

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4323335号
(P4323335)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月12日(2009.6.12)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027

(2006.01)

H01L 21/30

529

B41J 2/44

(2006.01)

H01L 21/30

515D

G03F 7/20

(2006.01)

B41J 3/00

D

G03F 7/20

505

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2004-13170 (P2004-13170)

(22) 出願日

平成16年1月21日 (2004.1.21)

(65) 公開番号

特開2005-209798 (P2005-209798A)

(43) 公開日

平成17年8月4日 (2005.8.4)

審査請求日

平成18年5月18日 (2006.5.18)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(74) 代理人 100090468

弁理士 佐久間 剛

(72) 発明者 石井 秀一

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士写真フィルム株式会社内

(72) 発明者 石川 弘美

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士写真フィルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像露光方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の矩形の微小ミラーが2次元状に配列されてなり、入射した光を各微小ミラー毎に空間変調するDMD (デジタル・マイクロミラー・デバイス) と、

このDMDに光を照射する光源と、

前記DMDの各微小ミラーからの光をそれぞれ集光するマイクロレンズがアレイ状に配されてなるマイクロレンズアレイを含み、前記DMDにより変調された光による像を感光材料上に結像する結像光学系とを備えた画像露光装置において、

前記マイクロレンズの焦点位置近傍に、前記微小ミラーの反射面の歪みに起因する迷光の離散パターンに対応して配置されて各々該迷光を遮断する、互いに離れた複数のマスクが配設されていることを特徴とする画像露光装置。

【請求項 2】

前記マスクが、前記マイクロレンズにより集光された光の外側において、略等角度間隔で4個配設されていることを特徴とする請求項1記載の画像露光装置。

【請求項 3】

前記マスクが、前記マイクロレンズにより集光された光の外側において、略等角度間隔で2個配設されていることを特徴とする請求項1記載の画像露光装置。

【請求項 4】

請求項1から3いずれか1項記載の画像露光装置を用いて所定のパターンを感光材料に露光することを特徴とする画像露光方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は画像露光装置に関し、特に詳細には、空間光変調素子で変調された光を結像光学系に通し、この光による像を感光材料上に結像させて該感光材料を露光する画像露光装置に関するものである。

【0002】

また本発明は、上述のような画像露光装置を用いる露光方法に関するものである。

【背景技術】**【0003】**

10

従来、空間光変調素子で変調された光を結像光学系に通し、この光による像を所定の感光材料上に結像して該感光材料を露光する画像露光装置が公知となっている。この種の画像露光装置は、基本的に、照射された光を各々制御信号に応じて変調する多数の画素部が2次元状に配列されてなる空間光変調素子と、この空間光変調素子に光を照射する光源と、前記空間光変調素子により変調された光による像を感光材料上に結像する結像光学系とを備えてなるものである。なお、非特許文献1および本出願人による特願2002-149886号明細書には、上記基本的構成を有する画像露光装置の一例が示されている。

【0004】

この種の画像露光装置において好適に用いられる空間光変調素子の一つとして、DMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)が挙げられる。このDMDは、制御信号に応じて反射面の角度を変化させ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次元状に配列されてなるミラー・デバイスである。

20

【0005】

上述のような画像露光装置においては、感光材料に投影する画像を拡大したいという要求が伴うことも多く、その場合には、結像光学系として拡大結像光学系が用いられる。そのようにする際、空間光変調素子を経た光をただ拡大結像光学系に通しただけでは、空間光変調素子の各画素部からの光束が拡大して、投影された画像において画素サイズが大きくなり、画像の鮮鋭度が低下してしまう。

【0006】

30

そこで、上記特願2002-149886号明細書にも示されるように、空間光変調素子で変調された光の光路に第1の結像光学系を配し、この結像光学系による結像面には空間光変調素子の各画素部にそれぞれ対応するマイクロレンズがアレイ状に配されてなるマイクロレンズアレイを配置し、そしてこのマイクロレンズアレイを通過した光の光路には、変調された光による像を感光材料やスクリーン上に結像する第2の結像光学系を配置して、これら第1および第2の結像光学系によって像を拡大投影することが考えられている。この構成においては、感光材料やスクリーン上に投影される画像のサイズは拡大される一方、空間光変調素子の各画素部からの光はマイクロレンズアレイの各マイクロレンズによって集光されるので、投影画像における画素サイズ(スポットサイズ)は絞られて小さく保たれるので、画像の鮮鋭度も高く保つことができる。

【0007】

40

なお特許文献1には、空間光変調素子としてDMDを用い、それとマイクロレンズアレイとを組み合わせてなる画像露光装置の一例が示されている。また特許文献2には、同種の画像露光装置において、マイクロレンズアレイの後側にマイクロレンズアレイの各マイクロレンズと対応する開口(アーチャ)を有する開口板を配置して、対応するマイクロレンズを経た光のみが開口を通過するようにした構成が示されている。この構成においては、開口板の各開口に、それと対応しない隣接のマイクロレンズからの光が入射することが防止されるので、消光比が高められる。

【特許文献1】特開2001-305663号公報

【特許文献2】特表2001-500628号公報

【非特許文献1】石川明人"マスクレス露光による開発短縮と量産適用化"、『エレクトロト

50

ニクス実装技術」、株式会社技術調査会、Vol.18、No.6、2002年、p.74-79

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、上述のようにDMDとマイクロレンズアレイとを組み合わせてなる従来の画像露光装置においては、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズで集光された光の周囲に迷光が生じるという問題が認められている。このような迷光が感光材料まで到達してしまうと、露光画像の鮮鋭度を低下させる等の問題を招く。

【0009】

前述の特許文献2に示された構成において、本来消光比の向上のために設けられた開口板は、上述の迷光を除去する作用も果たすと考えられる。しかしそのような開口板、つまり遮光部材に所定径の開口が形成されてなる開口板を用いる場合は、マイクロレンズで集光された光のビーム中心と開口の中心とが精度良く一致していないと、開口板を通過する光量が顕著に低下し、光利用効率が大きく損なわれてしまう。

10

【0010】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズで集光された光の周囲に生じる迷光が感光材料に到達することを防止可能で、しかも、そのための光学要素の位置合わせ精度が比較的緩くて済む画像露光装置を提供することを目的とする。

【0011】

20

また本発明は、上記マイクロレンズアレイの各マイクロレンズで集光された光の周囲に生じる迷光が感光材料に到達することを防止できる画像露光方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明による画像露光装置は、

先に述べたように、複数の矩形の微小ミラーが2次元状に配列されてなり、入射した光を各微小ミラー毎に空間変調するDMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)と、このDMDに光を照射する光源と、

前記DMDの各微小ミラーからの光をそれぞれ集光するマイクロレンズがアレイ状に配されてなるマイクロレンズアレイを含み、前記DMDにより変調された光による像を感光材料上に結像する結像光学系とを備えた画像露光装置において、

30

前記マイクロレンズの焦点位置近傍に、前記微小ミラーの反射面の歪みに起因する迷光の離散パターンに対応して配置されて各々該迷光を遮断する、互いに離れた複数のマスクが配設されていることを特徴とするものである。

【0013】

なお上記のマスクは、マイクロレンズにより集光された光の外側において、略等角度間隔で4個、あるいは2個配設されるのが望ましい。

【0014】

他方、本発明による画像露光方法は、上述した本発明による画像露光装置を用いて所定のパターンを感光材料に露光することを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【0015】

本発明者の研究によると、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズで集光された光の周囲に迷光が生じるという前述の問題は、DMDを構成する微小ミラーの反射面の歪みに起因していることが判明した。従来、DMDにおいて画素部となる微小ミラーの反射面は、精度良く平坦に形成されているものと考えられて来たが、本発明者の分析によるとこの反射面は歪んでおり、その歪みのパターンに応じて上記迷光のパターンも変わることが分かった。そしてこの迷光は、多くの場合、例えば4つあるいは2つに離散した所定のパターンを有することも分かった。

50

【0016】

以上の知見に鑑みて本発明による画像露光装置においては、マイクロレンズの焦点位置近傍に、迷光の離散パターンに対応して配置されて各々該迷光を遮断する、互いに離れた複数のマスクが配設されている。このような複数のマスクによって迷光を遮断すれば、該迷光が感光材料に到達することを防止して、歪みの無い、より高精細な画像を露光可能となる。

【0017】

そして互いに離れた上記複数のマスクは、円形等の開口を有してその周囲部分（この部分は開口全周に亘って連続している）で迷光を遮断する開口板とは異なって、互いの間に隙間ができるものとなっている。そのため、上記開口板を用いる場合はマイクロレンズとの相対位置が多少ずれても、本来通過させるべき光の多くが開口周囲部分で遮られてしまうのに対し、複数のマスクを用いる場合は、それらとマイクロレンズとの相対位置が多少ずれても、上記隙間が有るために、本来通過させるべき光を多く遮ることがない。したがって本発明の画像露光装置においては、複数のマスクの光学的位置合わせ精度が緩くて済むことになり、それにより、調整作業の容易化、コストダウン等の効果も得られるようになる。

10

【0018】

他方、本発明による画像露光方法は、上述した本発明による画像露光装置を用いて所定のパターンを感光材料に露光するものであるので、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズで集光された光の周囲に生じる迷光が感光材料に到達することを防止して、高精細なパターンを露光可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態による画像露光装置について説明する。

【0020】

[画像露光装置の構成]

この画像露光装置は、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移動ステージ152を備えている。4本の脚部154に支持された厚い板状の設置台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、この画像露光装置には、副走査手段としてのステージ152をガイド158に沿って駆動する後述のステージ駆動装置304（図15参照）が設けられている。

30

【0021】

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。コ字状のゲート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の先端および後端を検知する複数（例えば2個）のセンサ164が設けられている。スキャナ162およびセンサ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およびセンサ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。

40

【0022】

スキャナ162は、図2および図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を配置してある。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 166_{mn} と表記する。

【0023】

露光ヘッド166による露光エリア168は、副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

50

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 168_{mn} と表記する。

【0024】

また、図3(A)および(B)に示すように、帯状の露光済み領域170が副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、本例では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 168_{11} と露光エリア 168_{12} との間の露光できない部分は、2行目の露光エリア 168_{21} と3行目の露光エリア 168_{31} とにより露光することができる。

【0025】

露光ヘッド 166_{11} ～ 166_{mn} の各々は、図4および図5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、米国テキサス・インスツルメンツ社製のデジタル・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後述のコントローラ302(図15参照)に接続されている。このコントローラ302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の各マイクロミラーの反射面の角度を制御する。なお、反射面の角度の制御については後述する。

【0026】

DMD50の光入射側には、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光を補正してDMD上に集光させるレンズ系67、このレンズ系67を透過したレーザ光を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。なお図4では、レンズ系67を概略的に示してある。

【0027】

上記レンズ系67は、図5に詳しく示すように、ファイバアレイ光源66から出射した照明光としてのレーザ光Bを集光する集光レンズ71、この集光レンズ71を通過した光の光路に挿入されたロッド状オプティカルインテグレータ(以下、ロッドインテグレータという)72、およびこのロッドインテグレータ72の前方つまりミラー69側に配置された結像レンズ74から構成されている。集光レンズ71、ロッドインテグレータ72および結像レンズ74は、ファイバアレイ光源66から出射したレーザ光を、平行光に近くかつビーム断面内強度が均一化された光束としてDMD50に入射させる。このロッドインテグレータ72の形状や作用については、後に詳しく説明する。

【0028】

上記レンズ系67から出射したレーザ光Bはミラー69で反射し、TIR(全反射)プリズム70を介してDMD50に照射される。なお図4では、このTIRプリズム70は省略してある。

【0029】

またDMD50の光反射側には、DMD50で反射されたレーザ光Bを、感光材料150上に結像する結像光学系51が配置されている。この結像光学系51は図4では概略的に示してあるが、図5に詳細を示すように、レンズ系52, 54からなる第1結像光学系と、レンズ系57, 58からなる第2結像光学系と、これらの結像光学系の間に挿入されたマイクロレンズアレイ55と、マスク板59とから構成されている。

【0030】

マイクロレンズアレイ55は、DMD50の各画素に対応する多数のマイクロレンズ55aが2次元状に配列されてなるものである。本例では、後述するようにDMD50の1024個×768列のマイクロミラーのうち1024個×256列だけが駆動されるので、それに対応させてマイクロレンズ55aは1024個×256列配置されている。またマイクロレ

10

20

30

40

50

ンズ55aの配置ピッチは縦方向、横方向とも41μmである。このマイクロレンズ55aは、一例として焦点距離が0.19mm、NA(開口数)が0.11で、光学ガラスBK7から形成されている。なおマイクロレンズ55aの形状については、後に詳しく説明する。そして、各マイクロレンズ55aの位置におけるレーザ光Bのビーム径は、41μmである。

【0031】

また上記マスク板59は、透明な板状部材の上に、マイクロレンズアレイ55の1つのマイクロレンズ55a毎に複数の遮光性マスク59aが形成されてなるものであり、マイクロレンズ55aの焦点位置近傍に配置されている。なおこのマスク板59については、後に詳しく説明する。

10

【0032】

上記第1結像光学系は、DMD50による像を3倍に拡大してマイクロレンズアレイ55上に結像する。そして第2結像光学系は、マイクロレンズアレイ55を経た像を1.6倍に拡大して感光材料150上に結像、投影する。したがって全体では、DMD50による像が4.8倍に拡大して感光材料150上に結像、投影されることになる。

【0033】

なお本例では、第2結像光学系と感光材料150との間にプリズムペア73が配設され、このプリズムペア73を図5中で上下方向に移動させることにより、感光材料150上における像のピントを調節可能となっている。なお同図中において、感光材料150は矢印F方向に副走査送りされる。

20

【0034】

DMD50は図6に示すように、SRAMセル(メモリセル)60上に、各々画素(ピクセル)を構成する多数(例えば1024個×768個)の微小ミラー(マイクロミラー)62が格子状に配列されてなるミラーデバイスである。各ピクセルにおいて、最上部には支柱に支えられた矩形のマイクロミラー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。なお、マイクロミラー62の反射率は90%以上であり、その配列ピッチは縦方向、横方向とも一例として13.7μmである。また、マイクロミラー62の直下には、ヒンジおよ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に構成されている。

30

【0035】

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±12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。したがって、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に入射したレーザ光B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。

【0036】

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に接続された前記コントローラ302によって行われる。また、オフ状態のマイクロミラー62で反射したレーザ光Bが進行する方向には、光吸収体(図示せず)が配置されている。

40

【0037】

また、DMD50は、その短辺が副走査方向と所定角度(例えば、0.1°~5°)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。

【0038】

DMD50には、長手方向にマイクロミラーが多数個(例えば1024個)配列されたマ

50

イクロミラー列が、短手方向に多数組（例えば756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。

【0039】

また、異なるマイクロミラー列により同じ走査線上が重ねて露光（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、主走査方向に配列された複数の露光ヘッドの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。10

【0040】

なお、DMD50を傾斜させる代わりに、各マイクロミラー列を副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。

【0041】

ファイバアレイ光源66は図9aに示すように、複数（例えば14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が結合されている。図9bに詳しく示すように、マルチモード光ファイバ31の光ファイバ30と反対側の端部は副走査方向と直交する主走査方向に沿って7個並べられ、それが2列に配列されてレーザ出射部68が構成されている。20

【0042】

マルチモード光ファイバ31の端部で構成されるレーザ出射部68は、図9b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、マルチモード光ファイバ31の光出射端面には、その保護のために、ガラス等の透明な保護板が配置されるのが望ましい。マルチモード光ファイバ31の光出射端面は、光密度が高いため集塵し易く劣化し易いが、上述のような保護板を配置することにより、端面への塵埃の付着を防止し、また劣化を遅らせることができる。

【0043】

本例では図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程度のクラッド径が小さい光ファイバ31が同軸的に結合されている。それらの光ファイバ30, 31は、それぞれのコア軸が一致する状態で光ファイバ31の入射端面を光ファイバ30の出射端面に融着することにより結合されている。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。30

【0044】

マルチモード光ファイバ30および光ファイバ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、および複合型光ファイバの何れも適用可能である。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。本例において、マルチモード光ファイバ30および光ファイバ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 = 50 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 = 50 μm、NA = 0.2である。40

【0045】

ただし、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多くの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以下がより好ましい。一方、シングルモード光ファイバの50

場合、コア径は少なくとも $3 \sim 4 \mu\text{m}$ 必要であることから、光ファイバ31のクラッド径は $10 \mu\text{m}$ 以上が好ましい。また、光ファイバ30のコア径と光ファイバ31のコア径を一致させることが、結合効率の点から好ましい。

【0046】

なお本発明においては、上述のようにクラッド径が互いに異なる 2 つの光ファイバ30、31を融着（いわゆる異径融着）して用いることは必ずしも必要ではなく、クラッド径が一定の光ファイバ（例えば図 9 a の例ならば光ファイバ30）を複数本そのままバンドル状に束ねてファイバアレイ光源を構成してもよい。

【0047】

レーザモジュール64は、図 1 1 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, および 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 および 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 個に限定されるものではなく、その他の個数が採用されてもよい。また、上述のような 7 個のコリメータレンズ 11 ~ 17 に代えて、それらのレンズが一体化されてなるコリメータレンズアレイを用いることもできる。

【0048】

GaN 系半導体レーザ LD1 ~ LD7 は、発振波長が総てほぼ共通（例えば、405 nm）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 100 mW、シングルモードレーザでは 50 mW 程度）である。なお、GaN 系半導体レーザ LD1 ~ LD7 の各出力は、最大出力以下で、互いに異なっていても構わない。また、GaN 系半導体レーザ LD1 ~ LD7 としては、350 nm ~ 450 nm の波長範囲において、上記 405 nm 以外の波長で発振するレーザを用いてもよい。

【0049】

上記の合波レーザ光源は、図 1 2 および図 1 3 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、それらによって形成される閉空間（封止空間）内に上記合波レーザ光源が気密封止されている。

【0050】

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。

【0051】

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、そこにコリメータレンズ 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。

【0052】

なお、図 1 3 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。

【0053】

図 1 4 は、上記コリメータレンズ 11 ~ 17 の取り付け部分の正面形状を示すものである。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

10

20

30

40

50

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。

【0054】

一方GaN系半導体レーザLD1～LD7としては、発光幅が2μm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れば10°、30°の状態で各々レーザ光B1～B7を発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。

【0055】

したがって、各発光点から発せられたレーザ光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光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f₁=3mm、NA=0.6、レンズ配置ピッチ=1.25mmである。

【0056】

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f₂=23mm、NA=0.2である。この集光レンズ20も、例えれ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。

【0057】

次に図15を参照して、本例の画像露光装置における電気的な構成について説明する。ここに示されるように全体制御部300には変調回路301が接続され、該変調回路301にはDM50を制御するコントローラ302が接続されている。また全体制御部300には、レーザモジュール64を駆動するLD駆動回路303が接続されている。さらにこの全体制御部300には、前記ステージ152を駆動するステージ駆動装置304が接続されている。

【0058】

[画像露光装置の動作]

次に、上記画像露光装置の動作について説明する。スキャナ162の各露光ヘッド166において、ファイバアレイ光源66の合波レーザ光源を構成するGaN系半導体レーザLD1～LD7（図11参照）の各々から発散光状態で出射したレーザ光B1，B2，B3，B4，B5，B6，およびB7の各々は、対応するコリメータレンズ11～17によって平行光化される。平行光化されたレーザ光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の入射端面上で収束する。

【0059】

本例では、コリメータレンズ11～17および集光レンズ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。すなわち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザ光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本のレーザ光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。

【0060】

各レーザモジュールにおいて、レーザ光B1～B7のマルチモード光ファイバ30への結合効率が0.9で、GaN系半導体レーザLD1～LD7の各出力が50mWの場合には、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315mW（=50mW×0.9×7）の合波レーザ光Bを得ることができる。したがって、14本のマルチモード光ファイバ31全体では、4.4W（=0.315W×14）の出力のレーザ光Bが得られる

10

20

30

40

50

。

【0061】

画像露光に際しては、図15に示す変調回路301から露光パターンに応じた画像データがDMD50のコントローラ302に入力され、そ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。

【0062】

感光材料150を表面に吸着したステージ152は、図15に示すステージ駆動装置304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。なお本例の場合、1画素部となる上記マイクロミラーのサイズは $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$ である。

10

【0063】

ファイバアレイ光源66からDMD50にレーザ光B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上に結像される。このようにして、ファイバアレイ光源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がスキヤナ162によりステージ移動方向と反対の方向に副走査され、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

【0064】

なお本例では、図16（A）および（B）に示すように、DMD50には、主走査方向にマイクロミラーが1024個配列されたマイクロミラー列が副走査方向に768組配列されているが、本例では、コントローラ302により一部のマイクロミラー列（例えば、1024個 \times 256列）だけが駆動するように制御がなされる。

【0065】

この場合、図16（A）に示すようにDMD50の中央部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよく、図16（B）に示すように、DMD50の端部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよい。また、一部のマイクロミラーに欠陥が発生した場合は、欠陥が発生していないマイクロミラー列を使用するなど、状況に応じて使用するマイクロミラー列を適宜変更してもよい。

30

【0066】

DMD50のデータ処理速度には限界があり、使用する画素数に比例して1ライン当たりの変調速度が決定されるので、一部のマイクロミラー列だけを使用することで1ライン当たりの変調速度が速くなる。一方、連続的に露光ヘッドを露光面に対して相対移動させる露光方式の場合には、副走査方向の画素を全部使用する必要はない。

【0067】

40

スキヤナ162による感光材料150の副走査が終了し、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、ステージ駆動装置304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。

【0068】

次に、図5に示したファイバアレイ光源66、集光レンズ71、ロッドインテグレータ72、結像レンズ74、ミラー69およびTIRプリズム70から構成されてDMD50に照明光としてのレーザ光Bを照射する照明光学系について説明する。ロッドインテグレータ72は例えば四角柱状に形成された透光性ロッドであり、その内部をレーザ光Bが全反射しながら進行するうちに、該レーザ光Bのビーム断面内強度分布が均一化される。なお、ロッドインテ

50

グレータ72の入射端面、出射端面には反射防止膜がコートされて、透過率が高められている。以上のようにして、照明光であるレーザ光Bのビーム断面内強度分布を高度に均一化できれば、照明光強度の不均一を無くして、高精細な画像を感光材料150に露光可能となる。

【0069】

ここで図17に、DMD50を構成するマイクロミラー62の反射面の平面度を測定した結果を示す。同図においては、反射面の同じ高さ位置を等高線で結んで示してあり、等高線のピッチは5nmである。なお同図に示すx方向およびy方向は、マイクロミラー62の2つ対角線方向であり、マイクロミラー62はy方向に延びる回転軸を中心として前述のように回転する。また図18の(A)および(B)にはそれぞれ、上記x方向、y方向に沿ったマイクロミラー62の反射面の高さ位置変位を示す。

10

【0070】

上記図17および図18に示される通り、マイクロミラー62の反射面には歪みが存在し、その歪み変化量はマイクロミラー62の中心から周辺部に行くにつれて次第に大きくなる傾向を有している。そしてマイクロミラー62の1つの対角線方向(y方向)の周辺部歪み変化量は、別の対角線方向(x方向)の周辺部歪み変化量と比べて大きく、上記の傾向もより顕著となっている。

【0071】

マイクロミラー62の反射面に上述の歪みが存在すると、マイクロレンズアレイ55のマイクロレンズ55aで集光されたレーザ光Bの周囲に迷光が生じるという前述の問題が発生し得る。本実施形態の画像露光装置においては、この迷光を遮断するために、先に述べたマスク板59(図5参照)が設けられている。マスク板59はその正面形状を図19に示す通り、透明な板状部材59bの一表面上に、複数の円形の遮光性マスク59aが形成されてなるものである。これらのマスク59aは、同図に破線で囲んで示す領域内の4個が、マイクロレンズアレイ55の1つのマイクロレンズ55aと各々対応する状態に配置されている。

20

【0072】

すなわちこれら4個のマスク59aは、1つのマイクロレンズ55aの光軸の延長線周りに、等角度間隔で4個配設されている。図19には、マイクロレンズ55aによって集光されたレーザ光Bとともに、該レーザ光Bの周りに上記原因で発生する迷光Bfを示してある。図示の通りこれらの迷光Bfは4つに離散したパターンを有するものであり、上記4個のマスク59aはこの迷光パターンに対応して、それぞれが迷光Bfの位置に来る状態に配置されている。そこで迷光Bfは、これら4個のマスク59aによって遮断され、感光材料150まで到達することがない。それにより本実施形態の画像露光装置によれば、上記迷光Bfの影響を除いて、歪みの無い、より高精細な画像を露光可能となる。

30

【0073】

なお、上記の迷光Bfが除去される仕組みを、図23に詳しく示す。同図(A)の正方形はマイクロレンズアレイ55の1つのマイクロレンズ55aを示しており、同図(B)はこのマイクロレンズ55aによるビーム集光位置における像を示している。ここに示される通り、中心ビーム(レーザ光B)の外側4箇所に迷光Bfが発生する。一方同図(C)の正方形はマスク板59の、上記1つのマイクロレンズ55aに対応する部分を示しており、図示の通り4個のマスク59aが形成されている。そこで、上記ビーム集光位置における像とマスク板59との相対位置関係は同図(D)に示す通りとなり、このマスク板59の後方側では、同図(E)に示す通り迷光Bfが除去されて、中心ビーム(レーザ光B)だけが得られることになる。

40

【0074】

図20には、上記マスク板59が図19の状態から若干下方に位置ずれした状態を示す。図示の通り、4個のマスク59aの間には隙間が有るために、このようにマスク板59が若干位置ずれを起こしても、本来通過させるべきレーザ光Bを多く遮ってしまうことがない。したがってこの画像露光装置においては、複数のマスク59aの光学的位置合わせ精度が緩くて済むことになり、調整作業の容易化、コストダウン等が実現される。

50

【0075】

比較のため図21に、レーザ光Bを通過させる円形の開口400aを有して、その周囲部分で迷光Bfを遮断する開口板400を示す。同図(A)はこの開口板400が所定の位置に存在して、迷光Bfを正常に遮断している状態を示しており、同図(B)は、開口板400が同図(A)の状態から若干下方に位置ずれした状態を示している。ここに示される通り、開口板400が位置ずれを起こすと、開口400aの周囲部分(この部分は上記4個のマスク59aとは異なり、連続している)がレーザ光Bの一部を遮断してしまう事態が発生しやすい。

【0076】

なお、マイクロレンズアレイ55のマイクロレンズ55aが円形ではなく矩形状のものとされた場合は、上述した複数の迷光Bfどうしの間に、別の迷光が生じることもある。そのような場合は、4個のマスク59aの間にさらにマスクを形成して、その別の迷光を併せて遮断するようにしてもよい。

【0077】

本発明の画像露光装置において、複数のマスクの配置パターンは上記実施形態におけるパターンに限られるものではない。例えば図22に示すように、集光されたレーザ光Bの周りに2つの迷光Bfが生じるような場合は、それに対応させて、2個のマスク59aを配置すればよい。

【0078】

また、1つのマスク自体の形状も、以上説明した円形に限られるものではなく、その他例えば多角形、扇形等の形状が適用されてもよい。さらに、そのような複数の形状のマスクを組み合わせて適用してもよいし、大きさが互いに異なる複数のマスクを配設しても構わない。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明の一実施形態である画像露光装置の外観を示す斜視図

【図2】図1の画像露光装置のスキャナの構成を示す斜視図

【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、(B)は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図

【図4】図1の画像露光装置の露光ヘッドの概略構成を示す斜視図

30

【図5】上記露光ヘッドの断面図

【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

【図7】(A)および(B)はDMDの動作を説明するための説明図

【図8】(A)および(B)は、DMDを傾斜配置しない場合と傾斜配置する場合とで、露光ビームの配置および走査線を比較して示す平面図

【図9a】ファイバアレイ光源の構成を示す斜視図

【図9b】ファイバアレイ光源のレーザ出射部における発光点の配列を示す正面図

【図10】マルチモード光ファイバの構成を示す図

【図11】合波レーザ光源の構成を示す平面図

【図12】レーザモジュールの構成を示す平面図

40

【図13】図12に示すレーザモジュールの構成を示す側面図

【図14】図12に示すレーザモジュールの構成を示す部分正面図

【図15】上記画像露光装置の電気的構成を示すブロック図

【図16】(A)および(B)は、DMDの使用領域の例を示す図

【図17】DMDを構成するマイクロミラーの反射面の歪みを等高線で示す図

【図18】上記マイクロミラーの反射面の歪みを、該ミラーの2つの対角線方向について示すグラフ

【図19】図1の画像露光装置に用いられたマスク板を示す正面図

【図20】図19のマスク板が位置ずれした状態を示す概略図

【図21】従来使用されている開口板によって迷光を遮断する状態を示す概略図

50

【図22】本発明の画像露光装置に適用されるマスクパターンの別の例を示す概略図

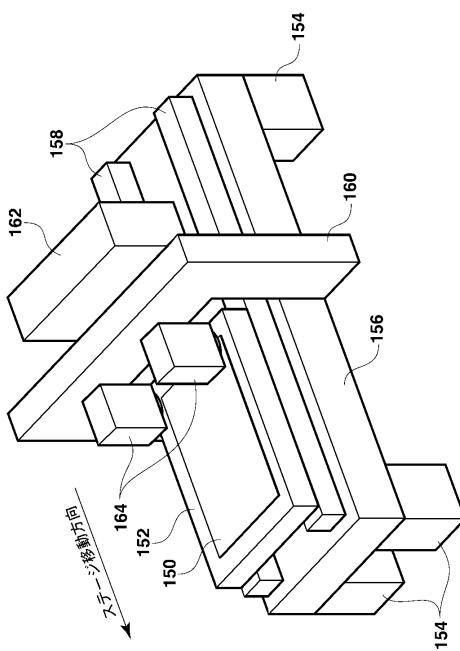
【図23】図1の画像露光装置における迷光除去の作用を説明する図

【符号の説明】

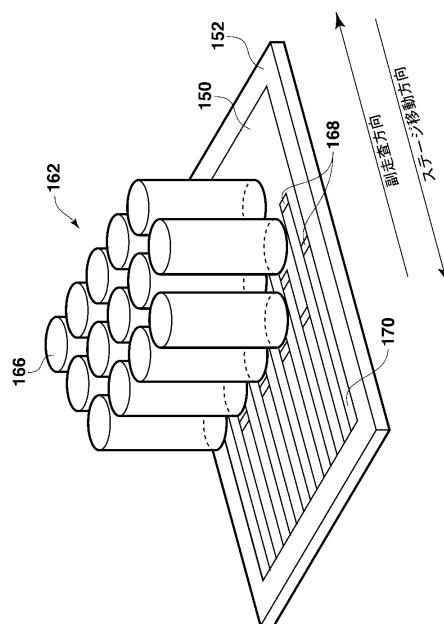
【0080】

LD1 ~ LD7	GaN系半導体レーザ	
30、31	マルチモード光ファイバ	
50	デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)	
51	拡大結像光学系	
53、54	第1結像光学系のレンズ	10
55	マイクロレンズアレイ	
57、58	第2結像光学系のレンズ	
59	マスク板	
59a	マスク	
66	レーザモジュール	
66	ファイバアレイ光源	
68	レーザ出射部	
72	ロッドインテグレータ	
150	感光材料	
152	ステージ	20
162	スキャナ	
166	露光ヘッド	
168	露光エリア	
170	露光済み領域	

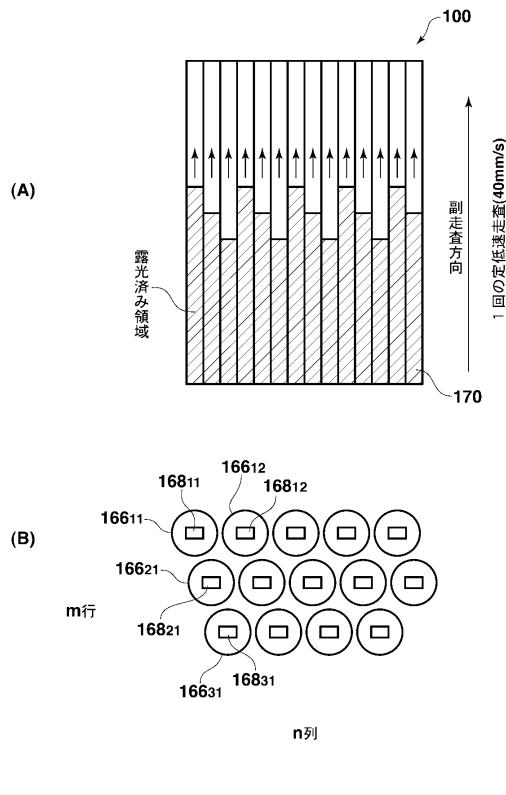
【図1】



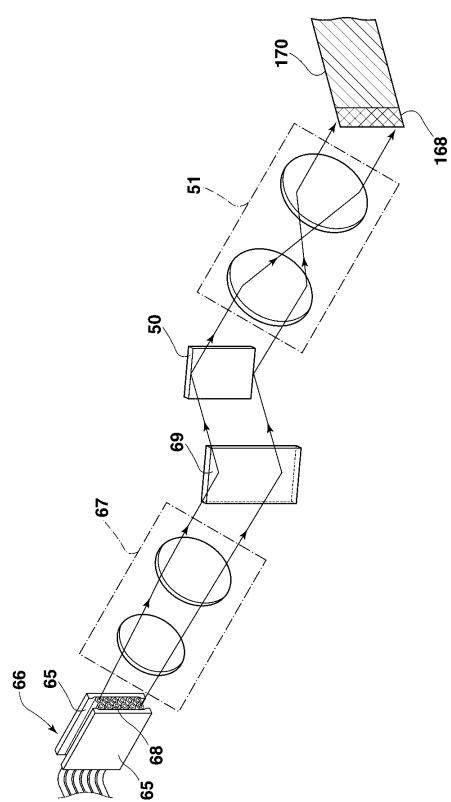
【図2】



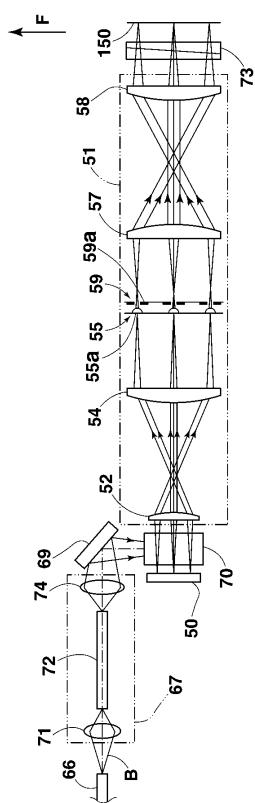
【図3】



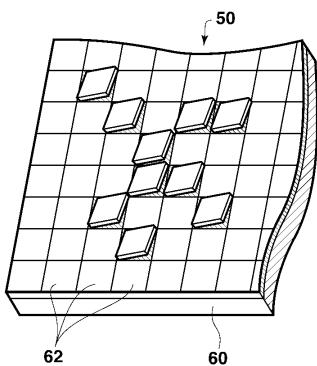
【図4】



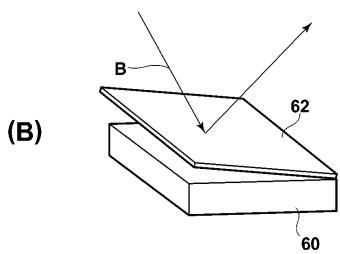
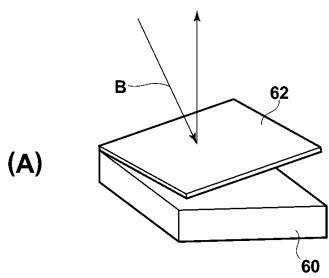
【図5】



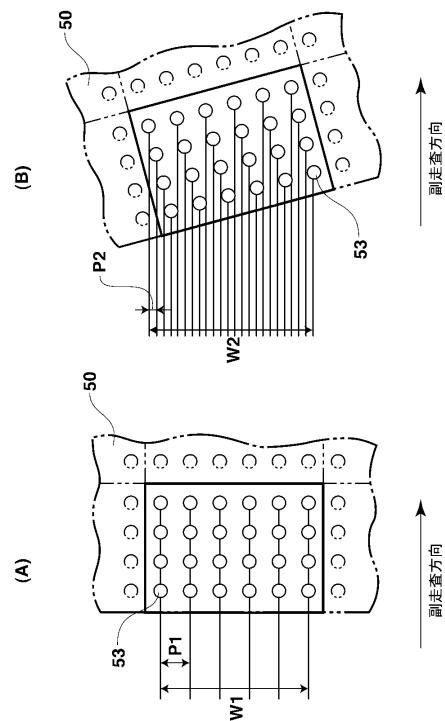
【図6】



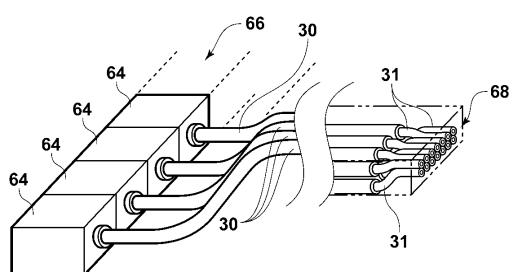
【図7】



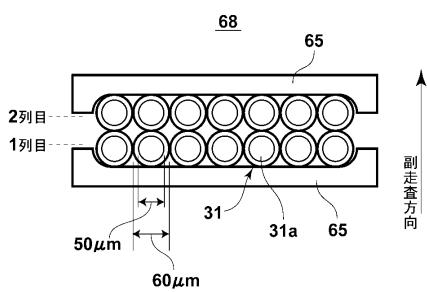
【図8】



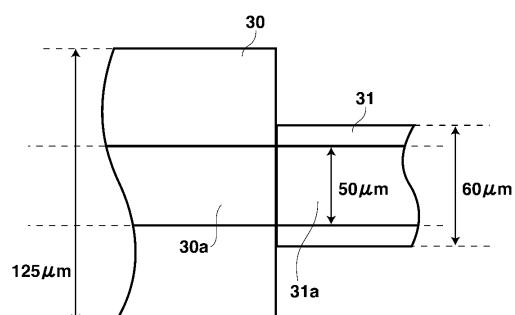
【図9a】



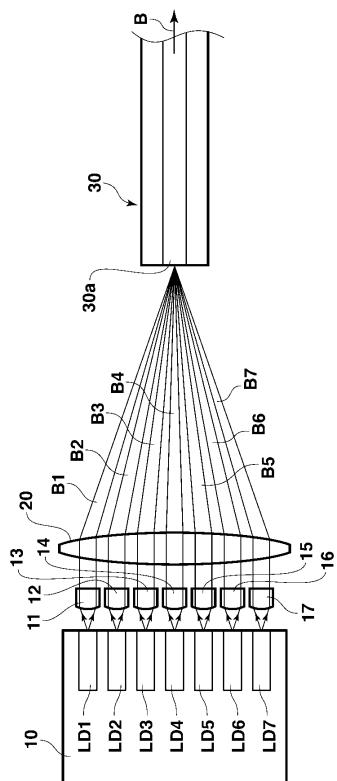
【図9b】



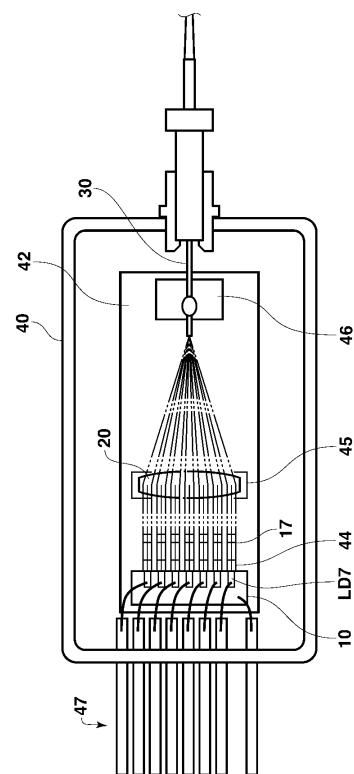
【図10】



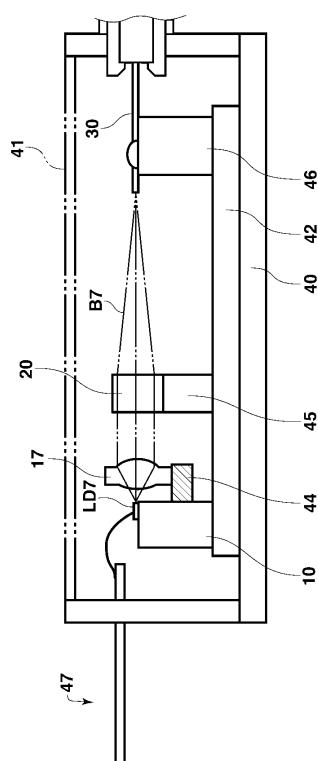
【図 1 1】



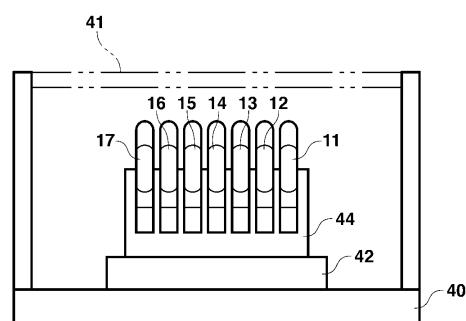
【図 1 2】



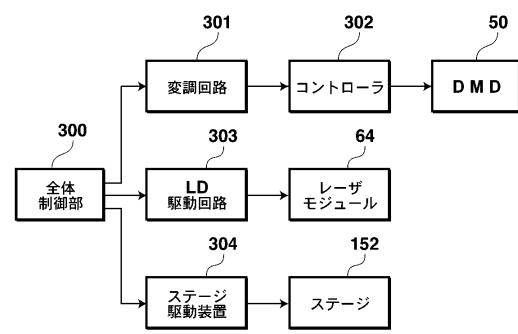
【図 1 3】



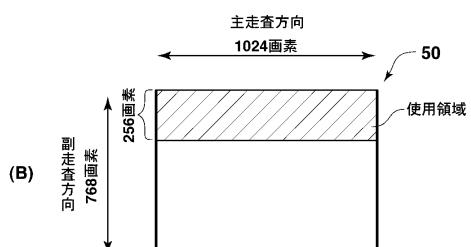
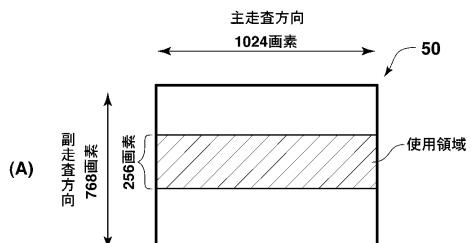
【図 1 4】



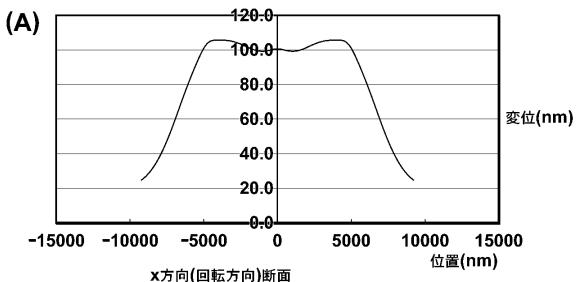
【図 1 5】



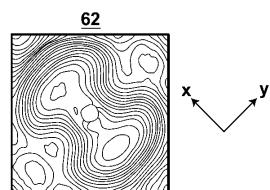
【図16】



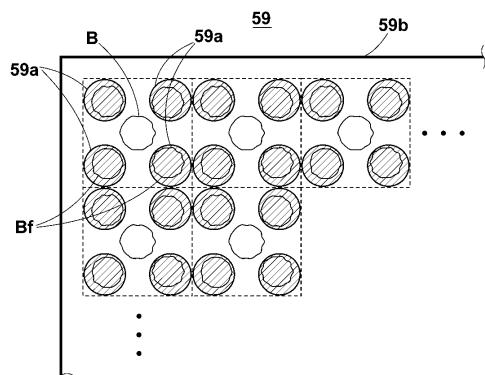
【図18】



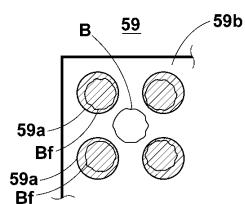
【図17】



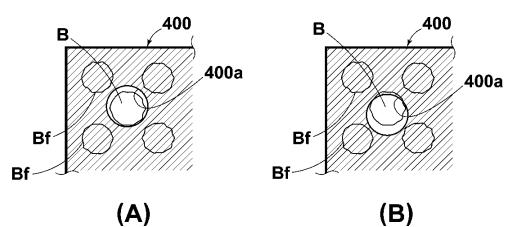
【図19】



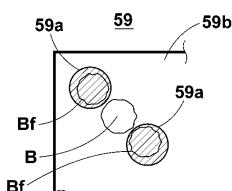
【図20】



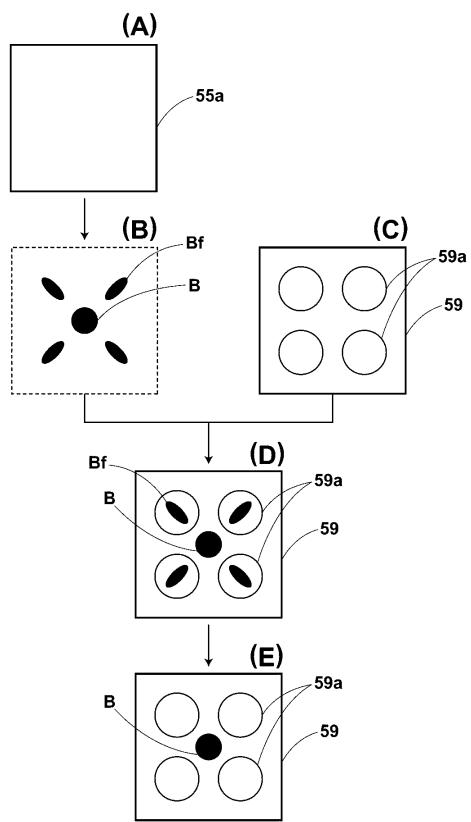
【図21】



【図22】



【図2-3】



フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開2004-012899 (JP, A)

特開2004-012900 (JP, A)

特開平06-051231 (JP, A)

特開2003-017396 (JP, A)

特開2003-322952 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L	21 / 027		
G 03 F	7 / 20	-	7 / 24