

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3823262号
(P3823262)

(45) 発行日 平成18年9月20日(2006.9.20)

(24) 登録日 平成18年7月7日(2006.7.7)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 S 5/024 (2006.01) HO 1 S 5/024
 HO 1 S 5/068 (2006.01) HO 1 S 5/068

請求項の数 3 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願平8-180016	(73) 特許権者	000220343
(22) 出願日	平成8年6月19日(1996.6.19)		株式会社トプコン
(65) 公開番号	特開平10-12976		東京都板橋区蓮沼町75番1号
(43) 公開日	平成10年1月16日(1998.1.16)	(74) 代理人	100089967
審査請求日	平成15年6月10日(2003.6.10)		弁理士 和泉 雄一
		(72) 発明者	大石 政裕
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
		(72) 発明者	大友 文夫
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
		(72) 発明者	小泉 浩
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー発振装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

出力レーザー光量を制御する制御部を備えるレーザー発振装置に形成されたペルチェ素子を駆動するためのペルチェドライブ部であって、前記ペルチェ素子に流れる電流を検出するための電流検出部と、該電流検出部の検出信号と前記制御部からの制御信号に基づき、パルス幅変調信号を出力するためのパルス幅変調部(PWM)と、このパルス幅変調部(PWM)のパルス幅変調信号に応じた電圧を発生させるためのスイッチングレギュレータ部と、前記制御部からの制御信号によりペルチェ素子に流れる電流の方向を切り替えるためのFETからなるHブリッジ部とを備え、このHブリッジ部は、PチャンネルFETにNチャンネルFETを並列に接続することで、PチャンネルFETの熱損失を抑えることを特徴とするレーザー発振装置。

10

【請求項2】

前記ペルチェ素子に流れる電流量が少ない場合に、NチャンネルFETに電流が流れることで、並列抵抗を下げ、PチャンネルFETの熱損失を抑える請求項1記載のレーザー発振装置。

【請求項3】

レーザー発振装置は、出力レーザー光量を検出するための光量検出部と、温度を検出するための温度検出部とを備え、制御部は、前記光量検出部と前記温度検出部との検出に基づいて、ペルチェドライブ部を制御する請求項1記載のレーザー発振装置。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザー等を使用したレーザー発振装置等に係わり、特に、低消費電力で動作させることのできるレーザー発振装置等に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から半導体レーザーを使用したレーザー発振装置が存在しており、多方面に応用されていた。

【0003】

昨今では、レーザー技術の飛躍的進歩により、商用電源を使用するレーザー発振装置のみならず、測量機等の様に、電池駆動により屋外で使用するレーザー発振装置も多用されている。

【0004】

ここで、従来のレーザー発振装置10000の具体例を図27に基づいて説明する。

【0005】

従来のレーザー発振装置10000は、レーザーヘッド1000と、レーザーダイオード(LD)ドライブ部2000と、ペルチェドライブ部3000と、非線形光学媒質(KTP)温度検出部4000と、アナログ制御部5000とから構成されている。

【0006】

レーザーヘッド1000は、励起用レーザーダイオード1100と、レーザー結晶(YVO₄)1200と、非線形光学媒質1300と、出力ミラー(OC)1400と、ペルチェ素子1500とから構成されている。

【0007】

励起用レーザーダイオード1100は、レーザー光を発生させるためのものであり、本従来例では、基本波を発生させるポンプ光発生装置として機能を有する。

【0008】

レーザー結晶(YVO₄)1200は、負温度の媒質であり、光の増幅を行うためのものである。このレーザー結晶(YVO₄)1200には、発振線が1064nmの(Nd:YVO₄)が採用されている。

【0009】

なおレーザー結晶1200は、(Nd:YVO₄)に限ることなく、Nd³⁺イオンをドープしたYAG(イットリウム アルミニウム ガーネット)等が採用することもできる。YAGは、946nm、1064nm、1319nm等の発振線を有している。更に、発振線が700~900nmの(Ti:Sapphire)等を使用することもできる。

【0010】

レーザー結晶(YVO₄)1200の励起用レーザーダイオード1100側には、第1の誘電体反射膜が形成されている。この第1の誘電体反射膜は、励起用レーザーダイオード1100に対して高透過であり、且つ、レーザー結晶(YVO₄)1200の発振波長に対して高反射であると共に、SHG(SECOND HARMONIC GENERATION)に対しても高反射となっている。

【0011】

出力ミラー(OC)1400は、第1の誘電体反射膜が形成されたレーザー結晶(YVO₄)1200に対向する様に構成されており、出力ミラー(OC)1400のレーザー結晶(YVO₄)1200側は、適宜の半径を有する凹面球面鏡の形状に加工されており、第2の誘電体反射膜が形成されている。この第2の誘電体反射膜は、レーザー結晶(YVO₄)1200の発振波長に対して高反射であり、SHG(SECOND HARMONIC GENERATION)に対して高透過となっている。

【0012】

以上の様に、レーザー結晶(YVO₄)1200の第1の誘電体反射膜と、出力ミラー(OC)1400とを組み合わせ、励起用レーザーダイオード1100からの光束をレーザ

10

20

30

40

50

一結晶(YVO₄)1200にポンピングすると、レーザー結晶(YVO₄)1200の第1の誘電体反射膜と、出力ミラー(OC)1400との間で光が往復し、光を長時間閉じ込めることができるので、光を共振させて増幅させることができる。

【0013】

そして本従来例では、レーザー結晶(YVO₄)1200の第1の誘電体反射膜と、出力ミラー(OC)1400とから構成された光共振器内に非線形光学媒質1300が挿入されている。

【0014】

ここで、非線形光学効果を簡潔に説明する。

【0015】

物質に電界が加わると電気分極が生じる。この電界が小さい場合には、分極は電界に比例するが、レーザー光の様に強力なコヒーレント光の場合には、電界と分極の間の比例関係が崩れ、電界の2乗、3乗に比例する非線形的な分極成分が卓越してくる。

【0016】

従って、非線形光学媒質1300中においては、光波によって発生する分極には、光波電界の2乗に比例する成分が含まれており、この非線形分極により、異なった周波数の光波間に結合が生じ、光周波数を2倍にする高調波が発生する。この第2次高調波発生(SHG)は、SECOND HARMONIC GENERATIONと呼ばれている。

【0017】

本従来例では、非線形光学媒質1300を、レーザー結晶(YVO₄)1200と出力ミラー(OC)1400とから構成された光共振器内に挿入されているので、内部型SHGと呼ばれており、変換出力は、基本波光電力の2乗に比例するので、光共振器内の大きな光強度を直接利用できるという効果がある。

【0018】

非線形光学媒質1300は、例えば、KTP(KTiOPO₄、リン酸チタニルカリウム)やBBO(-BaB₂O₄型ホウ酸リチウム)、LBO(LiB₃O₅、トリホウ酸リチウム)等が使用され、主に、1064nmから532nmに変換される。

【0019】

またKNbO₃(ニオブ酸カリウム)等も採用され、主に、946nmから473nmに変換される。

【0020】

以上の様に構成されたレーザー発振装置10000は、レーザーダイオード(LD)ドライブ部2000が、励起用レーザーダイオード1100を直流定電流駆動する。そして、非線形光学媒質(KTP)温度検出部4000の検出信号に基づき、アナログ制御部5000が、非線形光学媒質1300の温度が、レーザー共振器を調整した時の所定の温度となる様に、ペルチェドライブ部3000を制御する様に構成されている。ペルチェドライブ部3000は、ペルチェ素子1500を駆動して、非線形光学媒質1300の温度を、レーザー共振器を調整した時の所定の温度に保持する様になっている。

【0021】

なお、アナログ制御部5000の制御方法は、単純なアナログ制御方法である。

【0022】

そして、従来のレーザーダイオード(LD)ドライブ部2000は、図28に示す様に、トランジスタ2100と、このトランジスタ2100のベース(B)に接続された抵抗2200とから構成されている。

【0023】

トランジスタ2100は、電流増幅器としての機能を果たしており、アナログ制御部5000から印加される入力電圧をコントロールすることにより、コレクタ(C)電流を制御し、電源部6000から励起用レーザーダイオード1100に供給される電流をコントロールする様に構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

また、従来のペルチェドライブ部 3 0 0 0 は、図 2 9 に示す様に、NPN トランジスタ 3 1 0 0 と、PNP トランジスタ 3 2 0 0 と、抵抗 3 3 0 0 とから構成されている。

【 0 0 2 5 】

ペルチェドライブ部 3 0 0 0 は、正負 2 つの電源部 6 1 0 0、6 2 0 0 と、NPN トランジスタ 3 1 0 0 と PNP トランジスタ 3 2 0 0 とを利用し、ペルチェ素子 1 5 0 0 に流れる電流の方向と大きさを制御することができる。

【 0 0 2 6 】

そして、この従来のレーザー発振装置は、励起用レーザーと異なる波長のレーザーを発振させることができるという特徴を有している。

10

【 0 0 2 7 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、この従来のレーザー発振装置では、機器に組み込み電池駆動させる場合、消費電力が多く、使用時間が短く制限される傾向があるという問題点があった。

【 0 0 2 8 】

そこで、高能率でレーザー光を発振することができ、消費電力を低下させて、連続使用时间等を飛躍的に長期化させることのできるレーザー発振装置の出現が強く望まれていた。

【 0 0 2 9 】

ところが、従来のレーザー発振装置 1 0 0 0 0 では、レーザー共振器を調整した時の温度に保持する様に制御されるのみであり、周囲温度が調整時からずれると、非線形光学媒質 (KTP) の温度を、レーザー共振器を調整した時の温度に保持させるために、ペルチェドライブ部 3 0 0 0 は、ペルチェ素子 1 5 0 0 を駆動する。

20

【 0 0 3 0 】

周囲温度とレーザー共振器を調整した時の温度との温度差が大きくなるに従い、ペルチェ素子 1 5 0 0 に流れる電流も増大するという問題点があった。

【 0 0 3 1 】

このため、屋外等の広範囲の温度制御を必要とする環境下では、バッテリー駆動が困難となるという致命的な問題点があった。特に、測量機やレーザー機器等の携帯型機器に対して、従来のレーザー発振装置 1 0 0 0 0 を採用することは事実上、極めて困難であるという問題点があった。

30

【 0 0 3 2 】

また、レーザー共振器は、共振状態が経年変化し、初期調整時の温度とは異なる温度で効率よくグリーンレーザー光を発光する場合があります。このような場合には、上述のレーザー発振装置 1 0 0 0 0 では対応することができず、高効率なグリーンレーザー光を発生させることができないという問題点があった。

【 0 0 3 3 】

そして、上述のトランジスタ 2 1 0 0 を使用したレーザーダイオード (LD) ドライブ部 2 0 0 0 は、動作電流をあまり必要としない時、トランジスタ 2 1 0 0 が不飽和状態で動作しているため、トランジスタ 2 1 0 0 のコレクタ (C)、エミッタ (E) 間の電圧を V_{CE} とし、コレクタ (C) 電流を I_C とすれば、

40

【 0 0 3 4 】

$$P = V_{CE} * I_C$$

【 0 0 3 5 】

に相当する電力が、トランジスタ 2 1 0 0 から発熱し、無駄な消費電力となるという問題点があった。

【 0 0 3 6 】

また、上述のペルチェドライブ部 3 0 0 0 も、レーザーダイオード (LD) ドライブ部 2 0 0 0 と同様に、トランジスタ 3 1 0 0 又はトランジスタ 3 2 0 0 を不飽和状態で動作させているため、トランジスタ 3 1 0 0 又はトランジスタ 3 2 0 0 のコレクタ (C)、エミッタ (E) 間の電圧を V_{CE} とし、コレクタ (C) 電流を I_C とすれば、

50

【 0 0 3 7 】

$$P = V_{CE} * I_C$$

【 0 0 3 8 】

に相当する電力が、トランジスタ 3 1 0 0 及びトランジスタ 3 2 0 0 から発熱し、無駄な消費電力となるという問題点があった。

【 0 0 3 9 】

更に、ペルチェドライブ部 3 0 0 0 は、冷却、発熱用の 2 つの電源部 6 1 0 0、6 2 0 0 を必要とし、部品点数が増加してコスト高となる上、小型化ができないという問題点があった。

【 0 0 4 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、出力レーザ光量を制御する制御部を備えるレーザ発振装置に形成されたペルチェ素子を駆動するためのペルチェドライブ部であって、前記ペルチェ素子に流れる電流を検出するための電流検出部と、該電流検出部の検出信号と前記制御部からの制御信号に基づき、パルス幅変調信号を出力するためのパルス幅変調部 (P W M) と、このパルス幅変調部 (P W M) のパルス幅変調信号に応じた電圧を発生させるためのスイッチングレギュレータ部と、前記制御部からの制御信号によりペルチェ素子に流れる電流の方向を切り替えるための F E T からなる H ブリッジ部とを備え、この H ブリッジ部は、 P チャンネル F E T に N チャンネル F E T を並列に接続することで、 P チャンネル F E T の熱損失を抑えることを特徴としている。

【 0 0 4 1 】

また本発明は、前記ペルチェ素子に流れる電流量が少ない場合に、 N チャンネル F E T に電流が流れることで、並列抵抗を下げ、 P チャンネル F E T の熱損失を抑える構成にすることもできる。

【 0 0 4 2 】

そして本発明のレーザ発振装置には、出力レーザ光量を検出するための光量検出部と、温度を検出するための温度検出部とを備え、制御部は、前記光量検出部と前記温度検出部との検出に基づいて、ペルチェドライブ部を制御する構成にすることもできる。

【 0 0 5 1 】

【発明の実施の形態】

以上の様に構成された本発明は、出力レーザ光量を制御する制御部を備えるレーザ発振装置に形成されたペルチェ素子を駆動するためのペルチェドライブ部であり、電流検出部がペルチェ素子に流れる電流を検出し、パルス幅変調部 (P W M) が、電流検出部の検出信号と制御部からの制御信号に基づき、パルス幅変調信号を出力し、スイッチングレギュレータ部が、パルス幅変調部 (P W M) のパルス幅変調信号に応じた電圧を発生させ、 H ブリッジ部が、制御部からの制御信号によりペルチェ素子に流れる電流の方向を切り替える様になっており、この H ブリッジ部は、 P チャンネル F E T に N チャンネル F E T を並列に接続することで、 P チャンネル F E T の熱損失を抑えることができる。

【 0 0 5 2 】

また本発明は、ペルチェ素子に流れる電流量が少ない場合に、 N チャンネル F E T に電流が流れることで、並列抵抗を下げ、 P チャンネル F E T の熱損失を抑えることもできる。

【 0 0 5 3 】

そして本発明のレーザ発振装置は、光量検出部が出力レーザ光量を検出し、温度検出部が温度を検出する様になっており、制御部は、光量検出部と温度検出部との検出に基づいて、ペルチェドライブ部を制御することもできる。

【 0 0 6 2 】

【実施例】

【 0 0 6 3 】

本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

10

20

30

40

50

【0064】

図1は、本実施例のレーザー発振装置20000を示すもので、レーザー発振装置20000は、レーザーヘッド100と、レーザーダイオード(LD)電源部200と、ペルチェドライブ部300と、非線形光学媒質(KTP)温度検出部400と、レーザーヘッド内光量検出部500と、ファイバー端光量検出部600と、周囲温度検出部700と、制御部800とから構成されている。

【0065】

レーザーヘッド100は、励起用レーザーダイオード110と、LDパルスドライブ部111と、レーザー結晶(YVO4)120と、非線形光学媒質130と、出力ミラー(OC)140と、ペルチェ素子150と、第1のサーミスタ160と、第1のハーフミラー170と、集光レンズ180と、第1のフォトダイオード190とから構成されている。なお、LDパルスドライブ部111は、レーザーヘッド100と一体化されている。

10

【0066】

LDパルスドライブ部111が、励起用レーザーダイオード110をパルス発光させると、レーザー結晶(YVO4)120をポンピングすることができる。

【0067】

レーザー結晶(YVO4)120と出力ミラー(OC)140とが、レーザー共振器を構成しており、光が、レーザー結晶(YVO4)120と出力ミラー(OC)140との間を往復し、レーザー光が発生する。更に、レーザー結晶(YVO4)120と出力ミラー(OC)140との間には、非線形光学媒質(KTP)130が挿入されているので、第2次高調波を発生させ、グリーンレーザー光を発生させることができる。

20

【0068】

この発生したグリーンレーザー光は、第1のハーフミラー170で分割され、第1のハーフミラー170を透過した光は、集光レンズ180により、外部のファイバー900に集光される。

【0069】

なお、レーザーヘッド100は、第1のフォトダイオード190を除き、その他の構成、及び作用等は、前述の従来技術と同様であるから説明を省略する。

【0070】

レーザーダイオード(LD)電源部200は、レーザーヘッド100内に装備されたLDパルスドライブ部111に電力を供給するためのものである。

30

【0071】

ペルチェドライブ部300は、レーザーヘッド100内のペルチェ素子150を制御駆動するためのものである。

【0072】

非線形光学媒質(KTP)温度検出部400は、レーザーヘッド100内の第1のサーミスタ160の検出信号に基づき、非線形光学媒質(KTP)温度を検出するためのものである。

【0073】

レーザーヘッド内光量検出部500は、レーザーヘッド100内の第1のハーフミラー170で反射されたグリーンレーザー光を受光するための第1のフォトダイオード190の検出信号に基づき、レーザーヘッド100内で発生したグリーンレーザー光の光量を検出するためのものである。即ち、レーザーヘッド内光量検出部500は、第1のフォトダイオード190の検出信号を増幅等した後、A/D変換を施し、制御部800に送出する様に構成されており、レーザーヘッド100内の発光状態を監視することができる。なお、第1のフォトダイオード190は、内部光量検出手段に該当するものである。

40

【0074】

ファイバー端光量検出部600は、レーザーヘッド100から外部に引き出されたファイバー900に接続された第2のハーフミラー910で反射されたグリーンレーザー光を受光するための第2のフォトダイオード920の検出信号に基づき、ファイバー900内出

50

射端のグリーンレーザー光の光量を検出するためのものである。即ち、ファイバー端光量検出部600は、第2のフォトダイオード920の検出信号を増幅等した後、A/D変換を施し、制御部800に送出する様に構成されており、レーザー発振装置20000の出力を監視することができる。なお、第2のフォトダイオード920は、光量検出手段に該当するものである。

【0075】

なお、第2のーフミラー910を透過したグリーンレーザー光は、レーザー発振装置20000の外部に出力される。

【0076】

周囲温度検出部700は、周囲温度を計測するための第2のサーミスタ930の検出信号に基づき、周囲温度を検出するためのものである。即ち、周囲温度検出部700は、第2のサーミスタ930の検出信号を増幅等した後、A/D変換を施し、制御部800に送出する様に構成されている。

10

【0077】

制御部800は、CPUを含む演算処理手段から構成されており、ファイバー端光量検出部600からの検出データに基づき、グリーンレーザー光の光量が一定になる様に、レーザーダイオード(LD)電源部200を介してLDパルスドライブ部111を制御駆動し、励起用レーザーダイオード110に流れる電流をコントロールするものである。

【0078】

そして制御部800は、非線形光学媒質(KTP)温度検出部400からの検出データに基づき、ペルチェドライブ部300を制御することにより、ペルチェ素子150のペルチェ電流をコントロールし、非線形光学媒質(KTP)130の温度を制御することができる。

20

【0079】

従って、非線形光学媒質(KTP)130の温度変化による屈折率変化に起因するレーザー光出力の変動を防止することができる。

【0080】

また制御部800は、周囲温度検出部700からの検出データに基づき、その周囲温度付近で、所定のグリーンレーザー光の光量が得られる様に、フィードバック制御を行い、総合的な消費電力が最も少なくなる様に、非線形光学媒質(KTP)130の温度を制御することができる。

30

【0081】

更に制御部800は、各種の制御を行うと共に、レーザー発振装置20000の全体の制御も司っている。

【0082】

なおレーザー発振装置20000は、ファイバー900端のグリーンレーザー光量を検出し、ファイバー900端出力に所望の出力が得られる様にフィードバック制御を行う様になっている。このため、第2のフォトダイオード920の故障や、ケーブル等の断線等の異常が発生すると、ファイバー900端出力が増加する。

【0083】

この場合には、安全規格上では、グリーンレーザー光を消灯する必要があるが、第2のフォトダイオード920のみでグリーンレーザー光を検出している場合には、レーザーヘッド100が故障しているのか、第2のフォトダイオード920が故障しているか、判断する事はできない。

40

【0084】

本実施例では、レーザーヘッド内光量検出部500の第1のフォトダイオード190が存在しているので、レーザーヘッド100内の発光状況を監視することができる上、第2のフォトダイオード920の故障を判断することができる。

【0085】

即ち、第1のフォトダイオード190の出力があり、第2のフォトダイオード920に

50

出力がない場合には、グリーンレーザー光を消灯し、安全性の向上を図ることができる。

【0086】

次に、ペルチェドライブ部300を図2に基づいて詳細に説明する。

【0087】

ペルチェドライブ部300は、パルス幅変調部(PWM)310と、スイッチングレギュレータ部320と、電流検出部330と、Hブリッジ部340とから構成されている。

【0088】

パルス幅変調部(PWM)310は、制御部800と電流検出部330とからの信号に基づき、0~100%の任意のデューティ(DUTY)の繰り返しパルスが発生させ、スイッチングレギュレータ部320に出力するものである。

10

【0089】

ここで図3に基づいて、パルス幅変調部(PWM)310を詳細に説明する。パルス幅変調部(PWM)310は、D/A変換器311と、増幅器312と、三角波発生器313と、比較器314と、抵抗315と、コンデンサ316とから構成されている。

【0090】

制御部800からの制御信号は、D/A変換器311でDA変換され、電圧に変換される。この電圧と電流検出部330で検出された電流値は、増幅器312と抵抗315とコンデンサ316とから構成された積分回路に入力される。

【0091】

この積分回路は、D/A変換器311の出力電圧と、電流検出部330で検出された電流値が電圧に変換された値との差を積分し、出力された電圧は、三角波発生器313からの三角波と比較してパルス幅変調信号(PWM)となり、スイッチングレギュレータ部320に出力される様に構成されている。

20

【0092】

電流検出部330からの出力電圧が、D/A変換器311の出力電圧より小さい場合には、積分回路の出力は上昇する様に動作し、比較器314の出力デューティ(DUTY)が上昇し、スイッチングレギュレータ部320の出力電圧も上昇して、ペルチェ素子150のペルチェ電流も増加する。なお、積分回路の出力電圧は、D/A変換器311の出力電圧と、電流検出部330からの出力電圧とが等しくなるまで上昇する様になっている。

【0093】

次に図4に基づいて、スイッチングレギュレータ部320を詳細に説明する。

30

【0094】

スイッチングレギュレータ部320は、PチャンネルFET321と、ダイオード322と、コイル323と、コンデンサ324とから構成されている。

【0095】

スイッチングレギュレータ部320は、パルス幅変調部(PWM)310からの繰り返しパルスのデューティ(DUTY)に応じた電圧を出力するためのものである。

【0096】

パルス幅変調部(PWM)310からの出力は、PチャンネルFET321のゲート端子に入力され、PチャンネルFET321をONにする。電源部から供給された電流は、PチャンネルFET321とコイル323とを流れ、コンデンサ324に充電される。

40

【0097】

PチャンネルFET321がOFFの時間は、コイル323に蓄えられたエネルギーが、ダイオード322を流れてコイル323に蓄えられる。

【0098】

パルス幅変調部(PWM)310からの繰り返しパルスのデューティ(DUTY)により、コイル323に蓄えられる電圧を制御することができ、この電圧が、ペルチェ素子150を駆動する2次的な電源となる。

【0099】

そしてスイッチングレギュレータ部320の出力電圧は、ペルチェ素子150に流す電流

50

の方向を切り替える機能を有するHブリッジ部340を介して、ペルチェ素子150に供給される。

【0100】

なお、ペルチェ素子150に流す電流は、電流検出部330により検出され、パルス幅変調部(PWM)310にフィードバックされる。なお、制御部800にもAD変換された後、送出される様に構成されている。

【0101】

また、パルス幅変調部(PWM)310とスイッチングレギュレータ部320と電流検出部330とHブリッジ部340とは、ペルチェ素子150に対する定電流ループの負帰還を構成しており、制御部800が、その電流値を制御する様になっている。

10

【0102】

なお本実施例では、通常のトランジスタ等のスイッチ素子に限定することなく採用することができる。

【0103】

次に、Hブリッジ部340を説明する。

【0104】

Hブリッジ部340は、制御部800からの制御信号により、ペルチェ素子150に流す電流の方向を切り替え、非線形光学媒質(KTP)130に対して、単一電源で加熱・冷却動作を行うことができる。

【0105】

まず、従来のHブリッジ部を図6に基づいて説明する。

20

【0106】

従来のHブリッジ部は、第1のPチャンネルFET7100と、第2のPチャンネルFET7200と、第1のNチャンネルFET7300と、第2のNチャンネルFET7400とから構成されている。

【0107】

制御電圧のHIGH、LOWによって、図6の対角上に配置されたFETがONとなり、ペルチェ素子150に電流を供給する様に構成されている。

【0108】

しかしながら、このHブリッジを効率的に動作させるには、Hブリッジの電源には、制御電圧がLOWの場合に、PチャンネルFETを十分にONできるゲート・ソース電圧が得られるだけの電圧を必要とするという問題点があった。

30

【0109】

即ち、Hブリッジの電源電圧が小さい場合には、PチャンネルFETのゲートソース電圧が小さくなり、PチャンネルFETがONになりきらず、ON抵抗が大きい状態となってしまう。このため、PチャンネルFETでは熱損失が発生し、効率の悪いHブリッジとなるという問題点があった。

【0110】

次に図5に基づいて、本発明のHブリッジ部340を詳細に説明する。

【0111】

本実施例のHブリッジ部340は、図5に示す様に、第1のNチャンネルFET341と、第1のPチャンネルFET342と、第2のPチャンネルFET343と、第2のNチャンネルFET344と、第3のNチャンネルFET345と、第4のNチャンネルFET346と、インバータ347とから構成されている。

40

【0112】

制御部800の制御信号がHIGHの場合には、第1のNチャンネルFET341と、第1のPチャンネルFET342と、第4のNチャンネルFET346とが、ONとなり、ペルチェ素子150に流れる電流はaの方向となり、冷却動作となる。

【0113】

制御部800の制御信号がLOWの場合には、第2のPチャンネルFET343と、第2

50

のNチャンネルFET344と、第3のNチャンネルFET345とがONとなり、ペルチェ素子150に流れる電流はbの方向となり、加熱動作となる。

【0114】

ペルチェ素子150に流れる電流が少ない場合には、Hブリッジ部340の電源電圧は小さくなり、PチャンネルFETのON抵抗は大きくなるが、この時、PチャンネルFETに並列に接続されているNチャンネルFETがONとなり、並列抵抗値を下げるができる。

【0115】

そしてペルチェ素子150に流れる電流は、NチャンネルFET側に流れることになり、PチャンネルFETの熱損失が発生しないという効果がある。

10

【0117】

一方、ペルチェ素子150に流れる電流が大きい場合には、ペルチェ素子150で発生する電圧が大きくなり、PチャンネルFETに並列に接続されているNチャンネルFETのON抵抗が上昇してONになりきれない場合があるが、この時には、Hブリッジ部340の電源電圧も大きくなっており、PチャンネルFETのON抵抗値も小さくなって充分ONとなり、PチャンネルFETの熱損失が発生しないという効果がある。

【0118】

なお本実施例では、FETに限定することなく、通常のトランジスタ等のスイッチ素子を採用することができる。

【0119】

20

以上の様に構成された本実施例のHブリッジ部340は、入力電圧の大小に係わりなく、効率のよいHブリッジを構成することができる。

【0120】

そして、以上の様に構成されたペルチェドライブ部300は、スイッチングレギュレータ部320やHブリッジ部340が、飽和領域或いは、遮断領域を使用するために、制御素子の発熱が殆どなく、発熱による無駄な電力を消費しないという効果がある。

【0121】

従って、電源の電力を効率よくペルチェ素子150に加えることができ、消費電力を減少させることができる。

【0122】

30

なお、本実施例のスイッチングレギュレータ部320は、降圧型であるが、降圧型に限ることなく、昇圧型を採用することもできる。

【0123】

次に図7に基づいて、レーザーダイオード(LD)電源部200について詳細に説明する。なお、レーザーダイオード(LD)電源部200とLDパルスドライブ部111とが、レーザーダイオード駆動手段に該当するものである。

【0124】

レーザーダイオード(LD)電源部200は、パルス幅変調部(PWM)210と、スイッチングレギュレータ部220と、電流検出部230とから構成されている。

【0125】

40

パルス幅変調部(PWM)210は、制御部800と電流検出部230とからの信号に基づき、0~100%の任意のデューティ(DUTY)の繰り返しパルスが発生させ、スイッチングレギュレータ部220に出力するものである。

【0126】

ここで図8に基づいて、パルス幅変調部(PWM)210を詳細に説明する。パルス幅変調部(PWM)210は、D/A変換器211と、増幅器212と、三角波発生器213と、比較器214と、抵抗215と、アナログスイッチ216と、コンデンサ217と、ロジック回路218とから構成されている。

【0127】

制御部800からの制御信号は、D/A変換器211でDA変換され、電圧に変換される

50

。この電圧と電流検出部 230 で検出された電流値は、増幅器 212 と抵抗 315 とコンデンサ 317 とから構成された積分回路に入力される。

【0128】

この積分回路は、D/A変換器 211 の出力電圧と、電流検出部 230 で検出された電流値が電圧に変換された値との差を積分し、出力された電圧は、三角波発生器 213 からの三角波と比較してパルス幅変調信号 (PWM) となり、スイッチングレギュレータ部 220 に出力される様に構成されている。

【0129】

電流検出部 230 からの出力電圧が、D/A変換器 211 の出力電圧より小さい場合には、積分回路の出力は上昇する様に動作し、比較器 214 の出力デューティ (DUTY) が上昇し、スイッチングレギュレータ部 220 の出力電圧も上昇して、励起用レーザーダイオード 110 の電流も増加する。なお、積分回路の出力電圧は、D/A変換器 211 の出力電圧と、電流検出部 230 からの出力電圧とが等しくなるまで上昇する様になっている。

10

【0130】

アナログスイッチ 216 とロジック回路 218 は、グリーンレーザー光を点滅する時に、回路をホールド状態にするためのものであり、制御部 800 から制御される。

【0131】

次に図 9 に基づいて、スイッチングレギュレータ部 220 を詳細に説明する。

【0132】

スイッチングレギュレータ部 220 は、Pチャンネル FET 221 と、ダイオード 222 と、コイル 223 と、コンデンサ 224 とから構成されている。

20

【0133】

スイッチングレギュレータ部 220 は、パルス幅変調部 (PWM) 210 からの繰り返しパルスのデューティ (DUTY) に応じた電圧を出力するためのものである。

【0134】

なお、スイッチングレギュレータ部 220 の構成及び動作は、ペルチェドライブ部 300 のスイッチングレギュレータ部 320 と同様であるから、説明を省略する。

【0135】

スイッチングレギュレータ部 220 の出力電圧は、レーザーヘッド 100 内に装備された LD パルスドライブ部 111 に供給する。LD パルスドライブ部 111 は、タイミング発生部 240 からの LD パルスドライブタイミング信号により、励起用レーザーダイオード 110 をパルスドライブする。

30

【0136】

電流検出部 230 は、励起用レーザーダイオード 110 に流れる電流を検出し、パルス幅変調部 (PWM) 210 へ出力してフィードバック制御を実行すると共に、制御部 800 にも出力される。

【0137】

また、パルス幅変調部 (PWM) 210 とスイッチングレギュレータ部 220 と電流検出部 230 と励起用レーザーダイオード 110 とが、定電流ループの負帰還を構成しており、制御部 800 が、その電流値を制御する様になっている。

40

【0138】

ここで図 10 に基づいて、LD パルスドライブ部 111 を詳細に説明する。

【0139】

LD パルスドライブ部 111 は、コンデンサ 111a と、バッファ 111b と、FET 111c と、抵抗 111d とから構成されている。

【0140】

本実施例では FET が採用されているが、何れのスイッチ素子を採用することができる。

【0141】

コンデンサ 111a は、スイッチングレギュレータ部 220 からの電圧で充電されており

50

、励起用レーザーダイオード 110 へパルス電流を供給する 2 次電源の機能を有する。

【0142】

タイミング発生部 240 からの信号は、バッファ 111b を介して FET 111c のゲート端子に入力され、励起用レーザーダイオード 110 へパルス電流を供給する様になっている。

【0143】

なお、LD パルスドライブ部 111 は、レーザーヘッド 100 内に配置されているので、コンデンサ 111a とバッファ 111b と FET 111c と抵抗 111d とを流れるパルス電流の回路配線長 C を短くすることができる。このため、回路のインダクタンス成分を小さくすることができ、励起用レーザーダイオード 110 を高速でパルス変調することができるとい

10

【0144】

同時に、レーザーヘッド 100 外部に対して、ノイズ発生を抑えることができるという効果がある。

【0145】

以上の様に構成されたレーザーダイオード (LD) 電源部 200 は、スイッチングレギュレータ部 220 等の電流を制御する部分が、飽和領域或いは、遮断領域を使用するために、制御素子の発熱が殆どなく、発熱による無駄な電力を消費しないという効果がある。

【0146】

従って、電源の電力を効率よく励起用レーザーダイオード 110 に加えることができ、消費電力を減少させることができる。

20

【0147】

なお、本実施例のスイッチングレギュレータ部 220 は、降圧型であるが、降圧型に限ることなく、昇圧型を採用することもできる。

【0148】

またレーザーダイオード (LD) 電源部 200 等の電氣的構成の内、ベルチェドライブ部 300 の構成と同一の部分の構成及び動作は同様であるから、説明を省略する。

【0149】

ファイバー端光量検出部 600 を図 11 及び図 12 に基づいて詳細に説明する。図 11 はファイバー端光量検出部 600 の電氣的構成を説明したもので、ファイバー端光量検出部 600 は、コイル 610 と、第 1 のアナログスイッチ 620 と、第 2 のアナログスイッチ 630 と、第 1 のコンデンサ 640 と、第 2 のコンデンサ 650 と、差動増幅器 660 と、インバータ 670 とから構成されている。

30

【0150】

励起用レーザーダイオード 110 がドライブされると、光共振器よりパルス状のグリーンレーザー光がファイバー 900 の端部より出力される。

【0151】

ファイバー 900 の端部からの出力光は、第 2 のハーフミラー 910 で一部反射され、第 2 のフォトダイオード 920 に入力される。第 2 のフォトダイオード 920 は、レーザー発振装置 20000 の外部への出力位置にあるため、ファイバーからのグリーンレーザー光以外の太陽光等の外光が入射される。

40

【0152】

そこで、第 2 のフォトダイオード 920 からの出力電流は、コイル 610 に流される。コイル 610 は、パルス状のグリーンレーザー光に対しては、インピーダンスが大きくなり、大きな電圧が発生するが、太陽光等の DC 光に対しては、インピーダンスが小さくなり、小さな電圧しか発生しない。従って、外光による影響は、コイル 610 を第 2 のフォトダイオード 920 の負荷にすることにより除去することができる。

【0153】

レーザーダイオード (LD) 電源部 200 のタイミング発生部 240 から、図 12 (c)

50

に示す様な励起用パルス信号が発生すると、図12(d)及び図12(e)に示す励起用パルス信号に同期したデューティ(DUTY)50%の信号が、第1のアナログスイッチ620と第2のアナログスイッチ630とに供給される。従って、グリーンレーザー光の発光タイミングに同期して、第1のアナログスイッチ620と第2のアナログスイッチ630とが、交互にON、OFFされることになる。

【0154】

即ち、第1のアナログスイッチ620が、常にグリーンレーザー光が発光している時にONとなり、第2のアナログスイッチ630は、常にグリーンレーザー光が発光していない時にONとなる様になっており、第1のアナログスイッチ620に接続されている第1のコンデンサ640には、図12(f)に示す様に、外光とグリーンレーザー光による第2

10

【0155】

一方、第2のアナログスイッチ630に接続されている第2のコンデンサ650には、図12(g)に示す様に、外光のみによる第2のフォトダイオード920の電流が充電されることになる。

【0156】

第1のアナログスイッチ620と第2のアナログスイッチ630のONの時間は、共に、デューティ(DUTY)50%の信号であり、外光の入力量は等しくなっているため、差動増幅器660で増幅することにより、外光を除去し、図12(h)に示す様に、グリーンレーザー光のみを増幅抽出することができる。

20

【0157】

差動増幅器660の出力信号は制御部800に送出され、制御部800は、差動増幅器660の出力信号が一定となる様に、LDパルスドライブ部111を制御する。

【0158】

以上の様に構成されたファイバー端光量検出部600は、ファイバー900の端部の出力光量を計測して制御するので、太陽光等の外光に影響されることなく、安定したレーザー出力を得ることができる。

【0159】

次に本実施例の温度制御方式について説明する。

【0160】

レーザー共振器内部の非線形光学媒質(KTP)130は、温度変化により屈折率が変化する。従って、レーザー発振装置20000の出力光量も変化するようになる。

30

【0161】

図13は、励起用レーザーダイオード110の消費電流を一定とした場合の、温度変化とレーザー出力との関係を示したものである。横軸が非線形光学媒質(KTP)130の温度を表し、0から35までの範囲を示している。縦軸は、レーザー発振装置20000の出力を示している。

【0162】

非線形光学媒質(KTP)130の温度と、レーザー発振装置20000の出力とは、線形等の関係は存在せず、複数のピークを有する変化を伴っている。

40

【0163】

そして図14は、レーザー発振装置20000の出力を一定とした場合の、温度変化と励起用レーザーダイオード110の消費電力との関係を示したものである。横軸が非線形光学媒質(KTP)130の温度を表し、縦軸は、励起用レーザーダイオード110の消費電力を示している。

【0164】

非線形光学媒質(KTP)130の温度と、励起用レーザーダイオード110の消費電力とは、線形等の関係は存在せず、複数のピークを有する変化を伴っている。

【0165】

更に図15は、温度変化と、ペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段の消費電

50

力との関係を示すものである。横軸が非線形光学媒質（KTP）130の温度を表し、縦軸は、ペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段の消費電力を示している。

【0166】

ペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段は、最も消費電力が低い温度が存在し、この温度から外れた状態となると消費電力が増大して行くことが判る。なお、図15は周囲温度をa度とし、励起用レーザーダイオード110の発熱による非線形光学媒質（KTP）130の温度上昇をTとして描いている。周囲温度が変化すれば、図15のグラフは横方向にシフトする。

【0167】

そして図16は、図14の励起用レーザーダイオード110の消費電力と、図15のペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段の消費電力とを加え、合計した消費電力を示した図である。

10

【0168】

図16は、図14の励起用レーザーダイオード110の消費電力と、図15のペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段の消費電力とを加えたものであるから、この図を観察すると、図14の励起用レーザーダイオード110の消費電力が少ない温度でも、図15のペルチェドライブ部300を利用した温度制御手段の消費電力が多くなると、必ずしも最小の消費電力とは言えず、これらの消費電力を加算した値が最も少ない温度で動作させることが望ましいこととなる。

【0169】

以上の様に構成された本実施例の動作を図17に基づいて説明する。

20

【0170】

まず、ステップ1（以下、S1と略する）で、本実施例のレーザー装置20000の電源を投入し、スタートさせる。S1では、レーザーダイオード（LD）電源部200が、LDパルスドライブ部111を制御して励起用レーザーダイオード110を発光させ、レーザー発振装置20000に対してポンピングする様になっている。この結果、光共振器であるレーザー発振装置20000から、グリーンレーザー光が射出される。

【0171】

次にS2では、制御部800が、周囲温度検出部700からの周囲温度データを入力する。

30

【0172】

そしてS3では、制御部800は測定された周囲温度から、励起ダイオードの発熱による非線形光学媒質（KTP）130の温度上昇Tを加味し加熱、冷却する温度差（±S）を設定する。本実施例では、±Sを±7に設定されており、周囲温度が16の場合には、 $T = 4$ とすれば非線形光学媒質（KTP）130を20 ± 7である13から27まで、加熱又は冷却する様に構成されている。

【0173】

次にS4では、レーザー発振装置20000をオートパワーコントロールを掛けながら駆動する。即ち、制御部800が、ファイバー端光量検出部600の検出信号に基づいて、レーザーダイオード（LD）電源部200が、LDパルスドライブ部111を制御して励起用レーザーダイオード110を駆動し、レーザー発振装置20000から、一定の光強度でグリーンレーザー光が射出される様に制御する。

40

【0174】

そしてS5では、一定の光強度でグリーンレーザー光が射出される状態を維持しながら、ペルチェドライブ部300が、ペルチェ素子150を制御駆動して、非線形光学媒質（KTP）130の温度を±Sの範囲で変化させる様になっている。更に、制御部800は、レーザーダイオード（LD）電源部200から励起用レーザーダイオード110の消費電力及び、ペルチェドライブ部300からペルチェ素子150の消費電力を計測する様になっている。

【0175】

50

即ち、励起用レーザーダイオード 110 の消費電力と、ペルチェ素子 150 の消費電力とを計測し、非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度と、励起用レーザーダイオード 110 の消費電力と、ペルチェ素子 150 の消費電力との関係を測定する。

【0176】

ここで、レーザー光源 100 の消費電力を W_1 とし、温度制御部 700 の消費電力を W_2 とする。

【0177】

次に S6 では、本実施例のレーザー発振装置 20000 の最小消費電力を検索する。

【0178】

即ち、 $W = W_1 + W_2$

10

【0179】

を制御部 800 が演算し、 W の最も小さくなる非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を決定する。ここで、 W の最も小さくなる非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を X とする。

【0180】

そして S7 では、新たに、 X から加熱、冷却する温度差 ($\pm T$) を設定する。本実施例では、 $\pm T$ を ± 2 に設定されており、 X が 19 の場合には、非線形光学媒質 400 を 19 ± 2 である 17 から 21 まで、加熱又は冷却している。

【0181】

更に S8 では、レーザー発振装置 20000 をオートパワーコントロールを掛けながら続 20
行して駆動し、S9 では、一定の光強度でグリーンレーザー光が射出される状態を維持しながら、制御部 800 が、ペルチェドライブ部 300 を制御駆動して、非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を $\pm T$ の範囲で変化させる様になっている。更に、制御部 800 は、レーザーダイオード (LD) 電源部 200 から励起用レーザーダイオード 110 の消費電力及び、ペルチェドライブ部 300 からペルチェ素子 150 の消費電力を計測する様になっている。

【0182】

即ち、励起用レーザーダイオード 110 の消費電力と、ペルチェ素子 150 の消費電力とを計測し、非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度と、励起用レーザーダイオード 110 の消費電力と、ペルチェ素子 150 の消費電力との関係を測定する。

30

【0183】

ここで、レーザー光源 100 の消費電力を W_1 とし、温度制御部 700 の消費電力を W_2 とする。

【0184】

次に S10 では、本実施例のレーザー装置 20000 の最小消費電力を検索する。

【0185】

即ち、 $W = W_1 + W_2$

【0186】

を制御部 800 が演算し、 W の最も小さくなる非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を決定する。ここで、 W の最も小さくなる非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を Y と 40
する。

【0187】

この Y を、持続して演算すれば、レーザー装置 20000 の最小消費電力の温度が時間的な経過と共に変動しても、最小な消費電力となる非線形光学媒質 (KTP) 130 の温度を追跡して決定することができる。

【0188】

従って S11 で、 Y を持続して求め、非線形光学媒質 (KTP) 130 を Y となる様に、ペルチェドライブ部 300 がペルチェ素子 150 を制御すれば、レーザー装置 20000 の消費電力を最小値となる様に維持することができる。

【0189】

50

なお、 $\pm S$ 、及び $\pm T$ は、適宜決定することができる。そして、本実施例は、温度検索範囲を絞りこんで行くので、検索時間を最小にすることができる。即ち、 $\pm S$ の範囲では、高速に大まかな測定を行い、次に、 $\pm T$ の範囲で、低速に細かな検索を行う様に構成されている。また、広い温度範囲を高速に測定しようとしても、非線形光学媒質(KTP)130の温度が均一にならないので、精密な測定が行えない点に注意する必要がある。更に、 $\pm S$ 、及び $\pm T$ の2段階に限ることなく、複数回の段階で処理してもよい。

【0190】

次に、本実施例のグリーンレーザー光の発光方法について説明する。

【0191】

まず、レーザーヘッド100内のレーザー共振器について説明する。図18(a)、図18(b)、図18(c)は、ゲインスイッチを示す模式図であり、図18(a)は、時間と励起強度の関係を示す図であり、図18(b)は、時間と光強度の関係を示す図であり、図18(c)は時間と反転分布の関係を示すものである。

【0192】

これらの図を観察すると、一定の励起時間の後、最大の光強度が生じることが理解される。

【0193】

次に、反転分布と光強度の関係をそれぞれ分離して表示したものが、図19である。励起用レーザーダイオード110に対して、連続波の駆動電力を供給すれば、ファーストパルスに対応して最大の光強度が生じ、その後、光強度が低下し、一定の光強度に収束するから、光の取り出しが最も効率的である。従って、ファーストパルスのみ使用することにする。

【0194】

更に図20(a)と図20(b)により、励起用レーザーダイオード110に対して、連続パルスの駆動電力を供給した場合を説明する。

【0195】

図20(a)は、励起用レーザーダイオード110に対する供給連続パルスの周期 T が、 $T_{FL} < T$ の関係の場合である。ここで T_{FL} は蛍光寿命であり、 T はパルス幅である。

【0196】

これに対して、図20(b)は、励起用レーザーダイオード110に対する供給連続パルスの周期 T が、 $T_{FL} > T$ の関係の場合である。

【0197】

図20(b)を見れば、 T_{FL} (蛍光寿命)の間に、次のパルスを半導体レーザーに印加することにより、残留した反転分布に新たな反転分布を加え、効果的に最大の光強度を有する光のみを連続して発生させることができる事が理解される。

【0198】

次に、図21(a)から図21(d)に基づいて、励起用レーザーダイオード110の出力と、非線形光学媒質(KTP)130を挿入した場合の出力との関係を説明する。

【0199】

図21(a)は、励起用レーザーダイオード110の消費電流と、励起用レーザーダイオード110の出力との関係を示すものであり、オフセット電流以降は、リニアな関係を有している。

【0200】

図21(b)は、励起用レーザーダイオード110の出力と、光共振器内の基本波の出力との関係を示すものであり、オフセット以降は、リニアな関係を有している。

【0201】

図21(c)は非線形光学媒質を挿入した場合の、光共振器内の基本波の出力と、第2高調波(SHG)出力との関係を示すものであり、第2高調波(SHG)出力は、光共振器内の基本波の出力の2乗に比例することが理解される。

10

20

30

40

50

【0202】

従って、半導体レーザーの消費電流と第2高調波(SHG)出力との関係は、図21(d)に示される様に、2乗に比例することになる。

【0203】

従って、光共振器内に非線形光学媒質を挿入し、LDパルスドライブ部111が、励起用レーザーダイオード110の半導体レーザーを、 τ_{FL} (蛍光寿命)内に、次の駆動パルスが印加される様に駆動すれば、図22に示す様に高能率にレーザーを発振させることができる。

【0204】

即ち図22は、パルス幅、パルスピーク電流 I_p 、パルス周期 T により、励起用レーザーダイオード110を駆動すれば、光パルス幅、光パルスピーク出力 P_{SH}^p のレーザー光が生じることになる。 10

【0205】

なお励起用レーザーダイオード110の駆動を直流電流で実施した場合(但し、平均パルス出力 P_{SH}^{av} と同じ連続出力 P_{SH}^{cw} を生じる場合)には、駆動電流を I_{cw} とすれば、励起用レーザーダイオード110の消費電流と第2高調波(SHG)出力との関係は、2乗に比例するので、光パルスピーク出力 P_{SH}^p より小さい出力である連続光出力 P_{SH}^{cw} のレーザー光しか生じない。

【0206】

更に、パルス駆動の場合には、動作が間欠的であるから、平均値で連続動作と比較することにする。パルス駆動の場合の平均パルス電流は I_{av} となり、連続動作電流を I_{cw} より小さくなる。 20

【0207】

これは、同じレーザー光量を得るのに必要な消費電力が少なくすむと共に、励起用レーザーダイオード110による発熱も少なくなり、ペルチェ素子150に流れる電流も少なくなるという効果がある。

【0208】

以上の点に鑑み、本実施例の励起用レーザーダイオード110のパルス駆動は、ファーストパルスが充分発光した時点で駆動を中断し、 τ_{FL} (蛍光寿命)内に次のパルス駆動を行う様に、レーザーダイオード(LD)電源部200内のタイミング発生部240を設定している。 30

【0209】

また本実施例では、点滅動作が可能となっている。

【0210】

図8に基づいて、その動作を詳細に説明する。

【0211】

グリーンレーザー光を消灯させる場合には、制御部800よりアナログスイッチ216がOFFされ、ロジック回路218により比較器214の出力信号が禁止状態となり、更に、タイミング発生部240のタイミング信号が禁止される。そして、励起用レーザーダイオード110の電流ループがホールド状態となる。励起用レーザーダイオード110が消灯状態のため、スイッチングレギュレータ部220のコンデンサ224への電荷の消費がなくなるが、同時に比較器214の出直信号が禁止状態となり、スイッチングレギュレータ部220のコンデンサ224への電荷の充電も行われなくなり、励起用レーザーダイオード110を消灯している間も、励起用レーザーダイオード110を点灯している場合と同じ状態を保持できる様になっている。制御部800は、この間、グリーンレーザー光のフィードバックを中断する。 40

【0212】

次の励起用レーザーダイオード110の点灯時には、制御部800によりアナログスイッチ216がONされ、ロジック回路218により比較器214の出力信号の禁止状態が解除され、励起用レーザーダイオード110の電流ループが定電流ループを再開し、制御部 50

800はグリーンレーザ - 光のフィードバックを再開する。

【0213】

以上の様に、パルス幅変調部 (P W M) 210内のホールド機能により点滅動作をしていても、消灯時間の大小に係わりなく、安定したグリーンレーザ光のフィードバックを掛けることができ、安定したグリーンレーザ光を出力することができる。

【0214】

本実施例の点滅発光例を図23に基づいて説明する。

【0215】

数100KHzのパルス光を60Hz程度の繰り返し周波数で、デューティ (D U T Y) 30%で点滅動作を行ったものである。

10

【0216】

この場合、人間の眼には連続した直流発光と感じられ、明るさは点滅動作を行わない時の約30%の明るさに感じられる。

【0217】

グリーンレーザ光の光量を調整する場合には、励起用レーザダイオード110の消費電流に対して、第2高調波であるグリーンレーザ光の光出力が、励起用レーザダイオード110の消費電流の2乗に比例する事から、励起用レーザダイオード110の駆動電流のピーク電流値を下げるよりも少ない電流で済み、低消費電力化することができるという効果がある。

【0218】

なお、点滅の繰り返し周波数は60Hz程度に限るものではなく、人間の眼の応答時間よりも早い繰り返し周波数であれば、何れの周波数でもよい。

20

【0219】

また、点滅のデューティ (D U T Y) を可変する事により、任意に減光することができることは言うまでもない。

【0220】

本実施例の他の点滅発光例を図24に基づいて説明する。

【0221】

数100KHzのパルス光を7Hzの繰り返し周波数で、デューティ (D U T Y) 30%で点滅動作を行ったものである。

30

【0222】

人間の眼の特性として、眼に光が入射した後、50~120msec付近で感度のピークが生じ、その後、次第に感度が減少し、一定値に漸近することが知られている。

【0223】

つまり、光パルスの発光時間を、人間の眼に光が入射してから明るさの感じかたが最高となる時間と略一致させる様に構成し、消灯時間を、人間の眼に光が入射して明るさを感じた後、眼の感度が最大感度に復帰する時間程度に構成することにより、人間の眼に効果的に刺激を与えることができる。

【0224】

実験によれば、パルスによる駆動と点滅動作の組み合わせで、最も認識できる点滅は6Hz~15Hzであることが得られている。なお、ちらつき光の周波数が10Hz程度の場合にピークの明るさが強調されて感じられる現象をパートレー効果と呼んでおり、ブリュッケ・パートレー (B r u c k e - B a r t l e y) 効果とも呼んでいる。

40

【0225】

パートレー効果は、点灯時間と消灯時間の比が1:1の時に、最大の効果が得られることが知られており、点灯時間50msecの間に人間の眼の視感度が最高値に達し、消灯時間50msecの間に視感度が最大感度に復帰する事を意味する。消灯時間を50msec以上に設定する事により、次の光パルスによる刺激を人間の眼に効果的に与えることができる。

【0226】

50

図24は、この様な点滅となる様に点滅・消灯時間を設定したものである。励起用レーザーダイオード110の消費電力は、数100KHzの連続パルス駆動の時の30%程度の消費電力で、数100KHzの連続パルス駆動の時の2倍程度の視刺激を与えることができるという卓越した効果がある。

【0227】

次に、レーザーヘッド内の光量検出とファイバー端の光量検出に関する変形例を図25に基づいて説明する。

【0228】

本実施例では、レーザーヘッド内光量検出部500と第1のハーフミラー170と第1のフォトダイオード190とにより、レーザーヘッド100内で発生したグリーンレーザー光の光量を検出している。

10

【0229】

更に本実施例では、ファイバー端光量検出部600と第2のハーフミラー910と第2のフォトダイオード920とにより、ファイバー900端の光量を検出している。

【0230】

本変形例では、第2のハーフミラー910に代えて、偏光ミラー915を使用したものである。

【0231】

本変形例は、本実施例のファイバー900に代えて、定偏波ファイバー901が使用されている。通常のファイバー900は、所定の偏光方向の偏光を入射させると、射出される光は偏光でなくなっているが、本変形例の定偏波ファイバー901では、偏光方向を保存したまま送光することができる。

20

【0232】

定偏波ファイバー901の後端部901b付近には、偏光ミラー915が配置されており、この偏光ミラー915の背面側には、ミラー916が順次配置され、このミラー916に対向して偏光板917と第2のフォトダイオード920とが配置されている。

【0233】

定偏波ファイバー901の後端部901bから射出されたグリーンレーザー光の内、偏光ミラー915を透過した透過光は、ミラー916で反射され、偏光板917を透過したグリーンレーザー光は、第2のフォトダイオード920に入射する様になっている。

30

【0234】

即ち、レーザー発振装置20000から射出された直線偏光のグリーンレーザー光は、定偏波ファイバー901で偏光方向を保存され、偏光ミラー915に向けて射出される。

【0235】

偏光ミラー915は、グリーンレーザー光の殆どを反射するが、数%の光線は透過する。また、定偏波ファイバー901の後端部901bから射出されるグリーンレーザー光は、S偏光であるが、いくらかのP偏光も含んでいる。偏光ミラー915では、数%のS偏光と共に、P偏光も透過する様になっている。

【0236】

偏光板917は、S偏光のみ透過する様に構成されており、第2のフォトダイオード920には、S偏光のみが入射される様になっている。

40

【0237】

第2のフォトダイオード920とファイバー端光量検出部600とにより、上述の本実施例と同様に、ファイバー端の光量を検出することができる。

【0238】

なお、本変形例では、レーザーヘッド内光量検出部500とファイバー端光量検出部600とは、比較器950が接続されている。比較器950は、レーザーヘッド内光量検出部500とファイバー端光量検出部600との検出信号を比較し、比較値が所定の範囲を越える場合には、制御信号を演算部800に送出する様に構成されている。

【0239】

50

レーザーヘッド内光量検出部 500 とファイバー端光量検出部 600 との検出信号を比較し、比較値が所定の範囲内である場合には、ファイバー端光量検出部 600 からの検出信号を演算部 800 に送出し、演算部 800 は、この検出信号に基づき、レーザーダイオード (LD) 電源部 200 を制御駆動し、励起用レーザーダイオード 110 の発光をコントロールする様に構成されている。

【0240】

レーザーヘッド内光量検出部 500 とファイバー端光量検出部 600 との検出信号を比較し、比較値が所定の範囲を越えた場合には、集光レンズ 180 或いは定偏波ファイバー 901 の前端部 901a の位置ずれ、定偏波ファイバー 901 の破損、その他の原因によるファイバー結合効率の変動に起因したグリーンレーザー光出力の低下、又は増大が考えられる。この場合には、演算部 800 は、比較器 950 からの制御信号に基づき、レーザーダイオード (LD) 電源部 200 の駆動停止、或いは異常表示等を行うことができる。

10

【0241】

なお本実施例のレーザー装置 20000 は、図 26 に示すパイプレーザー装置 30000 に応用することができる。

【0242】

パイプレーザー装置 30000 は、内部にレーザー発振装置 20000 を装備しており、水平方向及び鉛直方向にガイド光を射出させることができる。

【0243】

このパイプレーザー装置 30000 には、バッテリーボックス 31000 内に電源を挿入し、端部には、操作パネル 32000 と、移動用の取手 33000 とが形成されている。

20

【0244】

【効果】

以上の様に構成された本発明は、出力レーザー光量を制御する制御部を備えるレーザー発振装置に形成されたペルチェ素子を駆動するためのペルチェドライブ部であって、前記ペルチェ素子に流れる電流を検出するための電流検出部と、該電流検出部の検出信号と前記制御部からの制御信号に基づき、パルス幅変調信号を出力するためのパルス幅変調部 (PWM) と、このパルス幅変調部 (PWM) のパルス幅変調信号に応じた電圧を発生させるためのスイッチングレギュレータ部と、前記制御部からの制御信号によりペルチェ素子に流れる電流の方向を切り替えるための FET からなる Hブリッジ部とを備え、この Hブリッジ部は、Pチャンネル FET に Nチャンネル FET を並列に接続することで、Pチャンネル FET の熱損失を抑えるので、省電力化を図り、電池駆動を実現できるという卓越した効果がある。

30

【0245】

そして本発明の Hブリッジ部は、Pチャンネル FET と Nチャンネル FET とから構成された Hブリッジ部において、Pチャンネル FET に新たな Nチャンネル FET を並列に接続して構成することもできるので、省電力化を図ると共に、電源を単一化することができる、コストダウンを図ることができるという効果がある。

【0249】

【図面の簡単な説明】

40

【図 1】本発明の実施例のレーザー発振装置 20000 の構成を説明する図である。

【図 2】本実施例のペルチェドライブ部 300 の電氣的構成を説明する図である。

【図 3】ペルチェドライブ部 300 のパルス幅変調部 (PWM) 310 の電氣的構成を説明する図である。

【図 4】ペルチェドライブ部 300 のスイッチングレギュレータ部 320 の電氣的構成を説明する図である。

【図 5】ペルチェドライブ部 300 の Hブリッジ部 340 の電氣的構成を説明する図である。

【図 6】従来の Hブリッジ部の電氣的構成を説明する図である。

【図 7】レーザーダイオード (LD) 電源部 200 の電氣的構成を説明する図である。

50

【図 8】レーザーダイオード (LD) 電源部 200 のパルス幅変調部 (PWM) 210 の電氣的構成を説明する図である。

【図 9】レーザーダイオード (LD) 電源部 200 のスイッチングレギュレータ部 220 の電氣的構成を説明する図である。

【図 10】LD パルスドライブ部 111 の電氣的構成を説明する図である。

【図 11】ファイバー端光量検出部 600 の電氣的構成を説明する図である。

【図 12】ファイバー端光量検出部 600 の動作を説明する図である。

【図 13】励起用レーザーダイオード 110 の消費電流を一定とした場合の、温度変化とレーザー出力との関係を示したものである。

【図 14】レーザー発振装置 20000 の出力を一定とした場合の、温度変化と励起用レーザーダイオード 110 の消費電力との関係を示したものである。

【図 15】温度変化と、ペルチェドライブ部 300 を利用した温度制御の消費電力との関係を示すものである。

【図 16】励起用レーザーダイオード 110 の消費電力と、ペルチェドライブ部 300 を利用した温度制御の消費電力とを加え、合計した消費電力を示した図である。

【図 17】本実施例のレーザー装置 20000 の動作を説明する図である。

【図 18 (a)】ゲインスイッチを示す模式図であり、時間と励起強度の関係を示すものである。

【図 18 (b)】ゲインスイッチを示す模式図であり、時間と光強度の関係を示すものである。

【図 18 (c)】ゲインスイッチを示す模式図であり、時間と反転分布の関係を示すものである。

【図 19】反転分布と光強度の関係を示す図である。

【図 20 (a)】励起用レーザーダイオード 110 に対する供給連続パルスの周期 T が、 $T_{FL} < T$ の関係の場合を説明する図である。

【図 20 (b)】励起用レーザーダイオード 110 に対する供給連続パルスの周期 T が、 $T_{FL} > T$ の関係の場合を説明する図である。

【図 21 (a)】励起用レーザーダイオード 110 の消費電流と、励起用レーザーダイオード 110 の出力との関係を示す図である。

【図 21 (b)】励起用レーザーダイオード 110 の出力と、光共振器内の光基本波の出力との関係を示す図である。

【図 21 (c)】非線形光学媒質 130 を挿入した場合の、光共振器内の光基本波の出力と、第 2 高調波 (SHG) 出力との関係を示す図である。

【図 21 (d)】励起用レーザーダイオード 110 の消費電流と第 2 高調波 (SHG) 出力との関係を示す図である。

【図 22】レーザー発振装置 20000 を、連続駆動した場合と、本発明のパルス駆動した場合とを比較した図である。

【図 23】本実施例の点滅発光例を説明する図である。

【図 24】バートレー効果を応用した点滅を説明する図である。

【図 25】レーザーヘッド内の光量検出とファイバー端の光量検出に関する変形例を説明する図である。

【図 26】本実施例のレーザー装置 20000 をパイプレーザー装置 30000 に応用した場合を説明する図である。

【図 27】従来技術を説明する図である。

【図 28】従来技術を説明する図である。

【図 29】従来技術を説明する図である。

【符号の説明】

20000 レーザー発振装置

100 レーザーヘッド

110 励起用レーザーダイオード

10

20

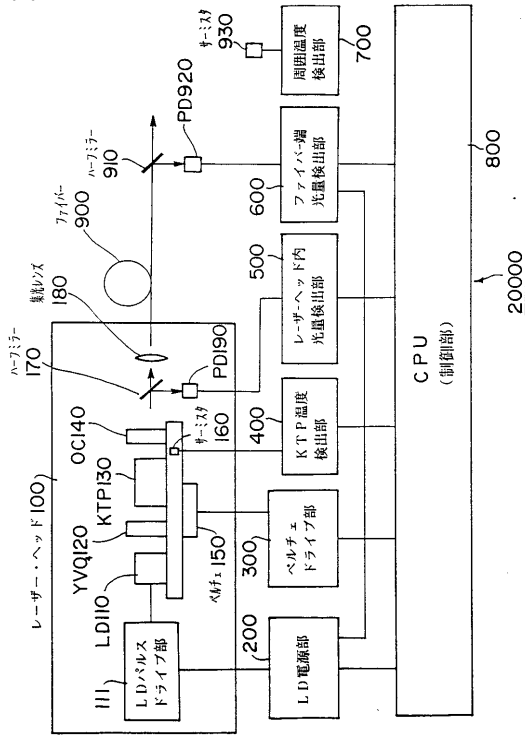
30

40

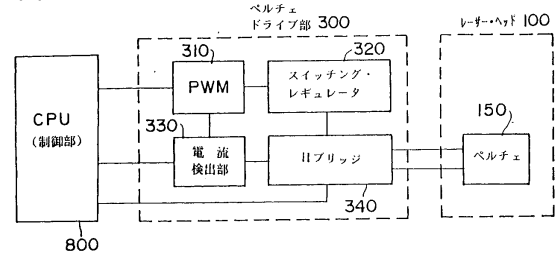
50

1 1 1	LDパルスドライブ部	
1 2 0	レーザー結晶 (Y V O 4)	
1 3 0	非線形光学媒質	
1 4 0	出力ミラー (O C)	
1 5 0	ペルチェ素子	
1 6 0	第 1 のサーミスタ	
1 7 0	第 1 のハーフミラー	
1 8 0	集光レンズ	
1 9 0	第 1 のフォトダイオード	
2 0 0	レーザーダイオード (L D) 電源部	10
2 1 0	パルス幅変調部 (P W M)	
2 1 1	D / A 変換器	
2 1 2	増幅器	
2 1 3	三角波発生器	
2 1 4	比較器	
2 2 0	スイッチングレギュレータ部	
2 3 0	電流検出部	
3 0 0	ペルチェドライブ部	
3 1 0	パルス幅変調部 (P W M)	
3 1 1	D / A 変換器	20
3 1 2	増幅器	
3 1 3	三角波発生器	
3 1 4	比較器	
3 2 0	スイッチングレギュレータ部	
3 3 0	電流検出部	
3 4 0	Hブリッジ部	
4 0 0	非線形光学媒質 (K T P) 温度検出部	
5 0 0	レーザーヘッド内光量検出部	
6 0 0	ファイバー端光量検出部	
7 0 0	周囲温度検出部	30
8 0 0	制御部	
9 0 0	ファイバー	
9 0 1	定偏波ファイバー	
9 1 0	第 2 のハーフミラー	
9 1 5	偏光ミラー	
9 2 0	第 2 のフォトダイオード	

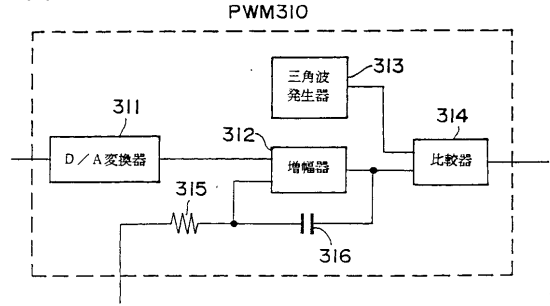
【図1】



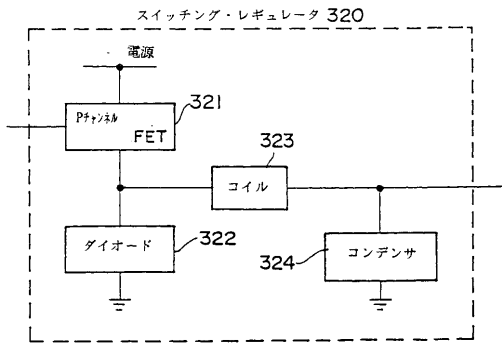
【図2】



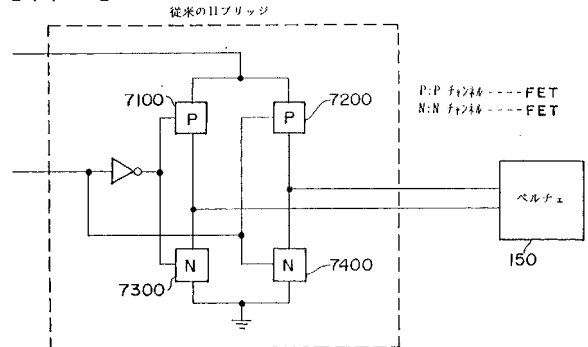
【図3】



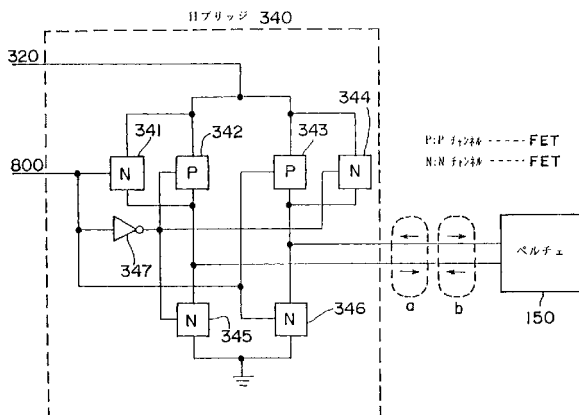
【図4】



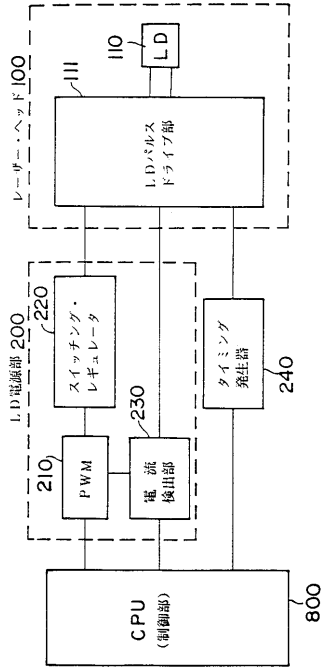
【図6】



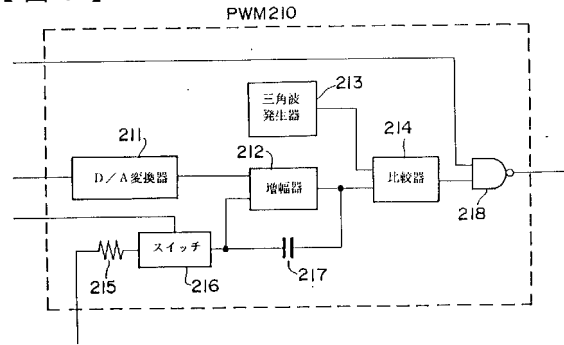
【図5】



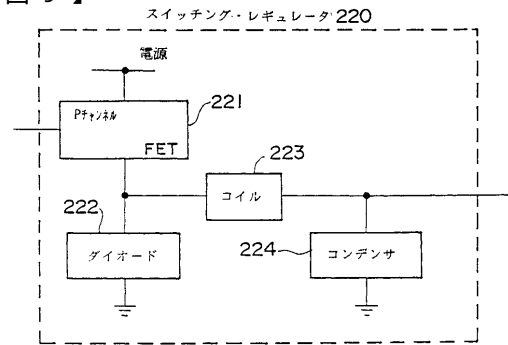
【図7】



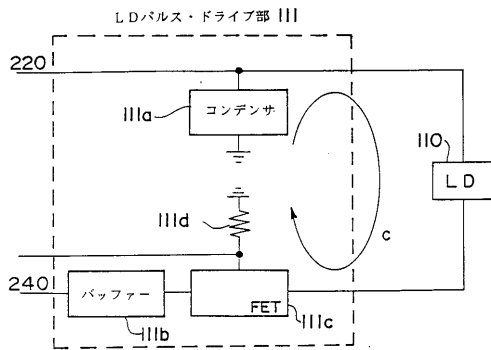
【図8】



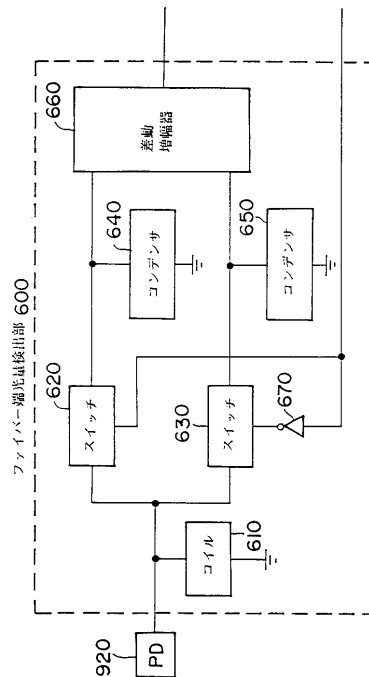
【図9】



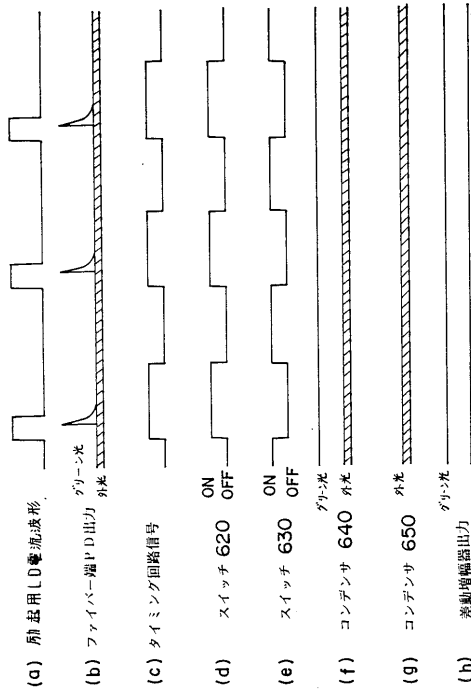
【図10】



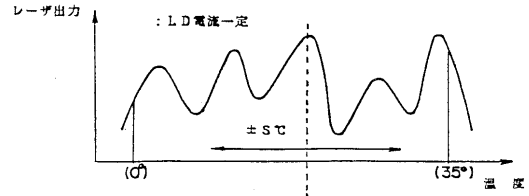
【図11】



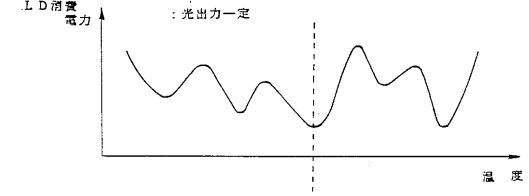
【図12】



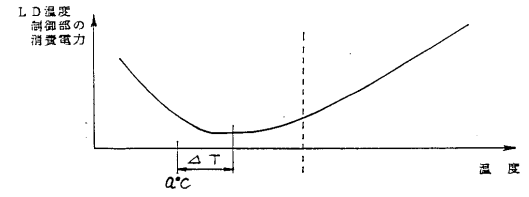
【図13】



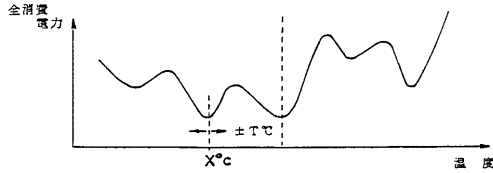
【図14】



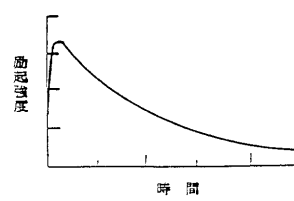
【図15】



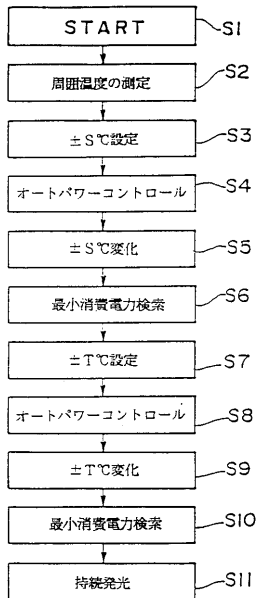
【図16】



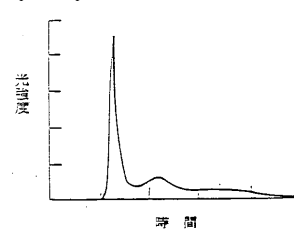
【図18(a)】



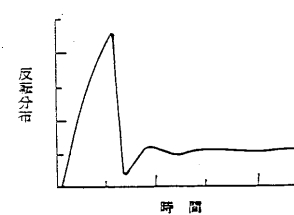
【図17】



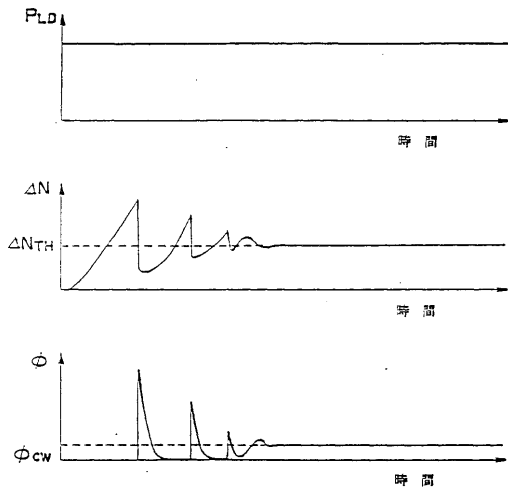
【図18(b)】



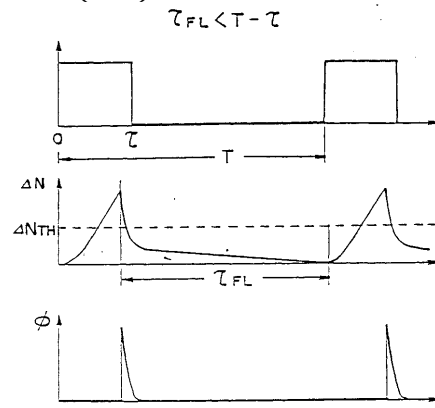
【図18(c)】



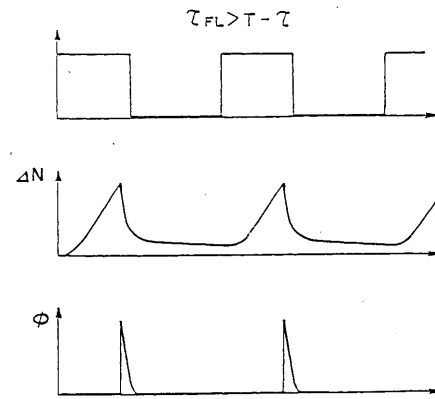
【 図 19 】



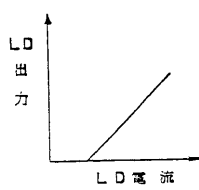
【 図 20 (a) 】



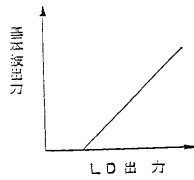
【 図 20 (b) 】



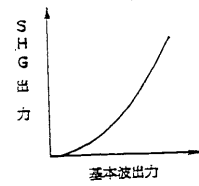
【 図 21 (a) 】



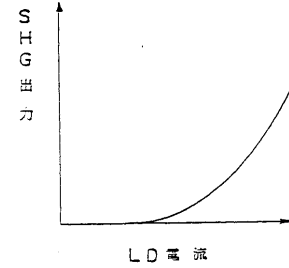
【 図 21 (b) 】



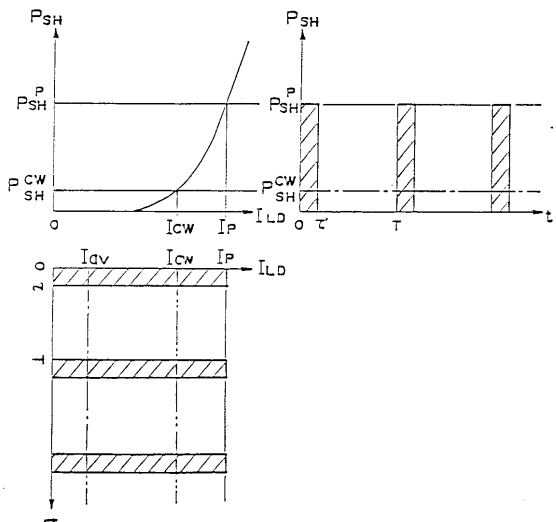
【 図 21 (c) 】



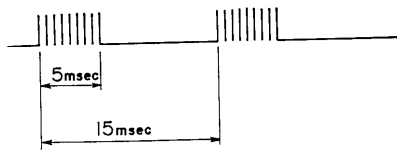
【 図 21 (d) 】



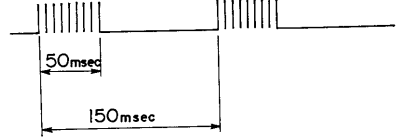
【 図 22 】



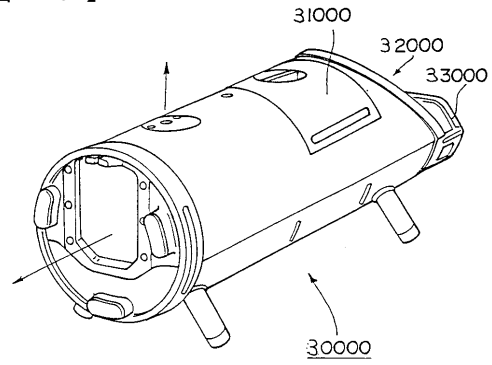
【図23】



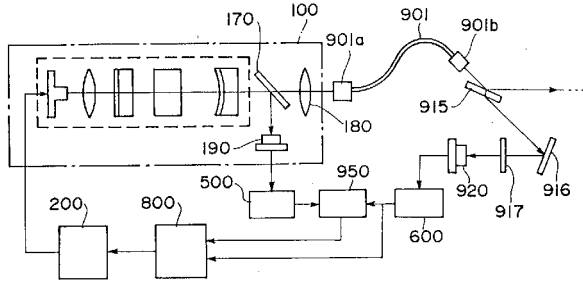
【図24】



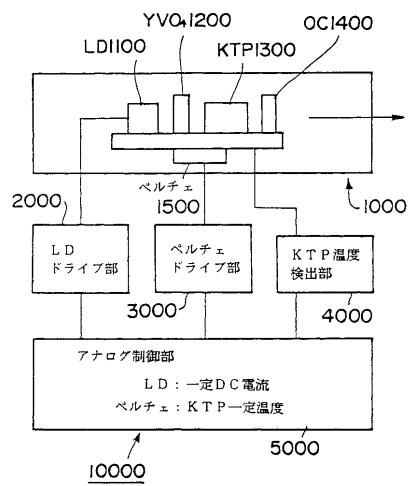
【図26】



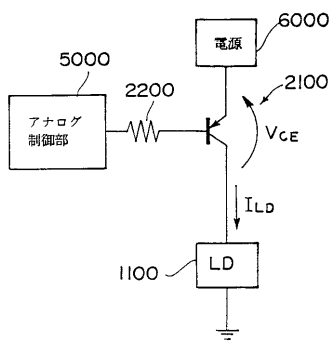
【図25】



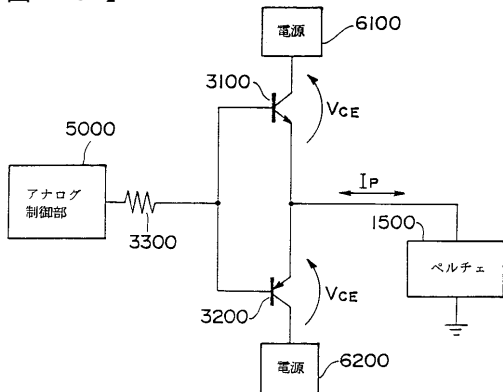
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

- (72)発明者 初内 正幸
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内
- (72)発明者 後藤 義明
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内

審査官 門田 かづよ

- (56)参考文献 特開平07-106681(JP,A)
特開平08-068573(JP,A)
特開平03-240110(JP,A)
特開平04-150794(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S5/00-5/50
H01S3/00-3/30