

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2011/111573 A1

PCT

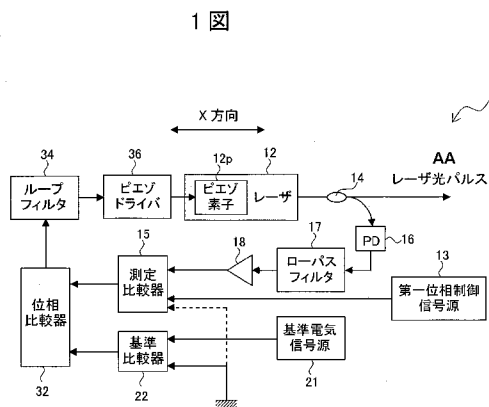
(43) 国際公開日

2011 年 9 月 15 日(15.09.2011)

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/105 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/054672
- (22) 国際出願日: 2011 年 2 月 23 日(23.02.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-050658 2010 年 3 月 8 日(08.03.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アドバンテスト (ADVANTEST Corporation) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町一丁目 3 2 番 1 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): 山下 友勇 (YAMASHITA, Tomoyu) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町一丁目 3 2 番 1 号株式会社アドバンテスト内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔 (HOSODA, Masutoshi); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目 5 番 4 号 常和高輪ビル 7 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: LASER LIGHT PULSE PHASE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ光パルスの位相制御装置



- X Direction
AA Laser light pulse
12 Laser
12p Piezo element
13 First phase control signal source
15 Measurement comparator
17 Low pass filter
21 Reference electric signal source
22 Reference comparator
32 Phase control signal
34 Loop filter
36 Piezo driver

(57) Abstract: The disclosed laser light pulse phase control device is provided with a laser, a reference comparator, a measurement comparator, a phase difference detector, and a loop filter. The laser outputs a laser light pulse. The reference comparator compares a specified voltage with the voltage of a reference electric signal having a specified frequency, and outputs the result. The measurement comparator compares the voltage of a phase control signal with the voltage of a measurement electric signal having the above specified frequency and a voltage based on the light strength of the laser light pulse, and outputs the result. The phase difference detector detects the phase difference between the output of the reference comparator and the output of the measurement comparator. The loop filter removes high frequency components in the output of the phase difference detector. The voltage of the phase control signal is different to the specified voltage; and the laser alters the phase of the laser light pulse in accordance with the output of the loop filter.

(57) 要約: 本発明によるレーザ光パルスの位相制御装置は、レーザと、基準比較器と、測定比較器と、位相差検出器と、ループフィルタと、を備える。そして、前記レーザは、レーザ光パルスを出力する。前記基準比較器は、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する。前記測定比較器は、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する。前記位相差検出器は、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する。前記ループフィルタは、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去する。さらに、前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なる。しかも、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させる。

明 細 書

発明の名称

5 レーザ光パルスの位相制御装置

技術分野

10 本発明は、レーザ光パルスの位相の制御に関する。

背景技術

15 従来より、2台のレーザの出力する光パルスの位相差を検出し、その検出結果に基づき、2台のレーザのうちのいずれかの出力する光パルスの位相を制御することが知られている（例えば、特許文献1（特開平10-96610号公報）の図13、特許文献2（独国実用新案第202008009021号明細書）の第2図を参照）。

20

発明の概要

25 本発明は、2台のレーザの出力する光パルスの位相差の検出結果によらないで、レーザの出力する光パルスの位相を制御することを課題とする。

本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、レーザ光パルスを出力するレーザと、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する基準比較器と、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する測定比較器と、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する位相差検出器と、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去するループフィルタと、を備え、前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なり、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させるように構成される。

上記のように構成された第一のレーザ光パルスの位相制御装置によれば、レーザは、レーザ光パルスを出力する。基準比較器は、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する。測定比較器は、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する。位相差検出器は、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する。ループフィルタは、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去する。さらに、前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なる。しかも、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させる。

25

なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、前

記所定の電圧が、接地電位であるようにしてもよい。

5 なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変化するようにしてもよい。

10 なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザが、 piezo素子を有し、前記 piezo素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、前記 piezo素子の伸縮により、前記レーザの共振器長が変化するようにしてもよい。

15 なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、を備え、前記測定電気信号は、前記ローパスフィルタの出力に基づくようにしてもよい。

20 なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記位相制御信号が、任意波形発生器から出力されるようにしてもよい。

25 なお、本発明にかかる第一のレーザ光パルスの位相制御装置は、基準レーザ光パルスを出力する基準レーザと、前記基準レーザ光パルスを受ける基準光電変換部と、前記基準光電変換部の出力の高周波成分を除去する基準ローパスフィルタと、をさらに備え、前記基準電気信号は、前記基準ローパスフィルタの出力に基づくようにしてもよい。

25

本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、レーザ光

パルスを出力するレーザと、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、
所定の電圧とを比較し、その結果を出力する基準比較器と、前記レー
ザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測
定電気信号の電圧と、前記所定の電圧とを比較し、その結果を出力す
5 る測定比較器と、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力と
の位相差を検出する位相差検出器と、前記位相差検出器の出力の高周
波成分を除去するループフィルタと、を備え、前記測定電気信号の電
圧を変化させ、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、
前記レーザ光パルスの位相を変化させるように構成される。

10

上記のように構成された第二のレーザ光パルスの位相制御装置によ
れば、レーザが、レーザ光パルスを出力する。基準比較器が、所定の
周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を
出力する。測定比較器が、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧
15 および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、前記所定の
電圧とを比較し、その結果を出力する。位相差検出器が、前記基準比
較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する。ループ
フィルタが、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去する。さら
に、前記測定電気信号の電圧を変化させる。しかも、前記レーザは、
20 前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変
化させる。

なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前
記レーザを励起する励起光のパワーを変化させることにより、前記測
25 定電気信号の電圧を変化させるようにしてもよい。

5

なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザ光パルスを減衰させることにより、前記測定電気信号の電圧を変化させ、前記減衰の程度が可変であるようにしてもよい。

- 5 なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記所定の電圧が、接地電位であるようにしてもよい。

- なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変化する
10 るようにしてもよい。

- なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザが、 piezo素子を有し、前記 piezo素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、前記 piezo素子の伸縮により、前記レーザの
15 共振器長が変化するようにしてもよい。

- なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、を備え、前記測定電気信号
20 は、前記ローパスフィルタの出力に基づくようにしてもよい。

- なお、本発明にかかる第二のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記測定電気信号の電圧が、位相制御信号に基づき変化し、前記位相制御信号は、任意波形発生器から出力されるようにしてもよい。

25

 本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、レーザ光

6

パルスを出力するレーザと、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する基準比較器と、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する測定比較器と、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する位相差検出器と、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去するループフィルタと、を備え、前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なり、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させるように構成される。

上記のように構成された第三のレーザ光パルスの位相制御装置によれば、レーザが、レーザ光パルスを出力する。基準比較器が、所定の周波数の基準電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する。測定比較器が、前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する。位相差検出器が、前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する。ループフィルタが、前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去する。さらに、前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なる。しかも、前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させる。

なお、本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記所定の電圧は、接地電位であるようにしてもよい。

なお、本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変化するようにしてもよい。

5 なお、本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザが、 piezo素子を有し、前記 piezo素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、前記 piezo素子の伸縮により、前記レーザの共振器長が変化するようにしてもよい。

10 なお、本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、を備え、前記測定電気信号は、前記ローパスフィルタの出力に基づくようにしてもよい。

15 なお、本発明にかかる第三のレーザ光パルスの位相制御装置は、前記位相制御信号が、任意波形発生器から出力されるようにしてもよい。

図面の簡単な説明

20

第1図は、本発明の第一の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

第2図は、第一の実施形態にかかる基準比較器22の出力電圧の波形（第2図（a））、測定比較器15の出力電圧の波形（位相変動前）

25 （第2図（b））、アンプ18の出力電圧の波形（位相変動後）（第2図（c））を示す図である。

第3図は、第一の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

第4図は、本発明の第二の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

5 第5図は、第二の実施形態にかかる基準比較器22の出力電圧の波形（第5図（a））、測定比較器15の出力電圧の波形（位相変動前）（第5図（b））、アンプ18の出力電圧の波形（位相変動後）（第5図（c））を示す図である。

10 第6図は、第二の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

第7図は、本発明の第三の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

第8図は、第三の実施形態にかかる基準比較器22の出力電圧の波形（第8図（a））、測定比較器15の出力電圧の波形（位相変動前）
15 （第8図（b））、アンプ18の出力電圧の波形（位相変動後）（第8図（c））を示す図である。

発明を実施するための形態

20

以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。

第一の実施形態

25 第1図は、本発明の第一の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。第2図は、第一の実施形態にかかる基準比較器22の出力電圧の波形（第2図（a））、測

定比較器 15 の出力電圧の波形（位相変動前）（第 2 図（b））、アンプ 18 の出力電圧の波形（位相変動後）（第 2 図（c））を示す図である。

第一の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、レーザ 12、第一位相制御信号源 13、光カプラ 14、測定比較器 15、フォトダイオード（光電変換部） 16、ローパスフィルタ 17、アンプ 18、基準電気信号源 21、基準比較器 22、位相比較器（位相差検出器） 32、ループフィルタ 34、ピエゾドライバ 36 を備える。

10 レーザ 12 は、レーザ光パルスを出力する。なお、レーザ光パルスの繰り返し周波数は、基準電気信号源 21 の出力する基準電気信号の周波数（例えば、50MHz）にほぼ等しい。

レーザ 12 は、ピエゾ素子 12p を有する。ピエゾ素子 12p は、
15 ループフィルタ 34 の出力の電圧が、ピエゾドライバ 36 により増幅されて印加されることにより、X 方向（第 1 図における横方向）に伸縮する。ピエゾ素子 12 の X 方向の伸縮によって、レーザ 12 のレーザ共振器長が変化する。レーザ共振器長の変化により、レーザ光パルスの繰り返し周波数が変化し、レーザ光パルスの位相が変化する。

20

光カプラ 14 は、レーザ 12 の出力するレーザ光パルスを受け、例えば、パワー比にして、1 : 9 の割合で、フォトダイオード 16 と外部に出力する。例えば、フォトダイオード 16 に与えられるレーザ光パルスの光パワーが、レーザ 12 の出力するレーザ光パルスの光パワーの 10% ということになる。
25

フォトダイオード（光電変換部）16は、光カプラ14からレーザ光パルスを受け、電気信号に変換する。レーザ光パルスの繰り返し周波数は50MHz程度である。しかも、ピエゾ素子12pの伸縮による繰り返し周波数の変動は微小であるため、レーザ光パルスの繰り返し周波数は50MHzとみなすことができる。よって、この電気信号は、周波数50MHzの成分（基準電気信号の周波数の成分）と、高周波成分（周波数が50MHzよりもはるかに高い）とを有することになる。

ローパスフィルタ17は、フォトダイオード16の出力の高周波成分を除去する。ローパスフィルタ17のカットオフ周波数は、例えば70MHzである。よって、ローパスフィルタ17が、フォトダイオード16の出力を受けると、高周波成分が除去され、周波数50MHzの成分（基準電気信号の周波数の成分）が通過することになる。なお、「除去」といった場合、必ずしも完全な除去のみを意味するわけではなく、わずかに高周波成分が残ってしまっても「除去」に該当する。これ以降の「除去」も同じ意味である。

アンプ18は、ローパスフィルタ17の出力を増幅する。アンプ18の出力を、測定電気信号という。測定電気信号を得ることが、レーザ光パルスの光強度を測定することに相当する。

測定電気信号は、フォトダイオード16の出力を、アンプ18で増幅したものである。レーザ光パルスの光強度に基づく電圧を有する。しかも、測定電気信号は、ローパスフィルタ17を通過したものである。よって、所定の周波数（基準電気信号の周波数）を有する。

なお、ローパスフィルタ 17 とアンプ 18 とを入れ替え、フォトダイオード 16 の出力を、アンプ 18 を介して、ローパスフィルタ 17 に与えるようなことも考えられる。この場合は、測定電気信号は、ローパスフィルタ 17 の出力である。いずれにせよ、測定電気信号が、

5 ローパスフィルタ 17 の出力に基づくものであることには、変わりはない。

基準電気信号源 21 は、所定の周波数（例えば、50MHz）の基準電気信号を出力する。

10

基準比較器 22 は、基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する。なお、所定の電圧は、例えば、接地電位である。第 1 図を参照して、基準比較器 22 の二個の入力端は、一方が基準電気信号源 21 の出力に接続され、他方が接地されている。基準比較器

15 22 の二個の入力端に入力される電圧の大小関係に応じて、基準比較器 22 が出力する信号が定められる。

例えば、第 2 図（a）を参照して、基準電気信号源 21 の出力の電圧 $>$ 接地電位（ $= 0$ [V]）であれば、基準比較器 22 が出力する信号の

20 電圧が所定の正の値である。基準電気信号源 21 の出力の電圧 $\leq$ 接地電位（ $= 0$ [V]）であれば、基準比較器 22 が出力する信号の電圧が 0 [V]である。

第一位相制御信号源 13 は、位相制御信号を出力する。位相制御信号の電圧は、所定の電圧（接地電位）とは異なる。例えば、第 2 図（b）の時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍を参照して、位相制御信号の電圧 ΔV は、接

25

地電位 0 [V]とは異なる。なお、第一位相制御信号源 1 3 は、例えば、任意波形発生器である。例えば、任意波形発生器により位相制御信号を生成することで、位相制御信号を、時間 $t_1 + \Delta t$ において電圧 ΔV 、時間 $t_1 + 2 \Delta t$ において電圧 $2 \Delta V$ 、…といったようにすることができ。また、第 2 図 (b) において、 $\Delta V > 0$ であるが、 $\Delta V < 0$ とすることも可能である。この場合、 $\Delta t < 0$ となる。

測定比較器 1 5 は、測定電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する。すなわち、測定比較器 1 5 は、アンプ 1 8 の出力と、第一位相制御信号源 1 3 の出力とを受け、両者を比較し、その結果を出力する。

例えば、第 2 図 (b) の時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍を参照して、アンプ 1 8 の出力の電圧 $>$ 第一位相制御信号源 1 3 の出力の電圧 ΔV 、であれば、測定比較器 1 5 が出力する信号の電圧が所定の正の値である。アンプ 1 8 の出力の電圧 $\leq$ 第一位相制御信号源 1 3 の出力の電圧 ΔV であれば、測定比較器 1 5 が出力する信号の電圧が 0 [V]である。

位相比較器 (位相差検出器) 3 2 は、基準比較器 2 2 の出力と、測定比較器 1 5 の出力との位相差を検出して出力する。

ループフィルタ 3 4 は、位相比較器 3 2 の出力の高周波成分を除去する。

25 ピエゾドライバ 3 6 は、例えば、パワーアンプであり、ループフィルタ 3 4 の出力を増幅する。piezoドライバ 3 6 の出力は、piezo素

子 1 2 p に与えられる。これにより、ピエゾ素子 1 2 p が X 方向に伸縮する。ただし、位相比較器 3 2 の検出する位相差が一定値（例えば、0 度、9 0 度または - 9 0 度）になるように、ピエゾ素子 1 2 p を伸縮させるものとする。これにより、レーザ光パルスの繰り返し周波数を、正確に、基準電気信号の周波数（例えば、50MHz）に合わせることができる。

次に、第一の実施形態の動作を説明する。

10 第 2 図（a）を参照して、基準電気信号源 2 1 からは、所定の周波数（例えば、50MHz）の基準電気信号が出力されている。また、基準比較器 2 2 からは、基準電気信号の電圧と、接地電位（= 0 [V]）との比較結果が出力される。よって、繰り返し周波数が 50MHz のパルスが、基準比較器 2 2 から出力されている。ここで、基準比較器 2 2 から出力される、あるパルスの立ち上がり時間を t_1 とする。

ここで、時間 $t_1 + \Delta t$ よりも前の時間において、測定比較器 1 5 の一方の入力端が、第一位相制御信号源 1 3 の出力に接続されているのではなく、接地されているものとする（第 1 図の測定比較器 1 5 に向かう点線の矢印を参照）。ただし、測定比較器 1 5 の他方の入力端は、20 アンプ 1 8 に接続されているものとする。

この場合、レーザ光パルスの位相制御装置 1 の動作は、通常の PLL 回路と同様なものとなる。すなわち、レーザ光パルスの繰り返し周波数が 50MHz になる（第 2 図（b）のアンプ 1 8 の出力を参照）。25

より詳細に説明すると、第 1 図を参照して、レーザ 1 2 の出力するレーザ光パルスは光カップラ 1 4 によりその一部がフォトダイオード 1 6 に導かれ、光電変換され、さらにローパスフィルタ 1 7 を通過することにより高周波成分が除去される。さらに、ローパスフィルタ 1 7 の出力はアンプ 1 8 により増幅され、測定比較器 1 5 により、位相制御信号の電圧＝接地電位（＝ 0 [V]）と比較される。

位相比較器 3 2 は、測定比較器 1 5 の出力の位相と、基準比較器 2 2 の出力の位相とを比較し、両者の位相差を検出して出力する。位相比較器 3 2 の出力は、ループフィルタ 3 4 により高周波成分が除去され、 piezo ドライバ 3 6 により増幅されて、piezo 素子 1 2 p に与えられる。位相比較器 3 2 の検出する位相差が一定値（例えば、0 度、90 度または -90 度）になるように、piezo 素子 1 2 p が伸縮する。これにより、レーザ光パルスの繰り返し周波数を、正確に、基準電気信号の周波数 50MHz に合わせることができる。

第 2 図（b）においては、位相比較器 3 2 の検出する位相差が 0 度になるように制御されている例を図示している。なお、アンプ 1 8 の出力の最後の 1 / 4 周期が点線になっているのは、その点線に対応する時間になれば、アンプ 1 8 の出力波形が実際には点線の位置から移動してしまうことを示すものである。第 2 図（b）においては、時間 $t_1 + \Delta t$ から、およそ 1 / 4 周期（周波数 50MHz）程度で、アンプ 1 8 の出力波形が移動することを想定している。ただし、1 / 4 周期程度で、アンプ 1 8 の出力波形が移動するということは単なる一例であり、それよりも短い時間または長い時間かけて、アンプ 1 8 の出力波形が移動することもある。

さらに、第2図(b)を参照して、時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍において、測定比較器15の一方の入力端を接地することを止め、測定比較器15の一方の入力端に第一位相制御信号源13の出力する位相制御信号5 (電圧 ΔV (> 0 [V])) を与えたとする。すると、測定比較器15の出力するパルスの立ち上がり時間が、 $t_1 + \Delta t$ となる。これにより、基準比較器22から出力されるパルスの立ち上がり時間 t_1 と、測定比較器15の出力するパルスの立ち上がり時間 $t_1 + \Delta t$ との間に差異が生じる。

10

この場合も、位相比較器32の検出する位相差が0度になるように制御される。すなわち、測定比較器15の出力するパルスが左側に Δt だけ移動するように、アンプ18の出力波形が左側に Δt だけ移動するように制御される。

15

第2図(c)には、アンプ18の出力波形が左側に Δt だけ移動したときの、アンプ18の出力波形が図示されている。アンプ18の出力の最初の $1/4$ 周期が点線になっているのは、その点線に対応する時間では、アンプ18の出力波形が移動しきっていないことを示すものである。すなわち、アンプ18の出力の最初の $1/4$ 周期の点線は、アンプ18の出力波形が左側に Δt だけ移動しきったときの波形を時間 $t_1 - \Delta t$ まで延長した仮想的なものである。

第2図(b)および第2図(c)を参照して、 $T/4$ 程度の時間で、アンプ18の出力波形の位相が、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる (ただし、 T は、アンプ18の出力波形の周期)。よって、レーザ光パ

25

ルスの位相もまた、 $T/4$ 程度の時間で、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる。

第一の実施形態によれば、2台のレーザの出力する光パルスの位相差の検出結果によらないで、レーザ12の出力するレーザ光パルスの位相を制御することができる。

なお、第一の実施形態においては、基準電気信号源21が、基準電気信号を出力するものとして説明してきた。しかし、他にも、基準電気信号を出力するための構成があるので、第一の実施形態の変形例として説明する。

第3図は、第一の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1の構成を示す機能ブロック図である。

15

第一の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1は、レーザ12、第一位相制御信号源13、光カップラ14、測定比較器15、フォトダイオード（光電変換部）16、ローパスフィルタ17、アンプ18、基準比較器22、基準レーザ23、光カップラ24、
20 フォトダイオード（基準光電変換部）26、基準ローパスフィルタ27、アンプ28、位相比較器（位相差検出器）32、ループフィルタ34、ピエゾドライバ36を備える。

第一の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置1
25 は、第一の実施形態にかかる基準電気信号源21（第1図参照）のかわりに、基準レーザ23、光カップラ24、フォトダイオード（基準光

電変換部) 26、基準ローパスフィルタ 27、アンプ 28 を備えたものである。他の部分は、第一の実施形態と同様であり説明を省略する。

基準レーザ 23 は、基準レーザ光パルスを出力する。なお、基準レーザ光パルスの繰り返し周波数は、基準電気信号の周波数（例えば、50MHz）に等しい。

光カップラ 24 は、基準レーザ 23 の出力する基準レーザ光パルスを受け、例えば、パワー比にして、1 : 9 の割合で、フォトダイオード 26 と外部に出力する。例えば、フォトダイオード 26 に与えられる基準レーザ光パルスの光パワーが、基準レーザ 23 の出力する基準レーザ光パルスの光パワーの 10 % ということになる。

フォトダイオード（基準光電変換部） 26 は、光カップラ 24 から基準レーザ光パルスを受け、電気信号に変換する。この電気信号は、周波数 50MHz の成分（基準電気信号の周波数の成分）と、高周波成分（周波数が 50MHz よりもはるかに高い）とを有する。

基準ローパスフィルタ 27 は、フォトダイオード 26 の出力の高周波成分を除去する。基準ローパスフィルタ 27 のカットオフ周波数は、例えば 70MHz である。よって、基準ローパスフィルタ 27 が、フォトダイオード 26 の出力を受けると、高周波成分が除去され、周波数 50MHz の成分が通過することになる。

アンプ 28 は、基準ローパスフィルタ 27 の出力を増幅する。アンプ 28 の出力が、基準電気信号となる。

なお、基準ローパスフィルタ 27 とアンプ 28 とを入れ替え、フォトダイオード 26 の出力を、アンプ 28 を介して、基準ローパスフィルタ 27 に与えるようなことも考えられる。この場合は、基準電気信号は、基準ローパスフィルタ 27 の出力である。いずれにせよ、基準電気信号が、基準ローパスフィルタ 27 の出力に基づくものであることには、変わりはない。

第二の実施形態

10 第二の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、フォトダイオード（光電変換部） 16 に与えられるレーザ光パルスの光強度を変えて、レーザ 12 の出力するレーザ光パルスの位相を制御する点が、第一の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 と異なる。

15

第 4 図は、本発明の第二の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 の構成を示す機能ブロック図である。第 5 図は、第二の実施形態にかかる基準比較器 22 の出力電圧の波形（第 5 図（a））、測定比較器 15 の出力電圧の波形（位相変動前）（第 5 図（b））、アンプ 20 18 の出力電圧の波形（位相変動後）（第 5 図（c））を示す図である。

第二の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、レーザ 12、第二位相制御信号源 132、光カップラ 14、測定比較器 15、フォトダイオード（光電変換部） 16、ローパスフィルタ 17、アンプ 25 プ 18、励起用 LD ドライバ 19、基準電気信号源 21、基準比較器 22、位相比較器（位相差検出器） 32、ループフィルタ 34、ピエ

ゾドライバ 36 を備える。以下、第一の実施形態と同様な部分は、同一の番号を付して説明を省略する。

5 ピエゾ素子 12p、光カプラ 14、フォトダイオード（光電変換部）
16、ローパスフィルタ 17、アンプ 18、基準電気信号源 21、基準比較器 22、位相比較器（位相差検出器） 32、ループフィルタ 34、
10 ピエゾドライバ 36 は、第一の実施形態と同様であり、説明を省略する。

10 レーザ 12 は、図示省略した励起用 LD (Laser Diode) を有する。励起用 LD はレーザ 12 を励起する励起光を出力するレーザダイオードである。なお、それ以外は、レーザ 12 は、第一の実施形態と同様であり、説明を省略する。

15 第二位相制御信号源 132 は、位相制御信号を出力し、励起用 LD ドライバ 19 に与える。なお、第二位相制御信号源 132 は、例えば、任意波形発生器である。励起用 LD ドライバ 19 は、位相制御信号に基づき、励起用 LD の出力する励起光のパワーを変化させる。励起光のパワーの変化により、レーザ光パルスの光パワーも変化し、測定電
20 気信号の電圧も変化する。

測定比較器 15 の二個の入力端は、一方がアンプ 18 の出力（測定電気信号）に接続され、他方が接地される。測定比較器 15 は、測定電気信号の電圧と、接地電位（= 0 [V]）とを比較し、その結果を出力
25 する。

例えば、第5図(b)の時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍を参照して、アンプ18の出力の電圧 $>$ 接地電位 ($= 0$ [V])、であれば、測定比較器15が出力する信号の電圧が所定の正の値である。アンプ18の出力の電圧 $\leq$ 接地電位 ($= 0$ [V])、であれば、測定比較器15が出力する信号5の電圧が0 [V]である。

次に、第二の実施形態の動作を説明する。

第5図(a)を参照して、基準電気信号源21からは、所定の周波数(例えば、50MHz)の基準電気信号が出力されている。また、基準比較器22からは、基準電気信号の電圧と、接地電位 ($= 0$ [V]) との比較結果が出力される。よって、繰り返し周波数が50MHzのパルスが、基準比較器22から出力されている。ここで、基準比較器22から出力される、あるパルスの立ち上がり時間を t_1 とする。

15

ここで、時間 t_1 よりも前の時間において、アンプ18の出力(測定電気信号)の平均の電圧を0 [V]にしておく。この場合、レーザ光パルスの位相制御装置1の動作は、通常のPLL回路と同様なものとなる。すなわち、レーザ光パルスの繰り返し周波数が50MHzになる(第5図(b)のアンプ18の出力を参照)。通常のPLL回路の動作は、第一の実施形態でも説明したとおりであり、説明を省略する。

さらに、時間 t_1 (第5図(b)を参照)において、第二位相制御信号源132が位相制御信号を出力し、励起用LDドライバ19に与える。励起用LDドライバ19は、位相制御信号に基づき、励起用LDの出力する励起光のパワーを変化させる。励起光のパワーの変化に

25

より、レーザ光パルスの光パワーも変化し、アンプ 18 の出力（測定電気信号）の電圧も変化する。

5 なお、第 5 図（b）において、アンプ 18 の出力の最後の 1 / 4 周期が点線になっているのは、その点線に対応する時間になれば、アンプ 18 の出力波形が実際には点線の位置から移動してしまうことを示すものである（第一の実施形態と同様）。

10 ここで、第 5 図（b）を参照して、アンプ 18 の出力（測定電気信号）の平均の電圧を $-\Delta V$ [V] にするように、励起光のパワーを変化させたものとする。ただし、 ΔV の値は、第一の実施形態と同じものとする。すると、測定比較器 15 の出力するパルスの立ち上がり時間が、 $t_1 + \Delta t$ となる。ただし、 Δt の値は、第一の実施形態と同じものとする。これにより、基準比較器 22 から出力されるパルスの立ち上
15 がり時間 t_1 と、測定比較器 15 の出力するパルスの立ち上がり時間 $t_1 + \Delta t$ との間に差異が生じる。

20 この場合も、位相比較器 32 の検出する位相差が 0 度になるように制御される。すなわち、測定比較器 15 の出力するパルスが左側に Δt だけ移動するように、アンプ 18 の出力波形が左側に Δt だけ移動するように制御される。

25 第 5 図（c）には、アンプ 18 の出力波形が左側に Δt だけ移動したときの、アンプ 18 の出力波形が図示されている。アンプ 18 の出力の最初の 1 / 4 周期が点線になっているのは、その点線に対応する時間では、アンプ 18 の出力波形が移動しきっていないことを示すも

のである。すなわち、アンプ 18 の出力の最初の $1/4$ 周期の点線は、アンプ 18 の出力波形が左側に Δt だけ移動しきったときの波形を時間 $t_1 - \Delta t$ まで延長した仮想的なものである。

- 5 第 5 図 (b) および第 5 図 (c) を参照して、 $T/4$ 程度の時間で、アンプ 18 の出力波形の位相が、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる (ただし、 T は、アンプ 18 の出力波形の周期)。よって、レーザ光パルスの位相もまた、 $T/4$ 程度の時間で、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる。

10

第二の実施形態によれば、2 台のレーザの出力する光パルスの位相差の検出結果によらないで、レーザ 12 の出力するレーザ光パルスの位相を制御することができる。

- 15 なお、第二の実施形態においては、励起光のパワーを変化させることにより、アンプ 18 の出力 (測定電気信号) の平均電圧を変化させるものとして説明してきた。しかし、レーザ光パルスを減衰させて、フォトダイオード (光電変換部) 16 に与えても、アンプ 18 の出力 (測定電気信号) の平均電圧を変化させることができるので、第二の
20 実施形態の変形例として説明する。

第 6 図は、第二の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 の構成を示す機能ブロック図である。

- 25 第二の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、可変光減衰器 11、レーザ 12、第三位相制御信号源 134、光

カップラ 14、測定比較器 15、フォトダイオード（光電変換部）16、ローパスフィルタ 17、アンプ 18、基準電気信号源 21、基準比較器 22、位相比較器（位相差検出器）32、ループフィルタ 34、ピエゾドライバ 36 を備える。

5

第二の実施形態の変形例にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、第二位相制御信号源 132 および励起用 LD ドライバ 19 にかえて、第三位相制御信号源 134 および可変光減衰器 11 を備えたものである。他の部分は、第二の実施形態と同様であり説明を省略する。

10

第三位相制御信号源 134 は、位相制御信号を出力し、可変光減衰器 11 に与える。なお、第三位相制御信号源 134 は、例えば、任意波形発生器である。可変光減衰器 11 は、光カップラ 14 からレーザ光パルスを受け、位相制御信号に基づき、レーザ光パルスの光強度を減
15 衰させる程度を変えて（減衰させる程度は可変）、フォトダイオード 16 に与える。これにより、測定電気信号の電圧も変化する。

第三の実施形態

第三の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、第一
20 の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 における測定比較器 15 の入力的一方および基準比較器 22 の入力的一方を変更したものである。

第 7 図は、本発明の第三の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相
25 制御装置 1 の構成を示す機能ブロック図である。第 8 図は、第三の実施形態にかかる基準比較器 22 の出力電圧の波形（第 8 図（a））、測

定比較器 15 の出力電圧の波形（位相変動前）（第 8 図（b））、アンプ 18 の出力電圧の波形（位相変動後）（第 8 図（c））を示す図である。

第三の実施形態にかかるレーザ光パルスの位相制御装置 1 は、レーザ 12、第四位相制御信号源 136、光カップラ 14、測定比較器 15、フォトダイオード（光電変換部）16、ローパスフィルタ 17、アンプ 18、基準電気信号源 21、基準比較器 22、位相比較器（位相差検出器）32、ループフィルタ 34、ピエゾドライバ 36 を備える。以下、第一の実施形態と同様な部分は、同一の番号を付して説明を省略する。

レーザ 12、ピエゾ素子 12p、光カップラ 14、フォトダイオード（光電変換部）16、ローパスフィルタ 17、アンプ 18、基準電気信号源 21、位相比較器（位相差検出器）32、ループフィルタ 34、ピエゾドライバ 36 は、第一の実施形態と同様であり、説明を省略する。

第四位相制御信号源 136 は、位相制御信号を出力する。位相制御信号の電圧は、所定の電圧（接地電位）とは異なる。例えば、第 8 図（a）の時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍を参照して、位相制御信号の電圧 ΔV は、接地電位 0 [V] とは異なる。なお、第四位相制御信号源 136 は、例えば、任意波形発生器である。例えば、任意波形発生器により位相制御信号を生成することで、位相制御信号を、時間 $t_1 + \Delta t$ において電圧 ΔV 、時間 $t_1 + 2\Delta t$ において電圧 $2\Delta V$ 、…といったようにすることができる。また、第 8 図（a）において、 $\Delta V > 0$ であるが、 $\Delta V < 0$ とすることも可能である。この場合、 $\Delta t < 0$ となる。

基準比較器 2 2 は、基準電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する。第 7 図を参照して、基準比較器 2 2 の二個の入力端は、一方が基準電気信号源 2 1 の出力に接続され、他
5 方が第四位相制御信号源 1 3 6 の出力に接続されている。基準比較器 2 2 の二個の入力端に入力される電圧の大小関係に応じて、基準比較器 2 2 が出力する信号が定められる。

例えば、第 8 図 (a) の時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍を参照して、基準電
10 気信号源 2 1 の出力の電圧 $>$ 第四位相制御信号源 1 3 6 の出力の電圧 ΔV 、であれば、基準比較器 2 2 が出力する信号の電圧が所定の正の値である。基準電気信号源 2 1 の出力の電圧 $\leq$ 第四位相制御信号源 1 3 6 の出力の電圧 ΔV であれば、基準比較器 2 2 が出力する信号の電圧が 0 [V] である。

15

測定比較器 1 5 は、測定電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する。なお、所定の電圧は、例えば、接地電位である。すなわち、測定比較器 1 5 は、アンプ 1 8 の出力電圧と、接地電位 0 [V] とを比較し、その結果を出力する。

20

例えば、第 8 図 (b) を参照して、アンプ 1 8 の出力の電圧 $>$ 接地電位 0 [V]、であれば、測定比較器 1 5 が出力する信号の電圧が所定の正の値である。アンプ 1 8 の出力の電圧 $\leq$ 接地電位 0 [V]、であれば、測定比較器 1 5 が出力する信号の電圧が 0 [V] である。

25

次に、第三の実施形態の動作を説明する。

第 8 図 (a) を参照して、基準電気信号源 2 1 からは、所定の周波数（例えば、50MHz）の基準電気信号が出力されている。ここで、時間 $t_1 + \Delta t$ よりも前の時間において、基準比較器 2 2 の一方の入力端が、第四位相制御信号源 1 3 6 の出力に接続されているのではなく、
5 接地されているものとする（第 7 図の基準比較器 2 2 に向かう点線の矢印を参照）。ただし、基準比較器 2 2 の他方の入力端は、基準電気信号源 2 1 に接続されているものとする。

10 この場合、レーザ光パルスの位相制御装置 1 の動作は、通常の PLL 回路と同様なものとなる。すなわち、レーザ光パルスの繰り返し周波数が 50MHz になる（第 8 図 (b) のアンプ 1 8 の出力を参照）。通常の PLL 回路の動作は、第一の実施形態でも説明したとおりであり、説明を省略する。

15

なお、アンプ 1 8 の出力の周波数が 50MHz となる。また、第 8 図 (b) を参照して、測定比較器 1 5 からは、アンプ 1 8 の出力の電圧と、接地電位（= 0 [V]）との比較結果が出力される。よって、繰り返し周波数が 50MHz のパルスが、測定比較器 1 5 から出力されている。

20 ここで、測定比較器 1 5 から出力される、あるパルスの立ち上がり時間を t_1 とする。

さらに、第 8 図 (a) を参照して、時間 $t_1 + \Delta t$ の近傍において、基準比較器 2 2 の一方の入力端を接地することを止め、第四位相制御
25 信号源 1 3 6 の出力する位相制御信号（電圧 ΔV (> 0 [V])) を与えたとする。すると、基準比較器 2 2 の出力するパルスの立ち上がり時

間が、 $t_1 + \Delta t$ となる。これにより、測定比較器 15 から出力されるパルスの立ち上がり時間 t_1 と、基準比較器 22 の出力するパルスの立ち上がり時間 $t_1 + \Delta t$ との間に差異が生じる。

- 5 この場合も、位相比較器 32 の検出する位相差が 0 度になるように制御される。すなわち、測定比較器 15 の出力するパルスが右側に Δt だけ移動するように、アンプ 18 の出力波形が右側に Δt だけ移動するように制御される。
- 10 第 8 図 (c) には、アンプ 18 の出力波形が右側に Δt だけ移動したときの、アンプ 18 の出力波形が図示されている。アンプ 18 の出力の最初の $1/4$ 周期が点線になっているのは、その点線に対応する時間では、アンプ 18 の出力波形が移動しきっていないことを示すものである。すなわち、アンプ 18 の出力の最初の $1/4$ 周期の点線は、
- 15 アンプ 18 の出力波形が右側に Δt だけ移動しきったときの波形を時間 $t_1 + \Delta t$ まで延長した仮想的なものである。

- 第 8 図 (b) および第 8 図 (c) を参照して、 $T/4$ 程度の時間で、アンプ 18 の出力波形の位相が、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる
- 20 (ただし、 T は、アンプ 18 の出力波形の周期)。よって、レーザ光パルスの位相もまた、 $T/4$ 程度の時間で、 $\Delta t/T$ だけ移動することがわかる。

- 第三の実施形態によれば、2 台のレーザの出力する光パルスの位相
- 25 差の検出結果によらないで、レーザ 12 の出力するレーザ光パルスの位相を制御することができる。

請 求 の 範 囲

1. レーザ光パルスを出力するレーザと、
所定の周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、そ
5 の結果を出力する基準比較器と、
前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数
を有する測定電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、そ
の結果を出力する測定比較器と、
前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出
10 する位相差検出器と、
前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去するループフィルタと、
を備え、
前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なり、
前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光
15 パルスの位相を変化させる、
レーザ光パルスの位相制御装置。
2. 請求項 1 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
前記所定の電圧は、接地電位である、
20 レーザ光パルスの位相制御装置。
3. 請求項 1 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変
化する、
25 レーザ光パルスの位相制御装置。

4. 請求項 3 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
前記レーザは、 piezo 素子を有し、
前記 piezo 素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、
前記 piezo 素子の伸縮により、前記レーザの共振器長が変化する、
5 レーザ光パルスの位相制御装置。
5. 請求項 1 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、
前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、
10 を備え、
前記測定電気信号は、前記ローパスフィルタの出力に基づく、
レーザ光パルスの位相制御装置。
6. 請求項 1 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
15 前記位相制御信号は、任意波形発生器から出力される、
レーザ光パルスの位相制御装置。
7. 請求項 1 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、
基準レーザ光パルスを出力する基準レーザと、
20 前記基準レーザ光パルスを受ける基準光電変換部と、
前記基準光電変換部の出力の高周波成分を除去する基準ローパスフ
ィルタと、
をさらに備え、
前記基準電気信号は、前記基準ローパスフィルタの出力に基づく、
25 レーザ光パルスの位相制御装置。

8. レーザ光パルスを出力するレーザと、

所定の周波数の基準電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する基準比較器と、

前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、前記所定の電圧とを比較し、その結果を出力する測定比較器と、

前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する位相差検出器と、

前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去するループフィルタと、
10 を備え、

前記測定電気信号の電圧を変化させ、

前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させる、

レーザ光パルスの位相制御装置。

15

9. 請求項 8 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザを励起する励起光のパワーを変化させることにより、前記測定電気信号の電圧を変化させる、

レーザ光パルスの位相制御装置。

20

10. 請求項 8 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザ光パルスを減衰させることにより、前記測定電気信号の電圧を変化させ、

前記減衰の程度が可変である、

25 レーザ光パルスの位相制御装置。

1 1. 請求項 8 ないし 1 0 のいずれか一項に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記所定の電圧は、接地電位である、

レーザ光パルスの位相制御装置。

5

1 2. 請求項 8 ないし 1 0 のいずれか一項に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変化する、

10 レーザ光パルスの位相制御装置。

1 3. 請求項 1 2 に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザは、 piezo 素子を有し、

前記 piezo 素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、

15 前記 piezo 素子の伸縮により、前記レーザの共振器長が変化する、
レーザ光パルスの位相制御装置。

1 4. 請求項 8 ないし 1 0 のいずれか一項に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

20 前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、

前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、
を備え、

前記測定電気信号は、前記ローパスフィルタの出力に基づく、

レーザ光パルスの位相制御装置。

25

1 5. 請求項 8 ないし 1 0 のいずれか一項に記載のレーザ光パルスの

位相制御装置であって、

前記測定電気信号の電圧が、位相制御信号に基づき変化し、

前記位相制御信号は、任意波形発生器から出力される、

レーザ光パルスの位相制御装置。

5

16. レーザ光パルスを出力するレーザと、

所定の周波数の基準電気信号の電圧と、位相制御信号の電圧とを比較し、その結果を出力する基準比較器と、

前記レーザ光パルスの光強度に基づく電圧および前記所定の周波数を有する測定電気信号の電圧と、所定の電圧とを比較し、その結果を出力する測定比較器と、

前記基準比較器の出力と、前記測定比較器の出力との位相差を検出する位相差検出器と、

前記位相差検出器の出力の高周波成分を除去するループフィルタと、
15 を備え、

前記位相制御信号の電圧は、前記所定の電圧とは異なり、

前記レーザは、前記ループフィルタの出力に応じて、前記レーザ光パルスの位相を変化させる、

レーザ光パルスの位相制御装置。

20

17. 請求項16に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記所定の電圧は、接地電位である、

レーザ光パルスの位相制御装置。

25 18. 請求項16に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザの共振器長が、前記ループフィルタの出力に応じて、変

化する、

レーザ光パルスの位相制御装置。

19. 請求項18に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

5 前記レーザは、piezo素子を有し、

前記piezo素子に、前記ループフィルタの出力が与えられ、

前記piezo素子の伸縮により、前記レーザの共振器長が変化する、

レーザ光パルスの位相制御装置。

10 20. 請求項16に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記レーザ光パルスを受ける光電変換部と、

前記光電変換部の出力の高周波成分を除去するローパスフィルタと、

を備え、

前記測定電気信号は、前記ローパスフィルタの出力に基づく、

15 レーザ光パルスの位相制御装置。

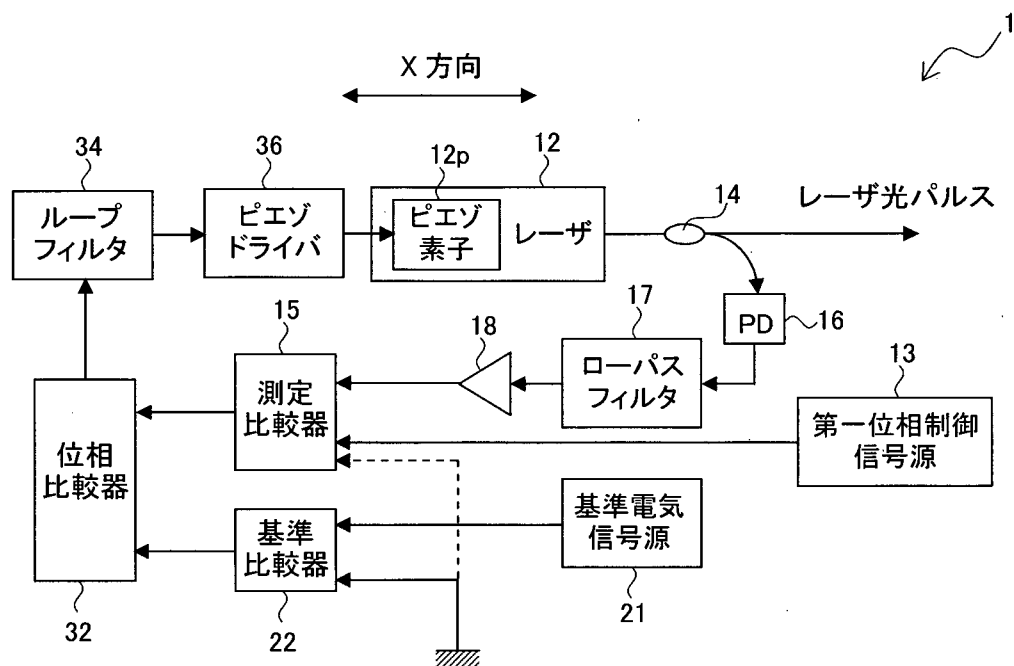
21. 請求項16に記載のレーザ光パルスの位相制御装置であって、

前記位相制御信号は、任意波形発生器から出力される、

レーザ光パルスの位相制御装置。

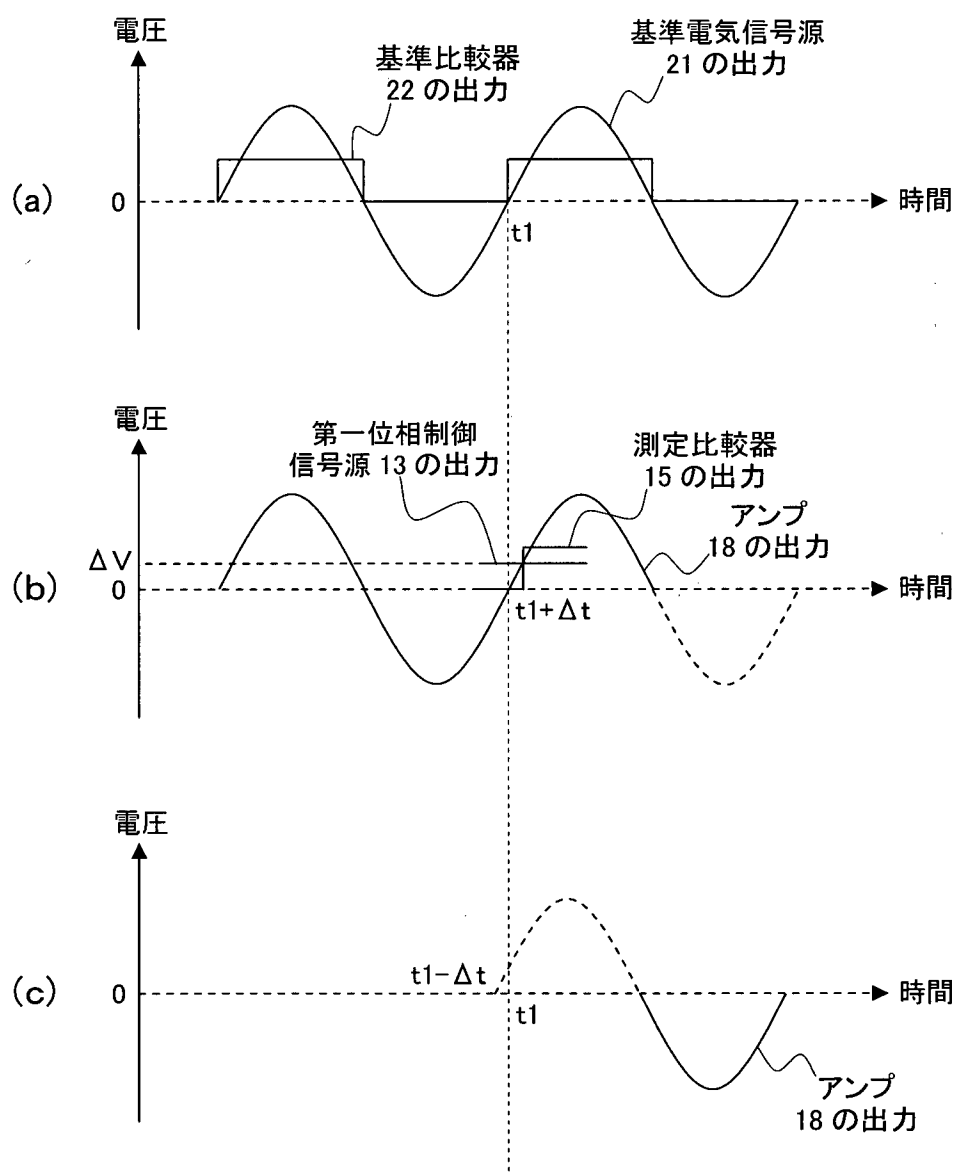
1/8

第 1 図

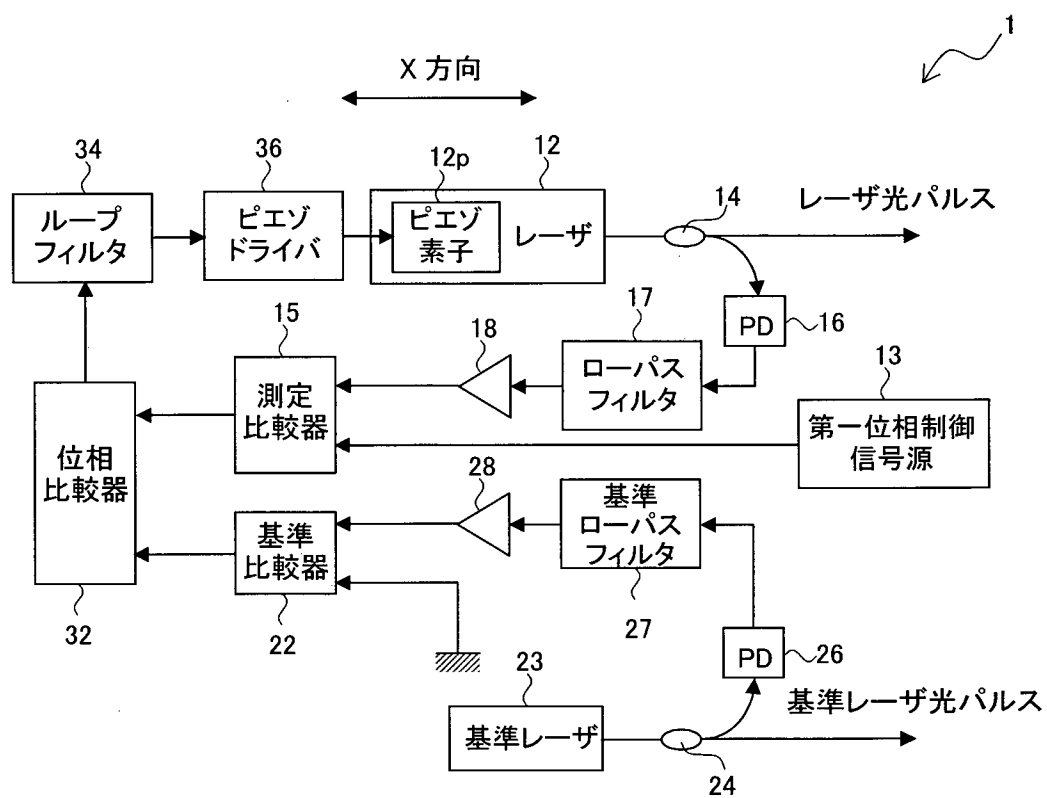


2/8

第 2 図

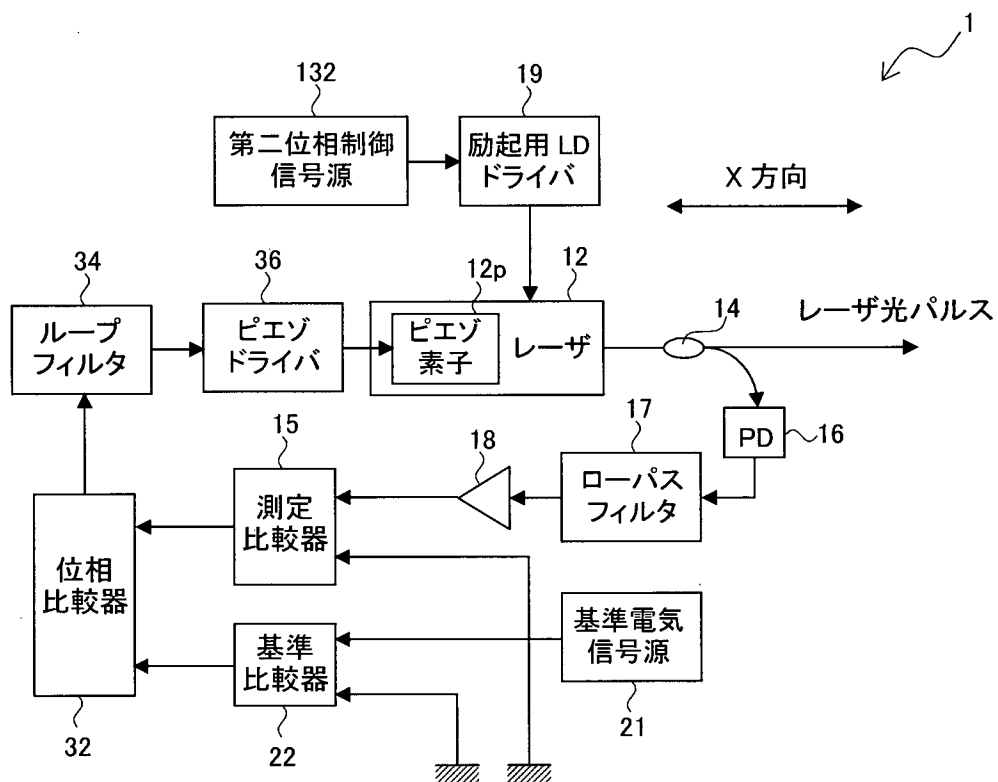


第 3 図



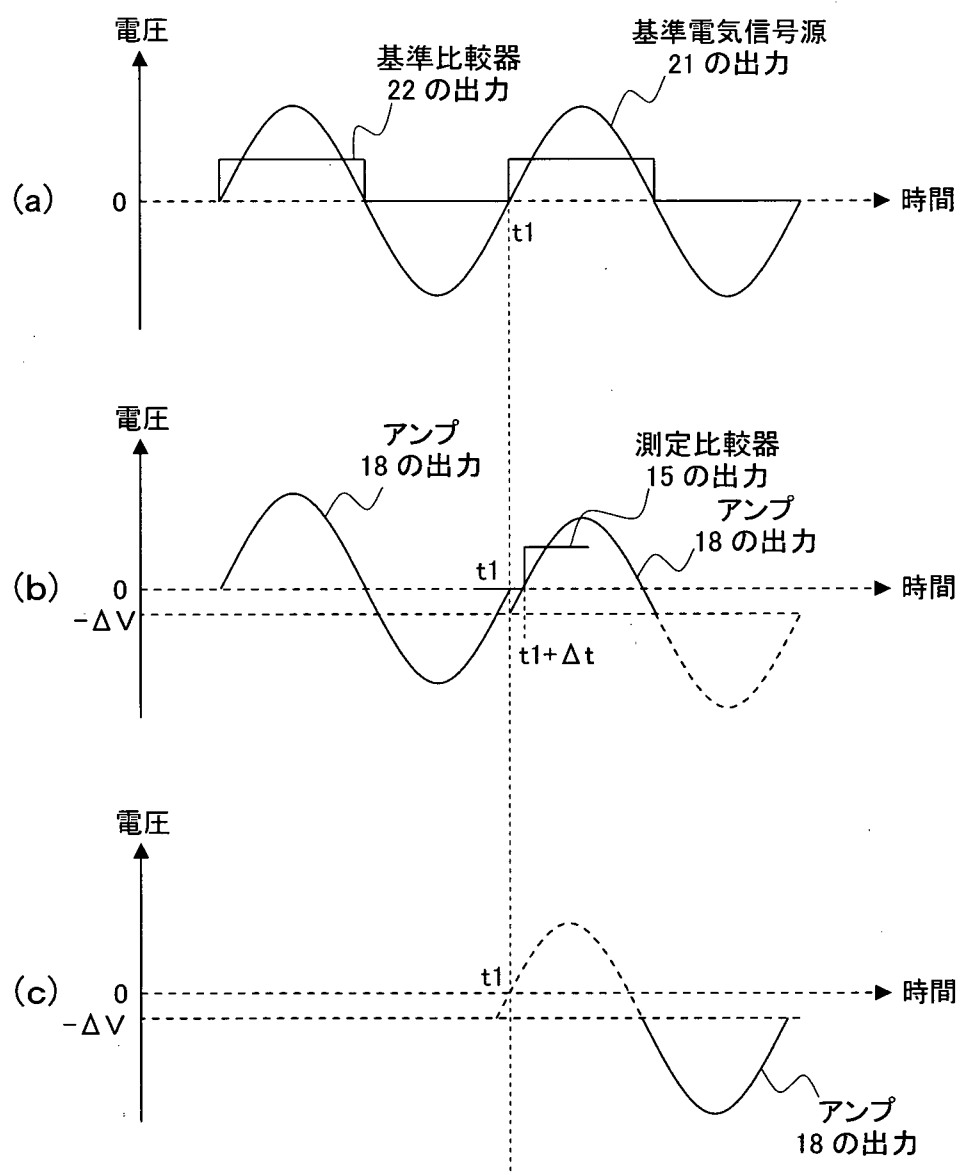
4/8

第 4 図



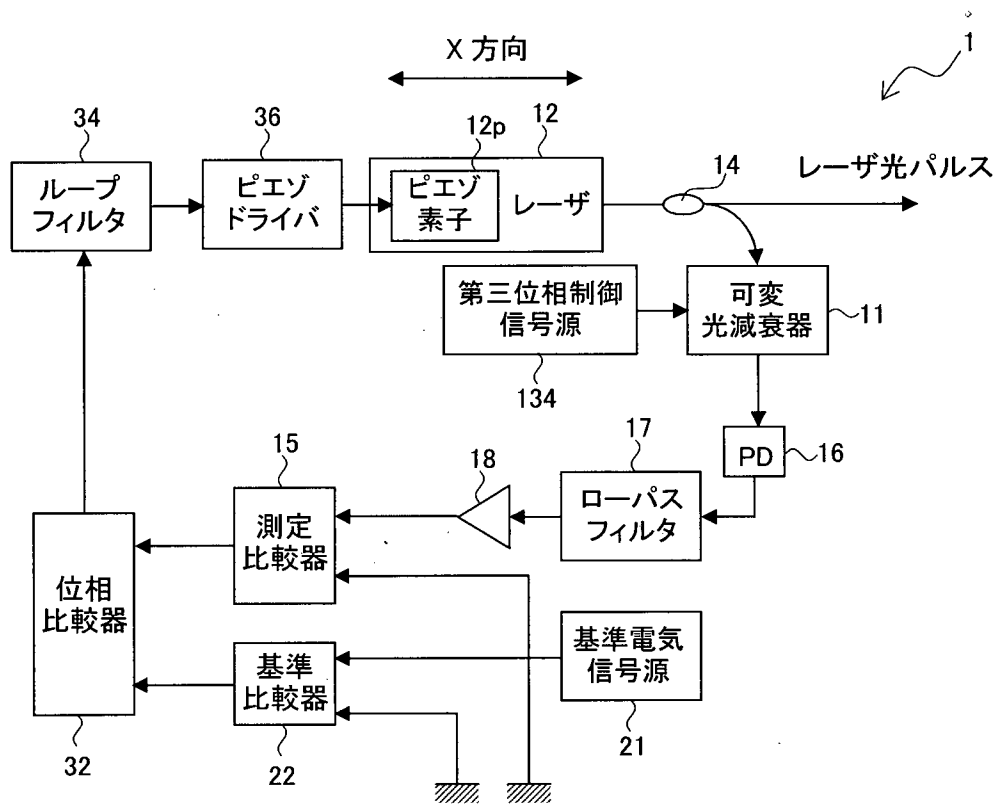
5/8

第 5 図



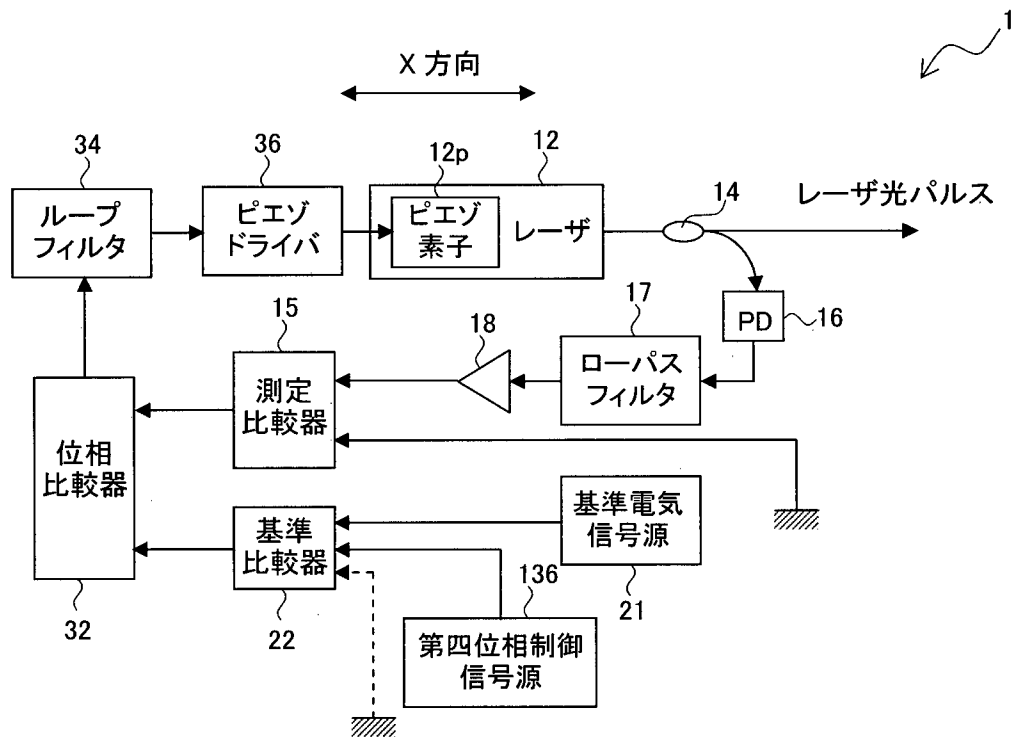
6/8

第 6 図



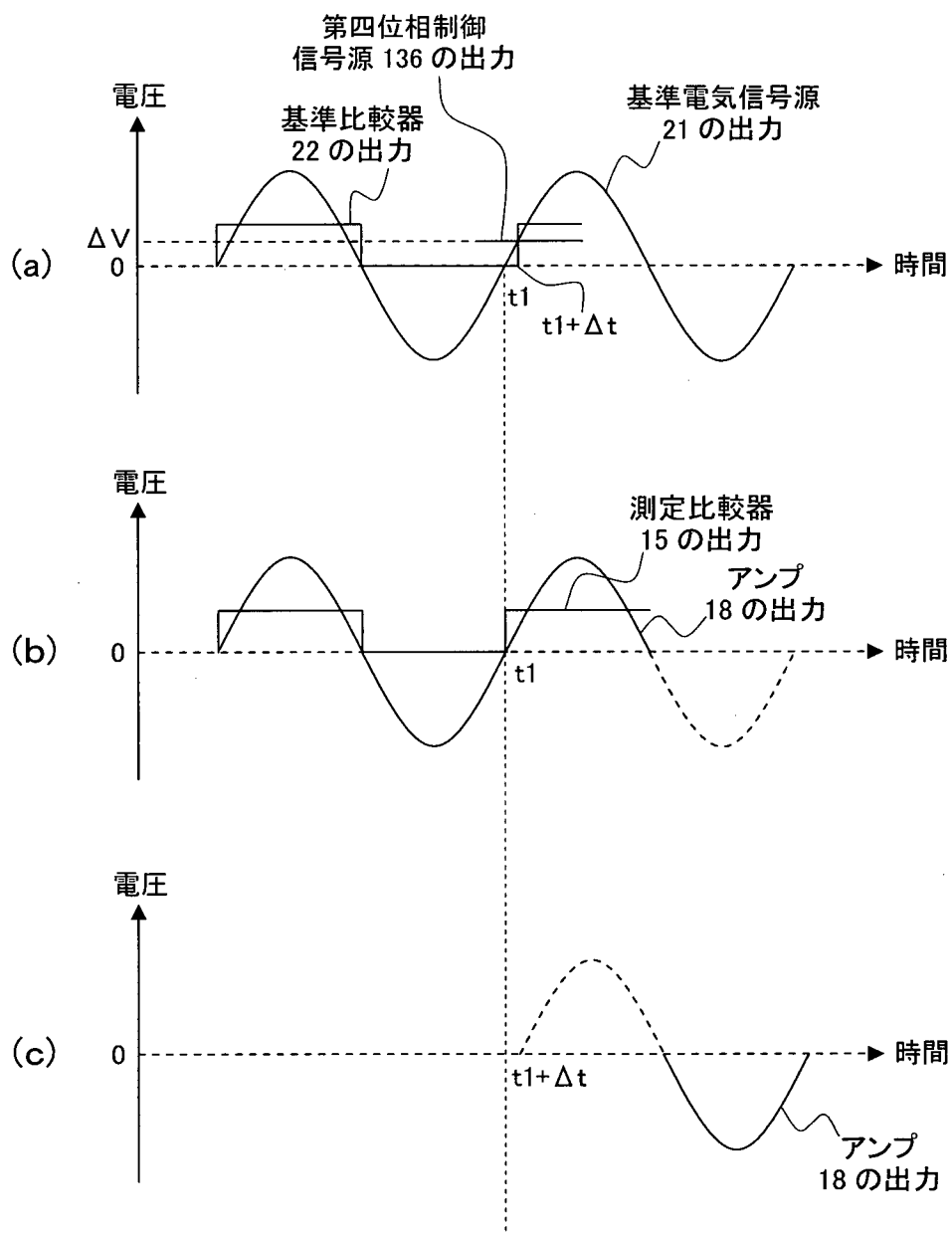
7/8

第 7 図



8/8

第 8 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/105 (2006.01) i

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)

H01S3/105

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y	JP 10-96610 A (Imra America, Inc.), 14 April 1998 (14.04.1998), paragraphs [0071] to [0072]; fig. 13 & US 5778016 A & US 2002/0097761 A1 & US 6396856 B1 & EP 790492 A2 & EP 1701145 A2	1-21
Y	JP 2002-76785 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 15 March 2002 (15.03.2002), paragraphs [0127] to [0137]; fig. 4, 6 & US 2002/0079964 A1 & US 2002/0041209 A1 & EP 1191685 A2	1-21

☒ 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 application or patent 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
05 April, 2011 (05.04.11)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2011 (19.04.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054672

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-528796 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 16 September 2004 (16.09.2004), paragraph [0022]; fig. 4, 5 & US 6548971 B2 & US 2002/0175643 A1 & WO 2002/095927 A1	1-21
A	JP 2002-43664 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 08 February 2002 (08.02.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
A	JP 7-311228 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 28 November 1995 (28.11.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 29397/1990 (Laid-open No. 121514/1991) (Kenwood Corp.), 12 December 1991 (12.12.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01S3/105 (2006.01) i

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 (I P C))

Int.Cl. H01S3/105

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 請求項の番号
Y	JP 10-96610 A (イムラ アメリカ インコーポレイテッド) 1998.04.14, 【0071】 - 【0072】, 図 13 & US 5778016 A & US 2002/0097761 A1 & US 6396856 B1 & EP 790492 A2 & EP 1701145 A2	1-21
Y	JP 2002-76785 A (株式会社日立国際電気) 2002.03.15, 【0127】 - 【0137】, 図 4, 6 & US 2002/0079964 A1 & US 2002/0041209 A1 & EP 1191685 A2	1-21

☒ 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」国際出願日前の出願または特許であるが、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

0 5 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

傍島 正朗

2 K

3 7 1 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 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 請求項の番号
Y	JP 2004-528796 A (松下電工株式会社) 2004. 09. 16, 【0022】, 図 4, 5 & US 6548971 B2 & US 2002/0175643 A1 & WO 2002/095927 A1	1-21
A	JP 2002-43664 A (住友重機械工業株式会社) 2002. 02. 08, 全文全図 (ファミリーなし)	1-21
A	JP 7-311228 A (富士電機株式会社) 1995. 11. 28, 全文全図 (ファミ リーなし)	1-21
A	日本国実用新案登録出願 2-29397 号 (日本国実用新案登録出願公開 3-121514 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (株式会社ケンウツド) 1991. 12. 12, 全文全図 (フ ァミリーなし)	1-21