

(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2004-62156
(P2004-62156A)

(43) 公開日 平成16年2月26日(2004.2.26)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G03F 7/20	G03F 7/20 505	2H037
G02B 3/00	G02B 3/00 A	2H046
G02B 6/04	G02B 6/04 B	2H097
G02B 6/42	G02B 6/42	5F046
G02B 27/18	G02B 27/18 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2003-154931 (P2003-154931)	(71) 出願人	000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(22) 出願日	平成15年5月30日(2003.5.30)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(31) 優先権主張番号	特願2002-167404 (P2002-167404)	(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
(32) 優先日	平成14年6月7日(2002.6.7)	(74) 代理人	100085279 弁理士 西元 勝一
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100099025 弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	砂川 寛 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
最終頁に続く			

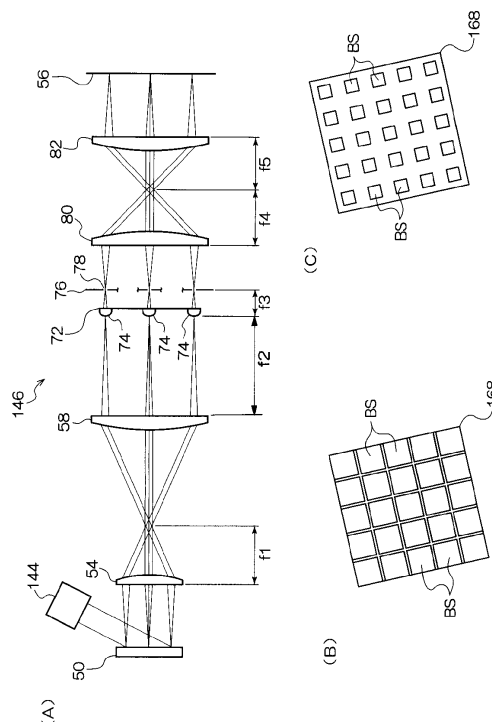
(54) 【発明の名称】 露光ヘッド及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 照明手段のレーザー出射部から出射されたレーザービームの利用効率の低下を抑制すると共に、被露光面を所望のスポット径及びスポット形状のビームスポットにより露光する。

【解決手段】 露光ヘッド166には、第1マイクロレンズ74がDMD50における各マイクロミラーと対応するように2次元的に配列されると共に、アパーチャレイ76のアパーチャ78が第1マイクロレンズ74の後方焦点位置に2次元的に配列されている。露光ヘッド166では、第1マイクロレンズ74により後方焦点位置に形成される縮小された光源像をレンズ系80, 82により被露光面56へ投影し、この光源像をビームスポットBSとして被露光面56を露光する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

露光面を複数本のレーザービームにより 2 次元的に露光するための露光ヘッドであって、レーザー出射部からレーザービームを出射する照明手段と、制御信号に応じて光変調状態がそれぞれ変化する複数個の画素部が 2 次元的に配列され、前記レーザー出射部から入射したレーザービームを前記画素部により露光状態及び非露光状態の何れかに変調する空間光変調素子と、前記空間光変調素子における各画素部の像をそれぞれ結像する第 1 の光学系と、前記複数個の画素部と対応するように 2 次元的に配列され、前記複数個の画素部の結像位置にそれぞれ支持される複数の第 1 のマイクロレンズとを有し、前記第 1 のマイクロレンズの後方焦点位置に形成される前記レーザー出射部の光源像を前記露光面へ投影し、該光源像をビームスポットとして前記露光面を露光することを特徴とする露光ヘッド。

10

【請求項 2】

前記複数の第 1 のマイクロレンズによりそれぞれ結像される光源像の集合である光源像群を前記露光面上に結像する第 2 の光学系を有することを特徴とする請求項 1 記載の露光ヘッド。

【請求項 3】

前記第 1 のマイクロレンズの後方焦点位置付近に、前記露光面におけるビームスポットのスポット径及びスポット形状に対応する開口径及び開口形状を有するアパーチャを配置したことを特徴とする 1 又は 2 記載の露光ヘッド。

20

【請求項 4】

前記第 1 のマイクロレンズの後方焦点位置に、正のレンズパワーを有する第 2 のマイクロレンズを配置したことを特徴とする請求項 3 記載の露光ヘッド。

【請求項 5】

前記レーザー出射部における光軸直角方向に沿った輪郭形状を、前記露光面におけるビームスポットの形状に対応する形状としたことを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の露光ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の露光ヘッドと、前記露光ヘッドを前記複数の画素部の配列方向が前記露光面に対する走査方向に対して傾くように支持すると共に、前記露光ヘッドを前記露光面に対する露光時に前記走査方向へ相対移動させる移動手段と、を有することを特徴とする露光装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像データに応じて空間光変調素子により空間変調された光ビームにより感光材料等における露光面を露光するための露光ヘッド及び、この露光ヘッドを備えた露光装置に関する。

40

【0002】

【従来技術】

従来、デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)等の空間光変調素子を利用して、画像データに応じて変調された光ビームで画像露光を行う露光装置が種々提案されている。

【0003】

例えば、DMDとしては、制御信号に応じて反射面の角度が変化する多数のマイクロミラーが、シリコン等の半導体基板上に 2 次元的に配列されたミラーデバイスが用いられ、この DMD を用いた露光装置は、図 19 に示すように、レーザービームを出射する光源 1、光源 1 から出射されたレーザービームをコリメートするレンズ系 2、レンズ系 2 の略焦点位置

50

に配置された D M D 3、D M D 3 で反射されたレーザビームを露光面 5 上に結像するレンズ系 4、6 から構成されている。なお、D M D 3 は反射型の空間光変調素子であるが、なお、図 19 では、説明を簡単にするため、レーザビームが偏向されることなく D M D 3 から露光面 5 側へ出射されるように示されている。

【0004】

この露光装置では、画像データ等に応じて生成した制御信号によって、D M D 3 のマイクロミラーの各々を図示しない制御装置でオンオフ制御してレーザビームを変調（偏向）し、変調されたレーザビームにより露光面を露光している。ここで、レンズ系 4、6 は拡大光学系として構成されており、マイクロミラーが配置された D M D 3 の表面部に対して露光面 5 での露光面積を拡大している。

10

【0005】

また、上記のような露光装置では、通常、D M D におけるマイクロミラーと露光面 5 6 とが互いに共役とされ、レンズ系 4、6 によりマイクロミラーによる反射光像が露光面 5 へ結像され、この反射光像をビームスポットとして露光面 5 を露光する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、レンズ系 4、6 により D M D 3 の表面部の面積に対して露光面 5 に対する露光エリアの面積を拡大すると、その拡大率に応じて露光面 5 におけるビームスポットの面積（スポット径）も拡大するため、露光面 5 における M T F (M o d u l a t i o n T r a n s f e r F u n c t i o n) 特性が露光面積の拡大率に応じて低下する。

20

【0007】

そこで、上記のような露光装置には、D M D 3 とレンズ系 4 との間に所要のスポット径に対応する開口率を有する複数のアパーチャを設け、このアパーチャにより D M D 3 のマイクロミラーにより変調されたレーザビーム（光線束）の一部を遮蔽することにより、露光面 5 におけるスポット径を所望のサイズに調整すると共に、ビームスポットの形状（スポット形状）を所望の形状に整形するものがある。しかし、上記のような露光装置では、露光面 5 におけるスポット径をアパーチャにより調整した場合には、スポット径に対する縮小率が増加するに従って、光源 1 から出射されたレーザビームの光利用効率が低下し、またアパーチャによりスポット形状をマイクロミラーの反射光像と大きく異なるものに整形した場合にも、光源 1 から出射されたレーザビームの光利用効率が大幅に低下する。

30

【0008】

本発明の目的は、上記事実を考慮して、照明手段のレーザー出射部から出射されたレーザビームの利用効率の低下を抑制すると共に、露光面を所望のスポット径及びスポット形状のビームスポットにより露光できる露光ヘッド及び露光装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明に係る請求項 1 記載の露光ヘッドは、露光面を複数本のレーザビームにより 2 次元的に露光するための露光ヘッドであって、レーザー出射部からレーザビームを出射する照明手段と、制御信号に応じて光変調状態がそれぞれ変化する複数個の画素部が 2 次元的に配列され、前記レーザー出射部から入射したレーザビームを前記画素部により露光状態及び非露光状態の何れかに変調する空間光変調素子と、前記空間光変調素子における各画素部の像をそれぞれ結像する第 1 の光学系と、前記複数個の画素部と対応するように 2 次元的に配列され、前記複数個の画素部の結像位置にそれぞれ支持される複数の第 1 のマイクロレンズとを有し、前記第 1 のマイクロレンズの後方焦点位置に形成される前記レーザー出射部の光源像を前記露光面へ投影し、該光源像をビームスポットとして前記露光面を露光することを特徴とする。

40

【0010】

上記請求項 1 記載の露光ヘッドでは、第 1 のマイクロレンズを空間光変調素子における複数個の画素部と対応するように 2 次元的に配列すると共に、複数個の画素部の結像位置にそれぞれ支持し、この第 1 のマイクロレンズの焦点面に形成される光源像を露光面へ投影

50

して露光面を露光することにより、空間光変調素子の各画素部により露光状態に変調されたレーザビームのビーム径を第1のマイクロレンズにより縮小及び拡大できるので、例えば、第1の光学系を拡大光学系として、この第1の光学系により露光面に対する露光エリアの面積が空間光変調素子の表面部に対して拡大された場合でも、正のレンズパワーを有する第1のマイクロレンズを用いれば、露光面に投影されるビームスポットのビーム径を縮径することが可能になり、被露光領域におけるMTF特性の低下を防止できる。

【0011】

また請求項1記載の露光ヘッドでは、レーザー出射部の光源像を露光面へ投影し、この光源像をビームスポットとして露光面を露光することから、例えば、DMDを空間光変調素子として用いた場合には、DMDにおけるマイクロミラーの反射面中央部に形成される穴状の非反射部の影響により露光面に投影されるビームスポットの中央部の光量分布が低下することを防止でき、均一な光量分布を有するビームスポットにより露光面を露光できる。

10

【0012】

本発明に係る請求項2記載の露光ヘッドは、請求項1記載の露光ヘッドにおいて、前記複数の第1のマイクロレンズによりそれぞれ結像される光源像の集合である光源像群を前記露光面上に結像する第2の光学系を有することを特徴とする。

【0013】

本発明に係る請求項3記載の露光ヘッドは、請求項1又は2記載の露光ヘッドにおいて、前記第1のマイクロレンズの後方焦点位置付近に、前記露光面におけるビームスポットのスポット径及びスポット形状に対応する開口径及び開口形状を有するアパーチャを配置したことを特徴とする。

20

【0014】

上記請求項3記載の露光ヘッドによれば、後方焦点位置付近に配置されたアパーチャが露光面におけるビームスポットのスポット径及びスポット形状に対応する開口径及び開口形状を有することにより、第1のマイクロレンズから出射されたレーザビームにおける散乱光、回折光等のノイズ成分となる光をアパーチャにより遮断できるので、露光面に投影されるビームスポットを所要のスポット形状に精度良く整形でき、かつビームスポットの外側にノイズ成分となる光が投影されることを防止できる。

【0015】

本発明に係る請求項4記載の露光ヘッドは、請求項3記載の露光ヘッドにおいて、前記第1のマイクロレンズの後方焦点位置に、正のレンズパワーを有する第2のマイクロレンズを配置したことを特徴とする。

30

【0016】

上記請求項4記載の露光ヘッドによれば、後方焦点位置に配置された第2のマイクロレンズにより第1のマイクロレンズのアパーチャ(後方焦点位置)を通過した光線束の広がり角を減少できるので、第1のマイクロレンズのみを用いる場合と比較し、アパーチャを通過した光線束の広がり角の増加に従って増加する露光面におけるビームスポットの焦点深度劣化を効果的に抑制できる。

【0017】

本発明に係る請求項5記載の露光ヘッドは、請求項1、2、3又は4記載の露光ヘッドにおいて、前記レーザー出射部における光軸直角方向に沿った輪郭形状を、前記露光面におけるビームスポットの形状に対応する形状としたことを特徴とする。

40

【0018】

上記請求項5記載の露光ヘッドによれば、レーザー出射部の輪郭形状に略相似する輪郭形状を有するビームスポットとして露光面へ投影できるので、露光面を所望のスポット形状を有するビームスポットにより露光できる。

【0019】

本発明に係る請求項6記載の露光装置は、請求項1、2、3、4又は5記載の露光ヘッドと、前記露光ヘッドを前記複数個の画素部の配列方向が前記露光面に対する走査方向に対

50

して傾くように支持すると共に、前記露光ヘッドを前記露光面に対する露光時に前記走査方向へ相対移動させる移動手段と、を有することを特徴とする。

【0020】

上記請求項6記載の露光装置によれば、走査方向に略直交する方向（行方向）に沿ってj個の画素部が空間光変調素子に配列され、走査方向に略対応する直交する方向（列方向）に沿ってk個の画素部が空間光変調素子に配列されている場合、空間光変調素子の画素部の配列方向が走査方向に対して傾くように露光ヘッドを支持しつつ、露光ヘッドを走査方向へ相対移動させることにより、走査方向に対する画素部の配列方向の傾き角に応じてjの整数倍、すなわち（ $j \times N$ ）本のレーザビームにより露光面における同一走査線上のそれぞれ異なる位置を露光できるようになるので、画素部の配列方向の傾き角を適宜調整することで、露光面に形成される露光パターンの画素密度を所要の密度へ増加でき、また同一走査線上の略同一の位置（ドット）を空間光変調素子の同一列に配置された k/N 個の画素部により変調されたレーザビームにより k/N 回の露光（多重露光）できるので、露光面に形成される露光パターンの解像度も向上できる。

10

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

[露光装置の構成]

本発明の実施の形態に係る露光装置142は、図1に示すように、シート状の感光材料150を表面に吸着して保持する平板状のステージ152を備えている。4本の脚部154に支持された肉厚板状の設置台156の上面には、ステージ移動方向に沿って延びた2本のガイド158が設置されている。ステージ152は、その長手方向がステージ移動方向を向くように配置されると共に、ガイド158によって往復移動可能に支持されている。なお、この露光装置142には、ステージ152をガイド158に沿って駆動するための図示しない駆動装置が設けられている。

20

【0022】

設置台156の中央部には、ステージ152の移動経路を跨ぐようにコ字状のゲート160が設けられている。ゲート160の端部の各々は、設置台156の両側面に固定されている。このゲート160を挟んで一方の側にはスキャナ162が設けられ、他方の側には感光材料150の先端及び後端を検知する複数（例えば、2個）の検知センサ164が設けられている。スキャナ162及び検知センサ164はゲート160に各々取り付けられて、ステージ152の移動経路の上方に固定配置されている。なお、スキャナ162及び検知センサ164は、これらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

30

【0023】

スキャナ162は、図2及び図3（B）に示すように、m行n列（例えば、3行5列）の略マトリックス状に配列された複数（例えば、14個）の露光ヘッド166を備えている。この例では、感光材料150の幅との関係で、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、m行目のn列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド166mnと表記する。

【0024】

露光ヘッド166による露光エリア168は、走査方向を短辺とする矩形状である。従って、ステージ152の移動に伴い、感光材料150には露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域170が形成される。なお、m行目のn列目に配列された個々の露光ヘッドによる露光エリアを示す場合は、露光エリア168mnと表記する。

40

【0025】

また、図3（A）及び（B）に示すように、帯状の露光済み領域170が走査方向と直交する方向に隙間無く並ぶように、ライン状に配列された各行の露光ヘッドの各々は、配列方向に所定間隔（露光エリアの長辺の自然数倍、本実施の形態では2倍）ずらして配置されている。このため、1行目の露光エリア168₁₁と露光エリア168₁₂との間の露光できない部分は、2行目の露光エリア168₂₁と3行目の露光エリア168₃₁とに

50

より露光することができる。

【0026】

露光ヘッド16611~166mn各々は、図4及び図5(A)に示すように、入射された光ビームを画像データに応じて各画素毎に変調する空間光変調素子として、デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)50を備えている。このDMD50は、データ処理部とミラー駆動制御部とを備えた図示しないコントローラに接続されている。このコントローラのデータ処理部では、入力された画像データに基づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50の制御すべき領域内の各マイクロミラーを駆動制御する制御信号を生成する。なお、制御すべき領域については後述する。また、ミラー駆動制御部では、画像データ処理部で生成した制御信号に基づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50における各マイクロミラーの反射面の角度を制御する。なお、この反射面の角度の制御に付いては後述する。

10

【0027】

露光ヘッド166には、図4に示すように、DMD50の光入射側に照明ユニット144が設けられている。この照明ユニット144には、光ファイバの出射端部(発光点)が露光エリア168の長辺方向と対応する方向に沿って一列に配列されたレーザー出射部を備えたファイバアレイ光源66、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザー光を補正してDMD上に集光させるレンズ系67、レンズ系67を透過したレーザー光をDMD50に向けて反射するミラー69がこの順に配置されている。

【0028】

DMD50は、図6に示すように、SRAMセル(メモリセル)60上に、微小ミラー(マイクロミラー)62が支柱により支持されて配置されたものであり、画素(ピクセル)を構成する多数の(例えば、600個×800個)の微小ミラーを格子状に配列して構成されたミラーデバイスである。各ピクセルには、最上部に支柱に支えられたマイクロミラー62が設けられており、マイクロミラー62の表面にはアルミニウム等の反射率の高い材料が蒸着されている。

20

【0029】

なお、図7に示すように、各マイクロミラー62には、その反射面中央部に穴状の非反射部62Aが形成されている。これにより、マイクロミラー62により形成される反射光像は、その中央部付近での光量分布が低下して像全体の光量分布が均一にならない。このマイクロミラー62の反射率は90%以上である。また、マイクロミラー62の直下には、ヒンジ及びヨークを含む支柱を介して通常の半導体メモリの製造ラインで製造されるシリコンゲートのCMOSのSRAMセル60が配置されており、全体はモノリシック(一体型)に構成されている。

30

【0030】

DMD50のSRAMセル60にデジタル信号が書き込まれると、支柱に支えられたマイクロミラー62が、対角線を中心としてDMD50が配置された基板側に対して±度(例えば±10度)の範囲で傾けられる。図7(A)は、マイクロミラー62がオン状態である+度に傾いた状態を示し、図7(B)は、マイクロミラー62がオフ状態である-度に傾いた状態を示す。従って、画像信号に応じて、DMD50の各ピクセルにおけるマイクロミラー62の傾きを、図6に示すように制御することによって、DMD50に入射された光はそれぞれのマイクロミラー62の傾き方向へ反射される。

40

【0031】

なお、図6には、DMD50の一部を拡大し、マイクロミラー62が+度又は-度に制御されている状態の一例を示す。それぞれのマイクロミラー62のオンオフ制御は、DMD50に接続された図示しないコントローラによって行われる。ここで、オン状態のマイクロミラー62により反射された光は露光状態に変調され、DMD50の光出射側に設けられた投影光学系146(図5参照)へ入射する。またオフ状態のマイクロミラー62により反射された光は非露光状態に変調され、光吸収体(図示省略)に入射する。

【0032】

50

また、DMD50は、その短辺方向が走査方向と所定角度（例えば、 $0.1^\circ \sim 0.5^\circ$ ）を成すように僅かに傾斜させて配置するのが好ましい。図8(A)はDMD50を傾斜させない場合の各マイクロミラーによる反射光像（露光ビーム）53の走査軌跡を示し、図8(B)はDMD50を傾斜させた場合の露光ビーム53の走査軌跡を示している。

【0033】

DMD50には、長手方向（行方向）に沿ってマイクロミラーが多数個（例えば、800個）配列されたマイクロミラー列が、短手方向に多数組（例えば、600組）配列されているが、図8(B)に示すように、DMD50を傾斜させることにより、各マイクロミラーによる露光ビーム53の走査軌跡（走査線）のピッチ P_1 が、DMD50を傾斜させない場合の走査線のピッチ P_2 より狭くなり、解像度を大幅に向上させることができる。一方、DMD50の傾斜角は微小であるので、DMD50を傾斜させた場合の走査幅 W_2 と、DMD50を傾斜させない場合の走査幅 W_1 とは略同一である。

10

【0034】

また、異なるマイクロミラー列により同じ走査線上における略同一の位置（ドット）が重ねて露光（多重露光）されることになる。このように、多重露光されることで、露光位置の微少量をコントロールすることができ、高精細な露光を実現することができる。また、走査方向に配列された複数の露光ヘッド間のつなぎ目を微少量の露光位置制御により段差無くつなぐことができる。

【0035】

なお、DMD50を傾斜させる代わりに、各マイクロミラー列を走査方向と直交する方向に所定間隔ずらして千鳥状に配置しても、同様の効果を得ることができる。

20

【0036】

ファイバアレイ光源66は、例えば、図9(A)に示すように、複数（例えば、6個）のレーザモジュール64を備えており、各レーザモジュール64には、マルチモード光ファイバ30の一端が結合されている。マルチモード光ファイバ30の他端には、コア径がマルチモード光ファイバ30と同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバ30より小さい光ファイバ31が結合され、図9(C)に示すように、光ファイバ31の出射端部（発光点）が走査方向と直交する方向に沿って1列に配列されてレーザー出射部68が構成されている。なお、図9(D)に示すように、発光点を走査方向に直交する方向に沿って2列に配列することもできる。このような光ファイバ31の出射端部の配列は、後述するように、露光面56に投影するビームスポットのスポット形状に基づいて決められる。

30

【0037】

光ファイバ31の出射端部は、図9(B)に示すように、表面が平坦な2枚の支持板65に挟み込まれて固定されている。また、光ファイバ31の光出射側には、光ファイバ31の端面を保護するために、ガラス等の透明な保護板63が配置されている。保護板63は、光ファイバ31の端面と密着させて配置してもよく、光ファイバ31の端面が密封されるように配置してもよい。光ファイバ31の出射端部は、光密度が高く集塵し易いため劣化し易いが、保護板63を配置することにより端面への塵埃の付着を防止することができると共に劣化を遅らせることができる。

【0038】

図9(B)の例では、クラッド径が小さい光ファイバ31の出射端を隙間無く1列に配列するために、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30の間にマルチモード光ファイバ30を積み重ね、積み重ねられたマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の出射端が、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の出射端の間に挟まれるように配列されている。

40

【0039】

このような光ファイバは、例えば、図10に示すように、クラッド径が大きいマルチモード光ファイバ30のレーザ光出射側の先端部分に、長さ1~30cmのクラッド径が小さい光ファイバ31を同軸的に結合することにより得ることができる。2本の光ファイバ3

50

0、31は、光ファイバ31の入射端面が、マルチモード光ファイバ30の出射端面に、両光ファイバの中心軸が一致するように融着されて結合されている。上述した通り、光ファイバ31のコア31aの径は、マルチモード光ファイバ30のコア30aの径と同じ大きさである。

【0040】

また、長さが短くクラッド径が大きい光ファイバにクラッド径が小さい光ファイバを融着させた短尺光ファイバを、フェールや光コネクタ等を介してマルチモード光ファイバ30の出射端に結合してもよい。コネクタ等を用いて着脱可能に結合することで、クラッド径が小さい光ファイバが破損した場合等に先端部分の交換が容易になり、露光ヘッドのメンテナンスに要するコストを低減できる。なお、以下では、光ファイバ31を、マルチモード光ファイバ30の出射端部と称する場合がある。

10

【0041】

マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31としては、ステップインデックス型光ファイバ、グレーテッドインデックス型光ファイバ、及び複合型光ファイバの何れでもよい。例えば、三菱電線工業株式会社製のステップインデックス型光ファイバを用いることができる。本実施の形態では、マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31は、ステップインデックス型光ファイバであり、マルチモード光ファイバ30は、クラッド径 = 125 μm 、コア径 = 25 μm 、NA = 0.2、入射端面コートの透過率 = 99.5%以上であり、光ファイバ31は、クラッド径 = 60 μm 、コア径 = 25 μm 、NA = 0.2である。

20

【0042】

一般に、赤外領域のレーザ光では、光ファイバのクラッド径を小さくすると伝搬損失が増加する。このため、レーザ光の波長帯域に応じて好適なクラッド径が決定されている。しかしながら、波長が短いほど伝搬損失は少なくなり、GaN系半導体レーザから出射された波長405nmのレーザ光では、クラッドの厚み{(クラッド径 - コア径) / 2}を800nmの波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の1/2程度、通信用の1.5 μm の波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の約1/4にしても、伝搬損失は殆ど増加しない。従って、クラッド径を60 μm と小さくすることができる。

【0043】

但し、光ファイバ31のクラッド径は60 μm には限定されない。従来のファイバ光源に使用されている光ファイバのクラッド径は125 μm であるが、クラッド径が小さくなるほど焦点深度がより深くなるので、マルチモード光ファイバのクラッド径は80 μm 以下が好ましく、60 μm 以下がより好ましく、40 μm 以下が更に好ましい。一方、コア径は少なくとも3~4 μm 必要であることから、光ファイバ31のクラッド径は10 μm 以上が好ましい。

30

【0044】

レーザモジュール64は、図11に示す合波レーザ光源(ファイバ光源)によって構成されている。この合波レーザ光源は、ヒートブロック10上に配列固定された複数(例えば、7個)のチップ状の横マルチモード又はシングルモードのGaN系半導体レーザLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, 及びLD7と、GaN系半導体レーザLD1~LD7の各々に対応して設けられたコリメータレンズ11, 12, 13, 14, 15, 16, 及び17と、1つの集光レンズ20と、1本のマルチモード光ファイバ30と、から構成されている。なお、半導体レーザの個数は7個には限定されない。

40

【0045】

GaN系半導体レーザLD1~LD7は、発振波長が総て共通(例えば、405nm)であり、最大出力も総て共通(例えば、マルチモードレーザでは100mW、シングルモードレーザでは30mW)である。なお、GaN系半導体レーザLD1~LD7としては、350nm~450nmの波長範囲で、上記の405nm以外の発振波長を備えるレーザを用いてもよい。

【0046】

50

上記の合波レーザ光源は、図12及び図13に示すように、他の光学要素と共に、上方が開口した箱状のパッケージ40内に収納されている。パッケージ40は、その開口を閉じるように作成されたパッケージ蓋41を備えており、脱気処理後に封止ガスを導入し、パッケージ40の開口をパッケージ蓋41で閉じることにより、パッケージ40とパッケージ蓋41とにより形成される密閉空間内に上記合波レーザ光源が気密封止されている。

【0047】

パッケージ40の底面にはベース板42が固定されており、このベース板42の上面には、前記ヒートブロック10と、集光レンズ20を保持する集光レンズホルダー45と、マルチモード光ファイバ30の入射端部を保持するファイバホルダー46とが取り付けられている。マルチモード光ファイバ30の出射端部は、パッケージ40の壁面に形成された開口からパッケージ外に引き出されている。

10

【0048】

また、ヒートブロック10の側面にはコリメータレンズホルダー44が取り付けられており、コリメータレンズ11~17が保持されている。パッケージ40の横壁面には開口が形成され、この開口を通してGaN系半導体レーザLD1~LD7に駆動電流を供給する配線47がパッケージ外に引き出されている。

【0049】

なお、図13においては、図の煩雑化を避けるために、複数のGaN系半導体レーザのうちGaN系半導体レーザLD7にのみ番号を付し、複数のコリメータレンズのうちコリメータレンズ17にのみ番号を付している。

20

【0050】

図14は、上記コリメータレンズ11~17及びその取付部を正面から見たものである。コリメータレンズ11~17の各々は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取った形状に形成されている。この細長形状のコリメータレンズは、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することによって形成することができる。コリメータレンズ11~17は、長さ方向がGaN系半導体レーザLD1~LD7の発光点の配列方向(図14の左右方向)と直交するように、上記発光点の配列方向に密接配置されている。

【0051】

一方、GaN系半導体レーザLD1~LD7としては、発光幅が2 μ mの活性層を備え、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角が各々例えば10°、30°の状態で作成されるレーザビームB1~B7を発生するレーザが用いられている。これらGaN系半導体レーザLD1~LD7は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

30

【0052】

従って、各発光点から発せられたレーザビームB1~B7は、上述のように細長形状の各コリメータレンズ11~17に対して、拡がり角度が大きい方向が長さ方向と一致し、拡がり角度が小さい方向が幅方向(長さ方向と直交する方向)と一致する状態で入射することになる。つまり、各コリメータレンズ11~17の幅が1.1mm、長さが4.6mmであり、それらに入射するレーザビームB1~B7の水平方向、垂直方向のビーム径は各々0.9mm、2.6mmである。また、コリメータレンズ11~17の各々は、焦点距離 $f = 3$ mm、 $NA = 0.6$ 、レンズ配置ピッチ = 1.25mmである。

40

【0053】

集光レンズ20は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取って、コリメータレンズ11~17の配列方向、つまり水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状に形成されている。この集光レンズ20は、焦点距離 $f_2 = 23$ mm、 $NA = 0.2$ である。この集光レンズ20も、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することにより形成される。

【0054】

次に、露光ヘッド166におけるDMD50光反射側に設けられた投影光学系146について説明する。図5に示されるように、露光ヘッド166には、DMD50の光反射側に

50

露光面 5 6 上に光源像を投影するための投影光学系 1 4 6 が設けられている。投影光学系 1 4 6 には、D M D 5 0 の側から露光面 5 6 へ向って順に、一对のレンズ系 5 4 , 5 8、マイクロレンズアレイ 7 2、アパーチャアレイ 7 6、一对のレンズ系 8 0 , 8 2 が配置されている。

【 0 0 5 5 】

ここで、レンズ系 5 4 , 5 8 は拡大光学系（第 1 の光学系）として構成されており、D M D 5 0 により反射される光線束の断面積を拡大することで、露光面 5 6 における D M D 5 0 により反射された光線束による露光エリア 1 6 8 の面積を所要の大きさに拡大している。マイクロレンズアレイ 7 2 は、照明ユニット 1 4 4 からの光を反射する D M D 5 0 の各マイクロミラー 6 2 に 1 対 1 で対応する複数の第 1 マイクロレンズ 7 4 が一体的に成形されたものであり、第 1 マイクロレンズ 7 4 は、レンズ系 5 4 , 5 8 を透過したレーザビームの光軸上にそれぞれ配置されている。またアパーチャアレイ 7 6 には、マイクロレンズアレイ 7 2 における複数の第 1 マイクロレンズ 7 4 に 1 対 1 で対応する複数のアパーチャ（制限開口）7 6 が設けられている。

10

【 0 0 5 6 】

投影光学系 1 4 6 では、レンズ系 5 4 の焦点距離が f_1 とされ、レンズ系 5 8 の焦点距離が f_2 とされている。D M D 5 0 の各マイクロミラー 6 2 はレンズ系 5 4 の前方焦点位置に配置されている。レンズ系 5 4 , 5 8 は、それぞれ後、前方焦点位置を共有する共焦点位置に配置され、またマイクロレンズアレイ 7 2 はレンズ系 5 8 の後方焦点位置に配置されている。従って、各マイクロミラー 6 2 と第 1 マイクロレンズ 7 4 とは互いに共役になっている。また第 1 マイクロレンズ 7 4 の焦点距離は f_3 とされており、アパーチャアレイ 7 6 は第 1 マイクロレンズ 7 4 の後方焦点位置に配置されている。これにより、第 1 マイクロレンズ 7 4 及びアパーチャ 7 8 はテレセントリック光学系を構成し、各アパーチャ 7 8 の中心を通る光線は像側（露光面 5 6 側）でもレンズ系 5 4 , 5 8 及び第 1 マイクロレンズ 7 4 の光軸と平行となる。レンズ系 8 0 , 8 2 は、例えば、等倍光学系として構成されており、複数の第 1 マイクロレンズ 7 4 によりそれぞれ結像される光源 6 8 の実像の集合である実像群を露光面 5 6 上に結像する。ここで、レンズ系 8 0 の焦点距離は f_4 とされ、レンズ系 8 2 の焦点距離は f_5 とされている。アパーチャアレイ 7 6 における各アパーチャ 7 8 はレンズ系 8 0 の前方焦点位置に配置され、レンズ系 8 0 , 8 2 は、それぞれ後、前方焦点位置を共有する共焦点位置に配置されている。また露光面 5 6 はレンズ系 8 2 の後方焦点位置に位置調整される。従って、各アパーチャ 7 8 と露光面 5 6 とは互いに共役になっている。なお、投影光学系 1 4 6 における各レンズ系 5 4 , 5 8 , レンズ系 8 0 , 8 2 は、図 5 において、それぞれ 1 枚のレンズとして示されているが、複数枚のレンズ（例えば、凸レンズと凹レンズ）を組み合わせたものであっても良い。

20

30

【 0 0 5 7 】

投影光学系 1 4 6 では、露光面 5 6 に投影されるビームスポットのスポット径及びスポット形状が、露光済み領域 1 7 0 に形成される露光パターンの解像度、露光ヘッド 1 6 6 の走査速度、D M D 5 0 の走査方向に対する傾き角の大きさ、感光材料 1 5 0 の特性等の設計事項に応じて決められる。一方、アパーチャ 7 8 の開口径及び開口形状は、露光面 5 6 に投影されるビームスポットのスポット径及びスポット形状に応じて設定される。また第 1 マイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 は、アパーチャ 7 8 の開口径に応じて設定される。

40

【 0 0 5 8 】

図 5 を参照して、投影光学系 1 4 6 における第 1 マイクロレンズ 7 4 の作用を説明する。拡大光学系を構成するレンズ系 5 4 , 5 8 は、D M D 5 0 により反射される光線束の断面積を拡大することで、露光面 5 6 における露光エリア 1 6 8 の面積を所要の大きさに拡大している。このとき、D M D 5 0 のマイクロミラー 6 2 により反射されたレーザビームも、レンズ系 5 4 , 5 8 を透過することで、そのビーム径がレンズ系 5 4 , 5 8 の拡大率に応じて拡大される。このことから、投影光学系 1 4 6 にマイクロレンズアレイ 7 2 及びアパーチャアレイ 7 6 が配置されていない場合、図 5 (B) に示すように、露光面 5 6 に投影される各ビームスポット B S のスポット径が露光エリア 1 6 8 のサイズに応じて大きな

50

ものになる。このため、図 8 (A) に示すように走査露光しても、露光エリア 1 6 8 の M T F (M o d u l a t i o n T r a n s f e r F u n c t i o n) 特性がレンズ系 5 4 , 5 8 の拡大率に応じて低下する。

【 0 0 5 9 】

上記のような M T F 特性の低下を防止するため、投影光学系 1 4 6 には、レンズ系 5 8 の後方焦点位置に正のレンズパワーを有する第 1 マイクロレンズ 7 4 が D M D 5 0 のマイクロミラー 6 2 に 1 対 1 で対応するように配置されている。この第 1 マイクロレンズ 7 4 は、レンズ系 5 4 , 5 8 により拡大されたレーザビームのビーム径を縮小する。これにより、図 5 (C) に示すように、露光エリア 1 6 8 がレンズ系 5 4 , 5 8 により高倍率で拡大された場合でも、ビームスポット B S のスポット径を要求されるサイズに縮小できると共に、露光面 5 6 における M T F 特性の低下を防止できる。

10

【 0 0 6 0 】

次に、第 1 マイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 を設定する方法を具体的に説明する。図 1 5 に示すように、レンズ系 5 8 の後方焦点位置に結像されるマイクロミラー 6 2 の反射光像のサイズ (直径) が $2R$ である場合、第 1 マイクロレンズ 7 4 の開口径を $2R$ に、アパーチャ 7 8 の開口径を $(2R/n)$ に設定する。このとき、 n は第 1 マイクロレンズ 7 4 の開口径に対するアパーチャ 7 8 の開口径の縮小率であり、この n はビームスポット B S のスポット径に基づいて決定される。

【 0 0 6 1 】

第 1 マイクロレンズ 7 4 を透過した全ての光線束が理論的にアパーチャ 7 8 を通過する条件を考える。このとき、第 1 マイクロレンズ 7 4 から光源側へ向う光線束の広がり角を s とすると、この広がり角 s は下記 (1) 式により求められる。

20

【 0 0 6 2 】

$$s = (R/n) / f_3 \cdots (1)$$

(1) 式からマイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 は下記 (2) 式により求められる。

【 0 0 6 3 】

$$f_3 = (R/n) / s \cdots (2)$$

第 1 マイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 を上記 (2) 式による算出値に設定した場合、図 1 5 に示されるように、第 1 マイクロレンズ 7 4 を透過した光は、理論的には、アパーチャ 7 8 により遮蔽されること無く、すなわち光量損失を生じさせること無く、アパーチャ 7 8 から露光面 5 6 側へ出射される。但し、第 1 マイクロレンズ 7 4 を透過した光には、第 1 マイクロレンズ 7 4 の収差による回折光、散乱による散乱光等のノイズ成分となる光が含まれ、このようなノイズ成分となる光がアパーチャ 7 8 により効果的に遮蔽されるため、実際にはアパーチャ 7 8 により僅かな光量損失が生じる。但し、(2) 式により得られる焦点距離 f_3 は、光量損失を最小化するための理論的な最適値である。このため、露光ヘッド 1 6 6 では、アパーチャ 7 8 によるビームスポット B S の整形性、ノイズ光の除去性等を考慮し、アパーチャ 7 8 を第 1 マイクロレンズ 7 4 の後方焦点位置から微小距離前後へ配置することは許容される。

30

【 0 0 6 4 】

上記のようにマイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 を (2) 式に従って設定した場合のアパーチャ 7 8 から出射される光の広がり角について説明する。アパーチャ 7 8 の中心を通過する光の広がり角 b について着目すると、下記 (3) 式が得られる。

40

【 0 0 6 5 】

$$\begin{aligned} b &= R / f_3 \\ &= R / \{ (R/n) / s \} \\ &= n \times s \cdots (3) \end{aligned}$$

上記 (3) 式から明らかなように、マイクロレンズ 7 4 により光線束を縮小してアパーチャ 7 8 に対する照明領域を縮小するに従って、広がり角 b が増加する。またアパーチャ 7 8 の開口端での光の広がり角は、アパーチャ 7 8 の中心での光の広がり角 b よりも大きくなり、この広がり角の増加分を c とすると、 $c = s$ の関係が成立する。従って

50

、アパーチャ 7 8 を通過した光の最大広がり角 m は下記 (4) 式により求められる。

【 0 0 6 6 】

$$m = b + c = (1 + n) s \cdot \cdot \cdot (4)$$

次に、ビームスポット B S のスポット形状とファイバアレイ光源 6 6 におけるレーザー出射部 6 8 の輪郭形状との関係について説明する。前述したように、投影光学系 1 4 6 では、第 1 マイクロレンズ 7 4 がレンズ系 5 4 , 5 8 を介してマイクロミラー 6 2 と共役とされ、かつアパーチャ 7 8 が第 1 マイクロレンズ 7 4 の後方焦点位置に配置されている。これにより、図 1 6 に示すように、レンズ系 5 4 の後方焦点位置及びアパーチャ 7 8 には、それぞれレーザー出射部 6 8 の光源像 L I が形成される。従って、投影光学系 1 4 6 では、アパーチャ 7 8 に形成された光源像をレンズ系 8 0 , 8 2 を介して露光面 5 6 上に投影し、この光源像をビームスポット B S として露光面 5 6 を露光する。

10

【 0 0 6 7 】

上記のようにレーザー出射部 6 8 の光源像をビームスポット B S として露光面 5 6 に投影した場合には、ビームスポット B S の輪郭形状とレーザー出射部 6 8 の光軸直角方向に沿った輪郭形状とは概略的に近似したものになる。従って、レーザー出射部 6 8 の光軸直角方向に沿った輪郭形状を要求されるビームスポット B S のスポット形状に近似させ、かつアパーチャの開口形状をビームスポット B S のスポット形状に略相似したものにすれば、レーザー出射部 6 8 から出射されたレーザービームがアパーチャ 7 8 を通過する際の光量損失を効果的に抑制できることになる。

【 0 0 6 8 】

図 1 7 (A) ~ (C) には、それぞれビームスポット B S のスポット形状を考慮して、複数本の光ファイバ 3 1 を束ねて構成されたレーザー出射部の構成例が示されている。例えば、ビームスポット B S として円形乃至六角形の形状のものが要求される場合には、図 1 7 (A) に示されるように、複数本 (6 本) の光ファイバ 3 1 の出射端部を六方細密充填状に束ねて構成されたレーザー出射部 6 8 ができている。また、ファイバアレイ光源 6 6 が多数本の光ファイバ 3 1 により構成されている場合には、これらの光ファイバ 3 1 の出射端部を図 1 7 (B) に示すように略六角形や、図 1 7 (C) に示すように略矩形等の任意の形状に束ねることが可能になる。

20

【 0 0 6 9 】

ところで、マイクロレンズ 7 4 により光線束を縮小した場合、アパーチャ 7 8 を通過した光線束の広がり角 (最大広がり角 m) が大きくなる。ここで、アパーチャ 7 8 を通過した光線束の広がり角が増加するに従って露光面 5 6 におけるビームスポット B S の焦点深度が浅くなることから、アパーチャ 7 8 を通過した光線束の最大広がり角は小さい方が好ましい。

30

【 0 0 7 0 】

図 1 8 (A) 及び (B) には、アパーチャアレイ 7 6 に第 2 マイクロレンズ 8 4 を設けてアパーチャ 7 8 を通過した光線束の広がり角を小さくした構成例が示されている。このアパーチャアレイ 7 6 には、図 1 8 (B) に示すように、各アパーチャ 7 8 の内部に、すなわち第 1 マイクロレンズ 7 4 の後方焦点位置に第 2 マイクロレンズ 8 4 が配置されている。第 2 マイクロレンズ 8 4 のレンズ径はアパーチャ 7 8 の開口径 (= $2 R / n$) と一致しており、また第 2 マイクロレンズ 8 4 の焦点距離 f_6 は第 1 マイクロレンズ 7 4 の焦点距離 f_3 と同一の (R / n) / s とされている。

40

【 0 0 7 1 】

アパーチャアレイ 7 6 の各アパーチャ 7 8 に第 2 マイクロレンズ 8 4 を配置することにより、アパーチャ 7 8 を通過した各光線束の主光線が光軸と平行となって、アパーチャ 7 8 を通過した光線束の広がり角の増加を抑制できる。すなわち、第 2 マイクロレンズ 8 4 を追加した場合には、アパーチャ 7 8 の開口端を通過する光線束の傾きの増加分 c が 0° となることから、光線束の最大広がり角 m' は下記 (5) 式により求められる。

【 0 0 7 2 】

$$m' = b + c$$

50

$$= b$$

$$= R / f_3 = R / \{ (R / n) / s \}$$

$$= n \times s \cdots (5)$$

(4)式により求められる最大広がり角 m と比較すれば明らかなように、第2マイクロレンズ84をアパーチャ78に配置した場合には、最大広がり角 m' は十分に小さいものなる。これにより、光源像をビームスポットBSとして露光面56上に投影した際に、ビームスポットBSの焦点深度を深くすることができる。

[露光装置の動作]

次に、上記露光装置142の動作について説明する。

【0073】

スキャナ162の各露光ヘッド166において、ファイバレイ光源66の合波レーザ光源を構成するGaN系半導体レーザLD1~LD7の各々から発散光状態で出射したレーザビームB1, B2, B3, B4, B5, B6, 及びB7の各々は、図11に示すように、コリメータレンズ11~17によって平行光化される。平行光化されたレーザビームB1~B7は、集光レンズ20によって集光され、マルチモード光ファイバ30のコア30aの入射端面に収束する。

【0074】

本実施形態では、コリメータレンズ11~17及び集光レンズ20によって集光光学系が構成され、その集光光学系とマルチモード光ファイバ30とによって合波光学系が構成されている。即ち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザビームB1~B7が、このマルチモード光ファイバ30のコア30aに入射して光ファイバ内を伝搬し、1本のレーザビームBに合波されてマルチモード光ファイバ30の出射端部に結合された光ファイバ31から出射する。

【0075】

各レーザモジュール64において、レーザビームB1~B7のマルチモード光ファイバ30への結合効率が0.85で、GaN系半導体レーザLD1~LD7の各出力が30mWの場合には、図9に示すように、アレイ状に配列された光ファイバ31の各々について、出力180mW(=30mW×0.85×7)の合波レーザビームBを得ることができる。従って、6本の光ファイバ31がアレイ状に配列されたレーザー出射部68での出力は約1W(=180mW×6)である。

【0076】

例えば、半導体レーザと光ファイバを1対1で結合させた従来のファイバ光源では、通常、半導体レーザとしては出力30mW(ミリワット)程度のレーザが使用され、光ファイバとしてはコア径50μm、クラッド径125μm、NA(開口数)0.2のマルチモード光ファイバが使用されているので、約1W(ワット)の出力を得ようとするれば、マルチモード光ファイバを48本(8×6)束ねなければならず、発光領域の面積は0.62m²(0.675mm×0.925mm)であるから、レーザー出射部68での輝度は1.6×10⁶(W/m²)、光ファイバ1本当たりの輝度は3.2×10⁶(W/m²)である。

【0077】

これに対し、本実施の形態では、上述した通り、マルチモード光ファイバ6本で約1Wの出力を得ることができ、レーザー出射部68での発光領域の面積は0.0081m²(0.325mm×0.025mm)であるから、レーザー出射部68での輝度は123×10⁶(W/m²)となり、従来に比べ約80倍の高輝度化を図ることができる。また、光ファイバ1本当たりの輝度は90×10⁶(W/m²)であり、従来に比べ約28倍の高輝度化を図ることができる。これにより、DMD50へ入射する光束の角度が小さくなり、結果として露光面56へ入射する光束の角度も小さくなるので、ビームスポットの焦点深度を深くできる。

【0078】

露光パターンに応じた画像データが、DMD50に接続された図示しないコントローラに

10

20

30

40

50

入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データは、画像を構成する各画素の濃度を2値(ドットの記録の有無)で表したデータである。

【0079】

感光材料150を表面に吸着したステージ152は、図示しない駆動装置により、ガイド158に沿ってゲート160の上流側から下流側に一定速度で移動される。ステージ152がゲート160下を通過する際に、ゲート160に取り付けられた検知センサ164により感光材料150の先端が検出されると、フレームメモリに記憶された画像データが複数ライン分ずつ順次読み出され、データ処理部で読み出された画像データに基づいて各露光ヘッド166毎に制御信号が生成される。そして、ミラー駆動制御部により、生成された制御信号に基づいて各露光ヘッド166毎にDMD50のマイクロミラーの各々がオンオフ制御される。

10

【0080】

ファイバレイ光源66からDMD50にレーザ光が照射されると、DMD50のマイクロミラーがオン状態のときに反射されたレーザ光は、レンズ系54、58により感光材料150の露光面56上に結像される。このようにして、ファイバレイ光源66から出射されたレーザ光が画素毎にオンオフされて、感光材料150がDMD50の使用画素数と略同数の画素単位(露光エリア168)で露光される。また、感光材料150がステージ152と共に一定速度で移動されることにより、感光材料150がスキャナ162によりステージ移動方向と反対の方向に走査され、各露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域170が形成される。

20

【0081】

スキャナ162による感光材料150の走査が終了し、検知センサ164で感光材料150の後端が検出されると、ステージ152は、図示しない駆動装置により、ガイド158に沿ってゲート160の最上流側にある原点に復帰し、再度、ガイド158に沿ってゲート160の上流側から下流側に一定速度で移動される。

【0082】

以上説明した露光装置142では、第1マイクロレンズ74をDMD50における各マイクロミラー62と1対1に対応するように2次的に配列すると共に、これらのマイクロレンズ74をマイクロミラー62により露光状態に変調されたレーザビームの光路上に支持し、第1マイクロレンズ74の後方焦点位置に形成される光源像を露光面56へ投影し、この光源像をビームスポットBSとして露光面56を露光することにより、DMD50の各マイクロミラー62により露光状態に変調されたレーザビームのビーム径を第1マイクロレンズ74によりできるので、レンズ系50、54により露光エリア168の面積がDMD50の表面部に対して拡大された場合でも、露光面56に投影されるビームスポットBSのビーム径を縮径することが可能になり、露光エリア168におけるMTF特性下の低下を防止できる。

30

【0083】

また露光装置142では、レーザー出射部68の光源像を露光面56へ投影し、この光源像をビームスポットBSとして露光面56を露光することから、DMD50におけるマイクロミラー62の非反射部62Aの影響によりビームスポットの中央部の光量分布が低下することを防止でき、均一な光量分布を有するビームスポットBSにより露光面56を露光できる。

40

【0084】

なお、以上説明した露光ヘッド146では、DMD50からビームスポットBSの形成位置までの距離を調整するために、拡大光学系を構成したレンズ系54、58及び等倍光学系を構成してレンズ系80、82をそれぞれ用いているが、DMD50から露光面56までの距離が短い場合には、図20(A)に示すように、レンズ系80、82を省略し、各第1マイクロレンズ74により縮小されたレーザー出射部68の光源像を、直接ビームスポットBSとして露光面56を露光するようにしても良い。この場合には、露光装置142では、露光面56が各第1マイクロレンズ72の後方焦点位置付近に位置調整される。

50

【0085】

但し、図20(A)に示すように、第1マイクロレンズ72により形成された光源像を、直接ビームスポットBSとした場合には、ビームスポットBSの輪郭形状の整形、及び回折光、フレア光等のノイズ成分となる光の遮断ができない。このような問題を解決するため、図20(B)に示すように、第1マイクロレンズ72の後方焦点位置付近にアパーチャアレイ90を配置し、露光面56をアパーチャアレイ90から所定距離だけ離れた位置へ位置調整することが考えられる。このアパーチャアレイ90には、マイクロレンズアレイ72における各第1マイクロレンズ72に正対するように複数のアパーチャ92が設けられている。また各アパーチャ92の開口径及び開口形状は、露光面56上において必要となるビームスポットBSのスポット径及びスポット形状に応じて適宜設定される。

10

【0086】

ここで、アパーチャアレイ90と露光面56との距離Dは、アパーチャ92を通過した光の回折を考慮した場合、レーザ光の波長及びアパーチャ92の開口径に応じて最適な距離範囲が存在する。例えば、レーザ光の波長が波長405nm、アパーチャ92の開口径が13 μ mの場合には、距離Dは概ね50~200 μ mの範囲内で設定される。

【0087】

また感光材料150の特性等によりビームスポットBSの輪郭形状、及び回折光、フレア光等のノイズ成分があまり問題とならない場合には、図21に示すように、アパーチャアレイ76を投影光学系146から省略しても良い。この場合でも、露光領域156におけるMTF特性の低下を防止でき、かつビームスポットBSの光量分布を均一化できるという基本的な効果については確保できる。

20

【0088】

また、本実施形態に係る露光装置142では、空間変調素子としてDMDを用いたが、例えば、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)タイプの空間変調素子(SLM; Spatial Light Modulator)や、電気光学効果により透過光を変調する光学素子(PLZT素子)や液晶光シャッタ(FLC)等、MEMSタイプ以外の空間変調素子をDMD50に代えて用いた場合にも、投影光学系146として図5又は図18に示すものを用いれば、アパーチャ78による光量損失を抑制しつつ、露光エリア168におけるMTF特性下の低下を防止できる。

【0089】

なお、MEMSとは、IC製造プロセスを基盤としたマイクロマシニング技術によるマイクロサイズのセンサ、アクチュエータ、そして制御回路を集積化した微細システムの総称であり、MEMSタイプの空間変調素子とは、静電気力を利用した電気機械動作により駆動される空間変調素子を意味している。

30

【0090】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の露光ヘッド及び露光装置によれば、照明手段のレーザー出射部から出射されたレーザービームの利用効率の低下を抑制すると共に、露光面を所望のスポット径及びスポット形状のビームスポットにより露光できる。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】第1の実施の形態に係る露光装置の外観を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る露光装置のスキマナの構成を示す斜視図である。

【図3】(A)は感光材料に形成される露光済み領域を示す平面図であり、(B)は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図である。

【図4】第1の実施の形態に係る露光装置の露光ヘッドの概略構成を示す斜視図である。

【図5】(A)は図4に示す露光ヘッドの構成を示す側面図、(B)及び(C)は露光ヘッドによる露光エリアの平面図である。

【図6】デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)の構成を示す部分拡大図である。

【図7】(A)及び(B)はDMDの動作を説明するための説明図である。

【図8】(A)及び(B)は、DMDを傾斜配置しない場合と傾斜配置する場合とで、露

50

光ビームの配置及び走査線を比較して示す平面図である。

【図 9】(A) はファイバアレイ光源の構成を示す斜視図であり、(B) は(A) の部分拡大図であり、(C) 及び(D) はレーザー出射部における発光点の配列を示す平面図である。

【図 10】マルチモード光ファイバの構成を示す図である。

【図 11】合波レーザー光源の構成を示す平面図である。

【図 12】レーザーモジュールの構成を示す平面図である。

【図 13】図 12 に示すレーザーモジュールの構成を示す側面図である。

【図 14】図 12 に示すレーザーモジュールの構成を示す部分側面図である。

【図 15】図 5 に示す露光ヘッドにおける第 1 マイクロレンズ及びアパーチャの構成を示す側面図である。 10

【図 16】図 5 に示す投影光学系における第 1 マイクロレンズ付近の拡大図である。

【図 17】(A)、(B) 及び(C) はそれぞれ第 1 の実施の形態に係る露光装置におけるレーザー出射部の構成例を示す正面図である。

【図 18】第 1 の実施の形態に係る露光装置におけるアパーチャアレイに第 2 マイクロレンズを配置した構成例を示す側面図である。

【図 19】従来の露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った側面図である。

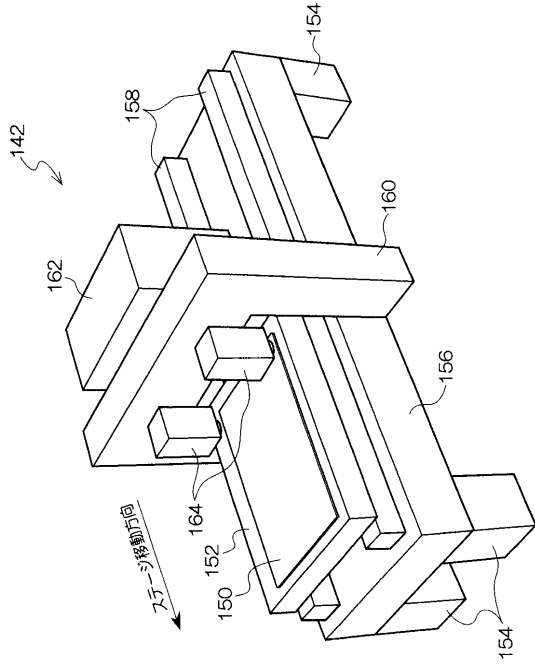
【図 20】本発明の実施の形態に係る露光ヘッドの変形例の構成を示す側面図である。

【図 21】図 5 に示す投影光学系からアパーチャアレイを省略した場合の露光ヘッドの構成を示す側面図である。 20

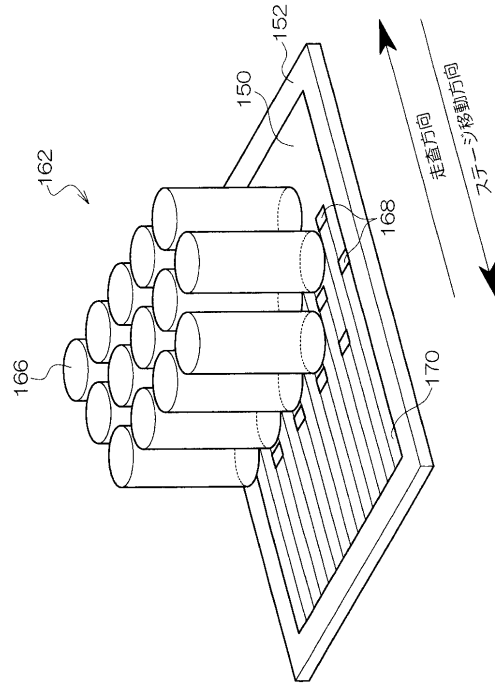
【符号の説明】

3 0	マルチモード光ファイバ
5 0	DMD (空間光変調素子)
5 4、5 8	レンズ系 (第 1 の光学系)
5 6	露光面
6 2	マイクロミラー (画素部)
6 8	レーザー出射部
7 2	マイクロレンズアレイ
7 4	第 1 マイクロレンズ
7 6	アパーチャアレイ
7 8	アパーチャ
8 0、8 2	レンズ系 (第 2 の光学系)
8 4	第 2 マイクロレンズ
1 4 2	露光装置
1 4 4	照明ユニット (照明手段)
1 4 6	投影光学系
1 6 6	露光ヘッド

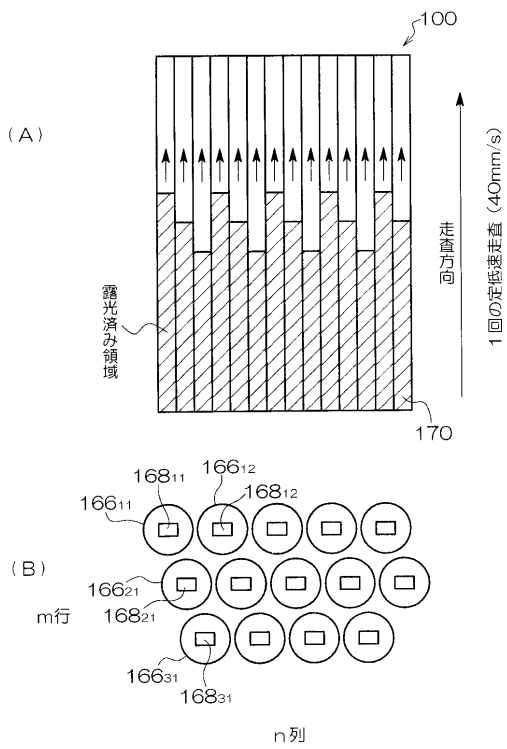
【 図 1 】



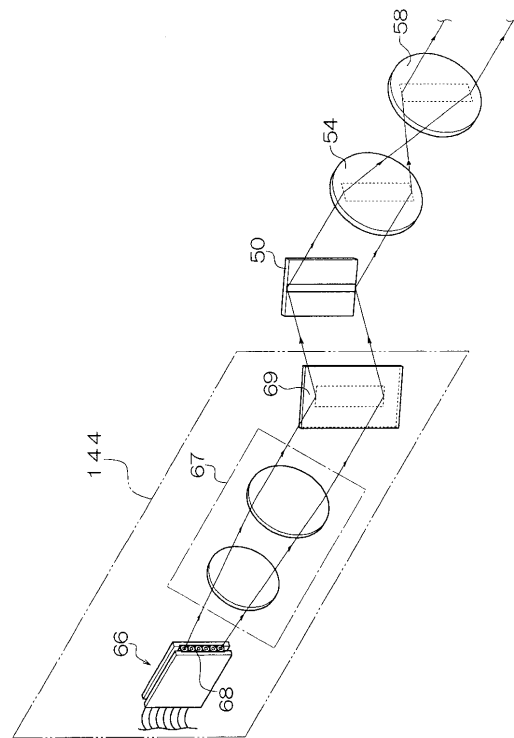
【 図 2 】



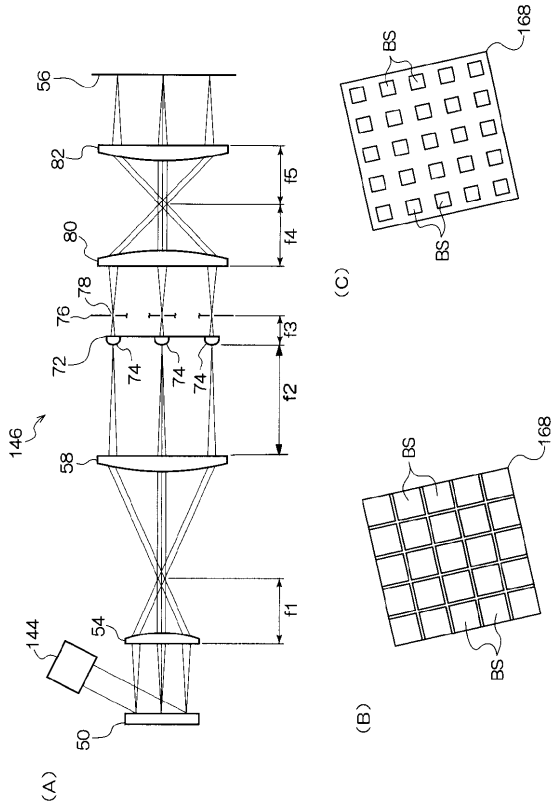
【 図 3 】



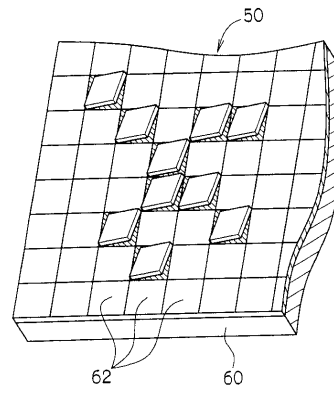
【 図 4 】



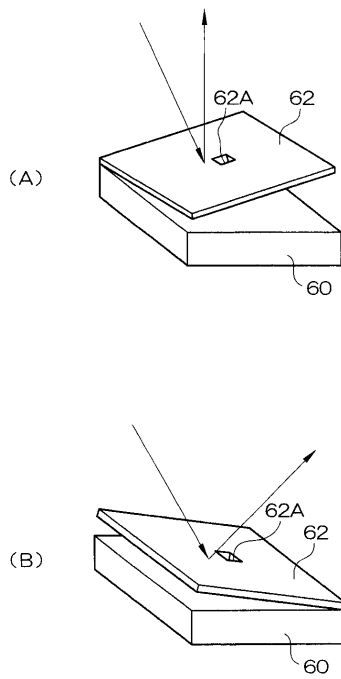
【 図 5 】



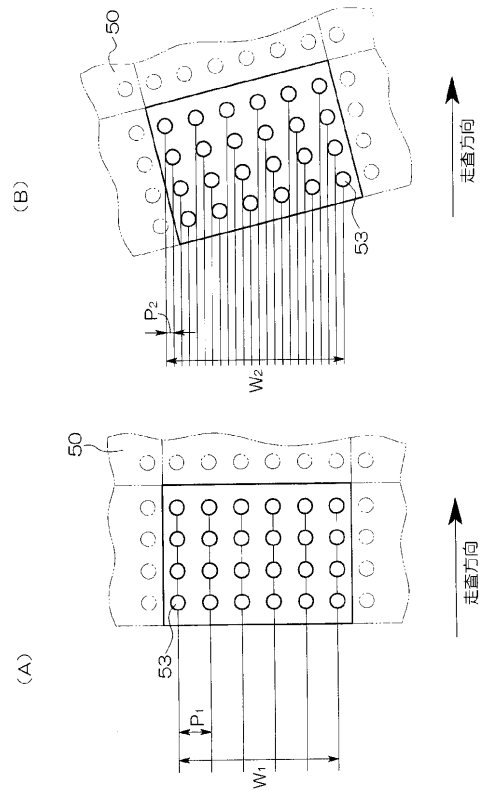
【 図 6 】



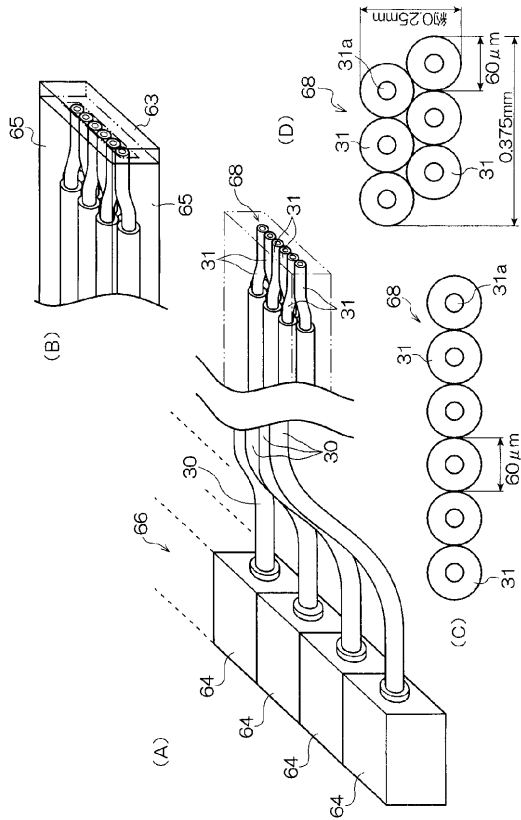
【 図 7 】



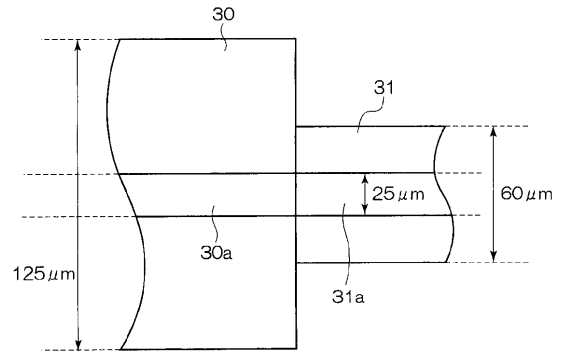
【 図 8 】



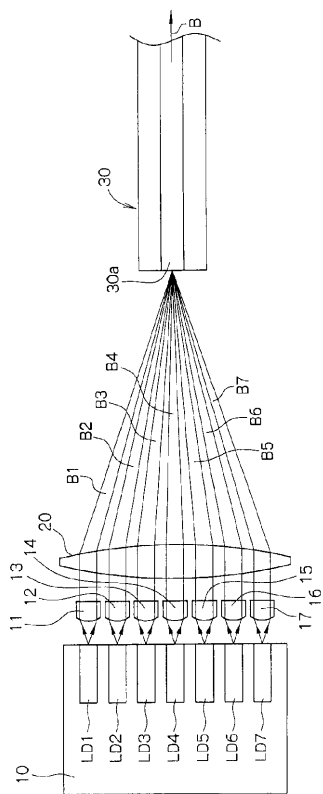
【 図 9 】



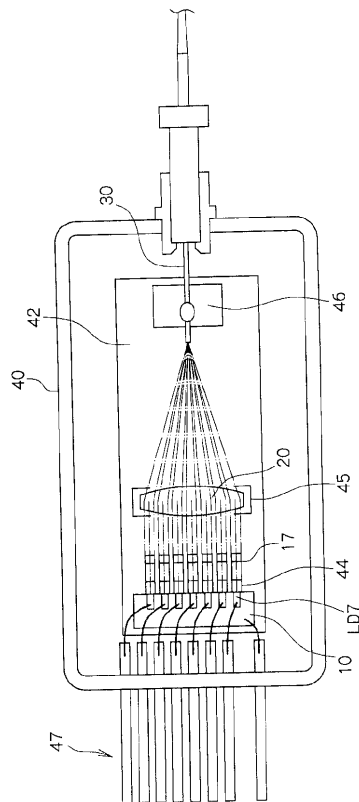
【 図 10 】



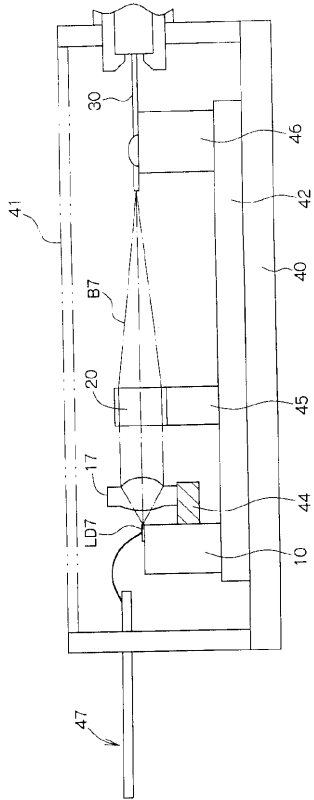
【 図 11 】



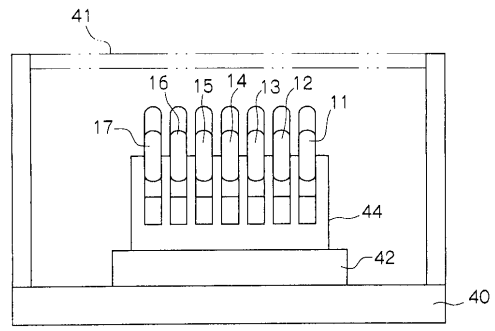
【 図 12 】



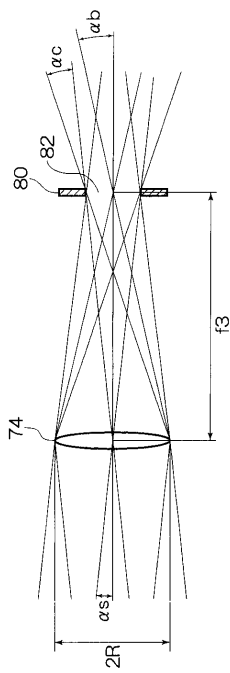
【 図 1 3 】



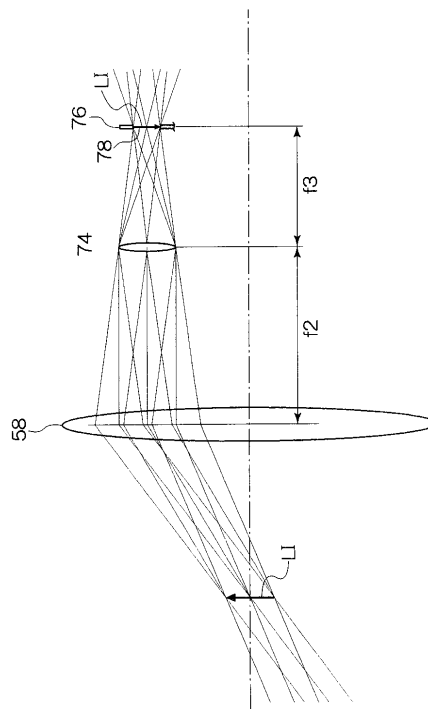
【 図 1 4 】



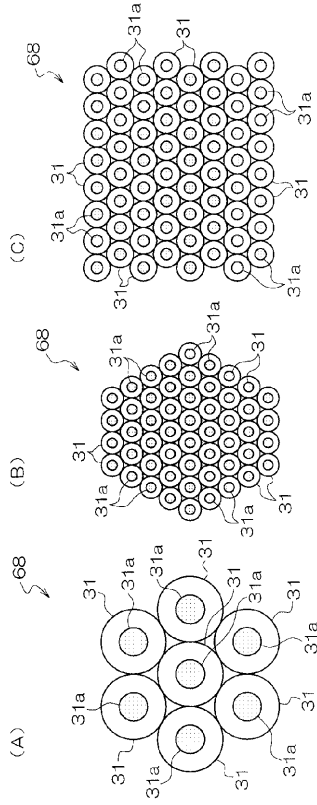
【 図 1 5 】



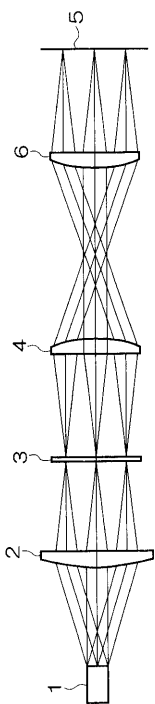
【 図 1 6 】



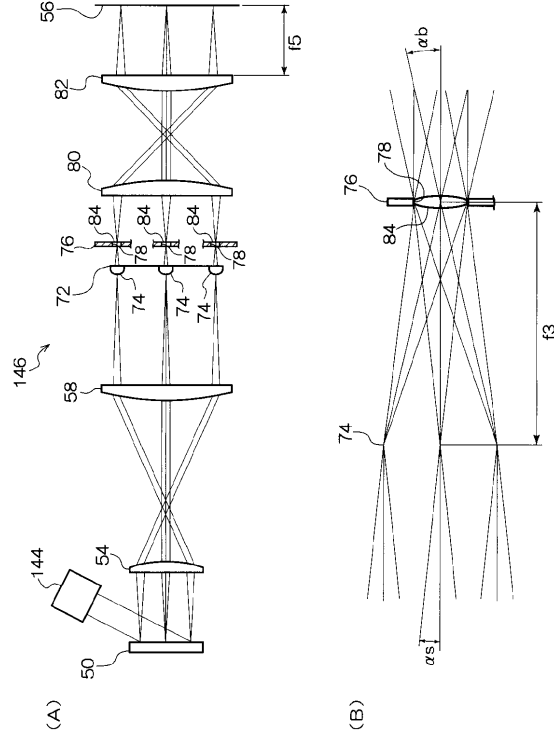
【 図 17 】



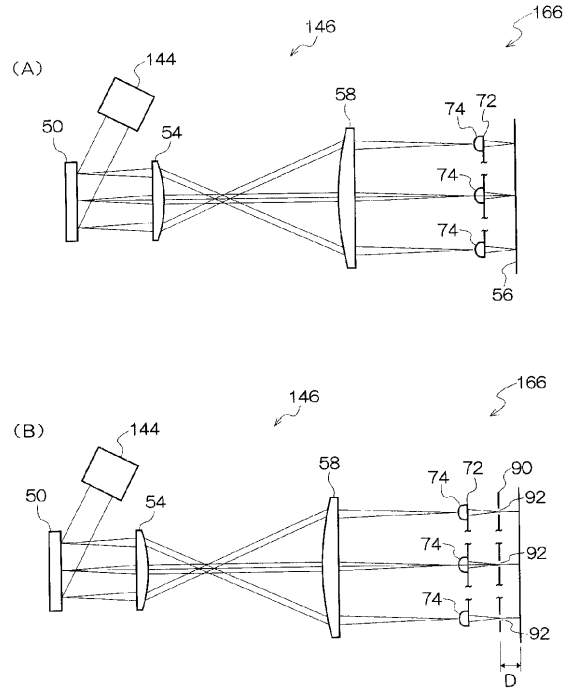
【 図 19 】



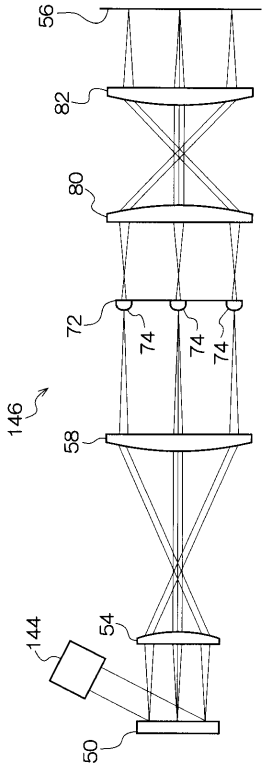
【 図 18 】



【 図 20 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 F 7/207	G 0 3 F 7/207	Z
H 0 1 L 21/027	H 0 1 L 21/30	5 2 9

(72)発明者 大森 利彦
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 石川 弘美
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 岡崎 洋二
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 永野 和彦
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 藤井 武
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 2H037 AA04 BA03 BA07 DA03 DA04 DA05 DA06 DA36
2H046 AA02 AA31 AA42 AD10
2H097 AA03 AB05 CA17 LA11
5F046 BA07 CA03 CB18