

(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
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)

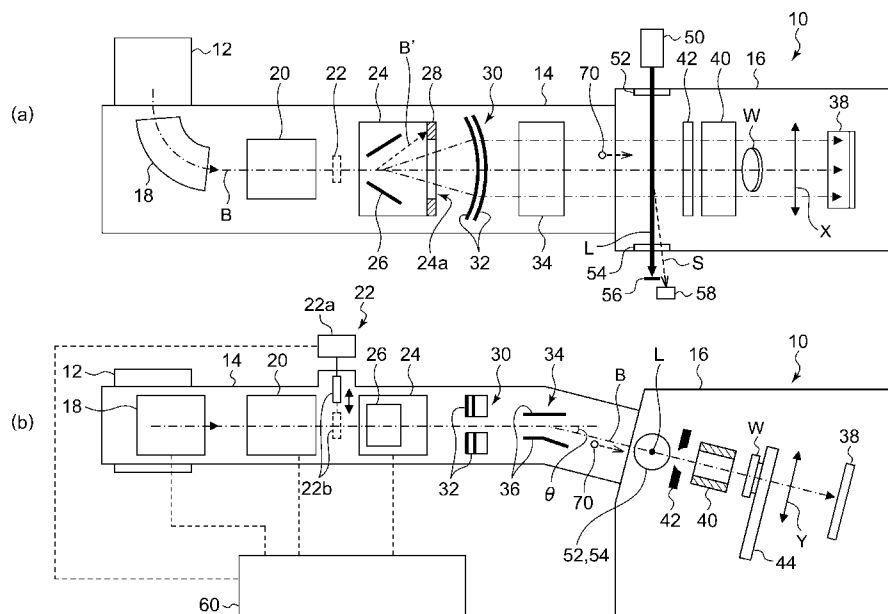


(10) 国際公開番号
WO 2016/199916 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/317 (2006.01) *H01L 21/265* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067435
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 10 日(10.06.2016)
- (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 2015-119663 2015 年 6 月 12 日(12.06.2015) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎 2 丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 広瀬 サユミ (HIROSE, Sayumi); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地住友重機械工業株式会社横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2 - 1 1 - 1 2 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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ION IMPLANTING DEVICE

(54) 発明の名称: イオン注入装置



(57) Abstract: An ion implanting device (10) is provided with: a beam line device (14) configured so as to transport an ion beam (B) toward a wafer (W); and a laser radiation device (50) configured so as to radiate laser light (L) toward the ion beam (B) transported by the beam line device (14), the laser light (L) being radiated in the direction intersecting the direction of travel of the ion beam (B). The laser radiation device (50) radiates the laser light (L) onto particles (70) that scatter toward the wafer (W) after being generated within the beam line device (14), preventing the particles (70) from directly adhering to the wafer (W).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/199916 A1



イオン注入装置（１０）は、ウェハ（Ｗ）に向けてイオンビーム（Ｂ）を輸送するよう構成されるビームライン装置（１４）と、ビームライン装置（１４）により輸送されるイオンビーム（Ｂ）に向けてイオンビーム（Ｂ）の進行方向と交差する方向にレーザ光（Ｌ）を照射するよう構成されるレーザ照射装置（５０）と、を備える。レーザ照射装置（５０）は、ビームライン装置（１４）内で発生してウェハ（Ｗ）に向かって飛ぶパーティクル（７０）にレーザ光（Ｌ）を照射して、パーティクル（７０）がウェハ（Ｗ）にそのまま付着するのを妨げる。

明 細 書

発明の名称：イオン注入装置

技術分野

[0001] 本発明は、イオン注入装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体製造工程では、導電性を変化させる目的、半導体ウェハの結晶構造を変化させる目的などのため、半導体ウェハにイオンを注入する工程（以下、「イオン注入工程」と称する場合がある）が標準的に実施されている。イオン注入工程で使用される装置は、イオン注入装置と呼ばれ、イオン源によってイオンを生成し、生成したイオンを加速してイオンビームを形成する機能と、そのイオンビームを真空処理室まで輸送し、処理室内のウェハにイオンビームを照射する機能を有する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-40670号公報

特許文献2：特開2006-294878号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] イオンビームが輸送される真空チャンバ内では、様々な要因によりパーティクルが生じることがある。真空チャンバ内で発生したパーティクルが浮遊してウェハの表面に付着すると、ウェハ表面のレジストパターンを損傷させたり、均一なイオン注入を妨げたりする場合がある。そうすると、イオン注入工程の歩留まりが低下してしまうかもしれない。

[0005] 本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、パーティクルの発生による生産性の低下を抑制する技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のある態様のイオン注入装置は、ウェハに向けてイオンビームを輸

送するよう構成されるビームライン装置と、ビームライン装置により輸送されるイオンビームに向けてイオンビームの進行方向と交差する方向にレーザー光を照射するよう構成されるレーザー照射装置と、を備える。レーザー照射装置は、ビームライン装置内で発生してウェハに向かって飛ぶパーティクルにレーザー光を照射して、パーティクルがウェハにそのまま付着するのを妨げる。

[0007] 本発明の別の態様もまた、イオン注入装置である。この装置は、前段ビーム経路を通して入射するイオンビームに電界を作用させ、ウェハに向かう後段ビーム経路を通して出射させるようにイオンビームを偏向させるビーム偏向装置と、ビーム偏向装置の下流側であって、後段ビーム経路を挟んで対向するそれぞれの位置に設けられる入射窓および出射窓と、入射窓を通じて後段ビーム経路中のイオンビームにレーザー光を照射し、照射後のレーザー光を出射窓から出射させるように構成されるレーザー照射装置と、を備える。

[0008] なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ウェハへのパーティクルの付着を防いでイオン注入工程の生産性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1（a）及び図1（b）は、ある実施の形態に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す上面図および側面図である。

[図2]変形例に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す側面図である。

[図3]変形例に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す上面図である。

[図4]図3のイオン注入装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図5]変形例に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す上面図である。

[図6]図5のイオン注入装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図7]変形例に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す上面図である。

[図8]変形例に係るイオン注入装置の構成を概略的に示す側面図である。

[図9]図8のイオン注入装置の構成を模式的に示す上面図である。

[図10]図8のイオン注入装置の構成を概略的に示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。また、以下に述べる構成は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

[0012] 実施の形態の説明する前に、本発明の概要を述べる。本実施の形態に係るイオン注入装置は、ウェハに向けてイオンビームを輸送するよう構成されるビームライン装置を備える。イオン注入の対象となるウェハの表面には、ウェハの所望の位置に選択的にイオン注入を施すためのレジストマスク等が一般に設けられる。レジストマスクは、イオンビームの照射によってその一部が飛散し、レジストアウトガスといわれるガス分子を生じさせる。

[0013] ビームライン装置には電界の作用によりイオンビームを偏向させる偏向手段などの電極部が設けられている。上述のレジストアウトガスの一部は、電界の作用等によって電極部に付着して堆積し、かたまりとなった堆積物を形成しうる。堆積物の一部は、電極部で発生する放電等により飛散し、パーティクルとしてビームライン装置内を浮遊する。このパーティクルがウェハの表面に付着すると、ウェハ表面のレジストパターンを損傷させたり、イオンビームの照射を遮ることで均一なイオン注入を妨げたりするおそれが生じる。そうすると、イオン注入工程の製造歩留まりが低下し、生産性に影響を及ぼしうる。

[0014] そこで、本実施の形態に係るイオン注入装置は、ビームライン装置により輸送されるイオンビームに向けてイオンビームの進行方向と交差する方向にレーザ光を照射するよう構成されるレーザ照射装置を備える。レーザ照射装置は、ビームライン装置内で発生してウェハに向かって飛ぶパーティクルにレーザ光を照射して、パーティクルがウェハにそのまま付着するのを妨げる。より具体的には、レーザ光の照射によりパーティクルに放射圧を与えてパ

ーティクルの軌道を変化させ、パーティクルがウェハに向かわないようにする。または、レーザ光の照射によりパーティクルを加熱して分解または蒸散させ、ウェハに向かうパーティクルの粒径を小さくする。これにより、パーティクルの付着による歩留まり低下を抑制して、イオン注入工程の生産性を向上させる。

[0015] 図1は、実施の形態に係るイオン注入装置10を概略的に示す図である。図1(a)は、イオン注入装置10の概略構成を示す上面図であり、図1(b)は、イオン注入装置10の概略構成を示す側面図である。

[0016] イオン注入装置10は、被処理物Wの表面にイオン注入処理をするよう構成されている。被処理物Wは、例えば基板であり、例えば半導体ウェハである。よって以下では説明の便宜のため被処理物Wを基板Wと呼ぶことがあるが、これは注入処理の対象を特定の物体に限定することを意図していない。

[0017] イオン注入装置10は、ビームの往復走査およびウェハWの往復運動によりウェハWの全体にわたってイオンビームBを照射するよう構成されている。イオンビームBを対象物Wに対し走査する場合において、ビームの往復走査は矢印Xの方向に行われ、ウェハWの往復運動は矢印Yの方向に行われる。

[0018] イオン注入装置10は、イオン源12と、ビームライン装置14と、注入処理室16と、を備える。イオン源12は、イオンビームBをビームライン装置14に与えるよう構成されている。ビームライン装置14は、イオン源12から注入処理室16へとイオンを輸送するよう構成されている。また、イオン注入装置10は、イオン源12、ビームライン装置14、及び注入処理室16に所望の真空環境を提供するための真空排気系（図示せず）を備える。

[0019] ビームライン装置14は、例えば、上流から順に、質量分析部18、ビーム整形部20、ビーム計測部22、ビーム走査器24、平行化レンズ30又はビーム平行化装置、及び、角度エネルギーフィルター（AEF ; Angular Energy Filter）34を備える。なお、ビームライン装置14の上流とは、イ

オン源 12 に近い側を指し、下流とは注入処理室 16（またはビームストップ 38）に近い側を指す。

[0020] 質量分析部 18 は、イオン源 12 の下流に設けられており、イオン源 12 から引き出されたイオンビーム B から必要なイオン種を質量分析により選択するよう構成されている。ビーム整形部 20 は、四重極収束装置（Q レンズ）などの収束レンズを備えており、イオンビーム B を所望の断面形状に整形するよう構成されている。

[0021] ビーム計測部 22 は、ビームライン上に出し入れ可能に配置され、イオンビームの強度ないし電流を計測する。ビーム計測部 22 は、ビーム電流を計測するファラデーカップ 22 b と、ファラデーカップ 22 b を上下に移動させる駆動部 22 a を有する。図 1（b）の破線で示すように、ビームライン上にファラデーカップ 22 b を配置した場合、イオンビーム B はファラデーカップ 22 b により遮断される。一方、図 1（b）の実線で示すように、ファラデーカップ 22 b をビームライン上から外した場合、イオンビーム B の遮断が解除される。したがって、ビーム計測部 22 は、イオンビーム B の遮断手段としても機能する。

[0022] ビーム走査器 24 は、ビームの往復走査を提供するよう構成されており、整形されたイオンビーム B を x 方向に走査する偏向手段である。ビーム走査器 24 は、x 方向に対向して設けられる走査電極対 26 を有する。走査電極対 26 は可変電圧電源（図示せず）に接続されており、走査電極対 26 に印加される電圧を周期的に変化させることにより、電極間に生じる電界を変化させてイオンビーム B を偏向させる。こうして、イオンビーム B は、x 方向の走査範囲にわたって走査される。なお、図 1（a）において矢印 X によりビームの走査方向及び走査範囲を例示し、走査範囲でのイオンビーム B の複数の軌跡を一点鎖線で示している。なお、ビーム走査器 24 は、磁界を印加することによりイオンビームを走査する磁界式の偏向手段であってもよい。

[0023] ビーム走査器 24 は、走査イオンビーム B が通過する開口部 24 a の外側に設けられるビームダンパ 28 を有する。ビームダンパ 28 は、ビームスキ

ヤンされるx方向の走査範囲を超えてイオンビームBを偏向させた場合に、イオンビームBが衝突する箇所に設けられる。ビームダンパ28は、イオンビームの衝突によるスパッタが生じにくいグラファイト(C)などの材料で構成される。なお、図1(a)において破線の矢印B'によりビームダンパ28に衝突する場合のイオンビームの軌跡を示している。

[0024] イオンビームBがビームダンパ28に衝突するようにビーム走査器24を動作させた場合、イオンビームBはビームラインから外れて、途中で遮断されることとなる。したがって、ビーム走査器24は、イオンビームBの遮断手段としても機能する。なお、イオンビームBが通常の走査範囲でスキャンされるようにビーム走査器24を動作させれば、つまり、イオンビームBが開口部24aから出射されるようにビーム走査器24を動作させれば、イオンビームBの遮断が解除される。

[0025] 平行化レンズ30は、走査されたイオンビームBの進行方向を平行にするよう構成されている。平行化レンズ30は、中央部にイオンビームの通過スリットが設けられた円弧形状の複数の平行化レンズ電極32を有する。平行化レンズ電極32は、高圧電源(図示せず)に接続されており、電圧印加により生じる電界をイオンビームBに作用させて、イオンビームBの進行方向を平行に整える。

[0026] 角度エネルギーフィルタ(AEF)34は、イオンビームBのエネルギーを分析し必要なエネルギーのイオンを下方に偏向して注入処理室16に導くよう構成されている。したがって、角度エネルギーフィルタ34は、ビーム偏向装置として機能する。

[0027] 角度エネルギーフィルタ34は、電界偏向用のAEF電極対36を有する。AEF電極対36は、高圧電源(図示せず)に接続される。図1(b)において、上側のAEF電極に正電圧、下側のAEF電極に負電圧を印加させることにより、イオンビームBを下方に偏向させる。なお、角度エネルギーフィルタ34は、磁界偏向用の磁石装置で構成されてもよく、電界偏向用のAEF電極対と磁石装置の組み合わせで構成されてもよい。

- [0028] なお、本明細書において、角度エネルギーフィルタ 34 に入射するイオンビームが通る経路を「前段ビーム経路」ともいい、角度エネルギーフィルタ 34 から出射するイオンビームが通る経路を「後段ビーム経路」ともいう。前段ビーム経路を通るイオンビームの進行方向と、後段ビーム経路を通るイオンビームの進行方向は、A E F 電極対 36 で発生する電界の作用によって y 方向にずれており、その偏向角度 θ は約 10°～20° である。
- [0029] このようにして、ビームライン装置 14 は、ウェハ W に照射されるべきイオンビーム B を注入処理室 16 に供給する。
- [0030] 注入処理室 16 には、ビームストッパ 38、プラズマシャワー装置 40、エネルギースリット 42、往復運動装置 44 が設けられる。往復運動装置 44 は、1 枚又は複数枚のウェハ W を保持し、イオンビーム B に対する相対移動（例えば、y 方向）を必要に応じてウェハ W に提供するように構成される。図 1（b）において、矢印 Y によりウェハ W の往復運動を例示する。ビーム軌道上にウェハ W が存在しない場合には、イオンビーム B はビームストッパ 38 に入射する。
- [0031] プラズマシャワー装置 40 は、イオンビーム B のビーム電流量に応じてイオンビームとウェハ W の前面に低エネルギー電子を供給し、イオン注入で生じるウェハ W 表面での正電荷のチャージアップを抑制する。
- [0032] エネルギースリット 42 は、ビームスキャン方向（x 方向）に横長のスリットで構成されるエネルギー制限スリット（E D S ; Energy Defining Slit）である。エネルギースリット 42 は、ウェハに向けて後段ビーム経路中を進行するビームを部分的に遮蔽し、後段ビーム経路中のビームの中で所定軌道を有するビーム成分をウェハに向けて通過させる。これにより、所用以外のエネルギー値と価数を持つイオンビームの通過を制限し、角度エネルギーフィルタ 34 を通過した所用のエネルギー値と価数を持つイオンビームだけを分離する。したがって、エネルギースリット 42 は、角度エネルギーフィルタ 34 とともにウェハ W に入射するイオンビームのエネルギー分析を行う。

- [0033] イオン注入装置 10 は、レーザ照射装置 50、入射窓 52、出射窓 54、レーザダンパ 56、光検出器 58 をさらに備える。入射窓 52 および出射窓 54 は、注入処理室 16 を構成するチャンバの壁面の一部に設けられる。入射窓 52 および出射窓 54 は、角度エネルギーフィルタ 34 よりも下流側に設けられ、イオンビーム B の軌道を挟んで x 方向に対向する位置に設けられる。入射窓 52 および出射窓 54 は、レーザ照射装置 50 が出力するレーザ光の波長に対して透明な材質で構成される。
- [0034] レーザ照射装置 50 は、高出力のレーザ光が出力可能なレーザ光源を含み、例えば、YAG レーザ、CO₂ レーザ、ファイバレーザ、半導体レーザなどのレーザ発振器を含む。レーザ照射装置 50 は、イオンビーム B に向けてイオンビームの進行方向と交差する方向にレーザ光 L を照射するように配置される。レーザ照射装置 50 から出力されるレーザ光 L は、入射窓 52 を通じて注入処理室 16 の内部に導入され、出射窓 54 を通じて注入処理室 16 の外部に出射される。出射窓 54 から出射されるレーザ光 L は、レーザダンパ 56 に吸収される。したがって、レーザ照射装置 50 からのレーザ光 L は、イオンビーム B の軌道に向けて水平方向（x 方向）に照射される。
- [0035] レーザ照射装置 50 は、ビームライン装置 14 または注入処理室 16 の内部で発生し、ウェハ W に向かって飛ぶパーティクル 70 に向けてレーザ光 L を照射する。パーティクル 70 は、例えば、高電圧が印加される AEF 34 にて発生し、イオンビーム B の軌道に沿ってウェハ W に向かう。レーザ照射装置 50 は、パーティクル 70 に対して水平方向（x 方向）にレーザ光を照射することで、パーティクル 70 に x 方向の放射圧を与える。その結果、パーティクル 70 には x 方向の運動量が付加され、パーティクル 70 が飛ぶ方向が x 方向に変化する。レーザ光により与えられる放射圧が十分に大きければ、パーティクル 70 はウェハ W に到達しない方向に向きを変えて飛んでいく。例えば、パーティクル 70 は、ウェハ W の手前に位置するエネルギーリット 42 やプラズマシャワー装置 40 の内壁に向かって飛んでこれらに衝突する。レーザ照射装置 50 は、このようにしてパーティクル 70 の飛ぶ方

向を変化させ、パーティクル70がウェハWの表面への付着を妨げる。

[0036] また、レーザ照射装置50は、レーザ光Lの照射によってパーティクル70にエネルギーを付与し、パーティクル70を分解または蒸散させてもよい。例えば、パーティクル70を構成する物質の結合エネルギーを上回るようなエネルギーを付与できるパワーのレーザ光を照射することで、パーティクル70をより粒径の小さな複数のパーティクルに分解させたり、パーティクル70を蒸散させてガス分子化させたりしてもよい。レーザ照射装置50は、例えば、粒径が数十nm～数μm程度であるパーティクル70を分解または蒸散させることにより、粒径が数nm～数十nm以下となるようにしてもよい。粒径を小さくすることで、ウェハW表面へのパーティクルの付着による影響を低減できる。なおレーザ照射装置50は、レーザ光Lの照射によってパーティクル70を分解させるとともに、分解後に生じたパーティクルの軌道がウェハWに向かわないようにしてもよい。

[0037] 光検出器58は、ビームライン装置14または注入処理室16の内部を浮遊するパーティクル70からの散乱光Sを検出するように配置される。光検出器58は、例えばレーザ照射装置50からレーザダンパ56に向かうレーザ光Lの光路の近傍であって、レーザ光Lの光路から外れた位置に設けられる。光検出器58は、例えば出射窓54を通じて出射される散乱光Sを検出するように配置される。なお変形例では、光検出器58が入射窓52を通じて出射される散乱光を検出できる位置に配置されてもよいし、ビームライン装置14や注入処理室16の内部に配置されてもよい。

[0038] 制御装置60は、イオン注入装置10を構成する各機器の動作を制御する。制御装置60は、光検出器58の検出結果に応じて、ビーム計測部22やビーム走査器24などのビーム遮断手段を動作させてイオンビームBの照射を停止させる。制御装置60は、光検出器58によって検出される散乱光の強度が所定の閾値レベルを上回る場合や、所定の閾値レベルを上回る期間が基準時間を超える場合に、イオンビームBの照射を停止させる。イオンビームBの照射を停止させる条件は、イオン注入工程の歩留まりが大きく低下し

うる程度に多くのパーティクルが検出される値として設定される。制御装置 60 は、イオンビーム B の照射を停止させる場合に、レーザ照射装置 50 からのレーザ光 L の出力も同時に停止させてもよい。

[0039] 以上の構成により、イオン注入装置 10 は、ウェハ W にイオンビーム B を照射するイオン注入処理中においてイオンビーム B に向けてレーザ光 L を照射し、イオンビーム B に沿ってウェハ W に向かって飛ぶパーティクル 70 がウェハ W にそのまま付着しないようにする。これにより、イオン注入処理中のウェハ W の表面にパーティクル 70 が付着して製造歩留まりが低下する影響を低減することができる。特に、ビームライン装置 14 や注入処理室 16 の内部に形成される堆積物がそれほど多くなく、ウェハ W に向かって飛ぶパーティクル数が比較的少ない状況である場合に、パーティクルの付着を防ぐことで歩留まりの低下を抑えることができる。

[0040] また、イオン注入装置 10 は、イオンビーム B に向けて照射するレーザ光の散乱光を検出することで、ウェハ W に向かって飛ぶパーティクルの状況を監視する。これにより、ウェハ W に向かうパーティクル数が増える状況を検知し、ビームライン装置 14 や注入処理室 16 の内部の清掃や部品交換といったメンテナンス対応を適切なタイミングで取れるようにする。また、ウェハ W に向かうパーティクル数が増えて適切なイオン注入処理ができなくなるおそれが生じる場合に、イオンビーム B の照射を停止させることによって、使用するウェハ W が無駄になってしまうのを防ぐことができる。これにより、イオン注入装置 10 の製造歩留まりを改善させることができる。

[0041] また、イオン注入装置 10 は、レーザ照射装置 50 をビームライン装置 14 および注入処理室 16 の外に配置する構成としている。このため、レーザ照射装置 50 を真空環境に置く必要がなくなるため、レーザ照射装置 50 の扱いを容易にすることができる。また、レーザ照射装置 50 からの高出力のレーザ光 L を出射窓 54 を通じて注入処理室 16 の外に出射させる構成としているため、レーザ光がビームライン装置 14 または注入処理室 16 内で反射して意図しない箇所に当たってしまうことを防ぐことができる。これによ

り、イオン注入装置 10 の構成機器にレーザ光が照射されて損傷を受ける等の影響を抑えることができる。

[0042] (変形例 1)

図 2 は、変形例に係るイオン注入装置 110 の構成を概略的に示す上面図である。本変形例は、入射窓 152 および出射窓 154 がビームライン装置 14 を構成するチャンバの壁面に設けられ、レーザ照射装置 150 からのレーザ光 L が角度エネルギーフィルタ 34 のすぐ下流の位置に照射される点で上述の実施の形態と相違する。以下、本変形例について、上述の実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0043] 入射窓 152 および出射窓 154 は、角度エネルギーフィルタ 34 のすぐ下流の位置において、後段ビーム経路を挟んで水平方向 (x 方向) に対向して配置される。レーザ照射装置 150 からのレーザ光 L は、入射窓 152 を通じて後段ビーム経路に水平方向に照射される。後段ビーム経路を通過したレーザ光 L は、出射窓 154 を通じてビームライン装置 14 の外に出力され、レーザダンパ 156 により吸収される。パーティクルからの散乱光 S は、出射窓 154 を通じて光検出器 158 により検出される。

[0044] 本変形例においても、上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、本変形例によれば、パーティクルの発生源となりうる角度エネルギーフィルタ 34 のより近い位置でレーザ光 L を照射するため、上述の実施の形態よりもレーザ照射によるパーティクルの変位量が小さくて済む。レーザ照射位置からウェハ W までの距離が上述の実施の形態より長く、パーティクルの飛ぶ方向の角度を変えるために必要な変位量が小さくて済むからである。したがって、本変形例によれば、上述の実施の形態よりも少ないパワーでパーティクルの飛ぶ方向を好適に変化させることができる。

[0045] (変形例 2)

図 3 は、変形例に係るイオン注入装置 210 の構成を概略的に示す側面図である。本変形例は、イオンビーム B に向けてレーザ照射装置 250 からのレーザ光 L が上下方向 (y 方向) に照射される点で上述の実施の形態および

変形例と相違する。以下、本変形例について、上述の実施の形態および変形例との相違点を中心に説明する。

[0046] 入射窓 252 および出射窓 254 は、角度エネルギーフィルタ 34 の下流の位置において、後段ビーム経路を挟んで上下方向（y 方向）に対向して配置される。入射窓 252 は、鉛直方向の上側に配置され、出射窓 254 は、鉛直方向の下側に配置される。レーザ照射装置 250 は、レーザ光 L を鉛直方向下方に向けて出力し、後段ビーム経路に沿って進むパーティクルに対して下向きの放射圧を与える。言い換えれば、レーザ照射装置 250 は、角度エネルギーフィルタ 34 によるイオンビーム B の偏向方向と同じ向きの放射圧をパーティクルに対して与えるように構成される。

[0047] 図 4 は、イオン注入装置 210 の構成を概略的に示す断面図であり、図 3 の A-A 線断面を示す。レーザ照射装置 250 は、イオンビーム B の走査方向にわたってレーザ光 L を照射できるように構成される。レーザ照射装置 250 は、例えば、レーザ光 L の出射位置を x 方向にスキャンできるようなレーザ走査機構を有する。このレーザ走査機構は、例えば、ポリゴンミラーと f- θ レンズにより構成される。

[0048] なお、レーザ照射装置 250 がファイバーレーザを備える場合には、ファイバレーザの出射口を x 方向にスキャンすることにより、x 方向にわたってレーザ光を照射できるように構成してもよい。また、レーザ照射装置 250 は、x 方向に並べて配置される複数のレーザ光源を備えることにより、x 方向にわたって複数のレーザ光 L を照射できるように構成されてもよい。

[0049] 本変形例によれば、レーザ照射装置 250 が角度エネルギーフィルタ 34 の偏向方向と同じ向きの放射圧をパーティクルに対して与えるため、上述の実施の形態よりもレーザ照射によるパーティクルの変位量が小さくて済む。レーザ照射位置の下流には y 方向の開口幅が制限されたエネルギースリット 42 やプラズマシャワー装置 40 が設けられるため、より小さな変位量であってもエネルギースリット 42 やプラズマシャワー装置 40 に衝突するようにパーティクルの飛ぶ方向を変えられるからである。また、レーザ照射によ

るパーティクルの変位方向を下向きとすることで、パーティクルがウェハWに到達するまでの間にパーティクルに作用する重力を利用することもできる。したがって、本変形例によれば、より少ないパワーでパーティクルの飛ぶ方向を好適に変化させることができる。

[0050] (変形例3)

図5は、変形例に係るイオン注入装置310の構成を概略的に示す上面図である。本変形例は、レーザ照射装置150からのレーザ光が折り返され、イオンビームBの進行方向と交差する複数の光路L1, L2, L3に沿ってレーザ光が照射されるように構成される点で上述の実施の形態および変形例と相違する。以下、本変形例について、上述の実施の形態および変形例との相違点を中心に説明する。

[0051] 入射窓152および出射窓154は、角度エネルギーフィルタ34のすぐ下流の位置において、後段ビーム経路を挟んで水平方向(x方向)に対向して配置される。複数の光路L1~L3は、入射窓152および出射窓154の双方を通過するように設けられ、それぞれ水平方向に延びるように設けられる。第1光路L1は、角度エネルギーフィルタ34に近い上流側に設けられ、第3光路L3は、エネルギーリット42に近い下流側に設けられ、第2光路L2は、第1光路L1と第3光路L3の間に設けられている。複数の光路L1~L3は、例えば、互いに平行となるように設けられる。

[0052] レーザ照射装置150は、入射窓152に向けてレーザ光を出力する。レーザ照射装置150から出力されるレーザ光は、複数のミラー371, 372, 373, 374により向きが変えられ、複数の光路L1~L3を順に通過する。複数のミラー371~374は、ビームライン装置14の外側に配置されている。第1ミラー371は、第1光路L1に沿って出射窓154から出射するレーザ光を反射させ、レーザ光が第2ミラー372に向かうようにする。第2ミラー372は、第1ミラー371からのレーザ光を反射させ、レーザ光が第2光路L2に沿って出射窓154に入射するようにする。第3ミラー373は、第2光路L2に沿って入射窓152から出射するレーザ

光を反射させ、レーザ光が第4ミラー374に向かうようにする。第4ミラー374は、第3ミラー373からのレーザ光を反射させ、レーザ光が第3光路L3に沿って入射窓152に入射するようにする。

[0053] レーザ照射装置150からのレーザ光は、上述の光学配置により複数の光路L1～L3を順に通過する一筆書きの経路を辿ることとなる。図示されるように、第1光路L1および第3光路L3では、入射窓152から出射窓154に向かう第1方向にレーザ光が照射される。一方、第2光路L2では、出射窓154から入射窓152に向かう第2方向（第1方向と反対方向）にレーザ光が照射される。

[0054] なお、別の変形例においては、図示される構成とは少なくとも部分的に異なるように配置される一以上の光学素子を用いて、レーザ光が複数の光路L1～L3を順に通過するようにしてもよい。光学素子として、ミラーのような反射型の光学素子を用いてもよいし、レンズやプリズムといった透過型の光学素子を用いてもよい。また、レーザ光が通過する複数の光路が水平方向ではなく垂直方向に延びるように構成されてもよい。ビームライン装置14と交差するレーザ光の光路数は二つであってもよいし、四つ以上であってもよい。レーザ光の折り返し数（つまり、光路数）に応じて一以上の任意の光学素子が適宜配置されてもよいことは、当業者であれば理解されることである。また、レーザ光が通過する光路を規定する一以上の光学素子は、その少なくとも一部がビームライン装置14の内部に設けられていてもよい。その他、互いに対向する二枚の平面鏡の間でレーザ光を繰り返し反射させることによりしてビームライン装置14と交差する複数の光路を構成してもよい。

[0055] 第3光路L3に沿って進むレーザ光は、出射窓154から出射して計測装置356に入射する。計測装置356は、出射窓154から出力されるレーザ光の光強度や強度分布を計測する。計測装置356は、例えば、光強度の計測が可能なパワーメータであってもよいし、光強度分布の計測が可能なビームプロファイラであってもよい。計測装置356は、レーザ光の強度ない

し強度分布を計測することにより、例えば、光源または光学系に異常が発生していないかを検知する。計測装置 356 は、計測したレーザ光に関する情報を制御装置 60 に送信する。

[0056] 入射窓 152 の内側には、入射窓 152 の内面 152 a を被覆する入射窓カバー 362 が設けられる。同様にして出射窓 154 の内側には、出射窓 154 の内面 154 a を被覆する出射窓カバー 364 が設けられる。入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 は、レーザ照射装置 150 からのレーザ光を透過する材料で構成され、例えば、レーザ光の波長に対して透明な光学ガラスや樹脂フィルムなどで構成される。入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 の表面には、レーザ光の反射を抑制するための誘電体多層膜フィルタなどが設けられてもよい。入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 は、イオン注入装置 310 の使用に伴って入射窓 152 および出射窓 154 の内面 152 a, 154 a が汚れてしまうことを防ぐ。

[0057] 入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 は、冷却装置 366 と熱的に接続されている。冷却装置 366 は、レーザ光の照射により加熱されうる入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 を冷却し、これら窓カバーの昇温を抑制する。冷却装置 366 は、入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 だけでなく、入射窓 152 および出射窓 154 と熱的に接続され、入射窓 152 および出射窓 154 を同時に冷却するように構成されてもよい。

[0058] 図 6 は、イオン注入装置 310 の構成を概略的に示す断面図であり、図 5 の A-A 線断面を示す。ビームライン装置 14 の内部には、入射窓カバー交換機構 382 および出射窓カバー交換機構 384 が設けられている。入射窓カバー交換機構 382 は、複数の交換用の入射窓カバー 362 b を保持し、入射窓 152 を被覆している入射窓カバー 362 a を別の入射窓カバー 362 b と交換するように構成されている。また、入射窓カバー交換機構 382 は、交換した後の使用済の入射窓カバー 362 a を一時的に保持するように構成されてもよい。これにより、イオン注入装置 310 の使用により入射窓

カバー 362a が汚れ、ビームライン装置 14 の内部に照射されるレーザ光の強度の低下を抑制する。

[0059] 入射窓カバー交換機構 382 は、ビームライン装置 14 の内部空間が真空状態に維持されている状態で、入射窓カバー 362 の交換ができるように構成されてもよい。これにより、ビームライン装置 14 を大気開放することなく入射窓カバー 362 の交換をすることができ、大気開放に伴うメンテナンス工数増大および装置の稼働率低下を抑えることができる。

[0060] 出射窓カバー交換機構 384 は、入射窓カバー交換機構 382 と同様に構成されている。出射窓カバー交換機構 384 は、複数の出射窓カバー 364b を保持し、出射窓 154 を被覆している出射窓カバー 364a を別の出射窓カバー 364b と交換するように構成されている。出射窓カバー交換機構 384 は、イオン注入装置 310 の使用により出射窓カバー 364a が汚れ、ビームライン装置 14 の内部に照射されるレーザ光の強度の低下を抑制する。

[0061] なお、さらなる変形例においては、入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 が複数のカバー部材の積層体で構成されてもよい。この積層体は、複数枚の透明な樹脂フィルムが接着剤などで仮止めされており、一枚ずつ樹脂フィルムを剥がしていくことにより積層体の表面が汚れていない状態に更新できるように構成されてもよい。この場合、入射窓カバー交換機構 382 および出射窓カバー交換機構 384 は、積層体を構成する複数枚の樹脂フィルムを一枚ずつ剥がすことができるように構成されてもよい。

[0062] 別の変形例においては、入射窓カバー 362 および出射窓カバー 364 がローラに巻き取られた連続的なシートの一部により構成されてもよい。この場合、入射窓カバー交換機構 382 および出射窓カバー交換機構 384 は、窓カバーとなるシートを送り出すための送出口ローラと、送り出されたシートを巻き取るための巻取ローラとを備えてもよい。このとき、送出口ローラと巻取ローラの間に張られたシートの一部が窓カバーとして機能し、ローラを動作させてローラ間に張られたシートを更新することにより窓カバーの交換が

実現されてもよい。つまり、使用中に汚れたシートの一部を巻取ローラで巻き取り、汚れていないシートの新しい一部を送出ローラから送り出すことにより窓カバーが交換されてもよい。

[0063] ビームライン装置 14 の上方には、レーザ照射装置 150 からのレーザ光が照射される領域を撮像するための光検出器 358 が設けられる。ビームライン装置 14 の壁面には、光検出器 358 による撮像を可能とするための撮像用窓 376 が設けられる。光検出器 358 は、CCD や CMOS センサなどの撮像部 358a と、撮像画像を用いてパーティクルの大きさ、数量、速度および進行方向などを解析する解析部 358b とを有する。解析部 358b は、例えば、撮像部 358a が連続して撮像する複数の撮像画像を比較することによりパーティクルの速度や進行方向に関する情報を算出する。解析部 358b は、撮像部 358a の撮像画像を統計的に処理することにより、パーティクルの数量、大きさ、または、大きさの分布に関する情報を算出してもよい。このようにして、光検出器 358 は、ビームライン装置 14 の内部を飛来するパーティクルの状態をモニタリングする。光検出器 358 が算出した情報は、制御装置 60 に送られる。

[0064] 制御装置 60 は、計測装置 356 や光検出器 358 からの情報に基づいて、イオン注入装置 310 の動作を制御する。制御装置 60 は、光検出器 358 からの情報に基づき、レーザ照射によりウェハ W へのパーティクルの付着を好適に防ぐことができないと判定される場合にイオンビーム B の照射を停止させてもよい。制御装置 60 は、パーティクルの大きさ、速度および進行方向に基づいて、そのパーティクルがウェハ W に付着するか否かや、レーザ照射によりウェハ W へのパーティクルの付着が回避できるか否かを判定してもよい。制御装置 60 は、例えば、光検出器 358 により検出されたパーティクルの数量が所定の基準値を超える場合や、所定の基準値を超える回数が所定値以上となった場合に、イオンビーム B の照射を停止させてもよい。また、検出されたパーティクルの速度が所定値以上であるために、レーザ照射によるパーティクルの分解または変位が不十分であると判定される場合にイ

オンビームBの照射を停止させてもよい。

[0065] 制御装置60は、計測装置356からの情報に基づいて、入射窓152および出射窓154の汚れ具合を判定してもよい。例えば、計測装置356にて計測されるレーザ光の強度が所定の閾値レベルを下回る場合や、所定の閾値レベルを下回る期間が基準時間を超える場合に、入射窓152および出射窓154が汚れていると判定し、入射窓カバー交換機構382および出射窓カバー交換機構384に入射窓カバー362および出射窓カバー364を交換させてもよい。制御装置60は、入射窓152および出射窓154が汚れていると判定される場合であって、前回の窓カバー交換からの経過時間が所定値以下であるような場合に、光学系に何らかの異常が発生していると判断して、レーザ照射装置150からのレーザ光の照射を停止させてもよい。

[0066] 本変形例によれば、イオンビームBのビーム軌道と交差する複数の光路L1～L3に沿ってレーザ光を照射することで、ウェハWに向かって飛ぶパーティクルにレーザ光が照射される確率を高めることができる。また、パーティクルが複数の光路L1～L3と交差するように進む場合には、一つのパーティクルに対してより多くの分解エネルギーを与えることができる。これにより、ウェハWに付着しようとするパーティクルを低減させる効果を高めることができる。

[0067] 本変形例によれば、レーザ光を通過させる入射窓152および出射窓154に窓カバーを設けることで、入射窓152および出射窓154が直接汚れてしまうことを防ぐことができる。ビームライン装置14は、内部が高真空に保たれるように構成されているため、その隔壁の一部を構成する入射窓152および出射窓154を交換することは容易ではないかもしれない。そのため、入射窓152および出射窓154の内面152a、154bが汚れてしまうと、そのメンテナンスにより多くの手間が生じてしまう。一方、本変形例によれば、交換可能な窓カバーを取り付けることにより、汚れによる入射窓152および出射窓154の交換をしなくて済むようにできる。また、内部に窓カバーを交換する機構を設けることで、一定期間であればビームラ

イン装置 14 を大気開放することなく窓カバーの交換を実現できる。これにより、窓カバーの交換に伴うメンテナンス工数を削減し、レーザ照射によるパーティクルの除去効果を長い期間にわたって維持できる。

[0068] 本変形例によれば、計測装置 356 や光検出器 358 からの情報を用いることで、レーザ照射装置 150 を含む光学系の異常や、ウェハ W に向かうパーティクルに関する異常を検知できる。特に、光検出器 358 を用いてパーティクルの数量や速度に関する情報を取得し、ウェハ W にパーティクルが付着するか否かを判定することにより、ウェハ W へのパーティクルの影響の有無をイオン注入工程の実行中に検知できる。例えば、ウェハ W へのパーティクルの影響が問題となる場合には、イオン注入処理の途中で工程を中止することもできる。これにより、無駄な注入処理が継続して実行されることを防ぎ、注入工程の生産性を高めることができる。

[0069] (変形例 4)

図 7 は、変形例に係るイオン注入装置 410 の構成を概略的に示す上面図である。イオン注入装置 410 は、複数の光源 451a, 451b, 451c を含むレーザ照射装置 450 を備える点で上述の実施の形態および変形例と相違する。複数の光源 451a ~ 451c は、例えば、イオンビーム B の進行方向に沿って並べられている。第 1 光源 451a は、第 1 光路 L1 に沿って進むレーザ光を出力し、第 2 光源 451b は、第 2 光路 L2 に沿って進むレーザ光を出力し、第 3 光源 451c は、第 3 光路 L3 に沿って進むレーザ光りを出力する。複数の光源 451a ~ 451c のそれぞれから出力されるレーザ光は、入射窓 152 を通じてビームライン装置 14 の内部に照射され、出射窓 154 を通じてビームライン装置 14 の外部に出射される。出射窓 154 から出射されるレーザ光のそれぞれは、レーザダンパ 156 に吸収される。

[0070] 本変形例によれば、複数の光源 451a ~ 451c を用いることで、レーザ光の光路を多段化してウェハ W に向かって飛ぶパーティクルにレーザ光が照射される確率を高めることができる。また、各光路 L1 ~ L3 においてレ

ーザ光が同一方向（入射窓 1 5 2 から出射窓 1 5 4 に向かう方向）に照射されるため、パーティクルが複数の光路 L 1 ~ L 3 と交差するように進む場合に、同じパーティクルに対して同じ方向の放射圧を与えることができる。これにより、光路が一つだけの場合や複数の光路間において異なる方向（例えば、逆方向）にレーザが照射される場合と比べ、パーティクルに対してより大きい変位量を与えることができ、ウェハ W に付着しようとするパーティクルを低減させる効果を高めることができる。

[0071] なお、さらなる変形例では、複数の光路 L 1 ~ L 3 がイオンビームの軌道方向に並べられるのではなく、イオンビームの軌道方向と交差または直交する方向に並べられてもよい。例えば、複数の光路 L 1 ~ L 3 が垂直方向（y 方向）に並べられるようにしてもよいし、水平方向（x 方向）に並べられるようにしてもよい。その他、複数の光源を配置する代わりに上述の変形例 3 と同様に複数のミラーを配置することにより、y 方向に延びる複数の光路を実現してもよい。この場合、各光路におけるレーザ光の進行方向は同じであってもよいし、異なってもよい（つまり、反対方向であってもよい）。後者の場合、レーザ光がジグザグ状に進んでもよい。また、複数の光路が広範囲にわたって高密度で配列されるように、反射ミラーを連続的に並べて配置してもよいし、連続的に構成される長い反射ミラーを配置してもよい。

[0072] （変形例 5）

図 8 は、変形例に係るイオン注入装置 5 1 0 の構成を概略的に示す側面図である。本変形例では、レーザ光が通過する複数の光路 L 1, L 2, L 3, L 4, L 5, L 6 が水平方向に延びるように構成される。また、第 1 光路 L 1、第 3 光路 L 3 および第 5 光路は、レーザ光が第 1 方向（図 8 の紙面から出る方向）に進むように構成され、第 2 光路 L 2、第 4 光路 L 4 および第 6 光路 L 6 は、レーザ光が第 1 方向と反対の第 2 方向（図 8 の紙面に入る方向）に進むように構成される。レーザ光が第 1 方向に進む複数の光路 L 1, L 3, L 5 とレーザ光が第 2 方向に進む複数の光路 L 2, L 4, L 6 は、互いに垂直方向（y 方向）にずれた位置に設けられている。以下、本変形例につ

いて、上述の実施の形態および変形例との相違点を中心に述べる。

[0073] 図9は、イオン注入装置510の構成を模式的に示す上面図であり、図8の矢印Cの向きに見たときの光学系の配置を模式的に示す。本図では、説明を分かりやすくする目的で、複数の光路L1～L6の位置が重ならないように描いている。イオン注入装置510は、レーザ照射装置550、入射窓552、出射窓554、ビームダンパ556、複数のミラー571～580を備える。レーザ照射装置550からのレーザ光は、図示されるように、奇数番目の光路L1, L3, L5において入射窓552から出射窓554に向かう第1方向に進み、偶数番目の光路L2, L4, L6において出射窓554から入射窓552に向かう第2方向に進む。

[0074] 第1ミラー571は、第1光路L1に沿って出射窓554から出射するレーザ光を第2ミラー572に向けさせる。第2ミラー572は、第1ミラー571からのレーザ光を第2光路L2に沿って出射窓554に入射させる。第3ミラー573は、第2光路L2に沿って入射窓552から出射するレーザ光を第4ミラー574に向けさせる。第4ミラー574は、第3ミラー573からのレーザ光を第3光路L3に沿って入射窓552に入射させる。第5ミラー575は、第4光路L4に沿って出射窓554から出射するレーザ光を第6ミラー576に向けさせ、第6ミラー576は、第5ミラー575からのレーザ光を第4光路L4に沿って出射窓554に入射させる。第7ミラー577は、第4光路L4に沿って入射窓552から出射するレーザ光を第8ミラー578に向けさせ、第8ミラー578は、第7ミラー577からのレーザ光を第5光路L5に沿って入射窓552に入射させる。第9ミラー579は、第5光路L5に沿って出射窓554から出射するレーザ光を第10ミラー580に向けさせ、第10ミラー580は、第9ミラー579からのレーザ光を第6光路L6に沿って出射窓554に入射させる。第6光路に沿って入射窓552から出射するレーザ光は、ビームダンパ556に吸収される。

[0075] なお、別の変形例においては、図示される構成とは少なくとも部分的に異

なるように配置される一以上の光学素子を用いて、レーザ光が複数の光路 $L_1 \sim L_6$ を順に通過するようにしてもよい。光学素子として、ミラーのような反射型の光学素子を用いてもよいし、レンズやプリズムといった透過型の光学素子を用いてもよい。ビームライン装置14と交差するレーザ光の光路数は例示であり、5以下であってもよいし、7以上であってもよい。レーザ光の折り返し数（つまり、光路数）に応じて一以上の任意の光学素子が適宜配置されてもよいことは、当業者であれば理解されることである。

[0076] 図10は、イオン注入装置510の構成を概略的に示す断面図であり、図8のD-D線断面に対応する。図示されるように第1光路 L_1 と第2光路 L_2 は、垂直方向（ y 方向）にずれた位置に配置されている。このような光路配置を実現するため、第1ミラー571は、第1光路 L_1 に沿って水平方向（第1方向）に進むレーザ光の向きを上方向（ $+y$ 方向）に変化させる。また、第2ミラー572は、第1ミラー571からのレーザ光の向きを第2光路 L_2 に沿った水平方向（第2方向）に変化させるように設けられる。第3ミラー573は、第2ミラー572から水平方向（第2方向）に進むレーザ光の向きを第4ミラー574に向けて下方向（ $-y$ 方向）に変化させる。このようにして、複数のミラー571～580は、レーザ照射装置550からビームダンパ556までの一筆書きの螺旋状の経路が実現されるようにする。

[0077] 図8に示されるように、第1方向に進む複数の光路 L_1 、 L_3 、 L_5 は、角度エネルギーフィルタ34のAEF下側電極36bの下流側端部からウェハWに向けて延ばした直線上に並ぶように配置される。第1方向の光路 L_1 、 L_3 、 L_5 をこのように配置することにより、AEF下側電極36bにて生じたパーティクルのうち、ウェハWに向かう方向に飛ぶパーティクルに対して効果的にレーザ光を照射することができる。また、第1方向の複数の光路 L_1 、 L_3 、 L_5 においてレーザ光が全て同じ第1方向に照射されているため、パーティクルに対して同じ方向の放射圧を与えることができる。これにより、AEF下側電極36bにて生じたパーティクルがウェハ

Wに付着しようとするのを効果的に妨げることができる。

[0078] 同様にして、第2方向にレーザ光が進む複数の光路L2, L4, L6は、角度エネルギーフィルタ34のAEF上側電極36aの下流側端部からウェハWに向けて延ばした直線上に並ぶように配置される。第2方向の光路L2, L4, L6をこのように配置することにより、AEF上側電極36aにて生じたパーティクルのうち、ウェハWに向かう方向に飛ぶパーティクルに対して効果的にレーザ光を照射することができる。また、第2方向の複数の光路L2, L4, L6においてレーザ光が全て同じ第2方向に照射されているため、パーティクルに対して同じ方向の放射圧を与えることができる。これにより、AEF上側電極36aにて生じたパーティクルがウェハWに付着しようとするのを効果的に妨げることができる。

[0079] (レーザ光のパワー)

つづいて、パーティクルの分解および変位に必要なレーザの光強度(パワー)について述べる。パーティクルを分解または蒸散させるためには、レーザ照射によりパーティクルの蒸散に必要なエネルギーを付与できればよい。このようなレーザのパワー密度 P_1 [W/cm²] は、 $P_1 = 8 \rho H_v V_0 R / 3 w$ と表すことができる。ここで、 ρ はパーティクルの密度[g/cm³]、 H_v は、パーティクルの蒸発エンタルピー[kJ/mol]、 V_0 は、ウェハに向かうパーティクルの速度[m/s]、 R は、パーティクル径[cm]、 w は、照射するレーザ光のスポット全幅[cm]である。上記式では、スポット幅 w のレーザ光からエネルギーを受ける時間を $\Delta t = w / V_0$ とし、パーティクルに照射されるレーザ光の半分(50%)がパーティクルに吸収されるものと仮定している。

[0080] また、パーティクルを変位させてウェハにパーティクルが付着しないようにするためには、レーザ光の放射圧によりパーティクルの軌道を変化させ、ウェハに当たらない方向に軌道が変化するだけの放射圧を付与できればよい。このような放射圧を与えるためのレーザのパワー密度 P_2 [W/cm²] は、 $P_2 = 4 c \rho V_0^2 R t \tan \theta / 3 w$ と表すことができる。ここで、 c は、光

速 ($\div 3 \times 10^8$ [m/s]) であり、 θ は、必要な変位角である。例えば、パーティクルの発生源が角度エネルギーフィルタ 34 であり、角度エネルギーフィルタ 34 の下流端部からウェハ W までの距離を Z、ウェハ W からパーティクルを遠ざけるのに必要な変位量を ΔX とすれば、 $\tan \theta = \Delta X / Z$ と表される。

[0081] つづいて、パーティクルの除去に必要な具体的なレーザパワーの数値について述べる。イオン注入装置の内部で発生するパーティクルの多くはカーボン (C) で構成され、例えば、密度 $\rho = 2.23$ [g/cm³]、蒸発エンタルピー $H_v = 715$ [kJ/mol] の値を有する。また本発明者の知見により、除去すべき対象となるパーティクルのサイズは、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 程度であることが分かっている。ここで、照射するレーザ光のスポット幅 $w = 1$ [cm]、ウェハ W に向かうパーティクルの速度 $V_0 = 2$ [m/s] と仮定すると、 $0.1 \mu\text{m}$ のパーティクルを蒸散させるのに必要なパワー密度は $P_1 = 354$ [W/cm²] となる。パーティクルのサイズが大きくなるほど必要なレーザのパワー密度が増えることから、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ のパーティクルを蒸散により除去するためには、少なくとも 350 W/cm^2 以上、好ましくは、 500 W/cm^2 以上のパワー密度が必要であると言える。

[0082] また同じ条件において、 $0.1 \mu\text{m}$ のパーティクルを $\theta = 35^\circ$ 変位させるのに必要なパワー密度は $P_2 = 2498$ [W/cm²]、 $\theta = 40^\circ$ 変位させるのに必要なパワー密度は $P_2 = 2994$ [W/cm²] となる。必要な変位角 θ の大きさは、イオン注入装置の幾何学的な配置に依存するが、 $\theta = 35^\circ$ は、例えば 0.6 m 先において変位量 $\Delta X = 0.42 \text{ m}$ を得るための変位角に対応し、 $\theta = 40^\circ$ は、例えば 0.6 m 先において $\Delta X = 0.50 \text{ m}$ を得るための変位角に対応する。これらの変位量を与えることにより、ウェハ W に向かうパーティクルの飛来方向を好適に変化させて、ウェハ W へのパーティクルの付着を抑制させることができる。パーティクルを変位させる場合においてもパーティクルのサイズが大きくなるほど必要なレーザのパワー密度が大きくなることから、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ のパーティクルを好適に

変位させるためには、 2500 W/cm^2 、好ましくは、 3000 W/cm^2 のパワー密度があれば足りると言える。

[0083] したがって、 350 W/cm^2 以上、 3000 W/cm^2 以下、特に 500 W/cm^2 以上、 2500 W/cm^2 以下のパワー密度を有するレーザ光を照射すれば、パーティクルが確実に蒸散ないし変位することとなり、ウェハWにパーティクルが付着しないようにすることができる。

[0084] 以上、本発明を上述の各実施の形態を参照して説明したが、本発明は上述の各実施の形態に限定されるものではなく、各実施の形態の構成を適宜組み合わせたものや置換したものについても本発明に含まれるものである。また、当業者の知識に基づいて各実施の形態における組合せや処理の順番を適宜組み替えることや各種の設計変更等の変形を実施の形態に対して加えることも可能であり、そのような変形が加えられた実施の形態も本発明の範囲に含まれ得る。

[0085] 上述の実施の形態および変形例では、ビームライン装置により輸送されるイオンビームがx方向に走査されてウェハに照射される構成を示した。さらなる変形例において、ビームライン装置により輸送されるイオンビームは、x方向に走査されていなくてもよい。この場合、ビームライン装置により輸送されるイオンビームは、x方向に長いビーム径を有するリボンビームと称されるものであってもよい。

[0086] 上述の実施の形態および変形例では、イオンビームを輸送するためのビームライン装置と別に注入処理室が設けられる構成を示した。さらなる変形例においては、ビームライン装置と注入処理室とが一体的に構成されてもよい。この場合、イオンビームを輸送する部分とウェハへの注入処理がなされる部分とを合わせて「ビームライン装置」と称してもよい。

符号の説明

[0087] 10…イオン注入装置、14…ビームライン装置、50…レーザ照射装置、52…入射窓、54…出射窓、58…光検出器、70…パーティクル。

産業上の利用可能性

[0088] 本発明は、イオン注入装置に関する。

請求の範囲

- [請求項1] ウェハに向けてイオンビームを輸送するよう構成されるビームライン装置と、
- 前記ビームライン装置により輸送されるイオンビームに向けて前記イオンビームの進行方向と交差する方向にレーザ光を照射するよう構成されるレーザ照射装置と、を備え、
- 前記レーザ照射装置は、前記ビームライン装置内で発生して前記ウェハに向かって飛ぶパーティクルに前記レーザ光を照射して、前記パーティクルが前記ウェハにそのまま付着するのを妨げることを特徴とするイオン注入装置。
- [請求項2] 前記レーザ照射装置は、前記パーティクルに前記レーザ光を照射して、前記パーティクルの飛ぶ方向を変化させることを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。
- [請求項3] 前記レーザ照射装置は、前記パーティクルに前記レーザ光を照射して、前記パーティクルを分解または蒸散させることを特徴とする請求項1または2に記載のイオン注入装置。
- [請求項4] 前記レーザ照射装置は、前記イオンビームに向けて前記レーザ光を水平方向に照射するよう構成されることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載のイオン注入装置。
- [請求項5] 前記レーザ照射装置は、前記イオンビームの進行方向と交差する複数の光路のそれぞれに向けてレーザ光を照射するように構成される複数のレーザ光源を備えることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載のイオン注入装置。
- [請求項6] 前記レーザ照射装置からのレーザ光の向きを変化させ、前記イオンビームの進行方向と交差する複数の光路に沿って前記レーザ光を通過させるように配置される一以上の光学素子をさらに備えることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載のイオン注入装置。
- [請求項7] 前記一以上の光学素子は、前記ビームライン装置の外側に配置され

ることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のイオン注入装置。

[請求項 8] 前記複数の光路のそれぞれは、前記レーザ光を同じ方向に通過させるように構成されることを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載のイオン注入装置。

[請求項 9] 前記レーザ光が照射される前記パーティクルからの散乱光を検出する光検出器をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のイオン注入装置。

[請求項 10] 前記光検出器は、前記パーティクルからの散乱光を撮像する撮像部と、前記撮像部の撮像画像を用いて前記パーティクルの数および速度の少なくとも一方に関する情報を算出する解析部と、を備えることを特徴とする請求項 9 に記載のイオン注入装置。

[請求項 11] 前記ビームライン装置の途中で前記イオンビームを遮るよう構成されるビーム遮断手段と、

前記光検出器の検出結果に応じて前記ビーム遮断手段を動作させる制御部と、をさらに備えることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のイオン注入装置。

[請求項 12] 前段ビーム経路を通過して入射するイオンビームに電界を作用させ、ウェハに向かう後段ビーム経路を通過して出射させるようにイオンビームを偏向させるビーム偏向装置と、

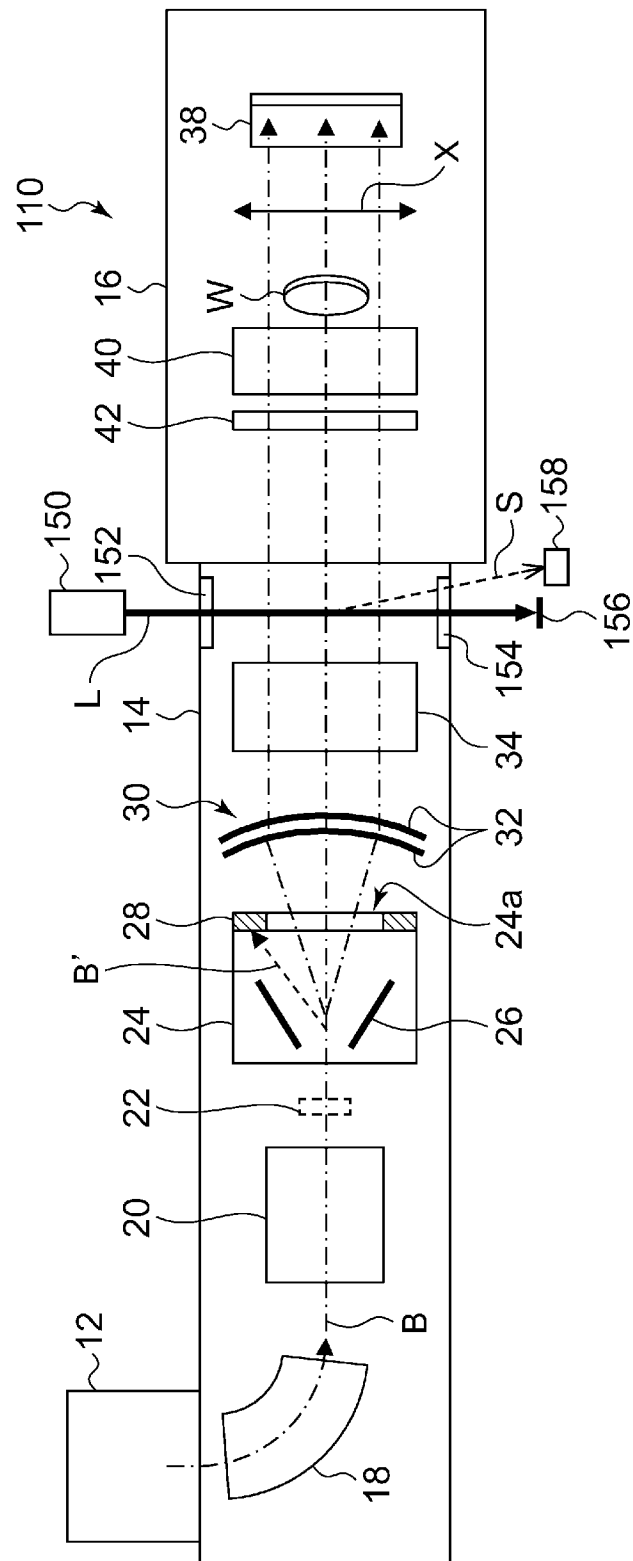
前記ビーム偏向装置の下流側であって前記後段ビーム経路を挟んで対向するそれぞれの位置に設けられる入射窓および出射窓と、

前記入射窓を通じて前記後段ビーム経路中のイオンビームにレーザ光を照射し、照射後のレーザ光を前記出射窓から出射させるように構成されるレーザ照射装置と、を備えることを特徴とするイオン注入装置。

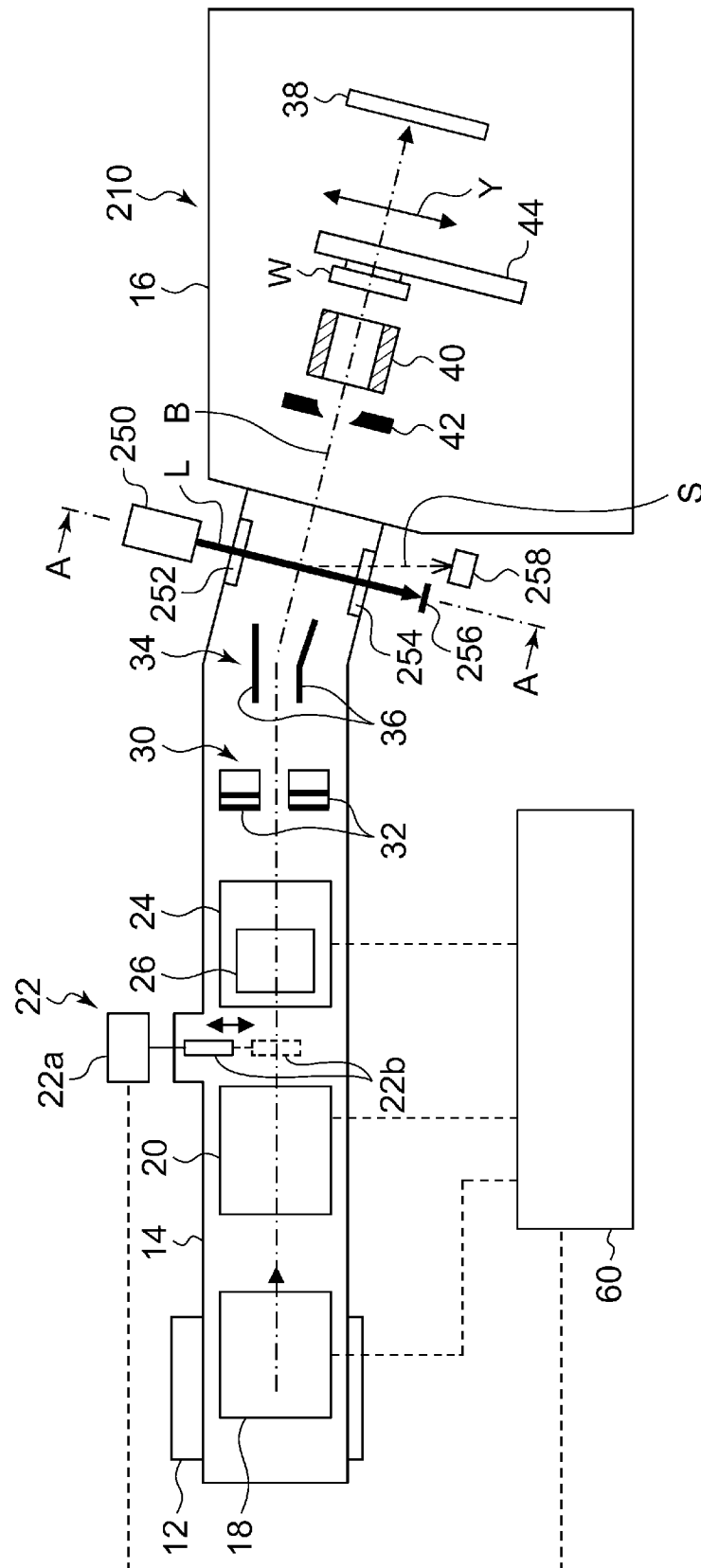
[請求項 13] 前記入射窓および前記出射窓は、前記前段ビーム経路が延びる方向と前記後段ビーム経路が延びる方向の双方と直交する方向に対向して設けられることを特徴とする請求項 12 に記載のイオン注入装置。

- [請求項14] 前記入射窓および前記出射窓の内面を被覆し、前記レーザ光を透過させる窓カバーをさらに備えることを特徴とする請求項12または13に記載のイオン注入装置。
- [請求項15] 前記窓カバーは、別の窓カバーと交換可能に構成されることを特徴とする請求項14に記載のイオン注入装置。
- [請求項16] 前記窓カバーの冷却装置をさらに備えることを特徴とする請求項14または15に記載のイオン注入装置。
- [請求項17] 前記出射窓から出射されるレーザ光の光強度を計測する計測装置をさらに備えることを特徴とする請求項12から16のいずれか一項に記載のイオン注入装置。
- [請求項18] 前記レーザ照射装置は、前記イオンビームに向けて 350 W/cm^2 以上、 3000 W/cm^2 以下の強度のレーザ光を照射するように構成されることを特徴とする請求項1から18のいずれか一項に記載のイオン注入装置。

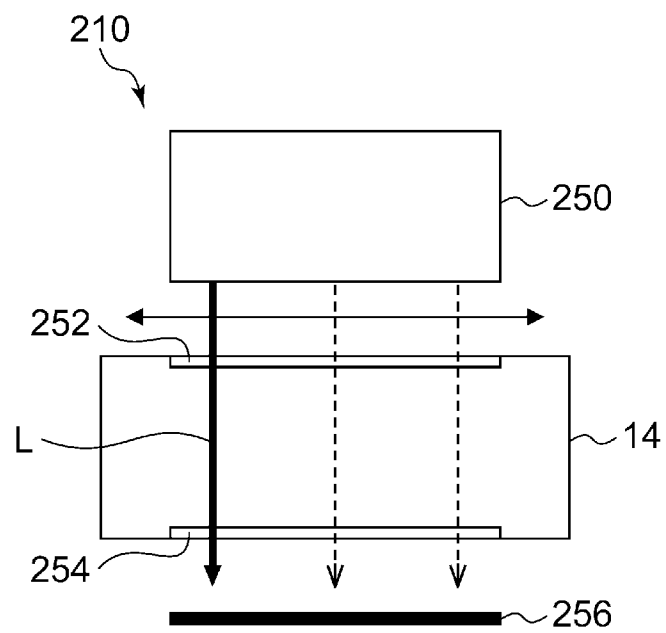
[図2]



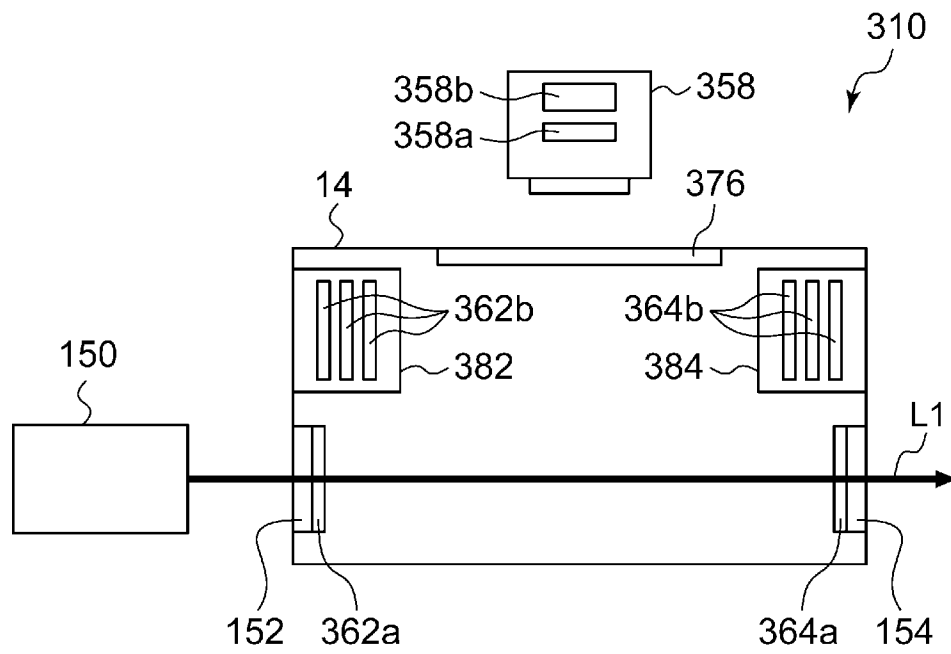
[図3]



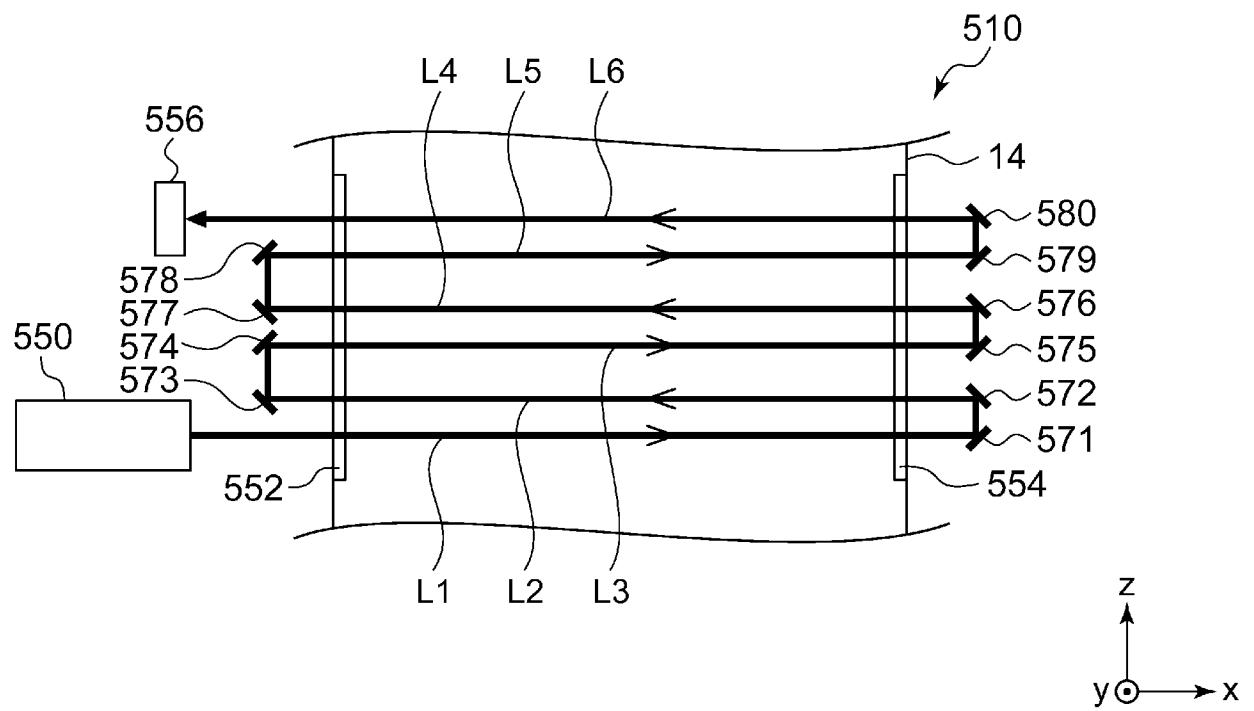
[図4]



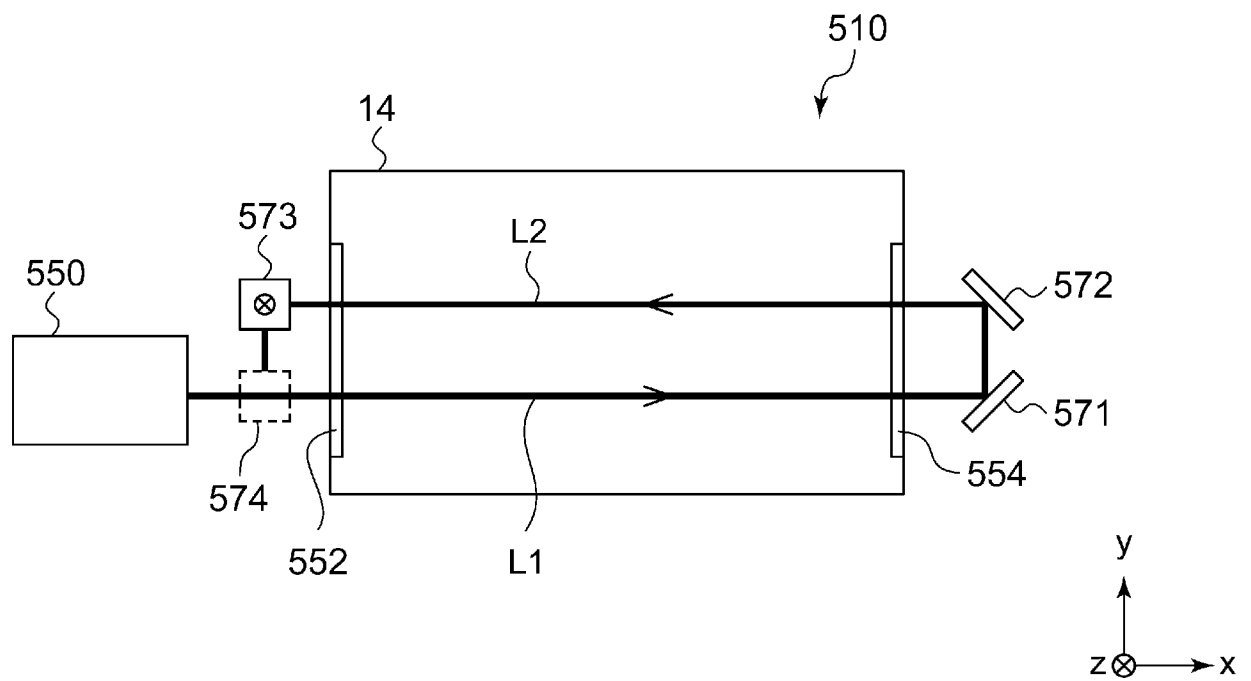
[図6]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067435

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/317(2006.01)i, H01L21/265(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)

H01J37/30-37/36, H01L21/203-21/205, 21/31, 21/363-21/365, 21/469, 21/64-21/66, 21/86, G01N21/84-21/958

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 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-294878 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), abstract; paragraphs [0023], [0024]; fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 18 3, 5, 8, 10, 12-17
Y A	JP 7-29832 A (Sony Corp.), 31 January 1995 (31.01.1995), abstract (Family: none)	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 18 3, 5, 8, 10, 12-17
A	JP 2000-40670 A (NEC Kyushu Co., Ltd.), 08 February 2000 (08.02.2000), abstract (Family: none)	10, 11, 18



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
09 August 2016 (09.08.16)

Date of mailing of the international search report
23 August 2016 (23.08.16)

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/JP2016/067435

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 2004-356297 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 16 December 2004 (16.12.2004), abstract; claims 1, 6; fig. 1, 4 (Family: none)	10, 11, 18
A	JP 5-206236 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 13 August 1993 (13.08.1993), abstract (Family: none)	10, 11, 18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/317(2006.01)i, H01L21/265(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. H01J37/30-37/36
H01L21/203-21/205, 21/31, 21/363-21/365, 21/469, 21/64-21/66, 21/86
G01N21/84-21/958

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2006-294878 A（松下電器産業株式会社）2006.10.26, 要約、段落0023、0024、図1（ファミリーなし）	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 18 3, 5, 8, 10, 12- 17
Y A	JP 7-29832 A（ソニー株式会社）1995.01.31, 要約（ファミリーなし）	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 18 3, 5, 8, 10, 12- 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。

* 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

09.08.2016

国際調査報告の発送日

23.08.2016

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）

杉田 翠

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

2G

3811

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	JP 2000-40670 A (九州日本電気株式会社) 2000.02.08, 要約 (ファミリーなし)	10, 11, 18
A	JP 2004-356297 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2004.12.16, 要約、請求項1、6、図1、4 (ファミリーなし)	10, 11, 18
A	JP 5-206236 A (沖電気工業株式会社) 1993.08.13, 要約 (ファミリーなし)	10, 11, 18