

令和元年9月5日現在

機関番号：33401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K06040

研究課題名(和文)次世代ホログラム光ディスクの装置間可換性を実現するセンサ技術の開発

研究課題名(英文) Development of sensor technology for the interchangeability realization of the next-generation-hologram discs drives

研究代表者

藤田 輝雄 (Fujita, Teruo)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号：50387396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：1)回転ディスクを用いた動的評価システムによる動作検証：本研究開始前に準備していた動的評価装置に改良を加え、本焦点誤差検出装置によって1次元回折格子を埋め込んだ回転ディスク全周から良好な焦点誤差信号が得られることを確認した。さらに、自作したサーボアンプを使い、上下振動する回転ディスクに対し安定な焦点制御ができることを実験にて示すことができた。また、サーボ層付きコリニア・ホログラムディスクへ適用するため、サーボ動作確認用2層ディスクの基礎検討を行った。

2)詳細特性評価用静的評価装置の構築：測定器制御・データ収集用ソフト(LabVIEW)、精密微動台からなる評価装置を構築し、基本動作確認を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超大容量次世代光ディスク(直径120mmで数テラバイトを記録)と一候補としてホログラムディスクが注目され研究開発が行われている。本研究では、ホログラムディスクが、従来のCDと同様どのドライブ装置でも記録再生が行なえるようするため、新規なレーザ光スポットの焦点位置制御技術に関する技術開発、実験による動作検証を行った。その結果、研究対象である焦点誤差検出装置はシミュレーション通りの波形を生成し、光学的に安定であるコリニア方式のホログラムディスク装置への適用、ディスクの装置間可換性への一ステップを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：1)Operation verification by a dynamic tester using a rotation disc: I improved a dynamic tester, which had been designed/assembled before this study, and then confirmed that the focus error sensor generated a well-shaped focus error signal all over the disc rotation from a disc one-dimensional diffraction grating was embedded. As well, I experimentally showed that stable controlling focus on the vertically vibrating disc was realized with a home-made servo amplifier. Also, in order to adopt this sensor to the collinear hologram disc with a servo layer, I investigated and basically studied a 2-layer disc for verifying servo operation of 2 beams.

2)Construction of a static tester to obtain detailed characteristics: I constructed a static estimation system with a software (LabVIEW) and precision stages and confirmed its basic operation.

研究分野：光記録装置の光学サーボ技術

キーワード：遠領域回折光を利用した焦点制御 ホログラムディスクの装置間可換性向上

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

情報爆発の時代を迎え、超大容量、超高速転送、長寿命、かつ、データ記録再生時のみ電力を消費するアーカイブ用途次世代ストレージが要求されている。ホログラム光ディスクはこれらの条件を満たすストレージの第一候補としてその高密度化法等が研究開発されてきた。しかし、“媒体のドライブ間可換性をいかに保障するか”に関する研究は進んでいると言い難い状況であった。

2. 研究の目的

本研究では、アーカイブ用ディスクの候補として記録再生方式、記録材料が研究されているホログラム光ディスクの”ドライブ間可換性を実現するためのセンサ技術”を開発する。具体的には、1次元周期構造を光ディスク内部の一部に参照面として埋め込み、レーザ光が集光照射されるときにこれから得られる回折光を利用して焦点誤差信号を生成する技術を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 本研究開始前に準備した動作確認済みデジタル信号処理回路にアナログ信号系（光検知器用高速電流電圧変換部、アクチュエータ駆動アンプ）を組み合わせ、1次元周期構造を有するディスクに対する本センサの動作特性を実験的に明らかにする。

(2) 記録再生ビーム（青紫色レーザ）の焦点合わせのために、ディスクの一部に埋め込んだ周期構造をもち、かつ、サーボビーム（赤色レーザ）の焦点合わせのためのピットまたはトラックを全面にもつ特殊二層光ディスクを試作する。その後、上記2本のビームを有する実験光学系を構築し、両ビームに対する焦点合わせ特性を実験的に評価する。

4. 研究成果

(1) 動的評価装置：2015年に動的評価装置の改良を進め、この年の冬に研究対象の焦点誤差検出法から焦点誤差信号が生成できることを不完全ながらも観測することができた。さらに、スピンドルモータをより安定なものに交換し、スピンドルモータに内蔵された回転周波数検出器の出力（118.7Hz）をPLL（位相同期回路）にて増倍して得られた936kHzの信号をサンプリング同期信号とした結果、ディスク全周において焦点誤差信号が生成できた（2016年）。次に、焦点制御動作のために、サーボ回路を設計、作製した（2017-18年）。図1は最新の動的評価装置の写真、図2はそのブロックダイアグラムである。

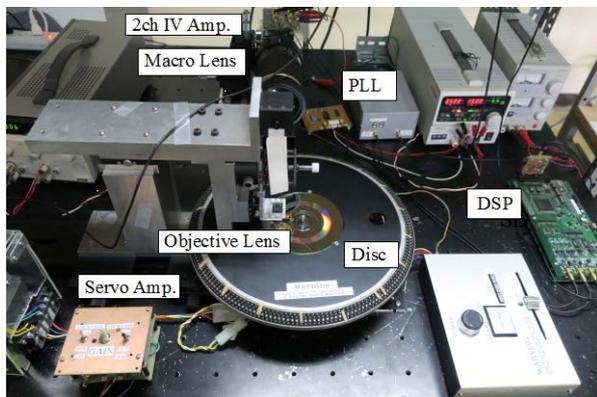


図1： 動的評価装置

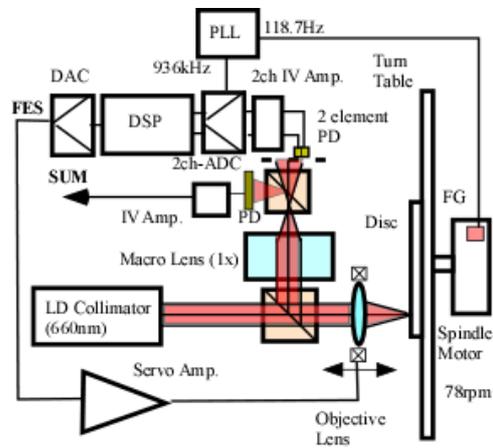


図2： 動的評価装置のブロックダイアグラム

(2) 同期信号と焦点誤差信号：本焦点誤差検出法の基本原理は、遠領域に生じる1次回折光と0次反射光の干渉により発生する移動干渉縞の空間周波数を同期検出し、それを焦点誤差信号とするものである。動的評価装置の最新の状態（2016年）では、サンプリング同期信号の最大ジッタは0.14%程度（図3）と、2015年の1/10程度に低減できた。その結果、図4に示すような焦点誤差信号をディスク全周で得ることができ、安定な焦点制御動作を確認した（図5）。

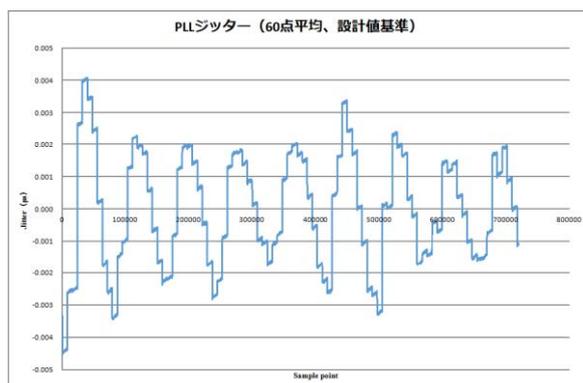


図3： サンプリング同期信号のジッタ（全周）

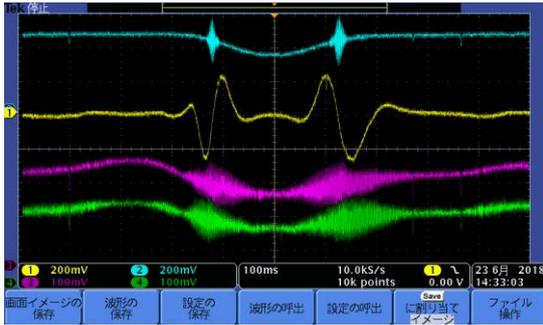


図4：得られた焦点誤差信号（黄色）
回折格子溝横断信号（青）、
光検知器出力（シアン、緑）、
S字状の焦点誤差信号がゼロクロス
する点で、回折格子溝横断信号、光検
知器出力信号の振幅が最大となっ
ている。

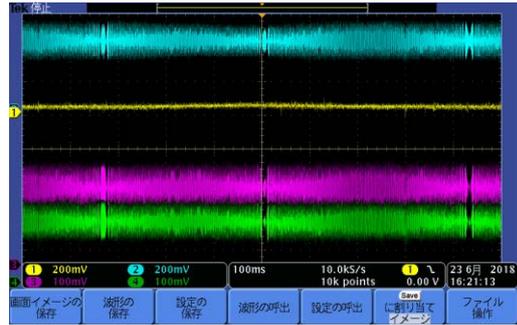


図5：サーボON時の焦点誤差信号、
合焦になっているため、焦点誤差信
号（黄色）はゼロとなり、ディスク
面ブレに集光スポットが追従してい
る。回折格子溝横断信号、光検知器出
力信号の振幅はほぼ一定となる。

(3) 2層ディスク：引用文献①で報告されたコリニア方式ホログラムディスク装置のサーボビーム（赤色）、記録再生ビーム（青色）双方に本焦点誤差検出法が適用できるディスク構造を提案する（図6）（2018年）とともに、動作検証を行うための、2層ディスク作製を試みた（2018年）。図7は、今回作製した、ガラス基板上に15度間隔に放射状一次元格子を有する1層ディスクである。これを2枚用い、間に0.17mm厚のガラス円盤を挟み込んで、実験用2層ディスクとする。以上、実験用2層ディスク作製のメドが立ったが、2ビーム実験光学系での動作確認が課題として残された。

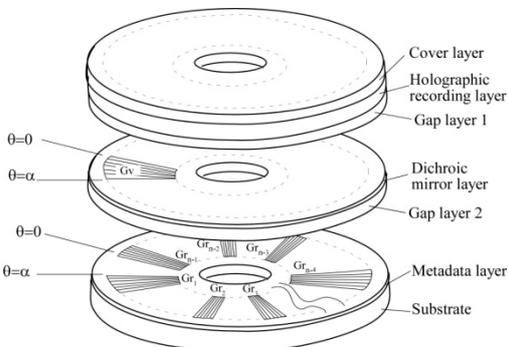


図6：本焦点誤差検出法の適用を考慮
したコリニアディスクの構造



図7：試作した2層ディスク用1層デ
ィスク。

(4) 静的評価装置：作製した2値ランダム振幅マスクを通過したレーザ光に対しても焦点誤差信号を生成できることを実験的に示すために、精密微動台と制御ソフトを組み合わせた静的評価装置を組み立てた（図8）。次に、動作確認、即ち、「電動微動台による焦点方法への移動の制御、および、ピエゾステージによる1次元周期構造の横方向直線移動の確認」を行った。しかし、データ収集、解析部分のソフト構築に取り組んだが、完成には至らなかった。

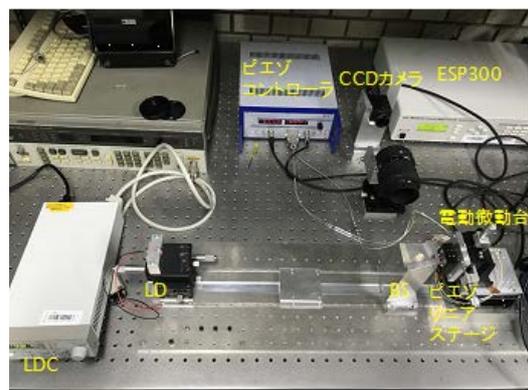


図8：静的評価装置

5) まとめ:本焦点誤差検出法は、通常のCD、DVD用光ピックアップに使用されている焦点誤差検出法とは全く違う原理で動作しており、誤差検出用光検知器の位置調整が基本的に不要であるという特長を有している。この研究を開始する以前にも、簡単な光学系にて焦点誤差信号が生成できることを報告していたが、本研究において回転ディスクから焦点誤差信号が生成できることを初めて示した点は、ホログラムディスクの装置間可換性を実現するための大きな一歩だと考える。残された課題を2019年度中に完了し、2ビーム光学系への適用結果を報告する予定である。

<引用文献>

①H.Horimai, X.Tan, J.Li, Collinear holography, Appl. Opt. **44**, 2005, 2575-2579

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1件)

①Teruo Fujita, Ryusuke Ishisaka, Haruki Toyoshima, Far-field focus sensor using moving interference fringes generated by a one-dimension uniform-pitch grating inside a collinear hologram data disc, Proceedings of SPIE, 査読無し, **10757**, 2018, 1075708-1 1075708-8, DOI:10.1117/2322068

[学会発表] (計 7件)

①石坂 隆祐、豊島 晴季、藤田 輝雄、一次元回折格子を埋め込んだ回転ディスクを用いた遠領域フォーカスサーボの動作実験、第79回応用物理学会秋季学術講演会、2018年9月20日、「名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)」

②Teruo Fujita, Ryusuke Ishisaka, Haruki Toyoshima, Far-field focus sensor using moving interference fringes generated by a one-dimension uniform-pitch grating inside a collinear hologram data disc, OPTICS+PHOTONICS, SPIE, 2018/8/19, 「San Diego(USA)」

③Teruo Fujita, Akira Takagi, Ryusuke Ishisaka and Satoshi Maruyama, Focus error signal obtained at the far-field from a rotational disc and measurement of its positional dependency, IWH2016, 2016/11/12, Jiaoxi(Taiwan) (invited)

④藤田 輝雄、ホログラム・データ・ストレージ・システム(HDSS)のデータホログラム位置制御技術、映像情報メディア学会技術報告、2016年10月21日、「九州大学西新プラザ(福岡県・福岡市)」(招待講演)

⑤高木 燦、石坂 隆祐、藤田 輝雄、一次元回折格子を埋め込んだ回転ディスクからの反射回折光を用いた焦点誤差検出法の特性解析実験、平成28年度電気関係学会北陸支部連合大会、2016年9月13日、「福井工業大学(福井県・福井市)」

⑥高木 燦、澤田 拓哉、藤田 輝雄、一次元回折格子を埋め込んだ回転ディスクからの焦点誤差信号の生成実験、第63回応用物理学会春季学術講演会、2016年3月22日、「東京工業大学大岡山キャンパス(東京都)」

⑦Takuya Sawada, Akira Takagi, Teruo Fujita, Focus error signal generation from a rotational disc using diffracted waves at the far-field, ODF' 16, Post deadline, 2016/3/1, 「Weingarten(Germany)」

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ：
<http://www.fukui-ut.ac.jp/laboratories/electric/entry-879.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：藤田 輝雄
ローマ字氏名： FUJITA Teruo
所属研究機関名：福井工業大学
部局名：工学部電気電子工学科
職名：教授
研究者番号（8桁）：50387396

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：澤田 拓哉
ローマ字氏名：SAWADA Takuya

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。