

(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
2014年1月30日(30.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/017562 A1

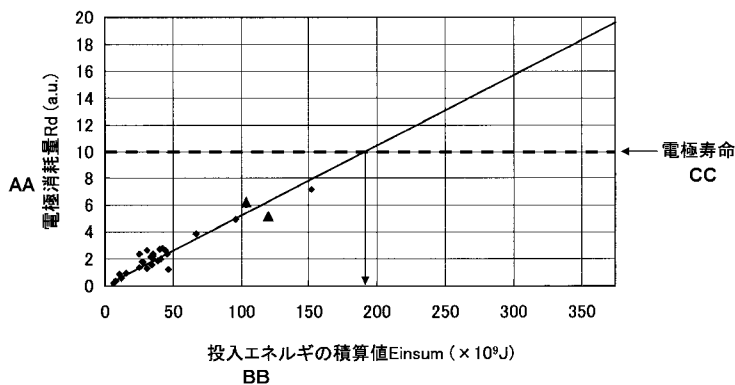
- (51) 国際特許分類:
H01S 3/00 (2006.01) H01S 3/097 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/070110
- (22) 国際出願日: 2013年7月24日(24.07.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-166292 2012年7月26日(26.07.2012) JP
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 対馬 弘朗(TSUSHIMA, Hiroaki); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 若林 理(WAKABAYASHI, Osamu); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 松永 隆(MATSUNAGA, Takashi); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 16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, 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, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: LASER DEVICE AND LASER DEVICE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: レーザ装置及びレーザ装置の制御方法

[図4]



AA Electrode wear Rd (a.u.)

BB Input energy integrated value Einsum ($\times 10^9$ J)

CC Electrode life

(57) Abstract: [Problem] To accurately determine the life of an electrode within a chamber. [Solution] A laser device may be provided with: a laser chamber that has a laser gain medium inserted therein; a pair of electrodes that are provided within the laser chamber and, due to the generation of electrical discharge, excite the laser gain medium; a charger that applies a charging voltage in order to generate the electrical discharge within the laser chamber; a pulse power module that impresses the charging voltage applied by the charger to the pair of electrodes in short pulses; and a control unit that calculates the input energy (E_{in}) on the basis of the charging voltage, calculates the integrated value (E_{insum}) of the input energy by integrating the calculated input energy (E_{in}), and determines whether an integrated value (E_{insum}) of the input energy is greater than an integrated life value ($E_{insumlife}$) of the input energy.

(57) 要約: 【課題】チャンバ内における電極の寿命を正確に判断する。

【解決手段】レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前

記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一対の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

WO 2014/017562 A1

WO 2014/017562 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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： レーザ装置及びレーザ装置の制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ装置及びレーザ装置の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置（以下、「露光装置」という）においては、半導体集積回路の微細化および高集積化につれて、解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される光の短波長化が進められている。一般的に、露光用光源には、従来の水銀ランプに代わってガスレーザ装置が用いられる。たとえば、露光用のガスレーザ装置としては、波長248nmの紫外線のレーザ光を出力するKrFエキシマレーザ装置、または、波長193nmの紫外線のレーザ光を出力するArFエキシマレーザ装置が用いられる。

[0003] 次世代の露光技術としては、露光装置側の露光用レンズとウエハとの間が液体で満たされる液浸露光が実用化されている。この液浸露光では、露光用レンズとウエハとの間の屈折率が変化するため、露光用光源の見かけの波長が短波長化する。ArFエキシマレーザ装置を露光用光源として液浸露光が行われた場合には、ウエハには水中において波長134nmの波長に相当する紫外光が照射される。この技術をArF液浸露光（又はArF液浸リソグラフィ）という。

[0004] KrFエキシマレーザ装置およびArFエキシマレーザ装置の自然発振幅は、約350～400pmと広い。そのため、KrF及びArFレーザ光のような紫外線を透過する材料で投影レンズを構成すると、色収差が発生してしまう場合がある。その結果、解像力が低下してしまう場合がある。そこで、ガスレーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅を、色収差が無視できる程度となるまで狭帯域化する必要がある。そのため、ガスレーザ装置のレーザ共振器内には、スペクトル線幅を狭帯域化するために、狭帯域化

素子（エタロン、グレーティング等）を有する狭帯域化モジュール（Line Narrow Module: LNM）が設けられる場合がある。以下においては、スペクトル線幅が狭帯域化されるレーザ装置を狭帯域化レーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2000-349017号公報

特許文献2：特開2002-43219号公報

特許文献3：特開2002-15986号公報

特許文献4：特開平10-275951号公報

概要

[0006] レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一対の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出し、前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0007] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電電圧の値に基づき前記一対の電極間への投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出し、前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する制

御部と、を備えてもよい。

[0008] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一対の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記充電器により加えられた充電電圧を測定する電圧測定器と、前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出し、前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0009] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一対の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記一対の電極間に印加された電圧を測定する電圧測定器と、前記一対の電極間を流れる電流を測定する電流測定器と、前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出し、前記投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0010] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一対の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加え

られた前記充電電圧を短パルス化し、前記一对の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が0を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0011] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられている一对の電極と、前記一对の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電電圧の値に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、前記一对の電極間への投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が0を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0012] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一对の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一对の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記充電器により加えられた充電電圧を測定する電圧測定器と、前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギーを算出し、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が0を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0013] また、レーザ装置は、レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、前記レーザチャンバ内に設けられており、放電を発生させることによりレーザゲイン媒質を励起する一对の電極と、前記レーザチャンバ内において放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一对の電極に印加するパルスパワーモジュールと、前記一对の電極間に印加された電圧を測定する電圧測定器

と、前記一对の電極間を流れる電流を測定する電流測定器と、前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギーを算出し、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が0を超えているか否かを判断する制御部と、を備えてもよい。

[0014] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギーの積算値 E_{insum} に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出する工程と、前記算出された投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0015] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるための充電電圧を設定する工程と、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギーの積算値 E_{insum} に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出する工程と、前記算出された投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0016] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されてい

るパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記充電電圧を測定する工程と、前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出する工程と、前記算出された投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0017] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記一对の電極間に印加された電圧及び、前記一对の電極間を流れる電流を測定する工程と、前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を算出する工程と、前記算出された投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in\ sum\ life}$ を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0018] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギー寿命指標値 $E_{in\ L}$ の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギー寿命指標値 $E_{in\ L}$ より、前

計算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、前計算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0019] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるための充電電圧を設定する工程と、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前計算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、前計算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0020] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、前記充電電圧を測定する工程と、前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前計算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、前計算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

[0021] また、レーザ装置の制御方法は、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間

に放電を生じさせる工程と、前記一对の電極間に印加された電圧及び、前記一对の電極間を流れる電流を測定する工程と、前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前記算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、前記算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、を含んでもよい。

図面の簡単な説明

[0022] 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]本開示のレーザ装置の構造図

[図2]本開示のレーザ装置における電極の説明図

[図3]本開示のレーザ装置におけるパルスパワーモジュールの説明図

[図4]投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ と電極消耗量 R_d との相関図

[図5]本開示のレーザ装置の制御方法1を説明するフローチャート

[図6]投入エネルギー E_{in} と寿命ショット数 B_{life} との相関図

[図7]本開示のレーザ装置の制御方法2を説明するフローチャート

[図8]本開示のレーザ装置の制御方法3を説明するフローチャート

[図9]本開示のレーザ装置の制御方法4を説明する説明図

[図10]本開示のレーザ装置の制御方法4を説明するフローチャート

[図11]本開示のレーザ装置の制御方法4におけるサブルーチンのフローチャート

[図12]本開示のダブルチャンバシステムのレーザ装置の構造

[図13]本開示のダブルチャンバシステムのレーザ装置の制御方法を説明するフローチャート

実施形態

[0023] 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、本開示の一例を示し、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。尚、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。

[0024] 目次

1. エキシマレーザ装置

1. 1 課題

1. 2 構成

1. 3 動作

2. エキシマレーザ装置の寿命の予測方法

2. 1 電極寿命の予測とパラメータ

2. 2 電極寿命と投入エネルギーとの関係

2. 3 電極寿命の予測方法 1

2. 4 電極寿命の予測方法 2

2. 5 電極寿命の予測方法 3

2. 6 電極寿命の予測方法 4

3. ダブルチャンバシステムの寿命の予測方法

3. 1 構成

3. 2 動作

3. 3 ダブルチャンバシステムの電極寿命の予測方法

[0025] 1. エキシマレーザ装置

1. 1 課題

一般的に、エキシマレーザ装置である半導体露光装置用の放電励起式ガスレーザ装置は、長時間安定して所望のパルスレーザ光を出力することが求められている。しかしながら、エキシマレーザ装置を長時間レーザ発振させた場合、放電によりレーザチャンバ内の電極が劣化し、所望のエネルギーのパルスレーザ光を出力することができなくなってしまう場合がある。

[0026] このような、レーザチャンバ内の電極の寿命は、レーザチャンバ内から射出されたレーザパルスの総数が予め定められたしきい値に達したか否かによ

り予測されていた。しかしながら、レーザチャンバ内の電極の寿命は、電極に投入されるエネルギーの大きさによっても変化するため、レーザパルス の総数のみで判断した場合、正確な予測を行うことができない場合もある。

[0027] 即ち、これまでは、エキシマレーザ装置に搭載されている部品（電極、光学素子）またはモジュール（レーザチャンバ、光学モジュール）等の寿命は、レーザパルス の総数で予測されていた。しかしながら、露光装置の要求に応じて、エキシマレーザ装置から出力されるパルスエネルギーを 10 mJ～20 mJ の範囲等で変更できるレーザ装置が求められている。この場合は、投入エネルギーや出力されたレーザ光のパルスエネルギーによって、部品やモジュールの寿命が異なるため、寿命を正確に予測することができない。よって、このように投入エネルギーや出力されたレーザ光のパルスエネルギーが変化したとしても、できる限り正確に、部品やモジュールの寿命を予測することのできるレーザ装置が求められている。

[0028] 1. 2 構成

図 1 に本開示の一態様であるエキシマレーザ装置を示す。このエキシマレーザ装置（本願明細書においては、単にレーザ装置と記載する場合がある）は、レーザチャンバ 10、充電器 12、パルスパワーモジュール（PPM: Pulse Power Module）13、レーザ共振器、エネルギーモニタユニット 17、制御部 30 を含んでいてもよい。レーザチャンバ 10 内には、レーザゲイン媒質として ArF レーザガスが入れられていてもよい。

[0029] レーザチャンバ 10 は、一对の電極 11a 及び 11b と、レーザ光を透過する 2 つのウインド 10a 及び 10b と、を含んでいてもよい。

[0030] レーザ共振器は、狭帯域化モジュール（LNM: Line Narrowing Module）14 と、出力結合ミラー（OC: Output Coupler）15 を含んでいてもよい。図示はしないが、レーザ共振器の他の形態は、狭帯域化モジュール 14 の代わりに高反射ミラー（HR: High Reflection Mirror）を含んでもよい。また、レーザチャンバ 10 は、レーザ共振器の光路上に配置されてもよい。

[0031] 狭帯域化モジュール 14 は、プリズム 14 a とグレーティング 14 b を含んでいてもよい。プリズム 14 a はビームの幅を拡大してもよい。グレーティング 14 b がリトロ配置され、レーザ装置が目標波長で発振してもよい。

[0032] 出力結合ミラー 15 は、一部のレーザ光を反射し、一部の光を透過させる部分反射ミラーであってもよい。

[0033] エネルギーモニタユニット 17 は、出力結合ミラー 15 を透過したレーザ光の光路上に配置されるビームスプリッタ 17 a と集光レンズ 17 b と光センサ 17 c とを含んでいてもよい。

[0034] パルスパワーモジュール 13 は、図 1 には示されていないコンデンサを含み、電極 11 a 及び 11 b に接続され、更にスイッチ 13 a を含んでいてもよい。スイッチ 13 a にトリガ信号が入力されることで電極 11 a 及び 11 b の間で放電が生じてもよい。充電器 12 は、パルスパワーモジュール 13 に設けられているコンデンサに接続されていてもよい。

[0035] 1. 3 動作

制御部 30 は、露光装置 100 に設けられた露光装置コントローラ 110 から送信された目標のパルスエネルギー E_t と発振トリガの信号を受信してもよい。

[0036] 制御部 30 は、受信した目標のパルスエネルギー E_t と発振トリガの信号に基づき、レーザ光のパルスエネルギーが目標のパルスエネルギー E_t となるように充電器 12 に所定の充電電圧 (V_{hv}) を設定してもよい。制御部 30 は、発振トリガ入力から所定時間後にパルスパワーモジュール 13 内に設けられたスイッチ 13 a を動作させて、電極 11 a と電極 11 b との間に、電圧を印加してもよい。これにより、パルスパワーモジュール 13 は、充電器 12 により加えられた充電電圧を短パルス化して、電極 11 a と電極 11 b との間に、電圧を印加してもよい。

[0037] この電圧印加により、電極 11 a と電極 11 b との間に放電を発生させ、レーザガスを励起し、励起されたレーザガスより発せられた光を狭帯域化モ

ジュール 14 と出力結合ミラー 15 との間で共振させ、レーザ発振させてもよい。この際、プリズム 14 a とグレーティング 14 b によって狭帯域化されたレーザ光が出力結合ミラー 15 を透過して出力されてもよい。

[0038] 出力結合ミラー 15 を透過し、ビームスプリッタ 17 a で反射したレーザ光は、光センサ c に入射してもよい。このように、ビームスプリッタ 17 a において一部反射されたレーザ光は、集光レンズ 17 b を介し光センサ 17 c に入射してもよい。光センサ 17 c によりレーザ光のパルスエネルギーが検出されてもよい。ビームスプリッタ 17 a を透過したレーザ光は、露光装置 100 に入射してもよい。

[0039] 制御部 30 には、記憶部 31 が設けられており、その記憶部 31 に、充電電圧 V_{hv} と出力されたパルスエネルギー E の一方又は双方が記憶されてもよい。

[0040] 上述した動作を繰り返し行うことにより、各々のパルスにおける充電電圧 V_{hv} (V_{hv1} 、 V_{hv2} 、 $\dots$ 、 V_{hvn}) を記憶させてもよい。

[0041] 制御部 30 は、目標のパルスエネルギー E_t と光センサ 17 c により検出されたエネルギー E の差 ΔE に基づいて、次のレーザ発振に用いられる充電電圧 V_{hv} を定めるフィードバック制御を行ってもよい。

[0042] 制御部 30 は、各々のパルスの充電電圧 V_{hv} (V_{hv1} 、 V_{hv2} 、 $\dots$ 、 V_{hvn}) に基づいて、レーザチャンバ 10 内に設けられている電極 11 a 及び 11 b の寿命を予測してもよい。

[0043] 2. エキシマレーザ装置の寿命の予測方法

2. 1 電極寿命の予測とパラメータ

レーザチャンバ 10 内に設けられている電極 11 a 及び 11 b の消耗量は、以下のパラメータの影響を受ける場合がある。

- [0044]
- 1) 電極の放電面の面積 S
 - 2) 電極への投入エネルギー E_{in}
 - 3) 電極材料毎の消耗速度係数 α

これらのパラメータについて、以下に説明する。

[0045] 1) 電極の放電面の面積 S

まず、電極 11a 及び 11b により形成される放電領域について図 2 に基づき説明する。図 2 (a) は、レーザチャンバ 10 内に設けられた電極 11a 及び 11b の側面図であり、図 2 (b) は、図 2 (a) における一点鎖線 2A-2B において切断した断面図である。レーザチャンバ 10 内に配置される一对の電極 11a 及び 11b は、所定の放電領域 11h が形成されるように、所定の位置に配置されてもよい。電極 11a と電極 11b とのギャップを G とする。

[0046] ここで、電極 11a 及び 11b の幅を W 、長さを L とすると、電極 11a 及び 11b の放電面の面積 S を求める式は、 $S \div W \times L$ となる。

[0047] ここで、実際の放電の幅と電極 11a 及び 11b の幅 W とが一致しない場合、また、実際の放電の電極長手方向の長さ L と電極 11a 及び 11b の長さ L とが一致しない場合には、実際に電極 11a 及び 11b の表面で放電する部分に基づいて、放電面の面積 S を算出してもよい。放電面の面積 S は、使用済み電極の消耗している部分を計測し、それを放電面の面積 S としてもよい。

[0048] また、一对の電極 11a 及び 11b において、電極の幅や長さが互いに異なる場合、 L を短い方の電極の長さとし、 W を狭い方の電極の幅として放電面の面積 S を算出してもよい。放電領域 11h は一对の電極 11a と 11b との間の空間であり、その体積は $W \times L \times G$ で近似される。

[0049] 2) 電極への投入エネルギー E_{in}

次に、電極 11a 及び 11b への投入エネルギー E_{in} について説明する。

図 3 は、充電器 12、パルスパワーモジュール 13 等の電気回路を示す。

[0050] パルスパワーモジュール 13 は、スイッチ 13a である半導体スイッチと、磁気スイッチ MS_1 、 MS_2 、 MS_3 と、コンデンサ C_0 と、コンデンサ C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 を含んでもよい。磁気スイッチに印加される電圧の時間積分値がしきい値に達すると、その磁気スイッチに電流が流れ易くなる。以下

の説明では、磁気スイッチに電流が流れ易くなっている状態を、磁気スイッチが閉じていると記載する。しきい値は磁気スイッチ毎に異なる値である。

[0051] また、スイッチ 13 a はコンデンサ C_0 とコンデンサ C_1 とを接続する電線に設けられていてもよい。磁気スイッチ MS_1 はコンデンサ C_1 とコンデンサ C_2 との間に設けられていてもよい。磁気スイッチ MS_2 はコンデンサ C_2 とコンデンサ C_3 との間に設けられていてもよい。磁気スイッチ MS_3 はコンデンサ C_3 とコンデンサ C_4 との間に設けられていてもよい。

[0052] また、コンデンサ C_0 の両端の電極に接続された電圧測定器 41 が必要に応じて設けられていてもよい。電圧測定器 41 はコンデンサ C_0 に印加されている電圧を測定してもよい。また、電極 11 a と電極 11 b に接続された電圧測定器 51 及び、コンデンサ C_4 の一方の電極と電極 11 a との間の回路上に電流測定器 52 が必要に応じて設けられていてもよい。電流測定器 52 としては例えばカレントプローブであってもよい。電圧測定器 51 は電極 11 a と電極 11 b との間の電圧を測定してもよい。電流測定器 52 は電極 11 a と電極 11 b との間の放電の際に流れる電流を測定してもよい。

[0053] 制御部 30 は、コンデンサ C_0 に電荷を充電するときの電圧 V_{hv} の指令値を充電器 12 に設定する。この指令値に基づき充電器 12 はコンデンサ C_0 に印加される電圧が V_{hv} となるようにコンデンサ C_0 に電荷を充電してもよい。

[0054] 次に、制御部 30 から、スイッチ 13 a に信号が送信されると、スイッチ 13 a が閉じ、コンデンサ C_0 からコンデンサ C_1 へ電流 I_1 が流れ、コンデンサ C_1 が充電されてもよい。

[0055] 次に、磁気スイッチ MS_1 が閉じ、コンデンサ C_1 からコンデンサ C_2 へ電流 I_2 が流れ、コンデンサ C_2 に電荷が充電されてもよい。この際、電流 I_2 のパルス幅が I_1 のパルス幅よりも短くなってコンデンサ C_2 に電荷が充電されてもよい。

[0056] 次に、磁気スイッチ MS_2 が閉じ、コンデンサ C_2 からコンデンサ C_3 へ電流 I_3 が流れ、コンデンサ C_3 に電荷が充電されてもよい。この際、電流 I_3 の

パルス幅が I 2 のパルス幅よりも短くなってコンデンサ C₃ に電荷が充電されてもよい。

[0057] 次に、磁気スイッチ M S₃ が閉じ、コンデンサ C₃ からコンデンサ C₄ へ電流 I 4 が流れ、コンデンサ C₄ に電荷が充電されてもよい。この際、電流 I 4 のパルス幅が I 3 のパルス幅よりも短くなってコンデンサ C₄ に電荷が充電されてもよい。

[0058] このように、コンデンサ C₁ からコンデンサ C₂、コンデンサ C₂ からコンデンサ C₃、コンデンサ C₃ からコンデンサ C₄ へと電流が順次流れることにより、パルス幅が短くなり、コンデンサ C₄ に電荷が充電されてもよい。

[0059] この後、コンデンサ C₄ からレーザチャンバ 10 内に設けられた電極 11 a と電極 11 b との間に電圧が印加され、電極 11 a と電極 11 b との間におけるレーザガス中において放電が生じてもよい。

[0060] 電極 11 a 及び 11 b に投入されるエネルギーは、コンデンサ C₀ に印加された電圧 V h v とコンデンサ C₀ の容量 C_{0c} から計算される。即ち、電極への投入エネルギー E i n は、下記 (1) に示す式で表わされる。尚、k は図 3 の電気回路の電荷の減衰量を示す係数である。

$$E i n = k \times C_{0c} \times (V h v)^2 / 2 \dots \dots \dots (1)$$

[0061] 3) 電極材料毎の消耗速度係数 α

次に、電極材料毎の消耗速度係数 α について説明する。電極 11 a 及び 11 b の消耗量は、電極 11 a 及び 11 b を形成している材料に依存する。このため、電極 11 a 及び 11 b を形成している材料の消耗速度係数 α をあらかじめ測定しておき、電極 11 a 及び 11 b の寿命を予測する際に用いてもよい。

[0062] 2. 2 電極寿命と投入エネルギーとの関係

図 4 には、電極 11 a 及び 11 b における電極消耗量 R d と電極 11 a 及び 11 b への投入エネルギーの積算値 E i n s u m の関係について発明者が測

定を行った結果を示す。図4に示される結果より、電極11a及び11bにおける電極消耗量 R_d と電極11a及び11bへの投入エネルギーの積算値 E_{insum} とは、略比例の関係にある。

[0063] ここで、図4に示される電極消耗量 R_d の値が10となった場合に、所望のレーザの性能（例えば、所望の出力されるパルスエネルギー）が維持できなくなると定める。このように定めておけば、パルスレーザ発振を繰り返した場合、投入エネルギーの積算値 E_{insum} が 190×10^9 Jとなったときに、電極11a及び11bは、電極の寿命を迎えたと予測することができる。即ち、この場合においては、 190×10^9 Jが電極寿命となる投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ となる。

[0064] 以上のように、電極11a及び11bにおける電極寿命は、電極11a及び11bに投入したエネルギーの積算値に基づき判断することが可能である。

[0065] i 番目のパルスレーザ発振で電極11a及び11bに投入されるエネルギー E_{in_i} は、上記（1）式により充電電圧 V_{hv_i} とパルスパワーモジュール13に設けられているコンデンサ C_0 の容量 C_{0c} から、下記の（2）に示す式より算出することができる。

$$E_{in_i} = k \times C_{0c} \times (V_{hv_i})^2 / 2 \dots \dots \dots (2)$$

[0066] 従って、パルスレーザ発振回数が n のとき、投入エネルギーの積算値 E_{insum} は、下記の（3）に示す式となる。

$$\begin{aligned} E_{insum} &= \sum E_{in_i} = E_{in_1} + E_{in_2} + \dots \dots \dots + E_{in_n} \\ &= k \times (C_{0c} / 2) \sum (V_{hv_i})^2 \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

[0067] 電極11a及び11bの消耗速度係数 α は、図4に示されるようなグラフに基づき、投入エネルギーの積算値 E_{insum} に対する電極消耗量 R_d の勾配より求めることができる。

α の値が定まったら、電極消耗量 R_d は、下記の（４）に示される式によって算出してもよい。

$$\begin{aligned} R_d &= \alpha \times E_{\text{in sum}} \\ &= k \times \alpha \times (C_{oc}/2) \sum (V_{hv_i})^2 \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

[0068] 従って、電極 11 a 及び 11 b の寿命は、電極 11 a 及び 11 b に投入されたエネルギーの積算値 $E_{\text{in sum}}$ に基づき予測することができる。

[0069] ここで、レーザの性能（例えば、出力されるパルスエネルギー）が維持できなくなる時点での電極 11 a 及び 11 b の電極消耗量を $R_{d \text{ life}}$ とすると、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{\text{in sum life}}$ との関係は、下記の（５）に示される式となる。

$$E_{\text{in sum life}} = R_{d \text{ life}} / \alpha \dots \dots \dots (5)$$

[0070] （５）に示される式から、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{\text{in sum life}}$ は、電極消耗量 $R_{d \text{ life}}$ と、電極 11 a 及び 11 b における放電面の面積 S と、電極 11 a 及び 11 b の消耗速度係数 α から算出することができる。

[0071] 電極 11 a 及び 11 b が寿命を迎えたか否かは、下記の（６）式の関係になったときに寿命を迎えたと判断してもよい。電極 11 a 及び 11 b が寿命を迎えたと判断された場合には、電極が寿命を迎えた旨を制御部 30 が図示されていない外部装置に通報、または、レーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

$$E_{\text{in sum life}} < E_{\text{in sum}} \dots \dots \dots (6)$$

[0072] 更には、電極 11 a 及び 11 b の寿命が近いことを知るため、下記の（７

）に示される式の関係となったときに電極の寿命に近い旨の判断を行ってもよい。電極の寿命に近い旨の判断がされた場合には、電極の寿命に近い旨を制御部 30 が図示されていない外部装置に通報、または、レーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。尚、 β は $0.8 \leq \beta < 1$ の範囲の値でもよい。

$$\beta \times E_{\text{in sum life}} < E_{\text{in sum}} \dots \dots \dots (7)$$

[0073] 上記においては、充電電圧 V_{hv} は充電器 12 において設定された値を用いた場合について説明した。しかしながら、図 3 に示される電圧測定器 41 により測定されたコンデンサ C_0 の電圧値に基づき、投入エネルギーの積算値 $E_{\text{in sum}}$ を算出してもよい。図 3 に示される電圧測定器 51 及び電流測定器 52 により測定された電極 11a 及び 11b に印加される電圧値と電流値に基づき、投入エネルギーの積算値 $E_{\text{in sum}}$ を算出してもよい。

[0074] 2. 3 電極寿命の予測方法 1

図 5 に基づき、レーザ装置の制御方法、特に電極寿命の予測方法について説明する。

[0075] 最初に、制御部 30 は、ステップ S102 において、既に電極 11a 及び 11b に投入されたエネルギーの積算値を読み込み、読込まれた投入エネルギーの積算値を $E_{\text{in sum}}$ としてもよい。既に電極 11a 及び 11b に投入されたエネルギーの積算値は、レーザチャンバ 10 がレーザ装置に設置されたときまでに電極 11a 及び 11b に投入されたエネルギーの積算値であってもよい。具体的には、既に他のレーザ装置において、電極 11a 及び 11b 間の放電が行われていた場合等が挙げられる。また、電極 11a 及び 11b において、未だ放電がなされていない場合には、投入エネルギーの積算値 $E_{\text{in sum}} = 0$ としてもよい。

[0076] 次に、制御部 30 は、ステップ S104 において、充電器 12 に設定されている充電電圧 V_{hv} を読み込んでもよい。

[0077] 次に、制御部30は、ステップS106において、充電器12により、コンデンサC₀に電圧V_{h v}を印加してもよい。

[0078] 次に、制御部30は、ステップS108において、レーザチャンバ10内における電極11aと電極11bとの間において、放電したか否かを判断してもよい。放電したものと判断された場合には、ステップS110に移行してもよい。一方、放電していないものと判断された場合には、ステップS104に移行してもよい。この放電したか否かの判断は、例えば次に述べるようにしてもよい。スイッチ13aにトリガ信号が送信されたか否かにより判断してもよい。レーザ光がエネルギーモニタユニット17により検出されたか否かにより判断してもよい。

[0079] 次に、ステップS110において、投入エネルギーE_{i n}を算出してもよい。具体的には、下記(1)式に基づき投入エネルギーE_{i n}を算出してもよい。尚、kは係数である。

$$E_{i n} = k \times C_{0c} \times (V_{H v})^2 / 2 \dots \dots \dots (1)$$

[0080] 次に、制御部30は、ステップS112において、現在の投入エネルギーの積算値E_{i n s u m}に、ステップS110において算出した投入エネルギーE_{i n}を加え、新たな投入エネルギーの積算値E_{i n s u m}としてもよい。

[0081] 次に、制御部30は、ステップS114において、投入エネルギーの積算値E_{i n s u m}が、投入エネルギーの積算寿命値E_{i n s u m l i f e}を超えているか否かを判断してもよい。投入エネルギーの積算値E_{i n s u m}が、投入エネルギーの積算寿命値E_{i n s u m l i f e}を超えているものと判断された場合には、ステップS116に移行してもよい。一方、投入エネルギーの積算値E_{i n s u m}が、投入エネルギーの積算寿命値E_{i n s u m l i f e}を超えてはいないものと判断された場合には、ステップS104に移行してもよい。

[0082] 次に、ステップS116において、電極11a及び11bが寿命となった

ためレーザチャンバ10が寿命である旨を図示されていない外部装置に通報してもよい。また、外部装置への通報に代えてレーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

[0083] 次に、制御部30は、ステップS118において、チャンバ交換等のメンテナンスを実施したか否かを判断してもよい。メンテナンスを実施したものと判断された場合には、この電極寿命の予測方法のフローは終了してもよい。一方、メンテナンスを実施してはいないものと判断された場合には、ステップS104に移行してもよい。メンテナンスがチャンバ交換の場合には、レーザチャンバ10のシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かによりチャンバ交換が行われたか否かを判断してもよい。また、メンテナンスが電極11a及び11b間のギャップGの調整の場合には、電極11a及び11bの設置位置を認識し、電極11a及び11bの設置位置が変化したか否かにより判断してもよい。また、メンテナンスが電極11a及び11bの交換である場合には、電極11a及び11bのシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かにより、電極11a及び11bの交換が行われたか否かを判断してもよい。

[0084] 投入エネルギー E_{in} の他の算出方法について説明する。投入エネルギー E_{in} の算出は、電圧測定器41により測定されたコンデンサ C_0 の電圧値に基づき行なわれてもよい。この場合、電圧測定器41によるコンデンサ C_0 の電圧の測定は、ステップS108の工程等において併せて行われてもよい。また、電圧測定器41により測定された電圧に、必要に応じて所定の係数を掛けた値を V_{hv} と置き換えて投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0085] また、電圧測定器51及び電流測定器52において測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。この場合、電圧測定器51及び電流測定器52における電圧及び電流の測定は、ステップS108の工程等において併せて行ってもよい。また、電圧測定器51において測定された電圧と、電流測定器52において測定された電流の積に、必要に応じて所定の係数を掛けることにより投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0086] 2. 4 電極寿命の予測方法 2

次に、図 6 に基づき、電極寿命の他の予測方法について説明する。図 6 に示される電極寿命の予測方法は、投入エネルギー E_{in} と寿命となるショット数 B_{life} との関係に基づき判断されてもよい。

[0087] 具体的には、図 6 に示される投入エネルギー E_{in} と、電極が寿命を迎えるショット数 B_{life} の関係について、試験により予め計測されてもよい。これにより得られる寿命ショット数 $B_{life} = f(E_{in})$ の近似関数が制御部 30 の記憶部 31 に記憶されてもよい。寿命ショット数 $B_{life} = f(E_{in})$ の近似関数から投入エネルギー E_{in} が変化した際の寿命が予測されてもよい。

[0088] 下記 (8) に示される式より寿命指標値 L_f を算出し、 $1 < L_f$ となった場合には、電極 11a 及び 11b が寿命を迎えたと判断してもよい。

$$L_f = \sum 1 / f(E_{in_i}) \dots \dots \dots (8)$$

[0089] 寿命指標値 L_f が、 $1 < L_f$ となった場合には、電極が寿命を迎えた旨を制御部 30 が図示されていない外部装置に通報、または、レーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。尚、寿命指標値 L_f が、 $0.8 \leq L_f \leq 1$ の範囲の値となった場合には、電極の寿命に近い旨を制御部 30 が図示されていない外部装置に通報、または、レーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

[0090] 図 7 に基づき、この電極寿命の予測方法について、より詳細に説明する。

[0091] 最初に、制御部 30 は、ステップ S202 において、現時点の寿命指標値 L_f を読み込んでもよい。現時点の寿命指標値は、レーザチャンバ 10 がレーザ装置に設置されたときの寿命指標値であってもよい。具体的には、既に他のレーザ装置において、電極 11a 及び 11b 間の放電が行われていた場合等が挙げられる。また、電極 11a 及び 11b において、未だ放電がなされていない場合には、寿命指標値 $L_f = 0$ としてもよい。

- [0092] 次に、制御部30はステップS204において、充電器12に設定されている充電電圧 V_{hv} を読み込んでよい。
- [0093] 次に、制御部30はステップS206において、充電器12により、充電電圧 V_{hv} となるように、コンデンサ C_0 に電圧を印加してもよい。
- [0094] 次に、制御部30はステップS208において、レーザチャンバ10内における電極11aと電極11bとの間において放電したか否かを判断してもよい。放電したものと判断された場合には、ステップS210に移行してもよい。一方、放電していないものと判断された場合には、ステップS204に移行してもよい。尚、この放電したか否かの判断は、例えば次に述べるようにしてもよい。スイッチ13aにトリガ信号が送信されたか否かにより判断してもよい。また、レーザ光がエネルギーモニタユニット17において検出されたか否かにより判断してもよい。
- [0095] 次に、制御部30はステップS210において、投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。具体的には、前記(1)式に基づき投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。
- [0096] 次に、制御部30はステップS212において、ステップS210において算出された投入エネルギー E_{in} に基づき寿命ショット数 B_{life} を $B_{life} = f(E_{in})$ の近似式より算出してもよい。
- [0097] 次に、制御部30はステップS214において、現在の寿命指標値 L_f に、ステップS212において算出された寿命ショット数 B_{life} の逆数を加え、新たな寿命指標値 L_f としてもよい。
- [0098] 次に、制御部30はステップS216において、寿命指標値 L_f が1を超えているか否かを判断してもよい。寿命指標値 L_f が1を超えているものと判断された場合には、ステップS218に移行してもよい。一方、寿命指標値 L_f が1を超えてはいないものと判断された場合には、ステップS204に移行してもよい。
- [0099] 次に、制御部30はステップS218において、電極11a及び11bが寿命を迎えたためレーザチャンバ10が寿命を迎えた旨を図示されていない外

部装置に通報してもよい。外部装置への通報に代えてレーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

[0100] 次に、ステップS 2 2 0において、チャンバ交換等のメンテナンスを実施したか否かを判断してもよい。メンテナンスを実施したものと判断された場合には、この電極寿命の予測方法のフローは終了してもよい。一方、メンテナンスを実施してはいないものと判断された場合には、ステップS 2 0 4に移行してもよい。メンテナンスがチャンバ交換の場合には、レーザチャンバ 1 0におけるシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かによりチャンバ交換が行われたか否かを判断してもよい。また、メンテナンスが電極 1 1 a 及び 1 1 b 間のギャップGの調整の場合には、電極 1 1 a 及び 1 1 b の設置位置を認識し、電極 1 1 a 及び 1 1 b の設置位置が変化したか否かにより判断してもよい。また、メンテナンスが電極 1 1 a 及び 1 1 b の交換である場合には、電極 1 1 a 及び 1 1 b のシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かにより、電極 1 1 a 及び 1 1 b の交換が行われたか否かを判断してもよい。

[0101] 投入エネルギー E_{in} の算出は、電圧測定器 4 1 により測定されたコンデンサ C_0 の電圧値に基づき行なわれてもよい。この場合、電圧測定器 4 1 によるコンデンサ C_0 の電圧の測定は、ステップS 2 0 8 の工程等において併せて行われてもよい。また、電圧測定器 4 1 により測定された電圧に、必要に応じて所定の係数を掛けた値を V_{hv} と置き換えて投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0102] また、電圧測定器 5 1 及び電流測定器 5 2 において測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。この場合、電圧測定器 5 1 及び電流測定器 5 2 における電圧及び電流の測定は、ステップS 2 0 8 の工程等において併せて行ってもよい。また、電圧測定器 5 1 において測定された電圧と、電流測定器 5 2 において測定された電流の積に、必要に応じて所定の係数を掛けることにより投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0103] 2. 5 電極寿命の予測方法 3

図 8 に基づき電極寿命の更に他の予測方法について説明する。

- [0104] 最初に、制御部 30 は、ステップ S 302 において、既に電極 11a 及び 11b に投入されたエネルギーの積算値を読み込み、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出してもよい。具体的には、制御部 30 が、既に電極 11a 及び 11b に投入されたエネルギーの積算値を読み込み、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ から、読込まれた投入エネルギーの積算値を引き、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出してもよい。また、現在までに電極 11a 及び 11b に投入された投入エネルギーの積算値は、レーザチャンバ 10 がレーザ装置に設置されたときまでに電極 11a 及び 11b に投入された投入エネルギーの積算値であってもよい。具体的には、既に他のレーザ装置において、電極 11a 及び 11b 間の放電が行われている場合等が挙げられる。また、電極 11a 及び 11b において、未だ放電がなされていない場合には、投入エネルギーの積算値は 0 としてもよい。この場合には、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} は投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ に等しくなる。
- [0105] 次に、制御部 30 は、ステップ S 304 において、充電器 12 に設定されている充電電圧 V_{hv} を読み込んでもよい。
- [0106] 次に、制御部 30 は、ステップ S 306 において、充電器 12 により、コンデンサ C_0 に電圧 V_{hv} を印加してもよい。
- [0107] 次に、制御部 30 は、ステップ S 308 において、レーザチャンバ 10 内における電極 11a と電極 11b との間において、放電したか否かを判断してもよい。放電したものと判断された場合には、ステップ S 310 に移行してもよい。一方、放電していないものと判断された場合には、ステップ S 304 に移行してもよい。尚、この放電したか否かの判断は、例えば次に述べるようにしてもよい。スイッチ 13a にトリガ信号が送信されたか否かにより判断してもよい。また、レーザ光がエネルギーモニタユニット 17 において検出されたか否かにより判断してもよい。
- [0108] 次に、制御部 30 は、ステップ S 310 において、投入エネルギー E_{in} を

算出してもよい。具体的には、前記（１）に示す式に基づき投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0109] 次に、制御部 30 は、ステップ S 3 1 2 において、現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} から、ステップ S 3 1 0 において算出した投入エネルギー E_{in} を減ずることにより、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} としてもよい。

[0110] 次に、制御部 30 は、ステップ S 3 1 4 において、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 よりも小さいか否かを判断してもよい。投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 よりも小さいと判断された場合には、ステップ S 3 1 6 に移行してもよい。一方、投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 よりも小さくはないと判断された場合には、ステップ S 3 0 4 に移行してもよい。

[0111] 次に、制御部 30 は、ステップ S 3 1 6 において、電極 1 1 a 及び 1 1 b が寿命を迎えたためレーザチャンバ 1 0 が寿命を迎えた旨を図示されていない外部装置に通報してもよい。外部装置への通報に代えてレーザ装置の図示されていない操作パネル等にレーザチャンバ 1 0 が寿命を迎えた旨を表示してもよい。

[0112] 次に、制御部 30 は、ステップ S 3 1 8 において、チャンバ交換等のメンテナンスを実施したか否かを判断してもよい。メンテナンスを実施したものと判断された場合には、この電極寿命の予測方法のフローは終了してもよい。一方、メンテナンスを実施してはいないものと判断された場合には、ステップ S 3 0 4 に移行してもよい。メンテナンスがチャンバ交換の場合には、レーザチャンバ 1 0 におけるシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かによりチャンバ交換が行われたか否かを判断してもよい。また、メンテナンスが電極 1 1 a 及び 1 1 b におけるギャップ G の調整の場合には、電極 1 1 a 及び 1 1 b における位置を認識し、電極 1 1 a 及び 1 1 b における位置が変化したか否かにより判断してもよい。また、メンテナンスが電極 1 1 a 及び 1 1 b の交換である場合には、電極 1 1 a 及び 1 1 b のシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かに

より、電極 1 1 a 及び 1 1 b の交換が行われたか否かを判断してもよい。

[0113] 投入エネルギー E_{in} の算出は、電圧測定器 4 1 により測定されたコンデンサ C_0 の電圧値に基づき行なわれてもよい。この場合、電圧測定器 4 1 によるコンデンサ C_0 の電圧の測定は、ステップ S 3 0 8 の工程等において併せて行われてもよい。また、電圧測定器 4 1 により測定された電圧に、必要に応じて所定の係数を掛けた値を V_{hv} と置き換えて投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0114] また、電圧測定器 5 1 及び電流測定器 5 2 において測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。この場合、電圧測定器 5 1 及び電流測定器 5 2 における電圧及び電流の測定は、ステップ S 3 0 8 の工程等において併せて行ってもよい。また、電圧測定器 5 1 において測定された電圧と、電流測定器 5 2 において測定された電流の積に、必要に応じて所定の係数を掛けることにより投入エネルギー E_{in} を算出してもよい。

[0115] 2. 6 電極寿命の予測方法 4

次に、更に他の電極寿命の予測方法について説明する。

[0116] 電極寿命を予測する場合には、パルスレーザ光のパルスエネルギー E をモニタして、パルスエネルギー E の値に対応した投入エネルギー E_{in} の値より、投入エネルギーの積算値 $E_{in\ sum}$ を近似してもよい。

[0117] 例えば、図 9 に示すように、パルスレーザ光におけるパルスエネルギー E が、10 mJ 未満である場合には、投入エネルギー E_{in} の値を E_{ina} (J) としてもよい。また、パルスレーザ光におけるパルスエネルギー E が、10 mJ 以上、11.25 mJ 未満である場合には、投入エネルギー E_{in} の値を E_{inb} (J) としてもよい。また、パルスレーザ光におけるパルスエネルギー E が、11.25 mJ 以上、13.75 mJ 未満である場合には、投入エネルギー E_{in} の値を E_{inc} (J) としてもよい。また、パルスレーザ光におけるパルスエネルギー E が、13.75 mJ 以上、15 mJ 未満である場合には、投入エネルギー E_{in} の値を E_{ind} (J) としてもよい。また、パルスレーザ光におけるパルスエネルギー E が、15 mJ 以上である場合には、投入

エネルギー E_{in} の値を E_{ine} (J) としてもよい。

[0118] このようにして得られた投入エネルギー E_{in} の値より、下記の (9) に示す式に基づき、投入エネルギーの積算値 E_{insum} を近似してもよい。

$$E_{insum} \doteq n_a \times E_{ina} + n_b \times E_{inb} + n_c \times E_{inc} + n_d \times E_{ind} + n_e \times E_{ine} \dots \dots \dots (9)$$

尚、 n_a は、パルスエネルギー E が、10 mJ 未満のパルスレーザ光のショット数

n_b は、パルスエネルギー E が、10 mJ 以上、11.25 mJ 未満のパルスレーザ光のショット数

n_c は、パルスエネルギー E が、11.25 mJ 以上、13.75 mJ 未満のパルスレーザ光のショット数

n_d は、パルスエネルギー E が、13.75 mJ 以上、15 mJ 未満のパルスレーザ光のショット数

n_e は、パルスエネルギー E が、15 mJ 以上のパルスレーザ光のショット数

次に、この電極寿命の予測方法について、図10に基づきより詳細に説明する。

[0119] 最初に、制御部30は、ステップS332において、既に電極11a及び11bに投入されたエネルギーの積算値を読み込み、読込まれた投入エネルギーの積算値を E_{insum} としてもよい。既に電極11a及び11bに投入されたエネルギーの積算値は、レーザチャンバ10がレーザ装置に設置されたときまでに電極11a及び11bに投入されたエネルギーの積算値であってもよい。具体的には、レーザチャンバ10が、既に他のレーザ装置において、電極11a及び11b間の放電が行われていた場合等が挙げられる。また、電極11a及び11bにおいて、未だ放電がなされていない場合には、投入エネルギーの積算値 $E_{insum} = 0$ としてもよい。

[0120] 次に、制御部30は、ステップS334において、レーザ発振したか否か

を判断してもよい。具体的には、エネルギーモニタユニット 17 における光センサ 17c において、パルスレーザ光を検出したか否かにより、レーザ発振したか否かを判断してもよい。レーザ発振したものと判断された場合には、ステップ S 336 に移行してもよい。一方、レーザ発振していないものと判断された場合には、ステップ S 334 を繰り返してもよい。

[0121] 次に、エネルギーモニタユニット 17 における光センサ 17c は、ステップ S 336 において、パルスレーザ光のパルスエネルギー E を計測してもよい。

[0122] 次に、制御部 30 は、ステップ S 338 において、後述するパルスエネルギーの範囲を特定するサブルーチンを行ってもよい。これにより、ステップ S 336 において計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E より、対応する投入エネルギー E_{in} を得てもよい。

[0123] 次に、制御部 30 は、ステップ S 340 において、現在の投入エネルギーの積算値 E_{insum} に、ステップ S 338 おいて得られた投入エネルギー E_{in} を加え、新たな投入エネルギーの積算値 E_{insum} としてもよい。

[0124] 次に、制御部 30 は、ステップ S 342 において、投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断してもよい。投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているものと判断された場合には、ステップ S 344 に移行してもよい。一方、投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えてはいないものと判断された場合には、ステップ S 334 に移行してもよい。

[0125] 次に、ステップ S 344 において、電極 11a 及び 11b が寿命となったためレーザチャンバ 10 が寿命である旨を図示されていない外部装置に通報してもよい。また、外部装置への通報に代えてレーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

[0126] 次に、制御部 30 は、ステップ S 346 において、チャンバ交換等のメンテナンスを実施したか否かを判断してもよい。メンテナンスを実施したもの

と判断された場合には、この電極寿命の予測方法のフローは終了してもよい。一方、メンテナンスを実施してはいないものと判断された場合には、ステップS 3 3 4に移行してもよい。メンテナンスがチャンバ交換の場合には、レーザチャンバ1 0のシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かによりチャンバ交換が行われたか否かを判断してもよい。また、メンテナンスが電極1 1 a及び1 1 b間のギャップGの調整の場合には、電極1 1 a及び1 1 bの設置位置を認識し、電極1 1 a及び1 1 bの設置位置が変化したか否かにより判断してもよい。また、メンテナンスが電極1 1 a及び1 1 bの交換である場合には、電極1 1 a及び1 1 bのシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かにより、電極1 1 a及び1 1 bの交換が行われたか否かを判断してもよい。

[0127] 次に、図1 1に基づき図1 0のステップS 3 3 8におけるパルスエネルギーの範囲を特定するサブルーチンについて説明する。このサブルーチンは、制御部3 0において行われるものであって、ステップS 3 3 6において計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E より、対応する投入エネルギー E_{in} を得るサブルーチンであってもよい。

[0128] 最初に、ステップS 3 5 2において、計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、1 0 m J未満であるか否かを判断してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、1 0 m J未満である場合には、ステップS 3 5 4に移行してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、1 0 m J未満ではない場合には、ステップS 3 5 6に移行してもよい。

[0129] 次に、ステップS 3 5 4において、投入エネルギー E_{in} を E_{ina} と設定し、この後、図1 0に示されるメインルーチンに戻ってもよい。

[0130] 次に、ステップS 3 5 6において、計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、1 0 m J以上、1 1. 2 5 m J未満の範囲内にあるか否かを判断してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、1 0 m J以上、1 1. 2 5 m J未満の範囲内にある場合には、ステップS 3

58に移行してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、10 mJ以上、11.25 mJ未満の範囲内にはない場合には、ステップS360に移行してもよい。

[0131] 次に、ステップS358において、投入エネルギー E_{in} を E_{inb} と設定し、この後、図10に示されるメインルーチンに戻ってもよい。

[0132] 次に、ステップS360において、計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、11.25 mJ以上、13.75 mJ未満の範囲内にあるか否かを判断してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、11.25 mJ以上、13.75 mJ未満の範囲内にある場合には、ステップS362に移行してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、11.25 mJ以上、13.75 mJ未満の範囲内にはない場合には、ステップS364に移行してもよい。

[0133] 次に、ステップS362において、投入エネルギー E_{in} を E_{inc} と設定し、この後、図10に示されるメインルーチンに戻ってもよい。

[0134] 次に、ステップS364において、計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、13.75 mJ以上、15 mJ未満の範囲内にあるか否かを判断してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、13.75 mJ以上、15 mJ未満の範囲内にある場合には、ステップS366に移行してもよい。計測されたパルスレーザ光のパルスエネルギー E の値が、13.75 mJ以上、15 mJ未満の範囲内にはない場合には、ステップS368に移行してもよい。

[0135] 次に、ステップS366において、投入エネルギー E_{in} を E_{ind} と設定し、この後、図10に示されるメインルーチンに戻ってもよい。

[0136] 次に、ステップS368において、投入エネルギー E_{in} を E_{ine} と設定し、この後、図10に示されるメインルーチンに戻ってもよい。

[0137] 3. ダブルチャンバエキシマレーザ装置の寿命の予測方法

3. 1 構成

ダブルチャンバエキシマレーザ装置について説明する。図12に示される

ように、ダブルチャンバエキシマレーザ装置は、MO200、PO300、制御部230、高反射ミラー261、262を含んでもよい。MOとPOは、それぞれmaster oscillator、power oscillatorの略語である。

[0138] MO200は、図1に示されるレーザ装置と同様の構造であってもよい。具体的には、MO200は、MOレーザチャンバ210、MO充電器212、MOパルスパワーモジュール213、レーザ共振器、MOエネルギーモニタユニット217を含んでもよい。

[0139] MOレーザチャンバ210は、一对の電極211a及び211bと、レーザ光が透過する2つのウインド210a及び210bと、を含んでもよい。

[0140] レーザ共振器は、狭帯域化モジュール214と、MO出力結合ミラー215を含んでもよい。MOレーザチャンバ210は、レーザ共振器の光路上に配置されてもよい。

[0141] 狭帯域化モジュール214は、プリズム214aとグレーティング214bを含んでもよい。プリズム214aはビームの幅を拡大してもよい。グレーティング214bがリトロ配置され、レーザ装置が目標波長で発振してもよい。

[0142] MO出力結合ミラー215は、一部のレーザ光を反射し、一部のレーザ光を透過させる部分反射ミラーであってもよい。

[0143] MOエネルギーモニタユニット217は、MO出力結合ミラー215を透過したレーザ光の光路上に配置されるビームスプリッタ217aと集光レンズ217bと光センサ217cとを含んでもよい。

[0144] MOパルスパワーモジュール213は、図12には示されていないコンデンサを含んでおり、電極211a及び211bに接続され、更にスイッチ213aを含んでもよい。スイッチ213aにトリガ信号が入力されることで電極211a及び211bの間で放電が生じてもよい。MO充電器212は、MOパルスパワーモジュール213に設けられているコンデンサに接続されていてもよい。

[0145] PO300は、POレーザチャンバ310、PO充電器312、POパルスパワーモジュール313、レーザ共振器、POエネルギーモニタユニット317を含んでもよい。

[0146] POレーザチャンバ310は、一对の電極311a及び311bと、レーザ光が透過する2つのウインド310a及び310bと、を含んでもよい。

[0147] レーザ共振器は、部分反射ミラー318とPO出力結合ミラー315を含んでもよい。POレーザチャンバ310は、レーザ共振器の光路上に配置されてもよい。

[0148] PO出力結合ミラー315は、一部のレーザ光を反射し、一部のレーザ光を透過させる部分反射ミラーであってもよい。

[0149] POエネルギーモニタユニット317は、PO出力結合ミラー315を透過したレーザ光の光路上に配置されるビームスプリッタ317aと集光レンズ317bと光センサ317cとを含んでもよい。

[0150] POパルスパワーモジュール313は、図12には示されていないコンデンサを含み、電極311a及び311bに接続され、更にスイッチ313aを含んでもよい。スイッチ313aにトリガ信号が入力されることで電極311a及び311bの間で放電が生じてもよい。PO充電器312は、POパルスパワーモジュール313に設けられているコンデンサに接続されていてもよい。

[0151] 3. 2 動作

制御部230は、露光装置100に設けられた露光装置コントローラ110から送信された目標のパルスエネルギー E_t と発振トリガの信号を受信してもよい。

[0152] 制御部230は、受信した目標のパルスエネルギー E_t と発振トリガの信号に基づき、PO300から出力されるレーザ光のパルスエネルギーが目標のパルスエネルギー E_t となるように、MO充電器212に所定の充電電圧(V_{hvmo})を設定し、PO充電器312にも所定の充電電圧(V_{hvpo})を

設定してもよい。

- [0153] 制御部230は、発振トリガ入力から所定時間後にMOパルスパワーモジュール213内に設けられたスイッチ213aを動作させて、電極211aと電極211bとの間に、電圧を印加してもよい。スイッチ213aの動作から予め定められた更に他の所定時間後にPOパルスパワーモジュール313内に設けられたスイッチ313aを動作させて、電極311aと電極311bとの間に、電圧を印加してもよい。
- [0154] 制御部230から送信されたトリガ信号をMOパルスパワーモジュール213のスイッチ213aが受信した場合にMOレーザチャンバ210の電極211aと211bとの間で放電が生じてもよい。
- [0155] MOレーザチャンバ210の電極211aと211bとの間で放電が発生すると、レーザガスが励起され、励起されたレーザガスより光が発生し得る。その光がMO出力結合ミラー215と狭帯域化モジュール214との間で共振し、レーザ発振し得る。プリズム214aとグレーティング214bによって狭帯域化されたレーザ光の一部はMO出力結合ミラー215を透過して出力されてもよい。出力されたレーザ光の一部がビームスプリッタ217aで反射し、そのパルスエネルギー E_{mo} がMOエネルギーモニタユニット217において検出され、検出されたパルスエネルギー E_{mo} の値は、制御部230に送信されてもよい。
- [0156] MO200より出力され、ビームスプリッタ217aを透過したレーザ光（シード光）は、高反射ミラー261及び262において反射され、PO300に設けられた部分反射ミラー318に入射してもよい。
- [0157] 部分反射ミラー318では、入射したレーザ光の一部が透過し、POレーザチャンバ310の電極311aと311bとの間の空間に入射してもよい。MO200から出力されたレーザ光が部分反射ミラー318を介し、POレーザチャンバ310の電極311aと311bとの間の空間に存在するタイミングで、POレーザチャンバ310内の電極310aと310bとの間で放電させ、レーザガスを励起してもよい。

[0158] これにより、PO300に入射したレーザ光は増幅され、PO出力結合ミラー315を透過しレーザ光が出力されてもよい。PO出力結合ミラー315を透過し出力されたレーザ光の一部がビームスプリッタ317aで反射し、そのパルスエネルギー E_{po} がPOエネルギーモニタユニット317において検出され、検出されたパルスエネルギー E_{po} の値は、制御部230に送信されてもよい。

[0159] MO200における充電電圧 V_{hvm} の制御では、パルスエネルギー E_{mo} の値に基づき、MO200の次の出力光エネルギーが所定のパルスエネルギー E_{mot} に近づくように充電電圧をフィードバック制御してもよい。

[0160] PO300における充電電圧 V_{hvp} の制御では、パルスエネルギー E_{po} の値に基づき、PO300の次の出力光エネルギーが目標のパルスエネルギー E_t に近づくように、充電電圧をフィードバック制御してもよい。

[0161] 制御部230は、充電電圧 V_{hvm} とパルスエネルギー E_{mo} に基づいて、MO200におけるMOレーザチャンバ210内の電極211a及び211bの電極寿命の判断を行ってもよい。

[0162] 制御部230は、充電電圧 V_{hvp} とパルスエネルギー E_{po} に基づいて、PO300におけるPOレーザチャンバ310内の電極311a及び311bの電極寿命の予測を行ってもよい。予測方法の詳細は後に説明される。

[0163] 更に、MO200に搭載されていたチャンバが、その後、PO300に搭載された場合には、充電電圧 V_{hvm} 、パルスエネルギー E_{mo} 、充電電圧 V_{hvp} 、パルスエネルギー E_{po} に基づいて、電極の電極寿命の予測を行ってもよい。予測方法の詳細は後に説明される。

[0164] この場合、チャンバをMO200からPO300に移動させた場合においても、電極の電極寿命の予測を正確に行うことが可能となる。

[0165] 3. 3 ダブルチャンバエキシマレーザ装置の電極寿命の予測方法

図13に基づきレーザ装置の制御方法であって、ダブルチャンバエキシマレーザ装置の電極寿命の予測方法について説明する。ダブルチャンバエキシマレーザ装置の電極寿命の予測方法の主要部分は、図5で説明された予測方

法がMO200とPO300それぞれに適用されている。

- [0166] 最初に、制御部230は、ステップS402において、現在までに電極211a及び211bに投入された投入エネルギーの積算値を読み込み、読み込まれた投入エネルギーの積算値を投入エネルギーの積算値 E_{insumo} としてもよい。既に電極211a及び211bに投入されたエネルギーの積算値は、MOレーザチャンバ210がレーザ装置に設置されたときまでに電極211a及び211bに投入されたエネルギーの積算値であってもよい。具体的には、既に他のレーザ装置において、電極211a及び211b間の放電が行われていた場合等が挙げられる。また、電極211a及び211bにおいて、未だ放電がなされていない場合には、投入エネルギーの積算値 $E_{insumo}=0$ としてもよい。
- [0167] 次に、制御部230は、ステップS404において、MO充電器212に設定されている充電電圧 V_{hvmo} を読み込んでもよい。
- [0168] 次に、制御部230は、ステップS406において、MO充電器212により、コンデンサ C_{mo} に電圧 V_{hvmo} を印加してもよい。そのコンデンサの容量は $C_{mo,c}$ である。
- [0169] 次に、制御部230は、ステップS408において、MOレーザチャンバ210内における電極211aと電極211bとの間において放電したか否かを判断してもよい。放電したものと判断された場合には、ステップS410に移行してもよい。一方、放電していないものと判断された場合には、ステップS404に移行してもよい。尚、この放電したか否かの判断は、例えば次に述べるようにしてもよい。スイッチ213aにトリガ信号が送信されたか否かにより判断してもよい。レーザ光がMOエネルギーモニタユニット217により検出されたか否かにより判断してもよい。
- [0170] 次に、ステップS410において、投入エネルギー E_{inmo} を算出してもよい。具体的には、下記(10)に示す式に基づき投入エネルギー E_{inmo} を算出してもよい。尚、 k_{mo} は係数である。

$$E_{inmo} = k_{mo} \times C_{mo_{oc}} \times (V_{hvm_o})^2 / 2 \cdots \cdots (10)$$

[0171] 次に、ステップS412において、現在の投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ に、ステップS410において算出した投入エネルギー E_{inmo} を加え、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ としてもよい。

[0172] 次に、ステップS414において、投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ が、MO200の投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlifemo}$ を超えているか否かを判断してもよい。投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlifemo}$ を超えているものと判断された場合には、ステップS416に移行してもよい。一方、投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlifemo}$ を超えてはいないものと判断された場合には、ステップS404に移行してもよい。

[0173] 次に、ステップS416において、電極211a及び211bが寿命を迎えたためMOレーザチャンバ210が寿命を迎えた旨を図示されていない外部装置等に通報してもよい。ステップS416において、MOレーザチャンバ210として使用しているものをPOレーザチャンバ310として使用するため移動させる旨の要求をその外部装置等に通報してもよい。この後、MOレーザチャンバ210として使用されていたチャンバがPOレーザチャンバ310の位置へ移動されてもよい。

[0174] 次に、ステップS418において、MOレーザチャンバ210として使用していたものをPOレーザチャンバ310として使用するため、チャンバを移動したか否かを判断してもよい。チャンバを移動したものと判断された場合には、ステップS422に移行する。一方、チャンバを移動していないものと判断された場合には、ステップS404に移行する。

[0175] 次に、ステップS422において、現在までの投入エネルギーの積算値 $E_{insummo}$ を投入エネルギーの積算値 $E_{insumpo}$ としてもよい。尚、この場合、MOレーザチャンバ210として使用していたものをPOレーザ

チャンバ310として使用するためチャンバを移動しているため、MOレーザチャンバ210であったものとPOレーザチャンバ310となったものとは同一である。しかしながら、説明等の便宜上、これらにおける参照符号等は異なるものとして説明する。

[0176] 次に、ステップS424において、PO充電器312において設定されている充電電圧 V_{hvpo} を読み込んでよい。

[0177] 次に、ステップS426において、PO充電器312により、コンデンサ C_{po} に電圧 V_{hvpo} を印加してもよい。そのコンデンサの容量は C_{pooc} である。

[0178] 次に、ステップS428において、POレーザチャンバ310内における電極311aと電極311bとの間において放電したか否かを判断してもよい。放電したものと判断された場合には、ステップS430に移行してもよい。一方、放電していないものと判断された場合には、ステップS424に移行してもよい。この放電したか否かの判断は、例えば次に述べるようにしてもよい。スイッチ313aにトリガ信号が送信されたか否かにより判断してもよい。レーザ光がPOエネルギーモニタユニット317において検出されたか否かにより判断してもよい。

[0179] 次に、ステップS430において、投入エネルギー E_{inpo} を算出してもよい。具体的には、下記(11)に示す式に基づき投入エネルギー E_{inpo} を算出してもよい。尚、 k_{po} は係数である。

$$E_{inpo} = k_{po} \times C_{pooc} \times (V_{hvpo})^2 / 2 \dots \dots (11)$$

[0180] 次に、ステップS432において、現在の投入エネルギーの積算値 $E_{insumpo}$ に、ステップS430において算出した投入エネルギー E_{inpo} を加え、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{insumpo}$ としてもよい。

[0181] 次に、ステップS434において、投入エネルギーの積算値 $E_{insumpo}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife po}$ を超えているか

否かを判断してもよい。投入エネルギーの積算値 E_{input} が、投入エネルギーの積算寿命値 E_{input_life} を超えているものと判断された場合には、ステップ S436 に移行してもよい。一方、投入エネルギーの積算値 E_{input} が、投入エネルギーの積算寿命値 E_{input_life} を超えてはいないものと判断された場合には、ステップ S424 に移行してもよい。

[0182] 次に、ステップ S436 において、電極 311a 及び 311b が寿命となったため PO レーザチャンバ 310 が寿命である旨を図示されていない外部装置に通報してもよい。外部装置への通報に代えてレーザ装置の図示されていない操作パネル等に表示してもよい。

[0183] 次に、ステップ S438 において、チャンバ交換等のメンテナンスを実施したか否かを判断してもよい。メンテナンスを実施したものと判断された場合には、この電極寿命の予測方法のフローは終了してもよい。一方、メンテナンスを実施してはいないものと判断された場合には、ステップ S424 に移行してもよい。メンテナンスがチャンバ交換の場合には、PO レーザチャンバ 310 におけるシリアルナンバーを認識し、シリアルナンバーが異なっているか否かによりチャンバ交換が行われたか否かを判断してもよい。

[0184] 投入エネルギーの他の算出方法について説明する。MO パルスパワーモジュール 213 と PO パルスパワーモジュール 313 は、図 3 の回路と同様の回路であってもよい。MO パルスパワーモジュール 213 と PO パルスパワーモジュール 313 と、図 3 の回路との違いは、各磁気スイッチのインダクタンスと各コンデンサの容量の値である。

[0185] 投入エネルギー E_{input} の算出は、図示されていない電圧測定器により測定されたコンデンサ C_{mo} の電圧値に基づき行なわれてもよい。この場合、その電圧測定器によるコンデンサ C_{mo} の電圧の測定は、ステップ S408 の工程等において併せて行われてもよい。または、その電圧測定器により測定された電圧に、必要に応じて所定の係数を掛けた値を V_{hvm} と置き換えて投入エネルギー E_{input} を算出してもよい。

[0186] 投入エネルギー E_{inpo} の算出は、図示されていない電圧測定器により測定されたコンデンサ C_{po} の電圧値に基づき行なわれてもよい。この場合、その電圧測定器によるコンデンサ C_{po} の電圧の測定は、ステップ S 4 2 8 の工程等において併せて行われてもよい。または、その電圧測定器により測定された電圧に、必要に応じて所定の係数を掛けた値を V_{hvp_o} と置き換えて投入エネルギー E_{inpo} を算出してもよい。

[0187] 投入エネルギーの更に他の算出方法について説明する。投入エネルギー E_{inmo} の算出は、図示されていない電圧測定器により測定された電極 2 1 1 a 及び 2 1 1 b 間の電圧値、及び図示されていない電流測定器により測定された放電の際に流れる電流値に基づき行なわれてもよい。この場合、電圧測定器及び電流測定器による電圧及び電流の測定は、ステップ S 4 0 8 の工程等において併せて行われてもよい。また、電圧測定器により測定された電圧と、電流測定器により測定された電流の積に、必要に応じて所定の係数を掛けることにより投入エネルギー E_{inmo} が算出されてもよい。

[0188] 投入エネルギー E_{inpo} の算出は、図示されていない電圧測定器により測定された電極 3 1 1 a 及び 3 1 1 b 間の電圧値、及び図示されていない電流測定器により測定された放電の際に流れる電流値に基づき行なわれてもよい。この場合、電圧測定器及び電流測定器における電圧及び電流の測定は、ステップ S 4 2 8 の工程等において併せて行われてもよい。また、電圧測定器において測定された電圧と、電流測定器において測定された電流の積に、必要に応じて所定の係数を掛けることにより投入エネルギー E_{inpo} が算出されてもよい。

上記においては、ステップ S 4 1 6 において、電極の寿命をチャンバの寿命とし、MOレーザチャンバ 2 1 0 として使用していたものをPOレーザチャンバ 3 1 0 としてチャンバを移動する場合について説明した。しかしながら、チャンバの移動に代えて電極を交換することにより対応してもよく、また、電極のギャップを調整することにより所望のレーザ特性が得られる場合には、電極のギャップを調整することにより対応してもよい。

- [0189] また、上記においては、MOレーザチャンバ210として使用していたものをPOレーザチャンバ310として使用する場合について説明したが、POレーザチャンバ310として使用していたものをMOレーザチャンバ210として使用するため移動してもよい。
- [0190] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。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。
- [0191] 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不定冠詞「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。
- [0192] 本国際出願は、2012年7月26日に出願された日本国特許出願2012-166292号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願2012-166292号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

- [0193]
- | | |
|-----|-------------------|
| 10 | レーザチャンバ |
| 10a | ウインド |
| 10b | ウインド |
| 11a | 電極 |
| 11b | 電極 |
| 12 | 充電器 |
| 13 | パルスパワーモジュール (PPM) |
| 13a | スイッチ |
| 14 | 狭帯域化モジュール (LNM) |
| 14a | プリズム |

1 4 b	グレーティング
1 5	出力結合ミラー
1 7	エネルギーモニタユニット
1 7 a	ビームスプリッタ
1 7 b	集光レンズ
1 7 c	光センサ
3 0	制御部
3 1	記憶部
4 1	電圧測定器
5 1	電圧測定器
5 2	電流測定器
1 0 0	露光装置
1 1 0	露光装置コントローラ
C ₀	コンデンサ
C ₁ ～C ₄	コンデンサ
MS ₁ ～MS ₃	磁気スイッチ

請求の範囲

[請求項1]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、
前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、
前記充電電圧の値に基づき前記一対の電極間への投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、
を備えるレーザ装置。

[請求項2]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、
前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電電圧の値に基づき前記一対の電極間への投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、
を備えるレーザ装置。

[請求項3]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、
前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一

対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、
前記充電器により加えられた充電電圧の値を測定する電圧測定器と、
、
前記測定された充電電圧の値に基づき前記一对の電極間への投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、
を備えるレーザ装置。

[請求項4]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一对の電極と、
前記一对の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、
前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一对の電極に印加するパルスパワーモジュールと、
前記一对の電極間に印加された電圧値を測定する電圧測定器と、
前記一对の電極間を流れる電流値を測定する電流測定器と、
前記測定された電圧値及び電流値に基づき前記一对の電極間への投入エネルギー E_{in} を算出し、更に、算出された前記投入エネルギー E_{in} を積算することにより前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、
、
を備えるレーザ装置。

[請求項5]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一对の電極と、
前記一对の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、

前記充電電圧の値に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、前記一対の電極間への投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 を超えているか否かを判断する制御部と、

を備えるレーザ装置。

[請求項6]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、

前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、

前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電電圧の値に基づき投入エネルギー E_{in} を算出し、前記一対の電極間への投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 を超えているか否かを判断する制御部と、

を備えるレーザ装置。

[請求項7]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、

前記レーザチャンバ内に設けられている一対の電極と、

前記一対の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、

前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一対の電極に印加するパルスパワーモジュールと、

前記充電器により加えられた充電電圧を測定する電圧測定器と、

前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギーを算出し、前記一対の電極間への投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が 0 を超えているか否かを判断する制御部と、

を備えるレーザ装置。

[請求項8]

レーザゲイン媒質が入れられているレーザチャンバと、
前記レーザチャンバ内に設けられている一对の電極と、
前記一对の電極間に放電を生じさせるための充電電圧を加える充電器と、
前記充電器により加えられた前記充電電圧を短パルス化し、前記一对の電極に印加するパルスパワーモジュールと、
前記一对の電極間に印加された電圧を測定する電圧測定器と、
前記一对の電極間を流れる電流を測定する電流測定器と、
前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギーを算出し、前記一对の電極間への投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より前記投入エネルギー E_{in} を減じ、前記減じた後の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が0を超えているか否かを判断する制御部と、
を備えるレーザ装置。

[請求項9]

投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程と、
レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、
前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、
前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、
現在の投入エネルギーの積算値 E_{insum} に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出する工程と、
前記算出された投入エネルギーの積算値 E_{insum} が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する工程と、
を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項10] 投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ の設定を行う工程と、
 レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるための充電電圧を設定する工程と、
 前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、
 前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、
 現在の投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ を算出する工程と、
 前記算出された投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ を超えているか否かを判断する工程と、
 を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項11] 投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ の設定を行う工程と、
 レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、
 前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、
 前記充電電圧を測定する工程と、
 前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、
 現在の投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ を算出する工程と、
 前記算出された投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項12]

投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ の設定を行う工程と、

レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、

前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、

前記一对の電極間に印加された電圧及び、前記一对の電極間を流れる電流を測定する工程と、

前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、

現在の投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ に、前記算出された投入エネルギー E_{in} を加えて、新たな投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ を算出する工程と、

前記算出された投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ が、投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項13]

投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ の設定を行う工程と、

レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、

前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、

前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、

現在の投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ より、前記算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ を

算出する工程と、

前記算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0 を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項14]

投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、

レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるための充電電圧を設定する工程と、

前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、

前記設定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、

現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前記算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、

前記算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0 を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項15]

投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、

レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパルス電力モジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、

前記パルス電力モジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、

前記充電電圧を測定する工程と、

前記測定された充電電圧に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、

現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前記算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、

前記算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項16]

投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} の設定を行う工程と、

レーザ光を出射するレーザゲイン媒質を励起するための一对の電極間に電圧を印加し放電させるため、前記一对の電極に接続されているパワーパルスモジュールに加えられる充電電圧を設定する工程と、

前記パルスパワーモジュールに、前記設定された充電電圧を加え、前記一对の電極間に放電を生じさせる工程と、

前記一对の電極間に印加された電圧及び、前記一对の電極間を流れる電流を測定する工程と、

前記測定された電圧及び電流に基づき投入エネルギー E_{in} を算出する工程と、

現在の投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} より、前記算出された投入エネルギー E_{in} を減じて、新たな投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} を算出する工程と、

前記算出された投入エネルギー寿命指標値 E_{inL} が、0を超えているか否かを判断する工程と、

を含むレーザ装置の制御方法。

[請求項17]

前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程は、

現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を投入エネルギーの積算値 E_{insum} とする請求項9に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項18]

前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程は、

現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を投入エネルギーの積算値 E_{insum} とする請求項10に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項19]

前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} の設定を行う工程は、

現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ とする請求項 11 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項20] 前記投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ の設定を行う工程は、
現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を投入エネルギーの積算値 $E_{in sum}$ とする請求項 12 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項21] 前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ の設定を行う工程は、
現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ より、前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を減じて、前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ とする請求項 13 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項22] 前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ の設定を行う工程は、
現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ より、前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を減じて、前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ とする請求項 14 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項23] 前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ の設定を行う工程は、
現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ より、前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を減じて、前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ とする請求項 15 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項24] 前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ の設定を行う工程は、
現在までの投入エネルギーの積算値を読み込み、

投入エネルギーの積算寿命値 $E_{in sum life}$ より、前記読み込まれた投入エネルギーの積算値を減じて、前記投入エネルギー寿命指標値 $E_{in L}$ とする請求項 16 に記載のレーザ装置の制御方法。

[請求項25] レーザチャンバを含みパルスレーザ光を出力するレーザ装置であっ

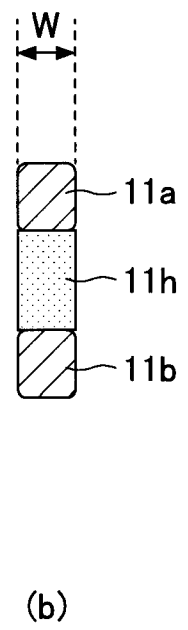
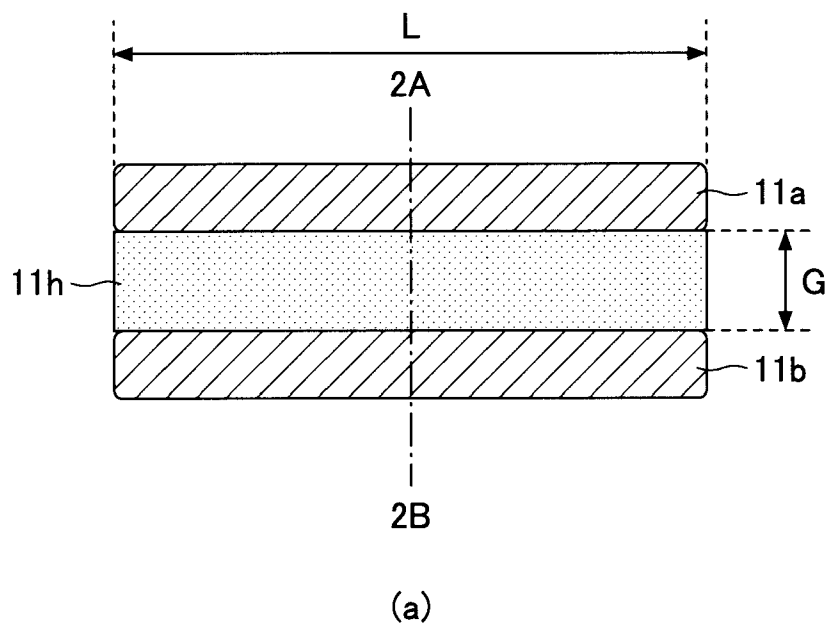
て、

前記パルスレーザ光のパルスエネルギーを計測するエネルギーモニタユニットと、

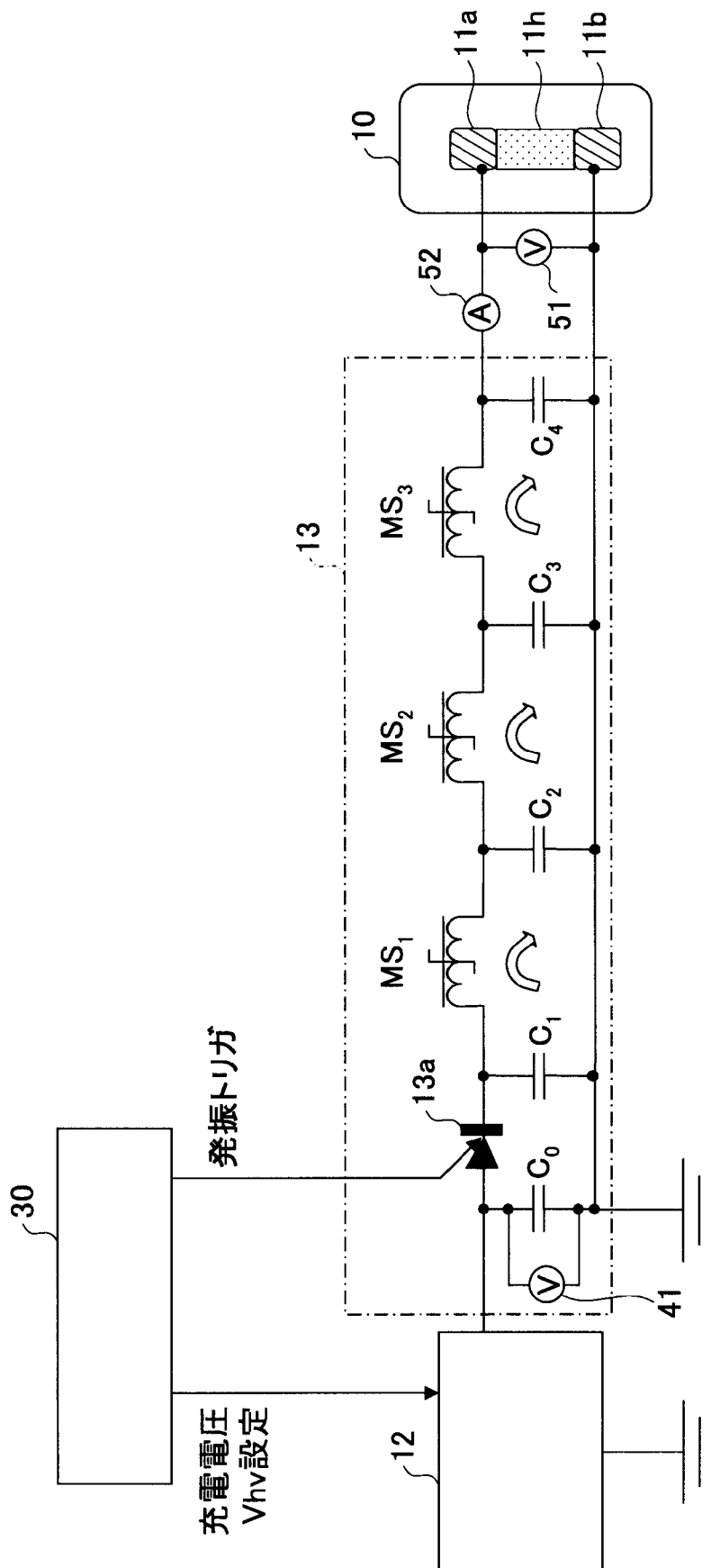
前記パルスエネルギーの値に基づき投入エネルギーの積算値 E_{insum} を算出し、前記投入エネルギーの積算値 E_{insum} が投入エネルギーの積算寿命値 $E_{insumlife}$ を超えているか否かを判断する制御部と、

を備えるレーザ装置。

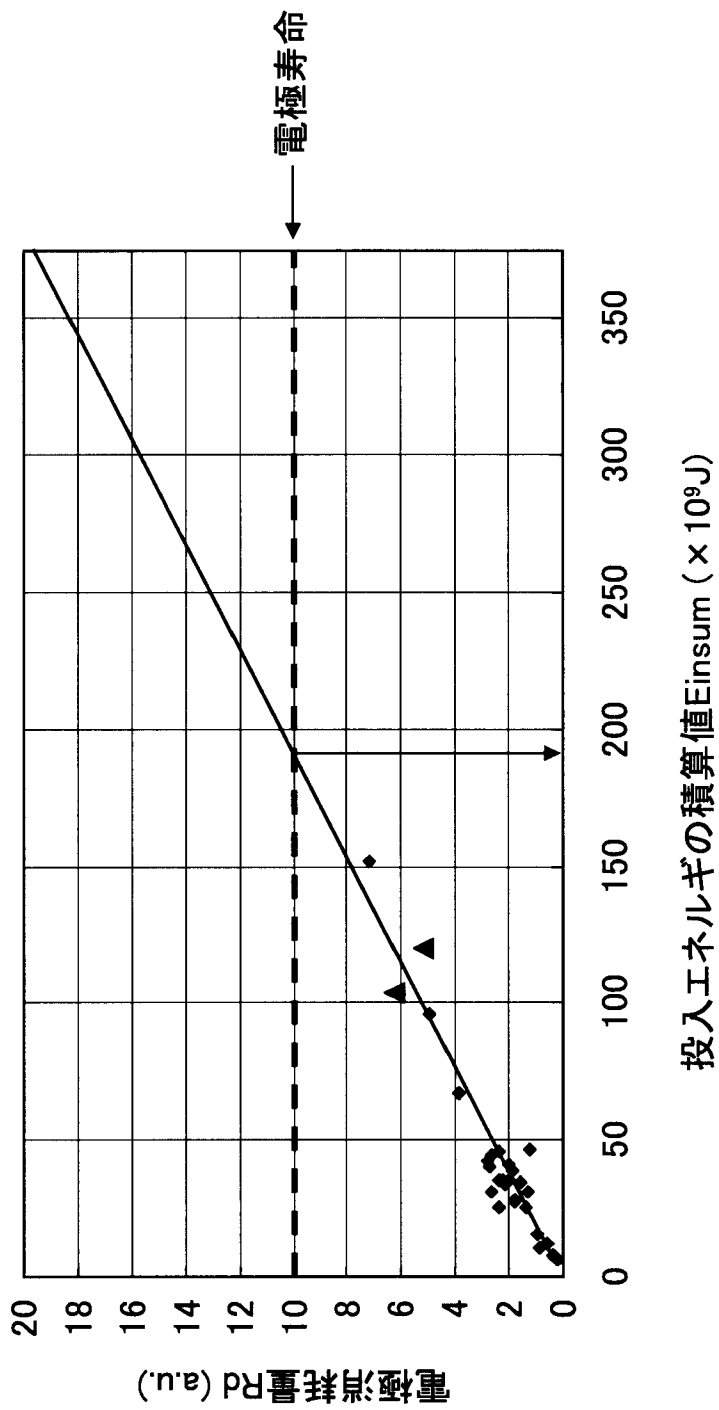
[図2]



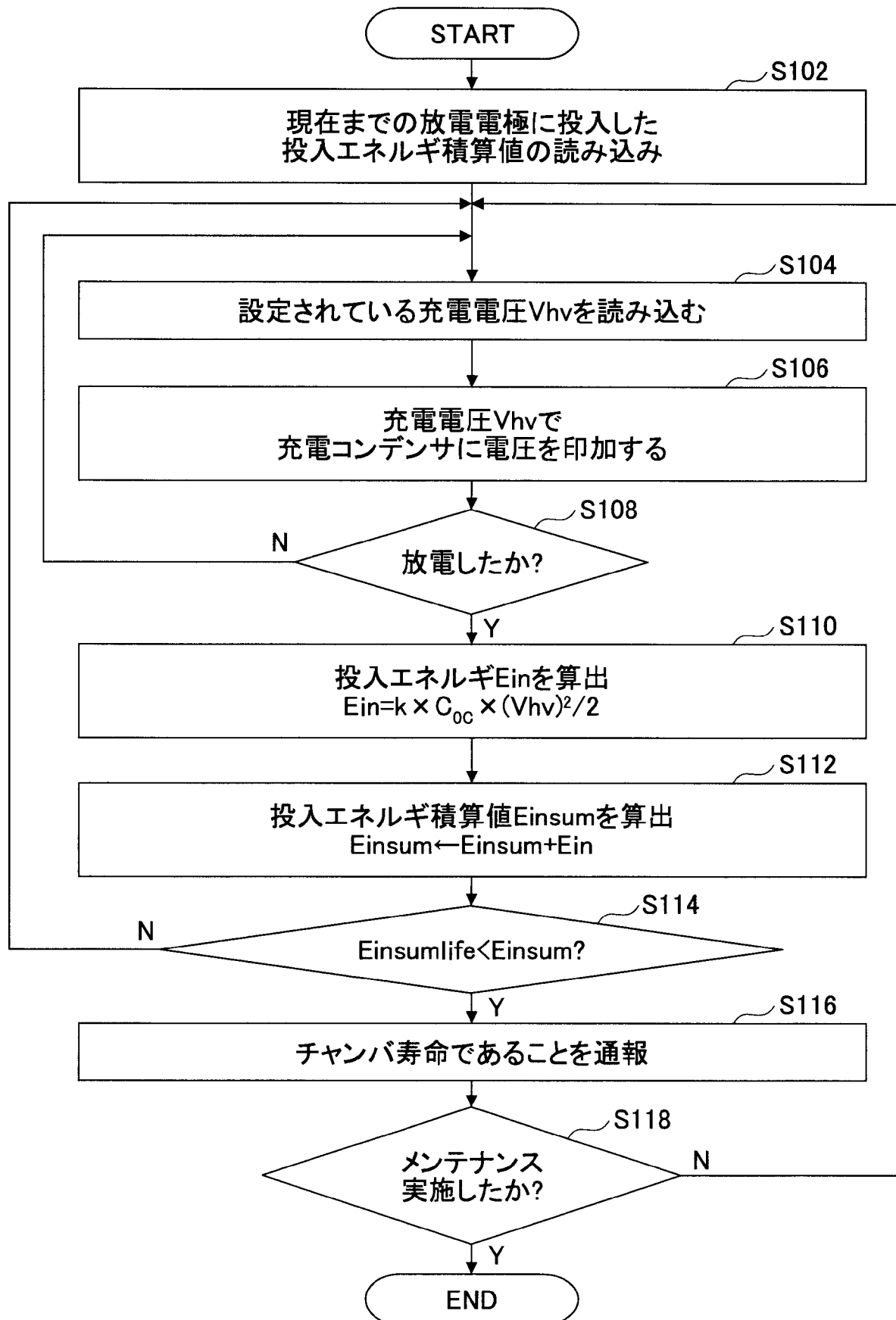
[図3]



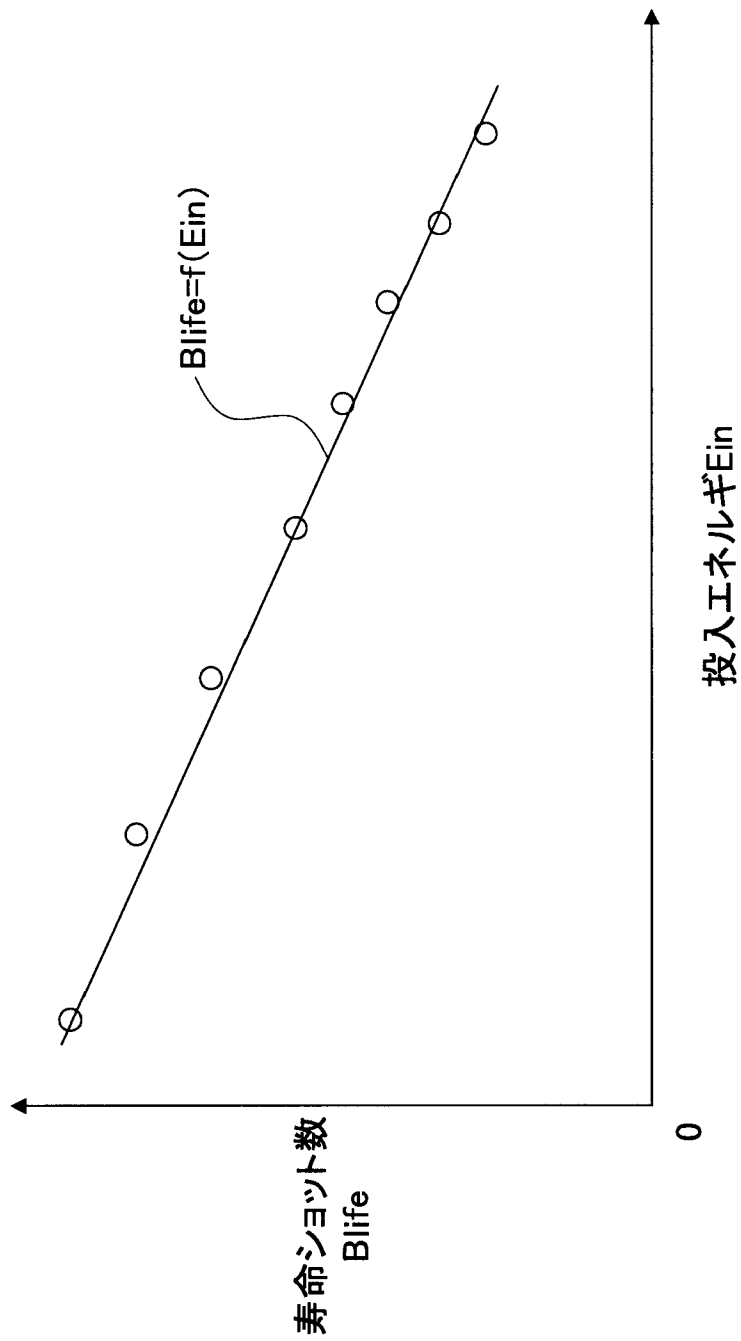
[図4]



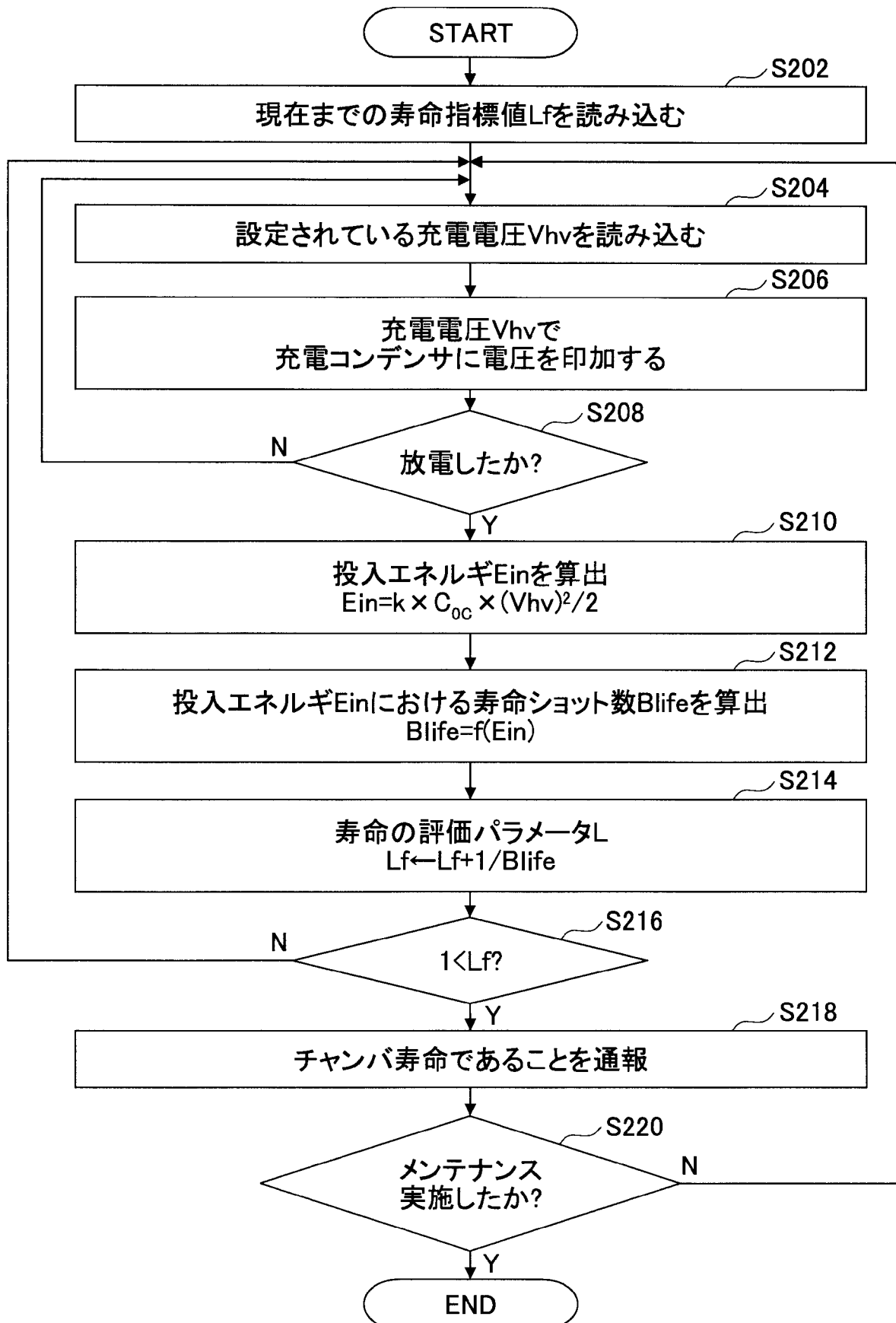
[図5]



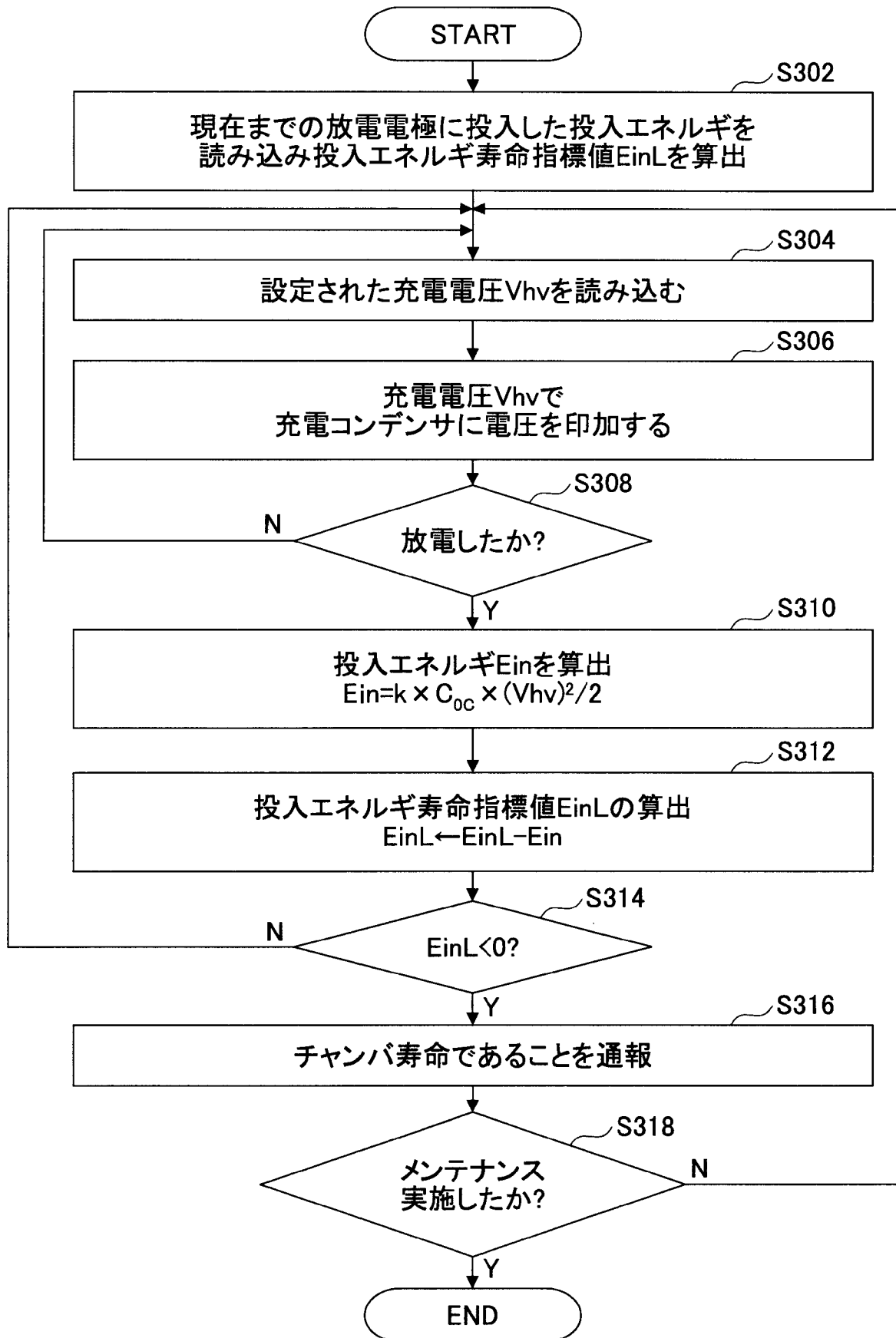
[図6]



[図7]



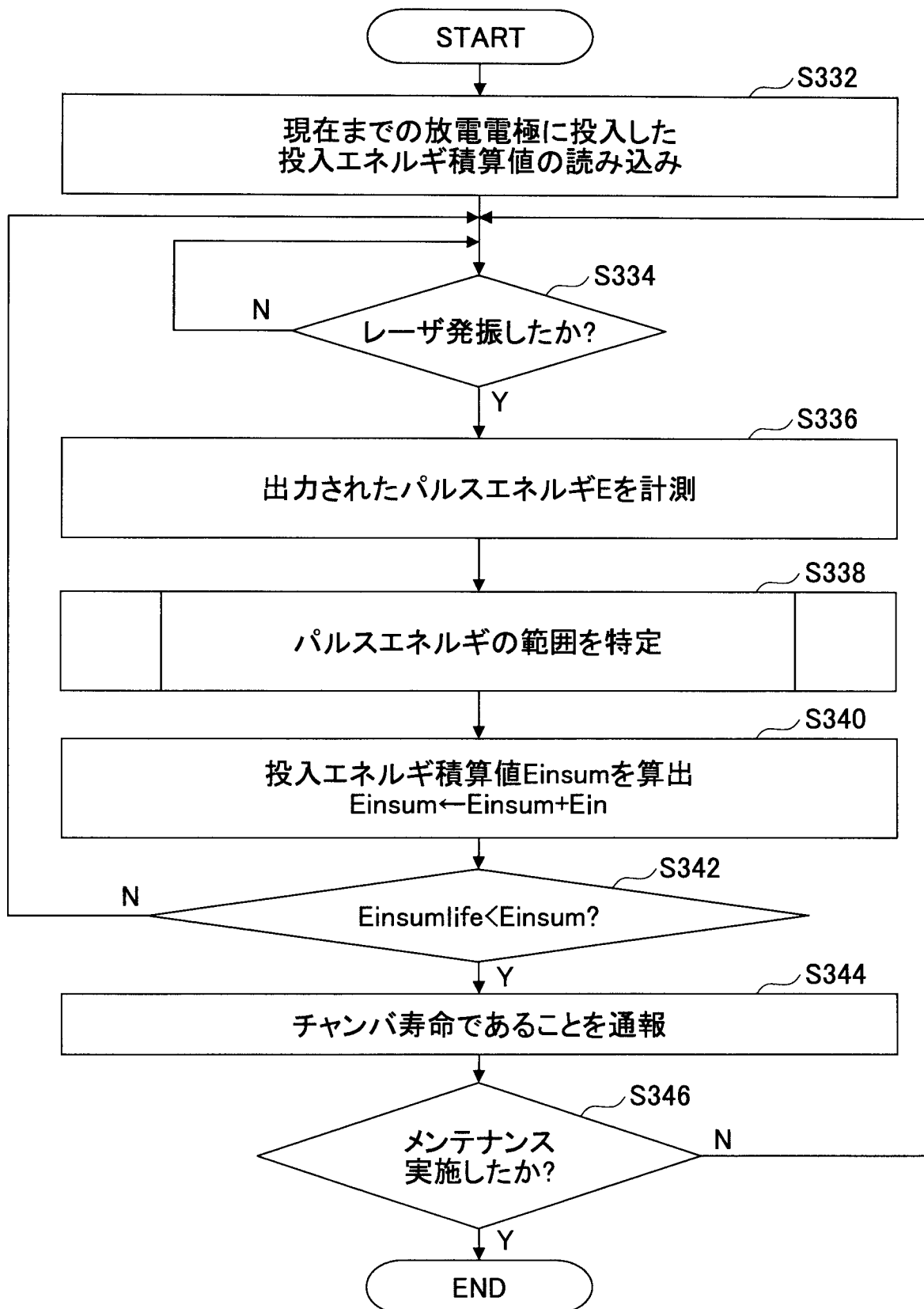
[図8]



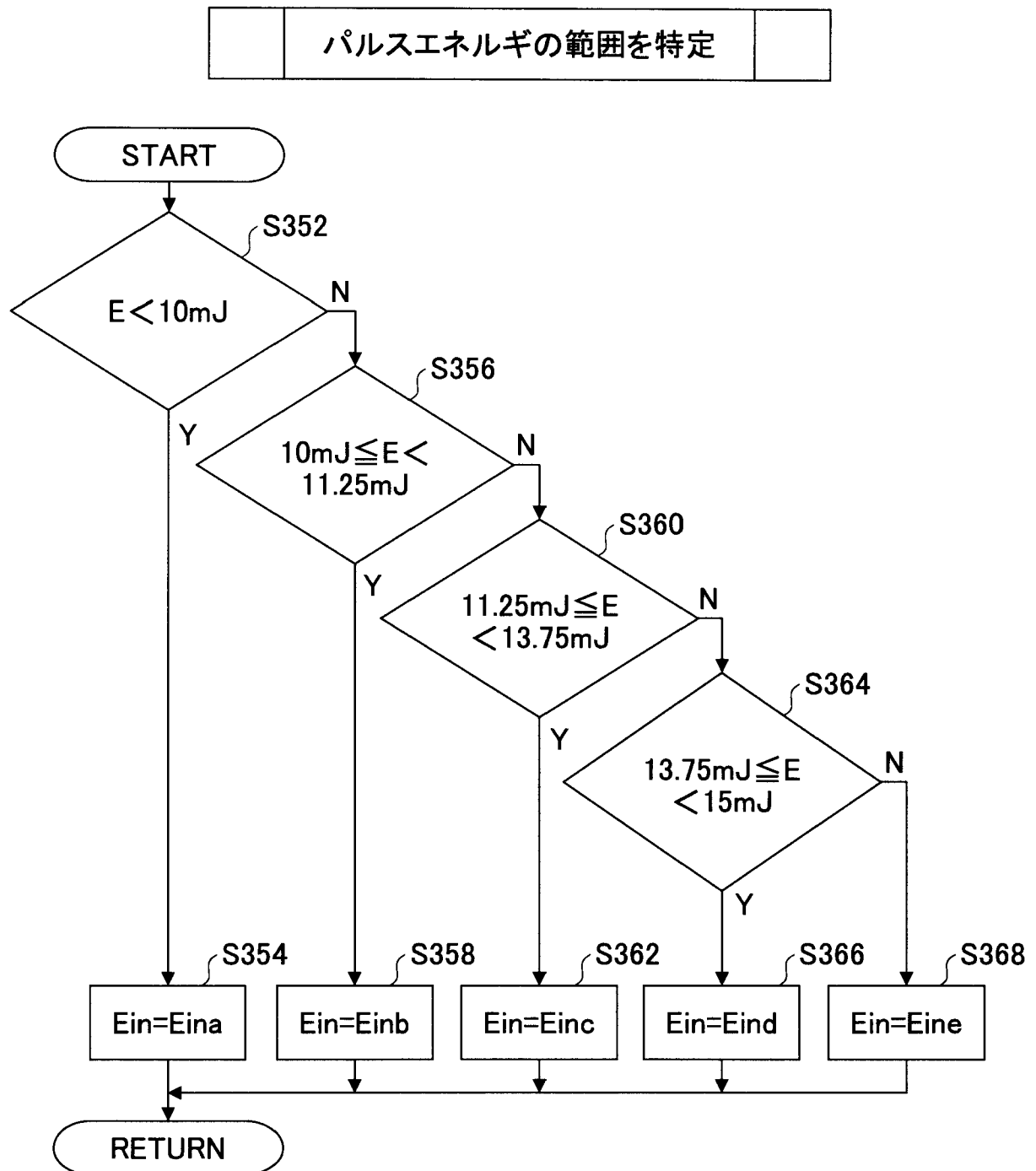
[図9]

パルスエネルギーEの範囲 (mJ)	投入エネルギーEin (J)
$E < 10$	Eina
$10 \leq E < 11.25$	Einb
$11.25 \leq E < 13.75$	Einc
$13.75 \leq E < 15$	Eind
$15 \leq E$	Eine

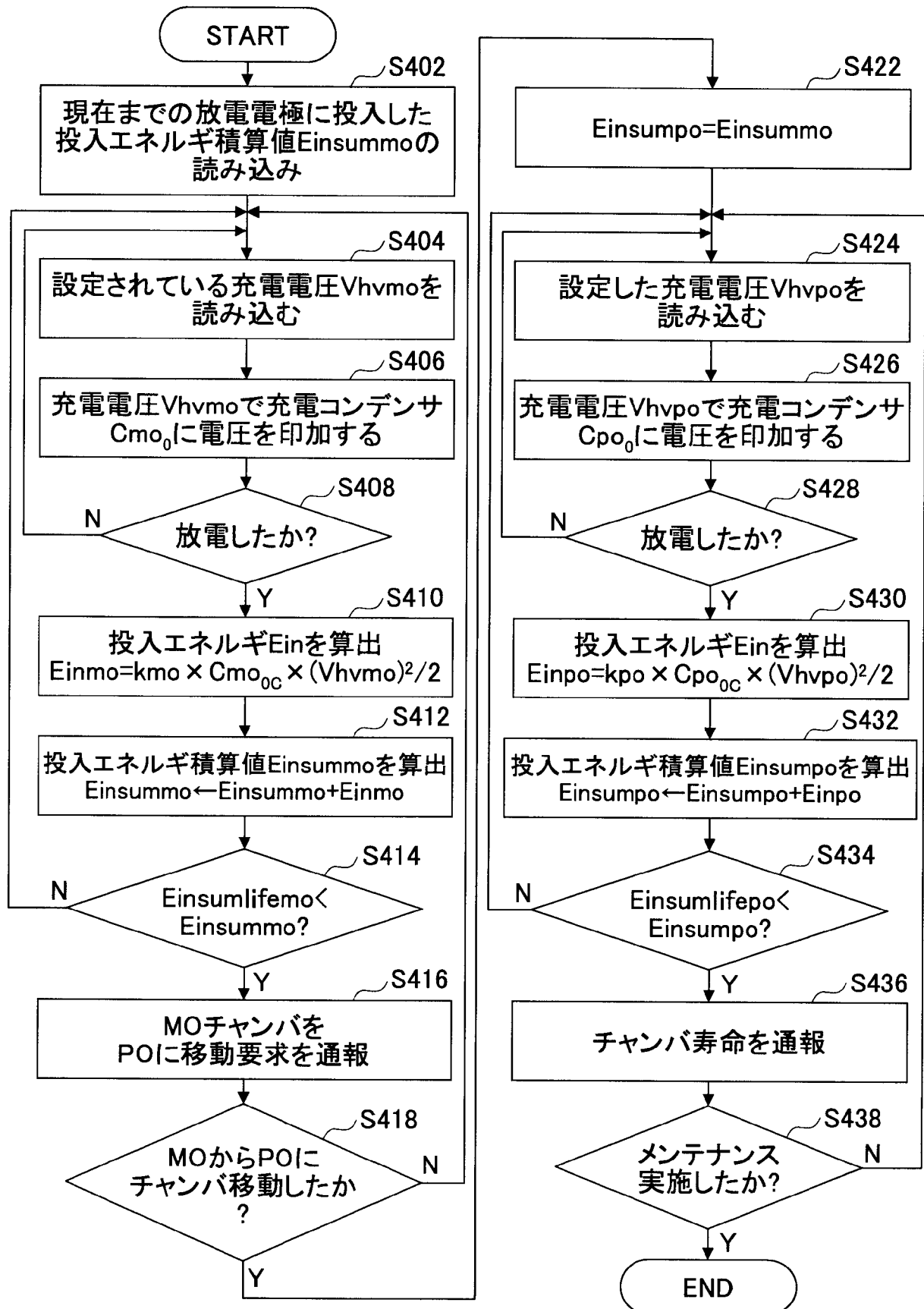
[図10]



[図11]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/00(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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y	JP 5-291649 A (Fanuc Ltd.), 05 November 1993 (05.11.1993), entire text; all drawings & US 5504766 A & EP 589062 A1 & WO 1993/021672 A1	25 1-24
Y	JP 2003-243753 A (Gigaphoton Inc.), 29 August 2003 (29.08.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-24
Y	JP 11-177166 A (Amada Engineering Center Co., Ltd.), 02 July 1999 (02.07.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-24

☒ 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
16 October, 2013 (16.10.13)

Date of mailing of the international search report
29 October, 2013 (29.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070110

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 2008-225047 A (Seiko Epson Corp.), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0055], [0056] (Family: none)	5-8, 13-16, 21-24
Y	JP 2009-18453 A (Seiko Epson Corp.), 29 January 2009 (29.01.2009), paragraphs [0042], [0043] & US 2009/0015623 A1	5-8, 13-16, 21-24
A	JP 9-223833 A (Saima Inc.), 26 August 1997 (26.08.1997), entire text; all drawings & US 5646954 A & EP 789431 A2 & DE 69707323 T2 & CA 2196130 A & KR 10-0246725 B1	1-24
A	JP 2002-43219 A (Gigaphoton Inc.), 08 February 2002 (08.02.2002), entire text; all drawings & US 6697695 B1 & EP 1150401 A2	1-24
A	JP 10-135542 A (Fanuc Ltd.), 22 May 1998 (22.05.1998), carrying-out mode; fig. 1 & US 6097747 A & EP 881725 A1 & WO 1998/019374 A1 & DE 69738194 T2	1-24

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/00(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	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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X Y	JP 5-291649 A（ファナック株式会社）1993. 11. 05, 全文、全図 & US 5504766 A & EP 589062 A1 & WO 1993/021672 A1	25 1-24
Y	JP 2003-243753 A（ギガフォトン株式会社）2003. 08. 29, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-24

☒ 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

1 6 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 9 . 1 0 . 2 0 1 3

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）

杉山 輝和

2 X

9 6 0 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

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 11-177166 A (株式会社アマダエンジニアリングセンター) 1999.07.02, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-24
Y	JP 2008-225047 A (セイコーエプソン株式会社) 2008.09.25, [0055], [0056] (ファミリーなし)	5-8, 13- 16, 21-24
Y	JP 2009-18453 A (セイコーエプソン株式会社) 2009.01.29, [0042], [0043] & US 2009/0015623 A1	5-8, 13- 16, 21-24
A	JP 9-223833 A (サイマー・インク) 1997.08.26, 全文、全図 & US 5646954 A & EP 789431 A2 & DE 69707323 T2 & CA 2196130 A & KR 10-0246725 B1	1-24
A	JP 2002-43219 A (ギガフォトン株式会社) 2002.02.08, 全文、全図 & US 6697695 B1 & EP 1150401 A2	1-24
A	JP 10-135542 A (ファナック株式会社) 1998.05.22, 実施の形態、 図 1 & US 6097747 A & EP 881725 A1 & WO 1998/019374 A1 & DE 69738194 T2	1-24