

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4678852号
(P4678852)

(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 I

G 1 1 B 7/135 (2006.01)

G 1 1 B 7/135 Z

G 1 1 B 7/0065 (2006.01)

G 1 1 B 7/0065

G 1 1 B 7/13 (2006.01)

G 1 1 B 7/13

G 1 1 B 7/22 (2006.01)

G 1 1 B 7/135 A

G 1 1 B 7/22

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2005-344377 (P2005-344377)
 (22) 出願日 平成17年11月29日 (2005. 11. 29)
 (65) 公開番号 特開2007-149263 (P2007-149263A)
 (43) 公開日 平成19年6月14日 (2007. 6. 14)
 審査請求日 平成20年11月26日 (2008. 11. 26)

(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
 (74) 代理人 100123788
 弁理士 宮崎 昭夫
 (74) 代理人 100106138
 弁理士 石橋 政幸
 (74) 代理人 100120628
 弁理士 岩田 慎一
 (74) 代理人 100127454
 弁理士 緒方 雅昭
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光情報記録再生装置及びそれに用いる素子

(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するとともに、干渉縞が形成された記録媒体に前記参照光を照射して情報の再生を行う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、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当てて、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、

2次元の受光素子と、

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、前記基板において前記受光素子の複数の画素を覆う層間絶縁膜上に前記複数の変調素子が配置されることによって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】

前記空間光変調素子が前記受光素子の前記光源側に配置されるように前記空間光変調素子と前記受光素子が積層され、前記空間光変調素子における画素と前記受光素子における

10

20

対応する画素とが前記光源から入射する光の軸に沿って配置され、前記空間光変調素子に入射した光の少なくとも一部が前記受光素子に向けて透過す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】

前記空間光変調素子は、各画素において前記受光素子に対して一定の透過率を有するように変調の設定が可能である特徴とする請求項 2 に記載の光情報記録再生装置。

【請求項 4】

前記空間光変調素子と前記受光素子は、前記空間光変調素子における画素と前記受光素子における対応する画素とが、前記光源から入射する光の軸に沿って重ならないように、相互に隣接して配置してい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。

10

【請求項 5】

前記各変調素子は、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ある割合で透過させ残りは反射する機能を有する半透過膜とを有し、前記反射電極と前記半透過膜との距離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する素子であ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】

前記各変調素子は、反射型液晶素子であ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 7】

20

前記基板はシリコン半導体基板であり、前記空間光変調素子は前記変調素子と画素スイッチとを複数有し、前記受光素子はフォトダイオードとトランジスタとを複数有し、前記画素スイッチは前記トランジスタと同じ形成工程で形成され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】

光源からの光を変調するとともに外部から入射する光を受光する素子において、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、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するための空間光変調素子と、

前記外部から入射する光を受光する 2 次元の受光素子と、
を有し、

30

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、前記基板において前記受光素子の複数の画素を覆う層間絶縁膜上に前記複数の変調素子が配置されることによって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素子。

【請求項 9】

前記空間光変調素子が前記受光素子の前記光源側に配置されるように前記空間光変調素子と前記受光素子が積層され、前記空間光変調素子における画素と前記受光素子における対応する画素とが前記光源から入射する光の軸に沿って配置され、前記空間光変調素子に入射した光の少なくとも一部が前記受光素子に向けて透過することを特徴とする、請求項 8 に記載の素子。

40

【請求項 10】

前記空間光変調素子は、各画素において前記受光素子に対して一定の透過率を有するように変調の設定が可能である特徴とする請求項 9 に記載の素子。

【請求項 11】

前記空間光変調素子と前記受光素子は、前記空間光変調素子における画素と前記受光素子における対応する画素とが、前記光源から入射する光の軸に沿って重ならないように、相互に隣接して配置していることを特徴とする、請求項 8 に記載の素子。

【請求項 12】

前記各変調素子は、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ある割合で透過させ残りは反射

50

する機能を有する半透過膜とを有し、前記反射電極と前記半透過膜との距離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する素子であることを特徴とする、請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の素子。

【請求項 13】

前記各変調素子は、反射型液晶素子であることを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の素子。

【請求項 14】

前記基板はシリコン半導体基板であり、前記空間光変調素子は前記変調素子と画素スイッチとを複数有し、前記受光素子はフォトダイオードとトランジスタとを複数有し、前記画素スイッチは前記トランジスタと同じ形成工程で形成されることを特徴とする、請求項 8 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の素子。

10

【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と再生が可能な、ホログラムを用いる光情報記録再生装置と、このような光情報記録再生装置で用いられる変調／受光素子とに関する。

【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。

20

30

【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 15 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。

40

【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 20

50

1 と、信号光を変調するための空間光変調素子 (spacial light modulator ; 以下、S L M と略記する) 2 0 4 と、再生光を検出するための 2 次元の受光素子 2 1 9 を備えている。

【 0 0 0 6 】

[記録]

まず、上記光学系を用いて、ディスク状の記録媒体 2 1 6 に対して記録を行う場合について説明する。

【 0 0 0 7 】

緑色レーザ等からなる第 1 の光源 2 0 1 から出射された光束は、コリメータ 2 0 2 によって平行光束とされ、ミラー 2 0 3 を経由し、空間光変調素子 2 0 4 を照明する。図 1 5 に示したものでは、S L M 2 0 4 として、D M D (Deformable Mirror Device) が使用されている。このような S L M 2 0 4 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。S L M 2 0 4 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 2 1 6 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 2 1 6 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 S L M 2 0 4 では、その中央部分が、情報光 2 0 6 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 2 0 5 を変調する部分となっている。

【 0 0 0 8 】

S L M 2 0 4 において「1」の情報を表わす画素で反射された情報光 2 0 6 及び参照光 2 0 5 は、いずれも、偏光ビームスプリッタ (以下、P B S と略記する) 2 0 7 を P 偏光で透過する。そして、第 1 のリレーレンズ 2 0 8、ミラー 2 0 9、第 2 のリレーレンズ 2 1 0、ダイクロイックビームスプリッタ (以下、D B S と略記する) 2 1 1 を経由して記録媒体 2 1 6 に向けられる。D B S 2 1 1 の通過後、1 / 4 波長板 (以下、Q W P と略記する) 2 1 2 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 2 0 5 と情報光 2 0 6 は、ミラー 2 1 3 で反射されて、焦点距離 F の対物レンズ 2 1 4 に入射する。S L M 2 0 4 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 2 0 8、2 1 0 により、対物レンズ 2 1 4 から F だけ手前に中間像を形成する。これにより、S L M 2 0 4 上のパターン像 (図示せず)、対物レンズ 2 1 4、記録媒体 2 1 6 がいずれも F の距離だけ離れて配置される、4 F 光学系が構成される。

【 0 0 0 9 】

ディスク状の記録媒体 2 1 6 は、スピンドルモータ 2 1 5 上に回転可能に保持されている。対物レンズ 2 1 4 によって、参照光 2 0 5 と情報光 2 0 6 は記録媒体 2 1 6 に集光され、干渉して干渉縞を形成する。記録媒体 2 1 6 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。S L M 2 0 4 により、記録すべき情報に応じて情報光 2 0 6 を変調すれば、記録媒体 2 1 6 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、S L M 2 0 4 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 2 1 6 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 2 1 6 中には、反射膜が設けられている。

【 0 0 1 0 】

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 2 0 1 以外に、記録媒体 2 1 6 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 2 2 0 が設けられている。この第 2 の光源 2 2 0 を用いて、記録媒体 2 1 6 の反射膜を基準面として、記録媒体 2 1 6 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 2 1 6 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可能となり、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。

【 0 0 1 1 】

赤色レーザ等からなる第 2 の光源 2 2 0 から出射された直線偏光光束は、ビームスプリ

10

20

30

40

50

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、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。

10

【0012】

〔再生〕

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。

20

【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。

【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で反射された光束は、SLM204と共役の位置に、SLM204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217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218により、再結像された中間像は、CMOSセンサ等の受光素子219上に、情報光の部分のみのSLM204の表示パターンを形成する。これにより、不要な参照光205が受光素子219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。

30

【0015】

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。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。

40

【0016】

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

50

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。

【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 2006 年に 200 G バイトを実現」、日経エレクトロニクス第 891 号、第 105 ~ 114 頁、2005 年 1 月 17 日

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

しかしながら、上述した従来のホログラフィックメモリシステムにおいては、2 次元の空間光変調素子 (SLM) と CMOS センサなどからなる受光素子との間のシフト (位置ずれ)、チルト (傾き角) およびローテーション (回転角) を高精度に制御して両者を位置あわせ必要があるため、コスト低下が困難である。

【0018】

本発明の目的は、ホログラフィックメモリシステムに代表される光情報記録再生装置において、空間光変調素子と受光素子との位置合わせ作業を不要とし、また、光学系のコストダウンとコンパクト化を可能とすることにある。

【0019】

本発明の別の目的は、そのような光情報記録再生装置において情報光の変調と受光とに用いられる素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0020】

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するとともに、干渉縞が形成された記録媒体に参照光を照射して情報の再生を行う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、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体の所定の深さに当てて、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、2 次元の受光素子と、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、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、基板において受光素子の複数の画素を覆う層間絶縁膜上に複数の変調素子が配置されることによって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。

【0021】

本発明の素子は、光源からの光を変調するとともに外部から入射する光を受光する素子において、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、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するための空間光変調素子と、外部から入射する光を受光する 2 次元の受光素子と、を有し、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、基板において受光素子の複数の画素を覆う層間絶縁膜上に複数の変調素子が配置されることによって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、空間光変調素子と受光素子との位置関係としては、基板上に空間光変調素子と受光素子とを縦方向に配置するものと、横方向に配置するものとがある。縦方向に配置する場合には、空間光変調素子が光源側に配置されるように空間光変調素子と受光素子が積層され、空間光変調素子における画素ピッチと受光素子における画素ピッチとが一致して空間光変調素子における画素と受光素子における対応する画素とが光源から入射する光の軸に沿って配置され、空間光変調素子に入射した光の少なくとも一部が受光素子に向けて透過するようにする。この場合、空間光変調素子は、各画素において受光素子に対して一定の透過率を有するように変調の設定が可能であることが好ましい。これに対し

10

20

30

40

50

て横方向に配置する場合には、空間光変調素子と受光素子は、空間光変調素子における画素と受光素子における対応する画素とが、光源から入射する光の軸に沿って重ならないように、相互に隣接して配置するようにする。

【0023】

上述した本発明の光情報記録再生装置及びそれに用いられる素子において、変調素子としては、変調信号に応じて反射光の強度が変化する素子を用いることが好ましい。そのような変調素子は、例えば、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、光源からの光に対してある割合で透過させ残りは反射する機能を有する半透過膜とを有し、反射電極と半透過膜との距離を制御することによって光源からの光の反射率が変化する素子である。あるいは変調素子は、反射型液晶素子である。

10

【0024】

本発明において、基板としてはシリコン半導体基板を用いることが好ましい。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、従来は、空間光変調素子と受光素子とをシリコンプロセスによるチップとして別々に設けていたのに対し、そのようなシリコン半導体チップを2個から1個へ半減させることができる。空間光変調素子とCMOSセンサなどの受光素子とは、それらを製造するための半導体プロセスの各工程が、ほとんど同じであるので、工程数の増加を伴うことなく、これらの素子の機能を一度に作りこむことが可能である。その結果、光情報記録再生装置として、光学系をより簡単なものとするのが可能となっており、設置面積を小さくすることができるようになる。また、記録媒体への書き込みと記録媒体からの読み出しとをほぼ同じ軸上で行うことができることから、書き込み用の光学系と読み出し用の光学系との間の位置ずれが本質的になくなり、両者間の光学系のずれの調整が不要になる。本発明によれば、このような特徴を有して低コストで製造できる光情報記録再生装置を提供できるようになるとともに、そのような光情報記録再生装置において好適に用いられる変調/受光素子を提供できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

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。

【0027】

30

(第1の実施形態)

まず、本発明の第1の実施形態の光情報記録再生装置について説明する。この光情報記録再生装置は、コリニア方式の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1～図3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1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2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3は、再生時の光学系を示している。

【0028】

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。

40

【0029】

本実施形態では、後述するように、変調/受光素子108における空間光変調素子部分としては、反射型光干渉変調素子を有する空間光変調素子を用い、受光素子としてはCMOSセンサを用いている。これら空間光変調素子とCMOSセンサとをシリコン半導体基板上で縦方向に積層して設けることにより、変調/受光素子108を構成している。この

50

構成を用いることにより、空間光変調素子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。

【0030】

まず、図1及び2を用いて、ホログラムディスクである記録媒体118に記録を行う場合について説明する。図1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。マスク素子103としては、例えば液晶素子を用いることができる。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。

10

【0031】

P偏光でPBS104を透過した光束は、必要に応じて設けられた1/4波長板（以下、QWPと略記する）105を透過し、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、空間光変調素子（SLM）とCMOSセンサが1チップに搭載された変調/受光素子108に照射される。SLMとして偏光状態を変化させない構成の光干渉変調素子（iMOD）素子が用いられる場合には、QWP105を予め設ければよい。また、SLMとして偏光状態を90°変化させる構成の反射型液晶（LCOS；liquid crystal on silicon）素子の場合には、QWP105は不要である。ここで光干渉変調素子（iMOD）とは、反射電極と反射電極の前方に配置された半透過膜とを有する素子であり、半透過膜は、入射光をある割合で透過させ、残りは反射する機能を有する。この光干渉変調素子は、半透過膜側から光が入射した際の半透過膜表面からの反射光と、半透過膜を透過して反射電極によって反射された反射光との干渉を用いることによって、光変調を行う。反射電極も光を反射する性質を有し、ここで半透過膜と反射電極との間の空間の距離（エアギャップ）を変化させることによって、入射光の全体としての反射率を制御することができ、反射光の強度を変調することができる。エアギャップの距離は、半透過膜と反射電極との間に信号電圧を印加し、その信号電圧によって生じる電界によるクーロン力によって半透過膜を変位させることにより、制御することができる。半透過膜としてはTi（チタン）の薄膜を好ましく使用できる。

20

【0032】

以下、変調/受光素子108として、iMODとCMOSとの組み合わせからなる素子を用いる場合（iMOD/CMOS）と、LCOSとCMOSとの組み合わせからなる素子を用いる場合（LCOS/CMOS）とに分けて、記録動作を説明する。

30

【0033】

iMOD/CMOSの場合：

QWP105を透過した光束は、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を照明する。変調/受光素子108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、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

【0034】

以下、図2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。

【0035】

LCOS/CMOSの場合：

一方、変調/受光素子108としてLCOS/COMSが用いられる場合、PBS10

50

4を通過した光束は、第1のリレーレンズ106及び第2のリレーレンズB107を經由し、変調/受光素子108を照明する。SLM上で「1(白)」の情報を表わす画素で反射された光はS偏光に変換され、「0(黒)」の情報を表わす画素で反射された光はP偏光の状態を保持する。従来例と同様に、コリニア方式のSLM上には、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。

【0036】

以下、図2によって説明すると、変調/受光素子108で反射された光束のうち、S偏光はPBS104で反射されてホログラムディスク118の方向に差し向けられ、P偏光はPBS104を透過してホログラムディスク118の方向に向かわない。

【0037】

iMOD/CMOSを用いる場合も、LCOS/CMOSを用いる場合も、変調/受光素子108のSLMにおいて「1(白)」の情報を表わす画素によって反射された参照光109と情報光110は、PBS104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を經由して記録媒体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。

【0038】

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。

【0039】

この光情報記録再生装置では、従来例のものと同様に、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、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。

【0040】

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DBS114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、DBS114で順次反射され、往路と同様にミラー122、レンズ121を經由し、ビームスプリッタBS120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。

【0041】

次に、図3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

10

20

30

40

50

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。本実施形態では、マスク素子 103 を構成する液晶素子は、光束の中心部のみ偏光方向を 90° 回転させて S 偏光とし、後続の PBS 104 で反射させて変調 / 受光素子 108 に到達しないようにしている。また、中心部を遮蔽するマスクを光路に挿入してもよい。

【0042】

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)」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ともとも照明すらされないのので、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。

【0043】

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。

【0044】

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 と共役の位置に 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。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増幅する MOS トランジスタとを有する、CMOS センサを用いている。しかも本実施形態では、変調 / 受光素子 108 として、空間光変調素子 (SLM) と CMOS センサなどの受光素子とを同一のチップ上に配したものを使用しているので、両者を位置合わせするための複雑な機構が不要となる。また、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。

【0045】

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 4 は、本実施形態において用いられた、反射型光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 4 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。

【0046】

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み出し線 27, 27a, ...、水平リセット線 28, 28a, ...、水平選択線 29, 29a, ... が設

10

20

30

40

50

けられている。

【 0 0 4 7 】

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 , 3 a , ... と、干渉構造部 4 , 4 a , ... と、保持容量 5 , 5 a , ... 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 2 1 , 2 1 a , ... と、トランジスタからなる転送スイッチ 2 2 , 2 2 a , ... と、トランジスタからなるリセットスイッチ 2 3 , 2 3 a , ... と、増幅トランジスタ 2 4 , 2 4 a , ... と、トランジスタからなる選択スイッチ 2 5 , 2 5 a , ... とが設けられている。

【 0 0 4 8 】

各画素の空間光変調素子の部分では、画素スイッチ 3 , 3 a , ... のゲートは対応する駆動線 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 1 0 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 4 9 】

ここで干渉構造部は、上述した反射電極と半透過膜とを備えるものであり、半透過膜は共通対向電極 6 として各画素に共通に設けられている。一方、反射電極は、画素ごとに画素スイッチのソースに接続されている。

【 0 0 5 0 】

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氣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 5 1 】

図 4 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 1 0 8 の回路は、例えば 1 0 0 0 行 1 0 0 0 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 5 2 】

本実施形態の変調 / 受光素子 1 0 8 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 5 3 】

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 1 0 が

10

20

30

40

50

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）と共通対向電極 6 との間の電位差が印加され、この間に電界が生じる。この電界により、干渉構造部 4 を変化させ、具体的には反射電極と共通対向電極 6 との距離が変化し、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。ここで、SLMとしてLCOSが用いられるのであれば、液晶画素の一方の電極を画素スイッチに接続し他方を共通対向電極 6 とすればよい。LCOSを用いる場合であれば、液晶部に電界が生じ、この電界により液晶の配向が変化して、入射光の偏光特性を変化させる。偏光板・波長板等の組み合わせにより反射率を所望の値に変調させる。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 または液晶部に与えることになる。

10

【0054】

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。

【0055】

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 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。

20

【0056】

変調／受光素子 108 において、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、反射型光干渉変調素子を用いる場合には、干渉構造は形成せずに、単純にミラー構造としてもよい。

30

【0057】

次に、読出しモードについて説明する。

【0058】

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, 21 a ... に蓄積される。垂直シフトレジスタ 30 から水平読出し線 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 32 a 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。

40

【0059】

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

50

リコン基板上に積層して一体化した場合、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。

【0060】

なお、図4に示す回路図は、空間光変調素子と受光素子とを縦方向に積層して一体型にした場合だけでなく、画素ごとに光変調素子と受光素子とを重ねることなく隣接させた場合にも、共通して適用できるものである。

【0061】

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5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。なお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形成されるようにしてもよい。

【0062】

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、CMOS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。遮光膜56は、入射光が下部トランジスタ領域に届かないようにするためのものである。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。

【0063】

この変調/受光素子では、入射光に対して反射電極(第1の干渉ミラー)57と半透過膜(第2の干渉ミラー)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、両方の干渉ミラー(すなわち半透過膜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。

10

20

30

40

50

【0064】

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。図示上側から光が入射したとすると、その入射光のある割合の部分は半透過膜58の表面で反射され、残りの部分は半透過膜58を透過して反射電極57で反射され、半透過膜58を透過して外部に出射する。このとき、半透過膜58の表面で反射された成分と反射電極57で反射された成分とが干渉し、両者の位相差に応じて全体としての反射光の強度が変化する。位相差は光路差で決まり、光路差はエアギャップの大きさの2倍であるから、信号電圧に応じてエアギャップが変化させることにより、干渉構造部としての反射光（全体としての反射光）の強度を制御することができる。

10

【0065】

図6は、このように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の時での反射率の波長変化を表わしたグラフである。ここでは、保護膜59として厚さ10nmのSiO₂を用い、半透過膜58としては、厚さ5nmのTiと厚さ20nmのSi₃N₄と厚さ10nmのSiO₂と厚さ20nmのSi₃N₄をこの順で積層したものを、反射電極57としては、表面に厚さ10nmのSiO₂膜を有する厚さ15nmのTiを用いた。図6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。

20

【0066】

読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7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、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。

30

【0067】

次に、このような反射型光干渉変調素子からなる空間光変調素子(SLM)とCMOSセンサである受光素子とを一体化させた変調 / 受光素子の作成方法について説明する。

【0068】

シリコン(Si)半導体基板を用い、この半導体基板上に、周知の方法によって、CMOSセンサを形成する。具体的な形成方法としては、任意のものを用いることができる。同時に、nMOSトランジスタによって、SLMの書き込み用のトランジスタ(図4における画素スイッチ3, 3a, ...)を形成する。その後、層間絶縁膜を形成し、各配線を形成し、さらに、反射型光干渉変調素子を形成する。具体的な作成手順の一例は以下のようである。

40

【0069】

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)をドーザ量 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60nmのゲート酸化膜を形成する。

【0070】

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53を形成した後、基板全面にリンをドーザ量 10^{13} cm^{-2} 程度でイオン注入し、

50

不純物濃度 $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 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 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、不純物濃度 $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 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。

【0071】

CMOS センサは、公知の手法で作成される。CMOS センサを構成するトランジスタは、上記のトランジスタの形成工程と同時に形成可能であり、さらに、フォトダイオードの工程を付加するのみでよい。

【0072】

その後、基板全面に層間絶縁膜 60 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。

【0073】

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、下地の配線 54 を形成する。この下地配線層 334 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配線 54 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 56 を形成する。遮光膜 56 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。遮光膜 56 をパターニングした後、さらに層間絶縁膜 60 を形成し、配線 55 上の所定の位置にコンタクトホールを設けてプラグを形成する。次いで、プラグにタングステンを堆積した後に CMP (化学機械研磨) 法により平坦化する。

【0074】

その後、Ti をスパッタ法などによりおよそ厚さ 15 nm 堆積し、パターニングして反射電極 57 を形成する。次いで、CVD 法により、反射電極 57 の保護膜として厚さ 15 nm のシリコン酸化膜を設ける。

【0075】

次に、シリコン窒化膜をプラズマ CVD 法により形成し、パターニング後のエッチングにより、支柱状の絶縁膜 61 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 180 nm の支柱状の絶縁層 61 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、 Si_3N_4 : 厚さ 20 nm、 SiO_2 : 厚さ 10 nm、 Si_3N_4 : 厚さ 20 nm、Ti: 厚さ 5 nm を順次形成し、さらに、保護膜 59 となるシリコン酸化膜を厚さ 10 nm 堆積させた。パターニングした後にドライもしくはウエットエッチングでシリコン窒化膜、シリコン酸化膜及び Ti 層をエッチングし、その後レジストをウエットエッチングにより除去する。この工程により、半透過膜 58 と保護層 59 が形成される。その後、ワイアボンディングで電極を取り出して、反射型光干渉変調素子が完成する。

【0076】

(第2の実施形態)

上述した第1の実施形態では、シリコン半導体基板の表面において空間光変調素子 (SLM) と受光素子 (CMOS センサ) とを縦方向に積層していたが、本発明はこれに限定されるものではない。変調 / 受光素子 108 において、画素ごとに、空間光変調素子と受光素子とを横置きに配置してもよい。図8は、このように SLM と受光素子とが横置きに配置された変調 / 受光素子 108 を示している。

【0077】

図8に示す変調 / 受光素子 108 は、画素ごとに、反射型光干渉変調素子からなる SLM を有する SLM 素子領域 64 と、CMOS 受光素子を有する CMOS センサ領域 65 とを備えている。画素ごとの SLM 素子領域 64 と CMOS センサ領域 65 は、同一のシリコン基板 51 に設けられて相互に隣接して配置している。

【 0 0 7 8 】

図 8 に示すような変調 / 受光素子の製造プロセスは、基本的には、第 1 の実施形態で示した縦配置の変調 / 受光素子の製造プロセスと同様のものである。すなわち、S L M 素子領域 6 4 には、フォトダイオードは設けられないが、反射電極 5 7 と半透過膜 5 8 とからなる干渉構造が形成される。一方、C M O S センサ領域 6 5 では、干渉構造は形成されないが、フォトダイオード 5 2 は形成される。図示していないが、この構造においては、C M O S センサ領域 6 5 上にマイクロレンズを配置すると、実効的な開口率が増加する。

【 0 0 7 9 】

このような横配置の変調 / 受光素子の場合、S L M を構成する反射型光干渉変調素子において、受光素子に光を導くための透過モードは必要としないので、反射電極 5 7 として、アルミニウム (A l) などからなる比較的厚い膜を使用することができる。

10

【 0 0 8 0 】

図 9 は、このように干渉構造部を構成した場合に、エアギャップが 1 8 0 n m の時と 1 0 n m の時での反射率の波長変化を表わしたグラフである。ここでは、保護膜 5 9 として厚さ 1 0 n m の S i O₂ を用い、半透過膜 5 8 としては、厚さ 5 n m の T i と厚さ 2 0 n m の S i₃N₄ と厚さ 1 0 n m の S i O₂ と厚さ 2 0 n m の S i₃N₄ をこの順で積層したものを、反射電極 5 7 としては、表面に厚さ 1 0 n m の S i O₂ 膜を有する厚さ 1 5 n m の A l S i を用いた。図 6 に示すように、波長 5 5 0 n m の光において、エアギャップが 1 8 0 n m の時の反射率は 9 3 . 0 % であり、1 0 n m の時の反射率は、0 . 6 % である。反射電極 5 7 に与える信号の電圧により、エアギャップを 1 0 n m から 1 8 0 n m 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。

20

【 0 0 8 1 】

(第 3 の実施形態)

本発明において、空間光変調素子として用いられるものは、上述した反射型光干渉変調素子に限られるものではない。図 1 0 に示すものは、空間光変調素子として反射型液晶素子 (L C O S) を用い、変調 / 受光素子において反射型液晶素子と C M O S (センサ) とを縦方向に配列したものである。

30

【 0 0 8 2 】

シリコン基板 5 1 の表面にフォトダイオード 5 2 や転送スイッチのゲート電極 5 3 が設けられるとともに、その上に層間絶縁膜 6 0 が設けられ、層間絶縁膜 6 0 中に配線 5 4 , 5 5 や遮光膜 5 6 が設けられることは、図 5 に示した変調 / 受光素子と同様である。図 1 0 に示した変調 / 受光素子では、層間絶縁膜 6 0 の表面の近傍に、画素ごとの画素電極 6 5 が設けられている。層間絶縁膜 6 0 に対向してガラス板 7 0 が配置しており、層間絶縁膜 6 0 とガラス板 7 0 との間に、液晶 6 8 が封入されている。ガラス板 7 0 の液晶 6 8 側の表面には、共通電極となる I T O (酸化インジウム・スズ) 膜 6 9 が形成され、I T O 膜 6 9 の表面及び層間絶縁膜 6 0 の表面には、配向膜 6 7 が設けられている。ここで液晶 6 8 としては垂直液晶が用いられ、配向膜 6 7 としては、斜方蒸着 S i O₂ 膜が用いられる。画素電極 6 6 は、例えば 5 0 % の反射率を有する、半透明膜として設けられている。なお、この変調 / 受光素子では、入射光 (波長 :) が液晶 6 8 を通過し画素電極 6 6 で反射され再び液晶 6 8 を通過した際に / 2 の位相のずれが生じるように、液晶 6 8 の組成と厚さとが設計されている。

40

【 0 0 8 3 】

このような変調 / 受光素子において、「 1 」表示では、画素電極 6 6 と共通電極 6 9 との間に電圧が印加され、液晶 6 8 に電界が加わり液晶分子が倒れる。一方、「 0 」表示では、電界が加わらず、液晶分子はほぼ垂直に立っている。このような反射型液晶素子を空間光変調素子として用いることとすると、図 1 及び図 2 に示したような光学系において、光入射前に P B S (偏光ビームスプリッター) 1 0 4 によって S 偏光の直線偏光とされた

50

光を変調／受光素子 108 に入射させると、「0」表示では、偏光方向が変わらずに画素電極で 50% の強度で反射される。この場合、反射光が再度、PBS 104 に入るが、偏光が変化してないので、PBS 104 で反射されることとなり、その光は記録媒体（ホログラム）118 へは到達しない。一方「1」表示の時は、画素電極 66 での反射率は 50% であるが、上述したように液晶の組成と厚さが設定されているので、反射光は、偏光面が 90° 回転した直線偏光になる。したがってこの反射光は、PBS 104 には P 偏光が入って透過し、記録媒体 118 に向けられることになる。光の強度は「1」の場合でも 50% になるが、「1」、「0」の判別のためには十分な強度である。

【0084】

記録媒体 118 に記録されている情報の情報の読み出しの際は、情報光領域においては液晶 68 は単に再生光を透過させればよいので、液晶 68 の偏光状態はどのようなであってもよく、液晶 68 はどのような状態であっても構わない。

【0085】

（第 4 の実施形態）

反射型光干渉変調素子の場合と同様に、空間光変調素子として反射型液晶素子（LCOS）を用いる場合においても、画素ごとの空間光変調素子と受光素子とをシリコン基板上において横置きの配置とすることができる。図 11 は、そのような横置きの配置とした変調／受光素子を示している。

【0086】

図 11 に示す変調／受光素子は、画素ごとに、反射型液晶素子からなる SLM を有する SLM 素子領域 64 と、CMOS 受光素子を有する CMOS センサ領域 65 と、を備えている。画素ごとの SLM 素子領域 64 と CMOS センサ領域 65 は、同一のシリコン基板 51 に設けられて相互に隣接して配置している。この変調／受光素子の空間光変調素子としての動作は、情報の記録を行う場合も、情報の再生を行う場合も、上述した縦配置の場合と同じである。

【0087】

（第 5 の実施形態）

上述した第 2 及び第 4 の実施形態では、変調／受光素子において、画素ごとに空間光変調素子（SLM）と受光素子（CMOS）とをシリコン基板上において横置きの配置としている。以下、空間光変調素子と受光素子との平面配置関係の例について説明する。

【0088】

図 12 に示したものは、SLM 素子領域と CMOS センサ領域とがいずれも同じ面積の正方形の平面形状を有する場合における、SLM 素子領域と CMOS センサ領域との平面配置を示している。ここでは、SLM 素子領域と CMOS センサ領域とが、市松模様配置している。これに対し、図 13 及び図 14 は、いずれも、CMOS センサ領域の面積を SLM 素子領域の面積よりも大きくして受光感度を向上させる例を示している。図 13 では、SLM 素子領域と CMOS センサ領域との面積比が 1 : 3 程度となっており、図 14 では、4 : 9 程度となっている。ここでは図示していないが、SLM 素子領域を CMOS センサ領域よりも大面積で設けるようにしてもよい。SLM 素子領域と CMOS センサ領域との面積比は、記録する際に必要な情報光の強度、再生時に必要な再生光の強度、途中の光路での減衰量等に基づいて、最適な値となるように設定すればよい。

【0089】

以上説明した本発明の各実施形態では、空間光変調素子と受光素子とを同一の半導体基板上に設けているので、空間光変調素子と受光素子とを別々のチップに設ける場合に比べ、シリコン半導体プロセスによって製造すべきチップの数を 2 個から 1 個へ半減させることができる。空間光変調素子の製造プロセスと受光素子の製造プロセスとは共通の工程を多く有するので、結局、工程数の増加を伴うことなく、空間光変調素子の機能と受光素子の機能とを一度に作りこむことが可能になり、トータルとしての工程数の削減が可能になる。また、これらの実施形態によれば、ホログラフィックメモリシステムとしての光学系の規模を小さくすることができ、ホログラフィックメモリシステムの設置面積を小さくす

10

20

30

40

50

ることができる。また、空間光変調素子と受光素子とを同軸、あるいはほぼ同軸に配置することができることから、これらの素子を位置合わせするための複雑な機構が不要になるとともに、両者間の光学系のずれの調整が不要になる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】本発明の第1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2】第1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3】第1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。 10

【図4】駆動回路部分を含めた変調／受光素子の等価回路図である。

【図5】第1の実施形態における変調／受光素子の構成を示す断面図である。

【図6】変調／受光素子の波長－反射率特性を示すグラフである。

【図7】変調／受光素子の波長－透過率特性を示すグラフである。

【図8】本発明の第2の実施形態における変調／受光素子の構成を示す断面図である。

【図9】変調／受光素子の波長－反射率特性を示すグラフである。

【図10】本発明の第3の実施形態における変調／受光素子の構成を示す断面図である。

【図11】本発明の第4の実施形態における変調／受光素子の構成を示す断面図である。

【図12】変調／受光素子でのSVM素子部分とCMOSセル部分との平面配置の一例を示す図である。 20

【図13】変調／受光素子でのSVM素子部分とCMOSセル部分との平面配置の別の例を示す図である。

【図14】変調／受光素子でのSVM素子部分とCMOSセル部分との平面配置のさらに別の例を示す図である。

【図15】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。

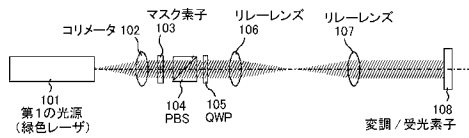
【符号の説明】

【0091】

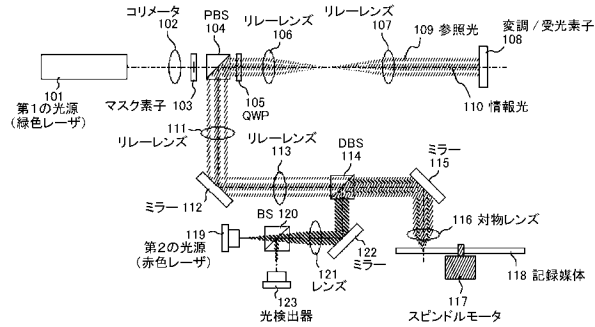
- | | | |
|--------|--------------|----|
| 1, 26 | 垂直信号線 | 30 |
| 2 | 駆動線（走査線） | |
| 3 | スイッチングトランジスタ | |
| 4 | 干渉構造部 | |
| 5 | 保持容量 | |
| 6 | 共通対向電極 | |
| 7, 30 | 垂直シフトレジスタ | |
| 8, 31 | 水平シフトレジスタ | |
| 9, 32 | サンプリングスイッチ | |
| 10, 33 | 水平信号線 | |
| 21, 52 | フォトダイオード | 40 |
| 22 | 転送スイッチ | |
| 23 | リセットスイッチ | |
| 24 | 増幅トランジスタ | |
| 25 | 選択スイッチ | |
| 27 | 水平読出し線 | |
| 28 | 水平リセット線 | |
| 29 | 水平選択線 | |
| 51 | Si基板 | |
| 52 | フォトダイオード | |
| 53, 63 | ゲート電極 | 50 |

5 4 , 5 5	配線	
5 6	遮光膜	
5 7	反射電極	
5 8	半透過膜	
5 9	保護膜	
6 0	層間絶縁膜	
6 1	絶縁膜	
6 2	空間	
6 4	S L M 素子領域	
6 5	C M O S センサ領域	10
6 6	画素電極	
6 7	配向膜	
6 8	液晶	
6 9	I T O 膜	
7 0	ガラス板	
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 (P B S)	
1 0 5 , 2 1 2	1 / 4 波長板 (Q W P)	20
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 (D B S)	
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	
1 1 9 , 2 2 0	第 2 の光源 (赤色レーザ)	30
1 2 0 , 2 2 1	ビームスプリッタ (B S)	
1 2 1 , 2 1 8 , 2 2 2	レンズ	
1 2 3 , 2 2 4	光検出器	
2 0 4	空間光変調素子 (S L M)	
2 1 7	開口	
2 1 9	受光素子	

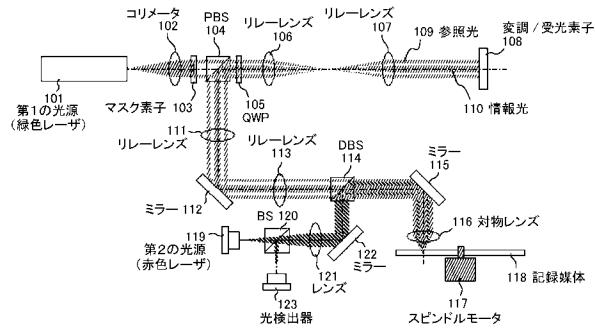
【図 1】



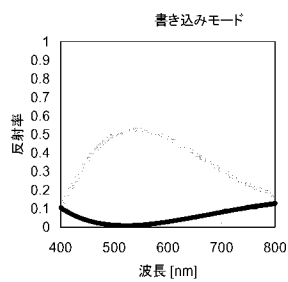
【図 2】



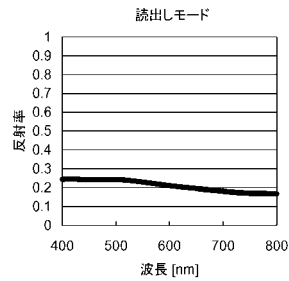
【図 3】



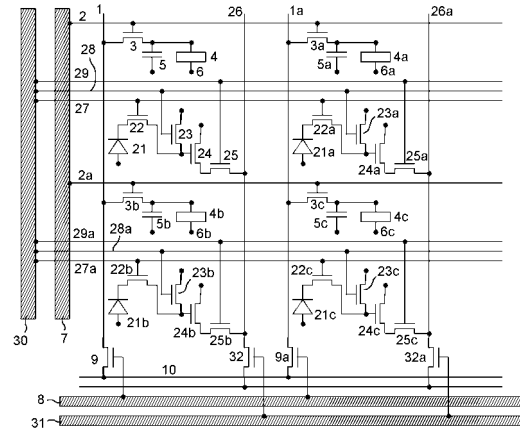
【図 6】



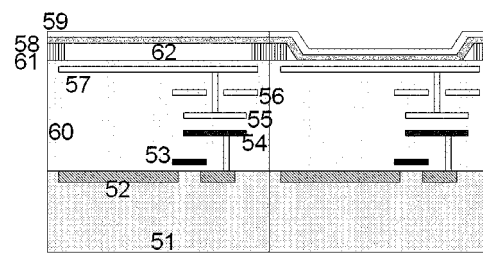
【図 7】



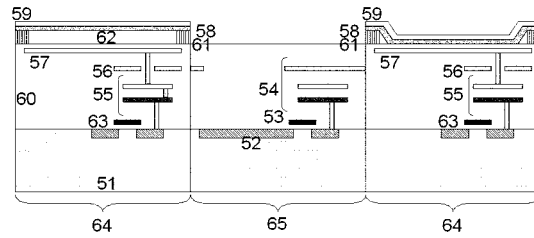
【図 4】



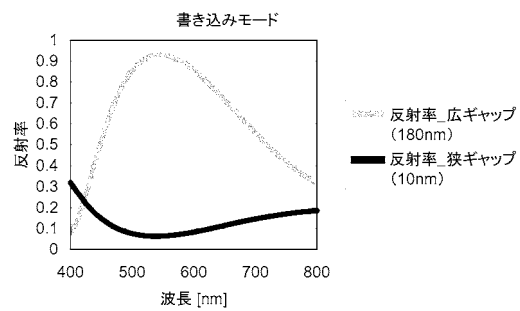
【図 5】



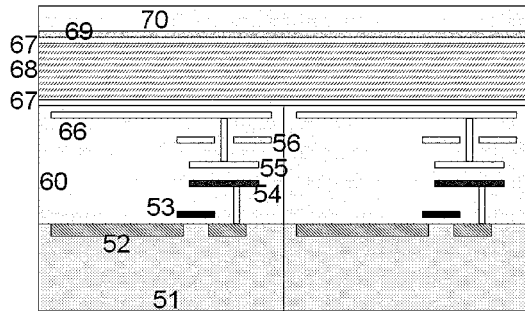
【図 8】



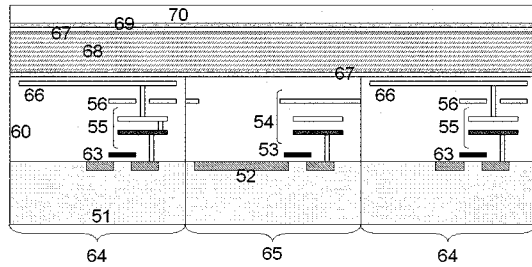
【図 9】



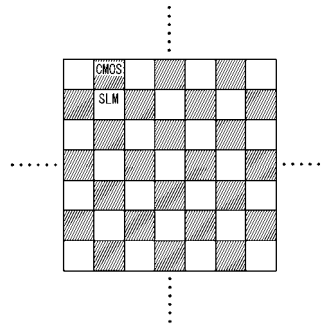
【 図 1 0 】



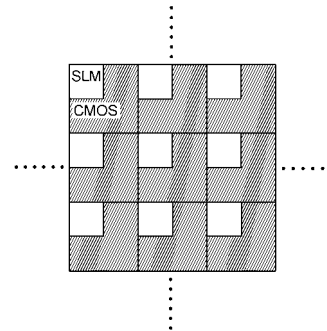
【 図 1 1 】



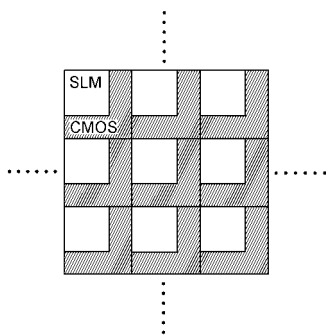
【圖 12】



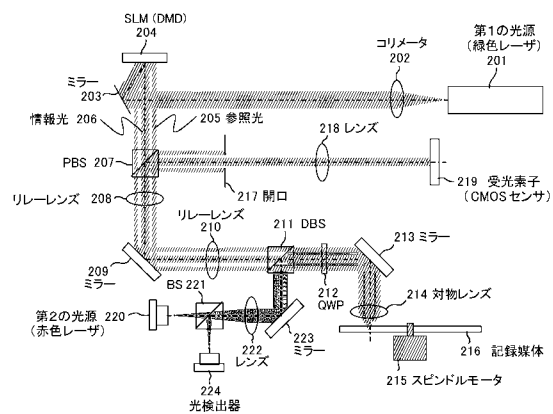
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(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

審査官 中野 浩昌

(56)参考文献 特開2004-272268(JP,A)
特開2003-315692(JP,A)
国際公開第2004/102542(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B	7/135
G11B	7/0065
G11B	7/13
G11B	7/22