することにより、再生トラック幅を形成することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。
【請求項３】
上記レジスト層の膜厚を、２～１０μｍの範囲とすることを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッドの製造方法。
【請求項４】
上記変形照明法として、輪帯照明法又は四開口照明法を用いることを特徴とする請求項１又は２記載の磁気ヘッドの製造方法。
【請求項５】
前記ハーフトーンマスクの記録トラックを形成する部分は、孤立パターンであることを特徴とする請求項１記載の磁気ヘッドの製造方法。
【請求項６】
前記ハーフトーンマスクの再生トラックを形成する部分は、孤立パターンであることを特

徴とする請求項２記載の磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスク装置等の記録・再生に用いられる薄膜磁気ヘッド及びそれを搭載した磁気ディスク装置及びディスクアレイ装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

磁気ディスク装置及びディスクアレイ装置では、記録媒体上のデータは磁気ヘッドによって読み書きされる。磁気ディスクの単位面積当たりの記録容量を多くするためには、面記録密度を高密度化する必要がある。面記録密度向上の方法は、トラック密度と、線記録密度を向上させることである。このうちトラック密度向上のためには、磁気ヘッドのトラック幅を微細、高精度化する必要がある。トラック幅が狭くなると、再生出力が小さくなるため、再生ヘッドを現在、広く用いられている磁気抵抗効果型ヘッド（ＭＲヘッド）から巨大磁気抵抗効果型ヘッド（ＧＭＲヘッド）にする必要がある。巨大磁気抵抗効果としては、Ｆｅ／Ｃｒ等の多層膜を用いた多層膜型、Ｃｕ等の非磁性膜をＣｏまたはＮｉＦｅ等の磁性膜で挟み、片側の磁性膜の磁化をＦｅＭｎ等の反強磁性膜で固定したスピンバルブ型、Ａｌ２Ｏ３等の絶縁性非磁性膜をＣｏまたはＮｉＦｅ等の磁性膜で挟み、片側の磁性膜の磁化をＦｅＭｎ等の反強磁性膜で固定したトンネル接合型等がある。これらの膜に電極を設置するが、その電極間隔を狭くすることによって再生トラックを狭トラック化する。これらの電極間隔は現在リフトオフ法により形成されているが、リフトオフ法で形成できるトラック幅の限界は０．８μｍで、それ以下を形成する場合はリアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）が必要となる。電極材料としては、Ｔａ、Ｗ等の高融点金属を用いるが、エッチング時のレジスト選択比が低いため、レジスト膜厚を厚く、最低１μｍ以上とする必要がある。

【０００３】

記録ヘッドのトラック部分を含む磁気コア形成方法としては、イオンミリング等のドライエッチングを用いる方法及びフレームめっき法を用いることが広く知られている。

【０００４】

イオンミリング等のドライエッチングを用いる方法では、パーマロイ等の磁性膜をスパッタリングで形成した後、ホトリソグラフィーにより該磁性膜上にレジストのパターンを形成する。次に該レジストのパターンをマスクとして該磁性膜にイオンミリング等のドライエッチングを施す。これにより、上部磁気コアを形成する。このようなドライエッチングを用いたものとして特開平７－２２５９１７号公報には、トラック幅を画定する磁極端領域をイオンミリングを用いて後部領域より先に形成する方法の例が開示されている。

【０００５】

一方、フレームめっき法では、めっき用の下地膜が形成された基板上に、ホトリソグラフィーによりレジストのフレームを形成し、その後該フレームが形成された基板上にパーマロイ等の磁性膜をめっきしする。次にホトリソグラフィーにより該フレームで囲まれた領域をレジストでマスクして、ウエットエッチングにより不要な磁性膜を除去し、磁気コアを形成する。

【０００６】

前述したように磁気ディスク装置の高記録密度化を達成するためには、磁気ヘッドの狭トラック化及び高精度化を図る必要がある。また、一方、磁気コア先端部であるトラック部分での磁気的飽和を避けるためには、磁気コアの膜厚を厚くする必要があり、その膜厚は、２から数μｍが必要である。しかしながら、このような厚い膜をイオンミリング等のドライエッチングを用いる方法では、ホトリソグラフィーによって形成されたレジストパターンの寸法バラツキに、当該レジストパターンをマスクとして磁性膜をドライエッチングする際の寸法バラツキが重畳されるため、上部磁気コアを高精度に形成することができない。この点、フレームめっき法では、レジストフレームの寸法精度がそのまま上部磁気コ

アの寸法精度のバラツキになるので、寸法精度の点で、イオンミリング等のドライエッチングを用いる方法に比べて有利である。

【０００７】

レジストフレームに用いるレジストはめっき膜厚以上必要であるため、レジスト膜厚は、半導体素子の製造で用いられている膜厚、約０．８μｍよりも厚く、最低でも２～３μｍから１０μｍもの膜厚が必要である。露光装置であるミラープロジェクションアライナやステッパでは、パターンの解像度（Ｒ）はレンズの開口数（ＮＡ）、露光波長（λ）及び定数（ｋ１）を用いて、

Ｒ＝ｋ１・λ／ＮＡ

で表わされる。さらに焦点深度（ＤＯＦ）は、定数（ｋ２）を用いて、

ＤＯＦ＝ｋ２・λ／ＮＡ^2

と表わされる。これらの式から分かるように、解像度を上げるためには露光波長を短くし、レンズの開口数を高める必要がある。しかし、このとき焦点深度は浅くなってしまう。この焦点深度の浅さのため、基板状態により、寸法変動が大きくなる問題があった。図１にレジスト寸法と焦点の関係を示す。図から分かるように焦点がずれると、寸法が線形的に変化することが分かる。つまり磁気ヘッドのトラック幅を精度よく形成することができず、磁気ヘッド作製の上で大きな障害となっていた。その結果、面記録密度９Ｇｂｉｔ／ｉｎ^2 以上の磁気ディスク装置を作製することが不可能であった。

【０００８】

このような問題を解決する方法として、月刊Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｗｏｒｌｄ（１９９７年６月号）には、孤立パターンに対してはハーフトーンマスクを用いる方法が開示されている。周期性のあるラインアンドスペースパターンでは、変形照明の効果があるが、孤立パターンでは、効果が無いとされている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

薄膜磁気ヘッドのトラック部のパターンは孤立パターンであり、月刊Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｗｏｒｌｄ（１９９７年６月号）によると、ハーフトーンマスク法のみが効果があることになる。しかし、月刊Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｗｏｒｌｄ（１９９７年６月号）で示されるように、孤立パターンに対してのハーフトーンマスクの焦点深度向上の効果は２～３割である。図２に我々のハーフトーンマスクの実験結果を示す。図に示すように、焦点に対する寸法変動の割合が図１に比べると小さくなっているが、薄膜磁気ヘッドのような電子デバイス製造のためには十分でない。

【００１０】

このため０．７μｍ以下の狭トラック幅をもつ記録再生分離型薄膜磁気ヘッドとそれを搭載した面記録密度９　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^2 以上の磁気ディスク装置を作製できなかった。

【００１１】

そこで、本発明では０．７μｍ以下の狭トラック幅をもつ記録再生分離型薄膜磁気ヘッド及びそれを用いた面記録密度９　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^2 以上の磁気ディスク装置を提供するものである。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

本発明は、

面記録密度が９　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^2 以上の磁気ディスク装置において、

再生に巨大磁気抵抗効果を用いた再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドの記録または再生トラック幅を決定する工程の寸法が０．７μｍ以下で、かつ露光工程に変形照明法を用いる薄膜磁気ヘッドを搭載することを特徴とする磁気ディスク装置及び磁気ディスクアレイ装置であり、

前記変形照明法が輪帯照明法または四開口照明法であることを特徴とし、

また、前記露光工程のレチクルが孤立パターンであり、

前記記録ヘッドの前記露光工程のレジスト膜厚が２μｍ以上であることを特徴とする薄膜

磁気ヘッドの製造方法である。

【００１３】

さらに前記露光工程において、フォーカスを順次変えながら露光するフレックス法、または前記レチクルにハーフトーン型マスクを用いる方法のうち１種以上を用いることを特徴とする。

【００１４】

前述のように磁気ディスク装置の高記録密度化のためには、磁気ヘッドの狭トラック化が必須である。狭トラック化のためには、微細レジストパターンを形成する必要があり、微細レジストパターンを形成するために、露光装置のレンズの開口数（ＮＡ）を大きくする必要がある。このとき、焦点深度が浅くなることを防止するためには、超解像技術を適用する必要がある。超解像技術として、前述のようにハーフトーンマスク法があるが、図２のようにその効果は十分ではない。筆者らは、半導体デバイスに用いられているレジストよりも厚い、磁気ヘッドに用いられているレジストでは、孤立パターンであっても変形照明法が大きな効果があることを見いだした。図３に実験結果を示す。図より、焦点の変化に対して寸法の変化が無いことが分かる。このため磁気ヘッドのような電子デバイスの生産のための焦点深度を得ることが可能となる。

【００１５】

また、フォーカスを変えて多重露光を行なうフレックス法も焦点深度を大きくするために効果がある。フォーカスを変えるため、厚いレジスト膜でもパターン形成可能で、磁気ヘッドのトラックパターンは、孤立パターンのため周囲のトラックパターン以外への影響を及ぼすこと無く、フレックス法を適用できる。もちろん上記変形照明法との同時利用も可能で、この場合、さらに焦点深度向上の効果が大きい。

【００１６】

さらに、単独では効果が少なかったハーフトーンマスクも、上記変形照明法及びフレックス法と同時使用も可能であり、併用することで焦点深度をいっそう向上させることができる。

【００１７】

焦点深度の重要性について改めて述べる。記録ヘッド形成工程のような厚いレジスト（５～８μｍ厚）を露光する場合には、焦点深度が浅いため、焦点深度向上は、特に重要である。薄いレジストを用いる再生ヘッド形成工程においては、記録ヘッド用レジストよりもレジストが薄いため、焦点深度は厚いレジストの場合よりも深い傾向にあるが、磁気ヘッドで用いるアルミナチタンカーバイト等のセラミック基板では、ウエハの平坦性がシリコンウエハ程良くないため、深い焦点深度をもつことは、磁気ヘッドの製造を考える上で有利である。前述のような焦点深度向上は、寸法精度等の量産性の点で極めて重要である。

【００１８】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面を用いて説明する。図４は本発明の実施の形態の磁気ディスク装置の概念の概略図である（但し、図の拡大倍率は均一ではない）。磁気ディスク装置は、磁気ディスク１上に、支持体２の先端に固定された磁気ヘッド３によって磁化信号４を記録再生を行なう。図５に記録再生分離型磁気ヘッドの概略を示す。巨大磁気抵抗効果膜５を用いた再生ヘッドの上に記録ヘッドが積層された構造となっている。図６に輪帯照明用絞りの概略図を示す。ＲｏｕｔとＲｉｎの比、即ちＲｉｎ／Ｒｏｕｔが２／３または１／２のものが多く使用される。１／２よりも２／３の方が、焦点深度向上の効果は大きいが、照度分布が大きくなる欠点があり、各工程に応じた絞りを使用すればよい。図３に示した実験結果では、１／２の絞りを用いた。四開口照明法用絞りの概略を図７に示す。ａとｂの比によって、焦点深度の向上と照度むらのバランスをとり、プロセスの最適化を行うことができる。本方法は、光の波長を問わず有効で、光源は、水銀ランプのｇ線、ｉ線からＫｒＦエキシマレーザー及びＡｒＦエキシマレーザーであっても良い。

【００１９】

薄膜磁気ヘッドの記録ヘッドの製造工程において、ポジ型レジスト（例えばＳＩＰＲ９７

４０、信越化学製）を６μｍ塗布し、通常のＣｒを用いたレチクルを介して、ＮＡ＝０．４５、　１／２　輪帯の絞りを用いて露光現像することにより、０．６μｍのパターンを解像し、そのときの寸法精度（３σ）は、０．０６μｍであった。通常露光方法での寸法精度（３σ）は、０．１３μｍであった。このように輪帯照明法を用いた場合の寸法精度が良い理由は、前記図３に示すように寸法のフォーカス依存性が小さいためである。もちろん四開口照明等の他の変形照明法でも、同じ斜め入射照明法であるので、輪帯照明法と同様の効果が得られる。また、通常照明法で露光した場合と輪帯照明法で露光した場合のレジストパターンの側面形状を比較すると、通常照明法はレジストパターン側面が上方に向かうにつれて垂直性が悪くなるのに対し、輪帯照明法で露光したレジストパターンは側面形状の垂直性が良い。これも焦点深度が深くなった効果であり、磁気ヘッド製造上、より望ましい結果である。

【００２０】

通常のポジ型厚膜レジストは、感度が低いため、ハーフトーンマスクを用いるとハーフトーンの部分を通った光により感光してしまうため、ハーフトーンマスクを用いる場合は、感度の高い化学増幅型レジストを用いるのが望ましい。ｉ線ステッパの場合は、例えばネガ型レジストのＩＮ－Ｔｒ６－ＬＰまたはＩＮ－Ｔｒ７－ＬＰ（ともに東京応化工業製）やＮＬＹ７２２８Ｄ（住友化学製）を用いると良い。ＡｒＦ、　ＫｒＦエキシマレーザーステッパでは、化学増幅型レジストが主流であるので、特にハーフトーン用に製造されたレジストを用いればよい。このときハーフトーンマスクを用いた場合の焦点深度の向上は、通常露光の２～３割増であるが、同時に輪帯照明法のような変形照明法を用いることもできるため、その相乗効果で焦点深度を２μｍまでのばすことができた。

【００２１】

上記フレックス法は単独使用でも焦点深度を向上させるが、変形照明法およびハーフトーンマスクを用いる方法との併用によって、各方法単独よりも大きな焦点深度を得ることが可能になり、フレックス法でのフォーカスの振り幅を２μｍとしたとき、レジスト膜厚６μｍ、レジスト寸法０．６μｍにおいて、フレックス法単独で焦点深度１．８μｍ、２／３の輪帯照明法との組み合わせで、焦点深度３μｍ、ハーフトーンマスクとの組み合わせで焦点深度２．５μｍが得られた。この時の寸法精度（３σ）は、それぞれ０．０６５μｍ、　０．０５５μｍ、０．０６０μｍが得られた。このレジストパターンに電気メッキにより、例えばＮｉＦｅを形成することにより、０．６μｍ幅の記録トラックが上記寸法精度で得られた。ＫｒＦエキシマレーザーステッパでは、ＴＤＵＲ００７（東京応化工業製、膜厚５μｍ）をＮＡ＝０．４５、　２／３輪帯照明でハーフトーンマスクを用い、フレックス法のフォーカスの振り幅を２μｍとしたとき、フレームトラック幅０．３μｍまで解像し、焦点深度１．１μｍ、寸法精度（３σ）０．２５μｍが得られ、このフレームに電気メッキで、例えばＮｉＦｅＣｏを形成することにより記録トラック幅０．３μｍの記録ヘッドが得られた。

【００２２】

再生ヘッド形成工程において、ｉ線ステッパでは、レジストとしてＴＨｉＲ－３６５０（（東京応化工業製）、膜厚０．８５μｍ）を用いて、ＮＡ＝０．５７で２／３輪帯照明を用いることで、再生トラック幅寸法０．３５μｍで、焦点深度２．５μｍ、寸法精度（３σ）０．０５μｍが得られた。ＫｒＦエキシマレーザーステッパでは、レジストとしてＴＤＵＲ００７（（東京応化工業製）、膜厚０．７５μｍ）を用いて、ＮＡ＝０．５５、２／３輪帯照明の条件で、再生トラック幅０．２２μｍで焦点深度１．２μｍが得られた。このときの寸法精度（３σ）は、０．０２μｍが得られた。同レジストＴＤＵＲ００７（膜厚０．７５μｍ）でハーフトーンマスクと２／３輪帯の組み合わせでは、再生トラック幅寸法０．２２μｍで焦点深度が１．５μｍとなり、２つの方法の効果により、より深い焦点深度が得られた。上記レジストパターンを例えばＳＦ６ガスのＲＩＥにより電極材料のＴａをエッチングすることによって再生トラック幅０．２２μｍを寸法精度（３σ）０．０２μｍで得ることができた。

【００２３】

上記記録トラック幅０．３μｍの記録ヘッドと上記再生トラック幅０．２２μｍの再生ヘッドを順次形成することにより、面記録密度４０　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^{2}を達成でき、このヘッドを搭載することにより、面記録密度４０　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^{2}の磁気ディスク装置を作製でき、さらにこの磁気ディスクにより、ディスクアレイ装置を作製できた。

【００２４】

【発明の効果】

変形照明法、ハーフトーンマスク法及びフレックス法等の超解像技術を用いることにより、焦点深度を焦点深度を深めることができ、厚膜レジストでも０．７μｍ以下のパターン形成ができるため、０．７μｍ以下のトラック幅をもつ薄膜磁気ヘッドが形成可能となる。その薄膜磁気ヘッドを用いることにより面記録密度９　Ｇｂｉｔ／ｉｎ^{2}以上の磁気ディスク装置を作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】孤立パターンに置ける通常照明法でのレジスト寸法と焦点の関係のグラフである。

【図２】ハーフトーンマスクを用いた場合のレジスト寸法と焦点の関係のグラフである。

【図３】変形照明法を用いた場合のレジスト寸法と焦点の関係のグラフである。

【図４】本発明の実施の形態における磁気ディスク装置の概念の概略図である（但し、拡大倍率は均一ではない）。

【図５】本発明の実施の形態における磁気ヘッドの概略図である（但し、拡大倍率は均一ではない）。

【図６】本発明の実施の形態における輪帯照明用絞りの概略図である（但し、拡大倍率は均一ではない）。

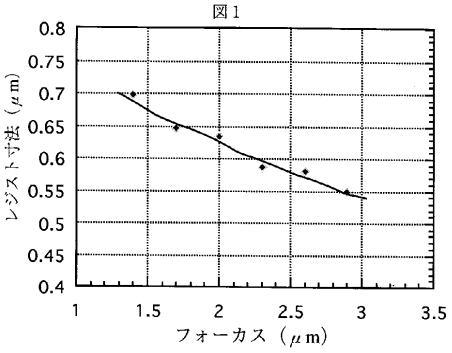
【図７】本発明の実施の形態における四開口照明用絞りの概略図である（但し、拡大倍率は均一ではない）。

【符号の説明】

１…磁気ディスク、２…支持体、３…磁気ヘッド、４…磁化信号、５…巨大磁気抵抗効果膜、６…電極、７…磁気コア、８…絶縁膜、９…導体コイル、１０…下部シールド、１１…上部シールド。

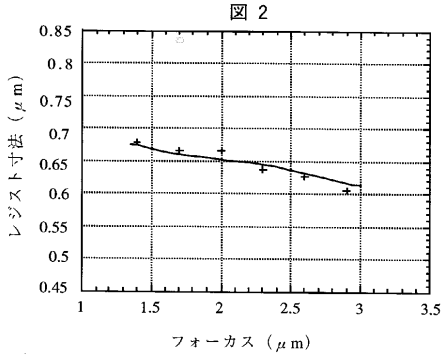
【図１】

図1



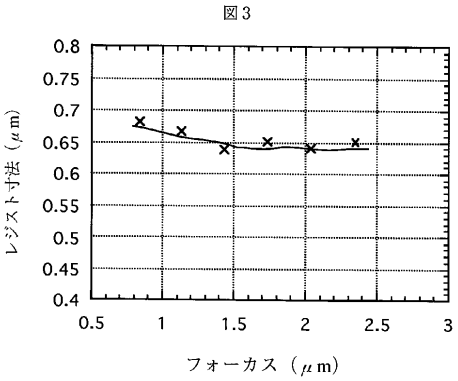
【図２】

図 2



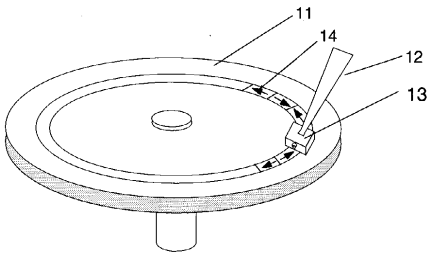
【図３】

図3



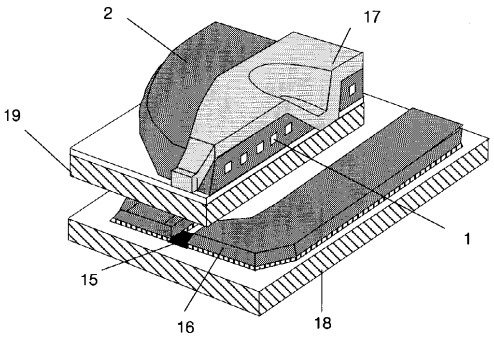
【図４】

図4



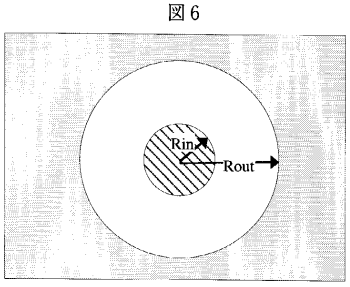
【図５】

図5



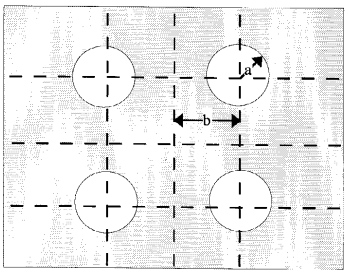
【図６】

図6



【図７】

図7



フロントページの続き

(72)発明者　岡井　哲也
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内
(72)発明者　山崎　秀樹
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内
(72)発明者　芳田　伸雄
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　斉藤　治信
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内
(72)発明者　斉木　教行
神奈川県小田原市国府津２８８０番地　株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内
(72)発明者　川辺　隆
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内

審査官　中村　豊

(56)参考文献　特開平１０－１４３８１８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０１０７００（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G11B　5/31
G11B　5/39