

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2012 年 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/165556 A1

- (51) 国際特許分類:  
G03H 1/04 (2006.01) G03H 1/22 (2006.01)  
G02F 1/09 (2006.01) G11B 7/0065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064095
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 31 日(31.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-122854 2011 年 5 月 31 日(31.05.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立  
大学法人豊橋技術科学大学(National University  
Corporation TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECH-  
NOLOGY) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町  
雲雀ヶ丘 1-1 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 井上 光輝  
(INOUE, Mitsuteru) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋  
市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 国立大学法人豊橋技  
術科学大学内 Aichi (JP). 高木 宏幸(TAKAGI,

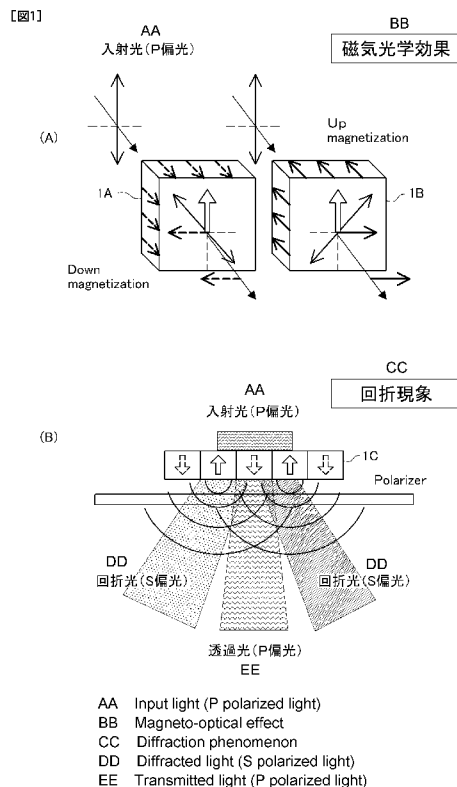
Hiroyuki) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町  
雲雀ヶ丘 1-1 国立大学法人豊橋技術科学大  
学内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 小西 富雅(KONISHI, Tomimasa); 〒  
4600002 愛知県名古屋市中区丸の内二丁目 1 7  
番 1 2 号 丸の内エステートビル Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,  
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,  
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,  
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ  
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: IMAGE PHOTOGRAPHY METHOD, IMAGE PHOTOGRAPHY PLAY METHOD, SPATIAL LIGHTING MODU-  
LATOR, IMAGE PLAY DEVICE, AND DIGITAL HOLOGRAM FORMING DEVICE

(54) 発明の名称: 像撮影方法、像撮影再生方法、空間光変調器、像再生装置及びデジタルホログラム形成装  
置。



(57) Abstract: Submitted is an image photography play method which is suited to playing a stereoscopic video. The image photography method comprises: a step of forming a hologram pattern from a reference light and a subject light; a step of digitally processing the obtained hologram pattern; a step of writing the digitized hologram pattern as a magnetized vector pattern to a spatial lighting modulator which is formed from a magneto-optical material; and a step of inputting linearly polarized light into the spatial lighting modulator and playing an image according to the digitized hologram pattern.

(57) 要約: 立体動画の再生に適した像撮影再生方法を提案する。参照光と対象光とからホログラムパターンを形成するステップと、得られたホログラムパターンをデジタル処理するステップと、該デジタル化されたホログラムパターンを磁気光学材料からなる空間光変調器へ磁化ベクトルのパターンとして書き込むステップと、空間光変調器へ直線偏光光を入射し、前記デジタル化されたホログラムパターンに応じて像を再生するステップとを含む像撮影再生方法。



(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

像撮影方法、像撮影再生方法、空間光変調器、像再生装置及びデジタルホログラム形成装置。

### 技術分野

[0001] 本発明は立体像の動画再生に好適なホログラフィー装置に関する。

### 背景技術

[0002] ホログラフィーを用いて立体像の動画再生を行なう技術（以下「電子ホログラフィー」という）が特許文献１及び２に提案されている。

これらにおいて提案されている電子ホログラフィーの技術は既存の空間光変調器を利用した水平視差型のものであり、電子ホログラフィーによる立体動画の再生をフルパララックスの状態で実現することはできていない。

また、磁気光学ホログラムに関する非特許文献１も参照されたい。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０１１－１７９４５号公報

特許文献２：特開２０１０－８８２２号公報

#### 非特許文献

[0004] 非特許文献１：Journal of Applied physics, vol.40, No.3, 1969, PP.974-975

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 立体動画を再生するためには、空間光変調器（以下「SLM」ということがある）が、以下の革新的性能を有する必要がある。しかしながら、現在、かかる性能を備えたSLMは知られていない。

即ち、（１）光波長オーダーの光干渉縞（ホログラム）を忠実に表示し、

広い視域で立体像を再生するため、光波長オーダーのサイズのピクセル（ナノピクセル）を有すること。

（２）ピクセルサイズ縮小に伴う画面サイズの縮小を避けるために、電子ホログラフィー用 SLM には極めて多数のピクセルが必要であるので（既存 SLM と同じ画面サイズを実現するには数十万倍）、その形成技術が容易であることはもとより、ピクセル配線が複雑でないこと。

（３）上述の大規模ピクセルが動画対応のフィールド周波数で動作可能なように、超高速駆動を実現すること。

この発明は、上記（１）～（３）の少なくとも１つの機能を具現する空間変調器を提供することを目的とする。

[0006] 本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討を重ねた結果、磁気光学材料に着目し、本発明に想到するに至った。

ここに磁気光学材料とは磁化状態によって光の偏光状態を制御できるものをいう。磁気光学材料の磁化状態は極小の単位で制御可能であるので、任意の幅でピクセル（画素）を構成できるものとすれば、光波長オーダーのいわゆるナノピクセルの形成が可能となる。また、磁気光学材料は例えばこれを加熱することで容易にその磁気モーメントを逆転させられ、もって光の偏光状態制御が可能となる。従って、その形成が容易であり、かつ配線も不要である。更には、加熱された磁気光学材料は瞬時にその磁気モーメントを逆転させるので、超高速駆動も可能である。

磁気光学材料が備える以上の特性にかんがみ、磁気光学材料において偏光された光（回折光）を干渉させてホログラムを形成することについて検討した。

[0007] 図１（Ａ）は磁気光学材料による偏光状態の原理を示す。P 偏光を入射すると、磁気モーメントの方向に応じて回転することを示している。回転した光は、磁気モーメントが紙面手前側を向いた 1 A の例では図示左側に向いた S 偏光を生成し、紙面奥側を向いた磁気モーメントの例 1 B では図示右側に向いた S 偏光が生成される。

その結果、図 1 (B) に示すように、磁気光学材料 1 C 中に磁気モーメントの異なる領域が配列されると、出射光中の S 偏光どうしの干渉が得られ、ホログラムの形成が可能となる。

しかしながら、視認できるホログラムを形成するには S 偏光に所定の強度が必要となる。

[0008] 本発明者らは、S 偏光の強度を調べるために、図 2 に示す実験装置を組み立てた。T b F e からなる磁気光学材料 1 D において  $1\ \mu\text{m}$  の格子ごとに磁気モーメントが反転されている。

磁気光学材料 1 D へ P 偏光を入射したとき、反射光 (図 1 (B) の透過光) と回折光 (図 1 (B) の S 偏光) とを観察した (図 3 参照)。回折角  $\phi$  は  $15^\circ$  であった。

磁気光学材料 1 D における偏光角度と回折光  $I_1$  / 反射光  $I_0$  との関係を図 4 に示す。図 4 において、偏光角度  $90^\circ$  の光が  $15^\circ$  に回折されており (図 1 (A) 参照)、そのときの回折光  $I_1$  / 反射光  $I_0$  は  $18\%$  となった。上記において反射光は無変調成分の反射光である。

これにより、回折光に十分な強さが得られたことがわかる。

[0009] 図 5 (A) は磁気光学材料 1 D に書き込まれたフーリエ変換パターンである。フーリエ変換パターンは次のようにして形成する。即ち、まず、「A」なる文字の 2 次元イメージを計算機でフーリエ変換して、フーリエ像 (ホログラムパターン) を取得する。このフーリエ像をデジタル化 (2 値化) した後に、磁気ホログラムとして磁気光学材料 (T b F e) に 1 ビットずつ熱磁気書き込みを行う。

図 5 (B) は図 2 のスクリーンに再現される像を示す。図 5 (B) に示すように、回折光により「A」なる文字が結像され、かつ視認するのに十分な光度を持つことがわかる。

ここで、非特許文献 1 に開示に磁気光学ホログラムと比較すると、非特許文献 1 に開示の磁気光学ホログラムでは、参照光と対象光との干渉で形成されるホログラムを磁気光学材料へ直接書き込んでいる。それにより形成され

るホログラムはアナログパターンである。

これに対し、この発明では参照光と対象光とで形成されたホログラムパターンから磁気光学材料（空間光変調器）のピクセルに対応して二値化したデジタルホログラムパターンを得る。このデジタルホログラムパターンを磁気光学材料へ書き込む。

デジタルホログラムパターンから三次元像を再生する際、広い視野角を得るには、磁気光学材料のピクセルのピッチを小さくする必要がある。

例えば、立体像の視野角を $\phi$ とし、入射光の波長を $\lambda$ 、ピクセルのピッチを $\rho$ とすると、下記の関係式が成り立つ。

$$\phi = 2 \sin^{-1}(\lambda / 2 \rho)$$

ここで参照光の波長を532 nm、画素のピッチを1  $\mu$ m以下とすると、視野角 $\phi$ は約30度以上となる。

かかる広角の視野角を確保できれば、立体像形成面上に再生される立体像はフルパララックスとなり、実用に適したものとなる。

上記の式は、入射光をデジタルホログラムパターンに垂直に入射することを条件としている。他方、入射光をデジタルホログラムパターンに対して斜めに入射する態様では、即ち参照光も斜めに入射されることとなるので、そのときのピクセルの見掛け上のピッチが小さくなる。換言すれば、ホログラムを構成する干渉縞が細くなる。ホログラムをアナログ的に（即ち、平面的に）固定するときには問題とならないが、デジタルホログラムでは、例えばピクセル毎に干渉縞の濃淡を平均して、ピクセル毎の値を決めていくので、干渉縞が細くなりすぎると、その縞模様を反映できなくなるおそれがある。従って、デジタルホログラムを作成する見地から、入射光（即ち参照光）を垂直に入射する態様が好ましい。上記の理由から、この明細書でいう垂直は厳密な意味での垂直ではなく、装置上の誤差を許容する。

また、立体動画用のデジタルホログラムを取得する見地からいえば、ホロ

グラムをデジタル化する機器（ホログラムカメラ等）の解像度（ピクセルの大きさの限界）が小さくなれば、ホログラム生成面（ホログラムカメラの受光面）に対する多少の参照光の傾きは許容される。この明細書でいう垂直はかかる多少の傾き（例えば5度以下、より好ましくは3度以下）も含まれるものとする。

[0010] 以上の特性に基づき、本発明の第1の局面は次のように規定される。

参照光と対象光とからホログラムパターンを形成するステップと、得られたホログラムパターンをデジタル処理するステップと、該デジタル化されたホログラムパターンを磁気光学材料からなる空間光変調器へ磁化ベクトルのパターンとして書き込むステップと、を含む像撮影方法。

このよう規定される第1の局面の像撮影方法によれば、参照光と対象光の干渉により形成されるホログラムを、空間光変調器の磁気光学材料において第1の領域及び第2の領域で規定されるピクセルに対応して、デジタル化するので、当該デジタルホログラムパターンの保存、転送、加工その他の処理が容易になる。デジタルホログラムパターンの各値は空間光変調器のピクセルに対応しているので、デジタルホログラムパターンを当該空間光変調器の磁気光学材料へ磁氣的に書き込み、また書き換えることは、容易にかつ高速に行える。

[0011] 上記において、ホログラムパターンを形成する際には、ホログラム形成面に対して参照光が垂直に入射されることが好ましい。これにより、像再生時にデジタルホログラムパターンへ入射光を垂直に入射可能となる。よって、デジタルホログラムパターンのピクセルの大きさ（ピッチ）に対して最大の視野角が確保される。なお、参照光と入射光とは同一波長とするが、像を再生できる範囲で異なる波長の採用が可能である。

なお、直線偏光された入射光を磁気光学材料のデジタルホログラムパターンへ入射して、出力光（ゼロ次光）を90度回転するようにすると、回折光に十分な光強度が得られる。従って、出射光を偏光板でカットすることにより、回折光による視認可能な像を得られる。

[0012] この発明は、また別の見地から次のように規定される。

磁気光学材料からなる立体像形成面を備え、

該立体像形成面において磁気モーメントの軸が垂直方向に揃えられており

、

該磁気モーメントの軸が第 1 の方向を有する第 1 領域と前記第 1 の方向と反対方向の第 2 の領域が形成され、

該第 1 の領域と前記第 2 の領域の最小単位の幅が  $1\ \mu\text{m}$  以下である、

空間光変調器。

[0013] このように規定される空間光変調器は立体像形成面の磁気モーメントの軸が一定の方向に揃えられているので、当該立体像形成面において磁気モーメントの向きを部分的に制御することで、立体像形成面において磁気モーメント方向の異なる領域（第 1 の領域、第 2 の領域）を形成できる。相互に磁気モーメントの向きが異なる第 1 の領域と第 2 の領域に入射された光は異なる向きに回折する。よって、第 1 の領域と第 2 の領域とでホログラム（光干渉縞）を形成し、この影響を受けた光を干渉させることで立体像を形成できる。ここに、磁気モーメントの向きの制御は加熱により行なうことができる。即ち、他の部分への熱伝導を抑制するため、加熱時間を例えば  $10\ \text{ns}$  程度の短時間に調節することにより、加熱した部分のみの磁気モーメントを逆転させられる。本発明者らの検討によれば、加熱時間は  $50\ \text{ps}$  まで短縮されている。

[0014] パルス状のレーザ光を用いることで立体像形成面における幅  $1\ \mu\text{m}$  以下の領域を短時間で加熱可能となる。これにより、それぞれ異なる磁気モーメントの方向を有する第 1 の領域と第 2 の領域を  $1\ \mu\text{m}$  以下の幅で形成可能となる。

第 1 の領域及び第 2 の領域をそれぞれピクセル（画素）と考えれば、大きな視野角の立体像の形成が可能となる。

例えば、立体像の視野角を  $\phi$  とし、入射光の波長を  $\lambda$ 、ピクセルのピッチを  $p$  とすると、下記の関係式が成り立つ。

$$\phi = 2 \sin^{-1}(\lambda / 2 p)$$

ここで参照光の波長を 532 nm、画素のピッチを 1 μm 以下とすると、視野角 φ は約 30 度以上となる。

かかる広角の視野角を確保できれば、立体像形成面上に再生される立体像はフルパララックスとなり、実用に適したものとなる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1] 図 1 は磁気光学効果と回折現象との関係を説明する模式図である。

[図2] 磁気光学材料による光回折効果を観察するための観察装置の構成を示す。

[図3] 図 2 の観察装置において、磁気モーメントを格子状（隣り合う磁気モーメントの向きが異なる）に形成した磁気光学材料を用いたときにスクリーン上に再生される像を示す。

[図4] 磁気光学材料へ光を入射したとき、入射した光の偏光角と回折光  $I_1$  / 反射光  $I_0$  との関係を示す。

[図5] 図 5 (A) は「A」なる二次元イメージのフーリエ象に対応した磁気モーメントパターン（デジタルホログラム）を形成した磁気光学材料の拡大平面図であり、図 5 (B) はこの磁気光学材料の二次元フーリエ像の再生像を示す。

[図6] この発明の実施の形態の空間光変調器の構造を示す。

[図7] この発明の実施の形態のホログラフィー装置の構成を示す。

[図8] この発明の他の実施の形態のホログラフィー装置の構成を示す。

[図9] この発明の他の実施の形態のホログラフィー装置の構成を示す。

[図10] この発明の実施例における撮像対象を示す。

[図11] この発明の実施例のホログラム取得装置の構成を示す。

[図12] 図 11 の装置で取得されたホログラムを示す。

[図13] この発明の実施例のホログラム再生装置の構成を示す。

[図14]図 1 3 のホログラム再生装置で再生された立体像を、角度を変えて撮影した写真を示す。

### 発明を実施するための形態

[0016] 上記において、磁気光学材料は磁化状態、即ち磁化ベクトルの方向によって光の位相を制御できるものであれば特に限定されないが、 $TbFe$ や $DyFe$ 等の金属磁性体や $YIG$ 等の透明酸化物磁性体を用いることができる。

[0017] 立体像形成面は、上記磁気光学材料で形成される。1つの立体像形成面は1種類の磁気光学材料で形成されることが好ましいが、1つの立体像形成面を複数の磁気光学材料で形成することを排除するものではない。

立体像形成面は、光の散乱や無秩序な位相変化を避けるために、平滑面とすることが好ましい。

立体像形成面は平面に限定されるものでなく、球面等の曲面としてもよい。

[0018] この立体像形成面の全面において磁気ベクトルの軸方向は一定方向、好ましくは垂直方向に揃えられているものとする。

立体像形成面の表面には保護膜を形成することが好ましい。この保護膜は立体像形成面の磁気光学材料の変性（酸化等）を防止するために設けられる。立体像形成面がファラデー効果もしくは、カー効果を奏するものであるとき、この保護膜は立体像形成面との間で光を重複反射させ、その位相変化を増幅する機能も有する。

[0019] 立体像形成面において磁気モーメントを制御するには、その保磁力を低減させて、周囲の磁界や外部磁界によって磁化反転させる。そのための具体的な方策として加熱を挙げられる。加熱により立体像形成面に加える熱量は上記のように保磁力を低下させるものであればよく、立体像形成面を構成する磁気光学材料を必ずしもキュリー温度まで昇温する必要はない。また、加熱時間は、加熱対象領域の磁化モーメントを反転させるために必要な最小時間が好ましく、長い時間の加熱は、加熱対象領域以外に熱が伝達し、伝達した部位の磁化ベクトルも変化させるおそれがあるので好ましくない。

本発明者らの検討によれば、立体像形成面を構成する磁気光学材料を加熱できるレーザ光を用いて、10数ns程度の照射時間で磁気モーメントを反転させられることがわかった。これにより、超高速での書き込みが可能であることがわかる。

[0020] 上の説明からもわかる通り、立体像形成面には相互に磁化モーメントの方向が異なる第1の領域と第2の領域が形成される。これらの領域は任意の幅及び形状に、かつ、連続・非連続が無関係に形成できるものである。

第1の領域若しくは第2の領域となるべき最小単位の領域を予め定めておけば、当該領域は画素（ピクセル）となり、ホログラムを形成可能となる。ここに画素の幅を1 $\mu$ m以下とすれば、換言すれば、第1の領域及び第2の領域の最小単位の幅を1 $\mu$ m以下とすれば、立体像に30度程度の視野角が得られる。これにより、フルパララックスの立体像が得られる。

加熱のためのレーザ光を集光できる限りにおいて画素の幅の下限は特に限定されるものではないが、熱拡散速度と集光光学系の制限から0.1 $\mu$ mが下限と考えられる。

なお、既述の通り、第1の領域及び第2の領域は任意の形状にできる。換言すれば、画素の形状は、四角に限られず、他の多角径や円を用いてもよい。隣接する画素に与えられる熱の影響を予防するために、画素間に小さな隙間を設けることができる。

[0021] 空間光変調器を磁気光学材料の薄板1で形成すれば（図6参照）、薄板の第1の表面の全面を立体像形成面3とすることができる。磁気光学材料はその性質上、全ての磁気モーメントの軸方向がそろっているからである。なお、この薄板1の製造方法は一般的な磁性体薄膜形成技術でよく、スパッタ法やゾルゲル法等がある。

図6（B）には立体像形成面の一部拡大平面図を示す。図6（B）に示す通り、立体像形成面3には円形の画素が形成されて、それぞれの磁化ベクトルの方向により第1の領域5、第2の領域6とされる。なお、同じ座標上の画素であっても、その磁化ベクトルの方向が異なれば、第1、第2の称呼が

逆転する。

- [0022] 空間光変調器は薄板形状に限定されるものではなく、磁気光学材料のバルクの一部を平滑面とし、かつ該平滑面に対して磁化ベクトルの軸方向が揃えられておればよい。

空間光変調器を薄板形状としたときの厚さは、磁化ベクトルの軸の方向がその一面（立体像形成面3）から他面（裏面4）まで維持されていることが好ましい（図6（C）参照）。例えばTbFeで薄板状空間光変調器を形成したとき、かかる特性を得るにはその板厚を100nmとすることが好ましい。このように構成された薄板状空間光変調器によれば、磁化ベクトルの方向を制御するためのレーザ光を薄板状空間光変調器1に対して正面、裏面の何れの方向から照射してもよい。

また、この薄板状空間光変調器の厚さを光が透過可能な程度まで薄くすることにより、立体像を形成するための参照光を立体像形成面3の裏面4側から照射可能となる。かかる特性を得るにはその板厚を100nm以下とすることが好ましい。

- [0023] 上記構成の空間光変調器の立体像形成面3には次の方法でホログラム（光干渉縞）を形成することができる。

（予め定められたホログラム）

画素幅若しくはそれより小さい幅まで集光されたエネルギービームであって、磁気光学材料の磁気モーメントの方向を変更可能なエネルギーを立体像形成面3へ照射すると、当該エネルギービームが照射された部分の磁気モーメントが逆転する。ここに、予め定められたホログラムをデジタル処理し、各画素の値に応じてエネルギービームの照射、非照射を定める。

エネルギービームには例えばレーザビームを採用できる。薄板状の空間光変調器の場合、エネルギービームを裏面4側から照射してもよい。以下、エネルギービームの代表例としてレーザビームを例に採り説明を進める。

磁化ベクトルの方向の違いを利用したホログラムを立体像形成面3に形成するには、立体像形成面3へ照射するレーザビーム（画素に対応した幅を有

する)を直接走査しつつ、所望以外の画素においてレーザビームをオフとすればよい。しかしながら、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の画素に対して精度よくレーザビームを走査させるためには走査装置の調整に手間がかかる。

[0024] そこで、DMD (Digital Micromirror Device) 等の画素を有する光学素子 (汎用的な空間光変調器) を用いて立体像形成面の全面へ当該光学素子の画素の情報を転写することを検討した。即ち、光学素子の画素と立体像形成面の画素とを予め対応づけておき、光学素子の各画素へレーザビームを照射しそこで反射させたレーザビームを立体像形成面へ供給する。しかしながら、現存する光学素子では画素の幅が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、その画素で反射させたレーザビームをそのまま入射させても立体像形成面において所望の画素毎にその磁化ベクトルの方向を制御できない。即ち、光学素子の画素の情報を立体像形成面の素子へ転写することはできない。そのため、光学素子の各画素へレーザビームを照射するとともに、光学素子と立体像形成面との間にレンズを設け、光学素子の各画素で反射されたレーザビームを縮径して立体像形成面の各画素へ照射することが好ましい。

なお、光学素子の各画素へ照射するレーザビームを予め $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下にしておいてもよい。

上記において、勿論、光学素子へ照射するレーザビームは、当該光学素子の反射面の全面をカバーする光束幅を有するものでよい。

[0025] (任意の対象のホログラムの作成)

一旦、対象からの物体光と参照光とを干渉させてホログラム (以下「マザーホログラム」ということがある) を作成する。その後の処理は上記と同様でよいが、このマザーホログラムをデジタル処理し、その結果を光学素子の各画素に反映させることにより、マザーホログラムを立体像形成面のホログラムに転写できる。

対象を動画としたときにも、その一コマ、一コマを考えれば、上記処理の繰返しであるので、当該一コマ、一コマに対応したホログラムを立体像形成面へ形成し、そこへ参照光を照射することにより、対象である動画に応じた

立体動画の再生が可能となることがわかる。

[0026] 次に、ホログラムの再生について説明する。

ホログラムを形成した立体像形成面 3 へ直線偏光された参照光を入射すると、立体像形成面 3 における磁化ベクトルの方向に応じて出射光が回折されて立体像が形成される。このとき、入射する参照光の全てを変調することは困難であるので、参照光の影響を除去するため、立体像形成面 3 上であって立体像を形成する側に、偏光板を配置することが好ましい。この偏光板として、 $\lambda/2$  の偏光板を用いることができる。

なお、直線偏光された参照光は光源と空間光変調器の間に偏光板を介在させるか、若しくは液晶等を用いて光源自体を偏光光源とすることより得られる。

[0027] 以下、図 6 の空間光変調器を用いたホログラフィー装置 10 の例を説明する。

図 7 は、ホログラフィー装置 10 の基本構成を示す。なお、図 6 に記載の要素と同一作用を奏する要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

なお、空間光変調器 1 は希土類添加アモルファス TbFe 系の金属強磁性薄膜（膜厚：100 nm）の垂直磁化膜を用いることができる。この膜をブラッグミラーで挟んだマイクロキャビティ型の磁性フォトリソニック結晶構造とすることができる。

立体像形成面 3 へのホログラムの書き込みは、レーザビームを用いた熱磁気書き込みで行なう。既存の DMD（1024×768 画素）に数 ns のパルスレーザビームを照射し、DMD からのページ変調光をレンズで画素ピッチ 1  $\mu$ m に縮小する。これにより、立体像形成面 3 の磁気ベクトルの方向を 1  $\mu$ m の画素ピッチ単位で制御可能となる。かかる熱磁気書き込みに要する時間は、レーザのパルス幅で数十 ns 程度である。

[0028] 第 1 の偏光板 11 により参照光を直線偏光光とし、この参照光を立体像形成面 3 へ入射する。立体像形成面 3 で回折される光の位相は、当該立体像形成面 3 に形成された磁化ベクトルの方向性に基づくホログラムにより異なる

ので、当該位相変化により再生像（立体像）が形成される。ここに、立体像形成面 3 の画素幅が  $1\ \mu\text{m}$  以下であるため、 $30$  度程度の視野角が得られ、フルパララックスな立体像が得られる。なお、参照光（反射光）の影響を排除するため、観察面側に、 $\lambda/2$  偏光板等の第 2 の偏光板 13 を配置することが好ましい。この第 2 の偏光板 13 は第 1 の偏光板 11 に対して  $90$  度の関係にある。

上記において参照光として波長  $532\ \text{nm}$  のレーザ光を用いると、視野角は約  $30$  度となる。

[0029] 図 8 には、他の形態のホログラフィー装置 20 を示す。なお、図 8 において図 7 と同一の作用を奏する要素には同一の符号を付してその説明を省略する。

このホログラフィー装置 20 では薄板状の空間光変調器 1 を透光性として、参照光をその裏面から入射し、ホログラムの形成された立体像形成面 3 を透過させる。

かかる構成を採用することにより、ホログラフィー装置 20 の構成要素（参照光光源、第 1 の偏光板 11、空間光変調器 1、第 2 の偏光板 13）が一直線上に配置されて、そのコンパクト化が可能となる。

[0030] 図 9 には他の形態のホログラフィー装置 30 を示す。なお、図 9 において図 8 と同一の作用を奏する要素には同一の符号を付してその説明を省略する。

このホログラフィー装置 30 は、空間光変調器 1 のホログラムを書換え可能とする装置 31 が備えられる。この書換え装置 31 はマザーホログラム特定部 32、AD 変換部 33、DMD 35 等の汎用的な空間光変調器及びレンズ部 36 を備える。マザーホログラム特定部 32 で特定されたマザーホログラムは AD 変換部 33 で DMD 35 の各画素の値に変換される。即ち、マザーホログラムが DMD 35 に転写される。この DMD 35 へ書換え用のレーザビームを照射して反射させ、レンズ部 36 で集光して、空間光変調器 1 へ照射する。これにより、マザーホログラムのパターンが空間光変調器 1 の

磁化ベクトルの方向のパターンとして転写される。

[0031] ここに、書換え用のレーザビームは空間光変調器 1 の磁気光学材料の磁化ベクトルを反転させるのに十分なエネルギーを有するものとする。このレーザビームを空間光変調器 1 の裏面へ照射しても、立体像形成面 3 に表出する部分の磁化ベクトルの方向を逆転できることは、図 6 (C) を参照されたい。

また、DMD 35 の画素幅は  $10\ \mu\text{m}$  以上であるため、レーザビームをレンズ部 36 で集光し、画素幅を  $1\ \mu\text{m}$  とする。これにより、大きな視野角が得られ、もって、立体像形成面 3 においてフルパララックスな立体像を得られる。

[0032] なお、この例では、参照光用のパスとしても DMD 35 及びレンズ部 36 を用い、部品の共通化を図っている。

上記の例では、空間光変調器 1 の特定の領域にホログラムを形成してその部分を立体像形成面 3 としていたが、空間光変調器 1 に広い面積が確保できれば、レンズ部 36 以降の光をスキャニングして、空間光変調器 1 において複数の部分に立体像形成面 3 を形成することもできる。換言すれば、薄板状の空間光変調器 1 に複数の立体像形成面 3 を設け、空間光変調器 1 をホログラムのアルバムとすることができる。

[0033] 図 10～14 にこの発明の実施例を示す。

図 10 は三次元ホログラムの撮影対象を示す。この例では、高さの異なる 3 つの箱をならべて手前側から T, U, T の文字を印字したものを撮影対象とする。

図 11 はホログラムの取得装置を示す。この装置では、CWレーザ装置 41 から放出される  $532\ \text{nm}$  のレーザ光の振幅を HWP ( $1/2\ \lambda$  波長板) 43 と偏光板 (PBS) 44 で直線偏光光を生成し、レンズ 45, 46 でコリメートしてハーフミラー 47 に入射する。ハーフミラー 47 で反射された入射光は撮影対象 48 で反射されてホログラムを作成する対象光となる、他方、ハーフミラー 47 を通過した入射光はミラー 49 で反射されて参照光と

なる。これら対象光と参照光は受光素子（ＣＣＤ）上にホログラムを作成し（図１２のホログラム参照）、そのホログラムパターンはＣＣＤにより撮影されて二値化処理される（図１２のデジタルホログラム参照）。

このとき、受光素子の１又は複数のピクセルを空間光変調器の単位ピクセルに対応させることにより、受光素子の出力をデジタルホログラムパターンに対応可能となる。勿論、受光素子の代わりにフィルム等の感光材料にホログラムパターン（アナログ）を一旦固定し、これをＣＣＤカメラ等で撮影してデジタルホログラムパターンとしてもよい。

[0034] このデジタルホログラムがマザーホログラムとなる。このようにデジタル化されたマザーホログラムの情報を、例えばＤＭＤを介して磁気光学材料へ書き込む（図９参照）。

このようにして磁化パターンが書き込まれた磁気光学材料（空間光変調器）６０を、図１３に示した再生装置にセットする。図１３において、図１１と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。

図１３において、偏光板Ｂにより入射光のゼロ次成分をカットし、磁気光学材料６０で回折された光のみを透過させている。なお、回折光で視認可能な像を再生できることは図４で示した通りである。

[0035] この実施例で用いた図１０の撮影装置では、対象光と参照光とを平行にしてかつ垂直に受光素子の受光面へ入射させそこでホログラムを生成している。このように参照光と対象光を平行にすることにより、ホログラム取得のための装置が簡素化される。

更には、図１０の撮影装置では、得られたホログラムパターンを、ＣＣＤ等を介して、デジタル化している。このようにデジタル化されたホログラムパターンを当該ＣＣＤのピクセルに対応して磁気光学材料に書き込めば、再生装置側においてはこの磁気光学材料へ単に参照光を照射するだけで像を再生することができる。

この点において、再生装置も簡素なものとなり像再生の高速化が可能となる。

[0036] このようにして得られた画像を図 1 4 に示す。図 1 3 のカメラ 7 0 の位置を左右に移動させたときの写真をそれに応じて配置した。その上には、撮影対象の実画像を示す。

図 1 4 において、左端の写真と右端の写真とを比較すると、U の字の下側に位置する T の字の位置が左右に移動している。これにより、図 1 3 の再生装置により立体像が再生されたことがわかる。

[0037] また、二次元ホログラム（図 5 参照）での例あるが、入射光の波長を 4 4 0 nm、5 3 2 nm、6 0 0 nm、7 3 0 nm とそれぞれ変化させたときにおいても二次元像を再生できることを確認している。即ち、全ての可視光範囲において像再生が可能であり、このことはフルカラーの立体像の再生、更にはその動画再生の可能性を示唆している。

[0038] このように、この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

## 符号の説明

- [0039] 1, 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 6 0 空間光変調器
- 3 立体像形成面
- 5 第 1 の領域
- 6 第 2 の領域
- 1 0, 2 0, 3 0 ホログラフィー装置
- 1 1, 1 3 偏光板
- 3 1 書換え装置
- 3 2 マザーホログラム特定部
- 3 3 A D 変換部
- 3 5 D M D
- 3 6 レンズ部

## 請求の範囲

- [請求項1] 参照光と対象光とからホログラムパターンを形成するステップと、得られたホログラムパターンをデジタル処理するステップと、該デジタル化されたホログラムパターンを磁気光学材料からなる空間光変調器へ磁化ベクトルのパターンとして書き込むステップと、を含む像撮影方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の空間光変調器へ直線偏光光を入射し、前記デジタル化されたホログラムパターンに応じて像を再生するステップが更に含まれる、像撮影再生方法。
- [請求項3] 前記ホログラムパターンを形成するステップにおいて、参照光はホログラム形成面に対して垂直に入射され、  
像の再生時に、前記空間光変調器のデジタル化されたホログラムパターンへ垂直に入射光を入射する、請求項2に記載の像撮影再生方法。
- [請求項4] 前記入射光は直線偏光光であり、前記空間光変調器の出射側には該入射光のゼロ次成分をカットする偏光板が配置される、請求項3に記載の像撮影再生方法。
- [請求項5] 磁気光学材料からなる立体像形成面を備え、  
該立体像形成面において磁気モーメントの軸が垂直方向に揃えられており、  
該磁気モーメントの軸が第1の方向を有する第1領域と前記第1の方向と反対方向の第2の領域が形成され、  
該第1の領域と前記第2の領域の最小単位の幅が $1\ \mu\text{m}$ 以下である、  
空間光変調器。
- [請求項6] 前記磁気光学材料は加熱により前記磁気モーメントの軸の向きを反転可能である、請求項5に記載の空間光変調器。
- [請求項7] 透光性のシート状に形成されて、その第1の面が前記立体像形成面

となり、その第2の面まで前記第1の面の磁気モーメントの軸の方向が維持されている、請求項5又は6に記載の空間光変調器。

[請求項8] 請求項5～7何れかに記載の空間光変調器と、該空間光変調器の前記立体像形成面に対向して配置される偏光板と、を備える像再生装置。

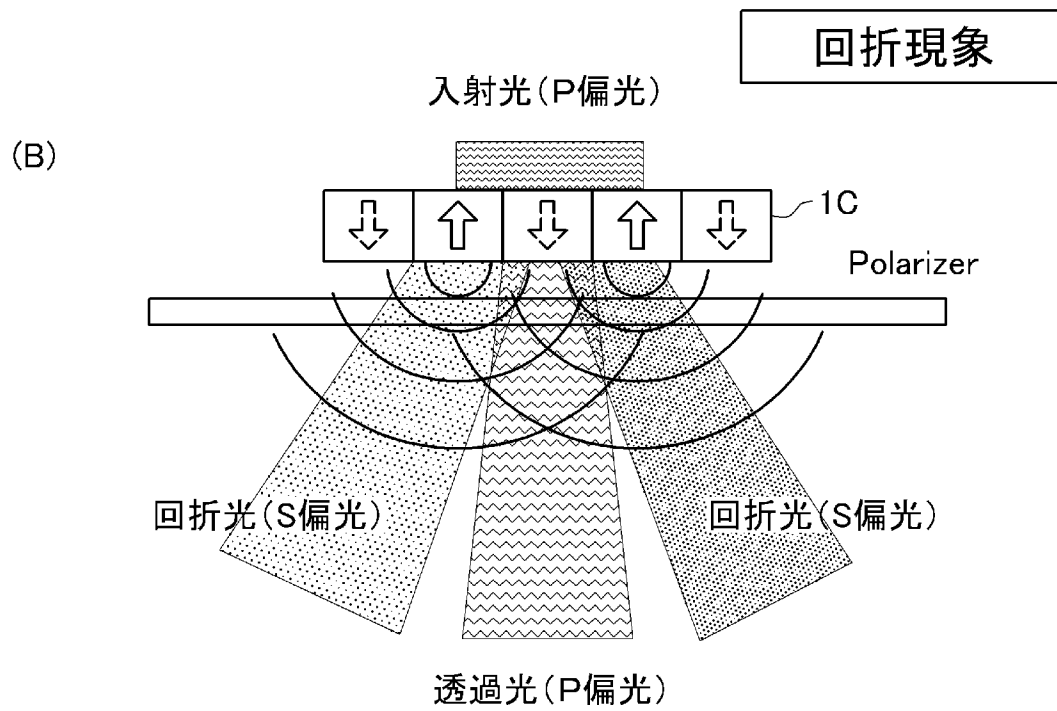
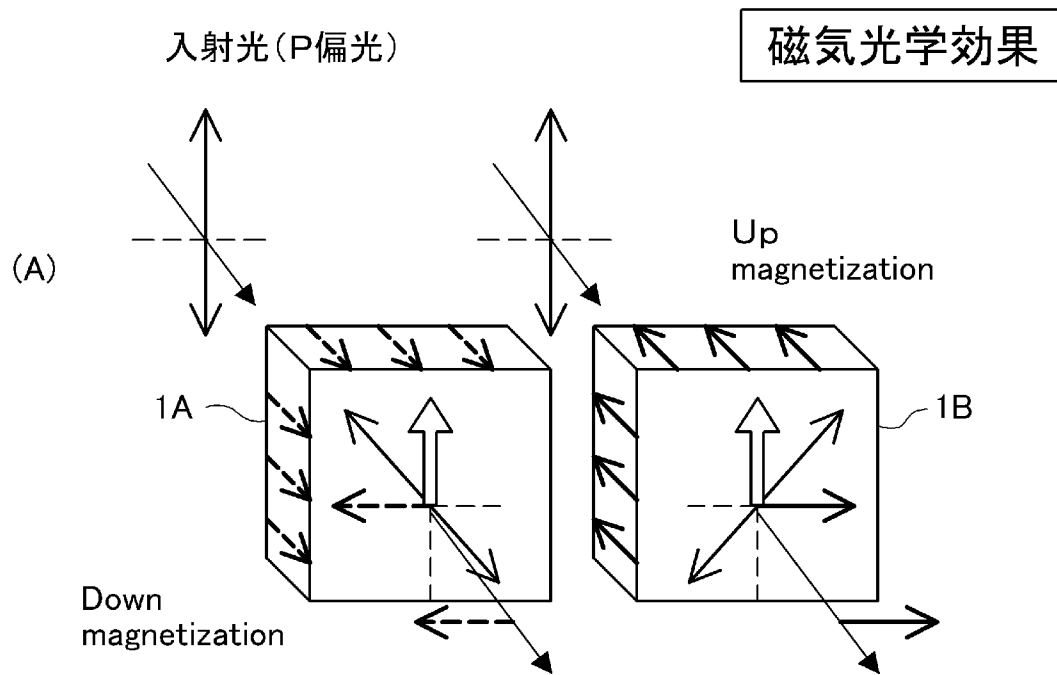
[請求項9] 請求項5～7の何れかに記載の空間光変調器と、  
該空間光変調器の前記立体像形成面へ前記第1の領域及び第2の領域の最小単位幅で熱を供給し、供給された部位において前記立体像形成面の磁気モーメントを反転する磁気モーメント反転装置と、を備える、デジタルホログラム形成装置。

[請求項10] 空間光変調器の前記立体像形成面に対向して偏光板が配置される、請求項9に記載のデジタルホログラム形成装置。

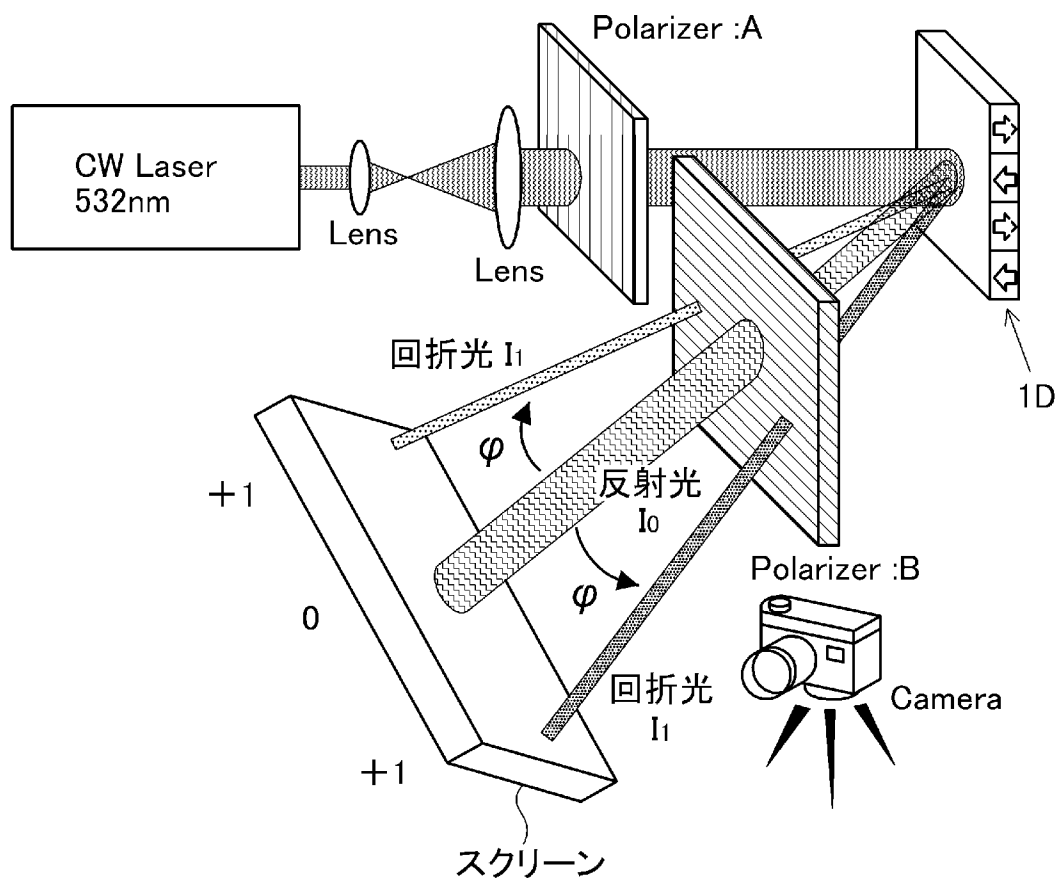
[請求項11] 請求項7に記載のシート状の空間光変調器と、  
前記シート状の空間光変調器の第2の面に配置されて、前記第1の領域及び第2の領域の最小単位幅で熱を該空間光変調器の第2の面へ供給して、前記第1の面の磁気モーメントの軸を反転させる磁気モーメント反転装置と、  
を備えてなるデジタルホログラム形成装置。

[請求項12] 前記磁気モーメント反転装置として汎用的な空間光変調器が配置され、エネルギー線を前記汎用的な空間光変調器で反射させて前記第2の面へ入射する、請求項9に記載のデジタルホログラム形成装置。

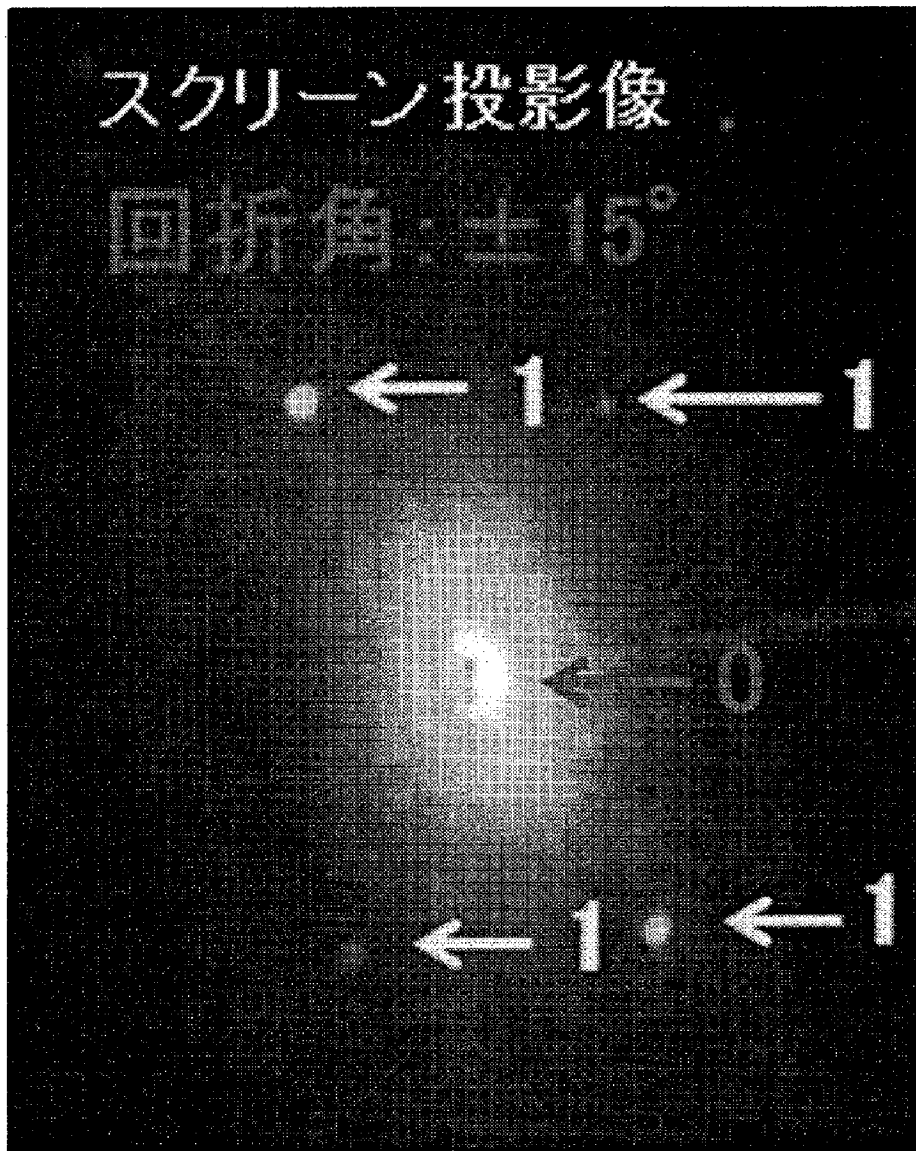
[圖1]



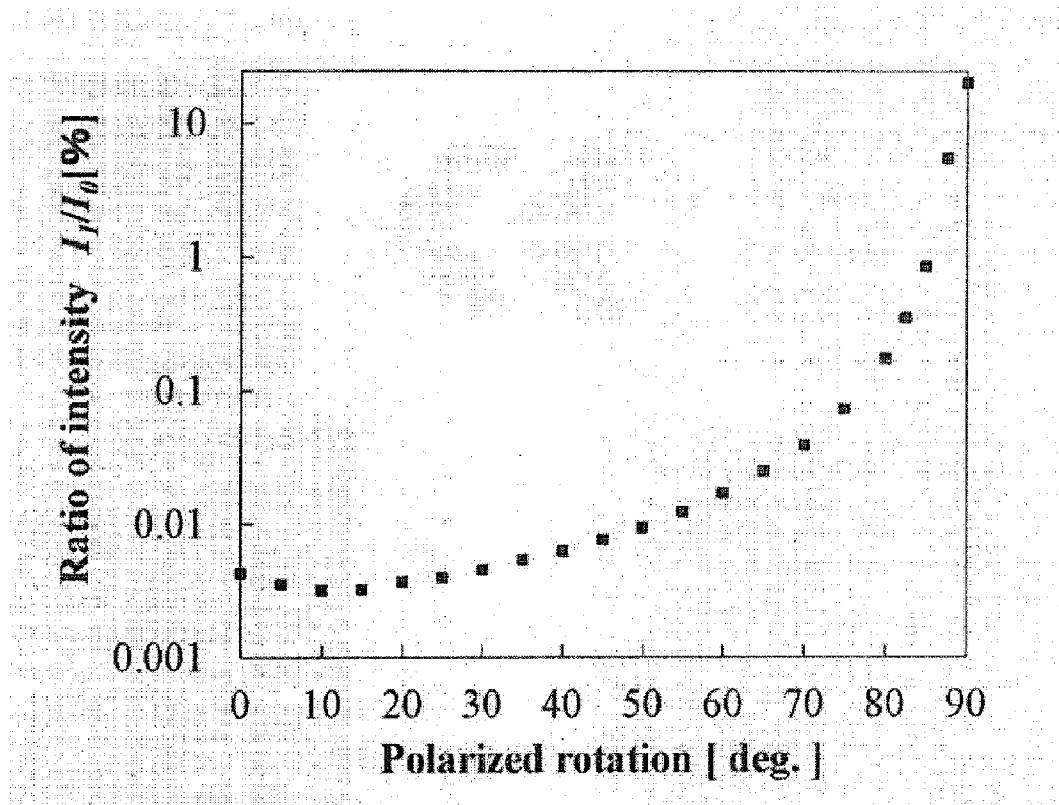
[図2]



[図3]

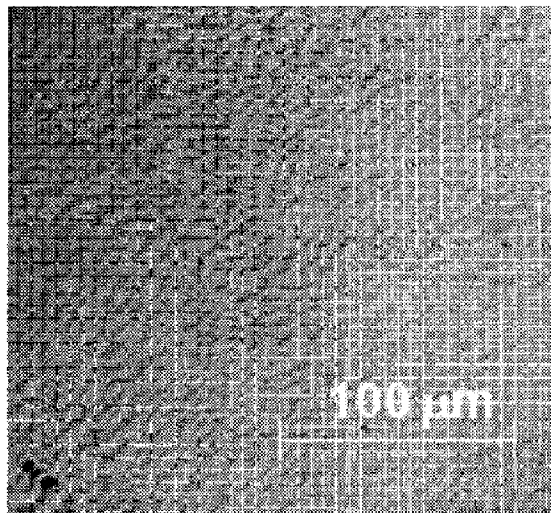


[図4]

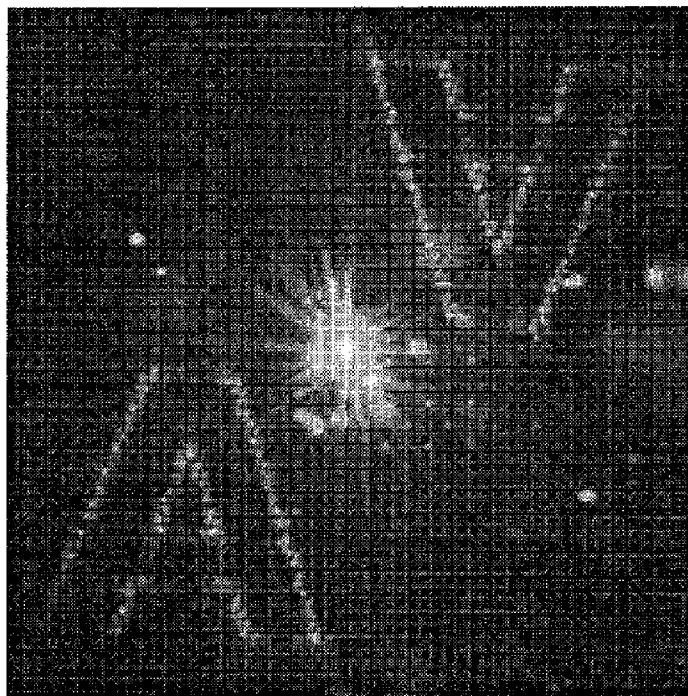


[図5]

# フーリエ変換パターン

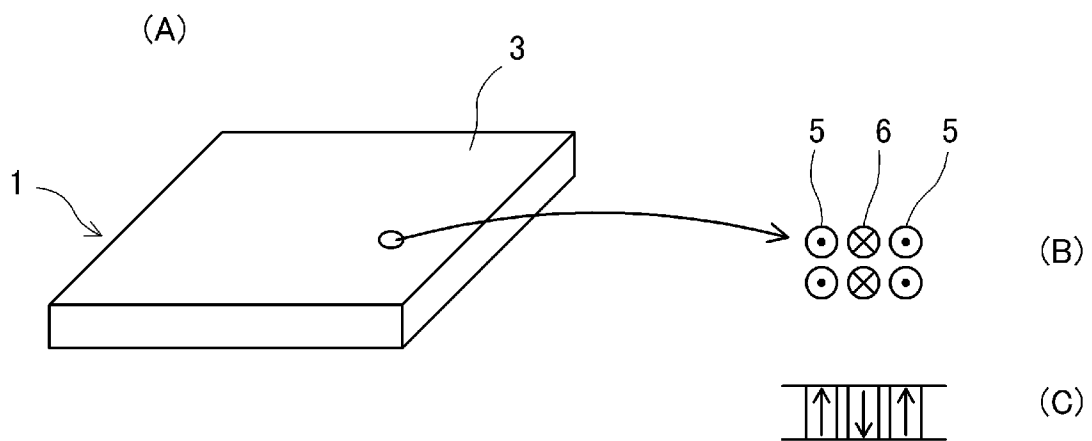


Pixel size : 1 μm

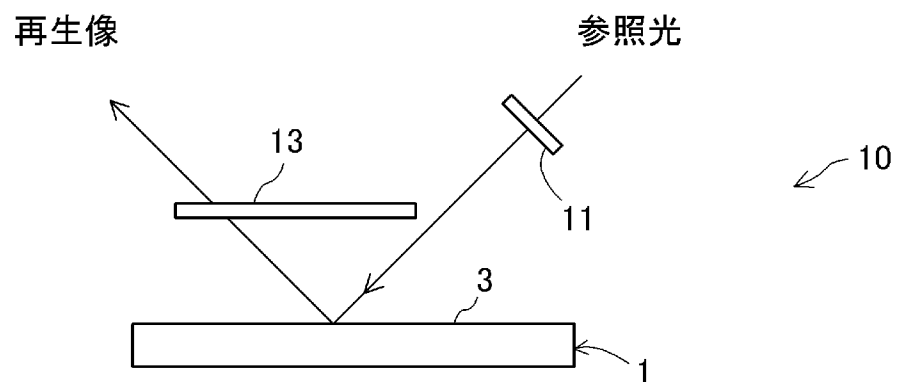


再生像:回折角 $\pm 15^\circ$

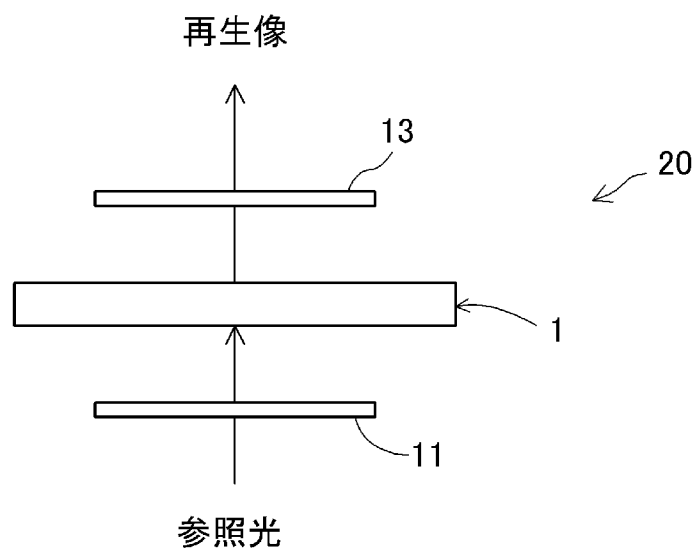
[図6]



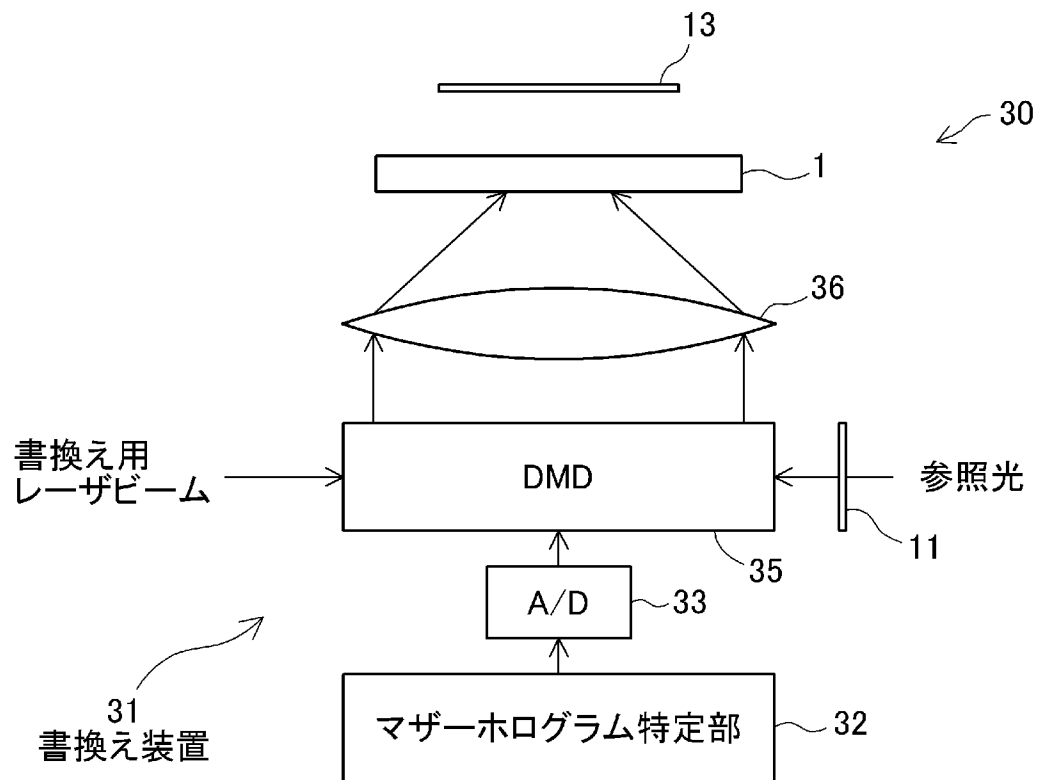
[図7]



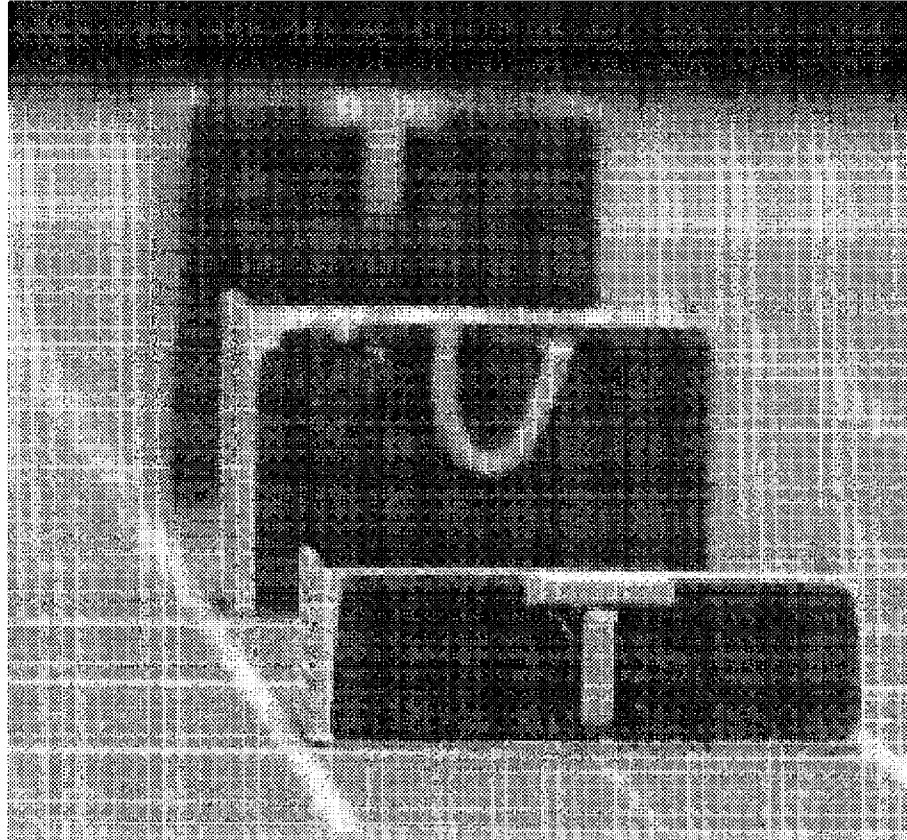
[図8]



[図9]

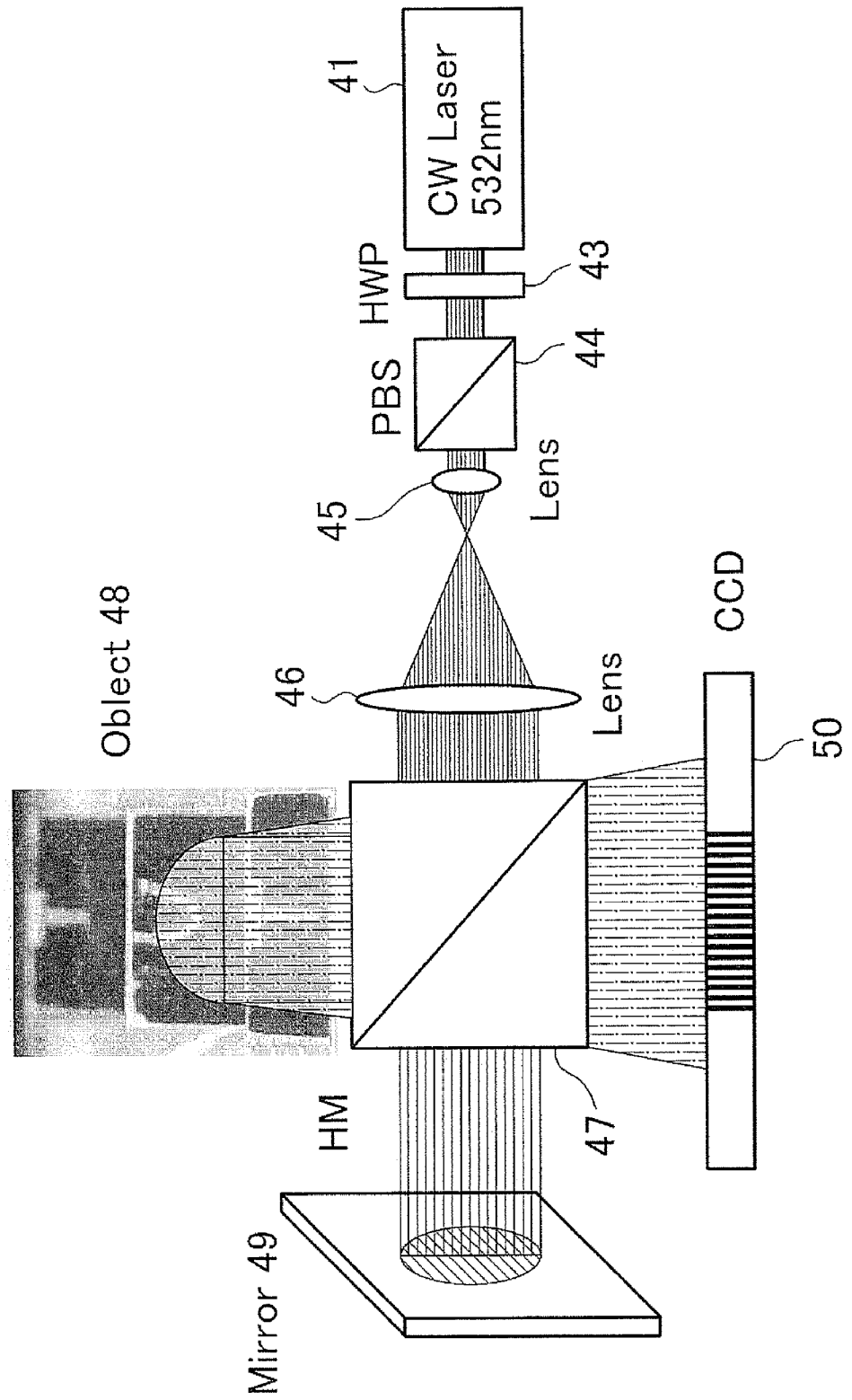


[図10]

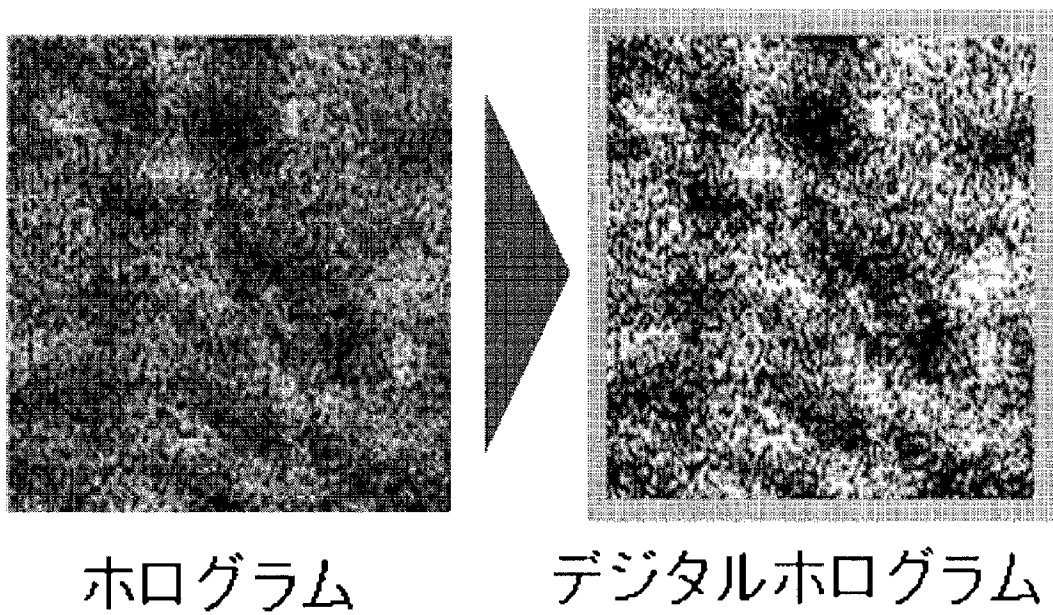


[図11]

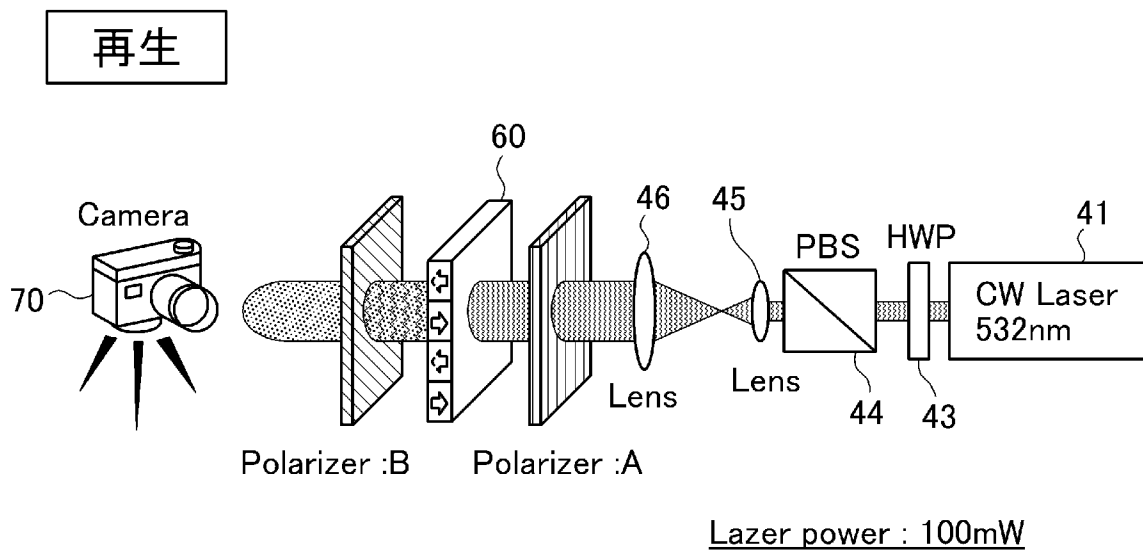
## ホログラム取得



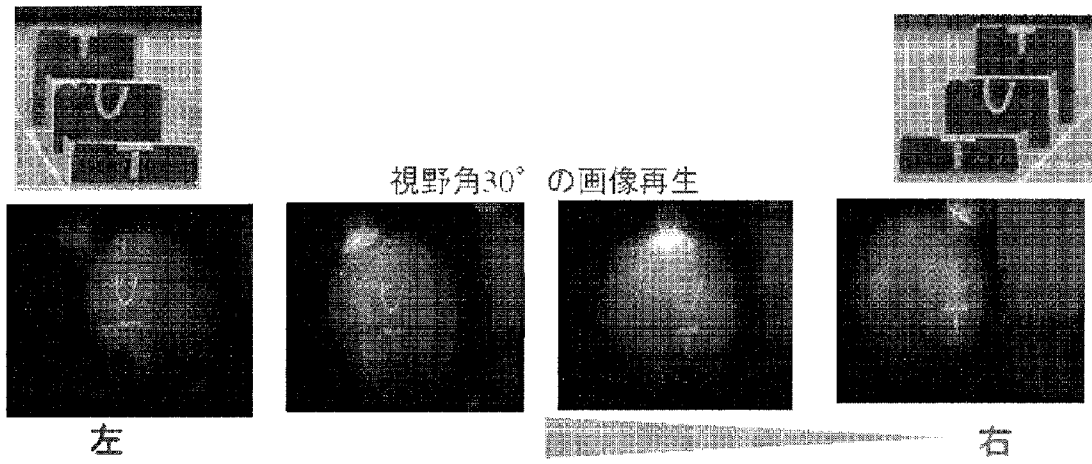
[図12]



[図13]



[図14]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064095

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03H1/04(2006.01)i, G02F1/09(2006.01)i, G03H1/22(2006.01)i, G11B7/0065(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03H1/04, G02F1/09, G03H1/22, G11B7/0065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2012 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2012 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2012 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                    | Relevant to claim No.     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| X<br>Y<br>A | JP 2011-002522 A (Nippon Hoso Kyokai),<br>06 January 2011 (06.01.2011),<br>paragraphs [0026], [0029] to [0032], [0070] to<br>[0082]; fig. 2, 6 to 8<br>(Family: none) | 1-5, 7-8<br>6, 9-11<br>12 |
| Y           | JP 03-150534 A (Fujitsu Ltd.),<br>26 June 1991 (26.06.1991),<br>page 5, upper left column, lines 2 to 6<br>(Family: none)                                             | 6, 9-11                   |
| Y           | JP 06-082626 A (International Business<br>Machines Corp.),<br>25 March 1994 (25.03.1994),<br>paragraphs [0002], [0047]<br>& US 5272690 A & EP 559435 A1               | 6, 9-11                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 August, 2012 (17.08.12)

Date of mailing of the international search report  
28 August, 2012 (28.08.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064095

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2001-256654 A (Optware Corp.),<br>21 September 2001 (21.09.2001),<br>paragraphs [0047] to [0053]; fig. 3 to 4<br>& US 2003/0095477 A1 & EP 1280143 A1<br>& WO 2001/069598 A1 & AU 4107301 A<br>& CA 2402765 A & CN 1416569 A | 1-12                  |
| A         | JP 04-018587 A (Seiko Instruments Inc.),<br>22 January 1992 (22.01.1992),<br>claim 5<br>& US 5132811 A & EP 405974 A2<br>& DE 69023350 C & CA 2020095 A                                                                         | 1-12                  |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G03H1/04(2006.01)i, G02F1/09(2006.01)i, G03H1/22(2006.01)i, G11B7/0065(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G03H1/04, G02F1/09, G03H1/22, G11B7/0065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                   | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | JP 2011-002522 A (日本放送協会)                                           | 1-5, 7-8       |
| Y               | 2011.01.06, 【0026】, 【0029】 - 【0032】, 【0070】 - 【0082】                | 6, 9-11        |
| A               | , 【図2】, 【図6】 - 【図8】<br>(ファミリーなし)                                    | 12             |
| Y               | JP 03-150534 A (富士通株式会社)<br>1991.06.26, 5 頁左上欄 2 行-6 行<br>(ファミリーなし) | 6, 9-11        |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大隈 俊哉

2 0

4 6 3 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                          |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                        | 関連する<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 06-082626 A<br>(インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)<br>1994.03.25, 【0002】 , 【0047】<br>& US 5272690 A & EP 559435 A1                                                                        | 6, 9-11        |
| A                     | JP 2001-256654 A (株式会社オプトウエア)<br>2001.09.21, 【0047】 - 【0053】 , 【図 3】 - 【図 4】<br>& US 2003/0095477 A1 & EP 1280143 A1 & WO 2001/069598 A1<br>& AU 4107301 A & CA 2402765 A & CN 1416569 A | 1-12           |
| A                     | JP 04-018587 A (セイコー電子工業株式会社)<br>1992.01.22, 特許請求の範囲(5) & US 5132811 A & EP 405974 A2<br>& DE 69023350 C & CA 2020095 A                                                                  | 1-12           |