

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4678854号
(P4678854)

(45) 発行日 平成23年4月27日(2011.4.27)

(24) 登録日 平成23年2月10日(2011.2.10)

(51) Int.Cl.	F 1		
G 11 B 7/135	(2006.01)	G 11 B	7/135 Z
G 11 B 7/0065	(2006.01)	G 11 B	7/0065
G 11 B 7/13	(2006.01)	G 11 B	7/13
G 02 F 1/13	(2006.01)	G 11 B	7/135 A
G 02 F 1/1343	(2006.01)	G 02 F	1/13 505

請求項の数 10 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2005-344380 (P2005-344380)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成17年11月29日(2005.11.29)	(74) 代理人	100123788 弁理士 宮崎 昭夫
(65) 公開番号	特開2007-149266 (P2007-149266A)	(74) 代理人	100106138 弁理士 石橋 政幸
(43) 公開日	平成19年6月14日(2007.6.14)	(74) 代理人	100120628 弁理士 岩田 慎一
審査請求日	平成20年11月26日(2008.11.26)	(74) 代理人	100127454 弁理士 緒方 雅昭
		(72) 発明者	市川 武史 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光情報記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

情報光と参照光との干渉によって生じる干渉縞を記録媒体に形成することにより情報を前記記録媒体に記録し、前記記録媒体に参照光をあてて前記干渉縞を読み出して再生する光情報記録再生装置において、

光源と、

変調信号に応じて反射光の強度が変化する複数の変調素子を有して前記光源から出射された光束の少なくとも一部を変調し前記情報光とし、少なくとも一部を変調せずに前記参照光とするための空間光変調素子と、

前記参照光と前記情報光を前記記録媒体の所定の深さで干渉させるための光学系と、

前記光源から前記参照光を前記記録媒体の所定の深さにあてて、前記干渉縞から前記情報光を再生して再生された情報光を取り出す光学系と、

受光素子と、

前記取り出された情報光を前記受光素子へ導入する光学系と、

を有し、

前記変調素子は、前記光源からの光を反射する反射電極と、前記反射電極より前記光源側に空間を介して配置され前記光源からの光に対して半透過性を示す半透過膜と、前記反射電極と前記半透過膜との間の距離を保持するために前記反射電極の周縁部にあたる位置のみに設けられる支柱状の絶縁膜と、を有し、前記反射電極と前記半透過膜との間隔を制御することによって前記光源からの光の反射率が変化し、

10

20

前記空間光変調素子と前記受光素子とが同一の基板に一体的に形成されており、前記空間光変調素子は前記基板の前記受光素子が形成される表面に配置されていることを特徴とする、光情報記録再生装置。

【請求項 2】

前記反射電極と前記半透過膜との間隔が前記各変調素子ごとに制御されることを特徴とする、請求項 1 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 3】

前記反射電極と前記半透過膜との間に電圧を印加する手段を備え、前記電圧に応じて前記反射電極と前記半透過膜との間隔が変化することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の光情報記録再生装置。 10

【請求項 4】

前記半透過膜は、複数の変調素子に対して共通に設けられる共通電極であり、各変調素子ごとに反射電極に前記電圧が印加されることを特徴とする、請求項 3 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 5】

前記変調素子は、前記光源からの光を 2 値情報に変調することを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 6】

前記基板は、単結晶シリコンの基板であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。 20

【請求項 7】

前記半透過膜は、Ti を含む材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 8】

前記半透過膜は、各画素を画素の領域と比較して細い構造で接続していることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 9】

前記半透過膜における前記細い構造が複数箇所に設けられていることを特徴とする請求項 8 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 10】

前記参照光は、前記変調素子と同一の面にあり前記変調素子と同じ構造を有する素子により前記空間光変調素子から反射されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光情報記録再生装置。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光の干渉縞を記録媒体に記録することにより、高密度・大容量の情報の記録が可能な光情報記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

今日、世の中はマルチメディア時代に入り、記録媒体に対して記録を行う記録装置や記録媒体に対して記録及び再生を行う記録再生装置の必要性は重要度を増しており、その記録密度も年々上昇している。光情報記録媒体においても、CD (コンパクトディスク) から、DVD (Digital versatile disc)、そして Blu-ray (ブルー・レイ) ディスクといった進歩が見られる。光情報記録媒体における進歩に対応して、ディスクを用いた光情報記録装置及び光情報記録再生装置においても使用する光の波長の短波長化により記録密度を上昇させてきている。近年では、ホログラフィックメモリという新しい記録方式が提案されている。ホログラフィックメモリは、記録すべき情報に応じたホログラムを記録媒体中に形成することにより、情報の記録を行うものである。ホログラムを使用することの特徴から、多重記録が可能であって、隣接するホログラムが相互に重なり合う部分を有 40

していてもこれらのホログラムから独立して情報を再生できる。したがって、ホログラフィックメモリでは、従来の光情報記録媒体では得られないような高記録密度を達成することができる。

【0003】

ホログラフィックメモリについては、例えば非特許文献1において解説がなされている。図16は、ホログラフィックメモリによる従来の記録再生装置であって、コリニア方式と呼ばれる同軸タイプのホログラフィックメモリシステム（光情報記録再生装置）の光学系を説明している。

【0004】

この光情報記録再生装置は、例えばディスク状であるホログラム記録媒体216に対して情報の記録及び再生を行うものである。具体的には、情報によって変調された信号光と情報によっては変調されていない参照光とを同時に記録媒体216に照射して干渉させることによって、記録媒体216内に体積ホログラムを形成し、情報を記録する。また、弱い参照光を記録媒体216に照射することによって、体積ホログラムの再生像を取得し、情報を再生する。なお、体積ホログラムとは、記録媒体の体積ホログラムとは、記録媒体の厚み方向も積極的に利用し、3次元的に干渉縞を書き込む方式であり、厚みを増やすことで、回折効率を高め、多重記録を用いて記録容量を増大する方式である。デジタル体積ホログラムとは、体積ホログラムと同様の記録方式を用いつつも、記録する画像情報は2値化したデジタルパターンに限定したホログラム記録方式である。

【0005】

図示された光学系は、情報の記録及び再生に用いるレーザ光を発生する第1の光源201と、信号光を変調するための空間光変調素子(spacial light modulator；以下、SLMと略記する)204と、再生光を検出するための2次元の受光素子219を備えている。

【0006】

まず、上記光学系を用いて、ディスク状の記録媒体216に対して記録を行う場合について説明する。

【0007】

緑色レーザ等からなる第1の光源201から出射された光束は、コリメータ202によって平行光束とされ、ミラー203を経由し、SLM204を照明する。図16に示したものでは、SLM204として、DMD(Deformable Mirror Device)が使用されている。このようなSLM204は、2次元に配置された多数の光変調素子(画素)を有し、各画素ごとに「0」、「1」を表わすことができるようになっている。SLM204において、「1」の情報を表わす画素で反射された光は、記録媒体216の方向へ反射され、「0」の情報を表わす画素で反射された光は記録媒体216の方向へ反射されない。コリニア方式のホログラフィックメモリシステムで用いられるSLM204では、その中央部分が、情報光206を変調する部分とされており、それを環状に取り巻く部分は、参照光205を変調する部分となっている。

【0008】

SLM204において「1」の情報を表わす画素で反射された情報光206及び参照光205は、いずれも、偏光ビームスプリッタ(以下、PBSと略記する)207をP偏光で透過する。そして、第1のリレーレンズ208、ミラー209、第2のリレーレンズ210、ダイクロイックビームスプリッタ(以下、DBSと略記する)211を経由して記録媒体216に向けられる。DBS211の通過後、1/4波長板(以下、QWPと略記する)212を透過して円偏光(例えば、右回りの円偏光)に変換された参照光205と情報光206は、ミラー213で反射されて、焦点距離Fの対物レンズ214に入射する。SLM204上に表示されたパターンは、第1及び第2のリレーレンズ208、210により、対物レンズ214からFだけ手前に中間像を形成する。これにより、SLM204上のパターン像(図示せず)、対物レンズ214、記録媒体216がいずれもFの距離だけ離れて配置される、4F光学系が構成される。

10

20

30

40

50

【0009】

ディスク状の記録媒体216は、スピンドルモータ215上に回転可能に保持されている。対物レンズ214によって、参照光205と情報光206は記録媒体216に集光され、干渉して干渉縞を形成する。記録媒体216中の高分子材料には、この記録時の干渉縞パターンが屈折率分布として記録され、その結果、デジタル体積ホログラムが形成される。SLM204により、記録すべき情報に応じて情報光206を変調すれば、記録媒体216に、その情報に応じたデジタル体積ホログラムが形成される。特に、SLM204の情報光領域において、記録すべき情報に応じて画素ごとに変調を行えば、記録媒体216に、そのような画素数に応じた情報量を有するデジタル体積ホログラムが形成されることとなる。なお、記録媒体216中には、反射膜が設けられている。

10

【0010】

光情報記録再生装置には、ホログラム化された光情報の記録再生を行う第1の光源201以外に、記録媒体216に対する感光性のない赤色レーザ等からなる第2の光源220が設けられている。この第2の光源220を用いて、記録媒体216の反射膜を基準面として、記録媒体216の変位を高精度に検出することが可能である。これより、記録媒体216に面ブレや偏心が発生しても、光サーボ技術を用いてダイナミックに記録スポットを記録媒体面に追従させることができるとなり、高精度に干渉縞パターンを記録することができる。以下、このようなトラッキングについて、簡単に説明する。

【0011】

赤色レーザ等からなる第2の光源220から出射された直線偏光光束は、ビームスプリッタ（以下、BSと略記する）221を透過し、レンズ222で平行光束とされ、ミラー223とDBS211で反射されて、記録媒体216に向けられる。QWP212を透過し、円偏光（例えば、右回りの円偏光）に変換された光束は、ミラー213で反射されて対物レンズ214に入射して、記録媒体216の反射膜に微小な光スポットとして集光される。反射された光束は逆回りの円偏光（例えば、左回りの円偏光）となり、対物レンズ214に再入射して平行光束とされ、ミラー213で反射されてQWP212を透過して、往路での偏光とは垂直な直線偏光光束に変換される。DBS211で反射された光束は、往路と同様にミラー223、レンズ222を経由し、BS221で反射されて、光検出器224に導かれる。光検出器224は、複数の受光面を有していて、反射面の位置情報を検知する、この検知結果に基づいて対物レンズ214のフォーカスとトラッキングを行うことができる。このようなフォーカス及びトラッキングは、CDやDVDなどを用いる従来からよく知られた光情報記録再生装置において行われるものと同様のものである。

20

【0012】

次に、上記光学系を用いて、記録媒体216に記録されている情報の再生を行う場合について説明する。第1の光源201から出射された光束は、記録時と同様にSLM204を照明する。再生時は、SLM204の参照光205を変調する部分のみが「1」の情報を表示し、情報光206を変調する部分はすべて「0」の情報を表示する。したがって、参照光205の部分の画素で反射された光だけが、記録媒体216の方向へ反射され、情報光206は記録媒体216の方向へ反射されない。

30

【0013】

記録時と同様に参照光205は、円偏光（例えば、右回りの円偏光）となって記録媒体216に集光され、記録されている干渉縞（デジタル体積ホログラム）から情報光を再生する。記録媒体216中の反射膜で反射された情報光は、逆回りの円偏光（例えば、左回りの円偏光）となり、対物レンズ214に再入射して平行光束とされ、ミラー213で反射されてQWP212を透過して、往路での偏光とは垂直な直線偏光光束（S偏光）に変換される。この時、対物レンズ214からFの距離に再生されたSLM204の表示パターンの中間像が形成される。

40

【0014】

DBS211を透過した光束は、第2のリレーレンズ210、ミラー209、第1のリレーレンズ208を経由してPBS207に向けられる。PBS207で反射された光束

50

は、S L M 2 0 4 と共に位置に、S L M 2 0 4 の表示パターンの中間像として再結像される。この位置には開口 2 1 7 が予め置かれていて、情報光の周辺部にある不要な参照光が遮蔽される。そして、レンズ 2 1 8 により、再結像された中間像は、C M O S センサ等の受光素子 2 1 9 上に、情報光の部分のみのS L M 2 0 4 の表示パターンを形成する。これにより、不要な参照光 2 0 5 が受光素子 2 1 9 に入射しないので、S / N (信号対ノイズ比) の良い再生信号が得られる。

【 0 0 1 5 】

結局、この光情報記録再生装置では、記録すべき情報を 2 次元デジタルパターン情報に展開し、この 2 次元デジタルパターン情報によって情報光が変調される。この処理により、記録情報が 2 次元空間の光強度分布画像情報となった情報光が生成される。10 そして情報光と参照光とを干渉させることによって、その干渉縞が記録媒体に記録される。再生時には、参照光を照射する事で再生される光強度分布画像情報から 2 次元デジタルパターン情報を抽出し、デコードする。このデジタル処理により、S / N 比の劣化による再生誤り率の低下を抑えることが可能となり、また、2 値化データをコード化してエラー訂正を行うことで、極めて忠実に、記録情報を再現することが可能となる。

【 0 0 1 6 】

上述したコリニア方式のホログラフィックメモリシステムでは、情報光と参照光とが角度を持たない同軸上の光学配置を有するので、1 つの対物レンズを用いて記録再生を行うことができる。そのため、情報光と参照光とを別々の光路から記録媒体に照射させる 2 軸 2 光束干渉方式と比較して、光学系が簡単になるという利点を有する。また、反射膜を有する記録媒体の構造により、ディスク状の記録媒体の片面側に光学系を配置することができる利点を有する。20

【非特許文献 1】堀米 秀嘉ほか、「離陸間近のホログラフィック媒体 2 0 0 6 年に 2 0 0 G バイトを実現」、日経エレクトロニクス第 8 9 1 号、第 1 0 5 ~ 1 1 4 頁、2 0 0 5 年 1 月 1 7 日

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 7 】

しかしながら、従来のホログラフィックメモリシステムにおいて、空間光変調素子 (S L M) としては、一般に D M D や、上記で説明した光学系とは若干異なるが透過型の液晶素子が用いられている。透過型の液晶素子を用いる場合、光学系が容易になる利点はあるが、液晶素子であるがための微細化の問題や高速性の課題が生ずる。一方、D M D を用いる場合には、D M D の製造方法の複雑さによりコスト低下が困難であることや、微細化の問題が生じることが懸念されている。30

【 0 0 1 8 】

上記の問題点に鑑み、本発明は、ホログラフィックメモリシステムに用いられる空間光変調素子において、高速で動作し、かつ微細化可能であり、さらに簡単な構造で低コスト化をはかるための反射型の空間光変調素子を提案するものである。

【 0 0 1 9 】

すなわち本発明の目的は、高速で動作し、かつ微細化可能であり、さらには簡単な構造で低コスト化をはかる空間光変調素子を備えた光情報記録再生装置を実現することにある。40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

本発明の光情報記録再生装置は、情報光と参照光との干渉によって生じる干渉縞を記録媒体に形成することにより情報を記録媒体に記録し、記録媒体に参照光をあてて前記干渉縞を読み出して再生する光情報記録装置において、光源と、変調信号に応じて反射光の強度が変化する複数の変調素子を有して光源から出射された光束の少なくとも一部を変調し情報光とし、少なくとも一部を変調せずに参照光とするための空間光変調素子と、参照光と情報光を記録媒体の所定の深さで干渉させるための光学系と、光源から参照光を記録媒50

体の所定の深さにあてて、干渉縞から情報光を再生して再生された情報光を取り出す光学系と、受光素子と、取り出された情報光を受光素子へ導入する光学系と、を有し、変調素子は、光源からの光を反射する反射電極と、反射電極より光源側に空間を介して配置された光源からの光に対して半透過性を示す半透過膜と、反射電極と半透過膜との間の距離を保持するために反射電極の周縁部にあたる位置のみに設けられる支柱状の絶縁膜と、を有し、反射電極と半透過膜との間隔を制御することによって光源からの光の反射率が変化し、空間光変調素子と受光素子とが同一の基板に一体的に形成されており、空間光変調素子は基板の受光素子が形成される表面に配置されていることを特徴とする。

【0022】

本発明においては、反射電極と半透過膜との間隔が各変調素子ごとに制御されることが好ましい。具体的には、反射電極と半透過膜との間に電圧を印加する手段を備え、反射電極と半透過膜との間の静電引力により、印加電圧に応じて反射電極と半透過膜との間隔が変化するものとすることが好ましい。この場合、複数の変調素子に対して共通に設けられる共通電極として半透過膜を設け、各変調素子ごとに反射電極に制御電圧が印加されるようになることができる。変調素子は、空間光変調素子において、例えば、ライン状、あるいはマトリクス状に配置される。

【0023】

本発明では、記録媒体に形成される干渉縞は、デジタル体積ホログラムとすることが好ましい。そのため、変調素子は、前記光源からの光を2値情報に変調するものであることが好ましい。

【0024】

本発明において、基板は、単結晶シリコン基板であることが好ましい。反射電極を単結晶シリコン基板に形成することにより、高速駆動が可能になり、記録密度の高い光情報記録装置を実現できる。また、半透過膜は、例えば、Tiを含む材料から構成される。このような半透過膜において印加電圧に対する変位を大きくするために、半透過膜は、各画素を画素の領域と比較して細い構造で接続している構造とすることができる。さらに、半透過膜におけるこのような細い構造が複数箇所に設けられているようにすることができる。

【0025】

本発明の光情報記録再生装置においては、参照光は、変調素子と同一平面にあり変調素子と同じ構造を有するダミー素子により空間光変調素子から反射されるようにすることができる。

【0029】

本発明によれば、反射電極と、反射電極の前方に空間を介して配置された半透過膜とかなる変調素子を使用して空間光変調素子を構成するので、変調素子として簡易な構造を微細に形成することができになり、低コストで光情報記録再生装置を提供できる。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、空間光変調素子として簡易な構造を有するものを使用するので、低コストで信頼性の高い光情報記録再生装置を提供することができる。また、空間光変調素子と受光素子とを同一チップ上に形成することができるため、両者の位置合わせの必要がなくなり、さらに、低コストで信頼性の高い光情報記録再生装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

次に、本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0032】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態の光情報記録再生装置を説明するにあたり、まず、この光情報記録再生装置において用いられる空間光変調素子を説明する。本実施形態では、反射型の光干渉変調素子を用いて空間光変調素子を構成している。図1は、本実施形態における空間光変調素子を説明するための等価回路図である。

10

20

30

40

50

【0033】

この空間光変調素子は、2次元に配列された複数の単位変調素子（画素）を備え、画素ごとに光の「0」、「1」を変調できるようにしたものである。複数の垂直信号線と、複数の駆動線（走査線）がマトリクス配線を構成しており、垂直信号線と駆動線との交差位置がそれぞれ画素に対応する。画素ごとに、スイッチングトランジスタからなる画素スイッチ、干渉構造部、保持容量を備えている。画素スイッチのゲートは対応する駆動線に接続し、ドレインは対応する垂直信号線に接続する。保持容量は画素スイッチのソースと定電位点（例えば接地電位点）との間に設けられている。さらに、干渉構造部も画素スイッチのソースに接続している。図1では、2本の垂直信号線301、302と2本の駆動線315、316が示されており、4画素分の領域が示されている。これら4画素の画素スイッチが符号303～306で、干渉構造部が符号307～310で、保持容量が符号311～314で示されている。各干渉構造部は、各画素に共通な共通対向電極322も備えている。

【0034】

垂直信号線301、302の一端は、それぞれサンプリングスイッチ320、321を介して水平信号線319に共通に接続している。サンプリングスイッチ320、321のゲートは、水平シフトレジスタ317に接続する。また、駆動線315、316の一端は、垂直シフトレジスタ318に接続している。

【0035】

図1では2行2列で画素が配置しているが、本実施形態での空間光変調素子は、例えば1000行1000列のような多画素のマトリクスとすることもでき、その場合も同様の構成を有する。

【0036】

以下、本実施形態における反射型の光干渉変調素子を用いた空間光変調素子の回路動作について説明する。

【0037】

まず垂直シフトレジスタ318から駆動線315にオン信号が入力され、画素スイッチ303、304をオン状態にする。この状態で、水平シフトレジスタ317が順次動作し、水平信号線319から垂直信号線301、302に信号を伝達する。すなわち、まずサンプリングスイッチ320をオンにして、垂直信号線301に水平信号線319の信号を書き込む。すると、干渉構造部307において、画素スイッチ303を通して保持容量311に電荷が蓄積され、共通対向電極322との間に電界を生じさせる。この電界により干渉構造部307を変化させ、入射光に対する反射率を所望の値に変調させる。次いで、サンプリングスイッチ320をオフにした後にサンプリングスイッチ321をオンにして、今度は水平信号線319の信号を垂直信号線302に書き込み、画素スイッチ304を通して保持容量312に書き込む。このシーケンスでX方向（図示水平方向）に順次信号を画素に書き込んでいく。1行全て書き込んだ後に、駆動線315をオフ状態にし、今度は駆動線316にオン信号が入力され、画素スイッチ305、306をオン状態にする。その後は前述同様に水平方向に順次書き込んでいく。Y方向（図示垂直方向）に配列した行のすべてに信号を書きこんだ後に、再びこの動作を第一行から繰り返し各画素の信号を書き換えていく。

【0038】

図2に、本実施形態における反射型光干渉変調素子を用いた空間光変調素子の画素部（干渉構造部）の断面図である。

【0039】

本実施形態における反射型光干渉変調素子は、画素（干渉構造部）ごとに、光を反射する反射電極330と、反射電極330の前方に配置され、光に対して半透過性を有する半透過膜331とを備えるものである。半透過膜331は、複数の画素にまたがって設けられており、上述した共通対向電極322として機能する。半透過膜331では、入射光のうち透過しなかった部分は反射されるようになっている。この構成において、反射電極3

30と半透過膜331との空間距離（エアギャップ）を変化させることにより、反射電極330で反射された反射光と半透過膜331で反射された反射光との干渉作用によって、全体としての反射光の強度を制御することができる。半透過膜331には、厚さが5nmから15nm程度の薄膜金属材料、例えばTiを用いることができるが、特にTi限定されるものではない。反射電極330と半透過膜331との間の距離を保持するために、これらの間には、支柱状の絶縁膜332が設けられている。絶縁膜332は、隣接する画素の反射電極330間の隙の位置のみに設けられるようになることが好ましい。絶縁膜332としては、例えばシリコン窒化膜が用いられる。半透過膜331の表面のうち、反射電極330に対向しない方の面の全面には、例えばシリコン酸化膜からなる保護膜333が設けられている。

10

【0040】

反射電極330には、光の反射率の高い材料を用いることが好ましく、Al, AlSi, AlCu, Ti, Ta, W, Ag, Pt, Ru, Ni, Au, TiN等の金属膜、あるいはこれら金属の化合物膜、あるいは積層膜を用いることができる。ただし、反射電極33の材料はこれらのものに限定されるものではない。絶縁膜332と保護膜333は、異なる材料で構成しても同じ材料でも構成してもよく、絶縁材料であれば電気的に問題なく、材質が特に限定されるものではない。反射電極330は、画素ごとに設けられて、図1に示す等価回路において、それぞれ画素スイッチのソースに接続するものである。

【0041】

次に、図2を用いて干渉構造部の動作について説明する。

20

【0042】

まず半透過膜331の共通電極には、例えば0Vの接地電位を与える。図1を用いて説明したアクティブマトリクス動作により、反射電極330に信号に応じた電圧が与えられ、反射電極330と半透過膜331に電位差が生じる。そしてその電位差によって発生するクーロン力により、画素ごとに反射電極330と半透過膜331との間のエアギャップが変化する。

【0043】

図3は、半透過膜331の厚さが10nmであって、エアギャップが180nmのときとエアギャップが30nmのときのそれについて、半透過膜331側から入射する光の反射率の値を縦軸に、光の波長を横軸に示したグラフである。図3より、反射電極330に与えた信号の電圧に応じてエアギャップが30nmから180nmへと変化すると、それに伴い反射率が大きく変化することが分かる。これは、反射電極330で反射した光と半透過膜331で反射した光との干渉作用によるものであるが、この干渉作用は、光の波長や半透過膜の材料、エアギャップによりそれぞれ設計可能である。したがって、乾燥構造部における物理的な強度や、反射光において必要とされるコントラスト比等の特性を鑑みて、干渉構造部として必要な構成をとることが重要である。

30

【0044】

このような空間光変調素子は、半導体装置製造技術を用いて、シリコン半導体基板の表面に形成されるものである。すなわち、半導体基板に上述した各配線や画素スイッチや保持容量を形成した後、それらの配線、画素スイッチ、保持容量を覆うように、反射電極330が設けられる。図2に示したものでは、反射電極330は、シリコン基板の表面に層間絶縁膜を介して設けられている。反射電極330の下方に下地配線層334が設けられて、層間絶縁膜を貫通するプラグ336を介して反射電極330と電気的に接続する。さらに層間絶縁膜には、反射型光干渉変調素子を用いた空間光変調素子に入射された光が干渉構造部の下部に配置された画素スイッチであるトランジスタの領域に届かないようにするための遮光膜335が設けられている。

40

【0045】

図4(a), (b)は、それぞれこのように反射型光干渉変調素子の平面図と斜視図である。ここでは2画素分の領域が示されており、図示左側の画素は、黒表示状態の反射型光干渉変調素子40であり、図示右側の画素は、白表示状態の反射型光干渉変調素子41

50

である。ここでは、これらの画素をまたぐように全面に半透過膜 4 2 が設けられていることが示されている。図 4 に示したものは、デジタル表示で信号を書き込んだ例で、反射型光干渉変調素子 4 1 は、中心部のエアギャップが狭くなり反射率が増大して白くなっている。このような「0」、「1」のパターンを形成することで、記録情報とすることができる。隣接する画素（反射型光干渉変調素子）4 0, 4 1 の間の領域は、構造にもよるが、黒にすることも白にすることも可能である。しかしながら、ホログラフィックメモリシステムへの応用という観点からすれば、隣接する画素間の領域を黒にした方が擾乱はないといえる。素子間の領域を黒にすることは、反射電極 3 3 0 の下部に光吸収層を積層させることで実現できる。

【0046】

10

なお、反射電極 3 3 1 に与えられる信号電圧をアナログ的に連続に変調させると、反射電極 3 3 0 と半透過膜 3 3 1との間のエアギャップも連続的に変化し、そのエアギャップに応じて反射率も連続的に変化するため、アナログの記録情報とすることもできる。

【0047】

図 5 は、上述したような反射型光干渉変調素子を用いた空間光変調素子を有する半導体チップの平面図である。ここでは、コリニア方式のホログラフィックメモリシステムに対して空間光変調素子を用いることとしているので、参照光のための反射領域（参照光領域 4 5）も設けられている。参照光領域 4 5 は、常に白状態で光を反射すればよいので、この領域には半透過膜 4 2 は設けられていない。これに対し、情報光領域 4 6 では、半透過膜 4 2 が配置され、反射型光干渉変調素子が設けられている。本実施形態では、参照光領域 4 5 は情報光領域 4 6 の周辺に配置されている。これにより、光学系の構成自体が簡素化されとともに、単一の空間光変調素子を用いて情報光と参照光の両方を形成することができる。

20

【0048】

次に、先に説明した反射型光干渉変調素子を用いた空間光変調素子の作製方法について簡単に述べる。

【0049】

n 型単結晶シリコン半導体基板を部分熱酸化し、LOCOS (Local Oxidation of silicon) 酸化膜を形成する。ついで LOCOS 酸化膜をマスクとして、ボロン (B) をドーズ量 10^{11} cm^{-2} 程度でイオン注入し、p 型不純物領域である p 型ウエルを形成する。この基板を再度熱酸化し、厚さ 60 nm のゲート酸化膜を形成する。

30

【0050】

次に、リン (P) を 10^{20} cm^{-3} 程度ドープした n 形型ポリシリコンからなるゲート電極を形成した後、基板全面にリンをドーズ量 10^{13} cm^{-2} 程度でイオン注入し、不純物濃度 10^{18} cm^{-3} 程度の n 形不純物領域である n 型低濃度ドレインを形成する。引き続き、パターニングされたフォトレジストをマスクとして、リンをドーズ量 10^{15} cm^{-2} 程度でイオン注入し、不純物濃度 10^{20} cm^{-3} 程度のソース・ドレイン領域を形成し、n MOS トランジスタを形成する。同様に p MOS トランジスタを形成する。その後、基板全面に層間絶縁膜（不図示）を形成する。層間絶縁膜には、PSG (Phospho-silicate Glass) 膜や NSG (Nondope Silicate Glass) / BPSG (Boro-Phospho-Silicate Glass) 膜、あるいは、TEOS (テトラエトキシシラン) による CVD (化学気相成長) 膜等を用いることが可能であり、特に限定されるものではない。

40

【0051】

次に、ソース・ドレイン領域の直上にコンタクトホールをパターニングし、スパッタリング等によりアルミニウム (Al) 層を蒸着した後パターニングし、下地配線層 3 3 4 を形成する。この下地配線層 3 3 4 と、ソース・ドレイン領域とのオーミックコンタクト特性を向上させるために、Ti / TiN 等のバリアメタルを下地配線層 3 3 4 とソース・ドレイン領域との間に形成することが望ましい。その後、層間絶縁膜を形成し、さらに金属膜によって遮光膜 3 3 5 を形成する。遮光膜 3 3 5 には、例えば Ti、TiN、Al、Ag 等の金属膜もしくはそれらの積層膜を用いることができ、特に限定されるものではない

50

。遮光膜335をパターニングした後、さらに層間絶縁膜を形成し、下地配線層334上の所定の位置にコンタクトホールを開ける。次いで、コンタクトホールにタンゲステンを堆積した後にCMP(化学機械研磨)法により平坦化してプラグ336を形成する。

【0052】

その後、金属層をスパッタ法によりおよそ厚さ300nm堆積し、パターニングして反射電極330を形成する。ついでシリコン窒化膜をプラズマCVD法により厚さ300nm形成し、パターニング後のエッチングにより、支柱状の絶縁膜332を形成する。その後、レジストを塗布し平坦化した後におよそ高さ180nmの支柱状の絶縁層332が均一に残るように平坦化する。次に、低温のスパッタ法により、Ti層を厚さ10nm堆積して、さらにシリコン酸化膜を厚さ300nm堆積する。パターニングした後にドライもしくはウェットエッチングでシリコン窒化膜とTi層をエッチングし、その後レジストをウェットエッチングにより除去して半透過膜331と保護膜333を形成する。その後、ワイヤボンディングで電極を取り出す。10

【0053】

このような製造工程を経ることにより、反射型光干渉変調素子を有する空間光変調素子を作製できた。

【0054】

(第2の実施形態)

図6は、本発明の第2の実施形態における反射型光干渉変調素子の平面図である。第1の実施形態では、半透過膜が画素間をまたがって全面に一様に設けられていた。これに対し本実施形態では、隣接する反射型光干渉変調素子(画素)40,41の間の位置で半透過膜47におけるつなぎ目を細くして、半透過膜47が低電圧で駆動できるようにして反射型光干渉変調素子を形成した。図7は、反射型光干渉変調素子における信号電圧を横軸とし、反射率を縦軸として、電圧-反射率特性を示したグラフである。図7においては、第1の実施形態で示した全面一様に形成された半透過膜42を有する素子の特性をAで示し、本実施形態における画素間のつなぎ目を細く形成した半透過膜47を有する素子の特性をBとして示した。図7より、本実施形態の反射型光干渉変調素子は、全面一様の形状のものと比べて低電圧駆動が実現できているとともに、素子の反射率も増加していることが分かる。これは、1つの反射型光変調素子の中でエアギャップの狭くなる領域が大きくなるためで、白状態の開口率が大きい素子といえる。ホログラフィック記録においては、情報光の白と黒とのコントラストが高いほどホログラフ干渉縞のコントラストも高くなるので、本実施形態の反射型光干渉変調素子を用いることにより、再生時にエラーの少ない読み出しが可能となる。2030

【0055】

(第3の実施形態)

図8は、本発明の第3の実施形態における反射型光干渉変調素子の平面図である。ここでは、第2の実施形態と同様に、隣接する反射型光干渉変調素子(画素)40,41の間の位置で半透過膜におけるつなぎ目を細くして半透過膜を低電圧で駆動できるようにしているが、つなぎ目の形状において第2の実施形態と異なっている。すなわち、半透過膜42を保持する際の信頼性向上するために、隣接する画素間の領域では平行な3本の継ぎ目に分離するように、半透過膜42を構成している。このように継ぎ目を複数箇所に設けることで、半透過膜42における安定な平面構造が実現する。40

【0056】

以上、本発明の好ましい反射型光干渉変調素子について説明したが、この光干渉変調素子は、光の干渉を利用して光の強度変調を行っている。そのため、半透過膜や反射電極における表面の平坦度は重要な要素であり、表面の平坦度が悪く、光の反射方向が微妙に変化すると、それに応じてホログラムによる干渉縞が所望のものから変化してしまう。本発明の光情報記録装置あるいは光情報記録再生装置では、空間光変調素子として、第1から第3の実施形態で示した素子構造を有するものを任意に選択することができるが、これらのものに限定されるものではない。例えば、第1から第3の実施形態の反射型光干渉変調50

素子を組み合わせて構成された空間光変調素子を用いることも可能である。

【0057】

(第4の実施形態)

次に、上述した本発明に基づく空間光変調素子を用いた、本発明に基づく光情報記録再生装置について説明する。本実施形態の光情報記録再生装置は、コリニア方式ホログラフィックメモリシステムとして構成されたものであり、空間光変調素子と、再生光を検出するためのCMOSイメージセンサなどの受光素子とを同一の半導体チップ上に形成したものである。図9～図11は、本実施形態の光情報記録再生装置の光学系を説明する図である。図9は、記録時における光源から空間光変調素子までの光学系を示し、図10は、記録時における空間光変調素子からホログラムディスク(記録媒体)までの光学系を示し、図11は、再生時の光学系を示している。10

【0058】

本実施形態の光情報記録再生装置は、例えばディスク状であるホログラム記録媒体186に対して、体積ホログラムの書き込みによって情報の記録を行い、体積ホログラムの再生像を取得することによって情報の再生を行うものである。図示された光学系は、情報の記録及び再生に用いるレーザ光を発生する第1の光源101と、信号光を変調するための空間光変調素子(SLM)と再生光を検出するための2次元の受光素子とを一体的に設けた変調/受光素子(SLM/CMOS)108とを備えている。変調/受光素子108におけるSLM部分としては、上述の第1乃至第3の実施形態に記載された、反射型光干渉変調素子を有する空間光変調素子が好ましく使用される。そして、隣接する反射型光干渉変調素子(画素)の領域に、各画素に対応した受光セル(例えばフォトダイオード)が配置されており、これにより、SLMによる光変調と受光素子による受光とを同軸で行うことができるようになっている。後述するように、再生時には情報光の領域でのみ光学的な像パターンを検出すればよいので、受光素子は、SLMにおける情報光領域にのみ配置すればよい。あるいは、後述するように、シリコン半導体基板上に、反射型光干渉変調素子からなる空間光変調素子と受光素子とを縦方向に一体化して設けたもの(言い換えれば両者を積層したもの)であってもよい。20

【0059】

まず、図9及び10を用いて、記録媒体118に記録を行う場合について説明する。図9において、緑色レーザ等からなる第1の光源101から出射された光束は、コリメータ102で平行光束とされ、マスク素子103に入射する。マスク素子103は、光束の中心部の情報光に相当する部分をマスクする働きを有する。光束の中心部を遮蔽するマスクを光路に挿入してもよい。情報の記録時には、このマスク素子103は機能せず、すべての光束を透過させている。マスク素子103を透過した光は、偏光ビームスプリッタ(以下、PBSと略記する)104に入射する。30

【0060】

P偏光でPBS104を透過した光束は、1/4波長板(以下、QWPと略記する)105を透過して円偏光(例えば、右回りの円偏光)に変換され、第1のリレーレンズ106及び第2のリレーレンズ107を経由し、変調/受光素子108に照射される。変調/受光素子108内のSLMで「1(白)」の情報を表わす画素によって反射された光は、高い反射率で記録媒体118の方向へ反射され、SLMの「0(黒)」の情報を表わす画素で反射された光は、干渉により記録媒体118の方向へはわずかしか反射されない。従来例と同様に、そして、図5にも示したように、コリニア方式のSLMには、情報光110を変調する部分とそれを環状に取り巻く参照光109を変調する部分が設けられている。40

【0061】

以下、図10によって説明すると、変調/受光素子108のSLMによって反射された光束は、逆回りの円偏光(例えば、左回りの円偏光)とされる。第2のリレーレンズ107及び第1のリレーレンズ106を経由した光束は、QWP105を透過してS偏光に変換され、PBS104で反射されて記録媒体118の方向に向けられる。50

【0062】

変調 / 受光素子 108 の SLMにおいて、「1」の情報を表わす画素にて反射された情報光 110 及び参照光 109 は、PBS 104 で反射され、第 3 のリレーレンズ 111、ミラー 112、第 4 のリレーレンズ 113、ダイクロイックビームスプリッタ（以下、DBS と略記する）114 を経由して記録媒体 118 に向けられ、ミラー 115 で反射されて焦点距離 F の対物レンズ 116 に入射する。変調 / 受光素子 108 の SLM に表示されたパターンは、第 3 及び第 4 のリレーレンズ 111、112 により、対物レンズ 116 から F だけ手前に中間像を形成する。これにより、変調 / 検出素子 108 の SLM 上のパターン像（不図示）、対物レンズ 116、記録媒体 118 とがいずれも F の距離だけ離れて配置されている、4F 光学系が構成されたことになる。

10

【0063】

ディスク状の記録媒体 118 は、スピンドルモータ 117 上に回転可能に保持されている。対物レンズ 116 によって、参照光 109 と情報光 110 は記録媒体 118 に集光され、干渉して干渉縞を形成する。記録媒体 118 中の高分子材料には、この記録時の干渉縞パターンが屈折率分布として記録され、デジタル体積ホログラムが形成される。特に、記録すべき情報に応じて情報光 110 を変調すれば、記録媒体 118 に、その情報に応じたデジタル体積ホログラムが形成されることになる。なお、記録媒体 118 中には反射膜が設けられている。

【0064】

従来のものと同様に、本実施形態の光情報記録再生装置には、ホログラム化された光情報の記録再生を行う第 1 の光源 101 以外に、記録媒体 118 に対する感光性のない赤色レーザ等からなる第 2 の光源 119 が設けられている。この第 2 の光源 119 を用いて、記録媒体 118 の反射膜を基準面として、記録媒体 118 の変位を高精度に検出することが可能である。これより、記録媒体 118 に面ブレや偏心が発生しても、光サーボ技術を用いてダイナミックに記録スポットを記録媒体面に追従させることができることが可能となり、高精度に干渉縞パターン（デジタル体積ホログラム）を記録することができる。以下に簡単に説明する。

20

【0065】

第 2 の光源 119 から出射された光束は、ビームスプリッタ（以下、BS と略記する）120 を透過し、レンズ 121 で平行光束とされ、ミラー 122 と DBS 114 で反射されて、記録媒体 118 に向けられる。その後、ミラー 115 で反射されて対物レンズ 116 に入射して記録媒体 118 の反射膜に微小な光スポットとして集光される。反射された光束は、対物レンズ 116 に再入射して平行光束とされ、ミラー 115、DBS 114 で順次反射され、往路と同様にミラー 122、レンズ 121 を経由し、ビームスプリッタ BS 120 で一部の光束を反射されて、光検出器 123 に導かれる。光検出器 123 は、複数の受光面を有していて、公知の方法で反射面の位置情報を検知し、それに基づいて対物レンズ 116 のフォーカスとトラッキングを行うことができる。

30

【0066】

次に、図 11 を用いて、記録媒体 118 にデジタル体積ホログラムとして記録されている情報を再生する場合の動作を説明する。第 1 の光源 101 から出射された光束は、記録時と同様に、変調 / 受光素子 108 に照射される。この際、第 1 の光源 101 からの光の強さは、記録媒体 118 に記録されている情報を破壊しないように、記録時に用いられた強度よりも小さいものとされる。再生時において、マスク素子 103 は、光束の中心部の情報光に相当する部分をマスクする。

40

【0067】

第 1 のリレーレンズ 106 及び第 2 のリレーレンズ 107 は、マスク素子 103 の像を変調 / 受光素子 108 の SLM に結像させる役目を有する。これにより、参照光の部分の素子のみが照明され、情報光の部分はマスク素子 103 の像によりきちんと遮光がなされることになる。変調 / 受光素子 108 の SLM においては、参照光 109 を変調する部分のみが「1（白）」の情報を表示し、情報光 110 を変調する部分は、すべて「0（黒）

50

」の情報を表示する。したがって、参照光 109 を変調する部分の画素で反射された光だけが、記録媒体 118 の方向へ反射される。情報光 110 を反射する部分の画素の光束は、記録媒体 118 の方向へ反射されないばかりかもともと照明すらされないので、従来例と比較して、一段と S/N の良い情報光の再生が可能となる。

【0068】

記録時と同様に参照光 109 は、PBS 104 で反射され、記録媒体 118 に集光され、記録された干渉縞から情報光を再生する。記録媒体 118 中の反射膜で反射された情報光（すなわち再生光）は、対物レンズ 116 に再入射して平行光束とされ、ミラー 115 で反射される。この時、対物レンズ 116 から F の距離に再生された SLM の表示パターンの中間像が形成される。

10

【0069】

DBS 114 を透過した光束は、第 4 のリレーレンズ 113、ミラー 112、第 3 のリレーレンズ 111 を経由して PBS 104 に向けられ、第 4 のリレーレンズ 113 と第 3 のリレーレンズ 111 とにより、マスク素子 103 と共に位置に SLM の表示パターンの中間像として再結像される（図示せず）。そして、この再結像された中間像は、PBS 104 で反射され、第 1 のリレーレンズ 106 及び第 2 のリレーレンズ 107 により、変調 / 受光素子 108 上に結像される。上述したように、変調 / 受光素子 108 の受光素子部分は、情報光が照明される部分の画素間に配置されている。なお、本実施形態では、受光素子として、画素ごとに、フォトダイオードとフォトダイオードで検出した受光信号を增幅する MOS トランジスタとを有する、CMOS センサを用いている。

20

【0070】

上述したようにマスク素子 103 を用いることにより、この光情報記録再生装置では、受光素子が形成されている情報光部分の画素間の領域には不要な参照光は入射しないので、S/N の良い再生信号を得ることができる。

【0071】

次に、本実施形態の光情報記録再生装置における、記録・再生の回路動作を説明する。図 12 は、本実施形態において用いられた、反射型干渉変調素子を用いた SLM と CMOS センサからなる受光素子とを一体型とした変調 / 受光素子を説明するための等価回路図である。図 12 において、符号 1 ~ 10 までは、空間光変調素子に係る構成要素に付与され、符号 21 ~ 33 は、CMOS イメージセンサとして構成されている受光素子に係る構成要素の付与されている。

30

【0072】

列方向（図示垂直方向）に延びる複数の垂直信号線 1, 1a, ... と、行方向（図示水平方向）に延びる複数の駆動線（走査線）2, 2a, ... とが設けられてこれらはマトリクス配線を構成しており、垂直信号線と駆動線との交点がそれぞれ画素に対応する。したがって、画素はマトリクス状に配置されていることになり、画素配列の列ごとに垂直信号線が設けられ、行ごとに駆動線が設けられていることになる。垂直信号線 1, 1a, ... は空間光変調素子のためのものであり、これと同様に、列ごとに、受光素子のための垂直信号線 26, 26a, ... が設けられている。さらに、行ごとに、受光素子のための水平読出し線 27, 27a, ...、水平リセット線 28, 28a, ...、水平選択線 29, 29a, ... が設けられている。

40

【0073】

各画素には、空間光変調素子のために、スイッチングトランジスタからなる画素スイッチ 3, 3a, ... と、干渉構造部 4, 4a, ... と、保持容量 5, 5a, ... が設けられている。また、各画素には、受光素子のために、フォトダイオード 21, 21a, ... と、トランジスタからなる転送スイッチ 22, 22a, ... と、トランジスタからなるリセットスイッチ 23, 23a, ... と、増幅トランジスタ 24, 24a, ... と、トランジスタからなる選択スイッチ 25, 25a, ... とが設けられている。

【0074】

各画素の空間光変調素子の部分では、画素スイッチ 3, 3a, ... のゲートは対応する駆

50

動線 2 , 2 a , ... に接続し、ドレインは対応する垂直信号線 1 , 1 a , ... に接続する。保持容量 5 , 5 a , ... は、画素スイッチのソースと定電位点（例えば接地電位点）との間に設けられている。さらに、干渉構造部 4 , 4 a , ... も画素スイッチのソースに接続している。各干渉構造部は、各画素に共通な共通対向電極 6 も備えている。垂直信号線 1 , 1 a , ... の一端は、それぞれサンプリングスイッチ 9 , 9 a , ... を介して空間光変調素子のための水平信号線 10 に接続し、サンプリングスイッチ 9 , 9 a , ... のゲートは、区間光変調素子の水平シフトレジスタ 8 に接続する。また駆動線 2 , 2 a , ... の一端は垂直シフトレジスタ 7 に接続する。

【 0 0 7 5 】

各画素の受光素子の部分では、フォトダイオード 2 1 , 2 1 a , ... のアノードは接地され、カソードはそれぞれ転送スイッチ 2 2 , 2 2 a , ... の一端に接続している。転送スイッチ 2 2 , 2 2 a , ... のゲートは対応する水平読出し線に接続し、他端はリセットスイッチの一端に接続している。リセットスイッチ 2 3 , 2 3 a , ... は、フォトダイオード及びそれに対して電気的に接続するフローティングディフュージョン（F D）領域を所定電位までリセットするためのものであって、他端には所定の電位が印加されるとともに、ゲートは水平リセット線に接続している。さらに、転送スイッチ 2 2 , 2 2 a , ... の他端は、フォトダイオード 2 1 , 2 1 a , ... による信号電荷を増幅するための増幅トランジスタ 2 4 , 2 4 a , ... のゲートにも接続している。増幅トランジスタ 2 4 , 2 4 a , ... の一端には所定電位が印加され、他端は、選択スイッチ 2 5 , 2 5 a , ... を介して、受光素子の対応する垂直信号線に接続する。選択スイッチのゲートは、対応する水平選択線に接続する。受光素子の垂直信号線 2 6 , 2 6 a , ... の一端は、サンプリングスイッチ 3 2 , 3 2 a , ... を介して、受光素子の水平信号線 3 3 に接続する。サンプリングスイッチ 3 2 , 3 2 a , ... のゲートは、受光素子の水平シフトレジスタ 3 1 に接続する。受光素子のための水平読出し線 2 7 , 2 7 a , ... 、水平リセット線 2 8 , 2 8 a , ... 、水平選択線 2 9 , 2 9 a の各一端は、いずれも、受光素子の垂直シフトレジスタ 3 0 に接続している。

【 0 0 7 6 】

図 12 では、2 行 2 列で画素が配置しているが、当然のことながら、本実施形態の光情報記録再生装置における変調 / 受光素子 108 の回路は、例えば 1000 行 1000 列のような多画素のマトリクス構成とすることもできる。

【 0 0 7 7 】

本実施形態の変調 / 受光素子 108 の回路動作について説明する。まず、書き込みモードについて説明する。書き込み時の動作は、一般的の表示装置などにおけるアクティブマトリクス動作と同様の動作である。

【 0 0 7 8 】

まず垂直シフトレジスタ 7 から駆動線 2 にオン信号が入力され、画素スイッチ 3 , 3 a がオン状態になる。この状態で、水平シフトレジスタ 8 が順次動作し、水平信号線 10 から垂直信号線 1 に信号を伝達する。すなわち、まずサンプリングスイッチ 9 がオンになって、垂直信号線 1 に水平信号線 10 の信号が書き込まれ、画素スイッチ 3 を通して保持容量 5 に信号に応じた電荷が蓄積される。SLM として第 1 ~ 第 3 の実施形態において示したような反射型光干渉変調素子を用いる場合、干渉構造部 4 の反射電極（不図示）と共に干渉構造部 4 を変化させ、入射光に対する反射率を所望の値に変調させることができる。ホログラフィックメモリシステムにおける SLM としては白と黒の 2 階調があればよいので、反射率としては最大反射率あるいは最小反射率が得られる電圧を干渉構造部 4 に与えることになる。次いでサンプリングスイッチ 9 をオフにした後にサンプリングスイッチ 9 a をオンにして、今度は、水平信号線 10 の信号を垂直信号線 1 a に書き込み、この信号を、画素スイッチ 3 a を介して保持容量 5 a に書き込む。このようなシーケンスで、水平方向（行方向）に順次信号を画素に書き込んでいく。

【 0 0 7 9 】

1 行全て書き込んだ後に、駆動線 2 がオフにされ、今度は駆動線 2 a に、画素スイッチ

10

20

30

40

50

3 b、3 c をオン状態にするべく信号が入力される。後は前述同様に、水平方向に順次画素に信号を書き込んでいく。すべての行に電圧を書きこんだ後に、再びこの動作を第一行から繰り返し、各画素の電圧を書き換えていく。このようにして全画素に信号を書き込んだ後、第1の光源 101 からの光を変調 / 受光素子 108 に入射させれば、それぞれの画素において変調された光として反射し、その反射光は、参照光 109 と干渉して記録媒体 118 に記録される。

【0080】

参照光 109 を変調する画素、すなわち参照光領域にある画素は、一定の反射率になるように設定される。例えば、情報光が当たる画素と同じ構造にして、最大反射率が得られるような電圧を与える。また例えば、干渉構造は形成せずに、単純にミラー構造としてもよい。

10

【0081】

次に、読み出しモードについて説明する。

【0082】

記録媒体 118 に記録された情報が参照光 109 により再生され、受光画素に「1」(白)あるいは「0」(黒)に相当する光強度が入射され、それに応じた量の電荷がフォトダイオード 21, 21a ... に蓄積される。垂直シフトレジスタ 30 から水平読み出し線 27 にオン信号を出力し、転送スイッチ 22 をオン状態にすることで、フォトダイオードに貯められた電荷が増幅トランジスタ 24 のゲートの電位を変化させ、その結果、フォトダイオードに蓄えられた信号に応じた電圧が増幅トランジスタ 24 のドレインに出力される。垂直シフトレジスタ 30 から水平選択線 29 によって選択スイッチ 25 をオン状態にすると、増幅トランジスタ 24 の出力が垂直信号線 26 に伝達する。水平シフトレジスタ 31 を順次動作させて、サンプリングスイッチ 32 をオンにすることにより、垂直信号線 26 から水平信号線 33 へ情報が送られる。サンプリングスイッチ 32 をオフにした後、次列のサンプリングスイッチ 32a がオンとなって、同様に信号が送られる。1 行すべての信号が送られた後は、垂直シフトレジスタ 30 により、次の行に移行し、同様にして、順次、信号が読み出される。あとは読み出された信号に基づいて、記録媒体 118 に記録されている信号を再生すればよい。

20

【0083】

なお、反射型光干渉光変調素子を用いた SLM と受光素子である CMOS センサとをシリコン基板上に積層して一体化した場合、あるいは、画素間の位置に受光素子を配置した場合、受光素子も干渉構造部の上述した半透過膜の下側に位置することになる。したがって、読み出しモードを行う直前に、情報を受光するすべての画素の SLM のトランジスタ 3、3a、3b、... を一度オン状態にして、干渉構造部 4、4a、4b、... が同程度の透過率を示す状態に保持しておく必要がある。

30

【0084】

なお、SLM と受光素子とを縦方向に積層した構成の変調 / 受光素子を用いる場合を説明したが、同一のシリコン基板において基板表面の異なる位置に SLM と受光素子とを配置した場合においても、回路構成としては上述と同様のものである。すなわち、本実施形態では、シリコン半導体基板の表面において横方向に隣接して SLM と CMOS センサとを配置したものも変調 / 受光素子として使用できる。

40

【0085】

次に、本実施形態における反射型光干渉光変調素子を用いた SLM と受光素子である CMOS センサとを縦に一体化にした、すなわち積層した変調 / 受光素子の構造について説明する。図 13 はそのような変調 / 受光素子の要部の断面構造を示している。ここでは、2 画素分の領域が示されている。受光素子として高速読み出しが可能な CMOS センサを用いる例を説明しているが、受光素子の種類は特に限定されるものではなく、CCD やその他の光センサでもよい。

【0086】

単結晶シリコン (Si) 基板 51 の表面にフォトダイオード 52 が形成され、また、C

50

MOSセンサの転送スイッチのゲート電極53が設けられている。これらの全面を覆うように層間絶縁膜60が設けられ、層間絶縁膜60内には、CMOSセンサの配線54、SLMの配線55及び遮光膜56が設けられている。そして層間絶縁膜60の最表面近くには、反射電極57が設けられている。配線54は、コンタクトホールを介して転送スイッチのソース／ドレイン電極と接続し、配線55はコンタクトホールを介して反射電極57に接続する。層間絶縁膜60の表面であって、反射電極57の周縁部にあたる位置には、支柱状の絶縁膜61が設けられており、この絶縁膜61に保持されるようにして、半透過膜58が設けられている。半透過膜58と反射電極57との間には、空間（エアギャップ）62が形成されている。半透過膜58の表面のうち、空間62に面しない方の表面の全面に保護膜59が形成されている。この図では、素子間絶縁するためのLOCOS酸化膜等や、CMOSセンサの他のトランジスタ、配線、SLMの画素スイッチや配線は省略してある。10

【0087】

この変調／受光素子では、入射される光に対して反射電極57と半透過膜58との間で干渉を生じさせ、その間の空間（例えば空気）62の距離（エアギャップ）を変化させることで、反射率及び透過率を変化させている。この構成では、反射型光干渉光変調素子を用いたSLMと受光素子であるCMOSセンサを縦に一体化した構成となっている。そのため、受光素子であるCMOSセンサに入射する光を読み取る際に透過モードも使用するため、両ミラー（半透過膜68及び反射電極57）とも半透明である必要がある。しかしながら、横配置の場合には、干渉構造部4では透過モードを使用する必要が無いので、反射電極57は半透明である必要はない。反射電極57が半透明でない場合には、反射電極57として、反射率の高い材料を用いることが好ましく、例えば、Al, AlSi, AlCu, Ti, Ta, W, Ag, Pt, Ru, Ni, Au, TiN等の金属膜、あるいはこれら金属の化合物膜を用いることができる。ただし、反射電極の材質はここに示したものに限定されるものではない。反射電極57と半透過膜58との間に配置された支柱状の絶縁膜61は、例えばシリコン窒化膜で形成され、半透過膜58の保護膜59は、例えばシリコン酸化膜で形成される。なお、支柱状の絶縁膜61、層間絶縁膜60、保護膜59としては、電気的な絶縁材料であれば特に限定されることなく使用することができ、またこれらを異なる材料で構成しても同じ材料で構成してもよい。20

【0088】

次に、この変調／受光素子の干渉構造部としての動作について説明する。まずTiからなる半透過膜58には、例えば0Vのグランド電位を与える。前述したアクティブマトリクス動作により、反射電極57には、信号に応じた電圧が与えられ、反射電極57と半透過膜58との間に電位差が生じ、それによって発生するクーロン力によりエアギャップが変化する。図14は、半透過膜58が厚さ5nmのTi、反射電極57が厚さ15nmのTiの層構成の干渉構造部を構成した場合に、エアギャップが170nmの時と10nmの時の反射率の波長変化を表わしたグラフである。保護膜59としては、厚さ10nmのSiO₂が用いられている。図14に示すように、波長550nmの光において、エアギャップが170nmの時の反射率は52.5%であり、10nmの時の反射率は、1.2%である。反射電極57に与える信号の電圧により、エアギャップを10nmから170nmへと変化させると、それに伴い反射率が大きく変化することが分かる。この干渉作用は、波長や半透過膜材料、エアギャップによりそれぞれ設計可能であり、したがって、物理的な強度やコントラスト比等の特性を鑑みて、干渉構造部として必要な構成をとることが重要である。40

【0089】

読み出しモードの場合には、少なくとも情報光が入射する画素では、光干渉の状態は同じ状態にして透過率を一定にしておく必要がある。そこでこの変調／受光素子においてエアギャップを10nmにした場合の透過率に波長変化を図15に示す。この場合、透過率は23.0%と比較的低いが、一定であることが重要であって透過率の絶対値はそれほど重要ではない。透過率を一定に保つことにより、再生光の強度をCMOSセンサで判別し、50

白画素なのか黒画素なのかを識別することが可能になる。

【0090】

本実施形態では、S L Mと受光素子であるC M O Sセンサとを同一のチップに配しているので、両者間を位置合わせさせるための複雑な機構や高価なリレーレンズ系を廃することができ、光学系のコストダウンとコンパクト化を図ることができる。

【0091】

本実施形態によれば、情報光と参照光との干渉によって生じる干渉縞を記録して情報を記録させる光情報記録装置あるいは光情報記録再生装置において、情報を書き込むための素子として空間光変調素子を用いている。そして空間光変調素子は、ライン状もしくはマトリクス状に複数存在する反射型の光干渉変調素子を有する。各光干渉変調素子は、光源からの光を反射する反射電極と、反射電極上に空間を介して配置された半透過性の電極とによって構成されている。そして各光干渉変調素子では、反射電極の電位を制御し、反射電極と半透過性の電極との間の間隔を変化させることにより、反射光の強度を変調することができる。このような構成の反射型光変調素子を空間光変調素子は、微細に形成することができるシングルな構造を有する。したがって本実施形態によれば、光情報記録装置あるいは光情報記録再生装置を低コストに構成することができる。

【産業上の利用可能性】

【0092】

本発明は、光の干渉縞を記録媒体に記録することにより、高密度・大容量の情報の記録が可能な光情報記録装置及び光情報記録再生装置に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図1】本発明の第1の実施形態の光情報記録再生装置で用いられる空間光変調素子の等価回路図である。

【図2】空間光変調素子の画素部（干渉構造部）の構成を示す断面図である。

【図3】干渉構造部の波長 - 反射率特性を示すグラフである。

【図4】(a), (b)はそれぞれ反射型光干渉変調素子の平面図及び斜視図である。

【図5】反射型光干渉変調素子を用いた空間光変調素子を有する半導体チップの平面図である。

【図6】第2の実施形態における反射型光干渉変調素子の平面図である。

【図7】図6に示す反射型干渉素子の波長 - 反射率特性を示すグラフである。

【図8】第3の実施形態における反射型光干渉変調素子の平面図である。

【図9】本発明の第4の実施形態の光情報記録再生装置の光学系を説明する図であって、記録時における光源から変調 / 受光素子までを示す図である。

【図10】第4の実施形態の光情報記録再生装置の光学系を説明する図であって、記録時における変調 / 受光素子から記録媒体までを示す図である。

【図11】第4の実施形態の光情報記録再生装置の光学系を説明する図であって、再生時を示す図である。

【図12】変調 / 受光素子を説明する等価回路図である。

【図13】変調 / 受光素子の要部の断面図である。

【図14】変調 / 受光素子の波長 - 反射率特性を示すグラフである。

【図15】変調 / 受光素子の波長 - 透過率特性を示すグラフである。

【図16】ホログラフィックメモリを用いる従来の光情報記録装置装置の概略を示す図である。

【符号の説明】

【0094】

1 , 2 6 , 3 0 1 , 3 0 2 垂直信号線

2 , 3 1 5 , 3 1 6 駆動線（走査線）

3 , 3 0 3 ~ 3 0 6 スイッチングトランジスタ

4 , 3 0 7 ~ 3 1 0 干渉構造部

10

20

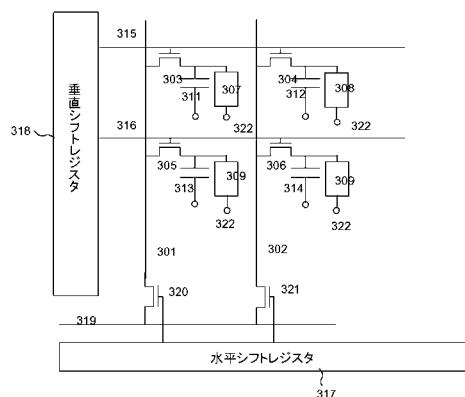
30

40

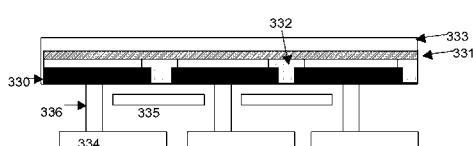
50

5 , 3 1 1 ~ 3 1 4	保持容量	
6 , 3 2 2	共通対向電極	
7 , 3 0 , 3 1 8	垂直シフトレジスタ	
8 , 3 1 , 3 1 7	水平シフトレジスタ	
9 , 3 2 , 3 2 0 , 3 2 1	サンプリングスイッチ	
1 0 , 3 3 , 3 1 9	水平信号線	
2 1 , 5 2	フォトダイオード	
2 2	転送スイッチ	
2 3	リセットスイッチ	
2 4	増幅トランジスタ	10
2 5	選択スイッチ	
2 7	水平読出し線	
2 8	水平リセット線	
2 9	水平選択線	
4 2 , 4 7 , 5 8 , 3 3 1	半透過膜	
4 5	参照光領域	
4 6	情報光領域	
5 1	シリコン(Si)基板	
5 3	ゲート電極	
5 4 , 5 5	配線	20
5 6 , 3 3 5	遮光膜	
5 7 , 3 3 0	反射電極	
5 9 , 3 3 3	保護膜	
6 0	層間絶縁膜	
6 1 , 3 3 2	絶縁膜	
6 2	空間	
1 0 1 , 2 0 1	第1の光源(緑色レーザ)	
1 0 2 , 2 0 2	コリメータ	
1 0 3	マスク素子	
1 0 4 , 2 0 7	偏光ビームスプリッター(PBS)	30
1 0 5 , 2 1 2	1 / 4 波長板(QWP)	
1 0 6 , 1 0 7 , 1 1 1 , 1 1 3 , 2 0 8 , 2 1 0	リレーレンズ	
1 0 8	変調 / 受光素子	
1 0 9 , 2 0 5	参照光	
1 1 0 , 2 0 6	情報光	
1 1 2 , 1 1 5 , 1 2 2 , 2 0 3 , 2 0 9 , 2 1 3 , 2 2 3	ミラー	
1 1 4 , 2 1 1	ダイクロイックビームスプリッタ(DBS)	
1 1 6 , 2 1 4	対物レンズ	
1 1 7 , 2 1 5	スピンドルモータ	
1 1 8 , 2 1 6	記録媒体	40
1 1 9 , 2 2 0	第2の光源(赤色レーザ)	
1 2 0 , 2 2 1	ビームスプリッタ(BS)	
1 2 1 , 2 1 8 , 2 2 2	レンズ	
1 2 3 , 2 2 4	光検出器	
3 3 4	下地配線層	
3 3 6	プラグ	
2 0 4	空間光変調素子(SLM)	
2 1 7	開口	
2 1 9	受光素子	

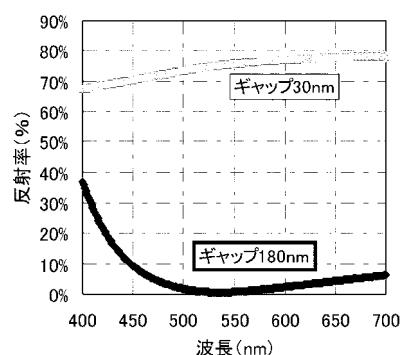
(义 1)



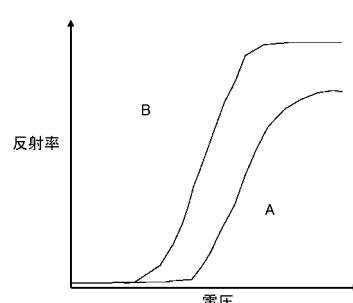
(义 2)



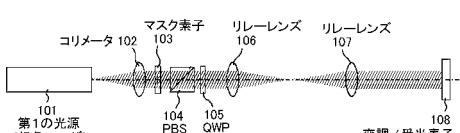
〔 义 3 〕



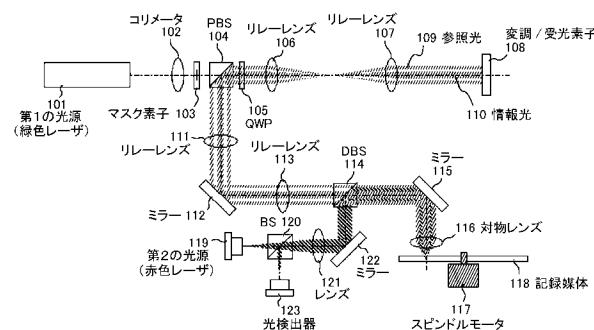
【図 7】



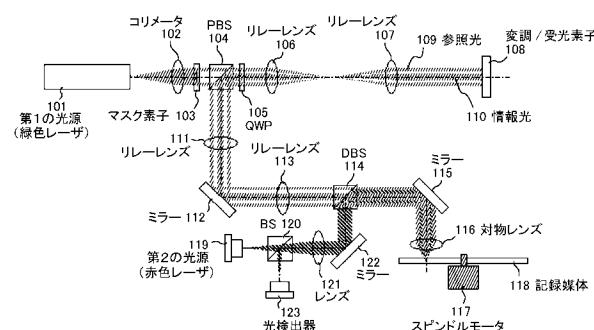
【圖 9】



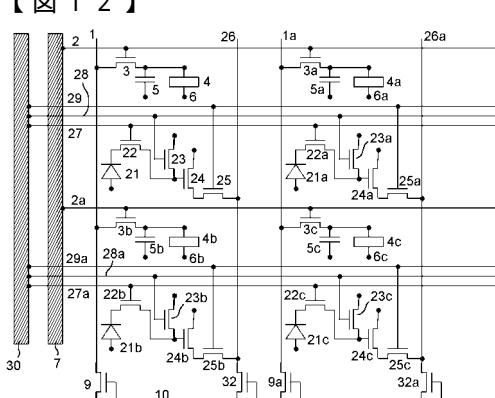
【 义 1 0 】



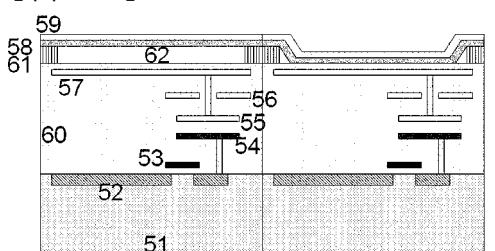
【 四 1 1 】



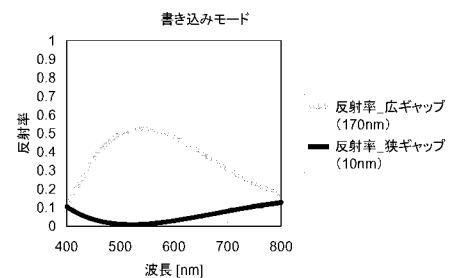
(緑色レーザ)



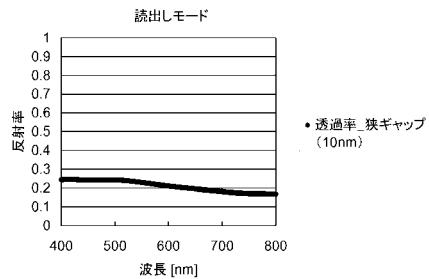
【图 1-3】



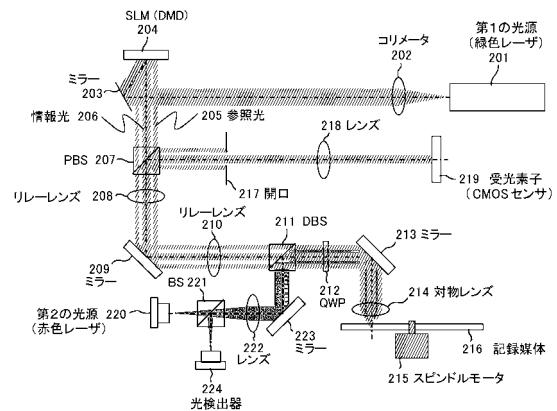
【図14】



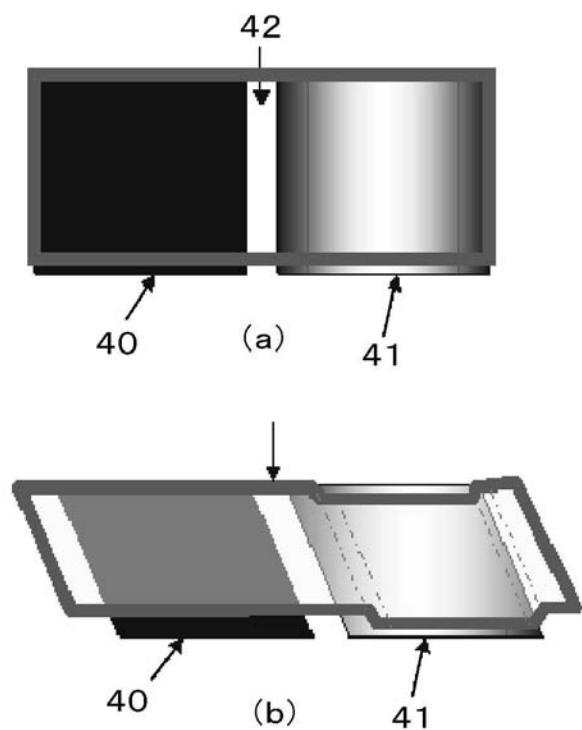
【図15】



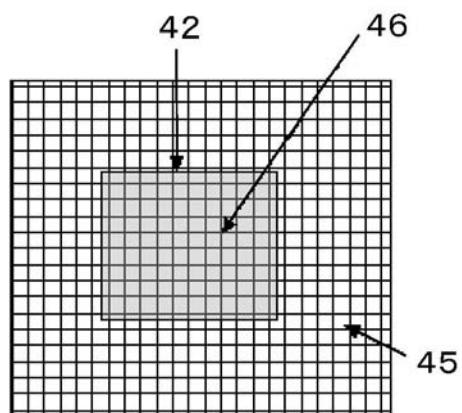
【図16】



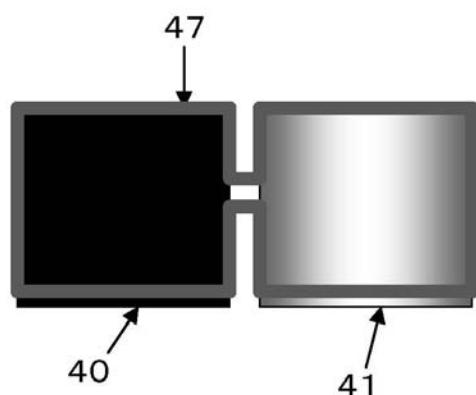
【図4】



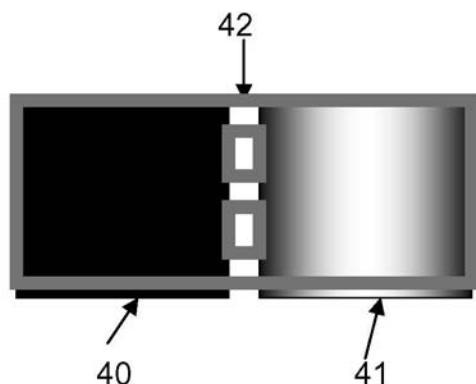
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

G 0 2 F 1/1335 (2006.01)

F I

G 0 2 F 1/1343

G 0 2 F 1/1335 5 2 0

(72)発明者 坂口 清文

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 中野 浩昌

(56)参考文献 国際公開第2004/102542 (WO, A1)

特開2003-315692 (JP, A)

特開2003-315694 (JP, A)

特開2000-330041 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 1 1 B 7 / 1 3 5

G 0 2 F 1 / 1 3

G 0 2 F 1 / 1 3 3 5

G 0 2 F 1 / 1 3 4 3

G 1 1 B 7 / 0 0 6 5