

(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

(43) 国際公開日
2017年3月23日(23.03.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/046844 A1

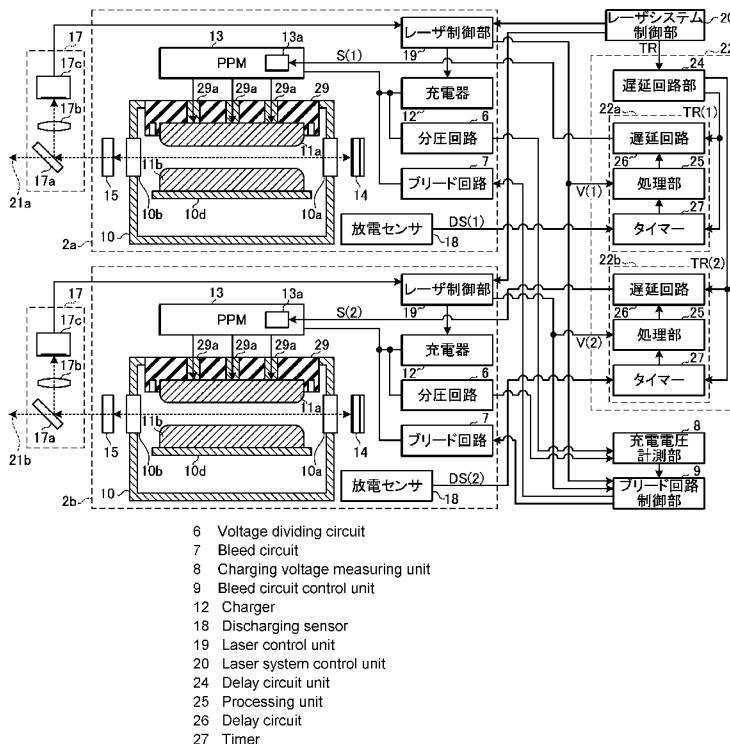
- (51) 国際特許分類:
H01S 3/104 (2006.01) H01S 3/097 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/076010
- (22) 国際出願日: 2015年9月14日(14.09.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 梅田 博(UMEDA Hiroshi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 若林 理(WAKABAYASHI Osamu); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 保坂 延寿(HOSAKA Nobuhisa); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町3-22 神田SKビル4階 新井・橋本・保坂国際特許事務所 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LASER SYSTEM

(54) 発明の名称: レーザシステム



(57) Abstract: This laser system may be provided with: a first laser device; a second laser device; a common charging voltage measuring unit that measures the charging voltage charged to a first charging capacitor and the charging voltage charged to a second charging capacitor; at least one bleed circuit that individually lowers the charging voltage charged to the first capacitor and the charging voltage charged to the second capacitor; and a bleed circuit control unit that controls the at least one bleed circuit on the basis of the voltage measured by the charging voltage measuring unit.

(57) 要約: このレーザシステムは、第1のレーザ装置と、第2のレーザ装置と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び第2の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測する共通の充電電圧計測部と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び第2の充電コンデンサに充電された充電電圧をそれぞれ降下させる少なくとも1つのブリード回路と、充電電圧計測部によって計測された電圧に基づいて少なくとも1つのブリード回路を制御するブリード回路制御部と、を備えてもよい。

WO 2017/046844 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： レーザシステム

技術分野

[0001] 本開示は、レーザシステムに関する。

背景技術

[0002] レーザアニール装置は、基板上に成膜されたアモルファス（非結晶）シリコン膜にエキシマレーザ等のレーザシステムから出力された紫外線領域の波長を有するパルスレーザ光を照射し、ポリシリコン膜に改質する装置である。アモルファスシリコン膜をポリシリコン膜に改質することにより、TFT（薄膜トランジスタ）を作製することができる。このTFTは、比較的大きな液晶ディスプレイに使用されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-342964号公報

特許文献2：米国特許第8238400号明細書

特許文献3：米国特許第6865210号明細書

概要

[0004] 本開示の1つの観点に係るレーザシステムは、第1のレーザ装置であって、第1のレーザチャンバと、第1のレーザチャンバに配置された第1の一对の電極と、第1の充電コンデンサを含む第1のパルス発生器であって、第1の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を第1の一对の電極に印加する第1のパルス発生器と、第1の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第1の充電器と、を含む第1のレーザ装置と、第2のレーザ装置であって、第2のレーザチャンバと、第2のレーザチャンバに配置された第2の一对の電極と、第2の充電コンデンサを含む第2のパルス発生器であって、第2の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を

第2の一对の電極に印加する第2のパルス発生器と、第2の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第2の充電器と、を含む第2のレーザ装置と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び第2の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測する共通の充電電圧計測部と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び第2の充電コンデンサに充電された充電電圧をそれぞれ降下させる少なくとも1つのブリード回路と、充電電圧計測部によって計測された電圧に基づいて少なくとも1つのブリード回路を制御するブリード回路制御部と、を備えてもよい。

[0005] 本開示の他の1つの観点に係るレーザシステムは、第1のレーザ装置であって、第1のレーザチャンバと、第1のレーザチャンバに配置された第1の一对の電極と、第1の充電コンデンサを含む第1のパルス発生器であって、第1の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を第1の一对の電極に印加する第1のパルス発生器と、第1の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第1の充電器と、を含む第1のレーザ装置と、第2のレーザ装置であって、第2のレーザチャンバと、第2のレーザチャンバに配置された第2の一对の電極と、第2の充電コンデンサを含む第2のパルス発生器であって、第2の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を第2の一对の電極に印加する第2のパルス発生器と、第2の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第2の充電器と、を含む第2のレーザ装置と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び第2の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測する共通の充電電圧計測部と、第1の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて第1のパルス発生器によるパルス電圧の第1の一对の電極への印加タイミングを制御し、第2の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて第2のパルス発生器によるパルス電圧の第2の一对の電極への印加タイミングを制御する同期制御部と、を備えてもよい。

図面の簡単な説明

[0006] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]比較例に係るレーザシステムを含むレーザアニール装置の構成を概略的に示す。

[図2]図2は、図1に示されるレーザシステムの構成例を示す。

[図3]図3は、図1に示されるレーザシステムにおけるタイミングチャートである。

[図4]図4は、第nのトリガ補正部における具体的な補正方法を示すタイミングチャートである。

[図5]図5は、図1に示されるレーザシステム制御部の処理を示すフローチャートである。

[図6]図6は、図2に示されるレーザ制御部の処理を示すフローチャートである。

[図7]図7は、図2に示される第nのトリガ補正部の処理を示すフローチャートである。

[図8]図8は、本開示の第1の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図9]図9は、第1の実施形態においてパルスレーザ光の進行方向に略平行な方向からみたレーザチャンバの内部構成を示す。

[図10]図10は、図9に示される計測制御部の処理を示すフローチャートである。

[図11]図11は、図9に示されるブリード回路制御部の処理を示すフローチャートである。

[図12]図12は、本開示の第2の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図13]図13は、本開示の第3の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図14]図14は、本開示の第4の実施形態に係るレーザシステムの構成を概

略的に示す。

[図15]図 1 5 は、本開示の第 5 の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図16]図 1 6 は、図 1 5 に示されるブリード回路 7 9 の構成を概略的に示す。

[図17]図 1 7 は、本開示の第 6 の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図18]図 1 8 は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

実施形態

[0007] <内容>

1. 比較例に係るレーザ装置

1. 1 レーザ装置の概要

1. 2 光束化装置

1. 3 露光装置

1. 4 制御部

1. 5 レーザ装置の詳細

1. 6 レーザ装置の動作

1. 7 タイミングチャート

1. 8 フローチャート

1. 8. 1 レーザシステム制御部の処理

1. 8. 2 レーザ制御部の処理

1. 8. 3 第 n のトリガ補正部の処理

1. 9 課題

2. 計測された充電電圧に基づいてブリード回路を制御するレーザシステム (第 1 の実施形態)

2. 1 構成

2. 2 動作

2. 2. 1 計測制御部の処理

2. 2. 2 ブリード回路制御部の処理

2. 3 作用

3. 計測された充電電圧に基づいてトリガタイミングを制御するレーザシステム（第2の実施形態）

3. 1 構成

3. 2 動作

4. トリガ補正部をレーザ装置と一体化したレーザシステム（第3の実施形態）

5. 計測された充電電圧に基づいてブリード回路とトリガタイミングとの両方を制御するレーザシステム（第4の実施形態）

5. 1 構成

5. 2 動作

6. ブリード回路を共通化したレーザシステム（第5の実施形態）

6. 1 構成

6. 2 動作

7. より多くのレーザ装置を含むレーザシステム（第6の実施形態）

8. 制御部の構成

[0008] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0009] 1. 比較例に係るレーザ装置

図1は、比較例に係るレーザシステムを含むレーザアニール装置の構成を概略的に示す。図1に示されるレーザアニール装置1は、レーザシステム5と、アニール装置4とを備えてもよい。レーザシステム5は、レーザシステム制御部20と、同期制御部22と、第1及び第2のレーザ装置2a及び2

bと、光束化装置3と、を含んでもよい。

[0010] 1. 1 レーザ装置の概要

第1及び第2のレーザ装置2a及び2bのそれぞれは、例えば、XeF、XeCl、KrF、又はArFをレーザ媒質とするエキシマレーザ装置であってもよい。第1及び第2のレーザ装置2a及び2bのそれぞれは、互いに実質的に同一の構成を有してもよい。第1及び第2のレーザ装置2a及び2bは、それぞれ第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bを出力してもよい。第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bは、紫外線の波長領域を有してもよい。

[0011] 第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bは、光束化装置3に導かれてもよい。図1においては2台のレーザ装置が図示されているが、レーザ装置の台数は特に限定されず、図17を参照しながら後述するように3以上の台数であってもよい。

[0012] 1. 2 光束化装置

光束化装置3は、高反射ミラー31及び32と、直角プリズム33と、を備えてもよい。高反射ミラー31及び32の間に、直角プリズム33が配置されてもよい。高反射ミラー31は、第1のパルスレーザ光21aの光路軸と約45°の角度を成して交差するように配置されてもよい。高反射ミラー32は、第2のパルスレーザ光21bの光路軸と約45°の角度を成して交差するように配置されてもよい。

[0013] 直角プリズム33は、紙面に平行な面である底面が直角三角形である三角柱形状に形成されてもよい。直角プリズム33の直角を成す2つの側面には、高反射膜がコートされてもよい。直角プリズム33の直角を成す2つの側面は、それぞれ第1反射面33a及び第2反射面33bを構成してもよい。

[0014] 第1のレーザ装置2aから出力された第1のパルスレーザ光21aは、高反射ミラー31によって直角プリズム33の第1反射面33aに向けて反射されてもよい。さらに、第1のパルスレーザ光21aは、直角プリズム33の第1反射面33aで反射され、アニール装置4に向けて出力されてもよい。

。

[0015] 第2のレーザ装置2bから出力された第2のパルスレーザ光21bは、高反射ミラー32によって直角プリズム33の第2反射面33bに向けて反射されてもよい。さらに、第2のパルスレーザ光21bは、直角プリズム33の第2反射面33bで反射され、アニール装置4に向けて出力されてもよい。

[0016] このように、光束化装置3は、第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bを、それらの光路軸が互いに平行となるようにし、これらの光路を近接させて、光束化レーザ光21として出射させてもよい。本明細書では、パルスレーザ光の「光路軸」は、パルスレーザ光の光路の中心軸を意味する。「光束化レーザ光」は、複数のパルスレーザ光が束ねられたパルスレーザ光であってもよい。光束化レーザ光21は、1台のレーザ装置から出力されたパルスレーザ光に対して約2倍のパルスエネルギーを有してもよい。

[0017] 1. 3 露光装置

アニール装置4は、アニール制御部40と、照明光学系42と、マスク43と、高反射ミラー41と、転写光学系44と、ステージ45と、を備えてもよい。アニール装置4は、レーザシステム5から出射された光束化レーザ光21を所定のマスクパターンに成形し、このマスクパターンを被照射物Pに転写してもよい。

[0018] 照明光学系42は、フライアイレンズ421と、コンデンサ光学系422とを含み、ケーラー照明を構成するように設計されてもよい。

[0019] フライアイレンズ421は、レーザシステム5から出射された光束化レーザ光21の光路に配置されてもよい。フライアイレンズ421は、光束化レーザ光21の断面に沿って配列された複数のレンズを含んでもよい。フライアイレンズ421に入射する光束化レーザ光21は、ほぼ平行光であってもよい。フライアイレンズ421に含まれる複数のレンズのそれぞれは、光束化レーザ光21の各一部をコンデンサ光学系422に向けて透過させるときに、当該各一部のビーム幅を拡大させてもよい。

[0020] コンデンサ光学系 4 2 2 は、フライアイレンズ 4 2 1 から出射された光束化レーザ光 2 1 の光路に配置されてもよい。コンデンサ光学系 4 2 2 は、フライアイレンズ 4 2 1 から出射された光束化レーザ光 2 1 をマスク 4 3 に向けて照明してもよい。

[0021] コンデンサ光学系 4 2 2 は、当該コンデンサ光学系 4 2 2 の後側焦点面の位置がマスク 4 3 の位置とほぼ一致するように配置されてもよい。従って、コンデンサ光学系 4 2 2 は、フライアイレンズ 4 2 1 に含まれる複数のレンズのそれぞれを透過した光束化レーザ光 2 1 を、マスク 4 3 の互いにほぼ同じ領域に入射させ得る。

[0022] 図 1 において、コンデンサ光学系 4 2 2 は 1 つの凸レンズを含むものとして図示したが、図示しない他の凸レンズ又は凹レンズとの組み合わせや、凹面ミラー等を含んでもよい。

以上の構成により、照明光学系 4 2 は、マスク 4 3 に照射される光束化レーザ光 2 1 のビーム断面における光強度分布のばらつきを低減し得る。

[0023] マスク 4 3 は、長方形形状の開口が形成されたスリットであってもよい。当該スリットの開口形状は、マスク 4 3 のマスクパターンを構成し得る。マスク 4 3 のマスクパターンは、長方形形状に限定されず、所望形状のパターンであってもよい。

[0024] 高反射ミラー 4 1 は、マスク 4 3 を通過した光束化レーザ光 2 1 の光路に配置されてもよい。高反射ミラー 4 1 は、光束化レーザ光 2 1 を反射して転写光学系 4 4 に入射させてもよい。

[0025] 転写光学系 4 4 は、高反射ミラー 4 1 によって反射された光束化レーザ光 2 1 の光路に配置されてもよい。転写光学系 4 4 は、当該転写光学系 4 4 によって結像されるマスク 4 3 の像の位置が被照射物 P の被照射位置とほぼ一致するように配置されてもよい。これにより、転写光学系 4 4 は、マスク 4 3 のマスクパターンを被照射物 P に転写し得る。

[0026] 転写光学系 4 4 は、1 つ又は複数の凸レンズを含んでもよい。転写光学系 4 4 は、1 つ又は複数の凸レンズに限定されず、例えば凸レンズと凹レンズ

の組み合わせや、凹面ミラー等を含んでもよい。転写光学系 44 は、長方形形状のマスクパターンの短手方向だけを被照射物 P に転写するシリンドリカルレンズによって構成されてもよい。

ステージ 45 は、転写光学系 44 によって結像されるマスク 43 の像が被照射物 P の被照射面を走査するように、被照射物 P を移動させるように構成されてもよい。

[0027] 以上のように、レーザシステム 5 は、1 台のレーザ装置から出力されたパルスレーザ光よりもパルスエネルギーの高い光束化レーザ光 21 を出力し得る。その結果、レーザアニール装置 1 は、アニールに必要な所定のパルスエネルギー密度で、且つ、広い照射面積で、光束化レーザ光 21 を被照射物 P に照射し得る。そして、大面積の液晶ディスプレイの効率的な製造が可能となり得る。

[0028] 1. 4 制御部

アニール制御部 40 は、ステージ 45 の移動、被照射物 P やマスク 43 の交換などの制御を行ってもよい。アニール制御部 40 は、レーザシステム制御部 20 に対し、トリガ信号 TR を出力してもよい。

[0029] レーザシステム制御部 20 は、アニール制御部 40 から受信したトリガ信号 TR を、同期制御部 22 に送信してもよい。同期制御部 22 は、レーザシステム制御部 20 から受信したトリガ信号 TR に基づいて、第 1 及び第 2 のスイッチ信号 S (1) 及び S (2) をそれぞれ第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b に送信してもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b は、同期制御部 22 から受信したそれぞれのスイッチ信号に基づいて、パルスレーザ光を出力してもよい。

[0030] 1. 5 レーザ装置の詳細

図 2 は、図 1 に示されるレーザシステムの構成例を示す。例えば、第 1 のレーザ装置 2a は、レーザチャンバ 10 と、一对の電極 11a 及び 11b と、充電器 12 と、パルスパワーモジュール (PPM) 13 と、を含んでもよい。第 1 のレーザ装置 2a は、さらに、高反射ミラー 14 と、出力結合ミラ

ー１５と、パルスエネルギー計測部１７と、放電センサ１８と、レーザ制御部１９と、を含んでもよい。第２のレーザ装置２ｂの構成も同様でよい。図２においては、パルスレーザ光２１ａの進行方向と一对の電極１１ａ及び１１ｂの間の放電方向との両方に垂直な方向からみたレーザチャンバ１０の内部構成が示されている。

[0031] レーザチャンバ１０は、例えばレアガスとしてアルゴン又はクリプトン又はキセノン、バッファガスとしてネオン又はヘリウム、ハロゲンガスとして塩素又はフッ素等を含む、レーザ媒質としてのレーザガスが封入されるチャンバでもよい。一对の電極１１ａ及び１１ｂは、レーザ媒質を放電により励起するための電極として、レーザチャンバ１０内に配置されてもよい。レーザチャンバ１０には開口が形成され、この開口を電気絶縁部２９が塞いでいてもよい。電極１１ａは電気絶縁部２９に支持され、電極１１ｂはリターンプレート１０ｄに支持されていてもよい。このリターンプレート１０ｄは図９を参照しながら後述する配線１０ｅ及び１０ｆによってレーザチャンバ１０の内面と接続されてもよい。電気絶縁部２９には、導電部２９ａが埋め込まれていてもよい。導電部２９ａは、パルスパワーモジュール１３から供給される高電圧を電極１１ａに印加するものであってもよい。

[0032] 充電器１２は、パルスパワーモジュール１３の中の後述する充電コンデンサＣ０に所定の電圧で充電する直流電源装置であってもよい。パルスパワーモジュール１３は、スイッチ１３ａと、後述の磁気圧縮回路とを含んでもよい。パルスパワーモジュール１３は、本開示のパルス発生器に相当し得る。

[0033] レーザチャンバ１０の両端にはウインドウ１０ａ及び１０ｂが設けられてもよい。高反射ミラー１４及び出力結合ミラー１５は、光共振器を構成してもよい。パルスエネルギー計測部１７は、ビームスプリッタ１７ａと、集光光学系１７ｂと、光センサ１７ｃとを含んでもよい。

[0034] 同期制御部２２は、第１及び第２のトリガ補正部２２ａ及び２２ｂと、遅延回路部２４と、を含んでもよい。第１及び第２のトリガ補正部２２ａ及び２２ｂの各々は、処理部２５と、遅延回路２６と、タイマー２７とを含んで

もよい。

[0035] 1. 6 レーザ装置の動作

同期制御部 22 において、第 1 及び第 2 のトリガ補正部 22 a 及び 22 b と、遅延回路部 24 と、には、図示しないクロック生成器によって共通のクロック信号が供給されてもよい。遅延回路部 24 は、レーザシステム制御部 20 から出力されたトリガ信号 TR を受信してもよい。遅延回路部 24 は、トリガ信号 TR を受信した時から第 1 の遅延時間 TR d (1) が経過したことを示す第 1 の遅延信号 TR (1) を、第 1 のトリガ補正部 22 a の遅延回路 26 及びタイマー 27 に出力してもよい。遅延回路部 24 は、トリガ信号 TR を受信した時から第 2 の遅延時間 TR d (2) が経過したことを示す第 2 の遅延信号 TR (2) を、第 2 のトリガ補正部 22 b の遅延回路 26 及びタイマー 27 に出力してもよい。第 1 の遅延時間 TR d (1) のデータ及び第 2 の遅延時間 TR d (2) のデータは、レーザシステム制御部 20 から同期制御部 22 に与えられてもよい。

[0036] 第 1 のトリガ補正部 22 a の遅延回路 26 は、第 1 の遅延信号 TR (1) を受信した時から第 1 の補正時間 T d (1) が経過したことを示す第 1 のスイッチ信号 S (1) を、第 1 のレーザ装置 2 a のパルスパワーモジュール 13 に出力してもよい。第 1 の補正時間 T d (1) は、第 1 のトリガ補正部 22 a の処理部 25 によって設定されてもよい。第 2 のトリガ補正部 22 b の遅延回路 26 は、第 2 の遅延信号 TR (2) を受信した時から第 2 の補正時間 T d (2) が経過したことを示す第 2 のスイッチ信号 S (2) を、第 2 のレーザ装置 2 b のパルスパワーモジュール 13 に出力してもよい。第 2 の補正時間 T d (2) は、第 2 のトリガ補正部 22 b の処理部 25 によって設定されてもよい。

[0037] レーザ制御部 19 は、上述のレーザシステム制御部 20 との間で各種信号を送受信してもよい。例えば、レーザ制御部 19 は、レーザシステム制御部 20 から、目標パルスエネルギーのデータを受信してもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のレーザ制御部 19 は、それぞれ、レーザシステ

ム制御部 20 から受信した目標パルスエネルギー $E_t(1)$ 及び $E_t(2)$ のデータに基づいて、充電電圧の設定値 $V(1)$ 及び $V(2)$ を算出してもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b の各々において、レーザ制御部 19 は、充電電圧の設定値を、充電器 12 と、対応するトリガ補正部の処理部 25 と、に送信してもよい。充電器 12 は、充電電圧の設定値に従い、パルスパワーモジュール 13 の中の充電コンデンサ C0 を充電してもよい。

[0038] 第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b のパルスパワーモジュール 13 は、それぞれ、遅延回路 26 から出力された第 1 及び第 2 のスイッチ信号 $S(1)$ 及び $S(2)$ を受信してもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b のパルスパワーモジュール 13 のスイッチ 13a は、それぞれスイッチ信号 $S(1)$ 及び $S(2)$ によって OFF から ON になってもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2a 及び 2b の各々において、スイッチ 13a が OFF から ON になると、パルスパワーモジュール 13 は、充電コンデンサ C0 に保持されていた電気エネルギーからパルス状の高電圧を生成してもよい。この高電圧は、一对の電極 11a 及び 11b に印加されてもよい。

[0039] 一对の電極 11a 及び 11b に高電圧が印加されると、一对の電極 11a 及び 11b 間が絶縁破壊され、放電が起こり得る。この放電のエネルギーにより、レーザチャンバ 10 内のレーザ媒質が励起されて高エネルギー準位に移行し得る。励起されたレーザ媒質が、その後低エネルギー準位に移行するとき、そのエネルギー準位差に応じた光を放出し得る。

[0040] レーザチャンバ 10 内で発生した光は、ウインドウ 10a 及び 10b を介してレーザチャンバ 10 の外部に出射し得る。高反射ミラー 14 は、レーザチャンバ 10 のウインドウ 10a から出射された光を高い反射率で反射してレーザチャンバ 10 に戻してもよい。出力結合ミラー 15 は、レーザチャンバ 10 のウインドウ 10b から出力される光のうちの一部を透過させて出力し、他の一部を反射させてレーザチャンバ 10 内に戻してもよい。

[0041] レーザチャンバ 10 から出射した光は、高反射ミラー 14 と出力結合ミラー 15 との間で往復し、電極 11a と電極 11b との間のレーザゲイン空間

を通過する度に増幅され得る。第1及び第2のレーザ装置2 a及び2 bにおいて、増幅された光の各一部が、出力結合ミラー15を介して、パルスレーザ光21 a及び21 bとして出力され得る。

[0042] パルスエネルギー計測部17のビームスプリッタ17 aは、パルスレーザ光を高い透過率で透過させるとともに、パルスレーザ光の一部を集光光学系17 bに向けて反射してもよい。集光光学系17 bは、ビームスプリッタ17 aによって反射されたパルスレーザ光を光センサ17 cの受光面に集光してもよい。光センサ17 cは、受光面に集光されたパルスレーザ光のパルスエネルギーを検出し、検出されたパルスエネルギーのデータをレーザ制御部19に出力してもよい。レーザ制御部19は、レーザシステム制御部20から受信した目標パルスエネルギーのデータと、検出されたパルスエネルギーのデータとに基づいて、充電電圧の設定値をフィードバック制御してもよい。

[0043] 第1及び第2のレーザ装置2 a及び2 bの放電センサ18は、一对の電極11 a及び11 b間に発生した放電を検出し、それぞれ第1及び第2の放電検出信号DS(1)及びDS(2)を出力してもよい。第1及び第2の放電検出信号DS(1)及びDS(2)は、それぞれ第1及び第2のトリガ補正部22 a及び22 bのタイマー27に入力されてもよい。

[0044] 第1のトリガ補正部22 aのタイマー27は、第1の遅延信号TR(1)を受信した時から、第1の放電検出信号DS(1)を受信した時までの第1の経過時間TR dm(1)を計測し、処理部25に送信してもよい。第2のトリガ補正部22 bのタイマー27は、第2の遅延信号TR(2)を受信した時から、第2の放電検出信号DS(2)を受信した時までの第2の経過時間TR dm(2)を計測し、処理部25に送信してもよい。

[0045] 第1のトリガ補正部22 aの処理部25は、第1のレーザ装置2 aのレーザ制御部19から送信された充電電圧の設定値V(1)と、タイマー27から送信された第1の経過時間TR dm(1)とに基づいて、第1の補正時間Td(1)を設定してもよい。

第2のトリガ補正部22bの処理部25は、第2のレーザ装置2bのレーザ制御部19から送信された充電電圧の設定値 $V(2)$ と、タイマー27から送信された第2の経過時間 $T_{Rdm}(2)$ とに基づいて、第2の補正時間 $T_d(2)$ を設定してもよい。

[0046] 1. 7 タイミングチャート

図3は、図1に示されるレーザシステムにおけるタイミングチャートである。レーザシステム制御部20は、アニール制御部40から受信したトリガ信号 T_R を、同期制御部22に送信してもよい。

同期制御部22の遅延回路部24は、第1及び第2のトリガ補正部22a及び22bに対し、それぞれ第1及び第2の遅延信号 $T_R(1)$ 及び $T_R(2)$ を出力してもよい。第1及び第2の遅延信号は、それぞれ、トリガ信号 T_R を受信した時から互いに異なる第1及び第2の遅延時間 $T_{Rd}(1)$ 及び $T_{Rd}(2)$ が経過したことを示すものでもよい。

[0047] 第1及び第2の遅延信号 $T_R(1)$ 及び $T_R(2)$ の出力タイミングから、第1及び第2の放電検出信号 $DS(1)$ 及び $DS(2)$ の出力タイミングまでの時間は、互いにほぼ等しくなるように制御されることが望ましい。その場合、第1及び第2の遅延信号 $T_R(1)$ 及び $T_R(2)$ の間の時間差とほぼ同じ時間差で、第1及び第2の放電検出信号 $DS(1)$ 及び $DS(2)$ が出力され得る。

[0048] 第1及び第2のレーザ装置2a及び2bからは第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bがそれぞれ出力されてもよい。第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bは、第1及び第2の放電検出信号 $DS(1)$ 及び $DS(2)$ とそれぞれほぼ同じタイミングで出力されてもよい。あるいは、第1及び第2のパルスレーザ光21a及び21bは、第1及び第2の放電検出信号 $DS(1)$ 及び $DS(2)$ からそれぞれわずかに遅れたタイミングで出力されてもよい。

[0049] 第1及び第2のレーザ装置2a及び2bのそれぞれの出力位置から光束化装置3の出射位置までの光路長は、互いにほぼ等しくなるように調節されて

もよい。その場合、光束化装置 3 から出射される光束化レーザ光 2 1 は、第 1 及び第 2 の遅延信号 $TR(1)$ 及び $TR(2)$ の時間差とほぼ同じ時間差を有する第 1 及び第 2 のパルスレーザ光 2 1 a 及び 2 1 b が、組み合わせられたものでもよい。第 1 及び第 2 の遅延信号 $TR(1)$ 及び $TR(2)$ のタイミングを制御することにより、光束化レーザ光 2 1 のパルス波形を調節することができる。

[0050] 第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のそれぞれの出力位置から光束化装置 3 の出射位置までの光路長が互いに異なる場合には、その光路長差を光速で除算した値を用いて、第 1 及び第 2 の遅延信号 $TR(1)$ 及び $TR(2)$ のタイミングを補正してもよい。

[0051] 図 3 に示されるように、第 1 の遅延信号 $TR(1)$ と第 2 の遅延信号 $TR(2)$ とは所定の時間差を有してもよい。ここで、第 1 のレーザ装置 2 a が第 1 のスイッチ信号 $S(1)$ を受信した時から第 1 のパルスレーザ光を生成する時までの第 1 の所要時間は、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C_0 に充電された充電電圧によって変動し得る。第 2 のレーザ装置 2 b が第 2 のスイッチ信号 $S(2)$ を受信した時から第 2 のパルスレーザ光を生成する時までの第 2 の所要時間は、第 2 のレーザ装置 2 b の充電コンデンサ C_0 に充電された充電電圧によって変動し得る。そして、これらの充電電圧は、第 1 のレーザ装置 2 a と第 2 のレーザ装置 2 b とで互いに別々に制御され得る。従って、第 1 の所要時間と第 2 の所要時間とは、互いに別々に変動し得る。また、第 1 の所要時間及び第 2 の所要時間は、それぞれのパルスパワーモジュール 1 3 に含まれる磁気圧縮回路の温度によっても、変動し得る。

[0052] タイマー 2 7 が第 1 の遅延信号 $TR(1)$ を受信した時から、第 1 の放電検出信号 $DS(1)$ を受信した時までの第 1 の経過時間 $TRdm(1)$ は、第 1 の補正時間 $Td(1)$ と、第 1 の所要時間と、の合計時間に相当してもよい。タイマー 2 7 が第 2 の遅延信号 $TR(2)$ を受信した時から、第 2 の放電検出信号 $DS(2)$ を受信した時までの第 2 の経過時間 $TRdm(2)$ は、第 2 の補正時間 $Td(2)$ と、第 2 の所要時間と、の合計時間に相当し

てもよい。

[0053] 第1の経過時間 $T R d m (1)$ を目標値に近づけるためには、第1の所要時間の変動に応じて、第1の補正時間 $T d (1)$ を変更する必要がある。第2の経過時間 $T R d m (2)$ を目標値に近づけるためには、第2の所要時間の変動に応じて、第2の補正時間 $T d (2)$ を変更する必要がある。

[0054] 第1の経過時間 $T R d m (1)$ 及び第2の経過時間 $T R d m (2)$ を目標値に近づけることにより、第1の遅延信号 $T R (1)$ と第2の遅延信号 $T R (2)$ との時間差とほぼ等しい時間差で、第1のパルスレーザ光 $21a$ 及び第2のパルスレーザ光 $21b$ を生成することができる。

[0055] 図4は、第 n のトリガ補正部における具体的な補正方法を示すタイミングチャートである。以下の説明において、第1及び第2のトリガ補正部 $22a$ 及び $22b$ の各々を第 n のトリガ補正部 $22n$ とすることがある。また、第 n のトリガ補正部 $22n$ が入力又は出力する信号に (n) を付して示し、あるいは、第 n のトリガ補正部 $22n$ に設定される時間に (n) を付して示すことがある。

[0056] 第 n の補正時間 $T d (n)$ は、以下の式で算出されるものでもよい。

$$T d (n) = T d 0 (n) + \Delta T V (n)$$

ここで、 $T d 0 (n)$ を第1の補正要素とし、 $\Delta T V (n)$ を第2の補正要素としてもよい。

[0057] 第1の補正要素 $T d 0 (n)$ の初期値は、以下の式で設定されてもよい。

$$\begin{aligned} & T d 0 (n) \text{ の初期値} \\ & = T R d t - F (V 0 (n)) \end{aligned}$$

ここで、 $T R d t$ は、第 n の経過時間 $T R d m (n)$ の目標値であってもよい。第 n の経過時間 $T R d m (n)$ は、タイマー27が第 n の遅延信号 $T R (n)$ を受信した時から、第 n の放電検出信号 $D S (n)$ を受信した時までの経過時間であってもよい。ここでは、第 n の経過時間 $T R d m (n)$ の目標値 $T R d t$ が、第1及び第2のトリガ補正部 $22a$ 及び $22b$ に共通の

値である場合について説明するが、別々の目標値が設定されるようにしてもよい。

- [0058] 上記の式において、 $F(V_0(n))$ は、第 n のレーザ装置 $2n$ における充電電圧の設定値が所定の基準電圧値 $V_0(n)$ である場合の、第 n のスイッチ信号 $S(n)$ の入力から第 n の放電検出信号 $DS(n)$ の出力までの所要時間の計算値であってもよい。パルスパワーモジュール 13 に含まれる磁気圧縮回路において、充電電圧のみが変更された場合には、この充電電圧と、第 n のスイッチ信号 $S(n)$ がスイッチ $13a$ に入力されてからパルス状の高電圧が一对の電極 $11a$ 及び $11b$ の間に印加されるまでの所要時間 T と、の積がほぼ一定値 K となり得る。従って、 $F(V_0(n))$ の計算は、以下の式で行われてもよい。

$$F(V_0(n)) = K / V_0(n)$$

$V_0(n)$ は、基準電圧値でもよい。

- [0059] 第 n のレーザ装置 $2n$ における充電電圧の設定値が所定の基準電圧値 $V_0(n)$ と異なる電圧値 $V(n)$ である場合に、第 2 の補正要素 $\Delta TV(n)$ が、以下の式で算出されてもよい。

$$\Delta TV(n) = F(V_0(n)) - F(V(n))$$

ここで、 $F(V(n))$ は、第 n のレーザ装置 $2n$ における充電電圧の設定値を $V(n)$ とした場合の、第 n のスイッチ信号 $S(n)$ の入力から第 n の放電検出信号 $DS(n)$ の出力までの所要時間の計算値であってもよい。

$F(V(n))$ の計算は、以下の式で行われてもよい。

$$F(V(n)) = K / V(n)$$

- [0060] 以上のように、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいて、第 2 の補正要素 $\Delta TV(n)$ を算出することにより、第 n のスイッチ信号 $S(n)$ のタイミング制御を高速で行うことができる。

- [0061] 第 n のトリガ補正部 $22n$ の処理部 25 は、タイマー 27 が第 n の遅延信号 $TR(n)$ を受信した時から、第 n の放電検出信号 $DS(n)$ を受信した時までの第 n の経過時間 $TRdm(n)$ を受信した場合に、目標値 $TRdt$

との差 $\Delta TRd(n)$ を算出してもよい。差 $\Delta TRd(n)$ は、以下の式により算出されてもよい。

$$\Delta TRd(n) = AVG(TRdm(n)) - TRdt$$

$AVG(TRdm(n))$ は、 $TRdm(n)$ を複数回にわたって計測した場合の $TRdm(n)$ の平均値であってもよい。

[0062] こうして算出された差 $\Delta TRd(n)$ に基づいて、第1の補正要素 $TdO(n)$ が、以下の式により更新されてもよい。

$$TdO(n) = TdO(n) - \Delta TRd(n)$$

[0063] 以上のように、第 n の経過時間 $TRdm(n)$ の平均値と目標値 $TRdt$ との差 $\Delta TRd(n)$ に基づいて、第1の補正要素 $TdO(n)$ を更新することにより、例えば、磁気圧縮回路の温度変化やレーザチャンバのガス圧の変化等による第 n の所要時間の変動に応じた補正が可能となる。これにより、第 n のスイッチ信号 $S(n)$ のタイミング制御を精度よく行うことができる。本明細書では、磁気圧縮回路の温度変化やレーザチャンバのガス圧の変化等による放電タイミングの変化を「ドリフト変化」と定義する。

[0064] 1. 8 フローチャート

1. 8. 1 レーザシステム制御部の処理

図5は、図1に示されるレーザシステム制御部の処理を示すフローチャートである。レーザシステム制御部20は、以下の処理により、第 n のレーザ装置2 n から出力される第 n のパルスレーザ光21 n の各々について、目標パルスエネルギー $Et(n)$ 及び第 n の遅延時間 $TRd(n)$ を算出してもよい。

[0065] まず、S102において、レーザシステム制御部20は、アニール装置4のアニール制御部40から、光束化レーザ光21の目標パルス波形のデータと、光束化レーザ光21の目標パルスエネルギーのデータとを受信してもよい。

[0066] 次に、S103において、レーザシステム制御部20は、第 n のパルスレーザ光21 n の各々について、目標パルスエネルギー $Et(n)$ 及び第 n の

遅延時間 $T_{Rd}(n)$ を算出してもよい。例えば、光束化レーザ光 21 の目標パルス波形が短いパルス幅を有するものである場合には、第 n の遅延時間 $T_{Rd}(n)$ の各々を互いに近接した値としてもよい。また、第 n のパルスレーザ光 21 n の目標パルスエネルギー $E_t(n)$ の合計が、光束化レーザ光 21 の目標パルスエネルギーに近づくように、第 n のパルスレーザ光 21 n の各々の目標パルスエネルギー $E_t(n)$ が決められてもよい。

[0067] 第 n のパルスレーザ光 21 n の各々について、目標パルスエネルギー $E_t(n)$ を算出したら、レーザシステム制御部 20 は、それぞれの値を対応するレーザ装置のレーザ制御部 19 に送信してもよい。

第 n のパルスレーザ光 21 n の各々について、第 n の遅延時間 $T_{Rd}(n)$ を算出したら、レーザシステム制御部 20 は、これらの値を同期制御部 22 の遅延回路部 24 に送信してもよい。

[0068] 次に、S 113 において、レーザシステム制御部 20 は、光束化レーザ光 21 の目標パルス波形と、光束化レーザ光 21 の目標パルスエネルギーを変更するか否かを判定してもよい。これらの値を変更する場合 (S 113 ; YES)、レーザシステム制御部 20 は、処理を上述の S 102 に戻してもよい。変更しない場合 (S 113 ; NO)、レーザシステム制御部 20 は、処理を S 114 に進めてもよい。

[0069] 次に、S 114 において、レーザシステム制御部 20 は、パルス波形の制御を停止するか否かを判定してもよい。パルス波形の制御を停止しない場合 (S 114 ; NO)、レーザシステム制御部 20 は、処理を上述の S 113 に戻してもよい。パルス波形の制御を停止する場合 (S 114 ; YES)、レーザシステム制御部 20 は、本フローチャートの処理を終了してもよい。

[0070] 以上のようにして、レーザシステム制御部 20 は、目標パルスエネルギー $E_t(n)$ 及び第 n の遅延時間 $T_{Rd}(n)$ を算出してもよい。

[0071] 1. 8. 2 レーザ制御部の処理

図 6 は、図 2 に示されるレーザ制御部の処理を示すフローチャートである。第 n のレーザ装置 2 n にそれぞれ含まれるレーザ制御部 19 は、以下の処

理により、目標パルスエネルギー $E_t(n)$ に基づいて充電電圧の設定値 $V(n)$ を算出してもよい。

[0072] まず、S201において、レーザ制御部19は、当該レーザ装置2nの充電電圧の設定値 $V(n)$ を、初期値に設定してもよい。充電電圧の設定値の初期値は、上述の基準電圧値 $V_0(n)$ であってもよい。

[0073] 次に、S202において、レーザ制御部19は、レーザシステム制御部20から、当該レーザ装置2(n)の目標パルスエネルギー $E_t(n)$ を読出してもよい。

[0074] 次に、S203において、レーザ制御部19は、当該レーザ装置2(n)がレーザ発振したか否かを判定してもよい。当該レーザ装置2(n)がレーザ発振していない場合(S203; NO)、レーザ制御部19は、レーザ発振するまで待機してもよい。当該レーザ装置2(n)がレーザ発振した場合(S203; YES)、レーザ制御部19は、処理をS204に進めてもよい。

[0075] S204において、レーザ制御部19は、当該レーザ装置2nから出力されたパルスレーザ光21nのパルスエネルギー $E(n)$ を検出してもよい。パルスエネルギー $E(n)$ は、パルスエネルギー計測部17によって検出されてもよい。

[0076] 次に、S205において、レーザ制御部19は、検出されたパルスエネルギー $E(n)$ と、目標パルスエネルギー $E_t(n)$ との差 $\Delta E(n)$ を、以下の式により算出してもよい。

$$\Delta E(n) = E(n) - E_t(n)$$

[0077] 次に、S206において、レーザ制御部19は、目標パルスエネルギーとの差 $\Delta E(n)$ に基づいて、充電電圧の設定値の変化量 $\Delta V(n)$ を以下の式により算出してもよい。

$$\Delta V(n) = H \cdot \Delta E(n)$$

ここで、Hは比例定数であってもよい。充電電圧の設定値の変化量 $\Delta V(n)$ は、次の充電電圧の設定値 $V(n)$ をどのくらい変化させればよいかを

示していてもよい。レーザ制御部 19 は、次の充電電圧の設定値 $V(n)$ を以下の式により算出してもよい。

$$V(n) = V(n) + \Delta V(n)$$

[0078] 次に、S207において、レーザ制御部 19 は、充電器 12 と、第 n のトリガ補正部 22 n の処理部 25 と、に次の充電電圧の設定値 $V(n)$ を送信してもよい。

[0079] 次に、S208において、レーザ制御部 19 は、目標パルスエネルギー $E_t(n)$ を変更するか否かを判定してもよい。目標パルスエネルギー $E_t(n)$ を変更する場合 (S208; YES)、レーザ制御部は、処理を上述の S202 に戻してもよい。目標パルスエネルギー $E_t(n)$ を変更しない場合 (S208; NO)、レーザ制御部は、処理を上述の S203 に戻してもよい。

[0080] 以上のようにして、レーザ制御部 19 は、充電電圧の設定値 $V(n)$ を算出してもよい。

[0081] 1. 8. 3 第 n のトリガ補正部の処理

図 7 は、図 2 に示される第 n のトリガ補正部の処理を示すフローチャートである。第 n のトリガ補正部 22 n は、以下の処理により、第 n の補正時間 $T_d(n)$ を構成する第 1 の補正要素 $T_{d0}(n)$ 及び第 2 の補正要素 $\Delta T_V(n)$ を算出してもよい。

[0082] まず、S301において、第 n のトリガ補正部 22 n は、以下のように、いくつかの変数を初期値に設定してもよい。

$$J = 0$$

$$TRdmsum(n) = 0$$

$$T_{d0}(n) = TRdt - F(V_0(n))$$

ここで、 J は発振パルス数を数えるためのカウンタでもよい。 $TRdmsum(n)$ は、タイマー 27 が第 n の遅延信号 $TR(n)$ を受信した時から、第 n の放電検出信号 $DS(n)$ を受信した時までの第 n の経過時間 $TRdm(n)$ の平均値を算出するための、 $TRdm(n)$ の合計値であってもよい。

い。T d 0 (n) は、第 1 の補正要素であって、T R d t - F (V 0 (n)) は、上述した第 1 の補正要素の初期値であってもよい。

[0083] 次に、S 3 0 2 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、レーザ制御部 1 9 から、充電電圧の設定値 V (n) を読出してもよい。

[0084] 次に、S 3 0 3 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、充電電圧の設定値 V (n) に基づいて、第 2 の補正要素 $\Delta T V (n)$ を以下の式により算出してもよい。

$$\Delta T V (n) = F (V 0 (n)) - F (V (n))$$

[0085] 次に、S 3 0 4 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、第 n の補正時間 T d (n) を以下の式により算出してもよい。

$$T d (n) = T d 0 (n) + \Delta T V (n)$$

ここで、T d 0 (n) は第 1 の補正要素であり、 $\Delta T V (n)$ は第 2 の補正要素であってもよい。

[0086] 次に、S 3 0 6 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、第 n のレーザ装置 2 n がレーザ発振したか否かを判定してもよい。第 n のレーザ装置 2 n がレーザ発振したか否かは、放電センサ 1 8 から第 n の放電検出信号 D S (n) をタイマー 2 7 が受信したか否かによって判定されてもよい。第 n のレーザ装置 2 n がレーザ発振した場合 (S 3 0 6 ; Y E S) 、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、処理を S 3 0 7 に進めてもよい。第 n のレーザ装置 2 n がレーザ発振していない場合 (S 3 0 6 ; N O) 、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、第 n のレーザ装置 2 n がレーザ発振するまで待機してもよい。

[0087] S 3 0 7 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、現在のカウンタ J の値に 1 を加算して J の値を更新してもよい。

[0088] 次に、S 3 0 8 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、タイマー 2 7 が第 n の遅延信号 T R (n) を受信した時から、第 n の放電検出信号 D S (n) を受信した時までの第 n の経過時間 T R d m (n) を、タイマー 2 7 から読出してもよい。

[0089] 次に、S 3 0 9 において、第 n のトリガ補正部 2 2 n は、以下の式により

、 $TRdm(n)$ の合計値 $TRdmsum(n)$ を更新してもよい。

$$TRdmsum(n) = TRdmsum(n) + TRdm(n)$$

[0090] 次に、S312において、第 n のトリガ補正部22 n は、カウンタ J の値が所定のサンプル数 $Jmax$ に達したか否かを判定してもよい。カウンタ J の値が所定のサンプル数 $Jmax$ に達していない場合(S312; NO)、第 n のトリガ補正部22 n は、処理を上述のS302に戻してもよい。カウンタ J の値が所定のサンプル数 $Jmax$ に達した場合(S312; YES)、第 n のトリガ補正部22 n は、処理をS313に進めてもよい。

[0091] S313において、第 n のトリガ補正部22 n は、 $TRdm(n)$ の平均値と、目標値 $TRdt$ との差 $\Delta TRd(n)$ を算出してもよい。差 $\Delta TRd(n)$ は、以下の式により算出されてもよい。

$$\begin{aligned}\Delta TRd(n) &= AVG(TRdm(n)) - TRdt \\ &= TRdmsum(n) / Jmax - TRdt\end{aligned}$$

[0092] 次に、S314において、第 n のトリガ補正部22 n は、第1の補正要素 $Td0(n)$ を、以下の式により更新してもよい。

$$Td0(n) = Td0(n) - \Delta TRd(n)$$

[0093] 第1の補正要素 $Td0(n)$ を更新したら、第 n のトリガ補正部22 n は、処理を上述のS302に戻してもよい。

[0094] 以上のようにして、第 n のトリガ補正部22 n は、第1の補正要素 $Td0(n)$ 及び第2の補正要素 $\Delta TV(n)$ を更新しながら、第 n の補正時間 $Td(n)$ を算出してもよい。第2の補正要素 $\Delta TV(n)$ は、上述のように、1回のパルス発振ごとに更新されてもよい。第1の補正要素 $Td0(n)$ は、上述のように、所定のサンプル数 $Jmax$ のパルス発振ごとに更新されてもよい。所定のサンプル数 $Jmax$ は、例えば200回~10000回であってもよい。このように、第1の補正要素 $Td0(n)$ の更新により第 n の補正時間 $Td(n)$ を設定する設定処理の頻度は、第2の補正要素 $\Delta TV(n)$ の更新により第 n の補正時間 $Td(n)$ を設定する設定処理の頻度より小さくてもよい。

- [0095] 以上の比較例によれば、第 n のトリガ補正部22 n が、第 n の所要時間の変動に応じて第 n の補正時間 $T_d(n)$ を補正することにより、第 n の経過時間 $T_{Rdm}(n)$ を目標値 T_{Rdt} に近づけることができる。具体的には、充電電圧の設定値に基づく補正時間の制御と、ドリフト変化による第 n の所要時間の変動に応じた補正時間の制御と、が可能となる。これにより、各レーザ装置の放電タイミングを安定化させ、光束化レーザ光のパルス波形を安定化し得る。
- [0096] 光束化レーザ光のパルス波形の制御は、遅延回路部24が第 n の遅延時間 $T_{Rd}(n)$ を制御することにより実現されるので、第 n のトリガ補正部22 n による制御とは別々に行うことができる。
- [0097] また、以上の比較例によれば、図示しないクロック生成器が、第1及び第2のトリガ補正部22 a 及び22 b と、遅延回路部24と、に共通のクロック信号を生成している。これにより、それぞれの遅延時間 $T_{Rd}(n)$ あるいは補正時間 $T_d(n)$ の相互の誤差を低減することができる。
- [0098] なお、同期制御部22と各レーザ装置との配線が長い場合には、配線の長さを l とすると電気信号は l/c 遅れ得る。 c は光速でもよい。そこで、それぞれのスイッチ信号 $S(n)$ とそれぞれの放電センサのタイミング信号の電線の長さから信号の遅れ分を補正してもよい。また、配線の代わりに光ファイバによる通信を行ったとしても同様の遅れが発生し得るので、この補正を行ってもよい。
- [0099] また、この比較例では、光束化レーザ光のパルス波形の制御は、遅延回路部24が、第 n の遅延時間 $T_{Rd}(n)$ を制御することにより実現しているが、この比較例に限定されることなく、以下の構成であってもよい。遅延回路部24の代わりにアニール制御部40からのトリガ信号 TR を遅延することなく分配する分配器を配置し、各レーザ装置に対応するトリガ補正部22 n に、それぞれ、異なる目標値 $T_{Rdt}(n)$ を設定することによって、各レーザ装置から出力されるパルスレーザ光のタイミングを制御してもよい。
- [0100] 上述の説明においては、レーザシステム制御部20、同期制御部22及び

各レーザ装置のレーザ制御部 19 がレーザ装置の制御を行ったが、本開示はこれに限定されない。アニール装置 4 に含まれるアニール制御部 40 が、各種制御を行ってもよい。

[0101] 1. 9 課題

以上の比較例においては、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいて第 2 の補正要素 $\Delta T V(n)$ が算出されてもよい。しかしながら、充電コンデンサ C_0 に充電された実際の充電電圧が充電電圧の設定値 $V(n)$ とずれる場合があり得る。その場合、複数のレーザ装置から出力される複数のパルスレーザ光の同期精度が悪化することがあり得る。

その結果、複数のパルスレーザ光を束ねた光束化レーザ光のパルス波形が変化し、アニール性能に影響することがあり得る。

以下に説明する実施形態においては、複数のレーザ装置に共通の充電電圧計測部によって、実際の充電電圧を精度よく計測し、この計測された充電電圧に基づいてブリード回路やトリガ補正部が動作するようにしてもよい。

[0102] 2. 計測された充電電圧に基づいてブリード回路を制御するレーザシステム
(第 1 の実施形態)

2. 1 構成

図 8 は、本開示の第 1 の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。第 1 の実施形態において、レーザアニール装置 1 の全体的な構成は、図 1 と同様でよい。

[0103] 第 1 の実施形態において、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b の各々は、さらに、分圧回路 6 と、ブリード回路 7 と、を含んでもよい。レーザシステム 5 は、さらに、充電電圧計測部 8 と、ブリード回路制御部 9 と、を含んでもよい。

[0104] 第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b の各々において、分圧回路 6 及びブリード回路 7 は、充電器 12 とパルスパワーモジュール 13 の充電コンデンサ C_0 とを接続する配線に接続されていてもよい。第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のそれぞれに含まれる分圧回路 6 は、充電電圧計測部 8 に

接続されていてもよい。充電電圧計測部 8 は、ブリード回路制御部 9 に接続されていてもよい。ブリード回路制御部 9 は、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のレーザ制御部 1 9 とこれらのレーザ装置に対応するトリガ補正部の処理部 2 5 とを接続する信号線に接続されていてもよい。ブリード回路制御部 9 は、さらに、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のそれぞれに含まれるブリード回路 7 に接続されていてもよい。

[0105] 図 9 は、第 1 の実施形態においてパルスレーザ光の進行方向に略平行な方向からみたレーザチャンバの内部構成を示す。図 9 は、図 8 に示されるパルスパワーモジュール、放電センサ、分圧回路、ブリード回路、充電電圧測定器の構成も示している。レーザチャンバ 1 0 の壁面を含む導電性部材は、接地電位に接続されていてもよい。電極 1 1 b は、リターンプレート 1 0 d と配線 1 0 e 及び 1 0 f とレーザチャンバ 1 0 の壁面を介して接地電位に接続されていてもよい。

[0106] 第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b の各々に含まれる放電センサ 1 8 は、レーザチャンバ 1 0 に取り付けられたウインドウ 1 0 c と、集光光学系 1 8 1 と、光センサ 1 8 2 と、を含んでもよい。

[0107] ウインドウ 1 0 c は、一对の電極 1 1 a 及び 1 1 b の間の放電によって発生した光を透過させてもよい。集光光学系 1 8 1 は、ウインドウ 1 0 c を透過した光を光センサ 1 8 2 の受光面に集光してもよい。光センサ 1 8 2 は、フォトダイオード又は光電管を含んでもよい。光センサ 1 8 2 は、一对の電極 1 1 a 及び 1 1 b の間の放電によって発生した光を検出することにより、放電タイミングを示す第 n の放電検出信号 D S (n) を同期制御部 2 2 に送信してもよい。

[0108] パルスパワーモジュール 1 3 は、充電コンデンサ C 0 と、スイッチ 1 3 a と、昇圧トランス T C 1 と、複数の磁気スイッチ S r 1 ~ S r 3 と、複数のコンデンサ C 1 ~ C 3 と、を含んで構成されてもよい。昇圧トランス T C 1 と、複数の磁気スイッチ S r 1 ~ S r 3 と、複数のコンデンサ C 1 ~ C 3 とは、磁気圧縮回路を構成してもよい。

[0109] 磁気スイッチ $S_{r1} \sim S_{r3}$ は、いずれも、可飽和リアクトルを含んでもよい。磁気スイッチ $S_{r1} \sim S_{r3}$ の各々は、その両端に印加された電圧の時間積分値が、各磁気スイッチの特性で決まる所定の値になったときに、低インピーダンスになるようにしもよい。

[0110] 充電器 12 には、レーザ制御部 19 により充電電圧の設定値 $V(n)$ が設定されてもよい。充電器 12 は、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいて、充電コンデンサ $C0$ を充電してもよい。

パルスパワーモジュール 13 のスイッチ 13a には、同期制御部 22 によりスイッチ信号が入力されてもよい。スイッチ信号がスイッチ 13a に入力されると、スイッチ 13a が ON になってもよい。スイッチ 13a が ON になると、充電コンデンサ $C0$ から昇圧トランス TC1 の 1 次側に電流が流れ得る。

[0111] 昇圧トランス TC1 の 1 次側に電流が流れると、電磁誘導によって昇圧トランス TC1 の 2 次側に逆方向の電流が流れ得る。昇圧トランス TC1 の 2 次側に電流が流れると、やがて磁気スイッチ S_{r1} に印加される電圧の時間積分値が閾値に達し得る。

[0112] 磁気スイッチ S_{r1} に印加される電圧の時間積分値が閾値に達すると、磁気スイッチ S_{r1} は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチ S_{r1} は閉じ得る。

磁気スイッチ S_{r1} が閉じると、昇圧トランス TC1 の 2 次側からコンデンサ $C1$ に電流が流れ、コンデンサ $C1$ が充電され得る。

[0113] コンデンサ $C1$ が充電されることにより、やがて磁気スイッチ S_{r2} は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチ S_{r2} は閉じ得る。

磁気スイッチ S_{r2} が閉じると、コンデンサ $C1$ からコンデンサ $C2$ に電流が流れ、コンデンサ $C2$ が充電され得る。このとき、コンデンサ $C1$ を充電する際の電流のパルス幅よりも短いパルス幅で、コンデンサ $C2$ が充電されてもよい。

[0114] コンデンサ $C2$ が充電されることにより、やがて磁気スイッチ S_{r3} は磁

気飽和した状態となり、磁気スイッチ S_{r3} は閉じ得る。

磁気スイッチ S_{r3} が閉じると、コンデンサ C_2 からコンデンサ C_3 に電流が流れ、コンデンサ C_3 が充電され得る。このとき、コンデンサ C_2 を充電する際の電流のパルス幅よりも短いパルス幅で、コンデンサ C_3 が充電されてもよい。

[0115] このように、コンデンサ C_1 からコンデンサ C_2 、コンデンサ C_2 からコンデンサ C_3 へと電流が順次流れることにより、当該電流のパルス幅は圧縮され得る。

[0116] コンデンサ C_3 の電圧がレーザガスのブレイクダウン電圧に達したときに、一对の電極 $11a$ 及び $11b$ 間のレーザガスに絶縁破壊が生じてもよい。これにより、レーザガスが励起され、レーザ発振して、パルスレーザ光が出力され得る。このような放電動作が、スイッチ $13a$ のスイッチング動作によって繰り返されることにより、所定の発振周波数で、パルスレーザ光が出力されてもよい。放電センサ 18 の代わりの放電タイミング検出器として、放電電流を検出する電流計 $18b$ が用いられてもよい。この電流計 $18b$ は電流プローブであって、放電のタイミングを検出してもよい。

また、放電センサ 18 の代わりの放電タイミング検出器として、パルスエネルギー計測部 17 (図8) が用いられてもよい。このパルスエネルギー計測部 17 は、高速のフォトダイオードを含んでもよい。

[0117] 第1及び第2のレーザ装置 $2a$ 及び $2b$ の各々に含まれる分圧回路 6 は、第1の抵抗素子 61 と、第2の抵抗素子 62 とを含んでもよい。第1の抵抗素子 61 は、充電器 12 とパルスパワーモジュール 13 の充電コンデンサ C_0 とを接続する配線に接続されていてもよい。第2の抵抗素子 62 は、第1の抵抗素子 61 と接地電位との間に接続されていてもよい。第1の抵抗素子 61 と第2の抵抗素子 62 との間の出力端子 63 が、充電電圧計測部 8 に接続されていてもよい。第1の抵抗素子 61 は、第2の抵抗素子 62 の10倍以上の抵抗値を有していてもよい。出力端子 63 の電圧は、第1の抵抗素子 61 と第2の抵抗素子 62 との抵抗比に応じた割合で、充電コンデンサ C_0

に充電された充電電圧を分圧して得られた電圧であってもよい。

[0118] 充電電圧計測部 8 は、第 1 のアンプ 8 1 と、第 2 のアンプ 8 2 と、マルチプレクサ 8 3 と、A/D コンバータ 8 4 と、計測制御部 8 5 とを含んでもよい。第 1 のアンプ 8 1 は、第 1 のレーザ装置 2 a に含まれる分圧回路 6 から出力された電圧信号を増幅してマルチプレクサ 8 3 の第 1 のチャンネルに出力してもよい。第 2 のアンプ 8 2 は、第 2 のレーザ装置 2 b に含まれる分圧回路 6 から出力される電圧信号を増幅してマルチプレクサ 8 3 の第 2 のチャンネルに出力してもよい。マルチプレクサ 8 3 は、さらに A/D コンバータ 8 4 に接続されてもよい。マルチプレクサ 8 3 は、第 1 のアンプ 8 1 の出力を A/D コンバータ 8 4 に入力する第 1 のモードと、第 2 のアンプ 8 2 の出力を A/D コンバータ 8 4 に入力する第 2 のモードとの切替えが可能なスイッチであってもよい。

[0119] A/D コンバータ 8 4 は、マルチプレクサ 8 3 から入力されたアナログの電圧信号をデジタルの電圧データに変換して計測制御部 8 5 に出力してもよい。A/D コンバータ 8 4 は、マルチプレクサ 8 3 に接続された共通の計測部であってもよい。計測制御部 8 5 は、マルチプレクサ 8 3 と A/D コンバータ 8 4 とにそれぞれ信号線を介して接続され、マルチプレクサ 8 3 と A/D コンバータ 8 4 とを制御してもよい。計測制御部 8 5 は、A/D コンバータ 8 4 から受信した電圧データを、ブリード回路制御部 9 に出力してもよい。

[0120] ブリード回路制御部 9 は、第 1 のレーザ装置 2 a のレーザ制御部 1 9 によって設定される充電電圧の設定値 $V(1)$ と、充電電圧計測部 8 によって計測された第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C_0 に充電された充電電圧 $V_m(1)$ とを比較してもよい。ブリード回路制御部 9 は、この比較の結果に基づいて、第 1 のレーザ装置 2 a のブリード回路 7 にスイッチ ON 信号を出力してもよい。

[0121] ブリード回路制御部 9 は、第 2 のレーザ装置 2 b のレーザ制御部 1 9 によって設定される充電電圧の設定値 $V(2)$ と、充電電圧計測部 8 によって計測された第 2 のレーザ装置 2 b の充電コンデンサ C_0 に充電された充電電圧

$V_m(2)$ とを比較してもよい。ブリード回路制御部 9 は、この比較の結果に基づいて、第 2 のレーザ装置 2 b のブリード回路 7 にスイッチ ON 信号を出力してもよい。

[0122] 第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b の各々に含まれるブリード回路 7 は、抵抗素子 7 1 と、バイポーラトランジスタ 7 2 と、を含んでもよい。図 9 に示されるように、充電器 1 2 とパルスパワーモジュール 1 3 の充電コンデンサ C 0 とを接続する配線に抵抗素子 7 1 が接続され、抵抗素子 7 1 と接地電位との間にバイポーラトランジスタ 7 2 などの固体スイッチが接続されてもよい。なお、バイポーラトランジスタ 7 2 において、抵抗素子 7 1 に接続される端子はコレクタ端子であってもよい。接地電位に接続される端子はエミッタ端子であってもよい。図 9 に示される例とは逆に、充電器 1 2 とパルスパワーモジュール 1 3 の充電コンデンサ C 0 とを接続する配線にバイポーラトランジスタ 7 2 が接続され、抵抗素子 7 1 と接地電位との間に抵抗素子 7 1 が接続されてもよい。

[0123] ブリード回路制御部 9 から出力される上述のスイッチ ON 信号は、バイポーラトランジスタ 7 2 のベース端子に入力されてもよい。バイポーラトランジスタ 7 2 においては、ベース端子にスイッチ ON 信号が入力されていないときは、コレクタ端子とエミッタ端子との間がほぼ電気絶縁状態であってもよい。バイポーラトランジスタ 7 2 においては、ベース端子にスイッチ ON 信号が入力されると、コレクタ端子及びエミッタ端子間の電気抵抗が低下してもよい。このとき、抵抗素子 7 1 とバイポーラトランジスタ 7 2 とを介して電流が流れ、パルスパワーモジュール 1 3 の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧が低下してもよい。

[0124] 2. 2 動作

2. 2. 1 計測制御部の処理

図 10 は、図 9 に示される計測制御部の処理を示すフローチャートである。計測制御部 8 5 は、以下の処理により、マルチプレクサ 8 3 と AD コンバータ 8 4 とを制御して、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b のそれぞれ

の充電コンデンサC 0に充電される充電電圧 $V_m(1)$ 及び $V_m(2)$ を計測してもよい。

[0125] まず、S 4 0 1において、計測制御部8 5は、マルチプレクサ8 3を第1のチャンネルに設定してもよい。これにより、第1のレーザ装置2 aの充電コンデンサC 0が、分圧回路6及び第1のアンプ8 1を介してADコンバータ8 4に接続されてもよい。

次に、S 4 0 2において、計測制御部8 5は、ADコンバータ8 4の出力を読み取ることにより、第1のレーザ装置2 aの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧 $V_m(1)$ を読み込んでもよい。

次に、S 4 0 3において、計測制御部8 5は、第1のレーザ装置2 aの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧 $V_m(1)$ のデータを、ブリード回路制御部9に送信してもよい。

[0126] 次に、S 4 0 4において、計測制御部8 5は、マルチプレクサ8 3を第2のチャンネルに設定してもよい。これにより、第2のレーザ装置2 bの充電コンデンサC 0は、分圧回路6及び第2のアンプ8 2を介してADコンバータ8 4に接続されてもよい。

次に、S 4 0 5において、計測制御部8 5は、ADコンバータ8 4の出力を読み取ることにより、第2のレーザ装置2 bの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧 $V_m(2)$ を読み込んでもよい。

次に、S 4 0 6において、計測制御部8 5は、第2のレーザ装置2 bの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧 $V_m(2)$ のデータを、ブリード回路制御部9に送信してもよい。

[0127] S 4 0 6の後、計測制御部8 5は、処理を上述のS 4 0 1に戻してもよい。

以上の処理により、計測制御部8 5は、第1及び第2のレーザ装置2 a及び2 bの各々の充電コンデンサC 0に充電された充電電圧を交互に計測してもよい。

[0128] 2. 2. 2 ブリード回路制御部の処理

図 11 は、図 9 に示されるブリード回路制御部の処理を示すフローチャートである。ブリード回路制御部 9 は、以下の処理により、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b の各々について、充電電圧の設定値と充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧とを比較し、ブリード回路 7 を制御してもよい。

[0129] まず、S 5 0 1 において、ブリード回路制御部 9 は、第 1 のレーザ装置 2 a のレーザ制御部 1 9 によって設定される充電電圧の設定値 $V(1)$ を読み込んでもよい。

次に、S 5 0 2 において、ブリード回路制御部 9 は、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C 0 の充電が完了したか否かを判定してもよい。充電コンデンサ C 0 の充電が完了したか否かは、充電電圧の設定値 $V(1)$ よりも充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧 $V_m(1)$ の方が高くなったか否かによって判定されてもよい。

次に、S 5 0 3 において、ブリード回路制御部 9 は、充電電圧計測部 8 によって計測された充電コンデンサ C 0 の充電電圧 $V_m(1)$ のデータを読み込んでもよい。

次に、S 5 0 4 において、ブリード回路制御部 9 は、第 1 のレーザ装置 2 a のブリード回路 7 にスイッチ ON 信号を出力してもよい。これにより、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧が降下を開始し得る。

次に、S 5 0 5 において、ブリード回路制御部 9 は、充電電圧計測部 8 によって計測された第 1 のレーザ装置 2 a の充電電圧 $V_m(1)$ と第 1 のレーザ装置 2 a の充電電圧の設定値 $V(1)$ とを比較してもよい。

充電電圧計測部 8 によって計測された第 1 のレーザ装置 2 a の充電電圧 $V_m(1)$ が、第 1 のレーザ装置 2 a の充電電圧の設定値 $V(1)$ を超えている場合 (S 5 0 5 ; NO)、ブリード回路制御部 9 は、処理を上述の S 5 0 3 に戻して、充電電圧 $V_m(1)$ を新たに読み込みながらブリード回路 7 を制御してもよい。S 5 0 4 において第 1 のレーザ装置 2 a のブリード回路 7 にスイッチ ON 信号が出力されているので、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コ

ンデンサC 0に充電された充電電圧 $V_m(1)$ がさらに降下し得る。

充電電圧計測部8によって計測された第1のレーザ装置2 aの充電電圧 $V_m(1)$ が、第1のレーザ装置2 aの充電電圧の設定値 $V(1)$ 以下となった場合(S 5 0 5 ; Y E S)、ブリード回路制御部9は、処理をS 5 0 6に進めてもよい。

S 5 0 6において、ブリード回路制御部9は、第1のレーザ装置2 aのブリード回路7に送信するスイッチON信号を停止させてもよい。すなわち、ブリード回路制御部9は、第1のレーザ装置2 aのブリード回路7に含まれるバイポーラトランジスタ7 2をスイッチOFFにしてもよい。

次に、S 5 0 7において、ブリード回路制御部9は、第1のレーザ装置2 aの充電コンデンサC 0の充電が完了したことを示す信号を、第1のレーザ装置2 aのレーザ制御部1 9に送信してもよい。

以上のようにして、第1のレーザ装置2 aの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧が制御されてもよい。

[0130] S 5 0 7の後、ブリード回路制御部9は、S 5 1 1～S 5 1 7の処理を実行してもよい。S 5 1 1～S 5 1 7の処理は、上述のS 5 0 1～S 5 0 7の処理において、第1のレーザ装置2 aの各構成要素が第2のレーザ装置2 bの各構成要素に置き換えられたものでもよい。これらの処理により、第2のレーザ装置2 bの充電コンデンサC 0に充電される充電電圧が制御されてもよい。

[0131] 2. 3 作用

以上説明した第1の実施形態によれば、複数のレーザ装置に共通の充電電圧計測部によって、実際の充電電圧を精度よく計測し得る。この実際の充電電圧に基づいてブリード回路が動作するので、充電電圧を設定値に精度よく調整し得る。従って、トリガ補正部によるトリガタイミングの補正を精度よく行うことができる。

[0132] 米国特許第8 2 3 8 4 0 0号明細書は、2台のレーザの充電コンデンサへの充電電圧を互いに一致させるために、2台のレーザの充電コンデンサを接

続するスイッチを配置することを開示している。また、米国特許第6865210号明細書は、1つの充電器で、2つの充電コンデンサを充電することを開示している。しかしながら、これらの方式では、2台のレーザの充電電圧が同一でなければならない。また、これらの方式では、2台のレーザが近接して配置されていなければならない。これに対し、本実施形態によれば、2台のレーザの充電電圧を別々に制御する場合でも、それぞれの充電電圧を精度よく計測できる。また、2台のレーザが互いに離れて配置されていても、それぞれの充電電圧を精度よく計測できる。従って、トリガタイミングを高精度に調整し得る。

[0133] 3. 計測された充電電圧に基づいてトリガタイミングを制御するレーザシステム（第2の実施形態）

3. 1 構成

図12は、本開示の第2の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。第2の実施形態において、第1及び第2のレーザ装置2a及び2bの各々は、ブリード回路7を含まなくてもよい。さらに、レーザシステム5は、ブリード回路制御部9を含まなくてもよい。

[0134] 充電電圧計測部8は、第1のトリガ補正部22aに含まれる処理部25と、第2のトリガ補正部22bに含まれる処理部25とにそれぞれ信号線を介して接続されていてもよい。

[0135] 3. 2 動作

充電電圧計測部8は、第1のレーザ装置2aの充電コンデンサC0に充電された充電電圧 $V_m(1)$ のデータを、第1のトリガ補正部22aに含まれる処理部25に送信してもよい。

充電電圧計測部8は、第2のレーザ装置2bの充電コンデンサC0に充電された充電電圧 $V_m(2)$ のデータを、第2のトリガ補正部22bに含まれる処理部25に送信してもよい。

[0136] 第1及び第2のトリガ補正部22a及び22bは、上述の図7と同様の処理により、充電電圧に基づいてスイッチ信号S(1)及びS(2)のトリガ

タイミングを補正してもよい。但し、第2の実施形態においては、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいてトリガタイミングが補正されるのではなく、充電電圧計測部8によって計測された充電コンデンサC0の充電電圧 $V_m(n)$ に基づいてトリガタイミングが補正されてもよい。

他の点については、第1の実施形態と同様でよい。

[0137] 第2の実施形態によれば、複数のレーザ装置に共通の充電電圧計測部によって、実際の充電電圧を精度よく計測し得る。この実際の充電電圧に基づいてトリガ補正部が動作するので、トリガタイミングの補正を精度よく行うことができる。

[0138] 4. トリガ補正部をレーザ装置と一体化したレーザシステム（第3の実施形態）

図13は、本開示の第3の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

第3の実施形態において、処理部25、遅延回路26及びタイマー27を含む第1のトリガ補正部は、第1のレーザ装置2aと一体のものであり、あるいは、第1のレーザ装置2aに含まれるものでもよい。

[0139] 第3の実施形態において、処理部25、遅延回路26及びタイマー27を含む第2のトリガ補正部は、第2のレーザ装置2bと一体のものであり、あるいは、第2のレーザ装置2bに含まれるものでもよい。

[0140] 第3の実施形態において、第1のトリガ補正部のための図示しないクロック生成器と、第2のトリガ補正部のための図示しないクロック生成器と、は別々のクロック生成器であってもよい。これらのクロック生成器のクロック周波数は、1GHz以上が好ましい。

[0141] 他の点については、第2の実施形態と同様でよい。

第3の実施形態については、ブリード回路を含まない第2の実施形態においてトリガ補正部をレーザ装置と一体化した場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。ブリード回路を含む第1の実施形態において、トリガ補正部をレーザ装置と一体化してもよい。

[0142] 5. 計測された充電電圧に基づいてブリード回路とトリガタイミングとの両方を制御するレーザシステム（第4の実施形態）

5. 1 構成

図14は、本開示の第4の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。第4の実施形態において、充電電圧計測部8は、第1のトリガ補正部22aに含まれる処理部25と、第2のトリガ補正部22bに含まれる処理部25とにそれぞれ信号線を介して接続されていてもよい。

[0143] 5. 2 動作

充電電圧計測部8は、第1のレーザ装置2aの充電コンデンサC0に充電された充電電圧 $V_m(1)$ のデータを、ブリード回路制御部9と、第1のトリガ補正部22aに含まれる処理部25との両方に送信してもよい。

充電電圧計測部8は、第2のレーザ装置2bの充電コンデンサC0に充電された充電電圧 $V_m(2)$ のデータを、ブリード回路制御部9と、第2のトリガ補正部22bに含まれる処理部25との両方に送信してもよい。

[0144] ブリード回路制御部9は、第1及び第2のレーザ装置2a及び2bに含まれる充電コンデンサC0の充電電圧 $V_m(n)$ を、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいて制御してもよい。

[0145] 第1及び第2のトリガ補正部22a及び22bは、上述の図7と同様の処理により、充電電圧に基づいてスイッチ信号 $S(1)$ 及び $S(2)$ のトリガタイミングを補正してもよい。但し、第4の実施形態においては、充電電圧の設定値 $V(n)$ に基づいてトリガタイミングが補正されるのではなく、充電電圧計測部8によって計測された充電コンデンサC0の充電電圧 $V_m(n)$ に基づいてトリガタイミングが補正されてもよい。

他の点については、第1の実施形態と同様でよい。

[0146] 第4の実施形態によれば、複数のレーザ装置に共通の充電電圧計測部によって、実際の充電電圧を精度よく計測し得る。この実際の充電電圧に基づいてブリード回路が動作するので、充電電圧を設定値に精度よく調整し得る。さらに、設定値の付近に調整された実際の充電電圧に基づいてトリガ補正部

が動作するので、トリガタイミングの補正を精度よく行い得る。そして、レーザ装置のパルスエネルギーの安定性も改善し得る。

[0147] 6. ブリード回路を共通化したレーザシステム（第5の実施形態）

6. 1 構成

図15は、本開示の第5の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。第5の実施形態においては、ブリード回路が第1及び第2のレーザ装置2a及び2bにそれぞれ設けられるのではなく、1つの共通のブリード回路79が設けられていてもよい。

図16は、図15に示されるブリード回路79の構成を概略的に示す。ブリード回路79は、マルチプレクサ73と、抵抗素子71と、バイポーラトランジスタ72と、ブリード回路制御部9と、を含んでいてもよい。第1のレーザ装置2aの充電コンデンサC0は、マルチプレクサ73の第1のチャンネルに接続されてもよい。第2のレーザ装置2bの充電コンデンサC0は、マルチプレクサ73の第2のチャンネルに接続されてもよい。マルチプレクサ73は、さらに抵抗素子71に接続されてもよい。マルチプレクサ73は、第1のレーザ装置2aの充電コンデンサC0を抵抗素子71に接続する第1のモードと、第2のレーザ装置2bの充電コンデンサC0を抵抗素子71に接続する第2のモードとの切替えが可能なスイッチであってもよい。

[0148] ブリード回路制御部9には、第1のレーザ装置2aのレーザ制御部19が接続され、レーザ制御部19から充電電圧の設定値V(1)のデータが入力されてもよい。

ブリード回路制御部9には、第2のレーザ装置2bのレーザ制御部19が接続され、レーザ制御部19から充電電圧の設定値V(2)のデータが入力されてもよい。

ブリード回路制御部9には、さらに充電電圧計測部8が接続され、充電電圧計測部8で計測された充電電圧が入力されてもよい。すなわち、ブリード回路制御部9には、第1のレーザ装置2aの充電コンデンサC0に充電された充電電圧V_m(1)のデータと、第2のレーザ装置2bの充電コンデンサ

C 0 に充電された充電電圧 V_m (2) のデータとが入力されてもよい。

ブリード回路制御部 9 は、マルチプレクサ 7 3 と信号線を介して接続され、マルチプレクサ 7 3 を制御してもよい。

[0149] 6. 2 動作

ブリード回路制御部 9 は、マルチプレクサ 7 3 を第 1 のチャンネルに設定してもよい。これにより、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C 0 が、抵抗素子 7 1 を介してバイポーラトランジスタ 7 2 に接続されてもよい。

[0150] ブリード回路制御部 9 は、充電電圧の設定値 V (1) と、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧 V_m (1) と、を比較し、比較の結果に基づいてバイポーラトランジスタ 7 2 を制御してもよい。これにより、ブリード回路制御部 9 は、第 1 のレーザ装置 2 a の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧を調整してもよい。

[0151] また、ブリード回路制御部 9 は、マルチプレクサ 7 3 を第 2 のチャンネルに設定してもよい。これにより、第 2 のレーザ装置 2 b の充電コンデンサ C 0 が、抵抗素子 7 1 を介してバイポーラトランジスタ 7 2 に接続されてもよい。

[0152] ブリード回路制御部 9 は、充電電圧の設定値 V (2) と、第 2 のレーザ装置 2 b の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧 V_m (2) と、を比較し、比較の結果に基づいてバイポーラトランジスタ 7 2 を制御してもよい。これにより、ブリード回路制御部 9 は、第 2 のレーザ装置 2 b の充電コンデンサ C 0 に充電された充電電圧を調整してもよい。

[0153] 他の点については、第 1 の実施形態と同様でよい。あるいは、図 1 4 を参照しながら説明した第 4 の実施形態において、共通のブリード回路 7 9 を設けてもよい。

[0154] 第 5 の実施形態によれば、ブリード回路を共通化したことにより、より簡素な構成でトリガタイミングの同期制御が可能となる。

[0155] 7. より多くのレーザ装置を含むレーザシステム (第 6 の実施形態)

図 1 7 は、本開示の第 6 の実施形態に係るレーザシステムの構成を概略的

に示す。第6の実施形態においては、3台以上のレーザ装置2a～2kが備えられていてもよい。3台以上のレーザ装置2a～2kに対応して、3つ以上のトリガ補正部22a～22kが備えられていてもよい。図17には示されていない分圧回路及び必要に応じてブリード回路が、レーザ装置2a～2kの各々に設けられてもよい。充電電圧計測部8は、これらのレーザ装置2a～2kに共通のものとして設けられてもよい。

[0156] 他の点については第1～第5の実施形態と同様でよい。

光束化装置3について、図1には2台のレーザ装置から出力されたパルスレーザ光を光束化するものが示されているが、3台以上のレーザ装置2a～2kから出力されたパルスレーザ光を光束化するために、例えば、複数の光束化装置3が組み合わせられてもよい。

[0157] 第6の実施形態によれば、より多くのレーザ装置を組み合わせることにより、さらにパルスエネルギーの高い光束化レーザ光21を出力し得る。その結果、レーザアニール装置1は、アニールに必要な所定のパルスエネルギー密度で、且つ、広い照射面積で、光束化レーザ光21を被照射物Pに照射し得る。そして、大面積の液晶ディスプレイの効率的な製造が可能となり得る。

[0158] 8. 制御部の構成

図18は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

上述した実施の形態におけるレーザシステム制御部20、同期制御部22等の制御部は、コンピュータやプログラマブルコントローラ等汎用の制御機器によって構成されてもよい。例えば、以下のように構成されてもよい。

[0159] (構成)

制御部は、処理部1000と、処理部1000に接続される、ストレージメモリ1005と、ユーザインターフェイス1010と、パラレルI/Oコントローラ1020と、シリアルI/Oコントローラ1030と、A/D、D/Aコンバータ1040とによって構成されてもよい。また、処理部1000は、CPU1001と、CPU1001に接続された、メモリ1002

と、タイマー１００３と、GPU１００４とから構成されてもよい。

[0160] (動作)

処理部１０００は、ストレージメモリ１００５に記憶されたプログラムを
読出してもよい。また、処理部１０００は、読出したプログラムを実行した
り、プログラムの実行に従ってストレージメモリ１００５からデータを読出
したり、ストレージメモリ１００５にデータを記憶させたりしてもよい。

[0161] パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０は、パラレルＩ／Ｏポートを介して
通信可能な機器１０２１～１０２ｘに接続されてもよい。パラレルＩ／Ｏコ
ントローラ１０２０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行う
パラレルＩ／Ｏポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい
。

[0162] シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０は、シリアルＩ／Ｏポートを介して
通信可能な機器１０３１～１０３ｘに接続されてもよい。シリアルＩ／Ｏコ
ントローラ１０３０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行う
シリアルＩ／Ｏポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい
。

[0163] A／D、D／Aコンバータ１０４０は、アナログポートを介して通信可能
な機器１０４１～１０４ｘに接続されてもよい。A／D、D／Aコンバータ
１０４０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行うアナログポ
ートを介した、アナログ信号による通信を制御してもよい。

[0164] ユーザインターフェイス１０１０は、オペレータが処理部１０００による
プログラムの実行過程を表示したり、オペレータによるプログラム実行の中
止や割り込み処理を処理部１０００に行わせたりするよう構成されてもよい
。

[0165] 処理部１０００のCPU１００１はプログラムの演算処理を行ってもよい
。メモリ１００２は、CPU１００１がプログラムを実行する過程で、プロ
グラムの一時記憶や、演算過程でのデータの一時記憶を行ってもよい。タイ
マー１００３は、時刻や経過時間を計測し、プログラムの実行に従ってCP

U 1 0 0 1 に時刻や経過時間を出力してもよい。GPU 1 0 0 4 は、処理部 1 0 0 0 に画像データが入力された際、プログラムの実行に従って画像データを処理し、その結果をCPU 1 0 0 1 に出力してもよい。

[0166] パラレル I/O コントローラ 1 0 2 0 に接続される、パラレル I/O ポートを介して通信可能な機器 1 0 2 1 ~ 1 0 2 x は、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b、アニール制御部 4 0、他の制御部等の発振トリガ信号、タイミングを示す信号、充電電圧データや遅延データ等の受送信に使用してもよい。

シリアル I/O コントローラ 1 0 3 0 に接続される、シリアル I/O ポートを介して通信可能な機器 1 0 3 1 ~ 1 0 3 x は、第 1 及び第 2 のレーザ装置 2 a 及び 2 b、アニール制御部 4 0、他の制御部等の高速性が要求されないデータの受送信に使用してもよい。A/D、D/A コンバータ 1 0 4 0 に接続される、アナログポートを介して通信可能な機器 1 0 4 1 ~ 1 0 4 x は、パルスエネルギー計測部 1 7 等の各種センサや分圧回路 7 であってもよい。

以上のように構成されることで、制御部は各実施形態に示された動作を実現可能であってよい。

[0167] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0168] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾句「1 つの」は、「少なくとも 1 つ」又は「1 又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1]

第1のレーザ装置であって、第1のレーザチャンバと、前記第1のレーザチャンバに配置された第1の一对の電極と、第1の充電コンデンサを含む第1のパルス発生器であって、前記第1の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第1の一对の電極に印加する前記第1のパルス発生器と、前記第1の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第1の充電器と、を含む前記第1のレーザ装置と、

第2のレーザ装置であって、第2のレーザチャンバと、前記第2のレーザチャンバに配置された第2の一对の電極と、第2の充電コンデンサを含む第2のパルス発生器であって、前記第2の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第2の一对の電極に印加する前記第2のパルス発生器と、前記第2の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第2の充電器と、を含む前記第2のレーザ装置と、

前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び前記第2の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測する共通の充電電圧計測部と、

前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び前記第2の充電コンデンサに充電された充電電圧をそれぞれ降下させる少なくとも1つのブリード回路と、

前記充電電圧計測部によって計測された電圧に基づいて前記少なくとも1つのブリード回路を制御するブリード回路制御部と、を備えるレーザシステム。

[請求項2]

前記第1の充電コンデンサに接続され、前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧を第1の割合で分圧して前記充電電圧計測部に出力する第1の分圧回路と、

前記第2の充電コンデンサに接続され、前記第2の充電コンデンサ

に充電された充電電圧を第2の割合で分圧して前記充電電圧計測部に出力する第2の分圧回路と、

をさらに備える、請求項1記載のレーザシステム。

[請求項3] 前記充電電圧計測部は、
前記第1の分圧回路に接続された第1のモードと、前記第2の分圧回路に接続された第2のモードと、に切り替えるスイッチと、
前記スイッチに接続された共通の計測部と、
を含む、請求項2記載のレーザシステム。

[請求項4] 前記少なくとも1つのブリード回路は、
前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧を降下させる第1のブリード回路と、
前記第2の充電コンデンサに充電された充電電圧を降下させる第2のブリード回路と、
を含む、請求項1記載のレーザシステム。

[請求項5] 前記少なくとも1つのブリード回路は、
前記第1の充電コンデンサに接続された第1のモードと、前記第2の充電コンデンサに接続された第2のモードと、に切り替えるスイッチと、
前記スイッチに接続された共通のブリード回路と、
を含む、請求項1記載のレーザシステム。

[請求項6] 第3のレーザ装置であって、第3のレーザチャンバと、前記第3のレーザチャンバに配置された第3の一对の電極と、第3の充電コンデンサを含む第3のパルス発生器であって、前記第3の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第3の一对の電極に印加する前記第3のパルス発生器と、前記第3の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第3の充電器と、を含む前記第3のレーザ装置
をさらに備え、

前記充電電圧計測部は、さらに、前記第3の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測し、

前記少なくとも1つのブリード回路は、さらに、前記第3の充電コンデンサに充電された充電電圧を降下させる、
請求項1記載のレーザシステム。

[請求項7]

前記少なくとも1つのブリード回路によって降下した前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて前記第1のパルス発生器によるパルス電圧の前記第1の一对の電極への印加タイミングを制御し、前記少なくとも1つのブリード回路によって降下した前記第2の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて前記第2のパルス発生器によるパルス電圧の前記第2の一对の電極への印加タイミングを制御する同期制御部
をさらに備える、請求項1記載のレーザシステム。

[請求項8]

第1のレーザ装置であって、第1のレーザチャンバと、前記第1のレーザチャンバに配置された第1の一对の電極と、第1の充電コンデンサを含む第1のパルス発生器であって、前記第1の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第1の一对の電極に印加する前記第1のパルス発生器と、前記第1の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第1の充電器と、を含む前記第1のレーザ装置と、

第2のレーザ装置であって、第2のレーザチャンバと、前記第2のレーザチャンバに配置された第2の一对の電極と、第2の充電コンデンサを含む第2のパルス発生器であって、前記第2の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第2の一对の電極に印加する前記第2のパルス発生器と、前記第2の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第2の充電器と、を含む前記第2のレーザ装置と、

前記第1の充電コンデンサに充電された充電電圧及び前記第2の充

電コンデンサに充電された充電電圧を計測する共通の充電電圧計測部と、

前記第 1 の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて前記第 1 のパルス発生器によるパルス電圧の前記第 1 の一対の電極への印加タイミングを制御し、前記第 2 の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて前記第 2 のパルス発生器によるパルス電圧の前記第 2 の一対の電極への印加タイミングを制御する同期制御部と、
を備えるレーザシステム。

[請求項9] 前記第 1 の充電コンデンサに接続され、前記第 1 の充電コンデンサに充電された充電電圧を第 1 の割合で分圧して前記充電電圧計測部に出力する第 1 の分圧回路と、

前記第 2 の充電コンデンサに接続され、前記第 2 の充電コンデンサに充電された充電電圧を第 2 の割合で分圧して前記充電電圧計測部に出力する第 2 の分圧回路と、
をさらに備える、請求項 8 記載のレーザシステム。

[請求項10] 前記充電電圧計測部は、
前記第 1 の分圧回路に接続された第 1 のモードと、前記第 2 の分圧回路に接続された第 2 のモードと、に切り替えるスイッチと、
前記スイッチに接続された共通の計測部と、
を含む、請求項 9 記載のレーザシステム。

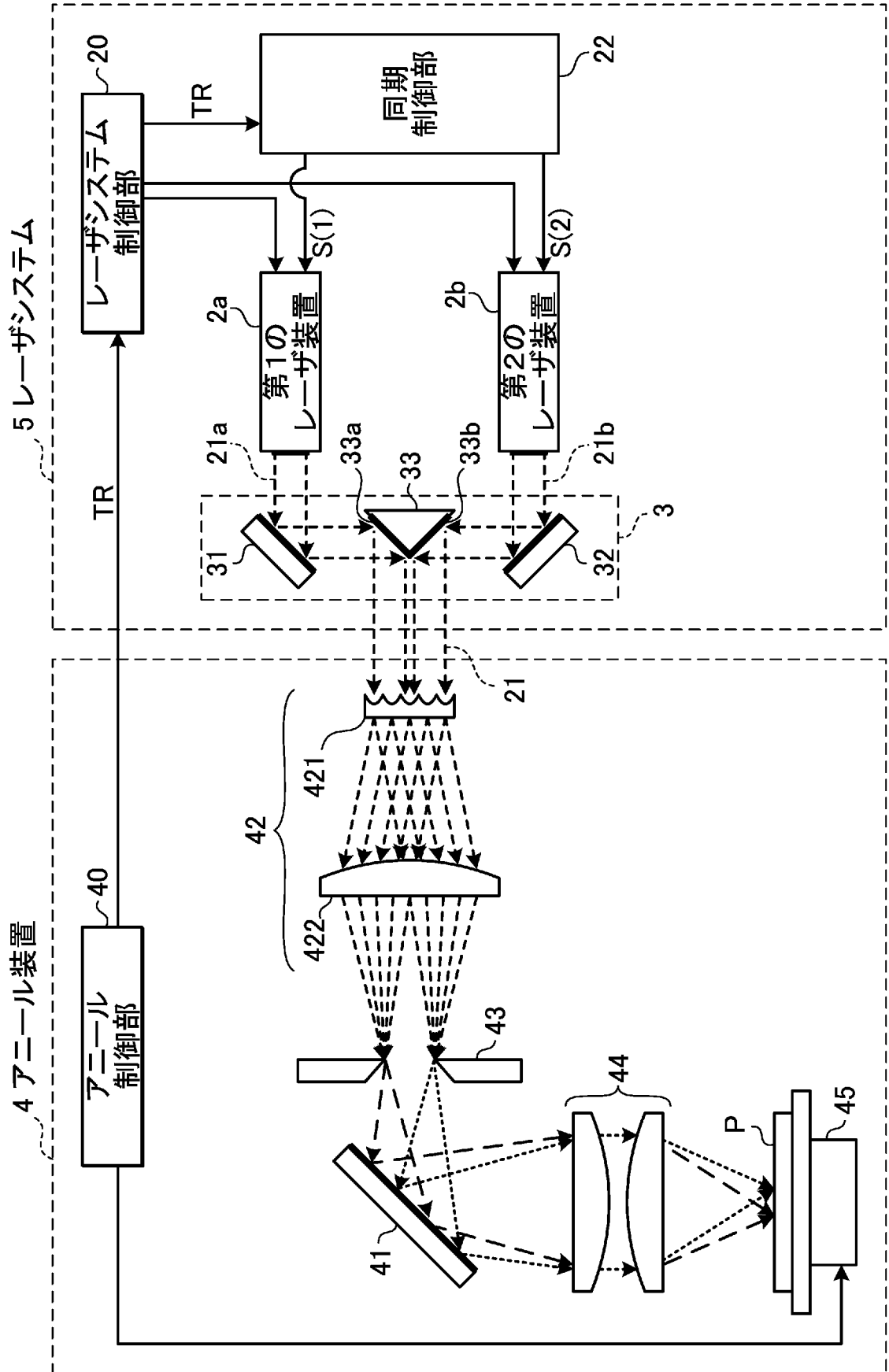
[請求項11] 第 3 のレーザ装置であって、第 3 のレーザチャンバと、前記第 3 のレーザチャンバに配置された第 3 の一対の電極と、第 3 の充電コンデンサを含む第 3 のパルス発生器であって、前記第 3 の充電コンデンサに蓄えられた電気エネルギーによってパルス電圧を生成し、当該パルス電圧を前記第 3 の一対の電極に印加する前記第 3 のパルス発生器と、前記第 3 の充電コンデンサに電気エネルギーを供給して充電する第 3 の充電器と、を含む前記第 3 のレーザ装置
をさらに備え、

前記充電電圧計測部は、さらに、前記第3の充電コンデンサに充電された充電電圧を計測し、

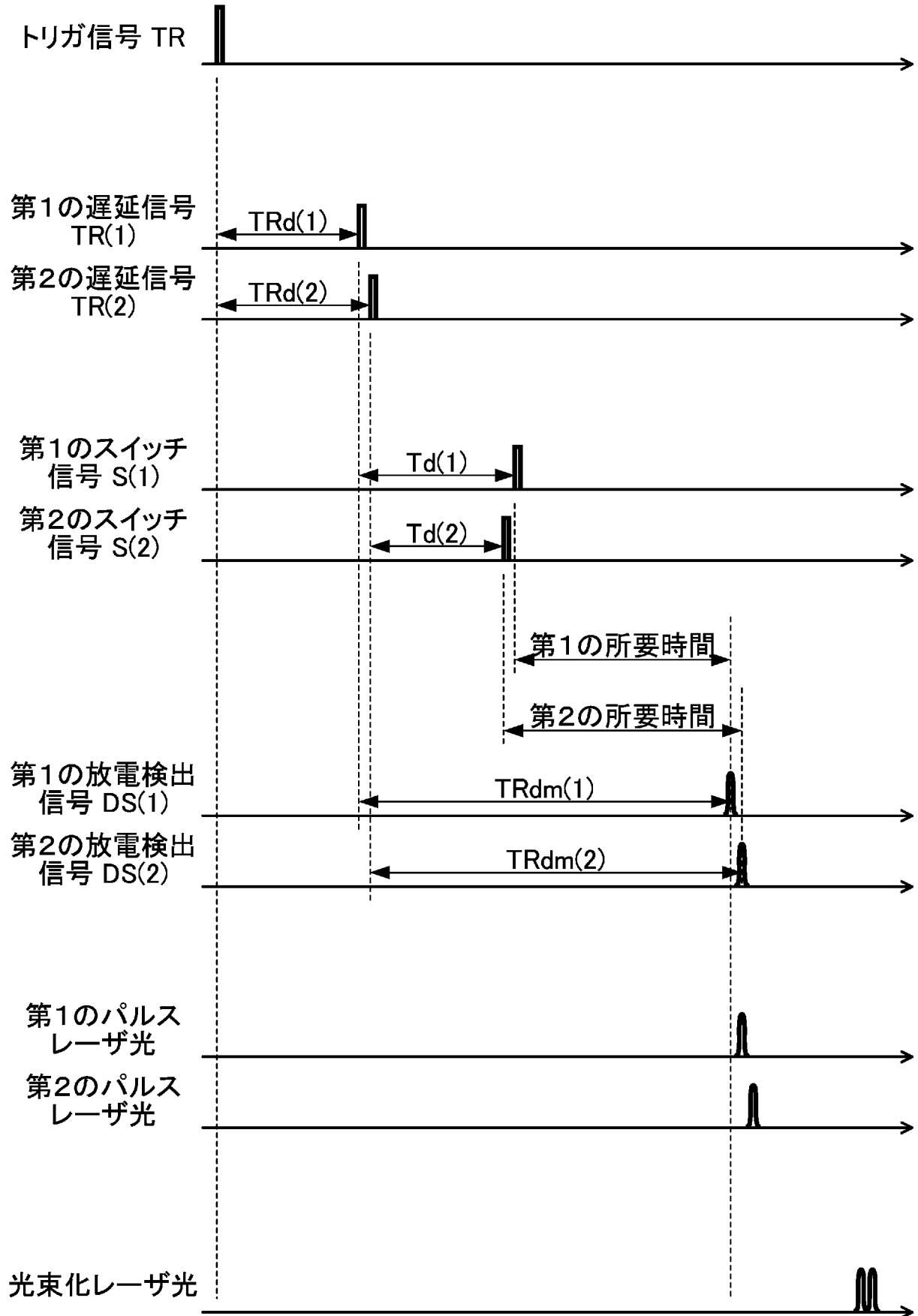
前記同期制御部は、さらに、前記第3の充電コンデンサに充電された充電電圧に基づいて前記第3のパルス発生器によるパルス電圧の前記第3の一对の電極への印加タイミングを制御する、
請求項8記載のレーザシステム。

[図1]

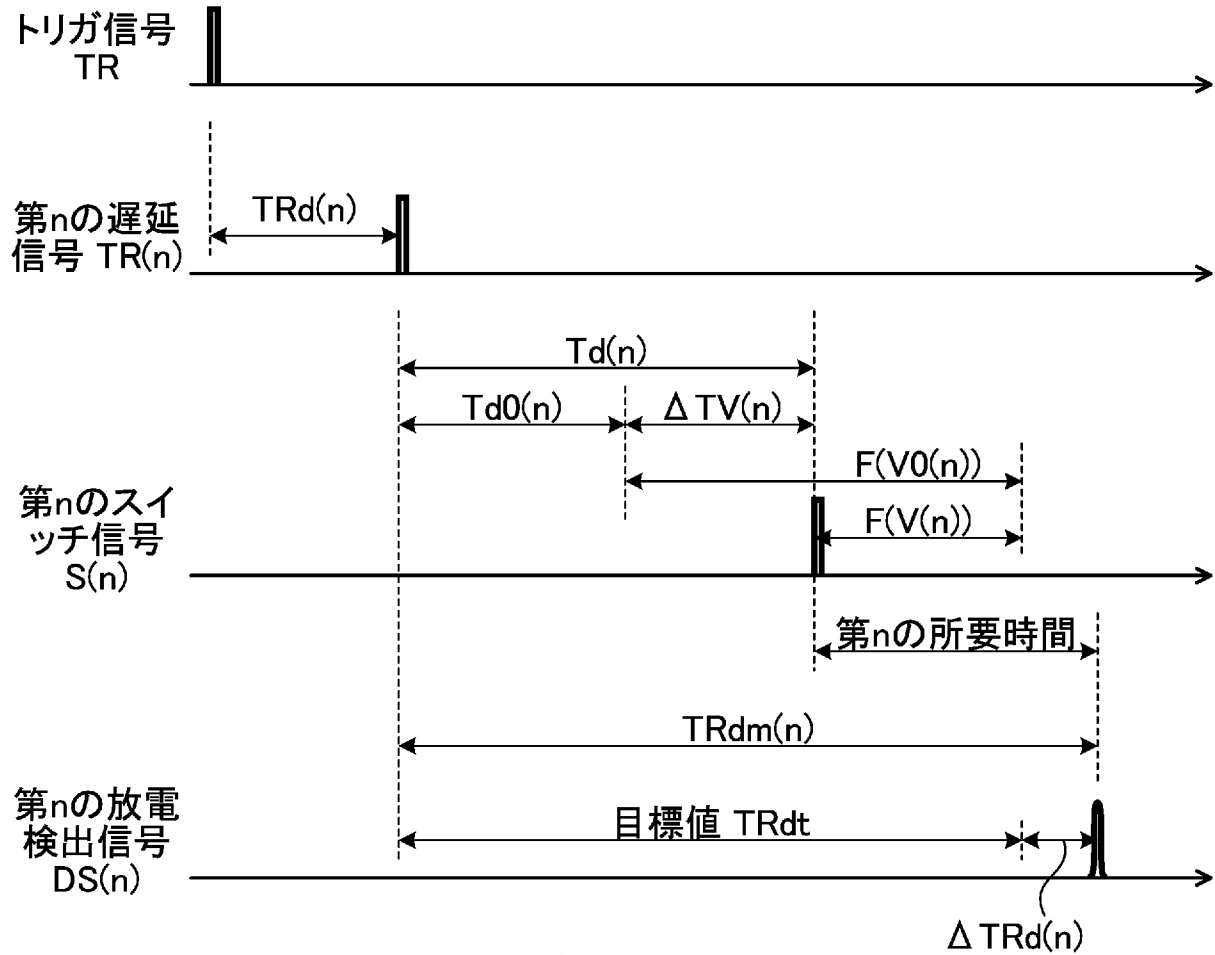
1 レーザアニール装置



[図3]



[図4]

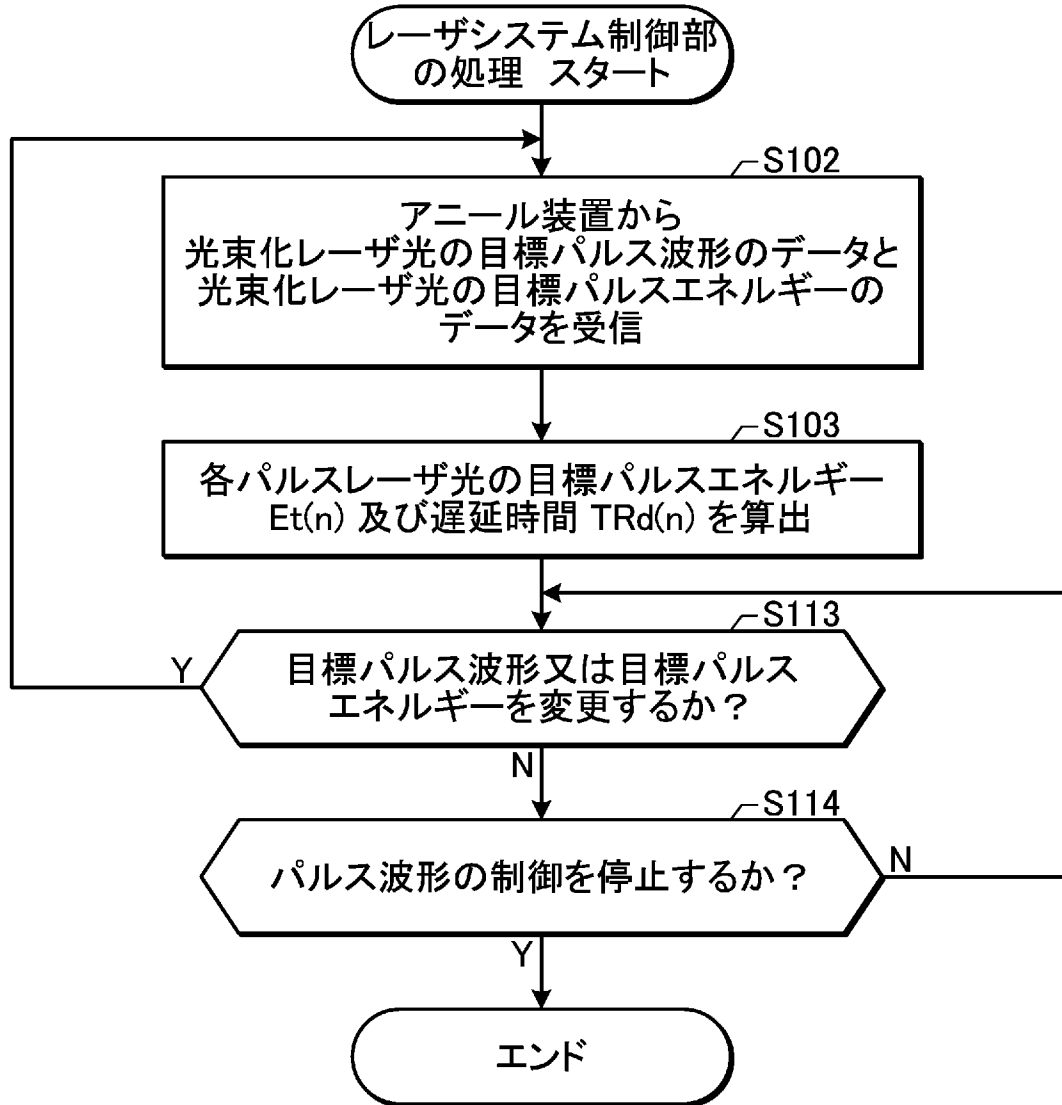


$$Td0(n) \text{の初期値} \\ = TRdt - F(V0(n))$$

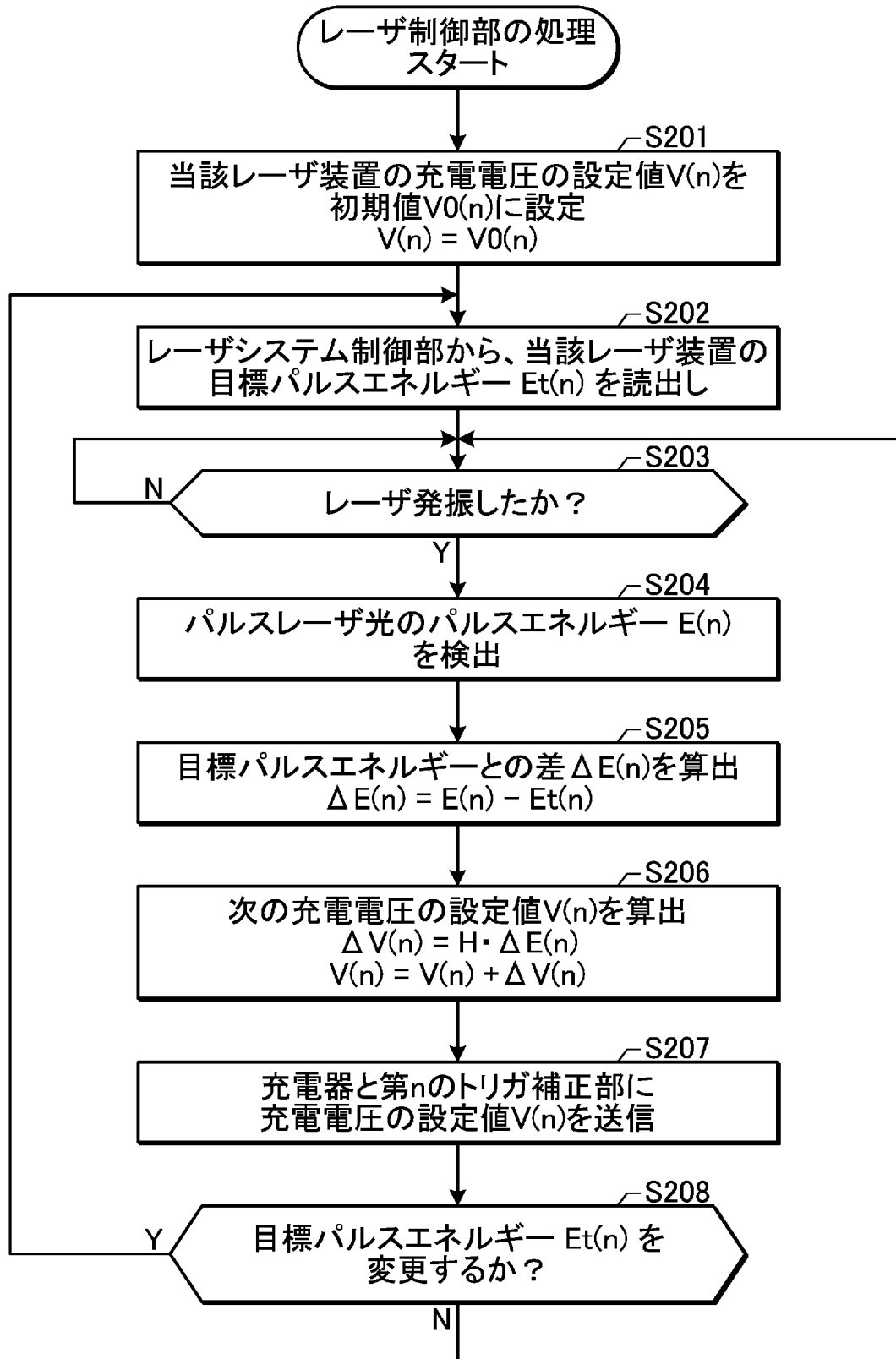
$$\begin{aligned} & \text{(充電電圧による補正)} \\ & \Delta TV(n) \\ & = F(V0(n)) - F(V(n)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{(目標値との差による補正)} \\ & Td0(n) \\ & = Td0(n) - \Delta TRd(n) \end{aligned}$$

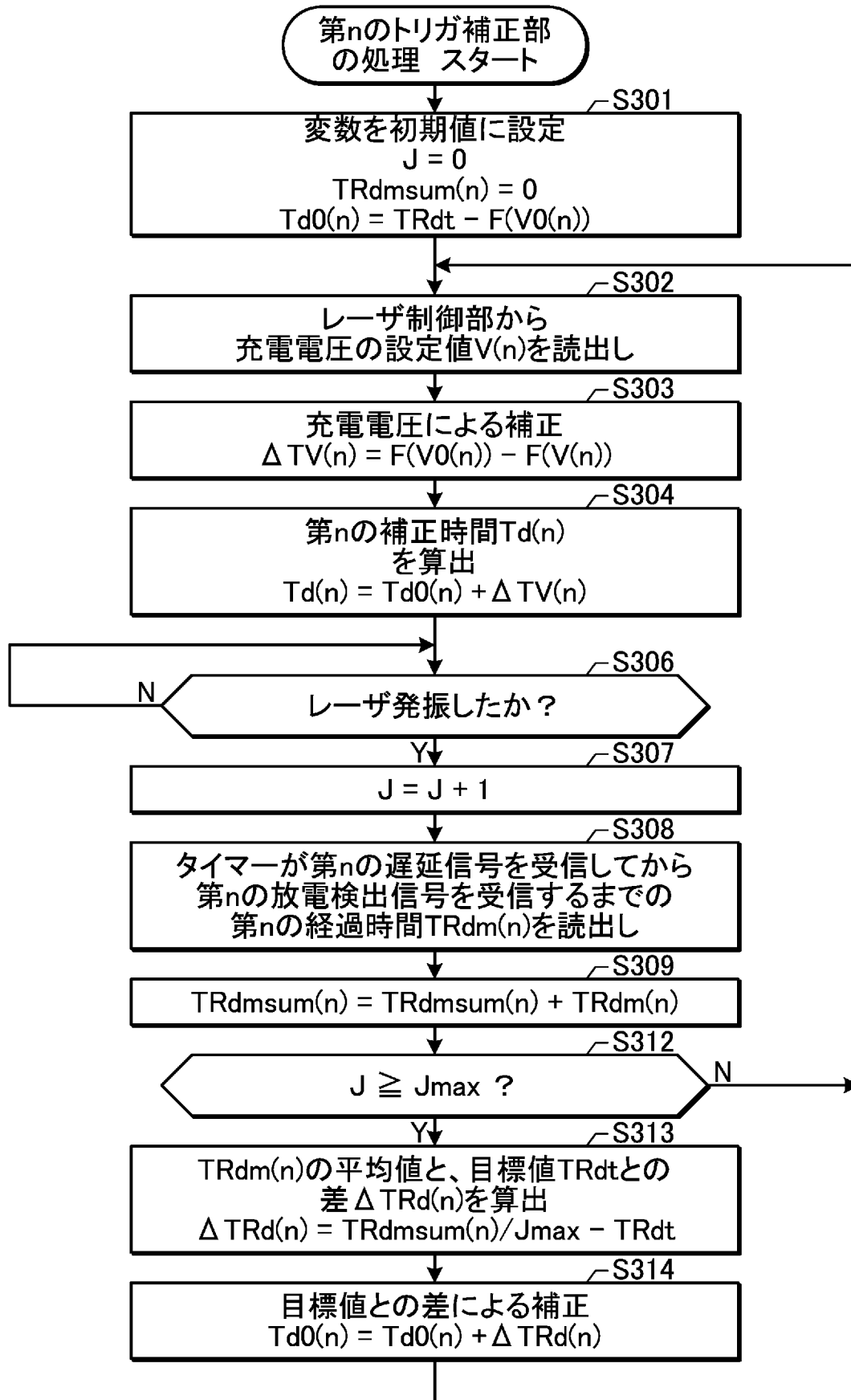
[図5]



[図6]

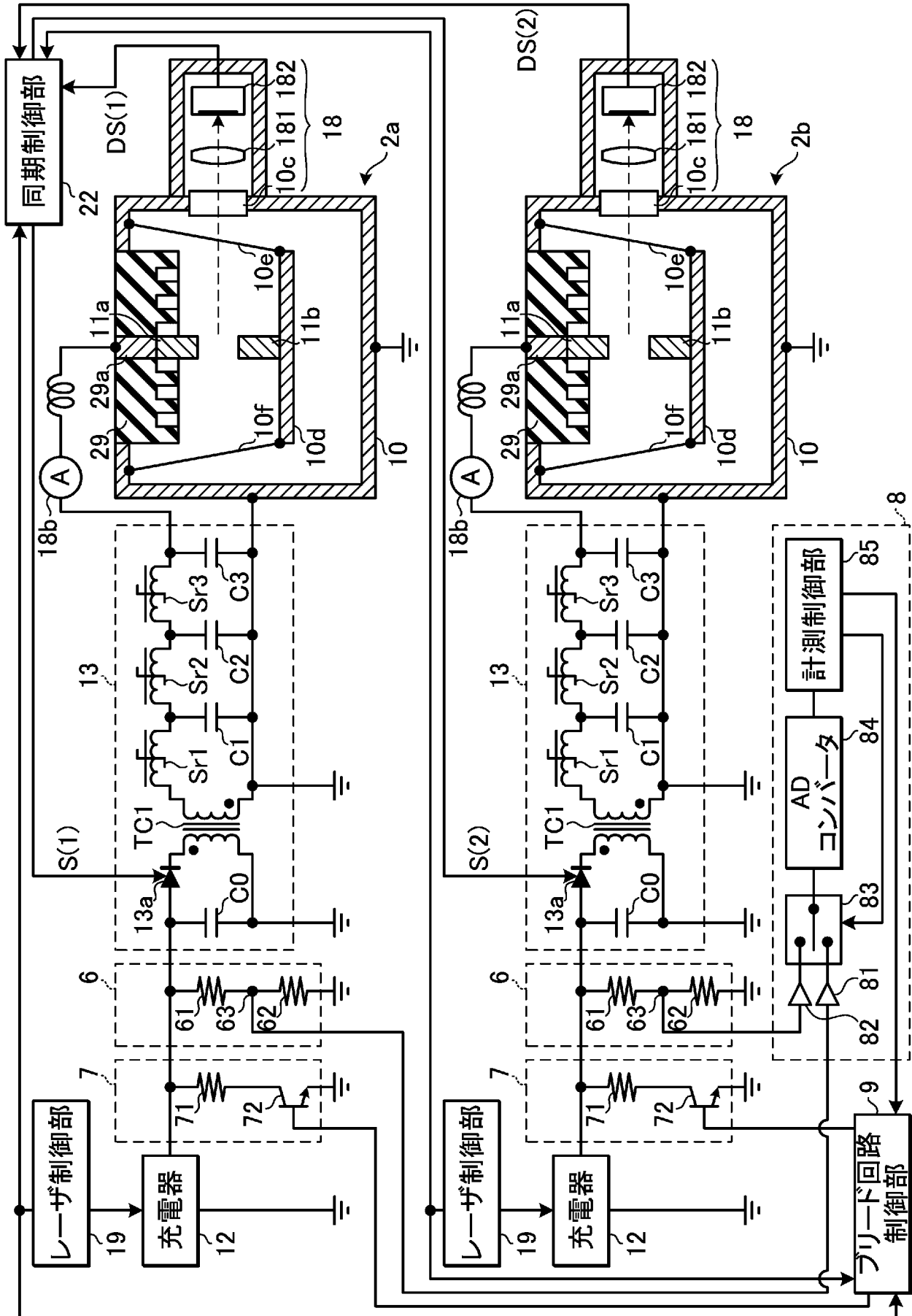


[図7]

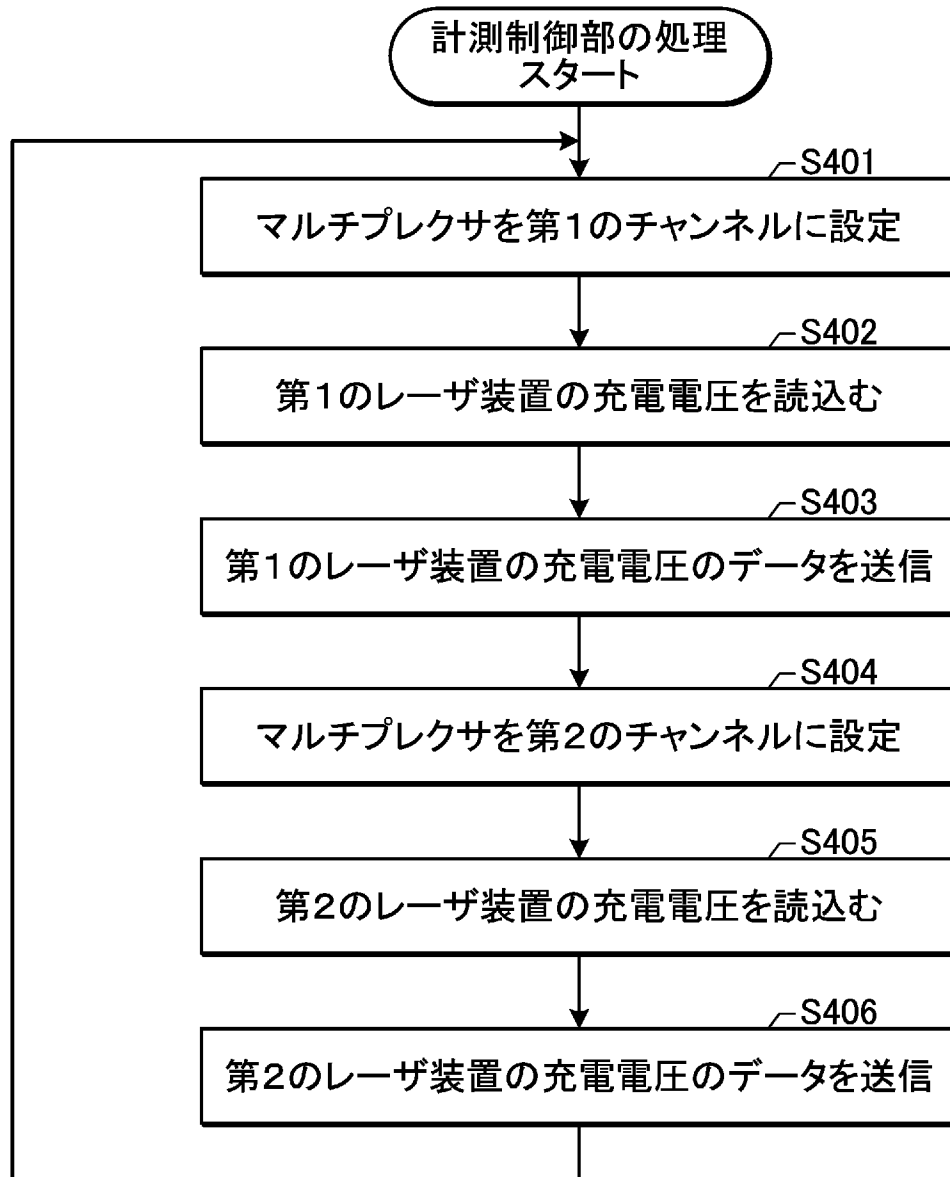


[illegible]

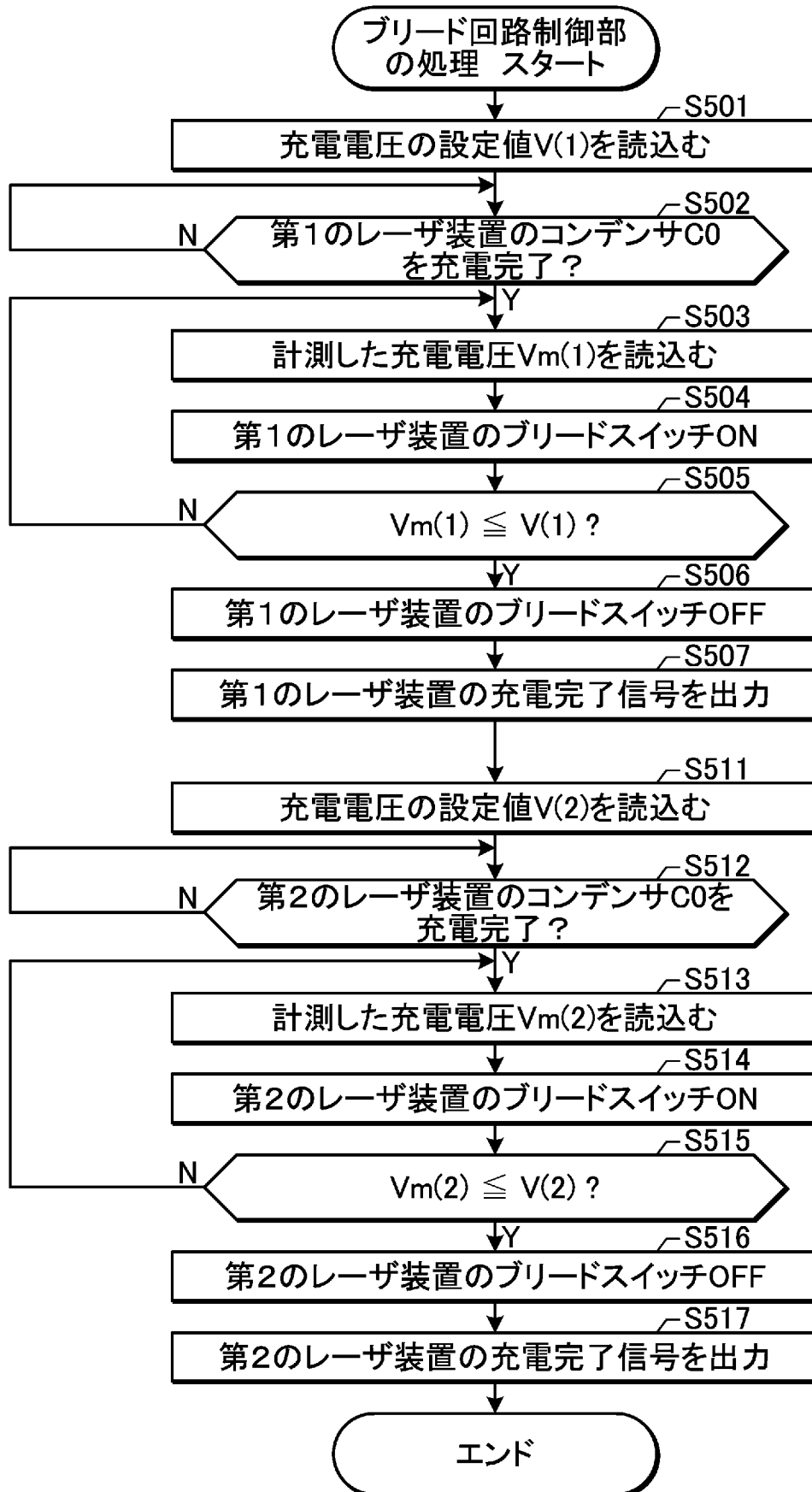
[図9]



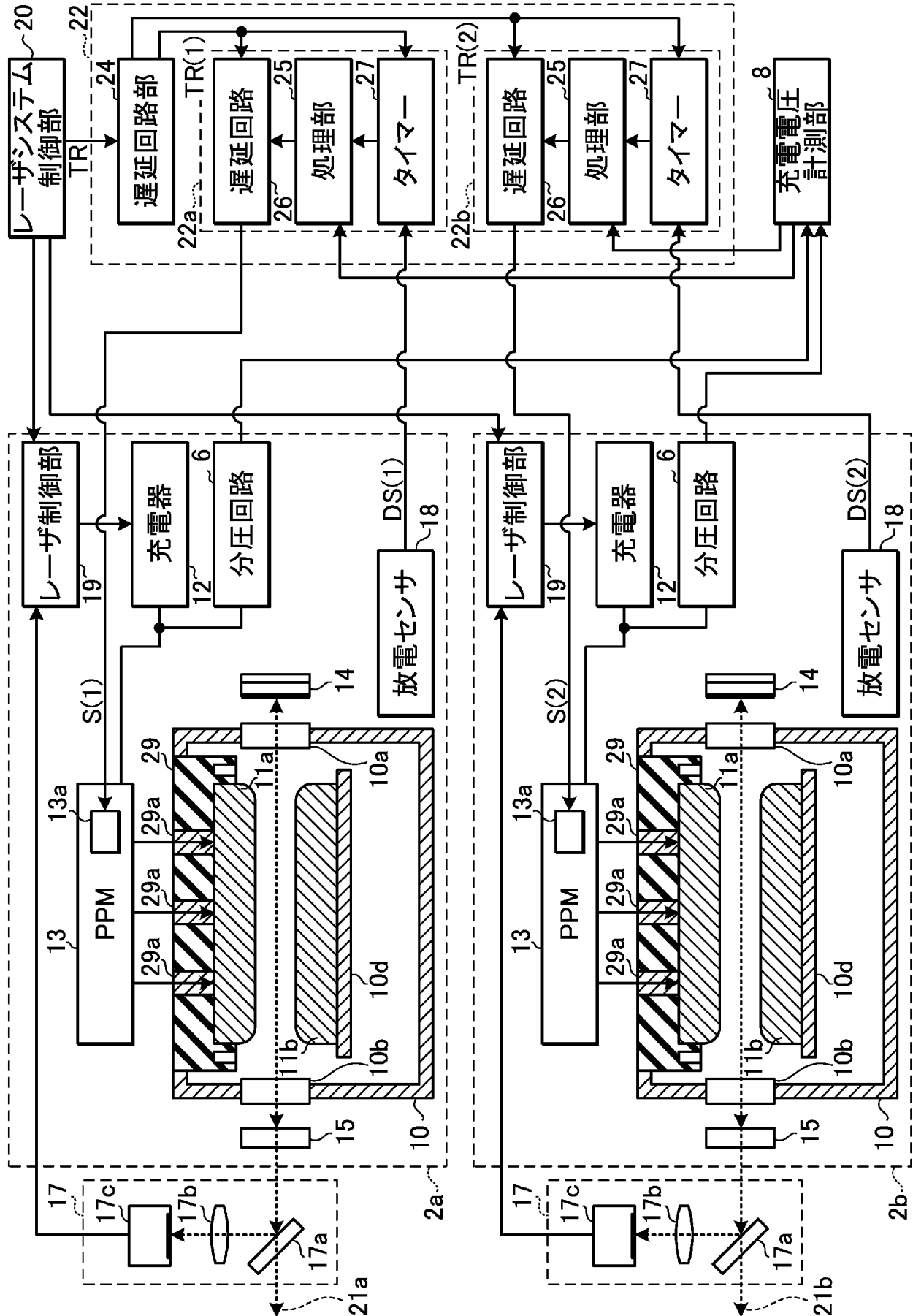
[図10]



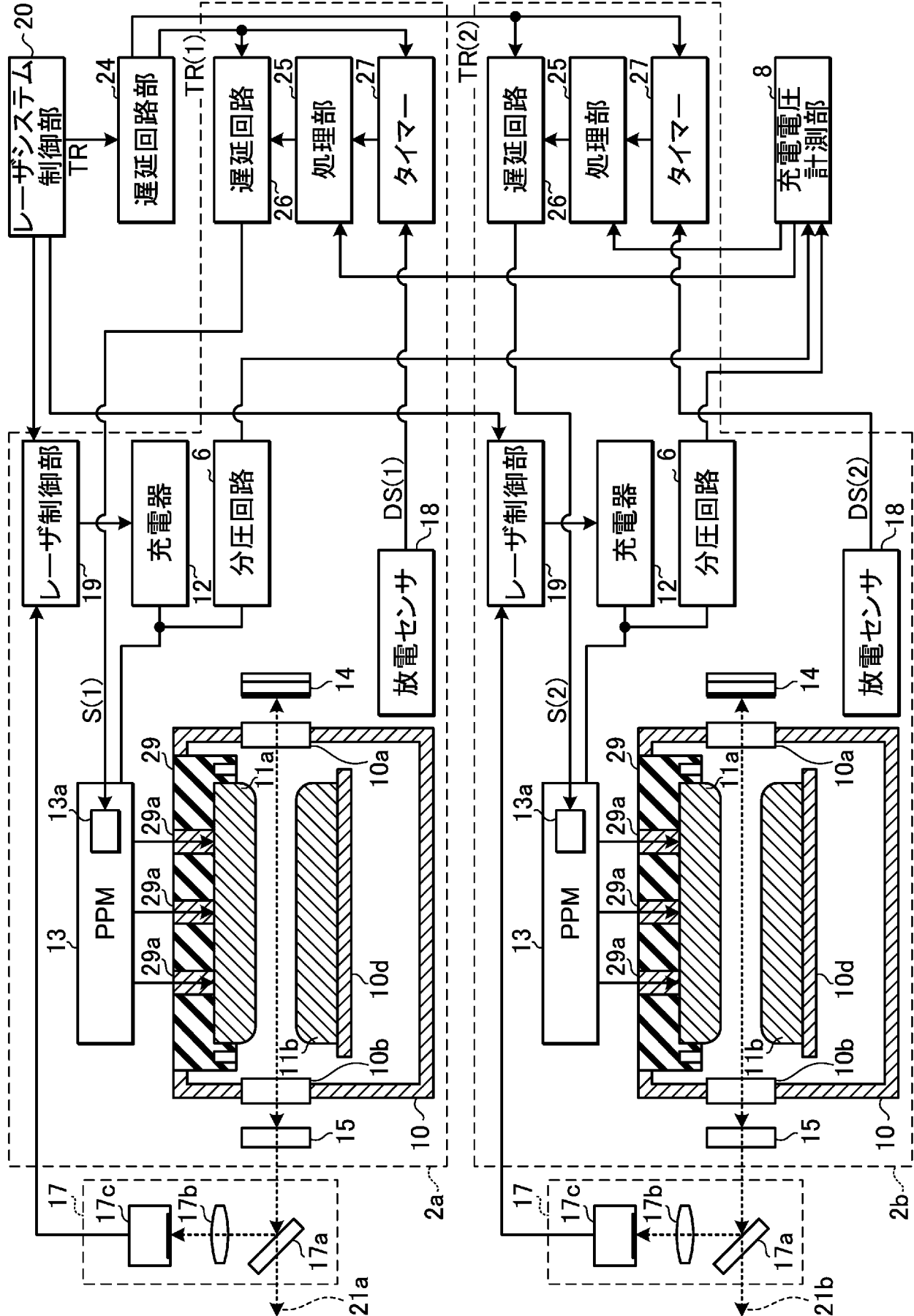
[図11]



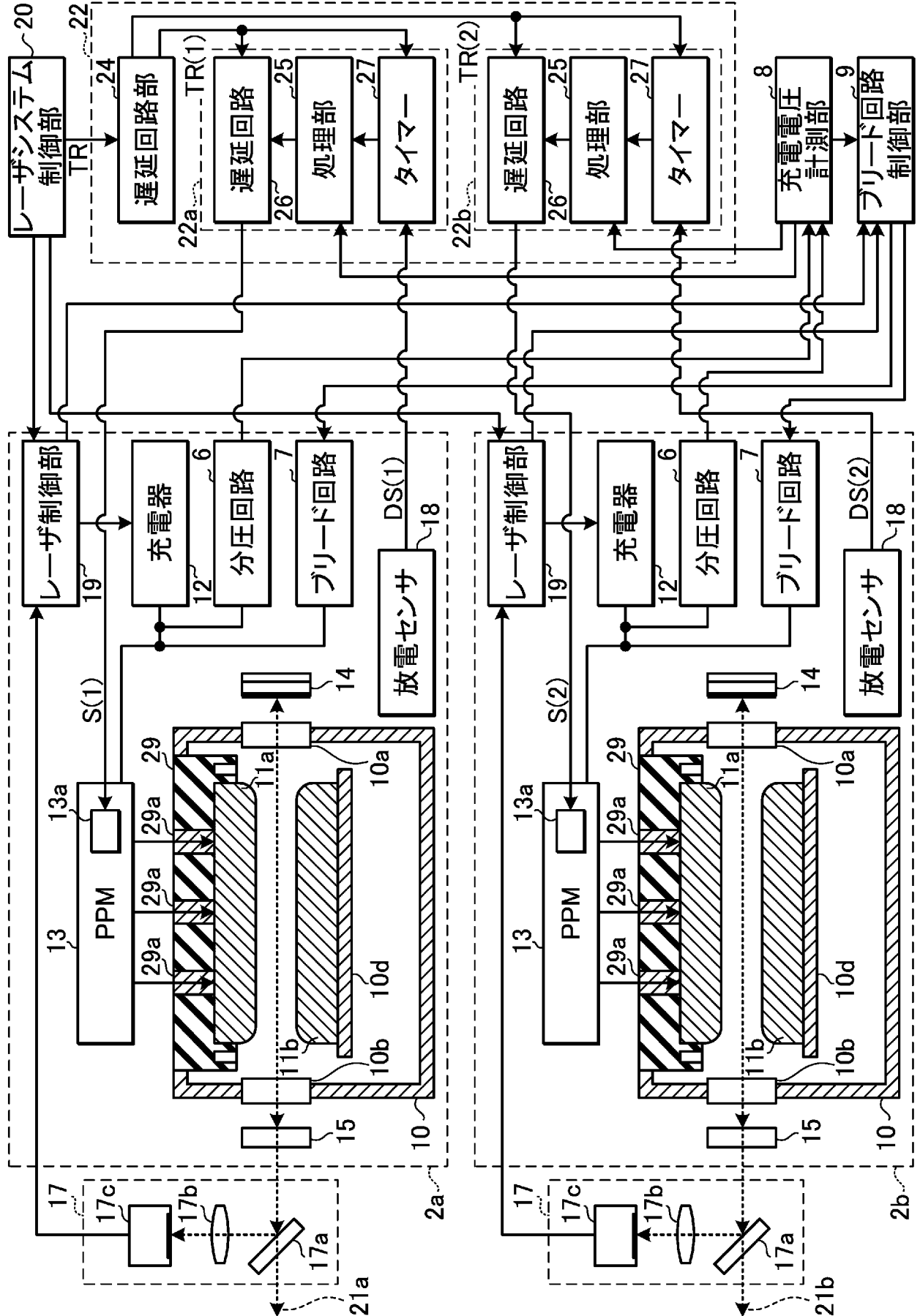
[図12]

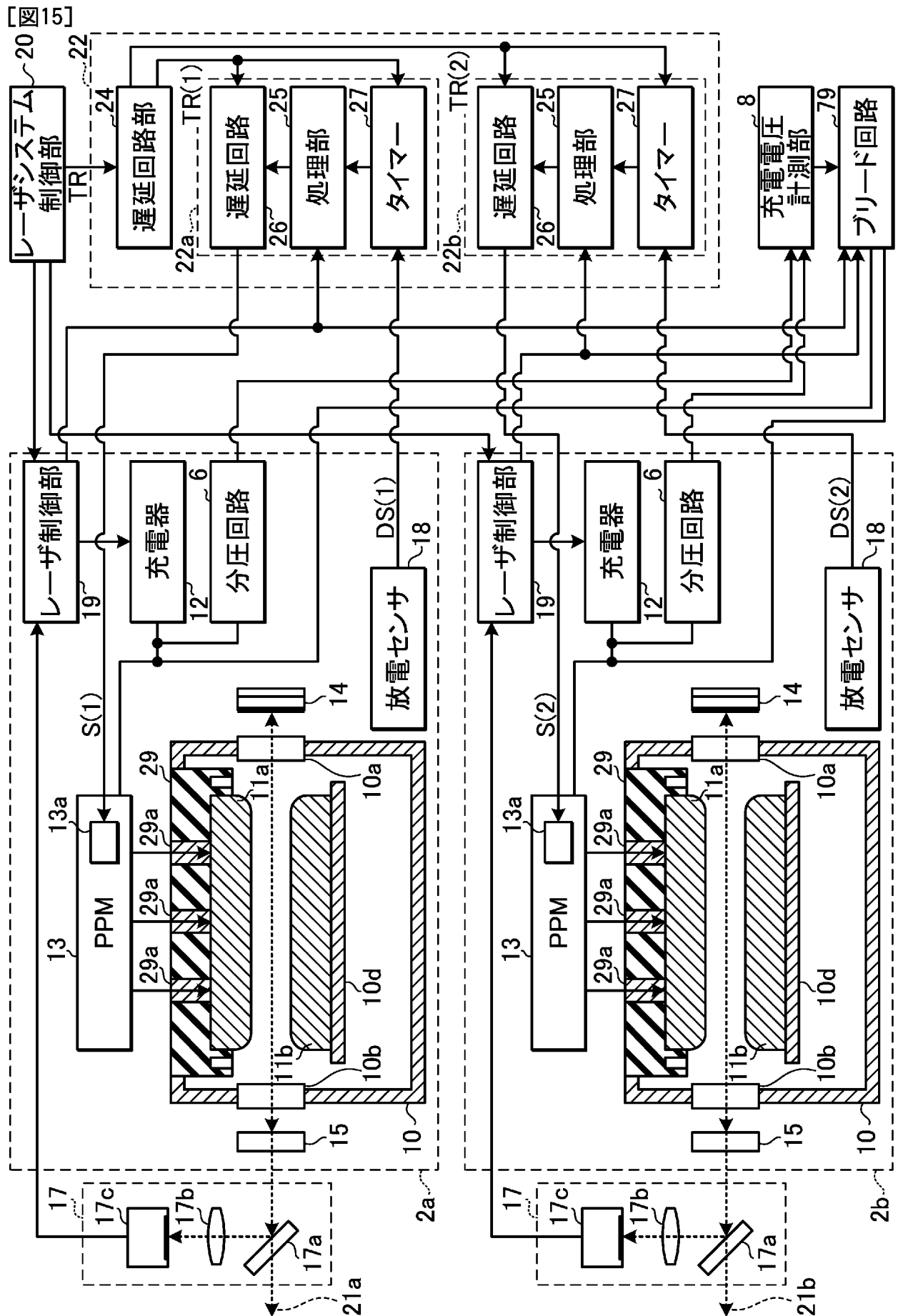


[図13]

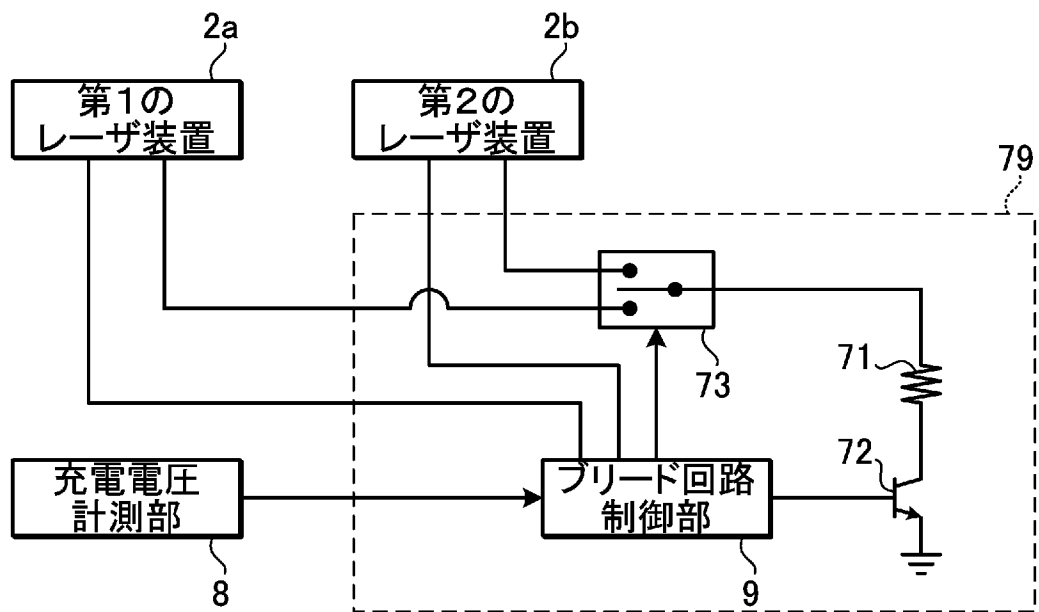


[図14]

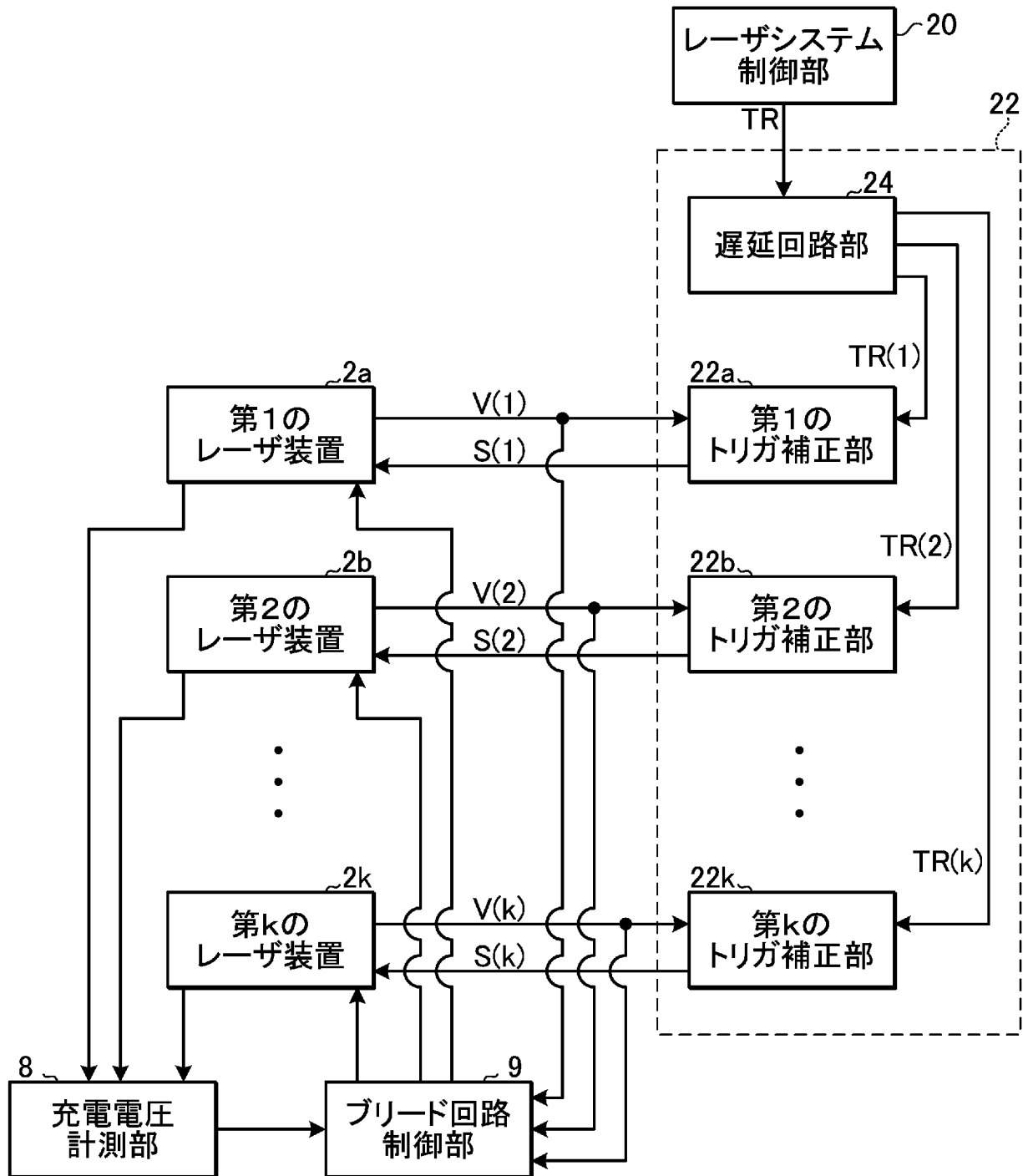




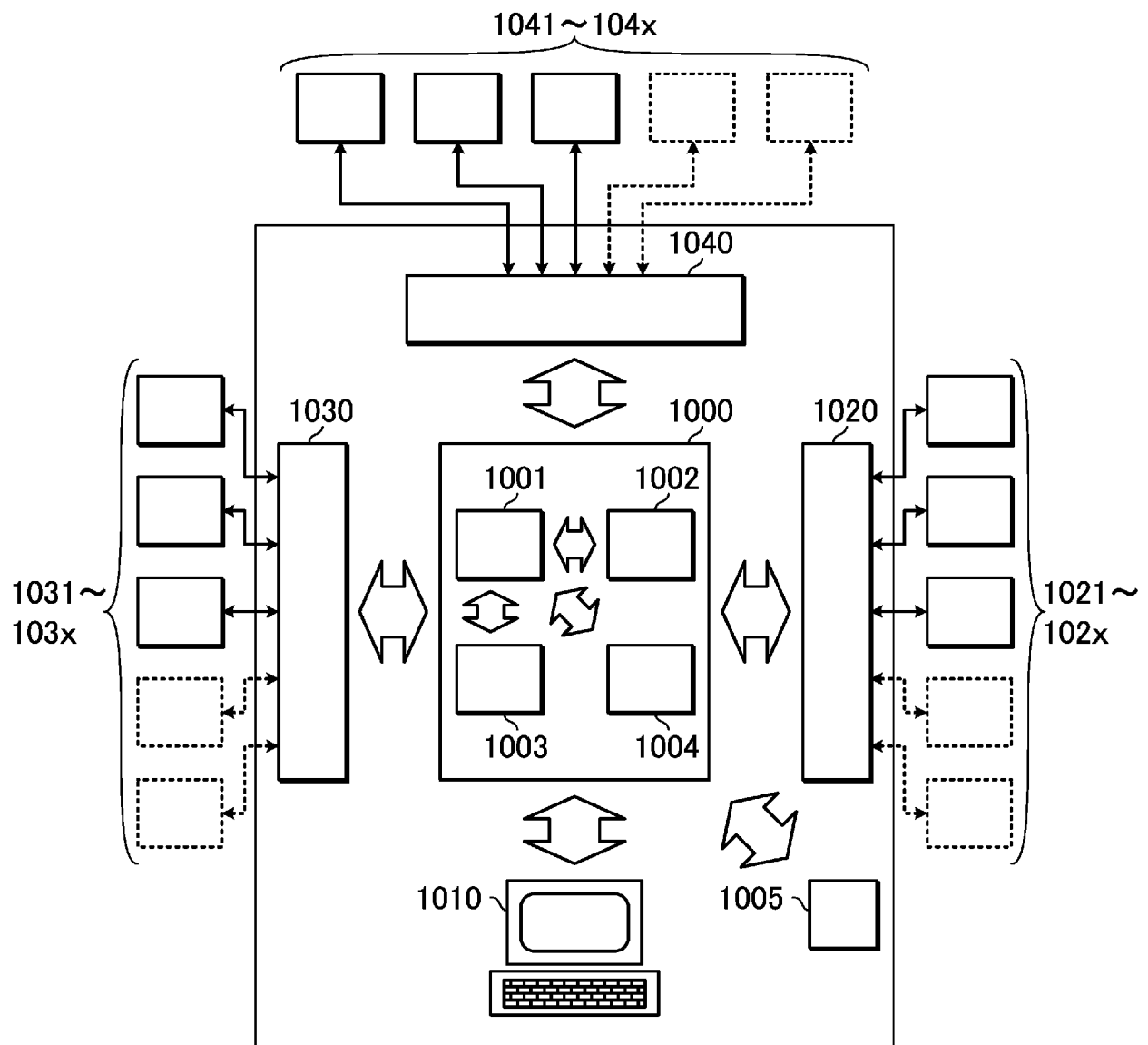
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/104(2006.01) i, H01S3/097(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)

H01S3/00-3/30

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2013-533642 A (Coherent GmbH), 22 August 2013 (22.08.2013), entire text; all drawings & US 2012/0033689 A1 & US 2012/0269223 A1 & WO 2012/019731 A1 & TW 201212437 A & CN 103155307 A & KR 10-2014-0003391 A	1-11
A	JP 2005-512333 A (Saima Inc.), 28 April 2005 (28.04.2005), entire text; all drawings & US 2003/0099269 A1 & WO 2003/049241 A1	1-11
A	US 2005/0031004 A1 (BASTING, Dirk et al.), 10 February 2005 (10.02.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-11



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

24 November 2015 (24.11.15)

Date of mailing of the international search report

01 December 2015 (01.12.15)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076010

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-99727 A (Gigaphoton Inc.), 07 May 2009 (07.05.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01S3/104(2006.01)i, H01S3/097(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. H01S3/00-3/30		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
A	JP 2013-533642 A（コヒーレント ゲーエムベーパー） 2013.08.22, 全文, 全図 & US 2012/0033689 A1 & US 2012/0269223 A1 & WO 2012/019731 A1 & TW 201212437 A & CN 103155307 A & KR 10-2014-0003391 A	1-11
A	JP 2005-512333 A（サイマー, インコーポレイテッド） 2005.04.28, 全文, 全図 & US 2003/0099269 A1 & WO 2003/049241 A1	1-11
☒ 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 24.11.2015	国際調査報告の発送日 01.12.2015	
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100-8915 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） 廣崎 拓登 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2X 5263

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	US 2005/0031004 A1 (BASTING, Dirk et al.) 2005.02.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2009-99727 A (ギガフォトン株式会社) 2009.05.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11