

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6085956号
(P6085956)

(45) 発行日 平成29年3月1日 (2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日 (2017.2.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 S 5/183 (2006.01)

HO 1 S 5/042 (2006.01)

HO 1 S 5/183

HO 1 S 5/042 6 1 2

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-260156 (P2012-260156)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成24年11月28日 (2012.11.28)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2013-214706 (P2013-214706A)		東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
(43) 公開日	平成25年10月17日 (2013.10.17)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成27年11月12日 (2015.11.12)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	特願2012-52689 (P2012-52689)	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成24年3月9日 (2012.3.9)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	花岡 克成
			東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	沼田 雅之
			東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
			会社リコー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光レーザアレイ素子、光走査装置及び画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のメサと、前記複数のメサの周囲に位置する複数のダミーメサと、を有する面発光レーザ素子であって、

前記複数のメサは、配線が接続される電極を有し、

前記配線の一部は、前記ダミーメサの上面及び側面と該ダミーメサの周囲の底面にわたり形成されているものであって、

前記配線における前記ダミーメサの周囲の底面にわたり形成されている配線の領域において、

前記配線の領域における配線の幅が、前記ダミーメサの周囲に広がる方向に、他の領域よりも広く形成されていることを特徴とする面発光レーザアレイ素子。

【請求項 2】

2つの前記ダミーメサの間において、2本の配線が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の面発光レーザアレイ素子。

【請求項 3】

前記複数のメサは、2次元アレイ状に形成されているものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の面発光レーザアレイ素子。

【請求項 4】

前記メサ及び前記ダミーメサは、略同一形状で形成されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の面発光レーザアレイ素子。

10

20

【請求項 5】

前記メサの形状は、4角形であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の面発光レーザレイ素子。

【請求項 6】

前記電極は、前記メサの上面に形成される上部電極であり、前記上部電極と前記配線は、同一の金属膜からなるものであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の面発光レーザレイ素子。

【請求項 7】

前記ダミーメサの周囲の底面に形成された配線の幅は、前記ダミーメサの上面に形成された配線の幅よりも広いことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の面発光レーザレイ素子。

10

【請求項 8】

光によって被走査面を走査する光走査装置であって、
請求項 1 から 7 のいずれかに記載の面発光レーザレイ素子を有する光源と、
前記光源からの光を偏向する光偏向部と、
前記光偏向部により偏向された光を前記被走査面上に集光する走査光学系と、
を有することを特徴とする光走査装置。

【請求項 9】

像担持体と、
前記像担持体に対して画像情報に応じて変調された光を走査する請求項 8 に記載の光走査装置と、
を有することを特徴とする画像形成装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光レーザレイ素子、光走査装置及び画像形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

面発光レーザレイ素子は、複数の面発光レーザ（V C S E L : Vertical Cavity Surface Emitting LASER）を集積化したものであり、例えば、n 型 G a A s 基板上に n 型半導体多層膜反射鏡、下部スペーサ層、多重量子井戸活性層、上部スペーサ層、p 型半導体多層膜反射鏡を順次積層することにより半導体積層体を形成し、このように形成された半導体積層体を垂直方向にエッチングすることにより複数のメサを形成し、更に、層間絶縁膜を形成した後、メサの上面における層間絶縁膜の一部を除去することにより発光面となる開口を形成し、発光面よりレーザ光を出射させる構造のものである。尚、このような面発光レーザレイ素子においては、各々のメサの上面には各々上部電極が形成されており、各々の上部電極は層間絶縁膜上に形成された配線により電極パッド等に接続されている。また、n 型 G a A s 基板の裏面には下部電極が形成されている。

30

【0003】

このような面発光レーザにおいて、電流狭窄構造とするため、電流狭窄層となる半導体層を形成し、この電流狭窄層の周囲を酸化する選択酸化が行なわれている。具体的には、半導体積層体を結晶層成長させる際に、上部多層膜反射鏡（D B R : Distributed Bragg Reflector）の一部として、電流狭窄層として A l A s 層（または、A l 組成が極めて 1 に近い A l G a A s 層）を形成し、メサを形成することにより、電流狭窄層の側面を露出させる。この後、水蒸気酸化により、電流狭窄層の側面から酸化がなされて、 $A l_x O_y$ が形成されることにより、選択酸化領域が形成される。これにより、酸化されていない領域の A l A s により電流狭窄領域となる電流狭窄窓（O A : Oxide apertur）が形成される。

40

【0004】

形成される電流狭窄層は、ごく少量の G a を含有する $A l_x G a_y A s_z$ でもよいが、

50

$Al_xGa_yAs_z$ における酸化速度は、Ga 含有量に大きく依存する。このため、 $Al_xGa_yAs_z$ の場合においては、形成される電流狭窄領域の大きさの制御性が低く、レーザ特性におけるバラツキが大きくなり、また、酸化速度が遅いためスループットも低くなる。従って、電流狭窄層を形成する材料としては、 $AlAs$ が最も適している。

【0005】

このように、電流狭窄構造を有する面発光レーザにおいては、電流狭窄層を $AlAs$ 層により形成することにより、製造される面発光レーザの歩留りを高くすることができ、また、スループットも向上させることができるため、低コスト化が可能となる。

【0006】

一方、偏光方向を制御するために電流狭窄窓となる電流狭窄領域の形状を4角形にすることが好ましいが、 $AlAs$ 層における酸化速度は、面方位依存性が大きい。従って、電流狭窄領域の形状を4角形にするためには、メサの形状を4角柱または4角錐台形の形状となるように形成することが必要となる。

【0007】

面発光レーザアレイ素子は、このような面発光レーザを2次元的に集積化することにより形成されている。例えば、大きさが約 $30\mu m$ のメサにより形成される面発光レーザをピッチが約 $40\mu m$ となるように2次元的に形成することにより、2次元的に高密度に集積化された面発光レーザアレイ素子を作製することができる。このように形成された面発光レーザアレイ素子は、レーザプリンタ等の画像形成装置の光源として用いた場合、オフセット印刷と同等の高画質を実現することが可能である。このような面発光レーザアレイ素子は、複数の発光チャネルとなる面発光レーザを高密度に2次元集積化できる点で、端面発光レーザと比べて優位性を有している。

【0008】

面発光レーザを形成するためのメサは、成膜された半導体積層体の上にフォトリソレジストを塗布した後、露光装置による露光、現像を行なうことにより、メサの形成される領域にレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) 等によるドライエッチングにより行なうことにより形成される。この工程は、面発光レーザのピッチが $40\mu m$ 以下となるような2次元的に高密度に集積化された面発光レーザアレイ素子を作製する場合においても同様である。

【0009】

ところで、反応性イオンエッチングは、数 μm 程度の微細加工や、数 nm 程度のエッチング終点制御が可能である点では優れているが、中央部におけるエッチングレートよりも周辺部におけるエッチングレートが早いため、周辺部のメサにおいて、サイドエッチングやオーバーエッチングが発生し、形成される面発光レーザにバラツキが発生するという問題があり、この傾向は、特に、最も外側に形成される面発光レーザにおいて顕著に生じる。これは、中央部のメサは周囲を隣のメサに囲まれているのに対し、外周となる外側のメサでは、隣のメサが存在しない部分があり、反応性イオンと副生成物との比率が変化するため、エッチングレートに差が生じるためと考えられる。

【0010】

特許文献1には、実際にはレーザとして使用しないダミーメサをレーザ発振するメサの周囲に配置することにより、メサを形成する際のエッチングレートのばらつきを抑え、プロセスを安定化する技術が開示されている。

【0011】

ところで、電流狭窄構造の面発光レーザにおいて形成される電流狭窄層となる $AlAs$ 層は、非常に脆いため、圧力が加わると破壊される場合がある。また、このことを回避して製造を行なう場合、製造方法等も複雑となり、製造コストが高くなってしまう。よって、電流狭窄構造の面発光レーザにおける高い歩留、高スループット等の優位性が損なわれてしまう場合がある。

【0012】

具体的には、レジストパターンを形成する際のフォトリソグラフィ工程において、露光

10

20

30

40

50

装置として、小型で比較的低価格なコンタクト露光装置を用いた場合、露光の際に接触するフォトマスクとのコンタクト圧力により、A1As層が破壊されてしまう。また、A1As層の破壊を防ぐため、コンタクト圧力を小さくするとフォトマスクとの密着性が低下し、リソグラフィにおける転写精度が低下し、歩留りの低下や、均一性の低下等を招いてしまう。

【0013】

従って、高密度に2次元アレイ状に面発光レーザが形成される面発光レーザアレイ素子を形成する際には、高度なマスク転写性が求められることから、フォトリソグラフィ工程は、縮小投影露光により行なう方法が考えられる。しかしながら、縮小投影露光を行なうための露光装置は、装置が大型で、かつ高価なものであるため、製造される面発光レーザアレイ素子の製造コストが格段に高くなってしまうという問題が新たに発生する。

10

【0014】

一方、小型で比較的低価格なコンタクト露光装置を用いた方法としては、面発光レーザとなるメサの周囲にダミーメサを配置して、コンタクト圧力を分散することにより、フォトマスクと基板との密着圧力を高くする方法があり、これにより良好な転写特性を得ることができる。即ち、ダミーメサを形成することにより、高密度に2次元的に集積化されている電流狭窄構造の面発光レーザアレイ素子を比較的 low コストで製造することができる。特許文献2には、このようなダミーメサを形成することにより、コンタクト露光の際のコンタクト圧力を分散させて、良好な転写性を得る技術が開示されている。

【0015】

20

ところで、形成される面発光レーザの周辺にダミーメサ等を形成する場合において、高密度に2次元的に集積化した面発光レーザアレイ素子では、ダミーメサの上に配線を形成することが必要となる。しかしながら、この場合、ダミーメサは、配線にとっては障害物であり、配線はダミーメサの段差を乗り越えなければならない。従って、ダミーメサの上面の端部等において、配線が切断される場合や、配線の厚さが薄くなり電気抵抗が高くなってしまう場合がある。

【0016】

即ち、配線は、主に、真空蒸着やスパッタリングにより金属材料を成膜することにより形成されるが、いずれの方法においても、メサの上面の端部（凸状のメサのエッジ部分）や側面においては、成膜される配線の膜厚が薄くなるため、断線が発生する場合や、電気抵抗が高くなる場合がある。

30

【0017】

また、配線を真空蒸着やスパッタリングにより形成する場合、配線の膜厚の面内均一性を確保するため、基板を自公転等させながら行なうことが一般的に行なわれている。しかしながら、メサの形状が4角柱や4角台形の形状である場合には、成膜時間のうち3/4の時間が影となるため、この間においては成膜がなされない。従って、メサの形状が円柱形や円錐台形の形状の場合と比べて、特に、断線のリスクが高くなる。

【0018】

このため、特許文献2においては、小さく分割されたダミーメサを形成することにより、配線がダミーメサを乗り越えないように配置されている構造のものが開示されている。

40

【0019】

また、配線のステップカバレッジ不足を解消する構造のものとしては、特許文献3に開示されているように、配線となるp側電極配線により、メサ側面の全体を被覆する構造のもの、特許文献4及び5に開示されているように、メサをテーパ形状とすることにより、配線被覆性において有利となる構造のもの、特許文献6に開示されているように、ポリイミドにより平坦化した構造のもの等がある。

【0020】

更に、真空蒸着やスパッタリングにおいて、蒸着粒子を基板に対し斜めより入射させることにより、メサの側壁における配線の厚さを厚くし、ステップカバレッジを良好にする方法等がある。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

しかしながら、特許文献1に開示されている技術は、実際にはレーザとして使用しないダミーメサをレーザ発振するメサの周囲に配置している構造のものであり、上述したように、高密度に2次元アレイ化した際にダミーメサが電極配線にとっては障害物となる。従って、ダミーメサの上面等に配線を形成した場合、上面等の端部における配線切れや、配線厚の減少による配線抵抗の増大等の課題は解決されない。

【0022】

また、特許文献2に開示されている構造のものでは、小さく分割されたダミーメサを形成することにより、配線がダミーメサを乗り越えないような構造としたものであるため、ダミーメサにより圧力を分散させることはできる。しかしながら、面発光レーザとなるメサの形状とダミーメサの形状とが異なるため、このようなダミーメサを形成したからといって、メサを形成する際のドライエッチングにおけるエッチングレートが均一とはならない。よって、ダミーメサを形成したにもかかわらず、エッチングレートが不均一となる問題は解消されない。

【0023】

また、特許文献3に開示されているように、メサ側壁の全面に配線となるp側電極配線を形成する場合においては、メサ側壁に形成された配線の内部応力が面発光レーザに作用するため、格子欠陥等を誘発し信頼性が低下するという問題がある。また、出射するレーザ光の偏光方向が所定の方向とは異なる方向となるという問題もある。更に、面発光レーザを2次元的に形成する場合において、面発光レーザを形成しているメサとメサの間に配線を形成する方法があるが、この方法では、メサとメサの間隔を狭めることができず、面発光レーザの高集積化の妨げとなる。

【0024】

また、特許文献4及び5に開示されているように、メサをテーパ形状にした場合においても、配線カバレッジは十分とはいえず、メサの側壁における膜厚が薄くなるため（ステップカバレッジが良好ではないため）、断線の発生のおそれや配線における信頼性の低下は否むことはできない。

【0025】

また、特許文献6に開示されているものは、ポリイミドを形成するための工程数が増加するため、コストアップとなるだけでなく、ポリイミドはメサの側面に接して形成されるため、内部応力が生じ、この内部応力が面発光レーザに作用して結晶欠陥を誘発し、信頼性の低下を招いてしまう。

【0026】

更に、斜めから金属材料を蒸着等することによりメサの側面に配線を形成し、カバレッジを確保する方法の場合では、メサとメサの間の底部に形成される配線の端部において、バリが発生する。この配線のバリは、後工程においてパーティクルとなるため、配線間のショートを招くといった問題が発生する。更に、配線の膜厚の面内分布を確保するため、成膜の際、基板を自公転等させて、蒸着粒子を基板に対し斜めより入射させて蒸着等を行なう方法の場合では、4角柱等の形状のメサにおいては、成膜時間のうち3/4の時間が影となり、この間成膜がなされないため、ステップカバレッジを向上させることができない。

【0027】

よって、本発明は、上記に鑑みなされたものであり、低コストで信頼性の高い面発光レーザアレイ素子を提供することを目的とするものであり、更には、この面発光レーザアレイ素子を用いることにより、高解像度で高画質な画像を安定して形成することが可能な画像形成装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0028】

本発明は、複数のメサと、前記複数のメサの周囲に位置する複数のダミーメサと、を有する面発光レーザ素子であって、前記複数のメサは、配線が接続される電極を有し、前記配線の一部は、前記ダミーメサの上面及び側面と該ダミーメサの周囲の底面にわたり形成されているものであって、前記配線における前記ダミーメサの周囲の底面にわたり形成されている配線の領域において、前記配線の領域における配線の幅が、前記ダミーメサの周囲に広がる方向に、他の領域よりも広く形成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、低コストで信頼性の高い面発光レーザアレイ素子を提供することができ、更には、高解像度で高画質な画像を安定して形成することが可能な画像形成装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】第1の実施の形態における面発光レーザアレイ素子の構造の説明図

【図2】第1の実施の形態における面発光レーザアレイ素子の製造工程の説明図

【図3】従来の面発光レーザアレイ素子の説明図

【図4】第1の実施の形態における面発光レーザアレイ素子の構造図

【図5】第1の実施の形態における面発光レーザアレイ素子の断面図

【図6】第1の実施の形態における他の面発光レーザアレイ素子の構造図

【図7】第2の実施の形態におけるレーザプリンタの構成図

20

【図8】第2の実施の形態における光走査装置の構成図

【図9】面発光レーザアレイ素子の説明図

【図10】第3の実施の形態におけるカラープリンタの構成図

【発明を実施するための形態】

【0031】

本発明を実施するための形態について、以下に説明する。尚、同じ部材等については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0032】

〔第1の実施の形態〕

（面発光レーザアレイ素子）

30

図1に基づき、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子について説明する。尚、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子は、発振波長が780nm帯の面発光レーザアレイ素子である。また、図1においては、便宜上1つの面発光レーザを図示しているが、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子においては、このような面発光レーザが複数形成されている。

【0033】

図1に示されるように、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子には、基板101の上に、パッファ層102、下部半導体DBR103、下部スペーサ層104、活性層105、上部スペーサ層106、上部半導体DBR107、コンタクト層109、誘電体層110、上部電極111等が形成されており、基板101の裏面には下部電極112が形成されている。また、上部半導体DBR107には、電流狭窄層108が形成されており、電流狭窄層108は、メサ120の周辺部において選択酸化がなされている選択酸化領域108aと、中心部において酸化がされていない電流狭窄領域108bとを有している。尚、本実施の形態においては、下部半導体DBR103により下部DBRが形成されており、上部半導体DBR107により上部DBRが形成されているものとする。

40

【0034】

基板101は、n-GaAs基板により形成されており、パッファ層102は、基板101の上に形成されており、n-GaAs層により形成されている。

【0035】

下部半導体DBR103は、パッファ層102の上に形成されており、発振波長を と

50

した場合、光学的厚さが $\lambda/4$ となる膜厚の $n\text{-Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ からなる低屈折率層と、光学的厚さが $\lambda/4$ となる膜厚の $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる高屈折率層とをペアとするものが、 $n\text{-Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ から始まり、40.5ペア積層形成されている。また、高屈折率層と低屈折率層との間には、電気抵抗を低減するため、一方の組成から他方の組成へ向かって組成を徐々に変化させた厚さ20nmの組成傾斜層が設けられている。尚、高屈折率層及び低屈折率層の膜厚には、いずれも隣接する組成傾斜層の1/2が含まれているものとする。また、光学的厚さが $\lambda/4$ とは、その層における実際の厚さは、 $\lambda/4n$ (但し、 n はその層の媒質の屈折率)である。

【0036】

下部スペーサ層104は、下部半導体DBR103の上に形成されており、ノンドープの $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ により形成されている。

10

【0037】

活性層105は、下部スペーサ層104の上に形成されており、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる3重量子井戸構造の活性層により形成されている。

【0038】

上部スペーサ層106は、活性層105の上に形成されており、ノンドープの $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ により形成されている。

【0039】

尚、下部スペーサ層104、活性層105及び上部スペーサ層106からなる部分は、共振器構造体とも呼ばれており、その厚さが1波長の光学的厚さとなるように形成されている。尚、活性層105は、高い誘導放出確率が得られるように、電界の定在波分布における腹に対応する位置となる共振器構造体の中央に設けられている。

20

【0040】

上部半導体DBR107は、上部スペーサ層106の上に形成されており、 $p\text{-Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ からなる低屈折率層と、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる高屈折率層とをペアとするものが、25ペア積層形成されている。また、高屈折率層と低屈折率層との間には、電気抵抗を低減するため、一方の組成から他方の組成へ向かって組成を徐々に変化させた組成傾斜層が設けられている。尚、高屈折率層及び低屈折率層の膜厚は、いずれも隣接する組成傾斜層の1/2を含み、光学的厚さが $\lambda/4$ となるように形成されている。

30

【0041】

また、上部半導体DBR107における低屈折率層の1つには、厚さ30nmの AlAs により形成された電流狭窄層108が形成されている。この電流狭窄層108の挿入位置は、上部スペーサ層106から2ペア目の低屈折率層に相当する部分に形成されている。

【0042】

コンタクト層109は、上部半導体DBR107の上に形成されており、 $p\text{-GaAs}$ により形成されている。

【0043】

40

尚、本実施の形態においては、このように基板101の上に複数の半導体層が積層されたものを、以下では、便宜上「半導体積層体」と記載する場合がある。また、本実施の形態においては、上部電極111と上部電極111に接続される配線が形成されるが、これらについては後述する。

【0044】

(面発光レーザアレイ素子の製造方法)

次に、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子の製造方法について説明する。

【0045】

最初に、基板101の上に、半導体積層体となるバッファ層102、下部半導体DBR103、下部スペーサ層104、活性層105、上部スペーサ層106、上部半導体DB

50

R 1 0 7、コンタクト層 1 0 9 を有機金属気相成長法 (M O C V D : Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法または、分子線エピタキシャル成長法 (M B E : Molecular Beam Epitaxy) 法による結晶成長により形成する。例えば、M O C V D 法により形成する場合には、III 族の原料としては、トリメチルアルミニウム (T M A)、トリメチルガリウム (T M G)、トリメチルインジウム (T M I) を用い、V 族の原料としては、フォスフィン (P H₃)、アルシン (A s H₃) を用い、また、p 型ドーパントの原料には四臭化炭素 (C B r₄)、ジメチルジंक (D M Z n) を用い、n 型ドーパントの原料にはセレン化水素 (H₂ S e) を用いて上述した各層を成膜する。尚、各膜の膜厚や層数などについては、上述した通りである。

【 0 0 4 6 】

次に、コンタクト層 1 0 9 の上にレジストパターンを形成する。このレジストパターンは、メサ 1 2 0 が形成される領域に形成されるものであり、1 辺の長さが 2 5 μ m の正方形形状のレジストパターンであって、隣接するレジストパターン間の間隔が 1 5 μ m となるように、2 次元的に形成する。

【 0 0 4 7 】

次に、I C P (Inductively Coupled Plasma) ドライエッチング法により、形成されたレジストパターンをマスクとして 4 角柱状のメサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 を形成する。これにより、メサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 の周囲における上部半導体 D B R 1 0 7 は除去される。尚、形成されるメサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 は、メサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 の周囲において、ドライエッチングの終点が活性層 1 0 5 近傍となるように形成されており、上面が 4 角形となる 4 角柱状のメサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 の高さは、約 3 . 3 μ m である。図 2 は、この工程において形成されたメサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 を上から見た図である。図 2 に示されるように、中央部分には、面発光レーザを形成するためのメサ 1 2 0 が、縦 5 列、横 4 列となるように、計 2 0 個形成されている。また、これらのメサ 1 2 0 の周囲を囲むように、外周部分には、ダミーメサ 1 2 1 が形成されている。この際、形成されるメサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 は、一辺の長さ L が 2 5 μ m の正方形形状のものであり、隣り合うメサ 1 2 0 同士の間隔 A が 1 5 μ m となるように形成されている。尚、本実施の形態においては、メサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 は、略同一形状で形成されており、メサ 1 2 0 及びダミーメサ 1 2 1 は、2 次元アレイ状に形成されているものとする。

【 0 0 4 8 】

次に、レジストパターンを有機溶剤等により除去する。

【 0 0 4 9 】

次に、メサ 1 2 0 が形成されているものを酸化処理する。具体的には、メサ 1 2 0 の側面において露出している電流狭窄層 1 0 8 をメサ 1 2 0 の周囲より選択酸化する。これにより、電流狭窄層 1 0 8 に含まれている A l (アルミニウム) が酸化され、メサ 1 2 0 の周辺部には選択酸化領域 1 0 8 a が形成される。この際、メサ 1 2 0 の中央部には、酸化されていない電流狭窄領域 1 0 8 b が形成される。このように形成された電流狭窄層 1 0 8 においては、酸化されている選択酸化領域 1 0 8 a には電流は流れることはなく、酸化されていない電流狭窄領域 1 0 8 b のみに電流が流れる。従って、流れる電流をメサ 1 2 0 の中央部の電流狭窄領域 1 0 8 b に絞り込むことができ、活性層 1 0 5 に絞り込まれた電流を流すことができる。

【 0 0 5 0 】

次に、電流狭窄層 1 0 8 における選択酸化を行なった後、素子分離溝を形成する。具体的には、選択酸化を行なった後、フォトリジストを塗布し、露光装置による露光、現像を行なうことにより、素子分離溝が形成される領域に開口部を有するレジストパターンを形成する。この露光においては、露光装置としてコンタクト露光装置が用いられ、フォトリジストが塗布されている面に、フォトマスクを密着させて露光が行なわれる。この後、I C P エッチング等のドライエッチングにより、レジストパターンが形成されていない領域の半導体層等を除去することにより、素子分離溝を形成する。この後、レジストパターン

10

20

30

40

50

は有機溶剤等により除去する。

【 0 0 5 1 】

次に、気相化学堆積法（CVD法）を用いて、誘電体層 1 1 0 を形成する。この誘電体層 1 1 0 は、SiN、SiON または、SiO₂ により形成されている。この誘電体層 1 1 0 は保護膜となるものであり、本実施の形態においては、単に、保護膜と記載する場合がある。

【 0 0 5 2 】

次に、メサ 1 2 0 の上面における誘電体層 1 1 0 の一部を除去する。具体的には、誘電体層 1 1 0 の上にフォトレジストを塗布した後、露光装置による露光、現像を行なうことにより、メサ 1 2 0 の上面に開口部を有するレジストパターンを形成する。この露光には、露光装置としてコンタクト露光装置が用いられており、フォトレジストが塗布されている面にフォトマスクを密着させて露光が行なわれる。この後、BHFにより、レジストパターンの開口部において露出している誘電体層 1 1 0 を除去し、コンタクト層 1 0 9 の表面を露出させる。尚、この工程においては、素子分離溝に形成されている誘電体膜 1 1 0 も同時に除去される。

【 0 0 5 3 】

次に、図 4 に示されるように、p 側電極となる上部電極 1 1 1 及び配線 1 3 0 を形成する。具体的には、誘電体層 1 1 0 の上に、フォトレジストを塗布し、露光装置による露光、現像を行なうことにより、上部電極 1 1 1 及び配線 1 3 0 が形成される領域に開口部を有するレジストパターンを形成する。この露光には、露光装置として水銀ランプを用いたコンタクト露光装置が用いられ、フォトレジストが塗布されている面にフォトマスクを密着させて露光が行なわれる。このようにして形成されるレジストパターンは、上部電極 1 1 1 が形成される領域及び配線 1 3 0 が形成される領域に開口部を有するものであり、この開口部には、ダミーメサ 1 2 1 の上面から、ダミーメサ 1 2 1 の側面、ダミーメサ 1 2 1 の周囲の底面にわたり、幅が 7 . 0 μm となる配線 1 3 0 を形成するための領域も含まれている。

【 0 0 5 4 】

次に、p 側電極となる上部電極 1 1 1 及び配線 1 3 0 を形成するため、真空蒸着により金属膜を成膜する。本実施の形態では、上部電極 1 1 1 及び配線 1 3 0 を形成するための金属膜としては、Ti / Pt / Au からなる金属多層膜を用いている。

【 0 0 5 5 】

次に、有機溶剤等に浸漬させることにより、レジストパターンの上に成膜された金属膜をレジストパターンとともに、リフトオフにより除去する。これにより、p 側電極となる上部電極 1 1 1 及び配線 1 3 0 を形成することができる。

【 0 0 5 6 】

ところで、図 3 に示される従来のもののように、メサ 1 2 0 等の間隔 A を 1 5 μm とし、メサ 1 2 0 等とメサ 1 2 0 等との間に配線 9 3 0 a を形成する場合、コンタクト露光では、メサ 1 2 0 等とメサ 1 2 0 等との間においては、上部半導体 DBR 1 0 7 等が除去されているため、フォトマスクとメサ 1 2 0 等の周囲の底面との距離が離れている。このため、この部分に微細な配線を形成しようとすればする程、露光により形成される像がぼけてしまい、配線 9 3 0 a を所望の幅 B の線幅で形成することが困難となる。また、形成される配線の幅が B である場合、メサ 1 2 0 等の間隔 A は幅 B よりも狭くすることができない。このため、面発光レーザの高集積化のためメサ 1 2 0 等の間隔 A を狭くした場合には、図 3 に示されるように、ダミーメサ 1 2 1 の上面を通るように、具体的には、ダミーメサ 1 2 1 のを越えて、即ち、ダミーメサ 1 2 1 の側面、上面、側面を通るような配線 9 3 0 b を形成する必要がある。しかしながら、このような配線は、前述したように、ダミーメサ 1 2 1 の上面の端部において断線が生じる可能性があるため、好ましくはない。

【 0 0 5 7 】

そこで、本実施の形態においては、図 4 及び図 5 に示されるように、ダミーメサ 1 2 1 の近傍の配線 1 3 0 を、ダミーメサ 1 2 1 の上面から、ダミーメサ 1 2 1 の側面、ダミー

10

20

30

40

50

メサ 1 2 1 の周囲の底面にわたり形成する。具体的には、ダミーメサ 1 2 1 の近傍の配線 1 3 0 を、ダミーメサ 1 2 1 の上面から、ダミーメサ 1 2 1 の側面、ダミーメサ 1 2 1 の配線長手方向、即ち、電流が流れる方向の周囲の底面にわたり形成する。このように形成される配線 1 3 0 は、メサ 1 2 0 等の間隔 A を狭くして高集積化させた場合においても、形成可能であるため、面発光レーザの高集積化を妨げることはない。また、ダミーメサ 1 2 1 の間に、2 本の配線を形成することにより、更に、集積度を高くすることが可能となる。

【 0 0 5 8 】

本実施の形態では、配線 1 3 0 は、幅 B が $7.0 \mu\text{m}$ となるように形成されており、ダミーメサ 1 2 1 の上面を通る領域の幅 B 1 が $3.0 \mu\text{m}$ 、ダミーメサ 1 2 1 の周囲の底面を通る領域の幅 B 2 が $4.0 \mu\text{m}$ となるように形成されている。この際、 $B 1 < B 2$ となるように形成されていることが好ましい。これにより、メサ 1 2 0 等の間隔 A を狭めても、配線 1 3 0 の一部をダミーメサ 1 2 1 の周囲の底面を通る領域に、形成することができるため、断線等の発生を防ぐことができる。

【 0 0 5 9 】

尚、図 5 は、図 4 における一点鎖線 4 A - 4 B において切断した断面図を示す。また、形成されるダミーメサ 1 2 1 の高さ H は、 $3.3 \mu\text{m}$ であり、メサ 1 2 0 の高さもこの高さと同じである。また、配線 1 3 0 の幅 B は、ダミーメサ 1 2 1 の上面を通る領域の幅 B 1 と、ダミーメサ 1 2 1 の周囲の底面を通る領域の幅 B 2 と、ダミーメサ 1 2 1 の側面を通る領域の幅 B 3 との和となるものであるが、幅 B 3 は、幅 B 1 及び幅 B 2 と比較して狭いため、図 4 等においては省略されているものとする。

【 0 0 6 0 】

更に、図 6 に示されるように、配線 1 3 0 のうち、ダミーメサ 1 2 1 の周囲の底面にわたり形成されている配線の領域 1 3 0 a の幅を、ダミーメサ 1 2 1 の周囲に広がる方向に、他の領域よりも広く形成してもよい。これにより、例えば、配線 1 3 0 をフォトリソグラフィ工程により形成する際に、位置合わせにおいてズレが生じた場合であっても、断線のリスクを低くすることができる。具体的には、フォトリソグラフィ工程の位置合わせ精度の分だけ、配線 1 3 0 における配線の領域 1 3 0 a の幅を広くすることにより、位置合わせにおけるズレによる断線のリスクを抑制することが可能となる。

【 0 0 6 1 】

次に、基板 1 0 1 の裏側を所定の厚さ（例えば $100 \mu\text{m}$ 程度）まで研磨した後、n 側電極となる下部電極 1 1 2 を形成する。本実施の形態では、n 側電極となる下部電極 1 1 2 は、AuGe/Ni/Au からなる多層膜により形成されている。

【 0 0 6 2 】

次に、アニールを行なうことにより、p 側電極となる上部電極 1 1 1 と n 側電極となる下部電極 1 1 2 においてオーミックコンタクトをとる。これにより、メサ 1 2 0 の形成されている領域には面発光レーザが各々形成される。

【 0 0 6 3 】

この後、スクライブ・ブレーキングにより、チップ毎に切断し、この後、種々の後工程を経て、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子を作製することができる。上述した製造方法により、本実施の形態における面発光レーザアレイ素子を 3000 個製造したところ、すべての面発光レーザアレイ素子において、発光が確認され、出力特性測定の結果、配線 1 3 0 における断線が発生していないことが確認された。

【 0 0 6 4 】

〔 第 2 の実施の形態 〕

次に、第 2 の実施の形態について説明する。本実施の形態は、第 1 の実施の形態における面発光レーザアレイ素子を用いた光走査装置及び画像形成装置であるレーザプリンタ 1000 である。

【 0 0 6 5 】

図 7 に基づき、本実施の形態におけるレーザプリンタ 1000 について説明する。本実

10

20

30

40

50

施の形態におけるレーザプリンタ１０００は、光走査装置１０１０、感光体ドラム１０３０、帯電チャージャ１０３１、現像ローラ１０３２、転写チャージャ１０３３、除電ユニット１０３４、クリーニングユニット１０３５、トナーカートリッジ１０３６、給紙コロ１０３７、給紙トレイ１０３８、レジストローラ対１０３９、定着ローラ１０４１、排紙ローラ１０４２、排紙トレイ１０４３、通信制御装置１０５０、及び上記各部を統括的に制御するプリンタ制御装置１０６０等を備えている。尚、これらは、プリンタ筐体１０４４の中の所定位置に収容されている。

【００６６】

通信制御装置１０５０は、ネットワークなどを介した上位装置（例えばパソコン）との双方向の通信を制御する。

10

【００６７】

感光体ドラム１０３０は、円柱状の部材であり、その表面には感光層が形成されている。すなわち、感光体ドラム１０３０の表面が被走査面である。そして、感光体ドラム１０３０は、矢印Xで示す方向に回転するようになっている。

【００６８】

帯電チャージャ１０３１、現像ローラ１０３２、転写チャージャ１０３３、除電ユニット１０３４及びクリーニングユニット１０３５は、それぞれ感光体ドラム１０３０の表面近傍に配置されている。そして、感光体ドラム１０３０の回転方向に沿って、帯電チャージャ１０３１ 現像ローラ１０３２ 転写チャージャ１０３３ 除電ユニット１０３４ クリーニングユニット１０３５の順に配置されている。

20

【００６９】

帯電チャージャ１０３１は、感光体ドラム１０３０の表面を均一に帯電させる。

【００７０】

光走査装置１０１０は、帯電チャージャ１０３１で帯電された感光体ドラム１０３０の表面を、上位装置からの画像情報に基づいて変調された光束により走査し、感光体ドラム１０３０の表面に画像情報に対応した潜像を形成する。ここで形成された潜像は、感光体ドラム１０３０の回転に伴って現像ローラ１０３２の方向に移動する。なお、この光走査装置１０１０の構成については後述する。

【００７１】

トナーカートリッジ１０３６にはトナーが格納されており、このトナーは現像ローラ１０３２に供給される。

30

【００７２】

現像ローラ１０３２は、感光体ドラム１０３０の表面に形成された潜像にトナーカートリッジ１０３６から供給されたトナーを付着させて画像情報を顕像化させる。ここでトナーが付着した潜像（以下では、便宜上「トナー像」ともいう）は、感光体ドラム１０３０の回転に伴って転写チャージャ１０３３の方向に移動する。

【００７３】

給紙トレイ１０３８には記録紙１０４０が格納されている。この給紙トレイ１０３８の近傍には給紙コロ１０３７が配置されており、この給紙コロ１０３７は、記録紙１０４０を給紙トレイ１０３８から１枚ずつ取り出し、レジストローラ対１０３９に搬送する。このレジストローラ対１０３９は、給紙コロ１０３７によって取り出された記録紙１０４０を一旦保持するとともに、この記録紙１０４０を感光体ドラム１０３０の回転に合わせて感光体ドラム１０３０と転写チャージャ１０３３との間隙に向けて送り出す。

40

【００７４】

転写チャージャ１０３３には、感光体ドラム１０３０の表面のトナーを電氣的に記録紙１０４０に引きつけるために、トナーとは逆極性の電圧が印加されている。この電圧により、感光体ドラム１０３０の表面のトナー像が記録紙１０４０に転写される。ここで転写された記録紙１０４０は、定着ローラ１０４１に送られる。

【００７５】

定着ローラ１０４１では、熱と圧力とが記録紙１０４０に加えられ、これによってトナ

50

ーが記録紙 1040 上に定着される。ここで定着された記録紙 1040 は、排紙ローラ 1042 を介して排紙トレイ 1043 に送られ、排紙トレイ 1043 上に順次スタックされる。

【0076】

除電ユニット 1034 は、感光体ドラム 1030 の表面を除電する。

【0077】

クリーニングユニット 1035 は、感光体ドラム 1030 の表面に残ったトナー（残留トナー）を除去する。残留トナーが除去された感光体ドラム 1030 の表面は、再度帯電チャージャ 1031 に対向する位置に戻る。

【0078】

次に、図 8 に基づき光走査装置 1010 について説明する。光走査装置 1010 は、光源ユニット 1100、不図示のカップリングレンズ及び開口板、シリンドリカルレンズ 1113、ポリゴンミラー 1114、 f レンズ 1115、トロイダルレンズ 1116、2 つのミラー（1117、1118）、及び上記各部を統括的に制御する不図示の制御装置を備えている。尚、光源ユニット 1100 には、第 1 の実施の形態における面発光レーザアレイ素子を含むものにより形成されている。

【0079】

シリンドリカルレンズ 1113 は、光源ユニット 1100 から出力された光を、ミラー 1117 を介してポリゴンミラー 1114 の偏向反射面近傍に集光する。

【0080】

ポリゴンミラー 1114 は、高さの低い正六角柱状部材からなり、側面には 6 面の偏向反射面が形成されている。そして、不図示の回転機構により、矢印 Y に示す方向に一定の角速度で回転されている。

【0081】

従って、光源ユニット 1100 から出射され、シリンドリカルレンズ 1113 によってポリゴンミラー 1114 の偏向反射面近傍に集光された光は、ポリゴンミラー 1114 の回転により一定の角速度で偏向される。

【0082】

f レンズ 1115 は、ポリゴンミラー 1114 からの光の入射角に比例した像高をもち、ポリゴンミラー 1114 により一定の角速度で偏向される光の像面を、主走査方向に関して等速移動させる。トロイダルレンズ 1116 は、 f レンズ 1115 からの光をミラー 1118 を介して、感光体ドラム 1030 の表面に結像する。

【0083】

トロイダルレンズ 1116 は、 f レンズ 1115 を介した光束の光路上に配置されている。そして、このトロイダルレンズ 1116 を介した光束が、感光体ドラム 1030 の表面に照射され、光スポットが形成される。この光スポットは、ポリゴンミラー 1114 の回転に伴って感光体ドラム 1030 の長手方向に移動する。すなわち、感光体ドラム 1030 上を走査する。このときの光スポットの移動方向が「主走査方向」である。また、感光体ドラム 1030 の回転方向が「副走査方向」である。

【0084】

ポリゴンミラー 1114 と感光体ドラム 1030 との間の光路上に配置される光学系は、走査光学系とも呼ばれている。本実施の形態では、走査光学系は、 f レンズ 1115 とトロイダルレンズ 1116 とから構成されている。なお、 f レンズ 1115 とトロイダルレンズ 1116 の間の光路上、及びトロイダルレンズ 1116 と感光体ドラム 1030 の間の光路上の少なくとも一方に、少なくとも 1 つの折り返しミラーが配置されてもよい。

【0085】

この場合に、面発光レーザアレイ LA が、図 9 に示されるように配置されていると、面発光レーザアレイ LA では、各面発光レーザ素子（VCSEL）の中心から副走査方向に対応する方向に垂線を下ろした時の副走査方向に対応する方向における各面発光レーザ素

10

20

30

40

50

子の位置関係が等間隔（間隔 d_2 とする）となるので、点灯のタイミングを調整することで感光体ドラム 1030 上では副走査方向に等間隔で光源が並んでいる場合と同様な構成と捉えることができる。例えば、副走査方向に対応した方向に関する面発光レーザ素子のピッチ d_1 が $26.5 \mu\text{m}$ であれば、前記間隔 d_2 は $2.65 \mu\text{m}$ となる。そして、光学系の倍率を 2 倍とすれば、感光体ドラム 1030 上では副走査方向に $5.3 \mu\text{m}$ 間隔で書き込みドットを形成することができる。これは、 4800 dpi （ドット/インチ）に対応している。すなわち、 4800 dpi （ドット/インチ）の高密度書き込みができる。もちろん、主走査方向に対応する方向の面発光レーザ数を増加したり、前記ピッチ d_1 を狭くして間隔 d_2 を更に小さくするアレイ配置としたり、光学系の倍率を下げる等を行えばより高密度化でき、より高品質の印刷が可能となる。なお、主走査方向の書き込み間隔は、光源の点灯のタイミングで容易に制御できる。

10

【0086】

また、この場合には、レーザプリンタ 1000 では書きこみドット密度が上昇しても面発光レーザ素子は高い単一基本横モード出力を発生させる事ができるので、印刷速度を落とすことなく印刷することができる。また、同じ書きこみドット密度の場合には印刷速度を更に速くすることができる。

【0087】

尚、本実施の形態における説明では、画像形成装置としてレーザプリンタ 1000 の場合について説明したが、これに限定されるものではない。

【0088】

例えば、レーザ光によって発色する媒体（例えば、用紙）に直接、レーザ光を照射する画像形成装置であってもよい。

20

【0089】

また、像担持体として銀塩フィルムを用いた画像形成装置であっても良い。この場合には、光走査により銀塩フィルム上に潜像が形成され、この潜像は通常の銀塩写真プロセスにおける現像処理と同等の処理で可視化することができる。そして、通常の銀塩写真プロセスにおける焼付け処理と同等の処理で印画紙に転写することができる。このような画像形成装置は光製版装置や、CT スキャン画像等を描画する光描画装置として実施できる。

【0090】

本実施の形態における光走査装置 1010 では、第 1 の実施の形態における面発光レーザアレイ素子を用いているため、高品質な潜像を安定して形成することができる。また、本実施の形態におけるレーザプリンタ 1000 では、第 1 の実施の形態における面発光レーザアレイ素子を用いているため、高品質な画像を安定して形成することができる。

30

【0091】

〔第 3 の実施の形態〕

次に、第 3 の実施の形態について説明する。第 3 の実施の形態は、複数の感光体ドラムを備えるカラープリンタ 2000 である。

【0092】

図 10 に基づき、本実施の形態におけるカラープリンタ 2000 について説明する。本実施の形態におけるカラープリンタ 2000 は、4 色（ブラック、シアン、マゼンタ、イエロー）を重ね合わせてフルカラーの画像を形成するタンデム方式の多色カラープリンタであり、ブラック用の「感光体ドラム K1、帯電装置 K2、現像装置 K4、クリーニングユニット K5、及び転写装置 K6」と、シアン用の「感光体ドラム C1、帯電装置 C2、現像装置 C4、クリーニングユニット C5、及び転写装置 C6」と、マゼンタ用の「感光体ドラム M1、帯電装置 M2、現像装置 M4、クリーニングユニット M5、及び転写装置 M6」と、イエロー用の「感光体ドラム Y1、帯電装置 Y2、現像装置 Y4、クリーニングユニット Y5、及び転写装置 Y6」と、光走査装置 2010 と、転写ベルト 2080 と、定着ユニット 2030 などを備えている。

40

【0093】

各感光体ドラムは、図 10 において示される矢印の方向に回転し、各感光体ドラムの周

50

囲には、回転順にそれぞれ帯電装置、現像装置、転写装置、クリーニングユニットが配置されている。各帯電装置は、対応する感光体ドラムの表面を均一に帯電する。帯電装置によって帯電された各感光体ドラム表面に光走査装置 2 0 1 0 により光が照射され、各感光体ドラムに潜像が形成されるようになっている。そして、対応する現像装置により各感光体ドラム表面にトナー像が形成される。さらに、対応する転写装置により、転写ベルト 2 0 8 0 上の記録紙に各色のトナー像が転写され、最終的に定着ユニット 2 0 3 0 により記録紙に画像が定着される。

【 0 0 9 4 】

光走査装置 2 0 1 0 は、第 1 の実施の形態における面発光レーザアレイ素子を含む光源ユニットを、各々の色毎に有しており、第 2 の実施の形態において説明した光走査装置 1 0 1 0 と同様の効果を得ることができる。また、カラープリンタ 2 0 0 0 は、この光走査装置 2 0 1 0 を備えているため、第 2 の実施の形態におけるレーザプリンタ 1 0 0 0 と同様の効果を得ることができる。

10

【 0 0 9 5 】

以上、本発明の実施に係る形態について説明したが、上記内容は、発明の内容を限定するものではない。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 6 】

1 0 1	基板
1 0 2	バッファ層
1 0 3	下部半導体 D B R
1 0 4	下部スペーサ層
1 0 5	活性層
1 0 6	上部スペーサ層
1 0 7	上部半導体 D B R
1 0 8	電流狭窄層
1 0 8 a	選択酸化領域
1 0 8 b	電流狭窄領域
1 0 9	コンタクト層
1 1 0	保護膜
1 1 1	上部電極
1 1 2	下部電極
1 2 0	メサ
1 2 1	ダミーメサ
1 3 0	配線
1 0 0 0	レーザプリンタ (画像形成装置)
1 0 1 0	光走査装置
2 0 0 0	カラープリンタ (画像形成装置)

20

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

40

【 0 0 9 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 0 - 1 1 4 6 5 6 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 2 7 3 6 2 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 8 - 3 4 6 3 7 号公報

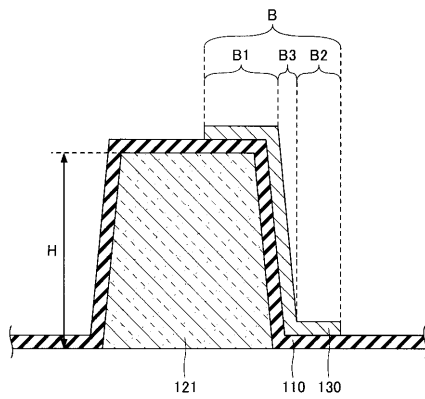
【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 6 - 1 3 3 6 6 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 0 7 - 1 5 0 1 7 0 号公報

【 特許文献 6 】 特開 2 0 0 5 - 1 9 1 3 4 3 号公報

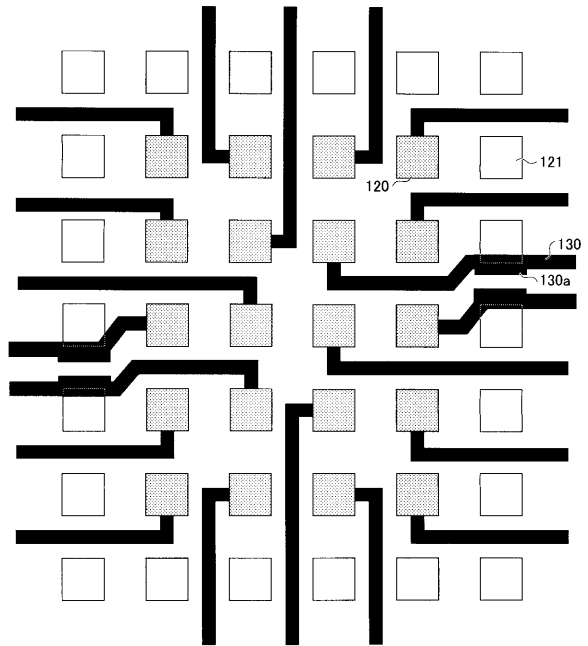
【図 5】

第1の実施の形態における面発光レーザーアレイ素子の断面図



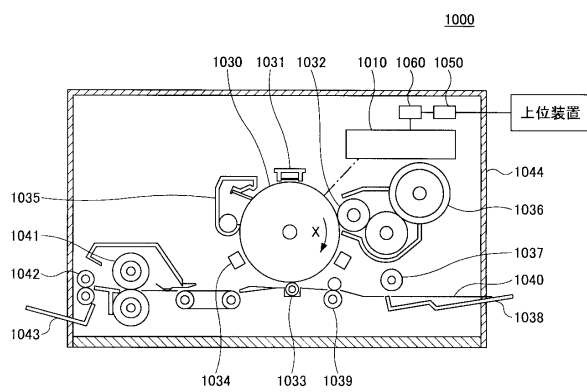
【図 6】

第1の実施の形態における他の面発光レーザーアレイ素子の構造図



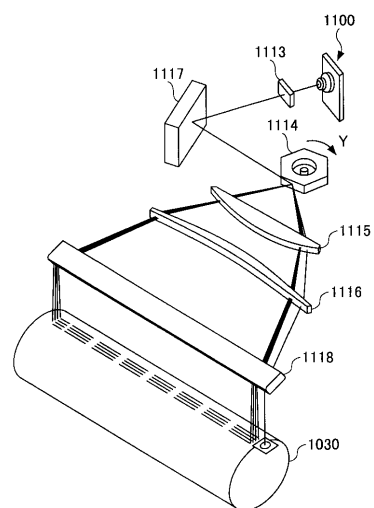
【図 7】

第2の実施の形態におけるレーザープリンタの構成図



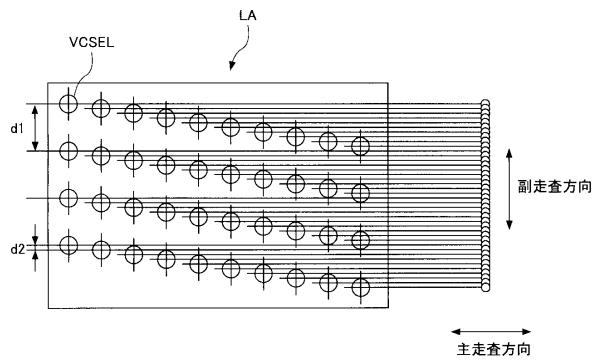
【図 8】

第2の実施の形態における光走査装置の構成図



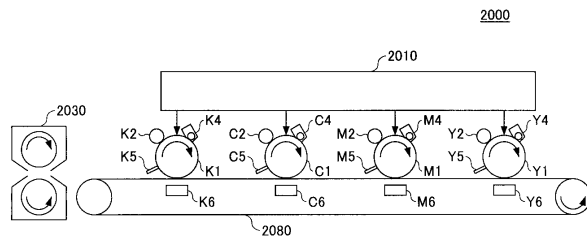
【図 9】

面発光レーザーアレイ素子の説明図



【図 10】

第3の実施の形態におけるカラープリンタの構成図



フロントページの続き

(72)発明者 庄子 浩義

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

審査官 吉野 三寛

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0304682(US, A1)

特開2007-027362(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50