



LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 

(57) 要約：本開示の一実施の形態に係るビーム整形装置によれば、広範囲かつ高精度な照射パターンの変調を行うことが可能となる。本開示のビーム整形装置は、対象物(50)に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器(10)と、空間光変調器によって変調された光を対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置(21)とを備える。

## 明 細 書

発明の名称： ビーム整形装置、および加工装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、位相変調型の空間光変調器（SLM）を用いるビーム整形装置、および加工装置に関する。

### 背景技術

[0002] 例えばレーザー加工の分野において、位相変調型の空間光変調器を用いる方法が提案されている（例えば特許文献1，2参照）。この方法では、空間光変調器に、加工対象の対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する。また、空間光変調器に表示する位相パターンとしてレンズ機能を与える位相分布を重畳することで、照射パターンを照射する深さ方向（垂直方向）の位置の調整機能を持たせることも提案されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-119427号公報  
特許文献2：特開2016-75810号公報

### 発明の概要

[0004] 空間光変調器にレンズ機能を持たせた場合、位相パターンの空間周波数が上昇し、回折効率が低下する。

[0005] 広範囲かつ高精度な照射パターンの変調を行うことが可能なビーム整形装置、および加工装置を提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態に係るビーム整形装置は、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、空間光変調器によって変調された光を対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置とを備える。

[0007] 本開示の一実施の形態に係る加工装置は、加工対象の対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、

空間光変調器によって変調された光を対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置とを備える。

[0008] 本開示の一実施の形態に係るビーム整形装置、または加工装置では、空間光変調器によって、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示すると共に、焦点距離が可変の光学装置によって、空間光変調器によって変調された光を対象物に向けて集光する。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、液晶の誘電異方性の概要を示す説明図である。

[図2]図2は、液晶の屈折率異方性の概要を示す説明図である。

[図3]図3は、位相変調型の空間光変調器の概要を示す構成図である。

[図4]図4は、比較例に係るビーム整形装置の第1の構成例を概略的に示す構成図である。

[図5]図5は、比較例に係るビーム整形装置の第2の構成例を概略的に示す構成図である。

[図6]図6は、本開示の一実施の形態に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図7]図7は、一実施の形態に係るビーム整形装置における可変焦点レンズによる作用を概略的に示す説明図である。

[図8]図8は、一実施の形態に係るビーム整形装置を用いた加工方法の一例を概略的に示す説明図である。

[図9]図9は、一実施の形態に係るビーム整形装置を用いた加工方法の一例を概略的に示す説明図である。

[図10]図10は、変形例1に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図11]図11は、変形例2に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図12]図12は、変形例3に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図13]図13は、変形例4に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図14]図14は、変形例5に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図15]図15は、変形例6に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図16]図16は、変形例7に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図17]図17は、変形例8に係るビーム整形装置の第1の構成例を概略的に示す構成図である。

[図18]図18は、変形例8に係るビーム整形装置の第2の構成例を概略的に示す構成図である。

[図19]図19は、変形例9に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図20]図20は、変形例10に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図21]図21は、変形例11に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図22]図22は、変形例12に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図23]図23は、変形例13に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す構成図である。

[図24]図24は、一実施の形態に係るビーム整形装置の加工装置への応用例を概略的に示す構成図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

0. 比較例（図1～図5）

1. 一実施の形態
  1. 1 基本構成および作用（図6～図9）
  1. 2 変形例および応用例（図10～図24）
  1. 3 効果
2. その他の実施の形態

[0011] <0. 比較例>

（位相変調型の空間光変調器（SLM）の概要）

図1に、液晶の誘電異方性の概要を示す。図2に、液晶の屈折率異方性の概要を示す。図3に、位相変調型の空間光変調器の概要を示す。

[0012] 液晶は誘電異方性を有している。図1に示したように、液晶分子100に電界Eを印加した際に長軸が電界方向に平行になるものを正の誘電異方性、短軸が平行になるものを負の誘電異方性と呼ぶ。また、液晶は液晶分子100の方向によって屈折率が異なる屈折率異方性を有している。図2に示したように、液晶分子100の長軸に平行な方向の屈折率を $n_e$ 、液晶分子100の短軸に平行な方向の屈折率を $n_o$ としたとき、 $n_e > n_o$ であり、屈折率 $n_e$ と屈折率 $n_o$ との差は、屈折率異方性 $\Delta n (= n_e - n_o)$ と呼ばれる。この屈折率異方性があると、入射方向に応じて光に位相差が生じる。

[0013] 位相変調型の空間光変調器は、上記した液晶の性質を利用して、光の位相のみを変調するデバイスである。図3には、反射型の空間光変調器の一構成例を示す。

[0014] 空間光変調器は、互いに対向配置された共通電極111と画素電極121との間に、液晶分子100を含む液晶層を挟んだ構造となっている。共通電極111は透明電極であり、液晶層側の面には、配向膜が形成されている。画素電極121における液晶層側の面には、反射膜と配向膜とが形成されている。

[0015] 液晶分子100にはプレチルト角が付与されており、共通電極111と画素電極121との間に電圧を印加していない（電圧OFF）状態では、プレ

チルト角の状態では液晶分子100は立った状態となる。共通電極111と画素電極121との間に電圧を印加（電圧ON）することで、液晶分子100が倒れていく。このため、電圧OFFされた状態の画素電極121からの反射光L21と、電圧ONされた状態の画素電極121からの反射光L22とでは、光が通過する際の液晶分子100の状態が異なるため、互いに位相差が生じる。これにより、空間光変調器では、液晶層に印加する電圧を制御することによって、入射光L1の位相をアナログ的に制御することが可能である。

[0016] （位相変調型の空間光変調器を利用したビーム整形装置の概要と課題）

図4に、比較例に係るビーム整形装置の第1の構成例を概略的に示す。図5に、比較例に係るビーム整形装置の第2の構成例を概略的に示す。

[0017] 近年、ビーム整形や加工機分野において位相変調型の空間光変調器を適用することで、性能向上を図ることが期待されている。空間光変調器の利用方法の第1の方法として、図4に示したように、光源30からの入射光L10の位相を空間光変調器10によって変調することによって得られる光分布をそのまま、照射パターンとして被照射面50（加工等の対象物）に照射する方法がある。空間光変調器10は、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示パターンとして表示する。第1の方法では、空間光変調器10のみによって被照射面50に集光スポット点P1を形成する。この際、空間光変調器10に表示した位相パターンを変化させることのみにより、照射領域中心からの距離 $x$ を変化させて照射範囲を変化させる。このため、空間光変調器10に表示する位相パターンが複雑となり、回折効率が低い。

[0018] また、第2の方法として、光源30からの入射光L10の位相を空間光変調器10によって変調した後、焦点距離が固定のフーリエ変換レンズ20を介して被照射面50に集光スポット点P1を形成する方法がある。第2の方法では、集光スポット点P1の面内位置（照射領域中心からの距離 $x$ ）や2次元分布を空間光変調器10によって制御する。上記第1の方法では、空間

光変調器 10 に表示させる位相パターンが複雑となり、回折効率が低い。これに対し、第 2 の方法では、フーリエ変換レンズ 20 の集光力によって光を集めるため、効率よく微細なスポットに光を集められるという利点を有しているが、一方で、焦点面から集光点がずれると位相パターンが複雑化し、回折効率が低下する。

[0019] 実際には、シリコンウエハのダイシングにおいて空間光変調器 10 が活用されている。この用途では、ウエハ内部にレーザ光を集光することで改質層を形成し、ウエハを切断するというものである。空間光変調器 10 は基材で発生する収差を補正する役割を担う。この例のように、現状の空間光変調器 10 を用いた加工は単純な集光点を形成することに限られているため、上記第 2 の方法では、フーリエ変換レンズ 20 の焦点は所望のスポットサイズが得られるような焦点距離  $f$  であればよい。一方で、空間光変調器 10 は任意の光 2 次元分布を形成できることから、より複雑な形状の加工や溶接を実現することが期待できる。複雑な形状とは、深さ方向に加工点が分布していたり、様々なサイズが入り混じった加工を指す。より複雑な加工に空間光変調器 10 を適用しようとする、フーリエ変換レンズ 20 の焦点が固定であることが加工自由度を低下させる要因となる。

[0020] 固定焦点のフーリエ変換レンズ 20 を用いた場合、最小スポットサイズと照射範囲とが固定となるため、多様化する照射形状ニーズに応えることは困難である。また、集光スポット点 P 1 の深さ方向の位置は焦点距離  $f$  に固定される (図 5)。空間光変調器 10 にフレネルレンズパターン等のレンズ形状の位相パターンを重畳することで焦点距離  $f$  の前後に集光スポット点 P 1 を移動させることも可能であるが、焦点面から遠ざかるほど空間光変調器 10 に表示するフレネルレンズパターンは細くなるため、回折効率は低下する。

[0021] 上記第 1 の方法および上記第 2 の方法のような空間光変調器 10 によるビーム整形では、加工などの用途において、すべての照射形状ニーズに応えることは困難である。また、空間光変調器 10 に表示する位相パターンのみに

よって深さ方向に焦点を大きく移動させると回折効率が低下し、集光スポット点P1の光強度が低下する。

[0022] 特許文献1（特開2006-119427号公報）には、レーザ光源から出射された光を位相変調型の空間光変調器によって位相変調を行う際に、入力データに位置移動のための位相分布を重畳するレーザ加工方法が提案されている。また、特許文献2（特開2016-75810号公報）には、空間光変調器上にベッセル光を形成する位相分布に、集光点を移動させるための位相分布を重畳することにより、ベッセル光の照射位置の移動を実現することが提案されている。

[0023] しかしながら、特許文献1，2で提案されている光学系において、空間光変調器に焦点移動を行う位相パターンを表示すると、位相パターンの空間周波数が上昇し、回折効率が低下する。これに対し、本開示の技術では、後述するように、焦点距離 $f$ が可変の光学装置によって焦点を深さ方向に移動させることが可能であるため、回折効率の低下を抑制することが可能である。

[0024] <1. 一実施の形態>

[1.1 基本構成および作用]

(概要)

図6に、本開示の一実施の形態に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0025] 一実施の形態に係るビーム整形装置は、位相変調型の空間光変調器10と、焦点距離 $f$ が可変の光学装置としての可変焦点レンズ21とを備えている。

[0026] 空間光変調器10は、入射光L10の位相を変調することにより、表示パターンとして、被照射面50（被加工面、加工等の対象物）に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する。空間光変調器10は、照射パターンとして、例えば集光スポット点P1を1個以上形成するホログラムを被照射面50に形成する。空間光変調器10には、入射光L10として、ある程度のコヒーレンシーを有する光源30からの光が入射する。光源30とし

ては、レーザ光源はもちろん、ある程度の空間コヒーレンシーを有するLED (Light Emitting Diode) 等であってもよい。空間光変調器10は、光源30からの光の位相を変調し、光の干渉によって任意の形状を形成したり、光の進む方向を変調可能である。空間光変調器10は、2次元の画素アレイを有する。空間光変調器10は、反射型でも透過型であってもよい。

[0027] 可変焦点レンズ21は、空間光変調器10によって変調された光を対象物に向けて集光し、被照射面50に集光スポット点P1を形成する。可変焦点レンズ21は、後述する変形例(図20~図23)に示すように、液晶レンズ22、レボルバー式可変焦点レンズ24、および液体レンズ25などであってもよい。また、照射パターンを形成する空間光変調器10とは別途配置された位相変調型の空間光変調器23であってもよい。

[0028] 空間光変調器10に表示する位相パターンの空間周波数が上昇すると、回折効率が低下する。一実施の形態に係るビーム整形装置では、空間光変調器10と可変焦点レンズ21とを組み合わせることで、空間光変調器10に表示する位相パターンの空間周波数を低減し、回折効率の低下を抑制する。

[0029] 一実施の形態に係るビーム整形装置では、深さ方向の焦点移動を可変焦点レンズ21に任せることで、空間光変調器10に表示する位相パターンの空間周波数を低減可能となる。可変焦点レンズ21によって焦点が変調可能であることから、集光スポット点P1を形成できる範囲と解像度との組み合わせを制御可能となる。

[0030] 一実施の形態に係るビーム整形装置では、比較例に係るビーム整形装置(図5)の構成に対し、焦点距離が固定のフーリエ変換レンズ20を可変焦点レンズ21にしたことにより、焦点面をシフトさせる機能を可変焦点レンズ21によって実現することが可能となる。これにより、空間光変調器10に表示する位相パターンの空間周波数を抑制することが可能である。このため、高い回折効率を実現したまま焦点面を変えることができる。

[0031] (分解能と照射可能範囲)

図7に、一実施の形態に係るビーム整形装置における可変焦点レンズ21

による作用を概略的に示す。

[0032] ビーム整形装置において、可変焦点レンズ 21 によって焦点距離  $f$  を変調可能である場合、レーザ整形の分解能と光の照射可能範囲とを変えることが可能となる。例えば、入射光 L10 がガウシアンビームの場合、最小集光スポット径  $\omega_{min}$  は可変焦点レンズ 21 に照射するビームの径  $D$  と焦点距離  $f$  とで求めることができ、

$$\omega_{min} = 4 \lambda f / \pi D$$

となる。ただし、 $\lambda$  は入射光 L10 の波長である。焦点距離  $f$  が小さいほど NA が大きくなるため、スポット径を小さくすることができる。

[0033] また、集光スポット点 P1 を形成できる範囲については以下の式で示される。

$$x_{max} = f \cdot \tan \theta_{max}$$

ただし、 $\theta_{max}$  は空間光変調器 10 の最大回折角である。この式から、焦点距離  $f$  が長いほど照射可能な範囲が大きくなることが分かる。

[0034] 集光スポット径と光の照射可能範囲はトレードオフの関係にあり、この関係自体を解決することは難しいが、可変焦点レンズ 21 を用いることで、所望の集光スポット径か、所望の照射範囲のどちらかを状況に応じて実現することが可能となる。この機能は、例えば様々なサイズの加工パターンが混ざった加工において、加工パターンの大きさに応じて焦点距離  $f$  を変えながら加工を行うことで対応することを可能とする。

[0035] (空間光変調器 10 と可変焦点レンズ 21 との制御方法)

空間光変調器 10 と可変焦点レンズ 21 とを組み合わせた場合、制御の順番を工夫することで、例えば加工用途の場合はスルーputを最大にすることが可能となる。

[0036] 加工用途の観点での可変焦点レンズ 21 の機能としては、加工パターンを形成する深さ方向の位置を変調する機能と、加工パターンのサイズおよび分解能を変調する機能とがある。加工対象物が立体であったり、加工形状の大きさが様々である場合、加工の最中に可変焦点レンズ 21 の焦点距離  $f$  を変

化させながら加工を進めることになる。一般的に、可変焦点レンズ 21 の駆動速度は空間光変調器 10 の駆動速度よりも遅い。このため、可変焦点レンズ 21 の焦点距離  $f$  を切り替える回数を低減することで、加工スループットを最大化することが可能である。

[0037] 図 8 および図 9 に、一実施の形態に係るビーム整形装置を用いた加工方法の一例を概略的に示す。

[0038] 図 8 に示したように、加工点 P 2 が深さ方向に分布する場合、同じ深さの加工点 P 2 を順々に処理していくことでスループットを最大化することができる。すなわち、ある深さの加工点 P 2 をすべて処理した後に、焦点距離  $f$  を順々に切り替え、別の深さの加工点 P 2 を順々に処理していくことで、可変焦点レンズ 21 の焦点距離  $f$  を切り替える回数を低減し、スループットを最大化することができる。

[0039] また、図 9 に示したように、加工対象物として同一面内において加工サイズが異なる様々なものがある場合、サイズが同等であるものに分けて加工を行うことで、スループットを最大化することができる。例えば、図 9 において、サイズが同等の加工対象物として、対象物 S 1、対象物 S 2、対象物 S 3、対象物 S 4 があり、サイズが  $S 1 > S 2 > S 3 > S 4$  の関係にある場合、各サイズの加工対象物ごとに焦点を決めて、まとめて加工することで、可変焦点レンズ 21 の焦点距離  $f$  を切り替える回数を低減し、スループットを最大化することができる。

[0040] [1. 2 変形例および応用例]

(変形例 1)

図 10 に、変形例 1 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0041] 変形例 1 に係るビーム整形装置では、空間光変調器 10 が表示する位相パターンとして、照射パターンに対応するパターン（スポット位置制御パターン）に、可変焦点レンズ 21 による焦点位置を垂直方向（深さ方向）に移動させる焦点移動用パターンを重畳したパターンを表示する。

[0042] 位相パターンとして、空間光変調器 10 が回折効率が低下しない程度の焦

点移動用パターンを重畳することにより、可変焦点レンズ 21 の焦点を深さ方向にシフトさせることが可能となる。さらに、被照射面 50 における 0 次回折光がデフォーカスされるため、0 次回折光の集光点で対象物が加工されることを防ぐことが可能となる。また、例えば、可変焦点レンズ 21 を、後述するレボルバー式可変焦点レンズ 24 (図 22) にした場合、可変可能な焦点距離  $f$  は間欠的になる。この場合、レボルバーの中に含まれていない焦点距離  $f$  の位置に光を集光したい場合には、位相パターンとして空間光変調器 10 にレボルバー式可変焦点レンズ 24 に含まれない焦点距離  $f$  に対応するレンズのパターンを重畳することで、レボルバー式可変焦点レンズ 24 に含まれない焦点距離  $f$  を補完することが可能となる。

[0043] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成 (図 6) と略同様であってもよい。

[0044] (変形例 2)

図 11 に、変形例 2 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0045] 変形例 2 に係るビーム整形装置では、空間光変調器 10 が表示する位相パターンとして、照射パターンに対応するパターン (スポット位置制御パターン) に、可変焦点レンズ 21 によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する。

[0046] 一般的に可変焦点レンズ 21 は収差を有する。その収差が既知である場合、位相パターンとして収差を補正する補正用パターンを重畳することにより、可変焦点レンズ 21 で生じる収差を空間光変調器 10 に表示する補正用パターンによって相殺することができ、集光スポット径を最小化することが可能である。これにより、集光スポット点 P1 の解像度の向上を図ることができる。

[0047] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成 (図 6) と略同様であってもよい。

[0048] (変形例 3)

図 12 に、変形例 3 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0049] 変形例 3 に係るビーム整形装置では、空間光変調器 10 が表示する位相パターンとして、照射パターンに対応するパターン（スポット位置制御パターン）に、被照射面 50（加工等の対象物）の基材 40 によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する。

[0050] 屈折率  $n$  を有する厚みのある基材 40 の内部の被照射面 50 に加工を施す場合、基材 40 の中を収束光が伝搬するため、収差が生じる。この収差を補正するため、照射パターンに対応するパターンに、基材 40 の屈折率  $n$  と基材 40 の厚みとに応じた補正用パターンを重畳することにより、基材 40 の内部でも集光スポット径を最小化することが可能となる。これにより、集光スポット点 P1 の解像度の向上を図ることができる。上

[0051] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0052] （変形例 4）

図 13 に、変形例 4 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0053] 変形例 4 に係るビーム整形装置では、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え制御と可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御とを行うコントローラ 60 をさらに備える。コントローラ 60 は、可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御よりも、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え制御を優先させる制御を行う。

[0054] 一般的に、可変焦点レンズ 21 の駆動速度よりも空間光変調器 10 の駆動速度の方が速いため、「空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え時間 < 焦点移動時間（焦点距離  $f$  の切り替え時間）」となる。このため、空間光変調器 10 の駆動を優先し、ある焦点距離  $f$  における空間光変調器 10 の位相パターンをすべて変化させたのち、焦点距離  $f$  を変更した方が、可変焦点レンズ 21 の駆動回数を低減し、全体としてのスループットを最大化することが可能である。これは、例えば、図 13 に示したように、基材 40 の水平面内と深さ方向とに加工点 P2 が複数存在し、加工点 P2 が階層的となっている場合に効果的である。例えば、各階層面内の加工点 P2 を加工す

るために、焦点距離を  $f_1, f_2, \dots, f_m$  に切り替え、各階層面において空間光変調器 10 に複数の位相パターン 1, 2,  $\dots, n$  を表示する必要がある場合、以下のような順番で切り替え制御を行う。

位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$

→ 焦点距離  $f_1$  に切り替え

→ 位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$

→ 焦点距離  $f_2$  に切り替え

...

→ 位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$

→ 焦点距離  $f_m$  に切り替え

[0055] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0056] （変形例 5）

図 14 に、変形例 5 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0057] 変形例 5 に係るビーム整形装置の構成は、変形例 4 に係るビーム整形装置と同様に、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え制御と可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御とを行うコントローラ 60 をさらに備える。コントローラ 60 は、可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御よりも、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え制御を優先させる制御を行う。

[0058] 変形例 4（図 13）では、深さの異なる位置に存在する加工点 P2 を加工するために、可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御を行う例を挙げたが、加工サイズが異なる加工対象物が同一面内に複数存在する場合においても、焦点距離  $f$  の切り替え制御を行う場合が生じ得る。そのような場合、ある大きさの加工パターンをすべて処理したのち、焦点距離  $f$  を変更した方が、可変焦点レンズ 21 の焦点距離  $f$  を切り替える回数を低減し、スループットを最大化することができる。図 14 の例では、同一の被照射面 50 に、 $50 \mu\text{m}$  の加工パターンと  $1 \text{mm}$  の加工パターンとが存在し、50

$\mu\text{m}$ の加工パターンと $1\text{mm}$ の加工パターンとで焦点距離 $f$ を切り替える場合の例を示す。例えば、同一の被照射面50において、複数の大きさの加工パターンを処理するために、焦点距離を $f_1, f_2, \dots, f_m$ に切り替える必要がある場合、以下のような順番で切り替え制御を行う。

例えば、

$10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の加工パターンを処理

→焦点距離 $f_1$ に切り替え

→ $100\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$ の加工パターンを処理

→焦点距離 $f_2$ に切り替え

...

→焦点可変 $m$

[0059] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成(図6)と略同様であってもよい。

[0060] (変形例6)

図15に、変形例6に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0061] 変形例6に係るビーム整形装置は、対象物を水平方向(XY方向)に移動させることが可能な水平移動装置としてのXYステージ70をさらに備える。また、変形例6に係るビーム整形装置は、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御と、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御と、XYステージ70の移動制御とを行うコントローラ60をさらに備える。

[0062] 空間光変調器10によって集光スポット点P1を移動できる範囲は空間光変調器10の最大回折角に制限される。空間光変調器10とXYステージ70とを組み合わせることで、加工対象物を動かしながら大面積への加工が可能となり、加工面積を向上させることができる。

[0063] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成(図6)と略同様であってもよい。

[0064] (変形例7)

図16に、変形例7に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0065] 変形例7に係るビーム整形装置は、変形例6に係るビーム整形装置と同様に、対象物を水平方向（XY方向）に移動させることが可能な水平移動装置としてのXYステージ70をさらに備える。また、変形例7に係るビーム整形装置は、変形例6に係るビーム整形装置と同様に、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御と、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御と、XYステージ70の移動制御とを行うコントローラ60をさらに備える。

[0066] 変形例7に係るビーム整形装置では、コントローラ60は、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御、XYステージ70の移動制御の順に制御を優先させる。一般的に、空間光変調器10と可変焦点レンズ21とXYステージ70とでは、この順に駆動速度が速いため、「空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え時間<焦点移動時間（焦点距離 $f$ の切り替え時間）<XYステージ70の駆動時間」となる。このため、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御、XYステージ70の移動制御の順に駆動を優先させることで、加工面積を向上させつつ、全体としてのスループットを最大化することが可能である。例えば、図16に示したように、基材40の水平面内と深さ方向とに加工点P2が複数存在し、加工点P2が階層的となっている場合において、各階層面内の加工点P2を加工するために、焦点距離を $f_1$ ,  $f_2$ ,  $\dots$ ,  $f_m$ に切り替え、各階層面において空間光変調器10に複数の位相パターン1, 2,  $\dots$ ,  $n$ を表示する必要がある、さらにXYステージ70によって基材40を移動させる必要がある場合、以下のような順番で切り替え制御を行う。

例えば、

位相パターン1 → 位相パターン2 →  $\dots$  位相パターン $n$

→ 焦点距離 $f_1$ に切り替え

→位相パターン 1 →位相パターン 2 →…位相パターン n

→焦点距離  $f_2$  に切り替え

…

→位相パターン 1 →位相パターン 2 →…位相パターン n

→焦点距離  $f_m$  に切り替え

→XY ステージ 70 による移動

→位相パターン 1 →位相パターン 2 →…位相パターン n

→焦点距離  $f_1$  に切り替え

→…

[0067] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0068] （変形例 8）

図 17 に、変形例 8 に係るビーム整形装置の第 1 の構成例を概略的に示す。図 18 に、変形例 8 に係るビーム整形装置の第 2 の構成例を概略的に示す。

[0069] 変形例 8 に係るビーム整形装置は、対象物、または空間光変調器 10 および可変焦点レンズ 21 を垂直方向（Z 軸方向）に移動させることが可能な垂直移動装置をさらに備える。

[0070] 図 17 に示した第 1 の構成例では、対象物を水平方向（XY 方向）に移動させることが可能な水平移動装置としての XY ステージ 70 と、Z 軸駆動装置 71 とを備えた例を示す。Z 軸駆動装置 71 は、空間光変調器 10 および可変焦点レンズ 21 を垂直方向（Z 軸方向）に移動させることが可能な垂直移動装置である。また、図 17 に示した第 1 の構成例では、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの切り替え制御と、可変焦点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御と、Z 軸駆動装置 71 および XY ステージ 70 の移動制御とを行うコントローラ 60 をさらに備える。

[0071] 図 18 に示した第 2 の構成例では、対象物を水平方向（XY 方向）と垂直方向（Z 軸方向）とに移動させることが可能な水平移動装置、かつ垂直移動

装置としてのXYZステージ72を備えた例を示す。また、図18に示した第2の構成例では、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御と、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御と、XYZステージ72の移動制御とを行うコントローラ60をさらに備える。

[0072] 可変焦点レンズ21によって焦点距離 $f$ を変化させた場合、光の照射可能範囲や分解能も同時に変化するが、加工ボクセルサイズが深さ方向に変化すると困る用途もある。また、可変焦点レンズ21の焦点距離 $f$ から大幅に離れた位置にスポットを移動すると、回折効率が低下する。この課題に対して、Z軸方向に光学系を移動する装置やZ軸ステージを用いることで、空間光変調器10および可変焦点レンズ21と加工対象物との距離を変化させることができ、可変焦点レンズ21の焦点距離 $f$ を大きく変えることなく、高い回折効率を維持したまま、加工対象物を加工することが可能となる。また、光の照射可能範囲と解像度の自由度を向上させることができる。

[0073] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成(図6)と略同様であってもよい。

[0074] (変形例9)

図19に、変形例9に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0075] 図17および図18に示した変形例8に係るビーム整形装置において、コントローラ60は、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御、可変焦点レンズ21における焦点距離 $f$ の切り替え制御、垂直移動装置の移動制御の順に制御を優先させるようにしてもよい。

[0076] 図19には、図18に示した変形例8に係るビーム整形装置の第2の構成例に対応する構成例を示す。以下では、垂直移動装置がXYZステージ72である場合の制御を例に説明する。一般的に、空間光変調器10と可変焦点レンズ21とXYZステージ72とでは、この順に駆動速度が速いため、「空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え時間<焦点移動時間(焦点距離 $f$ の切り替え時間)<XYZステージ72の駆動時間」となる。このため、空間光変調器10に表示する位相パターンの切り替え制御、可変焦

点レンズ 21 における焦点距離  $f$  の切り替え制御、XYZ ステージ 72 の移動制御の順に駆動を優先させることで、加工面積を向上させつつ、全体としてのスループットを最大化することが可能である。例えば、図 19 に示したように、基材 40 の水平面内と深さ方向とに加工点 P2 が複数存在し、加工点 P2 が階層的となっている場合において、各階層面内の加工点 P2 を加工するために、焦点距離を  $f_1, f_2, \dots, f_m$  に切り替え、各階層面において空間光変調器 10 に複数の位相パターン 1, 2,  $\dots, n$  を表示する必要があり、さらに XYZ ステージ 72 によって基材 40 を移動させる必要がある場合、以下のような順番で切り替え制御を行う。

例えば、

位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$   
→ 焦点距離  $f_1$  に切り替え  
→ 位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$   
→ 焦点距離  $f_2$  に切り替え  
 $\dots$   
→ 位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$   
→ 焦点距離  $f_m$  に切り替え  
→ XYZ ステージ 72 による移動  
→ 位相パターン 1 → 位相パターン 2 →  $\dots$  位相パターン  $n$   
→ 焦点距離  $f_1$  に切り替え  
→  $\dots$

[0077] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0078] （変形例 10）

図 20 に、変形例 10 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0079] 変形例 10 に係るビーム整形装置は、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として、焦点距離  $f$  が可変の液晶レンズ 22 を備えている。

[0080] 焦点距離  $f$  が可変の光学装置として液晶レンズ 22 を用いることで、焦点

距離  $f$  が可変の光学装置の薄型化、光学系の軽量化、および小型化を図ることができる。また、連続的な焦点距離  $f$  の調整が可能となる。

[0081] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0082] （変形例 1 1）

図 2 1 に、変形例 1 1 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0083] 変形例 1 1 に係るビーム整形装置は、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として、焦点距離  $f$  が可変の空間光変調器 2 3 を備えている。

[0084] 空間光変調器 1 0 は、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示パターンとして表示する。一方、空間光変調器 2 3 は、位相パターンとして、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として機能させるためのレンズパターンを表示する。焦点距離  $f$  が可変の光学装置として空間光変調器 2 3 を用いることで、焦点距離  $f$  が可変の光学装置の薄型化、光学系の軽量化、および小型化を図ることができる。また、連続的な焦点距離  $f$  の調整が可能となる。

[0085] なお、液晶レンズ 2 2（図 2 0）と空間光変調器 2 3 は、液晶を電圧駆動する構成であることは同じであるが、液晶レンズ 2 2 ではレンズ機能のみを実現するために電極形状が例えば円形になっている。空間光変調器 2 3 の場合は、例えば矩形の画素アレイで構成される。なお、液晶レンズ 2 2 の構成としては、フレネルレンズを組み合わせた方式や、コレステリック液晶を用いる方式などが存在するが、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として用いる液晶レンズ 2 2 の種類はこれらに限らない。

[0086] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0087] （変形例 1 2）

図 2 2 に、変形例 1 2 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0088] 変形例 1 2 に係るビーム整形装置は、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として、焦点距離  $f$  が異なる複数のレンズを有するレボルバー式焦点距離可変レン

ズ 24 を備えている。

[0089] 焦点距離  $f$  が可変の光学装置としてレボルバー式焦点距離可変レンズ 24 を用いることで、設計ノウハウが蓄積された屈折レンズを採用することが可能となり、収差を抑えることが容易となる。なお、レボルバー式焦点距離可変レンズ 24 では、焦点調節が離散的となるが、レボルバーの中に含まれていない焦点距離  $f$  の位置に光を集光したい場合には、位相パターンとして空間光変調器 10 にレボルバー式可変焦点レンズ 24 に含まれない焦点距離  $f$  に対応するレンズのパターンを重畳することで、レボルバー式可変焦点レンズ 24 に含まれない焦点距離  $f$  を補完することが可能となる。この場合、空間光変調器 10 に表示する位相パターンの空間周波数が高くなり、回折効率が低下することが予想されるが、空間光変調器 10 のみによって光変調を行う場合（図 4）や固定焦点のフーリエ変換レンズ 20 を用いる場合（図 5）と比較して、位相パターンの空間周波数を低減することが可能であるため、回折効率が向上する。

[0090] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0091] （変形例 13）

図 23 に、変形例 13 に係るビーム整形装置の一構成例を概略的に示す。

[0092] 変形例 10 に係るビーム整形装置は、焦点距離  $f$  が可変の光学装置として、焦点距離  $f$  が可変の液体レンズ 25 を備えている。

[0093] 焦点距離  $f$  が可変の光学装置として液体レンズ 25 を用いることで、連続的な焦点距離  $f$  の調整が可能となる。

[0094] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図 6）と略同様であってもよい。

[0095] （応用例）

図 24 に、一実施の形態に係るビーム整形装置の加工装置への応用例を示す。図 24 には、ビーム整形装置として、図 17 に示した変形例 8 に係るビーム整形装置を用いた場合の構成例を示す。

[0096] 一実施の形態に係るビーム整形装置は、例えばレーザはんだ装置等の加工装置に適用可能である。図24には、電子回路基板80上に様々な大きさや形状のパーツ81をはんだ付け加工する場合の例を示す。例えば、一実施の形態に係るビーム整形装置によって、空間光変調器10と可変焦点レンズ21とを組み合わせたレーザはんだ装置を構成する。はんだ付けではパーツ81の大きさが数十 $\mu\text{m}$ から数ミリまで大幅に変化し、はんだ付けするパーツ81の種類によって、要求される解像度や光の照射範囲は異なる。単一焦点（固定焦点）のレンズを用いた場合（図5）、様々な大きさや形状のパーツ81に対応することは困難である。可変焦点レンズ21を用いることで、様々な大きさや形状のパーツ81に対応することが可能となる。

[0097] その他の構成および作用は、上記一実施の形態に係るビーム整形装置の構成（図6）と略同様であってもよい。

[0098] [1.3 効果]

以上説明したように、一実施の形態に係るビーム整形装置によれば、空間光変調器10によって、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示すると共に、焦点距離 $f$ が可変の光学装置によって、空間光変調器10によって変調された光を対象物に向けて集光する。これにより、広範囲かつ高精度な照射パターンの変調を行うことが可能となる。

[0099] 一実施の形態に係るビーム整形装置によれば、空間光変調器10と可変焦点レンズ21とを組み合わせることにより、焦点スポットサイズと照射範囲の自由度が向上し、様々な照射形状のニーズに応えられるようになる。深さ方向の焦点移動を可変焦点レンズ21に任せることで回折効率の低下を抑制可能となる。また、一実施の形態に係るビーム整形装置によれば、フーリエ変換レンズの焦点距離 $f$ を可変にすることで、回折効率を維持したまま広範囲のステアリングが必要な場面では焦点距離 $f$ を長くすることで対応し、分解能が必要な場面では焦点距離 $f$ を短くすることで対応することが可能となる。

[0100] なお、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるも

のではなく、また他の効果があってもよい。以降の他の実施の形態の効果についても同様である。

[0101] <2. その他の実施の形態>

本開示による技術は、上記一実施の形態の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

[0102] 例えば、本技術は以下のような構成を取ることできる。

以下の構成の本技術によれば、空間光変調器によって、対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示すると共に、焦点距離が可変の光学装置によって、空間光変調器によって変調された光を対象物に向けて集光する。これにより、広範囲かつ高精度な照射パターンの変調を行うことが可能となる。

[0103] (1)

対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、

前記空間光変調器によって変調された光を前記対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置と

を備える

ビーム整形装置。

(2)

前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記光学装置による焦点位置を垂直方向に移動させる焦点移動用パターンを重畳したパターンを表示する

上記(1)に記載のビーム整形装置。

(3)

前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記光学装置によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する

上記(1)または(2)に記載のビーム整形装置。

(4)

前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記対象物の基材によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する

上記(1)ないし(3)のいずれか1つに記載のビーム整形装置。

(5)

前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御とを行うコントローラ、をさらに備え、

前記コントローラは、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御よりも、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御を優先させる制御を行う

上記(1)ないし(4)のいずれか1つに記載のビーム整形装置。

(6)

前記対象物を水平方向に移動させることが可能な水平移動装置、をさらに備える

上記(1)ないし(5)のいずれか1つに記載のビーム整形装置。

(7)

前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御と、前記水平移動装置の移動制御とを行うコントローラ、をさらに備え、

前記コントローラは、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御、前記水平移動装置の移動制御の順に制御を優先させる

上記(6)に記載のビーム整形装置。

(8)

前記対象物、または前記空間光変調器および前記光学装置を垂直方向に移動させることが可能な垂直移動装置、をさらに備える

上記（１）ないし（７）のいずれか１つに記載のビーム整形装置。

（９）

前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御と、前記垂直移動装置の移動制御とを行うコントローラ、をさらに備え、

前記コントローラは、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御、前記垂直移動装置の移動制御の順に制御を優先させる

上記（８）に記載のビーム整形装置。

（１０）

前記光学装置は、焦点距離が可変の液晶レンズである

上記（１）ないし（９）のいずれか１つに記載のビーム整形装置。

（１１）

前記光学装置は、焦点距離が可変の空間光変調器である

上記（１）ないし（９）のいずれか１つに記載のビーム整形装置。

（１２）

前記光学装置は、レボルバー式焦点距離可変レンズである

上記（１）ないし（９）のいずれか１つに記載のビーム整形装置。

（１３）

前記光学装置は、焦点距離が可変の液体レンズである

上記（１）ないし（９）のいずれか１つに記載のビーム整形装置。

（１４）

加工対象の対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、

前記空間光変調器によって変調された光を前記対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置と

を備える

加工装置。

[0104] 本出願は、日本国特許庁において2022年5月24日に出願された日本特許出願番号第2022-084837号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0105] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

## 請求の範囲

- [請求項1] 対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、  
前記空間光変調器によって変調された光を前記対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置と  
を備える  
ビーム整形装置。
- [請求項2] 前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記光学装置による焦点位置を垂直方向に移動させる焦点移動用パターンを重畳したパターンを表示する  
請求項1に記載のビーム整形装置。
- [請求項3] 前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記光学装置によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する  
請求項1に記載のビーム整形装置。
- [請求項4] 前記空間光変調器は、前記位相パターンとして、前記照射パターンに対応するパターンに、前記対象物の基材によって生ずる収差を補正する補正用パターンを重畳したパターンを表示する  
請求項1に記載のビーム整形装置。
- [請求項5] 前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御とを行うコントローラ、をさらに備え、  
前記コントローラは、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御よりも、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御を優先させる制御を行う  
請求項1に記載のビーム整形装置。
- [請求項6] 前記対象物を水平方向に移動させることが可能な水平移動装置、をさらに備える

請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項7]

前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御と、前記水平移動装置の移動制御とを行うコントローラ、をさらに備え、

前記コントローラは、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御、前記水平移動装置の移動制御の順に制御を優先させる

請求項 6 に記載のビーム整形装置。

[請求項8]

前記対象物、または前記空間光変調器および前記光学装置を垂直方向に移動させることが可能な垂直移動装置、をさらに備える

請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項9]

前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御と、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御と、前記垂直移動装置の移動制御とを行うコントローラ、をさらに備え、

前記コントローラは、前記空間光変調器に表示する前記位相パターンの切り替え制御、前記光学装置における前記焦点距離の切り替え制御、前記垂直移動装置の移動制御の順に制御を優先させる

請求項 8 に記載のビーム整形装置。

[請求項10]

前記光学装置は、焦点距離が可変の液晶レンズである

請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項11]

前記光学装置は、焦点距離が可変の空間光変調器である

請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項12]

前記光学装置は、レボルバー式焦点距離可変レンズである

請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項13]

前記光学装置は、焦点距離が可変の液体レンズである

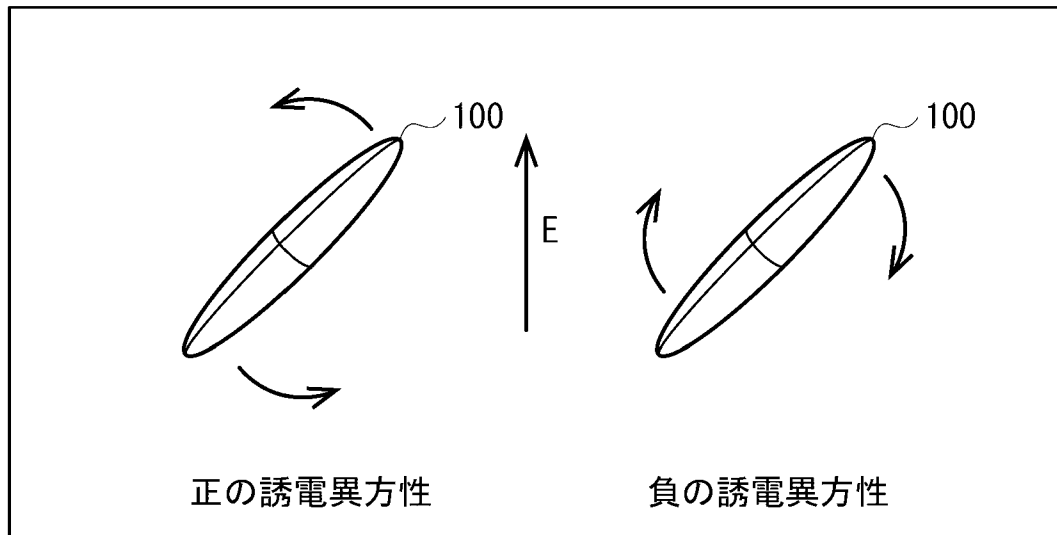
請求項 1 に記載のビーム整形装置。

[請求項14]

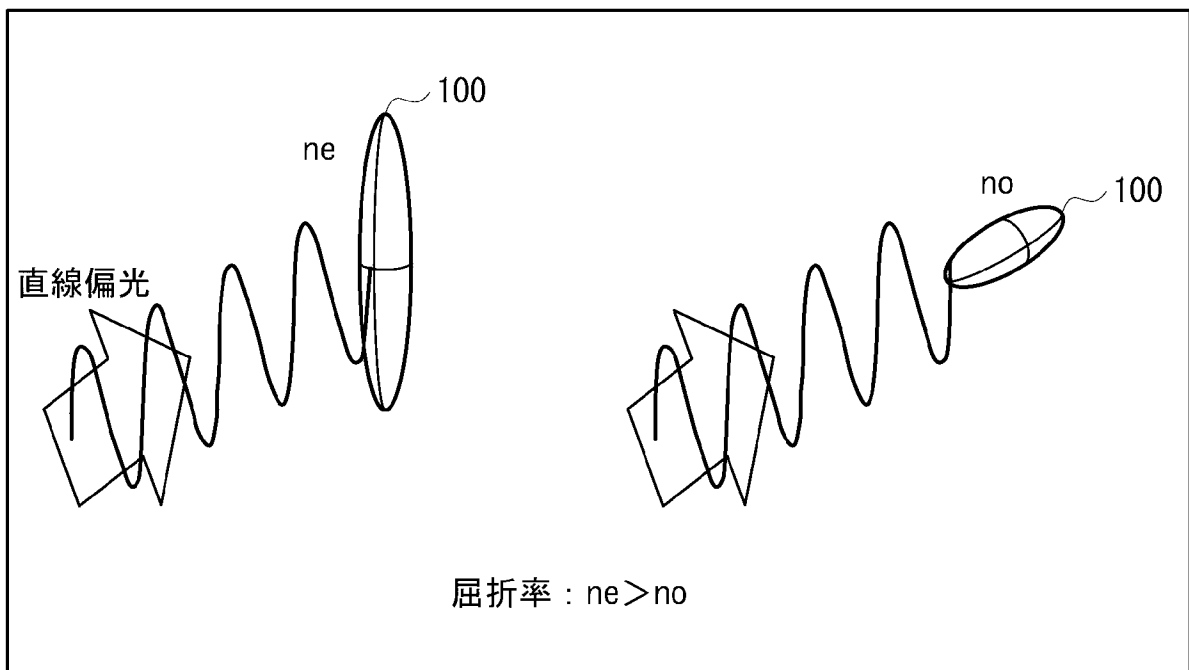
加工対象の対象物に照射する照射パターンに応じた位相パターンを表示する位相変調型の空間光変調器と、

前記空間光変調器によって変調された光を前記対象物に向けて集光する、焦点距離が可変の光学装置と  
を備える  
加工装置。

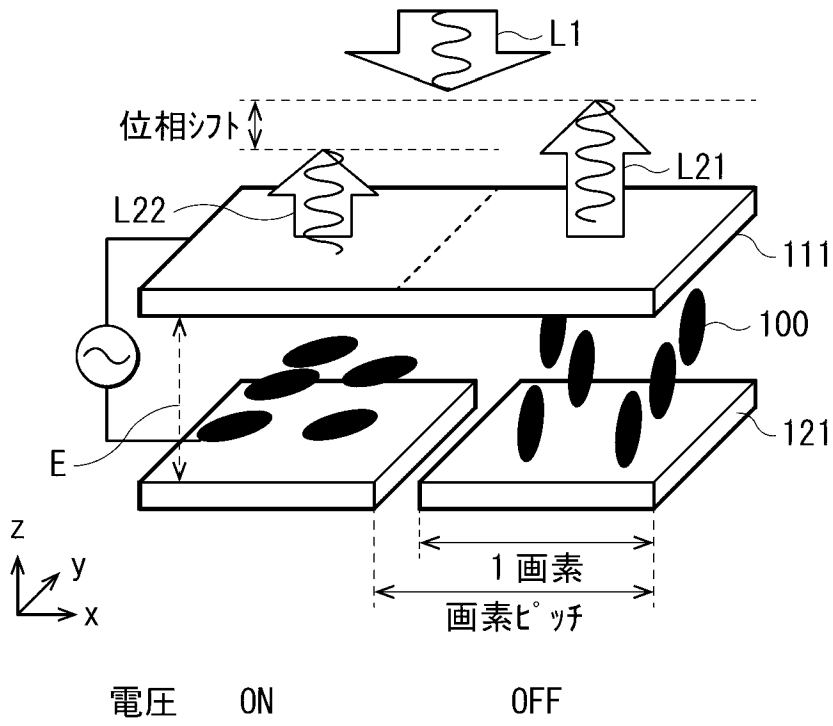
[図1]



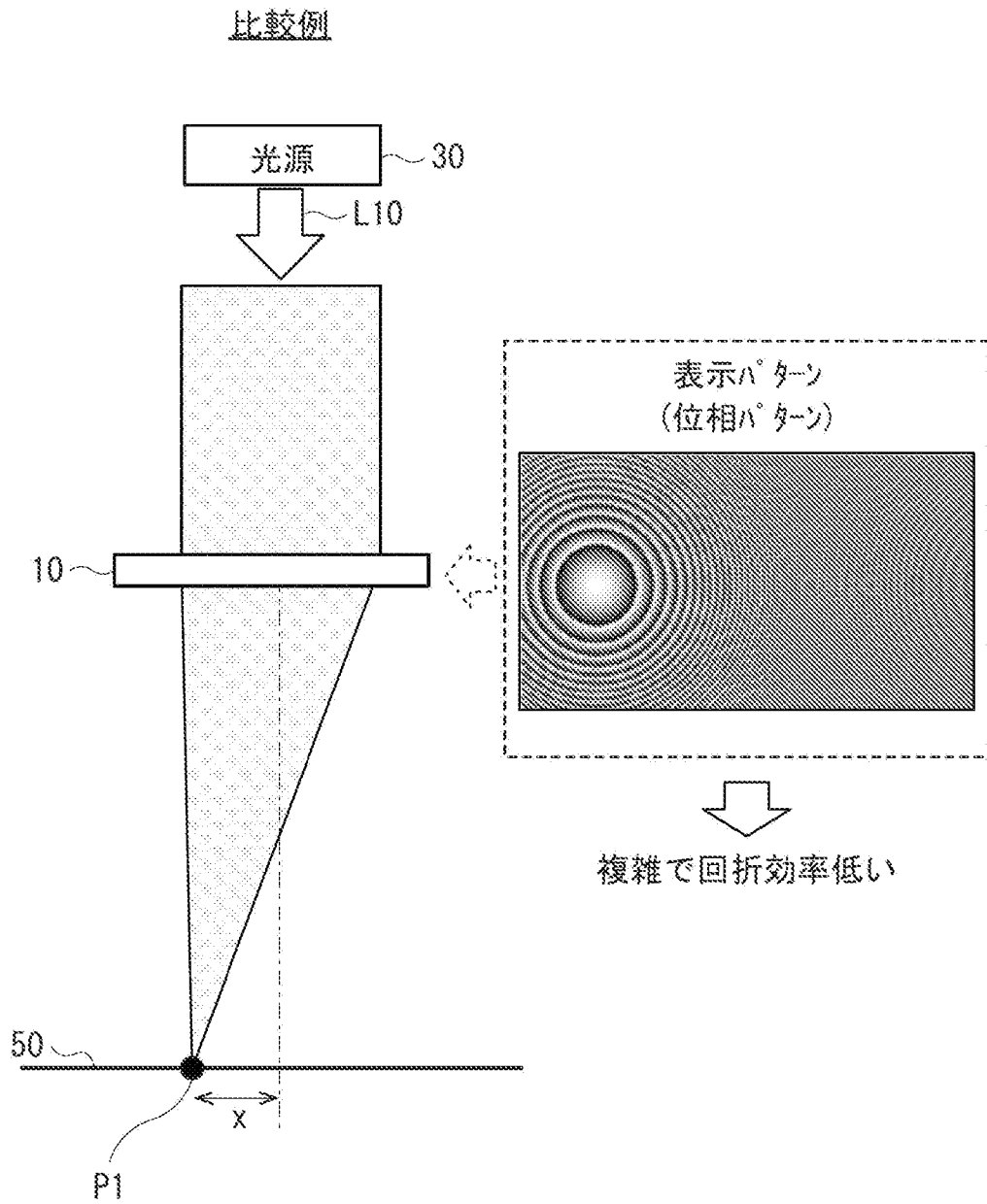
[図2]



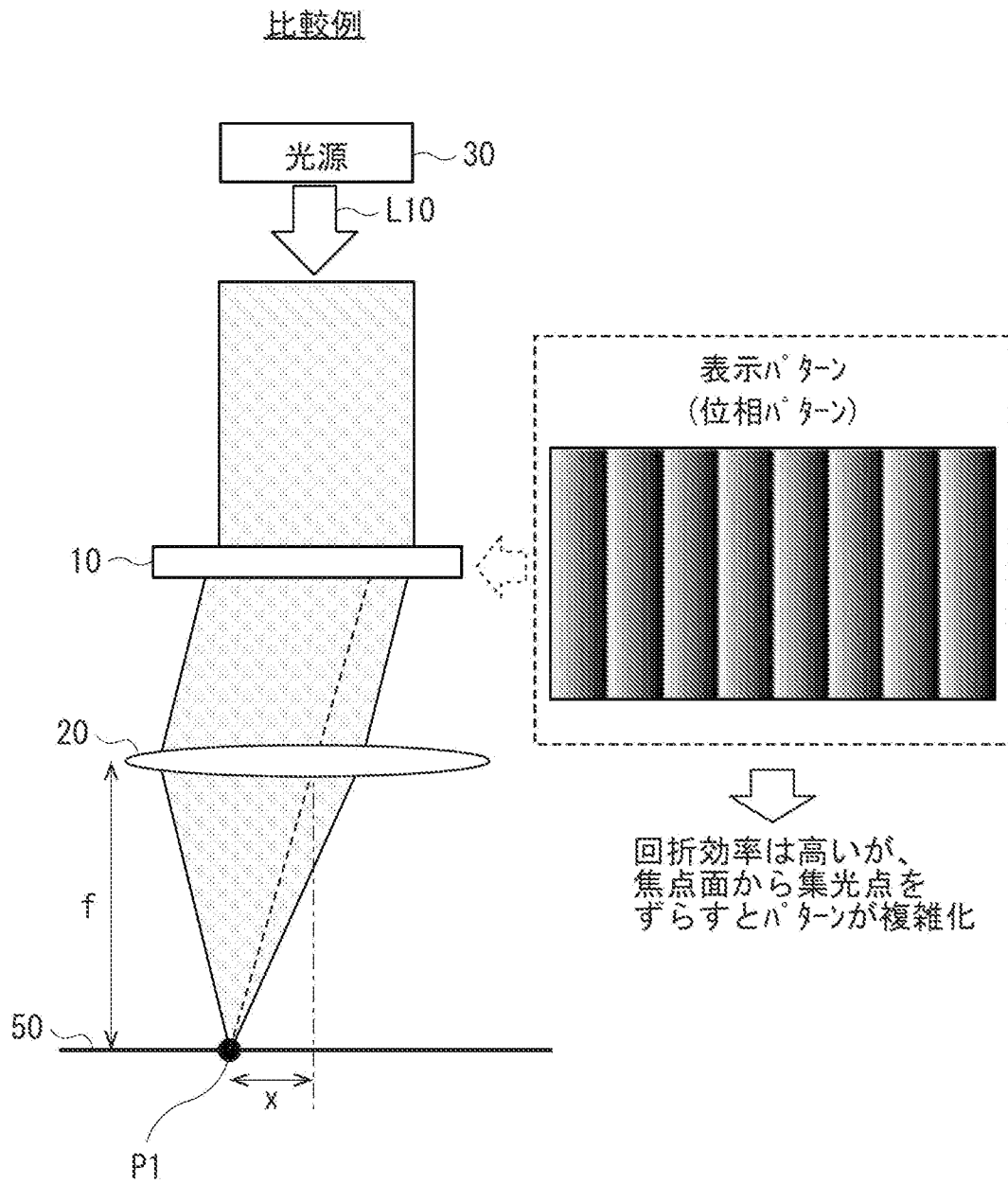
[図3]



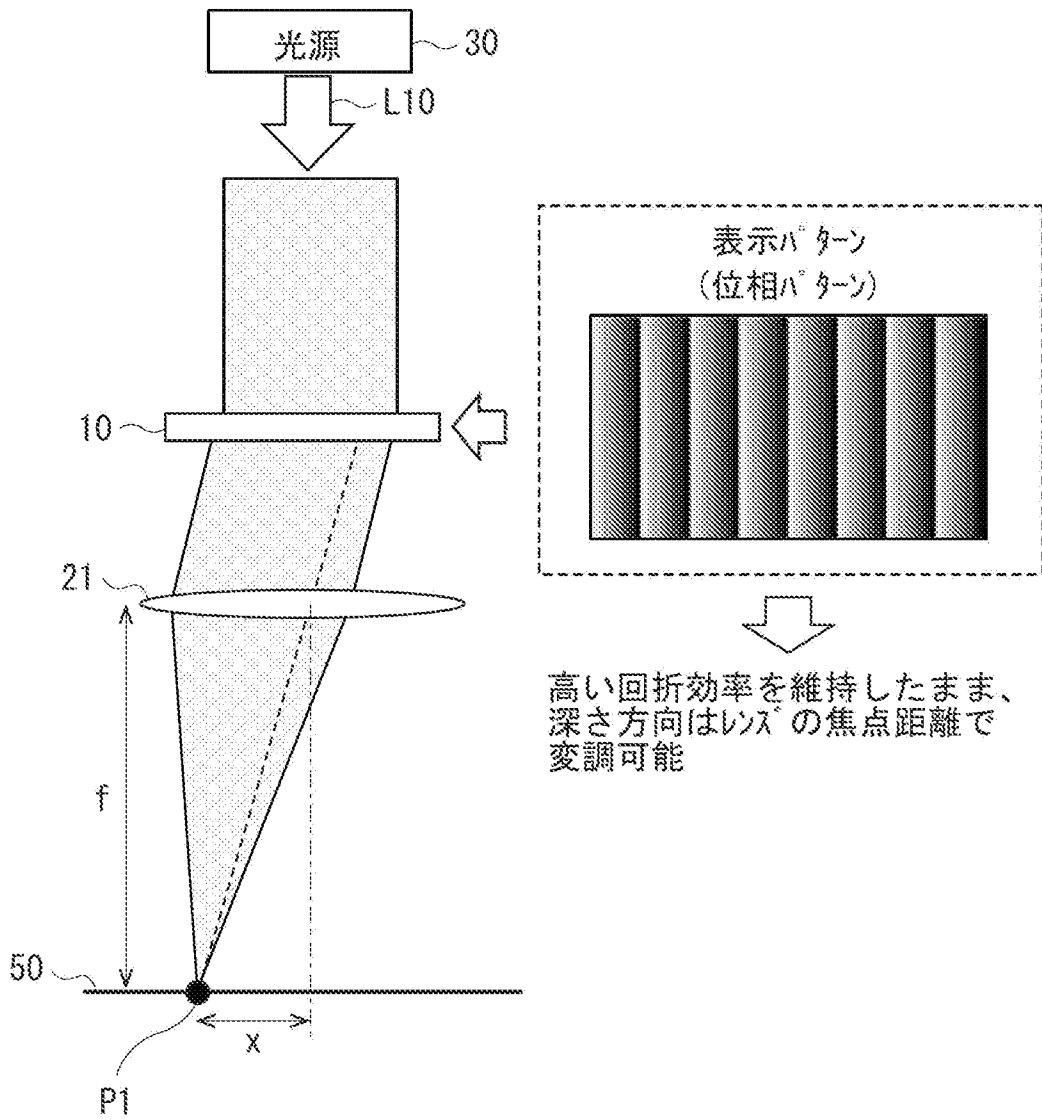
[図4]



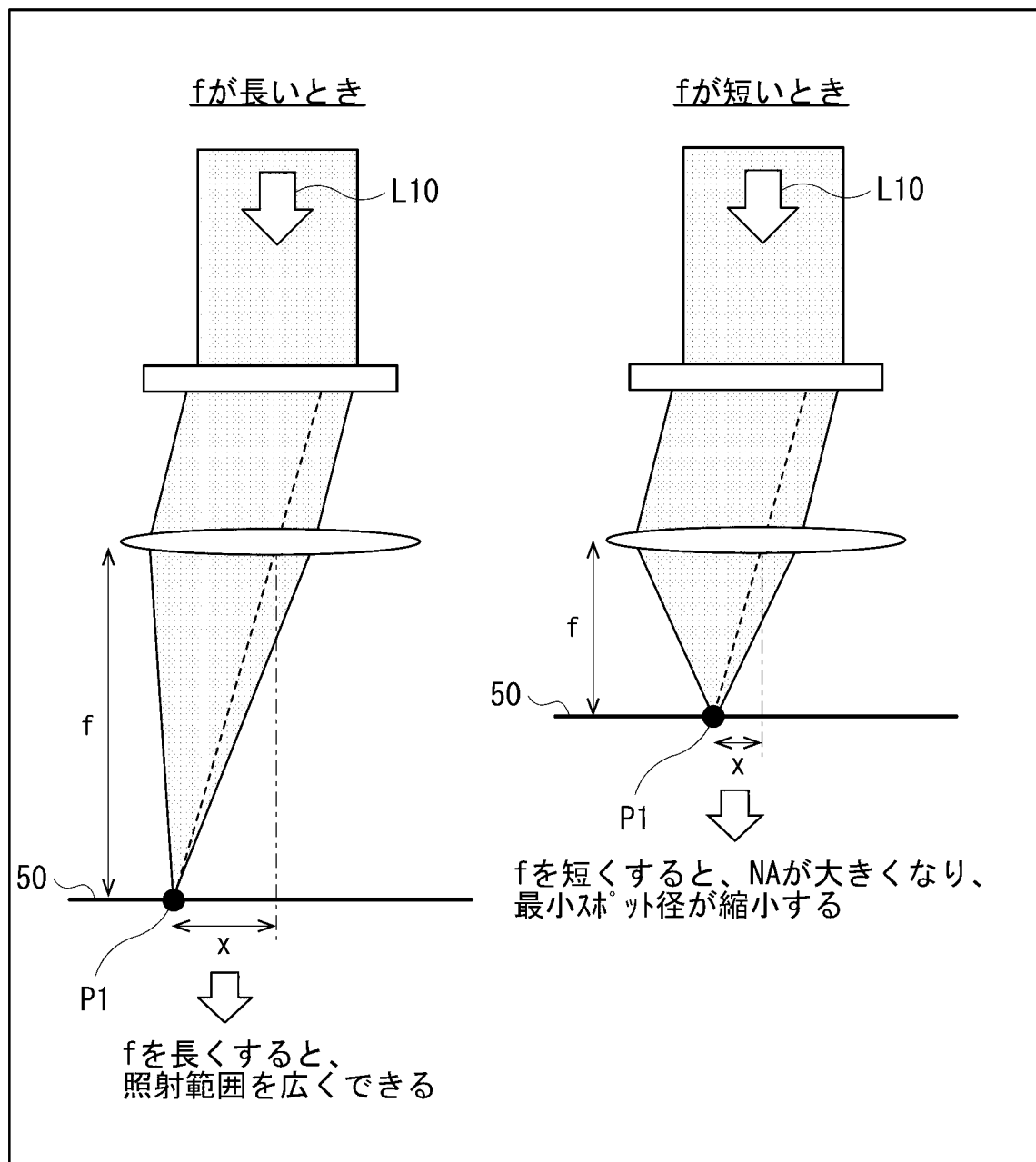
[図5]



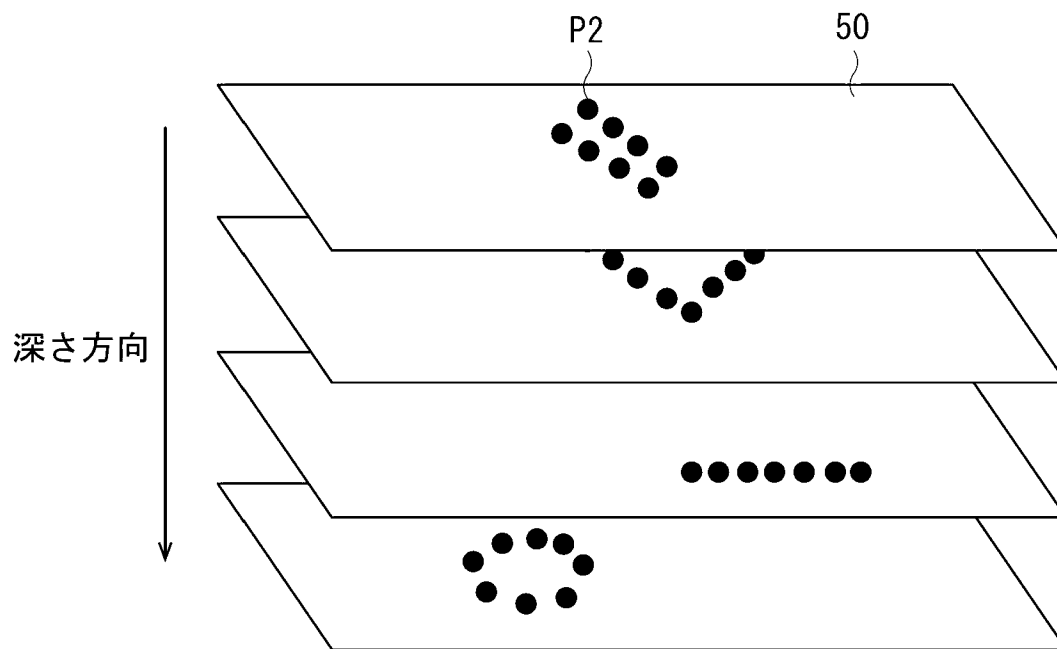
[図6]



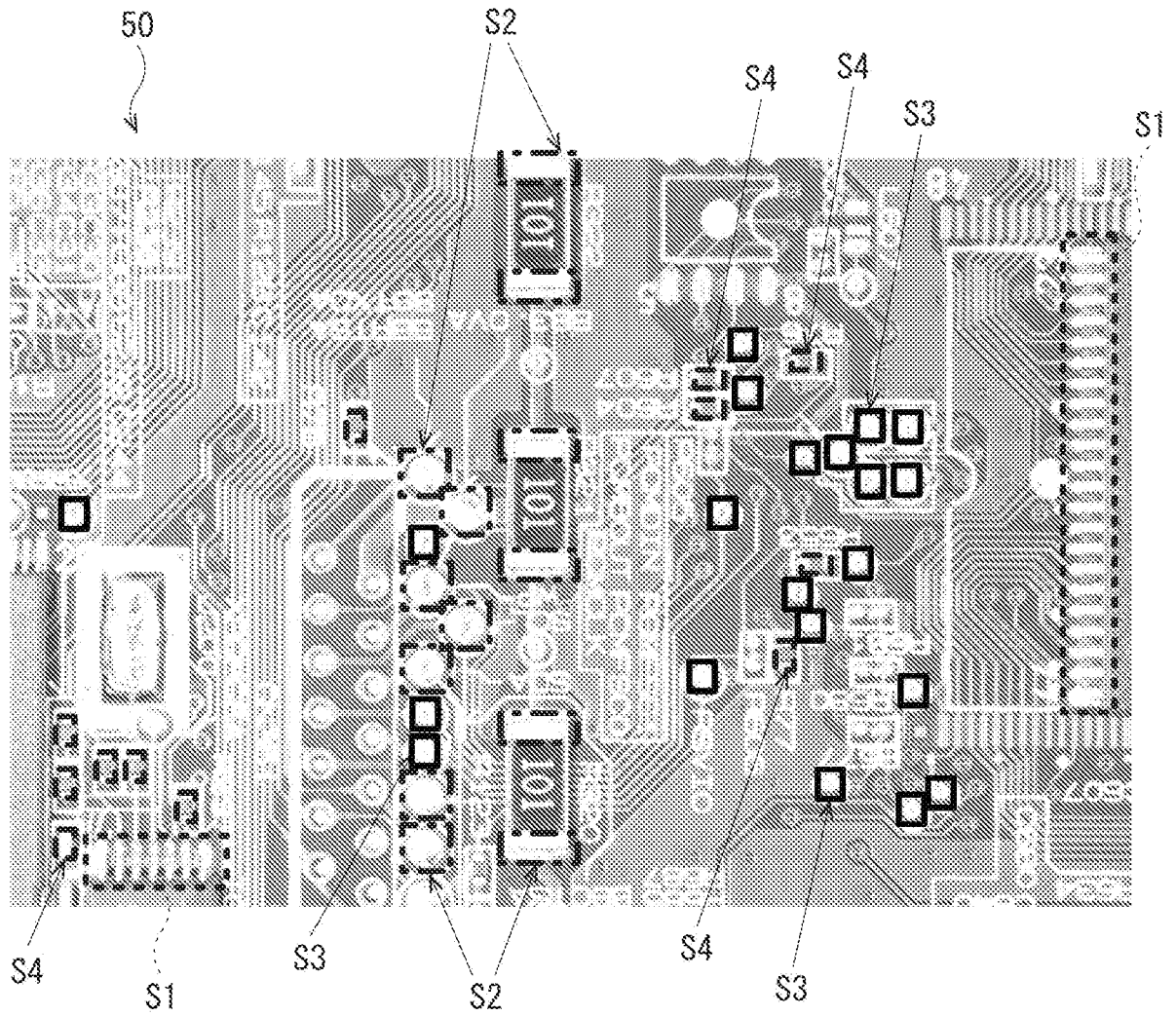
[図7]



[図8]

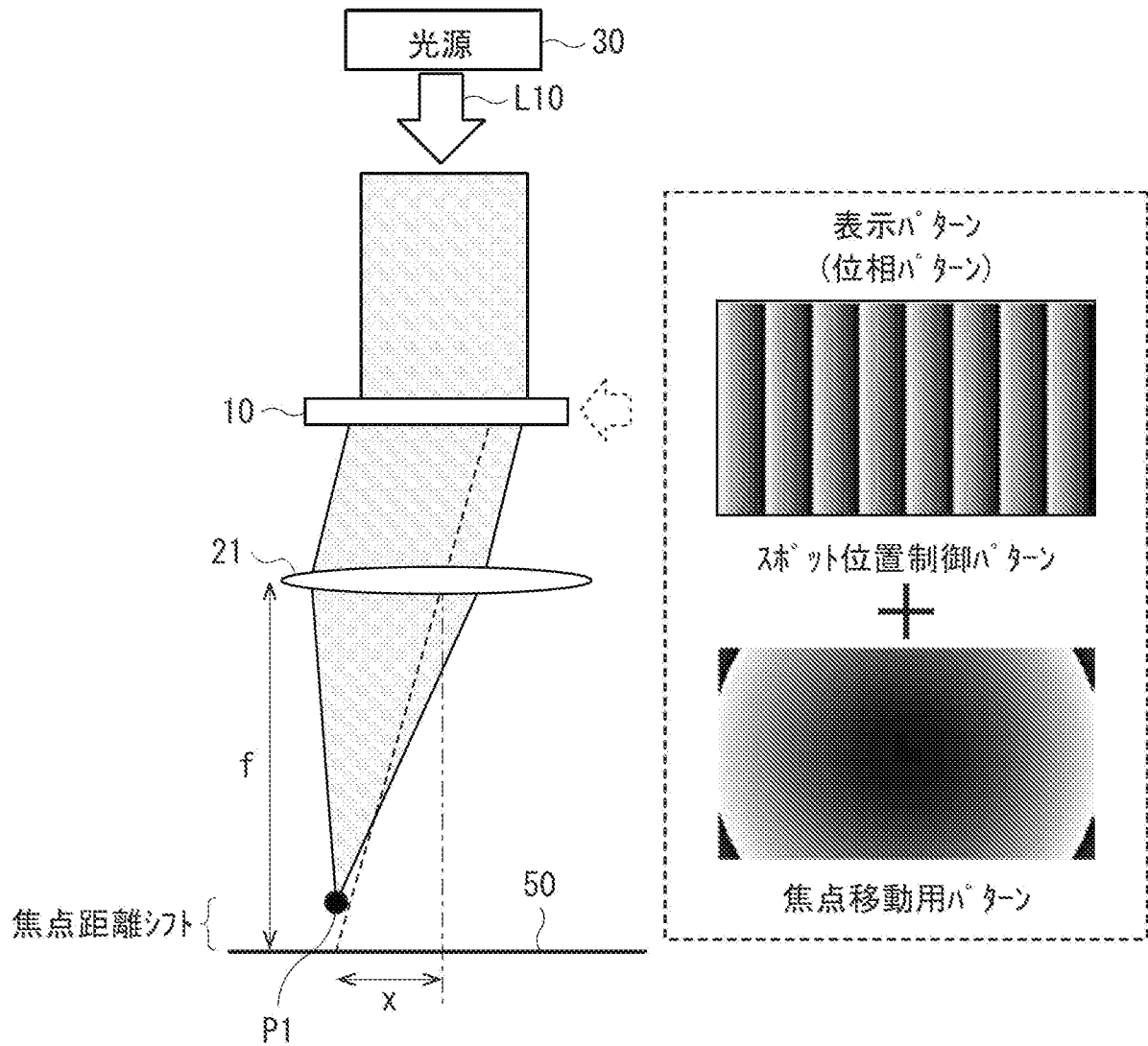


[図9]

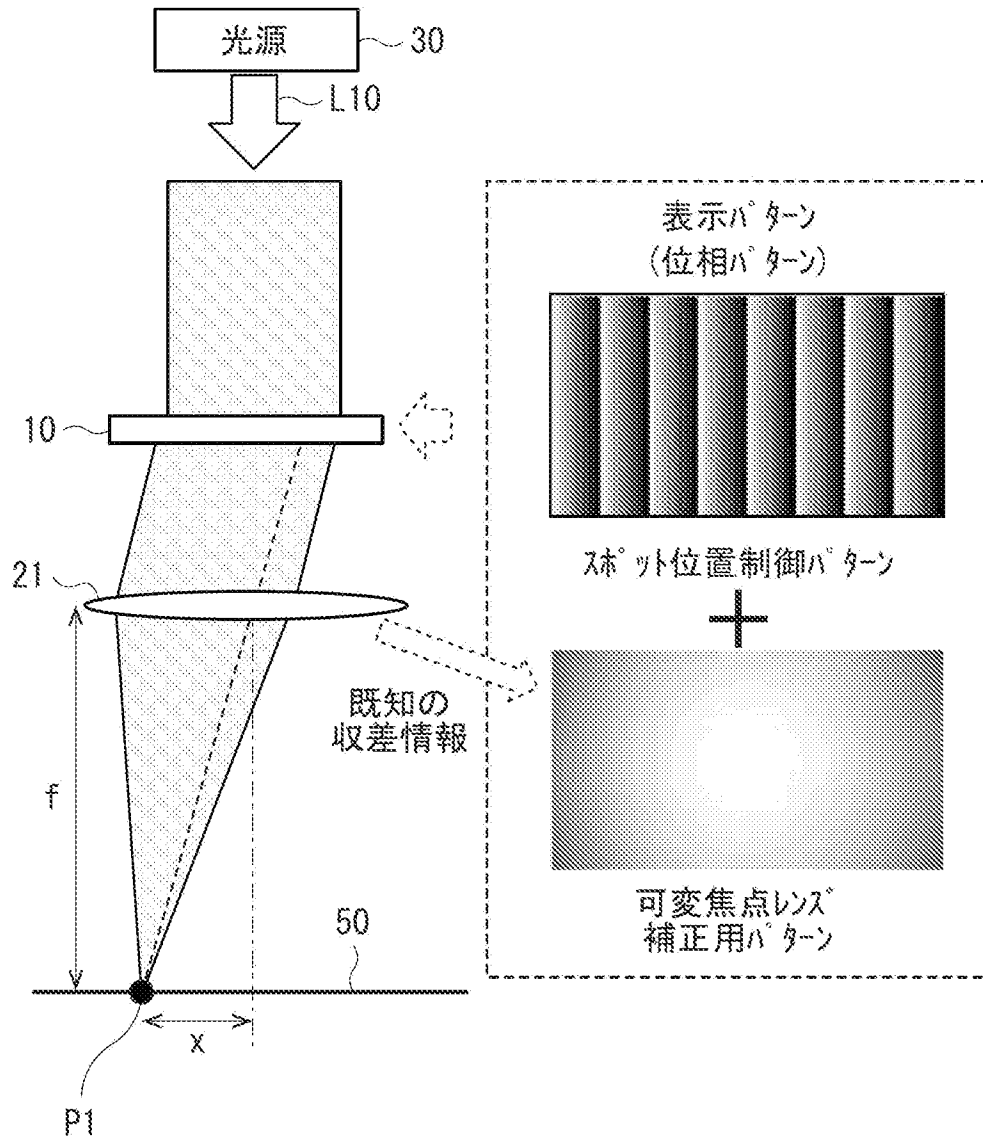


サイズ : S1 > S2 > S3 > S4

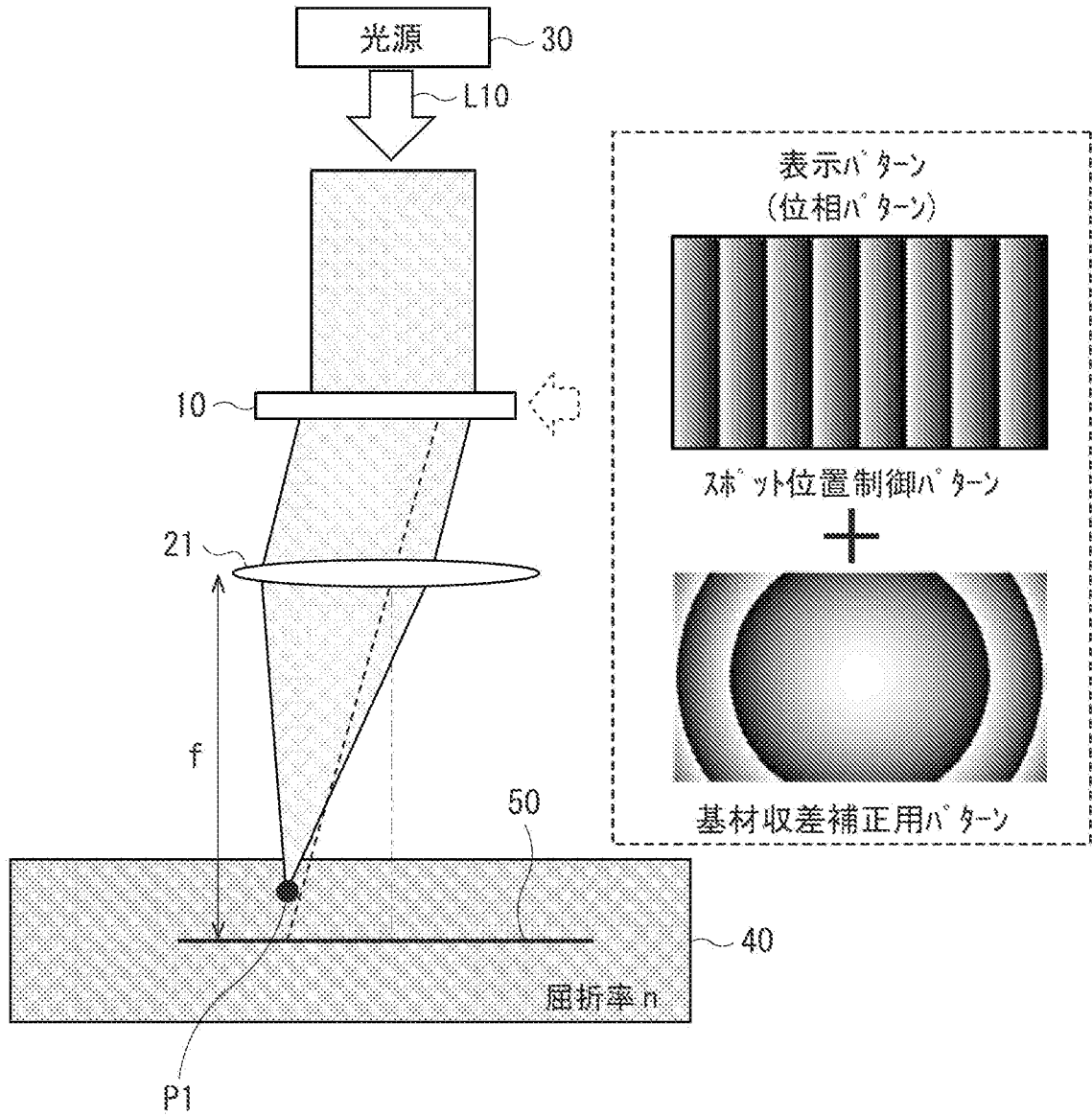
[図10]



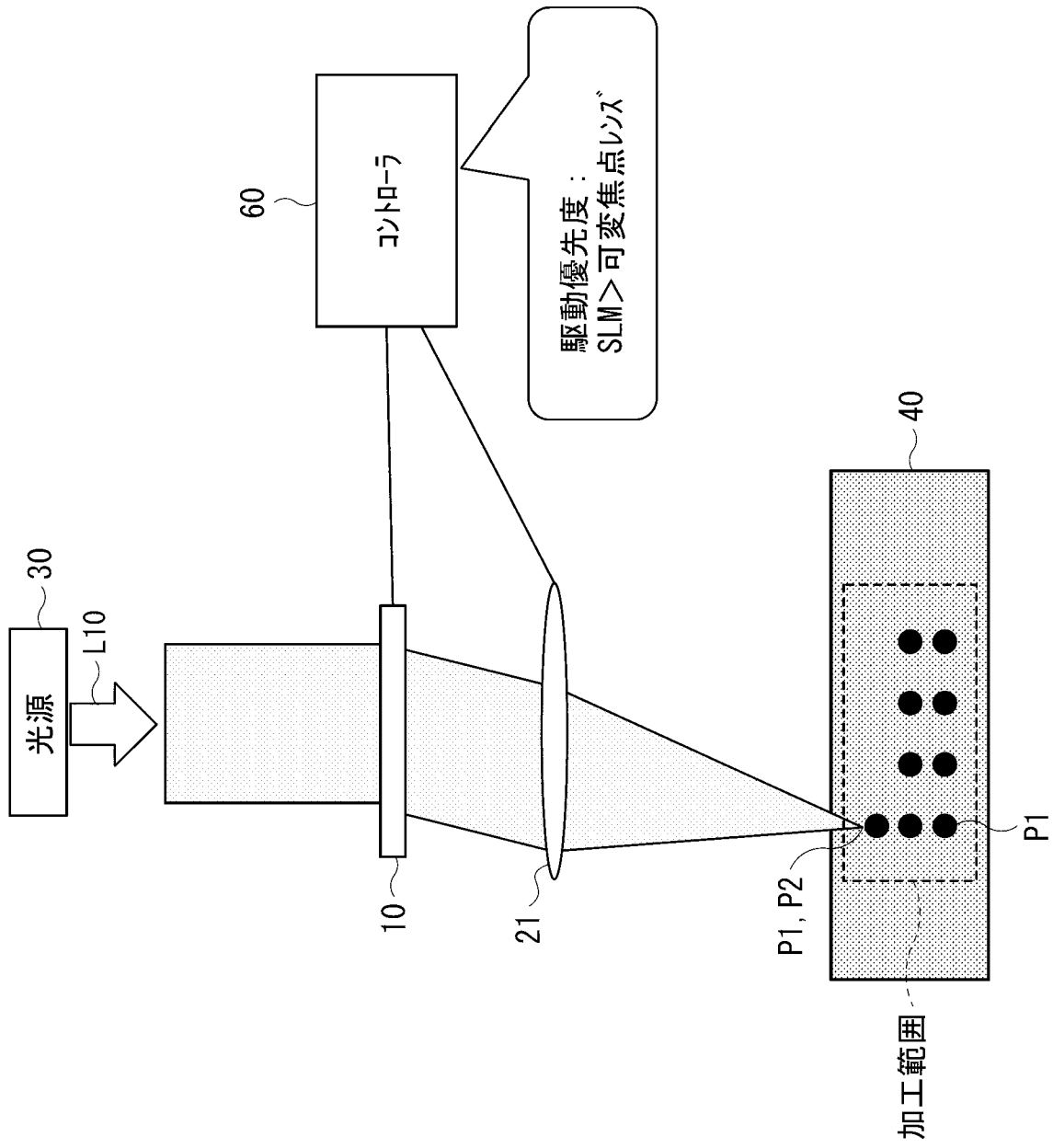
[図11]



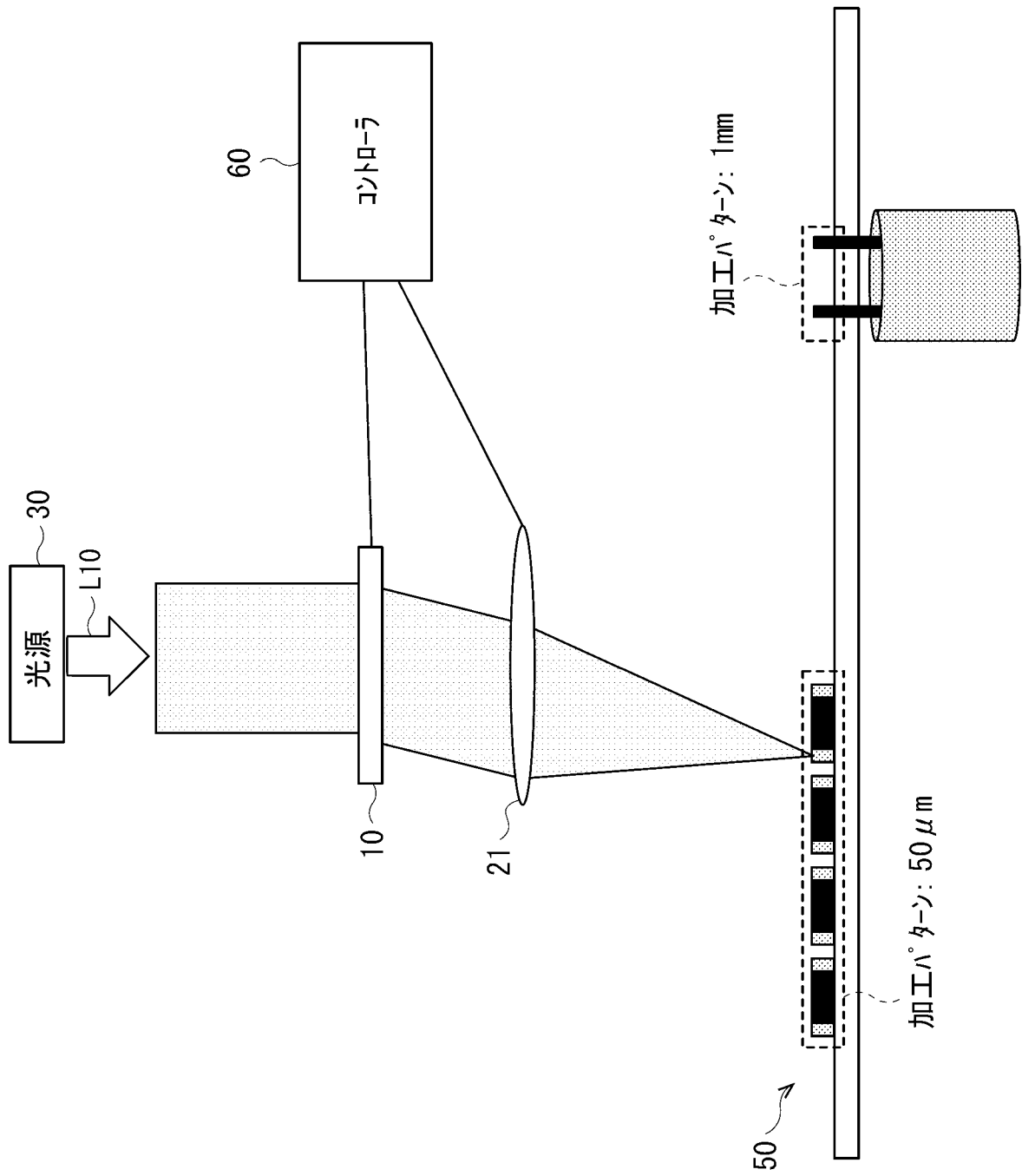
[図12]



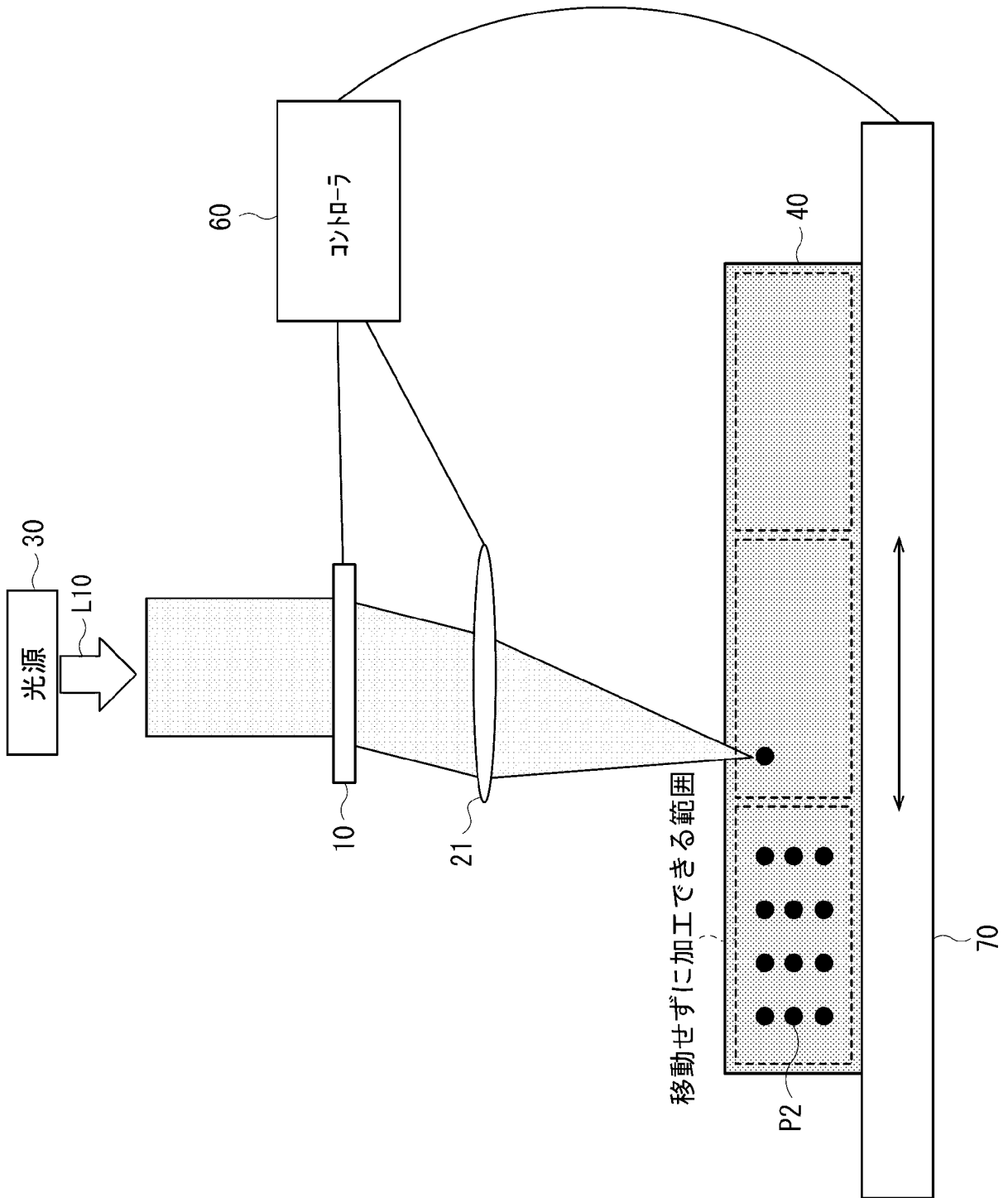
[図13]



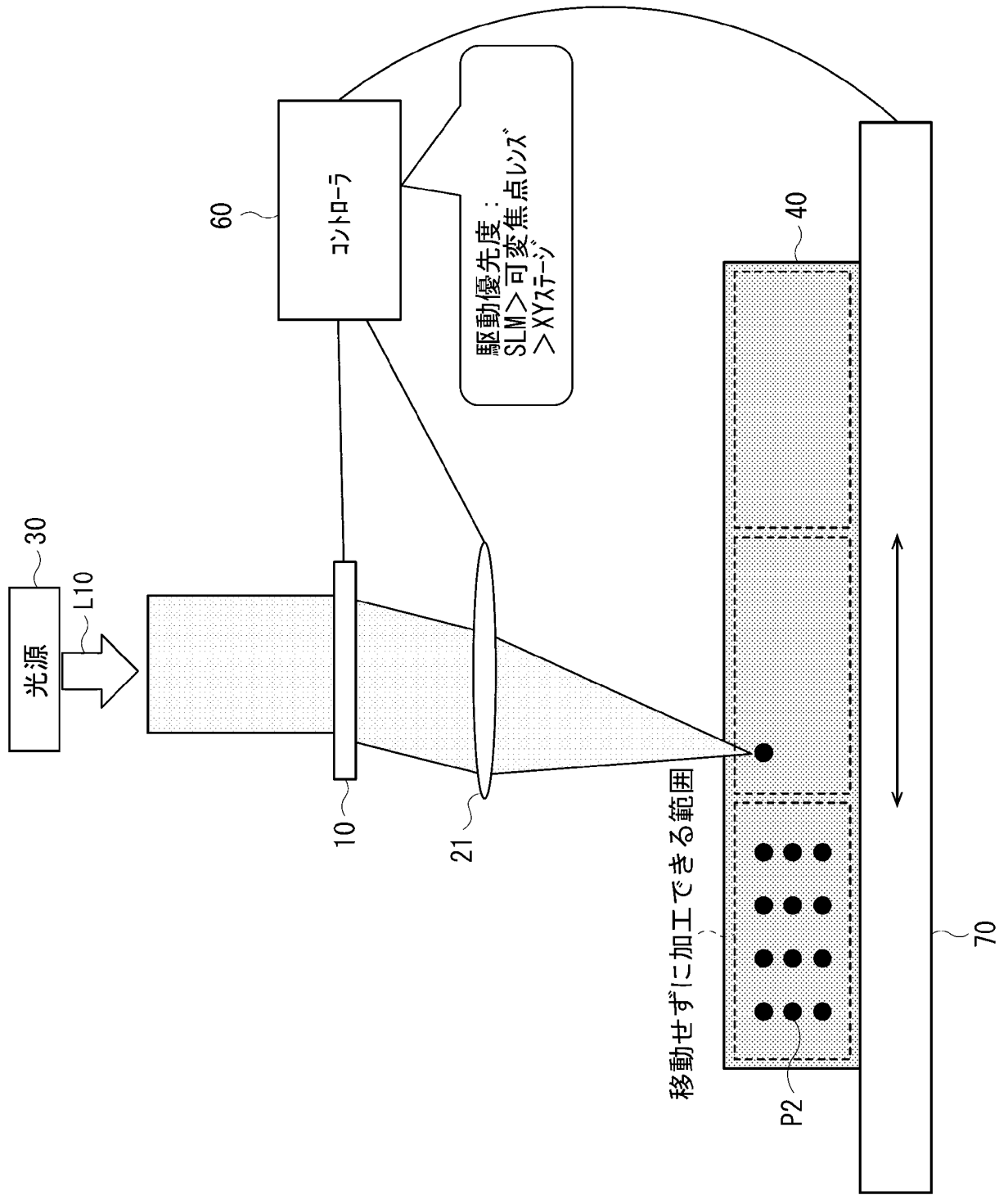
[図14]



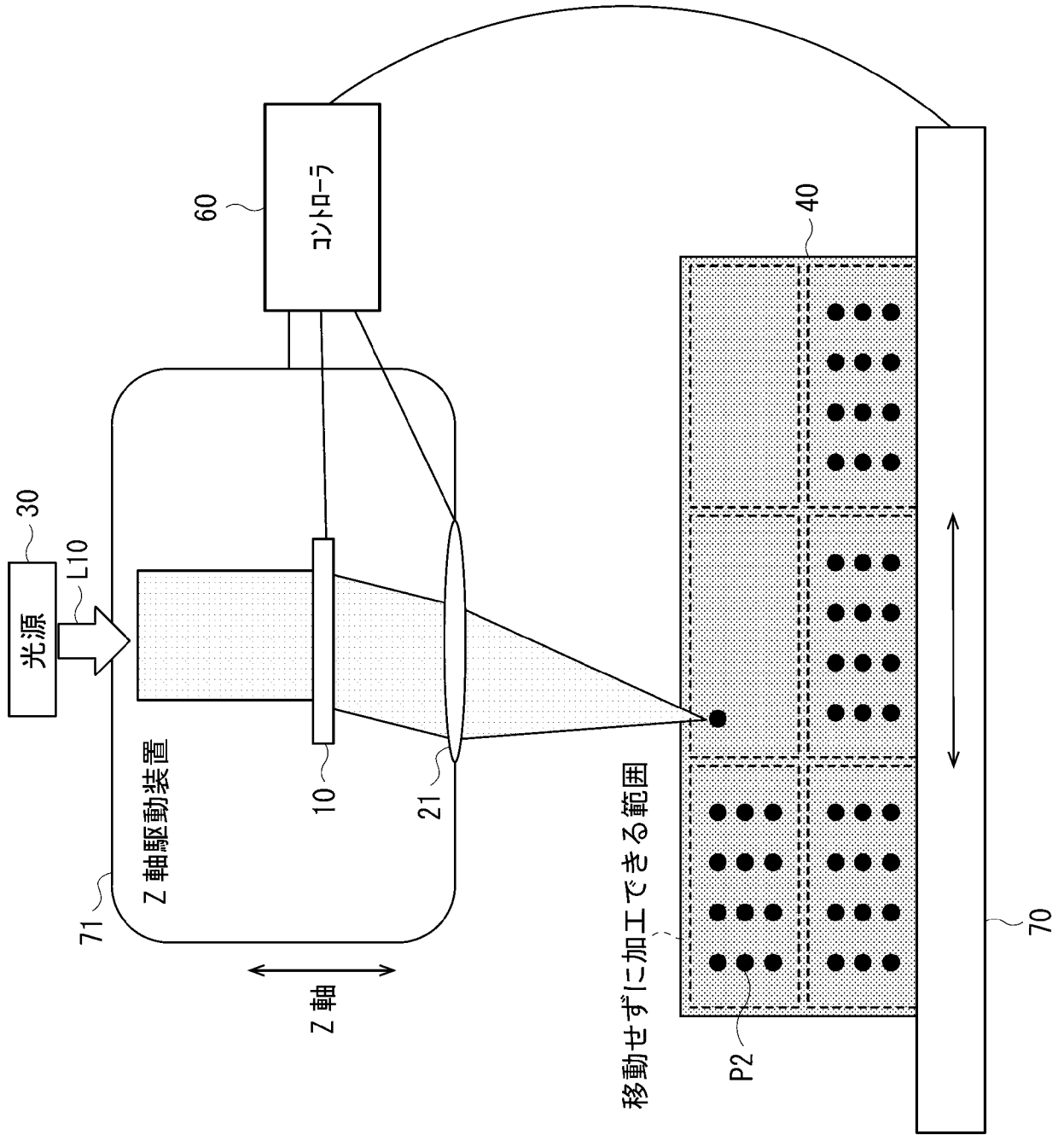
[図15]



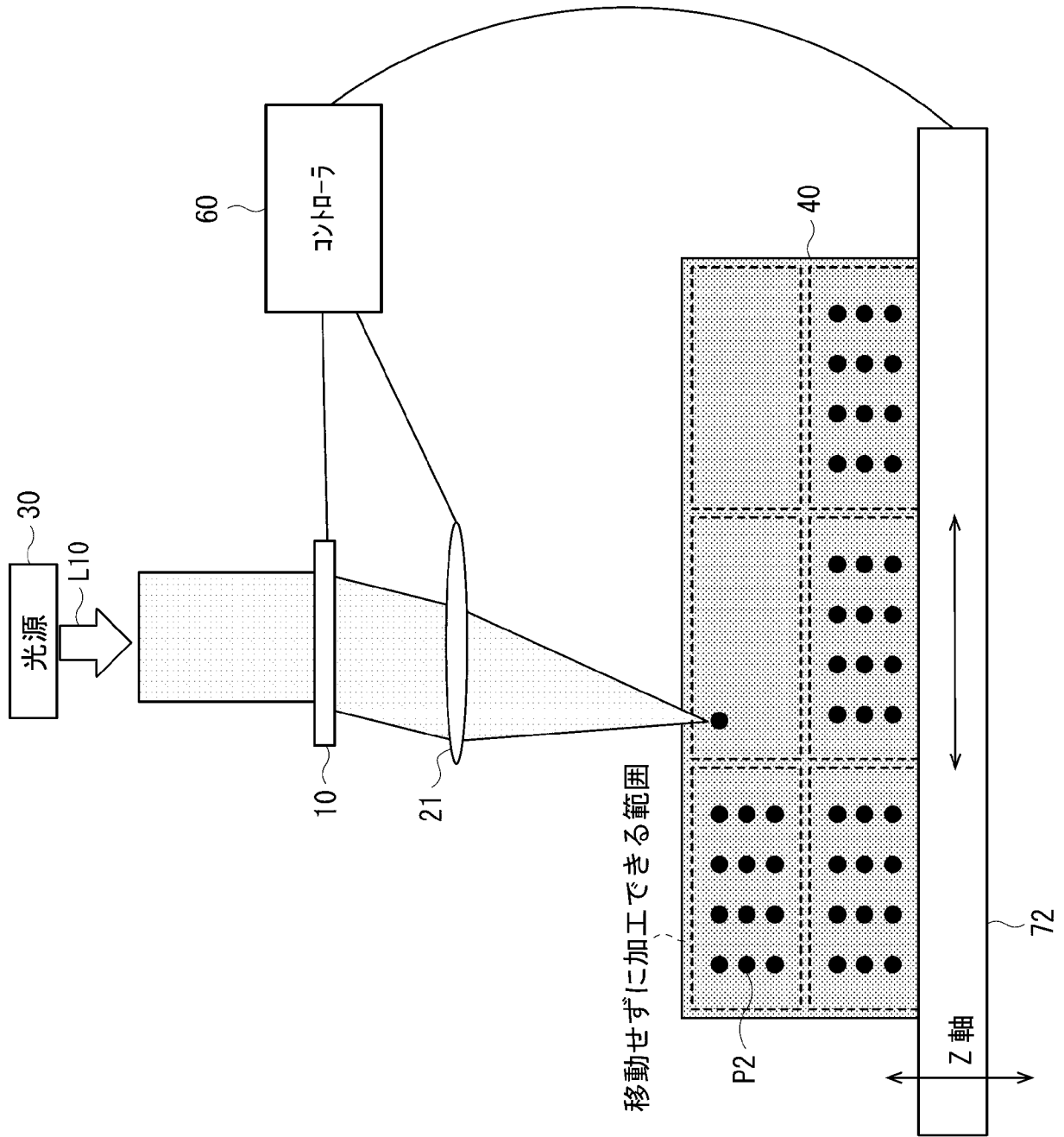
[図16]



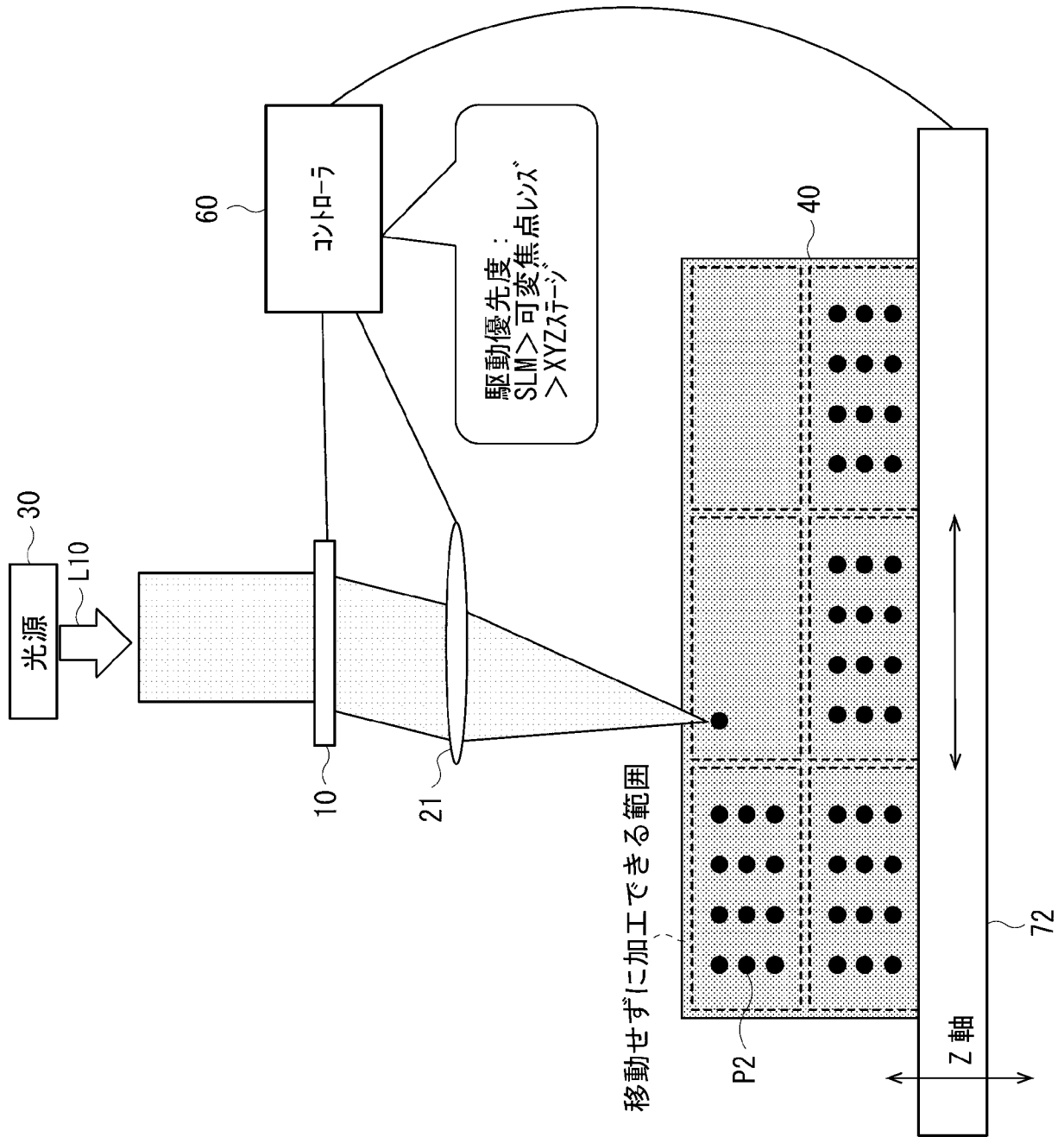
[図17]



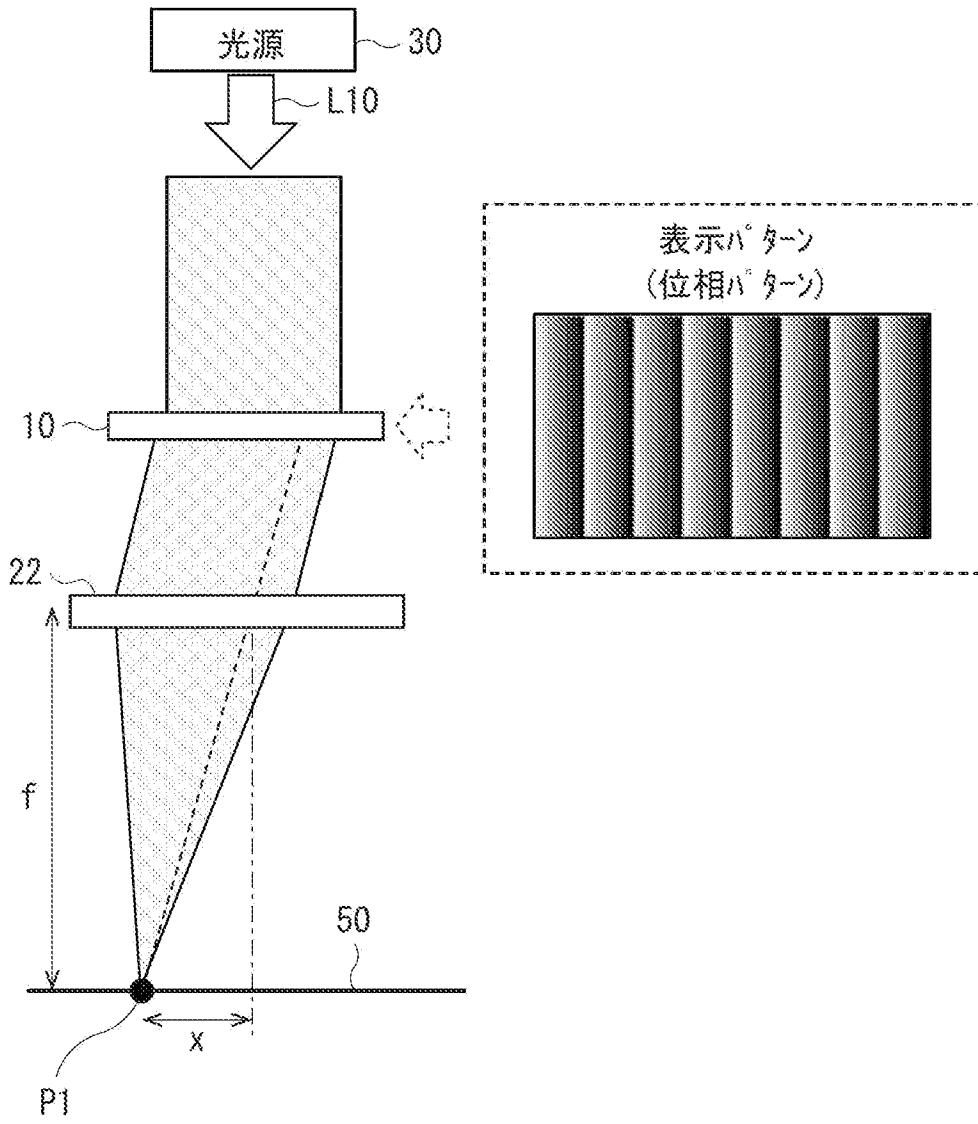
[図18]



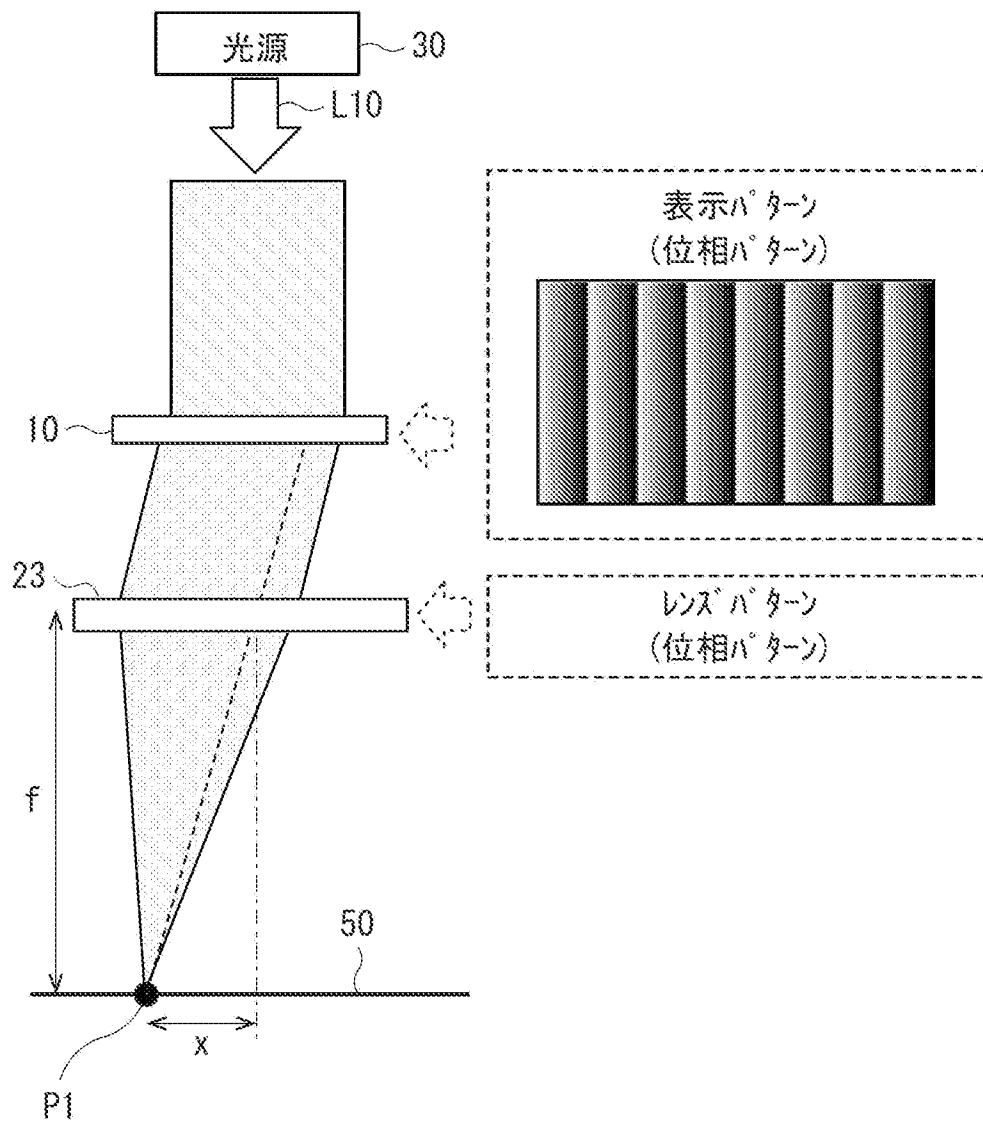
[図19]



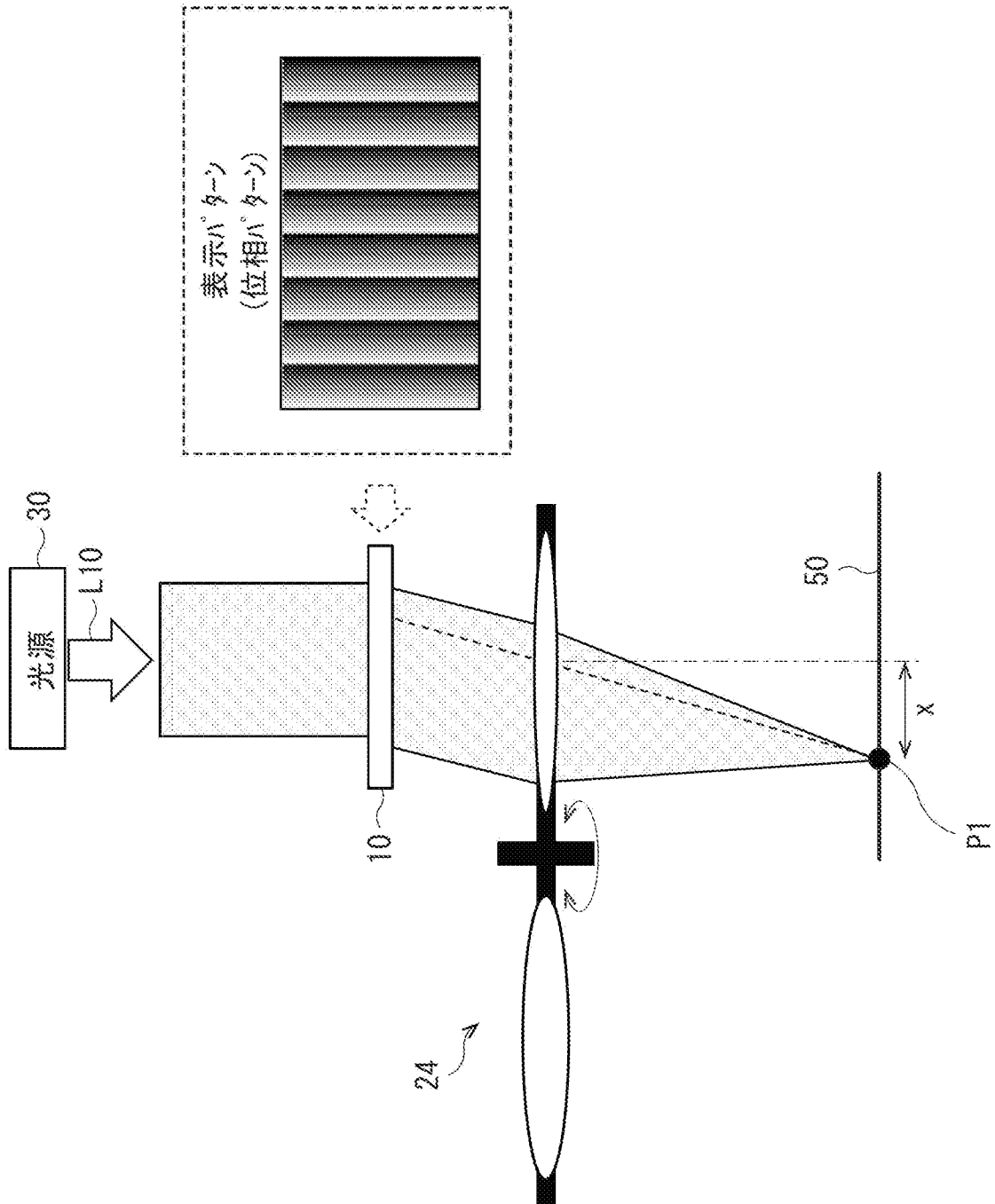
[図20]



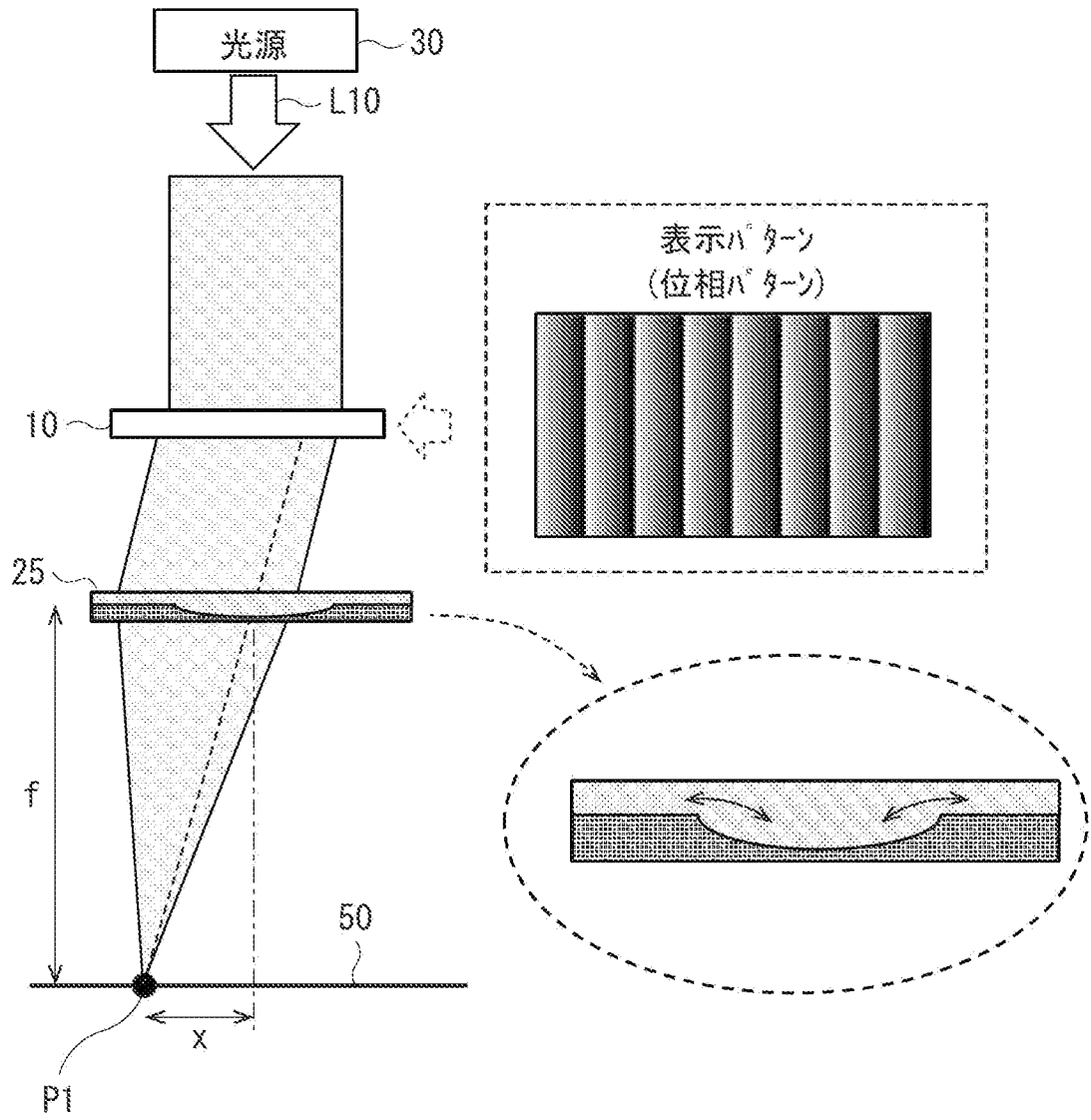
[図21]



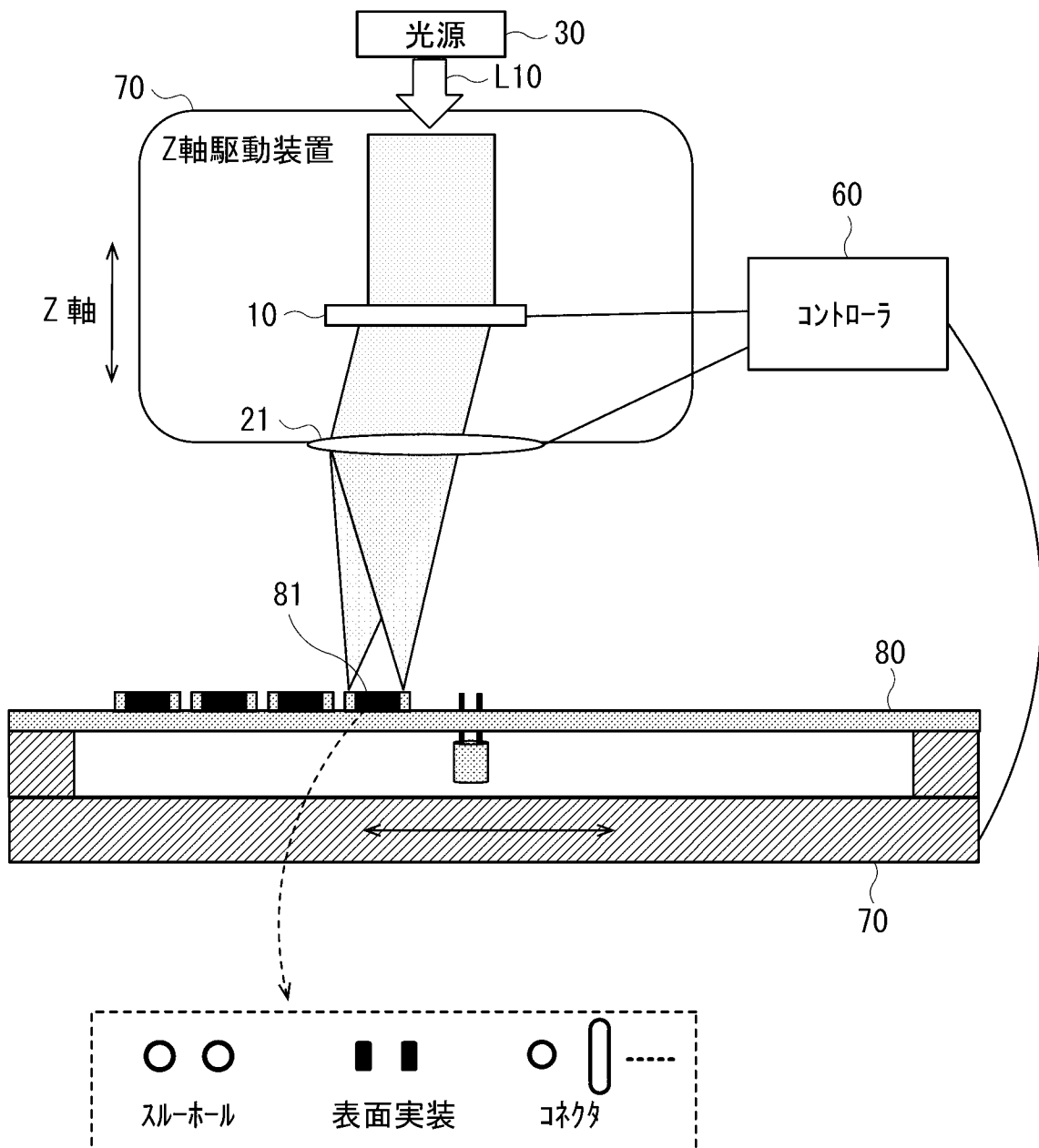
[図22]



[図23]



[図24]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012269

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G02F 1/01</i> (2006.01)i; <i>B23K 26/064</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/08</i> (2014.01)i; <i>G02B 27/09</i> (2006.01)i; <i>G02F 1/13</i> (2006.01)i FI: G02F1/01 D; G02F1/13 505; G02B27/09; B23K26/08 D; B23K26/064 Z		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02F1/01; B23K26/064; B23K26/08; G02B27/09; G02F1/13		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-43204 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 04 March 2013 (2013-03-04) paragraphs [0030]-[0051], fig. 8-10	1-14
Y	JP 2019-512397 A (ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.) 16 May 2019 (2019-05-16) paragraph [0041], fig. 1	1-14
Y	JP 2011-51011 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 17 March 2011 (2011-03-17) paragraphs [0032]-[0039], fig. 9, 10	2, 5, 7, 9
Y	JP 2016-55319 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 21 April 2016 (2016-04-21) paragraph [0031]	3
Y	JP 2015-24428 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 05 February 2015 (2015-02-05) paragraphs [0073]-[0076], fig. 7	10-12
A	WO 2013/157606 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 24 October 2013 (2013-10-24) entire text, all drawings	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>15 May 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>30 May 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/012269**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-43204	A	04 March 2013	(Family: none)	
JP	2019-512397	A	16 May 2019	US 2019/0001434	A1
				paragraphs [0046], [0047], fig. 1	
				WO 2017/161284	A1
				CN 108700661	A
				KR 10-2018-0118143	A
JP	2011-51011	A	17 March 2011	(Family: none)	
JP	2016-55319	A	21 April 2016	US 2017/0259374	A1
				paragraph [0037]	
				WO 2016/039148	A1
				EP 3193207	A1
				CN 106687852	A
JP	2015-24428	A	05 February 2015	(Family: none)	
WO	2013/157606	A1	24 October 2013	US 2015/0131142	A1
				entire text, all drawings	
				CN 104246572	A
CN	108161250	A	15 June 2018	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））                  G02F 1/01(2006.01)i; B23K 26/064(2014.01)i; B23K 26/08(2014.01)i; G02B 27/09(2006.01)i;                  G02F 1/13(2006.01)i                  FI: G02F1/01 D; G02F1/13 505; G02B27/09; B23K26/08 D; B23K26/064 Z</p>																							
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））                  G02F1/01; B23K26/064; B23K26/08; G02B27/09; G02F1/13</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年													
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																						
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年																						
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年																						
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年																						
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2013-43204 A（浜松ホトニクス株式会社）04.03.2013（2013 - 03 - 04） 段落[0030]-[0051], 図8-10</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2019-512397 A（エレクトロ サイエンティフィック インダストリーズ インコーポレーテッド）16.05.2019（2019 - 05 - 16） 段落[0041], 図1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2011-51011 A（浜松ホトニクス株式会社）17.03.2011（2011 - 03 - 17） 段落[0032]-[0039], 図9-10</td> <td>2, 5, 7, 9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2016-55319 A（浜松ホトニクス株式会社）21.04.2016（2016 - 04 - 21） 段落[0031]</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2015-24428 A（住友大阪セメント株式会社）05.02.2015（2015 - 02 - 05） 段落[0073]-[0076], 図7</td> <td>10-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013/157606 A1（浜松ホトニクス株式会社）24.10.2013（2013 - 10 - 24） 全文, 全文</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の 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 請求項の番号	Y	JP 2013-43204 A（浜松ホトニクス株式会社）04.03.2013（2013 - 03 - 04） 段落[0030]-[0051], 図8-10	1-14	Y	JP 2019-512397 A（エレクトロ サイエンティフィック インダストリーズ インコーポレーテッド）16.05.2019（2019 - 05 - 16） 段落[0041], 図1	1-14	Y	JP 2011-51011 A（浜松ホトニクス株式会社）17.03.2011（2011 - 03 - 17） 段落[0032]-[0039], 図9-10	2, 5, 7, 9	Y	JP 2016-55319 A（浜松ホトニクス株式会社）21.04.2016（2016 - 04 - 21） 段落[0031]	3	Y	JP 2015-24428 A（住友大阪セメント株式会社）05.02.2015（2015 - 02 - 05） 段落[0073]-[0076], 図7	10-12	A	WO 2013/157606 A1（浜松ホトニクス株式会社）24.10.2013（2013 - 10 - 24） 全文, 全文	1-14
引用文献の 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 請求項の番号																					
Y	JP 2013-43204 A（浜松ホトニクス株式会社）04.03.2013（2013 - 03 - 04） 段落[0030]-[0051], 図8-10	1-14																					
Y	JP 2019-512397 A（エレクトロ サイエンティフィック インダストリーズ インコーポレーテッド）16.05.2019（2019 - 05 - 16） 段落[0041], 図1	1-14																					
Y	JP 2011-51011 A（浜松ホトニクス株式会社）17.03.2011（2011 - 03 - 17） 段落[0032]-[0039], 図9-10	2, 5, 7, 9																					
Y	JP 2016-55319 A（浜松ホトニクス株式会社）21.04.2016（2016 - 04 - 21） 段落[0031]	3																					
Y	JP 2015-24428 A（住友大阪セメント株式会社）05.02.2015（2015 - 02 - 05） 段落[0073]-[0076], 図7	10-12																					
A	WO 2013/157606 A1（浜松ホトニクス株式会社）24.10.2013（2013 - 10 - 24） 全文, 全文	1-14																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																							
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</p>																							
<p>国際調査を完了した日</p> <p>15.05.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>30.05.2023</p>																						
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>堀部 修平 2L 9215</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3295</p>																						

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求項の番号
A	CN 108161250 A (SUZHOU DELPHI LASER CO., LTD.) 15.06.2018 (2018 - 06 - 15) 全文, 全図	1-14

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/012269

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2013-43204 A	04.03.2013	(ファミリーなし)	
JP 2019-512397 A	16.05.2019	US 2019/0001434 A1 段落[0046]-[0047], 図1 WO 2017/161284 A1 CN 108700661 A KR 10-2018-0118143 A	
JP 2011-51011 A	17.03.2011	(ファミリーなし)	
JP 2016-55319 A	21.04.2016	US 2017/0259374 A1 段落[0037] WO 2016/039148 A1 EP 3193207 A1 CN 106687852 A	
JP 2015-24428 A	05.02.2015	(ファミリーなし)	
WO 2013/157606 A1	24.10.2013	US 2015/0131142 A1 全文, 全図 CN 104246572 A	
CN 108161250 A	15.06.2018	(ファミリーなし)	