

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5905552号  
(P5905552)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 1 B 5/31 (2006.01)

G 1 1 B 5/31 D

G 1 1 B 5/31 Q

G 1 1 B 5/31 E

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-192851 (P2014-192851)  
 (22) 出願日 平成26年9月22日(2014.9.22)  
 (62) 分割の表示 特願2010-158107 (P2010-158107)  
                   の分割  
           原出願日 平成22年7月12日(2010.7.12)  
 (65) 公開番号 特開2014-238911 (P2014-238911A)  
 (43) 公開日 平成26年12月18日(2014.12.18)  
           審査請求日 平成26年10月14日(2014.10.14)  
 (31) 優先権主張番号 12/502,179  
 (32) 優先日 平成21年7月13日(2009.7.13)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500373758  
                   シーゲイト テクノロジー エルエルシー  
                   Seagate Technology  
                   LLC  
                   アメリカ合衆国、95014 カリフォル  
                   ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ  
                   ・ブールバード、10200  
                   10200 South De Anza  
                   Blvd Cupertino CA  
                   95014 United States  
                   of America

(74) 代理人 110001195  
                   特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トランスデューサおよびトランスデューサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

トランスデューサの製造方法であって、

基板上に形成された磁性材料と、前記磁性材料上に堆積されたマスクとを含む第1の中間構造を得るステップと、

第2の中間構造を形成するために、イオンビーム打込みを用いて、第1のエネルギーレベルで、前記第1の中間構造上で第1の成形作業を実行するステップとを備え、前記第2の中間構造における成形された磁性材料は、後縁と、前縁と、前記後縁および前記前縁の間に延びる1対の側壁とを含み、前記方法はさらに、

保護層を形成するために、前記第1のエネルギーレベルよりも低い第2のエネルギーレベルでのイオンビーム打込みを用いて、前記第2の中間構造における前記成形された磁性材料の前記側壁上に、前記側壁と接触して前記基板の材料を再堆積させるステップを備える、方法。

【請求項 2】

トランスデューサの製造方法であって、

基板上に形成された磁性材料と、前記磁性材料上に堆積されたマスクとを含む第1の中間構造を得るステップを備え、前記構造を第1の部分と第2の部分とに分割する停止面が、前記磁性材料と前記マスクとの間に規定され、前記方法はさらに、

第2の中間構造を形成するために、前記第1の中間構造上で少なくとも1回の成形作業を実行するステップと、

10

20

第3の中間構造を形成するために、前記第2の中間構造上に非磁性材料からなる第1の保護層を堆積させるステップと、

第4の中間構造を形成するために、絶縁材料で前記第3の中間構造を埋め戻しするステップと、

第5の中間構造を形成するために、埋め戻された絶縁材料の一部、前記マスクの全体および前記第1の保護層の一部を含む前記構造の前記第1の部分を前記停止面において除去するステップとを備える、方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

10

背景

典型的なデータ電子機器筐体は、さまざまな構成要素を封入する剛性のハウジングを含む。データ記憶システムは、電子機器筐体の一種である。データ記憶システムにおける構成要素として、1つ以上の記憶媒体が挙げられる。たとえば、記憶媒体は、媒体を回転させてディスクのデータ面が空力式軸受ヘッドスライダの下を通るようにするスピンドルモータ上に取付けられることができる。ヘッドスライダは、少なくとも1つのアームと、音声コイルモータから得られた機械的エネルギーを用いて各媒体を横断する少なくとも1つの対応するサスペンションとを有するアクチュエータ上に支持される。スライダはトランスデューサを担持しており、このトランスデューサは、媒体のデータ面に情報を記録し、媒体のデータ面から情報を再生する。

20

【0002】

媒体の面密度を大きくする必要性が果てしないため、トランスデューサの大きさは絶えず縮小している。たとえば、再生センサおよび記録磁極などの磁気トランスデューサの幅は、媒体上のより小さなトラックサイズに合わせるために、より小さくなっている。

【0003】

一般に、再生センサも記録磁極も、イオンビームエッチング (ion beam etching) (IBE) などのいくつかのタイプのイオンミリングによって規定される。しかしながら、再生センサおよび記録磁極が規定された後、デバイスの側面では、制御されない厚みを有する反応ゾーンまたは不感層 (dead layer) の形成が生じる。

【0004】

30

不感層の形成は、さまざまな理由によって引き起こされる可能性がある。たとえば、イオンミリング中にデバイスの側壁に打込まれるアルゴンビームは、イオンにより誘発される物理的損傷を引き起こす可能性がある。別の例では、再生センサまたは記録磁極がイオンミリングによって規定された後、イオンミリング処理されたデバイスは、他の製造プロセスに遷移するための雰囲気中に晒される。イオンミリング処理されたばかりのデバイスが雰囲気に晒されるために、酸素および水分が容易にデバイスの端縁と反応し得る。さらに別の例では、側壁に対するその後の酸化が、アルミナ硬質マスクまたは他のアルミナ層から生じ得る。

【0005】

不感層は、減少した磁気モーメントをデバイスに提供する。記録磁極の場合には、不感層は、不感層をもたない記録磁極と比較して、より湾曲した遷移を記録磁極に記録させる可能性がある。再生部の場合には、デバイスの抵抗は不感層の厚みによって異なる可能性があるため、再生部の端縁効果が不可欠である。記録磁極および再生部における端縁反応ゾーンの制御または排除は、再生部/記録部の性能制御にとって重要である。

40

【0006】

上記の説明は、単に一般的な背景情報のためになされているに過ぎず、クレームされる主題の範囲の決定を助けるものとして用いられることを意図していない。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

## 概要

保護されたトランスデューサおよびその製造の実施例を開示する。トランスデューサの一実施例は、後縁と、前縁と、後縁および前縁の間に延びる１対の対向する側壁とを含むように成形される、基板上に形成された磁性材料を含む。保護材料の層は、成形された磁性材料の１対の側壁の各々と接触して位置決めされる。埋め戻し材料は、成形された磁性材料の１対の側壁の各々の上の保護材料を取囲む。

### 【０００８】

トランスデューサの一実施例を製造するために、基板上に形成された磁性材料と、磁性材料上に堆積されたマスクとを含む第１の中間構造が得られる。当該構造を第１の部分と第２の部分とに分割する停止面が、磁性材料とマスクとの間に規定される。第２の中間構造を形成するために、第１の中間構造上で少なくとも１回の成形作業が実行される。第３の中間構造を形成するために、第２の中間構造上に非磁性材料からなる第１の保護層が堆積される。第４の中間構造を形成するために、絶縁材料で第３の中間構造が埋め戻しされる。第５の中間構造を形成するために、埋め戻しされた絶縁材料の一部、マスクおよび第１の保護層の一部を含む構造の第１の部分が停止面において除去される。

### 【０００９】

トランスデューサの別の実施例を製造するために、基板上に形成された磁性材料と、磁性材料上に堆積されたマスクとを含む第１の中間構造が得られる。第２の中間構造を形成するために、イオンビーム打込みを用いて、第１のエネルギーレベルで、第１の中間構造上での第１の成形作業が実行される。保護層を形成するために、イオンビーム打込みを用いて、第２の中間構造における成形された磁性材料の側壁上に、側壁と接触して基板の材料が再堆積される。

### 【００１０】

これらのならびにさまざまな他の特徴および利点は、以下の詳細な説明を読むことによって明らかである。この概要は、クレームされる主題の鍵となる特徴または不可欠な特徴を特定することを意図しているわけではなく、クレームされる主題の範囲の決定を助けるものとして用いられることを意図しているわけでもない。クレームされる主題は、背景に記載された任意のまたはすべての不利な点を解決する実現例に限定されない。

### 【図面の簡単な説明】

### 【００１１】

【図１】媒体への垂直磁気記録のための例示的な再生／記録トランスデューサの部分断面図を示す。

【図２】１つの実施例下でのトランスデューサの製造方法を示すフローチャートである。

【図３】図２におけるトランスデューサの製造中に形成される第１の中間構造を示す。

【図４】図２におけるトランスデューサの製造中に形成される第２の中間構造を示す。

【図５】図２に示されるトランスデューサの製造中に形成される第３の中間構造を示す。

【図６】図２に示されるトランスデューサの製造中に形成される第４の中間構造を示す。

【図７】図２に示されるトランスデューサの製造中に形成される第５の中間構造を示す。

【図８】図２に示されるトランスデューサの製造中に形成される第６の中間構造を示す。

【図９】図２において製造されるトランスデューサの一部の概略的な空気軸受面の図を示す。

【図１０】別の実施例下でのトランスデューサの製造方法を示すフローチャートである。

【図１１】図１０に示されるトランスデューサの製造中に形成される第１の中間構造を示す。

【図１２】図１０に示されるトランスデューサの製造中に形成される第２の中間構造を示す。

【図１３】図１０に示されるトランスデューサの製造中に形成される第３の中間構造を示す。

【図１４】図１０に示されるトランスデューサの製造中に形成される第３の中間構造を示す。

10

20

30

40

50

【図 1 5】図 1 0 に示される記録磁極の製造中に形成される第 4 の中間構造を示す。

【図 1 6】図 1 0 において製造されるトランスデューサの一部の概略的な空気軸受面の図を示す。

【図 1 7】さらに別の実施例下でのトランスデューサの製造方法を示すフローチャートである。

【図 1 8】図 1 7 に示されるトランスデューサの製造中に形成される第 1 の中間構造を示す。

【図 1 9】図 1 7 に示されるトランスデューサの製造中に形成される第 2 の中間構造を示す。

【図 2 0】図 1 7 に示されるトランスデューサの製造中に形成される第 3 の中間構造を示す。

10

【図 2 1】図 1 7 に示されるトランスデューサの製造中に形成される第 4 の中間構造を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

詳細な説明

本開示の実施例は、磁気デバイスの製造中に生じ得る端縁反応ゾーンまたは不感層の排除または最小化に関する。磁気デバイスは、再生トランスデューサまたは記録トランスデューサなどの任意のタイプのトランスデューサに関連付けられることができる。しかしながら、本開示では、記録磁極の製造の例示的な実施例について特に説明する。

20

【0013】

図 1 は、媒体 1 0 4 への垂直磁気記録のための例示的な再生 / 記録トランスデューサ 1 0 2 の部分断面図を示す。図 1 では、明確にするために、すべての間隔層および絶縁層を省略している。再生 / 記録トランスデューサ 1 0 2 は、スライダ（図 1 には図示せず）の後縁に形成された記録素子 1 0 6 と再生素子 1 0 8 とを含む。再生素子 1 0 8 は、上部シールド 1 1 2 と下部シールド 1 1 4 との間に間隔をおいて配置された再生センサ 1 1 0 を含む。上部シールド 1 1 2 および下部シールド 1 1 4 は、媒体 1 0 4 に記録されたデータのビットを検知することに影響を及ぼし得るであろう外部磁場から再生センサ 1 1 0 を隔離するように動作する。

【0014】

30

記録素子 1 0 6 は、記録磁極 1 1 5 と、第 1 の戻り磁極 1 1 8 と、第 2 の戻り磁極 1 1 9 とを含む。記録磁極 1 1 5 は、記録磁極先端部 1 2 6 を有する主要部 1 1 6 を含む。磁極先端部 1 2 6 は、後縁 1 4 8 と、前縁 1 4 9 とを含む。記録磁極 1 1 5 は、また、ヨーク部 1 1 7 を含む。第 1 の戻り磁極 1 1 8 は、第 1 の戻り磁極先端部 1 2 8 を含み、第 1 のスペーサ 1 2 0 によって記録磁極 1 1 5 から切離されている。第 1 の戻り磁極 1 1 8 は、第 1 の後部間隙閉鎖部 1 2 2 において記録磁極 1 1 5 に接続されている。第 1 の戻り磁極 1 1 8 は、記録磁極先端部 1 2 6 の前縁 1 4 9 から間隔をおいて配置されている。第 2 の戻り磁極 1 1 9 は、記録磁極 1 1 5 の、第 1 の戻り磁極 1 1 8 とは反対側に位置決めされている。特に、第 2 の戻り磁極 1 1 9 は、記録磁極先端部 1 2 6 の後縁 1 4 8 から間隔をおいて配置されている。第 2 の戻り磁極先端部 1 2 9 を有する第 2 の戻り磁極 1 1 9 は、第 2 のスペーサ 1 2 1 によって記録磁極 1 1 5 から切離され、第 2 の後部間隙閉鎖部 1 2 3 において接続されている。主要磁極先端部 1 2 6 、第 1 の戻り磁極先端部 1 2 8 および第 2 の戻り磁極先端部 1 2 9 は、それぞれ、媒体 1 0 4 の面 1 3 0 に面しており、スライダの空気軸受面（air bearing surface）（ABS）1 3 2 の一部を形成する。

40

【0015】

導電性コイル 1 2 4 は、記録磁極 1 1 5 に巻付いて、記録磁極 1 1 5 と第 1 の戻り磁極 1 1 8 との間および記録磁極 1 1 5 と第 2 の戻り磁極 1 1 9 との間に延びている。絶縁材料（図示せず）は、導電性コイル 1 2 4 を、記録磁極 1 1 5 および第 1 の戻り磁極 1 1 8 から、ならびに、記録磁極 1 1 5 および第 2 の戻り磁極 1 1 9 から、電氣的に絶縁する。当業者は、導電性コイル 1 2 4 の他の構成が可能であることを理解すべきである。たとえ

50

ば、導電性コイル 1 2 4 は、2つの導電性コイルであり得るであろう。一方のコイルが第 1 の戻り磁極 1 1 8 と記録磁極 1 1 5 との間および後部間隙閉鎖部 1 2 2 の周りに延びており、一方のコイルが第 2 の戻り磁極 1 1 9 と記録磁極 1 1 5 との間および後部間隙閉鎖部 1 2 3 の周りに延びていることもあり得る。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、記録素子 1 0 6 とは別個の上部シールド 1 1 2 および下部シールド 1 1 4 を有する再生素子 1 0 8 を示す。しかしながら、他の再生 / 記録トランスデューサでは、戻り磁極 1 1 8 が再生素子 1 0 8 のための上部シールドとして動作できることに注目されたい。さらに、記録素子 1 0 6 の部分も遮蔽できることに注目されたい。

【 0 0 1 7 】

記録磁極 1 1 5 と、第 1 の戻り磁極 1 1 8 と、第 2 の戻り磁極 1 1 9 と、後部間隙閉鎖部 1 2 2 および 1 2 3 と、垂直な磁化の向きを有する硬質磁性層または記憶層 1 3 6 の下に置く媒体 1 0 4 の軟磁性層 1 3 4 とによって、磁気回路が記録素子 1 0 6 に形成される。記憶層 1 3 6 は、均一に磁化された領域 1 3 8 を含み、領域 1 3 8 の各々が、上または下の向きに従ってデータのビットを表す。動作時、電流が導電性コイル 1 2 4 に流され、これは、磁気回路を通して伝えられる磁束を誘発する。磁気回路は、矢印 1 4 0 によって示されるように、磁束が主要磁極先端部 1 2 6 および記録媒体の記憶層 1 3 6 を通って垂直に進むようにする。次に、磁束は、矢印 1 4 2 および 1 4 3 によって示されるように、記録媒体の軟磁性層 1 3 4 を通るように水平に方向付けられ、次いで、矢印 1 4 4 および 1 4 5 によって示されるように、記憶層 1 3 6 を再び通って、第 1 の戻り磁極 1 1 8 の第 1 の戻り磁極先端部 1 2 8 および第 2 の戻り磁極 1 1 9 の第 2 の戻り磁極先端部 1 2 9 を通るように垂直に方向付けられる。最後に、磁束は、後部間隙閉鎖部 1 2 2 および 1 2 3 を通って記録磁極 1 1 5 に戻るように伝えられる。

【 0 0 1 8 】

主要磁極先端部 1 2 6 は、記憶層 1 3 6 のパターン 1 3 8 における磁化の向きが強制的に記録磁場と整列させられ、したがって、データのビットをそこに記録させるほどまでに、そこを通過して進む磁束を集中させるように成形される。一般に、主要磁極先端部 1 2 6 における記憶層 1 3 6 の磁場は、その層の保磁力または飽和磁場の 2 倍でなければならない。媒体 1 0 4 は、矢印 1 4 6 によって示される方向に回転する。記録磁極 1 1 6 の後縁 1 4 8 は、記憶層 1 3 6 に記録されたデータのビット間の遷移を規定する「記録端縁」として動作する。なぜなら、その端縁において発生した磁場は、パターン 1 3 8 における磁化の向きを規定する最後のものであるためである。

【 0 0 1 9 】

遮蔽された記録磁極は、後縁 1 4 8 における磁場勾配を大きくし、遷移の質を改善する。シールド記録磁極で記録された遷移の曲率は、シールドなしで記録された遷移の曲率よりも小さい。しかしながら、シールドがあっても、記録磁極は依然として真っ直ぐでない遷移を作り出す。遷移の質の改善は、さらに、空気軸受面、特に空気軸受面の後縁において磁極の全域について高いモーメントの磁性材料を用いることによって、達成することができる。イオンミリングとの相互作用、空気に晒されること、およびその後の埋め戻し堆積はすべて、記録磁極の側壁および端縁上での不感層の形成を引き起こし得る、記録磁極または他のタイプのトランスデューサの製造での例である。不感層は、不感層をもたない記録磁極と比較して、真っ直ぐな遷移を記録磁極が記録することを妨げる。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、図 1 のトランスデューサ 1 0 2 などのトランスデューサの製造方法の一実施例を示すフローチャート 2 0 0 である。特に、フローチャート 2 0 0 は、図 1 に示される記録磁極 1 1 6 などの記録磁極の製造方法を記載する。フローチャート 2 0 0 は、図 2 ~ 図 9 に示される中間構造と組合せて記載される。

【 0 0 2 1 】

ブロック 2 0 1 において、図 3 に示されるような第 1 の中間構造 2 5 0 が得られる。第 1 の中間構造 2 5 0 は、基板 2 5 4 上に形成された磁性材料 2 5 2 を含む。磁性材料 2 5

10

20

30

40

50

2 は、FeCo または他のタイプの 2 . 4 T 鉄コバルトであり得る。基板 2 5 4 は、アルミナ ( $Al_2O_3$ ) または他のタイプの絶縁材料であり得る。第 1 の中間構造 2 5 0 は、また、磁性材料 2 5 2 上に堆積されたマスク 2 5 6 を含む。たとえば、マスク 2 5 6 は、フォトレジストまたは硬質マスクであり得る。マスク 2 5 6 は、製造すべき記録磁極の幅を規定することに用いられるように構成される。一般に、記録磁極の幅は、記憶媒体上のトラックの幅に対応すべきである。

#### 【0022】

ブロック 2 0 3 において、第 2 の中間構造 2 5 8 ( 図 4 に図示 ) を形成するために、少なくとも 1 回の成形作業が第 1 の中間構造 2 5 0 上で実行される。磁性材料の形状を規定するために、マスク 2 5 6 によって塞がれていない磁性材料 2 5 2 の除去を、イオンミリング、たとえば標準的な誘導性イオンビームミルによって、行なうことができる。しかしながら、磁性材料 2 5 2 は、反応性イオンビームエッチング ( reactive ion beam etching ) ( R I B E ) などの他の技術を用いて除去されることができる。

10

#### 【0023】

図 4 に示されるように、成形後、基板 2 5 4 の一部および磁性材料 2 5 2 の一部が除去される。より特定的には、磁性材料 2 5 2 は、前縁 2 4 9 と、後縁 2 4 8 と、1 対の対向する側壁 2 6 2 および 2 6 4 とを含むように規定される。なお、後縁 2 4 8 は、図 1 に示される記録磁極 1 1 6 の後縁 1 4 8 に一致する。

#### 【0024】

ブロック 2 0 5 において、第 3 の中間構造 2 6 8 ( 図 5 に図示 ) を形成するために、第 1 の保護層 2 6 6 が第 2 の中間構造 2 5 8 上に堆積される。第 1 の保護層 2 6 6 は、イオンミリングに晒された基板 2 5 4 の部分と接触し、磁性材料 2 5 2 の側壁 2 6 2 および 2 6 4、ならびにマスク 2 5 6 の、磁性材料 2 5 2 と接触していない部分と接触するように、堆積される。たとえば、第 1 の保護層 2 6 6 は、原子堆積 ( atomic deposition ) ( A L D ) で形成することができ、タンタル ( Ta )、ルテニウム ( Ru )、銅 ( Cu )、ダイヤモンド状炭素などの非磁性材料、または、アルミナもしくはさまざまな窒化物もしくは炭化物などの他の類似の材料を含み得る。図 2 に示される方法では、ステップ 2 0 3 および 2 0 5 は、真空を破壊することなく実行することができる。真空下でこれらのステップを実行することは、湿気および酸素に晒されることなどの環境条件に起因して側壁 2 6 2 および 2 6 4 が損傷を受けることを防ぐ。第 1 の保護層 2 6 6 が堆積されるとすぐに、磁性材料 2 5 2 が晒されることに関する問題が解消され、真空を破壊することができる。

20

30

#### 【0025】

ブロック 2 0 7 において、図 6 に示される第 4 の中間構造 2 7 2 を形成するために、第 3 の中間構造 2 6 8 が埋め戻し材料 2 7 0 で埋め戻しされる。たとえば、埋め戻し材料 2 7 0 は、アルミナなどの絶縁材料であり得る。示されるように、埋め戻し材料 2 7 0 は、ブロック 2 0 4 において記載された成形ステップ中にミリングによって取除かれた磁性材料 2 5 2 の側壁 2 6 2 および 2 6 4 を取囲む空間を埋める。また、図 6 に示されるように、構造 2 7 2 を第 1 の部分 2 7 5 と第 2 の部分 2 7 6 とに分割する停止面 2 7 4 が、磁性材料 2 5 2 とマスク 2 5 6 との間に規定される。より特定的には、停止面 2 7 4 は、磁性材料 2 5 2 とマスク 2 5 6 との間の境界面によって規定される。

40

#### 【0026】

ブロック 2 0 9 において、第 5 の中間構造 2 7 8 ( 図 7 に図示 ) を形成するために、第 4 の中間構造 2 7 2 の第 1 の部分 2 7 5 が停止面 2 7 4 において除去される。第 1 の部分 2 7 5 を除去することによって、成形された磁性材料 2 5 2 の後縁 2 4 8 を晒すように、第 1 の保護層 2 6 6 の一部、埋め戻し材料 2 7 0 の一部およびマスク 2 5 6 が除去される。

#### 【0027】

ブロック 2 1 1 において、第 6 の中間構造 2 8 2 を形成するために、第 2 の保護層 2 8 0 が第 5 の中間構造 2 7 8 上に堆積される。特に、第 2 の保護層 2 8 0 は、埋め戻し材料 2 7 0、第 1 の保護層 2 6 6 および成形された磁性材料 2 5 2 の後縁 2 4 8 を被覆するよ

50

うに堆積される。したがって、成形された磁性材料 2 5 2 は、側壁 2 6 2 および 2 6 4 と接触する保護層および後縁 2 4 8 上の保護層によって被覆され、保護される。第 1 の保護層 2 6 6 と同様に、第 2 の保護層 2 8 0 は、タンタル ( T a )、ルテニウム ( R u )、銅 ( C u )、ダイヤモンド状炭素などの非磁性材料、または、アルミナもしくはさまざまな窒化物もしくは炭化物などの他の類似の材料を含み得る。

#### 【 0 0 2 8 】

ブロック 2 1 3 において、( 図 1 に示される間隙または空間 1 2 0 などの ) 間隙を形成するために、間隙材料 2 8 4 が第 6 の中間構造 2 8 2 上に堆積される ( または、図 9 に示されるように、第 2 の保護層 2 8 0 上に堆積される )。シールドまたは前面シールドを形成するために、シールド材料 2 8 6 ( 図 1 には特に図示せず ) が間隙材料 2 8 4 上に堆積される。間隙材料 2 8 4 およびシールド材料 2 8 6 を追加することによって、第 6 の中間構造 2 8 2 がトランスデューサ 2 0 2 の少なくとも一部になる。たとえば、間隙材料 2 8 4 はアルミナなどの絶縁材料であり得て、シールド材料 2 8 6 は磁性材料であり得る。前に記載したように、シールド材料 2 8 6 は、後縁 2 4 8 における磁場勾配を大きくし、遷移の質を改善する。

#### 【 0 0 2 9 】

図 1 0 は、図 1 のトランスデューサ 1 0 2 などのトランスデューサの製造方法の別の実施例を示すフローチャート 3 0 0 である。特に、フローチャート 3 0 0 は、図 1 に示される記録磁極 1 1 6 などの記録磁極の製造方法を記載する。フローチャート 3 0 0 は、図 1 1 ~ 図 1 6 に示される中間構造と組合せて記載される。

#### 【 0 0 3 0 】

ブロック 3 0 1 において、図 1 1 に示されるような第 1 の中間構造 3 5 0 が得られる。第 1 の中間構造 3 5 0 は、基板 3 5 4 上に形成された磁性材料 3 5 2 を含む。図 3 の磁性材料 2 5 2 と同様に、磁性材料 3 5 2 は、F e C o または他のタイプの 2 . 4 T 鉄コバルトであり得る。基板 2 5 4 と同様に、基板 3 5 4 は、アルミナまたは他のタイプの絶縁材料であり得る。第 1 の中間構造 3 5 0 は、また、磁性材料 3 5 2 上に形成された第 1 の保護層 3 6 6 と、第 1 の保護層 3 6 6 上に堆積されたマスク 3 5 6 とを含む。図 5 の第 1 の保護層 2 6 6 と同様に、第 1 の保護層 3 6 6 は、タンタル ( T a )、ルテニウム ( R u )、銅 ( C u )、ダイヤモンド状炭素などの非磁性材料、または、アルミナもしくはさまざまな窒化物もしくは炭化物などの他の類似の材料を含み得る。図 3 のマスク 2 5 6 と同様に、マスク 3 5 6 は、フォトレジストまたは硬質マスクであり得る。マスク 3 5 6 は、製造すべき記録磁極の幅を規定することに用いられるように構成される。

#### 【 0 0 3 1 】

ブロック 3 0 3 において、第 2 の中間構造 3 5 8 ( 図 1 2 に図示 ) を形成するために、少なくとも 1 回の成形作業が第 1 の中間構造 3 5 0 上で実行される。磁性材料の形状を規定するために、マスク 3 5 6 によって塞がれていない磁性材料 3 5 2 および第 1 の保護層 3 6 6 の除去を、イオンミリングまたは反応性イオンビームエッチング ( R I B E ) などの他の技術によって、行なうことができる。図 1 2 に示されるように、成形後、基板 3 5 4 の一部、磁性材料 3 5 2 の一部および第 1 の保護層 3 6 6 の一部が除去される。より特定のには、磁性材料 3 5 2 は、後縁 3 4 8 と、前縁 3 4 9 と、1 対の対向する側壁 3 6 2 および 3 6 4 とを含むように規定される。なお、後縁 3 4 8 は、図 1 に示される記録磁極 1 1 6 の後縁 1 4 8 に一致する。

#### 【 0 0 3 2 】

ブロック 3 0 5 において、第 3 の中間構造 3 6 8 ( 図 1 3 に逗子 ) を形成するために、大 2 の保護層 3 8 0 が第 2 の中間構造 3 5 8 上に堆積される。第 2 の保護層 3 8 0 は、イオンミリングに晒された基板 3 5 4 の部分と接触し、磁性材料 3 5 2 の側壁 3 6 2 および 3 6 4 ならびに第 1 の保護材料 3 6 6 の側面ならびにマスク 3 5 6 の部分と接触するように、堆積される。したがって、成形された磁性材料 3 5 2 は、側壁 3 6 2 および 3 6 4 と接触する保護層および後縁 3 4 8 上の保護層によって被覆され、保護される。第 1 の保護層 3 6 6 と同様に、第 2 の保護層 3 8 0 は、タンタル ( T a )、ルテニウム ( R u )、銅

(Cu)、ダイヤモンド状炭素などの非磁性材料、または、アルミナもしくはさまざまな窒化物もしくは炭化物などの他の類似の材料を含み得る。

【0033】

図10に示される方法では、ステップ303および305は、真空を破壊することなく実行することができる。真空下でこれらのステップを実行することは、湿気および酸素に晒されることなどの環境条件に起因して側壁362および364が損傷を受けることを防ぐ。第1の保護層366および第2の保護層380が堆積されるとすぐに、磁性材料352が晒されることに関する問題が解消され、真空を破壊することができる。

【0034】

ブロック307において、第4の中間構造372(図14に図示)を形成するために、第3の中間構造368が埋め戻し材料370で埋め戻しされる。埋め戻し材料270と同様に、埋め戻し材料370は、アルミナなどの絶縁材料であり得る。示されるように、埋め戻し材料370は、ブロック303において記載された成形ステップ中にミリングによって取除かれ、第2の保護層380でコーティングされた磁性材料352の側壁362および364を取囲む空間を埋める。また、図14に示されるように、構造372を第1の部分375と第2の部分376とに分割する停止面374が、磁性材料352とマスク356との間に規定される。より特定のには、停止面374は、第1の保護層366とマスク356との間の境界面によって規定される。

【0035】

ブロック309において、第5の中間構造378(図15に図示)を形成するために、第4の中間構造372の第1の部分375が停止面374において除去される。第1の部分375を除去することによって、成形された磁性材料352の後縁348上に形成された第1の保護層366を晒すように、第2の保護層380の一部、埋め戻し材料370の一部およびマスク356が除去される。

【0036】

ブロック311において、(図1に示される間隙または空間120などの)間隙を形成するために、間隙材料384が第6の中間構造382上に堆積される(または、図16に示されるように、第2の保護層366および埋め戻し370上に堆積される)。シールドまたは前面シールドを形成するために、シールド材料386(図1には特に図示せず)が間隙材料384上に堆積される。間隙材料384およびシールド材料386を追加することによって、第6の中間構造382がトランスデューサ302の少なくとも一部になる。たとえば、間隙材料384はアルミナなどの絶縁材料であり得て、シールド材料386は磁性材料であり得る。前に記載したように、シールド材料386は、後縁348における磁場勾配を大きくし、遷移の質を改善する。

【0037】

図17は、図1のトランスデューサ102などのトランスデューサの製造方法の別の実施例を示すフローチャート400である。特に、フローチャート400は、図1に示される記録磁極116などの記録磁極の製造方法を記載する。フローチャート400は、図18~図20に示される中間構造と組合せて記載される。

【0038】

ブロック401において、図18に示されるような第1の中間構造450が得られる。第1の中間構造450は、基板454上に形成された磁性材料452を含む。図3の磁性材料252および図11の磁性材料352と同様に、磁性材料452は、FeCoまたは他のタイプの2.4T鉄コバルトであり得る。基板254および基板354と同様に、基板454は、アルミナまたは他のタイプの絶縁材料であり得る。第1の中間構造450は、また、磁性材料452上に堆積されたマスク456を含む。たとえば、マスク456は、フォトレジストまたは硬質マスクであり得る。マスク456は、製造される記録磁極の幅を規定することに用いられるように構成される。一般に、記録磁極の幅は、記憶媒体上のトラックの幅に対応すべきである。

【0039】



ブロック 403 において、第 2 の中間構造 458 (図 19 に図示) を形成するために、少なくとも 1 回の成形作業が第 1 の中間構造 450 上で実行される。磁性材料の形状を規定するために、マスク 456 によって塞がれていない磁性材料 452 の除去を、イオンミリングまたは反応性イオンビームエッチング (RIE) などの他の技術によって、第 1 のエネルギーレベルで行なうことができ、第 2 の中間構造 458 を形成する。特に、第 1 の成形作業は、誘導性イオンビームミルによって実行することができる。図 19 に示されるように、成形後、基板 454 の一部および磁性材料 452 の一部が除去される。より特定のには、磁性材料 452 は、前縁 449 と、後縁 448 と、1 対の対向する側壁 462 および 464 とを含むように規定される。なお、後縁 448 は、図 1 に示される記録磁極 116 の後縁 148 に一致する。

10

#### 【0040】

しかしながら、第 1 の成形作業が磁性材料 452 上で実行された後、磁性材料 452 の側面では、制御されない厚みを有する反応ゾーンまたは不感層 490 の形成が生じる。不感層 490 の形成は、さまざまな理由によって引き起こされる可能性がある。たとえば、イオンミリング中にデバイスの側壁 462 および 464 に打込まれるアルゴンビームは、イオンにより誘発される物理的損傷を引き起こす可能性がある。別の例では、磁性材料 452 がイオンミリングによって規定された後、磁性材料 452 は、他の製造プロセスに遷移するための雰囲気中に晒される可能性がある。イオンミリング処理されたばかりのデバイスが雰囲気に晒されるために、酸素および水分が容易にデバイスの端縁と反応し得て、不感層 490 を形成する。さらに別の例では、側壁 462 および 464 に対するその後の酸化が、アルミナ硬質マスクまたは他のアルミナ層から生じ得る。

20

#### 【0041】

実際、不感層 490 が磁性材料 452 上に形成される場合、図 20 に示されるような第 3 の中間構造 468 を形成するために磁性材料 452 上で第 2 の成形作業を実行することによって、不感層の厚みを除去または低減することができる。第 2 の成形作業は、イオンミリングまたは RIE などの他の技術によって、第 2 のエネルギーレベルで実行することができる。特に、第 2 の成形作業は、誘導性イオンビームミルを用いて実行することができる。第 2 のエネルギーレベルは、減少した量または第 1 のエネルギーレベルよりも少ない量のエネルギーレベルである。より低いパワーで第 2 の成形作業を実行することは、第 1 の成形作業下で形成された損傷層または不感層 490 と比較して、磁性材料の側壁 462 および 464 上の新たな損傷層または不感層 491 が小さくなることを意味する。また、図 20 に示されるように、第 2 の中間構造 458 上での第 2 の成形作業は、磁性材料 452 と基板 454 との間の境界面に直角 (すなわち、磁性材料 452 の前縁 449 に直角) の位置に対して第 1 の角度 492 で実行される。

30

#### 【0042】

ブロック 405 においておよび図 21 に示されるように、側壁 462 および 464 上に保護または封じ込め層 466 を形成するために、基板 454 の材料が、イオンビーム打込みを用いて、第 2 の中間構造 458 または第 3 の中間構造 468 の磁性材料 452 の側壁 462 および 464 上に再堆積される。特に、基板材料を基板 454 から側壁 462 および 464 上に再堆積させるためにイオンビーム打込みを行なうステップは、磁性材料 452 と基板 454 との間の境界面に直角 (すなわち、磁性材料 452 の前縁 449 に直角) の位置において実行される。図 21 に示されるように、イオンビーム打込みの直角位置によって、基板 454 のアルミナが基板から解き放たれ、側壁 462 および 464 上に堆積する。図 20 に示される第 2 の成形作業も図 21 に示される再堆積作業も、誘導性イオンビームミルを用いて、第 2 のエネルギーレベルで実行することができ、この第 2 のエネルギーレベルは、図 19 に示される第 1 の成形作業を実行するためのエネルギーレベルよりも低いエネルギーレベルである。

40

#### 【0043】

図 19 ~ 図 21 に示されるすべてのステップが、真空を破壊することなく単一のチャンバ内で実行できることを理解されたい。さらに、図 21 に示される時点で磁性材料 452

50

が依然としてマスク 4 5 6 によって被覆されているので、前縁 4 4 9 に直角の位置において行なわれるイオンビーム打込みを用いた再堆積作業が、製造中のトランスデューサの限界寸法（すなわち、幅）に影響を及ぼさないことを認識されたい。

#### 【 0 0 4 4 】

さまざまな実施例の構造および機能の詳細とともに、さまざまな実施例の多数の特徴および利点について上記の説明の中で記載してきたが、この開示は例示的なものであるに過ぎず、詳細について、特に、添付の特許請求の範囲を表現する用語の幅広い一般的な意味によって示される開示の原理の最大の範囲内で、部品の構造および配置の事項について、変更を行なってもよい。たとえば、特定の素子は、本発明の範囲および精神から逸脱することなく、実質的に同じ機能を維持しながら、トランスデューサのタイプによって異な

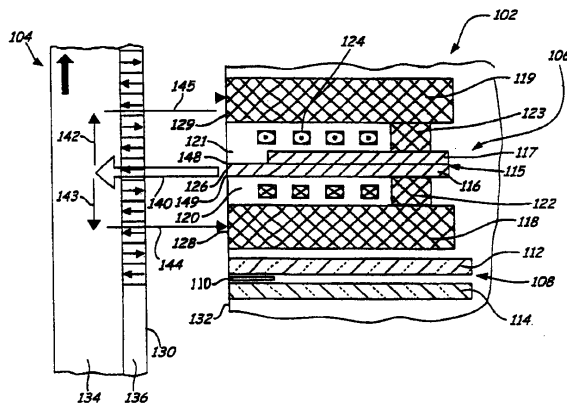
10

#### 【 符号の説明 】

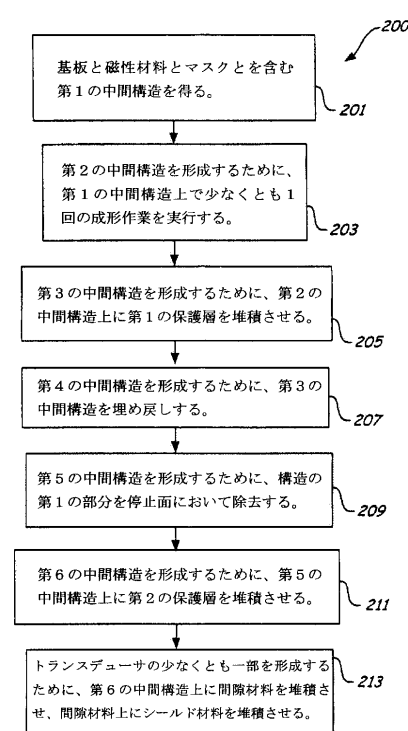
#### 【 0 0 4 5 】

1 0 2 トランスデューサ、1 4 8 後縁、1 4 9 前縁、2 5 2 磁性材料、2 5 4 基板、2 6 2 , 2 6 4 側壁、2 6 6 第 1 の保護層、2 7 0 埋め戻し材料

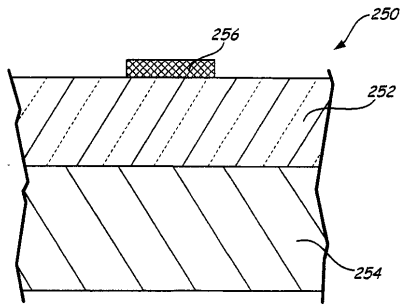
【 図 1 】



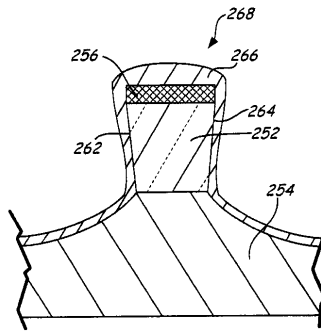
【 図 2 】



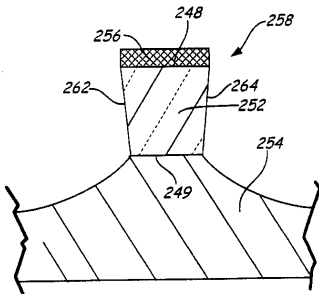
【図 3】



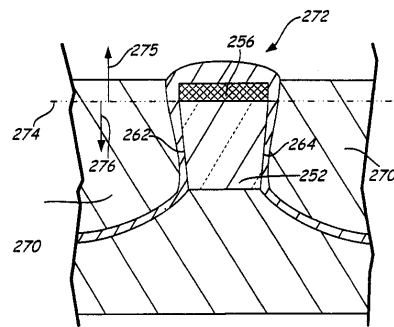
【図 5】



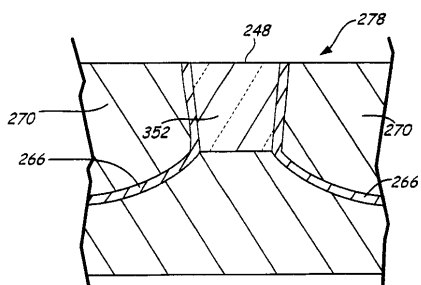
【図 4】



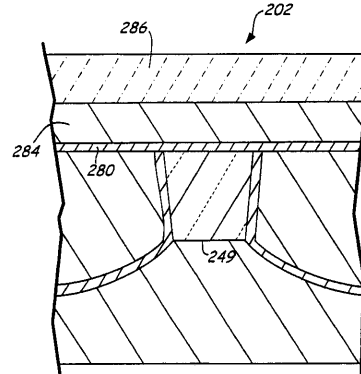
【図 6】



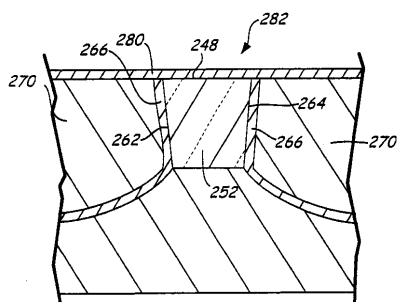
【図 7】



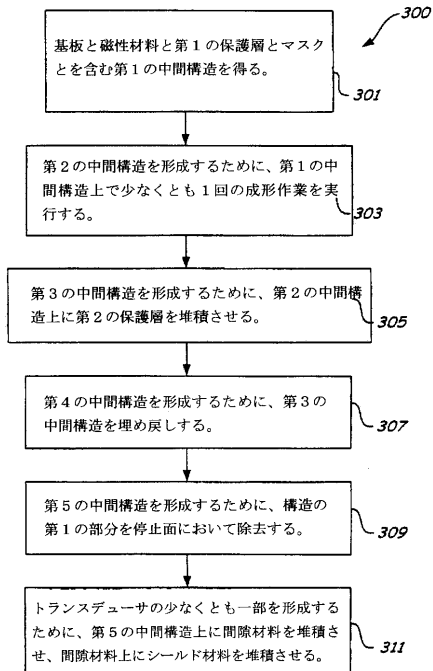
【図 9】



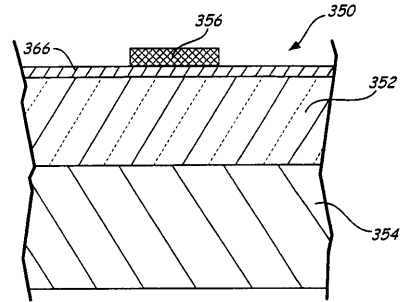
【図 8】



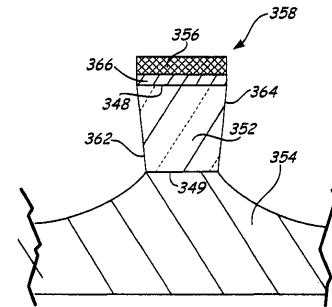
【図 10】



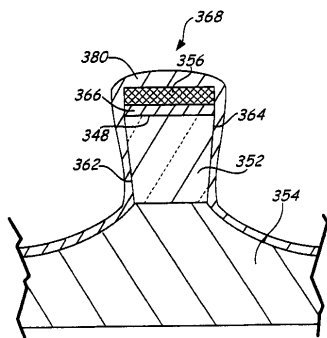
【図 11】



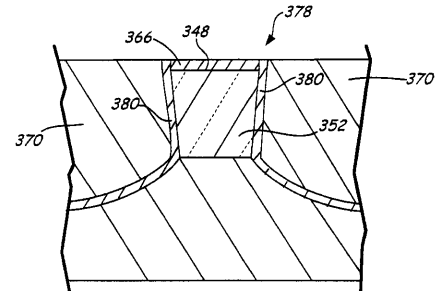
【図 12】



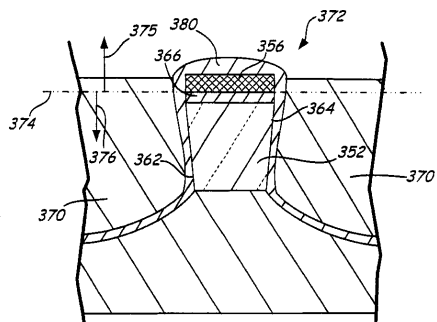
【図 13】



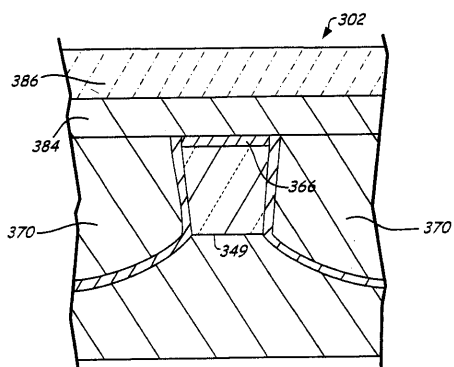
【図 15】



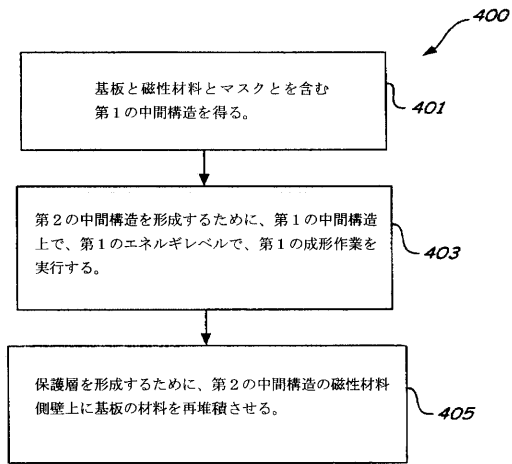
【図 14】



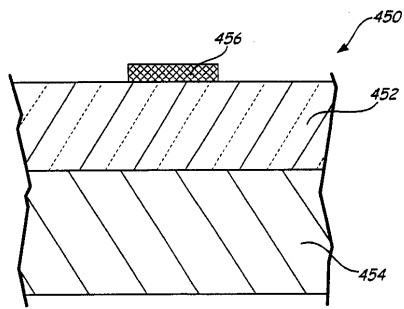
【図 16】



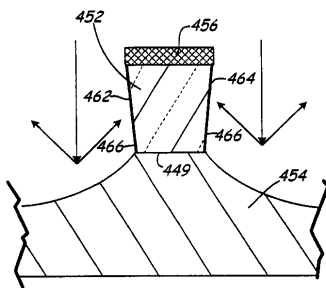
【図 17】



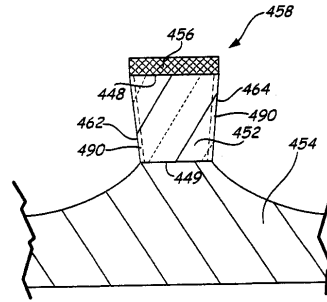
【図 18】



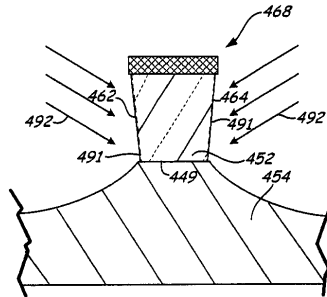
【図 21】



【図 19】



【図 20】



## フロントページの続き

- (72)発明者 アレクシー・ブイ・ナザロフ  
アメリカ合衆国、 8 0 0 2 1 コロラド州、ウェストミンスター、ウェストクリフ・パークウェイ、 9 7 9 0、アパートメント・ナンバー・ 2 3 6
- (72)発明者 ブラディスラフ・アレクサンドロビチ・バスコ  
アメリカ合衆国、 5 5 1 2 4 ミネソタ州、アップル・バレー、フローリスト・サークル、 1 5 2 4 4
- (72)発明者 オーレ・グンナー・ヘイノネン  
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 6 ミネソタ州、エデン・プレーリー、パーク・テラス・ドライブ、 1 5 8 2 4
- (72)発明者 ゾウ・リージュアン  
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 6 ミネソタ州、エデン・プレーリー、タータン・カーブ、 6 9 8 4
- (72)発明者 トマス・アール・ブーンストラ  
アメリカ合衆国、 5 5 3 1 8 ミネソタ州、チャスカ、ウェストン・リッジ・パークウェイ、 7 1 0
- (72)発明者 シリン・ペング  
アメリカ合衆国、 5 5 4 3 8 ミネソタ州、ブルーミントン、オータム・チェイス・サークル、 7 3 1 7
- (72)発明者 ガオ・カイチョン  
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ジャスパー・レーン、 1 2 3 5 0

審査官 中野 和彦

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 1 3 7 8 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 3 6 7 1 1 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 1 8 4 0 2 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 1 0 4 8 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 2 5 7 7 7 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 1 1 B 5 / 3 1