

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4369762号  
(P4369762)

(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl.

F I

G03H 1/04 (2006.01)

G03H 1/04

請求項の数 8 (全 12 頁)

|           |                               |           |                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2004-801 (P2004-801)        | (73) 特許権者 | 000003067           |
| (22) 出願日  | 平成16年1月6日(2004.1.6)           |           | T D K株式会社           |
| (65) 公開番号 | 特開2005-195767 (P2005-195767A) |           | 東京都中央区日本橋一丁目13番1号   |
| (43) 公開日  | 平成17年7月21日(2005.7.21)         | (74) 代理人  | 100076129           |
| 審査請求日     | 平成18年8月31日(2006.8.31)         |           | 弁理士 松山 圭佑           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100080458           |
|           |                               |           | 弁理士 高矢 諭            |
|           |                               | (74) 代理人  | 100089015           |
|           |                               |           | 弁理士 牧野 剛博           |
|           |                               | (72) 発明者  | 塚越 拓哉               |
|           |                               |           | 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T |
|           |                               |           | D K株式会社内            |
|           |                               | (72) 発明者  | 吉成 次郎               |
|           |                               |           | 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T |
|           |                               |           | D K株式会社内            |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラフィック記録方法及びホログラフィック記録装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体光を物体光学系を介して、且つ、参照光を参照光学系を介して、それぞれホログラフィック記録媒体の記録層に照射して、干渉縞によりデータページを記録するホログラフィック記録方法であって、

前記物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、前記ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は、前記ホログラフィック記録媒体に入射しない非露光方向に、選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間とし、(N+1)段階の階調露光をするとともに、前記反射直前での、前記物体光のビーム強度分布を(N+1)段階の領域に分割し、前記反射後における物体光のビーム強度分布が略均一となるように、前記露光時間 $t_0$ 内での時間 $t_1$ の露光回数を、前記領域毎に制御することを特徴とするホログラフィック記録方法。

【請求項2】

請求項1において、

データページの画素毎に、反射方向を切換制御可能にマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより、前記物体光の露光方向又は非露光方向の反射を、画素毎に制御することを特徴とするホログラフィック記録方法。

【請求項3】

10

20

請求項 1 又は 2 において、

前記物体光及び参照光の光源のパルス発光、前記物体光の光路の間欠的な遮断、前記物体光及び参照光の光源光の間欠的な遮断のいずれかによって物体光をパルス化することにより、前記 1 回の露光時間  $t_1$  のパルス露光をすることを特徴とするホログラフィック記録方法。

【請求項 4】

レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光を物体光及び参照光に分岐する第 1 の偏光ビームスプリッタと、前記物体光をホログラフィック記録媒体に導く物体光学系と、前記参照光を前記ホログラフィック記録媒体に導く参照光学系と、を有してなり、

前記物体光学系は、前記物体光を透過又は反射する第 2 の偏光ビームスプリッタと、この第 2 の偏光ビームスプリッタを透過した物体光を、記録すべきデータページの画素毎に強度を変調し、且つ、前記第 2 の偏光ビームスプリッタに向かう露光方向又はこれと異なる非露光方向に選択的に反射可能な反射型空間光変調器と、前記第 2 の偏光ビームスプリッタと反射型空間光変調器の間の光路上に配置された  $1/4$  波長板と、前記反射型空間光変調器での、前記データページの 1 画素に相当する記録層の領域を略 100% 露光するのに必要な露光時間を  $t_0$  としたとき、前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間  $t_0$  における露光回数を制御する制御装置と、を有してなり、

前記反射型空間光変調器及び前記第 2 の偏光ビームスプリッタにより反射された物体光と前記参照光とが前記ホログラフィック記録媒体内で干渉するようにされ、

前記反射型空間光変調器は、1 回の露光時間  $t_1$  を、前記  $t_0$  を 2 以上の整数  $N$  で分割した時間としたときに、露光時間  $t_0$  内で少なくとも  $N$  回、露光方向に反射可能とされ、前記制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間  $t_0$  における露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記反射型空間光変調器は、データページの画素毎に反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより構成されたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 において、

前記レーザ光源は、前記反射型空間光変調器における 1 回の露光時間  $t_1$  と略等しいパルス幅でパルス発光可能とされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

【請求項 7】

請求項 4 又は 5 において、

前記レーザ光源と前記第 1 の偏光ビームスプリッタとの間に、前記反射型空間光変調器における 1 回の露光時間  $t_1$  と略等しいパルス幅でレーザ光を通過させ、且つ、パルス間では遮断するビーム遮断手段を設けたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

【請求項 8】

請求項 4 乃至 7 のいずれかにおいて、

前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強度分布を  $(N + 1)$  段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、物体光と参照光とをホログラフィック記録媒体に照射して、その記録層に干渉縞によってデータページを記録するホログラフィック記録方法及び装置に関する。

【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

この種のホログラフィック記録方法及び装置として、記録すべきデジタル情報を2次元のビットマップパターンに変換し、このパターンを光の強度変調として物体光に付与することによって、データページとして記録するようにするものがある。

## 【 0 0 0 3 】

ここで、前記ビットマップパターンを光の強度変調とする場合、通常、空間光変調器が用いられるが、この空間光変調器は、画素毎にON・OFFの2階調に物体光を強度変調すると記録密度が少ないため、従来は、グレイスケール（いわゆる多値記録）によって記録密度及びデータレートを向上する試みがなされている。

## 【 0 0 0 4 】

上記のように、グレイスケールを形成する方法としては、強度変調のコントラストを分割する方法及び露光時間を分割する方法あるいはこれらを組み合わせる方法がある。

## 【 0 0 0 5 】

又、非特許文献1に記載されるように、上記のようなグレイスケールは、DVD（デジタルバーサタイルディスク）等のようなビットバイビット（bit-by-bit）のデジタルデータ記録のみならず、ホログラフィックメモリのようなページ型データへも適用可能である。

## 【 0 0 0 6 】

更に、通常、レーザ光源から出射されたレーザ光のビーム径における強度分布は、一般にガウス分布に近くなっているため、物体光学系で伝搬される物体光もガウス分布である。

## 【 0 0 0 7 】

従って、空間光変調器で強度変調された直後の物体光は、図9に示されるように、ビーム中心から離れるほど強度が弱くなる。

## 【 0 0 0 8 】

このような物体光を用いてホログラフィック記録媒体にデータページが記録された場合、その再生時にも、撮像素子においては、同様の画像が再生されるため、画像検出後にガウス分布の重畳を電氣的に補正する必要がある。

## 【 0 0 0 9 】

しかしながら、撮像素子には検出光量に依存しない固定ノイズがあるため、暗くなった画素を強調すると固定ノイズも強調されて、画像のSNRが低下してしまうという問題点がある。

## 【 0 0 1 0 】

これに対して、従来、非特許文献2に記載されるように、空間光変調器で照射される前の物体光を整形するアポダイゼーションという技術が提案されている。

## 【 0 0 1 1 】

【非特許文献1】G.W.Burret al., Opt. Lett. 23(15)1218~1220(1998)

【非特許文献2】H.J.Coufal et al., "Holographic Data Storage", Springer-Verlag(2000), p369~381

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 2 】

上記のグレイスケールを形成する方法としての、強度変調のコントラストを分割する方法は、強度変調の手段としての空間光変調器が偏光制御型のデバイス（液晶ディスプレイ等）に限定されてしまい、DMD（デジタルマイクロミラーデバイス：商標）のような直接反射型の空間光変調器は利用することができない。

## 【 0 0 1 3 】

この方法の第2の問題点として、階調表示に高精度の忠実性が要求され、更に、空間光

10

20

30

40

50

変調器から撮像素子への画像転送は、画素単位の解像度が要求されるので、液晶空間光変調器の残像や滲みはグレイスケールの画素間クロストークに強く影響する。

【0014】

ところが、この方法では、画素が伝搬する光量を高速度で変調しなければならないので、液晶のようにアナログ的要素を含むデバイスでは、高速動作に追従できず、残像や滲みの影響を受けてしまうという問題点がある。

【0015】

又、前記非特許文献2に記載されるアポダイゼーションという技術は、レンズ等の光学部品を用いてガウス分布のビーム強度を再配分してビーム半径方向に階段関数的な強度分布とするものであるが、光学部品が高価であると共に、光学系の自由度を制限してしまうという問題点がある。

10

【0016】

この発明は上記問題点に鑑みてなされたものであって、ON・OFFの2階調に物体光を強度変調する反射型空間光変調器を用いて、グレイスケールの多段階記録を実現することができるホログラフィック記録方法及び装置を提供することを目的とする。

【0017】

又、高価な光学部品を用いることなく、アポダイゼーションをすることができるようにしたホログラフィック記録方法及び装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

20

本発明者は、鋭意研究の結果、物体光の強度変調手段として、例えばデジタルマイクロミラーデバイスからなる反射型空間光変調器を用いて、露光時間を分割することによって、グレイスケールの多段階記録を実現できることが分かった。

【0019】

即ち、以下の本発明により上記目的を達成するものである。

【0020】

(1) 物体光を物体光学系を介して、且つ、参照光を参照光学系を介して、それぞれホログラフィック記録媒体の記録層に照射して、干渉縞によりデータページを記録するホログラフィック記録方法であって、前記物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、前記ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は、前記ホログラフィック記録媒体に入射しない非露光方向に、選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間とし、(N+1)段階の階調露光をするとともに、前記反射直前での、前記物体光のビーム強度分布を(N+1)段階の領域に分割し、前記反射後における物体光のビーム強度分布が略均一となるように、前記露光時間 $t_0$ 内での時間 $t_1$ の露光回数を、前記領域毎に制御することを特徴とするホログラフィック記録方法。

30

【0021】

(2) データページの画素毎に、反射方向を切換制御可能にマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより、前記物体光の露光方向又は非露光方向の反射を、画素毎に制御することを特徴とする(1)に記載のホログラフィック記録方法。

40

【0022】

(3) 前記物体光及び参照光の光源のパルス発光、前記物体光の光路の間欠的な遮断、前記物体光及び参照光の光源光の間欠的な遮断のいずれかによって物体光をパルス化することにより、前記1回の露光時間 $t_1$ のパルス露光をすることを特徴とする(1)又は(2)に記載のホログラフィック記録方法。

【0024】

(4) レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光を物体光及び参照光に分岐する第1の偏光ビームスプリッタと、前記物体光をホログラフィック記録媒体に導く物体光学系と、前記参照光を前記ホログラフィック記録媒体に導く参照光学系と、を有してなり、前記

50

物体光学系は、前記物体光を透過又は反射する第2の偏光ビームスプリッタと、この第2の偏光ビームスプリッタを透過した物体光を、記録すべきデータページの画素毎に強度を変調し、且つ、前記第2の偏光ビームスプリッタに向かう露光方向又はこれと異なる非露光方向に選択的に反射可能な反射型空間光変調器と、前記第2の偏光ビームスプリッタと反射型空間光変調器の間の光路上に配置された1/4波長板と、前記反射型空間光変調器での、前記データページの1画素に相当する記録層の領域を略100%露光するのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、前記反射型空間光変調器における画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御する制御装置と、を有してなり、前記反射型空間光変調器及び前記第2の偏光ビームスプリッタにより反射された物体光と前記参照光とが前記ホログラフィック記録媒体内で干渉するようにされ、前記反射型空間光変調器は、1回の露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間としたときに、露光時間 $t_0$ 内で少なくともN回、露光方向に反射可能とされ、前記制御装置は、前記反射型空間光変調器での反射後のビーム強度分布が略均一となるように画素毎の、露光時間 $t_0$ 内における露光回数を制御するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録装置。

10

【0025】

(5) 前記反射型空間光変調器は、データページの画素毎に反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを配列してなるマイクロミラーデバイスにより構成されたことを特徴とする(4)に記載のホログラフィック記録装置。

【0026】

(6) 前記レーザ光源は、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でパルス発光可能とされたことを特徴とする(4)又は(5)に記載のホログラフィック記録装置。

20

【0027】

(7) 前記レーザ光源と前記第1の偏光ビームスプリッタとの間に、前記反射型空間光変調器における1回の露光時間 $t_1$ と略等しいパルス幅でレーザ光を通過させ、且つ、パルス間では遮断するビーム遮断手段を設けたことを特徴とする(4)又は(5)に記載のホログラフィック記録装置。

【0029】

(8) 前記制御装置は、前記反射型空間光変調器へ入射直前の物体光のビーム強度分布を(N+1)段階の領域に分割したときの各領域のビーム強度分布情報に基づいて、前記反射後における物体光のビーム強度が略均一となるように、前記露光回数を制御するようにされたことを特徴とする(4)乃至(7)のいずれかに記載のホログラフィック記録装置。

30

【発明の効果】

【0030】

本発明においては、反射型空間光変調器により露光時間を分割し、且つ、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、ホログラフィック記録媒体に入射する物体光の露光回数を制御して、多段階の階調露光をすることができるという効果を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

40

ホログラフィック記録方法及び装置において、物体光学系での物体光を、記録すべきデータページに対応して、画素毎に、ホログラフィック記録媒体に入射する露光方向又は入射しない非露光方向に選択的に反射するように制御し、且つ、データページの1画素をONピクセルとするのに必要な露光時間を $t_0$ としたとき、露光方向への1回の反射による露光時間 $t_1$ を、前記 $t_0$ を2以上の整数Nで分割した時間として、(N+1)段階の階調露光をすることにより、上記目的を達成する。

【実施例1】

【0032】

以下図1を参照して、本発明の実施例1に係るホログラフィック記録装置10について説明する。

50

## 【0033】

このホログラフィック記録装置10は、レーザ光源12と、このレーザ光源12からのレーザ光を物体光及び参照光に分岐する第1の偏光ビームスプリッタ14と、前記第1の偏光ビームスプリッタ14において透過した偏光、例えばp偏光である物体光をホログラフィック記録媒体16に導く物体光学系18と、前記第1の偏光ビームスプリッタ14を反射された偏光、例えばs偏光である参照光を前記ホログラフィック記録媒体16に導く参照光学系20と、前記ホログラフィック記録媒体16において発生する回折光からデータページを再生する結像光学系22と、制御装置24とを備えて構成されている。

## 【0034】

前記物体光学系18は、前記第1の偏光ビームスプリッタ14を透過したp偏光のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ18Aと、このビームエキスパンダ18Aによってビーム径を拡大されたp偏光を透過し、且つs偏光はこれを反射するようにされた第2の偏光ビームスプリッタ18Bと、前記第2の偏光ビームスプリッタ18Bを透過した物体光の光路上にあって、該物体光の位相を $\pi/4$ 変調する $1/4$ 波長板18Cと、この $1/4$ 波長板18Cを透過した物体光を前記データページの画素毎に $1/4$ 波長板18C及び第2の偏光ビームスプリッタ18Bを介して、前記ホログラフィック記録媒体16を照射する方向(露光方向)に反射するか、又は他の方向(非露光方向)に反らして反射するかによって、入射した物体光を空間光変調するための反射型空間光変調器であるDMD18Dと、このDMD18Dにおいて反射され、前記 $1/4$ 波長板18Cを前記とは逆方向に透過して、且つ第2の偏光ビームスプリッタ18Bで反射された物体光をフーリエ変換すると共に、前記ホログラフィック記録媒体16近傍で焦点を結ぶようにされたフーリエレンズ18Eとから構成されている。

## 【0035】

前記参照光学系20は、前記第1の偏光ビームスプリッタ14において反射されたs偏光である参照光を、前記ホログラフィック記録媒体16に向けて反射するミラー20Aを備えて構成されている。

## 【0036】

前記結像光学系22は、前記ホログラフィック記録媒体16から発生する回折光を側方に反射するミラー22Aと、撮像素子22Bと、前記ミラー22Aで反射された回折光を前記撮像素子22Bの受光面に結像させるための結像レンズ22Cとを備えて構成されている。

## 【0037】

次に、前記ホログラフィック記録装置10により、ホログラフィック記録媒体16にデータページを記録する過程について説明する。

## 【0038】

レーザ光源12から出射されたレーザ光は、第1の偏光ビームスプリッタ14において、これを透過するp偏光である物体光と、反射するs偏光である参照光とに分岐される。

## 【0039】

参照光は、s偏光のままで、ミラー20Aで反射され、ホログラフィック記録媒体16に入射する。

## 【0040】

物体光は、物体光学系18におけるビームエキスパンダ18Aによってそのビーム径を拡大された後、前記第2の偏光ビームスプリッタ18Bに入射し、これをp偏光のまま透過して、 $1/4$ 波長板18Cを経てDMD18Dに到達する。

## 【0041】

DMD18Dでは、制御装置24によって、画素毎にマイクロミラーが制御され、3段階の階調表示(詳細後述)がなされる。

## 【0042】

$1/4$ 波長板18Cは、その光軸がp偏光の振動面に対して $45^\circ$ 傾いた状態で置かれていて、DMD18Dで露光方向に反射された物体光は、 $1/4$ 波長板18Cを透過する

10

20

30

40

50

ことによって、D M D 1 8 D への入射時の位相シフト  $\pi / 4$  と反射時の位相シフト  $\pi / 4$  の合計で  $\pi / 2$  の位相シフトが生じ、s 偏光となって、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 8 B に入射する。

【 0 0 4 3 】

第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 8 B は s 偏光を反射するので、s 偏光としての物体光は、フーリエレンズ 1 8 E 方向に反射され、該フーリエレンズ 1 8 E によってフーリエ変換され、且つホログラフィック記録媒体 1 6 近傍の焦点に向かって収束され、ここで、前記参照光と干渉することによって、データページを干渉縞として記録することになる。

【 0 0 4 4 】

前記反射型空間光変調器である D M D 1 8 D は、反射方向を切換制御可能なマイクロミラーを備えて構成されていて、制御装置 2 4 によりマイクロミラー毎にその反射角度を、前記露光方向又は非露光方向に切換制御されるようになっている。

10

【 0 0 4 5 】

又、前記露光方向への 1 回の反射による露光時間  $t_1$  は、データページの 1 画素に相当する記録層の領域を略 1 0 0 % 露光するのに必要な露光時間を  $t_0$  としたとき、前記  $t_0$  を 2 以上の整数 N で分割した時間とされている。

【 0 0 4 6 】

ここでは、制御装置 2 4 は、前記露光時間  $t_0$  を分割する整数 N が 2 と設定されている。従って、例えば目標値として、図 2 ( A ) ~ ( C ) に示されるように、ビットマップ画像における各画素を 3 段階の階調表示となるようにするものである。

20

【 0 0 4 7 】

図 2 において、白抜きの画素は物体光を前記第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 8 B 方向、即ち露光方向に反射する O N ピクセル、黒色の画素は物体光を前記露光方向と異なる方向に反射するかあるいは遮断する O F F ピクセル、グレイの画素はその両者の中間段階の、グレイスケールピクセルを表示するものとする。

【 0 0 4 8 】

目標値として、図 2 ( A )、( B )、( C ) に示される順で、各画素を制御する場合、この実施例 1 では、図 3 に示されるビットマップ画像と図 4 に示されるビットマップ画像での 2 回の露光時間に分けて露光し、その和が図 2 に示されるビットマップ画像の状態 ( 目標値 ) となるようにする。

30

【 0 0 4 9 】

例えば、図 2 における画素 E 4 及び C 3 の場合の、伝播光量と時間との関係を図 5 に示す。図 5 において、露光時間  $t_1$  は、 $t_1 = t_0 / 2$  とされる。

【 0 0 5 0 】

例えば、画素 E 4 では、図 3 ( A ) に示されるように、露光時間  $t_1$  の 1 回目の露光及び図 4 ( A ) に示される次の露光時間  $t_1$  で 2 回目の露光をし、更に、パルス間隔時間  $t_{nt}$  の後に、図 3 ( B ) に示されるように露光時間  $t_1$  露光し、図 4 ( B )、図 3 ( C ) 及び図 4 ( C ) に示されるように、後の露光がなく、これによって、図 2 ( A )、( B )、( C ) のそれぞれの画素 E 4 に示されるような O N ピクセル、グレイピクセル、O F F ピクセルの状態を形成する。

40

【 0 0 5 1 】

同様にして、画素 C 3 についても、グレイピクセル、O F F ピクセル、O N ピクセルの順で表示される。

【 0 0 5 2 】

なお、上記実施例 1 では、データ画像であるデータページを、O N ピクセル、グレイピクセル及び O F F ピクセルの 3 階調で表現しているため、1 枚のデータページを 2 回の露光時間の照射で記録しているが、再生データページの S N R に余裕があれば、更に多階調とすることができる。即ち、露光時間  $t_0$  を 2 以上の整数 N で分割した時間を 1 回の露光時間  $t_1$  とすれば、N + 1 階調で表現することができる。

【 0 0 5 3 】

50

なお、上記図 4、図 5 におけるビットマップ画像では、(A) から (B)、更には (B) から (C) との間の時間  $t_{int}$  では、ホログラフィック記録媒体 16 への露光は行なわれないので、必要に応じて、物体光をパルス状に制御するとよい。

【0054】

例えば、図 1 において符号 26A で示されるように、レーザ光源 12 をパルス制御するパルス制御装置 13 を設け、前記 DMD 18D における 1 回の露光時間  $t_1$  と略等しいパルス幅でレーザ光源 12 をパルス発光させるようにしてもよい。この場合、前記パルス制御装置 13 と制御装置 24 は、同期させる必要がある。

【0055】

又、例えば、図 1 において二点鎖線で示されるように、電磁シャッター等からなるビーム遮断手段 26A を、レーザ光源 12 と第 1 の偏光ビームスプリッタ 14 との間、あるいは、物体光学系 18 中に介在させ、DMD 18D と同期して、レーザ光あるいは物体光を ON・OFF させるようにしてもよい。

【0056】

なお、ビーム遮断手段 26A をレーザ光源 12 の直後に設けたり、レーザ光源 12 をパルス制御装置 13 によってパルス発光するようにすれば、参照光による無駄な露光を回避することができるので好ましい。

【実施例 2】

【0057】

次に、本発明の実施例 2 について、図 6 ~ 図 8 を参照して説明する。

【0058】

この実施例は、レーザ光源から出射されたレーザ光のビーム径における強度分布がガウス分布となっているとき、これを高価な光学部品を用いることなく、反射型空間光変調器の露光時間分割によるアポダイゼーションを用いて強度分布を均一化する方法についてのものである。

【0059】

例えば、物体光の光路上で、前記 DMD 18D に入射する直前の、ビーム径における強度分布が図 9 に示されるとおりであったとして、ビーム中心からビーム径の半径方向外側に向かって光量（光強度）は、領域  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$  の順に、 $(P_0 \sim P_1) \rightarrow (P_1 \sim P_2) \rightarrow (P_2 \sim P_3) \rightarrow (P_3 \sim P_4)$  へと小さくなる。

【0060】

このような各光強度の領域  $\alpha \sim \delta$  に対応して、この実施例 2 においては、DMD 18D における露光方向への反射回数を、例えば、領域  $\alpha$  においては少なく（1 回）、領域  $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$  の順で、2 回、3 回、4 回と増大して、ホログラフィック記録媒体 16 における露光強度の分布を均一とするものである。

【0061】

このような露光方向への反射回数は、例えば、予め DMD 18D の入射側で物体光の強度分布を測定し、これに基づいて、図 6 に示されるような重み付けを制御装置 24 に入力しておく。

【0062】

更に具体的には、ビームの最大強度（通常はビーム中心の強度）と最小強度（通常は画像の四隅の強度）の差を 4 等分し、DMD 18D 上の各画素が 4 等分された光量範囲のいずれかに属するかを決めればよい。

【0063】

実際の記録時において、DMD 18D へ変調する際に、前記図 6 に示されるように、領域  $\alpha \sim \delta$  に属する ON ピクセルを表示する場合、強度・パルス幅共に均一なパルス光をそれぞれ 1 ~ 4 回照射することにより、ホログラフィック記録媒体 16 へのホログラフィック記録を行なう。

【0064】

これは、前記実施例 1 におけるグレイスケールに例えれば、図 7 に示すような画像を記

10

20

30

40

50

録するのと等価であり、この結果、もともとのガウス分布が画素毎のパルス回数の分布によって補正され、図 8 に示されるような均一な強度の ON ピルセルからなる良好な画像が形成される。

【 0 0 6 5 】

なお、この実施例 2 においては、光学部品によるアボダイゼーションと比較して、データページ当たりの物体光強度は減少するが、レーザ光の出力を上げたり、露光時間を増やすことによって補うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 6 】

【図 1】本発明の実施例 1 に係るホログラフィック記録装置を示す光学系統図

10

【図 2】同実施例 1 の装置により記録すべきデータページの例を示す模式図

【図 3】実施例 1 の DMD における 1 回目の分割露光時におけるマイクロミラーの露光反射及び非露光反射の状態を示す模式図

【図 4】同 2 回目の露光反射及び非露光反射の状態を示す模式図

【図 5】同 DMD の特定のマイクロミラーによる露光反射の過程を時間軸に沿って示す線図

【図 6】本発明の実施例 2 によるアボダイゼーションの方法を、露光強度と時間の関係で示す線図

【図 7】同実施例 2 の方法で露光回数が調整された場合の、データページの画素に対応した DMD での反射光量の分布を示す模式図

20

【図 8】同実施例 2 の方法によって記録されたデータページを示す模式図

【図 9】一般的なレーザ光のビーム径における光強度分布を示す線図

【符号の説明】

【 0 0 6 7 】

1 0 ... ホログラフィック記録装置

1 2 ... レーザ光源

1 3 ... パルス制御装置

1 4 ... 第 1 の偏光ビームスプリッタ

1 6 ... ホログラフィック記録媒体

1 8 ... 物体光学系

30

1 8 B ... 第 2 の偏光ビームスプリッタ

1 8 C ... 1 / 4 波長板

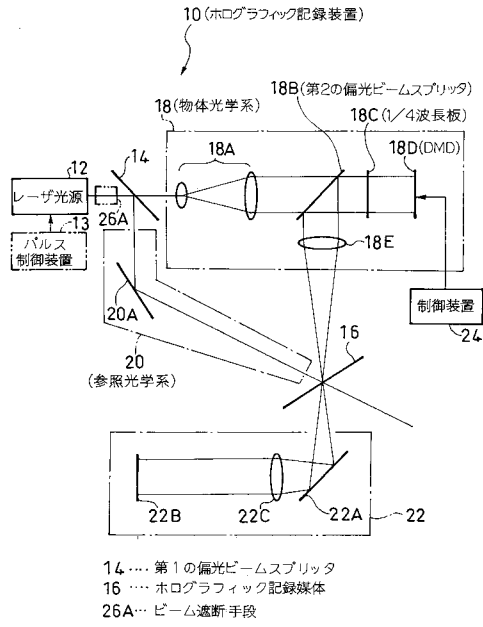
1 8 D ... DMD ( デジタルマイクロミラー )

2 0 ... 参照光学系

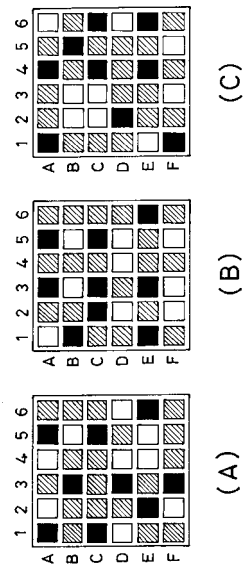
2 4 ... 制御装置

2 6 A ... ビーム遮断手段

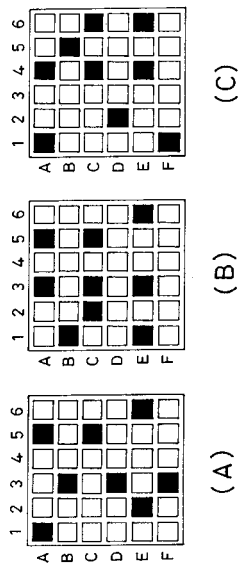
【図 1】



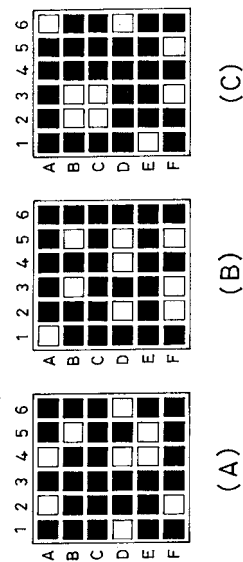
【図 2】



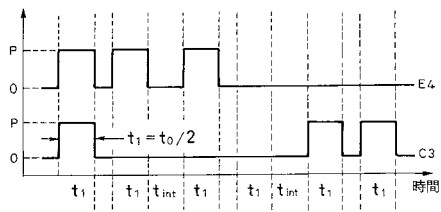
【図 3】



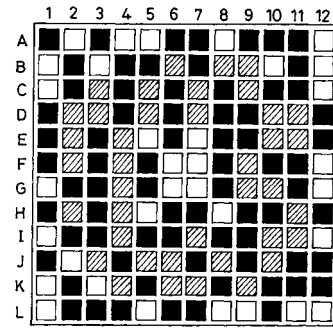
【図 4】



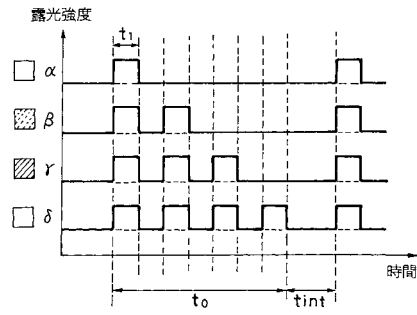
【図 5】



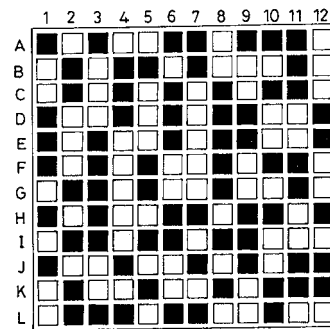
【図 7】



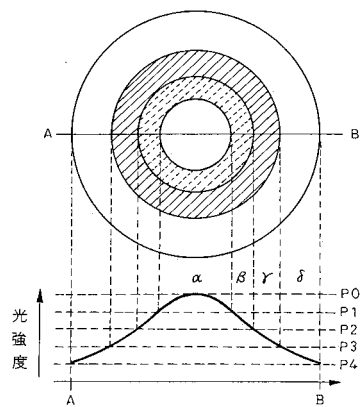
【図 6】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 三浦 栄明  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 水島 哲郎  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

審査官 杉山 輝和

- (56)参考文献 特開2003-263749(JP,A)  
特開平11-345430(JP,A)  
特開平07-049648(JP,A)  
特開2002-236441(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G03H | 1/04  |
| G11B | 7/135 |