

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5691185号
(P5691185)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int.Cl.	F I
GO 2 B 3/00 (2006.01)	GO 2 B 3/00 A
GO 1 M 11/02 (2006.01)	GO 1 M 11/02 B

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-27062 (P2010-27062)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成22年2月10日 (2010.2.10)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2011-164360 (P2011-164360A)		東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(43) 公開日	平成23年8月25日 (2011.8.25)	(74) 代理人	100077919
審査請求日	平成25年2月1日 (2013.2.1)		弁理士 井上 義雄
		(72) 発明者	大瀧 達朗
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		審査官	大森 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンズアレイ、波面センサ及び波面収差測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レンズエレメントを二次元状に複数隣接して配列し、該レンズエレメントの開口が光軸に対して直交するように配置されるレンズアレイにおいて、

前記レンズエレメントは、前記開口が正の屈折力を有し、かつ、前記レンズエレメントの平面形状は、少なくとも一部が曲線からなり、

全ての前記レンズエレメントが互いに同一の平面形状を有し、

前記レンズエレメントの平面形状は、曲線からなる辺が対向して配置された多角形状をしていることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項 2】

レンズエレメントを二次元状に複数隣接して配列し、該レンズエレメントの開口が光軸に対して直交するように配置されるレンズアレイにおいて、

前記レンズエレメントは、前記開口が正の屈折力を有し、かつ、前記レンズエレメントの平面形状は、少なくとも一部が曲線からなり、

全ての前記レンズエレメントが互いに同一の平面形状を有し、

前記レンズエレメントの平面形状は、曲線からなる辺が隣接して配置された多角形状をしていることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載のレンズアレイにおいて、前記レンズエレメントは少なくとも光軸方向に平行する面の断面形状が前記開口の全面にわたって突弧状に盛り上げられ

10

20

た形状に形成されることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のレンズアレイにおいて、前記開口の断面形状が一面のみ突弧状に盛り上げられることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項 5】

請求項 3 に記載のレンズアレイにおいて、前記開口の断面形状が両面とも突弧状に盛り上げられることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のレンズアレイを備え、前記レンズエレメントの各焦点の位置に撮像素子を設けたことを特徴とする波面センサ。

10

【請求項 7】

請求項 6 に記載の波面センサを備えることを特徴とする波面収差測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、レンズアレイ、波面センサ及び波面収差測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

波面収差の測定の方法としてシャック・ハルトマン型センサが知られている。例えば、鶴田匡夫著「第4 光の鉛筆」（新技術コミュニケーションズ、1997年、212頁）に波面測定センサの代表例としての解説がある。

20

【0003】

従来のシャック・ハルトマン型センサでは、レンズアレイを構成するレンズエレメントの微小開口の形状が円形、四角形のものが一般的である。

【0004】

また、レンズエレメントとしては、焦点距離が例えば10mmである比較的短い凸レンズが用いられ、各レンズエレメントの微小開口が光軸と直交する方向に平面的に並んでいる。微小開口の大きさに相当するレンズエレメントの直径は分割するサイズに依って異なるが、一般に1mm以下である。

【0005】

30

このため制作方法としては、例えば特許第4296779号にあるように、フォトリソストをエッチングマスクとして用いて微小なレンズアレイを作成する方法が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第4296779号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

40

レンズアレイを構成するレンズエレメントの微小開口の形状が円形の場合、波面収差の測定に使用できない不感部分ができるために光量に損失が生じる。

【0008】

シャック・ハルトマン型センサでは光束を細分化するため、光量の損失が発生すると感度が低下する難がある。

【0009】

また、従来のようにレンズエレメントの微小開口の外周の辺が直線である多角形の場合は、その辺に対して回折による規則的なスポット形状の光芒が生じるため、計測誤差の要因となる。

【0010】

50

本願発明では上記問題を解消し、光量を有効に利用し、かつ、誤差要因となる回折光の影響を抑えて測定することができるレンズアレイ、波面センサ及び波面収差測定装置を供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願発明を例示する第一の態様によるレンズアレイは、レンズエレメントを二次元状に複数隣接して配列し、該レンズエレメントの開口が光軸に対して直交するように配置されるレンズアレイにおいて、前記レンズエレメントは、前記開口が正の屈折力を有し、かつ、前記レンズエレメントの平面形状は、少なくとも一部が曲線からなり、全ての前記レンズエレメントが互いに同一の平面形状を有し、前記レンズエレメントの平面形状は、曲線からなる辺が対向して配置された多角形状をしていることを特徴とする。

10

本願発明を例示する第二の態様によるレンズアレイは、レンズエレメントを二次元状に複数隣接して配列し、該レンズエレメントの開口が光軸に対して直交するように配置されるレンズアレイにおいて、前記レンズエレメントは、前記開口が正の屈折力を有し、かつ、前記レンズエレメントの平面形状は、少なくとも一部が曲線からなり、全ての前記レンズエレメントが互いに同一の平面形状を有し、前記レンズエレメントの平面形状は、曲線からなる辺が隣接して配置された多角形状をしていることを特徴とする。

【0012】

本願発明を例示する第三の態様による波面センサは、第一の態様によるレンズアレイ又は第二の態様によるレンズアレイを備え、前記レンズエレメントの各焦点の位置に撮像素子を設けたことを特徴とする。

20

本願発明を例示する第四の態様による波面収差測定装置は、第三の態様による波面センサを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本願発明によれば、光量を有効に利用し、かつ、誤差要因となる回折光の影響を抑えて測定することができるレンズアレイ、波面センサ及び波面収差測定装置を供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

30

【図1】本願発明の実施の形態によるレンズアレイを示す概略平面図である。

【図2】(A)は図1のII部拡大図、(B)は(A)の右側面図である。

【図3】(A)は本願発明の実施の形態によるレンズアレイを用いた波面センサを示す部分拡大平面図、(B)は(A)の右側面図である。

【図4】本願発明の実施の形態による波面センサを備えた波面収差測定装置を示す概略平面図である。

【図5】(A)は本願発明の他の実施の形態によるレンズアレイを示す部分拡大平面図、(B)は(A)の右側面図である。

【図6】(A)は本願発明のさらに他の実施の形態によるレンズアレイを示す部分拡大平面図、(B)は本願発明のまたさらに他の実施の形態によるレンズアレイを示す部分拡大平面図である。

40

【図7】本願発明の実施の形態によるレンズアレイの効果を説明する図で、(A)はレンズアレイの部分拡大平面図、(B)は(A)の右側面図、(C)は縦軸を位置とし横軸を光の強度とした図である。

【図8】比較例としてのレンズアレイの図で、(A)はレンズアレイの部分拡大平面図、(B)は(A)の右側面図、(C)は縦軸を位置とし横軸を光の強度とした図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

次に、本願発明の実施の形態を示す図面に基づき、レンズアレイ、波面センサ及び波面

50

収差測定装置をさらに詳しく説明する。なお、便宜上同一の機能を奏する部分には同一の符号を付してその説明を省略する。

【0016】

図1乃至図4において、1はレンズアレイである。レンズアレイ1はレンズエレメント3を二次元状に多数隣接して配列してなる。上記各レンズエレメント3の各微小開口5は矢示する光軸に対し直交に設けられる。上記各レンズエレメント3の微小開口5は、夫々、正の屈折力を有し、かつ、外周辺が4個3a、3b、3c、3dの四角形状体に形成される。上記レンズエレメント3は光軸方向に平行する面の断面形状が入射面のみ上記微小開口5の全部にわたって突弧状に盛り上げられて形成され、外周辺3a、3b、3c、3dがいずれも曲線からなる。そして対向する外周辺3aと外周辺3cとが夫々外側に向かう突弧状及びこれに対応する内側に向かう凹弧状に形成され、外周辺3bと外周辺3dとが夫々外側に向かう突弧状及びこれに対応する内側に向かう凹弧状に形成される。

10

【0017】

各レンズエレメント3の配列につき、図2(A)に示すように、奇数列目例えば1列目 m_1 と3列目 m_3 では、隣接する各レンズエレメント3は、レンズエレメント3Aとレンズエレメント3A'とが上下方向に180°回転し裏表が反転するように配列され、偶数列目例えば2列目 m_2 と4列目 m_4 では、隣接する各レンズエレメント3は、レンズエレメント3B'とレンズエレメント3Bとが上下方向に180°回転し裏表が反転するように配列される。

【0018】

20

また、奇数行目例えば1行目 n_1 と3行目 n_3 では、隣接する各レンズエレメント3は、レンズエレメント3Aとレンズエレメント3Bとが左右方向に180°回転し裏表が反転するように配列され、偶数行目例えば2行目 n_2 と4行目 n_4 では、隣接する各レンズエレメント3は、レンズエレメント3A'とレンズエレメント3B'とが左右方向に180°回転し裏表が反転するように配列される。

【0019】

レンズアレイ1は、このように素子の形状が同一のレンズエレメント3を二次元状に多数隣接して配列してなるため、各レンズエレメント3間は隙間なく接している。

【0020】

上記レンズアレイ1を用いて波面センサ10を構成する場合を図3に示す。この場合、レンズアレイ1の各レンズエレメント3の焦点には電荷結合素子(CCD)からなる撮像素子7が設けられる。

30

【0021】

図4は、上記波面センサ10を備えた波面収差測定装置40である。該波面収差測定装置40において、次に述べる各部は光学的・電氣的に接続されている。即ち、図示しない光源からファイバ41にて導かれた光束Lがレンズ42にてコリメートされ、被検レンズ43に投射される。投射された光束Lは被検レンズ43で集光された後、発散光がレンズ44によりコリメートされ、上記したレンズアレイ1にて分割集光される。次いで集光された光束Lは、波面収差に応じた位置で結像され、上記した撮像素子7で結像位置Mが計測される。この計測データはデータ記憶装置47で記録され、さらに分析装置48で解析されて表示装置49に表示される。

40

【0022】

図5は本願発明によるレンズアレイの他の実施の形態であり、図1のII部を拡大した状態を示す。この場合のレンズアレイ1は6辺13a~13fを有する六角形状体に形成される。いずれの外周辺13a~13fも円弧状であって、隣接する辺13a、13b、13cが夫々外側に向かう同一の突弧状に、また隣接する辺13d、13e、13fが夫々内側に向かう同一の凹弧状に形成される。

【0023】

図5の実施の形態において、レンズエレメント13の配列の仕方は、図5(A)に示すように、m方向に並べる各列及びn方向に並べる各行のいずれも隣接する各レンズエレ

50

ント 1 3 は同一の向きに配列される。その余の構成は、前記実施の形態と同様、各レンズエレメント 1 3 が二次元状に多数隣接して配列され、各微小開口 1 5 が光軸に対し直交に設けられ、各微小開口 1 5 が夫々正の屈折力を有し、各レンズエレメント 1 3 の形状が同一である。

【 0 0 2 4 】

図 5 の実施の形態の場合は、レンズエレメント 1 3 の辺が 6 辺からなり、円形により近似するため、図 2 の実施の形態の場合より、回折光の影響がより少ない計測をすることができる。

【 0 0 2 5 】

図 6 は本願発明によるレンズアレイの外周辺を奇数辺としたさらに他の実施の形態であり、図 1 の I I 部を拡大した状態を示す。

10

【 0 0 2 6 】

図 6 (A) は各レンズエレメント 2 3 が 3 個の辺 2 3 a、2 3 b、2 3 c を有する三角形状体に形成される。外周辺 2 3 a は内側に向かう凹弧状に、外周辺 2 3 b は外側に向かう突弧状に、外周辺 2 3 c は外側に向かう突弧状に形成されている。

【 0 0 2 7 】

各レンズエレメント 2 3 の配列につき、m 方向に並べる各列及び n 方向に並べる各行のいずれも隣接する各レンズエレメント 2 3 は逆の向きに配列される。その余の構成は、前記実施の形態と同様、各レンズエレメント 2 3 が二次元状に多数隣接して配列され、各微小開口 2 5 が光軸に対し直交に設けられ、各微小開口 2 5 が夫々正の屈折力を有し、各レンズエレメント 2 3 の形状が同一である。

20

【 0 0 2 8 】

図 6 (B) は、各レンズエレメント 3 3 が 5 個の辺 3 3 a ~ 3 3 e を有する五角形状体に形成される。該 5 個の辺 3 3 a ~ 3 3 e は交互に外方又は内方に向かう弧状の曲線からなる。即ち、レンズエレメント 3 3 A につき、外周辺 3 3 a は外側に向かう突弧状に、外周辺 3 3 b は内側に向かう凹弧状に、外周辺 3 3 c は外側に向かう突弧状に、外周辺 3 3 d は内側に向かう凹弧状に、外周辺 3 3 e は外側に向かう突弧状に形成される。該レンズエレメント 3 3 A に隣接される 3 3 A' は弧状に形成される外周辺の内側又は外側に向く向きが、上記レンズエレメント 3 3 A の向きとは反対になるように形成される。各レンズエレメント 3 3 の配列につき、m 方向に並べられる各列の各レンズエレメント 3 3 は、矢印 n 方向に隣接する素子同士、例えばレンズエレメント 3 3 A とレンズエレメント 3 3 A' とは同一の向きに配列される。また奇数列目と偶数列目例えば 1 列目と 2 列目ごと、3 列目と 4 列目ごとのように組が形成され、各組ごとに矢印 m 方向に隣接する素子同士、例えばレンズエレメント 3 3 A とレンズエレメント 3 3 B とが逆の向きに配列される。その余の構成は、前記実施の形態と同様、各レンズエレメント 3 3 が二次元状に多数隣接して配列され、各微小開口 3 5 が光軸に対し直交に設けられ、各微小開口 3 5 が夫々正の屈折力を有し、各レンズエレメント 3 3 の形状が同一である。

30

【 0 0 2 9 】

ここで図 7 及び図 8 に基づき、回折光による測定誤差について述べる。

【 0 0 3 0 】

40

図 7 に示すように、本願発明においてはレンズエレメント 3 の外周辺が曲線からなるため、外周辺が直線からなる場合に比し、回折光 5 0 が分散され、局所的に生じる回折光である ± 1 次光 5 0 a が減少する。よって図 7 (C) に示すように、 ± 1 次光 5 0 a の強度が小となり、回折光の影響を抑制することができ、計測誤差を可及的に防止することができる。

【 0 0 3 1 】

この点につき、図 8 に示すように、レンズエレメント 3 0 の外周辺が直線から構成される場合には、回折光 5 0 の影響が強くなり生ずるため、強度が大きい ± 1 次光 5 0 b により結像位置 M' に誤差が生じ易いのである。

【 0 0 3 2 】

50

本願発明によるレンズアレイ 1 は上記した実施の形態に制限されることはない。例えば、辺をなす外周辺のすべては曲線である必要はなく、少なくとも 2 箇の外周辺が曲線であれば足りる。

【 0 0 3 3 】

レンズエレメントの外周辺の曲線は任意であり、突弧状、凹弧状だけでなく、波状その他の曲線形状であっても、隣接する他の外周辺と隙間なく接することができるものであれば形状の如何を問わない。

【 0 0 3 4 】

また、レンズエレメントの外周辺の曲線は上記実施の形態のように規則的なものであってもよいが、規則性のないものであっても、各レンズエレメント間が隙間なく接することができるものであればよい。

10

【 0 0 3 5 】

また、レンズエレメントの外周辺の頂点部には多少のアールの存在が許される。しかし、この場合、光量の損失が生ずるため、頂点部にアールを設けない上記実施の形態のようにするのが望ましい。

【 0 0 3 6 】

また、上記微小開口の断面形状は入射面だけでなく、その反対側の面も突弧状に盛り上げられてもよい。

【 0 0 3 7 】

さらに、レンズエレメントは 7 辺以上からなる多角形状体であってもよい。また、撮像素子としては、CCD の外に、撮像管、CMOS が考えられる。

20

【 0 0 3 8 】

また、レンズエレメントは少なくとも光軸方向に平行する面の断面形状が前記微小開口の全面にわたって突弧状に盛り上げられた形状に形成されてもよい。

【 0 0 3 9 】

また、二次元状に隣接して配列される多数のレンズエレメントがいずれもその平面形状が同一であってもよい。

【 0 0 4 0 】

また、微小開口の対向する辺が曲線からなっているもよい。

【 0 0 4 1 】

30

また、微小開口の隣接する辺が曲線からなっているもよい。

【 0 0 4 2 】

また、微小開口の断面形状が一面のみ突弧状に盛り上げられていてもよい。

【 0 0 4 3 】

また、微小開口の断面形状が両面とも突弧状に盛り上げられていてもよい。

【 0 0 4 4 】

以上のように、レンズエレメントの配列につき、各レンズエレメントはいずれもその平面形状が同一であるため相互に隙間なく接することができるから、波面収差の測定に使用できない不感部分を生じない。よって光量の損失が防止され、光量の確保をすることができるから、感度の低下を防止する効果がある。

40

【 0 0 4 5 】

また、各レンズエレメントの微小開口の外周辺が円弧状の曲線からなるため、一次回折リングなどの強度が少なく、このため、回折光の影響を抑制することができる。よって計測誤差を可及的に防止することができる。

【 0 0 4 6 】

さらに、計測誤差を減少することができるため、焦点距離を短小化することができ、各レンズエレメントの薄型化及びこれによる装置全体の薄型化に寄与する。

【 0 0 4 7 】

また、回折光の影響が少ないことから、レンズエレメントの微小開口と焦点距離の割合を変えて口径比を大きくできるため、波面計測精度を高める効果がある。

50

【産業上の利用可能性】

【0048】

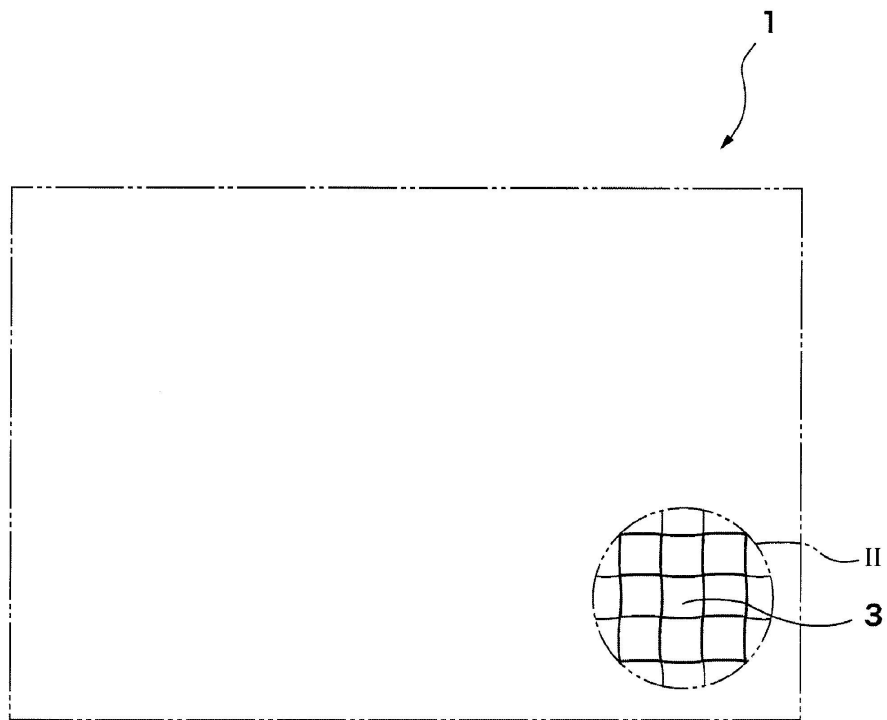
本願発明によるレンズアレイは、波面センサ、波面収差測定装置だけでなく、例えば望遠鏡、カメラ、コピー機、ファクシミリ機、プリンタ等の光学機器一般に利用することができる。

【符号の説明】

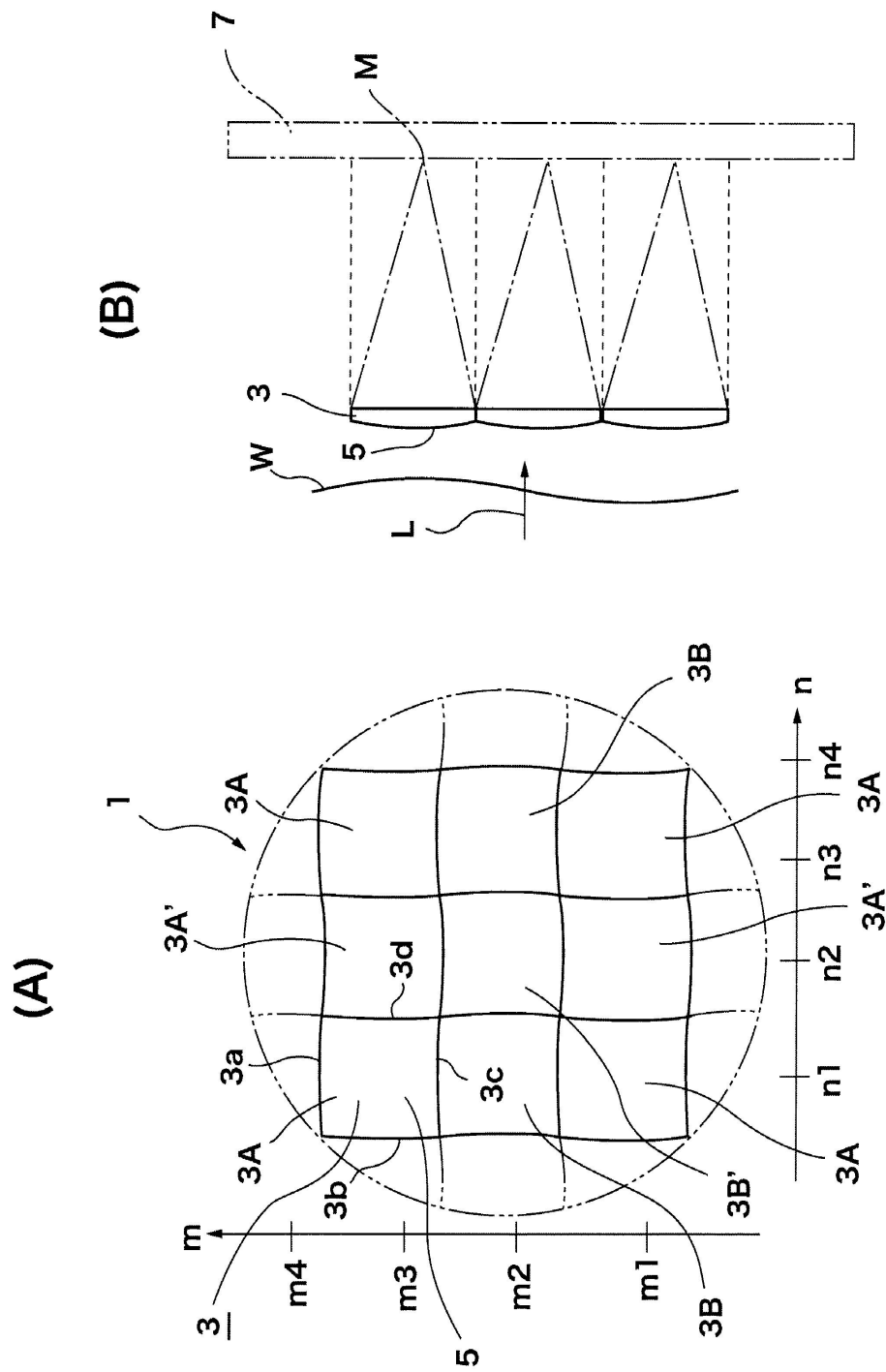
【0049】

1	レンズアレイ	
3	レンズエレメント	
3 a	外周辺	10
3 b	外周辺	
3 c	外周辺	
3 d	外周辺	
5	微小開口	
7	撮像素子	
10	波面センサ	
13	レンズエレメント	
13 a	外周辺	
13 b	外周辺	
13 c	外周辺	20
13 d	外周辺	
13 e	外周辺	
13 f	外周辺	
15	微小開口	
23	レンズエレメント	
23 a	外周辺	
23 b	外周辺	
23 c	外周辺	
25	微小開口	
33	レンズエレメント	30
33 a	外周辺	
33 b	外周辺	
33 c	外周辺	
33 d	外周辺	
33 e	外周辺	
35	微小開口	
40	波面収差測定装置	
41	ファイバ	
42	レンズ	
43	被検レンズ	40
44	レンズ	
47	データ記憶装置	
48	分析装置	
49	表示装置	
50	回折光	
50 a	± 1 次光	
50 b	± 1 次光	
L	光束	
M	結像位置	
W	波面	50

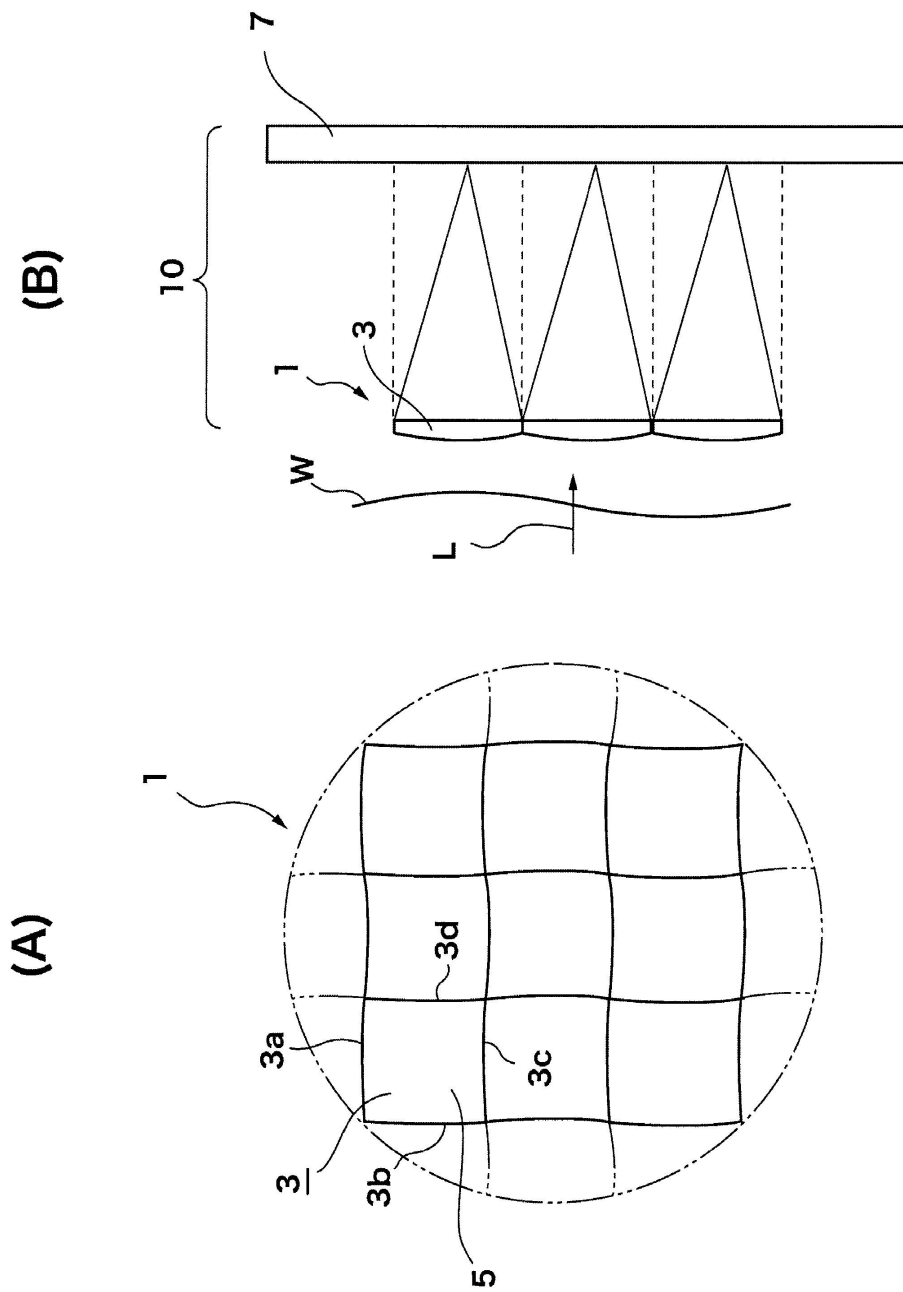
【図 1】



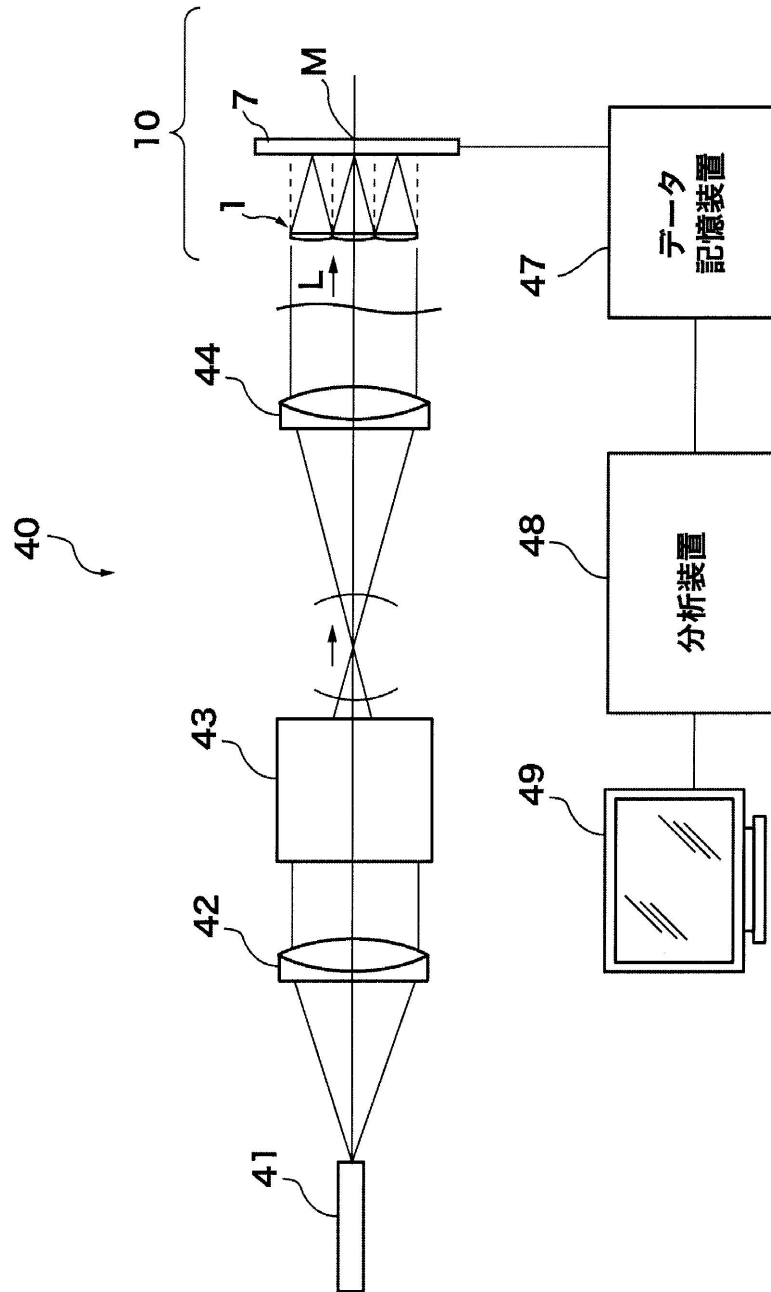
【図2】



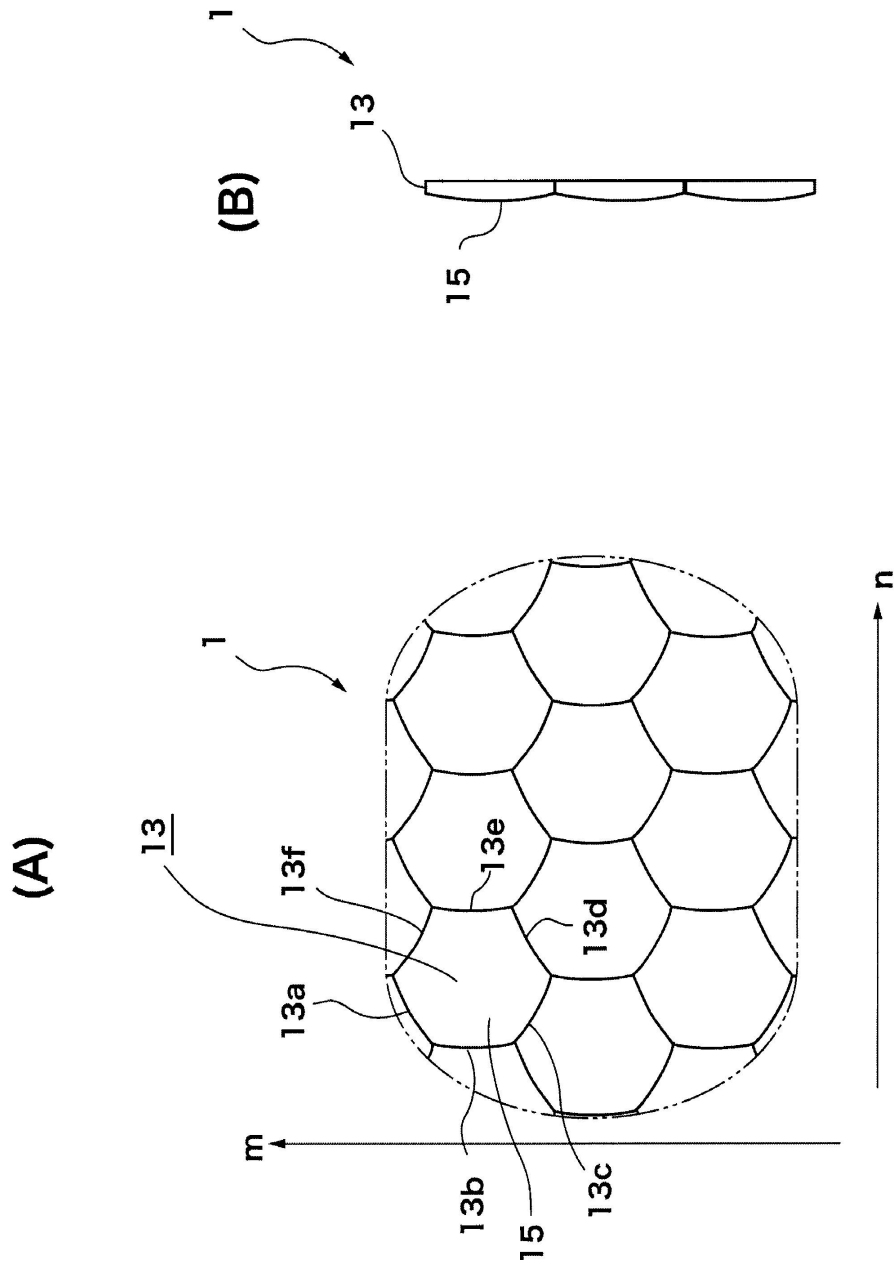
【図 3】



【図4】

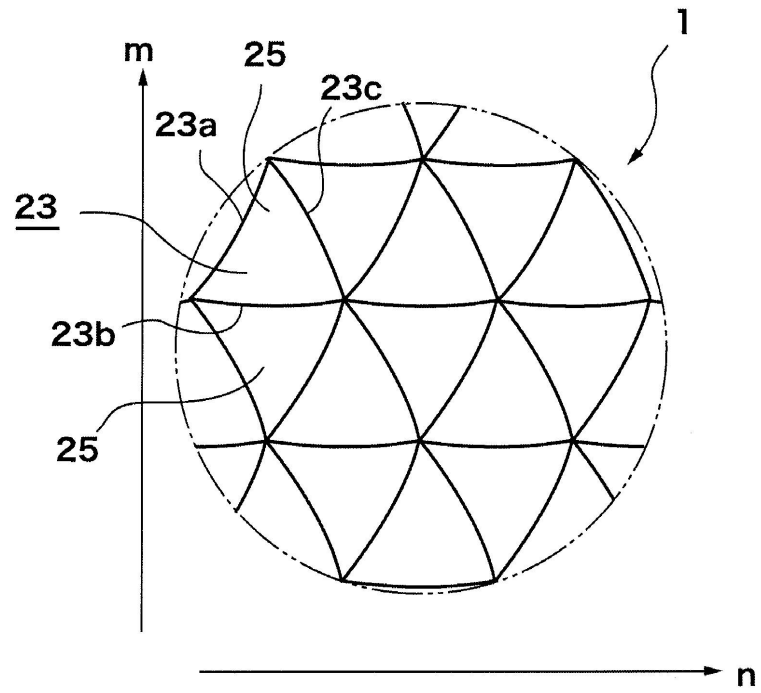


【図5】

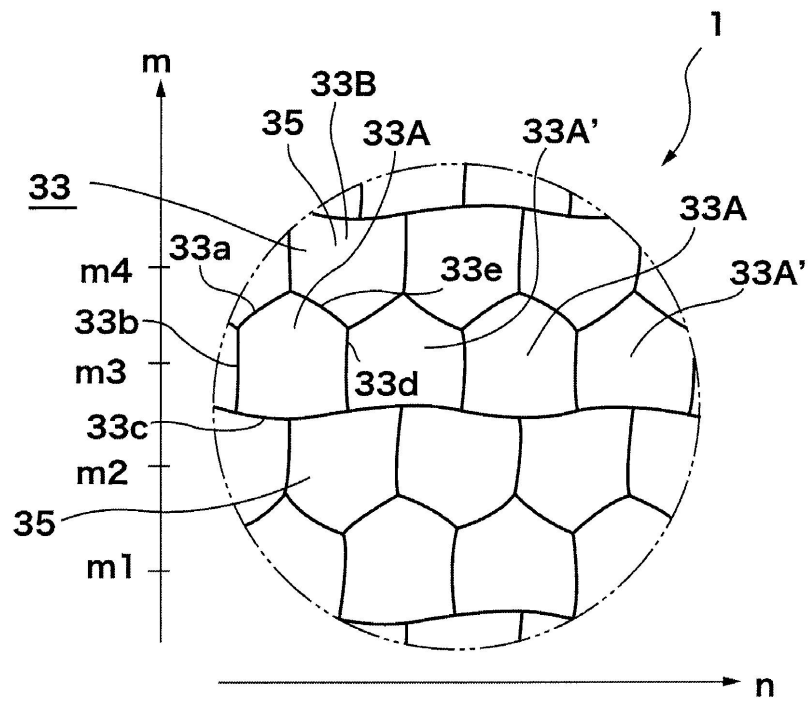


【図 6】

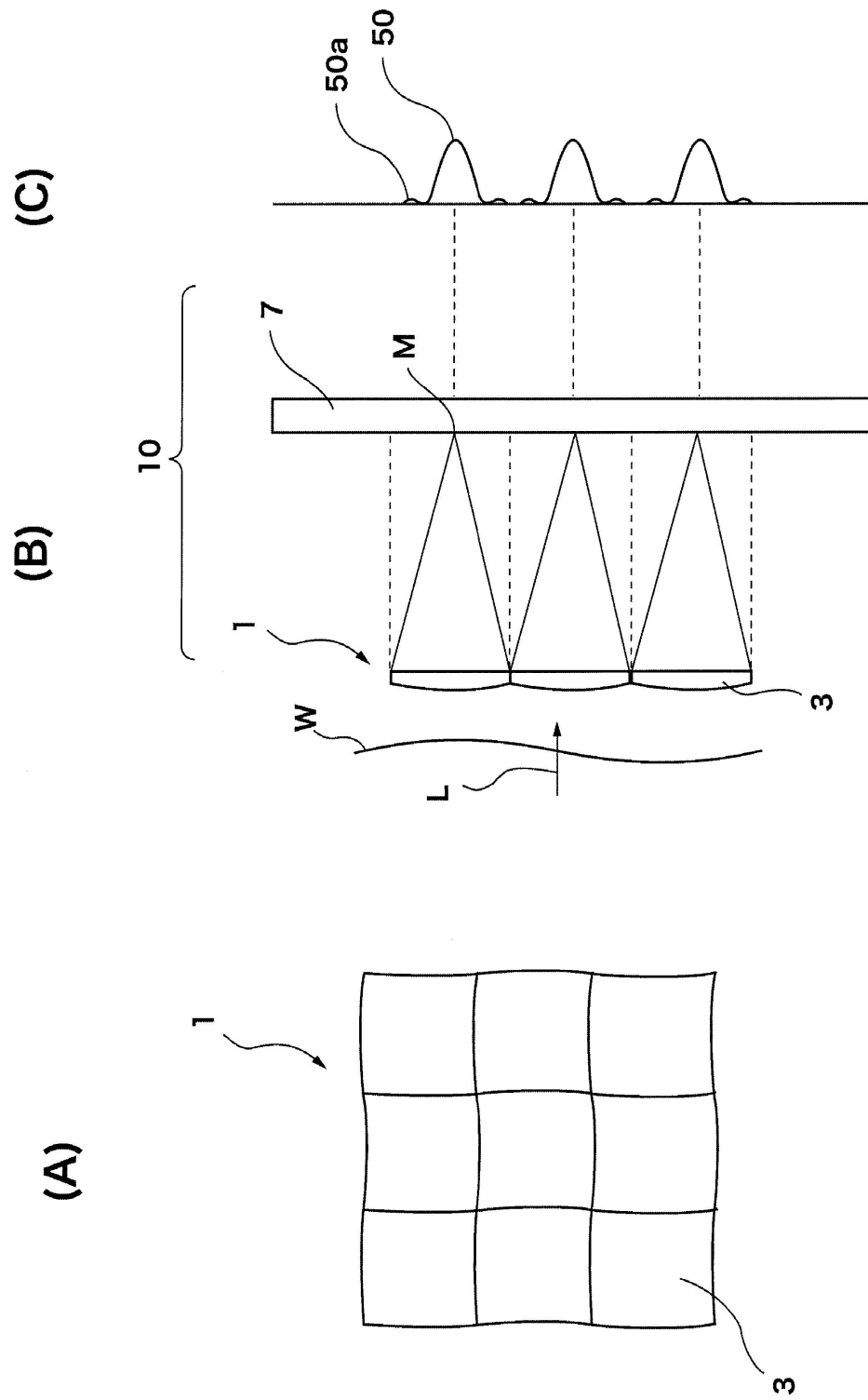
(A)



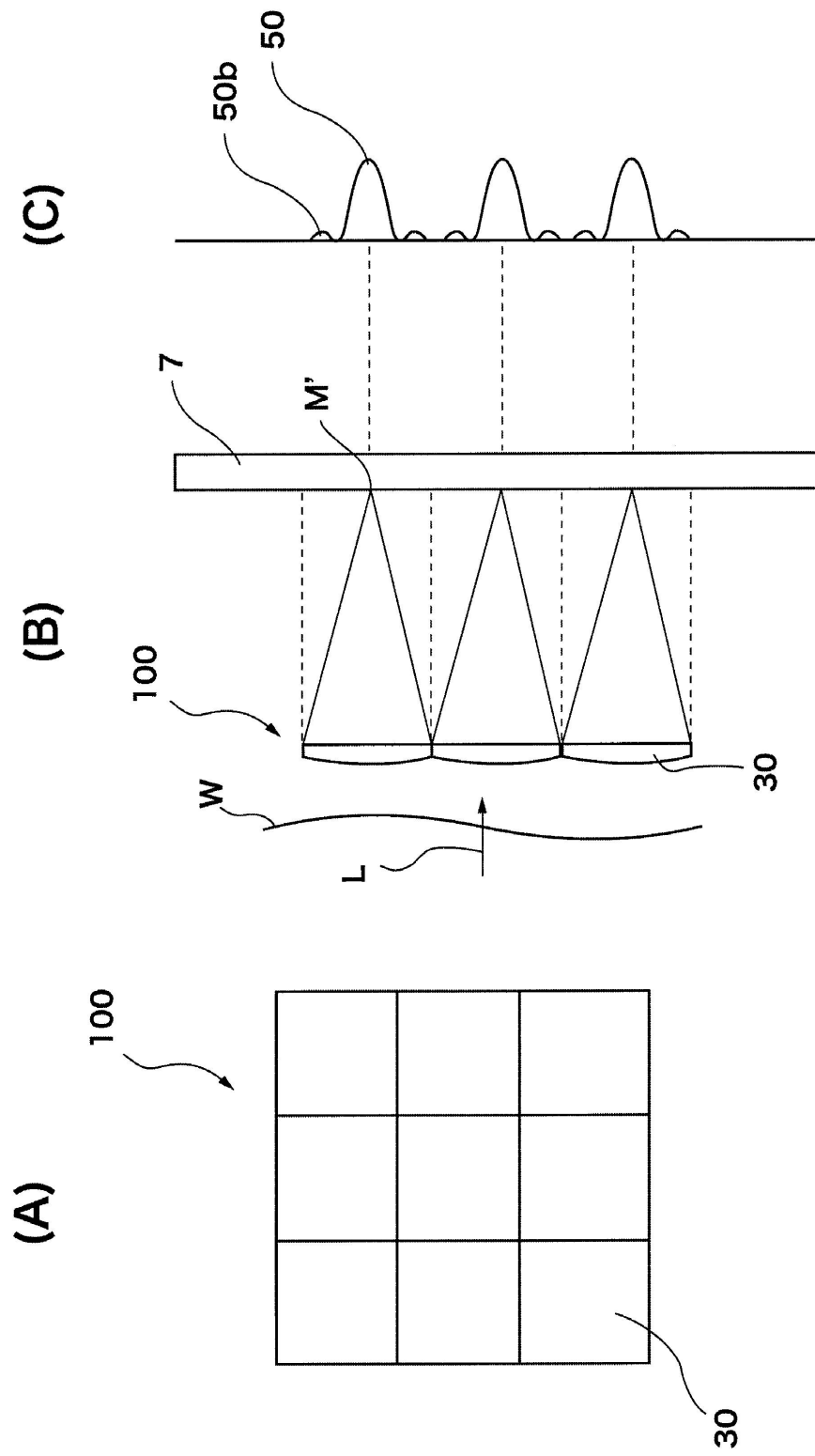
(B)



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-163263(JP,A)
特開2006-215400(JP,A)
特開平06-265881(JP,A)
特開2011-085658(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 3/00
G01M 11/02