世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 6
H01S 3/134

A1

(11) 国際公開番号 WO 95/10131

(43) 国際公開日 1995年4月13日 (13.04.95)

(21) 国際出願番号 PCT/JP94/01601
(22) 国際出願日 1994年9月28日(28. 09. 94)

(30) 優先権データ
特願平5/249483 1993年10月5日(05. 10. 93) JP

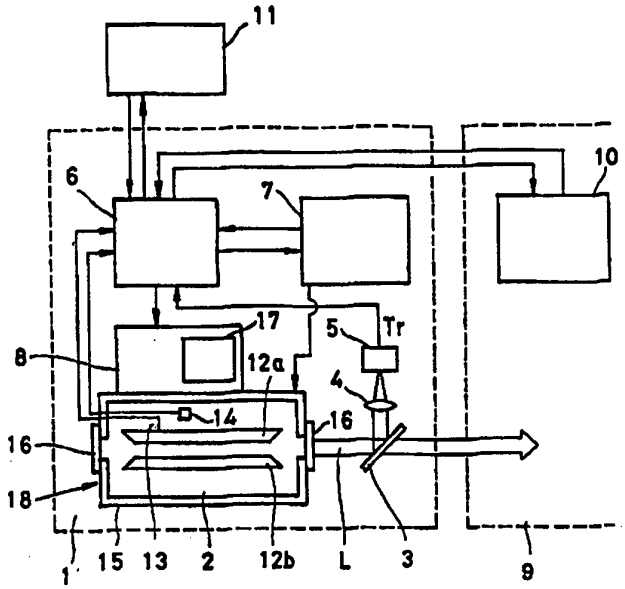
(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について)
株式会社 小松製作所
(KABUSHIKI KAISHA KOMATSU SEISAKUSHO)〔JP/JP〕
〒107 東京都港区赤坂2丁目3番6号 Tokyo, (JP)
(72) 発明者;および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ)
天田芳穂(AMADA, Yoshiho)〔JP/JP〕
若林 理(WAKABAYASHI, Osamu)〔JP/JP〕
伊藤仙聡(ITO, Noritoshi)〔JP/JP〕
〒245 神奈川県平塚市万田1200
株式会社小松製作所 研究本部 中央研究所内 Kanagawa, (JP)
(74) 代理人
弁理士 木村高久(KIMURA, Takahisa)
〒104 東京都中央区銀座2丁目11番2号 銀座大作ビル6階
Tokyo, (JP)

(81) 指定国
KR, US.

添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title : OUTPUT CONTROLLER OF LASER APPARATUS

(54) 発明の名称 レーザ装置の出力制御装置



(57) Abstract

Accurate control is provided for eliminating a spiking phenomenon occuring in a laser apparatus. Data of an excitation intensity for attaining energy of each of continuous pulses to the same desired value is stored in advance for each of the continuous pulses. An output monitor (5) detects energy of each pulse oscillated. The detection value of pulse energy in previous continuous pulse oscillation is compared with a desired value of energy, and each charge voltage stored in advance on the basis of this comparison result and corresponding to each pulse is corrected at an output control portion (6). When the present invention is applied to the output control of a source of light for an exposure apparatus, accuracy of exposure control can be drastically improved.

（５７）要約

レーザ装置において発生するスパイキング現象を除去する制御を、常に精度よく行うことを目的とする。出力制御部（６）において、連続パルスの各パルスのエネルギーを所望の同一の値にする励起強度のデータが連続パルスの各パルスごとに予め記憶される。出力モニタ（５）では、発振されたパルスのエネルギーが検出される。そして、前回までに行われた連続パルス発振時におけるパルスエネルギーの検出値とパルスエネルギーの所望値とが比較され、この比較結果に基づいて予め記憶しておいた各パルスに対応する各充電電圧が、出力制御部（６）において補正される。本発明を露光装置の光源の出力の制御に適用すれば、露光量制御の精度を飛躍的に向上させることができる。

情報としての用途のみ
ＰＣＴに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にＰＣＴ加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	PT	ポルトガル
AT	オーストリア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RO	ルーマニア
AU	オーストラリア	ES	スペイン	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
BB	バルバドス	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
BE	ベルギー	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BF	ブルギナ・ファソ	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BG	ブルガリア	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BJ	ベナン	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BR	ブラジル	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TD	チャード
CA	カナダ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CF	中央アフリカ共和国	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CG	コンゴー	IT	イタリー	MW	マラウイ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	MX	メキシコ	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NE	ニジェール	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NL	オランダ	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェッコ共和国	KR	大韓民国	NZ	ニュー・ジーランド	VN	ヴィェトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PL	ポーランド		

明細書

レーザ装置の出力制御装置

技術分野

本発明は、主として逐次移動型縮小投影露光装置（以下、「ステッパ」と呼ぶ）の光源として用いられ、放電励起されることによってレーザを発振するレーザ装置の出力制御装置に関する。

背景技術

ステッパにおいては、回路パターンの解像度を一定レベル以上に維持するために厳密な露光量制御が必要とされる。一方、このステッパの光源として使用されるエキシマレーザは、いわゆるパルス放電励起ガスレーザのために１パルス毎にパルスエネルギーにバラツキがあり、露光量制御の精度向上のためにはこのバラツキを小さくする必要がある。しかも、断続光であるために、連続光である水銀ランプを光源とした場合の従来のシャッタ制御とは異なった露光量制御が必要である。

そこで、たとえば、文献（宮地ほか、「エキシマレーザリソグラフィ」、国際レーザ／アプリケーション’９１、セミナーＬ－５、Ｐ３６－５１）に見られるように、複数のパルスを連続発振して露光を行う、いわゆる複数パルス露光によって露光量制御の精度向上を図ろうとするものがある。

この方法は、エキシマレーザの発振パルスのエネルギーのバラツキがほぼ正規分布で近似できるため、ｎ回パルス発振させて露光した後の積算エネルギーのバラツキが１パルスのエネルギーのバラツキに対して、１／　（ｎ）になることを利用したものである。すなわち、１パルスのエネルギーのバラツキをΔＰ／Ｐ、必要な露光量制御精度をＡとすると、それに必要な露光パルス数Ｎは以下の関係で与えられる。

$$N \geqq \{(\Delta P / P) / A\}$$

たとえば、１パルスのエネルギのバラツキΔＰ／Ｐが１５％（３σ）、必要な

露光量制御精度Aが１．５％（３σ）であれば、N≧１００となり、この１００回以上の連続パルス発振で所望の精度を達成することができる。

ところで、ステッパは、露光とステージ移動とを交互に繰り返す。このため、光源となるエキシマレーザの運転状態としては、必然的にいわゆるバーストモードとなる。なお、バーストモードとは、レーザ光を所定回数連続してパルス発振させた後、所定時間パルス発振を休止させる運転を繰り返し行うことをいう。つまり、短期間の連続パルス発振期間と短期間の発振休止期間とを交互に繰り返すものである。

なお、この明細書において、「連続パルス」、「連続パルス発振」というときは、パルス放電を繰返し行い断続的なパルスレーザ光を繰返し得るという意味で使用している。したがって、一般にいわれる「連続発振レーザ」、「ＣＷ発振」とは異なる意味で使用している。

さて、上述したように、エキシマレーザはパルス放電励起ガスレーザであるため、常に一定の大きさのパルスエネルギーで発振を続けることが困難である。なお、この原因としては、放電されることによって放電空間内にレーザガスの密度擾乱が発生し、次回の放電を不均一に、また不安定にしたり、この不均一放電等のため放電電極の表面において局所的な温度上昇が発生し、さらに次回の放電を劣化させ放電を不均一で不安定なものにするためである。特に、上記連続パルス発振期間の初期においてその傾向が顕著であり、図５および図６に示すように、発振休止期間経過後の最初のパルスPL1では、安定な放電が得られ比較的高いパルスエネルギーが得られるが、その後は放電が悪化し徐々にパルスエネルギーが低下するという、いわゆるスパイキング現象（Ｂ部として示す）が現れる。

このようにバーストモード運転のエキシマレーザ装置では、前述した１パルス毎のエネルギのバラツキが露光量制御の精度を制限するとともに、スパイキング現象がさらにバラツキを著しく大きくし露光量制御の精度を制限するという問題がある。

しかも近年、ウエハに塗布する感光剤の感度が向上しており、少ない連続パルス数での露光が可能となっており、パルス数減少の傾向にある。

しかし、パルス数が少なくなると、それに応じて露光量のバラツキが大きくな

ってしまい、前述した複数パルス露光制御のみによっては露光量制御の精度の維持が困難になる。そこで、パルスエネルギーのバラツキの改善、特にバーストモードにおけるスパイキング現象の影響を除去することが望まれている。

そこで、本発明者らは、かかるスパイキング現象発生防止の制御に関する発明を種々特許出願するとともに（特願平４－１９１０５６号等）、実験を繰り返しているが、その中で、レーザ装置の運転条件の変化がスパイキング現象発生防止の制御の精度に与える影響が無視できないこと明らかになっている。

本発明はこうした実状に鑑みてなされたものであり、バーストモードで運転されるレーザ装置において、スパイキング現象の影響を除去して、露光量制御の精度を、たとえ少ない連続パルス発振であっても向上させることができるとともに、レーザの運転条件が予測困難であったとしてもスパイキング発生防止制御を常に精度よく行うことができる装置を提供することをその目的としている。

発明の開示

そこで、本発明の主たる発明では、レーザ光を所定回数連続してパルス発振させた後、所定時間パルス発振を休止させる運転を繰り返すバーストモードでレーザ装置を運転させるとともに、前記パルスのエネルギーが所望の値となるようにレーザの励起強度を制御するレーザ装置の出力制御装置において、

連続パルスの各パルスのエネルギーを所望の同一の値にする励起強度のデータを、前記連続パルスの各パルスごとに予め記憶する記憶手段と、

発振されたパルスのエネルギーを検出する検出手段と、

前回までにすでに行われた連続パルス発振時におけるパルスのエネルギー検出値と前記パルスエネルギー所望値とを比較し、該比較結果に基づいて、前記予め記憶された各パルスに対応する各励起強度のデータを補正する補正手段と、

連続パルスの各パルスの励起強度が前記補正手段によって補正された励起強度となるように励起強度を制御する制御手段と

を具えている。

かかる構成によれば、連続パルスの各パルスのエネルギーを所望の同一の値にする励起強度のデータが、連続パルスの各パルスごとに予め記憶される。そして

、発振されたパルスのエネルギーが検出される。そこで、前回までにすでに行われた連続パルス発振時におけるパルスのエネルギーが検出され、この検出値とパルスエネルギー所望値とが比較され、該比較結果に基づいて、予め記憶された各パルスに対応する各励起強度のデータが補正される。そして、連続パルスの各パルスの励起強度が補正された励起強度となるように励起強度が制御される。

すなわち、この発明では、スパイキング現象の影響を除去するために、レーザのパルスエネルギーが、所定の充電電圧範囲内では、励起のための励起強度に依存し、励起強度を高くするにしたがってエネルギーが大きくなるという性質を利用する。そこで、バーストモードで連続パルス発振を開始する時は、初めのパルスは励起強度を低くし、徐々に励起強度を高くするがごとく、励起強度を各パルスごとに変化させスパイキング現象の発生を防止する（図７参照）。このような励起強度のデータが連続パルスの各パルスに対応して予め記憶されることになる。

しかし、レーザ媒質ガスの劣化等によるレーザ出力の低下を補うためにレーザ媒質ガスの一成分であるハロゲンガスを小量添加したり、レーザ媒質ガスを部分的に交換するなどして、ガス組成を変化させることがある。これは一例であるが、このようにレーザの運転条件が変化すると、スパイキング現象の発生パターンが微妙に変化することとなり、上記予め記憶された励起強度が得られるように制御を行ったとしてもスパイキング現象が完全に除去されない場合がある。

そこで、バースト発振の際に、いままですでに行われた連続パルス発振時のパルスエネルギー検出値をいわばフィードバックして、この検出値とエネルギー所望値とを比較することで、レーザの運転条件の変化を捕らえる。そして、この比較結果により各パルスに対応する各励起強度が自動的に補正され、レーザ運転条件の変化に対応したスパイキング防止制御を行う。

なお、本明細書で例示しているエキシマレーザのような放電励起型レーザでは、一般的に上記「励起強度の制御」は、充電電圧を変化させることによって行われる。したがって、後述する実施例では、励起強度の制御が、充電電圧を制御することにより行なわれる場合について説明する。

図面の簡単な説明

図１は本発明に係るエキシマレーザ装置の出力制御装置の実施例の構成を示すブロック図である。

図２（ａ）、（ｂ）、（ｃ）は実施例の処理手順を示すフローチャートである。

図３は図２（ａ）に代わる処理の手順を示すフローチャートである。

図４は実施例の処理手順を示すフローチャートである。

図５は連続パルス発振開始からの経過時間とパルスエネルギーとの関係を示すグラフである。

図６はバーストモードとスパイキング現象を示すために用いたグラフであり、時間ｔに対するパルスエネルギーＥの変化の様子を示すグラフである。

図７は連続パルス発振開始からの経過時間と充電電圧との関係を示すグラフである。

図８（ａ）、（ｂ）は、パワーロック電圧の大きさによってスパイキング現象の効果が異なることを示すために用いたグラフであり、時間に対するパルスエネルギーの変化の様子を示すグラフである。

図９（ａ）、（ｂ）はスパイキング現象の発生パターンに変曲点が存在することを説明するグラフである。

図１０（ａ）、（ｂ）はスパイキング現象の発生パターンに変曲点が存在する場合に好適な、各パルスの充電電圧を求める演算を説明するグラフである。

図１１（ａ）、（ｂ）はスパイキング現象の発生パターンに変曲点が存在する場合に好適な実施例の処理の手順を説明するフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明に係るエキシマレーザ装置の出力制御装置の実施例について説明する。

図１に示すように実施例装置は、大きくは、エキシマレーザ光Ｌを出力するエキシマレーザ装置１と、エキシマレーザ装置１を光源とし、出力レーザ光Ｌにより縮小投影露光を行うステッパ９とから構成されている。

レーザ装置１の発振器２は、レーザチャンバ１５、光共振器等からなり、レーザチャンバ１５内にはＫｒ、Ｆ2等からなるレーザガスが満たされている。そして、レーザチャンバ１５内に配設された電極１２ａ、１２ｂ間で放電を行い、レーザガスを励起させてレーザ発振を行う。発振されたレーザ光は上記光共振器内で共振され、図示せぬフロントミラーから有効な発振レーザ光Ｌとして出力される。なお、放電は所定のパルス幅をもって所定の間隔で行われ、レーザ光Ｌが断続的に出力される。

こうして発振器２から発振されたレーザ光は、ビームスプリッタ３によって一部サンプリングされ、レンズ４を介して出力モニタ５に入射される。この出力モニタ５では、出力レーザ光Ｌの１パルス当たりのエネルギー、つまりパルスエネルギーＥが検出される。１パルスを検出したことを示す発光信号Ｔrは出力モニタ５から出力制御部６に送出される。出力制御部６はタイマを内臓しており、このタイマによって、出力モニタ５から送出される発光信号Ｔrの受信時刻の間隔時間を逐次測定する。

同様に、出力モニタ５によって検出されたパルスエネルギーＥは、出力制御部６に加えられ、該出力制御部６は、入力されたパルスエネルギーＥに基づいて、後述するように所望のパルスエネルギーＥｄが得られるように、レーザ電源８に電圧データを加える。これによりパワーロック制御が行われる。

なお、パワーロック制御とは、レーザガスが劣化し同じ充電電圧を与えてもパルスエネルギーＥが低下してしまうことを、劣化に応じて充電電圧を高くすることで防止する制御方法の一つである。一般的には、発振された複数パルスのエネルギーを積算、平均化し、所望のエネルギーＥｄと比較することによって次パルス以降の充電電圧を決定するフィードバック制御である。決定された充電電圧（所望のエネルギーＥｄを得るための充電電圧）をパワーロック電圧Ｖplと呼ぶ。なお、「ＰＯＷＥＲＬＯＫ」は米国Ｑｕｅｓｔｅｋ社の登録商標である。これに対してスパイキング発生防止制御は、次に連続パルス発振される１パルス毎のエネルギーを予測して、各パルスの充電電圧を発振前に決定する予測制御である。

レーザ電源部８は、加えられた電圧データに応じて上記電極間に電位差Ｖを与え、上記放電を行う。ここに、放電させるための電圧は、レーザ電源部８内に配

設された充電回路１７により一旦充電され、たとえばサイラトロン等のスイッチ素子の動作により放電される。この充電回路１７は交換自在のユニットとして配設されている。

また、出力制御部６は、ステッパ９内のステッパ制御部１０と信号線で接続されており、ステッパ制御部１０から送出されるトリガ信号を受信する。

ガス制御部７は、レーザ出力を一定に保持すべくレーザ装置運転中にレーザガスの部分的ガス交換を行うとともに、レーザ装置運転前に所定の種類のレーザガスがそれぞれ所定の分圧となるようにガス交換を行うものであり、バルブ等を介してレーザチャンバ１５内に供給されるレーザガスの供給量を制御するとともに、レーザチャンバ１５から真空ポンプ等を介して排出されるレーザガスの排出量を制御する。このガス制御部７と出力制御部６との間では所定のデータの授受が行われ、レーザガスの全交換時、部分交換時、追加時等にそれぞれのガスの分圧または分圧を計算するためのデータがガス制御部７から出力制御部６に送出される。

レーザチャンバ１５内の上側の放電電極１２ａ（カソード）の表面には、この電極１２ａの表面温度Ｔｈｅを検出する電極温度センサ１３が配設されており、またレーザチャンバ１５内にはレーザガスの温度Ｔｈｍを検出するガス温度センサ１４が配設されている。これら各センサ１３、１４で検出された温度Ｔｈｅ、Ｔｈｍを示す検出信号は、出力制御部６に送出される。なお、電極温度センサ１３としては下側の電極１２ｂ（アノード）の表面に配設するようにしてもよい。　ところで、レーザチャンバ１５にはレーザ光を外部に出射するためのウインド１６、１６が配設されているが、これら各ウインド１６は、反応生成物付着による出力劣化をウインド自体の交換によって除去すべく、交換自在にレーザチャンバ１５に配設されている。そして、また上記レーザチャンバ１５、レーザ電源部８を中心として構成されるレーザヘッド１８も、構成部品劣化による性能劣化を除去すべく交換自在に配設されている。ここにレーザヘッド１８を構成する部品のうち放電電極１２ａ、１２ｂの摩耗による劣化が特に著しい。したがって、レーザヘッド１８の交換は、主として放電電極１２ａ、１２ｂの性能維持を目的として行われる。

リモートコントローラ１１はレーザ装置１の外にあり、これによりレーザ装置１がリモート操作される。

ところで、実施例では、つぎに掲げる各パラメータを考慮して連続パルスの各パルスに対応する充電電圧Ｖを求めるようにしている。

（ａ）パルス発振の休止時間Ｔppの考慮

バーストモードでエキシマレーザを運転する場合、連続パルス発振の開始直後においてパルスエネルギーＥが大きくなり、以後徐々にエネルギーが小さくなり、所望の値に近づいていくというスパイキング現象が現れる（図６のＢ参照）。そして、このスパイキング現象は、バーストモードにおける発振休止時間Ｔppが大きくなるほど顕著になり、そのスパイキング現象の影響を受けるパルス数はレーザガスを励起させるための充電電圧Ｖを大きくするにしたがって多くなるという性質がある。

そこで、パルス発振の休止時間Ｔppを計時し、つぎの連続パルスの各パルスのエネルギーＥが同一の所望の大きさＥｄとなるように、計時された休止時間Ｔppに基づいて各パルスに対応する各充電電圧Ｖの大きさを変化させる。すなわち、連続パルス発振の最初のパルスは充電電圧Ｖを低くし、以後徐々に充電電圧Ｖを高くするごとく、充電電圧を各パルス毎に変化させてスパイキング現象による初期のエネルギー上昇を防止する（図７参照）。しかも、休止時間Ｔppに応じて充電電圧Ｖの変化度合いを異ならせるようにする。

（ｂ）パワーロック電圧Ｖplの考慮

また、レーザ発振の運転時間が長くなり、レーザガスの劣化等により徐々に出力が低下するので、これに応じてパワーロック電圧Ｖplを徐々に大きくするパワーロック制御（所望の平均パルスエネルギーを得るための充電電圧をパワーロック電圧と呼ぶ）が行われる。しかし、パワーロック制御が行われると、スパイキング現象の発生パターンが変化してしまうことが本発明者らの実験によって明らかになった。すなわち、パワーロック電圧Ｖplの大きさに応じて各パルスエネルギーＥが変化するとともに、スパイキング現象の影響が及ぶパルスの数が変化すること等が明らかになった。この代表的なパターンとして、パワーロック電圧が小さい場合を図８（ａ）に、パワーロック電圧が大きい場合を同図８（ｂ）に示

す。これらの図により、パワーロック電圧の変化によるパルスエネルギーの変化は、図８（ｂ）のＢ´部に明らかに現れている。

そこで、この実施例では、かかる現象を除去するために、パワーロック電圧Ｖplに応じて各パルスエネルギーＥが所望の大きさＥｄになるように各充電電圧Ｖを変化させるようにしている。

そして、同様にして以下の各パラメータの値によってもスパイキング現象の発生パターンが変化することが明らかになっている。したがって各パルスのエネルギーレベルを同一にするには下記（ｃ）～（ｏ）のパラメータをも考慮する必要がある。

（ｃ）ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封入してからの経過時間Ｔgの考慮

（ｄ）ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封入してからの累積発振パルス数Ｎgの考慮

（ｅ）ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスの種類とレーザガスの種類ごとの分圧の考慮；たとえば希ガス（Ｋr）、ハロゲンガス（Ｆ）、バッファガス（Ｎe）で構成されるレーザガスの各分圧Ｐr、Ｐh、Ｐbの考慮

（ｆ）レーザガスの温度Ｔhmの考慮

（ｇ）放電電極１２ａの温度Ｔheの考慮

（ｈ）連続パルス発振の繰返し周波数ｆの考慮

（ｉ）レーザ装置１の運転開始からの経過時間Ｔtの考慮

（ｊ）パルス発振間隔Ｔdの考慮

（ｋ）レーザヘッド１８が交換されてからの累積発振パルス数Ｎhの考慮

（ｌ）充電回路１７が交換されてからの累積発振パルス数Ｎcの考慮

（ｍ）レーザウインド１６が交換されてからの累積発振パルス数Ｎwの考慮

（ｎ）連続パルス発振時の各充電電圧Ｖと対応する各パルスエネルギーＥの考慮

（ｏ）レーザガスの不純物であるＨＦ濃度の考慮

以下、出力制御部６で行われる制御について、図２ないし図４に示すフローチャートを参照して説明する。

・第１の制御

図２（ａ）、（ｂ）、（ｃ）、図４は出力制御部６で実行される処理を示すフローチャートであり、上記（ａ）、（ｂ）および（ｎ）を考慮した処理である

この実施例では、各パルスのエネルギーＥを同一の所望の大きさＥｄにする、直前の休止時間Ｔppおよびパワーロック電圧Ｖplに対応した充電電圧Ｖが、連続パルス発振の各パルスごとに、つまり発振順序ｉごとに予め求めておかれ、これらが電圧データとして所定のメモリに記憶されておかれる。そして、前回の連続パルス発振における各パルスのエネルギーが検出され、この各パルスのエネルギーと上記所望値Ｅｄとが比較され、上記メモリに記憶された電圧データが補正される。こうして補正された電圧データが、メモリから読み出され、レーザ電源８に出力される。

すなわち、出力制御部６は、図２（ａ）に示すように、起動と同時にメインルーチン内において、下記（１）式に示すように、発振順序ｉ番目のパルスに対応する充電電圧Ｖ（ｉ）をＴpp、Ｖplを変数とする関数Ｖｉ（Ｔpp、Ｖpl）として求め、これらを電圧パターンテーブルとしてメモリに記憶しておく。この場合、変数Ｔpp、Ｖplの値が同一となっている連続パルス（ｉ＝１、２、３…）が１組とされ、組単位でメモリに記憶される。

Ｖ（ｉ）＝Ｖ（Ｔpp、Ｖpl）　…（１）

ただし、Ｖ（ｉ）：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧

Ｖｉ　：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧を決定する関数式

Ｔpp　：発振休止時間

Ｖpl　：パワーロック電圧

（ステップ１０１）

出力制御部６では、発光信号Ｔrの受信時とタイマのカウント時に、所定の割込処理が行われる。すなわち、上記電圧パターンテーブル作成と記憶処理が終了したならば、割込待ちのループ（ステップ１０２～１０３）に入る。ここでは、まず発振開始が可能である割込受付状態にする（ステップ１０２）。そして、後述する図４に示す電圧補正ルーチンに移行され、図２（ｃ）の発光割込ルーチンにおいて保存しておかれた以前（前回）の連続パルスの各パルスのエネルギーと所

望値Ｅｄとが比較され、電圧パターンテーブル上の電圧データが補正され、次回の連続パルス発振時に使用される電圧データが得られる（ステップ１０３）。

出力制御部６が割込受付け待ち状態になり、メインルーチンが割込待ちループに入ると、内臓のタイマによる割込を受け付けるべく、同図２（ｂ）のタイマ割込ルーチンが起動される。タイマ割込ルーチンでは、前回の発光信号Ｔrが受信されてから次回の発光信号Ｔrが受信されるまでの間、カウンタをカウントアップさせ、カウント数ｎを順次＋１インクリメントさせる（ステップ１０４）。

この状態で、次回の発光信号Ｔrが受信されると、同図（ｃ）に示す発光割込ルーチンが起動される。

ここでは、まず、パルスエネルギーを読み込み（ステップ１０５）、読み込んだパルスエネルギーを発振順序ｉに対応づけた値Ｅiとして記憶、保存する。その際に、今回の連続パルス発振開始直前の発振休止時間Ｔppとパワーロック電圧Ｖplも同時に記憶、保存される。カウント数ｉによって、発振されたパルスが今回の連続パルス発振の何番目のパルスであるかが認識される（ステップ１０６）。

つぎに、パルス発振間隔の時間を測定するために、タイマ割込ルーチンでのカウントアップをやめて、その時点のカウント数ｎを時間に換算する処理を行い、換算された時間をパルス発振間隔Ｔdとする。たとえば、タイマ割込のインターバルが１０ｍｓｅｃであり、カウント数ｎが１５であれば、両者を乗算することによりパルス発振間隔Ｔdが１５０ｍｓｅｃとされる（ステップ１０７）。続いてタイマのカウント数ｎが零にリセットされる（ステップ１０８）。

出力制御部６はまた、発光信号Ｔrによりカウントアップされるカウンタを有しており、この発光信号カウント数ｉが＋１インクリメントされる（ステップ１０９）。

つぎに、ステップ１０７で得られたパルス発振間隔Ｔdが、所定の上限値Ｔul以上であるか否かが判断される。この上限値Ｔulが、それ以上の時間ではスパイキング現象のパルスエネルギーＥを変化させる効果が一定であり、もはやパルス発振間隔Ｔdには依存しないものとして実験等により求められ、所定のメモリに記憶されておかれるものである（ステップ１１０）。また、ステップ１０７で得られたパルス発振間隔Ｔdが、所定の下限値Ｔbs以上であるか否かが判断される。すな

わち、パルス発振の時間間隔が十分に小さいと、放電空間に直前のパルス発振による密度擾乱等の影響が強く残っており、スパイキング現象は発生しない。そこで、それよりも小さい時間では、スパイキング現象が発生しない下限の時間Ｔbsが実験等により求められ、所定のメモリに記憶されておかれる（ステップ１１２）。

ここで、パルス発振間隔Ｔdが上限値Ｔul以上であると判断されたならば（ステップ１１０の判断ＹＥＳ）、Ｔd＝Ｔulとして（ステップ１１１）、上記発光信号カウンタのカウント数ｉを１にセットする（ステップ１１３）。そして、パルス発振間隔Ｔdを発振休止時間Ｔppとし（ステップ１１５）、この時点のパワーロック電圧Ｖpl、Ｔpp＝Ｔul、ｉ＝１に対応する放電電圧Ｖ（ｉ）がメモリから読み出され、これがレーザ電源部８に出力され、放電が行われる。この結果、連続パルス発振の最初のパルスはスパイキング現象の影響が除去されたものにされ、所望のパルスエネルギーＥｄが得られる。しかも、パルス発振間隔Ｔdが上限値Ｔul以上では、パルス発振間隔Ｔdに応じた複数の放電電圧Ｖ（ｉ）のデータを記憶しておく必要はなく、一定値Ｔulに応じて一義的に定まる充電電圧Ｖ（ｉ）のデータのみをメモリに記憶しておけばよいので、記憶容量が少なくて済み、コスト低減等が図られる（ステップ１１６）。

また、パルス発振間隔Ｔdが下限値Ｔbs以上で、上限値Ｔulよりも小さい場合には（ステップ１１２の判断ＹＥＳ）、連続パルス発振は終了したものとみなし、次回の連続パルス発振の最初のパルスよりあらためてスパイキング現象の影響を除去すべく、発光信号カウンタのカウント数ｉを１にセットする（ステップ１１３）。そして、パルス発振間隔Ｔdを発振休止時間Ｔppとして（ステップ１１５）、この発振休止時間Ｔpp、現時点のパワーロック電圧Ｖpl、ｉ＝１に対応する充電電圧Ｖ（ｉ）がメモリから読み出され、これがレーザ電源部８に出力され、放電が行われる。この結果、連続パルス発振の最初のパルスはスパイキング現象の影響が除去されたものにされ、所望のパルスエネルギーＥｄが得られる（ステップ１１６）。

また、パルス発振間隔Ｔdが下限値Ｔbsよりも小さい場合は（ステップ１１２の判ＮＯ）、直前の発振パルスによってスパイキング現象は発生しない場合であり

、連続パルス発振が継続されているものと判断し、今回の連続パルス発振開始直前の発振休止時間Tpp、パワーロック電圧Vplとステップ１０９で得られたインクリメントされたｉに対応する充電電圧Ｖ（ｉ）がメモリから読み出され、これがレーザ電源部８に出力され、放電が行われる。この結果、連続パルス発振のｉ番目のパルスはスパイキング現象の影響が除去されたものにされ、所望のパルスエネルギーＥｄが得られる（ステップ１１４）。

以上のようにこの第１の制御では、発振休止時間Tppとパワーロック電圧Vplを考慮した関数によって充電電圧Ｖ（ｉ）を求めるとともに、この充電電圧を前回の連続パルス発振時に保存した各パルスのエネルギーと所望値Ｅｄとの比較により補正するようにしている（図４については後述する）。

・第２の制御

上記発振休止時間およびパワーロック電圧の考慮に加え、下記（２）式に示すように、さらに上記（ｃ）、（ｄ）、（ｅ）の各パラメータを考慮した実施も可能である。スパイキング現象の発生パターンは、レーザガスの組成、組成に応じた分圧、経過時間Tg、累積発振パルス数Ngに依存すると考えられるからである。

Ｖ（ｉ）＝Ｖｉ（Tpp、Vpl、Ｐr、Ｐh、Ｐb、Tg、Ng）　…（２）

ただし、Ｖ（ｉ）：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧

Ｖｉ：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧を決定する関数式

Tpp：発振休止時間

Vpl：パワーロック電圧

Ｐr：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスのうち希ガス（たとえばKr）の分圧

Ｐh：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスのうちハロゲンガス（たとえばF2）の分圧

Ｐb：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスのうちバッファガス（たとえばNe）の分圧

Tg：ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封入してからの経過時間

Ng：ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封入してからの累積発振パルス数

一般に、ＫｒＦエキシマレーザにおいては希ガスとしてクリプトン、ハロゲンガスとしてフッ素、バッファガスとしてヘリウムあるいはネオンあるいはヘリウムとネオンとの混合ガス等を使用するため、上記（２）式では３種類のガスの分圧Ｐｒ、Ｐｈ、Ｐｂを考慮している。

なお、この第２の制御においても、上記第１の制御と同様に図２（ａ）（ｂ）（ｃ）、図４に示す手順で処理が行われる。

・第３の制御

また、すべてのパラメータ（ａ）～（ｏ）を考慮した実施も可能である。この第３の制御でも第１の制御と同様に、図２（ａ）（ｂ）（ｃ）、図４に示す手順で処理が行われる。ただし、図２（ａ）の処理の代わりに図３に示す処理が実行される。また、第１の処理において、詳述していなかった図４の処理内容についても、以下詳述する。

さて、まず、図３に示すように、起動と同時にメインルーチン内において、各部の初期設定が行われる（ステップ２０１）。

ついで、上記（ａ）～（ｏ）の各パラメータに関するデータが取得される。一方において、下記（３）式に示すように、発振順序ｉのパルスに対応する充電電圧Ｖ（ｉ）が、上記各パラメータＶｐｐ、Ｖｐｌ…を変数とする関数Ｖｉ（Ｔｐｐ、Ｖｐｌ…）として予め実験によって求められており、メモリに記憶されている。したがって、変数Ｔｐｐ、Ｖｐｌ…の値が得られれば、これらを関数Ｖｉ（）に代入することにより、対応する充電電圧を求めることができる。

Ｖ（ｉ）＝Ｖｉ（Ｔｐｐ、Ｖｐｌ、Ｔｇ、Ｎｇ、Ｐｒ、Ｐｈ、Ｐｂ、Ｔｈｍ、Ｔｈｅ、ｆ、Ｔｔ、Ｔｄ、Ｎｈ、Ｎｃ、Ｎｗ、Ｅ、Ｃｈｆ）　…（３）

ただし、Ｖ（ｉ）：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧

Ｖｉ：連続パルス発振のｉ番目のパルスの充電電圧を決定する関数式

Ｔｐｐ：発振休止時間

Ｖｐｌ：パワーロック電圧

Ｔｇ：ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封

入してからの経過時間Tgの考慮

Ng：ガス交換によりレーザチャンバ１５内に新しいレーザガスを封入してからの累積発振パルス数

Pr：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスののうち希ガス（たとえばKr）の分圧

Ph：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスのうちハロゲンガス（たとえばF2）の分圧

Pb：ガス交換時にレーザチャンバ１５内に封入されたレーザガスのうちバッファガス（たとえばNe）の分圧

Thm：レーザガスの温度

The：放電電極１２ａの温度

f：連続パルス発振の繰り返し周波数

Tt：レーザ装置の運転開始からの経過時間

Td：パルス発振間隔

Nh：レーザヘッド１８が交換されてからの累積発振パルス数

Nc：充電回路１７が交換されてからの累積発振パルス数

Nw：レーザウインド１６が交換されてからの累積発振パルス数

E ：前回の連続パルス発振時のパルスエネルギー

Chf：HF濃度

これらのパラメータのうち、　このうち、発振休止時間Tppは上記ステップ１０７において演算によって求められる。また、パワーロック電圧Vplは、パワーロック制御を行う際に設定される。また、経過時間Tgは、ガス制御部７によってレーザ運転開始前におけるガス交換がなされてからの経過時間が所定のタイマにより計時されており、現在のタイマの計時値を読み出すことにより取得される。また、累積発振パルス数Ngも、ガス交換時からのパルス数が所定のカウンタによりカウントされており、そのカウンタのカウント値を読み出すことにより取得される。

また、分圧Pr、Ph、Pbは、ガス交換時にそれぞれの値がガス制御部７で検出されており、この検出値に運転中の追加や部分交換による各ガスの増加・減少分

と反応によるハロゲンガスの減少分を考慮して計算することができる。各ガスの追加や部分交換がない場合には、ハロゲンガス以外は交換時の値をつぎの交換時まで使用することができる。

さて、また、上記レーザガスのＴｈｍはガス温度センサ１４の出力として取得され、放電電極１２ａの温度Theも電極温度センサ１３の出力として取得される。そして、繰返し周波数ｆはレーザの運転条件として予め設定しておいた値を使用することができる。また、経過時間Ｔｔは、レーザ装置の運転開始に伴いスタートするタイマの計時値として取得される。また、パルス発振間隔Ｔｄも発光信号Ｔｒの受信間隔に基づき取得される。

また、累積発振パルス数Ｎｈ、Ｎｃ、Ｎｗは、各ユニットが交換されてからのパルス数を所定のカウンタでカウントすることによって得られる。さらに、ＨＦ濃度はレーザチャンバ１５内に配設された図示せぬＨＦセンサにより検出される。このようにして、レーザ立上げ時に各パラメータの値が検出される（ステップ２０２）。

このようにしてレーザ立上げに、各パラメータの値が検出されると、これら検出値に基づいて電圧計算用の関数式Ｖｉ（）が修正される（ステップ２０３）。なお、以下のステップ２０４、２０５の割込受付待ループは上記ステップ１０２、１０３のループと同じ内容である。

すなわち、電圧補正ルーチンに移行されると（ステップ２０５）、図４に示すように、まず、発光割込ルーチンで記憶、保存された前回の連続パルス発振時のｉ番目のパルスのエネルギーＥｉと前回の連続パルス直前の発振休止時間Ｔppと前回の連続パルスについて設定されたパワーロック電圧Ｖplとが読み出される（ステップ３０１）。そして、エネルギーＥｉとエネルギー所望値Ｅｄとが比較され、その差の絶対値がΔＥ未満である場合には（ステップ３０２の判断ＮＯ）、そのままメインルーチンにリターンされる。上記差の絶対値がΔＥ以上である場合には（ステップ３０２の判断ＹＥＳ）、すべての発振休止時間Ｔpp、すべてのパワーロック電圧Ｖplに対応する電圧パターンテーブル上のｉ番目の電圧Ｖ（ｉ）が補正される。

補正は、所望値Ｅｄがパルスエネルギーより大きい値ΔＥ以上大きければ、

ｉ番目の充電電圧Ｖ（ｉ）の値が増加されるように、逆に小さければ充電電圧Ｖ（ｉ）の値が減少されるように行われる。また、しきい値は、増加、減少それぞれごとにΔＥ´、ΔＥ´´と異なる値を設定するとともに、増減値ΔＶ´、ΔＶ´´も異ならせるようにしてもよい。たとえば、Ｅｄ－Ｅｉ≧ΔＥ´の場合に、Ｖ（ｉ）→Ｖ（ｉ）＋ΔＶ´と増加させ、Ｅｉ－Ｅｄ≧ΔＥ´´の場合に、Ｖ（ｉ）→Ｖ（ｉ）－ΔＶ´´と減少させるようにする。以上のように、前回の連続パルス発振時のパルスエネルギーＥが考慮されて関数式Ｖｉ（）が補正される（ステップ３０３）。

このような充電電圧の補正はテーブル上のすべてのデータについて行われ（ステップ３０４）、テーブルすべてについての書換が終了したならば、書換終了フラグが立てられ発光割込ルーチン（図２（ｃ））へ移行される（ステップ３０５）。

発光割込ルーチンの処理内容は第１の制御で説明した通りであり、今回の連続パルス発振直前の発振休止時間Ｔpp、今回の連続パルス発振に適合したパワーロック電圧設定値Ｖplに対応する、充電電圧Ｖ（ｉ）、つまり上述したごとく補正された充電電圧Ｖ（ｉ）が読み出されることになる（ステップ１１６）。

さて、この第３の制御では、発振休止時間Ｔpp、パワーロック電圧Ｖplが所定値のときのｉ番目のパルスエネルギーＥiを使用することにより充電電圧Ｖ（ｉ）の値が補正されるが、発振休止時間Ｔpp、パワーロック電圧Ｖplが上記所定値以外の充電電圧Ｖ（ｉ）については、上記所定値から類推して、適切な値を求めることができる。しかし、発振休止時間Ｔpp、パワーロック電圧Ｖplが上記所定値以外の充電電圧Ｖ（ｉ）については、補正しないとする実施も可能である。

また、この第３の制御では、不純物を検出するセンサとしてＨＦセンサのみをレーザチャンバ１５内に配設しているが、ＨＦ以外にも、たとえばN2、ＣＯ、ＯＦ2、ＣＦ4、ＳiＦ4、ＣＯＦ2、ＣＯ2、ＮＯ2Ｆ、ＳＦ6、ＮＯＦ、ＣrＯ2Ｆ2、ＣＣｌ3Ｆ、Ｈ2Ｏといった不純物が発生する場合があり、これらを検出するセンサを追加して、電圧計算用関数Ｖｉ（）を修正すれば、スパイキング現象発生防止の制御の精度をより向上させることができる。

また、この第３の制御ではＨＦセンサに代表される不純物センサをレーザチャ

ンバ１５内に配設しているが、不純物センサをレーザチャンバ１５から突出されて設けられた、レーザガスが通過するポートに、あるいはレーザチャンバ１５との間でレーザガスの循環を行う循環経路に設けるようにしてもよい。

また、この第３の制御では、ＫｒＦエキシマレーザを想定しているため、ＫｒＦエキシマレーザ特有の不純物ＨＦを検出する場合について説明したが、本発明としてはＸｅＣｌ、ＡｒＦ、ＸｅＦ、Ｆ2、ＫｒＣｌといった各種エキシマレーザにも当然適用可能であるので、各適用に応じた特有の不純物を検出するセンサを設ける実施も当然可能である。

また、この第３の制御では、上記（３）式に示されるように、各パラメータ（ａ）～（ｏ）を考慮した充電電圧が求められるが、これら各パラメータ以外のパラメータがスパイキング現象の発生に関与することが、明らかになれば、そのパラメータを（３）式に追加して新たな関数式を生成する実施も可能である。

ところで、スパイキング現象の発生パターンを詳細に観察すると、図９（ａ）に示すように、パターンにいくつかの変曲点があることが明らかになった。図９（ａ）の包絡線を図９（ｂ）に示す。そして、隣あう変曲点間の各パルスのエネルギーは直線的に減少するという特徴がある。そこで、隣あう変曲点間の各パルスを１グループとみなし、グループ単位で処理する実施例について以下説明する。

・第４の制御

図９に示すように連続パルスの最初のパルスＰ1とそのつぎのパルスＰ2については、上述した第１～第３の制御と同様に、１パルスごとに最適な充電電圧Ｖ（ｉ）が決定、記憶される。

そして、変曲点に対応するパルスＰ3、Ｐ4、Ｐ5…Ｐｊについては、各パルスＰ3、Ｐ4、Ｐ5…Ｐｊごとに最適な充電電圧Ｖ（ｉ）が決定、記憶される。なお、最後の変曲点Ｐｊ以後のパルスについては、パワーロック電圧Ｖplで放電するので、充電電圧Ｖ（ｉ）は定めない。このように決定された充電電圧を図１０（ａ）に示す。

そこで、同図１０（ｂ）に示すように、隣あう変曲点Ｐk、Ｐk+1間の任意のパルス順序ｎのパルスの充電電圧Ｖ（ｎ）を、隣あう変曲点に対応する発振順序ｉ

およびｊの各パルスの充電電圧Ｖ（ｉ）、Ｖ（ｊ）で直線近似した電圧として求めるようにする。

図１１（ａ）（ｂ）は、この第４の制御の処理手順を示しており、同図（ａ）に示すように、図２（ａ）と同様にして処理がすすめられる。

すなわち、メインルーチン起動後に、上述したように直線近似の演算を行いつつ、電圧パターンテーブルが作成される（ステップ４０１）。そして割込受付け待ちループに入り（ステップ４０２）、同図（ｂ）に示す電圧補正ルーチンに移行される（ステップ４０３）。

電圧補正ルーチンでは、発光割込ルーチン（図２（ｃ））で保存、記憶された前回の連続パルスにおける各変曲点（Ｐ1、Ｐ2含む）Ｐ1～Ｐj-1に対応するパルスエネルギーＥｉ（ｉ＝１～ｊ－１）と、この連続パルス直前の休止時間Ｔppとこの連続パルスについてのパワーロック電圧設定値Ｖplとが読み出される。ここで、パルスエネルギーの比較が行われる変曲点をＰ1～Ｐj-1としたのは、変曲点Ｐj以後のパルスの充電電圧はパワーロック電圧Ｖplであり、電圧パターンテーブルを作成する必要はないからである。

つぎに、エネルギー所望値Ｅｄと各変曲点Ｐｉのパルスエネルギーとが比較され、その絶対値の差がしきい値ΔＥ未満である場合には（ステップ４１２の判断ＮＯ）、そのままメインルーチンに移行されるが、上記差がしきい値ΔＥ以上である場合には（ステップ４１２の判断ＹＥＳ）、今回の連続パルス直前の発振休止時間Ｔppに対応する電圧パターンテーブル上の、変曲点Ｐｉに対応する充電電圧Ｖ（Ｐｉ）が補正される（ステップ４１３）。そして、隣あう変曲点間の各パルスの充電電圧は、図１０（ｂ）と同様にして、補正された両変曲点Ｐｋ、Ｐk+1の充電電圧で直線近似することにより補正される（ステップ４１４）。このようにしてテーブル上の充電電圧の補正がすべて終了したならば、書換フラグが立てられ、発光割込ルーチン（図２（ｃ））に移行される。

なお、この第４の制御では、各変曲点に対応するパルスごとにエネルギーの比較を行うようにしているが、隣あう変曲点間に含まれる各パルスのエネルギー平均値を求め、この平均値とエネルギー所望値Ｅｄとを比較し、この比較結果に基づいて隣あう変曲点間に含まれる各パルスに対応する放電電圧を一律に補正する

ような実施も可能である。

なお、上述した第１～第４の制御では、前回の（直前の）連続パルス発振時のデータに基づいて充電電圧を補正するようにしているが、これに限定されることなく、それよりも前の連続パルス発振時のデータを使用するようにしてもよい。また１回の連続パルス発振時のデータではなくて２回以上の連続パルス発振時のデータに基づいて補正するようにしてもよい。

また、以上説明した実施例では、パルス発振の間隔を発光信号Ｔｒの間隔から求めるようにしているが、この代わりにステッパ制御部１０から出力制御装置６に送出される発振トリガの間隔を計時することにより、パルス発振の間隔を求めるようにしてもよい。

また、実施例では、露光中に補正が順次なされる場合を想定して説明したが、露光前に補正を終了させておくような実施も可能である。すなわち、レーザを起動したときに露光がなされない状態にしておき、この状態で１ないし複数種類のバーストモードで運転し、実施例の補正処理を行う。そして、露光開始後は、露光前に補正された充電電圧のデータを使用して制御を行うようにすればよい。

また、補正データを次回の運転に使用すべく、レーザの運転が終了時に補正データを不揮発性メモリに保存しておくようにしてもよい。

また、実施例では、充電電圧を制御することによってレーザの励起強度あるいは放電電圧を変化させるようにしているが、別の方法で励起強度あるいは放電電圧を変化させることができるレーザの場合には充電電圧の制御に限定されることはない。たとえば、ＹＡＧレーザの場合にはフラッシュランプの光強度を制御するようにしてもよい。要は励起強度あるいは放電電圧を制御し得るものであればよい。

さらに、この実施例では、レーザ装置１内に出力制御部６が配設されているが、出力制御部６はレーザ装置１外に配設するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、バーストモードで運転されるエキシマレーザ装置において、スパイキング現象の影響が除去され、各パルスのエネルギ

ーを同一の大きさにされるので、たとえ少ない連続パルス発振であっても露光量制御の精度が飛躍的に向上する。また、たとえレーザの稼働条件の変化が予測困難な場合であったとしても、レーザの稼働条件の変化が、実際のパルスエネルギーと所望のエネルギー値との比較により捕らえられ、比較結果から放電電圧のデータが最適な値に補正され制御がなされるので、常に精度よくスパイキング発生防止の制御をなし得ることができる。

請求の範囲

１．　レーザ光を所定回数連続してパルス発振させた後、所定時間パルス発振を休止させる運転を繰り返すバーストモードでレーザ装置を運転させるとともに、前記パルスのエネルギーが所望の値となるようにレーザの励起強度を制御するレーザ装置の出力制御装置において、

連続パルスの各パルスのエネルギーを所望の同一の値にする励起強度のデータを、前記連続パルスの各パルスごとに予め記憶する記憶手段と、

発振されたパルスのエネルギーを検出する検出手段と、

前回までにすでに行われた連続パルス発振時におけるパルスのエネルギー検出値と前記パルスエネルギー所望値とを比較し、該比較結果に基づいて、前記予め記憶された各パルスに対応する各励起強度のデータを補正する補正手段と、

連続パルスの各パルスの励起強度が前記補正手段によって補正された励起強度となるように励起強度を制御する制御手段と

を具えたレーザ装置の出力制御装置。

２．　連続パルス発振終了からつぎの連続パルス発振開始までの連続パルス発振の休止時間を計時する計時手段

がさらに設けられ、

前記記憶手段には、前記励起強度のデータが前記休止時間の大きさに応じて記憶されており、

前記補正手段は、

前回までにすでに行われた所定の連続パルス発振時におけるパルスのエネルギー検出値と前記パルスエネルギー所望値とを比較し、該比較結果と前記所定の連続パルス直前の休止時間の検出値とに基づいて、休止時間の大きさに応じて記憶された励起強度のデータを補正するものであり、

前記制御手段は、

今回の連続パルス直前の休止時間検出値に対応する励起強度の補正データを前記記憶手段から読み出して、連続パルスの各パルスの励起強度が、読み出された補正励起強度となるように励起強度を制御するものである、

請求の範囲第１項記載のレーザ装置の出力制御装置。

３．　前記レーザ装置は、

レーザガスの劣化度合いに応じて、前記パルスエネルギー所望値が得られるパワーロック電圧を設定し、該設定値に応じて励起強度を制御するパワーロック制御を行うものであり、

各連続パルス発振時におけるパワーロックするための励起強度の設定値を記憶する設定値記憶手段と、

連続パルス発振終了からつぎの連続パルス発振開始までの連続パルス発振の休止時間を計時する計時手段と

がさらに設けられ、

前記記憶手段には、前記励起強度のデータが前記休止時間の大きさおよび前記パワーロックするための励起強度の大きさに応じて記憶されており、

前記補正手段は、

前回までにすでに行われた所定の連続パルス発振時におけるパルスのエネルギー検出値と前記パルスエネルギー所望値とを比較し、該比較結果と前記所定の連続パルス直前の休止時間の検出値と前記所定の連続パルス発振時におけるパワーロック電圧の記憶設定値とに基づいて、休止時間の大きさおよびパワーロック電圧の大きさに応じて記憶された励起強度のデータを補正する処理を行うものであり、

前記制御手段は、

今回の連続パルス直前の休止時間検出値と今回の連続パルスについて設定されたパワーロック電圧設定値に対応する励起強度の補正データを前記記憶手段から読み出して、連続パルスの各パルスの励起強度が、読み出された補正励起強度となるように励起強度を制御するものである、

請求の範囲第１項記載のレーザ装置の出力制御装置。

４．　前記計時手段は、

発振パルスの間隔を計時し、該計時された発振パルス間隔が所定のしきい値以下であるか否かを判定することによって、連続パルス発振の継続中であるか、あるいは前記休止時間であるかを判断するものである請求の範囲第２項または請求

の範囲第３項記載のレーザ装置の出力制御装置。

５．　前記計時手段によって計時された休止時間が所定のしきい値以上である場合には、該所定のしきい値の大きさの休止時間に対応する励起強度のデータを使用して前記制御手段による制御を行う請求の範囲第２項または請求の範囲第３項記載のレーザ装置の出力制御装置。

６．　前記計時手段によって計時された休止時間が所定のしきい値以上である場合には、前記補正手段による補正は行わない請求の範囲第２項または請求の範囲第３項記載のレーザ装置の出力制御装置。

７．　前記補正手段は、前回までにすでに行われた所定の連続パルス発振時におけるパルスのエネルギー検出値と前記パルスエネルギー所望値との差の絶対値が所定のしきい値以上である場合のみに励起強度のデータの補正を行い、前記差の絶対値が前記しきい値よりも小さい場合には励起強度のデータの補正は行わない請求の範囲第２項または請求の範囲第３項記載のレーザ装置の出力制御装置。

８．　前記記憶手段には、前記励起強度のデータが、レーザガスを封入してからの経過時間、レーザガスを封入してからの累積パルス数、レーザガスの分圧、レーザガスの温度、放電電極の温度、レーザの繰返し周波数、レーザ装置の運転開始からの経過時間、パルスの発振間隔、レーザヘッドが交換されてからの累積パルス数、充電回路が交換されてからの累積パルス数、レーザウインドが交換されてからの累積パルス数および不純物ガスの濃度の所定の組合わせに応じて記憶されている請求の範囲第１項記載のレーザ装置の出力制御装置。

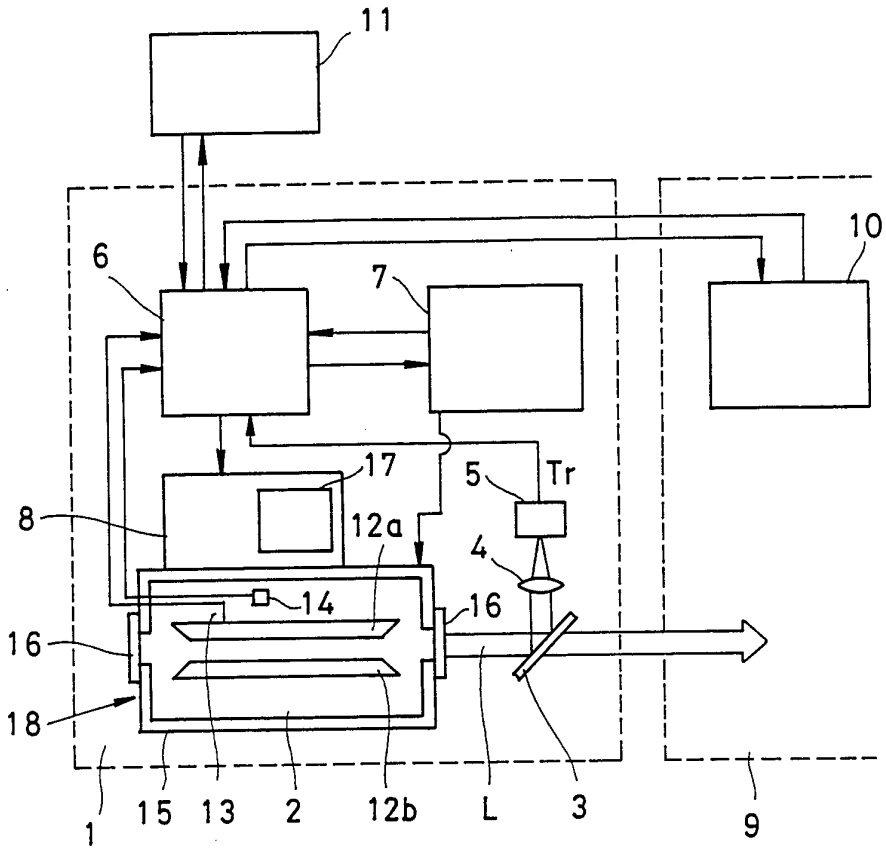


FIG.1

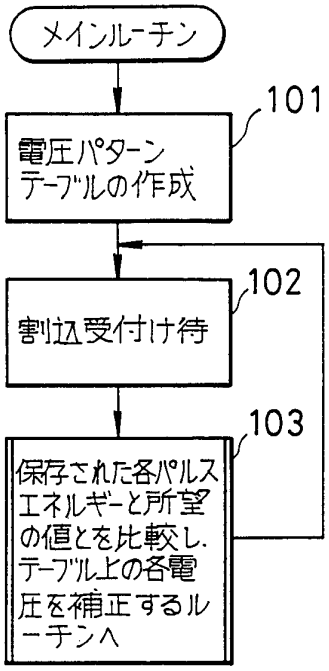


FIG.2(a)

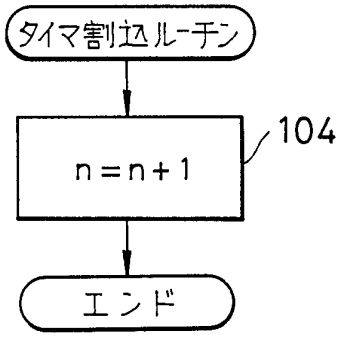


FIG.2(b)

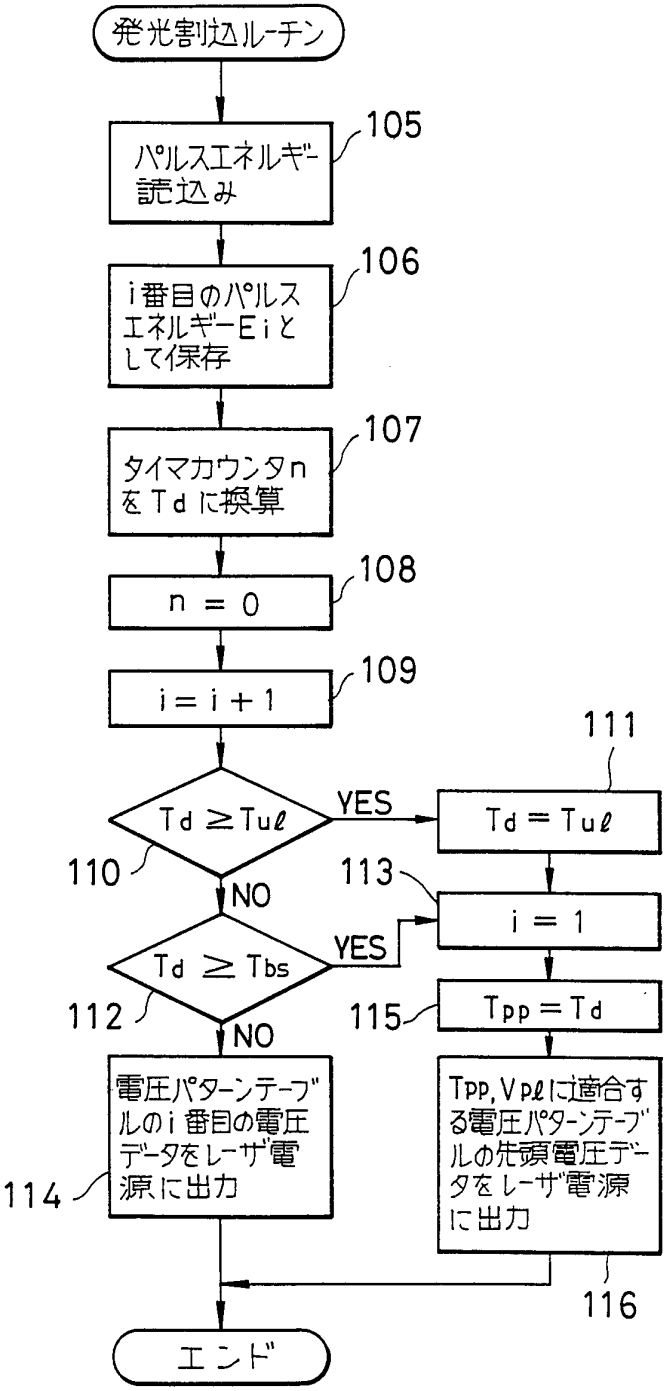


FIG.2(c)

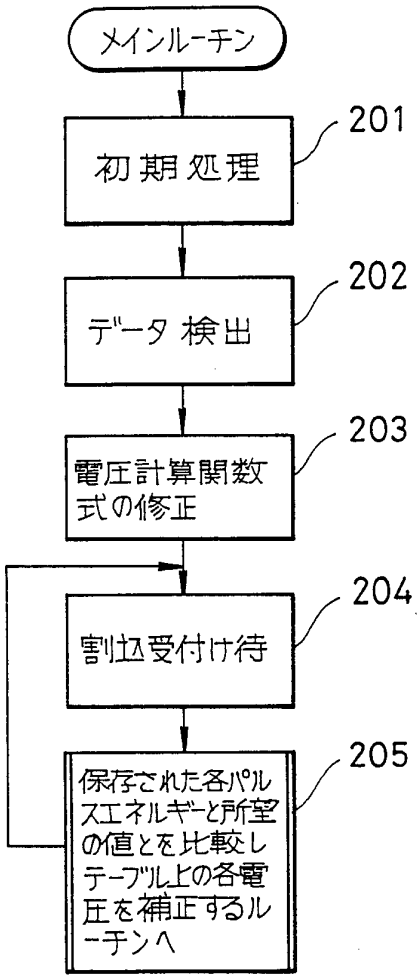

メインルーチン
初期処理
201
データ検出
202
電圧計算関数式の修正
203
割込受付け待
204
保存された各パルスエネルギーと所望の値とを比較しテーブル上の各電圧を補正するルーチンへ
205

FIG.3

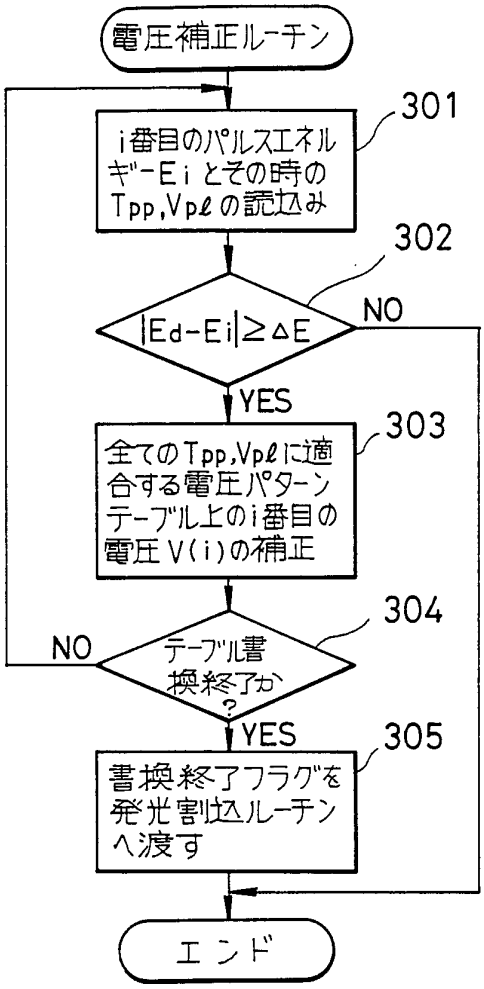

電圧補正ルーチン
301
i番目のパルスエネルギーEiとその時のTpp,Vplの読込み
302
|Ed-Ei|≧ΔE
NO
YES
303
全てのTpp,Vplに適合する電圧パターンテーブル上のi番目の電圧V(i)の補正
304
テーブル書換終了か?
NO
YES
305
書換終了フラグを発光割込ルーチンへ渡す
エンド

FIG.4

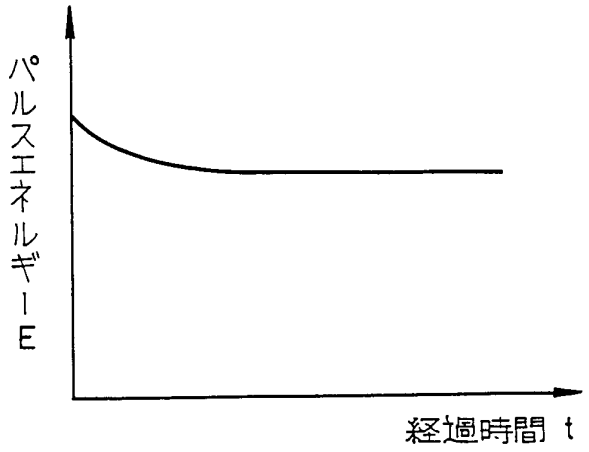


FIG.5

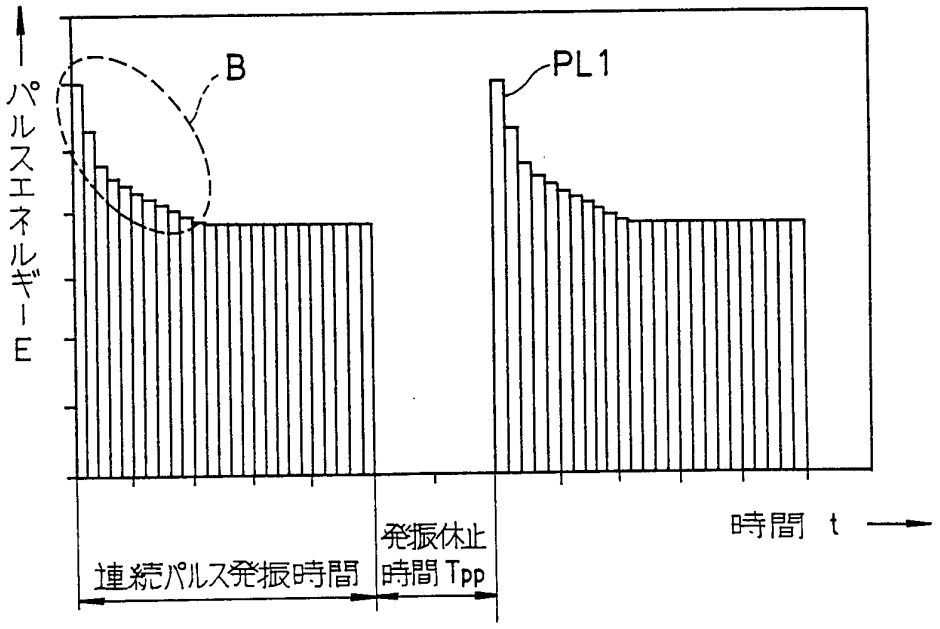


FIG.6

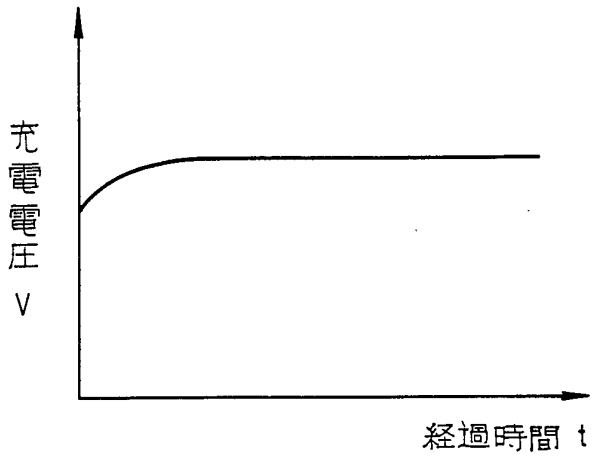
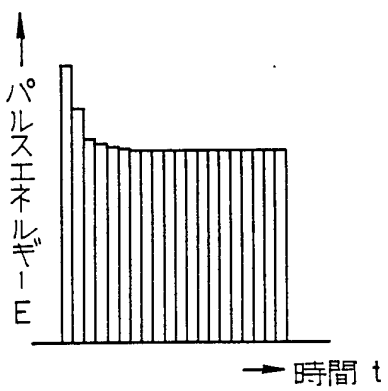
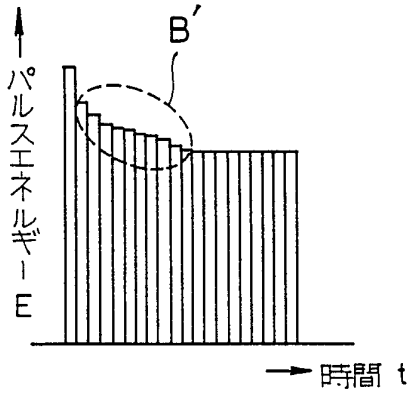


FIG.7



パワーロック電圧が小さい場合

FIG.8(a)



パワーロック電圧が大きい場合

FIG.8(b)

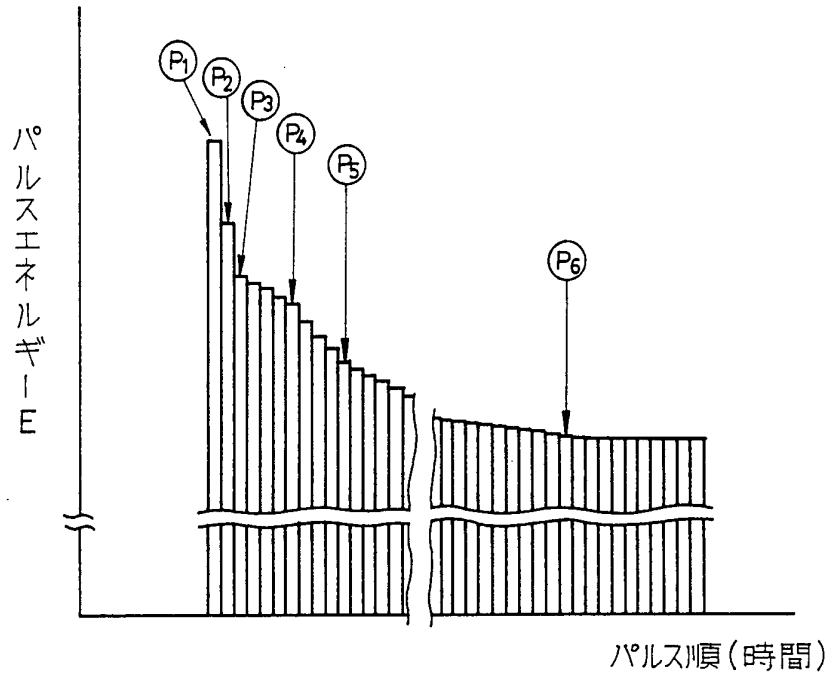

パルスエネルギーE
P1
P2
P3
P4
P5
P6
パルス順(時間)

FIG.9(a)

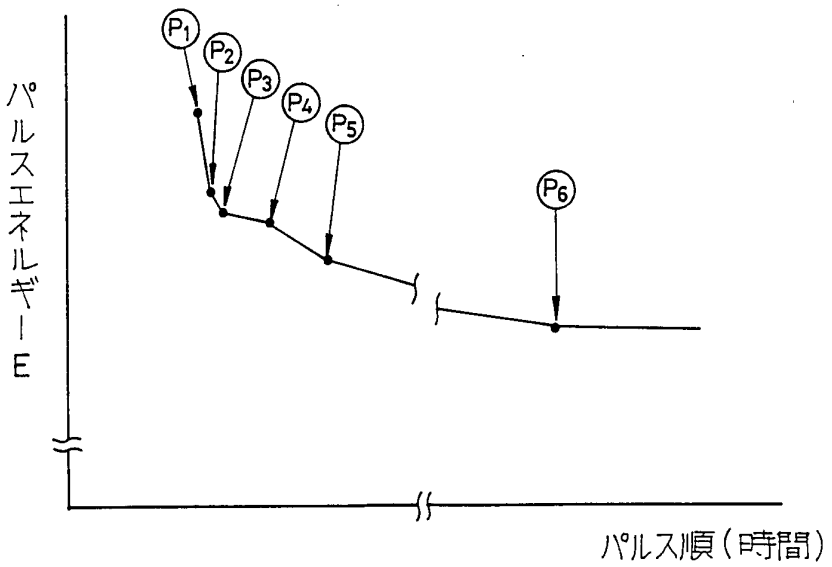

パルスエネルギーE
P1
P2
P3
P4
P5
P6
パルス順(時間)

FIG.9(b)

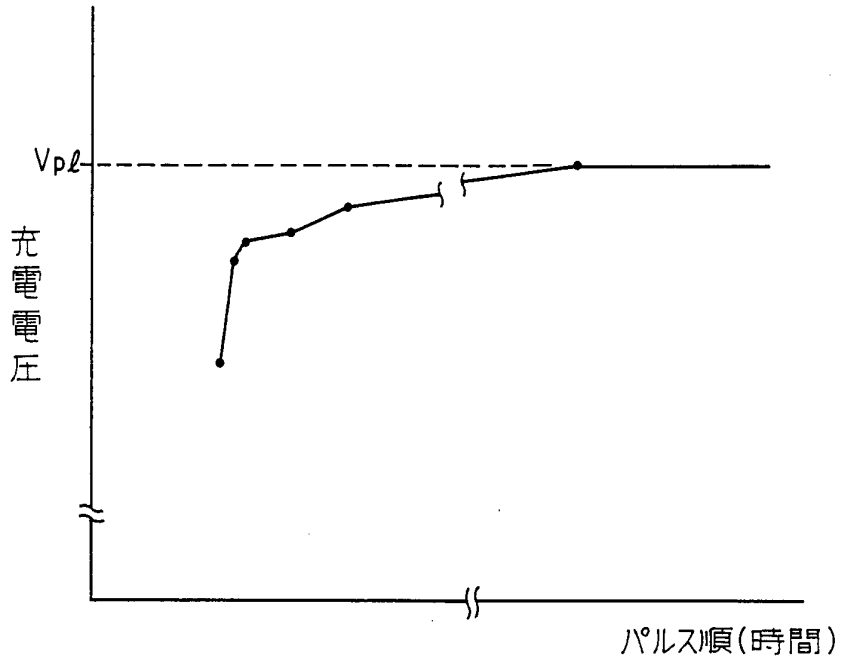


FIG.10(a)

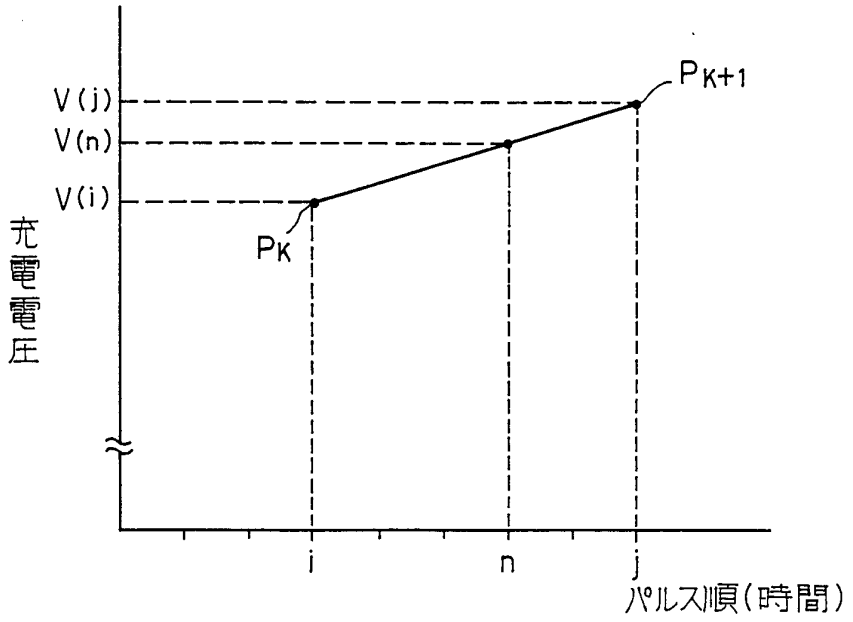


FIG.10 (b)

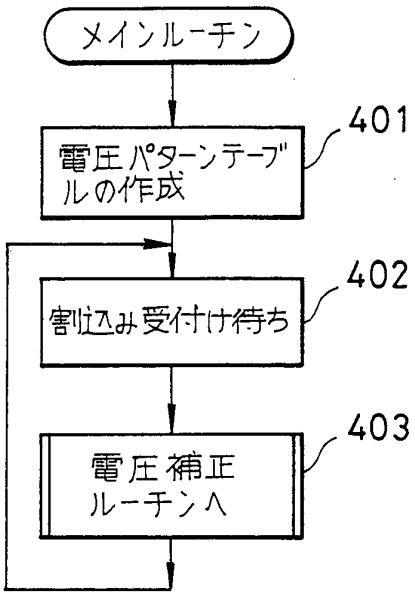


FIG.11(a)

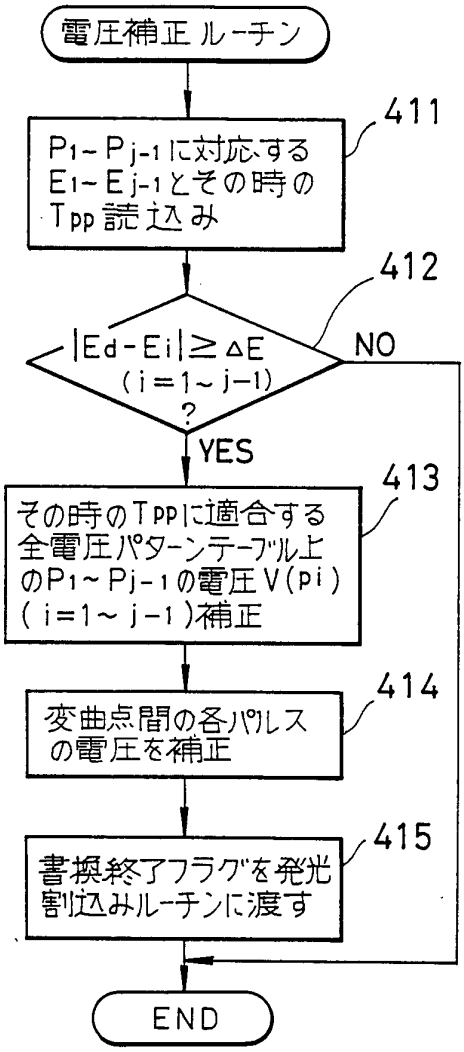


FIG.11(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP94/01601

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl^{6} H01S3/134

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl^{5} H01S3/134

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1993
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1993

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, A, 62-287680 (Mitsubishi Electric Corp.), December 14, 1987 (14. 12. 87), (Family: none)	1-8
A	JP, A, 61-160986 (Mitsubishi Electric Corp.), July 21, 1986 (21. 07. 86), (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
November 30, 1994 (30. 11. 94)	December 20, 1994 (20. 12. 94)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国 際 調 査 報 告

国際出願番号 PCT/JP 94/01601

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁶ H01S3/134

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. Cl⁶ H01S3/134

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926－1993年
日本国公開実用新案公報 1971－1993年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	JP, A, 62－287680（三菱電機株式会社）, 14. 12月. 1987（14. 12. 87）（ファミリーなし）	1－8
A	JP, A, 61－160986（三菱電機株式会社）, 21. 7月. 1986（21. 07. 86）（ファミリーなし）	1－8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
30. 11. 94

国際調査報告の発送日
20.12.94

名称及びあて先
日本国特許庁（ISA/JP）
郵便番号100
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）
山 本 一 正 印
4M 7454

電話番号 03－3581－1101 内線 3462