

「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」

平成13年度採択研究代表者

井上 光輝

(豊橋技術科学大学工学部 教授)

「超高速ペタバイト情報ストレージ」

1. 研究実施の概要

本研究は、情報社会を支える新しい高性能情報処理技術の確立を究極的な目的として、テラバイト級の記憶容量をもつホログラム光ディスク記録装置を世界にさきがけ開発し、この装置を中核とした超高速型のペタバイト情報サーバを実現しようとするものである。

ホログラム情報記録は、過去から何回もチャレンジされてきた技術であるが、光ディスク技術と融合した小型の記録装置は未だ実現されていない。本研究は、コリニアホログラフィ法という新しい記録再生方式に立脚して、CDやDVDライクな小型の超大容量・超高速ホログラム光ディスク装置の実現を目指すものである。このために、小型のホログラム光ディスクドライブ、高速データ転送を支える超高速空間光変調デバイス、さらには超高密度情報を記録するための記録材料など、多岐に渡る新技術の開発を実施している。

既にコリニアホログラフィによる光ディスクドライブの原理試作を完了し、また1ピクセルあたり数十nsの高速動作可能な固体空間光変調デバイスの開発に成功している。ホログラム情報記録材料には、フッ素系の新たなフォトポリマ材料の開発を行っている。プロジェクト3年目の本年度には、これら基盤技術を組合せた大容量ホログラム記録のデモンストレーションを行う予定である。この結果を踏まえ、ペタバイト級の記録容量をもつ超高速情報ストレージ装置の実現を目指す。

2. 研究実施内容

2.1 アドバンスド・コリニア・ホログラフィ

コリニアホログラフィ法における光学系の小型化と記録再生時のノイズ低減を目的として、従来のコリニア光学系をさらに改良し、Fig.1 に示すアドバンスド・コリニア・ホログラフィ光学系を確立した。この光学系の特徴は、信号光（空間光変調デバイス（SLM）によって変調された光）と参照光（相関多重のためにコード化している）とを、同じ SLM で生成することにある。この状態は、

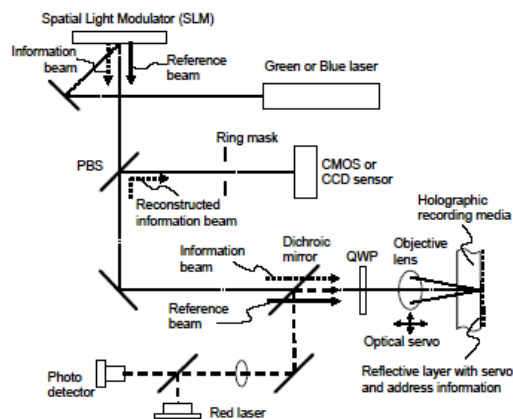


Fig.1 アドバンスド・コリニア・ホログラフィ光学系

Fig. 2 に示す SLM の表示パターンから容易に理解できる。すなわち Fig. 2 (a) に示すように、記録時には、SLM は信号光（中央部分）と参照光（外側のリング部）の両者を表示し、情報再生時には SLM は参照光（外側のリング部）のみを表示する。この記録再生時とも SLM で変調した光を利用することで、光学系の簡単化と小型化、さらには記録再生データのノイズ低減に成功した。

2. 2 光ディスク構造

アドバンスド・コリニア・ホログラフィ法では、情報の記録再生は緑（あるいは青）色レーザーを利用し、光学的サーボとアドレス読み取りにはフォトポリマが感受性のない赤色レーザーを利用する。サーボ及びアドレス情報は Fig. 3 に示すように、ディスク下部に凹凸状のピットとして形成するが、これらピットからの回折ノイズがホログラム記録情報へノイズとなって重畳することが分かった。このノイズを低減させるために、同図に示すようにディスク構造をダイクロミック化し、赤色レーザーはピット位置まで到達するが、記録再生に利用する緑（青）色レーザーはピット位置に達することなく反射される構造とした。このディスク構造を利用することで、ホログラム記録再生に利用される緑（青）色レーザーへのピットからの回折現象ノイズの低減に成功した。

一方、ホログラム記録時の光集光状態を電磁界解析から検討した。Fig. 4 はその一例であるが、記録層下部における光強度と、記録層上部における光強度の差によって、記録層中におけるフォトポリマ重合度に空間的な分布が発生することを見出した。このことは、より強い光照射を受ける記録層下部ではフォトポリマの光感光によってスキャッタノイズ源となる感光体が多く発生し、トータルの SNR を低減させる。この影響を除くため、光強度が強くなる記録層下部に SiO₂ などの誘電体バッファ層を設け、記録層中での光強度分布が均一となるようにした。

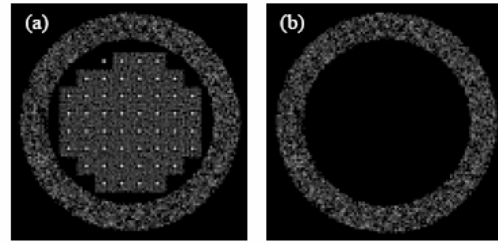


Fig. 2 SLM の表示パターン：(a) 情報記録時、(b) 情報再生時

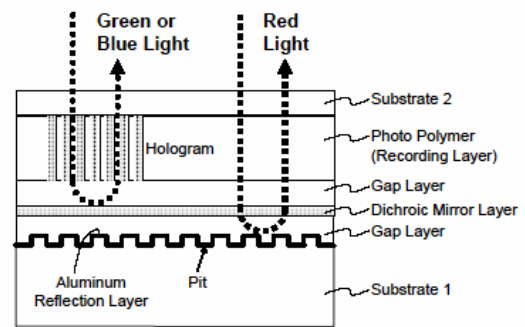


Fig. 3 光ディスクの構造

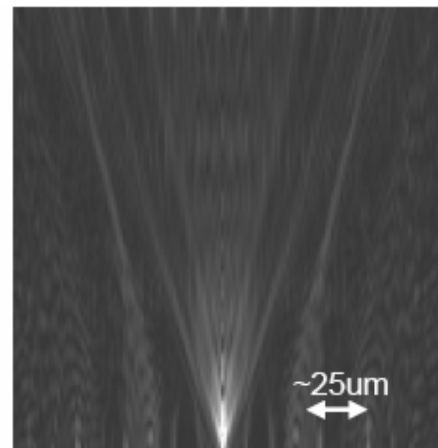


Fig. 4 光集光状態

2. 3 シフト多重性

記録密度を決定するシフト多重性について検討を加えた。Fig.5 は、シフト多重によってホログラムを記録再生した面内での再生像の一覧である。同図に示すように、再生像は約3ミクロンのシフト多重によって水平、垂直両方向で消失している。このことは3ミクロン以上の光スポットシフトを行うことでホログラム記録再生が実現できることを意味している。この値は、120mm 直径の光ディスクで1テラバイトの容量を実現する観点からは十分であるといえる。

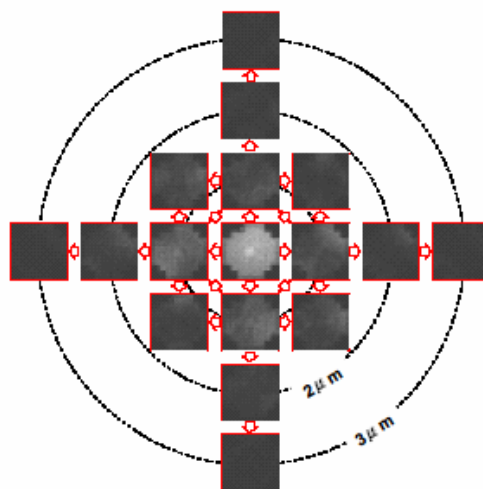


Fig.5 シフト多重性

2. 4 SLM

記録時のデータ転送レートを決定するSLMは、従来から磁気光学効果を利用したものを開発してきた。H15年度末時点で、1ピクセルあたり数十ナノ秒で動作する新規の固体SLMの開発に成功した。また駆動電流値も、従来デバイスよりも1/10以下という良好な値を得た。このデバイスは(株)FDKにより事業化が推進されており、H17.4を目処に市場投入される。

2. 5 記録メディア

新規のライトワンス材料として、フッ素系のフォトポリマ開発を実施した。このフォトポリマはフッ素添加によるミクロな相分離構造をもつことが期待され、ホログラム多重性が高いと期待される。実際、本プロジェクトで構築した記録材料評価装置(500多重以上の評価が可能)や、情報記録評価装置(コリニア光学系、角度多重光学系)によるBER測定でも既存材料と同等以上の特性が得られている。本材料は、H16年度中に完成を目指す。

2. 6 信号処理

ホログラム記録再生時の信号処理法として、ターボコーディングの性質を詳細に調べた。本方式はリードソロモンなどの他方式に比べエラー訂正能力が高いが、今回はソフトウェア処理に要する時間が長く、リアルタイム性に欠ける。この結果を踏まえ、H16年度は信号処理部の一部をハードウェア化し、より高速動作可能な信号処理法へ発展させる。

3. 研究実施体制

(1) ハードウェアグループ

- ① 研究分担グループ長：井上 光輝 (豊橋技術科学大学工学部、教授)
- ② 研究項目：空間光変調デバイス、メディアテスタ

(2) ドライブグループ

- ① 研究分担グループ長：堀米 秀嘉 (㈱オプトウエア、チーフエヴァンジェリスト)
- ② 研究項目：コリニアホログラフィ法による光ディスクドライブ

(3) メディアグループ

- ① 研究分担グループ長：勝浦 寛治（メモリーテック㈱、主席執行役員・技術総括）
- ② 研究項目：ホログラム光ディスクメディア

(4) ソフトウェアグループ

- ① 研究分担グループ長：ランバertas ヘッセリンク（スタンフォード大学、教授）
- ② 研究項目：信号処理法、エンコード・デコード

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文（原著論文）発表

- Jae - Hyuk Park, Il - Kwong Sung, Jae- kyeong Cho, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "Flat - Surface Pixel for magneto - Optic Spatial Light Modulator," IEEE Trans. Magn., vol.39 (5), pp. 3169-3171 (2003).
- Jae - Hyuk PARK, Jae - Kyong CHO, Kazuhiro NISHIMURA, Hironaga UCHIDA and Mitsuteru INOUE, "Numerical Analysis of One - Dimensional Magnetophotonic Crystals with an Active Layer of a Highly Bi - Substituted Iron Garnet," Jpn. J. Appl. Phys., vol.42 (7A), pp. 4383- 4386 (2003).
- T. V. Murzina, R. V. Kapra, A. A. Rassudov, O. A. Aktsipetrov, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "Magnetization-Indued Third Harmonic Generation in Magnetophotonic Microcavities," JETP Lett., vol.77 (10), pp.537-540 (2003).
- J. H. Park, M. Inoue, J. K. Cho, H. Uchida, and K. Nishimura, "An optical micro-magnetic device: magnetic-spatial light modulator," J. Magn., vol.8 (1), pp.50-59 (2003).
- Alexander Granovsky and Mitsuteru Inoue, "Magnetorefractive Effect and Cubic Nonlinear Magneto-optics in Magnetic Granular Alloys," J. Magn., vol.8 (1), pp.45-49 (2003).
- J. H. Park, H. Takagi, J. H. Park, J. K. Cho, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "Magneto-optic spatial light modulator array fabricated by IR annealing," Jpn. J. Appl. Phys., vol.42 (4B), pp.2332-2334 (2004).
- J. H. Park, H. Takagi, D. H. Lee, J. K. Cho, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "Magnetic softening of switching field of magnetic garnet films by controlling groove depth," J. Appl. Phys., vol.93 (10), pp.8522-8524 (2003).
- J. H. Park, H. Takagi, J. H. Park, J. K. Cho, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "Magneto-optic spatial light modulators driven by an electric field," J. Appl. Phys., vol.93 (10), pp.8525-8527 (2003).
- T. Yoshida, K. Nishimura, H. Uchida, and M. Inoue, "One-dimensional magnetophotonic crystals with granular magnetic films," J. Appl. Phys., vol.93 (10), pp.6942-6944 (2003).

- Hideki Kato, Takeshi Matsushita, Akio Takayama, and Motoji Egawa, Kazuhiro Nishimura, Mitsuteru Inoue, “Theoretical analysis of optical and magneto-optical properties of one-dimensional magnetophotonic crystals,” J. Appl. Phys., vol.93 (7), pp.3906-3911 (2003).
- H. Kato, T. Matsushita, A. Takayama, M. Egawa, K. Nishimura, M. Inoue, “Effect of optical losses on optical and magneto-optical properties of one-dimensional magnetophotonic crystals for use in optical isolator devices,” OPTICS COMMUNICATIONS, vol.219, pp.271-276 (2003).
- Alexander B. Granovsky, Michail V. Kuzmichov, Jean-Pierre Clearc, and Mitsuteru Inoue, “Effective-medium theory for nonlinear magneto-optics in magnetic granular alloys: cubic nonlinearity,” J. Magn. Magn. Mater., vol.258-259, pp.103-105 (2003).
- Andrey A. Fedyanin, Takashi Yoshida, Kazuhiro Nishimura, Gerd Marowsky, Mitsuteru Inoue, Oleg A. Aktsipetrov, “Nonlinear magneto-optical Kerr effect in gyrotropic photonic band gap structures: magneto-photonic microcavities,” J. Magn. Magn. Mater., vol.258-259, pp.96-98 (2003).

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数：1件（CREST研究期間累積件数：2件）