

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3844909号  
(P3844909)

(45) 発行日 平成18年11月15日(2006.11.15)

(24) 登録日 平成18年8月25日(2006.8.25)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 S	5/042	(2006.01)	HO 1 S 5/042
B 4 1 J	2/44	(2006.01)	B 4 1 J 3/00 D
HO 4 N	1/113	(2006.01)	HO 4 N 1/04 I O 4 A

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願平11-154560	(73) 特許権者	398038580
(22) 出願日	平成11年6月2日(1999.6.2)		ヒューレット・パカード・カンパニー
(65) 公開番号	特開2000-31577(P2000-31577A)		HEWLETT-PACKARD COMPANY
(43) 公開日	平成12年1月28日(2000.1.28)		アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト
審査請求日	平成11年6月2日(1999.6.2)		ハノーバー・ストリート 3000
審判番号	不服2004-134(P2004-134/J1)	(74) 代理人	100087642
審判請求日	平成16年1月5日(2004.1.5)		弁理士 古谷 聡
(31) 優先権主張番号	089880	(74) 代理人	100076680
(32) 優先日	平成10年6月3日(1998.6.3)		弁理士 溝部 孝彦
(33) 優先権主張国	米国(US)	(72) 発明者	フィリップ・アール・ルーク
			アメリカ合衆国アイダホ州83713, ボイス, クレスウェル・ウェイ・4172

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ出力電力の調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ電力制御回路の補償電流用の時定数回路を調整するための方法であって、  
レーザダイオードが熱平衡に実質的に達するのに十分な時間、レーザダイオードにバイアス電流を加えるステップと、

駆動電流と補償電流をレーザダイオードに加えるステップと、

レーザダイオードから放射された光を測定するステップと、

前記放射された光の測定に基づいて信号を発生するステップと、

前記発生された信号と所定の値を使用して差信号を生成するステップと、

前記差信号を使用して、放射される光の強度を所定の強度にほぼ等しく設定するために、  
前記時定数回路の時定数を変更するステップであって、前記レーザダイオードの熱効果の時定数の所定分の一以下の時間だけ、前記時定数回路に前記差信号を加えることにより、  
前記時定数回路の時定数を前記レーザダイオードの熱効果の時定数に近似させることとなる、ステップ

とからなる、方法。

【請求項2】

前記時定数を変更した後に、前記差信号に関連する値を記憶するステップと、

レーザダイオードの熱効果の時定数にほぼ等しい時間が経過した後に、レーザダイオードから駆動電流と補償電流を取り除くステップ

とをさらに含む、請求項1の方法。

10

20

## 【請求項 3】

差信号を生成する前記ステップが、前記発生された信号と前記所定の値を増幅器の入力に与えるステップを含み、

前記差信号に関連する値を記憶する前記ステップが、前記差信号を使用してコンデンサを充電するステップを含み、

前記駆動電流と前記補償電流を加える前記ステップが、第1のスイッチを作動させて前記増幅器と前記コンデンサを結合し、第2のスイッチを作動させて駆動電流源と補償電流源をレーザダイオードに結合するステップを含み、

前記駆動電流と前記補償電流を取り除く前記ステップが、前記第1のスイッチを作動させて前記コンデンサから前記増幅器を切り離し、前記第2のスイッチを作動させて前記駆動電流源と前記補償電流源を前記レーザダイオードから切り離すステップを含み、

前記熱平衡に実質的に到達するのに十分な時間が、前記熱効果の時定数の少なくとも5倍であることからなる、請求項2の方法。

10

## 【請求項 4】

レーザ電力制御回路の駆動電流源を調整するための方法において、

前記レーザ電力制御回路が、補償電流用の時定数回路を備え、

駆動電流、バイアス電流、及び補償電流をレーザダイオードに加えるステップであって、これらの電流を、レーザダイオードが熱平衡に実質的に到達するのに、及び、前記補償電流が実質的に0に減衰するのに、十分な時間、レーザダイオードに加えるステップと、

レーザダイオードから放射される光を測定するステップと、

放射された光の前記測定に基づいて信号を生成するステップと、

前記生成された信号と所定の値を使用して差信号を生成するステップと、

前記差信号を使用して、前記放射される光を所定の強度に実質的に等しく設定するために前記駆動電流を変更するステップと、

前記差信号に関連する値を記憶するステップと、

前記差信号にしたがって、前記時定数回路の時定数を変更するステップであって、前記レーザダイオードの熱効果の時定数の所定分の一以下の時間だけ、前記時定数回路に前記差信号を加えることにより、前記時定数回路の時定数を前記レーザダイオードの熱効果の時定数に近似させることからなる、ステップ

20

からなる、方法。

30

## 【請求項 5】

前記値を記憶するステップが、前記駆動電流源に結合された記憶素子に前記値を記憶するステップを含む、請求項4の方法。

## 【請求項 6】

差信号を生成する前記ステップが、前記生成された信号をアナログデジタル変換器に印加してデジタル信号を生成するステップと、前記デジタル信号とデジタル基準値を比較してインクリメント信号またはデクリメント信号を生成するステップと、前記インクリメント信号または前記デクリメント信号をカウンタに印加してカウント値を生成するステップを含み、

前記値を前記記憶素子に記憶するステップが、前記カウント値をレジスタに記憶するステップを含む、

ことからなる、請求項5の方法。

40

## 【請求項 7】

レーザ電力制御回路の補償電流源を調整するための方法であって、

前記レーザ電力制御回路が、補償電流源の補償電流用の時定数回路を備え、

レーザダイオードが熱平衡に実質的に達するのに、及び、補償電流源が、実質的に初期状態に達するのに十分な時間、バイアス電流をレーザダイオードに印加するステップと、

レーザダイオードから放射される光を測定するステップと、

前記放射された光の測定に基づいて信号を生成するステップと、

前記発生された信号と所定の値を使用して差信号を生成するステップと、

50

前記差信号を使用して、放射される光の強度を所定の強度にほぼ等しく設定するために、前記補償電流を変更するステップと、

前記差信号に関連する値を記憶するステップと、

前記差信号にしたがって、前記時定数回路の時定数を変更するステップであって、前記レーザダイオードの熱効果の時定数の所定分の一以下の時間だけ、前記時定数回路に前記差信号を加えることにより、前記時定数回路の時定数を前記レーザダイオードの熱効果の時定数に近似させることからなる、ステップ

とからなる、方法。

#### 【請求項 8】

前記値を記憶するステップが、前記補償電流源に結合された記憶素子に前記値を記憶するステップを含む、請求項 7 の方法。 10

#### 【請求項 9】

前記熱効果の時定数の所定分の一が、該熱効果の時定数の 10 分の一以下の値を含み、前記時間が、前記熱効果の時定数の 5 倍より大きく、かつ、前記補償電流の時定数の 5 倍より大きい時間を含む、請求項 8 の方法。

#### 【請求項 10】

差信号を生成する前記ステップが、前記発生された信号と前記所定の値を増幅器の入力に与えるステップを含み、

前記差信号に関連する値を前記記憶素子に記憶するステップが、前記差信号を使用してコンデンサを充電するステップを含む、請求項 9 の方法。 20

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

一般に本発明は、レーザダイオードの出力電力 (output power) を制御することに関し、より詳細には垂直空洞面発光ダイオードにおける出力電力変動の自動補償に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

レーザダイオードは、しきい値を超える順方向電流を加える結果としてレーザ光を放出する半導体素子である。一般にエッジ発光レーザダイオードの物理的構造は、N型層とP型層の間に配置された活性層を含む。N型層及びP型層と境界を接していない活性領域の端部は、それぞれミラーファセットによってカバーされている。レーザ光は活性層において発生する。活性領域の端部におけるミラーファセットは光共振器を形成する。光共振器の軸に平行に伝搬しない活性領域において発生する光は、共振器の側面を通して活性領域を出る。光共振器内をその軸に平行に進行する光は、ミラーファセットで繰り返し反射される。 30

##### 【0003】

光は自然放出と誘導放出のプロセスを介して活性領域で発生される。自然放出のプロセスにおいて、電子は、活性層内の荷電子帯の状態へ伝導帯の状態から移行する。電子によって失われるエネルギーはフォトンに変換される。自然放出が生じると、フォトンが時間的にランダムに発生し、活性層内を全方向に伝搬する。このため、自然放出は、コヒーレントレーザ光ビームを発生しない。誘導放出のプロセスにおいて、フォトンが、伝導帯の電子にそのエネルギーを伝達する。励起された電子が、価電子帯のより低いエネルギー状態に移行すると、2つのフォトンを放出し、これが入射フォトンの方向に伝搬する。 40

##### 【0004】

しきい値を超える順方向電流がレーザダイオードに加えられなければ、活性層における電子のエネルギー分布によって、自然放出が発光プロセスを支配する。伝導帯エネルギー状態で存在する電子数の比率が不十分であって、活性層から失われたフォトンに取って代わるほどの誘導放出が生じないので、光増幅は発生しない。 50

## 【 0 0 0 5 】

しかししきい値を超える順方向電流が活性層を介して流れると、大部分の電子のエネルギー状態が伝導帯にシフトする。結果として、誘導放出が発光プロセスを支配する。活性領域を出る光子は、ミラーファセットで反射される光子より少ない。ミラーファセットで反射される光子によって、誘導放出プロセスによる光増幅が生じる。誘導放出が発光プロセスを支配すると、共振器に発振が生じる。

## 【 0 0 0 6 】

ミラーファセットで反射された光子による誘導放出によって発生する光子は、共振器の光軸 (optical axis) に平行に伝搬し、さらなる光子の誘導放出を生じさせるか、あるいはミラーファセットで反射される。結果として光軸に平行な光の伝搬の発生が卓越する。活性層を流れる順方向の電流が増大すると、伝導帯における電子数の比率が増し、発生するレーザー光がこれに応じて増強する。ミラーファセット間における活性領域の長さは、活性層におけるレーザー光の二分の一波長の整数倍である。共振器におけるレーザー光の発振によって、活性層の長さに沿った定在波が生じる。発生したレーザー光の一部は、ミラーファセットを透過して、レーザーダイオードから出力される円錐状の光を形成する。

10

## 【 0 0 0 7 】

しきい値を超えかつ典型的な最大動作電流未満のレーザーダイオード電流の場合、出力電力は、駆動電流の大きさとほぼ線形関係をなす。一般にレーザーダイオードの商業用途において利用される駆動回路は、レーザーダイオードがレーザー光を放射する状態と、光出力電力がほぼ零の状態の間で、レーザーダイオードを急速に切り替えるように設計されている。一般にこれは、仮定された状態の駆動信号に応答して、レーザーダイオードを通過するほぼ一定の値の電流を流すことによって達成される。駆動信号が仮定されなければ、電流はレーザーダイオードをバイパスする。ほぼ一定の値の電流でレーザーダイオードを駆動する目的は、駆動電流がレーザーダイオードを流れている時間にわたって、光出力電力をほぼ一定の値に保つことにある。

20

## 【 0 0 0 8 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

垂直空洞面発光レーザー (VCSEL) ダイオードは、異なる物理的配置を利用したエッジ発光レーザーダイオードと同じ物理的原理によって動作する。VCSELダイオードの場合、一連の誘電体材料層が活性層の上及び下に配置される。層に垂直に伝搬する発生した光のわずかな部分 (3%の範囲内) が、活性層と隣接誘電体層の界面、及び各誘電体層間の界面から反射されるように、これらの層の誘電率が選択される。この発生した光の一部は、誘電体層を透過し、VCSELダイオードの表面に垂直に放射される。VCSELダイオードにおける活性層の体積は、匹敵する出力電力を備えたエッジ発光ダイオードよりもかなり小さい。VCSELダイオードの動作特性には、用途によっては、VCSELダイオードの利用を適合させるために補正を必要とする偏差が存在する。

30

## 【 0 0 0 9 】

## 【 課題を解決するための手段 】

したがって、レーザーダイオードのための出力電力補償器を調整するための回路が開発されている。出力電力補償器には、レーザーダイオードの出力電力を制御するため、電圧又は電流制御バイアス電流源、電圧又は電流制御駆動電流源、電圧又は電流制御補償電流源、あるいは電圧又は電流制御抵抗器のような、複数の電氣的制御素子が含まれている。この回路には、レーザーダイオードの出力電力を測定して出力信号を発生するための光電力測定装置が含まれる。さらにこの回路には、出力信号及び複数の所定の値を受信して複数の制御信号を発生するように構成された差分発生器 (difference generator) が含まれる。さらにこの回路には、複数の制御信号を記憶するための複数の記憶素子が含まれる。複数の記憶素子は、複数の記憶素子から複数の制御信号を受信するように配列される複数の電氣的制御素子を含む、差分発生器に結合されている。この回路は、幅及びデューティサイクル (duty cycle) が変動するパルスがレーザーダイオードに加えられる際に、レーザーダイオードの出力電力がほぼ一定のままであるように、電氣的制御素子を調整して動作する。

40

50

## 【 0 0 1 0 】

電子写真式印刷システムには、光伝導体及びこの光伝導体を露光させるためのレーザダイオードが含まれる。さらに電子写真式印刷システムには、レーザダイオードに結合されて複数の電氣的制御素子を含むレーザダイオード出力電力補償器が含まれる。さらに電子写真式印刷システムには、レーザダイオード出力電力補償器に結合されて、レーザダイオード出力電力補償器を自動的に調整し、レーザダイオードの出力電力の変動を補償するための調整回路が含まれる。

## 【 0 0 1 1 】

光伝導体露光システムには、レーザダイオードに結合されたレーザダイオード出力電力補償器が含まれる。レーザダイオード出力電力補償器には、複数の電氣的制御素子が含まれる。さらに光伝導体露光システムには、レーザダイオード出力電力補償器に結合された調整回路が含まれる。調整回路には、出力信号を発生するための光電力測定装置と、出力信号及び複数の所定の値を受信して複数の制御信号を発生するように配列された差分発生器とが含まれる。さらに調整回路には、複数の制御信号を記憶するための複数の記憶素子が含まれる。複数の記憶素子は差分発生器に結合される。複数の電氣的制御素子は、複数の記憶素子から複数の制御信号を受信するように配列される。調整回路を調整するための方法には、複数の所定の値のうちの第1の値を差分発生器に加えるステップが含まれる。さらにこの方法には、差分発生器を利用して、複数の制御信号のうちの第1の制御信号を発生するステップが含まれる。さらにこの方法には、出力信号が複数の所定の値のうちの第1の値とほぼ等しくなるように、複数の制御信号のうちの第1の制御信号を調整するステップが含まれ、これによって電氣的制御素子の対応する1つが調整される。

## 【 0 0 1 2 】

## 【 発明の実施の形態 】

V C S E Lダイオードは、複数レーザダイオードが単一のダイに納まるように製作することが可能である。この特性によって、V C S E Lダイオードは、回転走査ミラーの単一の走査によって光伝導体ドラム上の複数のラインを露光するレーザプリンタで利用される。複数のラインを単一の走査で露光させることによって、走査ミラーの回転速度を速めることを必要とせず、印刷速度を速めることもできるし、あるいはまた解像度を高めることも可能である。さらにV C S E Lダイオードは、エッジ発光レーザダイオードより高い処理歩留まりでの製造が可能であり、したがってコストが低下する。レーザダイオード出力電力補償器の好ましい実施態様に関する説明については、レーザプリンタにおけるV C S E Lダイオードの適用に関連して述べることにするが、当該技術者には本明細書に記載の開示から明らかなように、レーザダイオード出力電力補償器の開示の実施態様は、出力電力変動の有界指数関数的増大又は減衰の補償が必要とされるレーザダイオード用途において利用することが可能である。さらに本明細書に開示された教示によって、通常の当該技術者であれば、多種多様な波形を特徴とする出力電力変動を備えるレーザダイオード用のレーザダイオード出力電力補償器を製造し、利用することが可能になる。

## 【 0 0 1 3 】

図1には、レーザプリンタにおける光伝導体ドラム露光システムの配置が略図示されている。図1に示されるレーザプリンタのドラム露光システムは、電子写真式プリンタ設計の通常技術者には周知のところであり、したがって基本的な説明だけにとどめる。光伝導体ドラム露光システムに関するこれ以上の情報は、その開示が参考までに本明細書に援用されている、1984年のWiley-Interscience Publication of John Wiley & Sons, Edgar M. Williamsによる「The Physics and Technology of Xerographic Processes」において知ることが可能である。回転走査ミラー1は、光伝導体ドラム3の幅にわたってレーザビーム2による掃引を行う。光伝導体ドラム3の回転に際して、レーザビーム2はパルス化されてライン毎に光伝導体ドラム3の表面を選択的に露光し、これによってトナーで現像される静電潜像が形成される。通常技術者には明らかなように、図1に示される基本的な配置は、1組の光学素子を介して同時に平行に伝搬する複数のレーザビームを利用して、光伝導体ドラム3の表面の領域を露光させる、レーザ露光システムに適合する。

## 【 0 0 1 4 】

スイッチ回路は、レーザ源、一般にはレーザダイオードを駆動して、レーザビーム2のパルス化を制御する。一般的に露光可能な光伝導体ドラム3の表面における最小領域が画素を形成する。しかしながら光伝導体ドラム3の表面における部分画素(sub-pixel)領域を露光させることが可能なレーザ変調技法が存在する。印刷解像度は画素の寸法によって制限される。高解像度印刷には、オフの状態からオンの状態、及びオンの状態からオフの状態にレーザダイオードの急速な切換を行い、可能な限り最小の画素を形成することが必要である。レーザダイオード5から放射される円錐状の光4の一部は、コリメータレンズ6を通過してレーザビーム2を形成する。光伝導体ドラム3の表面に集束するレーザビーム2の断面プロフィールは、ビーム幅の水平方向と垂直方向の両方においてガウス形である。静電潜像の均一な現像を保証するには、露光領域における光伝導体ドラムの表面電圧を均一に保つことが重要である。表面電圧の必要な均一性を実現するには、光伝導体ドラム3の感度及び光伝導体ドラム3の全長にわたるレーザビーム2の電力を厳密に制御することが必要になる。

10

## 【 0 0 1 5 】

V C S E Lダイオードは、補正せずに放置した場合に、レーザダイオード出力電力の比較的小さい変動だけしか許容されない用途に対して、V C S E Lダイオードの実用性が制限されるような性能特性を備えている。しきい値レベルを超える定電流パルスが、 $t = t_0$ においてV C S E Lに加えられると、 $t = t_1$ において円錐状の光が放射される。この円錐状の光は初期直径及び初期電力を備える。 $t_1$ の後時間の経過につれて、円錐状の光の電力は増大して、直径は縮小する。理解しておくべきは、V C S E Lダイオードには、しきい値レベルを超える定電流パルスの供給に応答して、電力出力が低下する特性を備えるものも有り得るという点である。出力電力の低下は、V C S E Lダイオードの出力電力の増大をほぼ補償するために開示された設計技法と同じ設計技法を利用することによって、ほぼ補償することが可能である。V C S E Lダイオードの出力電力の低下を補償するために、時間の経過につれて増大する電流を発生する補償電流源を利用することが可能である。図2を参照すると、持続時間が900ナノ秒である電流パルスに反応して、時間の経過にともなって測定された円錐状の光の電力7(円錐状の光の直径全体にわたって出力電力を測定する測定装置を使用)が示されている。電流パルスが加えられている時間期間にわたって、円錐状の光の電力は、指数関数的増大時間曲線を辿って増大した。V C S E Lダイオードの光出力の電力増大は、140ナノ秒の時定数の場合、約29%であった。図3には、100の連続した50%デューティサイクル電流パルスが加えられた場合の、円錐状の光の測定電力8が示されている。図2におけるV C S E Lダイオードの測定光出力電力の曲線7とほぼ同じ時定数の場合、パルスが加えられている時間期間にわたって、V C S E Lダイオードの光出力電力は約14%増大した。

20

30

## 【 0 0 1 6 】

この出力電力を変化させる正確な物理的メカニズムは未だに明らかにされていないが、V C S E Lダイオードを介して流れる電流による活性層の加熱に関連していると推測されている。図2及び3の曲線によって示されたV C S E Lダイオードの挙動はこの仮説と矛盾がない。図2及び3のV C S E Lダイオードの光出力電力曲線7、8は、曲線7の場合には電流が連続して供給されており、曲線8の場合には50%のデューティサイクルの電流パルスがほぼ同じ時間長にわたって加えられるとしても、時定数はほぼ同じである。これは、V C S E Lダイオードの出力電力を変動させるメカニズムが指数関数的増大はもちろん指数関数的減衰を生じることを表している。さらに図2及び3に示されるV C S E Lダイオードの光出力電力に関する測定時定数がほぼ同じであるため、これは、時間の経過につれてV C S E Lダイオードの出力電力を変化させるV C S E Lダイオードの根底にある物理的効果を、指数関数的増大時間曲線と指数関数的減衰時間曲線の両方に関する単一の時定数を利用することによって、線形モデル化することができることを表している。

40

## 【 0 0 1 7 】

図4には、対応2進V C S E Lダイオード電流駆動信号11に関して解析的に生成された、

50

一般化V C S E Lダイオード出力電力曲線10のグラフが示されている。電流駆動信号11が高レベルにある全時間に関して、V C S E Lダイオードの出力電力は、初期電力 ( $P_i$ ) と最終電力 ( $P_f$ ) の間にある。初期電力は、V C S E Lダイオードを介する順方向電流が、根底をなす物理的効果の時定数の少なくとも5倍の期間にわたって零であった後、電流パルスが初めて加えられた時点におけるV C S E Lダイオードの出力電力レベルである。最終電力は、順方向電流が根底をなす物理的効果の時定数の少なくとも5倍の期間にわたって加えられた後の時点における、V C S E Lダイオードの出力電力レベルである。根底をなす効果の指数関数的増大及び指数関数的減衰が、V C S E Lダイオードの出力電力曲線10の各出力パルスの初期値と最終値を生じさせる。例えば出力電力の増大は、出力電力曲線10の最初のV C S E Lダイオードパルス12の始端から終端まで、指数関数的増大時間曲線を辿る。次に第1のパルス12の直後の時間期間において、すなわちV C S E Lの出力が零13である時間において、根底をなす効果の指数関数的減衰が生じ、それによってV C S E Lダイオードパルス14の初期電力は異なる初期電力を示すことになる。後続のパルスに関連した初期電力及び最終電力は同様に決定される。各パルスから続く点線は、パルスが終了しなければ、V C S E Lダイオードの出力電力の経時変化を表しており、パルスの終了時に別のパルスの開始が後続しなければ、根底をなす効果の指数関数的減衰を示す。

10

#### 【0018】

パルスの開始時におけるV C S E Lダイオードの出力電力は、先行パルスの終了時における出力電力から求めることが可能である。 $P_n$ が、時間 $t_n$ すなわちパルス開始時におけるV C S E Lダイオードの電力出力を表すものとする。 $P_{n-1}$ が、時間 $t_{n-1}$ すなわち先行パルスの終了時におけるV C S E Lダイオードの電力出力を表すものとする。 $T$ が、V C S E Lダイオードの出力電力の経時変化を生じることになる根底をなす物理的効果の時定数を表すものとする。これによって $t_n$ における出力電力 $P_n$ は、次のように求めることができ、

20

$$\text{式1: } P_n = P_{n-1} + (P_i - P_{n-1})(1 - \exp(-((t_n - t_{n-1}) / T)))$$

同様に、時間 $t_{n+1}$ すなわちパルス終了時における出力電力 $P_{n+1}$ は、次のように求めることができ、

$$\text{式2: } P_{n+1} = P_n + (P_f - P_n)(1 - \exp(-((t_{n+1} - t_n) / T)))$$

$t_{n+1}$ を $t$ に置き換えることによって、式2を一般化して、 $t_n \leq t \leq t_{n+1}$ に関するV C S E Lダイオードの出力電力を表すことが可能になる。

30

#### 【0019】

図5には、電流パルスが加えられている時間にわたって、出力電力を増大させることになるV C S E Lダイオード20の動作特性を表したモデルが示されている。強調しておくべきは、図5のダイヤグラムは、数学的なモデル化を目的としただけのものであって、V C S E Lダイオード20の出力電力を経時変化させる、根底をなす物理的プロセスを直接表すものではないということである。駆動回路21は、2進入力信号にตอบสนองして、V C S E L駆動電流を発生する。2進入力信号は、持続時間が変動する一連のパルスから形成される。レーザープリンタにおいて、2進信号は、印刷ページを形成してビデオ信号と呼ばれる画素のデータストリームを表している。走査ミラー1が光伝導体3を横切るレーザービーム2の焦点を掃引する際に、ビデオ信号は走査ミラー1の位置と同期してレーザービーム2をパルス化する。放電領域現象を利用したレーザープリンタに関して、トナー現象が所望される光伝導体ドラム上の部位にレーザービーム2の焦点が位置決めされると、V C S E Lダイオードから電力が出力される。駆動回路21からの駆動電流は、駆動電流にブロック22に示される初期ダイオード利得値 ( $P_i / I_i$ ) を掛けることによって、出力電力に変換される。

40

#### 【0020】

V C S E Lの出力電力の変動特性は、抵抗器23とコンデンサ24の直列接続によってモデル化される。抵抗器23とコンデンサ24の値は、結果生じるRC時定数が、V C S E Lダイオード20の出力電力の測定時定数と一致するように選択される。開始電力が $P_n$ であるパルス期間に出力されるV C S E L20の電力に関する一般化表現は、

50

式 3 :  $P = P_n + (P_f - P_n)(1 - \exp(-((t - t_n) / T)))$

となる。

【 0 0 2 1 】

ビデオ信号は、抵抗器23に接続され、RC回路を駆動する。ビデオ信号が高論理レベルである場合、コンデンサ24は抵抗器23を介して充電している。ビデオ信号が低論理レベルである場合、コンデンサ24は抵抗器23を介して放電している。一般に時間 $t_n$ すなわち出力電力パルスの開始時に、コンデンサ24に電圧が生じる。コンデンサ24の電圧は、増幅器25においてKのスケールファクタで増幅される。結果生じる増幅された電圧は、1ボルトの直流電圧値27の加算によってレベルが遷移され、さらに乗算器26において乗算されて、式3のVCSSELダイオード出力電力を生じる。抵抗器23の抵抗Rとコンデンサ24のキャパシタンスCの積が、VCSSELダイオード20の出力電力の指数関数的立ち上がり時間及び立ち下がり時間の時定数Tに等しくなるように選択される。VCSSELダイオード20の出力電力に一致する出力電力を生じさせるのに必要なKの値は、式3の出力電力に関する式を図5のブロック図から求められる出力電力に関する式に等しくなるように設定することによって求められる。こうして求められたKの値は、 $(P_f - P_i) / P_i$ である。ビデオ信号が低論理レベルである場合、駆動回路から出力される電流はなく、乗算器26の出力は零になる。

10

【 0 0 2 2 】

コンデンサ24の電圧変化が相殺されるように、VCSSELダイオード20に対する駆動電流を調整することによって、VCSSELダイオード20における電力出力の経時増大効果を無効にすることが可能である。VCSSELダイオード20の出力電力が順方向電流に対して線形に変化するので、これは、レベルが遷移したVCSSELダイオード20の出力電力波形と逆の波形を備える電流で、VCSSELダイオード20を駆動することによって実現可能である。

20

【 0 0 2 3 】

COMPENSATION FOR LASER DIODE OUTPUT POWER VARIATIONと題する特許出願には、レーザダイオード出力電力補償器のいくつかの実施態様が開示されている。開示される回路は、VCSSELダイオードからの出力電力をほぼ一定に保持する。本明細書において使用される限りにおいて、「ほぼ一定」という用語は、5%の範囲にわたるVCSSELダイオードの出力電力変動を表す。この開示された回路の各々は、VCSSELの出力電力の変動を事実上なくすために、複数回の調整を必要とした。これらの調整には、VCSSEL特性、相互コンダクタンス増幅器の利得、VCSSELバイアス電流及びVCSSEL駆動電流を整合させるために利用されるRC時定数が含まれる。レーザダイオード出力電力補償器に複数回の調整を施す必要があるため、とりわけ大量生産の場合には、製造コストが増大する。本明細書に開示されるレーザダイオード出力電力補償器の実施態様によれば、この制限が克服される。

30

【 0 0 2 4 】

図6には、抵抗値の1回だけの手動調整しか必要としない、レーザダイオード出力電力補償器のための調整回路30の第1の実施態様を示される。調整を必要とする特定の抵抗値は、レーザダイオードの出力電力の測定に使用されるフォトダイオードに関連する抵抗値である。現在のところこの特定の調整は、従来のレーザダイオードを利用する電子写真式プリンタにおいて必要とされている。レーザダイオードの電力変動を補償する図6に示される回路の一部は、第1の調整回路の実施態様30の動作を明らかにするのに不要であるため、詳細には示されていない。

40

【 0 0 2 5 】

図6に示される第1の調整回路の実施態様30は、自動調整が単一のVCSSELダイオード20用のレーザダイオード出力電力補償器に実施される場合について例示している。図6のレーザダイオード出力電力補償器の調整を必要とする部分には、補償電流源31、駆動電流源32、バイアス電流源33及び時定数抵抗器34が含まれる。電流源31、32、33及び時定数抵抗器34の各値は、第1の調整回路30の実施態様によって供給される電圧によって制御され

50

る。図6に示されるように、補償電流源31は、それが発生する電流を制御する2つの入力を備えている。補償電流源31によって発生される電流は、2つの入力における信号の積に比例する。代替的には補償電流源31は、図6に示される補償電流源31の2つの入力に接続された2つの信号の積を発生するアナログ乗算器からの出力を利用して、実施することも可能である。

#### 【0026】

光検出器又はフォトダイオード35のような光電力測定装置は、VCSSELダイオード20の較正中、VCSSELダイオード20の出力をモニタする。第1の抵抗器36はフォトダイオード35の陽極に結合される。フォトダイオード35にレーザ光が入射することによって発生する電流は抵抗器36を通過する。第1の抵抗器36とフォトダイオード35の陽極の接続によって形成される共通ノード(node)は、第1の単位(unity)利得バッファ37の入力に接続される。第1の単位利得バッファ37の出力は、第1の増幅器38の反転入力及び第2の増幅器39の反転入力に結合される。第1の増幅器38の非反転入力は第1の基準電圧に結合され、第2の増幅器39の非反転入力は第2の基準電圧に結合される。

10

#### 【0027】

図6において、第1の単位利得バッファ37、第1の増幅器38及び第2の増幅器39は差分発生器28を形成する。差分発生器28は、VCSSELダイオード20の光電力出力を測定した結果として、フォトダイオード35によって発生される出力信号を受け取り、それを利用して複数の制御信号を発生する。VCSSELダイオード20は、補償電流源31、駆動電流源32及びバイアス電流源33の制御にตอบสนองして、ある範囲の光電力出力を発生し、種々の大きさの電流がVCSSELダイオード20を通過するようにする。

20

#### 【0028】

第2の増幅器39の出力は、第1のスイッチ40を介して第1のコンデンサ41に結合され、第2のスイッチ42を介して第2のコンデンサ43に結合され、第3のスイッチ44を介して第3のコンデンサ45に結合される。第1の増幅器38の出力は、第4のスイッチ46を介して第4のコンデンサ47に結合される。図6において、スイッチ40、42、44及び46と、コンデンサ41、43、45及び47は、差分発生器によって発生される複数の制御信号を記憶するための複数の記憶素子29を形成する。第2の単位利得バッファ48の入力は第4のコンデンサ47に結合される。第2の単位利得バッファ48の出力は、第5のスイッチ51を介して結合された第2の抵抗器49及び第3の抵抗器50から形成される抵抗分割器に結合される。第2の抵抗器49、第3の抵抗器50及び第5のスイッチ51の組み合わせによって、可制御減衰器が形成される。可制御減衰器は、第5のスイッチ51を利用して、第2の単位利得バッファ48の出力を選択的に減衰可能である。第2の抵抗器49と第5のスイッチ51の直列接続によって形成された共通ノードは、バイアス電流源33の電圧制御入力に結合される。第1のコンデンサ41、第2のコンデンサ43及び第3のコンデンサ45のそれぞれの非接地接続側は、それぞれ時定数抵抗器34、補償電流源31、駆動電流源32及びバイアス電流源33に結合されている。

30

#### 【0029】

図6に示される「ビデオ」信号及び「LON」信号は、VCSSELダイオード20への電流の流れを制御する。ビデオ信号は、レーザ光のパルスが発生して光伝導体を露光するために利用される2進印刷データストリームである。ビデオ信号が加えられるのは、2進データが光伝導体の露光のためにVCSSELダイオード20へ送られている間だけである。調整プロセス中、ビデオ信号は生じない。LON信号は、レーザビーム2が光伝導体ドラム3に向けられていない時間期間、調整プロセスのためVCSSELダイオード20に供給される電流の制御のために利用される。ビデオ信号及びLON信号は、ORゲート52を介して加えられる。第3のデジタルバッファ53の入力はORゲート52の出力に結合される。第3のデジタルバッファ53の出力は第6のスイッチ54を制御する。第6のスイッチ54はVCSSELダイオード20に対する電流の供給を制御する。

40

#### 【0030】

第1のスイッチ40、第2のスイッチ42、第3のスイッチ44、第4のスイッチ46、第5のスイッチ51及び第6のスイッチ54は電子スイッチである。電子スイッチは、その高速スイッ

50

チング性能のために使用される。留意すべきは、電子写真印刷システムに必要とされるスイッチング速度にしたがって、より低速の（電気機械式スイッチのような）又はより高速のスイッチを使用することも可能であるということである。

#### 【0031】

必要なスイッチングハードウェアを追加することによって、第1の調整回路30及び後続の実施態様は、電子写真式印刷システムにおける複数VCSSELダイオードの調整を実施するのに適応することが可能になる。さらに複数のVCSSELダイオードの調整を実施した調整回路の実施例の1つは、フォトダイオード35、第1の抵抗器36、第1の単位利得バッファ37、第1の増幅器38及び第2の増幅器39の重複を必要とせずに実施することが可能である。

10

#### 【0032】

図7には、図6の第1の調整回路30の実施態様を利用して、VCSSELダイオード20の出力電力の変動特性を補償する方法のフローチャートが示されている。第1の調整回路30の実施態様を利用して実施される較正では、バイアス電流源33、駆動電流源32、補償電流源31及び時定数抵抗器34に対する調整が順次実施される。バイアス電流源33の調整中、LON信号は低レベルに保持されるので、第6のスイッチ54は開いたままである。第6のスイッチ54が開いていると、VCSSELダイオード20に流れる電流はバイアス電流源33からの電流だけになる。まず第4のスイッチ46を閉じると（100）、バイアス電流源33の調整が開始される。バイアス電流源33の電流によって生じるVCSSELダイオード20の光出力が、フォトダイオード20に入射し、電流が第1の抵抗器36に流れる。第1の単位利得バッファ37によって、フォトダイオード35から導き出された信号が第1の増幅器38の反転入力に結合される。第1の増幅器38は、第1の増幅器38の利得及び、反転入力と非反転入力における信号の差の積である、出力を発生する。第1の増幅器38は第4のコンデンサ47を充電する。バイアス電流源33の調整中、第5のスイッチ51は開いたままである。したがってバイアス電流源33に印加される電圧は、第2の抵抗器49、第3の抵抗器50及び第5のスイッチ51から形成される可制御減衰器によって減衰させられない、第2のバッファ48の出力である。

20

#### 【0033】

バイアス電流源33に電圧を印加すると、VCSSELダイオード20によって発生する光が変化し、これによって第1の抵抗器36を通過する電流の流れに影響が生じる。さらにこの信号は第1の増幅器38の入力に結合され、バイアス電流源33からの電流の流れにさらなる調整を施す。こうして第1の増幅器38、バイアス電流源33及びフォトダイオード35によって形成される負帰還ループは、第1の抵抗器36の両端間における電圧が第1の基準電圧の値にほぼ等しく設定されることになるように、バイアス電流源33の値を設定する働きをする。本明細書で利用される限りにおいて「ほぼ等しい」という用語は、第1の増幅器38が負帰還ループ内で利用される際、反転入力と非反転入力との間のエラー電圧範囲内にあることを表している。第1の基準電圧の値は、VCSSELダイオード20によって発生する光電力出力が、光伝導体を放電するのに必要とされる光電力出力よりも大幅に小さくなるように選択される。一般に第1の基準電圧の値は、バイアス電流源33だけでVCSSELダイオード20に0.05mW程度の光電力を発生させるように選択される。このレベルにおいて、バイアス電流源33の値は、VCSSELダイオード20からコヒーレントなレーザ光を発生するのに必要とされる電流をわずかに超える値である。

30

40

#### 【0034】

VCSSELダイオードが約0.05mW発生するように、負帰還ループがバイアス電流源33を設定するように機能した後、第5のスイッチ51が閉じ（101）、この結果第2の抵抗器49、第3の抵抗器50及び第5のスイッチ51によって形成される可制御減衰器の効果のため、バイアス電流源33の制御入力に印加される電圧が、第5のスイッチ51が開いた状態の電圧から低下することになる。可制御減衰器がバイアス電流源33の制御入力に印加される電圧を、バイアス電流源33だけがコヒーレントなレーザ光を発生するためのしきい値よりわずかに低い値になるレベルまで低下するように、第2の抵抗器49及び第3の抵抗器50の値は選

50

扱われる。バイアス電流源33の調整が完了した後、第4のスイッチ46が開き(102)、第4のコンデンサ47は、バイアス電流源33における次の較正操作の実施まで、その電圧を保持する。

【0035】

次に駆動電流源32に対する調整が実施される。まずLON信号が高レベルに設定され(103)、それによってバイアス電流以外に、補償電流源31及び駆動電流源32からの電流がVCSELダイオード20に流れる。この結果VCSELダイオード20を通過する全電流が、コヒーレントなレーザ光の発生に必要とされる電流のしきい値レベルを超えることになる。次に第3のスイッチ44が閉じられると(104)、第2の増幅器39の出力が第3のコンデンサ45に結合される。VCSELダイオード20によって発生する光によって、第1の抵抗器36を通過する電流が生じ、その結果第1の単位利得バッファ37を介して第2の増幅器39の反転入力に供給される信号が発生する。第2の増幅器39の出力によって、第3のコンデンサ45が充電される。第3のスイッチ44が閉じると、駆動電流源32、フォトダイオード35及び第2の増幅器39によって負帰還ループが形成される。この負帰還ループは、VCSELダイオード20によって発生するレーザ光電力が、第1の抵抗器36の両端間に第2の基準電圧値にほぼ等しい電圧を生じさせるのに十分であるように、駆動電流源32の値を調整する。これは第2の増幅器39の反転入力と非反転入力における電圧差を増幅し、この値を利用して駆動電流源32を制御することによって実施される。駆動電流源32が光伝導体を放電させるのに必要とされるVCSELダイオード20からのレーザ電力の公称値を発生するのに必要な値に調整されるように、第2の基準電圧の値は選択される。

10

20

【0036】

LON信号は高レベルに保たれ、第3のスイッチ44はVCSELダイオード20からのレーザ出力電力の熱的な安定に関して必要とされる時定数の少なくとも5倍にわたって閉じた状態に保たれる。LON信号が高レベルにある間、反転単位利得バッファ55の出力は低レベルである。反転単位利得バッファ55の出力が低レベルである場合、時定数コンデンサ56の両端間の電圧は、時定数の5倍の時間が経過するとほぼ零にまで減衰する。補償電流源31によって発生される補償電流が時定数コンデンサ56の両端間の電圧によって制御されるので(第3のコンデンサ45の両端間の電圧によって制御される以外に)、時定数コンデンサ56の両端間の電圧が零にまで減衰すると、補償電流も零まで減衰する。この時間期間にわたってVCSELダイオード20に電流を供給することによって、補償電流がほぼ零にまで減衰し、かつ熱的な影響によるVCSELダイオードの出力電力変動が平衡に達した条件下において、光伝導体を放電するのに必要とされるVCSELダイオードの公称出力電力を満たすのに必要な値に、駆動電流源を制御する電圧は設定される。

30

【0037】

駆動電流源32を含む負帰還ループによって第3のコンデンサ45の電圧値が設定されると、第3のスイッチ44が開く(105)。第3のスイッチ44を開くことによって、次の調整サイクルまで、第3のコンデンサ45の電圧がほぼ一定に保持される。

【0038】

次に補償電流源31に対する調整が実施される。留意すべきは、補償電流の大きさが、第2のコンデンサ43の電圧と時定数コンデンサ56の電圧の積に比例するという点である。LON信号は低レベルに設定される(106)。LON信号は、VCSELダイオード20が冷却され、VCSELダイオード20の出力電力が平衡に達するのに必要とされる時定数の少なくとも5倍にわたって、低レベルに保持される。LON信号を低レベルに設定すると、第6のスイッチ54が開く。さらにLON信号が高レベルに設定されると(107)、第6のスイッチ54が閉じ、駆動電流及び補償電流がVCSELダイオード20を流れる。LON信号が高値に設定されるのとほぼ同時に、第2のスイッチ42が、VCSELダイオード20の熱的な時定数に比べてわずかな時間にわたって閉じる(108)。第2のスイッチ42が閉じる時間期間の典型的な値は、VCSELダイオード20の出力電力の変動の時定数の1/10よりも短い期間である。第2の増幅器39によって、第2の基準電圧と第1の抵抗器36の両端間の電圧の差が増幅される。第2のコンデンサ43には、この増幅される電圧の差に相当す

40

50

る充電が行われる。

【0039】

第2のコンデンサ43の電圧によって、補償電流源31によって生じる補償電流の値が調整される。V C S E Lダイオード20からの出力電力値が、第2の基準電圧とほぼ等しい第1の抵抗器36の両端間の電圧を発生するのに十分な値であるように、フォトダイオード35、第2の増幅器39及び補償電流源31から形成される負帰還ループは補償電流源31の値を調整する。この時点におけるV C S E Lダイオード20の出力電力値は、V C S E Lダイオード20の加熱によって大幅には増大していない。熱効果がV C S E Lダイオード20の出力電力を増大させ始める前に、補償電流と駆動電流（あらかじめ第3のコンデンサ45の電圧を設定することによって調整されている）の合計によって、V C S E Lダイオード20からの出力電力が光伝導体を適正に放電するのに必要とされる公称電力に設定されるように、帰還ループは第2のコンデンサ43の電圧を調整する。第2のコンデンサ43の電圧が必要な値に設定されると、第2のスイッチ42が開く（109）。

10

【0040】

次に時定数抵抗器34に対する調整が実施される。時定数抵抗器34は、電圧制御抵抗器である。時定数抵抗器34の調整は、時定数抵抗器34及び時定数コンデンサ56によって形成される時定数が、熱効果の時定数に整合し、V C S E Lダイオード20の出力電力に変動を生じさせるように実施される。認識されるべき点は、時定数抵抗器34及び電圧制御キャパシタンスを有する時定数コンデンサ56に関する固定値を利用して、V C S E Lダイオード20の熱的な時定数を整合させることが可能であるという点である。時定数コンデンサ56にバラクターダイオードを利用することも可能である。バラクターダイオードは、ダイオードのP N接合の両端間におけるキャパシタンスがダイオードに印加される逆バイアスによって制御されるという特性を備える。時定数抵抗器34の機能を実施するために利用可能なさまざまな回路構成が存在する。例えば電圧乗算器及び電流源を利用して、電圧制御抵抗として作用する素子を形成することが可能である。

20

【0041】

時定数抵抗器34の調整を開始するため、L O N信号はV C S E Lダイオードの熱的な時定数の少なくとも5倍にわたって低レベルに設定される（110）。次にV C S E Lダイオードの熱的な時定数のほぼ1つ分が経過した後、第1のスイッチ40がV C S E Lダイオード20の長くとも熱的な時定数の1/10の比較的短い時間期間にわたって閉じられる（111）。V C S E Lダイオード20の出力電力が公称レベルになるように、時定数抵抗器34、フォトダイオード35及び第2の増幅器39から形成される負帰還ループは第1のコンデンサ41の電圧を調整する。この第1のコンデンサ41の電圧調整により、時定数抵抗器34の値を変化させて、V C S E Lダイオード20が公称レベルの電力を出力するように補償電流の値を設定する。次に第1のスイッチ40が開かれる（112）。V C S E Lダイオード20の出力電力が公称値になるように、時定数抵抗器34の値を設定する際、第1のコンデンサ41の電圧は、時定数抵抗器34及び時定数コンデンサ56によって得られる時定数が熱効果の時定数より幾分短くなるように設定される。

30

【0042】

次にL O N信号が、V C S E Lダイオード20の熱的な時定数の少なくとも5倍にわたって、低レベルに設定される（113）。L O N信号を低レベルに設定する結果として、第6のスイッチ54が開き、V C S E Lダイオード20には駆動電流も補償電流も流れない。しかしながらバイアス電流はV C S E Lダイオード20に流れ続ける。熱的な時定数の少なくとも5倍にわたってL O N信号を低レベルに保持することによって、V C S E Lダイオード20の出力電力に対する熱効果の平衡に十分な時間が得られる。続いてL O N信号は高レベルに設定される（114）。さらに熱的な時定数のほぼ1つ分経過した後、第1のスイッチ40が再び閉じ（115）、時定数抵抗器34によって形成される負帰還ループを利用して時定数抵抗器34の値のもう1つの調整サイクルが開始される。この調整サイクルの終了時には、第1のコンデンサ41の電圧によって時定数抵抗器34の値が設定される結果として、時定数コンデンサ56によって得られる時定数の値が生じ、時定数抵抗器34の値は、熱効果の時定

40

50

数より幾分長くなる。こうして時定数抵抗器34の調整の連続的なサイクルを実施した後、時定数抵抗器34の値は熱効果の時定数に近似した値に収束する。一般に補償が有効になるように、熱効果の時定数に近似するために、調整を8回繰り返す必要がある。しかしながら熱的な時定数特性にしたがって繰り返し数を増減することによって、熱効果の時定数の十分な近似を得ることが可能になるという点が認識されなければならない。時定数抵抗器34の調整に必要なとされる複数回数の繰り返しが完了すると、第1のスイッチ40が開き、その結果第1のコンデンサ41の電圧が、第1の調整回路の実施態様30に対する次の較正まで、ほぼ一定に保持される。

【0043】

第1の調整回路の実施態様30に対する代替実施例では、第2の増幅器39の代わりに積分器  
10  
を利用することが可能である。積分器を利用することによって、第2の基準電圧と第1の単位利得バッファ37の出力との間の定常状態の差がより小さくなる。この定常状態の差の縮小によって、調整回路がV C S E Lダイオード20の熱効果の十分な補償により近づくような、バイアス電流、駆動電流、補償電流及び時定数抵抗器34の値が生じる。

【0044】

電子写真式プリンタの場合、V C S E Lダイオード20はレーザスキャナ内において用いられる。レーザスキャナは、V C S E Lダイオード20によって発生するビームで電子写真式プリンタにおける光伝導体表面を横切って掃引する。一般にレーザスキャナには、レーザビームに光伝導体を横切って掃引させる回転多面鏡が含まれる。ドラムを横切るレーザビームの各パスに関連して、多面鏡が光伝導体表面にレーザビームを送らない短い時間期間  
20  
(一般に掃引時間の約30%)が存在する。V C S E Lダイオード20の熱的な時定数の長さは十分に短いので、第1の調整回路の実施態様30の較正に、この短い時間期間を利用することも可能である。

【0045】

図8には、第2の調整回路の実施態様200の概略図が示される。図解を簡略化するため、図8にはV C S E Lダイオードの出力電力を補償するために使用されるハードウェアが示されない。このハードウェアは、図6に示されるレーザダイオード出力電力補償器と同様である。第2の調整回路の実施態様200は、V C S E Lダイオード調整回路のデジタル実施例である。フォトダイオード201は、レーザ光が入射する結果として電流を発生する。この電流によって、抵抗器202の両端間に電圧が発生する。アナログデジタル変換器203は  
30  
、アナログデジタル変換器203の入力に印加される抵抗器202の両端間の電圧に対応するデジタル出力値を発生する。

【0046】

デジタル基準値及びアナログデジタル変換器203の出力はデジタル型比較器204に供給される。デジタル型比較器204に加えられるデジタル基準値は、バイアス電流、駆動電流、補償電流の値及び時定数抵抗器34の値を制御するのに必要とされる値に順次対応する。デジタル型比較器204は、アナログデジタル変換器203によって供給されるデジタル値を補償回路の調整を受ける部分に対応するデジタル基準値と比較する。デジタル型比較器204には、デジタルカウンタ205にそれぞれ結合されるインクリメント出力及びデクリメント出力が含まれる。デジタル型比較器204のインクリメント出力は、デジタルカウンタ205のイン  
40  
クリメント入力に結合される。デジタル型比較器204のデクリメント出力は、デジタルカウンタ205のデクリメント入力に結合される。

【0047】

図8では、差分発生器28が、アナログデジタル変換器203、デジタル型比較器204及びカウンタ205によって形成される。差分発生器28は、フォトダイオード201から出力信号を受け取り、複数の制御信号を発生する。

【0048】

デジタルカウンタ205の出力は、バスを介して、第1のレジスタ206、第2のレジスタ207、第3のレジスタ208及び第4のレジスタ209のそれぞれに結合される。各レジスタ206~209には、調整を受けるレーザダイオード出力電力補償器の構成要素に対応するレジスタ20  
50

6～209の1つにデジタルカウンタ205の出力を選択的にロードできるようにするイネーブル入力が含まれる。

【0049】

第1のレジスタ206、第2のレジスタ207、第3のレジスタ208及び第4のレジスタ209のそれぞれのデジタル出力は、対応する第1のデジタルアナログ変換器210、第2のデジタルアナログ変換器211、第3のデジタルアナログ変換器212及び第4のデジタルアナログ変換器213に結合されている。デジタルアナログ変換器210～213のそれぞれの出力は、図8に示されるラベルで表示されているように、バイアス電流源33、駆動電流源32、補償電流源31及び時定数抵抗器34の1つの対応する制御入力に結合されている。図8の場合、レジスタ206～209及びデジタルアナログ変換器210～213は、差分発生器28によって発生される複数の制御信号を記憶するための複数の記憶素子を形成する。

10

【0050】

図9には、第2の調整回路の実施態様200を利用して、レーザダイオード出力電力補償器の自動調整を実施するための方法のフローチャートが示されている。このレーザダイオード出力電力補償器の自動調整において実施されるステップは、第1の調整回路の実施態様30の自動調整に必要なとされるものと同様である。第1の調整回路の実施態様30の場合と同様、VCSSELダイオード20の出力電力と抵抗器202の両端間の電圧との間に既知の関係が得られるように、抵抗器202の調整が手動で実施される。

【0051】

まずLON信号が低値、低レベルに設定されて(300)、第6のスイッチ54が開き、VCSSELダイオード20には、駆動電流も補償電流も流れない。次に第1のデジタル基準値が、デジタル型比較器204の入力の1つに加えられる(301)。光伝導体の放電に必要なとされる電力値よりはるかに低い値にVCSSELダイオード20の出力電力を設定するのに必要である値に、第1のデジタル基準値は相当する。典型的な値は0.05mWである。次にほぼ同時に、第4のレジスタ209のイネーブル入力が高レベルに設定される(302)。バイアス電流源33、フォトダイオード201及びデジタル型比較器204によって形成される負帰還ループは、アナログデジタル変換器203の出力が第1のデジタル基準値に等しくなるように、VCSSELダイオード20の出力電力を調整する。次に第1のデジタル基準値が、所定の量だけ低下させられて、デジタル型比較器204の入力に加えられる(303)。負帰還ループの動作を通じて、第1のデジタル基準値の低下によって、バイアス電流源33の値が、コヒーレントなレーザ光の発生に必要なとされるよりも低いレベルまで低下する。これは、デジタル型比較器204にデジタルカウンタ205をデクリメントさせることによって行われ、これによって第4のレジスタ209の値がバイアス電流源33を発光しきい値未満まで低下させるのに必要なレベルに設定される。この調整操作後、第4のレジスタ209のイネーブル入力は低レベルに設定され(304)、それにより第4のレジスタ209の値はバイアス電流源33の次の調整まで一定のままである。

20

30

【0052】

さらに駆動電流源32の調整が実施される。LON信号が高レベルに設定される(305)。これによって、第6のスイッチ54が閉じ、バイアス電流以外に駆動電流及び補償電流をVCSSELダイオード20に流すことが可能になる。次に第2のデジタル基準値がデジタル型比較器204の入力に加えられる(306)。第2のデジタル基準値は、印刷中における光伝導体の放電に必要なとされる公称レベルにVCSSELダイオード20の出力電力を設定するのに必要な値である。次にほぼ同時に、第3のレジスタ208のイネーブル入力が高レベルに設定される(307)。負帰還ループの動作によって、VCSSELダイオード20から公称出力電力を生じさせることになる値に駆動電流源32を設定するのに必要な値を第3のレジスタ208が備えることになる。第3のレジスタ208のイネーブル入力は、VCSSELダイオード20の出力電力に対する熱効果が平衡に達するまで、十分な時間期間にわたって高レベルに保持される。この時点において、補償電流源31の値はほぼ零になり、駆動電流源はVCSSELダイオード20から公称出力電力を発生するのに必要な値に設定される。さらに第3のレジスタ208のイネーブル入力は、低レベルに設定され(308)、それによって第3のレ

40

50

スタの値は次の調整サイクルまで一定に保持される。

【 0 0 5 3 】

次に補償電流源31の大きさが調整される。L O N信号は、V C S E Lダイオード20の熱効果の時定数の少なくとも5倍にわたって低レベルに設定される(309)。第6のスイッチ54が開き、それによって駆動電流及び補償電流がもはやV C S E Lダイオード20に流れなくなる。この結果V C S E Lダイオード20は、唯一それに流れるバイアス電流との平衡に達するのに十分なだけ確実に冷却される。次にL O N信号は高レベルに設定され(310)、それによって第6のスイッチ54が閉じて、駆動電流及びバイアス電流がV C S E Lダイオード20に流れる。次に第2のデジタル値がデジタル型比較器204の入力に加えられる(311)。ほぼ同時にV C S E Lダイオード20に流れる補償電流、駆動電流及びバイアス電流の合計によってその出力電力が公称値に設定されるように、第2の第2のレジスタ207のイネーブル入力が高値に設定され(312)、負帰還ループが第2のレジスタ207の値を調整することが可能になる。第2のレジスタ207の値は、熱効果によって、V C S E Lダイオード20の電力出力が増大し始める前に設定される。したがって第2のレジスタ207にロードされる値によって、補償電流のピークの大きさが設定される。負帰還ループが第2のレジスタ207の値を調整するのに十分な時間(十分な時間はV C S E Lダイオードの熱的な時定数よりはるかに短い)が経過すると、イネーブル入力は低レベルに設定される(313)。この結果第2のレジスタ207の値は次の調整サイクルまで保持される。次にL O N信号が低レベルに設定され(314)、これによって第6のスイッチ54が開き、V C S E Lダイオード20は、V C S E Lダイオード20に唯一流れるバイアス電流との熱平衡に復帰することが可能になる。

10

20

【 0 0 5 4 】

次に時定数抵抗器34の調整が実施される。L O N信号が高レベルに設定される(315)。これによって第6のスイッチ54が閉じ、駆動電流及び補償電流がV C S E Lダイオード20に流れ始める。次に第2のデジタル値がデジタル型比較器204の入力に加えられる(316)。熱効果時定数ほぼ1つ分が経過した後、第1のレジスタに対するイネーブル信号が高レベルに設定され(317)、この結果時定数抵抗器34の値がV C S E Lダイオード20から公称出力電力を生じさせる値に設定されるように、負帰還ループは第1のレジスタ206の値を調整する。熱効果時定数の1/10も経過しないうちに、第1のレジスタ206のイネーブル入力が低レベルに設定され(318)、この結果第1のレジスタ206の値が保持される。次にL O N信号が低値に設定される(319)。この時点における時定数抵抗器34の値によって、熱効果時定数未満の時定数が生じる。

30

【 0 0 5 5 】

熱効果時定数の少なくとも5倍が経過した後、L O N信号は高レベルに設定される(320)。熱効果時定数のほぼ1つ分が経過した後、第1のレジスタ206に対するイネーブル信号が高レベルに設定され(301)、負帰還ループは、V C S E Lダイオード20が公称出力電力を発生するように、時定数抵抗器34を設定するのに必要な値に第1のレジスタ206の値を調整することが可能になる。イネーブル信号が熱効果時定数の1/10よりも短い間にわたって高レベルであった後、イネーブル信号は低レベルに設定される(322)。これによって、次の校正サイクルが第2の調整回路の実施態様200において実施されるまで、第1のレジスタ206の値が保持される。ほぼ同時にL O N信号が低値に設定されて(323)、第6のスイッチが開き、その結果駆動電流及び補償電流がV C S E Lダイオード20に流れるのが阻止され、熱効果時定数の減衰が可能になる。時定数コンデンサ56と時定数抵抗器34によって得られる時定数が熱効果時定数に一致するような値に時定数抵抗器34の値が収束するまで、時定数抵抗器34に関するこの調整プロセスは順次繰り返される。

40

【 0 0 5 6 】

図10には、第3の調整回路の実施態様400の概略図が示される。図解を簡略化するため、図10にはV C S E Lダイオードの出力電力を補償するために使用されるハードウェアは示されていない。このハードウェアは、図6に示されるレーザダイオード出力電力補償器と同様である。

50

## 【 0 0 5 7 】

第3の調整回路の実施態様400は、アナログとデジタルの混合した実施例である。フォトダイオード401は、レーザ光が入射する結果として電流を発生する。この電流は抵抗器402の両端間に電圧を発生する。抵抗器402の両端間の電圧は、単位利得バッファ403によって緩衝される。第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405は、単位利得バッファ403の出力にそれぞれ結合された入力を備える。第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405は、フォトダイオード401の出力信号と第1及び第2の基準電圧を比較するために使用される。第1及び第2の基準電圧は、それぞれ第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405の2つの入力的一方に結合される。

## 【 0 0 5 8 】

図10の場合、差分発生器28は、単位利得バッファ403、第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405によって形成される。差分発生器28は、フォトダイオード401から出力信号を受け取り、複数の制御信号を発生する。

## 【 0 0 5 9 】

第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405のそれぞれには、第1と第2の出力が含まれる。第1と第2の出力は、第1のゲート406、第2のゲート407、第3のゲート408及び第4のゲート409の入力に結合される。これらのゲートは、第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405の出力が第1のデジタルカウンタ410、第2のデジタルカウンタ411、第3のデジタルカウンタ412及び第4のデジタルカウンタ413のそれぞれ1つに加えられるのを制御する。第1のデジタルカウンタ410、第2のデジタルカウンタ411、第3のデジタルカウンタ412及び第4のデジタルカウンタ413のそれぞれの出力は、第1のレジスタ414、第2のレジスタ415、第3のレジスタ416及び第4のレジスタ417にそれぞれ結合される。第1のレジスタ414、第2のレジスタ415、第3のレジスタ416及び第4のレジスタ417のそれぞれの出力は、第1のデジタルアナログ変換器418、第2のデジタルアナログ変換器419、第3のデジタルアナログ変換器420及び第4のデジタルアナログ変換器421の対応する1つに結合される。図10の場合、ゲート406～409、デジタルカウンタ410～413、レジスタ414～417及びデジタルアナログ変換器418～421は、差分発生器28によって生じる複数の制御信号を記憶するための複数の記憶素子29を形成する。図10に示すように、デジタルアナログ変換器のそれぞれの出力は、調整を必要とするレーザダイオード出力電力補償器の構成要素の1つに結合される。

## 【 0 0 6 0 】

レーザダイオード出力電力補償器を調整する第3の調整回路の実施態様400の動作は、第2の調整回路の実施態様200と同様である。第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405の2つの出力は、それぞれのデジタルカウンタ410～413の各インクリメント及びデクリメントを制御するために使用される。ゲート406～409は、第1のアナログ型比較器404及び第2のアナログ型比較器405の出力の適用を制御するために使用される。バイアス電流源33、駆動電流源32、補償電流源31及び時定数抵抗器34は、第3の調整回路の実施態様400を利用して順次調整される。

## 【 0 0 6 1 】

調整プロセス中、組をなすゲート、カウンタ及びレジスタの各々が、レーザダイオード出力電力補償器の対応する構成要素の1つを調整するために使用される。負帰還ループは、調整を受ける構成要素に対応するレジスタの値に調整を加えて、単位利得バッファ403の出力における電圧が対応するアナログ型比較器に入力される電圧基準値にほぼ等しくなるようにする。これは、対応するアナログ型比較器の出力にตอบสนองして、調整に使用されるデジタルカウンタをインクリメント又はデクリメントすることによって実施される。さらに対応するアナログ型比較器の出力は、単位利得バッファの出力が基準電圧を超えるか又はそれ未満かによって決まる。こうしてレジスタの値が、V C S E Lダイオード20における熱効果の補償に関して必要とされる値に設定される。

## 【 0 0 6 2 】

調整回路の開示される実施態様の各々は、集積回路回路で実施することが可能である。調

10

20

30

40

50

整回路の実施態様の好ましい実施例は、(フォトダイオード及びその関連抵抗器を除いて)集積回路上に製作される。しかしながら個別コンポーネントが調整回路の実施態様を実施することに使用可能であるという点が認識されなければならない。

#### 【0063】

前述のように、レーザダイオード出力電力補償器を調整するための開示の技法は、電子写真式プリンタにおける複数レーザダイオードに利用することが可能である。複数レーザダイオード出力電力補償器に対する調整を実施する場合、レーザダイオード出力電力補償器のそれぞれを調整するために利用可能な時間は、レーザビームが光伝導体表面上にない、レーザスキャナによる光伝導体の走査が行われる全時間のうちの何分の一かに短縮される。しかしながら光伝導体上の走査間に得られる時間がレーザダイオードの全てに調整を施すのに不十分であれば、後続走査間に調整を施すことも可能である。

10

#### 【0064】

本発明のいくつかの実施態様について例示し、その形態について解説したが、通常の当該技術者には容易に明らかになるように、本発明の精神又は付属の特許請求の範囲から逸脱することなく、本発明に種々の修正を加えることが可能である。

#### 【0065】

##### 【発明の効果】

レーザダイオード出力電力補償器用の調整回路(30)の第1の実施態様には、レーザダイオード出力電力補償器を調整するための帰還回路が含まれ、それによってレーザダイオードの出力電力が実質上一定となる。帰還回路には、VCSELダイオード(20)の出力電力を測定するためのフォトダイオード(35)が含まれる。フォトダイオード(35)からの信号は、第1の増幅器(39)に結合される。フォトダイオード(35)信号と第1の基準値との差は増幅され、電子スイッチ(40、42、44)を介して結合されて並列のコンデンサ(41、43、45)の1つを選択的に充電する。この並列のコンデンサ(41、43、45)のそれぞれは、各々電圧によって制御される駆動電流源(32)、補償電流源(31)及び電圧制御抵抗器(34)の1つと結合される。第2の増幅器(38)は、フォトダイオード(35)からの信号と第2の基準値との差を増幅して、電圧制御バイアス電流源(33)に結合されるコンデンサ(47)を充電するのに使用される。調整回路(30)の第1の実施態様は、バイアス電流源(33)、駆動電流源(32)、補償電流源(31)、電圧制御抵抗器(34)を制御して、VCSELダイオードの出力電力を実質上一定に保つ。調整回路(30)の第2の実施態様は、アナログデジタル変換器(203)、デジタル型比較器(204)、カウンタ(205)、レジスタ(206、207、208、209)を使用して、レーザダイオード出力電力補償器を調整するための帰還回路を形成する。調整回路(30)の第3の実施態様は、アナログ型比較器(404)、カウンタ(410、411、412、413)、レジスタ(414、415、416、417)を使用して、レーザダイオード出力電力補償器を調整するための帰還回路を形成する。

20

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】電子写真式プリンタにおける露光システムの基本的構成要素の概略図である。

【図2】ほぼ一定した大きさの電流パルスの印加に応答する、垂直空洞面発光レーザダイオードの光出力電力を時間に関して測定したグラフである。

【図3】一定した大きさの方形波電流パルスの印加に応答する、垂直空洞面発光レーザダイオードの光出力電力を時間に関して測定したグラフである。

40

【図4】パルス幅の変動する駆動信号に応答する、垂直空洞面発光レーザダイオードの光出力電力を時間に関して解析して生成されたグラフである。光出力電力のグラフを生成するために利用された駆動信号も示されている。

【図5】光出力電力変動特性を明らかにする、垂直空洞面発光レーザダイオードの簡略化した数学モデルを示す図である。

【図6】調整回路の第1の実施態様に関する概略図である。

【図7】調整回路の第1の実施態様を利用するための方法に関する簡略化したフローチャートである。

【図8】調整回路の第2の実施態様に関する概略図である。

50

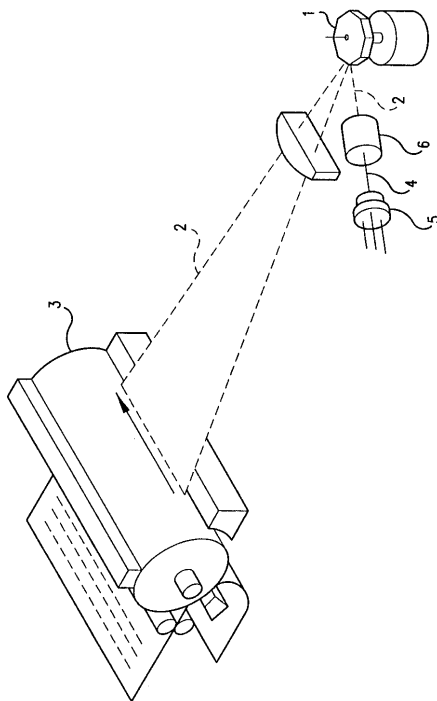
【図9】調整回路の第2の実施態様を利用するための方法に関する簡略化したフローチャートである。

【図10】調整回路の第3の実施態様に関する概略図である。

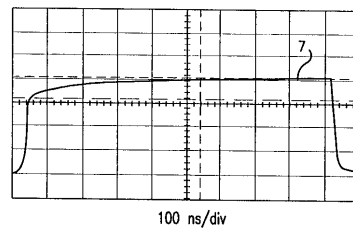
【符号の説明】

- 20 レーザダイオード
- 28 差分発生器
- 29 記憶素子
- 30 調整回路
- 31 電気制御素子(補償電流源)
- 32 電気制御素子(駆動電流源)
- 33 電気制御素子(バイアス電流源)
- 34 電気制御素子(電圧制御抵抗器)
- 35 光電力測定器

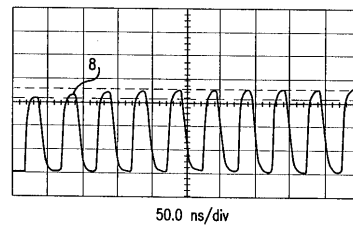
【図1】



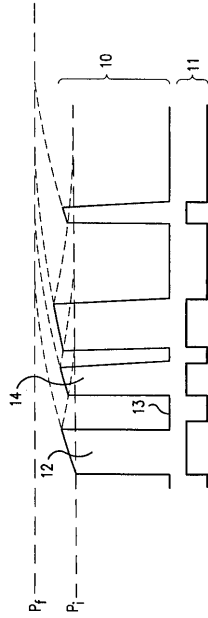
【図2】



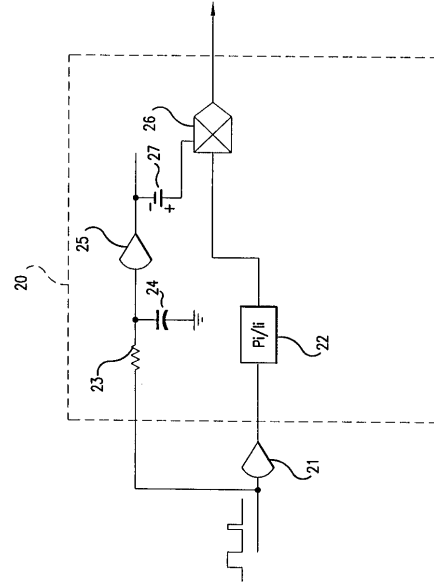
【図3】



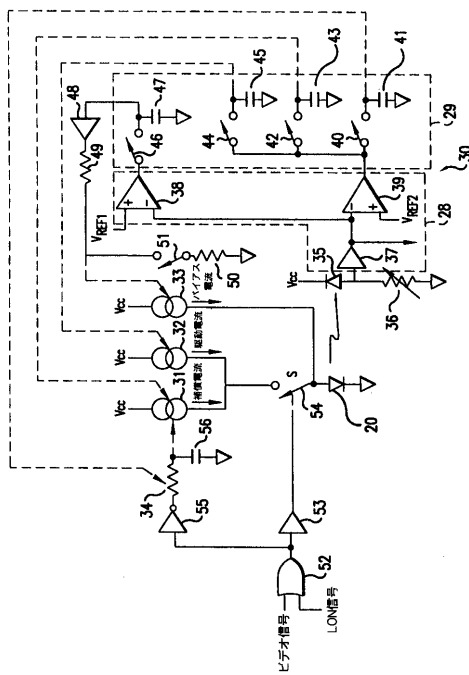
【 図 4 】



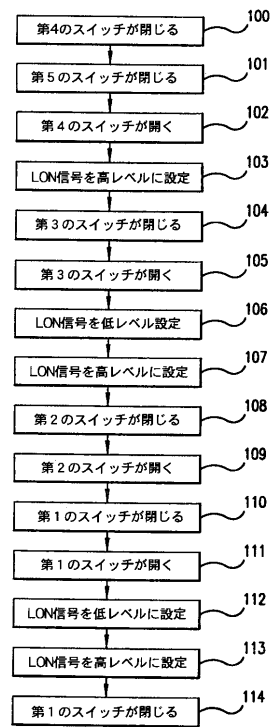
【 図 5 】



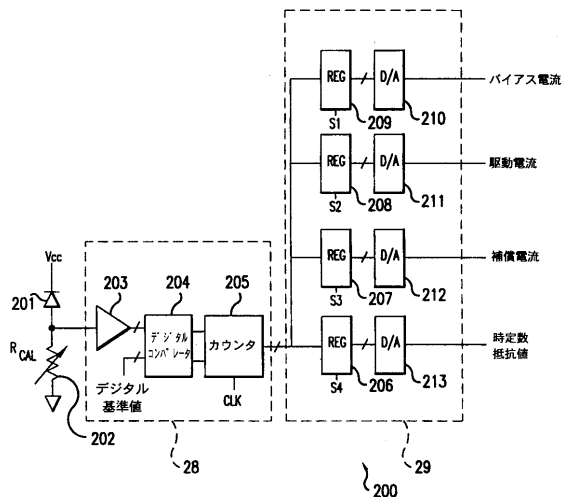
【 図 6 】



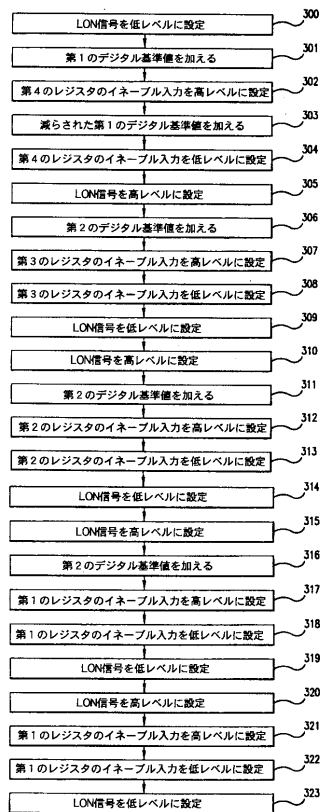
【 図 7 】



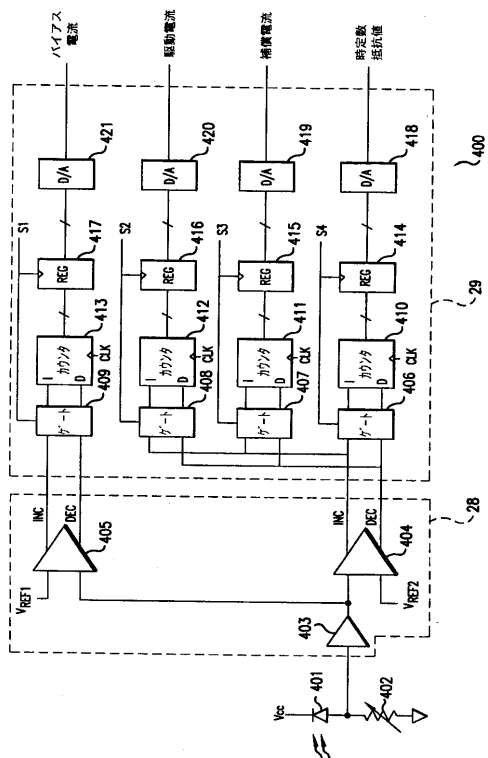
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

合議体

審判長 稲積 義登

審判官 吉田 禎治

審判官 井上 博之

- (56)参考文献 特開昭63-086590(JP,A)  
特開昭63-143887(JP,A)  
特開昭63-209270(JP,A)  
特開平03-169156(JP,A)  
特開平08-072298(JP,A)  
特開昭63-254777(JP,A)  
特開平10-093170(JP,A)  
特表平07-506931(JP,A)  
特開平07-193305(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50

B41J 2/44