

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4360526号
(P4360526)

(45) 発行日 平成21年11月11日(2009.11.11)

(24) 登録日 平成21年8月21日(2009.8.21)

(51) Int.Cl. F I
GO3H 1/02 (2006.01) GO3H 1/02
GO3H 1/08 (2006.01) GO3H 1/08

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-205316 (P2003-205316)	(73) 特許権者	000002897
(22) 出願日	平成15年8月1日(2003.8.1)		大日本印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2004-126535 (P2004-126535A)		東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年4月22日(2004.4.22)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成18年6月27日(2006.6.27)		弁理士 荏澤 弘
(31) 優先権主張番号	特願2002-225605 (P2002-225605)	(74) 代理人	100088041
(32) 優先日	平成14年8月2日(2002.8.2)		弁理士 阿部 龍吉
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラム観察具とそのための計算機ホログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透過型のフーリエ変換ホログラムとして構成され計算機ホログラムからなるホログラム観察具において、前記計算機ホログラムには、前記計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ x 、 y の2倍 $2x$ 、 $2y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されていることを特徴とするホログラム観察具。

【請求項 2】

前記計算機ホログラムは、位相ホログラムからなることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム観察具。

【請求項 3】

前記計算機ホログラムの位相分布が4段階以上に多値化されていることを特徴とする請求項 2 記載のホログラム観察具。

【請求項 4】

観察具用の透過型のフーリエ変換ホログラムとして構成されホログラム観察具用の計算機ホログラムにおいて、前記計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ x 、 y の2倍 $2x$ 、 $2y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されていることを特徴とする計算機ホログラム。

【請求項 5】

位相ホログラムからなることを特徴とする請求項 4 記載の計算機ホログラム。

【請求項 6】

位相分布が 4 段階以上に多値化されていることを特徴とする請求項 5 記載の計算機ホログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホログラム観察具とそのための計算機ホログラムに関し、特に、作りやすく、ホログラムメガネを通して見える画像が安定して明るいホログラムメガネとそのための計算機ホログラムに関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

特許文献 1 においてホログラムメガネが提案されている。このホログラムメガネは、図 7 (a) に斜視図を示すような構成になっている。すなわち、メガネフレーム 1 の両眼用の枠内には、2 つの透過型ホログラム 2、3 が嵌め込まれている。この透過型ホログラム 2、3 を用いたメガネを掛けて図 7 (b) に示すような小面積の光源 4、5、6、7 を含むシーンを見ると、例えば図 7 (c) に示すように見える。すなわち、図 7 (b) の実際のシーンにおける光源 4、5、6、7 がそれぞれ予め選択されたパターン「NOEL」8、9、10、11 に置き替わったシーンとして見える。このような特性を持つ透過型ホログラム 2、3 としては、計算機ホログラムとして構成された上記パターン「NOEL」のフーリエ変換ホログラム（フラウンホーファーホログラム）が用いられる。

20

【特許文献 1】

米国特許第 5, 546, 198 号明細書

【非特許文献 1】

日本光学会（応用物理学会）主催 第 22 回冬期講習会テキスト「ホログラムと回折型光学素子 - 基礎理論から産業応用まで -」pp. 36 ~ 39

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

計算機によって得られるフーリエ変換ホログラムは、そのホログラムに記録されるパターン（上記の例では、「NOEL」）を含む制限された矩形領域を縦横に碁盤目状のセルに区切って、セル位置に対応するパターン部分の情報を各セルに持たせ、その限られた数のセルからなるパターンを遠方のホログラム領域にフーリエ変換して投影して構成されているもので、実際には、ホログラム領域も記録するパターン領域と同様に縦横に碁盤目状のセルに区切って、記録するパターンのフーリエ変換された各セル位置の振幅情報と位相情報を記録してなるものである。

30

【0004】

このように、予め選択されたパターンを記録したフーリエ変換計算機ホログラムは、有限の数のセルからなるものであるため、回折効率が必ずしも高くなく、上記のホログラムメガネを通して見えるパターンは必ずしも明るいものではなく、また、そのパターンに共役像が重なって見え、さらには、主たるパターンの周囲に近接して高次回折像が見えてしまい、見やすく十分な特性のものと言うことはできなかった。

40

【0005】

また、このような計算機ホログラムの作製には、高速フーリエ変換によって作製されたマスクを使用するフォトリソグラフィの技術が用いられるが、マスクの描画パターンが非常に微細であるため、安定的に所定のパターンを再生する計算機ホログラムを作製することは容易ではない。

【0006】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高回折効率で明るいパターンがシーン中の光源に置き替わって見え、共役像、高次像が出ても

50

気にならず、かつ、所定の特性のものの作製が容易なホログラム観察具とそのための計算機ホログラムを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明のホログラム観察具は、透過型のフーリエ変換ホログラムとして構成され計算機ホログラムからなるホログラム観察具において、前記計算機ホログラムには、前記計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ p_x 、 p_y の2倍 $2p_x$ 、 $2p_y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されていることを特徴とするものである。

10

【0009】

この場合に、計算機ホログラムは、位相ホログラムからなることが望ましい。

【0010】

また、計算機ホログラムの位相分布が4段階以上に多値化されていることが望ましい。

【0011】

本発明の計算機ホログラムは、観察具用の透過型のフーリエ変換ホログラムとして構成されホログラム観察具用の計算機ホログラムにおいて、前記計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ p_x 、 p_y の2倍 $2p_x$ 、 $2p_y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されていることを特徴とするものである。

20

【0013】

この場合に、この計算機ホログラムは位相ホログラムからなることが望ましい。

【0014】

また、位相分布が4段階以上に多値化されていることが望ましい。

【0015】

本発明においては、計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ p_x 、 p_y の2倍 $2p_x$ 、 $2p_y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されているので、明るく、共役像、高次像が目立たないパターンが、観察具を通して見ているシーン中の光源に置き替わって見え、かつ、所定の特性のものの作製が容易な、ホログラム観察具用の計算機ホログラムからなるフーリエ変換ホログラムが得られる。

30

【0016】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明のホログラム観察具とそのための計算機ホログラムの実施例を説明する。

【0017】

図1に、本発明のホログラムメガネの枠に嵌め込まれる計算機ホログラム20（図7（a）の透過型ホログラム2、3に相当）とそれから再現される像領域30とを模式的に示す。計算機ホログラム20はフーリエ変換ホログラムであり、碁盤目状に配置された縦方向（ y 軸方向）の寸法 p_y 、横方向（ x 軸方向）の寸法 p_x の微小なセル21の集合体からなり、本実施例においては、後記のように、各セル21は位相情報のみを持つ。セル21は x 軸方向に 2^m 個、 y 軸方向に 2^n 個配置されている。

40

【0018】

一方、この計算機ホログラム20から十分に遠方に配置される像領域30は、計算機ホログラム20に対応して x 軸方向に同じ 2^m 個、 y 軸方向に同じ 2^n 個配置されたセル31の集合体からなり、各セル31は縦方向（ y 軸方向）寸法 p_y 、横方向（ x 軸方向）寸法 p_x であり、像領域30全体の x 軸方向長さは L_x 、 y 軸方向長さは L_y である。

【0019】

50

なお、像領域30のx軸方向長さ L_x 、y軸方向長さ L_y は、計算機プログラム20のセル21のそれぞれx軸方向寸法 x 、y軸方向寸法 y と関係しており、計算機プログラム20からの回折角で表すと(計算機プログラム20から十分に遠方の位置に像領域30があるので、 L_x 、 L_y は角度で表現した方がよい。)、 L_x は空間周波数 $1/(2x)$ の回折格子の±1次回折光で挟まれる範囲に対応し、 L_y は空間周波数 $1/(2y)$ の回折格子の±1次回折光で挟まれる範囲に相当する。これは、計算機プログラム20に記録される最大空間周波数がx軸方向で $1/(2x)$ 、y軸方向で $1/(2y)$ であることに対応している。

【0020】

このような配置関係で、計算機プログラム20の正面から所定波長の平行光15が入射すると、計算機プログラム20の裏面側に回折光16が生じ、遠方の像領域30に計算機プログラム20に記録されたパターン、例えば後記のような「F」の字が再生される。したがって、このような計算機プログラム20をメガネのレンズの代わりに用いて計算機プログラム20の正面方向を見ると、その「F」の字が見えることになる。そのため、例えば図7(b)に示すようなシーンをこの計算機プログラム20を介して見ると、光源4、5、6、7がパターン「F」に置き替わったシーンとして見えることになる。

【0021】

このような計算機プログラム20がパターン「F」を再生するように各セル21の位相情報を計算して求める実施例を説明する。この方法は、再生像面に所定の回折光を与えるために、再生像面とホログラム面との間で束縛条件を加えながらフーリエ変換と逆フーリエ変換を交互に繰り返しながらホログラム面に配置する計算機プログラムを求める方法であり、Gerchberg-Saxton反復計算法として知られている方法である(例えば、非特許文献1)。

【0022】

ここで、分かりやすくするため、再生像面30での原画の振幅分布(画素値)を $A_{IMG}(x, y)$ 、再生像面30での原画の位相分布を $\phi_{IMG}(x, y)$ 、ホログラム面20での振幅分布を $A_{HOLO}(u, v)$ 、ホログラム面20での位相分布を $\phi_{HOLO}(u, v)$ とする。図2に示すように、ステップ(1)で、再生像面30領域で、記録する原画の画素値を $A_{IMG}(x, y)$ として与え、原画の位相分布をランダムな値に初期化して、ステップ(2)で、その初期化した値にフーリエ変換を施す。ステップ(3)で、フーリエ変換で得られたホログラム面20での振幅分布 $A_{HOLO}(u, v)$ を1にし、位相分布 $\phi_{HOLO}(u, v)$ を所定の多値化(量子化)する束縛条件が付与される。そのような束縛条件が付与された後、ステップ(4)で、その束縛条件を付与した振幅分布 $A_{HOLO}(u, v)$ と位相分布 ϕ_{HOLO} にフーリエ逆変換が施される。ステップ(5)で、そのフーリエ逆変換で得られた再生像面30での振幅分布 $A_{IMG}(x, y)$ が原画の画素値と略等しいと収束判定された場合に、ステップ(3)で多値化(量子化)された位相分布 $\phi_{HOLO}(u, v)$ が計算機プログラム20のセル21に与えられる位相分布となる。ステップ(5)の収束判定で、フーリエ逆変換で得られた振幅分布 $A_{IMG}(x, y)$ が原画の画素値と等しくない判定されると、ステップ(6)で、そのフーリエ逆変換で得られた振幅分布 $A_{IMG}(x, y)$ の代わりに原画の画素値を与え、フーリエ逆変換で得られた位相分布 $\phi_{IMG}(x, y)$ はそのままとする束縛条件が付与される。そのような束縛条件が付与された後、ステップ(2) (3) (4) (5) (6)のループがステップ(5)の条件が満足されるまで(収束するまで)繰り返され、最終的な所望の計算機プログラム20が得られる。

【0023】

また、ステップ(3)で位相分布 $\phi_{HOLO}(u, v)$ を多値化する処理を行わず、ステップ(5)の条件が満足された後に、所定の多値化する処理を行うようにしてもよい。

【0024】

このようにして求めた多値化した位相分布 $\phi_{HOLO}(u, v)$ から、実際のホログラムの深さ分布を求めるが、本発明のような透過型の場合は、次の式(1)に基づいて、計算機プログラム20の深さ $D(x, y)$ に変換する。

10

20

30

40

50

【0025】

$D(u, v) = \text{HOLO}(u, v) / \{2(n_1 - n_0)\} \cdots (1)$ ここで、 $D(u, v)$ は使用中心波長、 n_1, n_0 は透過型ホログラムを構成する2つの材質の屈折率である。そして、図3に断面図を例示するように、透明基板17の表面に上記式(1)で求めた $D(u, v)$ の深さのレリーフパターン18を形成することによって、本発明の計算機ホログラム20が得られる。図3の場合は、 $\text{HOLO}(u, v)$ を0, $\lambda/2$, λ , $3\lambda/2$ の4段階に多値化した例である。なお、上記のホログラム面20での座標 (u, v) は、再生像面30での座標 (x, y) と区別するためのものであり、座標軸の方向としては、 u 軸方向は x 軸方向に、 v 軸方向は y 軸方向に対応する。

【0026】

ところで、本発明による計算機ホログラム20は、前記したように、像領域30の x 軸方向長さ L_x 、 y 軸方向長さ L_y の範囲内で任意の大きさの任意のパターンが再生できるように記録できるが、再生されるパターンの寸法が縦横寸法 $L_y \times L_x$ 内で大きすぎると、いくつかの問題が起きる。

【0027】

その第1は、像領域30内で占める再生パターンの大きさが相対的に大きいと、計算機ホログラム20の多値化のレベル数が低下することである。前記したように、計算機ホログラム20の面と再生像領域30の面の間にはフーリエ変換の関係があるため、再生像領域30全域に再現されるパターンを計算機ホログラム20に記録するには、計算機ホログラム20に記録可能な最大空間周波数 $1/(2L_x)$ (x 軸方向)、 $1/(2L_y)$ (y 軸方向)で記録しなければならなくなり、計算機ホログラム20の位相分布を記録する多値化レベル数は2段階、すなわち、0, $\lambda/2$ の2段階にせざるを得ない。ところが、多値化レベル数が2段階の場合、回折効率は最大でも40.5%にしかならないので、このような計算機ホログラム20で理論的に再生可能な像領域30全域に再現されるパターンを記録しようとする、再生像の明るさは暗くならざるを得ず、また、インラインで明るい共役像が重なって再生され、本来のパターンが見難くなる。

【0028】

ここで、再生像領域30全域でなく、図4(a)に示すように、縦横共 $2/3$ の範囲35内にパターンが再生されるように計算機ホログラム20に記録するには、最大空間周波数 $1/(3L_x)$ 、 $1/(3L_y)$ で記録しなければならない。そこで、記録する位相分布の多値化レベル数を3段階、すなわち、0, $2\lambda/3$ 、 $4\lambda/3$ と、回折効率は最大で68.4%に上昇し、より明るい再生像が得られるが、するとインラインで重なって再生される共役像が邪魔になる。

【0029】

そこで、再生像領域30全域でなく、図4(b)に示すように、縦横共 $1/2$ の範囲内35内にパターンが再生されるように計算機ホログラム20に記録すると、記録する位相分布の多値化レベル数は4段階、すなわち、0, $\lambda/2$, λ , $3\lambda/2$ となり、回折効率は最大で81.1%になる。これだけ回折効率が高いと、再生像の明るさは十分で、かつ、インラインで重なって再生される共役像はほとんど目立たなくなる。

【0030】

第2の問題は、再生像領域30の周りに再生される高次像である。計算機ホログラム20は x 軸方向寸法 L_x 、 y 軸方向寸法 L_y のセル21が碁盤目状に配置されているものであり、 x 軸方向に格子間隔 L_x の回折格子、 y 軸方向に格子間隔 L_y の回折格子がその位相分布 $\text{HOLO}(u, v)$ に重畳しているのと同じである。そのため、この x 軸方向には格子間隔 L_x の回折格子がキャリア(搬送波)、 y 軸方向には格子間隔 L_y の回折格子がキャリア(搬送波)となって ± 1 次の不要回折光が発生し、そのキャリアが再生像領域30に再生される本来のパターン「F」の周りであって、再生像領域30に隣接する領域に、図5に示すように、本来の再生像「F」と同じパターンの4つの高次像「F」が再生される。図5(a)は、再生像領域30(黒縦棒と黒横棒が交差している矩形領域が対応する。)の縦横共 $1/2$ 以下の範囲内内にパターン「F」が再生されるように記録された場合

10

20

30

40

50

、図5(b)は、再生像領域30(黒縦棒と黒横棒が交差している矩形領域が対応する。)の縦横共2/3以上の範囲内にパターン「F」が再生されるように記録された場合に再生される像を示す。

【0031】

この図5(a)と(b)を比較して明らかなように、再生像領域30略全域に再現されるパターンを計算機プログラム20に記録すると、図5(b)に示すように、再生像領域30に再生される本来のパターン「F」の周りに再生される高次像が近すぎて目立ち邪魔になり、望ましくない。これに対して、再生像領域30の縦横共1/2以下の範囲内に再現されるパターンを計算機プログラム20に記録すると、図5(a)に示すように、再生像領域30に再生される本来のパターン「F」の周りに再生される高次像が相対的に遠くなり、余り目立たなく邪魔にならない。

10

【0032】

第3の問題は、計算機プログラム20の多値化した位相分布 $H_{OLO}(u, v)$ をフォトリソグラフィの手法を用いて作製するときのフォトマスクに関するものである。図6は、それぞれ(a1)、(a2)に示す原画を位相分布 $H_{OLO}(u, v)$ のみを持つフーリエ変換プログラムとして4段階に多値化して記録するときの2個のフォトマスクを示す図であり、(b1)、(b2)はそれぞれ位相変調 ϕ を与えるためのフォトマスクのパターン、(c1)、(c2)はそれぞれ位相変調 $\phi/2$ を与えるためのフォトマスクのパターンであり、この例では、縦横共32個に分割してある。図6(a1)の原画は、再生像領域30の縦横共1/2以下の範囲内に再現される原画パターンであり、図6(a2)は縦横共1/2を越える範囲内に再現される原画パターンである。

20

【0033】

なお、位相変調 ϕ を与えるフォトマスク((b1)、(b2))と位相変調 $\phi/2$ を与えるフォトマスク((c1)、(c2))とを用いて位相分布を4段階に多値化するには、例えば、ポジ型レジストを用いて2回のパターン露光と透明基板17のエッチングを行う場合には、位相変調 ϕ のフォトマスクの開口部と位相変調 $\phi/2$ のフォトマスクの開口部とが重なるように露光することにより $3\phi/2$ の位相部が得られ、位相変調 ϕ のフォトマスクの開口部と位相変調 $\phi/2$ のフォトマスクの遮光部とが重なるように露光することにより $\phi/2$ の位相部が得られ、位相変調 ϕ のフォトマスクの遮光部と位相変調 $\phi/2$ のフォトマスクの開口部とが重なるように露光することにより $\phi/2$ の位相部が得られ、位相変調 ϕ のフォトマスクの遮光部と位相変調 $\phi/2$ のフォトマスクの遮光部とが重なるように露光することにより0の位相部が得られることになる。

30

【0034】

この図6(a1)~(c1)と(a2)~(c2)を比較して明らかなように、(a2)~(c2)の場合には、(b2)に矢印で示してあるように、計算機プログラム20を作製するためのフォトマスクに孤立パターンが発生しやすい。これに対して、(a1)~(c1)の場合には、そのような孤立パターンはほとんど発生しない。フォトマスクにこのような孤立パターンが存在すると、その描画あるいは転写の際に孤立パターンの角が取れて丸まり、それを用いて作製された計算機プログラム20のパターン再現性が悪くなったりノイズ光が増える等の問題が生じる。

40

【0035】

以上のように、第1から第3の何れの点から見ても、計算機プログラム20の微小なセル21のピッチ p_x 、 p_y の2倍 $2p_x$ 、 $2p_y$ の格子間隔を持つ回折格子の±1次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機プログラム20の再生像領域30の2/3以下、望ましくは1/2以下の範囲内に再現される原画パターンを計算機プログラム20に記録するようにすることにより、明るく、共役像、高次像が目立たないパターンが、メガネを通して見ているシーン中の光源に置き替わって見え、かつ、所定の特性のもの作製が容易な、プログラムメガネ用の計算機プログラムからなるフーリエ変換プログラムが得られる。

【0036】

50

以上、本発明によるホログラムメガネとそのための計算機ホログラムを実施例に基づいて説明してきたが、これらに限定されず種々の変形が可能である。なお、本発明の計算機ホログラムは、片目用のホログラムメガネに用いることも含むものであり、さらには、ホログラムメガネ用に限らず、窓用あるいはディスプレイ用等に用いることもできるものである。

【0037】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明のホログラム観察具とそのための計算機ホログラムによると、計算機ホログラムを構成する微小なセルのピッチ x 、 y の2倍 $2x$ 、 $2y$ の格子間隔を持つ回折格子の所定波長の ± 1 次回折光で挟まれる範囲で定義される計算機ホログラムの再生像領域の $1/2$ 以下の範囲内にその波長で再現される原画パターンが記録されているので、明るく、共役像、高次像が目立たないパターンが、観察具を通して見ているシーン中の光源に置き替わって見え、かつ、所定の特性のもの作製が容易な、ホログラム観察具用の計算機ホログラムからなるフーリエ変換ホログラムが得られる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のホログラムメガネの枠に嵌め込まれる計算機ホログラムとそれから再現される像領域とを模式的に示す図である。

【図2】本発明の計算機ホログラムを得るためのフローチャートである。

【図3】本発明の計算機ホログラムの構成例を示す断面図である。

20

【図4】再生像領域内のパターン再生範囲の例を示す図である。

【図5】再生像領域に再生される本来の再生パターンとその周りの4つの高次像とを示す図である。

【図6】原画とその原画パターンに対応する位相変調を与えるためのフォトマスクのパターンとを示す図である。

【図7】ホログラムメガネとその作用を説明するための図である。

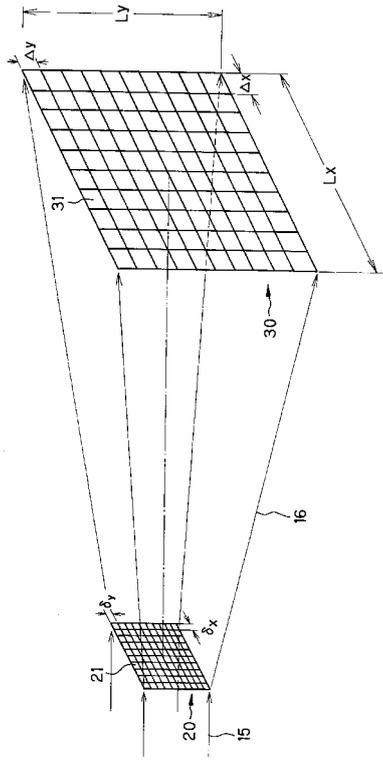
【符号の説明】

- 1 ...メガネフレーム
- 2、3 ...透過型ホログラム
- 4、5、6、7 ...小面積の光源
- 8、9、10、11 ...予め選択された置き替えパターン
- 15 ...平行光
- 16 ...回折光
- 17 ...透明基板
- 18 ...レリーフパターン
- 20 ...計算機ホログラム（ホログラム面）
- 21 ...セル
- 30 ...像領域（再生像面）
- 31 ...セル
- 35 ...パターン再生範囲

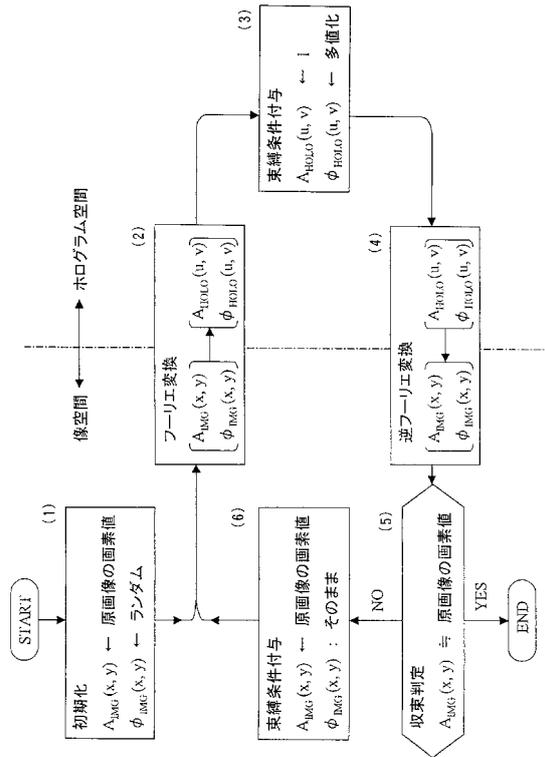
30

40

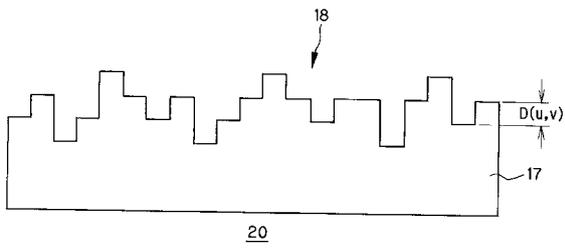
【図1】



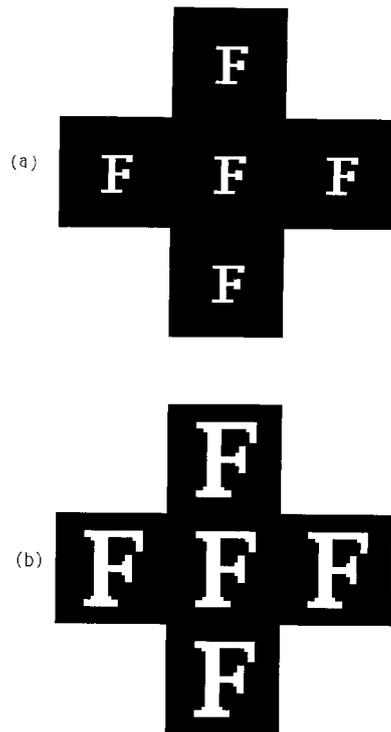
【図2】



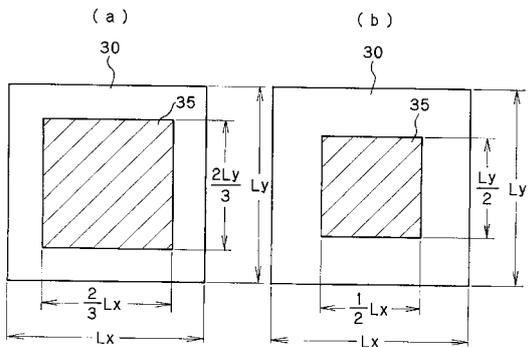
【図3】



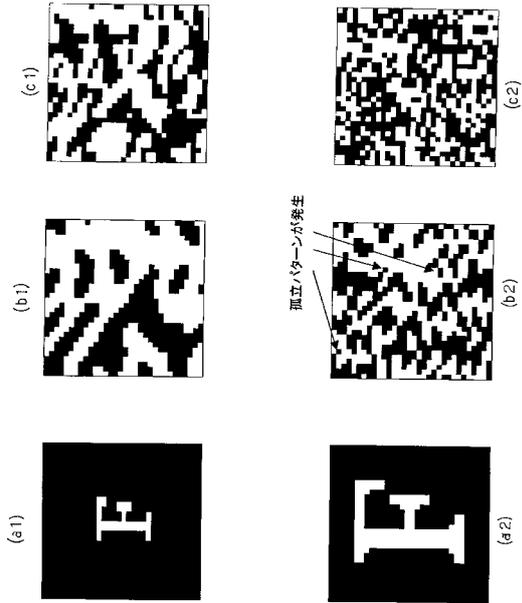
【図5】



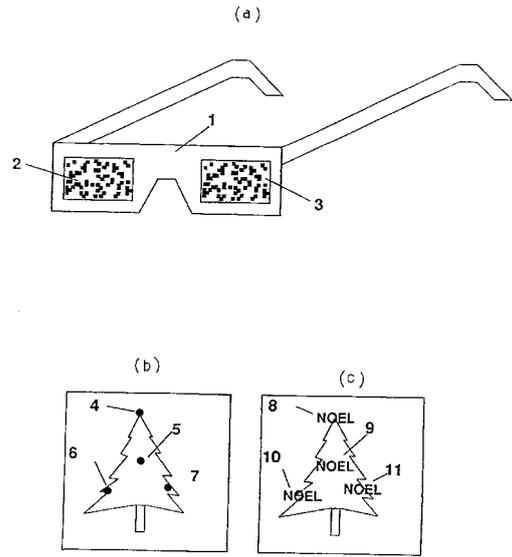
【図4】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 北村 満

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

審査官 竹村 真一郎

(56)参考文献 特開2002-149045(JP,A)

特開2000-250388(JP,A)

特開2002-040219(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03H 1/00-5/00