(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 1 月 6 日(06.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/002071 A1

(51) 国際特許分類:
G01Q 70/10 (2010.01) *G11B 5/31* (2006.01)
G01Q 80/00 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/061290

(22) 国際出願日: 2010 年 6 月 25 日(25.06.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-154644 2009 年 6 月 30 日(30.06.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人北海道大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒0600808 北海道札幌市北区北８条西５丁目 Hokkaido (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石橋晃 (ISHIBASHI, Akira). 海住英生(KAIJU, Hideo).

(74) 代理人: 森幸一(MORI, Koh-ichi); 〒1940022 東京都町田市森野２丁目１８番１２号パークサイドＴ ２０１号室 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

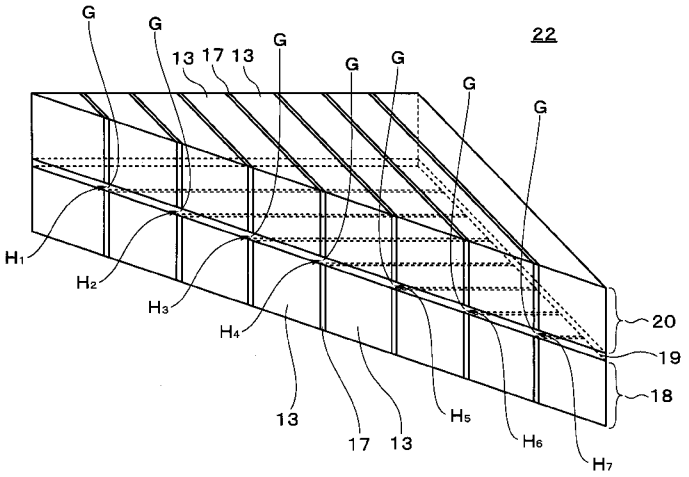
添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2011/002071 A1

(54) **Title**: PROBE, METHOD FOR MANUFACTURING PROBE, PROBE MICROSCOPE, MAGNETIC HEAD, METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC HEAD, AND MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING DEVICE

(54) 発明の名称 : プローブおよびその製造方法ならびにプローブ顕微鏡ならびに磁気ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気記録再生装置

第８図



(57) **Abstract**: In a laminated structural body, at least two thin pieces, each of which is composed of a structural body having a conductor layer and a dielectric layer laminated therein, are laminated such that the layers intersect each other and that the edges of the conductor layers face each other with a gap therebetween, and the laminated structural body is cut along a dividing plane that passes the intersecting section of the layers or the vicinity of the intersecting section and divides the intersection angle of the layers, thereby manufacturing a probe. A magnetic head is manufactured using a magnetic material layer as a conductor layer.

(57) 要約: 導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも２枚、それらの層が互いに交差し、かつ、導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層した積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断することによりプローブを製造する。導電体層として磁性体層を用いることにより、磁気ヘッドを製造する。

明　細　書

プローブおよびその製造方法ならびにプローブ顕微鏡ならびに磁気ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気記録再生装置

技術分野

この発明は、プローブおよびその製造方法ならびにプローブ顕微鏡ならびに磁気ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気記録再生装置に関し、特に、微小領域の観測に用いて好適なプローブおよびこのプローブを用いたプローブ顕微鏡あるいは高密度磁気記録に用いて好適な磁気ヘッドおよびこの磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置に関する。

背景技術

近年、試料表面の微小領域の探査には、走査型トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡などの走査プローブ顕微鏡が多く用いられている。

一方、磁気記録再生装置においては、磁気記録媒体の記録密度の一層の向上に伴い、高密度記録が可能な磁気ヘッドが求められている。このような高密度記録が可能な磁気ヘッドを製造する方法としては、従来より、微細加工技術を応用したトップダウンの手法が用いられている（例えば、特開平９－２７０３２２号公報、特開２０００－１４９２１４号公報および特開２００５－１２２８３８号公報参照）。

しかしながら、従来の走査プローブ顕微鏡においては、先端が原子スケールに尖った探針を用いているが、このような探針を高い制御性でしかも高い生産性で製造することは困難であった。また、この探針は壊れやすいため、取り扱いが難しかった。

一方、従来の微細加工技術を用いて磁気ヘッドを製造する方法では、

ギャップ長がナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの磁気ヘッドを製造することは極めて困難である。

近年、導電体層と誘電体層との周期構造体からなる薄片を２枚、それらの層が互いに交差し、かつ、導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層した素子が提案されている（国際公開第０６／０３５６１０号および国際公開第０９／０４１２３９号参照）。しかしながら、これらの素子は、試料表面の探査を行うプローブあるいは磁気ヘッドとして用いることができない。また、第１の非磁性基板上に金属磁性膜と絶縁薄膜とを交互に積層した積層膜を形成し、この積層膜の上に第２の非磁性基板を接合し、この接合体を前記積層膜に対し直角な方向に切断することにより形成した、ストライプ状の金属磁性膜および絶縁薄膜が交互に配置された磁気ヘッドが提案されている（特開昭６２－２７７６１２号公報参照）。また、下部磁極層と上部磁極層と記録ギャップ層と薄膜コイルとを備え、この薄膜コイルは下部磁極層および上部磁極層に対して絶縁された状態で上部磁極層の周りに螺旋状に巻回された薄膜磁気ヘッドが提案されている（特開２００４－３１０９７５号公報参照）。しかしながら、これらの磁気ヘッドでは、ナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさの微小記録領域に対する信号の記録再生を行うことは極めて困難である。

そこで、この発明が解決しようとする課題は、ギャップ長がナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーでしかも壊れにくいプローブを容易に得ることができ、ナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさの微小領域の表面探査が可能なプローブおよびその製造方法ならびにそのようなプローブを用いたプローブ顕微鏡を提供することである。

この発明が解決しようとする他の課題は、ギャップ長がナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーでしかも壊れにくい磁気ヘッドを容易に得ることができ、ナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさの微小記録領域に対する信号の記録再生が可能な磁気ヘッドおよびその製造方法ならびにそのような磁気ヘッドを用いる磁気記録再生装置を提供することである。

上記課題および他の課題は、添付図面を参照した本明細書の記述によって明らかとなるであろう。

発明の開示

上記課題を解決するために、この発明は、

導電体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬０次元領域が２次元面内に形成されており、かつ、上記擬０次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができることを特徴とするプローブである。

ここで、擬０次元領域とは、擬似的に０次元領域とみなすことができるナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさ、例えば２０ｎｍ以下の大きさ、典型的には１０ｎｍ以下の大きさの領域を意味する。

また、この発明は、

導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも２枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより一つまたは複数の擬０次元領域が形成された積層構造体を形成する工程と、

上記積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断する工程とを有すること

を特徴とするプローブの製造方法である。

また、この発明は、

導電体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができるプローブを有することを特徴とするプローブ顕微鏡である。

また、この発明は、

磁性体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができることを特徴とする磁気ヘッドである。

また、この発明は、

磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより一つまたは複数の擬0次元領域が形成された積層構造体を形成する工程と、

上記積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断する工程とを有することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法である。

また、この発明は、

磁性体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができる磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置である。

上記のプローブにおいては、典型的には、導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができる。あるいは、上記のプローブにおいては、典型的には、導電体層が誘電体層により挟まれた構造を有する少なくとも2枚の薄片が、それらの層が互いに交差し、かつ導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層され、少なくとも2枚の薄片の側面を含む2次元面からなる表面に擬0次元領域が露出している。あるいは、上記のプローブは、典型的には、導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層した積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断した形状を有する。導電体層と誘電体層とを積層した構造体は、典型的には、導電体層と誘電体層との周期構造体であるが、これに限定されるものではない。1枚の薄片に含まれる導電体層および誘電体層の数は特に限定されず、必要に応じて選ばれる。また、1枚の薄片内に複数の導電体層または複数の誘電体層が存在する場合、それらの厚さは、互いに同一であっても、互いに異なってもよい。

上記の磁気ヘッドにおいては、典型的には、磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される擬0次元領域が2次元面内に形成

されており、かつ、擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができる。あるいは、上記の磁気ヘッドにおいては、典型的には、磁性体層が誘電体層により挟まれた構造を有する少なくとも2枚の薄片が、それらの層が互いに交差し、かつ磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層され、少なくとも2枚の薄片の側面を含む2次元面からなる表面に擬0次元領域が露出している。あるいは、上記の磁気ヘッドは、典型的には、磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層した積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断した形状を有する。磁性体層と誘電体層とを積層した構造体は、典型的には、磁性体層と誘電体層との周期構造体であるが、これに限定されるものではない。1枚の薄片に含まれる磁性体層および誘電体層の数は特に限定されず、必要に応じて選ばれる。また、1枚の薄片内に複数の磁性体層または複数の誘電体層が存在する場合、それらの厚さは、互いに同一であっても、互いに異なってもよい。

上記のプローブまたは磁気ヘッドにおいて、導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片、あるいは、磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚積層した積層構造体を分割する分割面は、典型的には、上記の層の交差角度の二等分面であるが、これに限定されるものではない。また、典型的には、上記の薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに90度の角度で交差するように積層するが、これに限定されるものではない。プローブの導電体層は、典型的には金属からなり、金属としては、例えば金、パラジウ

ム、白金、チタンなどや各種の合金を用いることができ、必要に応じて選ばれる。また、磁気ヘッドの磁性体層は、典型的には強磁性体からなり、強磁性体としては、例えばニッケル、鉄、ニッケルー鉄合金、鉄ーニッケルークロム合金などの各種のものを用いることができ、必要に応じて選ばれる。また、プローブまたは磁気ヘッドの誘電体層は、有機または無機の誘電体からなる。有機誘電体としては、例えば、ポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリトリメチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリブチレンナフタレート、ポリイミドなどの各種の高分子（樹脂）などを用いることができ、無機誘電体としては、例えば、二酸化シリコン、酸化アルミニウムなどを用いることができる。導電体層または磁性体層の厚さ（薄片の面内方向の厚さ）は必要に応じて選ばれるが、典型的には、０．２ｎｍ以上１００ｎｍ以下である。ここで、厚さの下限０．２ｎｍは、真空蒸着法などにより成膜することができる最小厚さである。誘電体層の厚さ（薄片の面内方向の厚さ）は特に限定されず、必要に応じて選ばれるが、典型的には、０．２ｎｍ以上５０μｍ以下である。この誘電体層の厚さの下限０．２ｎｍも、真空蒸着法などにより成膜することができる最小厚さである。

導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片あるいは磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を製造する方法は特に限定されるものではないが、例えば、ロールツーロールプロセスにより、半径方向に導電体層と誘電体層とが交互に周期的に形成された円板状のロールあるいは半径方向に磁性体層と誘電体層とが交互に周期的に形成された円板状のロールを作製し、このロールから薄片を切り出すことにより製造することができる。薄片の積層数は必要に応じて選ばれる。薄片は典型的には正方形または長方形であるが、これに

限定されるものではない。また、薄片の大きさや厚さも必要に応じて選ばれる。さらに、積層する薄片は同一のものであってもよいし、互いに異なるものであってもよく、例えば、導電体層の間隔が互いに異なる2枚の薄片を積層したり、磁性体層の間隔が互いに異なる2枚の薄片を積層したりしてもよい。

この発明によれば、導電体または磁性体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができるので、ナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさの微小領域の表面探査が可能なプローブあるいはナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーの大きさの微小記録領域に対する信号の記録再生が可能な磁気ヘッドを実現することができる。また、これらのプローブおよび磁気ヘッドは、ロールツーロールプロセスなどにより製造された薄片を少なくとも2枚積層し、これを切断するだけで容易に製造することができる。この場合、薄片を積層する際にそれらの間にナノメートルのオーダーの厚さのスペーサ層を挟んだり、薄片を製造する際に、薄片の両主面から導電体層または磁性体層の上面がナノメートルのオーダーの距離だけ凹むようにすることにより、ギャップ長がナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーのプローブまたは磁気ヘッドを容易に製造することができる。こうして製造されるプローブまたは磁気ヘッドは、薄片を積層した積層構造体からなるため、機械的強度が高く、取り扱いが容易である。

図面の簡単な説明

第1図Aおよび第1図Bは、この発明の第1の実施の形態において

磁気ヘッドの製造に用いる真空蒸着装置を示す正面図および側面図である。

第２図は、第１図Ａおよび第１図Ｂに示す真空蒸着装置を用いて製造された円板状のロールを示す平面図である。

第３図は、第２図に示す円板状のロールから切り出された薄片を示す斜視図である。

第４図は、第３図に示す薄片を２枚、それらの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を示す斜視図である。

第５図は、第３図に示す薄片を２枚、それらの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を示す平面図である。

第６図Ａおよび第６図Ｂは、第４図に示す積層構造体の一方の薄片の一つの磁性体膜と他方の薄片の一つの磁性体膜との交差部を示す斜視図および側面図である。

第７図は、第４図に示す積層構造体の切断方法を説明するための平面図である。

第８図は、第４図に示す積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第１の実施の形態による磁気ヘッドを示す斜視図である。

第９図は、第４図に示す積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第１の実施の形態による磁気ヘッドを示す側面図である。

第１０図は、第４図に示す積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第１の実施の形態による磁気ヘッドを示す底面図である。

第１１図は、第４図に示す積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第１の実施の形態による磁気ヘッドにおける一つのヘッド部およびこのヘッド部を構成する二つの磁性体膜の形状を示す斜視図である。

第１２図は、この発明の第１の実施の形態による磁気ヘッドを用い

て磁気記録媒体に対して記録または再生を行う様子を模式的に示す略線図である。

第１３図は、ＰＥＮフィルム上に厚さが２０ｎｍのニッケル薄膜を成膜した試料の断面透過型電子顕微鏡写真である。

第１４図は、この発明の第２の実施の形態による磁気ヘッドを示す底面図である。

第１５図は、この発明の第３の実施の形態による磁気ヘッドの製造に用いる薄片を示す斜視図である。

第１６図は、第１５図に示す薄片を２枚、それらの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を示す斜視図である。

第１７図は、第１６図に示す積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第３の実施の形態による磁気ヘッドを示す底面図である。

第１８図は、この発明の第５の実施の形態によるプローブの製造に用いる薄片を示す斜視図である。

第１９図は、第１８図に示す薄片を２枚、それらの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第５の実施の形態によるプローブを示す斜視図である。

第２０図は、この発明の第８の実施の形態によるプローブの製造に用いる薄片を示す斜視図である。

第２１図は、第２０図に示す薄片を２枚、それらの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第８の実施の形態によるプローブを示す斜視図である。

第２２図は、第１８図に示す薄片および第２０図に示す薄片をそれ

らの層が互いに９０度の角度で交差するように積層した積層構造体を切断することにより得られるこの発明の第９の実施の形態によるプローブを示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、発明を実施するための最良の形態（以下、「実施の形態」と言う）について図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施の形態の全図において、同一の部分には同一の符号を付す。

まず、この発明の第１の実施の形態について説明する。この第１の実施の形態においては、磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。

第１図Ａおよび第１図Ｂは、真空蒸着装置の真空チェンバー１１の正面図および側面図である。

第１図Ａおよび第１図Ｂに示すように、この第１の実施の形態においては、ローラ１２に、例えば幅が狭くて薄い平坦なテープ状の樹脂製ベースフィルムなどの誘電体層１３を巻き付けておき、この誘電体層１３の一方の面に、蒸着源１４から金属磁性体を蒸発させて薄く磁性体膜（図示せず）を形成した後、この磁性体膜付き誘電体層１３を巻き取りローラ１５で巻き取っていく。符号１６は誘電体層１３を両側から保持する支持板を示す。ここで、誘電体層１３の厚さは、例えば、０．２ｎｍ以上５０μｍ以下、磁性体膜の厚さは０．２ｎｍ以上１００ｎｍ以下とするが、これに限定されるものではない。

上述のようにして磁性体膜付き誘電体層１３が巻き取りローラ１５で巻き取られることにより、第２図に示すように、誘電体層１３と磁性体膜１７とが半径方向に交互に積層されたスパイラル構造体が形成される。ただし、第１図Ａにおいては、図示の都合上、スパイラル構

造を同心円構造で代用している。

次に、必要に応じて、この円板状のスパイラル構造体の両面を化学機械研磨（ＣＭＰ）法などにより研磨して平坦化する。

次に、こうして両面が研磨された円板状のスパイラル構造体の一部を第２図の一点鎖線の四角形（長方形または正方形）で示されるように切り出す。第３図に、こうして切り出された薄片１８を示す。第３図に示すように、この薄片１８においては、面内方向にストライプ状の誘電体層１３および磁性体膜１７が交互に周期的に形成されている。ここで、薄片１８の誘電体層１３および磁性体膜１７は厳密にはスパイラル構造を有し、湾曲しているが、磁性体膜１７の周期を十分に小さく、例えば１０ｎｍ～１μｍに選ぶことにより、これらの誘電体層１３および磁性体膜１７は直線状に延在しているとみなすことができる。第３図においては、一例として薄片１８における磁性体膜１７の数が７である場合が図示されているが、これに限定されるものではない。

次に、第４図に示すように、薄片１８上に、誘電体からなるスペーサ層１９を介して、この薄片１８と全く同様な構造を有するもう一つの薄片２０を、それらの誘電体層１３および磁性体膜１７が互いに９０度の角度で交差し、かつ磁性体膜１７のエッジ同士が対向するように積層して積層構造体を形成する。ここでは、薄片１８の平面形状は正方形であるとする。この積層構造体の平面図を第５図に示す。第６図Ａおよび第６図Ｂは、薄片１８の一つの磁性体膜１７と薄片２０の一つの磁性体膜１７との交差部を、誘電体層１３およびスペーサ層１９の図示を省略した上で拡大して示した斜視図および平面図である。第６図Ｂに示すように、薄片１８の一つの磁性体膜１７と薄片２０の一つの磁性体膜１７との交差部の大きさは辺の長さがｄの正方形であ

る。スペーサ層１９の厚さは、ヘッド部のギャップ長と等しく選ばれる。このスペーサ層１９は、例えばSiO_2や高分子材料などの誘電体により形成することができる。このスペーサ層１９は、薄片１８あるいは薄片２０の一方の面に形成することができる。このスペーサ層１９の形成には、このスペーサ層１９の材料に応じて適切な方法を用いることができ、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、化学気相成長（ＣＶＤ）法、有機金属化学気相成長（ＭＯＣＶＤ）法、塗布法などを用いることができる。

薄片１８、２０を積層して積層構造体を形成する際には、例えば、支持台に薄片１８を載せ、その上に薄片２０を載せてプレスすることにより、スペーサ層１９を介して薄片１８、２０同士を密着させる。その状態で、薄片１８、２０の積層構造体の四つの側面（端面）に例えばエポキシ系接着剤などの接着剤により、例えばポリメチルメタクリレート（ＰＭＭＡ）などから支持板を貼り付ける。次に、薄片２０のプレスを解除した後、薄片１８、２０の積層構造体の両面および積層構造体の側面に貼り付けられた支持板に、例えばエポキシ系接着剤などの接着剤により、例えばＰＭＭＡなどから支持板を貼り付ける。こうすることで、スペーサ層１９を介して薄片１８、２０同士が密着した積層構造体が形成される。

次に、第７図に示すように、スペーサ層１９を介して薄片１８、２０同士が密着し、全体が支持板により囲まれた積層構造体をこれらの薄片１８、２０の誘電体層１３および磁性体膜１７の交差部を通り、かつ誘電体層１３および磁性体膜１７の交差角度を二等分する二等分面２１（薄片１８、２０の誘電体層１３および磁性体膜１７の延在方向に対して４５度の角度をなす）に沿って切断し、二分割する。切断には種々の方法を用いることができ、必要に応じて選ばれるが、例え

ば、フェムト秒レーザによるパルスレーザ光を用いて切断することができる。

こうして二分割された一方の三角柱状の断片を第８図に示す。また、この三角柱状の断片の側面図を第９図に、切断面からなる底面を第１０図に示す。この三角柱状の断片が磁気ヘッド２２を構成する。第８図～第１０図に示すように、この磁気ヘッド２２においては、表面に露出した切断面からなる底面に、スペーサ層１９により形成されたギャップＧを介して薄片１８の磁性体膜１７と薄片２０の磁性体膜１７とがその幅方向にエッジ同士が対向し、かつ互いに９０°の角度で交差し、その交差部が擬０次元領域としてのギャップＧを形成する構造の複数のヘッド部（例えば、ヘッド部H_1～H_7）が等間隔で直線状に配列している。言い換えれば、この磁気ヘッド２２においては、磁性体膜１７が誘電体層１３により挟まれた構造を有する２枚の薄片１８、２０が、それらの層が互いに交差し、かつ磁性体膜１７のエッジ同士がギャップＧを介して対向するように積層され、その２枚の薄片１８、２０の側面を含む２次元面からなる表面（三角柱状の断片の切断面からなる底面）に擬０次元領域としてのギャップＧが露出している。この磁気ヘッド２２における磁性体膜１７の形状の詳細を示すため、第１１図に、一例としてヘッド部H_4を構成する一対の磁性体膜１７の形状を示す。第１１図においては、ヘッド部H_1～H_3、H_5～H_7およびこれらのヘッド部H_1～H_3、H_5～H_7を構成する磁性体膜１７の図示を省略してある。

この磁気ヘッド２２の各ヘッド部においては、外部電源により薄片１８の磁性体膜１７と薄片２０の磁性体膜１７との間に電流を流すことができる。この場合、薄片１８の磁性体膜１７と薄片２０の磁性体膜１７のエッジ同士が対向した構造を有するため、スペーサ層１９に

より形成されたギャップＧに磁力線を極めて高密度に集中させることができ、記録または再生を容易に行うことが可能である（国際公開第０６／０３５６１０号の第１０図Ｂの関連説明を参照。）。

磁気記録再生装置にこの磁気ヘッド２２を用いる場合にこの磁気ヘッド２２により磁気記録媒体に対して記録または再生を行う様子を第１２図に示す。第１２図に示すように、磁気ヘッド２２を図示省略した所定の支持部材により支持し、この磁気ヘッド２２の底面のヘッド部（例えば、ヘッド部H_1～H_7）を磁気記録媒体２３の表面にこの表面に交差する方向、例えば表面に直交する方向から接近させ、あるいは接触させ、記録または再生を行う。この場合、複数のヘッド部で同時に記録または再生を行うことができる。

実施例について説明する。

誘電体層１３として帝人デュポン株式会社製の幅５ｍｍ、厚さ１００μｍのポリエチレンナフタレート（ＰＥＮ）フィルム（商品名：ＴＥＯＮＥＸ　Ｑ６５）を用い、これをクリーンな環境下でフィルムロールシステムによりスリッターを用いて切断して幅を２ｍｍとした。こうして作製した幅２ｍｍ、厚さ１００μｍのＰＥＮフィルム上に真空蒸着法により磁性体膜１３としてニッケル薄膜を成膜しながら巻き取り用のロールにより巻き取る。ニッケル薄膜の成膜は、例えば、国際公開第０９／０４１２３９号に記載されたものと同様な真空蒸着装置により同様な手順で行った。ニッケル薄膜の厚さは１７ｎｍとした。次に、ニッケル薄膜を成膜したＰＥＮフィルムを巻き取ったロールから、第２図において一点鎖線で示す四角形の形状の薄片状の積層体を切り出す。こうして二つの積層体を切り出し、その一つの積層体の一方の面に真空蒸着法によりスペーサ層１９としてSiO_2膜を形成した。SiO_2膜の厚さは２ｎｍとした。次に、これらの２枚の積層体

をそれらのニッケル薄膜のエッジ同士が互いに対向するように互いに９０°の角度で交差させて貼り合わせる。この際、２枚の積層体の貼り合わせは、これらの積層体をプレスして密着させた状態で積層体の四つの側面にエポキシ系接着剤によりＰＭＭＡ板を接着した後、これらの積層体の上下の面および積層体の側面に接着されたＰＭＭＡ板にエポキシ系接着剤によりＰＭＭＡ板を接着することにより行った。

次に、こうして形成された、全体がＰＭＭＡ板により囲まれた２枚の積層体を第７図の一点鎖線で示す二等分面２１に沿って切断し、マルチ型の磁気ヘッドを製造した。

一例として、ＰＥＮフィルム上に真空蒸着法により厚さ２０ｎｍのニッケル薄膜を成膜した試料の断面透過型電子顕微鏡像（断面ＴＥＭ像）を第１３図に示す。第１３図において、ニッケル薄膜の表面を覆っている接着剤は、断面ＴＥＭ観察用試料の作製時にニッケル薄膜側に支持基板（図示せず）を接着する際に用いた接着剤を示す。第１３図より、ニッケル原子はＰＥＮフィルムに潜り込んでおらず、明瞭なニッケル／ＰＥＮ界面が形成されていること、このニッケル／ＰＥＮ界面は極めて平坦であることが分かる。

以上のように、この第１の実施の形態によれば、スペーサ層１９の厚さによって決まるギャップ長を有するギャップＧを介して薄片１８の磁性体膜１７と薄片２０の磁性体膜１７とがその幅方向に対向した構造の複数のヘッド部が等間隔で直線状に配列したマルチ型の磁気ヘッド２２を容易に得ることができる。この磁気ヘッド２２では、スペーサ層１９の厚さをナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーに選ぶことにより、各ヘッド部のギャップ長をナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーと極めて小さくすることができる。このため、この磁気ヘッド２２によれば、磁気記録媒体の超高記録密度化に

十分に対応することができる。また、この磁気ヘッド２２は複数のヘッド部を有するため、磁気記録媒体の表面の複数個所に対して同時に記録または再生を行うことができ、記録および再生の速度を飛躍的に向上させることができる。さらに、この磁気ヘッド２２は２枚の薄片１８、２０を積層した積層構造体からなるため、機械的強度が高く、寿命が長いだけでなく、取り扱いが容易である。

次に、この発明の第２の実施の形態による磁気ヘッドについて説明する。

この第２の実施の形態においては、第１の実施の形態において用いたスペーサ層１９の代わりに、微小な球状のボールを用いる。具体的には、第１４図に示すように、薄片１８上に、多数の球状のボール２４を介して、この薄片１８と全く同様な構造を有するもう一つの薄片２０を、それらの誘電体層１３および磁性体膜１７が互いに９０度の角度で交差するように積層して積層構造体を形成し、これを切断して磁気ヘッド２２を製造する。ボール２４の直径は、ヘッド部のギャップ長と等しく選ばれる。ボール２４の材料としては、例えば、ポリスチレンなどのプラスチックなどを用いることができる。このボール２４は、薄片１８あるいは薄片２０の一方の面に散布する。その他のことは第１の実施の形態と同様である。

この第２の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様な種々の利点を得ることができる。

次に、この発明の第３の実施の形態による磁気ヘッドについて説明する。

この第３の実施の形態においては、第１の実施の形態において用いたスペーサ層１９を用いない。その代わりに、薄片１８、２０の一方の主面に露出した磁性体膜１７の上面をこの主面から所定の深さ、具

体的にはギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げる。このためには、第２図に示す円板状のスパイラル構造体の両面を例えば化学機械研磨法により研磨する際に研磨条件を選択し、研磨に用いるアルカリ溶液の作用により磁性体膜１７の上部が溶解するようにする。第１５図に、薄片１８の一方の主面に露出した磁性体膜１７の上面がギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げられた状態を示す。そして、第１６図に示すように、薄片１８の、磁性体膜１７の上面がギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げられた一方の主面と薄片２０の、磁性体膜１７の上面がギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げられた一方の主面とが接触するように薄片１８上に薄片２０を積層して積層構造体を形成する。

この後、第１の実施の形態と同様にして積層構造体を切断して二分割し、磁気ヘッド２２を製造する。この磁気ヘッド２２の切断面からなる底面を第１７図に示す。

上記以外のことは第１の実施の形態と同様である。

この第３の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様な種々の利点を得ることができる。

次に、この発明の第４の実施の形態による磁気ヘッドについて説明する。

この第４の実施の形態においては、第１の実施の形態と同様に、薄片１８、２０を積層した積層構造体を形成した後、この積層構造体を第７図において二点鎖線で示す面に沿って切断し、二分割する。この二点鎖線で示す切断面は、二等分面２１とは異なる方向に沿って、薄片１８の磁性体膜１７と薄片２０の磁性体膜１７との交差部を通る。この切断面には、第１の実施の形態より大きいピッチで複数のヘッド部が形成される。

上記以外のことは第１の実施の形態と同様である。

この第４の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様な種々の利点を得ることができる。

次に、この発明の第５の実施の形態について説明する。この第５の実施の形態においては、プローブ顕微鏡に用いるプローブおよびその製造方法について説明する。

この第５の実施の形態においては、第１の実施の形態における磁性体膜１７の代わりに非磁性の金属膜を用いる。具体的には、第１図に示す真空蒸着装置において、磁性体膜を形成する代わりに、非磁性の金属膜を形成する。そして、第１の実施の形態と同様にして、第２図に示すと同様な円板状のスパイラル構造体を形成し、このスパイラル構造体の一部を第２図の一点鎖線の四角形（長方形または正方形）で示されるように切り出す。第１８図に、こうして切り出された薄片２５を示す。第１８図に示すように、この薄片２５においては、面内方向にストライプ状の誘電体層１３および金属膜２６が交互に周期的に形成されている。ここで、誘電体層１３の厚さは、例えば、０．２ｎｍ以上５０μｍ以下、金属膜２６の厚さは０．２ｎｍ以上１００ｎｍ以下とするが、これに限定されるものではない。

次に、第１の実施の形態と同様に、薄片２５上に、誘電体からなるスペーサ層を介して、この薄片２５と全く同様な構造を有するもう一つの薄片を、それらの誘電体層１３および金属膜２６が互いに９０度の角度で交差するように積層して積層構造体を形成する。スペーサ層の厚さはプローブ部のギャップ長に応じて適宜選ばれる。スペーサ層については第１の実施の形態と同様である。

次に、薄片２５とこの薄片２５と全く同様な構造を有するもう一つの薄片とを積層した積層構造体を第１の実施の形態と同様にして切断

し、二分割する。こうして二分割された一方の三角柱状の断片を第１９図に示す。第１９図において、薄片２５と全く同様な構造を有するもう一つの薄片を符号２７で示す。この三角柱状の断片がプローブ２８を構成する。第１９図に示すように、このプローブ２８においては、切断面からなる底面に、スペーサ層１９により形成されたギャップＧを介して薄片２５の金属膜２６と薄片２７の金属膜２６とがその幅方向にエッジ同士が対向した構造の複数のプローブ部（例えば、プローブ部P_1～P_7）が等間隔で直線状に配列している。このプローブ２８の各プローブ部においては、外部電源により薄片２５の金属膜２６と薄片２７の金属膜２６との間に電圧を印加することができる。この場合、薄片２５の金属膜２６と薄片２７の金属膜２６のエッジ同士が対向した構造を有するため、スペーサ層１９により形成されたギャップＧに電界を極めて高密度に集中させることができ、各プローブ部による検出を容易に行うことが可能である（国際公開第０６／０３５６１０号の第１０図Ｂの関連説明を参照。）。

この第５の実施の形態によれば、スペーサ層１９の厚さによって決まるギャップ長を有するギャップＧを介して薄片２５の金属膜２６と薄片２７の金属膜２６とがその幅方向に対向した構造の複数のプローブ部が等間隔で直線状に配列したマルチ型のプローブ２８を容易に得ることができる。このプローブ２８では、スペーサ層１９の厚さをナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーに選ぶことにより、各プローブ部のギャップ長をナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーと極めて小さくすることができる。このため、このプローブ２８によれば、試料表面の微小領域の探査に十分に対応することができる。また、このプローブ２８は複数のプローブ部を有するため、試料表面の複数個所の探査を同時に行うことができ、探査の速度を飛躍的

に向上させることができる。さらに、このプローブ２８は２枚の薄片２５、２７を積層した積層構造体からなるため、機械的強度が高く、寿命が長いだけでなく、取り扱いが容易である。

次に、この発明の第６の実施の形態によるプローブについて説明する。

この第６の実施の形態においては、第５の実施の形態において用いたスペーサ層１９の代わりに、微小な球状のボールを用いる。その他のことは第５の実施の形態と同様である。

この第６の実施の形態によれば、第５の実施の形態と同様な種々の利点を得ることができる。

次に、この発明の第７の実施の形態によるプローブについて説明する。

この第７の実施の形態においては、第５の実施の形態において用いたスペーサ層１９を用いない。その代わりに、薄片２５、２７の一方の主面に露出した金属膜２６の上面をこの主面から所定の深さ、具体的にはギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げる。そして、薄片２５の、金属膜２６の上面がギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げられた一方の主面と薄片２７の、金属膜２６の上面がギャップ長の１／２に相当する距離だけ掘り下げられた一方の主面とが接触するように薄片２５上に薄片２７を積層して積層構造体を形成する。

この後、第１の実施の形態と同様にして積層構造体を切断して二分割し、プローブ２８を製造する。

上記以外のことは第５の実施の形態と同様である。

この第７の実施の形態によれば、第５の実施の形態と同様な種々の利点を得ることができる。

次に、この発明の第８の実施の形態によるプローブについて説明する。

この第８の実施の形態においては、第２０図に示すような薄片２５を作製する。第２０図に示すように、この薄片２５においては、誘電体層１３と金属膜２６とが交互に形成されているが、誘電体層１３の厚さが交互にt_1、t_2（$t_2 < t_1$あるいは$t_2 \ll t_1$）と変化している。金属膜２６の厚さは一定である。すなわち、誘電体層１３および金属膜２６は２重周期構造を有する。言い換えれば、薄片２５は、厚さt_2の誘電体層１３を挟んで設けられた一対の金属膜２６が等間隔で配列した構造を有する。薄片２７も薄片２５と同様な構造を有する。

このような薄片２５、２７は、例えば、次のようにして作製することができる。すなわち、第１の実施の形態と同様にして、第１図Ａおよび第１図Ｂに示す真空蒸着装置において、ローラ１２から送られる樹脂製ベースフィルムなどの誘電体層１３の一方の面に、蒸着源１４から金属を蒸発させて薄く金属膜（図示せず）を形成する。このローラ１２から送られる誘電体層１３の厚さをt_1とする。次に、ローラ１２と巻き取りローラ１５との間において、誘電体層１３の他方の面に、図示省略した別の蒸着源から金属を蒸発させて薄く金属膜（図示せず）を形成する。引き続いて、ローラ１２と巻き取りローラ１５との間において、この金属膜上に厚さt_2の誘電体層１３を形成する。この厚さt_2の誘電体層１３を形成するためには、図示省略した別の蒸着源から、例えばSiO_2などの絶縁体を真空蒸着したり、あるいは図示省略した塗布装置により絶縁体を塗布したりすればよい。この後、このようにして作製された円板状のスパイラル構造体の一部を第１の実施の形態と同様に切り出すことにより、薄片２５、２７を得る

ことができる。

次に、第２１図に示すように、第１の実施の形態と同様に、薄片２５上に、誘電体からなるスペーサ層１９を介して、この薄片２５と全く同様な構造を有するもう一つの薄片２７を、それらの誘電体層１３および金属膜２６が互いに９０度の角度で交差し、かつ金属膜２６のエッジ同士が対向するように積層して積層構造体を形成する。

この後、この積層構造体を薄片２５、２７の誘電体層１３および金属膜２６の交差部を通り、かつ誘電体層１３および金属膜２６の交差角度を二等分する二等分面２１に沿って切断し、二分割する。このとき、この切断は、二等分面２１に平行な方向に互いに近接して配置された、金属膜２６の交差部の両方を通るように行う。

上記以外のことは第１の実施の形態と同様である。

この第８の実施の形態によれば、第５の実施の形態と同様な種々の利点に加えて、次のような利点を得ることができる。すなわち、この第８の実施の形態によれば、切断面からなる底面に、互いに近接して配置された一対のプローブ部が等間隔に配置されたマルチ型のプローブを得ることができる。また、この場合、例えば、互いに近接して配置された一対のプローブ部のうちの一方のプローブ部を構成する一対の金属膜２６を第１電極および第２電極とし、他方のプローブ部を構成する一対の金属膜２６を第３電極および第４電極として用いることができ、近接４電極型プローブを実現することができる。

次に、この発明の第９の実施の形態によるプローブについて説明する。

この第９の実施の形態においては、薄片２５として第８の実施の形態と同様なものを用い、薄片２７としては第５の実施の形態と同様なものを用いる。そして、第２２図に示すように、第５の実施の形態と

同様に、薄片２５上に、誘電体からなるスペーサ層１９を介して、薄片２７を、それらの誘電体層１３および金属膜２６が互いに９０度の角度で交差し、かつ金属膜２６のエッジ同士が対向するように積層して積層構造体を形成する。

この後、この積層構造体を誘電体層１３および金属膜２６の交差角度を二等分する二等分面２１に沿って切断し、二分割する。このとき、この切断は、薄片２７の金属膜２６と平行な方向に互いに近接して配置された、薄片２５、２７の金属膜２６の交差部の一方のみ通るように行う。

上記以外のことは第１の実施の形態と同様である。

この第９の実施の形態によれば、第５の実施の形態と同様な種々の利点に加えて、次のような利点を得ることができる。すなわち、この第９の実施の形態によれば、切断面からなる底面に露出したプローブ部を構成する一対の金属膜２６を第１電極および第２電極とした場合、このプローブ部に近接している、金属膜２６の交差部を構成する各金属膜２６を第３電極として用いることができ、近接第３電極付きプローブを実現することができる。

以上、この発明の実施の形態および実施例について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施の形態および実施例に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

例えば、上述の実施の形態および実施例において挙げた数値、材料、形状、配置、構造などはあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれらと異なる数値、材料、形状、配置、構造などを用いてもよい。

また、必要に応じて、第１～第９の実施の形態の二つ以上を組み合わせてもよい。例えば、第５の実施の形態において、薄片２５、２７の積層構造体を、第４の実施の形態と同様に、二等分面２１とは異な

る方向に沿って切断するようにしてもよい。さらに、第１の実施の形態において、薄片１８、２０を第４の実施の形態の薄片２５、２７と同様に構成し、これらの薄片１８、２０の積層構造体を二等分面２１に沿って切断することによりマルチ型の磁気ヘッドを製造するようにしてもよい。

請 求 の 範 囲

1．導電体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができることを特徴とするプローブ。

2．導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される上記擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができることを特徴とする請求の範囲1記載のプローブ。

3．導電体層が誘電体層により挟まれた構造を有する少なくとも2枚の薄片が、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層され、上記少なくとも2枚の薄片の側面を含む2次元面からなる表面に上記擬0次元領域が露出していることを特徴とする請求の範囲1記載のプローブ。

4．導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層した積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断した形状を有することを特徴とする請求の範囲1記載のプローブ。

5．上記分割面が上記層の交差角度の二等分面であることを特徴とする請求の範囲4記載のプローブ。

6．上記薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに90度の角度で交差するように積層することを特徴とする請求の範囲2記載のプローブ。

7．上記導電体層の厚さが0．2nm以上100nm以下、上記誘電体層の厚さが0．2nm以上50μm以下であることを特徴とする請求の範囲2記載のプローブ。

8．導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより一つまたは複数の擬0次元領域が形成された積層構造体を形成する工程と、

上記積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断する工程とを有することを特徴とするプローブの製造方法。

9．導電体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができるプローブを有することを特徴とするプローブ顕微鏡。

10．上記プローブは、導電体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記導電体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される上記擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができることを特徴とする請求の範囲9記載のプローブ顕微鏡。

11．磁性体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0

次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができることを特徴とする磁気ヘッド。

１２．磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される上記擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができることを特徴とする請求の範囲１１記載の磁気ヘッド。

１３．磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより一つまたは複数の擬0次元領域が形成された積層構造体を形成する工程と、

上記積層構造体を上記層の交差部またはその近傍を通り、かつ上記層の交差角度を分割する分割面に沿って切断する工程とを有することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

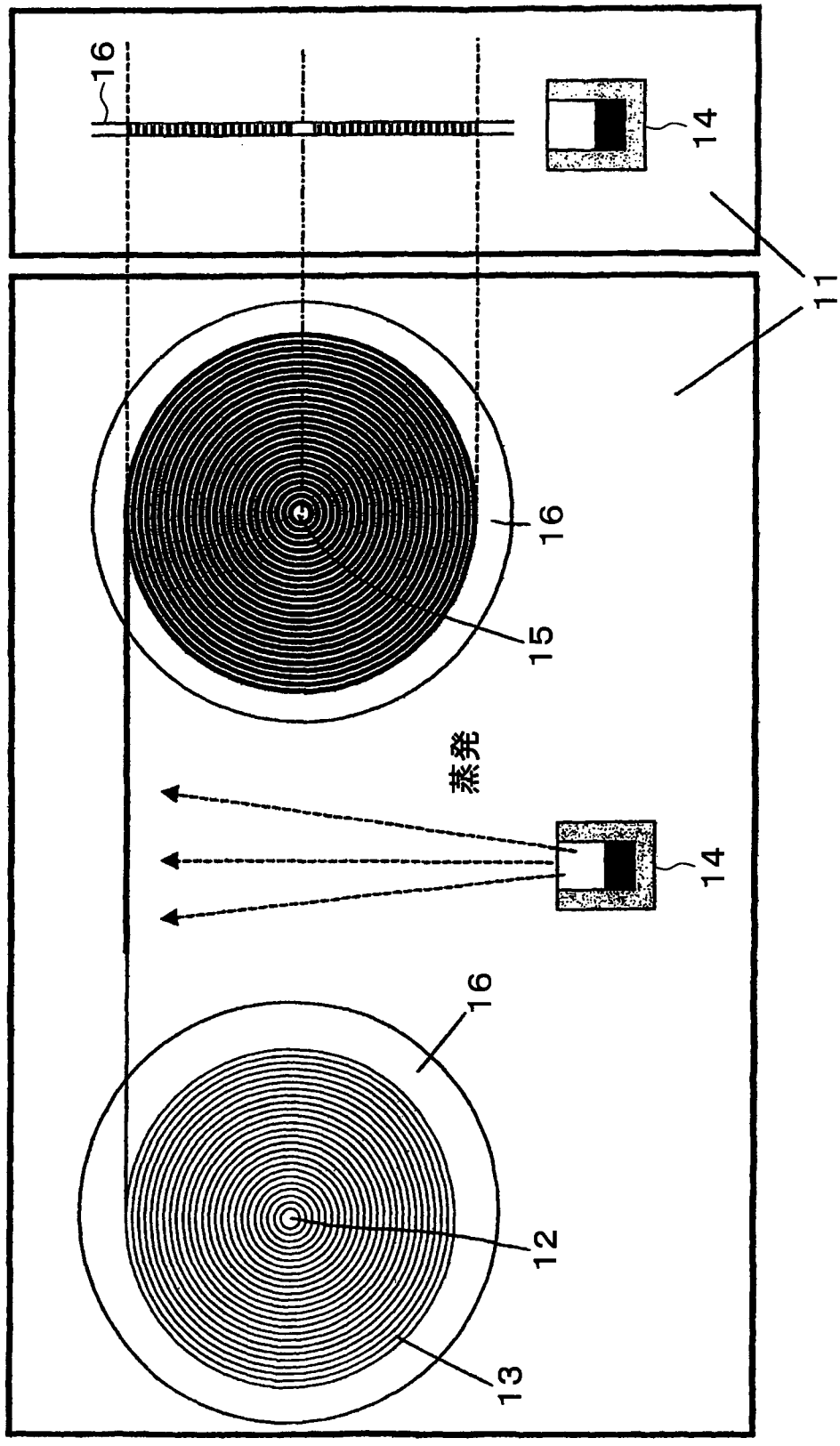
１４．磁性体が対向することにより形成される一つまたは複数の擬0次元領域が2次元面内に形成されており、かつ、上記擬0次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に交差する方向から信号を検出することができる磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

１５．上記磁気ヘッドは、磁性体層と誘電体層とを積層した構造体からなる薄片を少なくとも2枚、それらの層が互いに交差し、かつ上記磁性体層のエッジ同士がギャップを介して対向するように積層したことにより形成される上記擬0次元領域が2次元面内に形成されており、

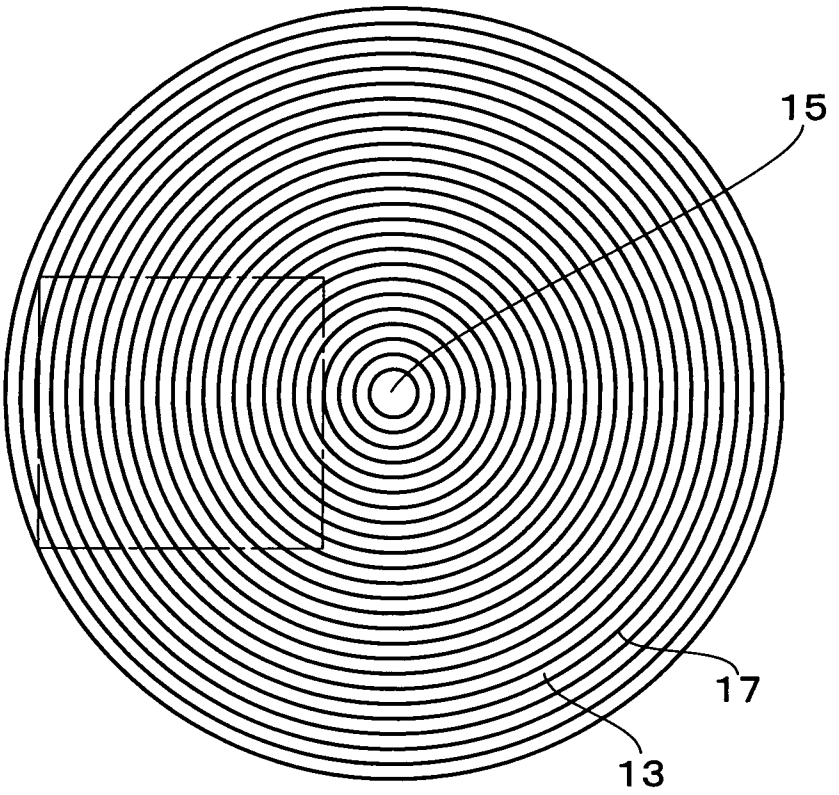
かつ、上記擬０次元領域が表面に露出していることにより、上記表面に直交する方向から信号を検出することができることを特徴とする請求の範囲１４記載の磁気記録再生装置。

第１図Ａ

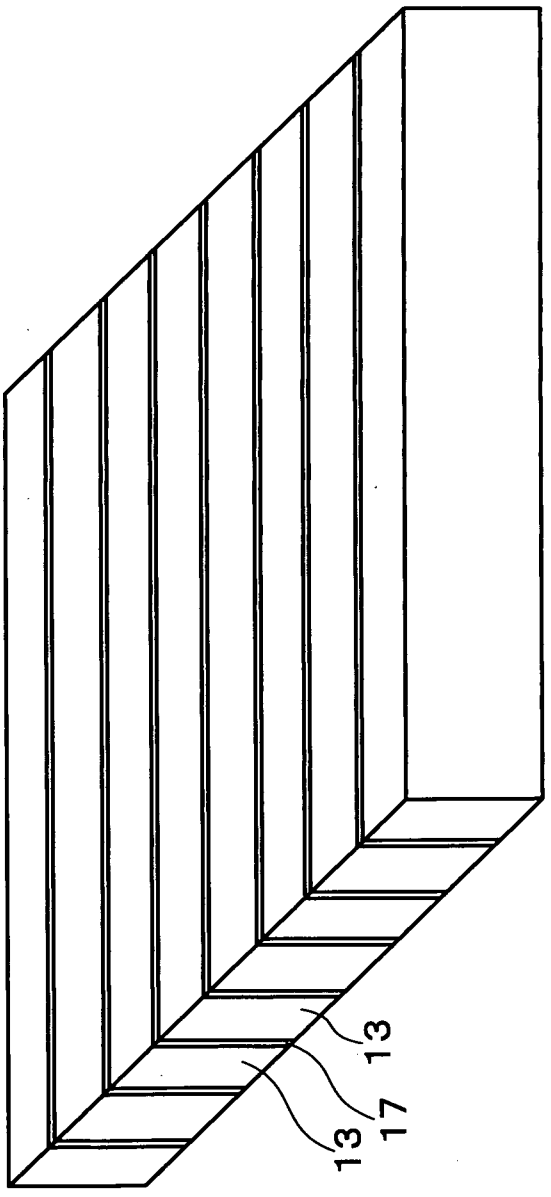
第１図Ｂ



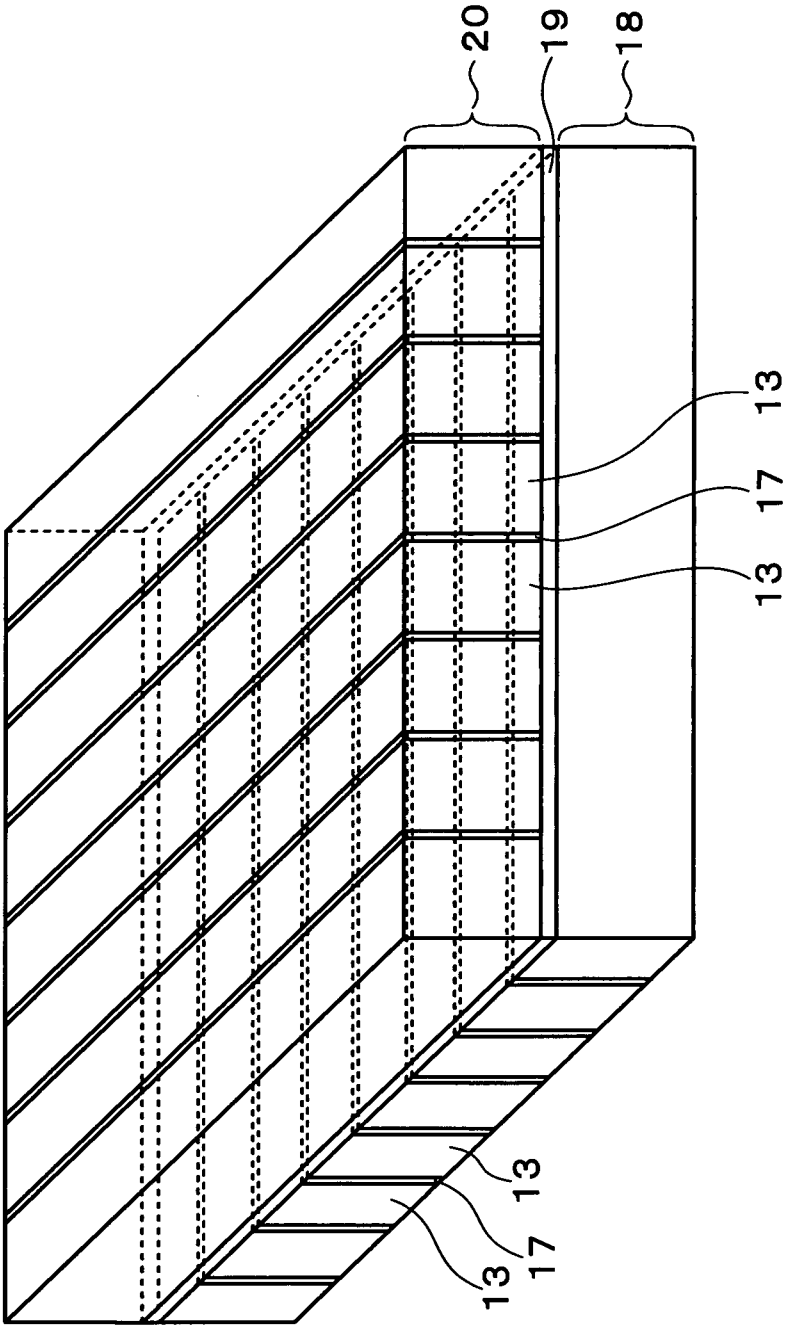
第２図



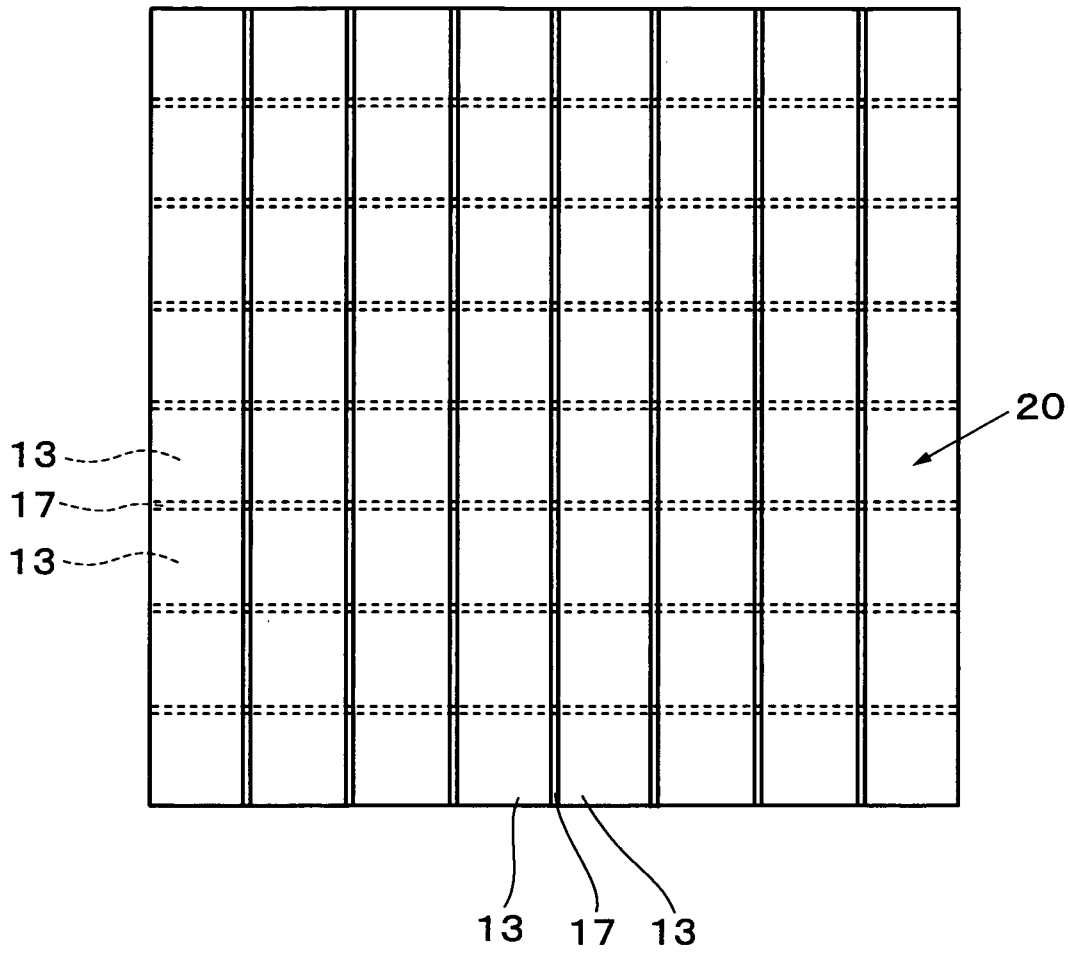
第３図



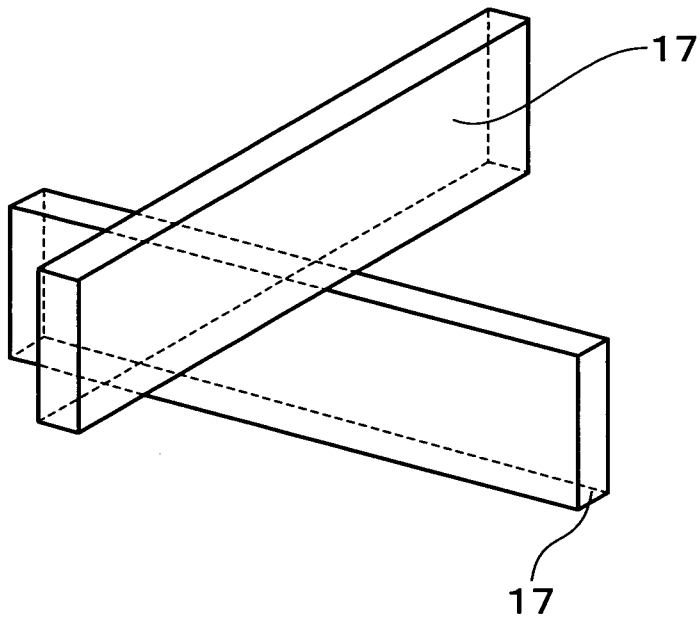
第４図



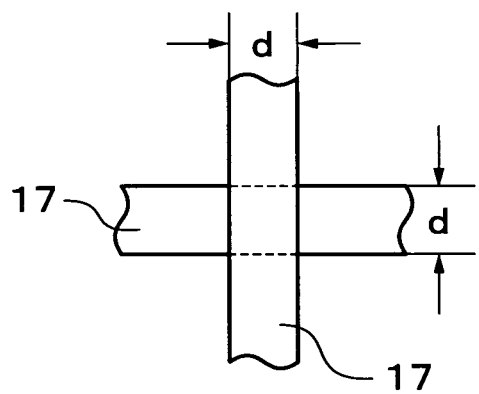
第５図



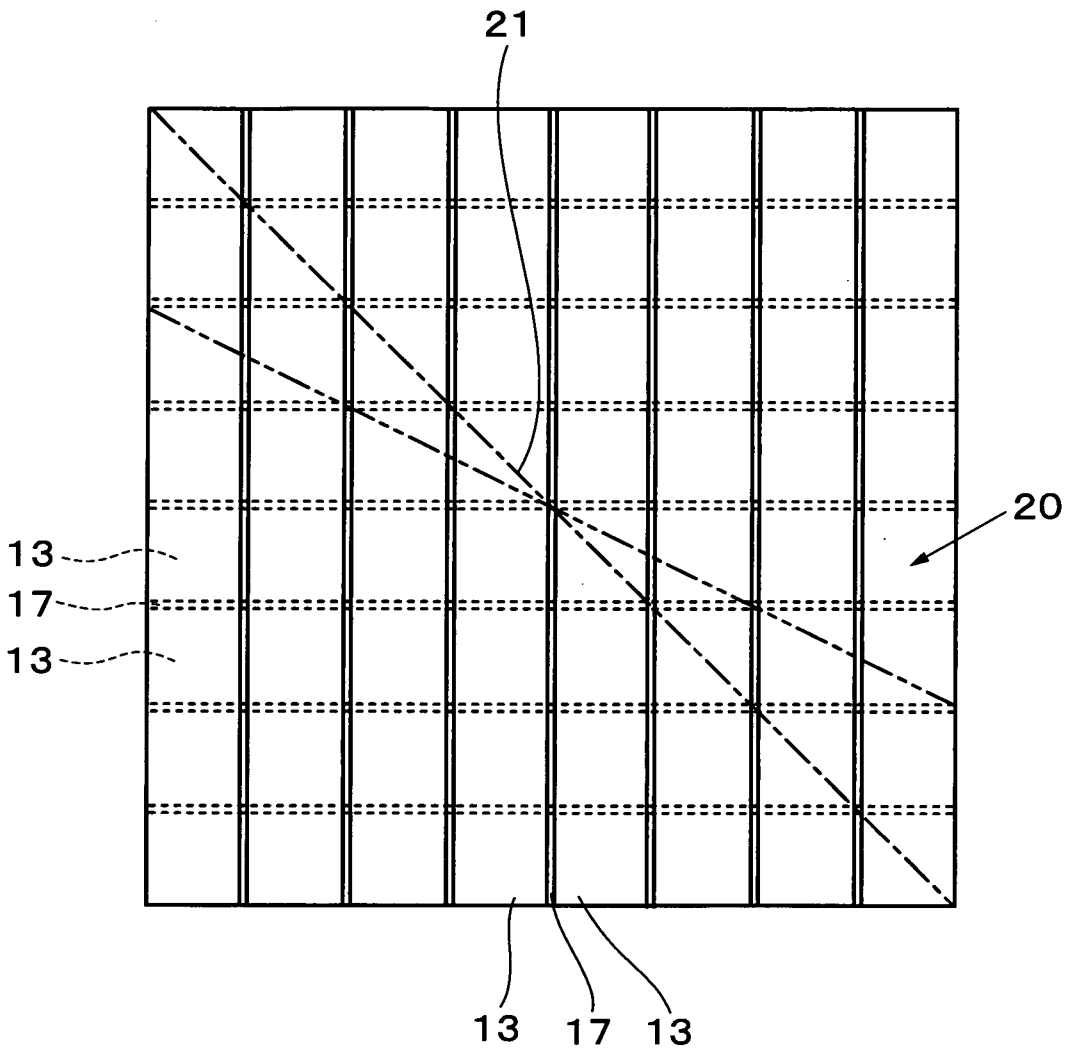
第６図Ａ



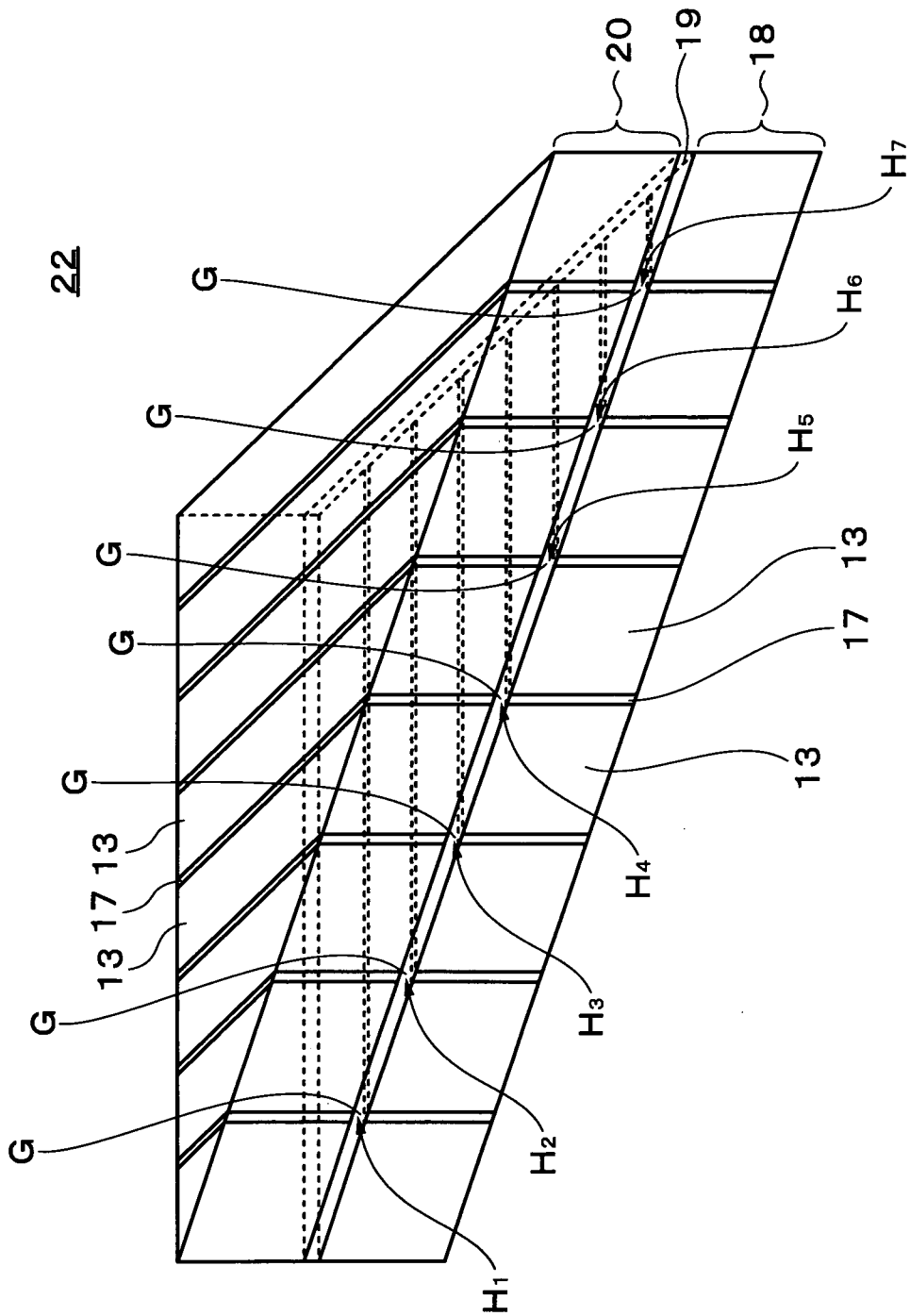
第６図Ｂ



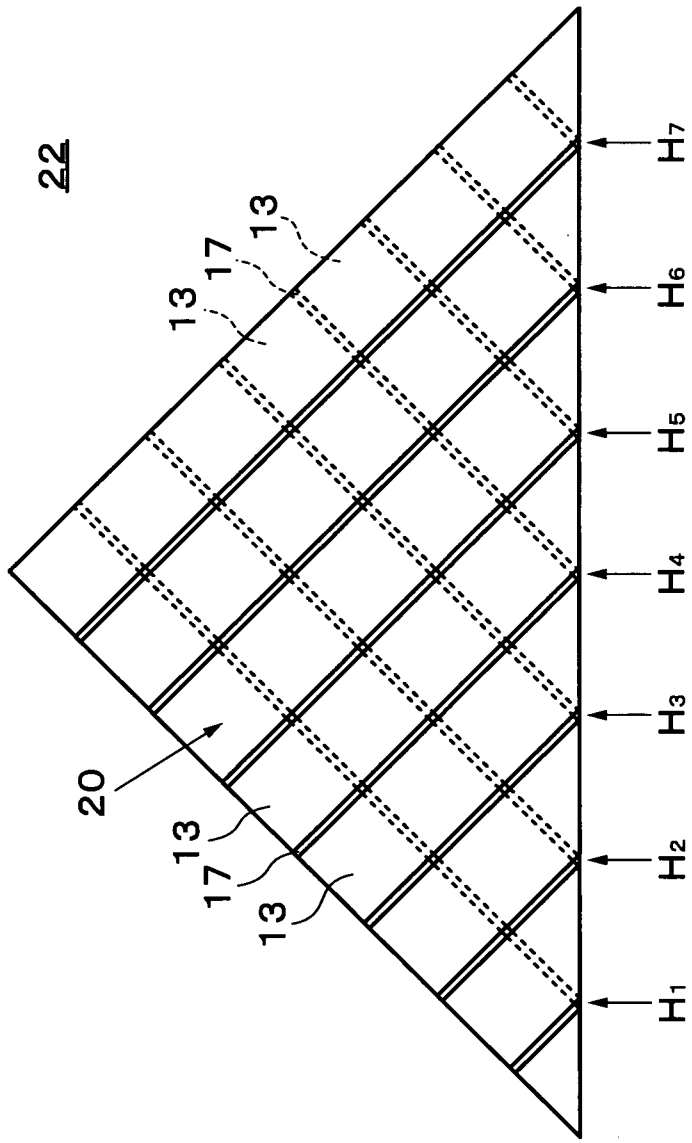
第７図



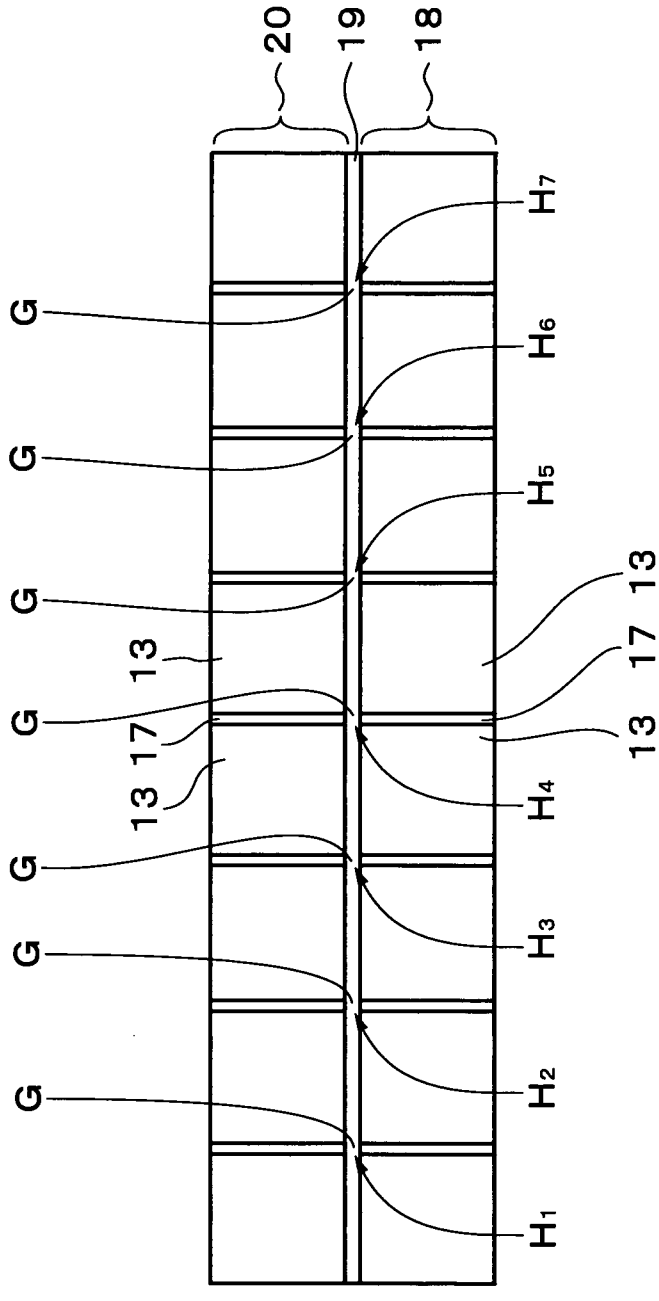
第８図



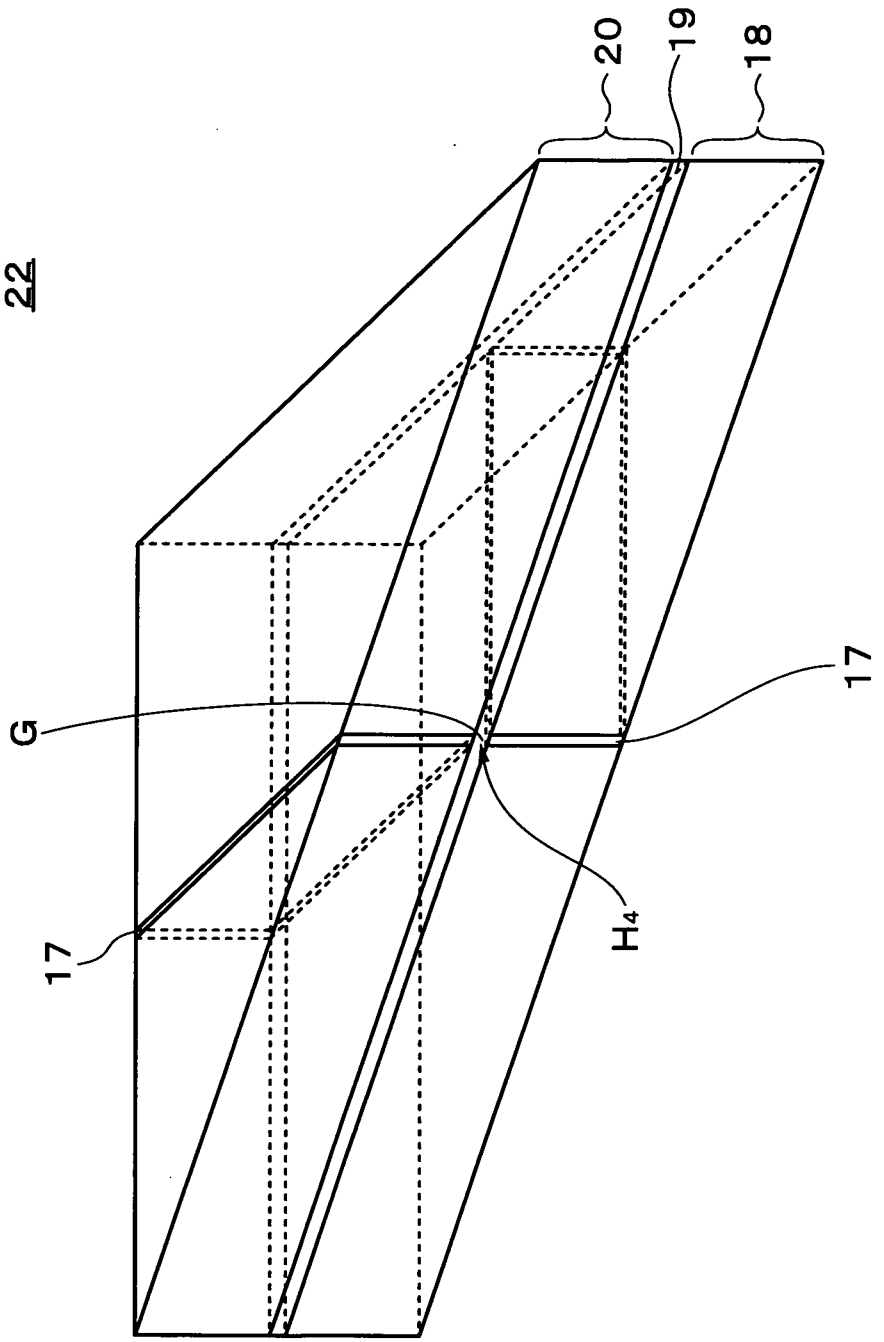
第９図



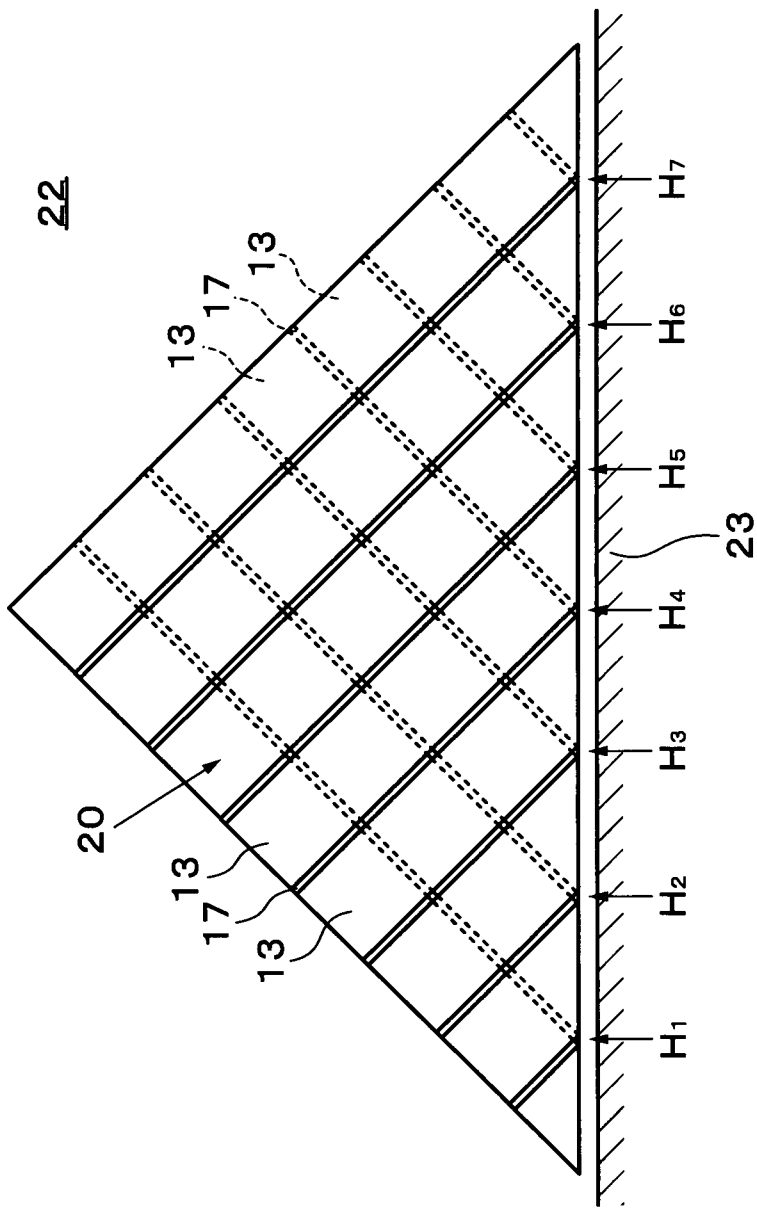
第１０図



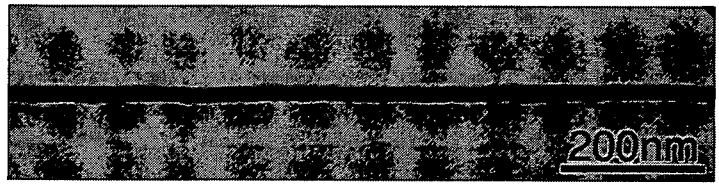
第１１図



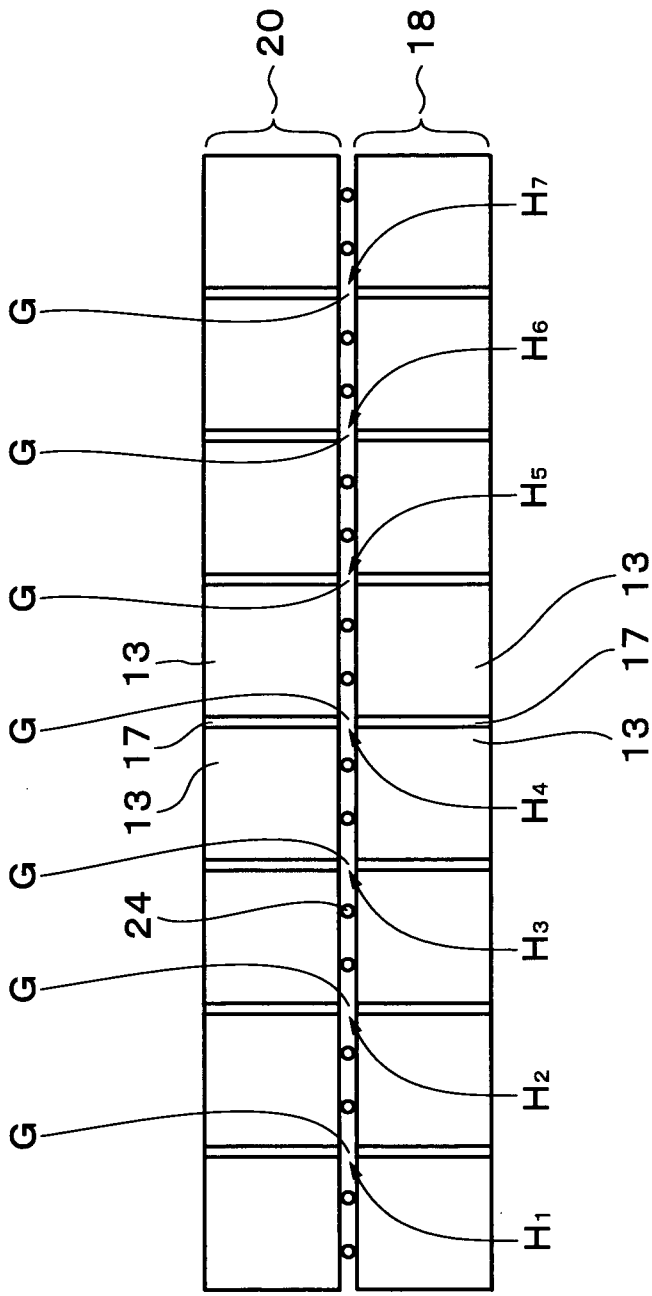
第１２図



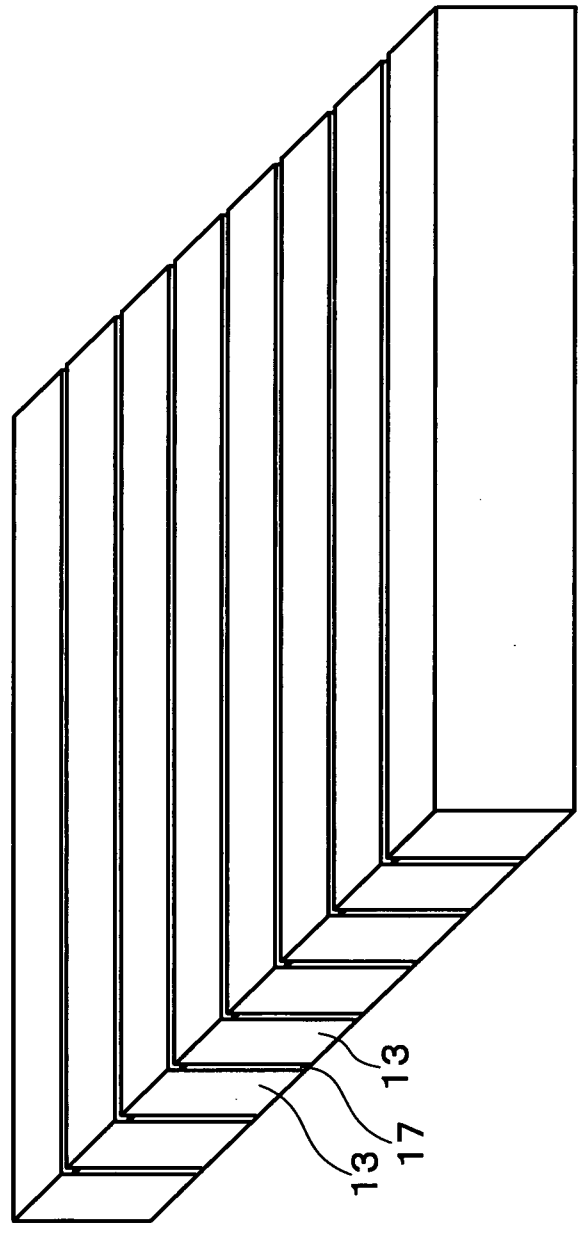
第１３図



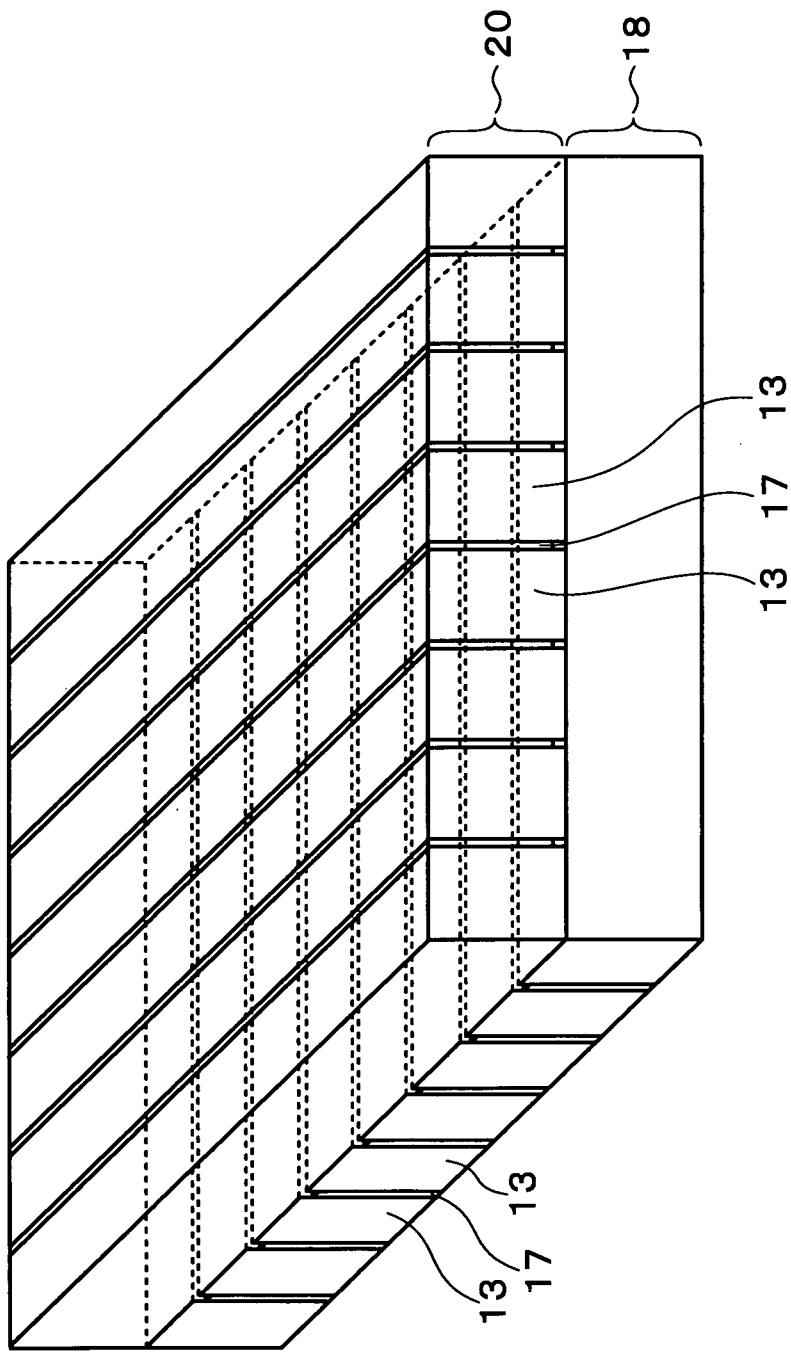
第１４図



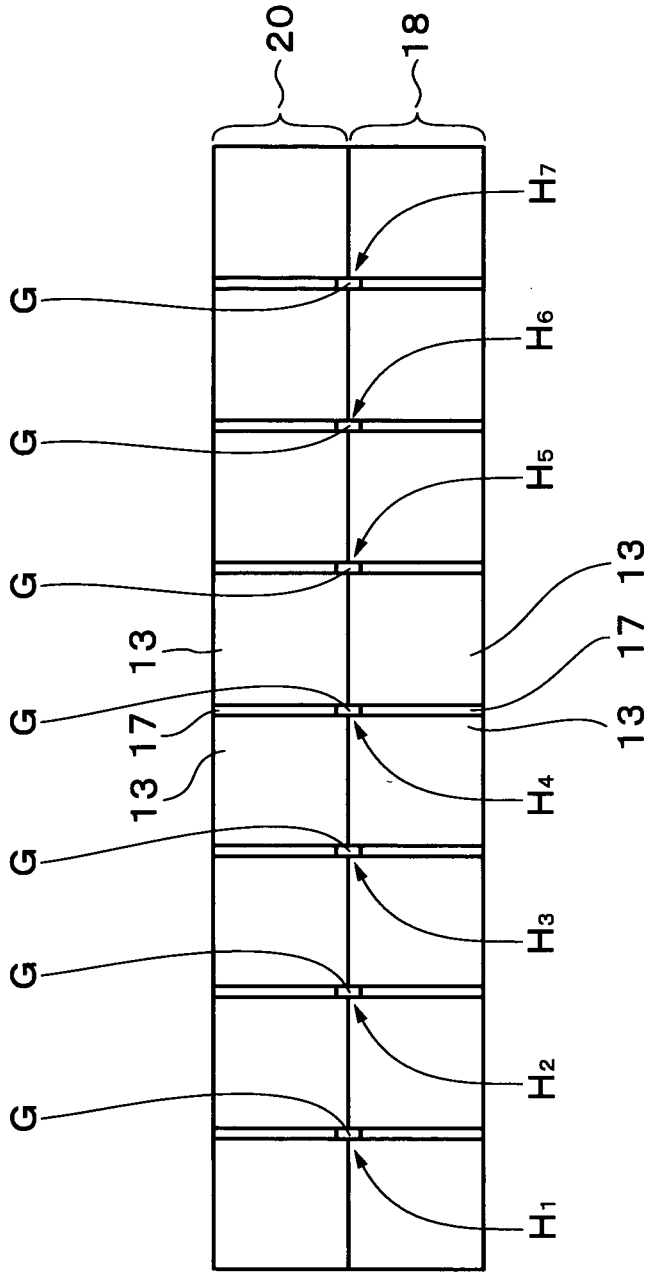
第15図



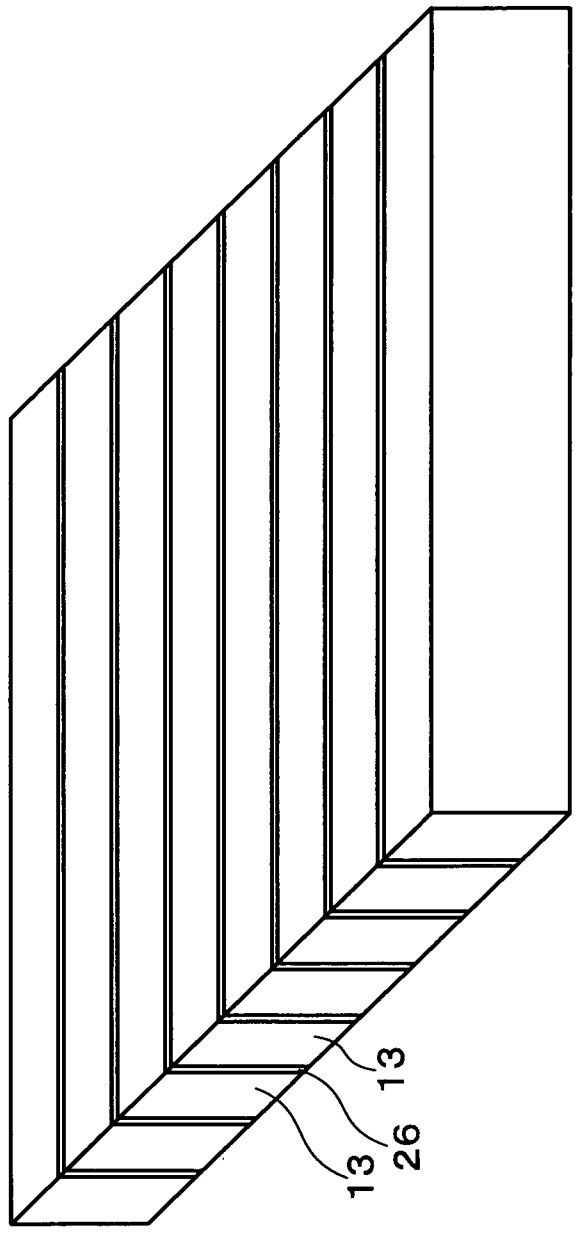
第１６図



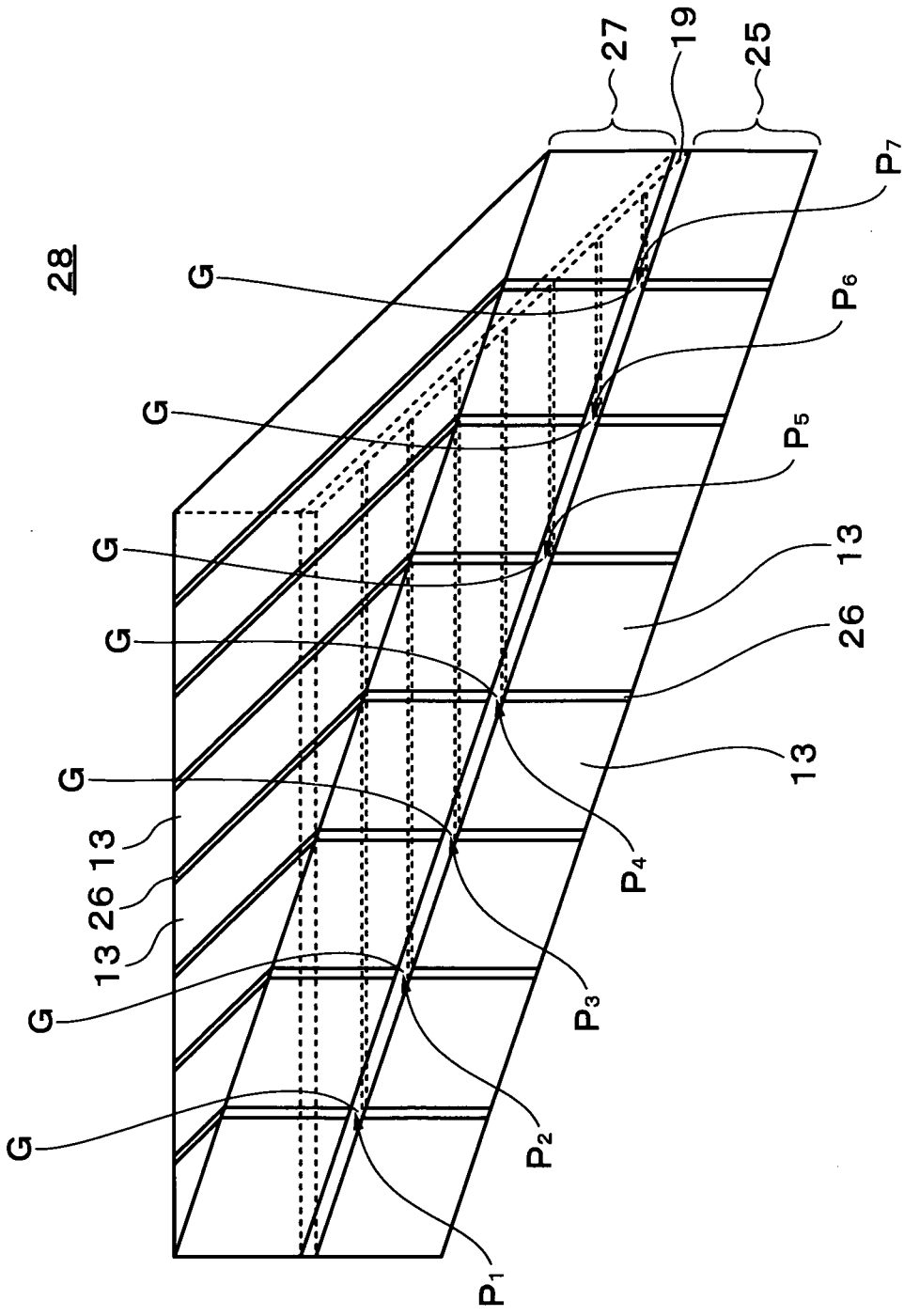
第17図



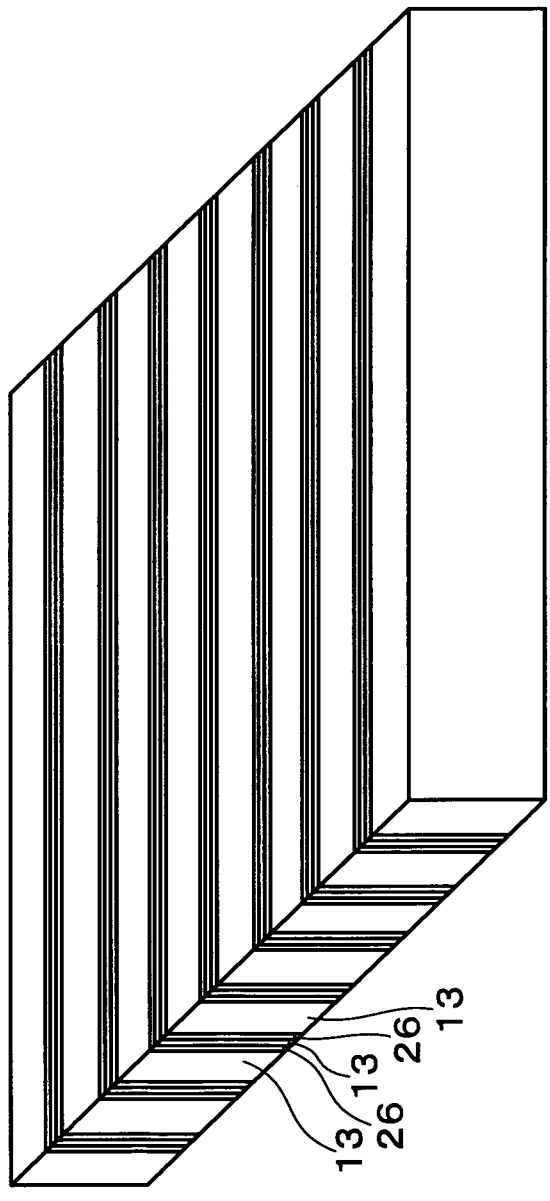
第１８図



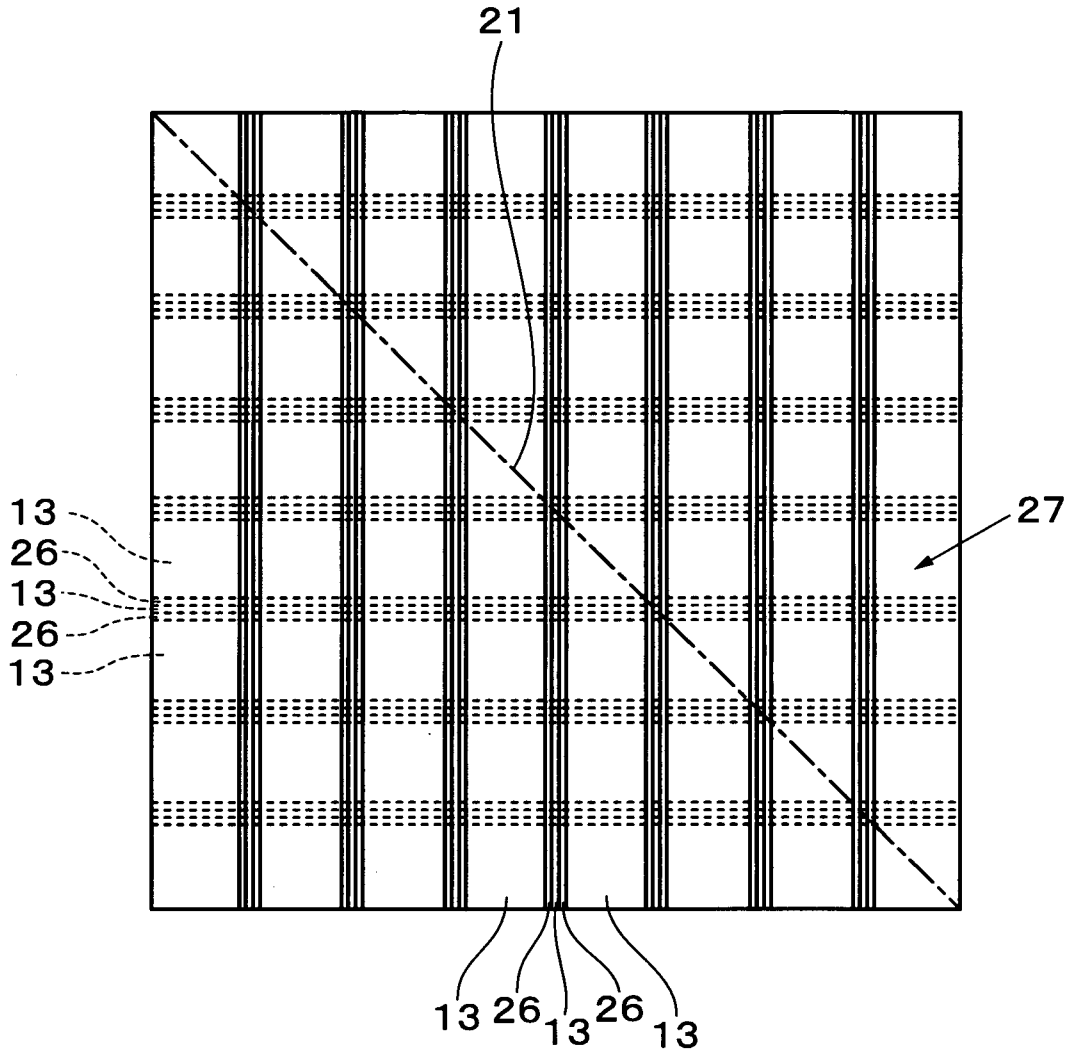
第19図



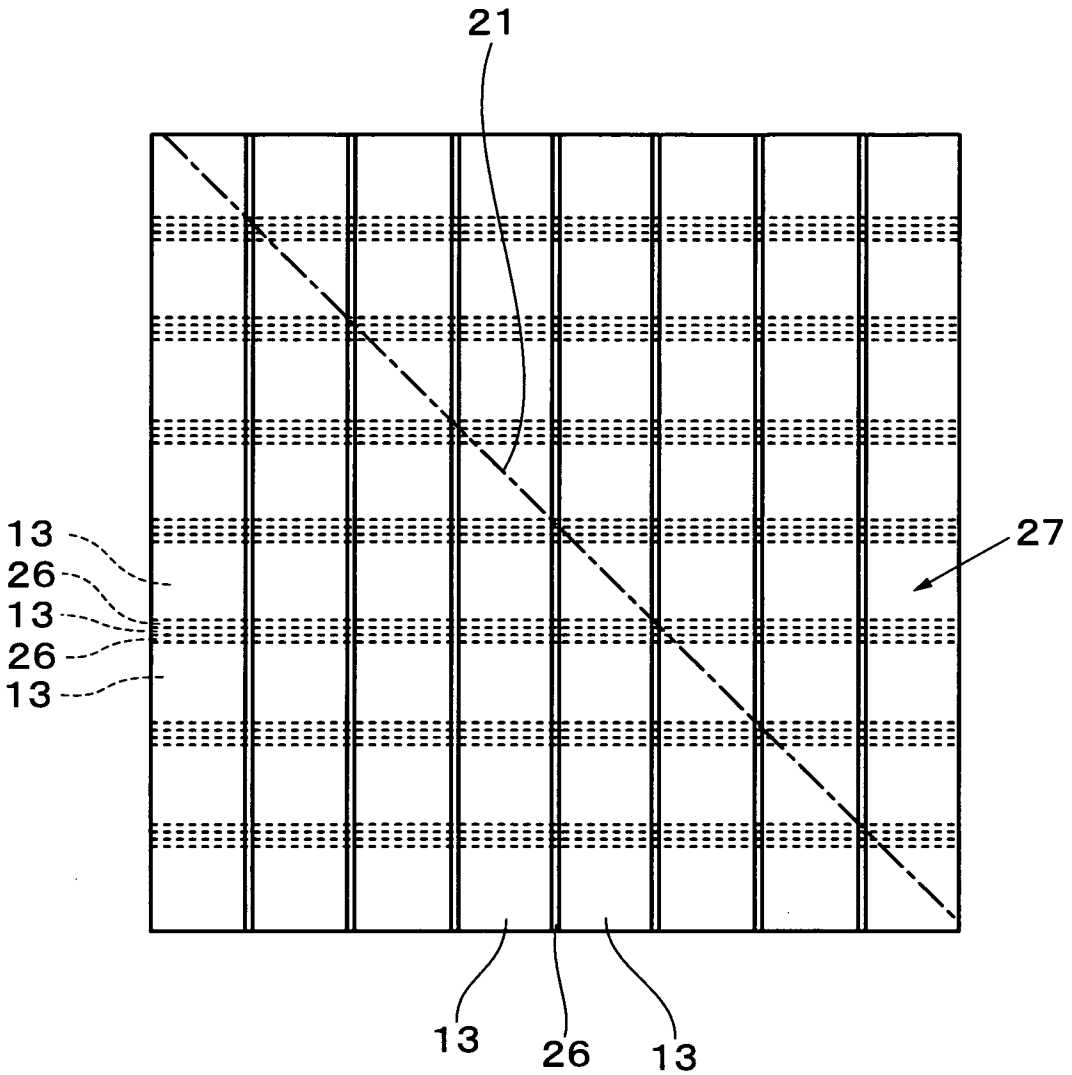
第２０図



第２１図



第２２図



符号の説明

１１	真空蒸着装置
１２、１５	ローラ
１３	誘電体層
１７	磁性体膜
１８、２０、２５、２７	薄片
１９	スペーサ層
２１	二等分面
２２	磁気ヘッド
２３	磁気記録媒体
２４	ボール
２６	金属膜
２８	プローブ
G	ギャップ
H_1 ～H_7	ヘッド部
P_1 ～P_7	プローブ部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/061290

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01Q70/10(2010.01)i, *G01Q80/00*(2010.01)i, *G11B5/31*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01Q10/00-90/00, G11B5/10-5/39

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-353690 A (Seiko Instruments Inc.), 24 December 1999 (24.12.1999), paragraphs [0021], [0022], [0025]; fig. 2, 6 (Family: none)	1,9
X	JP 9-120506 A (Thomson-CSF), 06 May 1997 (06.05.1997), paragraph [0003] & US 5745329 A & EP 762388 A2 & DE 69630745 D & DE 69630745 T & FR 2738657 A	11,14
A	WO 2009/041239 A1 (National University Corporation Hokkaido University), 02 April 2009 (02.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 August, 2010 (23.08.10)	14 September, 2010 (14.09.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/061290

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/035610 A1 (National University Corporation Hokkaido University), 06 April 2006 (06.04.2006), entire text; all drawings & JP 2007-73933 A & JP 2008-109165 A & JP 2008-134049 A & JP 2008-153712 A & JP 2008-193072 A & US 2007/0202797 A1 & EP 1804300 A1 & KR 10-2007-0059087 A & CN 101015068 A	1-15
A	Kenji Kondo, Hideo Kaiju, and Akira Ishibashi, Theoretical and experimental results of electronic transport of spin quantum cross structure devices, J. Appl. Phys., 2009.02.25, 105, 07D522	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０６１２９０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01Q70/10(2010.01)i, G01Q80/00(2010.01)i, G11B5/31(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01Q10/00-90/00,
G11B5/10-5/39

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 11-353690 A（セイコーインスツルメンツ株式会社）1999.12.24, 【００２１】, 【００２２】, 【００２５】, 【図２】, 【図６】（ファミリーなし）	1,9
X	JP 9-120506 A（トムソンーセーエスエフ）1997.05.06, 【０００３】 & US 5745329 A & EP 762388 A2 & DE 69630745 D & DE 69630745 T & FR 2738657 A	11,14

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２３．０８．２０１０	国際調査報告の発送日 １４．０９．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｊ　４６３５ 福田　裕司 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2009/041239 A1 (国立大学法人北海道大学) 2009.04.02, 全文、全図（ファミリーなし）	1-15
A	WO 2006/035610 A1 (国立大学法人北海道大学) 2006.04.06, 全文, 全図 & JP 2007-73933 A & JP 2008-109165 A & JP 2008-134049 A & JP 2008-153712 A & JP 2008-193072 A & US 2007/0202797 A1 & EP 1804300 A1 & KR 10-2007-0059087 A & CN 101015068 A	1-15
A	Kenji Kondo, Hideo Kaiju, and Akira Ishibashi, Theoretical and experimental results of electronic transport of spin quantum cross structure devices, J. Appl. Phys., 2009.02.25, 105, 07D522	1-15