

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4395610号
(P4395610)

(45) 発行日 平成22年1月13日 (2010. 1. 13)

(24) 登録日 平成21年10月30日 (2009. 10. 30)

(51) Int. Cl.

G 1 1 B 7/135 (2006.01)

F I

G 1 1 B 7/135

A

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-24201 (P2000-24201)	(73) 特許権者	000125369
(22) 出願日	平成12年2月1日 (2000. 2. 1)		学校法人東海大学
(65) 公開番号	特開2001-216673 (P2001-216673A)		東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号
(43) 公開日	平成13年8月10日 (2001. 8. 10)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成19年2月1日 (2007. 2. 1)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(72) 発明者	後藤 顕也
			静岡県沼津市西野317

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザを搭載した光学ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子の出力端面に設けられる開口先端部とにより構成され、前記開口先端部を、入射させる光波が前記開口先端部の内部を伝搬する波長の略2分の1のサイズとなるように形成し、前記開口先端部と光記録媒体との間を入射される前記光波が前記開口先端部の内部を伝搬する波長の略4分の1以下のギャップとし、前記開口先端部の内部では通常の光波を殆ど減衰することなく伝搬させる、近接場光により光記録媒体に対して記録を行う光学ヘッド。

【請求項 2】

前記半導体レーザ素子は面発光レーザ素子である請求項1記載の光学ヘッド。

10

【請求項 3】

前記半導体レーザに一体的に取り付けられるヒートシンクを有する請求項1又は2記載の光学ヘッド。

【請求項 4】

前記半導体レーザ素子は略635nmで発振する端面発光InGaAlP系のIII-V族化合物半導体レーザにより構成される請求項1乃至3のいずれか1記載の光学ヘッド。

【請求項 5】

半導体レーザと、この半導体レーザの出力端面に設けられる開口先端部とで構成され、前記開口先端部のサイズが、入射させる光波が前記開口先端部の内部を伝搬する波長の略2分の1となるように超微細加工され、前記開口先端部を除いて光が漏れないように漏洩

20

防止膜兼反射膜が成膜されている光学ヘッド。

【請求項 6】

記録用のプリズム台形状の高屈折率物質をレーザ射出面に併設した半導体レーザに光記録媒体の記録済みビットからの反射光強度が半導体レーザへ戻ることによって得られるレーザの戻り光誘起雑音を検出する手段を含む光学ヘッド。

【請求項 7】

相変化媒体に保護膜をコートし、その上に潤滑剤を塗布した光ディスク上に設置される光学ヘッドであって、前記光ディスクに対してレーザ波長の $1/4$ 以下の距離に保持され、半導体レーザチップとプリズム台形状の高屈折率物質とで構成され、前記プリズム台形状の高屈折率物質の上底面と下底面にはレーザ波長の反射防止膜が形成され、両底面以外

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザを搭載し、近接場光を用いて光ディスクに情報の記録を行う光学ヘッドに関する。

【0002】

また、本発明は、半導体レーザおよび磁気抵抗素子を搭載し、近接場光を用いて情報の記録再生を行う光学ヘッドに関する。

【0003】

20

【従来の技術】

パソコンの外部記憶装置として HDD、FDD などの磁気記録、および MO、CD-R、DVD-RAM などの光記録があるが、何れも大容量化が望まれている。その理由として、(1) アプリケーションや OS の高機能化によりプログラムサイズが肥大化していること、(2) 主記憶容量の増大につれて通常主記憶容量の $1.5 \sim 2$ 倍確保する仮想記憶領域の増大及び CD-RAM などのキャッシングにも数百 MB 必要になっていること、(3) インターネットの普及によりユーザが気付かない内に蓄積データが増加していること、(4) デジタルビデオの普及により画像をディスクに記録する要求が増加していること、そして (5) 各家庭用にサーバを設置する要求が有ることが上げられる。

【0004】

30

このような大容量化の要求に対して、MIG (Metal in Gap) ヘッド、薄膜ヘッドから MR (Magnetoresistor) ヘッドの採用、さらには巨大磁気抵抗素子、即ち GMR (Giant Magnetoresistor) ヘッドの採用によって磁気記録である HDD の面記録密度は増加している。

【0005】

この大容量化の要求に対して、最近、米国の Seagate 社が 23.8 Gb/in^2 の記録密度を達成している。

【0006】

一方、光ディスク記録は 1972 年にヒリップス社から民生用の He-Ne レーザ搭載のビデオディスクが発表されてから発展をとげ、現在では両面 4 層の DVD で 18 Gbyte の記録容量を達成している。

40

【0007】

また、最近では、高密度記録として、近接場光学応用によるナノプローブ技術が注目されている。ところが、ナノプローブの先端を尖鋭にすればするほど入射光に対する射出エバネセント波の光量比が 7 桁ないし 9 桁も減衰するのが実状である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来の磁気記録では、磁気記録は極端に面記録密度を高めていくと、磁気記録層に書き込まれたスピンの熱磁気緩和現象によって経時変化と共にデータが消失するという問題があり、21 世紀初頭には $50 \text{ Gb/in}^2 \sim 100 \text{ Gb/in}^2$ の記録密度が限界であると

50

言われている。

【0009】

また、従来の光ディスク記録では、レーザ光をレンズなどを用いて絞り込んだときに、光波の回折現象によって光源であるレーザの波長程度にしかビーム径を絞り込めないで、410nmの紫外線レーザを使用しても面記録密度は20～30Gb/in²程度が光記録の限界と言われている。更に、使用する高精度の光学部品は高価であり、コストアップになっている。即ち、磁気記録、光記録ともにまもなく記録密度の限界を迎えることになる。

【0010】

また、近接場光学応用によるナノプローブ技術も現在の光ディスクの記録密度以上の高面記録密度の近接場光学の応用の成果が得られていない。

10

【0011】

本発明の目的は、この問題を解決するため、レーザ光の光量が減衰することなく、近接場光学を用いて光ディスクに高密度記録できる光学ヘッドを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

現在得られる短波長半導体レーザ光として635nmの波長を使用し、この波長で透明でかつ、屈折率の高い半導体材料例えば、GaP結晶を用いて先端が90nmに尖鋭化させたピラミッド状の特殊光学プリズムを用い、635nmレーザ光を底面から入射させるとプリズム内での半波長が88nmとなる。したがってプリズム先端を90nm径の平坦面にしておけばまったく減衰なくレーザ光が射出する。この先端を光磁気ディスク媒体にコンタクトヘッドあるいはフライングヘッドの原理を用いて約50nm以下の間隔で保つことによりレンズを使わないでレンズを使用したよりも極めて小さなビームスポットを形成することができる。

20

【0013】

本発明は、半導体レーザの出力端面に高屈折率プリズム物質を設け、この先端部を直径90nmあるいは90nm角の平面に形成し、この先端と光記録媒体間を近接場光学が作用する距離に保ち光磁気記録媒体に対して記録を行う光学ヘッドを提供する。

【0014】

また、本発明は、半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子の出力端面に設けられる高屈折率台形形状プリズム物質とにより構成され、前記高屈折率台形形状プリズム物質の先端部を、入射させる光波の波長を λ とし前記台形形状プリズム物質の屈折率を n とすると先端開口サイズがほぼ $\lambda / 2n$ となるように形成し、前記先端部と光記録媒体との間を $\lambda / 4$ 波長以下のギャップとし、前記プリズム物質内部では通常の光波を殆ど減衰することなく伝搬させる、近接場光学により光磁気記録媒体に対して記録を行う光学ヘッドを提供する。

30

【0015】

また、本発明は、直径90nmあるいは90nm角の平面に形成された先端部を有する高屈折率プリズム（トンガリピラミッド）を出力端面に設け、高屈折率プリズムの物質内でレーザを発生する半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子と一体化される磁気抵抗素子とで構成され、プリズム状物質から光記録媒体間の僅かな距離のみは近接場光学により光記録媒体に対して高密度記録再生を行う光学ヘッドを提供する。

40

【0016】

また、本発明は、 $\lambda = 650\text{nm}$ 、 $n = 3.3$ の場合には、直径90nmあるいは90nm角の平面に形成された先端部を有するトンガリピラミッドを出力端面に設けた半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子と一体化される磁気抵抗素子とで構成され、近接場光学により光記録媒体に対して高密度記録再生を行う光学ヘッドを提供する。

【0017】

また、本発明は、記録用の高屈折率台形形状プリズム形状物質をレーザ射出面に併設した半導体レーザに光記録媒体の記録済みビットからの反射光強度が半導体レーザへ戻るこ

50

とによって得られるレーザの戻り光誘起雑音を検出する手段を含む光学ヘッドを提供する。

【0018】

本発明によると、波長の約 $1/10$ のサイズで光記録ができる。しかも、レーザ出力の殆ど 100% を記録に使用できる。光記録媒体は、 $TbFeCo$ の垂直磁性媒体あるいは $GesbTe$ などによる相変化記録媒体を用いる。このときの記録ビットの検出、即ち記録情報再生には2つの方法がある。第1の方法は、巨大磁気抵抗素子 (GMR) を用いて磁化の変化を検出する方法である。第2の方法は、半導体レーザの出力部に薄い $1/4$ 波長板を設置し、半導体レーザからの直線偏波を右回りの円偏波に変換させる。光磁気ディスクによって、反射位相が π rad 変移して再び $1/4$ 波長板に戻る。この波長板を通過して、左回りの円偏波は、レーザの中で直線偏波とは $\pi/2$ rad 異なった (即ち、両者が直交した) 直線偏波となる。光磁気信号によって、カー回転角が、両者に重畳される。言い換えれば、両者間に、カー回転による位相差を生ずる。この位相差は、光の周波数差となって現れる。高速フォトダイオードで、このビート信号を検出することによって、信号が再生できる。

10

【0019】

本発明において、記録再生ヘッドは、第1の方法では、半導体レーザチップ + GMR チップで構成される。第2の方法では、半導体レーザチップ + 特殊半導体レーザチップで構成される。サイズはいずれも約 1 mm^3 程度である。これをハードディスクのフライングヘッドスライダーに取り付ける。磁気ディスクドライブとほぼ同じ大きさで、磁気ディスクドライブの3倍の面記録密度が実現する。3.5 インチディスクで、30 GB の大容量が実現できる。

20

【0020】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態の光学ヘッドを示している。これによると、光学ヘッド11はディスクドライブモータ (図示せず) により回転される光磁気ディスク12に対向配置され、ヘッド位置移動用モータにより駆動されるサスペンション13の先端に取り付けられる。この光学ヘッド11と光磁気ディスク12との間隔は50 nm以下に設定されることにより近接場光学により記録が行える。

【0021】

光学ヘッド11は、図2(a), (b) に示すように端面発光半導体レーザあるいはピクセルレーザ20により構成される。この半導体レーザ20は約 635 nm で発振する端面発光 $InGaAsIP$ 系のIII-V族化合物半導体レーザ素子21により構成される。この半導体レーザ素子21の出力端面に例えばGaP結晶で作成したトンガリプリズム (高屈折率台形状プリズム) でなるプローブ22が設けられる。この高屈折率台形状プリズム22はその先端部分のサイズが半導体レーザ素子のプリズム状物質内における管内波長 (即ち、プリズム状物質内を伝搬する光波の波長) の $(\lambda/2n)$ になるよう超微細加工されている。また、半導体レーザ素子21の端面やトンガリプリズム22の底面には高性能反射防止膜23、24がそれぞれ成膜される。また、両底面を除いてトンガリプリズム22の側面には光が漏れないように漏洩防止膜兼反射膜25が成膜される。更に、半導体レーザ21の他方端面にはフォトダイオード26が設けられる。

30

40

【0022】

上記構成のピクセルレーザ20は、図2(b) に示されるように3脚を有するヒートシンク27に取り付けられる。このヒートシンク27はジンバル28を介してサスペンション13に取り付けられ、保持される。このとき、トンガリプリズム22の先端部と光学ディスク12とのギャップは $\lambda/4$ となる。

【0023】

プローブ22のトンガリピラミッドの先端は直径約 90 nm あるいは 90 nm 角の平面に研磨される。 635 nm のレーザ光のGaP結晶等トンガリピラミッドの中での半波長 $(\lambda/2n)$ サイズは、屈折率 n が非常に大きい (約3.5) ので、約 80 nm となる。

50

前述の直径約 90 nm あるいは 90 nm 角の平面も高性能反射防止膜により成膜される。

【0024】

上記のように本実施形態によると、高屈折率台形状プリズム物質を半導体レーザ出力端面に設置し、この台形状プリズム先端開口部のサイズが、大略、半導体レーザのプリズム状物質内における管内波長 ($\lambda/2n$) となるように超微細加工を施し、先端開口部を除いて光が漏れないように漏洩防止膜兼反射膜が成膜されている。

【0025】

上記の構成によりトンガリピラミッド 22 に入射した半導体レーザ光の 100% は、90 nm の先端部に到達できる。この点が、効率の非常に悪いエバネッセント波発生用のナノプローブ技術と全く異なる。

10

【0026】

従来の研究成果のひとつにトライパットと薄い潤滑剤とを用いたコンタクトヘッド技術がある。このコンタクトヘッド技術を応用して上述のトンガリコーンあるいはトンガリピラミッドをギャップが 10 nm ~ 30 nm の一定精度で光ディスク媒体に対応させることができる。

【0027】

トンガリピラミッド 22 の先端に達した 635 nm のレーザ光は、前述したように少しも減衰せずと同じサイズ、即ち、80 nm ~ 90 nm 径で光ディスク媒体面に到達する。ピットサイズが 80 nm ~ 90 nm 径の光記録に要するレーザーパワーは、わずか 100 μ W 以下である。したがって本発明の光学ヘッドに必要なレーザ発振出力は、わずか 1 mW 以下で充分である。

20

【0028】

一方、DVD-RAM に使用する 635 nm の半導体レーザの出力は、30 ~ 50 mW である。この発明の光学ヘッドにおいて必要とするパワーがわずかなパワーでよいということは、超高速ビットレートが可能であることを意味する。半導体レーザに戻る光によって半導体レーザの端子電圧が約 0.5% 前後変化する現象は、これまでのレンズレスフロッピディスクの研究で既に明らかになっている。

【0029】

光記録媒体として GeSbTe 等相変化媒体 (PCR) を用いると光照射時間やパワーによってアモルファス (a) あるいは、クリスタル (c) 状態を呈する。アモルファス状態 (a) とクリスタル状態 (c) とでは反射率がそれぞれ例えば 10%、30% と異なるので、光ディスク媒体を外周ミラーとして用いれば高い SN で半導体レーザの端子電圧が変化することを検出できる。

30

【0030】

光記録媒体として TbFeCo を代表とする光磁気媒体を用いる場合には、次の 2 つの方法で信号を検出、即ち再生できる。(1) 高感度巨大磁気抵抗素子にて磁化の変化を検出する方法および (2) SPIE 文献 "Orthogonal Linear Polarized Laser Waves Oscillation in a thin Film Integrated Laser Chip for MO Disk Signal Detection" の手法により半導体レーザチップに薄膜をコートするだけで MO 信号を検出できる。

【0031】

以上の 2 方法とも極めて小さく軽いヘッド (1 mm³ 以下) 構成が可能である。

40

【0032】

次に、記録再生光学ヘッドについて説明する。この記録再生光学ヘッドは、図 3 に示すように構成される。即ち、光学ヘッド 31 は、ビクセルレーザ 20 と磁気抵抗素子、例えば GMR (Giant Magnet resistance) 素子 32 とを一体的に組み合わせられる。この場合、ビクセルレーザ 20 および GMR 素子 32 は回転方向に並んで配列される。また、ビクセルレーザ 20 および GMR 素子 32 はヒートシンク 33 に取り付けられ、このヒートシンク 33 は (図 1 のサスペンション 13 に対応する) サスペンション 34 の先端にジンバル 35 を介して取り付けられる。また、ヒートシンク 33 の 3 本の脚部の先端はダイヤモンドライクコーティング (DLC) 33a が施されている。従って、光学ヘッド 31 はコー

50

ティング 33a および光ディスク 12 に塗布された潤滑剤（例えば P F P E ） 36 を介して光ディスク 12 上を滑動する。

【 0033 】

なお、光ディスク 12 はガラス基板 12a、光記録媒体（例えば T b F e C o 垂直磁化光磁気媒体） 12b、ディスク保護膜（例えば -カーボン） 12c の積層構造により構成される。

【 0034 】

尚、図 3（a）に示す光学ヘッド 31 のピクセルレーザ 20 は図 2 と同様な構造を有する。即ち、半導体レーザの出力端面に密着させ、あるいは若干のギャップを設けてレーザ出力端面とプリズム台形状の高屈折率物質の上底面と下底面とには半導体レーザ波長において反射防止膜が成膜され、両底面以外は金膜などの光反射率材料で覆われる。このような記録用光学ヘッドは光磁気あるいは熱磁気記録媒体面に対して 1/4 離間して対向される。

10

【 0035 】

一方、記録された微細ビットの磁化の変化に応じて磁束密度や磁化の方向が変わるのを検出する磁気抵抗素子（GMR、TMRなどの素子で抵抗の変化を読み取る）32 が設けられる。

【 0036 】

図 3（b）に示される光学ヘッドによると、相変化媒体（例えば G e S b T e ）に保護膜（例えばアモルファスカarbon 2nm ~ 5nm 成膜）をコートし、その上に潤滑剤 36 を塗布した光ディスク 12 上にコンタクトヘッドあるいはスライダヘッド（フライングヘッド）を設置し、フライングヘッドあるいはコンタクトヘッド 31 はジンバル 34 により光ディスク面とほぼ並行に保たれる。光学ヘッド 31 は、サスペンション 34 により光ディスク 12 とヘッド 31 との間隔がレーザ波長の 1/4 以下に保たれるように保持される。

20

【 0037 】

光学ヘッド 31 は、半導体レーザチップと高屈折率プリズム形状の物質で構成される。この物質の上底面と下底面にはレーザ波長の反射防止膜がコートされる。両底面以外は光反射率膜がコートされている。

【 0038 】

記録されたビットはアモルファスカクリスタルかによって反射率が異なる。半導体レーザに反射光が戻って半導体レーザの発振が変化する。その変化を半導体レーザの端子電圧の変化或いはレーザ出力の変化を直接観察して信号を読み取る。

30

【 0039 】

GMR 素子 32 は図 4 に示すように永久磁石 41 と電極版 42 が張り合わされて形成された一対の素子 43 の間に取り付けられている。

【 0040 】

上記のように構成された、ピクセルレーザ 20 および GMR 素子 32 を一体的に組み合わせた光学ヘッド 31 によって光磁気ディスク 12 にデータを記録する動作を説明する。

【 0041 】

図 1 に示すように光磁気ディスク 12 は光磁気ディスクドライブ（図示せず）により回転されると、光学ヘッド 11 は潤滑剤 36（図 3）を介在して光磁気ディスク 12 から 10nm ~ 30nm 程離間される。このとき、光学ヘッド 11 のピクセルレーザ 20 が記録データに従って駆動されると、ピクセルレーザ 20 のプローブ（トンガリピラミッドあるいはトンガリコーン）22 の先端部から微小ビームレーザが放射される。このレーザの熱と外部磁界により光磁気ディスクの磁化の向きが約 50nm ~ 80nm の径で反転される。即ち、レーザが照射された箇所と照射されない箇所では磁化の向きが異なる。これにより、“0”、“1”信号が記録される。即ち、近接場光学によりデータが光磁気ディスク 12 に記録される。

40

【 0042 】

50

尚、図示はしていないが、磁界の向きを与える磁石も併設されている。これは通常の M D ディスクヘッドと同じ構造である。

【 0 0 4 3 】

上記のように本発明では、現状の光磁気記録 (M O) のように半導体レーザ光をレンズにより絞らずに近接場光学により記録を行っているので、レンズの回折を受けることがないのでレーザ波長以下にスポット径を小さくすることができる。

【 0 0 4 4 】

光磁気ディスク 1 2 に記録されたデータを再生する場合には、光学ヘッド 3 1 が光磁気ディスク 1 2 から 1 0 n m ~ 3 0 n m 離間した状態で G M R 素子 2 2 に一定の電流を流す。G M R 素子 3 2 は光磁気ディスク 1 2 の磁化方向に応じて抵抗が変化し、これに伴って G M R 素子 3 2 に流れる電流が変化する。この電流の変化を再生信号として取り出される。これにより、光磁気ディスク 1 2 に記録されたデータが再生されることになる。

【 0 0 4 5 】

上記実施形態では、1 ピクセル素子・1 G M R 素子の光学ヘッドが提供されるが、本発明は、図 5 (a) (b) に示されるように 1 0 0 × 1 0 0 のピクセルアレイおよび 2 0 0 × 2 0 0 の信号検出用高感度 G M R アレイを用いた光学ヘッドにも適用できる。この場合、高屈折率物質でなるシリコンピラミッドアレイをマイクロエレクトロメカニカルエッチング技術により形成される。これにより図 5 に示されるようにピラミッドの先端が一定に揃えることができる。従って、ピラミッドアレイの先端が揃って光ディスクに対して近接する。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、半導体レーザの高屈折率物質で成るプローブのプリズム先端を 9 0 n m 径の平坦面にするることによって減衰なくレーザ光が射出することができ、この先端を光磁気ディスク媒体にコンタクトヘッドあるいはフライングヘッドの原理を用いて約 5 0 n m 以下の間隔で保つことにより対物レンズを使わないでレンズを使用したよりも極めて小さなビームスポットを形成することができる。これにより、高密度記録が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態に従った光学ヘッドと光磁気ディスクを示す図

【図 2】本発明の一実施形態の光学ヘッドに用いられるピクセル素子の構造を示す図

【図 3】本発明の他の実施形態であり、ピクセルレーザと磁気抵抗素子とで構成される光学ヘッドの構成を示す図

【図 4】図 3 の光学ヘッドに磁気抵抗素子として用いられる G M R 素子の構造を示す図

【図 5】ピクセルアレイを用いた光学ヘッドの構成を示す図

【符号の説明】

1 1 ... 光学ヘッド 1 2 ... 光磁気ディスク 1 3 ... サスペンション 2 0 ... ピクセルレーザ 2 1 ... ピクセルレーザ素子 2 2 ... 高屈折率台形状プリズム 2 3、2 4 ... 反射防止膜 2 5 ... 漏洩防止膜兼反射膜 2 6 ... フォトダイオード 2 7 ... ヒートシンク 2 8 ... ジンバル 3 1 ... 記録再生光学ヘッド 3 2 ... G M R 素子 3 3 ... ヒートシンク 3 4 ... サスペンション

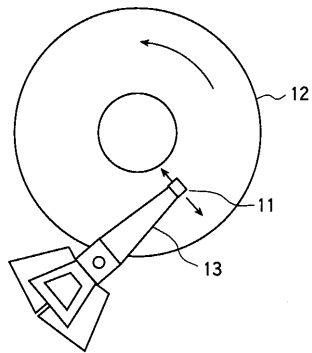
10

20

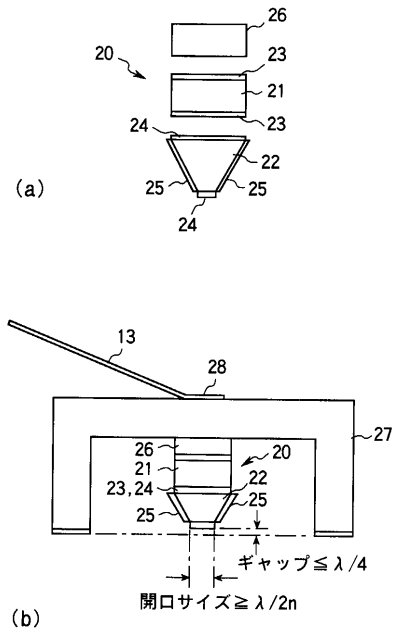
30

40

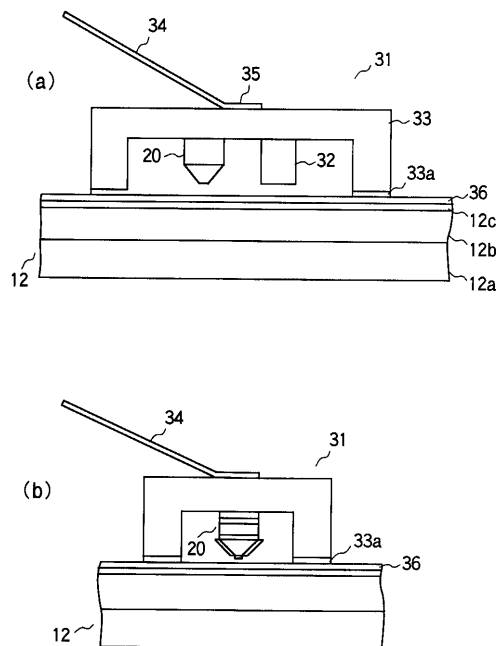
【図 1】



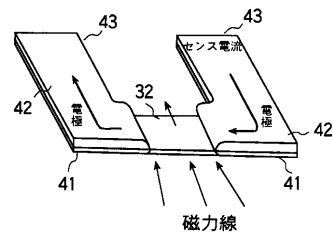
【図 2】



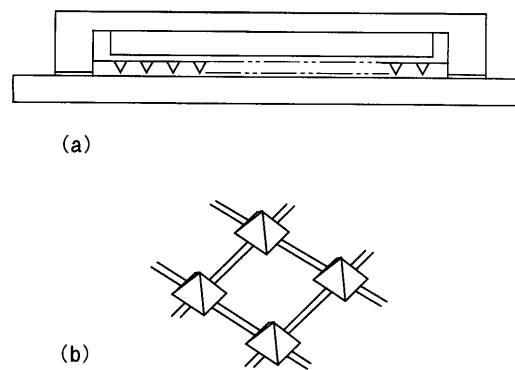
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

審査官 渡邊 聡

- (56)参考文献 特開平 0 9 - 0 2 2 5 3 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 5 5 3 0 2 (J P , A)
特開昭 5 9 - 1 2 1 3 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 1 1 4 5 9 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 6 4 3 5 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 0 7 8 7 6 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 4 3 8 9 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G11B 7/135