

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006年7月6日 (06.07.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/070704 A1

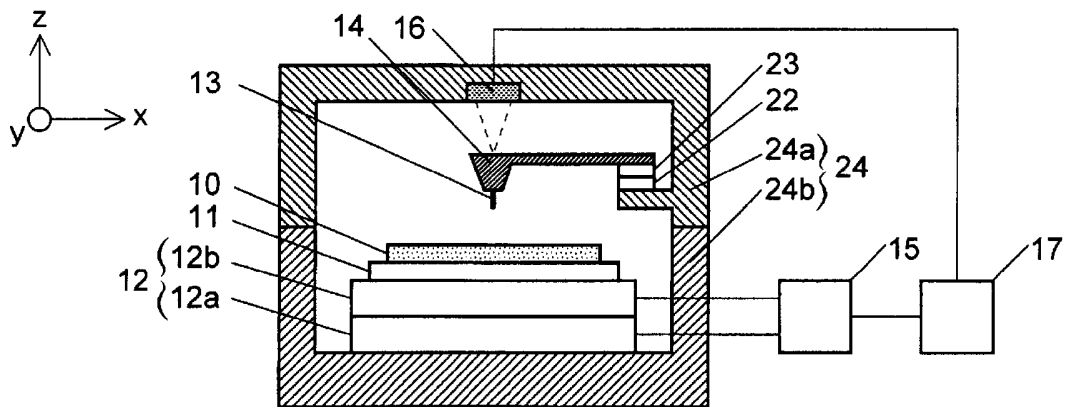
- (51) 国際特許分類:
G11B 9/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/023687
- (22) 国際出願日: 2005年12月23日 (23.12.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2004-379324
2004年12月28日 (28.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立
大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP];
〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町3番地1
Kyoto (JP). 合資会社京都インストルメンツ (KYOTO
INSTRUMENTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6068182 京都
府京都市左京区一乗寺赤ノ宮町19番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木村 邦子
(KIMURA, Kuniko). 小林 圭 (KOBAYASHI, Kei). 山

- 田 啓文 (YAMADA, Hirofumi). 堀内 俊寿 (HORI-
UCHI, Toshihisa). 石田 謙司 (ISHIDA, Kenji). 松重
和美 (MATSUSHIGE, Kazumi). 森 ゆき子 (MORI,
Yukiko).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-
MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目
北2番6号大和南森町ビル Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: HIGH DENSITY INFORMATION RECORDING/REPRODUCING/ERASING METHOD, AND MEDIUM AND AP-
PARATUS USED THEREIN

(54) 発明の名称: 高密度情報記録、再生、消去方法、並びにそれに使用される媒体及び装置



(57) Abstract: Orientation direction of fine particles, microcrystals and molecules composing a thin film is changed and information is recorded by virtually dividing the thin film into a multitude of fine regions, bringing a recording/reproducing needle having a sharp leading edge shape into contact with one of the fine regions (for instance, a fine region) and by moving the needle parallel to a surface of the thin film. For instance, information of "0" and "1" is recorded in every fine region by changing the internal structure in two states. The information is read by detecting an interaction force generated between the needle and the thin film, in a status where the recording/reproducing needle having the sharp leading edge shape is brought into constant or intermittent contact with the surface of the thin film.

(57) 要約: 薄膜を仮想的に多数の微小領域に分け、微小領域の1つ(例えば微小領域)に鋭利な先端形状を有する記録再生針を接触させ、薄膜表面に平行に移動させることにより、薄膜を構成する微粒子や微結晶や分子の配向方向を変化させ、情報を記録する。例えば、この内部構造を2つの状態の間で変化させることにより、微小領域毎に"0"、"1"の情報を記録する。情報の読み出しは鋭利な先端形状を有する記録再生針を薄膜表面に定常的または間欠的に接触させた状態で針と薄膜の間に発生する相互作用力を検出することにより行う。



WO 2006/070704 A1



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

高密度情報記録、再生、消去方法、並びにそれに使用される媒体及び装置

技術分野

[0001] 本発明は、100平方ナノメートルオーダーの微小領域に情報を記録することが可能な高密度記録媒体及びその記録装置、及びその記録、再生、消去方法に関する。

背景技術

[0002] メモリ分野では常に記録密度の向上が求められる。シリコン半導体メモリや磁気ディスクでは、記録密度はこれまでほぼムーアの法則に従って向上してきたが、いずれ限界に達すると考えられる。そこで、従来のものとは異なる原理で動作する新しいメモリが求められている。

[0003] そのようなメモリの1つとして、走査型トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling Microscope:STM)や原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope:AFM)の原理を応用したメモリが検討されている。例えば特許文献1には、STMの原理を応用して、ポリイミドLB膜の膜面をプローブ電極で走査しつつ、所定値以上の電圧を印加することによりその位置に情報を記録し、その位置において測定されるトンネル電流の強弱により記録情報を読み出す(再生する)ことができる装置が記載されている。また、非特許文献1には、AFMの原理を応用して、ポリマー膜を加熱した状態でAFMの探針により膜面に垂直方向の力を印加し、膜表面を凹状に加工して情報を記録することが記載されている。この場合、情報の読み出しはAFM装置を用いて膜表面の凹凸形状を測定することにより行われる。

[0004] 一方、本願発明者は、AFM装置を用いて微小領域における微粒子又は微結晶又は分子の配向特性を制御する方法について検討を行ってきた。特許文献2には、製膜途中又は製膜後の膜全体又は膜内の任意の領域にAFMの探針等(これに限定されない)の鋭利な先端形状を有する部材を用いて力を加えることにより、膜を構成する微粒子又は微結晶及び／又は分子の配向方向を制御することが記載されている。この文献によれば、例えばポリマー材料では、ポリエチレン薄膜、ポリ三フッ化エチレ

ン薄膜、フッ化ビニリデン薄膜等の多くの薄膜において、膜面上でAFM探針を走査してその走査方向に力学的な力を与えることにより、その力を受けた領域内の微粒子又は微結晶又は分子鎖を所定の方向に配向させることができる。

[0005] 配向制御の結果は力を加える時の膜温度に依存する。また、最適温度は膜材料によって異なる。更に、同じ膜材料であっても、一般に、微粒子又は微結晶の配向制御と分子の配向制御では最適温度が異なる。このことについて、基板上にフッ化ビニリデンと三フッ化エチレンのランダム共重合体(P-(VDF-TrFE))のラメラ型微結晶を、そのラメラ面が基板に垂直に配向するように成長させた薄膜を例に説明する。この薄膜を加熱しつつ上記走査方向の力を加える。加熱温度が80°Cの場合には微結晶が探針から受ける力により回転しその長軸(分子鎖軸に対して垂直方向)が走査方向に略平行に配列する。それに対して、加熱温度が135°Cの場合には分子鎖が探針の走査方向に引き伸ばされた後、その方向を維持しながら折り畳まれ結晶化するため、c軸(分子鎖軸)が走査方向に略平行に配列する。なお、ここでは有機のポリマー材料を例に挙げて説明したが、特許文献2に記載の方法はオリゴマー又は液晶材料などの有機低分子材料にも適用可能である。更に、微粒子又は微結晶で構成される無機薄膜に対しても適用可能である。

[特許文献1]

特開平6-187675号公報(1994年7月8日公開)(特に、[0052]～[0076], 図4, 図7～10)

[特許文献2]

国際公開WO2004/026459号公報(2004年4月1日公開)(第15頁26行目～第17頁17行目、図2～図6)

[非特許文献1]

H. J. Mamin 他、アプライド・フィジックス・レターズ、(米国)、アメリカン・インスティテュート・オブ・フィジックス、1992年、第61巻、第1003ページ(H. J. Mamin et al., "Thermomechanical writing with an atomic force microscope tip", Applied Physics Letters, 1992, vol. 61, p. 1003)

発明の開示

- [0006] 本発明が解決しようとする課題は、微小領域における微粒子又は微結晶及び／又は分子の配向方向を制御する技術を用いることにより、従来技術では困難な高密度情報記録を可能とする新しいタイプの書き換え型ランダムアクセス高密度メモリを提供することである。
- [0007] 上記課題を解決するために成された本発明に係る高密度情報記録方法は、基板上に形成された薄膜の微小領域に鋭利な先端形状を有する部材を用いて薄膜表面に平行な力を加えることにより、該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録することを特徴とする。薄膜表面に平行な力を加える方法としては、例えば、鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に薄膜の表面に接触させた状態で、該部材を膜面に平行な方向に微小距離移動または振動させることにより、膜表面に平行な方向の力を加えることが可能である。ここで、「定常的に接触させた状態」とは部材と膜表面の間の距離または接触圧が一定になるように制御された状態をさす。また、「間欠的に接触させた状態」とは両者の間の距離または接触圧が周期的または非周期的に変化するように制御された状態をさす。(以下本明細書に於いては「定常的または間欠的に接触」とは何れも上記の意味で使用される。)上記の状態を保ちながら、該部材を膜面に平行な方向に微小距離移動させることにより、膜に対して移動方向に沿って力を加えることが出来ることを示す。また、該部材を膜面に平行な方向に振動させることにより膜に対して振動の方向に沿って力を加えることが出来ることを示す。上記の例はいずれも膜表面に平行な力を実現できる一例である。
- [0008] 上記高密度情報記録方法において、微小領域に情報を記録する際に、該部材と膜との間の接触圧や該微小領域の温度を制御してもよい。
- [0009] 更に、例えば、前記薄膜を強誘電体とした場合、微小領域に前記記録を行う際に電界を印加して、該微小領域内の分極を変化させることにより前記情報に重畳して異なる情報を記録することができる。また、前記薄膜を強磁性体とすれば、微小領域に前記記録を行う際に磁界を印加して、該微小領域内の磁化を変化させることにより前記情報に重畳して異なる情報を記録することもできる。
- [0010] 一方、上記課題を解決するために成された本発明に係るもう一つの高密度情報記

録方法は、基板上に形成された薄膜の微小領域において、温度制御された鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に薄膜の表面に接触させ、薄膜表面の温度を制御することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録することを特徴とする。ここでは、薄膜表面に平行な力を加えることなく、鋭利な先端形状を有する部材を用いて、薄膜表面の温度を制御することのみで該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を制御する情報を記録する技術を開示している。上述の温度制御により情報を記録する技術と上述の鋭利な形状で力を印加し情報を記録する技術と組み合わせることで、さらに高密度なメモリ装置を実現することが可能になる。

[0011] また、本発明に係る高密度情報記録方法において、前記薄膜の微小領域における1つの情報記録領域に、3値以上の情報を記録することが好ましい。かかる技術によれば、1つの情報記録領域に多値情報を記録することができるため、記録密度をさらに高めることができる。

[0012] 本発明に用いられる記録媒体は、少なくとも基板と前記基板上に積層された薄膜とを有する情報記録用媒体であって、上述のいずれかに記載の高密度情報記録方法により情報の記録が可能な高密度情報記録媒体である。ここで、基板上に積層される薄膜は、単層であってもよいし、複数の薄膜が積層された物で構成されていてもよい。また、積層された複数の薄膜の中の一部に直接情報記録がなされない保護膜のようなものが含まれていてもよい。

[0013] さらに、上述の「薄膜の微小領域に膜表面に平行な方向の力または熱を加える記録方法」を用いて情報記録された薄膜と上述の電界または磁界を用いて情報記録された薄膜は同一であってもよく、また、それぞれ別々の膜であってもよい。後者の場合、それぞれの膜を積層することにより一つの高密度情報記録媒体を形成することが出来る。上記の様に異なる記録方法を用いて記録がなされた複数の膜を積層する場合、上述の方法を用いて記録された膜を積層媒体の最表面に配置することが、情報再生の検出感度においてより効果的である。

[0014] 本発明に係る高密度情報再生方法は、鋭利な先端形状を有する部材を定常的又は間欠的に接触させ、該部材を該薄膜に対し相対的に膜表面に平行な方向に微小

距離移動及び又は振動させた際に両者の間に生じる力を検出することにより、該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を読み出す工程を含むことを特徴とする。ただし、ここで、「該部材を薄膜に対し相対的に振動させる」場合の振動の方向は、必ずしも膜表面に平行な方向に限定されず、膜表面に平行な方向、垂直な方向、を含め3次元的にあらゆる方向を含む。これにより該両者の間に働く相互作用力に変化を生じさせ、それを検出するものである。

[0015] また、本発明に係る高密度情報記録再生方法は、上述の高密度情報記録方法を情報記録の一工程(情報記録工程)として含み、かつ上述の高密度情報再生方法を情報再生の一工程(情報再生工程)として含むものである。

[0016] 本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明に係る高密度情報記録装置の一実施例を示す断面図。

[図2(a)]本実施例の高密度情報記録装置の動作を示す斜視図。

[図2(b)]本実施例の高密度情報記録装置の他の動作を示す斜視図。

[図3]加熱手段を有する高密度情報記録装置の一実施例を示す断面図。

[図4]電界印加手段を有する高密度情報記録装置の一実施例を示す断面図。

[図5]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の記録の動作を示す斜視図。

[図6(a)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の記録の動作を示す断面図。

[図6(b)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の記録の他の動作を示す断面図。

[図7(a)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の再生の動作を示す断面図。

[図7(b)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の再生の他の動作を示す断面図。

[図7(c)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の再生の他の動作を示す断面図。

[図7(d)]電界印加手段を有する高密度情報記録装置における情報の再生の他の動作を示す断面図。

[図8(a)]グラファイト基板上に形成されたP(VDF-TrFE)膜41のAFM像を示す図。

[図8(b)]グラファイト基板上に形成されたP(VDF-TrFE)膜41を模式的に示す斜視図。

[図9(a)]ガラス基板上に形成されたP(VDF-TrFE)膜42のAFM像を示す図。

[図9(b)]ガラス基板上に形成されたP(VDF-TrFE)膜42を模式的に示す斜視図。

[図10(a)]P(VDF-TrFE)膜41を140～145℃に加熱しつつその表面に平行に記録針を移動させて情報を記録した後のAFM像。

[図10(b)]P(VDF-TrFE)膜42を140～145℃に加熱しつつその表面に平行に記録針を移動させて情報を記録した後のAFM像。

[図11(a)]情報が記録されたP(VDF-TrFE)膜の記録直後のAFM像。

[図11(b)]情報が記録されたP(VDF-TrFE)膜の142℃に加熱後のAFM像。

[図11(c)]情報が記録されたP(VDF-TrFE)膜の148℃に加熱して情報を消去した後のAFM像。

[図12(a)]力の印加と電界の印加により情報が重疊的に記録されたP(VDF-TrFE)膜のAFM像。

[図12(b)]力の印加と電界の印加により情報が重疊的に記録されたP(VDF-TrFE)膜の圧電力顕微鏡像。

[図13(a)]ポリエチレン膜の表面に平行に記録針を移動させて力を印加する前の該表面のAFM像。

[図13(b)]ポリエチレン膜の表面に平行に記録針を移動させて力を印加して情報を記録した後の該表面のAFM像。

[図14(a)]ポリブテン膜の表面に平行に記録針を移動させて力を印加する前の該表面のAFM像。

[図14(b)]ポリブテン膜の表面に平行に記録針を移動させて力を印加して情報を記録

した後の該表面のAFM像。

[図15(a)]P(VDF-TrFE)膜を80°Cに加熱しつつその表面に平行に記録針を移動させて力を印加することにより微結晶の配向を制御して情報記録を行った後のAFM像。

[図15(b)]P(VDF-TrFE)膜を80°Cに加熱しつつその表面に平行に記録針を移動させて力を印加することにより微結晶の配向を制御して情報記録を行った後の構造の模式図。

[図16(a)]情報が記録されたP(VDF-TrFE)膜のAFM像。

[図16(b)]情報が記録されたP(VDF-TrFE)膜から得られた再生情報を画像化した図。

[図17]分子の配向方向と摩擦によるカンチレバーの振れ振幅の関係を示す図。

[0018] [符号の説明]

- 10…高密度情報記録媒体
- 11…ステージ
- 12…ステージ移動装置(x,y,z方向に移動)
- 12a…粗動装置
- 12b…微動装置
- 13…記録再生針
- 14…板バネ
- 15…ドライバ
- 16…検出部
- 17…制御部
- 18…ヒータ
- 19…温度計
- 21…微小領域
- 22…振動機構(x-y平面内の振動を付与)
- 23…振動機構(z方向の振動を付与)
- 24…外枠(24a…上部、24b…下部)
- 31…電界印加手段
- 41…P(VDF-TrFE)膜(c軸が膜面内に等方的に配向)

42…P(VDF-TrFE)膜(c軸が膜面に垂直に配向)

51…記録針の移動を行った微小領域

52…記録針の移動を行わなかった微小領域

53…+7Vの電圧により分極処理した領域

54…-7Vの電圧により分極処理した領域

発明を実施するための最良の形態

[0019] 本発明の高密度情報記録においては、基板上に形成された有機又は無機薄膜の微小領域において、微粒子又は微結晶及び／又は分子の配向方向を変化させ、その方向により情報を記録する。例えば、2つの配向状態の間で変化させることにより、微小領域毎に“0”、“1”の情報を記録することができる。この薄膜には特許文献2に記載の薄膜と同じものを用いることができる。微粒子又は微結晶及び／又は分子鎖の配向方向は、AFMの探針に代表される鋭利な先端形状を有する部材(記録用部材)を薄膜表面に定常的又は間欠的に接触させた状態で、薄膜表面に平行な方向な力を加えることにより制御することができる。ここで、薄膜表面に平行な力を加える手段としては、その一例として、前述の様に、鋭利な先端形状を有する部材を膜面内で走査することによって実現できる。また、一方向の走査ではなく、膜面内方向に微小振動させることによっても上記の力を加えることができる。一方、膜面に平行な力を加える手段として必ずしも該部材を膜面上で移動または振動させる必要はない。例えば、外部駆動装置を用いて該部材に対して膜面に平行な力を加えた時に、該部材が弾性変形することによりその先端位置が静止している場合も起こり得る。この場合であっても該部材が膜を構成する微粒子又は微結晶または分子に対して膜面に平行な力を加えることは可能である。

[0020] また、別の外部駆動装置を用いて該部材に対して膜面に平行方向に振動する超音波振動を伝播させるなどの手段によっても上記の力を加えることが可能である。この場合も、該部材の先端位置が移動する必要はない。さらに、膜面に平行な力として力学的以外の力、例えば、電磁氣的な力を用いることも可能である。この場合も該部材の先端位置が移動する必要はない。ここで「接触」とは、両者の間に原子間力が働く程度の距離に近づけることをいう。

- [0021] 微小領域の大きさは特に限定されないが、記録密度を高くするためにはできるだけ小さい方が望ましい。
- [0022] 分子を配向制御する場合、領域の大きさは記録用部材の先端径の大きさに概ね依存するため、記録密度を高くするためには先端径が小さい記録用部材を用いることが望ましい。ただし、記録密度は記録用部材の先端径のみでは決まるものではなく、その先端の形状や膜(記録媒体)の材料にも依存する。例えば、先端径は大きくても、その形状を工夫することにより、膜面に平行方向の力を部材先端の極一部分に集中させて印加することも可能である。一方、膜(記録媒体)の材料によっては、分子の自己組織化により、先端径よりも広い領域が配向制御される場合もある。そのため、例えば先端径10nmの記録用部材を用いた場合においてもその先端形状や膜材料を的確に選択することにより、その微小記録領域の大きさを直径10nmよりも十分小さくすることが可能である。
- [0023] 微粒子又は微結晶を配向制御する場合には、最小記録領域幅は微粒子又は微結晶の大きさで決められる。より小さい結晶からなる膜を用いることにより、更に高密度の記録が可能になる。
- [0024] 一方、記録用部材の先端径が大きい場合、記録や消去の高速化、装置作製の容易さの点では利点がある。そのため、該記録用部材の先端径は目的に応じて適宜選択することができる。
- [0025] 上記記録の際に、記録用部材と薄膜の接触圧や微小領域の膜温度を制御することによって上記の配向制御をより精密に行うことが可能になる。また、記録用部材の移動速度や振動させる場合にはその振幅や周波数を制御することにより配向制御をより精密に行うことが可能になる。また、記録用部材を構成する材料の弾性定数などの物理定数を制御することにより配向制御をより精密に行うことが可能になる。さらに、膜面に平行な力として、記録用部材を介して電磁気力を印加する場合には駆動する電磁気力の振幅および周波数、また、記録用部材を構成する材料の誘電定数、磁性定数などの物理定数を制御することにより配向制御をより精密に行うことが可能になる。また、膜面に平行な力として、記録用部材を介して超音波を印加する場合には、超音波の周波数、振幅および記録用部材を構成する材料の弾性定数、音速など

の物理定数を制御することにより配向制御をより精密に行うことが可能になる。

[0026] 配向の違いは、例えば、微粒子又は微結晶や分子の向きが無秩序である状態と膜面内のある方向に配列した状態との違いにより形成することができる。また、微粒子又は微結晶や分子の向きが膜面内の第1の方向に配列した状態と、膜面内のそれとは異なる第2の方向(例えば第1の方向から90°回転した方向)に配列した状態との違いとすることもできる。

[0027] 更に、微粒子又は微結晶や分子の向きが膜面内で異なる3種以上の方向(例えば第1の方向と、第1の方向から45°回転した方向と、第1の方向から90°回転した方向)に配列した3種以上の状態を区別して情報の記録を行うこともできる。これにより、1つの領域(情報記録領域)に3値以上の情報を記録することもできる。それゆえ、本技術によれば、情報の多値記録が可能となり、記録密度を更に高めることができる。

[0028] 上記では微粒子又は微結晶や分子の配向方向を膜面内に限って説明したが、膜面と垂直な方向まで含めると、垂直方向およびそれと30°、60°など任意の角度を有する方向への配向を考えることができ、膜を構成する材料によっては3次元的な配向制御も可能である。実際、ポリエチレンなど多くのポリマー材料では、融点以上の温度に加熱することでその分子鎖を基板に垂直に配向させることができる。従って、一例として、融点以上の温度に加熱した記録用部材を膜表面に定常的又は間欠的に接触させることで微小領域の分子鎖を基板に垂直に配向させることができる。この場合には記録時に膜面に平行な力を加えない。尚、情報記録は1つの記録用部材を用いて行ってもよく、複数の記録用部材を用いて行ってもよい。複数の記録用部材を用いた場合、より高速な記録が可能となる。

[0029] 記録された情報の再生は、記録用部材と同様の鋭利な先端形状を有する部材(再生用部材)を用いて行うことができる。記録用と再生用に同じ部材を用いることもでき、異なる部材を用いることも出来る。また、複数の部材を用いて同時に機能させて再生を行ってもよい。再生方法の一例を以下に示す。まず、膜面内で微粒子又は微結晶又は分子の配向の異方性が出るように情報が記録されている場合の再生方法について説明する。

[0030] 再生用部材を膜表面に定常的または間欠的に接触させた状態で膜面内の一方向

に微小距離移動させるか、または膜面内またはそれ以外の方向に微小振動させることにより、再生用部材は分子又は微粒子又は微結晶からその振動方向に対する相互作用力を受ける。そのため、再生用部材は、微小距離移動の場合は振れの誘起、また、振動を印加する場合には振動振幅の減衰、位相の遅れ等の影響を受ける。これらの物理量を検出することにより、これらの力の方向に対する相互作用力の大きさの分布を測定できる。本発明は、これらの相互作用力の大きさにより微粒子又は微結晶又は分子の配向方法を読み出すものである。

- [0031] これらの物理量は、例えば、再生用部材の一部に光を照射してその反射光から再生用部材の振動の状態をモニタする光テコ法や、再生用部材の一部に圧電性素子を付加してその出力から再生用部材の振動の状態をモニタする圧電法などで測定することができる。
- [0032] 記録媒体の面内で、情報を読み出したい微小領域に再生用部材を移動し、次に上記の方法を用いてこの微小領域の情報を読み出すことができる。また、記録媒体全面を走査しながら同じく上記の方法を用いて全領域に記録されている情報を順次読み出すこともできる。
- [0033] 上記の例では、再生用部材を面内の一方向に振動させてその応答のみから再生を行うが、面内の異なる複数の方向に振動させて得られる情報を組み合わせて再生を行うことにより、再生の精度を高めることができる。その場合、複数の再生用部材を用いて並列に検出することができる。また、一つの再生用部材を用いて時間的に縦列的に再生を行うこともできる。上記の例では記録媒体を固定して再生用部材を振動させるとしたが、逆に記録媒体を振動させてもよい。
- [0034] 次に、微粒子又は微結晶又は分子が膜面に垂直方向に配向するか平行方向に配向するかの違いで情報記録がなされている場合の再生方法について説明する。この場合には、例えば、記録媒体を固定するステージに振動素子を設けるなどの方法により、膜面に垂直な方向の振動を膜の背面から加える。その振動は膜内部を伝播した後、膜表面に現れるが、膜内部を伝播する際にその膜の特性に応じた変化を受ける。そこで膜表面において再生用部材により、伝播されてくる振動の振幅と位相を測定する。一般に、機械振動はポリマーの分子鎖方向には減衰が少なく伝播速度も速

いことが知られている。従って、再生用部材が検出する振動の振幅と位相を原振動のそれらと比較することにより、垂直配向と水平配向の違いを検出することができる。一方、再生用部材を膜表面に間欠的に接触させた状態で膜表面に垂直方向に振動させ、その位相変化を測定することによっても垂直配向と水平配向の違いを検出することが出来る。

[0035] 微粒子又は微結晶や分子の配向の違いに重畳して分極の差異による情報記録がなされている場合には、例えば、従来より知られている圧電応答走査型力顕微鏡(Piezoresponse Scanning Force Microscopy)を用いて情報を読み出すことができる(圧電応答走査型力顕微鏡については、例えば、Surface science letters, Vol. 302, p. L 284を参照)。また、微粒子又は微結晶や分子の配向の違いに重畳して磁化の差異による情報記録がなされている場合には、例えば、先端部に磁気抵抗センサを備えた再生用部材を用い、走査型磁気抵抗顕微鏡(Scanning Magnetic Resonance Microscopy)を用いて情報を読み出すことができる(走査型磁気抵抗顕微鏡については、例えば、Applied Physics Letters, Vol. 80, No. 15, pp. 2713-2715 (2002)を参照)。

[0036] 先端径10nmのAFM用探針は広く市販されている。このAFM用探針を記録用部材として用いた場合には、前述のように、微小記録領域の大きさを10nm x10nm以下にすることが可能である。すなわち、本発明に係る高密度情報記録媒体は、既存の記録用部材を用いて1bitの情報を10nm×10nm以下の領域に記録することができ、この場合、その記録密度は1Tbit/cm²以上となる。更に先端径の小さい記録針を作製することや、先端形状を最適化することにより記録密度を更に高くすることができる。また、前述のように、1つの微小記録領域の微粒子又は微結晶及び／又は分子の配向方向を膜面内において複数の方向に選択的に配向できる。更に、記録媒体の材料を選択することにより膜面に垂直な方向にも配向を行うことができるようになり、配向方向を三次元的に選択することが可能となる。これにより、記録密度は更に向上する。仮に、n個の配向方向を選択可能とするとその記録密度はlog₂n Tbit/cm²となる。以上に加えて、記録媒体として前述のように強誘電体又は強磁性体を選択し、分極の差異又は磁化の差異による情報を重畳して記録することにより記録密度は更に増加する。

[0037] 記録媒体の少なくとも情報記録領域の全体又は一部に対して加熱、電界印加、磁界印加などを行うことにより、記録用部材を用いることなく、記録された情報を一括に消去(メモリー媒体の初期化)することが可能になる。例えばポリエチレンやP-(VDF-TrFE)などのポリマーの場合、融点以上に加熱することで分子の配向方向を一定の方向に制御できたり、また、分子配向の変化の規則性を解除し、記録された情報を一括消去することが出来る。加熱方法としては、例えば記録媒体を保持するステージ上に設けられた加熱素子により行うこと等が挙げられる。また、電界印加又は磁界印加により記録された情報は少なくとも記録領域に一定方向の電界又は磁界を印加することにより単一情報を上書きし、情報を一括消去することが出来る。一方、記載された情報を消去は、記録媒体の情報記録領域全体に対して、鋭利な先端形状を有する部材を用いて上述の少なくともいずれか1に記載の情報記録方法を用いて単一の情報を上書き記録することによっても行うことが出来る。上記の何れの消去方法に於いても、印加する力、熱、電界、磁界などの手段はそれぞれ単独、または時系列的に順次行ってもよく、また、任意の組み合わせで複数の手段を同時に行ってもよい。さらに情報の消去は、1つの部材を用いて行ってもよく、複数の部材を用いて行ってもよい。複数の部材を用いた場合、より高速な消去が可能となる。

[0038] 本発明の薄膜材料には、有機の低分子材料、オリゴマー材料、高分子材料などを用いることができる。有機の低分子材料の中では液晶性材料のようにその分子形状に異方性を有する材料が有用である。また、自己組織化の能力を有する低分子材料も有用である。更に、有機材料に限らず、無機の結晶性材料、金属、セラミック等も使用することができる。特に、無機の強誘電性微結晶や微粒子、常磁性又は強磁性を有する金属又はセラミックの微結晶や微粒子からなる薄膜は本発明に用いる記録媒体として有用である。強誘電性微結晶や微粒子を構成する材料としては、例えば、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、リン酸水素カリウム、ロッシェル塩、硫酸グリシン、硝酸ナトリウム、チオ尿素等の無機材料を用いることができる。また、強磁性を有する金属又はセラミックの微結晶や微粒子を構成する材料としては、例えば、ニッケル、鉄、コバルトなどの金属が有用である。更に、磁性を有する有機金属錯体も有用である。

[0039] 有機高分子材料としては、例えば、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリオレ

フェン樹脂である4-メチルペンテン-1樹脂やポリブテン-1樹脂、ポリビニルアルコール、エチレン-ビニルアルコール共重合体、ポリアクリロニトリル、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリアミド樹脂、ポリエチレンテレフタレートやポリブチレンテレフタレートに代表されるポリエステル樹脂、ポリ四フッ化エチレン、ポリ三フッ化エチレン(PTrFE)、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリフッ化ビニリデンとポリ三フッ化エチレンの共重合体(P(VDF-TrFE))に代表されるフッ素系樹脂、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリアクリレート、ポリメタクリレート、ポリカーボネート、ポリスチレン、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラニン樹脂、アルキド樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、ポリアミド樹脂やアラミド樹脂として知られる全芳香性ポリアミド、ポリフェニレンエーテル、ポリフェニレンスルフィド、ポリアリレート、ポリ-p-フェニレン、ポリ-p-キシレン、ポリ-p-フェニレンビニレン、ポリキノリン、ポリピロール、ポリチオフエン、ポリアニリン、ポリアリレンビニレン、ポリチエニレンビニレン、ポリアセチレン、ポリフェニレンジアミン、ポリアミノフェノール、ポリビニルカルバゾール、高分子ビオローゲン、ポリイオンコンプレックス、TTF-TCNQ等が挙げられる。また、これらの高分子の構成要素である有機低分子や有機オリゴマーから成る材料を用いてもよい。高分子液晶、オリゴマー液晶等材料も有用である。

- [0040] また、本発明の基板としては、従来公知の基板材料からなるものを用いることができ、特に限定されるものではないが、特に、薄膜を形成する基板表面が対称性を有する結晶構造からなる基板であることが好ましい。かかる表面を有する基板は、具体的には、例えば、一例として、グラファイト、マイカ、サファイヤ、NaCl, KCl, KBr, SiC, BN, GaN, AlN, GaAs等を挙げることができる。上述のような基板であれば、基板表面に形成した薄膜の分子や結晶等がエピタキシャル成長しやすいため、その配向性を精度よく制御することができる。それゆえ、情報を記録する際等に書き込みエラーが発生し難いという利点がある。なお、上記基板上に成長させる薄膜結晶は、原料物質の材料、形態、条件等に応じて、気相エピタキシー、液相エピタキシー、分子線エピタキシーなど従来公知の手法を好適に利用し形成することができる。
- [0041] 記録媒体として用いる材料によっては、上記記録の際に薄膜の温度を上げることで、より、記録用部材を用いた微粒子又は微結晶又は分子の配向が容易となり、より高

精度の配向制御が可能になる場合がある。特に、微結晶の配向制御性を向上させるためには、その薄膜材料のガラス転移温度以上に加熱することが有効な場合がある。また、分子の配向制御性を向上させるためには、その薄膜材料の融点近くの温度に加熱することが有効な場合もある。これらの条件は記録媒体として用いる材料の特性により異なるため、個々に最適な条件を選択することが重要である。

- [0042] 薄膜を構成する材料として、強誘電性を有するポリマー材料を用いることは特に有用である。この場合、上記方法で微小領域に情報の記録を行う際に同時に、もしくは配向制御による記録とは別の時点で電界を印加して、その電界の有無、方向等を制御すれば、その微小領域の分極の有無、又は方向を制御することができる。これにより、配向制御による情報の記録に重畳して、それとは独立に分極による情報の記録を行うことができ、更に高密度に情報を記録することができる。この場合、分極情報を記録するための記録用部材として配向制御に用いたのと同じ記録用部材を用いてもよいし、それとは別の記録用部材を用いてもよい。
- [0043] 同じ薄膜に対して、分子や未結晶の配向制御による記録と、分極や磁化の状態制御による記録は互いに独立してなされても良い。それゆえ、薄膜の内部構造により情報が記録される微小領域と、分極や磁化により情報が記録される微小領域は同じものである必要はない。例えば、内部構造により情報が記録される微小領域よりも分極により情報が記録される微小領域の方が大きくてもよい。
- [0044] 強誘電性のポリマー材料として例えばフッ化ビニリデンポリマー (PVDF) やオリゴマー、フッ化ビニリデンと三フッ化エチレンのランダム共重合体に代表されるフッ化ビニリデン共重合体、ナイロン7, ナイロン9, ナイロン11, ナイロン13等の奇数ナイロン、シアン化ビニリデンと酢酸ビニルの交互重合体を用いることができる。
- [0045] また、本発明には、上述の高密度情報記録方法を情報記録の一工程(情報記録工程)として含み、かつ上述の高密度情報再生方法を情報再生の一工程(情報再生工程)として含む高密度情報記録再生方法も含まれる。ここで、本高密度情報記録再生方法では、情報記録工程と情報再生工程とが、それぞれ異なる場所と時間で行われる場合も含まれる。例えば、情報記録工程が所定の場所と時間で行われ、その後、前記所定の場所とは異なる場所にて、時間的に隔たりをもって情報再生工程が行

われてもよい。さらに、情報記録工程と情報再生工程とがそれぞれ別の主体によって行われる場合も本発明に含まれ得る。

[0046] ここまでに述べた高密度情報記録方法、再生方法および消去方法を用いる書き換え可能なランダムアクセスメモリは、次のような装置により実施することができる。すなわち、本発明に係る高密度メモリ装置は、基板上に形成された薄膜を含む情報記録媒体に情報を高密度で記録し、更に再生するための情報記録再生装置であって、鋭利な先端形状を有する部材と、メモリの各アドレス位置に前記部材を移動させるために必要な記録媒体と前記部材を相対的に移動させる移動機構、さらには、記録媒体と前記部材のx、y、z方向の相対的位置を微細に変化させる微動機構、前記部材の温度を制御する機構とを備える。ここで、部材は記録用と再生用を兼ねて1個のみ設けてもよいし、記録用のものと再生用のものを別個に設けてもよい。

[0047] この装置では、前述の様に、情報記録媒体の微小領域の位置に前記記録用部材を移動させ、その位置において該部材を膜表面に定常的または間欠的に接触させた状態で、該部材に対して膜面内の所定方向の力を印加するかもしくは膜面内の所定方向に振動する力を印加する。これにより膜を構成する微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録する。また、前述の様に、微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させるための力として超音波振動または電磁気力を用いる場合には、前記記録用部材にこれらの力を印加する外部駆動装置を備えて行う。また、当該装置は記録用部材を用いて微小領域の温度のみを制御してその結晶または分子の配向方向を制御することも出来る。

[0048] 情報の再生は、情報記録媒体の微小領域に前記再生用部材を定常的または間欠的に接触させた後、該部材およびまたは記録媒体を膜表面に平行な方向に微小距離移動させるか、または該両者の一方または両方を振動させることにより、該両者の間に生じる力を検出して、該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を読み出す。

[0049] 薄膜の微粒子又は微結晶又は分子の配向制御による情報の記録と分極による情報の記録を重畳して行う場合には、上記高密度情報記録装置に更に、薄膜に電界を印加する電界印加手段を設ける。

[0050] 同様に、膜の配向制御による情報の記録と磁化による情報の記録を重畳して行う場合には、更に、薄膜に磁界を印加する磁界印加手段を設ける。

(発明の効果)

本発明に係る高密度情報記録方法、再生方法、消去方法を用いることで、1Tbit/cm²を超える大容量の書き換え可能なランダムアクセスメモリを実現することが出来る。

[0051] また、強誘電性又は強磁性を有する膜を用いることにより、力学的な力による情報の記録と強誘電性又は強磁性を用いた情報の記録を重畳して独立に行うことができるため、情報記録密度を更に高くすることができる。さらに、本発明が実現する大容量メモリは書き替え可能なメモリであってもよく、また、ランダムアクセス型メモリであってもよい。

[実施例]

ここではまず、(1)本発明に係る高密度メモリ装置の実施例について説明し、この装置の動作を説明することにより本発明に係る高密度情報記録方法を説明する。次に、(2)本発明に係る情報記録方法、消去方法および高密度メモリ(記録媒体)の実施例について実験結果を基に説明する。更に、(3)本発明に係る情報再生の方法の実施例として、これらの情報記録媒体を用いて情報記録および再生を行った各種実施結果を示す。

[0052] (1)本発明に係る高密度メモリ装置の実施例

(1-1)基本的な構成を有する高密度メモリ装置及びその動作

(1-1-1)高密度メモリ装置の構成

図1に、本発明に係る高密度メモリ装置の一実施例の断面図を示す。この高密度メモリ装置は、本発明に係る高密度情報記録媒体10を載置するステージ11と、ステージ11をx, y, z軸方向に移動させるステージ移動装置12と、鋭利な先端形状を有する記録および記録再生針13を有するSi製の板バネ14とを備える。ここで、x軸及びy軸方向は高密度情報記録媒体10の表面に平行な方向、z軸方向は高密度情報記録媒体10に垂直な方向である。ステージ移動装置12は粗動装置12a及び微動装置12bの2段階の移動装置で構成される。ステージ移動装置12は、ドライバ15により駆動される。ここで、微動装置12bは必要に応じて、x軸方向およびy軸方向およびz軸

方向に必要な周波数で振動させることができる。この装置は更に、上記の各部を固定する円筒状の外枠24を備える。この外枠24は上部24aと下部24bに分割され、板バネ14及び後述の検出部16は上部24aに、ステージ11及びステージ移動装置12は下部24bに、それぞれ固定される。外枠24は、上部24aが下部24bに対してx-y平面内で360度回転可能な機構を備える。この機構により、板バネ14は記録再生針13を中心としてx-y平面内で任意の方向に回転することが可能である。

[0053] この高密度メモリ装置は更に、板バネ14に働く力を検出するための検出部16を備える。ステージ移動装置12のドライバ15と検出部16は制御部17により制御される。ドライバ15は、ステージ11と記録再生針13の相対的な位置を変化させると共に、両者のz軸方向の距離を調整することにより両者の接触圧を変化させる。この接触圧は高密度情報記録媒体10の材料に応じて設定することができる。

[0054] 情報再生のための機構として、板バネ14の根元には記録再生針13をx-y平面内で振動させる機構22およびz方向に振動させる機構23が設けられている。

[0055] これらの各部装置には、通常のAFM装置が備えているものをそのまま用いることもできる。微動装置12bには、例えばピエゾ素子を用いることができる。検出部16には、例えば光テコ法あるいはレーザ干渉法などの光学的方法で板バネ14の変位を検出する検出器を用いることができる。また、記録再生用部材付板バネとして、AFMやSTMで使用されているカンチレバーを用いることができる。この場合、圧電型又はピエゾ抵抗型などの自己検出方式のカンチレバーを用いることにより、前述の光テコ法あるいはレーザ干渉法などの検出系が不要になる。

[0056] (1-1-2)高密度メモリ装置の動作(記録時)

まず、情報を記録する動作について述べる。高密度情報記録媒体10を構成する膜は多数の微小領域に仮想的に区切られている。これら多数の微小領域の1つ(ここでは図中の微小領域21とする)に情報を記録する際には、ステージ移動装置12により、記録再生針13が微小領域21の直上に配置されるようにステージ11をx軸方向及びy軸方向に移動させる(図2(a))。そして、ステージ11をz軸方向に移動させ、高密度情報記録媒体10と記録再生針13を、両者を定常的または間欠的に接触させる。そして、一例として、ステージ11を所定の方向に微小距離だけ移動させることにより、

その移動方向とは反対の方向(微小領域21を固定して記録再生針13を移動又は振動させた場合には、その移動方向)の力を高密度情報記録媒体10に加える(図2(b))。これにより、微小領域21内の膜を構成する微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、それにより"0"、"1"等の情報を記録することができる。

[0057] (1-1-3)高密度メモリ装置の動作(再生時)

微小領域21に記載された情報は、以下に示す方法を用いて再生することができる。記録時と同様の機構を用いて、記録再生針13を微小領域21の直上に配置する。次に、ステージ12をz軸方向に移動させ、高密度情報記録媒体10と記録再生針13を接触させる。次いで、例えば、振動機構22を用いて、記録再生針13を記録媒体表面に平行な特定の方向に振動させる。この時に記録再生針13が記録媒体表面から受ける力の大きさを板バネ14の捩れの大きさとして検出部16を用いて検出する。上記の例では、振動機構22を用いて記録再生針13を振動させたが、微動装置12bを用いて記録媒体を振動させた状態で板バネ14の捩れの振幅および位相として検出してもよい。上記に於いて「特定」と記した振動方向は任意の方向に設定することができる。また、一つの微小領域に対して異なる方向に振動させたデータを用いて、より精度の高い情報再生を行うことが可能になる。

[0058] 更に、微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を検出する他の手法として以下の方法も有効である。振動機構23を用いて記録再生針13をz軸方向に振動させながらステージ11を用いて記録媒体表面に近づけ、記録再生針13が間欠的に記録媒体表面に接触するように位置決めする。この状態において、振動機構22または微動装置12bを用いて記録再生針13を記録媒体表面に平行な特定方向に捩れ振動させ、記録再生針13が記録媒体表面から受ける力の大きさを板バネ14の捩れの大きさおよび位相の信号として検出部16を用いて検出することもできる。

[0059] 更に、微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を検出する他の手法として以下の方法も有効である。ステージ11をz軸方向に移動させ、高密度情報記録媒体10と記録再生針13を接触させる。次いで記録再生針13を板バネ14の長軸に垂直方向に微小距離移動させることにより板バネが捩れ方向の力を受ける。この捩れ信号の振幅の情報を検出部16で検出することにより情報の再生を行うことができる。

- [0060] 微粒子又は微結晶又は分子の配向方向が膜面に垂直であるか水平であるかの違いにより情報記録がなされている場合には、以下に示す方法を用いて配向情報を再生できる。まず、前記の例と同様の機構を用いて記録再生針13を微小領域21の直上に配置する。次に、ステージ11をz軸方向に移動させ、高密度情報記録媒体10と記録再生針13を接触させる。この状態に於いて、ステージ12を用いて記録媒体をz軸方向に振動させる。記録媒体内を伝播した後、記録再生針13に伝わった振動の振幅および位相情報を検出部16を用いて検出する。これにより、微粒子又は微結晶又は分子の配向方向が膜面に垂直であるか水平であるかを再生することができる。
- [0061] また、振動機構23を用いて記録再生針13をz軸方向に振動させながらステージ移動装置12を用いて記録媒体表面に近づけ、記録再生針13が間欠的に記録媒体の表面に接触するように位置決めし、この状態における板バネ14の振動の位相情報を検出部16を用いて読み取ることにより、微粒子又は微結晶又は分子の配向方向が膜面に垂直であるか水平であるかを再生することもできる。
- [0062] 微小領域21に記載された情報を消去するには、記録した微小領域のすべてを記録再生針13で同じ方向に移動させることにより、全領域を同じ状態にすればよい。また、薄膜全体を所定温度以上に加熱することにより、全領域において記録時の状態を変化させてもよい。
- [0063] なお、上記実施例では記録時・再生時共に同じ部材(記録再生針13)を用いたが、記録用の針と再生用の針を別途用意して使い分けてもよい。
- [0064] (1-2)加熱手段を有する高密度情報記録および再生装置
前記のように情報記録時に高密度情報記録媒体10を加熱する場合には、図3に示すように、図1の高密度情報記録装置に更に、板バネ14を介して記録再生針13を加熱するための加熱手段(ヒータ)18と、記録再生針13の温度を測定する温度計19を設ける。制御部17は温度計19の測定結果をフィードバックしつつ、記録再生針13が記録及び／又は消去に適した温度になるようにヒータ18の出力を制御する。その他の構成及び動作は、図1の高密度情報記録装置と同様である。
- [0065] 加熱手段には、本実施例のヒータ18の代わりに、記録領域にレーザ光を照射するレーザ光源を用いてもよい。また、ヒータ18やレーザ光源のように記録領域を局所的

に加熱する加熱手段の代わりに、高密度情報記録媒体10の全体を加熱するものを用いてもよい。この場合には、加熱温度を、記録再生針13により力を加えられた部分のみがその力により容易に配向方向を制御でき、それ以外の部分はその温度のみによつては配向が変化しないような値に設定しておく。

[0066] (1-3)電界印加手段を有する高密度情報記録および再生装置

高密度情報記録媒体10の膜を構成する微粒子又は微結晶及び／又は分子の制御に加えて、強誘電体の膜から成る高密度情報記録媒体10を用いて情報の記録を電界の印加により行う場合には、図4に示すように、図1の高密度情報記録装置に更に電界印加手段31を設ける。電界印加手段31は記録再生針13－ステージ11間に、情報の記録時にはその値に応じた正又は負の直流電圧を、再生時には交流電圧を印加するものである。

[0067] この高密度情報記録装置の動作を説明する。上記と同様に、ステージ移動装置12により記録再生針13を微小領域21に接触させる。そして、電界印加手段31と導電性を有する記録再生針13を用いて、例えば、記録再生針13－ステージ11間に正又は負の直流電圧を印加しながら、ステージ11を所定の方向に移動する(図5)ことにより、ステージ11の移動方向とは逆の方向(微小領域21を固定して記録再生針13を移動する場合には、その移動方向)の力学的な力と、直流電界による力を高密度情報記録媒体10に加える。これにより、微小領域21の内部は、記録再生針13の移動方向に応じて微粒子又は微結晶または分子が変化するとともに、印加した直流電界によって誘起される分極が生成され、それぞれに起因する情報が独立に記録される。

[0068] また、この高密度情報記録装置では、高密度情報記録媒体10に力学的な力を印加することなく(すなわち、記録の時点では本発明を利用することなく)、単に電界を印加することにより情報を記録することもできる。この場合、記録再生針13を高密度情報記録媒体10の領域(記録領域)に接触又は近接させた後、ステージ11を移動することなく、ステージ11と記録再生針13との間に正又は負の直流電圧を印加する。正の直流電圧を印加した場合には記録領域内に下向きの分極P1が(図6(a))、負の直流電圧を印加した場合には上向きの分極P2が(図6(b))、それぞれ形成され、2

値情報が分極の向きにより記録される。また、これとは独立に、(1-1)又は(1-2)で述べた方法で力学的な力を印加して、薄膜を構成する微粒子又は微結晶及び／又は分子を制御することにより情報を記録することもできる。すなわち、本発明に係る高密度情報記録装置では、本発明に係る力学的な力による情報の記録と、従来からの方法による電界を用いた情報の記録を同じ高密度情報記録媒体10に対して独立に行うことができる。

[0069] 情報の再生は、分極の方向を検出することにより行うことができる。図7(a)～図7(d)に示すように、導電性を有する記録再生針13を高密度情報記録媒体10の記録領域に定常的または間欠的に接触させ、記録再生針13—ステージ11間に交流電圧を印加する。分極された領域では、交流電圧を印加することにより、膜厚方向の圧電性に起因して膜厚が伸縮振動する。この振動は導電性を有する記録再生針13のz方向の振動として検出することができる。この圧電振動の周波数は印加電圧の周波数と同じである。この両者の位相を測定することで膜の分極方向を検出することが出来る。

[0070] 情報の消去は、記録再生針13を用いた、上記の記録方法により、情報記録領域全体を同一の方向に分極することによって行うことが出来る。また、記録再生針13を用いることなく、記録媒体の少なくとも情報記録領域全体に対して同一方向の電界を印加することによっても消去することが出来る。後者の具体的な方法としては、2枚の平行平板電極の間に記録媒体を配置し、電極間に一定値以上の電圧を印加することにより実現できる。

(2)本発明に係る情報記録方法、消去方法および高密度メモリ(記録媒体)の実施例次に、本発明に係る高密度メモリとして使用可能な膜の実施例として、ポリフッ化ビニリデンとポリ三フッ化エチレンの共重合体(P(VDF-TrFE))膜、ポリエチレン膜及びポリブテン膜について説明する。

[0071] (2-1)分子配向制御による情報記録(P(VDF-TrFE)膜を記録媒体とする)

P(VDF-TrFE)をメチルエチルケトン(MEK)に溶解させた溶液をグラファイト基板上にスピコートした後、140°Cで加熱処理した。これにより、図8(a)AFM像及び図8(b)斜視図に示すように、c軸(分子鎖軸)が膜面内に等方的に配列したラメラ型の微結

晶からなる膜厚約100nmのP(VDF-TrFE)膜41が得られた。グラファイト基板の代わりにガラス基板、更にはアルミニウム、金、白金などの金属基板を用いても、140°Cで結晶化させる限りに於いては図8(a), 図8(b)に示すものと同様の微結晶を有する膜厚約150 nmの薄膜が得られた。一方、ガラス基板、および金属基板上に形成した膜を融点(147°C)よりも十分高い温度(160°C)に加熱すると、図9(a)AFM像及び図9(b)斜視図に示すように、ラメラ型微結晶のc軸が膜面に垂直に配列した膜厚約150nmのP(VDF-TrFE)膜42が得られた。

[0072] 図8(a), 図8(b)および図9(a), 図9(b)に示すP(VDF-TrFE)膜を融点(147°C)よりもわずかに低い140~145°Cになるように膜を加熱しつつ、記録針を膜の表面に2nN~30 nNの針厚で接触した。この状態で膜面に平行に4マイクロメートル /秒の速度で移動させて水平方向の力を印加して分子を配向制御し、情報を記録した。情報記録後の膜表面のAFM像(温度30°Cで撮影)を図10(a), 図10(b)に示す。ここで、記録針の移動は図中の微小領域51内において行った。また、記録時に加えた力の方向を図中に矢印で示した。図10(a)P(VDF-TrFE)膜41及び図10(b)P(VDF-TrFE)膜42のいずれも、微小領域51内の微結晶はc軸(分子鎖軸)が記録針の移動方向に配列している。一方、記録針の移動を行わなかった領域52では微結晶は配列しなかった。このように、記録針の移動により微小領域毎に微結晶の配列を制御することができ、これにより微小領域毎に情報を記録することができた。

[0073] (2-2)記録情報の消去(P(VDF-TrFE)膜を記録媒体とする)

グラファイト基板上に実施例(2-1)と同様の方法で製膜し、その後、142°Cに加熱した状態で実施例(2-1)と同様の方法を用いて分子配向を行い、情報を記録した。図11(a)に、情報記録後、30°Cで観察した膜表面のAFM像を示す。点線で囲まれた部分が、記録針を用いて矢印方向に力を加えて分子の配向を制御し、情報記録を行った領域51である。この試料を142°Cで1時間加熱処理した後、再び30°CでAFM観察した結果を図11(b)に示す。記録直後の分子配向状態(図11(a))と変化が無いことが分かる。更に、この試料を融点以上の148°Cで1時間加熱処理した後、再び30°CでAFM観察した結果を図11(c)に示す。配向制御されていた分子の方向が乱れ、微結晶がばらばらの方向を向いていることがわかる。以上のように、微結晶を配列させた領

域を、P(VDF-TrFE)膜の融点である147°C以上に温度を上げた後に冷却することにより微結晶が配列していない元の状態に戻すことができた。即ちグラファイト基板上的P(VDF-TrFE)膜は、この加熱により、c軸が膜面に平行で面内にはばらばらの方向を向き、微小領域に書き込んだ情報を消去することができた。ガラス基板上的P(VDF-TrFE)膜は、前述のように、記録針の移動により微結晶はc軸が記録針の移動方向(膜面に平行な方向)に配列して情報が記録され、融点(147°C)よりも十分高い温度(160°C)に加熱することにより、c軸が膜面に垂直に配列して情報が消去された。また、P(VDF-TrFE)膜全体を融点以上の温度にすることにより、記録された全ての情報を1度に消去することができた。

- [0074] (2-3)配向情報に分極情報を重畳した情報記録(P(VDF-TrFE)膜を記録媒体とする) P(VDF-TrFE)膜は強誘電性を有することが知られている。まず、実施例(2-1)の方法を用いてグラファイト基板の上に膜厚75nmのP(VDF-TrFE)薄膜を製膜し、142°Cに加熱した状態で上記実施例の方法を用いて分子の配向を制御することにより情報記録を行った。次に、30°Cにおいて、金属コートされ導電性を有する記録針を膜表面に接触させ、+7Vの電圧を印加しながらこの分子配向制御された領域内の、大きさ700 nm x 700 nmの領域53を走査し、分極処理を行った。更に、記録針に-7Vの電圧を印加しながら上記の分極処理された領域内の大きさ300 nm x 300nmの領域54を走査し、上記分極とは逆方向に分極処理を行った。上記の一連の操作により、分子配向による情報記録に重畳して分極による情報記録を行ったことになる。以上の処理を行った後の、30°Cにおける重畳記録された領域のAFM像を図12(a)に示す。太い矢印が配向処理時に記録針を用いて力を加えた方向である。また、分極処理を施された領域を点線で示した。この図から、分子がきれいに配向制御されていることが分かる。更に、上記領域53及び54の分極情報を圧電力顕微鏡の手法を用いて測定した結果を図12(b)に示す。+方向および-方向にきれいに分極処理されていることがわかる。更に、上記操作では、既に+方向の分極情報が記録された領域54に一方方向の分極を形成していることから、情報の書き換えが可能であることが分かる。このように、P(VDF-TrFE)膜を図4に示す高密度情報記録装置の高密度情報記録媒体10に用いることにより、膜の微結晶又は分子の配向制御による情報の記録と、電界を用

いた分極制御による情報の記録を重畳して独立に行うことができた。これにより記録密度をより高めることができた。

[0075] (2-4)ポリエチレン膜を記録媒体に用いた例

ポリエチレンをキシレンに溶解させた溶液をグラファイト基板上にスピンコートした後、165°Cで加熱処理した。これにより、c軸(分子鎖軸)が膜面に垂直に配列した膜厚200 nmのポリエチレン膜が得られた(図13(a))。このポリエチレン膜をその融点である131°Cよりもわずかに低い125°Cに加熱しつつ記録針を30 nNの針厚で膜面に接触させた。次に、10 μ m/秒の速度で膜の表面に平行に移動させ、膜面に水平方向の力を印加した。この処理を行った後の膜のAFM像を図13(b)に示す。ここで、記録針を用いて力を加えた方向を矢印で示す。記録針の移動後の膜内の微結晶はc軸がこの移動方向に向いて配列している。以上の結果から、ポリエチレン膜はP(VDF-TrFE)膜と同様に、分子配向制御により情報の記録を行えることが分かる。

[0076] (2-5)ポリブテン膜を記録媒体に用いた例

ポリブテンをキシレンに溶解させた溶液をグラファイト基板上にスピンコートした後、130°Cで加熱処理した。これにより、c軸(分子鎖軸)が膜面に平行に配列したポリブテン結晶が得られた。これらの結晶は膜面内にランダムに配向している(図14(a))。このポリブテン膜をその融点である115°Cよりもわずかに低い112°Cに加熱しつつ記録針を膜の表面に2nNの針厚で接触させ、20ナノメートル/秒の速度で膜面に平行に移動させ、膜面に水平方向の力を印加した。この処理を行った後の膜のAFM像を図14(b)に示す。ここで、記録針を用いて力を加えた方向を矢印で示す。記録針を用いて加えた力により、膜内の微結晶はc軸がこの移動方向に向くように配列している。このことを用いて、ポリブテン膜はP(VDF-TrFE)膜やポリエチレン膜と同様に情報の記録を行うことができることが分かる。

[0077] (2-6)結晶配向制御による情報記録(P(VDF-TrFE)膜を記録媒体とする)

実施例(2-1)と同様の方法で製膜し、膜厚25 nmのP(VDF-TrFE)薄膜を得た。この膜を80°Cに加熱した状態で実施例(2-1)と同様の方法で記録針を膜表面に接触させ、移動させることにより膜面に水平な力を印加して情報記録を行った。その結果を図15(a)に、30°Cで観察したAFM像で示す。記録針を用いて印加した力の方向を矢印

に示す。ここで、図の下半分が情報記録された領域である。この図から、実施例(2-1)のように分子鎖軸の方向に配向しているのではなく、図15(b)に示すように微結晶が回転して微結晶の長軸が針の移動方向にきれいに配向していることが分かる。以上のように、温度、材料、記録針が印加する力の大きさなどの条件を適切に選択することにより、本発明の方法を用いて、分子だけではなく微結晶の配向方向を制御して情報記録を行うことが可能である。

[0078] (3)本発明に係る情報再生の方法の実施例

(3-1)情報再生の実施例1

実施例(2-1)と同様の方法を用いてグラファイト基板の上にP(VDF-TrFE)を作製した後分子を配向制御した情報記録媒体(図16(a))について、記録された情報を再生する例を示す。ここで、図16(a)の下半分が上記の配向制御、即ち情報が記録された領域である。上記の領域に記録再生針13を接触させた後、図1に示す微動装置12bを用いて記録媒体をy軸方向に10kHzの周波数で振動させた。この状態において記録再生針13に伝わるy軸方向の振動(ここで板バネ14の短軸はy軸方向に設置してある)の振幅を検出部16およびロックインアンプを用いて検出した。各点における上記データを画像化したものを図16(b)に示す。この図において情報が記録された領域(図の下半分)では検出された振幅出力が小さい(画像が暗い)ことが分かる。情報が記録された領域では分子鎖がy軸方向に配向(微結晶の長軸がx軸方向に配向)されていることから、分子鎖方向の摩擦力が分子鎖に垂直方向の摩擦力に比べて小さいために、記録媒体のy軸方向の振動に対して、膜面に接触している記録再生針13に伝わる振動の振幅出力は小さくなる。それに対して、情報記録がなされていない領域(図の上半分)では各々の微結晶がランダムな方向を向いていることから、これらの微結晶のうち分子鎖がx軸方向(微結晶の長軸がy軸方向)を向いている微結晶は振幅出力が大きく、図16(b)では明るく表示されている。このように振幅出力の違いにより配向の有無を検出し、それにより薄膜に記録された情報を読み出すことができる。

[0079] この方法は、配向の有無により情報が記録されている薄膜以外のものにも用いることができる。例えば、微結晶の長軸方向がそれぞれy軸に平行(0° 方向)、y軸から45° 回転した方向(45° 方向)、x軸方向(90° 方向)に配列した3種の情報が薄膜に記

録された場合、上記再生方法により得られる振幅出力は配向が 0° 方向の時に最小値(画像が最も暗い)、 90° 方向の時に最大値(画像が最も明るい)、 45° 方向の時にその中間値となる。これにより、1つの領域に3値以上の情報を記録し読み出すことができ、記録密度を更に高めることができる。

[0080] この方法は、上記のグラファイト基板上に作製したP(VDF-TrFE)に限らず、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたP(VDF-TrFE)膜や、ポリエチレン膜、ポリブテン膜等の他の材料から成る薄膜に対しても適用することができる。

[0081] (3-2) 情報再生の実施例2

実施例(2-4)と同様の方法を用いてグラファイト基板上に膜厚300 nmのポリエチレン膜を作製した後に分子を配向制御した情報記録媒体について、記録された情報を再生する例を示す。情報が記録された領域に記録再生針13を接触させた後、図1に示す振動機構22を用いて記録再生針13をy軸方向に30 kHzの周波数で振動させる。この状態において記録再生針13のy軸方向振動の振幅および位相を検出部16およびロックインアンプを用いて検出する。各点における上記データを画像化することにより、実施例(3-1)と同様、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0082] (3-3) 情報再生の実施例3

実施例(3-2)と同様の方法を用いて情報記録を行ったポリエチレン膜について、記録された情報を再生する例を示す。まず、記録再生針13を、振動機構23を用いて10kHzでz軸方向に振動させながら、ステージ移動機構12を用いて記録媒体表面に近づける。そして、記録再生針13が間欠的に記録媒体の表面に接触するように記録再生針13のz軸方向の位置を決める。次に、図1に示す振動機構22を用いて、記録再生針13をy軸方向に50kHzの周波数で振動させる。この状態において記録再生針13のy軸方向の振動の振幅および位相を検出部16およびロックインアンプを用いて検出する。各点における上記データを画像化することにより、実施例(3-2)と同様、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金

属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0083] (3-4) 情報再生の実施例4

実施例(2-5)と同様の方法を用いてグラファイト基板上にポリブテン膜を作製した後に分子を配向制御した情報記録媒体について、記録された情報を再生する例を示す。情報が記録された領域に記録再生針13を接触させた後、記録再生針13を、ステージ移動機構12を用いてこれを支える板バネ14の長軸に垂直な方向であるy軸方向に微小距離だけ移動させる。これにより、記録再生針13は膜表面にその移動方向の力を加えることになる。この時の板バネ14のy軸方向の捩れ変形の大きさを検出部16で検出する。分子がy軸方向に配向した領域よりもx軸方向に配向した領域の方が板バネの変形が大きくなることから分子の配向方向を読み出すことができる。各点における上記データを画像化することにより、実施例(3-2)と同様、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0084] (3-5) 情報再生の実施例5

実施例(2-1)と同様の方法を用いてガラス基板上にP(VDF-TrFE)を作製した後に、160°Cに加熱して、図9(a)に示すように分子鎖を基板に垂直に配向させた膜について、記録された情報を再生する例を示す。情報が記録された領域に記録再生針13を接触させた後、図1に示す微動装置12bを用いて記録媒体(P(VDF-TrFE)膜を裏面から振動数10kHzでz方向に振動させる。この振動は膜の内部で減衰又は位相遅れを生じながら記録再生針13に伝播する。記録再生針13のz軸方向の振動の振幅および位相情報を検出部16で検出し、ロックインアンプで増幅する。分子が基板に垂直に配向した領域よりも平行に配向した領域の方が膜内部における振動の減衰や位相遅れが大きいことから、これらの振動や位相から分子鎖が基板に垂直、平行のいずれの方向に配向しているかを検出することができる。各点における上記データを

画像化することにより、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0085] (3-6) 情報再生の実施例6

実施例(3-5)と同様の方法を用いて得られた分子鎖を基板に垂直に配向させたP(VDF-TrFE)膜について、記録された情報を再生する例を示す。図1に示す振動機構23を用いて記録再生針13を10kHzでz軸方向に振動させながらステージ移動機構12を用いて記録媒体表面に近づけ、記録再生針13が間欠的に記録媒体の表面に接触するように記録再生針13のz軸方向の位置を決める。この状態で、再生用部材のz軸方向の振動の振幅および位相情報を検出部16およびロックインアンプを用いて検出する。分子が基板に垂直に配向した領域よりも平行に配向した領域の方がz軸方向の弾性率が小さく膜表面におけるエネルギーの損失が大きいためz軸方向の弾性率が小さく位相遅れの大きい信号が得られることから、これらの弾性率や位相遅れから、分子鎖が基板に垂直、平行のいずれの方向に配向しているかを検出することができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0086] (3-7) 情報再生の実施例7

実施例(3-2)と同様の方法を用いて情報記録を行ったポリエチレン膜について、記録された情報を再生する例を示す。まず、記録再生針13を、振動機構23を用いて10kHzでz軸方向に振動させながら、ステージ移動機構12を用いて記録媒体表面に近づける。そして、記録再生針13が間欠的に記録媒体の表面に接触するように記録再生針13のz軸方向の位置を決める。次に、図1に示す微動装置12bを用いて記録媒体をy軸方向に10kHzの周波数で振動させた。この状態において記録再生針13のy軸方向の振動の振幅および位相を検出部16およびロックインアンプを用いて検出する。各点における上記データを画像化することにより、実施例(3-2)と同様、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基

板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0087] (3-8) 情報再生の実施例8

実施例(2-5)と同様の方法を用いてグラファイト基板上にポリブテン膜を作製した後分子を配向制御した情報記録媒体について、記録された情報を再生する例を示す。まず、記録再生針13を、振動機構23を用いて10kHzでz軸方向に振動させながら、ステージ移動機構12を用いて記録媒体表面に近づける。そして、記録再生針13が間欠的に記録媒体の表面に接触するように記録再生針13のz軸方向の位置を決める。情報が記録された領域に記録再生針13を間欠的に接触させた後、記録再生針13を、ステージ移動機構12を用いてこれを支える板バネ14の長軸に垂直な方向であるy軸方向に微小距離だけ移動させる。これにより、記録再生針13は膜表面にその移動方向の力を加えることになる。この時の板バネ14のy軸方向の捩れ変形の大きさを検出部16で検出する。分子がy軸方向に配向した領域よりもx軸方向に配向した領域の方が板バネの変形が大きくなることから分子の配向方向を読み出すことができる。各点における上記データを画像化することにより、実施例(3-2)と同様、分子の配向情報を読み取ることができる。この方法を用いることにより、ガラス基板、金属基板など他の基板上に形成されたポリエチレン膜、更にはP(VDF-TrFE)膜、ポリブテン膜においても同様の結果が得られ、分子配向制御により記録された情報を読み出すことができる。

[0088] (3-9) 情報再生の実施例9

実施例(2-1)と同様の方法を用いて、記録媒体であるグラファイト基板上に形成されたP(VDF-TrFE)薄膜内の面積100 nm x 100 nmの領域1~11において、それぞれ異なる方向に分子を配向制御して情報を記録した。次に、実施例(3-1)と同様の方法を用いて板バネ14のねじれ振幅の大きさとして情報再生を行った。結果を図17に示す。本図では、領域1~11内の分子の配向方向と板バネ14の短軸のなす角度を横軸にとり、ねじれ振幅の大きさを縦軸に表示している。また、分子と板バネのなす角度0°と90°の値を基に理論的に期待される摩擦によるねじれ振幅の大きさを実線で

示している。図17の結果から、記録媒体面内全ての方向において実施例(2-1)の方法を用いて記録された情報は実施例(3-1)の方法を用いて正確に再生できることが解かる。

[0089] なお、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

産業上の利用の可能性

[0090] 以上のように、本発明は、高密度情報記録、再生、消去方法、並びにそれに使用される媒体及び装置に関するものである。それゆえ、かかる技術を用いるエレクトロニクス産業をはじめとして、広範な産業上の利用可能性がある。

請求の範囲

- [1] 基板上に形成された薄膜の微小領域において、鋭利な先端形状を有する部材を用いて薄膜の表面に膜面に対し平行な方向の力を加えることにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録する情報記録工程と、
- 前記情報記録工程により記録された情報を再生する情報再生工程と、を含み、
- 前記情報再生工程は、
- 前記薄膜に鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に接触させ、該部材を該薄膜に対し膜表面に平行な方向に微小距離移動及び／又は振動させ、該両者の間に生じる力を検出することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を読み出す工程を含むことを特徴とする高密度情報記録再生方法。
- [2] 基板上に形成された薄膜の微小領域において、温度制御された鋭利な先端形状を有する部材を薄膜の表面に接触させ、薄膜表面の温度を制御することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録する情報記録工程と、
- 前記情報記録工程により記録された情報を再生する情報再生工程と、を含み、
- 前記情報再生工程は、
- 前記薄膜に鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に接触させ、該部材を該薄膜に対し膜表面に平行な方向に微小距離移動及び／又は振動させ、該両者の間に生じる力を検出することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を読み出す工程を含むことを特徴とする高密度情報記録再生方法。
- [3] 前記情報記録工程において、薄膜の微小領域における1つの情報記録領域に3値以上の情報を記録することを特徴とする請求項1又は2に記載の高密度情報記録再生方法。
- [4] 前記情報記録工程において、前記鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に前記薄膜の表面に接触させた状態で、膜面に対し平行な方向に微小距離移動または振動させることにより、情報を記録することを特徴とする請求項1又は3に記載の高密度情報記録再生方法。

- [5] 基板上に形成された薄膜の微小領域において、鋭利な先端形状を有する部材を用いて薄膜の表面に膜面に対し平行な方向の力を加えることにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録することを特徴とする高密度情報記録方法。
- [6] 基板上に形成された薄膜の微小領域において、温度制御された鋭利な先端形状を有する部材を薄膜の表面に接触させ、薄膜表面の温度を制御することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を変化させ、情報を記録することを特徴とする高密度情報記録方法。
- [7] 前記薄膜の微小領域における1つの情報記録領域に、3値以上の情報を記録することを特徴とする請求項5又は6に記載の高密度情報記録方法。
- [8] 前記鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に前記薄膜の表面に接触させた状態で、膜面に対し平行な方向に微小距離移動または振動させることにより、情報を記録することを特徴とする請求項5又は7に記載の高密度情報記録方法。
- [9] 前記薄膜の微小領域の温度を制御することを特徴とする請求項5, 7又は8に記載の高密度情報記録方法。
- [10] 前記薄膜の微小領域における接触圧を制御することを特徴とする請求項5～9のいずれかに記載の高密度情報記録方法。
- [11] 前記薄膜の微小領域に電界を印加して、該微小領域内の分極を変化させることにより前記情報に重畳して異なる情報を記録することを特徴とする請求項5～10のいずれかに記載の高密度情報記録方法。
- [12] 前記薄膜の微小領域に磁界を印加して、該微小領域内の磁化を変化させることにより前記情報に重畳して異なる情報を記録することを特徴とする請求項5～11のいずれかに記載の高密度情報記録方法。
- [13] 少なくとも基板と前記基板上に積層された薄膜とを有する情報記録用媒体であって、
請求項5～12のいずれかに記載の高密度情報記録方法により前記薄膜に情報の記録が可能であることを特徴とする高密度情報記録媒体。
- [14] 前記薄膜が複数積層されていることを特徴とする請求項13に記載の高密度情報記

録媒体。

- [15] 請求項5～12のいずれかに記載の高密度情報記録方法により記録された情報を再生する方法であって、

前記薄膜に鋭利な先端形状を有する部材を定常的または間欠的に接触させ、該部材を該薄膜に対し膜表面に平行な方向に微小距離移動及び／又は振動させ、該両者の間に生じる力を検出することにより該微小領域内の微粒子又は微結晶又は分子の配向方向を読み出す工程を含むことを特徴とする高密度情報再生方法。

- [16] 請求項5～12のいずれかに記載の高密度情報記録方法により記録された情報を消去する方法であって、

請求項5～12記載の記録方法のうち少なくとも1つと同様の方法を用いて情報を消去することを特徴とする高密度情報消去方法。

- [17] 請求項5～12のいずれかに記載の高密度情報記録方法により記録された情報を消去する方法であって、少なくとも前記薄膜の情報記録領域の温度を制御することにより、情報を一括消去することを特徴とする高密度情報消去方法。

- [18] 請求項1～4のいずれかに記載の高密度情報記録再生方法及び／又は請求項5～12のいずれかに記載の高密度情報記録方法及び／又は請求項15に記載の高密度情報再生方法及び／又は請求項16又は17に記載の高密度情報消去方法を実行するための装置であって、

鋭利な先端形状を有する部材と、

前記薄膜と前記部材をx、y、z方向に相対的に移動させる移動機構と、
を備えることを特徴とする高密度メモリ装置。

- [19] 薄膜と前記部材との接触圧を制御する接触圧制御手段を備えることを特徴とする請求項18に記載の高密度メモリ装置。

- [20] 前記部材およびまたは前記薄膜を所定の振動周波数で振動させる振動制御手段を備えることを特徴とする請求項18又は19に記載の高密度メモリ装置。

- [21] 前記薄膜およびまたは前記部材を所定の温度にする温度制御手段を備えることを特徴とする請求項18～20のいずれかに記載の高密度メモリ装置。

- [22] 前記薄膜に対して電界を印加する電界印加手段を備えることを特徴とする請求項1

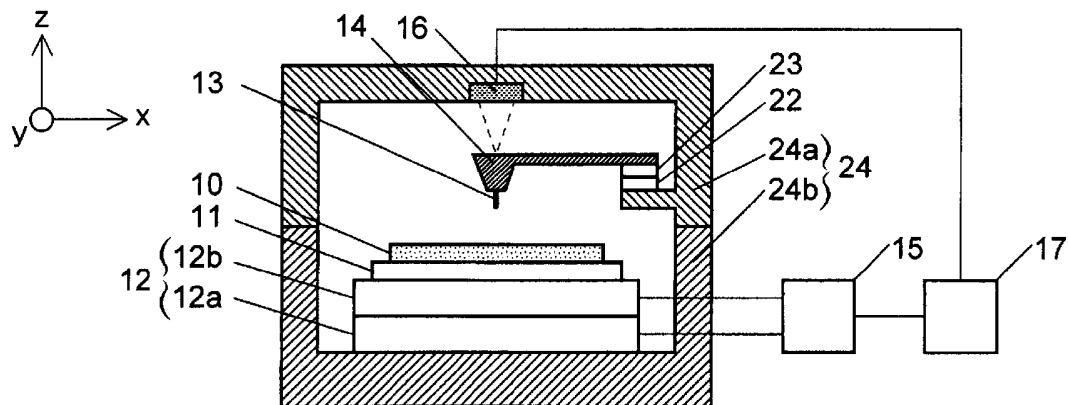
8～21のいずれかに記載の高密度メモリ装置。

[23] 前記薄膜に対して磁界を印加する磁界印加手段を備えることを特徴とする請求項1

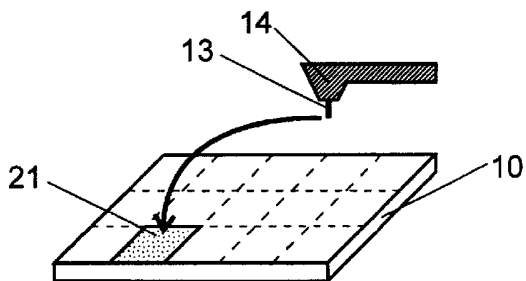
8～22のいずれかに記載の高密度メモリ装置。

[24] 前記薄膜に対して超音波振動を印加する手段を備える請求項18～23のいずれかに記載の高密度メモリ装置。

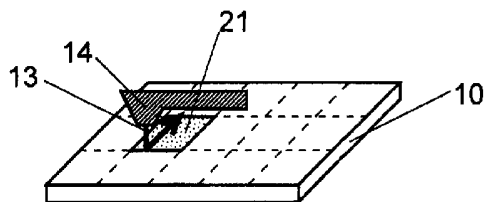
[図1]



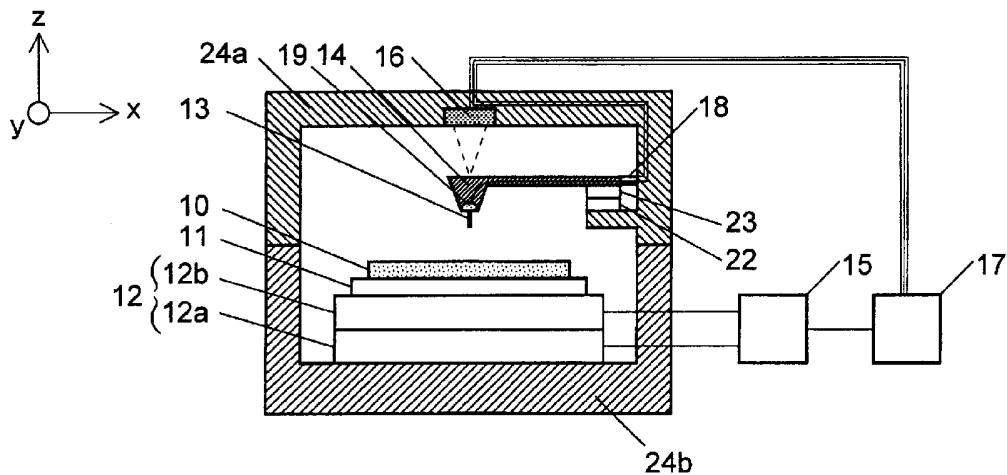
[図2(a)]



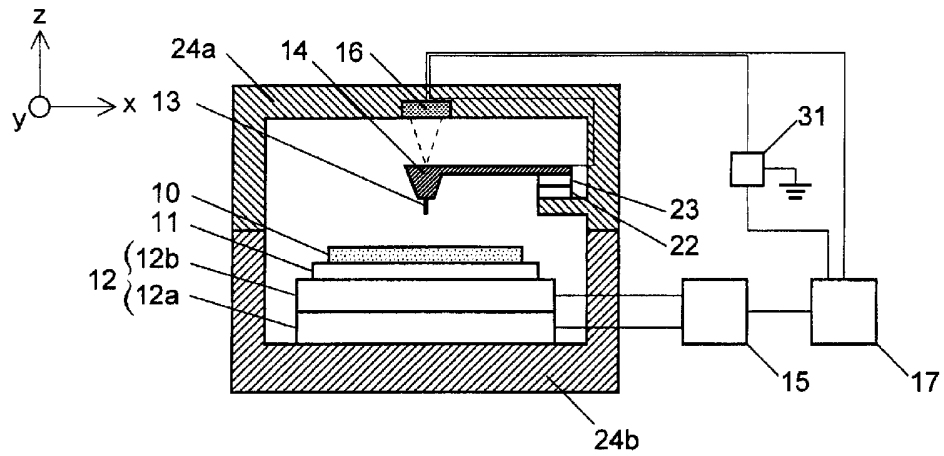
[図2(b)]



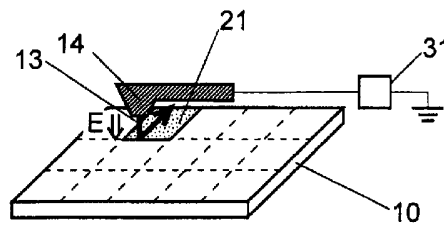
[図3]



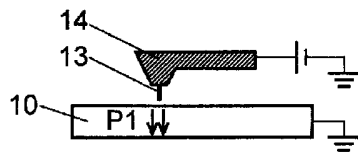
[図4]



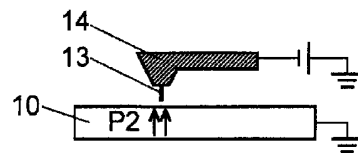
[図5]



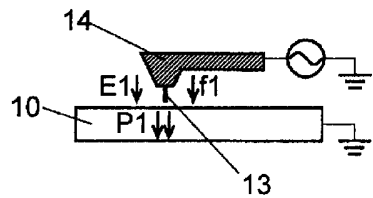
[図6(a)]



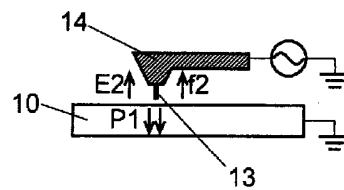
[図6(b)]



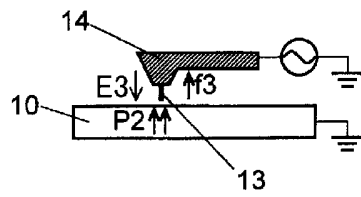
[図7(a)]



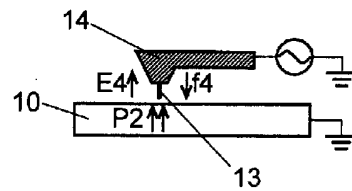
[図7(b)]



[図7(c)]

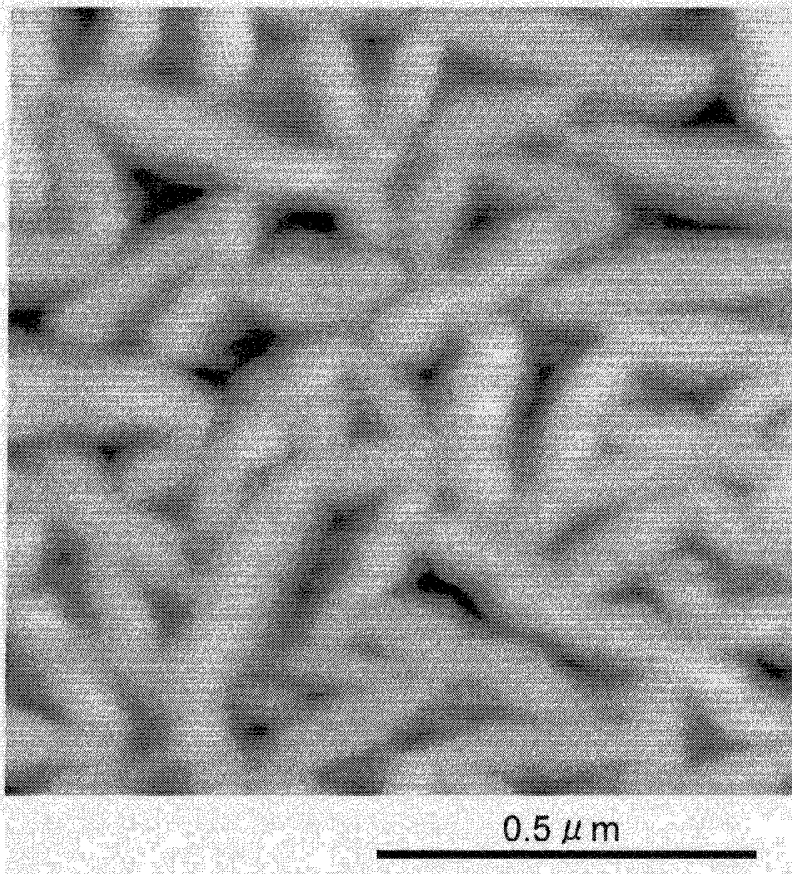


[図7(d)]

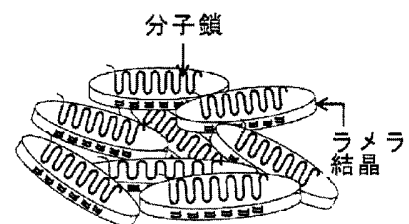


[図8(a)]

P(VDF-TrFE)膜 4:1

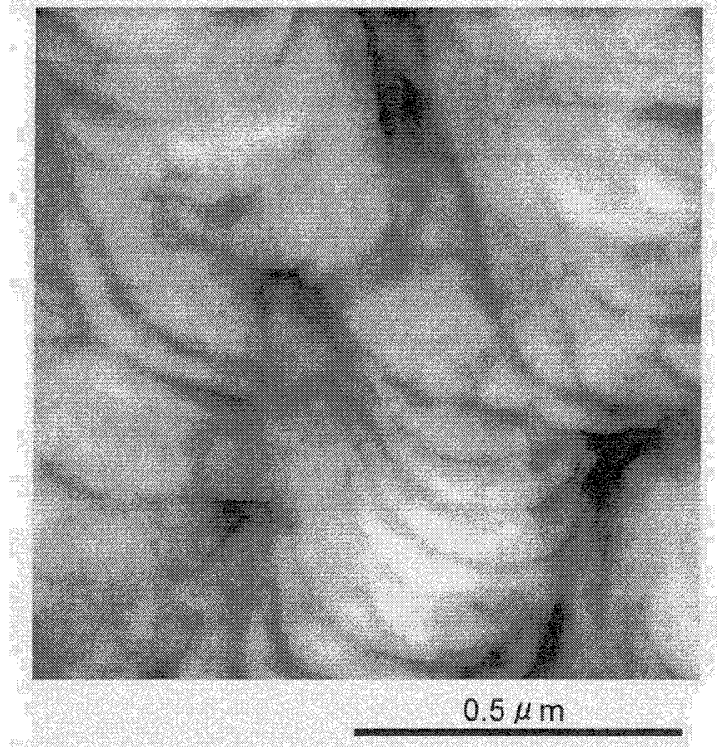


[図8(b)]

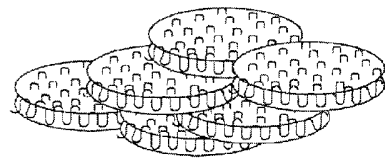


[図9(a)]

P(VDF-TrFE)膜 4 2

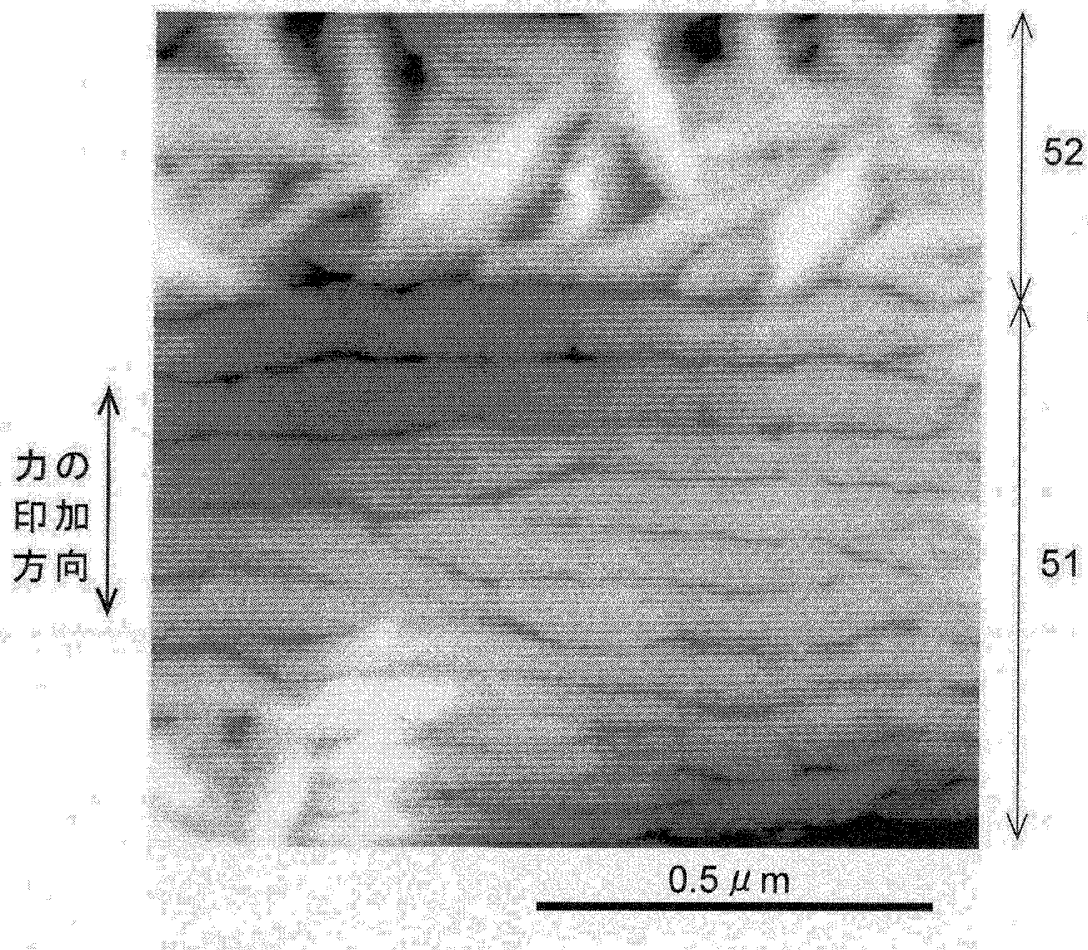


[図9(b)]



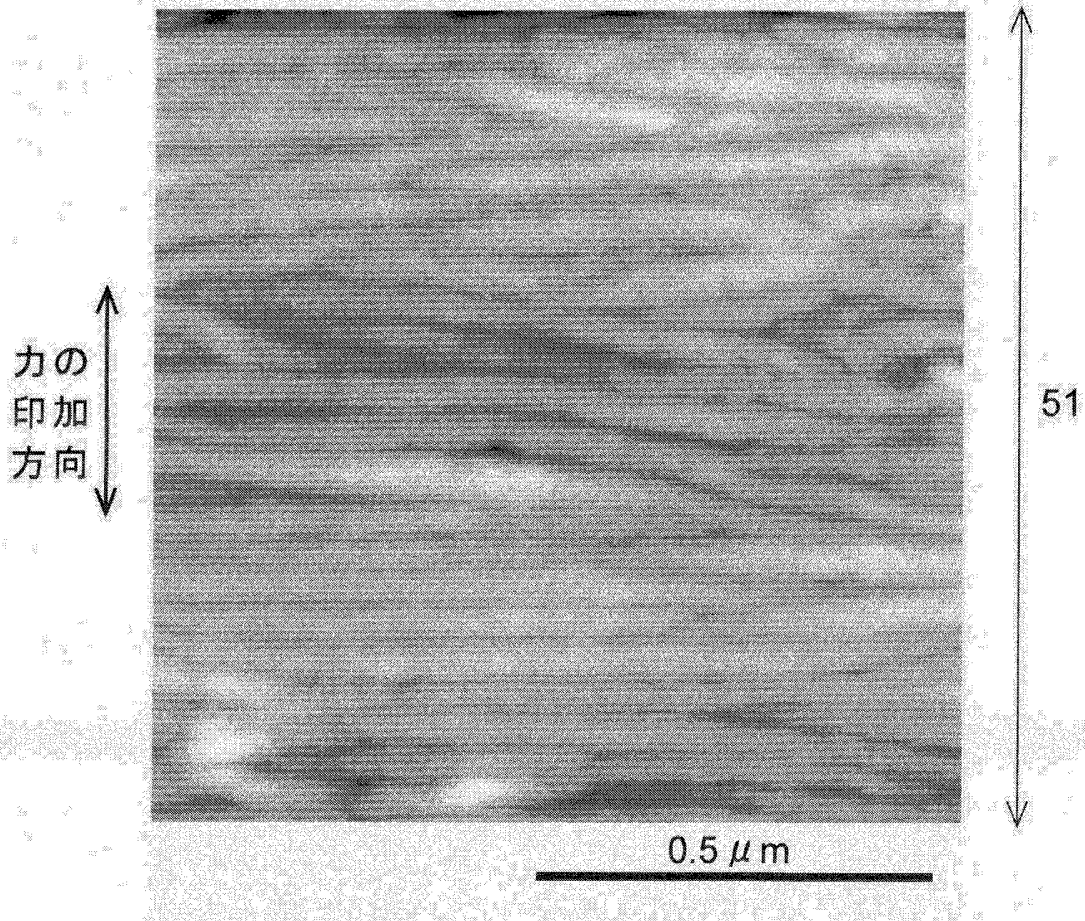
[図10(a)]

P (VDF-TrFE) 膜 4 1 に情報を記録した後のAFM像

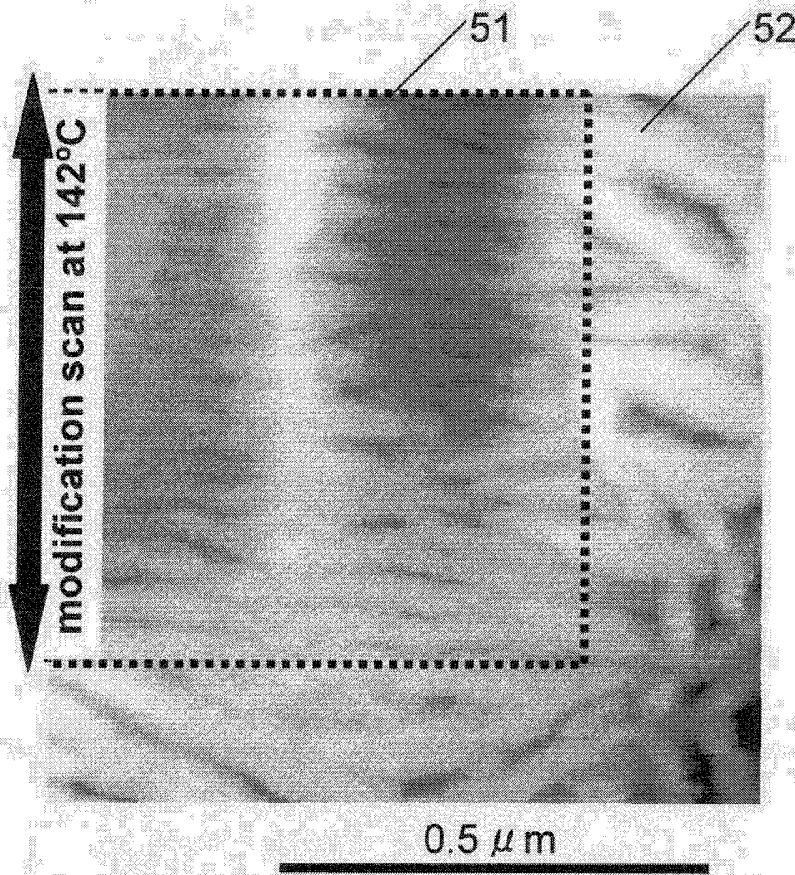


[図10(b)]

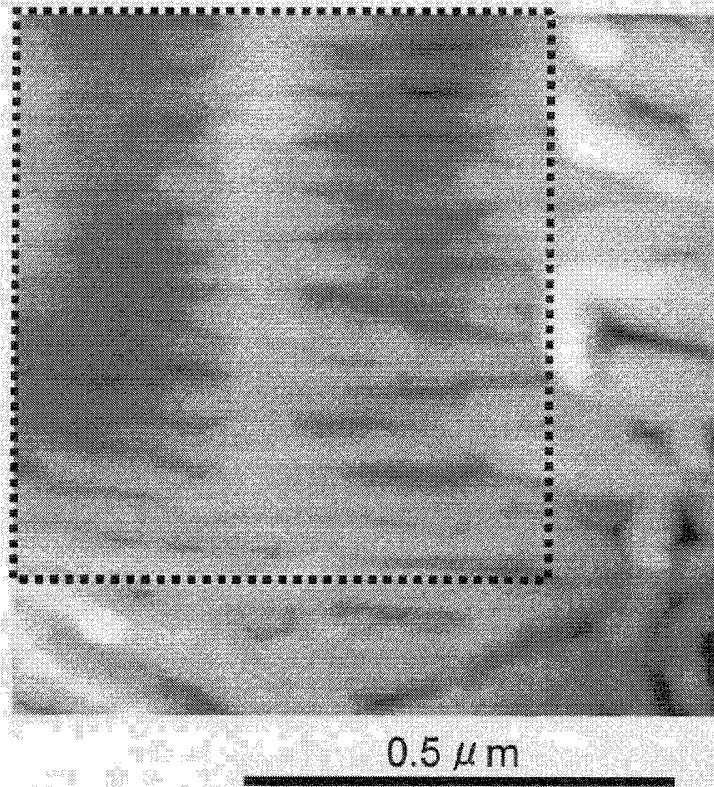
P(VDF-TrFE)膜42に情報を記録した後のAFM像



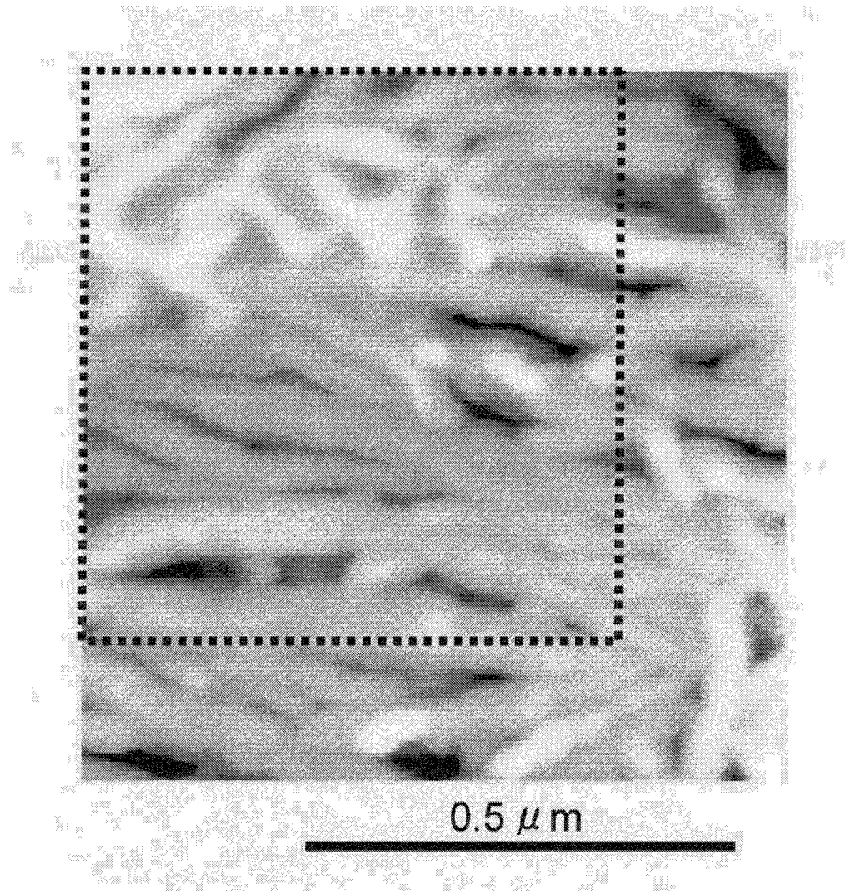
[図11(a)]



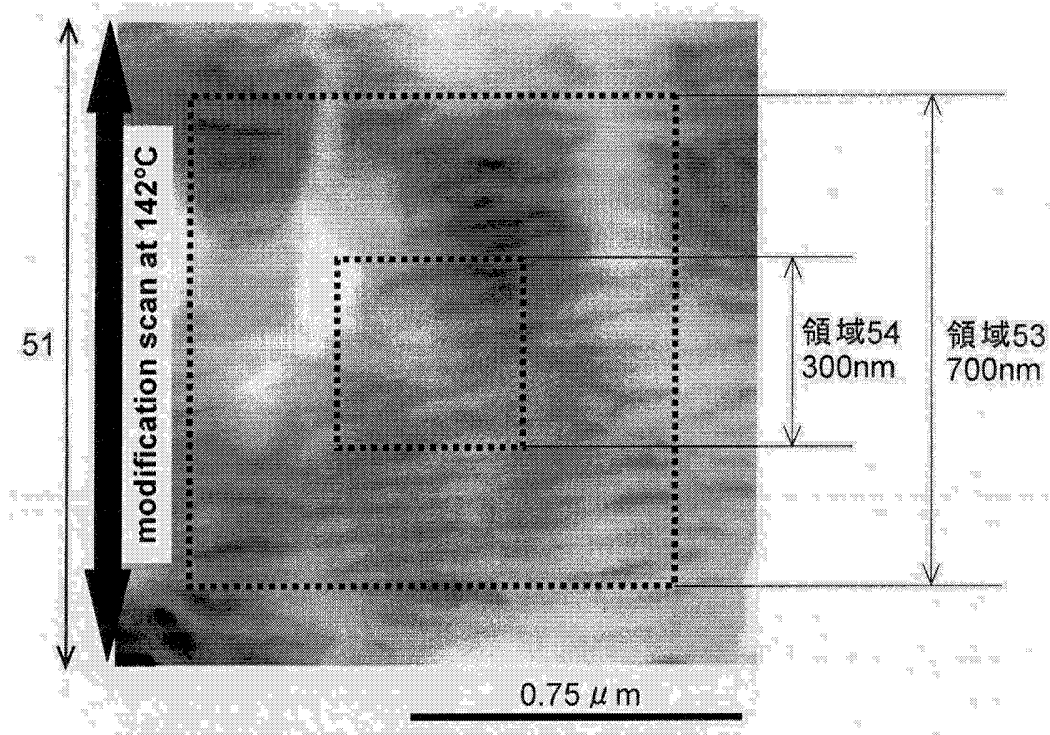
[図11(b)]



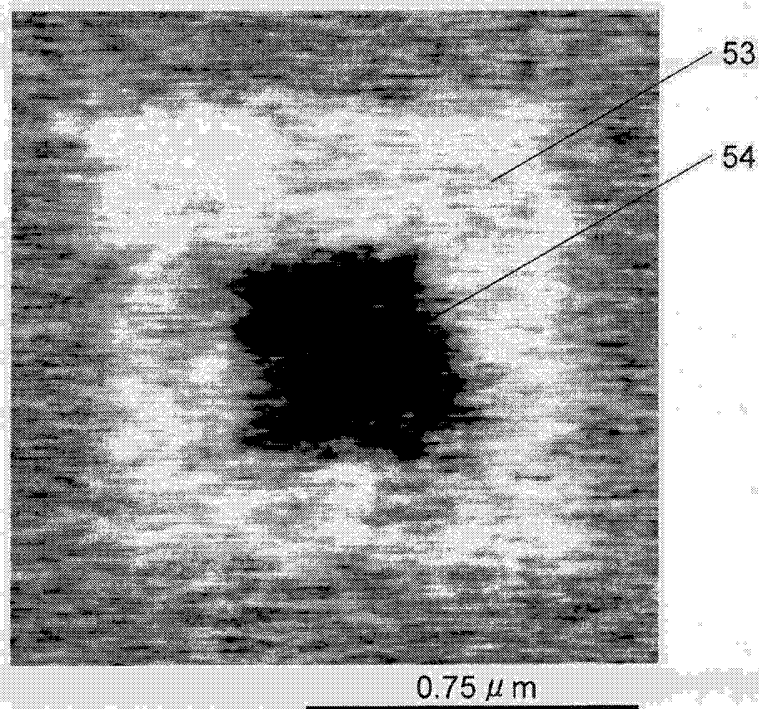
[図11(c)]



[図12(a)]

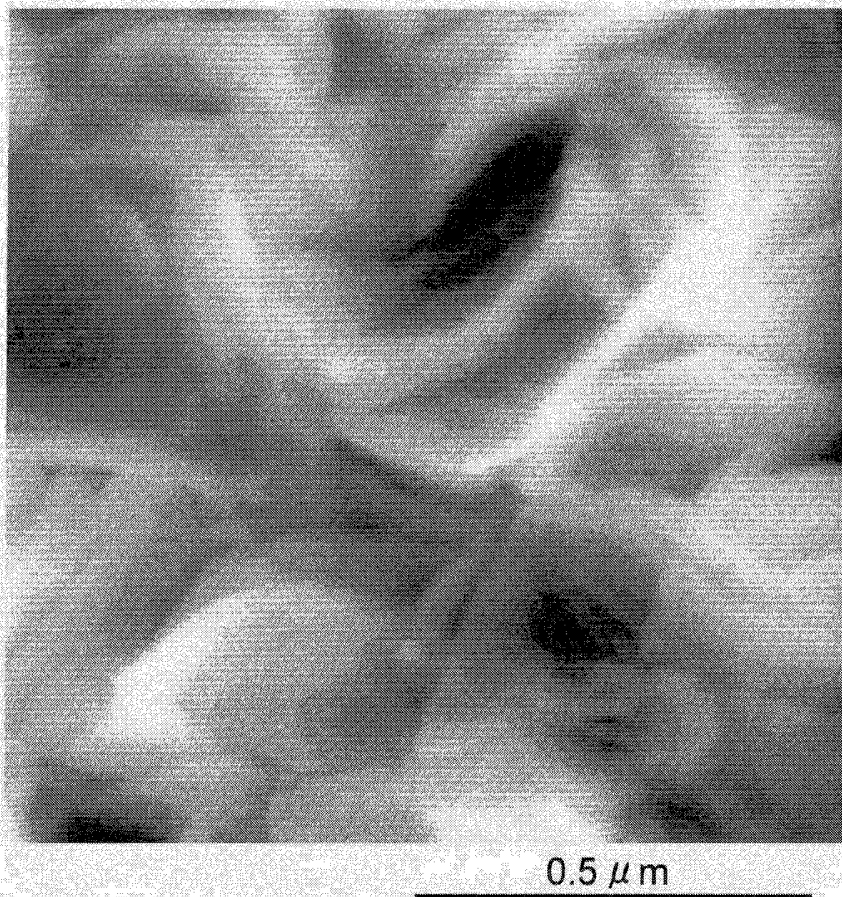


[図12(b)]



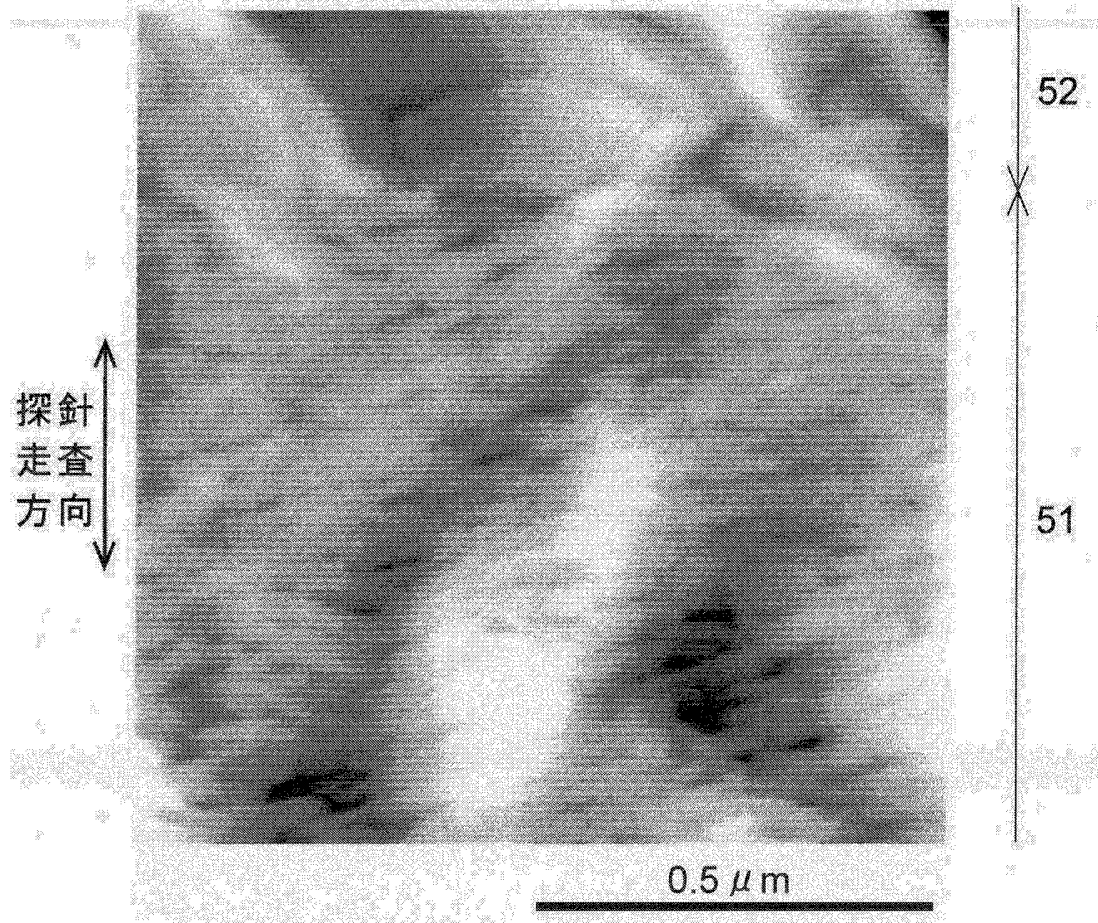
[図13(a)]

ポリエチレン膜, 情報記録前



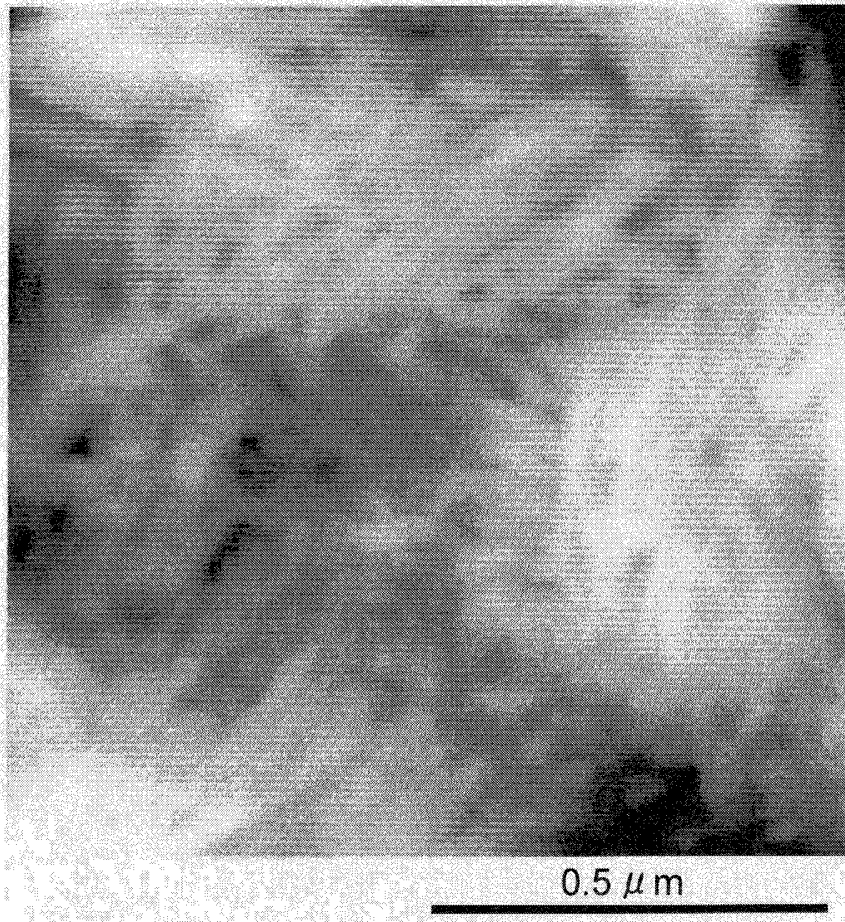
[図13(b)]

ポリエチレン膜、情報記録後



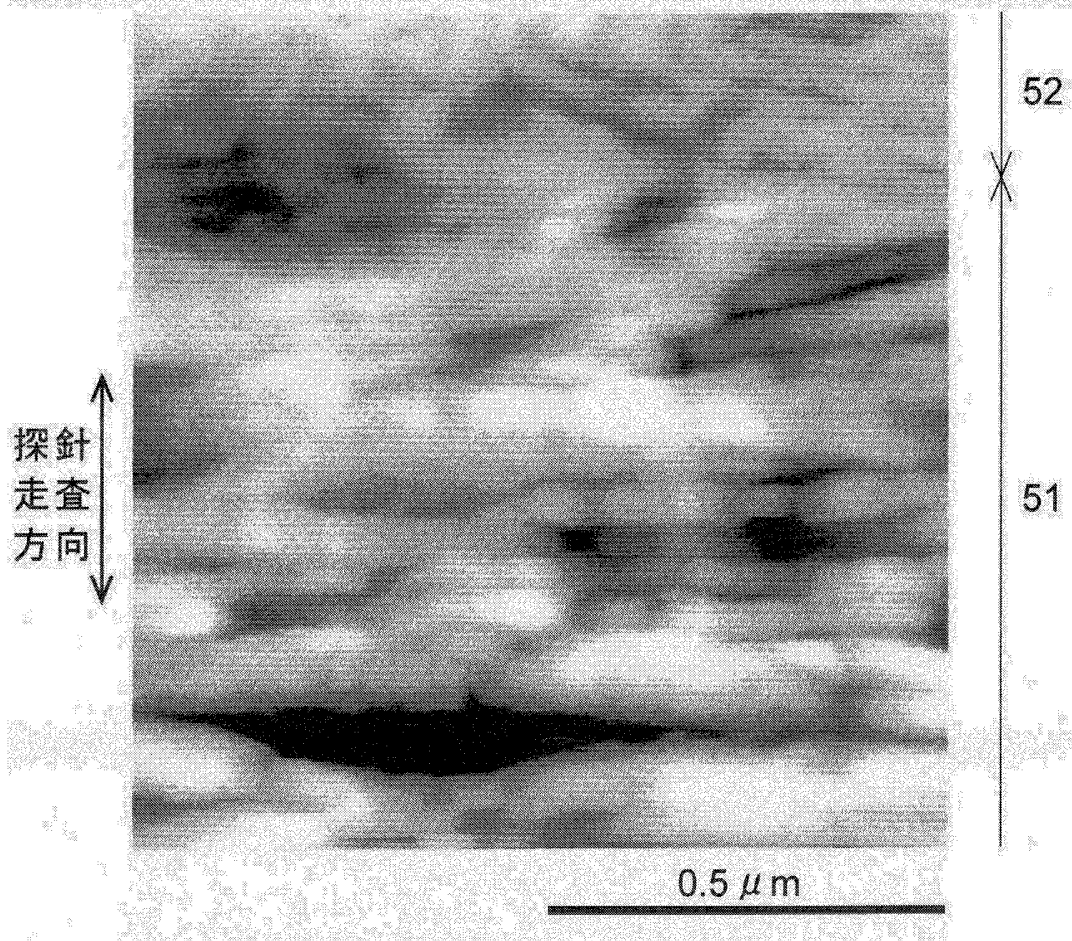
[図14(a)]

ポリブテン膜, 情報記録前

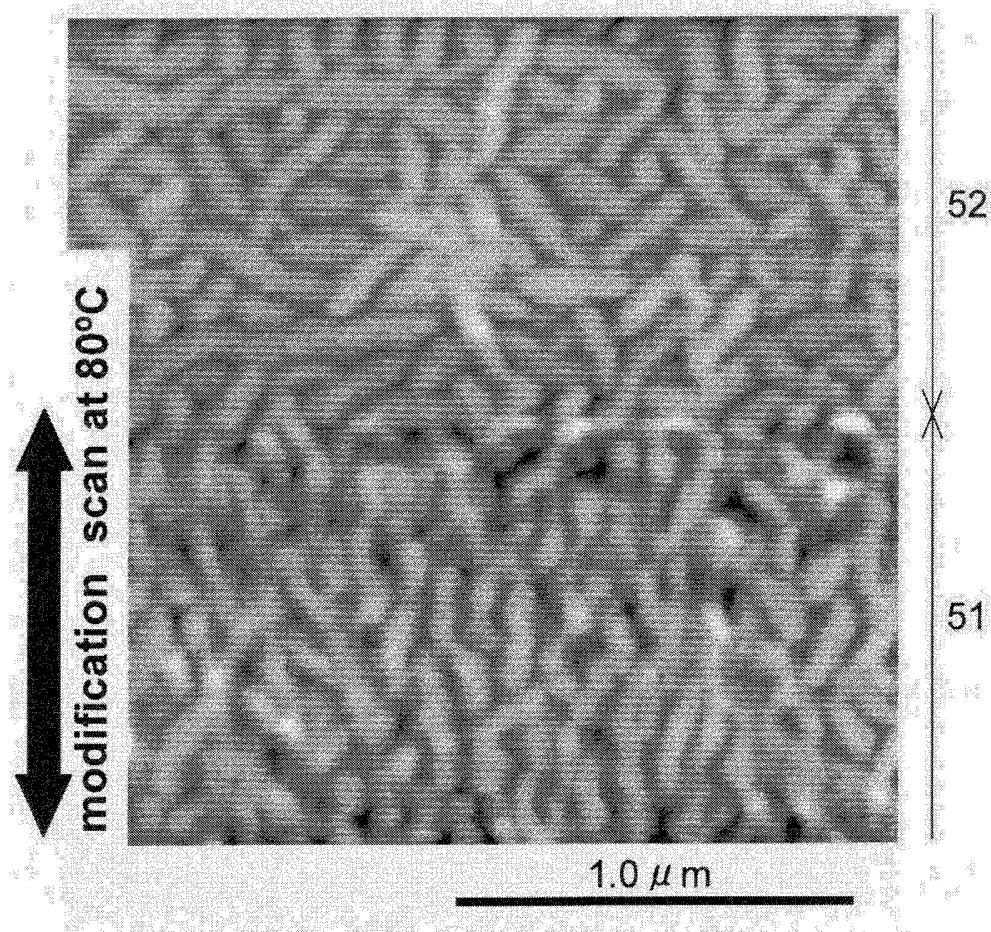


[図14(b)]

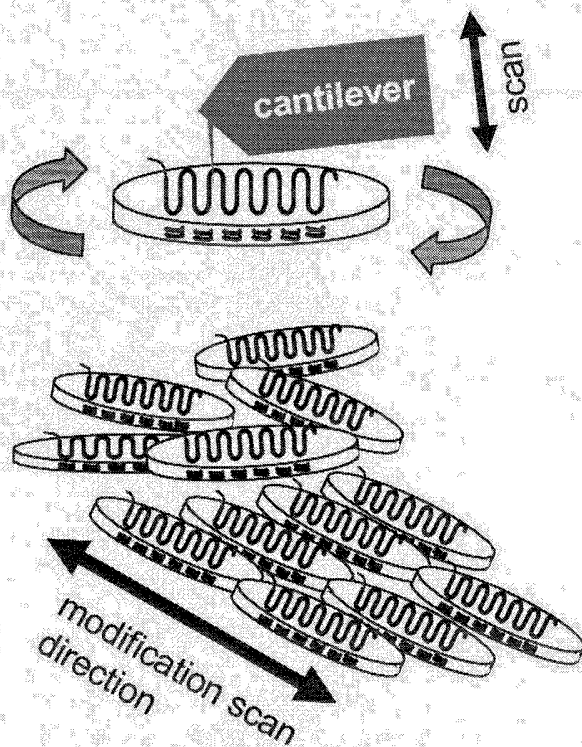
ポリブテン膜, 情報記録後



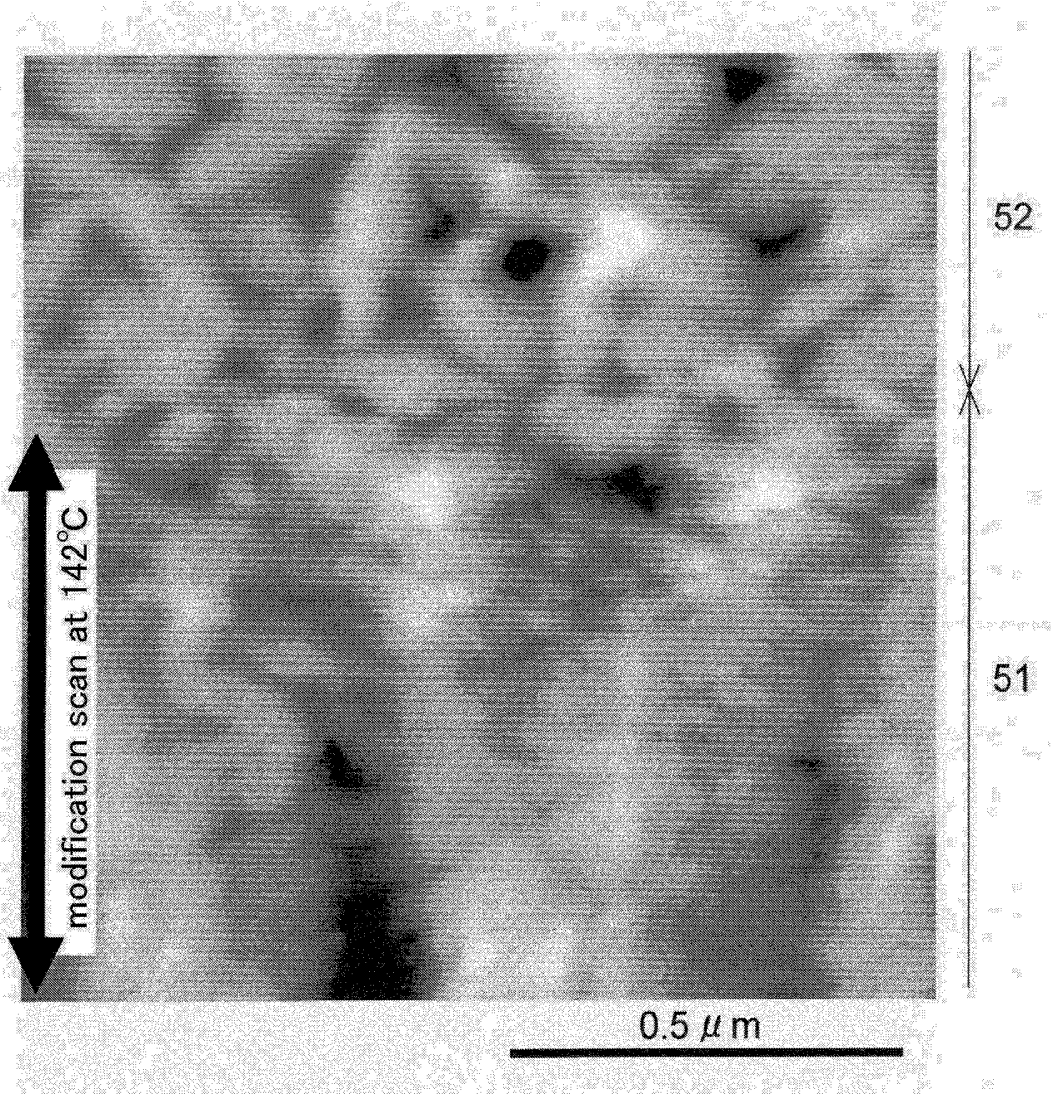
[図15(a)]



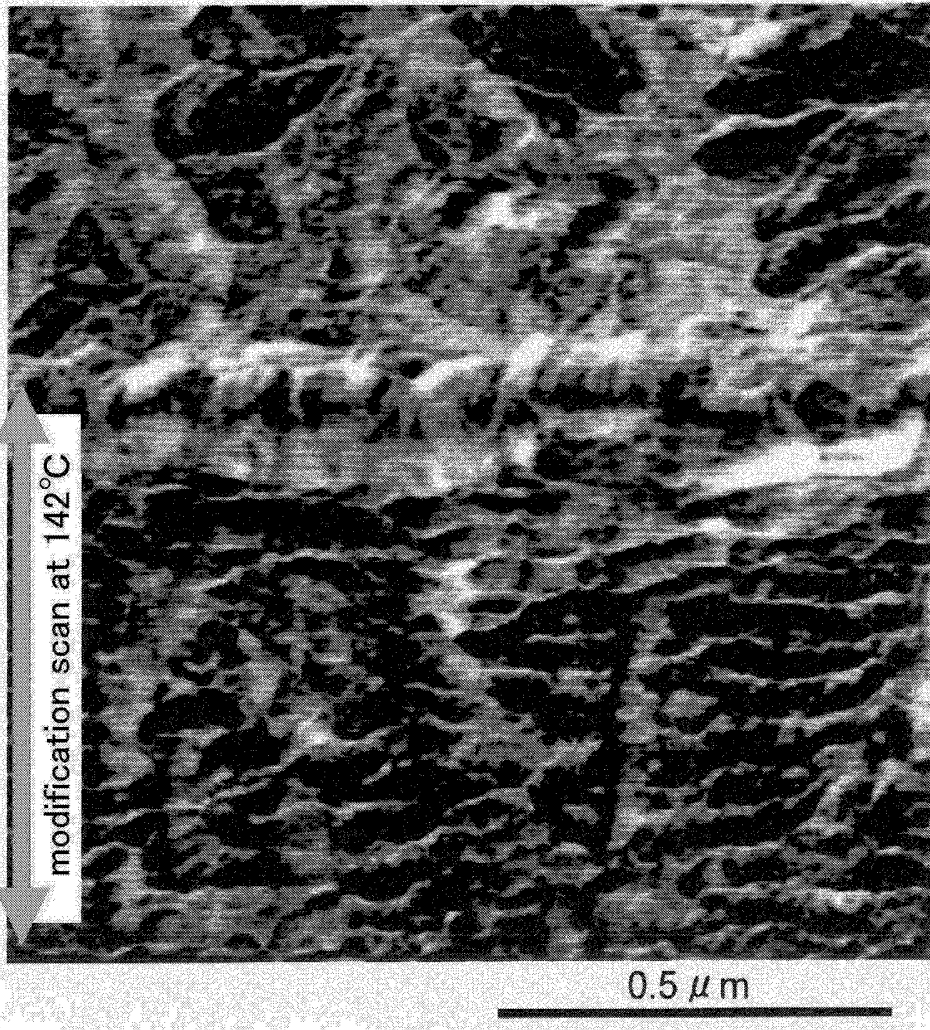
[図15(b)]



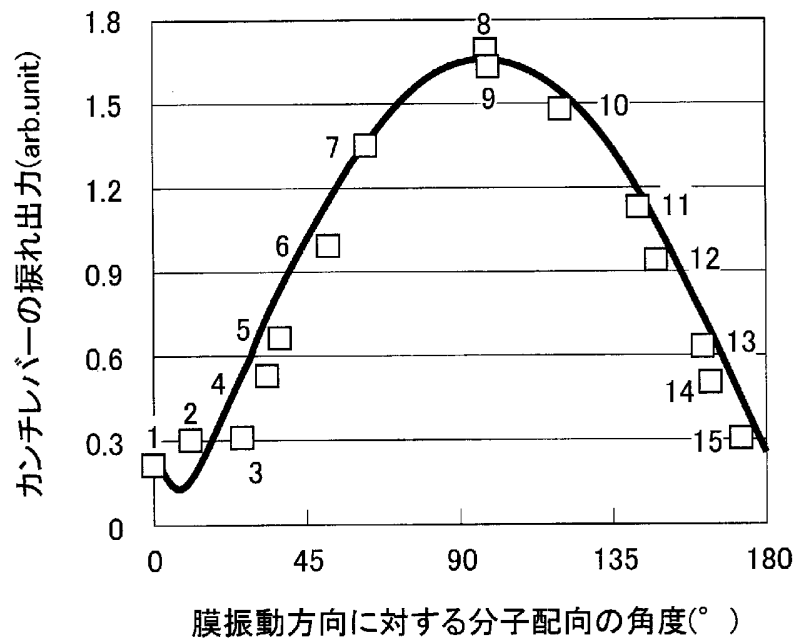
[図16(a)]



[図16(b)]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023687

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G11B9/14 (2006.01)		
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) G11B9/00 (2006.01) - G11B9/14 (2006.01)		
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 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2004/026459 A1 (Kyoto Instruments Co., Ltd.), 01 April, 2004 (01.04.04), Abstracts; page 4, lines 4 to 6, 8, 9; page 5, lines 9 to 16, 19; page 5, line 27 to page 6, line 4; page 6, lines 11 to 18; page 8, lines 10, 11; page 9, line 28 to page 10, line 9; page 12, line 22 to page 13, line 2 & EP 1550504 A1	1-24 1-24
Y	JP 6-259820 A (Canon Inc.), 16 September, 1994 (16.09.04), Par. Nos. [0002], [0003] (Family: none)	1-24
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 05 April, 2006 (05.04.06)		Date of mailing of the international search report 11 April, 2006 (11.04.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023687

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 61-092454 A (Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd.), 10 May, 1986 (10.05.86), Page 3, lower left column, lines 13 to 17 (Family: none)	17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G11B9/14(2006.01)		
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. G11B9/00(2006.01)-G11B9/14(2006.01)		
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 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006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)		
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 請求の範囲の番号
X	WO 2004/026459 A1 (合資会社京都インスツルメンツ) 2004.04.01, 明細書第4頁第4-6, 8, 9行、第5頁第9-16, 19行、第5頁第27行-	1-24
Y	第6頁第4行、第6頁第11-18行、第8頁第10, 11行、第9頁第28 行-第10頁第9行、第12頁第22行-第13頁第2行 & EP 1550504 A1	1-24
Y	JP 6-259820 A (キヤノン株式会社) 1994.09.16, 段落 0002, 0003 (ファミリーなし)	1-24
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 05.04.2006	国際調査報告の発送日 11.04.2006	
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) ゆずりは 広行 電話番号 03-3581-1101 内線 3551	5D 3046

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 請求の範囲の番号
Y	JP 61-092454 A (三菱油化株式会社) 1986.05.10, 第3頁左下欄第13-17行 (ファミリーなし)	17