

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-37685

(P2009-37685A)

(43) 公開日 平成21年2月19日(2009.2.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G 1 1 B</b> 7/0065 (2006.01)	G 1 1 B 7/0065	5 D 0 9 0
<b>G 1 1 B</b> 7/004 (2006.01)	G 1 1 B 7/004 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2007-200543 (P2007-200543)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成19年8月1日 (2007.8.1)		ソニー株式会社
			東京都港区港南1丁目7番1号
		(74) 代理人	100086841
			弁理士 脇 篤夫
		(74) 代理人	100114122
			弁理士 鈴木 伸夫
		(74) 代理人	100128680
			弁理士 和智 滋明
		(72) 発明者	田中 富士
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
			式会社内
		Fターム(参考)	5D090 AA01 BB16 CC01 CC04 CC16
			DD03 EE01 EE11 JJ07 KK12
			KK15 LL03

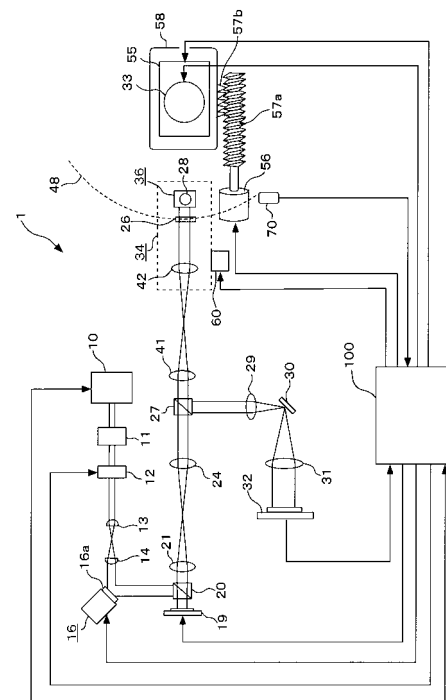
(54) 【発明の名称】 ホログラム記録再生装置

## (57) 【要約】

【課題】参照光と再生光との相互の入射方向を変え、良好なる記録再生特性を得るための技術を提供する。

【解決手段】ホログラム記録再生装置1では、制御部100は、記録をするときのホログラム記録媒体48の温度に応じて空間変調器19の参照光領域が形成される範囲を第1所定範囲とし、記録データの再生をするときのホログラム記録媒体48の温度に応じて再生光領域が形成される範囲を第2所定範囲とする。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録し、前記ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム記録再生装置において、前記参照光を発生するための参照光領域と前記再生光を発生するための再生光領域との各々が形成される空間変調器と、前記参照光領域が形成される範囲と前記再生光領域が形成される範囲との各々を制御する制御部と、を具備し、記録をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記参照光領域が形成される範囲を第 1 所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を第 1 所定角度範囲に制御し、前記記録データの再生をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記再生光領域が形成される範囲を第 2 所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記再生光の入射角度の範囲を第 2 所定角度範囲に制御することを特徴とするホログラム記録再生装置。

10

**【請求項 2】**

記録をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記参照光の波長を第 1 所定波長とし、前記記録データの再生をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記再生光の波長を第 2 所定波長とすることを特徴とする請求項 1 に記載のホログラム記録再生装置。

20

**【請求項 3】**

さらに、前記参照光と前記再生光との各々が通過する位相マスクを具備し、前記位相マスクは、前記参照光領域が形成される範囲と前記再生光領域が形成される範囲との各々が変化する場合において、前記ホログラムの同一の点を照射する光ビームに対しては同一の位相特性を付与することを特徴とする請求項 1 に記載のホログラム記録再生装置。

**【請求項 4】**

前記参照光領域と前記再生光領域との各々が、同一の中心を有するドーナツ形状とされ、前記位相マスクは、前記中心を通過する放射線上では同一の位相特性を有するように形成されることを特徴とする請求項 3 に記載のホログラム記録再生装置。

30

**【請求項 5】**

前記制御部は、前記ホログラム記録媒体の温度に対応した第 1 所定範囲および第 2 所定範囲の情報を記憶する記憶回路を有することを特徴とする請求項 1 に記載のホログラム記録再生装置。

**【請求項 6】**

ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録し、前記ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム記録再生装置において、前記参照光を発生するための参照光領域と前記再生光を発生するための再生光領域との各々が形成される空間変調器と、前記参照光領域が形成される範囲と前記再生光領域が形成される範囲との各々を制御する制御部と、を具備し、前記参照光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲に制御し、前記ホログラム記録媒体を記録するときの前記参照光の前記所定角度範囲を前記再生光の入射角度の範囲が含むように前記再生光領域の形成される範囲を制御することを特徴とするホログラム記録再生装置。

40

**【請求項 7】**

ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記

50

録するホログラム記録装置において、  
前記参照光を発生するための参照光領域が形成される空間変調器と、  
前記参照光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、  
記録をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記参照光領域が形成される  
範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の  
範囲を所定角度範囲に制御することを特徴とするホログラム記録装置。

【請求項 8】

信号光およびホログラム記録媒体の記録時の温度に応じた第 1 所定角度範囲の参照光を  
照射してホログラムとして記録データが記録された前記ホログラム記録媒体に再生光を照  
射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム再生装置において

10

、  
前記再生光を発生するための再生光領域が形成される空間変調器と、  
前記再生光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、  
前記記録データの再生をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記再生光  
領域が形成される範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記再  
生光の入射角度の範囲を第 2 所定角度範囲に制御することを特徴とするホログラム再生装  
置。

【請求項 9】

信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データが記録された前記ホログラ  
ム記録媒体に再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホロ  
グラム再生装置において、

20

前記再生光を発生するための再生光領域が形成される空間変調器と、  
前記再生光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、  
前記再生光の入射角度の範囲が、前記ホログラム記録媒体に前記ホログラムを記録する  
ときの前記参照光の入射角度の範囲を含むように、前記再生光領域の形成される範囲を制御  
することを特徴とするホログラム再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ホログラム記録装置および / またはホログラム再生装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、データストレージデバイスとしてホログラムメモリが注目されている。このホロ  
グラムメモリでは、ホログラム記録装置を用いて記録をおこない、また、ホログラム再生  
装置を用いて再生をおこなうものである。記録の動作は以下のようにおこなわれる。記録  
データに応じて変調された信号光と所定の参照光とを同一光源からのレーザ光によって生  
成し、これらをホログラム記録媒体に照射して、ホログラム記録媒体中で信号光と参照光  
とを干渉させて干渉縞(ホログラム)を形成する。このようにして、ホログラム記録媒体に  
記録データがホログラムとして記録される。ここで記録されるホログラムには、1 ページ  
と称される単位で極めて大容量の情報が含まれ、記録データは 1 ページ毎に特定され管理

40

【0003】

また、このホログラムメモリでは、ホログラム再生装置を用いて、記録済みのホログラ  
ム記録媒体からの記録データの再生をおこなう。再生の動作は以下のようにおこなわれる  
。上述した記録データに応じ形成されたホログラムに、記録において用いられた光ビーム  
である参照光と同様な性質を有する光ビームである再生光を照射することで、ホログラム  
記録媒体から回折光を発生させる。この回折光は 1 ページ分の記録データを含んでいるの  
で、回折光を 2 次元配列された受光素子で受光し、信号処理を施して記録データを再生で  
きる。

【0004】

50

また、ホログラム記録装置の機能と、ホログラム再生装置の機能とを同一の装置で実現するホログラム記録再生装置（記録および再生装置）も提案されている。なお、以下の説明においては、ホログラム記録装置、ホログラム再生装置、ホログラム記録再生装置の総称（記録および／または再生装置）としてホログラム記録再生装置の用語も用いるものとし、明確な区別が必要な場合には、その旨を記載する。また、記録する、再生をする、記録再生（記録および再生）をする、の用語についても、それらの動作の総称（記録および／または再生）として、記録再生をする、の用語も用いるものとし、明確な区別が必要な場合には、その旨を記載する。

【0005】

なお、上述した、信号光、参照光、再生光の発生、および回折光の受光は、光学素子を組み合わせて構成したホログラム記録再生光学部でおこなわれる。光学部における光路設計のひとつの方式としては、信号光と参照光とを同軸状に配置して、さらに、参照光と再生光との経路の一部を同一とし、これらの光ビーム（信号光と参照光と再生光）が通過する光路を共通とする、所謂、コアキシャル方式（例えば、非特許文献1を参照）が知られている。また、光学部における光路設計の他の方式としては、信号光と参照光（再生光）の各々の光ビームが別の光路を通過する2光束法が知られている。

【0006】

ホログラムメモリでは、記録時の温度と再生時の温度とが数 異なると、ホログラム記録媒体の熱膨張または熱収縮のためにデータを再生できない。図17は、ホログラム記録媒体の熱膨張と熱収縮とを模式的に示す図である。図17(A)ないし図17(C)は、ホログラム記録媒体の温度に対するホログラムの状態を示すものである。ここで、ホログラム記録媒体は、説明を簡単にするために、基板48a、基板48cおよび記録材料48bのみが示されており、反射膜等は記載が省略されている。基板48aと基板48cとによって記録材料48bは挟みこまれる構造を有している。なお、以下の説明では熱膨張の用語を広く用い、熱収縮を含むものとするが、特に、区別する必要がある場合には、両方の用語を用いることとする。

【0007】

温度が変化すると、Z方向（図17の左下の図を参照）には記録材料48bの熱膨張率（典型値は $5 \times 10^{-4}$ /程度）に支配されて熱膨張する。一方、X方向およびY方向（図17の左下の図を参照）は、固く、かつ熱膨張率の小さい基板（基板の熱膨張率は $7 \times 10^{-6}$ /～ $8 \times 10^{-6}$ /程度）に抑えこまれて、記録された干渉縞（ホログラム）の間隔および方向が変わる。図17(B)は基準となる温度であるホログラム記録媒体の温度25におけるホログラムの状態を模式的に示すものであって、記録材料48bの厚みを厚みL1、ホログラムの間隔を間隔d1、ホログラム記録媒体の面に対する傾きを傾き1として示す。

【0008】

図17(A)は基準となる温度25において記録されたホログラムが、ホログラム記録媒体の温度を15とすることによって変化した状態を模式的に示すものである。記録材料48bの厚みを厚みL2、ホログラムの間隔を間隔d2、ホログラム記録媒体の面に対する傾きを傾き2として示す。ここで、記録材料48bの熱収縮によって、厚みL2は厚みL1よりも小さなものとなり、間隔d2は間隔d1よりも小さなものとなり、傾き2は傾き1よりも大きなものとなる。また、図17(C)は基準となる温度25において記録されたホログラムが、ホログラム記録媒体の温度を35とすることによって変化した状態を模式的に示すものである。記録材料48bの厚みを厚みL3、ホログラムの間隔を間隔d3、ホログラム記録媒体の面に対する傾きを傾き3として示す。ここで、記録材料48bの熱膨張によって、厚みL3は厚みL1よりも大きなものとなり、間隔d3は間隔d1よりも大きなものとなり、傾き3は傾き1よりも小さなものとなる。

【0009】

このように、記録時におけるホログラム記録媒体の温度と再生時におけるホログラム記録媒体の温度に違いがある場合には、上述するようにホログラムの形状に異なりが生じる

10

20

30

40

50

。この結果、記録時に用いた参照光と同じ波長および入射方向を有する光ビームを再生光として用いて、ホログラム記録媒体から回折光を得て記録データを再生する場合には、干渉縞のブラッグ条件を満たさず、回折光を生じず、回折光から記録データを再生することが困難となる。この対策として、本願の願書に記載の発明者は、参照光と再生光との相互の間で、波長と入射方向を変える方法を提案し、波長を変えるためのチューナブル(波長可変)レーザを提案している(非特許文献2を参照)。また、入射方向については、上述した、2光束法を採用する場合には、再生光および参照光のいずれについても入射方向を変えるのは容易である。

【特許文献1】特開平11-242424号公報

【非特許文献1】日経エレクトロニクス2005年1月17日号P106~114

【非特許文献2】T. Tanaka, K. Sako, R. Kasegawa, M. Toishi, K. Watanabe, and S. Akao, "Tunable blue laser for holographic data storage" Proceedings of Optical Data Storage, 215-217 (2006)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、コアキシャル方式では、信号光および参照光の光路が同一のものとされており、再生光の入射方向を参照光の入射方向と異ならせることは困難であった。本発明は、参照光と再生光との相互の入射方向を変え、良好なる記録および/または再生特性を得るための記録および/または再生の技術を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のホログラム記録再生装置は、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録し、前記ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム記録再生装置において、前記参照光を発生するための参照光領域と前記再生光を発生するための再生光領域との各々が形成される空間変調器と、前記参照光領域が形成される範囲と前記再生光領域が形成される範囲との各々を制御する制御部と、を具備し、記録をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記参照光領域が形成される範囲を第1所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を第1所定角度範囲に制御し、前記記録データの再生をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記再生光領域が形成される範囲を第2所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記再生光の入射角度の範囲を第2所定角度範囲に制御する。

【0012】

本発明のホログラム記録再生装置では、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録する。また、ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、回折光より記録データを再生する。また、空間変調器と、この空間変調器の参照光領域の範囲と再生光領域の範囲とを制御する制御部と、を具備する。そして、ホログラム記録媒体に記録をするときは、そのときのホログラム記録媒体の温度に応じて、参照光領域が形成される範囲を第1所定範囲とすることによってホログラム記録媒体への参照光の入射角度の範囲を第1所定角度範囲に制御する。また、ホログラム記録媒体から再生をするときには、そのときのホログラム記録媒体の温度に応じて、再生光領域が形成される範囲を第2所定範囲とすることによってホログラム記録媒体への再生光の入射角度の範囲を第2所定角度範囲に制御する。ここで、第2所定角度範囲は、ブラッグ条件を最も満たす入射角度範囲(最適なる再生光の入射角度範囲)である。このようにして、ホログラム記録媒体に形成されるホログラムの形状が温度に応じて変化する場合でも、参照光と再生光の入射角度をホログラム形状に合わせて適切に対応して変化させることによって、良好な記録再生特性が得られる。すなわち、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで異なる場合においても記録再生特性を良好なものとできる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 3 】

別の本発明のホログラム記録再生装置は、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録し、前記ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム記録再生装置において、前記参照光を発生するための参照光領域と前記再生光を発生するための再生光領域との各々が形成される空間変調器と、前記参照光領域が形成される範囲と前記再生光領域が形成される範囲との各々を制御する制御部と、を具備し、前記参照光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲に制御し、前記ホログラム記録媒体を記録するときの前記参照光の前記所定角度範囲を前記再生光の入射角度の範囲が含むように前記再生光領域の形成される範囲を制御する。

10

## 【 0 0 1 4 】

別の本発明のホログラム記録再生装置では、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録する。また、ホログラム記録媒体に記録されたホログラムに再生光を照射して回折光を得て、回折光より記録データを再生する。また、空間変調器と、この空間変調器の参照光領域の範囲と再生光領域の範囲とを制御する制御部と、を具備する。ホログラム記録媒体に記録をするときには、ホログラム記録媒体の温度に応じて、参照光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによってホログラム記録媒体への参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲に制御する。そして、ホログラム記録媒体から再生をするときには、ホログラム記録再生装置の使用温度範囲内の任意の温度における再生光の入射角度の範囲を含むように再生光領域の形成される範囲を制御する。この結果、ホログラムの形状の温度変化が生じたか否かに拘わらず、ホログラムを照射する参照光の入射角度範囲を再生光の入射角度範囲は必ず含むようにできる。すなわち、参照光と信号光とによって形成されたホログラムに対して、適切な入射角度を有する再生光と再生に寄与しない入射角度を有する再生光との両方を照射する。そして、適切な入射角度範囲を有する再生光のみが、ブラッグ条件を満たして、回折光を発生させることを利用して、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで異なる場合においても記録再生特性を良好なものとできる。

20

## 【 0 0 1 5 】

本発明のホログラム記録装置は、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録するホログラム記録装置において、前記参照光を発生するための参照光領域が形成される空間変調器と、前記参照光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、記録をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記参照光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲に制御する。

30

## 【 0 0 1 6 】

本発明のホログラム記録装置では、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録する。また、空間変調器と、空間変調器の参照光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備する。そして、ホログラム記録媒体に記録をするときには、記録時のホログラム記録媒体の温度に応じて、参照光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによってホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲に制御する。このようにしてホログラム記録媒体の記録は完了する。そして、このようにして記録されたホログラムに再生光を照射して再生をおこなう場合においては、適切な再生光の入射角度についても特定することができることとなる。よって、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで異なる場合においても記録再生特性を良好なものとできる。

40

## 【 0 0 1 7 】

本発明のホログラム再生装置は、信号光およびホログラム記録媒体の記録時の温度に応じた第1所定角度範囲の参照光を照射してホログラムとして記録データが記録された前記ホログラム記録媒体に再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生

50

するホログラム再生装置において、前記再生光を発生するための再生光領域が形成される空間変調器と、前記再生光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、前記記録データの再生をするときの前記ホログラム記録媒体の温度に応じて、前記再生光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによって前記ホログラム記録媒体への前記再生光の入射角度の範囲を第２所定角度範囲に制御する。

【００１８】

本発明のホログラム再生装置では、再生の対象となるホログラム記録媒体は、信号光およびホログラム記録媒体の記録時の温度に応じた第１所定角度範囲の参照光を照射してホログラムとして記録データが記録されたものである。すなわち、参照光の入射角度範囲を第１所定範囲とすることによって、ホログラムの形状がその後の温度変化に応じた形状の変化をする場合においても、その形状の変化が予測可能であり、最適なる再生光の入射角度範囲も予想可能とできる態様で記録される。また、空間変調器と、空間変調器の再生光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備する。そして、再生時におけるホログラム記録媒体の温度に応じて、再生光領域が形成される範囲を所定範囲とすることによってホログラム記録媒体への再生光の入射角度の範囲を第２所定角度範囲に制御する。ここで、第２所定角度範囲は、ブラッグ条件を最も満たす入射角度範囲（最適なる再生光の入射角度範囲）である。このようにして再生をおこなえば、ホログラムの記録後、ホログラム記録媒体の温度が変化して、ホログラムの形状が変化した場合であっても、再生をおこなう場合において適切なる再生光の入射角度範囲が特定される。そして、適切なる入射角度範囲を有する再生光を用いて、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで異なる場合においても記録再生特性を良好なものとできる。

【００１９】

別の本発明のホログラム再生装置は、信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データが記録された前記ホログラム記録媒体に再生光を照射して回折光を得て、前記回折光より記録データを再生するホログラム再生装置において、前記再生光を発生するための再生光領域が形成される空間変調器と、前記再生光領域が形成される範囲を制御する制御部と、を具備し、前記再生光の入射角度の範囲が、前記ホログラム記録媒体に前記ホログラムを記録するときの前記参照光の入射角度の範囲を含むように、前記再生光領域の形成される範囲を制御する。

【００２０】

別の本発明のホログラム再生装置では、ホログラム記録媒体から再生をするときには、ホログラム記録媒体を記録するときの参照光の所定角度範囲を再生光の入射角度の範囲が含むように再生光領域の形成される範囲を制御する。この結果、ホログラムの形状の温度変化が生じたか否かに拘わらず、ホログラムを照射する参照光の入射角度範囲を再生光の入射角度範囲は必ず含むようにできる。すなわち、適切な入射角度を有する再生光と再生に寄与しない入射角度を有する再生光とを照射して、ホログラムに照射される再生光の中で、適切な入射角度範囲を有する再生光のみが、ブラッグ条件を満たして、回折光を発生させることによって、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで異なりホログラムの形状が温度変化を受ける場合においても記録再生特性を良好なものとできる。

【発明の効果】

【００２１】

本発明によれば、参照光と再生光との相互の入射角度の範囲を変えることによって良好なる記録および／または再生特性を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２２】

（実施形態の記録および再生の原理の概要）

実施形態のホログラムの記録と再生とにおいては、コアキシャル方式を採用する。そして、ホログラム記録媒体に信号光および参照光を照射してホログラムとして記録データを記録する。ここで、実施形態のホログラム記録装置および／またはホログラム再生装置は、空間変調器と、空間変調器の参照光領域および／または再生光領域が形成される範囲を

制御する制御部と、を具備する。そして、ホログラム記録媒体に記録をするときには、記録時のホログラム記録媒体の温度に応じて、参照光領域が形成される範囲を所定範囲（第1所定範囲）とすることによってホログラム記録媒体への前記参照光の入射角度の範囲を所定角度範囲（第1所定角度範囲）に制御する。このようにしてホログラム記録媒体の記録は完了する。ここで、ホログラム記録媒体の温度と、参照光領域が形成される範囲（第1所定範囲）とを関係づけるに際しては、計算式を用いても良く、また、ラム（RAM）等に両者の関係をマッピングしておいても良い。計算式を用いる場合には、温度を入力とし、参照光領域が形成される範囲を出力とする計算を制御部においておこなうこととなり、マッピングを用いる場合には、温度をアドレス空間として、参照光領域が形成される範囲を各々のデータとすることとなる。

10

#### 【0023】

そして、このようにして記録されたホログラムは、ホログラム記録媒体の温度が変化する場合にどのように形状が変化をするかが、一義的に特定できることとなる。ここで、形状の変化の代表的なパラメータとしては、ホログラムの傾き角度とホログラムの格子間隔である。ホログラムの傾き角度は入射する光ビームの角度である入射角度と密接に関連しており、ホログラムから最も良好に回折光を得るための光ビームの入射角度はホログラムの形状から決定されることとなる。さらに、ホログラムは3次元的に形成されるので、各々の温度における最適なる再生光の入射角度範囲（第2所定角度範囲）も一義的に定まることとなる。ここで、最適なる再生光の入射角度範囲とは、ブラッグ条件を最も満たす入射角度範囲をいうものである。ブラッグ条件を満たさない場合には、回折光の光量は減少するので、最適なる再生光の入射角度範囲の再生光を照射することによって、再生特性は最も良好なものとでき、記録特性と再生特性の両方を含めた特性である記録再生特性を最も良好なものとできる。

20

#### 【0024】

最適なる入射角度範囲の再生光を得るためには、再生光の入射角度範囲を変化させるための構成が必要となる。コアキシャル方式を採用する場合には、従来はこのような構成を実現することは、困難とされていた。しかしながら、この実施形態では、空間変調器に形成される再生光領域の範囲を変化させることで、再生光の入射角度範囲を容易に変更できるものとしている。また、記録時における参照光についても同様のことが言える。つまり、所定角度範囲（第1所定角度範囲）の参照光は、空間変調器の所定範囲（第2所定範囲）に参照光領域を形成するによって得ることができ、所定角度範囲（第2所定角度範囲）の再生光は、空間変調器の所定範囲（第2所定範囲）に再生光領域を形成することによって得ることができる。

30

#### 【0025】

また、ホログラムの格子間隔は入射する光ビームの波長と密接に関連しており、ホログラムから最も良好に回折光を得るための光ビームの波長はホログラムの形状から決定されることとなる。よって、ホログラムの記録時において、所定の波長の参照光を用いて記録しておけば、そのホログラムに再生光を照射して、回折光を得る場合において、最も適切なる再生光の波長が一義的に決定できることとなる。すなわち、上述したように、再生光の入射角度範囲を適切に設定することに加えて、再生光の波長を適切に選択することによって、さらに良好なる再生特性、さらに良好なる記録再生特性を得ることができるものである。ホログラム記録媒体の温度と、波長とを関係づけるに際しては、計算式を用いても良く、また、ラム（RAM）等に両者の関係をマッピングしておいても良い。

40

#### 【0026】

さらに、参照光が通過する位相マスクを具備して、所謂、0次光がホログラム記録媒体の特定の場所に集中することを防止することができる。ここで、この位相マスクは、再生時においても用いなければ、記録再生特性を良好なものとすることができない。また、この位相マスクは、ホログラム記録媒体の温度が記録時と再生時とで変化を有することがない場合には、同一の位相マスクを用いるようにすれば良く、その構成に特段の制約があるものではない。しかしながら、この実施形態において位相マスクを採用する場合には、

50



ある制約が必要となる。空間変調器の参照光領域が形成される範囲と再生光領域が形成される範囲とが異なる場合においては、この点を考慮して、位相マスクを構成する必要がある。すなわち、ホログラムの同一の点を照射する光ビームに対しては同一の位相特性を付与するようにしなければならない。ここで、ホログラムの同一の点（ホログラムを形成する３次元領域の中の任意の一点）は上述したように、温度に応じて移動するものである。よって、記録時と再生時との温度が異なる場合においても、位相マスクを経て得られる参照光のこの同一点に対する作用と、位相マスクを経て得られる再生光のこの同一点に対する作用とは同様なものでなければならない。

#### 【００２７】

参照光と信号光とが同様な作用をおよぼす位相マスクの一例を挙げれば、参照光領域と再生光領域との各々が、同一の中心を有するドーナツ形状とされる場合においては次のような形態が採用できる。この位相マスクは、ドーナツ形状の中心（ドーナツ状の形状を構成する外円および内円の中心）を通過する放射線上では、同一の位相特性を有するように形成することができる。さらに、具体的に説明すれば、最も簡単な例は円周方向にのみ位相が変化し、半径方向には位相の変化がない位相マスクである。

#### 【００２８】

また、この実施形態では、ホログラム記録媒体の温度に応じて参照光の入射角度範囲を適宜定め、ホログラム記録媒体の温度に応じて再生光の入射角度範囲を適宜定めるようにしたが、別の実施形態としては、記録時には参照光の入射角度範囲を予め定めた固定範囲、または、記録時のホログラム記録媒体の温度に応じた入射角度範囲とし、再生時には、再生光の入射角度範囲を参照光の入射角度範囲よりも広く設定して、ホログラム記録媒体の温度、少なくともホログラム記録媒体の再生時における温度、を知ることなく、良好なる再生特性、記録再生特性を得ることができる。この場合には、余分な再生光が発生するが、回折光を得るに際しては、この余分な再生光はブラッグ条件によって、大きな障害を与えるものとはならないからである。

#### 【００２９】

この記録と再生の原理は、ホログラム記録装置に適用でき、ホログラム再生装置に適用でき、さらに、ホログラム記録および再生装置に適用ができるものであるので、以下、より具体的に図面を参照して説明をする。

#### 【００３０】

（実施形態のホログラム記録再生装置）

図１に、ホログラム記録再生装置の主要部である光学部を中心として、ホログラム記録媒体を用いて記録再生をおこなうホログラム記録再生装置の模式図を示す。図１に示すホログラム記録再生装置は、ホログラムの記録および／または再生をおこなう装置であり、コアキシャル方式を採用するものである。

#### 【００３１】

図１に示すホログラム記録再生装置１に用いるホログラム記録媒体４８は、コンパクト・ディスク（ＣＤ）やデジタル・バーサタイル・ディスク（ＤＶＤ）と同様のディスク型（円盤形状）をしており、ホログラム記録媒体４８の最内周部には、回転中心を位置決めするための孔部が設けられている。このようなホログラム記録媒体４８に記録再生をおこなうホログラム記録再生装置１は、図１に図示された光学部を主要な構成部分として備えている。また、詳細は図示しない電気回路で構成される制御部１００を備え、さらに、そのすべては図示しないが図１にその一部を図示する機構部を備えている。そして、ホログラム記録再生装置１は、制御部１００を介して図示しない外部装置に接続されるようになされている。ここで、外部装置は、例えば、ホストコンピュータ、映像表示装置（モニター）等である。ここで、ホログラム記録媒体４８は、１３に背景技術として図示すると同様に記録材料４８ｂと基板４８ａおよび基板４８ｃとを有している。また、ホログラム記録再生装置１がコアキシャル方式を採用するために、再生光によって発生された回折光を反射して、再び、光学部に戻すための反射膜（図示せず）をさらに有している。

#### 【００３２】

ホログラム記録再生装置 1 の光学部は、光ビームが通過する光路を形成している。光学部は、レーザ光源 10、アイソレーター 11、シャッター 12、フーリエ変換レンズ 13、フーリエ変換レンズ 14、可動ミラー 16a、空間変調器 19、偏光ビームスプリッタ 20、フーリエ変換レンズ 21、フーリエ変換レンズ 24、偏光ビームスプリッタ 27、フーリエ変換レンズ 41、フーリエ変換レンズ 42、1/4 波長板 26、対物レンズ 28、フーリエ変換レンズ 29、ミラー 30、フーリエ変換レンズ 31、イメージセンサ 32 を有している。対物レンズ 28 と図示しないミラーとによって形成される対物レンズユニット 36 と、1/4 波長板 26 と、フーリエ変換レンズ 42 とは、トラッキング可動部 34 に固着されている。なお、対物レンズユニット 36 に配されたミラーは、図 1 の紙面の左右方向に進行する光ビームの通過方向を、紙面の表裏方向に変換するためのものである。

10

#### 【0033】

また、図 1 に表された機構部の一部としての可動ミラーユニット 16 に設けられた可動ミラーアクチュエータ（図示せず）によって可動ミラー 16a の回転の角度は制御され、対物レンズ 28 を通過してホログラム記録媒体 48 に照射される光ビームを紙面の左右方向（紙面の短手方向）である（タンジェンシャル方向）に移動させるようになされている。また、トラッキング可動部 34 は、フーリエ変換レンズ 42、1/4 波長板 26 および対物レンズユニット 36 を一体としてラジアル方向に微量だけ移動するようになされている。このトラッキング可動部 34 の移動は、機構部の一部である可動部アクチュエータ 60 を用いておこなわれるようになされている。すなわち、可動ミラーアクチュエータは、光スポットをタンジェンシャル方向に移動させる機構部である。また、トラッキング可動部 34 は、光スポットをトラッキング方向に移動させる機構部である。

20

#### 【0034】

また、図 1 に表された他の機構部としては、ホログラム記録媒体 48 を回転させる機構部分およびフォーカスサーボをおこなう機構部が示されている。ホログラム記録媒体 48 はターンテーブルに例えば、マグネットチャッキングによって装着されるようになされ、このターンテーブルはスピンドルモータ 33 の回転軸と固着されている。このような機構部の構造によって、スピンドルモータ 33 の駆動力でホログラム記録媒体 48 を回転させるようになされている。スピンドルモータ 33 とスピンドルモータ基台 58 との間にはフォーカスアクチュエータ 55 が装着され、図 1 に示す図の紙面の表裏方向（フォーカス方向）のホログラム記録媒体 48 とスピンドルモータ基台 58 との間の距離を変化させることができるようになされている。また、スライド送りモータ 56 の回転軸に固着され、この回転軸とともに回転する第 1 の歯車 57a と、スピンドルモータ基台 58 に固着された第 2 の歯車 57b とが噛み合っており、スライド送りモータ 56 の回転にともなって、ホログラム記録媒体 48 の全体を同心円の中心を支軸として回転させることができるようになされている。このようなスライド送り機構は、ホログラム記録媒体 48 の半径に相当する距離に渡り、トラッキングサーボの低域成分の大きな量の変位に対応してホログラム記録媒体 48 を移動させることができるようになされている。

30

#### 【0035】

また、ホログラム記録再生装置 1 は温度検出部 70 を有している。温度検出部 70 は、ホログラム記録媒体 48 の温度を検出するものであって、熱電対温度計、ホログラフィ温度検出器、水銀温度計などを用いて、ホログラム記録媒体 48 の温度またはホログラム記録媒体 48 の付近の温度を電気信号に変換して検出する部分であり、電気信号に変換して検出された温度信号は制御部 100 に入力される。

40

#### 【0036】

（記録の作用の概要説明）

光学部の各部の作用と併せてホログラムへの記録がどの様におこなわれるかについて、順に説明をする。

#### 【0037】

レーザ光源 10 は、例えば、レーザ光の波長が 405 nm（ナノ・メートル）とされてい

50

るレーザ（いわゆる、青色レーザ）を有し、青色レーザからの光ビームを外部共振器に通過させ、光ビームの波長を変化できるようにされている。アイソレーター 11 は、レンズ等の反射によって戻光が戻った場合でも、外部共振器型レーザを構成する青色レーザに戻光が戻ることを防いで、シングルモードの発振を維持するためのものである。レーザ光の波長は、制御部 100 からの信号によって制御される。

#### 【0038】

シャッター 12 は光ビームを透過、または、遮蔽するための素子であり、制御部 100 からの信号によって光ビームが透過させられるか、遮蔽されるかが制御される。フーリエ変換レンズ 13 およびフーリエ変換レンズ 14 は光ビームの径を拡大するためのものである。このようにして径を拡大された光ビームは、可動ミラー 16a に入射して、偏光ビームスプリッタ 20 によって光ビームは空間変調器 19 に向かうように反射する。このようにして、空間変調器 19 の所望の領域、すなわち、後述する空間変調器 19 の参照光領域 19a および信号光領域 19b（図 3 を参照）に光ビームを照射することが可能とされる。

10

#### 【0039】

空間変調器 19 は、上述する参照光領域および信号光領域の各々に所定のパターンを表示して、光ビームに空間的な変調を施して参照光と信号光とを得るためのものであり、例えば、反射型強誘電体液晶が採用されている。反射型強誘電体液晶は 2 次元に微細なサイズに分割されたピクセルの集合として形成されている。各々のピクセルは、例えば、10  $\mu\text{m}$  の正方形として形成されている。また空間変調器 19 の縦と横に各々 1000 個のピクセルが配置され、空間変調器 19 に配置されるピクセルの総数は、 $1000 \times 1000 = 1000000$  個とされており、このピクセルによって、参照光領域および信号光領域の各々、さらには、再生光領域が形成されようになされている。そして、上述した所定のパターンとは、このピクセルの各々に照射される光ビームを反射するようにするか、反射しないようにするかを組み合わせてピクセル単位で選ぶものであって、このパターンの形態は制御部 100 によって制御されている。

20

#### 【0040】

図 2 は、参照光領域および信号光領域の各々表示されるパターンを示している。図 2 の紙面の色と同じ部分（以下、白部と称する）は光ビームを反射する部分で、黒い部分（以下、黒部と称する）は光ビームを反射しない部分である。ここで、制御部 100 においては記録データを 2 値のブロック符号としてエンコードして、「1」を白い部分に、「0」を黒い部分に対応させている。内側の多角形が信号光を発生するための信号光領域であり、参照光を発生する参照光領域は明るいドーナツ部分であり、同図のように白部と黒部とをランダムに配置する方式もあるし、全部を白部とする方式もあり、様々である。多角形とドーナツの間に黒い部分があり、これによって信号光と参照光を分けている。

30

#### 【0041】

図 3 は、図 2 に示される参照光領域 19a および信号光領域 19b の範囲を具体的な寸法によって示すものである。

#### 【0042】

再び、図 1 に示す各部の説明に戻る。空間変調器 19 で変調を受けた参照光および信号光はその偏光方向が入射光に対して  $\pi/2$  異なって直交するので偏光ビームスプリッタ 20 を透過してフーリエ変換レンズ 21 の方向に向かう。フーリエ変換レンズ 21 およびフーリエ変換レンズ 24 を通過した光ビームは、偏光ビームスプリッタ 27 に入射する。

40

#### 【0043】

偏光ビームスプリッタ 27 は、参照光および信号光をフーリエ変換レンズ 41 の方向に向かわせるとともに、後述する回折光をフーリエ変換レンズ 29 の方向に向かわせるためのものである。

#### 【0044】

フーリエ変換レンズ 41 およびフーリエ変換レンズ 42 を通過した光ビームは、さらに、 $1/4$  波長板 26 を透過し、対物レンズユニット 36 に配されたミラーによって方向が

50

変えられた光ビームは対物レンズで集光されて、参照光と信号光とによって形成される干渉縞に応じたホログラムをホログラム記録媒体 48 の記録材料 48b の中に形成してホログラムの記録がおこなわれる。

#### 【0045】

(再生の作用の概要説明)

光学部の各部の作用と併せてホログラムからの再生がどの様におこなわれるかについて、簡単に順に説明をする。

#### 【0046】

ホログラムの再生に際しては、参照光領域 19a は、再生光領域として機能し参照光領域 19a には記録時におけると同様なパターンが表示されるのが、従来は一般的である。10  
なお、本実施形態では、記録における参照光領域 19a と再生における再生光領域とは異なる領域であることを特徴とするが、この点については、後に詳細に説明をする。また、信号光領域 19b のピクセルはすべて黒部とされ、信号光領域 19b からは光ビームを反射しないようになされる。空間変調器 19 にこのようなパターンを表示する制御は、制御部 100 から空間変調器 19 に信号を供給することによって制御される。

#### 【0047】

空間変調器 19 にこのようなパターンを表示した後に、記録をおこなうときと同様に光ビームを空間変調器 19 に照射して、光ビームを変調して、変調された光ビームは、記録時におけると同様に、途中の光学部品を通過して最終的に対物レンズ 28 で集光されて、20  
ホログラム記録媒体 48 の記録材料 48b に集光される。記録材料 48b に形成されているホログラムに応じて発生する回折光は、ホログラム記録媒体 48 の図示しない反射膜で反射されて、再び、対物レンズ 28、1/4 波長板 26 を通過して、他の光学部材を通過して、偏光ビームスプリッタ 27 に至る。

#### 【0048】

ここで、1/4 波長板 26 は、行きの経路では、青色光ビームの偏光を直線偏光から円偏光に変換し、帰りの経路では、1/4 波長板 26 に入射する青色光ビームの偏光が円偏光である場合には円偏光から直線偏光に変換する。このときの戻光の青色光ビームの偏光面は行きの偏光面と 1/2 異なって直交することとなるので、偏光ビームスプリッタ 27 に至った回折光は、フーリエ変換レンズ 29 の方向へ向かうこととなる。

#### 【0049】

ミラー 30 は、フーリエ変換レンズ 29 からの回折光を反射してフーリエ変換レンズ 31 に導くものであり、ミラー 30 は光ビームの通過する光路を折り曲げて光学部のサイズを小さくするために用いられている。また、フーリエ変換レンズ 29 とフーリエ変換レンズ 31 とは、倍率が調整された実像がイメージセンサ 32 に形成されるようにするためのものである。イメージセンサ 32 は、シーモス・センサ (CMOS センサ)、チャージ・カップルト・デバイス (CCD) 等に代表される光学受光素子であって、微細に分割された複数の受光素子 (ピクセル) が 2 次元に配置され、各々の受光素子を照射する回折光の明暗に応じた電気信号を各々のピクセルで検出するものである。制御部 100 ではこの電気信号を入力して記録データを再生するための信号処理をおこなうようになされている。40  
ここで、記録データは、従来の CD、DVD のような光ディスクと比較すると、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$  bit (ビット) のデータ (1 ページ分のデータ) を一度に記録、再生できるのが特徴である。

#### 【0050】

(ホログラム記録媒体の熱膨張の影響について)

図 4 は、ホログラム記録媒体 48 の温度と、レーザ光源 10 から出射される最適なレーザ波長 (光ビーム波長) との関係を示すグラフであり、図 5 は、ホログラム記録媒体 48 の温度と、参照光および再生光の最適な入射角度 (後述する図 6 を参照) の範囲である入射角度範囲または参照光領域 19a1 (後述する図 6 を参照) および再生光領域 19a2 (後述する図 7 を参照) との関係を示すグラフである。このグラフは、計算式によって求めた結果であるが、実験結果との一致度が極めて高いものである。この計算結果は、背景技 50

術の説明において、図 17 を用いて説明をしたホログラム記録媒体 48 における基板 48 a および基板 48 c と記録材料 48 b の熱膨張の違いから発生する現象を解析して得たものである。

#### 【0051】

図 4 および図 5 に示すグラフの意味するところは、例えば、記録時におけるホログラム記録媒体 48 の温度が 25、参照光の入射角度が  $31.3^{\circ} \sim 36.9^{\circ}$ （参照光領域 19 a 1 の範囲は  $2.6 \text{ mm} \sim 3.0 \text{ mm}$ ）、レーザ波長  $405 \text{ nm}$  の条件で記録した場合には、再生時において、ホログラム記録媒体 48 の温度が 25 の条件下では、再生光の入射角度は  $31.3^{\circ} \sim 36.9^{\circ}$ （再生光領域 19 a 2 の範囲は  $2.6 \text{ mm} \sim 3.0 \text{ mm}$ ）、レーザ波長  $405 \text{ nm}$  の条件で再生するのが最も望ましく、また、別の例では、再生時において、ホログラム記録媒体 48 の温度が 35 の条件下では、再生光の入射角度は  $31.1^{\circ} \sim 36.6^{\circ}$ （再生光領域 19 a 2 の範囲は  $2.58 \text{ mm} \sim 2.98 \text{ mm}$ ）、レーザ波長  $402.3 \text{ nm}$  の条件で再生するのが最も望ましく、さらに、別の例では、再生時において、ホログラム記録媒体 48 の温度が 15 の条件下では、再生光の入射角度は  $31.6^{\circ} \sim 37.1^{\circ}$ （再生光領域 19 a 2 の範囲は  $2.62 \text{ mm} \sim 3.02 \text{ mm}$ ）、レーザ波長  $407.7 \text{ nm}$  の条件で再生するのが最も望ましく、これらの条件で再生する場合に最も良好なる再生特性が得られることを意味している。

#### 【0052】

また、図 4 および図 5 の用い方の別の例を挙げる。記録時におけるホログラム記録媒体 48 の温度が 35 である場合には、参照光の入射角度  $31.3 \sim 36.9^{\circ}$ （再生光領域 19 a 2 の範囲は  $2.58 \text{ mm} \sim 2.98 \text{ mm}$ ）、レーザ波長  $402.3 \text{ nm}$  の条件で記録するのが最も望ましく、このような条件で記録すれば、上述したように、図 4 および図 5 のグラフを参照することによって、再生時のホログラム記録媒体 48 の温度が如何なる場合であっても、図 4 および図 5 を参照して、最適なるレーザ波長および最適なる再生光の入射角度（再生光領域 19 a 2 の範囲）を定めることができる。

#### 【0053】

ここで、図 4 および図 5 にグラフとして示すデータの内容は、制御部 100 の内部に配されたラム（RAM）等に記憶されているので、制御部 100 は温度検出部 70 から温度を検出し、制御部 100 は、RAM を参照して、この温度に対応するレーザ波長と参照光または再生光の入射角度（参照光領域 19 a 1 または再生光領域 19 a 2 の範囲）を読み出し、制御部 100 が空間変調器 19 を制御することによって、最適なる記録および/または再生の条件を設定することができる。

#### 【0054】

##### （第 1 実施形態）

図 6 ないし図 8 を参照して第 1 実施形態について詳細に説明をする。図 6 は、記録時における、空間変調器 19（図 1 を参照）に表示される参照光領域 19 a 1 と信号光領域 19 b、対物レンズ 28（図 1 を参照）、ホログラム記録媒体 48（図 1 を参照）との相互の関係を光ビームの進行方向の沿った断面図として模式的に示すものである。

#### 【0055】

図 7 および図 8 は、再生時における、空間変調器 19 に表示される再生光領域 19 a 2 と信号光領域 19 b、対物レンズ 28、ホログラム記録媒体 48 との相互の関係を光ビームの進行方向の沿った断面図として模式的に示すものである。正確には図 6 ないし図 8 において、ホログラム記録媒体 48 の表面で光は屈折するが、実施形態の説明の本質には影響を与えないために、図 6 ないし図 8 においては、記載は省略してある。ここで、図 6 に示されている入射角度 A1 は、特定のピクセル（このピクセルの空間的位置は変化するが、このピクセルが「1」であるか「0」であるかの信号は特定されている所定の電氣的に特定されるピクセル、このようなピクセルの位置を電氣的な位置と称して以下用いる）から反射する参照光の入射角度を示すものである。図 7 に示されている入射角度 A2 および図 8 に示されている入射角度 A3 は、この特定のピクセルから反射する再生光の入射角度を示すものである。ここで、入射角度 A1 の光ビームと入射角度 A2 の光ビーム、さらには

、後述する入射角度 A 3 の光ビームとがホログラムの同一点を通過するようにするのが、本実施形態の特徴である。また図 6 ないし図 8 では空間変調器 19 で反射する光ビームを、各画素の中心から発する点光源のように記載しているが、実際は参照光領域 19 a 1 の全領域、再生光領域 19 a 2 の全領域、信号光領域 19 b の全領域で反射して連続的に分布する。

#### 【0056】

図 6 に示すように、空間変調器 19 の外周部に参照光領域 19 a 1 が配され、空間変調器 19 の内周部に信号光領域 19 b が配されている点は、図 3 に示すと同様である。ここで、記録時におけるホログラム記録媒体の温度が 25 度であるとして以下の説明をおこなう。参照光領域 19 a 1 および信号光領域 19 b の各々の領域で反射された光ビームは、

10

#### 【0057】

実施形態における具体的なパラメータとしては、対物レンズの焦点距離が 5 mm、対物レンズ 28 の開口 (N.A.) が 0.6、参照光領域 19 a 1 および信号光領域 19 b の各々を形成するピクセル (画素) が 10  $\mu$ m (マイクロ・メートル) の正四角形、ホログラム記録媒体 48 メディアの屈折率が 1.5 のとき、各画素からの平行光の幅は 405  $\mu$ m となるように設定されている (この計算においてはホログラム記録媒体 48 での屈折を考慮してある。)。また、信号光領域 19 b の範囲は、図 3 に示すように、空間変調器 19

20

#### 【0058】

上述した条件で記録した場合、信号光領域 19 b を暗部として再生する場合の、再生時におけるホログラム記録媒体 48 の温度が 10 度程度異なれば、上述したホログラム記録媒体 48 における熱膨張の影響によって、参照光領域 19 a 1 と再生光領域 19 a 2 とを同じ領域とし、参照光の入射角度と再生光の入射角度とを共に入射角度 A 1 とし、光ビームの波長を同じとする場合には、記録データを再生できない。本実施形態では、この点を考慮して参照光領域 19 a 1 と再生光領域 19 a 2 とを独立して各々設定するようにして

30

#### 【0059】

図 7 は、上述した条件で記録されたホログラム記録媒体 48 を、例えば、ホログラム記録媒体 48 の温度が 10 度低い 15 度の温度で再生する場合における、最適なる再生光領域 19 a 2 を示す図である。再生光領域 19 a 2 の範囲は、図 4 および図 5 を参照して説明した、本実施形態の記録再生の原理を基礎づけるデータによって特定され、この場合であれば、再生光領域 19 a 2 の範囲は 2.62 mm ~ 3.02 mm である。再生光領域 19 a 2 の範囲を 2.62 mm ~ 3.02 mm とする制御は、空間変調器 19 に制御部 100 から指令を出しておこなわれる。具体的には、画素の一辺が 10  $\mu$ m の正方形の場合、内半径で 2 画素、外半径で 2 画素、それぞれ、外側にずらすことになる。なお、レーザ波

40

#### 【0060】

図 8 は、上述した条件で記録されたホログラム記録媒体 48 を、例えば、ホログラム記録媒体 48 の温度が 10 度高い 35 度の温度で再生する場合における、最適なる再生光領域 19 a 2 を示す図である。再生光領域 19 a 2 の範囲は、図 4 および図 5 を参照して説明した、本実施形態の記録再生の原理を基礎づけるデータによって特定され、この場合であれば、再生光領域 19 a 2 の範囲は 2.58 mm ~ 2.98 mm)、レーザ波長 402 . 3 nm である。再生光領域 19 a 2 の範囲を 2.58 mm ~ 2.98 mm (再生光の入

50

射角度は  $31.1^\circ \sim 36.6^\circ$  に対応する) とする制御は、空間変調器 19 に制御部 100 から指令を出しておこなわれる。

#### 【0061】

具体的には、画素の一辺が  $10\mu\text{m}$  の正方形の場合、内半径で 2 画素、外半径で 2 画素、それぞれ、内側にずらすことになる。しかしながら、画素の一辺が  $10\mu\text{m}$  の正方形の場合には、通常は、所望の半径に対して、ぴったりの半径では照射できない。(上記例では、2 画素ずらすと内半径は  $2.580\text{mm}$  となる。このため、この場合には、幾分、内径側を予定よりも越えるような再生光領域 19a2 を設定する。この場合には、再生に必要な入射角度の範囲をカバーしているので記録データを問題なく再生できる。幾分余分な入射角度を有する光ビームはブラッグ条件を満たさないので再生において、障害とはならない。

なお、レーザ波長は、上述したように、レーザ光源 10 に制御部 100 から指令を出して、 $402.3\text{nm}$  に設定される。また、入射角度 A3 は、入射角度 A1 よりも小さく設定されることとなる。

#### 【0062】

図 9、図 10 は空間変調器 19 の反射面に形成される参照光領域 19a1 および再生光領域 19a2 を各々示すものである。図 9 は図 7 に示す断面図に対応し、図 10 は図 8 に示す断面図に対応するものである。

#### 【0063】

図 7 では、参照光領域 19a1 は再生光領域 19a2 に対して、より、内周側に配置される。この場合、図 9 においては、参照光領域 19a1 および再生光領域 19a2 の各々に属するピクセルの空間的位置を円柱座標で示せば、参照光領域 19a1 の一点は点 R1 (実際には一辺が  $10\mu\text{m}$  の正方形) で表される、この点が白部であるか黒部であるかは、電気的位置に応じて制御部 100 が「1」または「0」の信号によって制御している。そして、温度が 10 低い 15 の温度で再生する場合には、同じ電気的位置である参照光領域 19a1 の点 R1 は、再生光領域 19a2 の点 R2 に、空間的に写像されることとなる。すなわち、空間的な位置 (  $\theta_1$ 、 $r_1$  ) は空間的な位置 (  $\theta_1$ 、 $r_2$  ) に写像されたことになる。ここで、 $\theta_1$  は点 R1 を円座標で表す場合の基準線 B からの角度、 $r_1$  は点 R1 を円座標で表す場合の円の中心 O からの半径であり、 $r_2$  は点 R2 を円座標で表す場合の円の中心 O からの半径である。ここで、同じ空間的な電気位置は、同一の角度を有し、記録時と再生時とのホログラム記録媒体 48 の温度に応じて異なる半径を有する点に写像されることとなり、一次近似として数式 1 の変換式が点 R1 の半径  $r_1$  と点 R2 の半径  $r_2$  の両者に間に成立する。ここで、 $k$  は定数、 $T_w$  は記録時の温度であり、この場合には 25 である。また、 $T_r$  は再生時の温度であり、この場合には 15 である。また、点 R1 の角度と点 R2 の角度については同一の  $\theta_1$  である。

#### 【0064】

##### 【数 1】

$$r_2 = r_1 + k (T_r - T_w)$$

#### 【0065】

図 8 では、参照光領域 19a1 は再生光領域 19a2 に対して、より、外周側に配置される。この場合、温度が 10 高い 35 の温度で再生する場合には、同じ電気的位置である参照光領域 19a1 の点 R1 は、再生光領域 19a2 の点 R3 に、空間的に写像されることとなる。すなわち、空間的な位置 (  $\theta_1$ 、 $r_1$  ) は空間的な位置 (  $\theta_1$ 、 $r_3$  ) に写像されたことになる。 $r_3$  は点 R3 を円座標で表す場合の円の中心 O からの半径である。ここで、数式 1 の  $r_2$  を  $r_3$  に置き換え、 $T_w$  に 25 を代入し、 $T_r$  に 35 を代入して、点 R1 が写像される点である点 R3 の半径  $r_3$  を得ることができる。

#### 【0066】

上述した、第 1 実施形態では、参照光領域 19a1 および再生光領域 19a2 の各々に

表示されるパターン（これらの領域を形成する各々のピクセルの白部または黒部の分布の態様）は、どのようなものでも、数式 1 の関係が同じ電気的な位置にあるピクセルについて成立すれば、特に、制限があるものではなく、所定のパターン、ランダムパターン、全部が白部のパターン等のいかなるパターンであっても良いものである。

【 0 0 6 7 】

また、上述した第 1 実施形態においては、参照光領域 1 9 a 1 と再生光領域 1 9 a 2 との相互の空間的な位置関係を記録時および再生時のホログラム記録媒体 4 8 の温度に応じて変化させるとともに、レーザ波長も同時に変化させるようにしたが、記録時と再生時の温度差が小さい場合には、レーザ波長を変化させることなく、参照光領域 1 9 a 1 と再生光領域 1 9 a 2 との相互の空間的な位置関係を変化させるだけでも、記録再生特性の改善効果を十分に得ることができるものである。

【 0 0 6 8 】

（第 2 実施形態）

図 1 1 は空間変調器 1 9 の反射面に形成される参照光領域 1 9 a 1 および再生光領域 1 9 a 2 を各々示す図である。図 1 1 に沿って第 2 実施形態の説明をする。ホログラム記録再生装置 1 の使用温度範囲が 5 ～ 4 5 の範囲で動作するように設計されているとする。このときには、ホログラム記録媒体 4 8 の温度も、ホログラム記録再生装置 1 の使用温度範囲に応じて 5 ～ 4 5 の範囲で記録と再生の動作がおこなわれることとなる。この場合において、図 5 を参照すれば、再生光領域 1 9 a 2 は半径で 2 . 5 6 mm から 3 . 0 4 mm の間に分布する。第 2 実施形態では、温度によらず、再生光領域 1 9 a 2 の領域をこの範囲まで拡大して、この範囲の再生光をすべて照射する。一方、参照光領域 1 9 a 1 は、温度に応じてその範囲を変化させる。これによって使用温度範囲のどの温度においても必要とする入射方向の再生光成分がホログラム記録媒体 4 8 に配された記録材料 4 8 b に照射され、良好な再生が可能となる。余計な再生光を記録材料 4 8 b に照射しても支障がないのは、本来の入射角度ではない入射角度を有する余分な光ビームは、ブラッグ条件を満たさないので影響を与えないためである。この場合には、再生光領域 1 9 a 2 は、すべて、白部とすることが望ましい。また、記録時と再生時との温度差が比較的小さい場合には、レーザ波長を一定に保っても良好なる記録再生特性が得られる。しかしながら、記録時と再生時との温度差が比較的大きい場合には、レーザ波長を図 4 に示すグラフに応じて変化させることによって、さらに良好なる記録再生特性を得ることができる。また、参照光領域 1 9 a 1 は、ホログラム記録媒体の温度が変化しても固定値を採用し、再生光領域 1 9 a 2 も同様に固定値とするようにしても良い。この場合には、再生光領域 1 9 a 2 の範囲が、ホログラム再生装置の使用温度範囲内において、ホログラムに対して、参照光を照射すべき範囲の全てをカバーするように形成されるものであれば、再生特性に問題が生じることはない。

【 0 0 6 9 】

（第 3 実施形態）

図 1 2 は第 3 実施形態に係るホログラム記録再生装置 2 を示す図である。位相マスクを空間変調器 1 9 に接するように、あるいは図 1 2 に示すように空間変調器 1 9 の実像ができる位置に位相マスク 4 0 を配置することによって、さらに、0 次光が記録材料 4 8 b（図 1 7 を参照）において生じるのを防ぐことができるという効果を得ることができる。0 次光が生じると、記録時においては、局所的にエムナンバー（M / #）を浪費し、多重記録をおこなう場合の多重の回数である多重記録回数が減少する。また再生時には、光ビームが記録材料 4 8 b の特定の位置に集中することによって記録材料 4 8 b の劣化を促進してしまう。このために画素ごとに位相を変え、記録材料 4 8 b の内部の 0 次光が照射される位置での各々の画素からの光ビームの振幅の和をほぼ 0 にする（打ち消しあうようにする）のが、第 3 実施形態において位相マスクを使用する理由である。

【 0 0 7 0 】

第 1 実施形態では、参照光領域 1 9 a 1 および再生光領域 1 9 a 2 の各々の領域の範囲を変化させ、第 2 実施形態では、参照光領域 1 9 a 1 の領域の範囲を変化させ、これによ



って、参照光および再生光または参照光の入射角を半径方向に変える。このような実施形態に、さらに、位相マスク（例えば、位相マスク 40）を備える場合においては、その際に位相を記録時におけると同様に保たないと良好な再生特性を得ることができない。このため、参照光領域 19a1 および再生光領域 19a2 の各々の領域の範囲が変化する場合であっても位相マスクで発生される位相は同一でなければならない。このような位相マスクの一例として、放射状の位相マスクが挙げられる。

【0071】

図 13 は、放射状の位相マスクの例として位相マスク 40 の平面図を示すものである。図 13 は、位相マスクの光ビームの進行方向に垂直な断面図を示すものであり、その内半径と外半径は、第 1 実施形態および第 2 実施形態で示した参照光領域および再生光領域の全範囲をカバーしており、位相マスクの内半径は、例えば、半径 2.5 mm とされ、外半径は、例えば、半径 3.1 mm とされている。符号 40a を付した部分は凸部（図 14（A）の符号 40a の部分を参照）、符号 40b を付した部分は凹部（図 14（A）の符号 40b の部分を参照）を示すものであり、凹部と凸部とが交互にドーナツ状に配置されている。図 14 は種々の形態の位相マスクの断面を示す図である。位相マスク 40 としては、図 14（A）ないし図 14（C）のいずれを採用するものであっても良い。図 14（A）は階段状の凹凸を有するものであり、符号 40a を付した凸部と符号 40b を付した凹部との段差が  $m / (2n)$  とされている。ここで  $m$  は奇数、 $\lambda$  は光ビームの波長、 $n$  は屈折率である。また、図 14（B）は正弦波（ $\sin$ ）状の凹凸を有するものであり、また、図 14（C）はテーパ形状の階段状の凹凸を有するものである。

【0072】

数式 2 は、このような位相マスクを用いる場合において、0 次光を打ち消せることを計算で確認するための式である。ここで、図 14（A）ないし図 14（C）に示す位相マスクの断面図の頂上と底の位相差が  $2\pi$  であり、円周の 1 周の間に  $p$  周期の凹凸の変化を有するものとする。 $p$  は整数である。

【0073】

【数 2】

$$E = \int_0^{2\pi} E_0 \exp[i(\omega t + p\delta)] d\delta$$

$$= E_0 \exp[i\omega t] \int_0^{2\pi} \exp[ip\delta] d\delta = \frac{E_0 \exp[i\omega t]}{ip} [\exp[ip\delta]]_0^{2\pi} = 0$$

【0074】

ここで、0 次光の強度  $I_0$  は、数式 3 で表される。 $E^*$  は  $E$  の共役関数である。

【0075】

【数 3】

$$I_0 = E^* E = 0$$

【0076】

また、頂上と底の位相差が  $2 \times 2\pi$ 、1 周の間に  $p$  周期であれば、数式 2 の  $p$  を  $2p$  で置きかえればよく、結果は同様となる。

【0077】

図 15 は位相マスクの凹凸の繰り返し数を種々に変化させる例を示す図である。図 15 で白い部分は凸部、黒い部分は凹部に対応するものである。図 15（P1）は 16 分割、すなわち 1 周の間に 8 周期の凹凸の繰り返しを有する位相マスクを示すものである。図 15（P2）は 32 分割、すなわち 1 周の間に 16 周期の凹凸の繰り返しを有する位相マスクを示すものである。図 15（P3）は 64 分割、すなわち 1 周の間に 32 周期の凹凸の繰り返しを有する位相マスクを示すものである。図 15（P4）は 128 分割、すなわち

1 周の間に 6 4 周期の凹凸の繰り返しを有する位相マスクを示すものである。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 は、位相マスクの周期を種々に変化させた場合における、ホログラム記録媒体 4 8 における光ビームのピーク強度と、1 周の間の位相マスクの凹凸の繰り返し数の 2 倍の数である分割数と、の関係を示すグラフである。グラフの横軸は、分割数を示し、縦軸は、1 または複数個生じる光ビームの強度が大きくなる点の中の最大の強度（ピーク強度）を示すものである。点 P 1 は、1 6 分割のときのピーク強度を示し、点 P 2 は、3 2 分割のときのピーク強度を示し、点 P 3 は、6 4 分割のときのピーク強度を示し、点 P 4 は、1 2 8 分割のときのピーク強度を各々示すものである。点 P m は位相マスクがないときのピーク強度を示すものであり、点 P r は 2 レベルのランダムなパターンを有する位相マスクを用いる場合におけるピーク強度を示すものである。図 1 6 は、位相マスクがピーク強度を低下させる効果があることを示すとともに、ピーク強度を抑圧する効果は、位相マスクの分割数が大きくなればなるほど大きくなることを示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

なお、図 1 4 ( A ) ないし図 1 4 ( C )、数式 2 では、位相マスクは規則的な形状を有するものとして説明をしたが、原理的には、位相マスクの形状は、点対称である必要はなく、参照光領域が形成される範囲と再生光領域が形成される範囲との各々が変化する場合において、ホログラム記録媒体の温度に応じて形状が変化するホログラムの同一の点を照射する光ビームに対しては、同一の位相特性を付与するものであればどのようなものでも良い。より具体的には、参照光領域および再生光領域がドーナツ状の形状を有する領域として形成される場合においては、0 次光を打ち消す形状であって、かつ「放射状」であれば良い。ここで、位相マスクは、参照光領域および参照領域と 1 体 1 に対応するものである。このような、点対称ではない位相マスクの場合にも上述の点対称の場合におけると同様に、制御部 1 0 0 によって位相マスクの態様の制御をすることができる。

【 0 0 8 0 】

また、空間変調器 1 9 は、信号光領域 1 9 b、参照光領域 1 9 a 1 および再生光領域 1 9 a 2 の各々の領域に属する空間変調器 1 9 のピクセル（画素）の大きさを  $10\ \mu\text{m}$  の正方形として説明をしたが、位相マスクのピクセルと、空間変調器 1 9 のピクセルとが同じ形である必要はない。たとえば、位相マスクの信号光領域 1 9 b に対応する部分の形状は  $10\ \mu\text{m}$  の正方形として、位相マスクの参照光領域 1 9 a 1 および再生光領域 1 9 a 2 に対応するピクセルの形状は、正方形ではなく、ドーナツ型としても良い。そして、そのドーナツの幅（ドーナツ形状を形成する外周円と内周円との各々の円の半径の差）を例えば  $10\ \mu\text{m}$  程度の幅となるようにして 1 ピクセルを形成し、このような  $10\ \mu\text{m}$  ステップのドーナツの幅を有する複数のピクセルの集合で形成される参照光領域 1 9 a 1 および再生光領域 1 9 a 2 の各々の形態を制御部 1 0 0 によって、ピクセルごとに制御するようにしても良い。

【 0 0 8 1 】

第 3 実施形態によれば、第 1 実施形態および第 2 実施形態から得られる効果と同様に、光ビームの入射角度範囲を適切にして記録再生特性を良好なものとする効果に加えて、光ビームが特定の部分に集中してピーク強度を大きくすることを防止できる。そして、ピーク強度を大きくすることを防止できる効果としては、記録時においては、局所的にエムナンバー（ $M/\#$ ）を浪費することが防止でき、多重記録をおこなう場合の多重の回数である多重記録回数を増大させることができる。また再生時においては、光ビームが記録材料の特定の位置に集中することを防止して、記録材料の劣化が生じることを防止できる。

【 0 0 8 2 】

上述した実施形態の説明に用いた数値は、本願の願書に記載した発明者らが実験で用いている典型値である。例えば、図 4 および図 5 に示すグラフは異なる記録材料を有するホログラム記録媒体を用いれば異なるものであり、空間変調器における信号光領域と参照光領域の該当半径も説明に用いた値に限られるわけではない。

【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 8 3 】

【図 1】ホログラム記録再生装置の光学部を中心とする模式図である。

【図 2】参照光領域および信号光領域の各々表示されるパターンを示す図である。

【図 3】図 2 に示される参照光領域および信号光領域の範囲を具体的な寸法によって示す図である。

【図 4】ホログラム記録媒体の温度と、レーザ光源から出射される最適なレーザ波長との関係を示すグラフである。

【図 5】ホログラム記録媒体の温度と、光ビームの最適な入射角度範囲および最適な半径範囲との関係を示すグラフである。

【図 6】記録時における、参照光領域と信号光領域、対物レンズ、ホログラム記録媒体との相互の関係を光ビームの進行方向の沿った断面図として模式的に示す図である。

【図 7】再生時における、参照光領域と信号光領域、対物レンズ、ホログラム記録媒体との相互の関係を光ビームの進行方向の沿った断面図として模式的に示す図である。

【図 8】再生時における、参照光領域と信号光領域、対物レンズ、ホログラム記録媒体との相互の関係を光ビームの進行方向の沿った断面図として模式的に示す図である。

【図 9】空間変調器の反射面に形成される参照光領域および再生光領域を各々示す図である。

【図 10】空間変調器の反射面に形成される参照光領域および再生光領域を各々示す図である。

【図 11】空間変調器の反射面に形成される参照光領域および再生光領域を各々示す図である。

【図 12】別のホログラム記録再生装置の光学部を中心とする模式図である。

【図 13】位相マスクの一例として、放射状の位相マスク平面図を示す図である。

【図 14】種々の形態の位相マスクの断面を示す図である。

【図 15】位相マスクの凹凸の繰り返し数を種々に変化させる例を示す図である。

【図 16】位相マスクの周期を種々に変化させた場合における、ホログラム記録媒体における光ビームのピーク強度と、位相マスクの分割数との関係を示すグラフである。

【図 17】ホログラム記録媒体の熱膨張と熱収縮とを模式的に示す図である。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 8 4 】

1、2 ホログラム記録再生装置、 10 レーザ光源、 11 アイソレーター、  
 12 シャッター、 13、14、21、24、29、31、42 フーリエ変換レンズ、  
 16 可動ミラーユニット、 16a 可動ミラー、 19 空間変調器、 19a  
 、19a1 参照光領域、 19a2 再生光領域、 19b 信号光記録領域、 20  
 、27 偏光ビームスプリッタ、 26 1/4 波長板、 28 対物レンズ、 30  
 ミラー、 32 イメージセンサ、 33 スピンドルモータ、 34 トラッキング  
 可動部、 36 対物レンズユニット、 40 位相マスク、 48 ホログラム記録媒  
 体、 48a、48c 基板、 48b 記録材料、 55 フォーカスアクチュエータ  
 、 56 モータ、 57a、57b 歯車、 58 スピンドルモータ基台、 60  
 可動部アクチュエータ、 70 温度検出部、 100 制御部、 A1、A2、A3  
 入射角度、 d1、d2、d3 間隔

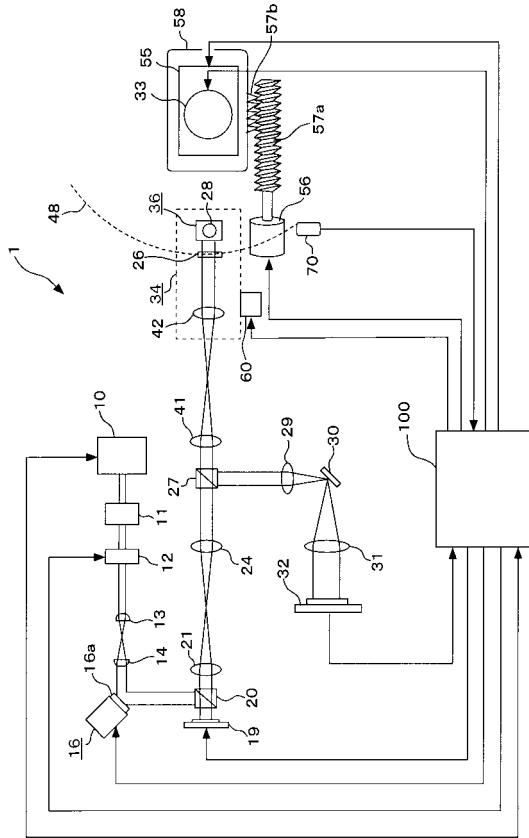
10

20

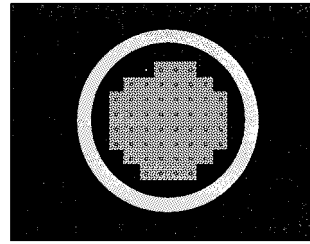
30

40

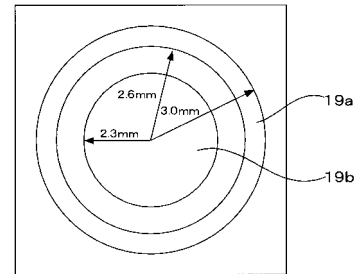
【図 1】



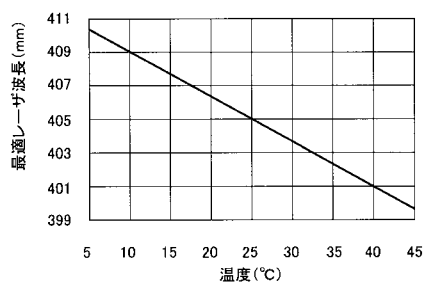
【図 2】



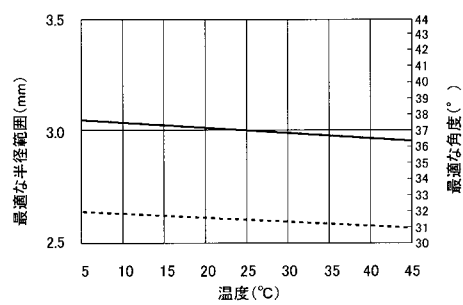
【図 3】



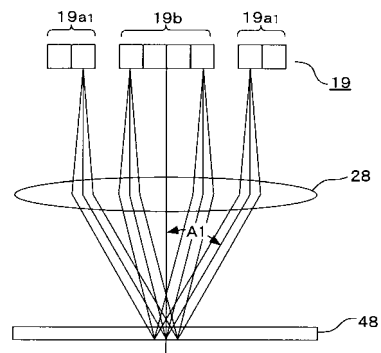
【図 4】



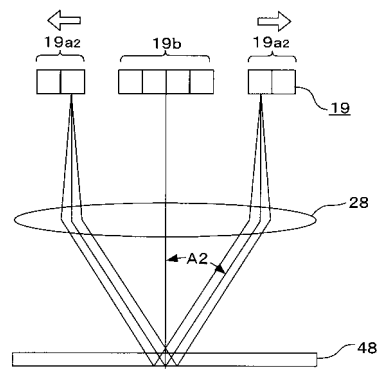
【図 5】



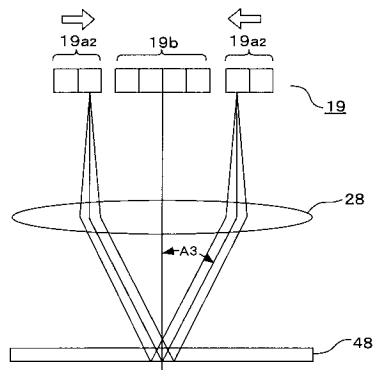
【図 6】



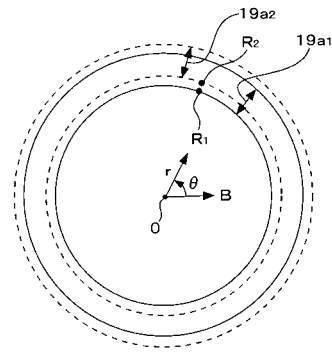
【図 7】



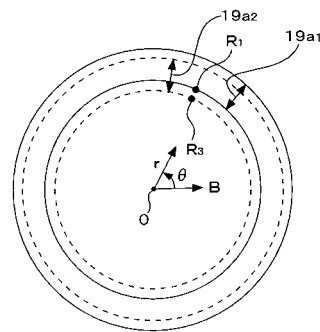
【図 8】



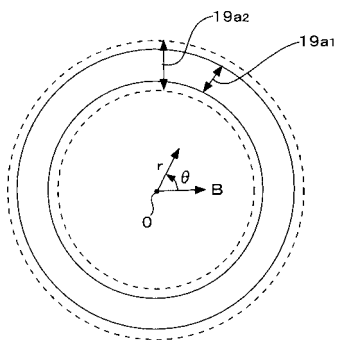
【図 9】



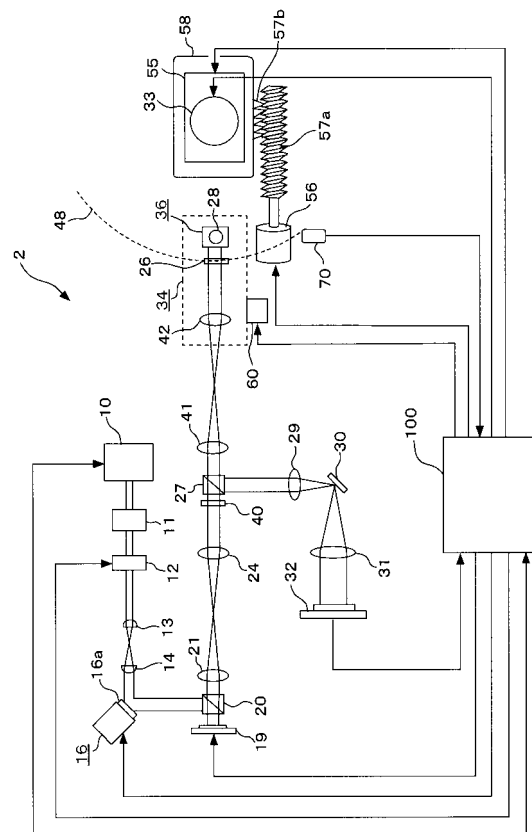
【図 10】



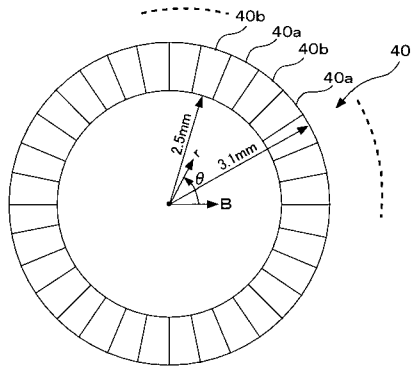
【図 11】



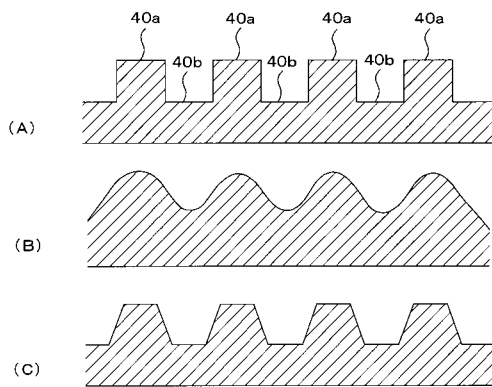
【図 12】



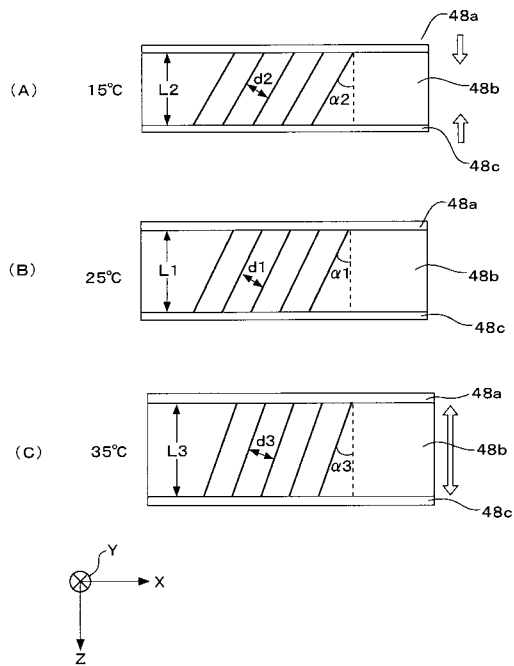
【図 13】



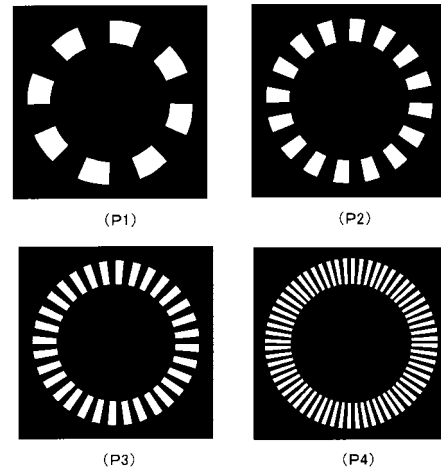
【図 14】



【図 17】



【図 15】



【図 16】

