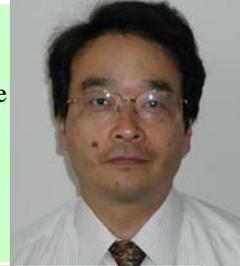


科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成18年度採択分

平成21年 4月30日現在

研究課題名（和文）非線形誘電率顕微鏡を用いた次世代超高密度強誘電体記録
研究課題名（英文）Next Generation Super High Density Ferroelectric Data Storage Using Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy Technique
研究代表者
氏名 長 康雄 (YASUO CHO)
所属研究機関・部局・職 東北大学・電気通信研究所・教授



研究の概要：走査型非線形誘電率顕微鏡（SNDM）と薄片化単結晶記録媒体作製技術を研究開発の核にして、人工的に作製可能で物理的に安定な最小の強誘電ナノドメインドットの大きさや強誘電性の消失する限界の試料厚の調査、スイッチングスピードの計測や強誘電体のドメイン壁の実測などの基礎的研究と新開発の非接触SNDM法等プローブメモリ技術の諸問題点を根本から解決できる多数のSNDM関連技術を組み合わせ、実用化技術として発展させる。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：強誘電体記録，高密度記録，SNDM

1. 研究開始当初の背景

近年、情報量の増大から大量に高速に情報を蓄積する技術への要求が高まっている。現在最も広く使用されている磁気記録の記録密度は理論限界に近づきつつあり、垂直磁気記録を用いても1Tbit/inch²の記録密度を達成するのは10年後であるとも言われている。一方強誘電体の分域壁は1, 2単位格子程度で強磁性体のそれより格段に薄いことはよく知られており、そのドメインサイズも強磁性体のドメインサイズよりはるかに小さい。よって、この強誘電体の極微細なドメインを人工的に制御できれば今までにはなかった超高密度情報記録素子が得られる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では走査型非線形誘電率顕微鏡と薄片化単結晶記録媒体作製技術を研究開発の核にして、人工的に作製可能で物理的に安定な最小の強誘電ナノドメインドットの大きさや強誘電性の消失する限界の試料厚、スイッチングスピードの詳細な計測や強誘電体のドメイン壁の実測などの基礎的研究を行い、これらの結果と新開発の非接触SNDM法等プローブメモリ技術の諸問題点を根本から解決できる多数のSNDM関連技術を組み合わせ、実用化技術として発展させることを目的とする。

3. 研究の方法

研究は以下の項目の方法に従って行う。

①薄片化単結晶媒体の大面積化

- ②ナノドメインマニピュレーション用 SNDM の開発
- ③ナノドメインの生成と評価
- ④超高密度記録媒体用強誘電体薄膜の研究開発
- ⑤高速読み取りを目指した SNDM 復調器の広帯域化・高感度化
- ⑥非接触 SNDM 法を用いた非接触型 SNDM ヘッドの開発
- ⑦プローブ加工・媒体加工技術に関する研究開発. SNDM 強誘電体プローブメモリ用記録探針の先端形状の先鋭化及び最適化を行う。ドメインビットの超長期安定性が期待されるドメイン形状を書き込むことのできる記録媒体の加工も行う。
- ⑧超高密度記録に対応できるHDDシングルプローブメモリの開発. 超高密度大容量記録と高速書込み・読出しの同時達成を目標に、高精度なHDDシングルプローブメモリの装置開発。

4. これまでの成果

- ①薄片化単結晶媒体の大面積化においては15mm²の面積を持ち厚さ平均48.5nm分布3.1nmの媒体が得られている。しかし表面に付着する微小なゴミ等の問題が生じており、HDD型高速記録再生時に探針を損傷する可能性があることが分かった。
- ②ナノドメインマニピュレーション用 SNDM の開発においては、1ナノメートルの繰り返し精度でピンポイントに媒体の特定部を狙う、ドメインマニピュレーションを正確に行うのに十分な位置決め精度があ

る SNDM 装置の開発に成功した。位置補正無しで 0.18 nm/分のドリフトに対する基本性能を持つことが確認された。更に新開発のマーク検出によるドリフト補正機能を作動させると、有意な位置ずれは検出されなかった。

- ③ ナノドメインの生成と評価では、世界最小の 2.8 nmφ の単一ドメインドットの生成に成功した。更に直径 7nm の一次元ナノドメインドットアレイの形成及び 15 nmφ のドメインドット列の生成・消去実験にも成功している。更に多数の記録ビットからなる実情報（画像情報）記録に置いて強誘電体記録では世界最高の 4 Tbit/inch² (12.8nmφ) の記録密度を達成した。
- またナノドメインの長期安定性の評価に関する研究を行い、ドメインの寿命予測が行える実験式の定式化に成功した。
- ④ 超高密度記録媒体用強誘電体薄膜の研究開発においては、特に LiTaO₃ 系薄膜と PZT 系薄膜について研究を行い、それぞれ、1Tbit/inch² 以上での記録が可能であることが分かった。
- ⑤ 高速読み取りを目指した SNDM 復調器の広帯域化・高感度化においては、10⁻²³F 代の感度を持つ 4 GHz 帯プローブの開発を行い更に帯域 30MHz の復調器の開発に成功した。
- ⑥ 非接触 SNDM 法を用いた非接触型 SNDM ヘッドの開発においてはアクティブに空隙を制御しながら分極を書込読みとりに成功した。具体的には非接触状態での書込で Gap1.5nm の制御に成功し、ビット間距離 50 nm の記録に成功し、更に非接触で記録速度 500bps,再生速度 100kbps を達成した。
- ⑦ 超高密度記録に対応できる HDD シングルプローブメモリの開発。超高密度大容量記録と高速書込み・読出しの同時達成を目標に、高精度な HDD シングルプローブメモリの装置開発においては、現在 HDD 型シングルプローブメモリを用いて、書き込み速度に関しては 20 Mbps の高速性を実証した。またまだ多数の記録誤りはあるものの、100 Mbps の高速転送レートに置いても一部の記録に成功した。また同様に HDD 型再生装置に置いて 2 Mbps の速さの再生に成功した。この速度は走査型プローブ顕微鏡を用いたストレージ方式では群を抜いて高速なものである。

5. 今後の計画

- (1) 解決すべき課題として一番目に「超高密度大容量記録と高速書込み・読出しの同時達成」が挙げられる。
- (2) プローブ加工・媒体加工技術に関する研究開発。SNDM 強誘電体プローブメモリ用

記録探針の先端形状の先鋭化及び最適化については、パターンメディアの研究開発を行う。

6. これまでの発表論文等（受賞等も含む） （研究代表者は太字、研究分担者は二重下線、 連携研究者は一重下線）

- ① Hirokazu Takahashi, Takahito Ono, Atsushi Onoe, **Yasuo Cho** and Masayoshi Esashi; “A diamond-tip probe with silicon-based piezoresistive strain gauge for high-density data storage using scanning nonlinear dielectric microscopy”, JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING, Vol.16, pp.1620-1624 (2006)
 - ② Nozomi Odagawa and **Yasuo Cho**: “Long-term-retention characteristics of small inverted dots formed on congruent single-crystal LiTaO₃”, Appl. Phys. Lett., Vol.89, pp.102906-1-102906-3 (2006)
 - ③ Nozomi Odagawa and **Yasuo Cho**: “Wall behavior of nanodomains as a function of their initial state”, Appl. Phys. Lett., Vol.89, pp.192906-1-192906-3 (2006)
 - ④ K. TANAKA, Y. HIRANAGA AND **Y. CHO**: “Real Information Storage using Ferroelectrics with a Density of 1 TBIT/INCH²”, Ferroelectrics, 340, pp.99-105 (2007)
 - ⑤ Yasuhiro Daimon and **Yasuo Cho**: “Cross-sectional observation of nanodomain dots formed in both congruent and stoichiometric LiTaO₃ crystals”, Appl. Phys. Lett., Vol.90, pp.192906-1-192906-3 (2007)
 - ⑥ **Yasuo Cho** and Ryusuke Hirose: “Atomic Dipole Moment Distribution of Si Atoms on a Si(111)-(7×7) Surface Studied Using Noncontact Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy”, Physical Review Letters, Vol.99, No.18, pp.186101-1-186101-4 (2007)
 - ⑦ Yoshiomi Hiranaga, Tomoya Uda, Yuichi Kurihashi, Kenkou Tanaka, and **Yasuo Cho**: “Novel HDD-type SNDM Ferroelectric Data Storage System Aimed at High-Speed Data Transfer with Single Probe Operation”, IEEE TRANSACTION ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, Vol.54, No.12, PP.2523-2528 (2007)
 - ⑧ Kenkou TANAKA, Yuichi KURIHASHI, Tomoya UDA, Yasuhiro DAIMON, Nozomi ODAGAWA, Ryusuke HIROSE, Yoshiomi HIRANAGA, and **Yasuo CHO**: “Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy Nano-Science and Technology for Next Generation High Density Ferroelectric Data Storage”, Jpn. J. Appl. Phys, Vol.47, No.5, pp.3311-3325 (2008) **[Invited Review Paper]**
- ホームページ等
<http://www.d-nanodev.riec.tohoku.ac.jp/research2/for3.htm>