

平成22年5月6日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20860005
 研究課題名（和文） マルチプローブ高密度記録のための分子レベルで構築された導電性高分子記録媒体の研究
 研究課題名（英文） Conductive polymer recording media architected in molecular level for scanning multiprobe data storage
 研究代表者
 吉田 慎哉 (YOSHIDA SHINYA)
 東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・助教
 研究者番号：30509691

研究成果の概要（和文）：

導電性変化を記録情報としたマルチプローブ超高密度記録システムの実現を目的とし、本研究では、ナノ・分子レベルで構造を制御した導電性スイッチング高分子記録媒体の研究を行った。本研究では、ブロック共重合体リソグラフィを用いて超高密度パターンドメディアを形成し、そのビットアレイへのリライタブル導電性記録に成功した。また、数平方マイクロメートルの面積においてオングストロームレベルの平坦性を有する金属表面の形成技術を開発した。さらに、芳香族ポリイミド分子層堆積膜の極微小領域の導電性を、パルス電圧印加によって500倍以上増加させることに成功した。以上の研究成果より、本研究の提案する記録原理は、極めて高い記録密度と信号/雑音比の実現が期待できることを実証した。

研究成果の概要（英語）：

In order to realize the scanning multiprobe data storage system based on conductivity change, the recording media using conductivity-switching polymer architected in nanometer or molecular level was researched in this study. Rewritable recording on high-density patterned media fabricated by diblock copolymer lithography was successfully demonstrated. The fabrication process of ultra-flat metal surface with the flatness of angstrom level on large area also succeeded to be developed. In addition, it was succeeded that the conductivity of the aromatic polyimide film, which was formed by molecular layer deposition, was increased more than 500 times by applying pulsed voltages using a scanning probe microscope. Thus, it was demonstrated that the recording principle of this study has the potential to realize ultra-high density data storage and high signal/noise ratio.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,530,000	759,000	3,289,000

研究分野：応用物理学一般

科研費の分科・細目：マイクロマシン

キーワード：導電性高分子、高密度記録、MEMS、分子層堆積

1. 研究開始当初の背景

高度情報化社会の進展により我々の扱う情報量は指数関数的に増大しており、情報記録装置は小型化も併せてより急速な記録密度の向上化が求められている。しかし、ハードディスクドライブや光ディスクなどの既存の原理に基づいた方法では、高密度化に物理的限界が来ると予想されている。そこで、次世代の小型の超高密度記録装置として、走査型プローブ顕微鏡(SPM)技術を利用したマルチプローブ記録方式が研究開発されている。この記録方式によって、1T bits/inch²以上という極めて高い記録密度を達成することができると考えられているが、この記録方式は記録システムの肥大化や、記録媒体との接触による探針磨耗という問題を有しており、実用化には至っていない。

2. 研究の目的

上述の諸問題の解決法として、本研究では、記録媒体に導電性スイッチング高分子を用いることを提案した。記録原理は、導電性スイッチング高分子薄膜に SPM 探針で局所的に電場誘起の物理的・化学的反応を引き起こす。そして、高分子の分子・電子状態変化に伴う導電性変化を記録情報とする。本研究の記録システムは、機械的に柔軟な高分子を記録媒体に用いるので探針磨耗を低減できる。また、修飾電圧印加による導電性変化という極めて単純な記録原理により、記録再生装置の複雑化を防ぐことができ、集積化が容易となる。さらに、探針を媒体表面に接触させて物理的・化学的反応を瞬間的に引き起こすことで高速に記録することができる。

本研究は、導電性スイッチング高分子の導電性変化を記録情報としたマルチプローブ超高密度記録システムの実現を目的とし、ナノ・分子レベルで構造が制御された導電性スイッチング高分子記録媒体の研究を行う。

3. 研究の方法

(1) 導電性高分子であるポリアニリンを用いたパターンドメディアの作製、および高密度記録の実証実験を行った。図1に、パターンドメディアの概念図を示す。記録媒体をパターンドメディア化することによって、記録ビットの不要な広がりを防ぐことができる。また、高分子鎖をナノサイズの空間に閉じ込め

ることで、高分子鎖の乱雑な凝集を抑制することができることが期待される。本研究では、ブロック共重合体リソグラフィを利用することで、超高密度のパターンドメディアの作製を行った。

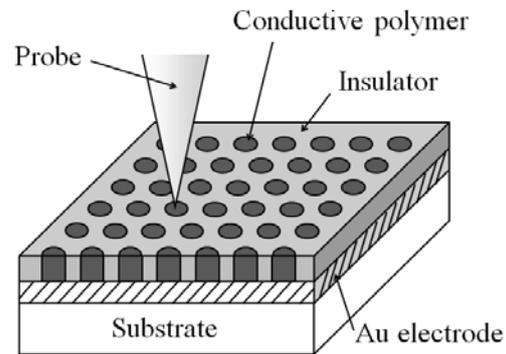


図1. 導電性高分子パターンドメディアへのSPM記録

(2) 記録媒体の下地金属基板の平坦化技術の開発を行った。下地金属基板の平坦性は、記録ビットサイズがナノメートルスケールとなる超高密度記録を実現する上で、極めて重要な要素の一つと考えられる。本研究では、原子レベルで平坦なマイカへき開面の平坦性を金薄膜に転写することによって、極めて平坦な金電極表面の形成を試みた。図2に作製プロセスを示す。

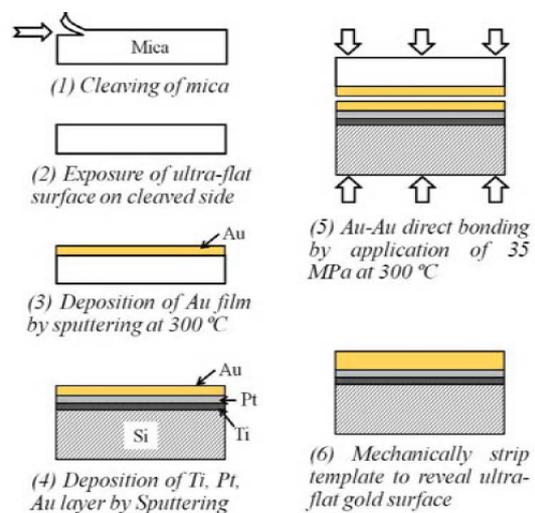


図2. 超平坦金属表面の作製プロセス

(3) 導電性スイッチング高分子記録媒体の作製のための分子層堆積装置を自作し、芳香族ポリイミド分子層堆積膜を成膜した。分子層堆積法は、一分子ずつモノマーを積層させて高分子膜を堆積させる手法であり、この手法によって、分子鎖が垂直配向した超均一な高分子薄膜を成膜することができる(図3)。

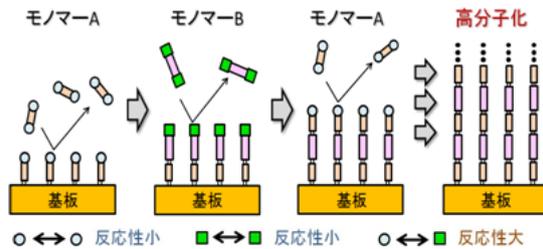


図3. 分子層堆積法による高分子薄膜の成膜

4. 研究成果

(1) ブロック共重合体リソグラフィを利用することで、ピッチ 30~80 nm という極めて狭ピッチのポリアニリンドットパターンを形成することに成功した。そして、作製したパターンドメディアに対して SPM を用いて電氣的修飾実験を行った。その結果、印加電圧を変調してポリアニリンドットの導電性を可逆的に変調させることに成功した(図4)。また、本研究の記録原理におけるピッチ 30 nm の記録を達成した。これは、1ドットを1ビットと換算した場合、700Gbits/inch²以上という極めて高い記録密度に相当する。

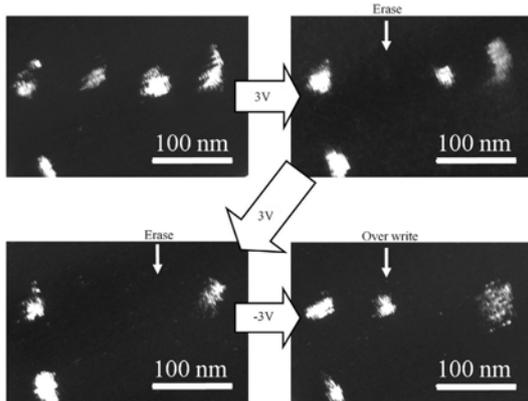


図4. ポリアニリンドットへの可逆的導電性変調記録

(2) 原子レベルで平坦なマイカへき開面の平坦性を金薄膜に転写することによって、数平方マイクロメートルの面積においてオングストロームレベルの平坦性を持つ金表面の形成に成功した。図5(a)(b)は、それぞれ平

坦化金表面およびスパッタ膜表面のトポグラフィ像を示す。開発した平坦化技術によって、スパッタ膜と比較して表面粗さを 1/10 にまで減少させることができた。そして、作製した金平坦面にポリアニリン薄膜を成膜し、SPM による可逆的記録書き込みを行うことに成功した(図6)。

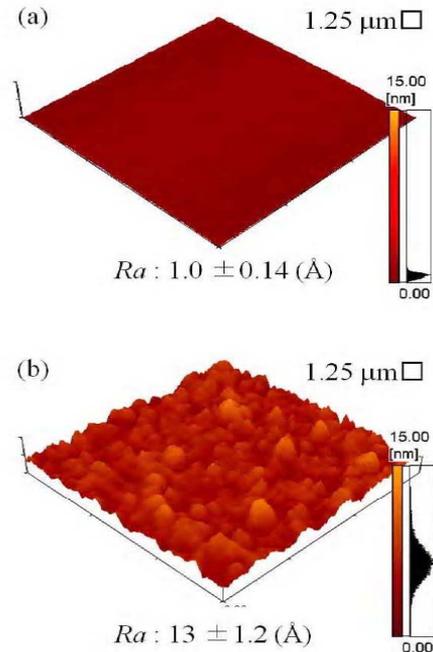


図5 (a)平坦化金表面のトポグラフィ像
(b)スパッタ膜表面のトポグラフィ像

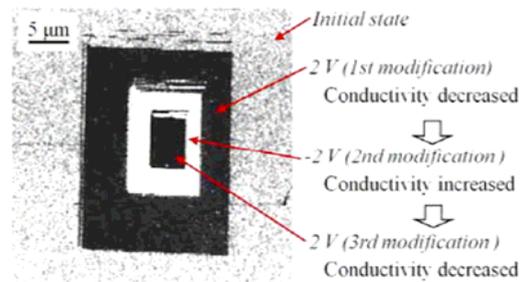


図6. 金平坦面上ポリアニリン薄膜への可逆的導電性変調

(3) 芳香族ポリイミドの分子層堆積実験の結果、4-アミノチオフェノールで修飾した Au 表面に対して薄膜を堆積させることで、表面粗さ 1nm 以下の極めて均一、且つ密着性に優れたポリイミド薄膜の成膜に成功した。そして、成膜したポリイミド薄膜に対して SPM を用いて超高真空中での電氣的修飾実験を行った。その結果、ナノメートルスケールの極微小領域の導電性を、500 倍以上変化させることに成功した(図7)。すなわち、本記録原理は、極めて高い記録密度と信号/雑音比

の確保が期待できることを実証した。

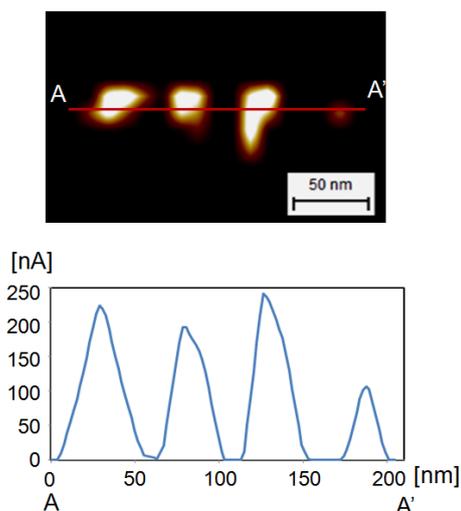


図7. (上図) パルス電圧印加によるポリイミド分子層堆積膜への導電性記録 (下図)A-A'部の電流プロファイル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

1. “Advanced materials for MEMS.”, WPI-AIMR NEWS, 6, (2009) 85-95 Masayoshi Esashi, Shinya Yoshida, Masanori Muroyama, 査読無し
2. “モノリシックPZT多軸マイクロステージ.”, 株式会社ティー・アイ・シー マテリアル インテグレーション, Vol.22(No.4) (2009) 39-44, 小野崇人、モハammad ファイズル、吉田慎哉、江刺正喜, 査読無し
3. “Conductive polymer patterned media fabricated by diblock copolymer lithography for scanning multiprobe data storage.”, Nanotechnology, 19(47), (2008),475302-475400, Shinya Yoshida, Takahito Ono and Masayoshi Esashi, 査読有り
4. “Formation of a Flat Conductive Polymer Film Using Template-Stripped Gold (TSG) Surface and Surface-Graft Polymerization for Scanning Multiprobe Data Storage.”, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 6, (2008), 202-208. Shinya Yoshida, Takahito Ono, Masayoshi Esashi, 査読有り

[学会発表] (計6件)

1. Shinya Yoshida, “Investigation of frictional and

elastic properties of a conductive polymer brush by atomic force microscopy for scanning probe data storage system”, The 2010 WPI-AIMR Annual Workshop, 2010年3月25日-2010年3月27日, 仙台

2. Shinya Yoshida, “Scanning multiprobe data storage system based on reversible conductance change of conductive polymer”, 2009 WPI-AIMR Annual Workshop, 2009年3月1日-2009年3月6日, 仙台
3. 吉田慎哉, “マルチプローブ高密度記録のための導電性高分子記録媒体”, 第69回応用物理学会学術講演会, 2008年9月2日-2008年9月5日, 愛知県春日井市
4. Shinya Yoshida, “CONDUCTIVE POLYMER PATTERNED MEDIA FABRICATED USING DIBLOCK COPOLYMER LITHOGRAPHY FOR SCANNING MULTIPROBE DATA STORAGE.”, The 4th Asia Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies, 2008年6月22日-2008年6月26日, 台湾
5. Shinya Yoshida, “Conductive polymer recording media for scanning multiprobe data storage system”, International Workshop on Nanomechanical Cantilever Sensors 2008”, 2008年5月19日-2008年5月21日, ドイツ, Mainz
6. Shinya Yoshida, “Conductive polymer recording media for MEMS-based multiprobe data storage system”, Nanotech in Japan, the 4th International Nanotechnology Conference on Communications and Cooperation (INC4), 2008年4月14日, 東京都千代田区

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

1. International Workshop on Nanomechanical Cantilever Sensors 2008, The best poster award (2008)

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉田 慎哉 (YOSHIDA SHINYA)
東北大学・原子分子材料科学高等研究機構・助教
研究者番号：30509691