

研究種目：特別推進研究

研究期間：2006～2010

課題番号：18002005

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

長 康雄（YASUO CHO）

東北大学・電気通信研究所・教授

研究者番号：40179966

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. 研究計画の概要

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の確定，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。

2. 研究の進捗状況

①薄片化単結晶媒体の大面积化。

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。

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0.18nm/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。

世界最小の2.8nm ϕ 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15nm ϕ 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4Tbit/inch²（12.8nm ϕ ）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。

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。

10⁻²³F代の感度を持つ4GHz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。

アクティブに空隙を制御しながら分極を書込読み取りに成功した。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50nm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。

高精度なHDDシングルプローブメモ

リの装置開発。

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。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。
(理由)

研究は当初計画に従って概ね順調に進行している。ドメイン操作専用非線形誘電率顕微鏡を十分に活用して、均一厚さ薄片化LiTaO₃単結晶媒体の広面積化や、プローブ位置決め精度改善および単ドメイン極微ドットの生成の最小サイズ記録更新などの成果が得られている。またトラッキング技法の具体化、ドメイン安定化、広帯域FM復調器、HDD型プロトタイプメモリ装置製作、プローブ非接触制御と非接触読み出しの原理確認実験などについても精力的な取り組みを行っており、着実な進展が見られる。

4. 今後の研究の推進方策

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き込み・読み出しの同時達成」が挙げられる。これ以外にも、薄膜記録媒体の高品質広面積化、などこれから解決すべき課題も多いが、今後の努力による研究進展を図る。

5. 代表的な研究成果

(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7件)

- ①Kenkou 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) (査読有り) **【Invited Review Paper】**
- ②Yoshiomi 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) (査読有り)

- ③Yasuo 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) (査読有り),
- ④Yasuhiro 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) (査読有り)
- ⑤Nozomi 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) (査読有り)
- ⑥Nozomi 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) (査読有り)

[学会発表] (計3件)

- ①Yasuo Cho, Yoshiomi Hiranaga, Kenkou Tanaka, Yuichi Kurihashi, and Tomoya Uda; “Next Generation Ferroelectric high Density Data Storage Based on Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy”, The 2nd IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference, Abstract, (October 20-22, 2008, Kyoto, Japan), p.114 **【invited】**
- ②Yasuo Cho, Kenkou Tanaka, Yuichi Kurihashi, Tomoya Uda, Yasuhiro Daimon, Nozomi Odagawa, Ryusuke Hirose and Yoshiomi Hiranaga: “Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy Nano Science and Technology for Next Generation High Density Ferroelectric Data Storage”, 20th International Symposium on Integrated Ferroelectrics, ABSTRACTS, (June 9-12, 2008, Biopolis, Singapore), 5C-580-I **【invited】**
- ③Y. Hiranaga, T. Uda, Y. Kurihashi, K. Tanaka, N. Odagawa and Y. Cho: “Non-Contact Probe Control and High-Speed Writing for Rotated-Disk-Type Ferroelectric Data Storage Devices”, The 16th IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, Proceedings, (May 27-31, 2007, Nara, Japan), 30A-TF7-I2 **【invited】**

[その他]

ホームページ

<http://www.d-nanodev.riec.tohoku.ac.jp/research2/for3.htm>