

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/201755 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/10 (2006.01)

〒1818588 東京都三鷹市大沢二丁目2
1番1号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012679

(22) 国際出願日: 2023年3月28日(28.03.2023)

(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). 大
学共同利用機関法人自然科学研究
機構(INTER-UNIVERSITY RESEARCH INSTI-
TUTE CORPORATION, NATIONAL INSTI-
TUTES OF NATURAL SCIENCES) [JP/JP];

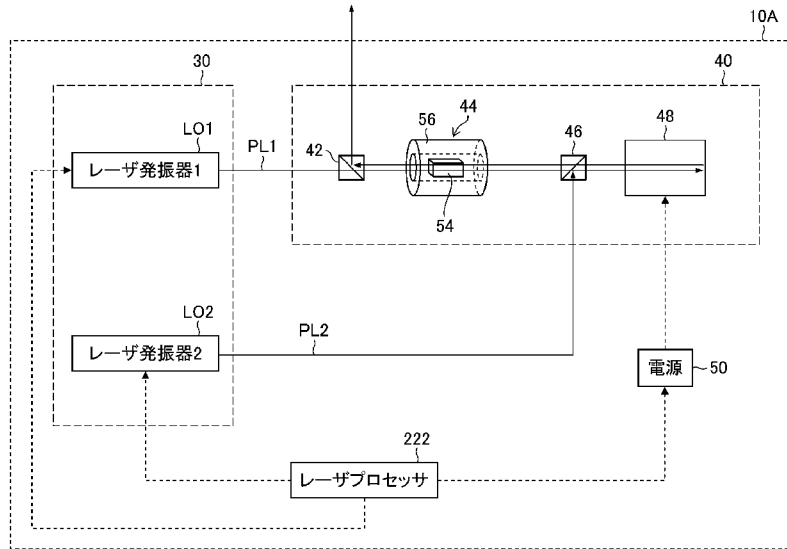
(72) 発明者: 田丸 裕基(TAMARU, Yuki); 〒3238558
栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギ
ガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 三浦 泰
祐(MIURA, Taisuke); 〒3238558 栃木県小山市
大字横倉新田400番地 ギガフォトン株
式会社内 Tochigi (JP). 安原 亮(YASUHARA,
Ryo); 〒5095292 岐阜県土岐市下石町322
-6 大学共同利用機関法人自然科学研究機
構 核融合科学研究所内 Gifu (JP).

(74) 代理人: 松浦 憲三(MATSUURA, Kenzo);
〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目8

(54) Title: LASER SYSTEM AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: レーザシステム及び電子デバイスの製造方法

[図4]



50 Power source
222 Laser processor
LO Laser oscillator

(57) Abstract: This laser system comprises: a laser oscillator system that outputs a first pulse laser beam in a first polarization direction and a second pulse laser beam in a second polarization direction rotated by 45 degrees in a first rotation direction with respect to the first polarization direction; a beam combiner that couples the first pulse laser beam and the second pulse laser beam; a power source; and a processor. The beam combiner comprises: a first polarizer; a first Faraday rotator that rotates the polarization direction of the first pulse laser beam, which has passed through the first polarizer,

[続葉有]

番 1 号 新宿ビルディング 5 階 新都心
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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

by 45 degrees in a direction opposite the first rotation direction; a second polarizer that allows the first pulse laser beam, which has passed through the first Faraday rotator, to pass therethrough, and that reflects the second pulse laser beam; and a multipath Faraday mirror that reflects the first pulse laser beam and the second pulse laser beam toward the second polarizer. The multipath Faraday mirror includes a first Faraday material, an electromagnet, and a plurality of reflection mirrors. The processor controls a current flowing to the electromagnet via the power source so that the current does not flow to the electromagnet when the first pulse laser beam passes, and the current which rotates the polarization direction of the second pulse laser beam by 90 degrees flows when the second pulse laser beam passes through the first Faraday material.

(57) 要約: レーザシステムは、第1の偏光方向の第1のパルスレーザ光と第1の偏光方向に対して第1の回転方向に45度回転した第2の偏光方向の第2のパルスレーザ光とを出力するレーザ発振器システム、第1のパルスレーザ光と第2のパルスレーザ光とを結合するビームコンバイナ、電源及びプロセッサを備え、ビームコンバイナは、第1の偏光子、第1の偏光子を透過した第1のパルスレーザ光の偏光方向を第1の回転方向と逆方向に45度回転させる第1のファラデー回転子、第1のファラデー回転子を透過した第1のパルスレーザ光を透過し、第2のパルスレーザ光を反射する第2の偏光子及び第1のパルスレーザ光及び第2のパルスレーザ光を第2の偏光子に向けて反射するマルチパスファラデーミラーを備える。マルチパスファラデーミラーは、第1のファラデー材料、電磁石及び複数の反射ミラーを備え、プロセッサは、第1のパルスレーザ光が透過するときに電磁石に電流を流さず、第2のパルスレーザ光が第1のファラデー材料を透過するときに第2のパルスレーザ光の偏光方向を90度回転させる電流を流すように電源を介して電磁石に流れる電流を制御する。

明 細 書

発明の名称： レーザシステム及び電子デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザシステム及び電子デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置においては、半導体集積回路の微細化及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。例えば、露光用のガスレーザ装置としては、波長約248nmのレーザ光を出力するKrFエキシマレーザ装置、並びに波長約193nm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] KrFエキシマレーザ装置及びArFエキシマレーザ装置の自然発振光のスペクトル線幅は、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、解像力が低下し得る。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（エタロンやグレーティング等）を含む狭帯域化モジュール（Line Narrowing Module：LNM）が備えられる場合がある。以下では、スペクトル線幅が狭帯域化されるガスレーザ装置を狭帯域化ガスレーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021／108054号

特許文献2：米国特許出願公開第2005／146769号明細書

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係るレーザシステムは、第1の偏光方向の第1のパ

ルスレーザ光と第1の偏光方向に対して第1の回転方向に45度回転した第2の偏光方向の第2の Pulsレーザ光とを出力するレーザ発振器システムと、第1の Pulsレーザ光と第2の Pulsレーザ光とを共通の方向に伝搬させるように第1の Pulsレーザ光と第2の Pulsレーザ光とを結合するビームコンバイナであって、第1の Pulsレーザ光を透過する第1の偏光子と、第1の偏光子を透過した第1の Pulsレーザ光の偏光方向を第1の回転方向に対して逆方向の第2の回転方向に45度回転させる第1のファラデー回転子と、第1のファラデー回転子を透過した第1の Pulsレーザ光を透過し、第2の Pulsレーザ光を反射する第2の偏光子と、第2の偏光子を透過した第1の Pulsレーザ光と第2の偏光子で反射された第2の Pulsレーザ光とを第2の偏光子に向けて反射するマルチパスファラデーミラーと、を備え、マルチパスファラデーミラーは、第1の Pulsレーザ光及び第2の Pulsレーザ光が透過する第1のファラデー材料と、第1のファラデー材料に磁場を印加する電磁石と、第1のファラデー材料を透過した第1の Pulsレーザ光及び第2の Pulsレーザ光を第1のファラデー材料に折り返す複数の反射ミラーと、を備えるビームコンバイナと、電磁石に電流を流す電源と、第1の Pulsレーザ光が第1のファラデー材料を透過するときに電磁石に電流を流さず、第2の Pulsレーザ光が第1のファラデー材料を透過するときに第2の Pulsレーザ光の偏光方向を90度回転させる電流を電磁石に流すように、電源を介して電磁石に流れる電流を制御するプロセッサと、を備える。

[0006] 本開示の他の1つの観点に係る電子デバイスの製造方法は、第1の偏光方向の第1の Pulsレーザ光と第1の偏光方向に対して第1の回転方向に45度回転した第2の偏光方向の第2の Pulsレーザ光とを出力するレーザ発振器システムと、第1の Pulsレーザ光と第2の Pulsレーザ光とを共通の方向に伝搬させるように第1の Pulsレーザ光と第2の Pulsレーザ光とを結合するビームコンバイナであって、第1の Pulsレーザ光を透過する第1の偏光子と、第1の偏光子を透過した第1の Pulsレーザ光の偏光方向を第1の回転方向に対して逆方向の第2の回転方向に45度回転させる第1のファ

ラデー回転子と、第1のファラデー回転子を透過した第1のパルスレーザ光を透過し、第2のパルスレーザ光を反射する第2の偏光子と、第2の偏光子を透過した第1のパルスレーザ光と第2の偏光子で反射された第2のパルスレーザ光とを第2の偏光子に向けて反射するマルチパスファラデーミラーと、を備え、マルチパスファラデーミラーは、第1のパルスレーザ光及び第2のパルスレーザ光が透過する第1のファラデー材料と、第1のファラデー材料に磁場を印加する電磁石と、第1のファラデー材料を透過した第1のパルスレーザ光及び第2のパルスレーザ光を第1のファラデー材料に折り返す複数の反射ミラーと、を備えるビームコンバイナと、電磁石に電流を流す電源と、第1のパルスレーザ光が第1のファラデー材料を透過するときに電磁石に電流を流さず、第2のパルスレーザ光が第1のファラデー材料を透過するときに第2のパルスレーザ光の偏光方向を90度回転させる電流を電磁石に流すように、電源を介して電磁石に流れる電流を制御するプロセッサと、を備えるレーザシステムによってレーザ光を生成し、レーザ光を露光装置に出力し、電子デバイスを製造するために、露光装置内で感光基板にレーザ光を露光することを含む。

図面の簡単な説明

[0007] 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]図1は、比較例に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図2]図2は、比較例に係るビームコンバイナのミラーが第1の位置に配置された状態を示す説明図である。

[図3]図3は、比較例に係るビームコンバイナのミラーが第2の位置に配置された状態を示す説明図である。

[図4]図4は、実施形態1に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図5]図5は、実施形態1に用いられるビームコンバイナの構成を概略的に示す。

[図6]図6は、第1のレーザ発振器から出力された第1のパルスレーザ光の伝

搬の様子を示す説明図である。

[図7]図7は、第2のレーザ発振器から出力された第2のパルスレーザ光の伝搬の様子を示す説明図である。

[図8]図8は、実施形態1の変形例に係るマルチパスファラデーミラーの構成を概略的に示す。

[図9]図9は、実施形態2に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図10]図10は、第3のレーザ発振器から出力された第2のパルスレーザ光の伝搬の様子を示す説明図である。

[図11]図11は、実施形態3に係るレーザシステムの構成を概略的に示す。

[図12]図12は、第1の増幅器から出力された第1のパルスレーザ光の伝搬の様子を示す説明図である。

[図13]図13は、第2の増幅器から出力された第2のパルスレーザ光の伝搬の様子を示す説明図である。

[図14]図14は、露光装置の構成を概略的に示す。

実施形態

[0008] ー目次ー

1. 用語の説明

1. 1 ファラデー材料

1. 2 マルチパスファラデーミラー

2. 比較例に係るレーザシステムの概要

2. 1 構成

2. 2 動作

2. 3 課題

3. 実施形態1

3. 1 構成

3. 2 動作

3. 3 効果

3. 4 変形例

3. 4. 1 構成

3. 4. 2 動作

3. 4. 3 効果

4. 実施形態2

4. 1 構成

4. 2 動作

4. 3 効果

5. 実施形態3

5. 1 構成

5. 2 動作

5. 3 効果

6. 電子デバイスの製造方法について

7. その他

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. 用語の説明

1. 1 ファラデー材料

ファラデー材料とは、外部から磁場を印加することで磁気光学効果のファ
ラデー効果が起こる材料をいう。どの材料でもファラデー効果は起こるが、
本明細書では、波長が150nmから380nmの紫外線波長においてファ
ラデー効果が得られる材料のことを指す。深紫外領域においては、ファラデー
材料の候補材料として、フッ化カルシウム (CaF_2)、フッ化マグネシウ
ム (MgF_2)、合成石英等がある。

[0010] 1. 2 マルチパスファラデーミラー

マルチパスファラデーミラーは、ファラデー材料と、ファラデー材料に磁場を印加する電磁石と、ファラデー材料を透過した光をファラデー材料に折り返す複数の反射ミラーとで構成される。複数の反射ミラーは、マルチパスファラデーミラーに入射する光の光軸とマルチパスファラデーミラーから出力される光の光軸とが同じになるように配置される。

[0011] マルチパスファラデーミラーに入射した光はファラデー材料を偶数回透過し、透過しているときに、電磁石よりファラデー材料に磁場を印加することにより、ファラデー効果によって偏光方向が回転する。光をファラデー材料に複数回透過させることにより、電磁石より印加する磁場を小さくできる。また、ファラデー材料の大きさを小さくできる。なお、反射ミラーは反射コートであってもよい。反射ミラーの役割を果たす反射コートは「反射ミラー」の概念に含まれる。

[0012] 2. 比較例に係るレーザシステムの概要

2. 1 構成

図1は、比較例に係るレーザシステム10の構成を概略的に示す構成図である。本開示の比較例とは、出願人のみによって知られていると出願人が認識している形態であって、出願人が自認している公知例ではない。レーザシステム10は、第1のレーザ発振器101と、第2のレーザ発振器102と、ビームコンバイナ20と、レーザプロセッサ220と、を含む。

[0013] 第1のレーザ発振器101は、第1のパルスレーザ光100を出力する。

第2のレーザ発振器102は、第2のパルスレーザ光120を出力する。

[0014] ビームコンバイナ20は、第1のパルスレーザ光100と第2のパルスレーザ光120とを共通の方向に伝搬させるように結合する。

[0015] レーザプロセッサ220は、第1のパルスレーザ光100と第2のパルスレーザ光120とを同じ繰返し周波数で交互に出力させることにより、レーザシステム10は第1のパルスレーザ光100及び第2のパルスレーザ光120の繰返し周波数の2倍の繰返し周波数のパルスレーザ光を出力する。例えば第1のパルスレーザ光100及び第2のパルスレーザ光120の繰返し

周波数が6 kHzのときは、レーザシステム10は12 kHzの繰返し周波数のパルスレーザ光を出力することができる。

[0016] 図2及び図3にビームコンバイナ20の構成を示す。なお、図2及び図3は、特許文献1の図6A及び図6Bから引用したものである。

[0017] ビームコンバイナ20は、ミラー200とアクチュエータ210とを含む。図2及び図3において実線の矢印はアクティブなパルスレーザ光の伝搬を示し、破線の矢印はミラー200が破線で示す他の位置にあるときのパルスレーザ光の伝搬を示す。第1のパルスレーザ光100と第2のパルスレーザ光120とはそれぞれの光軸の間の角度が θ になるようにビームコンバイナ20に入射する。方向Aはパルスレーザ光がレーザシステム10から出力される方向である。

[0018] 2. 2 動作

第1のレーザ発振器L01から出力された第1のパルスレーザ光100をレーザシステム10から出力するときは、ビームコンバイナ20のミラー200の位置が図2の実線で示す第1の位置になるようにレーザプロセッサ220からアクチュエータ210へ制御信号を送信する。第2のレーザ発振器L02から出力された第2のパルスレーザ光120をレーザシステム10から出力するときは、ビームコンバイナ20のミラー200の位置が図3の実線で示す第2の位置になるようにレーザプロセッサ220からアクチュエータ210へ制御信号を送信する。

[0019] ミラー200の第1の位置と第2の位置との角度差は $\theta/2$ である。レーザプロセッサ220はビームコンバイナ20に入射するパルスレーザ光に応じてミラー200の位置を第1の位置又は第2の位置に交互に切り替えることにより、第1のパルスレーザ光100及び第2のパルスレーザ光120の繰返し周波数のパルスレーザ光をレーザシステム10から出力する。

[0020] 2. 3 課題

上記のビームコンバイナ20はアクチュエータ210でミラー200の位置を切り替える可動部を含むが、12 kHz等の高繰返し周波数の周期で再

現性よく位置を切り替えることは困難である。このため、レーザシステム 10 から出力されるパルスレーザ光の位置再現性が悪い。

[0021] このようなビームコンバイナ 20 を改善し、2つのパルスレーザ光を共通の方向に伝搬させ、出力されるパルスレーザ光の位置が変動し難い（位置再現性に優れた）レーザシステムを実現することが望まれる。

[0022] 3. 実施形態 1

3. 1 構成

図 4 は、実施形態 1 に係るレーザシステム 10 A の構成を概略的に示す。レーザシステム 10 A は、レーザ発振器システム 30 と、ビームコンバイナ 40 と、レーザプロセッサ 222 と、を備える。

[0023] レーザ発振器システム 30 は、第 1 のレーザ発振器 L01 と、第 2 のレーザ発振器 L02 と、を含む。なお、図中の「レーザ発振器 1」の表記は第 1 のレーザ発振器 L01 を表し、「レーザ発振器 2」の表記は第 2 のレーザ発振器 L02 を表す。第 1 のレーザ発振器 L01 は、波長が 150 nm から 380 nm の紫外線波長で第 1 の偏光方向の第 1 のパルスレーザ光 PL1 を出力する。第 1 のレーザ発振器 L01 は、KrF エキシマレーザ又は ArF エキシマレーザでもよい。また、第 1 のパルスレーザ光 PL1 のスペクトル線幅は、1 pm 以下に狭帯域化されてもよい。

[0024] 第 2 のレーザ発振器 L02 は、波長が 150 nm から 380 nm の紫外線波長で第 1 の偏光方向に対して反時計回りに 45 度回転した第 2 の偏光方向の第 2 のパルスレーザ光 PL2 を出力する。反時計回りの方向は本開示における「第 1 の回転方向」の一例である。第 2 のレーザ発振器 L02 は、KrF エキシマレーザ又は ArF エキシマレーザでもよい。また、第 2 のパルスレーザ光 PL2 のスペクトル線幅は、1 pm 以下に狭帯域化されてもよい。

[0025] レーザプロセッサ 222 は、レーザシステム 10 A の制御装置として機能する。レーザプロセッサ 222 は、制御プログラムが記憶された記憶装置と、制御プログラムを実行する CPU (Central Processing Unit) とを含む処理装置である。レーザプロセッサ 222 は本開示に含まれる各種処理を実行

するために特別に構成又はプログラムされている。記憶装置は、有体物たる非一時的なコンピュータ可読媒体であり、例えば、主記憶装置であるメモリ及び補助記憶装置であるストレージを含む。コンピュータ可読媒体は、例えば、半導体メモリ、ハードディスクドライブ（HDD）装置、若しくはソリッドステートドライブ（SSD）装置又はこれらの複数の組み合わせであってよい。

[0026] ビームコンバイナ40は、第1の偏光子42と、ファラデー回転子44と、第2の偏光子46と、マルチパスファラデーミラー48と、を含む。また、レーザシステム10Aはマルチパスファラデーミラー48に電流を供給する電源50を含む。第1のレーザ発振器L01、第2のレーザ発振器L02及び電源50のそれぞれはレーザプロセッサ222によって制御される。

[0027] 第1の偏光子42は、第1のパルスレーザ光PL1が透過するように配置される。第1の偏光子42は、例えば、偏光プリズム又は薄膜偏光子であってよい。

[0028] ファラデー回転子44は、第1の偏光子42を透過した第1のパルスレーザ光PL1が透過するように配置される。ファラデー回転子44は、第1のパルスレーザ光PL1が進む方向を見たとき、第1のパルスレーザ光PL1の偏光方向を時計回りに45度回転させるファラデー材料54と永久磁石56とから構成される。時計回りの方向は本開示における「第2の回転方向」の一例である。ファラデー材料54は、例えば、 CaF_2 、 MgF_2 又は合成石英であってよい。永久磁石56はファラデー材料54に磁場を印加する。ファラデー回転子44は本開示における「第1のファラデー回転子」の一例である。ファラデー材料54は本開示における「第2のファラデー材料」の一例であり、永久磁石56は本開示における「第1の永久磁石」の一例である。

[0029] 第2の偏光子46は、ファラデー回転子44を透過した第1のパルスレーザ光PL1が透過し、第2のパルスレーザ光PL2を反射するように配置される。第2の偏光子46は、例えば、偏光プリズム又は薄膜偏光子であって

よい。

[0030] マルチパスファラデーミラー４８は、第２の偏光子４６を透過した第１のパルスレーザ光ＰＬ１が入射するように配置される。

[0031] マルチパスファラデーミラー４８の構成図を図５に示す。マルチパスファラデーミラー４８は、パルスレーザ光ＰＬが進む方向を見たとき、パルスレーザ光ＰＬの偏光方向を時計回りに９０度回転させるファラデー材料６４と、電磁石を構成するコイル６６と、高反射ミラー７１と、高反射ミラー７２と、高反射ミラー７３と、高反射ミラー７４と、を含む。

[0032] ファラデー材料６４は、例えば、 CaF_2 、 MgF_2 又は合成石英であってよい。ファラデー材料６４は本開示における「第１のファラデー材料」の一例である。

[0033] 高反射ミラー７１～７４は、マルチパスファラデーミラー４８に入射したパルスレーザ光ＰＬが高反射ミラー７１と、高反射ミラー７２と、高反射ミラー７３と、高反射ミラー７４とで反射し、さらに、高反射ミラー７３と、高反射ミラー７２と、高反射ミラー７１とで反射して、入射したパルスレーザ光ＰＬと同軸で出射するように配置される。

[0034] なお、図５には、パルスレーザ光ＰＬがファラデー材料６４を８パス（８回通過）する例を示すが、パス数は４以上の偶数であればよい。パルスレーザ光ＰＬは、第１のパルスレーザ光ＰＬ１である場合と、第２のパルスレーザ光ＰＬ２である場合とがあり得る。高反射ミラー７１～７４は本開示における「複数の反射ミラー」の一例である。

[0035] 電源５０はコイル６６と接続される。電源５０からコイル６６に電流が流れることにより、ファラデー材料６４に磁場が印加される。

[0036] ３．２ 動作

レーザプロセッサ２２２は、レーザ発振器システム３０から第１のパルスレーザ光ＰＬ１と第２のパルスレーザ光ＰＬ２とを、同じ繰返し周波数で交互に出力させる。

[0037] 図６は、第１のレーザ発振器ＬＯ１から出力された第１のパルスレーザ光

PL 1の伝搬の様子を示す。第1のレーザ発振器LO 1から出力された第1の偏光方向の第1のパルスレーザ光PL 1は、第1の偏光子4 2を透過する。そして、第1のパルスレーザ光PL 1は、ファラデー回転子4 4を透過するとき偏光方向が時計回りに4 5度回転し第3の偏光方向になる。なお、図中の破線円内に示す両向き矢印は、パルスレーザ光PLが進む方向に視線を合わせたときのパルスレーザ光PLの偏光面の方向、すなわち偏光方向を表している。ファラデー回転子4 4を透過した第1のパルスレーザ光PL 1は第2の偏光子4 6を透過する。第2の偏光子4 6を透過した第1のパルスレーザ光PL 1は、マルチパスファラデーミラー4 8に入射する。

[0038] マルチパスファラデーミラー4 8に入射した第1のパルスレーザ光PL 1は、ファラデー材料6 4を8パスして第2の偏光子4 6に向けて反射される。このとき、レーザプロセッサ2 2 2は、電源5 0を介してコイル6 6に電流を流さない。すなわち、電磁石はOFFである。この場合、第1のパルスレーザ光PL 1の偏光方向は、マルチパスファラデーミラー4 8を透過したときに回転しない。このため、マルチパスファラデーミラー4 8から出力される第1のパルスレーザ光PL 1の偏光方向は第3の偏光方向のままである。

[0039] マルチパスファラデーミラー4 8で反射された第3の偏光方向の第1のパルスレーザ光PL 1は、第2の偏光子4 6を透過しファラデー回転子4 4で偏光方向が時計回りに4 5度回転して第4の偏光方向になる。第4の偏光方向の第1のパルスレーザ光PL 1は第1の偏光子4 2で反射されレーザシステム1 0 Aから出力される。

[0040] 図7は、第2のレーザ発振器LO 2から出力された第2のパルスレーザ光PL 2の伝搬の様子を示す。第2のレーザ発振器LO 2から出力された第2の偏光方向の第2のパルスレーザ光PL 2は、第2の偏光子4 6で反射される。そして、第2のパルスレーザ光PL 2は、マルチパスファラデーミラー4 8に入射する。

[0041] マルチパスファラデーミラー4 8に入射した第2のパルスレーザ光PL 2

は、ファラデー材料 64 を 8 パスして第 2 の偏光子 46 に向けて反射される。このとき、レーザプロセッサ 222 は、電源 50 を介してコイル 66 に電流を流す。すなわち、電磁石は ON である。第 2 のパルスレーザ光 PL2 がファラデー材料 64 を 8 パスすることにより、電磁石により発生させる磁場を小さくすることができる。このため、電磁石を小型化でき、また、コイル 66 に流す電流を小さくできる。

[0042] 電磁石により発生させる磁場の強度は 0.005 T から 1.0 T の範囲である。第 2 のパルスレーザ光 PL2 がマルチパスファラデーミラー 48 を透過するとき、偏光方向は時計回りに 90 度回転する。このため、マルチパスファラデーミラー 48 で反射される第 2 のパルスレーザ光 PL2 の偏光方向は第 3 の偏光方向になる。

[0043] マルチパスファラデーミラー 48 で反射された第 3 の偏光方向の第 2 のパルスレーザ光 PL2 は第 2 の偏光子 46 を透過しファラデー回転子 44 で偏光方向が時計回りに 45 度回転して第 4 の偏光方向になる。第 4 の偏光方向の第 2 のパルスレーザ光 PL2 は第 1 の偏光子 42 で反射されレーザシステム 10A から出力される。

[0044] レーザプロセッサ 222 は、第 1 のパルスレーザ光 PL1 がマルチパスファラデーミラー 48 に入射したときは電磁石を OFF にし、第 2 のパルスレーザ光 PL2 がマルチパスファラデーミラー 48 に入射したときは電磁石を ON にする。この結果、レーザ発振器システム 30 から出力された第 1 の偏光方向の第 1 のパルスレーザ光 PL1 と第 2 の偏光方向の第 2 のパルスレーザ光 PL2 とは、ビームコンバイナ 40 で共通の方向に伝搬するように結合される。

[0045] 結合された第 4 の偏光方向の第 1 のパルスレーザ光 PL1 と第 2 のパルスレーザ光 PL2 とはレーザシステム 10A から交互に出力される。

[0046] 上記の実施形態の時計回りと反時計回りとは、すべて逆方向でもビームコンバイナ 40 として機能する。ただし、この場合は、第 2 の偏光子 46 を透過する光の偏光方向が上記の説明と 90 度異なる。

[0047] 3. 3 効果

実施形態 1 に係るレーザシステム 10A によれば、次の効果が得られる。

[0048] [1] ビームコンバイナ 40 は、図 2 及び図 3 に示したアクチュエータ 210 等の可動部がないため、レーザシステム 10A から出力されるパルスレーザ光 PL（第 1 のパルスレーザ光 PL1 及び第 2 のパルスレーザ光 PL2）の位置再現性が高い。

[0049] [2] マルチパスファラデーミラー 48 において、パルスレーザ光をマルチパスさせることによって、電磁石を小型化でき、コイル 66 に流す電流を小さくすることができる。

[0050] [3] レーザシステム 10A から同じ偏光方向のパルスレーザ光 PL を出力することができる。

[0051] 3. 4 変形例

3. 4. 1 構成

図 8 に、実施形態 1 の変形例に係るマルチパスファラデーミラー 49 の構成を示す。図 5 に示したマルチパスファラデーミラー 48 の代わりに、図 8 に示すマルチパスファラデーミラー 49 を用いることができる。

[0052] マルチパスファラデーミラー 49 は、ファラデー材料 65 と、高反射ミラー 81 と、電磁石を構成するコイル 66 とを含む。ファラデー材料 65 には、パルスレーザ光 PL が入射する面である第 1 の面 65a と、高反射ミラー 81 に向けてパルスレーザ光 PL が出力される面である第 2 の面 65b とのそれぞれの一部に高反射コート 82、83 が施されている。

[0053] 3. 4. 2 動作

マルチパスファラデーミラー 49 に入射したパルスレーザ光 PL は、第 1 の面 65a の高反射コート 82 が施されていない部分からファラデー材料 65 に入射する。そして、パルスレーザ光 PL は、高反射コート 83 と高反射コート 82 とで反射された後、第 2 の面 65b の高反射コート 83 が施されていない部分から出力される。

[0054] ファラデー材料 65 の第 2 の面 65b から出力されたパルスレーザ光 PL

は、高反射ミラー 8 1 で反射された後、ファラデー材料 6 5 に戻る。

[0055] 高反射ミラー 8 1 で反射されたパルスレーザ光 P L は、第 2 の面 6 5 b の高反射コート 8 3 が施されていない部分からファラデー材料 6 5 に入射し、高反射コート 8 2 と高反射コート 8 3 とで反射された後、第 1 の面 6 5 a の高反射コート 8 2 が施されていない部分から出力される。高反射コート 8 2 と高反射コート 8 3 とでの反射はそれぞれ 2 回以上が好ましい。つまり、パルスレーザ光 P L がファラデー材料 6 5 で 4 パス以上することが望ましい。高反射ミラー 8 1 及び高反射コート 8 2、8 3 は本開示における「複数の反射ミラー」の一例である。

[0056] レーザプロセッサ 2 2 2 は、電源 5 0 を介してコイル 6 6 に電流を流したとき、つまり電磁石が O N のとき、パルスレーザ光 P L はマルチパスファラデーミラー 4 9 を透過するときに偏光方向が時計回りに 9 0 度回転する。第 1 のパルスレーザ光 P L 1 と第 2 のパルスレーザ光 P L 2 のそれぞれがファラデー材料 6 5 を透過するときに、電源 5 0 を介してコイル 6 6 に流す電流（電磁石の電流）を制御して、電磁石の O N / O F F を切り替える動作は実施形態 1 と同様である。

[0057] 3. 4. 3 効果

変形例に係るマルチパスファラデーミラー 4 9 を備えたレーザシステム 1 0 A によれば、実施形態 1 と同じ効果が得られる。変形例に係るマルチパスファラデーミラー 4 9 は実施形態 1 のマルチパスファラデーミラー 4 8 よりも高反射ミラーの枚数を減らすことができ、実施形態 1 よりも位置再現性などが一層向上する。

[0058] 4. 実施形態 2

4. 1 構成

図 9 は、実施形態 2 に係るレーザシステム 1 0 B の構成を概略的に示す。レーザシステム 1 0 B について、図 4 に示すレーザシステム 1 0 A と異なる点を説明する。レーザシステム 1 0 B は、図 4 に示すレーザ発振器システム 3 0 の代わりにレーザ発振器システム 3 2 を備える。レーザ発振器システム

32は、図4に示す第2のレーザ発振器LO2の代わりに第3のレーザ発振器LO3と、ファラデー回転子90と、を備える。なお、図中の「レーザ発振器3」の表記は第3のレーザ発振器LO3を表す。

[0059] 第3のレーザ発振器LO3は、波長が150nmから380nmの紫外線波長で第1の偏光方向の第2のパルスレーザ光PL2を出力する。第3のレーザ発振器LO3は、KrFエキシマレーザ又はArFエキシマレーザでもよい。また、第3のレーザ発振器LO3から出力される第2のパルスレーザ光PL2のスペクトル線幅は、1pm以下に狭帯域化されてもよい。

[0060] ファラデー回転子90は、第2のパルスレーザ光PL2が進む方向を見たとき、第2のパルスレーザ光PL2の偏光方向を反時計回りに45度回転させるファラデー材料94と永久磁石96とから構成される。ファラデー材料94は、例えば、CaF₂、MgF₂又は合成石英であってよい。ファラデー回転子90の代わりに第2のパルスレーザ光PL2の偏光方向を反時計回りに45度回転させる波長板でもよい。その他の構成は、図4に示す構成と同様である。

[0061] ファラデー回転子90は本開示における「第2のファラデー回転子」の一例である。ファラデー材料94は本開示における「第3のファラデー材料」の一例であり、永久磁石96は本開示における「第2の永久磁石」の一例である。

[0062] 4. 2 動作

レーザプロセッサ222は、第1のパルスレーザ光PL1と第2のパルスレーザ光PL2とを、同じ繰返し周波数で交互に出力させる。図10は、第3のレーザ発振器LO3から出力された第2のパルスレーザ光PL2の伝搬の様子を示す。

[0063] 第3のレーザ発振器LO3から出力された第2のパルスレーザ光PL2は、ファラデー回転子90を透過する。このとき、第2のパルスレーザ光PL2は、偏光方向が反時計回りに45度回転して第2の偏光方向になる。ファラデー回転子90を透過した第2のパルスレーザ光PL2は第2の偏光子4

6で反射され、マルチパスファラデーミラー48に入射する。その後の伝搬は、実施形態1と同様である。

[0064] また、第1のレーザ発振器LO1から出力された第1のパルスレーザ光PL1の伝搬は実施形態1と同様であり、電源50を介して電磁石に流す電流の制御及びその他の動作も実施形態1と同様である。

[0065] 4. 3 効果

実施形態2に係るレーザシステム10Bよれば、実施形態1と同じ効果が得られる。レーザシステム10Bでは、第1のレーザ発振器LO1から出力される第1のパルスレーザ光PL1と第3のレーザ発振器LO3から出力される第2のパルスレーザ光PL2の偏光方向を同じにすることができる。

[0066] 5. 実施形態3

5. 1 構成

図11は、実施形態3に係るレーザシステム10Cの構成を示す。レーザシステム10Cについて、図4に示すレーザシステム10Aと異なる点を説明する。レーザシステム10Cは、図4に示すレーザ発振器システム30の代わりにレーザ発振器システム33を備える。レーザ発振器システム33は、第4のレーザ発振器LO4と、ビームスプリッタBSと、第1の増幅器130と、第2の増幅器132と、ファラデー回転子140と、を備える。なお、図中の「レーザ発振器4」の表記は第4のレーザ発振器LO4を表す。また、図中の「増幅器1」及び「増幅器2」の表記は第1の増幅器130及び第2の増幅器132を表す。

[0067] 第4のレーザ発振器LO4は、波長が150nmから380nmの紫外線波長で第1の偏光方向のシード光SLを出力する。第4のレーザ発振器LO4は、高繰返し動作可能でKrFレーザ又はArFレーザの波長のシード光SLを出力する固体レーザでもよい。また、第4のレーザ発振器LO4から出力されるシード光SLのスペクトル線幅は、1pm以下に狭帯域化されてもよい。固体レーザは、例えば、波長745.2nmのTiサファイアレーザの3倍波（波長248.4nm）や、波長773.6nmのTiサファイ

アレーザの4倍波（波長193.4nm）でもよい。

[0068] ビームスプリッタBSは、第4のレーザ発振器LO4から出力されたシード光SLを2つのシード光SLに分離する。ビームスプリッタBSにおける透過光量と反射光量との分割比は1：1であってよい。

[0069] 第1の増幅器130と第2の増幅器132とのそれぞれはビームスプリッタBSで分離されたシード光SLを増幅する。第1の増幅器130と第2の増幅器132とのそれぞれは、例えば、放電励起のエキシマ増幅器であり、ファブリーペロー共振器、リング共振器又はマルチパス増幅器を含んでもよい。マルチパス増幅器は、増幅器を通過したビームを複数の反射ミラーで折り返して同じ増幅器にビームを複数回通過させる構成である。

[0070] 第1の増幅器130及び第2の増幅器132の繰返し周波数は同じであり、第4のレーザ発振器LO4の繰返し周波数は第1の増幅器130及び第2の増幅器132の繰返し周波数の2倍である。例えば、第1の増幅器130と第2の増幅器132とのそれぞれの繰返し周波数は6kHzであり、第4のレーザ発振器LO4の繰返し周波数は12kHzである。

[0071] ファラデー回転子140は、パルスレーザ光PLが進む方向を見たとき、パルスレーザ光PLの偏光方向を反時計回りに45度回転させるファラデー材料144及び永久磁石146から構成される。ファラデー材料144は、例えば、CaF₂、MgF₂又は合成石英であってよい。ファラデー回転子140の代わりにパルスレーザ光PLの偏光方向を反時計回りに45度回転させる波長板でもよい。その他の構成は図4と同様である。

[0072] ファラデー回転子140は本開示における「第3のファラデー回転子」の一例である。ファラデー材料144は本開示における「第4のファラデー材料」の一例であり、永久磁石146は本開示における「第3の永久磁石」の一例である。

[0073] 5. 2 動作

第4のレーザ発振器LO4から出力された第1の偏光方向のシード光SLは、ビームスプリッタBSで50%が透過して第1の増幅器130に入射し

、他の50%が反射して第2の増幅器132に入射する。

[0074] レーザプロセッサ222は、シード光SLのパルス毎に、第1の増幅器130と第2の増幅器132とを交互に動作させる。第1の増幅器130が動作したとき、第1の増幅器130はビームスプリッタBSで分離された一方のシード光SLを増幅して第1のパルスレーザ光PL1を出力する。

[0075] 第2の増幅器132が動作したとき、第2の増幅器132はビームスプリッタBSで分離された他方のシード光SLを増幅して第2のパルスレーザ光PL2を出力する。

[0076] 図12は、第1の増幅器130から出力された第1のパルスレーザ光PL1の伝搬の様子を示す。第1の増幅器130から出力された第1のパルスレーザ光PL1の伝搬は、実施形態1と同様である。

[0077] 図13は、第2の増幅器132から出力された第2のパルスレーザ光PL2の伝搬の様子を示す。第2の増幅器132から出力された第2のパルスレーザ光PL2の伝搬は、実施形態2と同様である。レーザプロセッサ222は、第1のパルスレーザ光PL1がマルチパスファラデーミラー48に入射したときは、電磁石をOFFにし、第2のパルスレーザ光PL2がマルチパスファラデーミラー48に入射したときは、電磁石をONにする。

[0078] この結果、第1の偏光方向の第1のパルスレーザ光PL1と第2の偏光方向の第2のパルスレーザ光PL2とは、ビームコンバイナ40で共通の方向に伝搬するように結合される。結合された第4の偏光方向の第1のパルスレーザ光PL1と第2のパルスレーザ光PL2とはレーザシステム10Cから交互に出力される。

[0079] 5. 3 効果

実施形態3に係るレーザシステム10Cよれば、実施形態1と同じ効果が得られる。レーザシステム10Cでは、第4のレーザ発振器LO4が1つあるので、レーザシステム10Cから出力されるパルスレーザ光の波長やスペクトル線幅の変動を小さくできる。

[0080] 6. 電子デバイスの製造方法について

図14は、露光装置800の構成を概略的に示す。露光装置800は、照明光学系806と投影光学系808とを含む。レーザシステム10Aはレーザ光を生成し、レーザ光を露光装置800に出力する。照明光学系806は、レーザシステム10Aから入射したレーザ光によって、レチクルステージRT上に配置された不図示のレチクルのレチクルパターンを照明する。投影光学系808は、レチクルを透過したレーザ光を、縮小投影してワークピーステーブルWT上に配置された不図示のワークピースに結像させる。ワークピースはフォトリソが塗布された半導体ウエハ等の感光基板である。

[0081] 露光装置800は、レチクルステージRTとワークピーステーブルWTとを同期して平行移動させることにより、レチクルパターンを反映したレーザ光をワークピースに露光する。以上のような露光工程によって半導体ウエハにレチクルパターンを転写後、複数の工程を経ることで半導体デバイスを製造できる。半導体デバイスは本開示における「電子デバイス」の一例である。レーザシステム10Aを用いる構成に限らず、レーザシステム10B、10Cなどを用いてもよい。

[0082] 7. その他

上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。したがって、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る。また、本開示の実施形態を組み合わせ使用することも当業者には明らかである。

[0083] 本明細書及び特許請求の範囲全体で使用される用語は、明記が無い限り「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」、「有する」、「備える」、「具備する」などの用語は、「記載されたもの以外の構成要素の存在を除外しない」と解釈されるべきである。また、修飾語「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。また、「A、B及びCの少なくとも1つ」という用語は、「A」「B」「C」「A+B」「A+C」「B+C」又は「A+B+C」と解釈されるべきである。さらに、それらと「A」「B」「C」以外のものとの組

み合わせも含むと解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1]

第1の偏光方向の第1のパルスレーザー光と前記第1の偏光方向に対して第1の回転方向に45度回転した第2の偏光方向の第2のパルスレーザー光とを出力するレーザー発振器システムと、

前記第1のパルスレーザー光と前記第2のパルスレーザー光とを共通の方向に伝搬させるように前記第1のパルスレーザー光と前記第2のパルスレーザー光とを結合するビームコンバイナであって、

前記第1のパルスレーザー光を透過する第1の偏光子と、

前記第1の偏光子を透過した前記第1のパルスレーザー光の偏光方向を前記第1の回転方向に対して逆方向の第2の回転方向に45度回転させる第1のファラデー回転子と、

前記第1のファラデー回転子を透過した前記第1のパルスレーザー光を透過し、前記第2のパルスレーザー光を反射する第2の偏光子と、

前記第2の偏光子を透過した前記第1のパルスレーザー光と前記第2の偏光子で反射された前記第2のパルスレーザー光とを前記第2の偏光子に向けて反射するマルチパスファラデーミラーと、を備え、

前記マルチパスファラデーミラーは、前記第1のパルスレーザー光及び前記第2のパルスレーザー光が透過する第1のファラデー材料と、前記第1のファラデー材料に磁場を印加する電磁石と、前記第1のファラデー材料を透過した前記第1のパルスレーザー光及び前記第2のパルスレーザー光を前記第1のファラデー材料に折り返す複数の反射ミラーと、

を備える前記ビームコンバイナと、

前記電磁石に電流を流す電源と、

前記第1のパルスレーザー光が前記第1のファラデー材料を透過するときに前記電磁石に電流を流さず、前記第2のパルスレーザー光が前記第1のファラデー材料を透過するときに前記第2のパルスレーザー光の偏光方向を90度回転させる電流を前記電磁石に流すように、前記電

源を介して前記電磁石に流れる電流を制御するプロセッサと、
を備えるレーザシステム。

[請求項2] 請求項1に記載のレーザシステムであって、
前記プロセッサは、前記レーザ発振器システムから前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とを交互に出力させる、
レーザシステム。

[請求項3] 請求項1に記載のレーザシステムであって、
前記第1のファラデー材料は、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム又は合成石英である、
レーザシステム。

[請求項4] 請求項1に記載のレーザシステムであって、
前記第1のファラデー回転子は、第2のファラデー材料と、前記第2のファラデー材料に磁場を印加する第1の永久磁石と、を含み、
前記第2のファラデー材料は、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム又は合成石英である、
レーザシステム。

[請求項5] 請求項1に記載のレーザシステムであって、
前記マルチパスファラデーミラーは、入射した前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とが前記第1のファラデー材料を8回通過してから前記第2の偏光子に向けて出射されるように、前記第1のファラデー材料を透過した前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光を反射する前記複数の反射ミラーである4つの高反射ミラーを含む、
レーザシステム。

[請求項6] 請求項1に記載のレーザシステムであって、
前記第1のファラデー材料は、入射した前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とが前記第1のファラデー材料を複数回通過して前記第2の偏光子に向けて出力されるように、前記第1のフ

アラデー材料における前記第 1 のパルスレーザ光と前記第 2 のパルスレーザ光とが入射する面及び前記第 1 のパルスレーザ光と前記第 2 のパルスレーザ光とが出力される面のそれぞれの一部に、前記第 1 のパルスレーザ光と前記第 2 のパルスレーザ光とを反射する前記複数の反射ミラーとしての反射コートを含む、
レーザシステム。

[請求項7]

請求項 1 に記載のレーザシステムであって、
前記レーザ発振器システムは、前記第 1 の偏光方向の前記第 1 のパルスレーザ光を出力する第 1 のレーザ発振器と、
前記第 2 の偏光方向の前記第 2 のパルスレーザ光を出力する第 2 のレーザ発振器と、を備える、
レーザシステム。

[請求項8]

請求項 1 に記載のレーザシステムであって、
前記レーザ発振器システムは、前記第 1 の偏光方向の前記第 1 のパルスレーザ光を出力する第 1 のレーザ発振器と、
前記第 1 の偏光方向の前記第 2 のパルスレーザ光を出力する第 3 のレーザ発振器と、
前記第 3 のレーザ発振器から出力された前記第 1 のパルスレーザ光の偏光方向を前記第 1 の回転方向に 4 5 度回転させる第 2 のファラデー回転子と、を備え、
前記第 2 のファラデー回転子から前記第 2 の偏光方向の前記第 2 のパルスレーザ光を出力させる、
レーザシステム。

[請求項9]

請求項 8 に記載のレーザシステムであって、
前記第 2 のファラデー回転子は、第 3 のファラデー材料と前記第 3 のファラデー材料に磁場を印加する第 2 の永久磁石とを含み、
前記第 3 のファラデー材料は、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム又は合成石英である、

レーザシステム。

[請求項10]

請求項1に記載のレーザシステムであって、

前記レーザ発振器システムは、

前記第1の偏光方向のシード光を出力する第4のレーザ発振器と、

前記シード光を分離するビームスプリッタと、

前記ビームスプリッタで分離された一方のシード光を増幅し前記第1のパルスレーザ光を出力する第1の増幅器と、

前記ビームスプリッタで分離された他方のシード光を増幅し前記第2のパルスレーザ光を出力する第2の増幅器と、

前記第2の増幅器から出力された前記第2のパルスレーザ光の偏光方向を前記第1の回転方向に45度回転させる第3のファラデー回転子と、を備える、

レーザシステム。

[請求項11]

請求項10に記載のレーザシステムであって、

前記第3のファラデー回転子は、第4のファラデー材料と前記第4のファラデー材料に磁場を印加する第3の永久磁石とを含み、

前記第4のファラデー材料は、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム又は合成石英である、

レーザシステム。

[請求項12]

請求項10に記載のレーザシステムであって、

前記第4のレーザ発振器は、KrFエキシマレーザ又はArFエキシマレーザの波長の前記シード光を出力する固体レーザである、

レーザシステム。

[請求項13]

請求項10に記載のレーザシステムであって、

前記第1の増幅器と前記第2の増幅器とのそれぞれは、ファブリーペロー共振器、リング共振器又はマルチパス増幅器を含む、

レーザシステム。

[請求項14]

請求項10に記載のレーザシステムであって、

前記プロセッサは、前記第4のレーザ発振器から出力される前記シート光のパルス毎に、前記第1の増幅器と前記第2の増幅器とを交互に動作させる、

レーザシステム。

[請求項15]

請求項1に記載のレーザシステムであって、

前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光との波長は紫外線波長である、

レーザシステム。

[請求項16]

請求項1に記載のレーザシステムであって、

前記ビームコンバイナによって結合されて出力される前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とは同じ偏光方向である、

レーザシステム。

[請求項17]

電子デバイスの製造方法であって、

第1の偏光方向の第1のパルスレーザ光と前記第1の偏光方向に対して第1の回転方向に45度回転した第2の偏光方向の第2のパルスレーザ光とを出力するレーザ発振器システムと、

前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とを共通の方向に伝搬させるように前記第1のパルスレーザ光と前記第2のパルスレーザ光とを結合するビームコンバイナであって、

前記第1のパルスレーザ光を透過する第1の偏光子と、

前記第1の偏光子を透過した前記第1のパルスレーザ光の偏光方向を前記第1の回転方向に対して逆方向の第2の回転方向に45度回転させる第1のファラデー回転子と、

前記第1のファラデー回転子を透過した前記第1のパルスレーザ光を透過し、前記第2のパルスレーザ光を反射する第2の偏光子と、

前記第2の偏光子を透過した前記第1のパルスレーザ光と前記第2の偏光子で反射された前記第2のパルスレーザ光とを前記第2の偏光子に向けて反射するマルチパスファラデーミラーと、を備え、

前記マルチパスファラデーミラーは、前記第 1 のパルスレーザ光及び前記第 2 のパルスレーザ光が透過する第 1 のファラデー材料と、前記第 1 のファラデー材料に磁場を印加する電磁石と、前記第 1 のファラデー材料を透過した前記第 1 のパルスレーザ光及び前記第 2 のパルスレーザ光を前記第 1 のファラデー材料に折り返す複数の反射ミラーと、

を備える前記ビームコンバイナと、

前記電磁石に電流を流す電源と、

前記第 1 のパルスレーザ光が前記第 1 のファラデー材料を透過するときに前記電磁石に電流を流さず、前記第 2 のパルスレーザ光が前記第 1 のファラデー材料を透過するときに前記第 2 のパルスレーザ光の偏光方向を 90 度回転させる電流を前記電磁石に流すように、前記電源を介して前記電磁石に流れる電流を制御するプロセッサと、

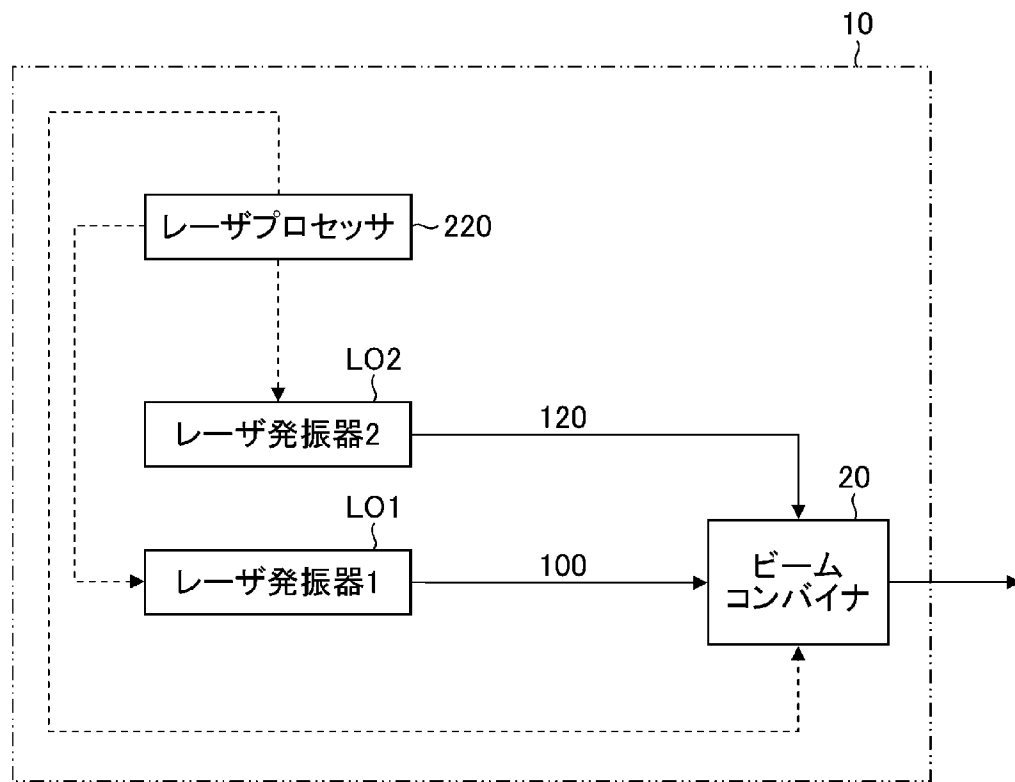
を備えるレーザシステムによってレーザ光を生成し、

前記レーザ光を露光装置に出力し、

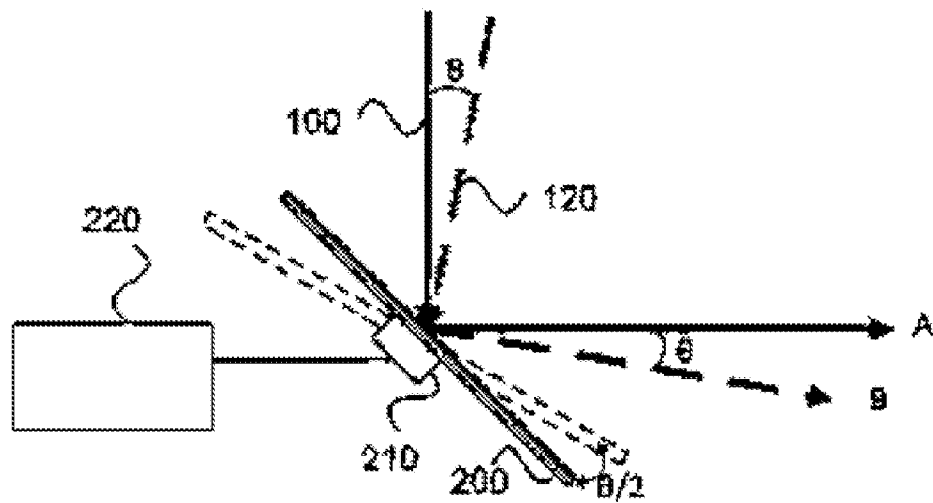
電子デバイスを製造するために、前記露光装置内で感光基板に前記レーザ光を露光することを含む、

電子デバイスの製造方法。

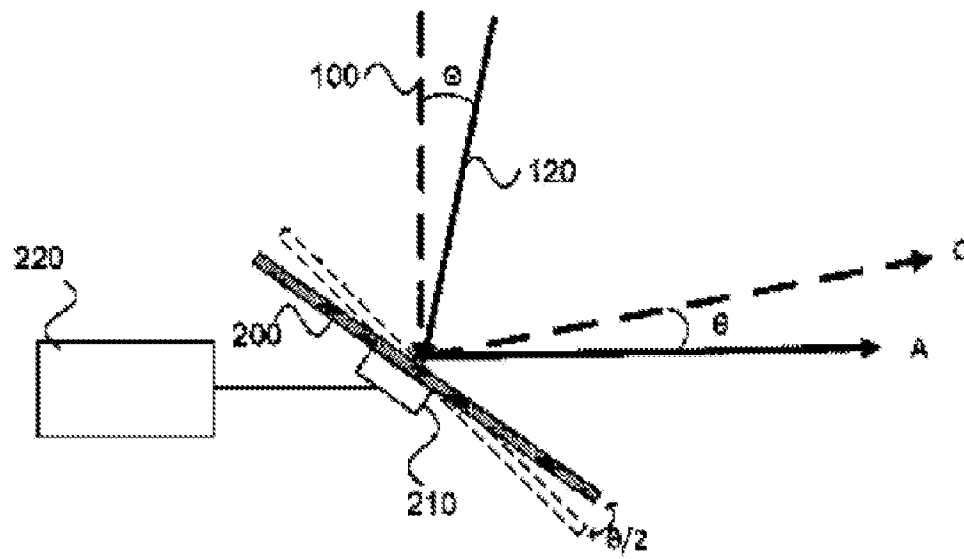
[図1]



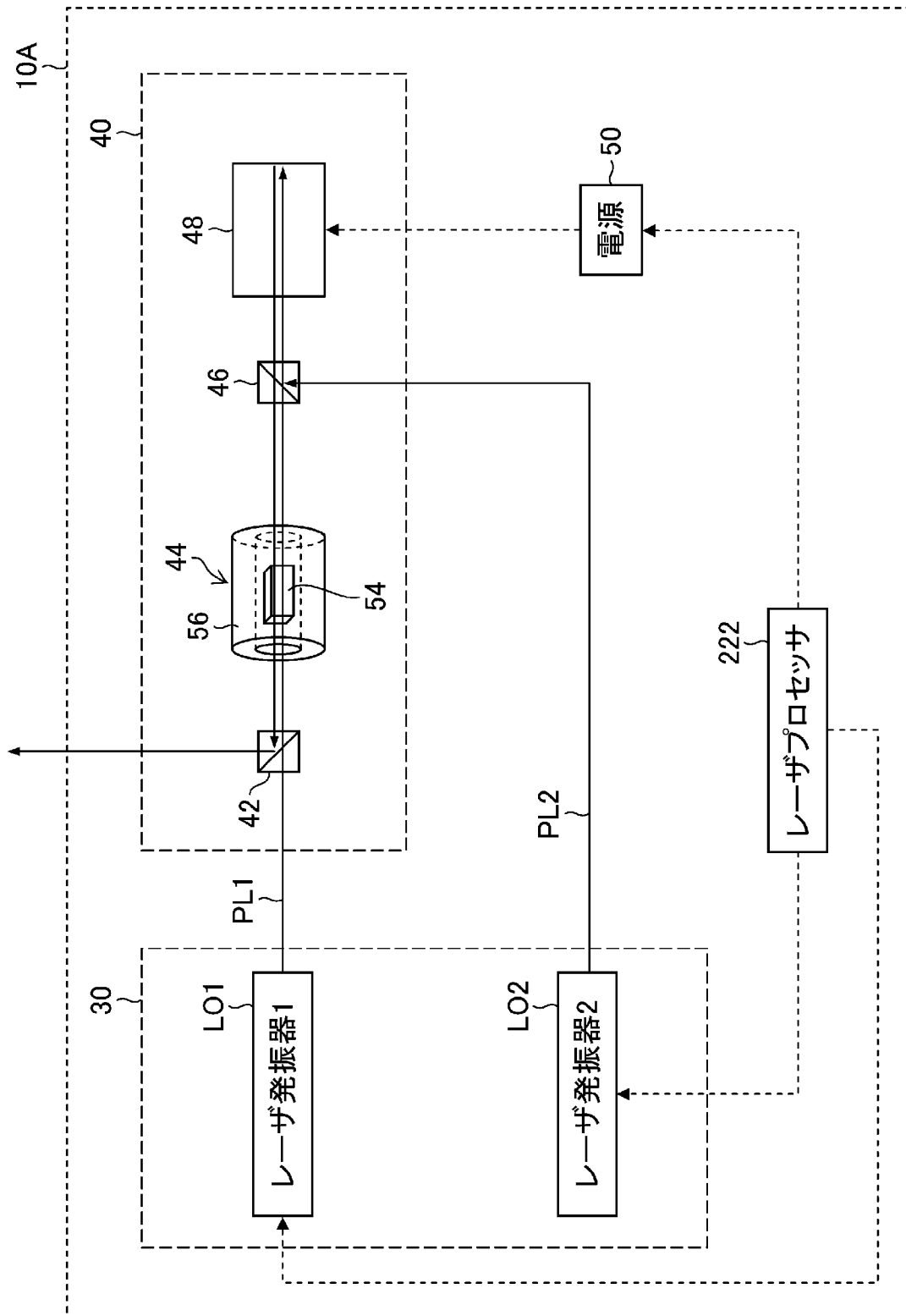
[図2]



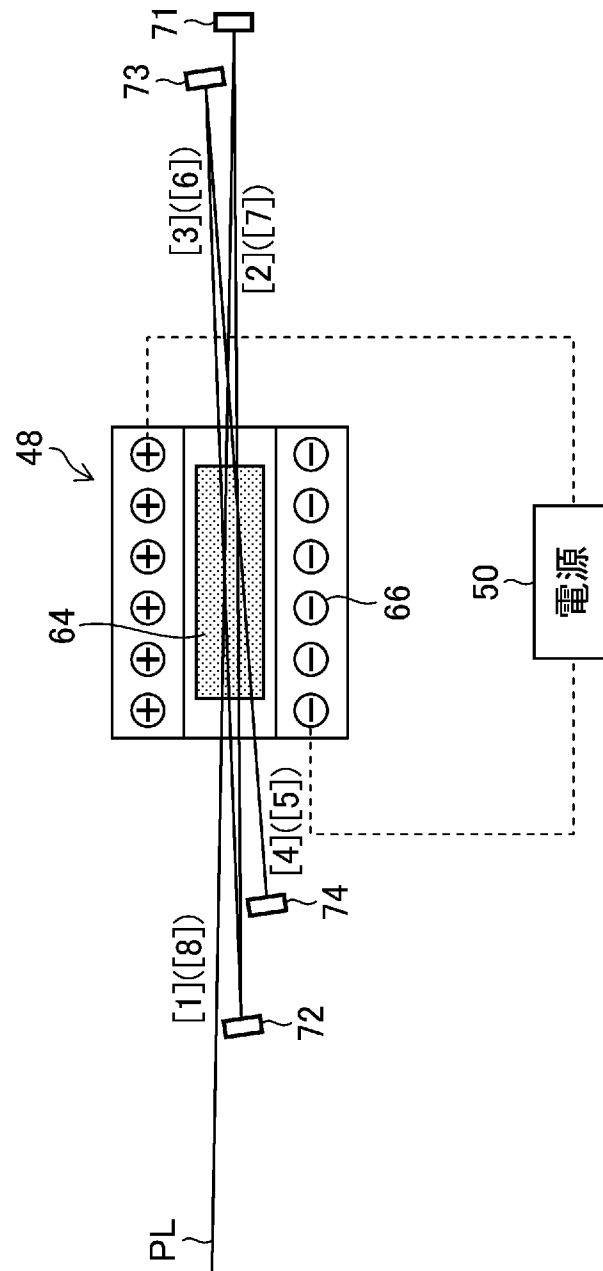
[図3]



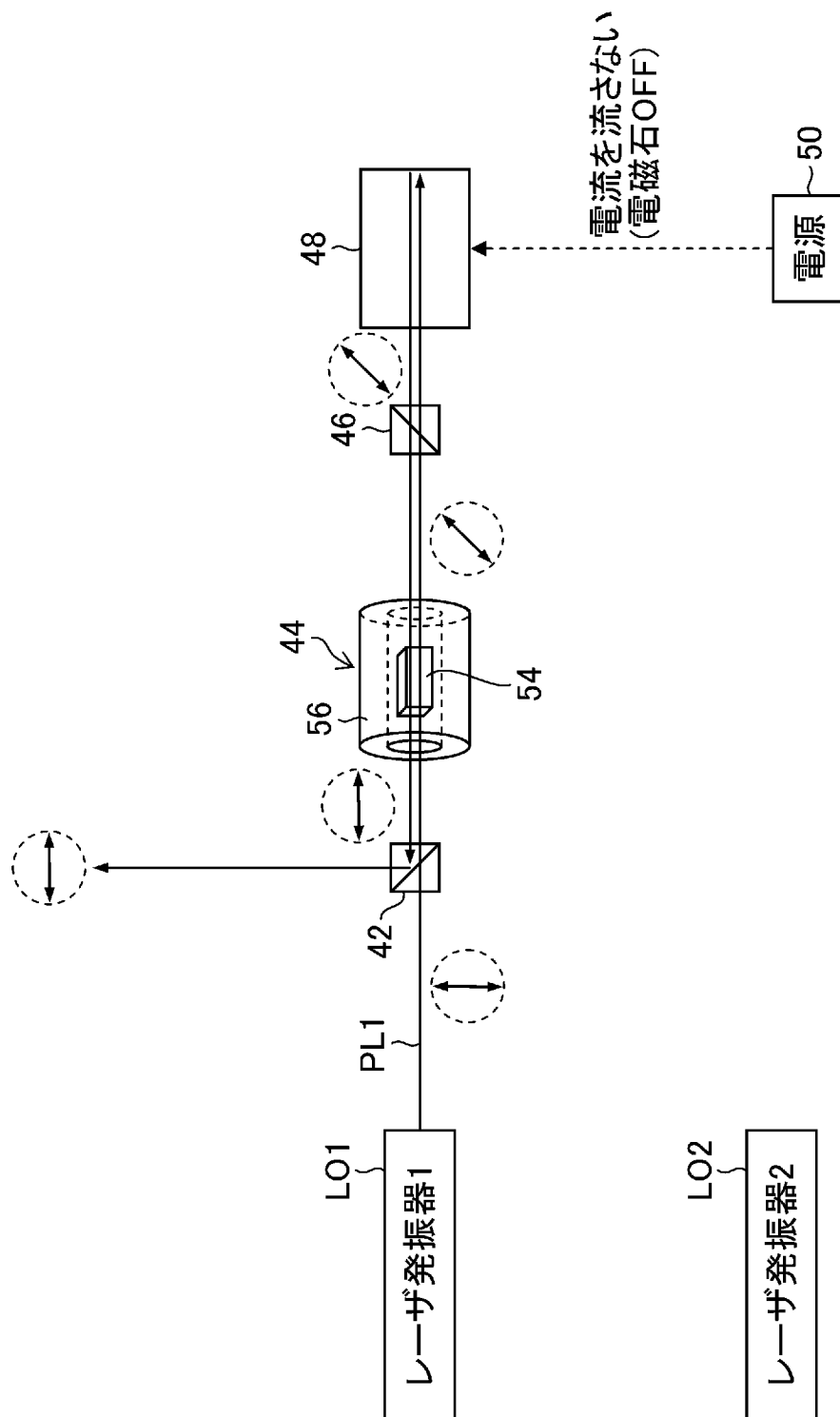
[図4]



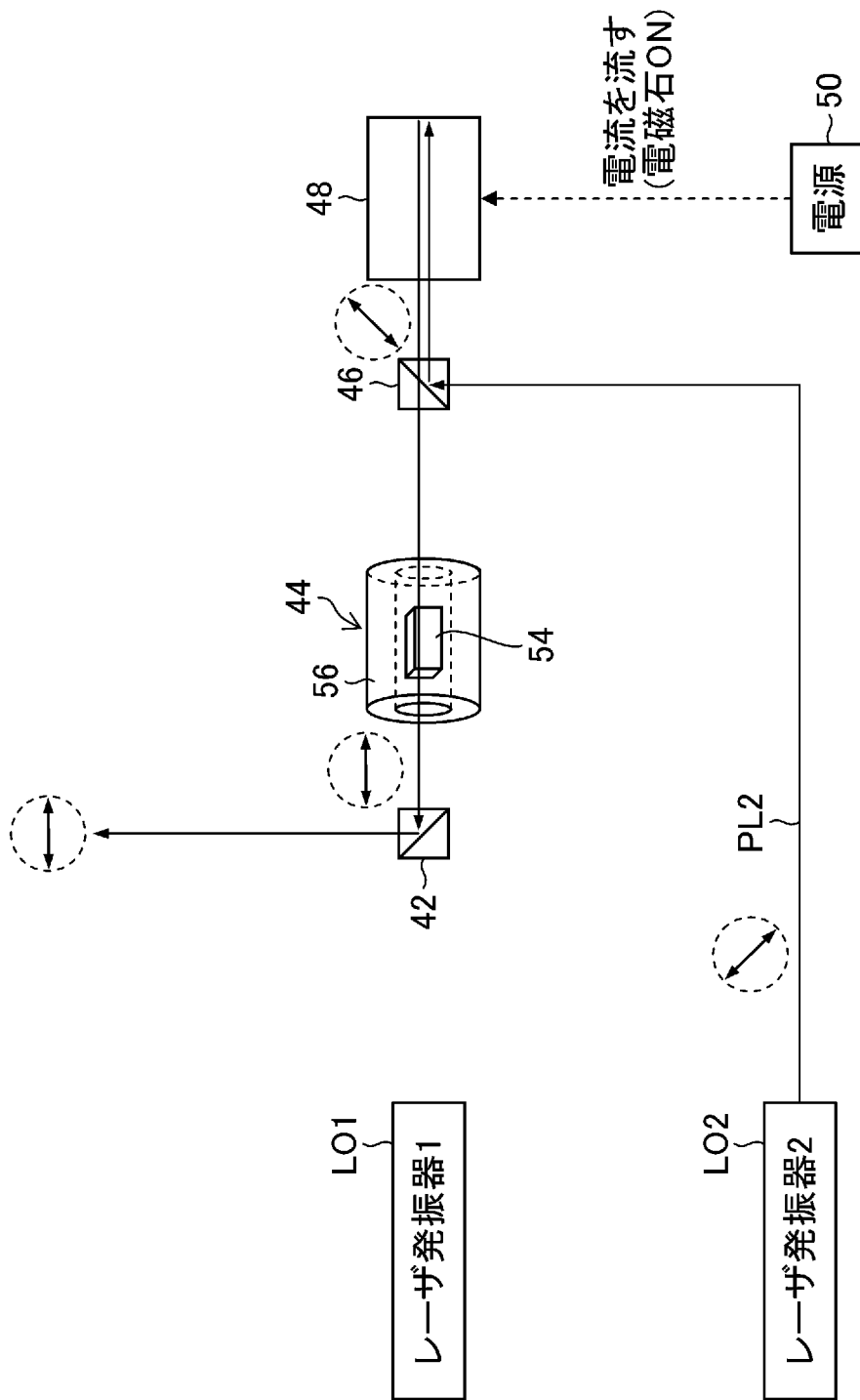
[図5]



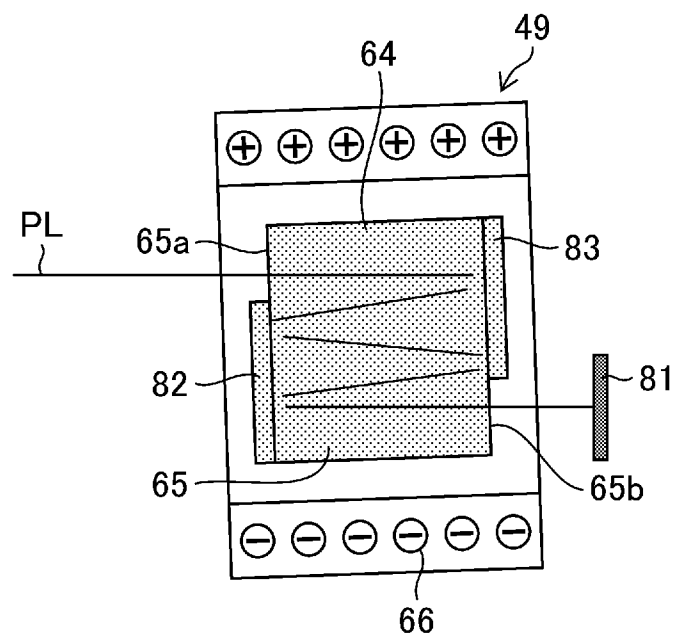
[図6]



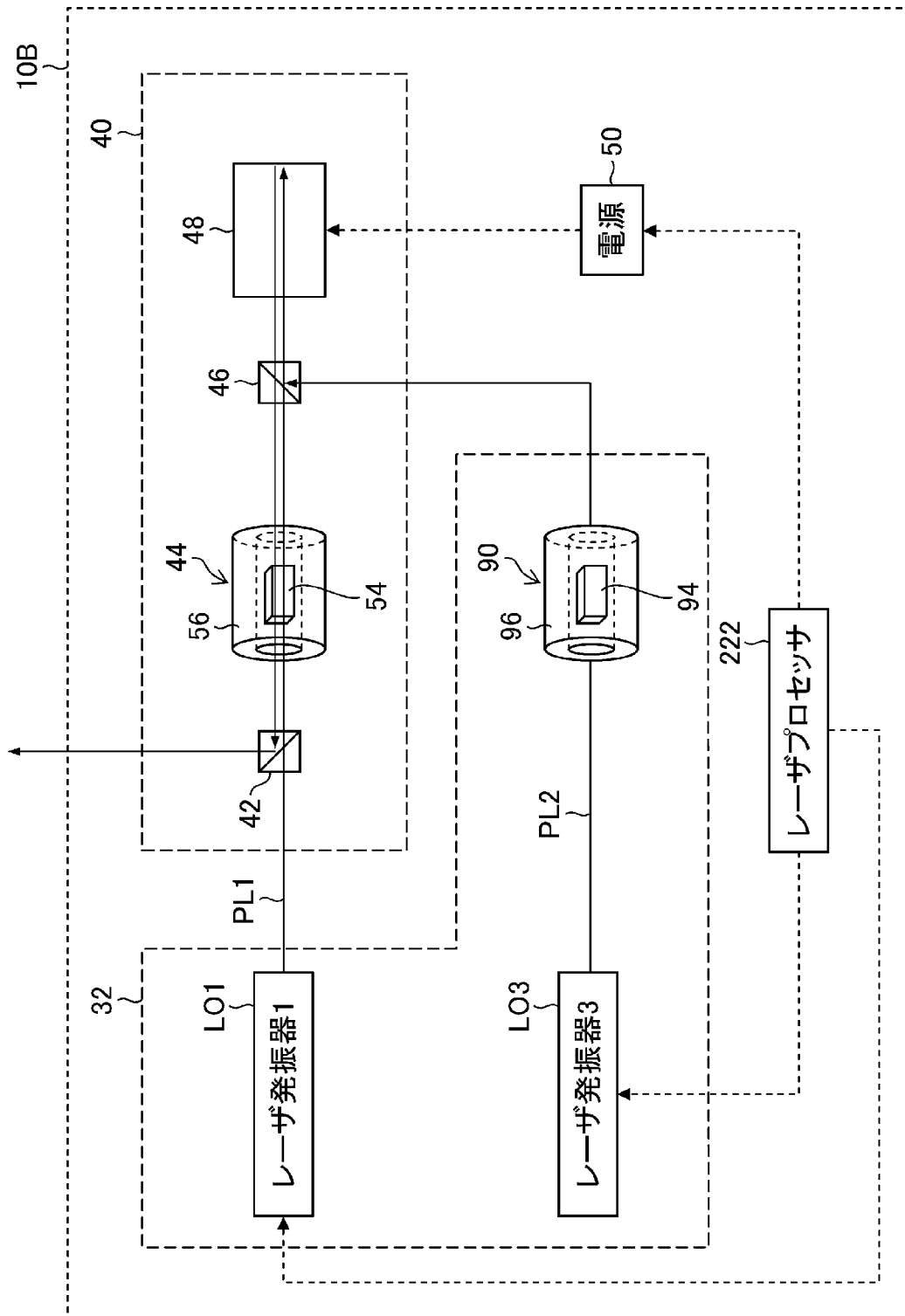
[図7]



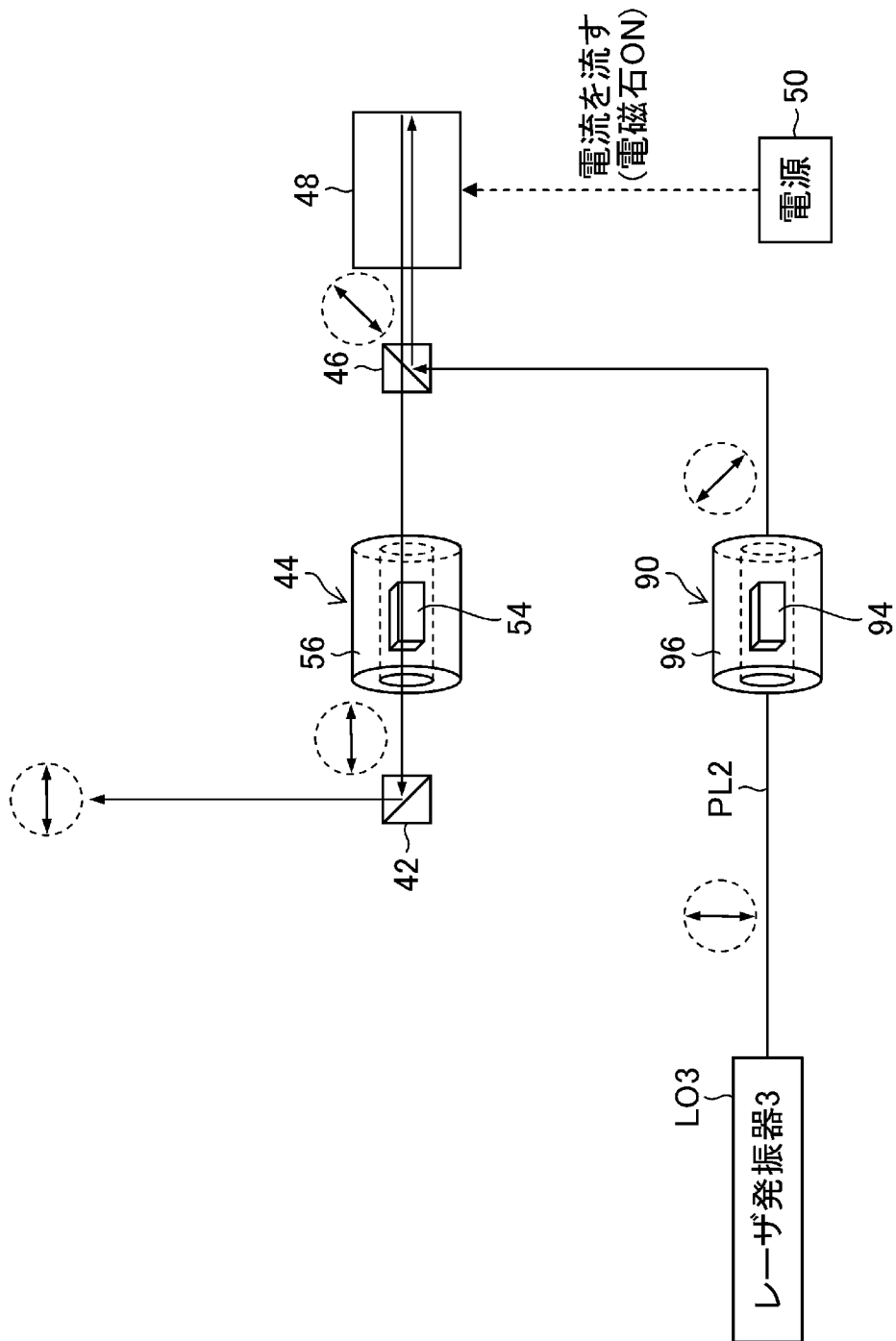
[図8]



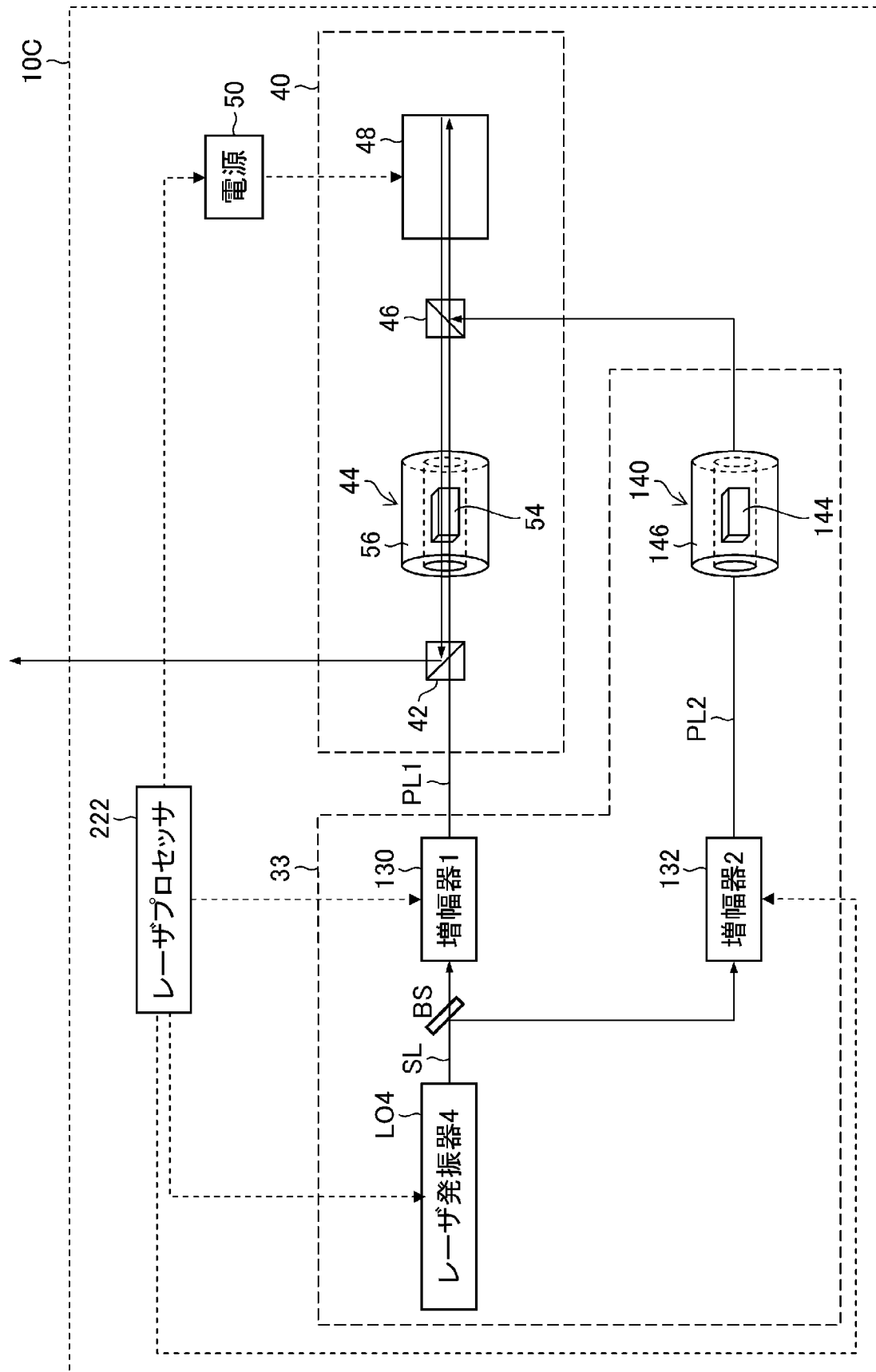
[図9]



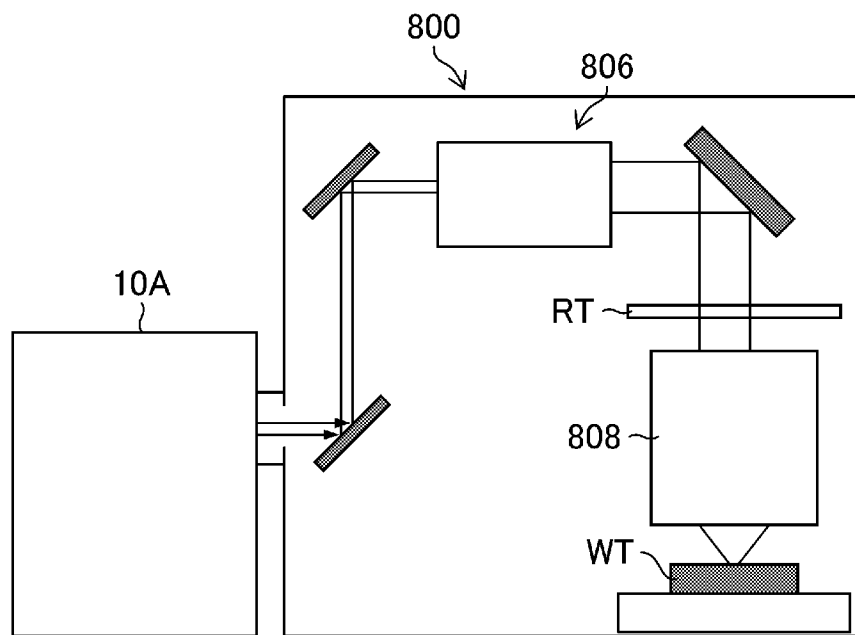
[図10]



[図11]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01S 3/10**(2006.01)i

FI: H01S3/10 Z

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)

H01S3/10

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2013-218286 A (GIGAPHOTON INC.) 24 October 2013 (2013-10-24)	1-17
A	JP 2017-32851 A (FUJIKURA LTD.) 09 February 2017 (2017-02-09)	1-17



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

30 May 2023

Date of mailing of the international search report

20 June 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012679

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2013-218286	A	24 October 2013	US	2014/0346374	A1	
				WO	2013/136195	A1	
JP	2017-32851	A	09 February 2017	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 3/10(2006.01)i FI: H01S3/10 Z										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01S3/10 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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 2013-218286 A（ギガフォトン株式会社）24.10.2013（2013 - 10 - 24）	1-17								
A	JP 2017-32851 A（株式会社フジクラ）09.02.2017（2017 - 02 - 09）	1-17								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 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抵触するものではなく、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						
* 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 30.05.2023	国際調査報告の発送日 20.06.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 村井 友和 2K 3207 電話番号 03-3581-1101 内線 3255									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/012679

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2013-218286	A	24.10.2013	US	2014/0346374	A1	
				WO	2013/136195	A1	
JP	2017-32851	A	09.02.2017	(ファミリーなし)			