

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4214601号
(P4214601)

(45) 発行日 平成21年1月28日(2009.1.28)

(24) 登録日 平成20年11月14日(2008.11.14)

(51) Int.Cl.		F I	
G03H	1/04	(2006.01)	G03H 1/04
G03H	1/22	(2006.01)	G03H 1/22
G11C	13/04	(2006.01)	G11C 13/04 C

請求項の数 16 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願平11-46941	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成11年2月24日(1999.2.24)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2000-242156(P2000-242156A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成12年9月8日(2000.9.8)	(74) 代理人	100067736
審査請求日	平成17年11月30日(2005.11.30)		弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100086335
			弁理士 田村 榮一
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(72) 発明者	菅沼 洋
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		審査官	杉山 輝和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に多重記録する第1の記録手段と、上記第1の記録手段により上記第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第1の再生手段と、上記第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体に複数枚多重記録する第2の記録手段と、上記第2の記録手段により上記第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第2の再生手段とを備えることを特徴とするホログラム記録再生装置。

【請求項2】

上記第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えることを特徴とする請求項1記載のホログラム記録再生装置。

【請求項3】

上記ホログラム抽出手段は、上記第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望の

ホログラムを抽出すること

を特徴とする請求項 2 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 4】

上記ホログラム抽出手段は、上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出すること

を特徴とする請求項 2 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 5】

上記第 1 のホログラム記録媒体として書き換え可能なホログラム記録材料を用い、上記第 2 のホログラム記録媒体として一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いること

を特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録再生装置。

10

【請求項 6】

上記第 1 の記録手段は、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを備え、上記空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより上記各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、上記空間光変調器に表示された 1 画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして上記第 1 の記録媒体に多重記録し、

上記第 2 の再生手段は、上記空間光変調器に表示された 1 画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生すること

を特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録再生装置。

20

【請求項 7】

上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムを 1 画像として表示する表示手段を備えること

を特徴とする請求項 6 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 8】

上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えること

を特徴とする請求項 6 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 9】

1 枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第 1 のホログラム記録媒体に多重記録する第 1 のステップと、

上記第 1 のステップにおいて上記第 1 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第 2 のステップと、

上記第 2 のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ 1 つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第 2 の記録媒体に複数枚多重記録する第 3 のステップと、

上記第 3 のステップにおいて上記第 2 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第 4 のステップとを経ること

を特徴とするホログラム記録再生方法。

40

【請求項 10】

上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第 5 のステップを経ること

を特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 11】

上記第 5 のステップは、上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出すること

を特徴とする請求項 10 記載のホログラム記録再生方法。

50

【請求項 1 2】

上記第 5 のステップは、上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出すること

を特徴とする請求項 1 0 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 1 3】

上記第 1 のホログラム記録媒体として書き換え可能なホログラム記録材料を用い、上記第 2 のホログラム記録媒体として一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることを特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 1 4】

上記第 1 のステップにおいて、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを用い、上記空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより上記各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、上記空間光変調器に表示された 1 画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして上記第 1 の記録媒体に多重記録し、

上記第 4 のステップにおいて、上記空間光変調器に表示された 1 画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生すること

を特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 1 5】

上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを 1 画像として表示することを特徴とする請求項 1 4 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 1 6】

上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第 5 のステップを経ること

を特徴とする請求項 1 4 記載のホログラム記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体光と参照光との干渉効果を利用してホログラム記録媒体にデータを記録し、又はホログラム記録媒体に記録されたデータを再生するホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、記録すべきデータに応じて変調された物体光と参照光とを、大きなフォトリフラクティブ効果を発現するホログラム記録媒体中で干渉させることにより、このホログラム記録媒体にデータを干渉縞として記録し、また、データが記録されたホログラム記録媒体に参照光と同じ入射角で読み出し光を入射させることにより、このホログラム記録媒体に記録されたデータを再生するホログラム記録再生方式が提案されている。

【0 0 0 3】

このホログラム記録再生方式においては、例えば、液晶表示パネル(LCD)等の空間光変調器を透過することによりこの空間光変調器に表示された 1 画像分のデータに応じて変調された光が物体光としてホログラム記録媒体内に入射するので、1 画像分のデータが 1 つのホログラムとして、一度にホログラム記録媒体に記録されることになる。そして、再生時においても、この 1 画像分のデータを含むホログラム単位で再生されることになる。したがって、このホログラム記録再生方式は、例えば、比較的高速アクセスが可能とされている光ディスクを記録媒体として用いた記録再生方式と比較しても、より高速なデータアクセスが可能であるとの特徴を有している。

【0 0 0 4】

また、このホログラム記録再生方式においては、例えば、1 つのホログラムを記録する度に参照光の入射角を変えること等により、1 つのホログラム記録媒体に多数のホログラム

10

20

30

40

50

を重ねて記録する、いわゆる多重記録が可能である。したがって、このホログラム記録再生方式は、非常に高密度にデータを記録することができるという特徴を有している。

【0005】

以上の点から、ホログラム記録再生方式は、近年の情報産業の発達に伴って要求される記録密度の向上やデータアクセスの高速化を満足させる記録再生方式として注目されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このホログラム記録再生方式において、高密度記録を実現する多重記録は、記録時もしくは再生時の消去によって生じる回折効率の低下により制限される。すなわち、多重記録を行う場合、ホログラム記録媒体に先に記録されたホログラムは、後のホログラムを記録する際に消去を受けて、回折効率が多少低下する。また、多重記録によりホログラム記録媒体に記録された各ホログラムは、再生時の露光によっても回折効率が多少低下する。加えて、長期的にも暗電流による電子の拡散により、経時的な回折効率の低下が生じる。

10

【0007】

以上のように、ホログラム記録媒体に多重記録された各ホログラムは、消去等によって回折効率が低下すると、再生時のS/N比が徐々に低下することになる。

【0008】

ホログラム記録媒体に記録される各ホログラムの記録時の回折効率 $w_{\text{ritw}}(t)$ は、次式(1)で与えられる。

20

【0009】

$$w_{\text{ritw}}(t) = w_0 \cdot (1 - e^{-I t}) \cdot \dots \cdot (1)$$

ここで、 w_0 は記録時の時定数、 I は空間的平均の光強度、 t は記録時を0とした時間、 w_0 は飽和回折効率である。

【0010】

また、多重記録された各ホログラムを再生する場合、もしくは先に記録されたホログラムを後のホログラムを記録する際の光照射によって消去する場合の回折効率 $w_{\text{read}}(t)$ は、次式(2)で与えられる。

【0011】

$$w_{\text{read}}(t) = w_1 \cdot e^{-I t} \cdot \dots \cdot (2)$$

ここで、 w_1 は再生(もしくは消去)時の時定数、 I は平均の光強度、 w_1 は初期回折効率である。

30

【0012】

以上の式から、再生により、ホログラム記録媒体に記録された各ホログラムの回折効率は指数関数的に低下することが分かる(『フォトリフラクティブ非線型光学』、P. YEH著、丸善刊参照)。このとき、全てのホログラムの回折効率が等しくなるように多重記録すると、各ホログラムの最終的な回折効率は記録枚数の2乗に反比例することが知られている("System metric for holographic memory system", Fai H. Mok, Geoffrey W. Burr and Demetri Psaltis, Optics Letters, 21, pp.896, 1996参照)。

40

【0013】

例えば、1000枚のホログラムを等しい強度で記録した場合、各ホログラムの回折効率は、1枚のホログラムを記録した場合に比べて 10^{-6} 程度にまで低下する。

【0014】

以上のように、回折効率が低下すると、再生時のS/N比が低下することになる。そして、再生時のS/N比の低下が大きいと、信号成分がノイズに埋もれてしまって再生が不可能となる。したがって、再生可能な回折効率を確保するためには、ホログラム記録媒体に記録されるホログラムの枚数を制限する必要がある、このことが、ホログラム記録媒体に記録されるデータの記録容量を制限する要因となっていた。

【0015】

50

したがって、ホログラム記録再生方式においては、回折効率の低下をできるだけ抑えて多重記録を行うことにより、データの記録容量を高めることが、この方式の特徴点を最大限に引き出してこの方式を広く一般に普及させるための課題の一つとされている。

【0016】

回折効率の低下をできるだけ抑えて多重記録を行う手段としては、多重記録されたホログラムをマスターとして、さらにそのホログラムを別のホログラムに多重記録するという方法が提案されている(“Multiple multiple-exposure hologram”, Kristina M. Johnson, Mark Armstrong, Lambertus Hesselink, and Joseph W. Goodman, Applied Optics, 24, pp.4467-4472, 1985参照)。

【0017】

この方法について、以下に説明する。まず、 m 枚のホログラムを共通の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録する。そして、この第1のホログラム記録媒体に記録された m 枚のホログラムを一括して再生し、その再生光を物体光として、第2のホログラム記録媒体に記録する。次に、再び m 枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に記録し、これを第2のホログラム記録媒体に、最初の m 枚のホログラムを記録したときと同一の参照光を用いて複写記録する。以上の手続きを n 回繰り返す。その結果、第2のホログラム記録媒体には、 $(n \times m)$ 枚のホログラムが多重記録されることになる。

【0018】

このホログラムを再生すれば、同時に $(n \times m)$ 枚のホログラムが重ね合わされて再生されるので、 $(n \times m)$ 層の画像を重ね合わせて同時に表示することができる。この方法を用いて、例えば、立体の断層を記録すれば、立体の全体を三次元的に表示することができる。

【0019】

このときの回折効率は、通常のレコーディングスケジュールで記録した場合と比べると、 m 倍にすることができる。すなわち、第1のホログラム記録媒体に m 枚のホログラムを記録すれば、各ホログラムの回折効率は $1/m^2$ になる。しかし、第2のホログラム記録媒体への複写時には、この m 枚のホログラムが1枚のホログラムとして記録されるので、 m 枚のホログラムの回折効率の総和は $1/n^2$ となる。したがって、 m 枚のホログラムは全て等しい回折効率とすれば、第2のホログラムを再生した時、1枚のホログラム当たりの回折効率はその $1/m$ であり、最終的な1枚当たりの回折効率は、 $1/(m \times n^2)$ である。一方、 $(n \times m)$ 枚のホログラムを、通常のレコーディングスケジュールで多重記録した場合の回折効率は $1/(m^2 \times n^2)$ である。よって、以上の方法によりホログラムを複写することで、回折効率は m 倍になったことがわかる。

【0020】

しかしながら、この方法は、上述したように、断面を重ね合わせて立体画像を表示することを目的として提案されたものであり、第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムを一括して再生するために、第1のホログラム記録媒体に各ホログラムを記録する際に共通の参照光を用いており、再生時には全てのホログラムが重ね合わされた状態で同時に再生され、1枚1枚のホログラムを分離することはできない。したがって、この方法は、上述したような特殊な用途以外での適用が困難で、上記課題を本質的に解決するには至っていない。

【0021】

そこで、本発明は、回折効率の低下をできるだけ抑えながら多重記録を行い、大容量のデータの記録再生を可能とするホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るホログラム記録再生装置は、上記課題を解決するために、1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に多重記録する第1の記録手段と、この第1の記録手段に

10

20

30

40

50

より第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第1の再生手段と、この第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体に複数枚多重記録する第2の記録手段と、この第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第2の再生手段とを備える。

【0023】

このホログラム記録再生装置によれば、第1の記録手段により、複数枚のホログラムが第1の記録媒体に多重記録される。このとき、各ホログラムは、それぞれ物体光の入射角度を異ならせながら同一の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録される。

10

【0024】

第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムは、第1の再生手段により一括して再生される。すなわち、第1の再生手段は、第1の記録手段が第1のホログラム記録媒体に複数枚のホログラムを記録した際に用いた参照光と同じ入射角で第1のホログラム記録媒体に読み出し光を入射することにより、第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する。

【0025】

第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムは、各ホログラムが重ね合わされた状態とされている。そして、この複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムは、第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に再度記録されることになる。すなわち、第2の記録手段は、第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラム(多重記録ホログラム)の再生光を物体光として用い、この多重記録ホログラムを第2のホログラム記録媒体に再度記録する。そして、第2の記録手段は、異なる参照光を用いて多重記録ホログラムを第2の記録媒体に複数枚多重記録する。

20

【0026】

第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムは、第2の再生手段により選択的に再生される。すなわち、第2の再生手段は、例えば、複数枚の多重記録ホログラムが角度多重で第2のホログラム記録媒体に多重記録されている場合には、読み出し光の入射角を選択することにより、所望の多重記録ホログラムを再生する。

30

【0027】

なお、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えることが望ましい。このホログラム抽出手段としては、例えば、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出するものや、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出するものが考えられる。

40

【0028】

また、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第1のホログラム記録媒体として、例えば、フォトリフラクティブ結晶等の書き換え可能なホログラム記録材料を用い、第2のホログラム記録媒体として、例えば、フォトポリマー等の一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることが望ましい。

【0029】

また、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第1の記録手段が、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを備え、空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器に表示された1画像を複数の画像

50

に分割して複数枚のホログラムとして第1の記録媒体に多重記録し、第2の再生手段が、空間光変調器に表示された1画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生するようにしてもよい。

【0030】

この場合、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムは、例えば、表示手段により1画像として表示される。或いは、ホログラム抽出手段により、多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムが抽出される。

【0031】

また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、上記課題を解決するために、1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に多重記録する第1のステップと、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第2のステップと、第2のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体に複数枚多重記録する第3のステップと、第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第4のステップとを経ることを特徴としている。

【0032】

このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて、複数枚のホログラムが第1の記録媒体に多重記録される。このとき、各ホログラムは、それぞれ物体光の入射角度を異ならせながら同一の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録される。

【0033】

第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムは、第2のステップにおいて一括して再生される。すなわち、第2のステップでは、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に複数枚のホログラムを記録した際に用いた参照光と同じ入射角で第1のホログラム記録媒体に読み出し光を入射することにより、第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する。

【0034】

第2のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムは、各ホログラムが重ね合わされた状態とされている。そして、この複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムは、第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に再度記録されることになる。すなわち、第3のステップでは、第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラム(多重記録ホログラム)の再生光を物体光として用い、この多重記録ホログラムを第2のホログラム記録媒体に再度記録する。そして、第3のステップでは、異なる参照光を用いて多重記録ホログラムを第2の記録媒体に複数枚多重記録する。

【0035】

第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムは、第4のステップにおいて選択的に再生される。すなわち、第4のステップでは、例えば、複数枚の多重記録ホログラムが角度多重で第2のホログラム記録媒体に多重記録されている場合には、読み出し光の入射角を選択することにより、所望の多重記録ホログラムを再生する。

【0036】

なお、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第5のステップを経ることが望ましい。この第5のステップでは、例えば、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出すること、或いは、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的

10

20

30

40

50

に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出すること等が考えられる。

【0037】

また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第1のホログラム記録媒体として、例えば、フォトリフラクティブ結晶等の書き換え可能なホログラム記録材料を用い、第2のホログラム記録媒体として、例えば、フォトポリマー等の一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることが望ましい。

【0038】

また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第1のステップにおいて、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを用い、空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器に表示された1画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして第1の記録媒体に多重記録し、第4のステップにおいて、空間光変調器に表示された1画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生するようにしてもよい。

【0039】

この場合、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムは、例えば、1画像として表示される。或いは、第5のステップにおいて、多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムが抽出される。

【0040】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0041】

本発明を適用したホログラム記録再生装置の一構成例を図1に示す。この図1に示すホログラム記録再生装置1は、波長幅が十分狭くコヒーレンスの高いレーザ光を出射する光源2を備えている。この光源2から出射されるレーザ光の光路上には、このレーザ光を平行光に変換するコリメータレンズ3と、このコリメータレンズ3により平行光に変換されたレーザ光の光路を分岐するための第1のビームスプリッタ4とが配設されている。第1のビームスプリッタ4は、例えば、コリメータレンズ3により平行光に変換されたレーザ光の一部を透過すると共に、他の一部を反射してその光路を例えば約90度折り曲げることにより、このレーザ光の光路を分岐する。

【0042】

第1のビームスプリッタ4により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路上には、このレーザ光のON/OFFの切り換えを行う第1のシャッタ5と、このレーザ光の進行方向を制御する第1のビームデフレクタ6とが配設されている。第1のビームデフレクタ6は、入射したレーザ光を所定の偏向角で偏向して透過又は反射させることによりこのレーザ光の進行方向を制御するものであり、例えば、音響光学偏向器や電気光学偏向器、ガルバノミラー等より構成される。なお、この第1のビームデフレクタ6は、レーザ光を一次元方向に偏向するようにしてもよいし、二次元方向に偏向するようにしてもよい。

【0043】

この第1のビームデフレクタ6により進行方向が制御されたレーザ光の光路上には、空間光変調器7と第1のホログラム記録媒体8とが配設されている。そして、第1のビームデフレクタ6と空間光変調器7との間には、第1のビームデフレクタ6の出射面を空間光変調器7に投影するためのレンズ9、10が配設されている。なお、図1に示す例においては、第1のビームデフレクタ6の出射面を空間光変調器7に等倍で投影する場合を考えて、レンズ9とレンズ10の焦点距離を共にFとし、第1のビームデフレクタ7をレンズ9の焦点面上に配設し、空間光変調器7をレンズ10の焦点面上に配設し、レンズ9とレンズ10の間隔が2Fとなるようにしている。

【0044】

ここで、ラグランジェヘルムホルツの関係より、各面への入射光と入射角との積は一定なので、光線を拡大するとビームの偏向角が縮小される。逆にビームの偏向角を大きくしよ

10

20

30

40

50

うとすると、ビーム径を縮小しなければならない。したがって、必要であれば、この投影倍率や第1のビームデフレクタ7での出射光束の出射径を適当な値に設定することが望ましい。

【0045】

空間光変調器7は、例えば透過型の液晶表示装置(LCD)等よりなり、画像信号に応じた画像を表示部に表示する。そして、空間光変調器7は、第1のビームデフレクタ6から出射されたレーザ光をこの表示部を透過させることにより、このレーザ光を表示部に表示した画像に応じて変調する。

【0046】

このホログラム記録再生装置1においては、以上のように、第1のビームスプリッタ4により反射され、第1のビームデフレクタ6により偏向された後に空間光変調器7により変調されたレーザ光が物体光とされる。

10

【0047】

空間光変調器7と第1のホログラム記録媒体8との間には、空間光変調器7の表示部に表示された画像に応じて変調された物体光をフーリエ変換するためのレンズ11が配設されている。なお、図1に示す例においては、レンズ11の焦点距離を f とし、空間光変調器7と第1のホログラム記録媒体8とをそれぞれレンズ11の焦点面上に配設するようにしている。ここで、第1のホログラム記録媒体8は、その中心を位置の基準としている。

【0048】

第1のビームデフレクタ6により偏向された後に空間光変調器7により変調された物体光は、レンズ11を透過することによりフーリエ変換され、そのフーリエ面近傍に配設された第1のホログラム記録媒体8に、第1のビームデフレクタ6による偏向角に応じた入射角で入射する。

20

【0049】

一方、第1のビームスプリッタ4を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光を反射してその光路を約90度折り曲げる折り返しミラー12と、この折り返しミラー12により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路を分岐するための第2のビームスプリッタ13とが配設されている。第2のビームスプリッタ13は、例えば、折り返しミラー12により反射されたレーザ光の一部を透過すると共に、他の一部を反射してその光路を例えば約90度折り曲げることにより、このレーザ光の光路を分岐する。

30

【0050】

第2のビームスプリッタ13により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路上には、このレーザ光のON/OFFの切り換えを行う第2のシャッタ14が配設されている。また、第2のビームスプリッタ13を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光のON/OFFの切り換えを行う第3のシャッタ15が配設されている。

【0051】

そして、このホログラム記録再生装置1においては、第2のシャッタ14が開放されたときに、第2のビームスプリッタ13により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光が、参照光として、上記第1のホログラム記録媒体8に所定の入射角で入射するようになされている。

40

【0052】

したがって、このホログラム記録再生装置1は、第1のシャッタ5及び第2のシャッタ14を開放し、第3のシャッタ15を閉じた状態で光源2からレーザ光を出射することにより、空間光変調器7により変調され、第1のビームデフレクタ6による偏向角に応じた入射角で第1のホログラム記録媒体8に入射する物体光と、所定の入射角で第1のホログラム記録媒体8に入射する参照光とを、第1のホログラム記録媒体8中で干渉させ、空間光変調器7に表示された画像をホログラムとして第1のホログラム記録媒体8に記録することができる。

【0053】

本発明に係るホログラム記録再生装置1は、以上の記録過程を、第1のビームデフレクタ

50

6による偏向角を変えることにより空間光変調器7を透過した物体光の第1のホログラム記録媒体8への入射角を変えながら、同一の参照光を用いて繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体8に複数枚のホログラムを多重記録する。以下、この記録過程を第1のステップという。

【0054】

ホログラム記録再生装置1は、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された各「ページ」が再生時に全て等しい回折効率を持つように、第1のステップにおけるレコーディングスケジュールが設定されている。

【0055】

なお、説明の便宜のために、以下の説明においては、第1のホログラム記録媒体8に記録される1枚1枚のホログラムを「ページ」と呼び、これらの各「ページ」が同一の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に多重記録されることによりこれら複数の「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラムを「チャプター」と呼ぶことにする。

【0056】

第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体8に多重記録された全ての「ページ」は、上述したように、同一の参照光を用いて記録されている。したがって、ホログラム記録再生装置1は、各「ページ」を記録した際に用いた参照光と同じ光を、読み出し光として第1のホログラム記録媒体8に入射させると、第1のホログラム記録媒体8に記録された「チャプター」の全ての「ページ」を一括して再生することができる。以下、この再生過程を第2のステップという。

【0057】

第2のステップにおいて再生された再生光の光路上には、この再生光をフーリエ変換するためのレンズ16、17と、このレンズ16、17を透過した再生光が物体光として入射する第2のホログラム記録媒体18が配設されている。なお、図1に示す例においては、レンズ16、17の焦点距離を共に f とし、第1のホログラム記録媒体8がレンズ16の焦点面上に位置し、第2のホログラム記録媒体18がレンズ17の焦点面上に位置し、レンズ16とレンズ17との間隔が $2f$ となるようにしている。ここで、第2のホログラム記録媒体18は、その中心を位置の基準としている。

【0058】

第2のステップにおいて、第1のホログラム記録媒体8から再生された全ての「ページ」、すなわち「チャプター」をレンズ16でフーリエ変換すれば、レンズ16の焦点面である再生像面に「チャプター」の再生像が再生される。この再生像面に再生された「チャプター」の再生像は、「チャプター」を構成する全ての「ページ」の再生像がコヒーレントに重ね合わされ干渉し合った状態とされているので、この像から各「ページ」を判別して読み出すことはできない。

【0059】

本発明に係るホログラム記録再生装置1は、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像を再びレンズ17でフーリエ変換して、フーリエ変換された像を物体光として、そのフーリエ面近傍に配設された第2のホログラム記録媒体18に所定の角度で入射させるようにしている。

【0060】

一方、上述した第2のビームスプリッタ13を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光の進行方向を制御する第2のビームデフレクタ19が配設されている。この第2のビームデフレクタ19は、第1のビームデフレクタ4と同様に、入射したレーザ光を所定の偏向角で偏向して透過又は反射させることによりこのレーザ光の進行方向を制御するものであり、例えば、音響光学偏向器や電気光学偏向器、ガルバノミラー等より構成される。但し、この第2のビームデフレクタ19は、「チャプター」を角度多重により第2のホログラム記録媒体18に記録するために、参照光の入射角を変える手段として用いられるため、レーザ光を二次元方向に偏向することはできず、物体光光軸を含む1次元面内で偏向させる必要がある。もし、参照光と物体光の作る平面に垂直な方向に参照光を走査すると

10

20

30

40

50

、縮退が生じて、複数のホログラムが同時に再生されてしまうからである（「フोटリフラクティブ非線型光学」、P. Yeh、丸善参照）。但し、フラクタル多重を行う場合はこの限りではなく、参照光と物体光の作る平面に垂直な方向にもレーザ光を偏向することができるが、それほど多くの多重度を得られない上、再生像の位置が参照光と物体光の作る平面に垂直な方向にシフトするため、CCDなどの受光器を移動させるか、大きなCCDを用いるなどの手段を講じなければならない。

【0061】

本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、第2のビームスプリッタ13を透過し、第2のビームデフレクタ19により進行方向が制御されたレーザ光が、参照光として、第2のビームデフレクタ19による偏向角に応じた入射角で第2のホログラム記録媒体18に入射するようになされている。

10

【0062】

したがって、このホログラム記録再生装置1は、第1のシャッタ5を閉じて第2及び第3のシャッタ14、15を開放し、光源2からレーザ光を出射することにより、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された各「ページ」、すなわち「チャプター」を再生し、この再生光を物体光として所定の入射角で第2のホログラム記録媒体18に入射させると共に、第2のビームスプリッタ13を透過したレーザ光を第2のビームデフレクタ19により偏向し、この偏向角に応じた入射角で第2のホログラム記録媒体18に参照光として入射させ、これらの光を第2のホログラム記録媒体18中で干渉させて、「チャプター」を構成する全ての「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラムを1枚のホログラムとして第2のホログラム記録媒体18に記録することができる。

20

【0063】

本発明に係るホログラム記録再生装置1は、以上の記録過程を経て、「チャプター」を構成する全ての「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラムを1枚のホログラムとして第2のホログラム記録媒体18に記録したら、再度、第1のステップに戻って、第1のホログラム記録媒体8に新たな「ページ」を多重記録し、第1のホログラム記録媒体8に新たな「チャプター」を構成する。このとき、第1のホログラム記録媒体8へ新たな「チャプター」を記録する前に、第1のホログラム記録媒体8に記録された古い「チャプター」の全ての「ページ」を光照射や加熱などの手段を用いて消去するようにしてもよい。

30

【0064】

第1のホログラム記録媒体8へ新たな「チャプター」が記録されたら、第2のステップにより、この「チャプター」を再生する。そして、この「チャプター」の再生像を物体光として再び第2のホログラム記録媒体18へ入射させる。このとき、第2のビームデフレクタ19による偏向角を変えることにより参照光の第2のホログラム記録媒体18への入射角を前の「チャプター」記録時とは異ならせ、新たな「チャプター」を第1のホログラム記録媒体18に記録する。この手続きを繰り返して、第2の記録媒体18に、複数の「チャプター」をいわゆる角度多重記録により記録する。以下、この記録過程を第3のステップという。

【0065】

ホログラム記録再生装置1は、第2のホログラム記録媒体18に多重記録された各「チャプター」が再生時に全て等しい回折効率を持つように、第3のステップにおけるレコーディングスケジュールが設定されている。

40

【0066】

なお、説明の便宜のために、以下の説明においては、同一の参照光で多重記録された「ページ」からなる「チャプター」を、第2のホログラム記録媒体18に「チャプター」毎に異なる参照光を用いて多重記録したホログラムの全体を「ブック」と呼ぶことにする。

【0067】

第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体18に複数の「チャプター」が多重記録されてなる「ブック」のうち、所望の「チャプター」を再生するには、第1のシャッタ5及び第2のシャッタ14を閉じ、第3のシャッタ15を開放した状態で光源2からレー

50

ザ光を出射させ、第2のビームデフレクタ19による偏向角を調整して、再生する「チャプター」を記録した際に用いた参照光と同じ光を、読み出し光として第2のホログラム記録媒体18に入射させればよい。以下、この再生過程を第4のステップという。

【0068】

第4のステップにおいて再生された再生光の光路上には、この再生光をフーリエ変換するためのレンズ20, 21が配設されている。図1に示す例においては、レンズ20, 21の焦点距離を共に f とし、第2のホログラム記録媒体18がレンズ20の焦点面上に位置し、レンズ20とレンズ21との間隔が $2f$ となるようにしている。

【0069】

第4のステップにおいて、第2のホログラム記録媒体18から選択的に再生された「チャプター」をレンズ20でフーリエ変換すれば、レンズ20の焦点面である再生像面に選択された「チャプター」の再生像が再生される。しかし、上述したように、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像は、「チャプター」を構成する全ての「ページ」の再生像がコヒーレントに重ね合わされ干渉し合った状態とされているので、この像から各「ページ」を判別して読み出すことはできない。

10

【0070】

そこで、本発明に係るホログラム記録再生装置1は、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像を再びレンズ21でフーリエ変換して、フーリエ変換された像をレンズ21の焦点面である再生像面に再生する。ここで、レンズ21の焦点面である再生像面は、空間光変調器7のフーリエ変換面になっている。したがって、空間光変調器7の面で異なる方向の平行光線はこの再生像面において異なる点に集光されることになる。具体的には、空間光変調器7は、一般的に、各画素の形状が矩形開口であるものが殆どであるため、この再生像面に再生される再生像は、縦横に回折光が広がった回折パターンをとる。

20

【0071】

本発明に係るホログラム記録再生装置1は、このレンズ21の焦点面である再生像面に、再生像の縦横の正負1次光までを含めて、特定の「ページ」成分の回折光をフィルタリングして取り出すホログラム抽出手段22を配設し、このホログラム抽出手段22により再生像面に再生された「チャプター」の中から所望の「ページ」を抽出するようにしている。以下、この所望の「ページ」を抽出する過程を第5のステップという。

【0072】

第5のステップにおいて用いるホログラム抽出手段22としては、例えば、開口部が可動のアパーチャが考えられる。すなわち、このアパーチャを用いて、「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけを開口部を介して透過させると共に他の「ページ」の回折光を遮断し、開口部を介して透過した「ページ」成分の回折光を、その光路上に配設されたレンズ23で再度フーリエ変換することで、その「ページ」の像をレンズ23の後側焦点面に復元することができる。

30

【0073】

そして、このレンズ23の後側焦点面に、CCD等のディテクターアレイ24を配設すれば、ホログラム抽出手段22により抽出された「ページ」のデータを読み取ることができる。

40

【0074】

ここで、開口部が可動なアパーチャとしては、例えば、図2に示すような液晶シャッターアレイ30を用いることが考えられる。この液晶シャッターアレイ30は、フィルタ面に液晶セル31のアレイからなるシャッターのアレイが多数配置されてなるものである。液晶セル31は、ディスプレイ用パネル等に使用される液晶セルと同様のものであり、液晶を配向膜と透明電極をコーティングした2枚の透明基板で挟んでなるものである。そして、これら各液晶セル31には、各部を独立に駆動できるトランジスタ素子や配線が施されている。液晶シャッターアレイ30は、これら各液晶セル31に外部から電気信号を与えることで、各液晶セル31の光の透過率を個別に制御することができる。ここで、各液晶セル31の開口は、特定の「ページ」の回折光のみを空間的に選択できる形状と大きさを

50

持つようになされている。

【0075】

この液晶シャッターアレイ30を用いて、所望の「ページ」に対応した部分の液晶セル31の透過率のみを高め、他の部分の液晶セル31の透過率を低くすれば、図3に示すように、「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけをこれに対応した部分の液晶セル31の開口部を介して透過させると共に他の「ページ」の回折光を遮断して、所望の「ページ」のみを選択して再生することができる。この液晶シャッターアレイ30を構成する各液晶セル31の動作原理は様々なものが考えられ、空間光変調器として知られている様々な素子、例えば、反射型液晶ディスプレイ、光書込型ライトバルブ、微細加工技術を用いたマイクロミラーアレイなどのマイクロマシン等を用いることができる。

10

【0076】

また、開口部が可動なアパーチャとしては、上述した液晶シャッターアレイ30のように電氣的に開口部を移動させるものの他に、例えば、機械的に開口部を移動させるシャッタ装置を用いるようにしてもよい。

【0077】

また、第5のステップにおいて用いるホログラム抽出手段22としては、例えば、図4に示すように、固定された開口部を有するアパーチャ40とガルバノミラー等の光の進行方向を可変にするビーム偏向手段41とを組み合わせたものが考えられる。この場合、第4のステップにおいて再生された再生光の光路上に、レンズ20に変えて、この再生光を平行光に変換するレンズ42を配設する。そして、レンズ42により平行光に変換された再生光の光路上にビーム偏向手段41を配設する。このビーム偏向手段41により、その後段に配設されたレンズ21の焦点面で「チャプター」に属する全ての「ページ」の回折パターンは走査されることになる。そして、「チャプター」に属する全ての「ページ」の回折パターンが走査されるレンズ21の焦点面に、アパーチャ40が配設される。

20

【0078】

アパーチャ40には、「チャプター」全体の回折パターンの中から選択された1枚の「ページ」の回折光のみを透過する開口部43が、例えばその中心部に設けられている。そして、このアパーチャ40は、選択された「ページ」以外の「ページ」の回折光は全て遮断するようになされている。したがって、この尾ホログラム抽出手段22は、ビーム偏向手段41により偏向された「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけをアパーチャ40の開口部43を介して透過させることにより、「チャプター」の中から所望の「ページ」のみを抽出することができる。

30

【0079】

なお、ホログラム抽出手段22は、「チャプター」の中から所望の「ページ」のみを抽出することができるものであれば、上述した例以外の構成とされていてもよく、また、上述した例を組み合わせた構成とされていてもよい。

【0080】

本発明に係るホログラム記録再生装置1の空間光変調器7からディテクターアレイ24までの部分を図5に拡大して示す。また、図5中(a)~(g)の各面におけるレーザ光の強度分布を図6(a)~図6(g)に模式的に示す。

40

【0081】

このホログラム記録再生装置1において、空間光変調器7を透過するレーザ光は、図5中(a)面で図6(a)のようなパターンとなる。また、第1のホログラム記録媒体8に入射した物体光は、図5中(b)面で図6(b)のようなパターンとなる。また、レンズ16を透過した再生光(物体光)は、図5中(c)面で図6(c)のようなパターンとなる。また、第2のホログラム記録媒体18に入射した物体光は、図5中(d)面で図6(d)のようなパターンとなる。また、レンズ20を透過した再生光は、図5中(e)面で図6(e)のようなパターンとなる。また、レンズ21を透過した再生光は、図5中(f)面で図6(f)のようなパターンとなる。また、ディテクターアレイ24に入射した再生

50

光は、図5中(g)面で図6(g)のようなパターンとなる。

【0082】

ここで、「チャプター」を構成する各「ページ」の物体光(或いは再生光)は、異なる入射角の光線であるため、そのフリー工面である(b)面、(d)面、(f)面では、空間的に分離された回折パターンを示す。また、第1のホログラム記録媒体8に記録された「チャプター」の再生像面である(c)面及び第2のホログラム記録媒体18に記録された「チャプター」の再生像面である(f)面では、「チャプター」に属する全ての「ページ」が再生されるため、全ての「ページ」をコヒーレントに重ね合わせたパターンが観察される。そして、本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、この「チャプター」の再生像の中から所望の「ページ」のみがホログラム抽出手段22により抽出され、この「ページ」の成分のみがディテクターアレイ24に入射するので、(g)面ではこの選択された1枚の「ページ」のみが観察される。

10

【0083】

したがって、本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、第1のホログラム記録媒体8はバッファメモリーとして情報を一時蓄え、第2のホログラム記録媒体18がメインメモリーとしての役割を果たすことになる。ここで、第1のホログラムにm枚の「ページ」を記録し、これを第2のホログラムにn回コピーする時、つまり、それぞれm「ページ」からなるn「チャプター」を1「ブック」とする時、1「ブック」は $(n \times m)$ 「ページ」から構成される。このとき、1「ページ」当たりの回折効率は、 $1 / (n^2 \times m)$ である。通常のリコーディングスケジュールでホログラムを多重記録した時の回折効率は、 $1 / (n^2 \times m^2)$ であるから、本発明に係るホログラム記録再生装置1によりホログラムを記録再生することで、各ホログラムの回折効率を通常のリコーディングスケジュールで多重記録した場合のm倍にすることができる。

20

【0084】

具体的には、例えば、1000枚のホログラムを通常のリコーディングスケジュールで多重記録した場合、1枚のホログラムの回折効率は 10^{-6} となるのに対して、本発明に係るホログラム記録再生装置1により、100「ページ」、10「チャプター」として1000枚のホログラムを記録再生した場合、1枚のホログラムの回折効率は 10^{-4} となる。したがって、本発明に係るホログラム記録再生装置1を用いて以上のように1000枚のホログラムを記録再生することにより、1枚のホログラムの回折効率を、通常のリコーディングスケジュールで多重記録した場合の100倍にすることができることが分かる。

30

【0085】

(マイクロレンズアレイを用いた例)

次に、空間光変調器7の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイを備えたホログラム記録再生装置について説明する。なお、以下の説明において、上述したホログラム記録再生装置1と同様の構成については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0086】

ホログラム記録再生装置にマイクロレンズアレイを用いた場合、空間光変調器7に入射する光の入射角を変えることにより、各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器7に表示された1枚の画像を複数の画像に分割することができる。

40

【0087】

この例のようにマイクロレンズアレイを用いた場合は、上述したホログラム記録再生装置1の原理が空間光変調器7の各画素毎に適用されることになる。したがって、この例において特定の「ページ」を抽出する場合には、ホログラム抽出手段22によるフィルタリングをマイクロレンズアレイの像面において、各画素単位で行えばよい。

【0088】

マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の一構成例を図7に示す。ここでは、第1のホログラム記録媒体8に対して記録再生を行う部分のみを図示して説明する。

【0089】

50

この図7に示すホログラム記録再生装置50においては、光源2より出射されたレーザー光は、コリメーターレンズ3により平行光に変換された後、第1のビームスプリッタ4によりその光路が分岐される。そして、この図7に示す例においては、第1のビームスプリッタ4により反射されたレーザー光が、折り返しミラー12により反射されて、参照光として第1のホログラム記録媒体8に所定の入射角で入射する。なお、ここでは図示を省略しているが、折り返しミラー12により反射されたレーザー光の光路上に第2のビームスプリッタを配設することにより、第2のホログラム記録媒体に入射させる参照光を得ることができる。

【0090】

第1のビームスプリッタ4を透過したレーザー光は、ガルバノミラー等の第1のビームデフレクタ6により所定の偏向角で偏向され、進行方向が制御される。第1のビームデフレクタ6により進行方向が制御されたレーザー光は、各「ページ」毎に異なる入射角で空間光変調器7に入射する。そして、この空間光変調器7に表示された画像に応じて変調されたレーザー光が物体光とされる。

10

【0091】

このホログラム記録再生装置50においては、空間光変調器7の出射側にマイクロレンズアレイ51が配設されている。したがって、空間光変調器7を透過してこの空間光変調器7に表示された画像に応じて変調された物体光は、空間光変調器7の各画素毎に異なるマイクロレンズエレメントによって集光される。この各マイクロレンズエレメントのスポットを、レンズ11によりフーリエ変換し、物体光として第1のホログラム記録媒体8に入射させる。これにより、マイクロレンズエレメントにより集光された物体光と、所定の入射角で第1のホログラム記録媒体8に入射する参照光とを、第1のホログラム記録媒体8中で干渉させ、マイクロレンズエレメントにより集光されたスポットの像を「ページ」として第1のホログラム記録媒体8に記録することができる。

20

【0092】

ホログラム記録再生装置50は、以上の記録過程を、第1のビームデフレクタ6による偏向角を変えることにより空間光変調器7に入射するレーザー光の入射角を変えながら、同一の参照光を用いて繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体8に複数「ページ」を多重記録する。

【0093】

このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50は、上述したホログラム記録再生装置1と比較して、以下のような特徴がある。すなわち、このホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムの再生光を再びフーリエ変換して得られた再生像は、マイクロレンズアレイ51の焦点面の像である。したがって、異なる「ページ」を記録する際に空間光変調器7に入射させるレーザー光の角度間隔を十分大きくとれば、図8乃至図10に示すように、再生像面では各画素を分離することができ、この再生像面にCCD等のディテクターアレイを配設すれば、高精細な像を再生することができる。

30

【0094】

但し、このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムの再生光を再びフーリエ変換して得られた再生像は、図11に示すように、異なる「ページ」の画素が隣り合ってなる像であり、同じ「ページ」の画素は周期的に分布することになる。したがって、元の「ページ」を再生するには、上述したホログラム記録再生装置1と同様に、第1のホログラム記録媒体8に記録された「チャプター」の像を一括して再生し、ハードウェア若しくはソフトウェアで電気信号処理を行うことにより、この像を元の「ページ」に並べ替えるようにする。

40

【0095】

また、逆に、最終的に所望の再生像が得られるように、記録時に記録するデータを処理しておくようにしてもよい。このように最終的に所望の再生像が得られるように記録データを処理しておけば、このホログラム記録再生装置50を画像表示装置として用いることが

50

できる。特開平7-36040にて開示される表示装置は、全ての画素を同時に表示できないために、空間光変調器に高速動作が要求されるという問題があった。しかしながら、このホログラム記録再生装置50は、「チャプター」に含まれる全ての「ページ」を同時に表示することができるので、空間光変調器7を高速動作させることなく高精細な画像を適切に表示することが可能である。また、このホログラム記録再生装置50は、空間光変調器7の画素数を「ページ」数倍にできるため、高精細な静止画表示装置や三次元画像の表示に用いることができる。

【0096】

次に、このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムを、「ページ」毎に1枚ずつ抜き出して再生する場合について説明する。このホログラム記録再生装置50の空間光変調器7からディテクターアレイ24までの部分を図12に図示する。このホログラム記録再生装置50は、上述したホログラム記録再生装置1において用いられていたレンズ21に変えてマイクロレンズアレイ52が配設され、また、ホログラム抽出手段22として、角度依存性フィルタ53が用いられていることを特徴としている。

10

【0097】

上述したように、このホログラム記録再生装置50においては、空間光変調器7を透過し、マイクロレンズアレイ51により空間光変調器7の各画素毎に集光されたスポットの像が「ページ」として第1のホログラム記録媒体8に記録される。そして、空間光変調器7に入射するレーザー光の入射角を変えながら、同一の参照光を用いて以上の記録過程が繰り返し行われることにより、第1のホログラム記録媒体8に複数の「ページ」が多重記録される。

20

【0098】

この第1のホログラム記録媒体8に、記録時に用いた参照光と同じ光を読み出し光として入射させることにより、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された全ての「ページ」、すなわち「チャプター」の像が一括して再生される。そして、この再生光がレンズ16及びレンズ17を透過した後に、物体光として第2のホログラム記録媒体18に入射する。

【0099】

この物体光と参照光とを第2のホログラム記録媒体18中で干渉させることにより、第2のホログラム記録媒体18に「チャプター」が複写記録される。以上の記録過程を、各再生「チャプター」毎に入射角等を変化させた参照光を用いて繰り返し行うことにより、第2のホログラム記録媒体18へ角度多重等の多重方法により複数の「チャプター」が多重記録される。

30

【0100】

第2のホログラム記録媒体から所望の「チャプター」を再生する場合には、この「チャプター」を記録する際に用いた参照光と同じ光を読み出し光として第2のホログラム記録媒体18に入射させる。これにより、第2のホログラム記録媒体18から所望の「チャプター」が一括して再生される。この再生光をレンズ20によりフーリエ変換すれば、このレンズ20の焦点面に「チャプター」に含まれる全ての「ページ」の像が重ね合わされて再生される。

40

【0101】

ホログラム再生装置50は、このレンズ20の焦点面に再生像面に焦点を置くマイクロレンズアレイ52により、この再生像の各スポットを「ページ」毎に異なる角度に進行する平行光に変換する。このマイクロレンズアレイ52は、各レンズエレメントが空間光変調器7の1画素に1対1で対応するように配置される。したがって、空間光変調器7に異なる入射角度で入射した光を物体光として形成された各ホログラムの再生光は、それぞれ異なる進行方向を持つことになる。

【0102】

ホログラム記録再生装置50は、この各ホログラムの再生光の光路上に角度依存性を持つ

50

反射もしくは透過フィルタ（角度依存性フィルタ 53）が配設されている。そして、ホログラム記録再生装置 50 は、各ホログラムの再生光をこの角度依存性フィルタ 53 により選択的に反射又は透過させることにより、各ホログラムの再生光から一つの進行方向を持つ成分のみを取り出すようにしている。

【0103】

この角度依存性フィルタ 53 により抽出された再生光の成分は、一つの「ページ」の成分である。この一つの「ページ」の成分が、レンズ 23 を透過することにより、マイクロレンズ出射面の像として結像する。そして、この像面に配設された CCD 等のディテクタアレイ 24 により、角度依存性フィルタ 53 により抽出された「ページ」のデータが読み取られる。

10

【0104】

ホログラム記録再生装置 50 は、以上の再生過程を、例えば、角度依存性フィルタ 53 を回転させることにより、若しくは角度依存性フィルタ 53 の選択角度を変化させながら繰り返すことで、「チャプター」の中の所望の「ページ」を次々に分離して取り出すことができる。

【0105】

ここで、この角度依存性フィルタ 53 としては、全反射やブラッグ回折、多重反射の薄膜中の干渉、波長以下の微細構造などの原理を用いた光学素子を用いることができる。ブラッグ回折を用いた光学素子としては、音響光学素子や体積型ホログラムなどが挙げられる。また、波長以下の構造を持つ回折格子やフォトンクス結晶は、特定の波長、特定の入射角度に対して、共鳴的な回折効率や透過率が生じるので、これを利用することができる。また、これらのうち、複数個を組み合わせることも可能である。

20

【0106】

（その他の変形例）

なお、上述したホログラム記録再生装置 1 やホログラム記録再生装置 50 においては、第 1 のホログラム記録媒体 8 と第 2 のホログラム記録媒体 18 の 2 つのホログラム記録媒体を用いるようにしていたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、2 つ以上のホログラム記録媒体を用いるようにしてもよい。例えば、ホログラム記録再生装置は、第 1 のホログラム記録媒体 8 を複数個並列に設置した場合には、記録速度の向上を図ることができる。また、ホログラム記録再生装置は、ホログラム記録媒体を直列に配列して、複写記録を繰り返すことで、回折効率の向上を図ることができる。

30

【0107】

また、上述したホログラム記録再生装置 1 やホログラム記録再生装置 50 においては、第 1 のホログラム記録媒体 8 へのホログラム記録時に、参照光として同一の光を用いるようにしていたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、通常の方法と同様に、各「ページ」をそれぞれ異なる参照光で記録し、この参照光と同じ光を読み出し光として全て同時に第 1 のホログラム記録媒体 8 へ入射させ、全てのホログラムを一括して再生するようにしてもよい。この場合、複数の異なる参照光を生成する手段が必要になるため、構造が複雑になるが、このような構成とすることで選択的に特定のページだけを第 2 のホログラム 18 に複写記録することができる。

40

【0108】

また、第 1 のホログラム記録媒体 8 と第 2 のホログラム記録媒体 18 は同一の材料である必要はなく、様々なホログラム記録材料を組み合わせることができる。例えば、第 1 のホログラム記録媒体 8 若しくは第 2 のホログラム記録媒体 18 として、 $Pr : LiNbO_3$ 、 $Pr : LiTaO_3$ 等の二波長記録が可能な材料を用い、記録時のみ短波長の光線を照射することで、いわゆる二波長ゲート記録により、非破壊再生を実現することも可能である（USP 5665493 Bai et al, Y.S. Bai and R. Kachru, Phys.Rev.Lett, 78,2944,1997 参照）。また、ホログラム記録媒体としてフォトリソマーを用いた場合は、長期にわたって安定で、長期間保存が可能なホログラムを記録できる。したがって、第 1 のホログラム記

50

録媒体 8 の材料として、長期保存には向かなくとも回折効率が高く記録感度が高い、例えばフォトリフラクティブ結晶等の材料を用い、第 2 のホログラム記録媒体 1 8 の材料として、フォトポリマー等の長期保存が可能な材料を用いれば、二つの材料の欠点を互いに補い合いながら長所を生かしたホログラム記録再生システムを構築することができる。

【 0 1 0 9 】

特に、ホログラム記録媒体としてフォトポリマーを用いる場合は、図 1 3 に示すように、ホログラム記録媒体の形状をディスク形状にすることが有効である。光ディスクと同様の円盤構造にホログラム記録媒体を加工し、これを回転させることで、ホログラム記録媒体の異なる位置に別のホログラムを書込むことができる上、取り扱いが容易である。また、多重化のために、ビームデフレクターなどのビーム偏向手段を用いずとも、ディスクの回転によってこれを代用することができる。このような形状のホログラム記録媒体に対して多重記録を行う場合には、シフト多重記録やペリストロフィック多重記録が有効である。

10

【 0 1 1 0 】

図 1 3 に示すホログラム記録再生装置 6 0 は、第 1 のホログラム記録媒体 8 として、バルク形状のフォトリフラクティブ結晶を用いている。そして、このフォトリフラクティブ結晶よりなる第 1 のホログラム記録媒体 8 に角度多重でホログラムを多重記録するようにしている。また、このホログラム記録再生装置 6 0 は、第 2 のホログラム記録媒体 1 8 として、フォトポリマーをディスク表面に層状に塗布してなるものを用いている。そして、このディスク状の第 2 のホログラム記録媒体 1 8 にシフト多重でホログラムを多重記録するようにしている。なお、このホログラム記録再生装置 6 0 のその他の構成については、上述したホログラム記録再生装置 1 と殆ど同じであるので、同一の構成については同一の符号を付して説明を省略する。

20

【 0 1 1 1 】

また、上述したホログラム記録再生装置 1 やホログラム記録再生装置 5 0 においては、第 2 のホログラム記録媒体 1 8 の多重記録方法として、角度多重方式を用いた場合について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、その他の多重記録方法を用いてもよい。すなわち、角度多重方式の変形と考えられるシフト多重方式やペリストロフィック多重方式、位相コード多重方式等に加えて、波長多重方式や空間多重方式、フラクタル多重方式等を、この第 2 のホログラム記録媒体 1 8 へのホログラム記録に用いることができる。また、これらのいくつかを組み合わせた多重方式を採用してもよい。ただし、波長多重方式を用いる場合は、同一の参照光を用いて再生するために、「チャプター」毎に異なる波長を第 1 のホログラム記録媒体 8 へのホログラム記録時にも用いる必要がある。

30

【 0 1 1 2 】

また、ホログラム再生時の参照光を、記録時の参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光を用いれば、物体光も反対方向に再生されることが知られている。本発明に係るホログラム記録再生装置は、この現象（位相共役）を利用して、第 1 のホログラム記録媒体 8 若しくは第 2 のホログラム記録媒体 1 8 の再生を行うようにしてもよい。

【 0 1 1 3 】

位相共役を利用したホログラム記録再生装置の一構成例を図 1 4 に示す。この図 1 4 に示すホログラム記録再生装置 7 0 は、光源 7 1 から波長幅が十分狭くコヒーレンスの高いレーザ光を出射する。光源 7 1 から出射したレーザ光は、コリメータレンズ 7 2 を透過して平行光に変換された後、第 1 のビームスプリッタ 7 3 に入射する。第 1 のビームスプリッタ 7 3 に入射したレーザ光は、その一部がこの第 1 のビームスプリッタ 7 3 を透過し、他の部分がこの第 1 のビームスプリッタ 7 3 により反射される。

40

【 0 1 1 4 】

第 1 のビームスプリッタ 7 3 を透過したレーザ光は、その光路上に配設された第 2 のビームスプリッタ 7 4 に入射する。そして、第 2 のビームスプリッタ 7 4 に入射したレーザ光は、その一部がこの第 2 のビームスプリッタ 7 4 を透過し、他の部分がこの第 2 のビームスプリッタ 7 4 により反射される。

50

【 0 1 1 5 】

第2のビームスプリッタ74を透過したレーザ光は、その光路上に配設された第3のビームスプリッタ75に入射する。そして、第3のビームスプリッタ75に入射したレーザ光は、その一部がこの第3のビームスプリッタ75を透過し、他の部分がこの第3のビームスプリッタ75により反射される。

【 0 1 1 6 】

第3のビームスプリッタ75を透過したレーザ光は、第1のビームデフレクタ76によりその進行方向が制御された後に空間光変調器77に入射する。そして、空間光変調器77を透過してこの空間光変調器77に表示された画像に応じて変調された光が物体光とされる。この物体光は、第4のビームスプリッタ78を透過し、レンズ79によりフーリエ変換された後に、第1のビームデフレクタ76による偏向角に応じた入射角で第1のホログラム記録媒体80に入射する。

10

【 0 1 1 7 】

一方、第2のビームスプリッタ74により反射されたレーザ光は、第1のミラー81及び第2のミラー82により反射され、所定の入射角で第1のホログラム記録媒体80に入射する。これにより、第1のホログラム記録媒体80中で物体光と参照光とが干渉し、第1のホログラム記録媒体80にホログラム(「ページ」)が記録される。

【 0 1 1 8 】

このホログラム記録再生装置70は、以上の記録過程を、物体光の入射角を変えながら同一の参照光を用いて繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体80に複数の「ページ」を多重記録する。

20

【 0 1 1 9 】

ここで、第3のビームスプリッタ75により反射されたレーザ光は、第3のミラー83及び第4のミラー84により反射された後に、第1のホログラム記録媒体80に入射する。このレーザ光は、参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光であるので、この参照光の共役光を読み出し光として用いれば、第1のホログラム記録媒体80に多重記録された複数の「ページ」(「チャプター」)が一括再生され、この再生光が第1のホログラム記録媒体80の物体光が入射した側から出射することになる。

【 0 1 2 0 】

この再生光は、レンズ79によりフーリエ変換された後、第4のビームスプリッタ78により反射され、第5のビームスプリッタ85に入射する。そして、第5のビームスプリッタ85を透過した再生光が、レンズ86によりフーリエ変換された後に、物体光として第2のホログラム記録媒体87に所定の入射角で入射する。

30

【 0 1 2 1 】

一方、第1のビームスプリッタ73により反射されたレーザ光は、第2のビームデフレクタ88により進行方向が制御され、第2のビームデフレクタ88による偏向角に応じた入射角で、第2のホログラム記録媒体87に参照光として入射する。これにより、第2のホログラム記録媒体87中で物体光と参照光とが干渉し、第1のホログラム記録媒体80から一括して読み出された「チャプター」が第2のホログラム記録媒体87に複写記録される。

40

【 0 1 2 2 】

このホログラム記録再生装置70は、以上の記録過程を、参照光の入射角を変えながら繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体80から次々に読み出された複数の「チャプター」を、角度多重等の多重方式により、第2のホログラム記録媒体87に複写記録する。

【 0 1 2 3 】

第2のホログラム記録媒体80に参照光として入射したレーザ光は、第2のホログラム記録媒体80を透過した後に、その光路上に配設された第5のミラー89により反射される。そして、第5のミラー89により反射されたレーザ光は、再度第2のホログラム記録媒体87内に入射する。このレーザ光は、参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光である。したがって、このレーザ光を読み出し光として用いれば、第2のホログラム記

50

録媒体 87 に多重記録されたホログラムが選択的に再生され、この再生光が第 2 のホログラム記録媒体 87 の物体光が入射した側から出射することになる。

【0124】

この再生光は、レンズ 86 によりフーリエ変換された後、第 5 のビームスプリッタ 85 に入射する。そして、第 5 のビームスプリッタ 85 により反射された再生光は、レンズ 90 により再度フーリエ変換された後、ホログラム抽出手段 91 に入射する。そして、このホログラム抽出手段 91 により、第 2 のホログラム記録媒体 87 から読み出された「チャプター」の中から特定の「ページ」成分だけが抽出される。

【0125】

ホログラム抽出手段 91 により抽出された特定の「ページ」成分の光は、レンズ 92 により再度フーリエ変換された後、CCD 等のディテクターアレイ 93 により受光される。これにより、第 2 のホログラム記録媒体 87 から読み出された「チャプター」の中から、所望の「ページ」のデータを読み取ることができる。

10

【0126】

なお、以上は、ホログラムをフーリエホログラムとして記録する例について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、例えば、イメージホログラムやフレネルホログラム等の他のホログラムを記録するように構成されていてもよい。また、以上は、透過型ホログラムを記録再生する例について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、この例に限定されるものではなく、反射型ホログラムを記録再生するように構成されていてもよい。

20

【0127】

また、本発明の手法は、情報記録再生装置や画像表示装置にのみ適用されるものではなく、その他、ホログラム記録再生の原理を利用するものに広く適用することができる。例えば、相関演算機、連想記憶等の光コンピュータ、光インターコネクション、ホログラムプリンタ、ホログラフィー干渉計、ホログラフィック光学素子等に本発明の手法を適用することができる。

【0128】

【発明の効果】

本発明に係るホログラム記録再生装置によれば、第 1 の記録手段により第 1 のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第 1 の再生手段により一括して再生され、この一括再生された多重記録ホログラム複数枚が、第 2 の記録手段により第 2 のホログラム記録媒体に多重複写記録されるので、最終的なホログラム 1 枚当たりの回折効率を第 1 のホログラム記録媒体に多重記録する際の多重枚数倍にすることができる。これにより、ホログラムの多重記録による回折効率の低下を避けることができ、S/N 比を向上させて、記録情報量を増やすことができる。

30

【0129】

また、このホログラム記録再生装置によれば、第 1 の記録手段により第 1 のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第 1 の再生手段により一括して再生されるので、一度に再生されるホログラム 1 枚あたりに含まれる情報量が多く、アクセス速度の向上が実現される。

40

【0130】

また、このホログラム記録再生装置によれば、第 1 の記録手段により第 1 のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第 1 の再生手段により一括して再生されるので、一度に多くの空間的情報を表示することができる。したがって、このホログラム記録再生装置は、高精細な静止画像や三次元画像の表示装置として用いることができる。

【0131】

また、本発明に係るホログラム記録再生方法によれば、第 1 のステップにおいて第 1 のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第 2 のステップにおいて一括して再生され、この一括再生された多重記録ホログラム複数枚が、第 3 のステップにおいて第 2 のホログラム記録媒体に多重複写記録されるので、最終的なホログラム 1 枚当たりの回折効

50

率を第1のホログラム記録媒体に多重記録する際の多重枚数倍にすることができる。これにより、ホログラムの多重記録による回折効率の低下を避けることができ、S/N比を向上させて、記録情報量を増やすことができる。

【0132】

また、このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第2のステップにおいて一括して再生されるので、一度に再生されるホログラム1枚あたりに含まれる情報量が多く、アクセス速度の向上が実現される。

【0133】

また、このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第2のステップにおいて一括して再生されるので、一度に多くの空間的情報を表示することができるので、高精細な静止画像や三次元画像を表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るホログラム記録再生装置の一構成例を示す模式図である。

【図2】ホログラム抽出手段として用いる液晶シャッタアレイを示す平面図である。

【図3】上記液晶シャッタアレイを用いて所望のホログラムの成分を抽出する様子を説明する模式図である。

【図4】ホログラム抽出手段として固定された開口部を有するアパーチャとビーム偏向手段とを組み合わせて用いた例を示す模式図である。

【図5】本発明に係るホログラム記録再生装置の空間光変調器からディテクターアレイまでの部分を拡大して示す模式図である。

【図6】図5中(a)~(g)面におけるレーザ光の強度分布を示す図であり、(a)は図5中(a)面におけるパターンを示し、(b)は図5中(b)面におけるパターンを示し、(c)は図5中(c)面におけるパターンを示し、(d)は図5中(d)面におけるパターンを示し、(e)は図5中(e)面におけるパターンを示し、(f)は図5中(f)面におけるパターンを示し、(g)は図5中(g)面におけるパターンを示している。

【図7】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の第1のホログラム記録媒体に対して記録再生を行う部分を示す模式図である。

【図8】マイクロレンズアレイにより空間光変調器の各画素のスポットが再生像面において分離される様子を説明する模式図である。

【図9】マイクロレンズアレイにより空間光変調器の各画素のスポットが再生像面において分離される様子を示す側面図である。

【図10】図9における再生像面の様子を示す平面図である。

【図11】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置により第1のホログラム記録媒体に記録されたホログラムの再生光から得られる再生像を示す図である。

【図12】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の空間光変調器からディテクターアレイまでの部分を示す模式図である。

【図13】第1のホログラム記録媒体としてバルク形状のフォトリフラクティブ結晶を用い、第2のホログラム記録媒体としてフォトリフラクティブポリマーをディスク表面に層状に塗布してなるものを用いたホログラム記録再生装置を示す模式図である。

【図14】位相共役を利用したホログラム記録再生装置の一構成例を示す模式図である。

【符号の説明】

1 ホログラム記録再生装置、2 光源、6 第1のビームデフレクタ、7 空間光変調器、8 第1のホログラム記録媒体、18 第2のホログラム記録媒体、19 第2のビームデフレクタ、22 ホログラム抽出手段、24 ディテクターアレイ

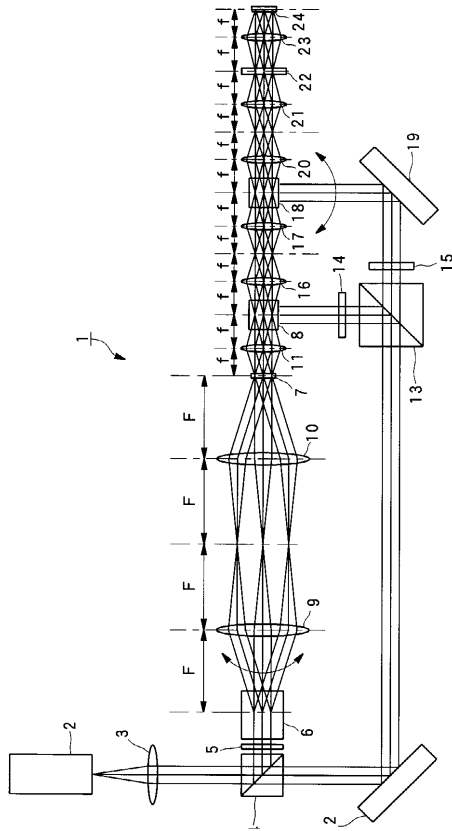
10

20

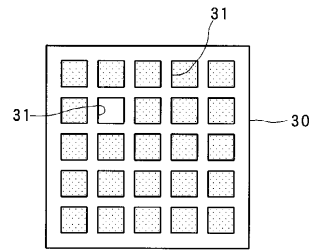
30

40

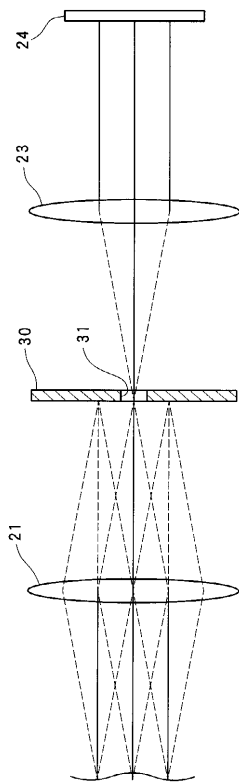
【図 1】



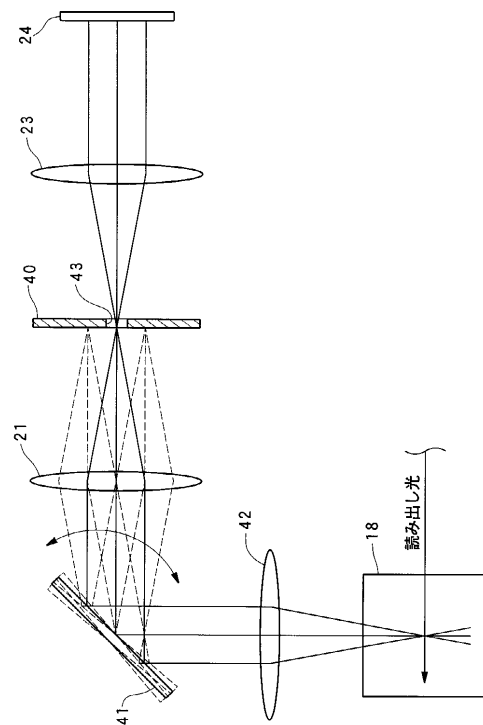
【図 2】



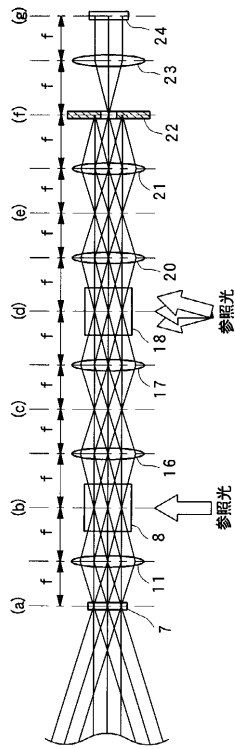
【図 3】



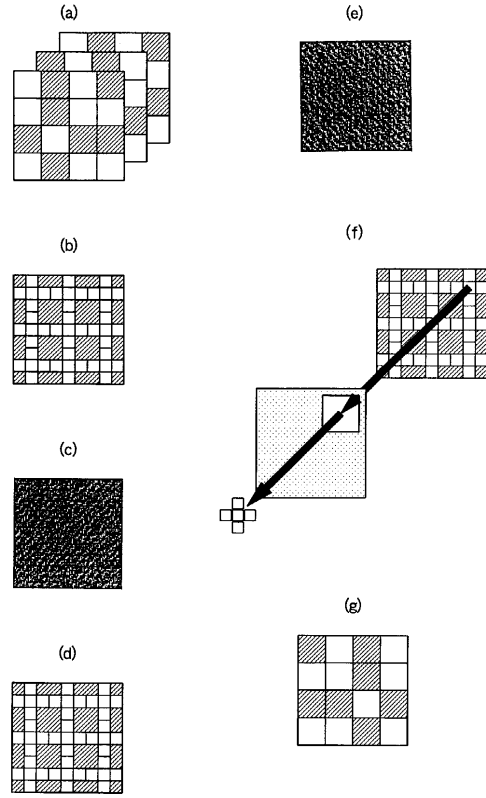
【図 4】



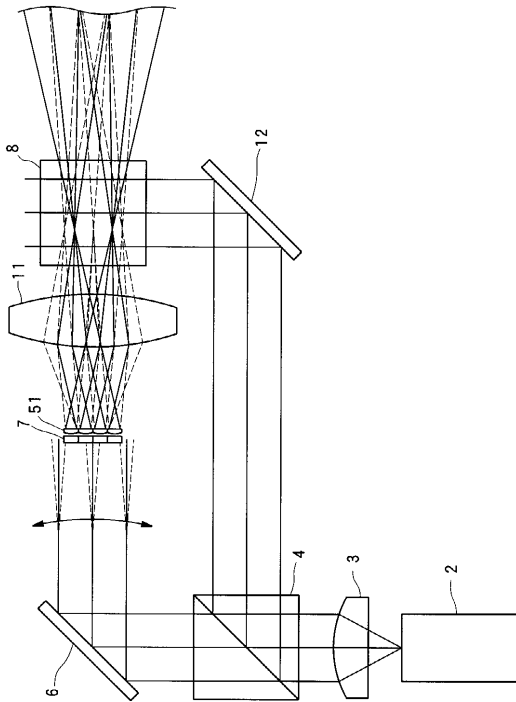
【 図 5 】



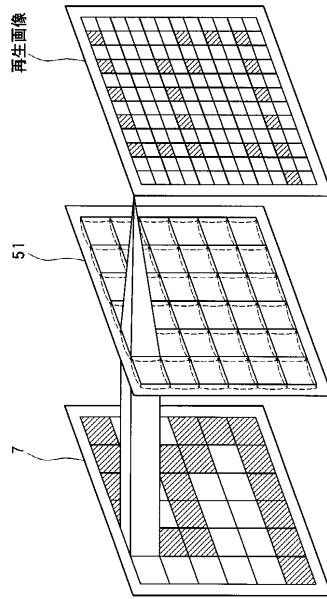
【 図 6 】



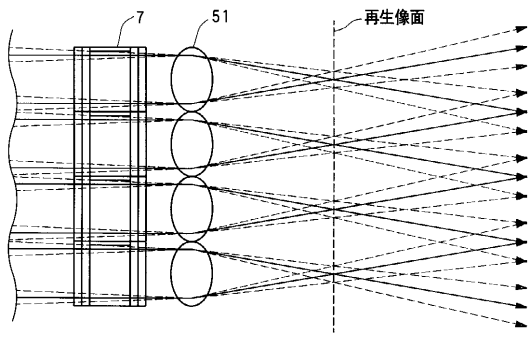
【 図 7 】



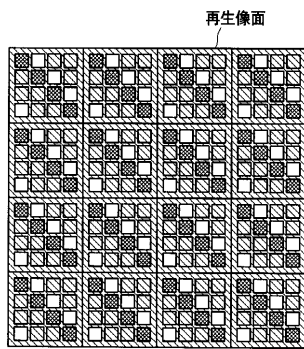
【 図 8 】



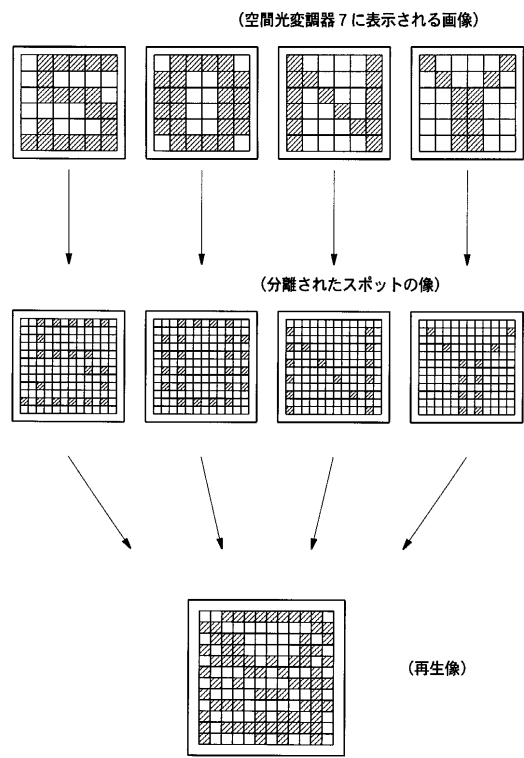
【図9】



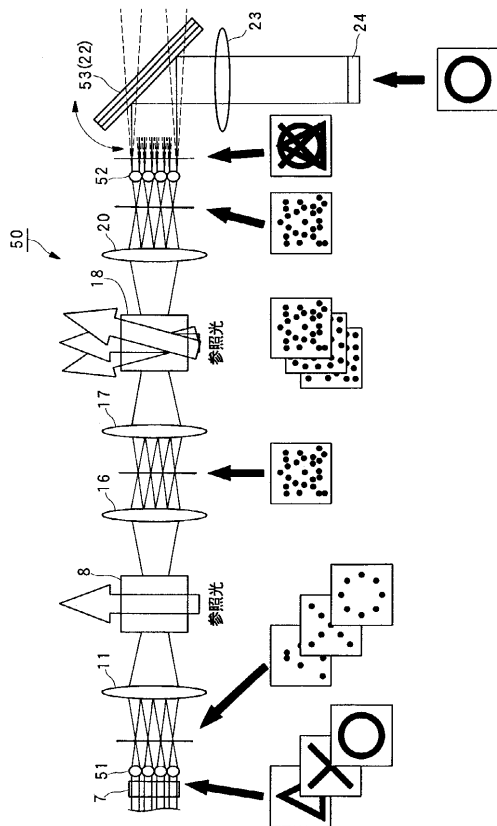
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 4 - 3 6 2 9 8 6 (J P , A)
特開平 1 0 - 9 7 7 9 2 (J P , A)
特開平 1 1 - 8 4 2 6 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G03H 1/00 - 1/34
G11B 7/0065
G11C 13/04