

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 11 月 4 日 (04.11.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/095895 A1

- (51) 国際特許分類: H05G 2/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/005815
- (22) 国際出願日: 2004 年 4 月 22 日 (22.04.2004)
- (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2003-119756 2003 年 4 月 24 日 (24.04.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ギガ
フォトン株式会社 (GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒
1000004 東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号 朝日
東海ビル Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 遠藤 彰 (ENDO,

Akira) [JP/JP]; 〒 2548567 神奈川県平塚市万田
1 2 0 0 ギガフォトン株式会社内 Kanagawa (JP). 星
野 秀往 (HOSHINO, Hideo) [JP/JP]; 〒 2548567 神奈川
県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究所
内 Kanagawa (JP).

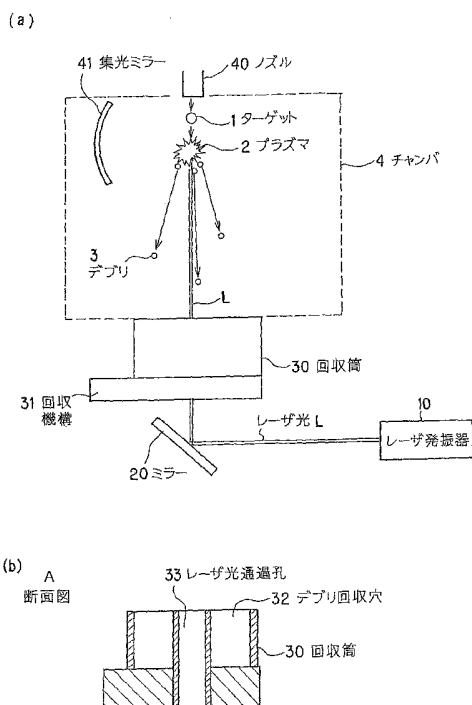
(74) 代理人: 木村 高久, 外 (KIMURA, Takahisa et al.); 〒
1040043 東京都中央区湊 1 丁目 8 番 1 1 号 千代ビル
6 階 Tokyo (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

/ 続葉有 /

(54) Title: DEBRIS COLLECTOR FOR EUV LIGHT GENERATOR

(54) 発明の名称: EUV 光発生装置におけるデブリ回収装置



(57) Abstract: A debris collector for EUV light generators is disclosed which enables to improve durabilities of optical units in a chamber including a collector mirror, to keep the vacuum degree in the chamber, and to suppress decrease in EUV light output by efficiently collecting debris bumping into the collector mirror at high speed from a target transformed into a plasma or debris adhering the collector mirror. A laser light irradiating means (10) is so arranged that the irradiation direction of a laser light (L) is opposite to the traveling direction of a target (1). A debris collecting means (30) for collecting debris (3) is arranged in the travel path of the target (1).

(57) 要約: EUV 光発生装置におけるデブリ回収装置に関する発明であり、プラズマ化したターゲットから高速で集光ミラーに衝突するデブリや、集光ミラーに付着するようなデブリを効率よく回収することにより、チャンバ内の集光ミラーを含む光学機器の耐久性を向上させ、チャンバの真空度を維持し、EUV 光の出力低下を抑制することを課題とする。本発明では、レーザ光 L の照射方向と、ターゲット (1) の進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段 (10) が配置される。ターゲット (1) の進行方向に、デブリ (3) を回収するデブリ回収手段 (30) が配置される。

- (a): 41...COLLECTOR MIRROR 30...COLLECTING TUBE
40...NOZZLE 31...COLLECTING MECHANISM
1...TARGET 20...MIRROR
2...PLASMA L...LASER LIGHT
4...CHAMBER 10...LASER OSCILLATOR
3...DEBRIS

- (b): A...CROSS SECTIONAL VIEW 32...DEBRIS COLLECTING ORIFICE
33...LASER LIGHT PASSING HOLE 30...COLLECTING TUBE



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

EUV光発生装置におけるデブリ回収装置

技術分野

本発明は、露光装置などの光源に用いられるEUV光発生装置に関し、特にEUV光が発生する際に生成されるデブリを回収する装置に関するものである。

背景技術

回路パターンを半導体ウェーハ上に光転写する光リソグラフィ技術は、LSIの集積化を図る上で重要である。光リソグラフィに用いられる露光装置は、主に、ステッパと呼ばれる縮小投影露光方式によるものが使用されている。すなわち照明光源により照らされた原画（レチクル）パターンの透過光を縮小投影光学系により半導体基板上の光感光性物質に投影して回路パターンを形成するというものである。この投影像の分解能は、用いられる光源の波長で制限される。このためパターン線幅をより微細化したいとの要求に伴って、光源の波長は紫外領域へと次第に短波長化してきている。

近年は深紫外領域の光（DUV光）を発振するKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）が光源として使用され、あるいは真空紫外領域の光（VUV光）を発振するF2レーザ（波長157nm）が光源として開発されている。

現在では更なる微細加工を行うべく極端紫外領域（Extreme Ultra Violet）の光（以下EUV光）を出力するEUV光源（波長13.5nm）を、光リソグラフィの光源とする試みがなされている。

EUV光を発生させる方式の1つに、LPP（レーザ励起プラズマ）方式がある。LPP方式EUV光源では、短パルスレーザ光をターゲットに照射してターゲットをプラズマ状態に励起してEUV光を発生させこれを集光レンズで集光して外部にEUV光を出力する。

図11は露光装置の光源として用いられるEUV光発生装置の構成を概念的に示している。

チャンバ4の内部にはEUV光を集光する集光ミラー41が設けられている。集光ミラー41で集光されたEUV光は、チャンバ4外の図示しない照明光学系に伝送されEUV光を使用して半導体回路パターンが半導体ウェーハ上に形成される。

チャンバ4の内部は真空ポンプ等により真空引きされており、真空状態にされている。これはEUV光は波長が13.5nmと短く真空中でないと効率よく伝搬しないからである。

ノズル40からは、EUV光発生物質である液体のターゲット1が滴下される。ターゲット1としては、たとえば液体のキセノン(Xe)が使用される。ターゲット1の径は10 μ m程度である。

レーザ発振器10はたとえばYAGレーザであり、近赤外線レーザ光Lがパルス発振される。レーザ光Lはターゲット1に向けて照射される。レーザ光Lの照射方向は、ターゲット1の進行方向に対して垂直となっている。

ターゲット1にレーザ光Lが照射されると、ターゲット1がプラズマ状態に励起されEUV光が発生する。生成されるプラズマ2は、数10 μ m~1mm程度の径である。発生したEUV光はプラズマ2を中心に全方位に発散する。プラズマ2を取り囲むように集光ミラー41が配置されている。全方位に発散するEUV光は、集光ミラー41により集光され、集光したEUV光を反射して前記照明光学系に導かれる。

ターゲット1の一部はプラズマ発生時の衝撃波等により分裂、飛散しデブリ3となる。デブリ3は、高速イオン、プラズマにならなかった残滓を含む。

ターゲット1の進行方向には、回収筒130が設けられている。回収筒130は、ターゲット1の燃え残りやパルスレーザ光Lが照射されなかったターゲット1を回収するために設けられている。回収筒130に付設して回収機構131が設けられている。回収機構131は、フィルタや真空ポンプ等により構成されており、回収筒130内に回収されたデブリ3をトラップしたり真空引きして外部に排出する等する。

しかしデブリ3は、回収筒130に殆ど回収されることなく、チャンバ4内に浮遊する。デブリ3をチャンバ4内に放置すると、EUV光発生装置の耐久性上、光出力の効率上望ましくない。

すなわち高速イオンのデブリ3は、集光ミラー41等の光学機器に衝突して集光ミラー41等の平滑な反射面をキズを付けて、光学系の耐久性を損なわせる。

またデブリ3が集光ミラー41等の光学機器に付着すると、EUV光の反射率が低下して、EUV光の出力が低下する。

またデブリ3がガス化することでチャンバ4内の真空度が低下し、EUV光の伝搬効率が低下して、EUV光の出力が低下する。

デブリを回収することに関して、以下の従来技術がある。

(従来技術1)

下記特許文献1には、クライオターゲット(常温で気体の物質)から発生するデブリを、真空ポンプによってチャンバ外に排気するという技術が記載されている。

(従来技術2)

下記特許文献2には、照明光学系の折り返しミラーの入射面側に透過フィルタを配置して、集光ミラーで反射されたEUV光路に含まれるデブリを、透過フィルタで吸着または吸収するという技術が記載されている。

(特許文献1)

特開2002-289397号公報

(特許文献2)

特開2000-349009号公報

発明の開示

上記従来技術1は、ガス状のデブリを事後的に真空ポンプによってチャンバ外に排気して回収するという技術であり、プラズマ化したターゲットから高速で集光ミラーに衝突するデブリに対しては、効果が薄く、デブリの回収効率が低いという問題が予想される。

また上記従来技術2は、集光ミラーで反射したEUV光路のデブリを、透過フィルタで事後的に回収するという技術であり、集光ミラーに衝突したり付着したりするデブリについては回収することはできない。

本発明はこうした実状に鑑みてなされたものであり、プラズマ化したターゲットから高速で集光ミラーに衝突するデブリや、集光ミラーに付着するようなデブリを効率よく回収することにより、チャンバ内の集光ミラーを含む光学機器の耐久性を向上させ、チャンバの真空度を維持し、EUV光の出力低下を抑制することを解決課題とするものである。

第1発明は、

レーザ光照射手段からレーザ光がターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、

ターゲットの各面のうち、レーザ光が照射される照射面に対向させて、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていることを特徴とする。

本発明は、デブリ3は、ターゲット1（プラズマ2）の各面のうちレーザ光Lが照射される照射面側（照射面に対し垂直な方向）に最も大量に発生するという知見に基づきなされたものである。

第1発明では、図4に示すように、ターゲット1の各面のうち、レーザ光Lが照射される照射面に対向させて、デブリを回収するデブリ回収手段30が配置されている。レーザ光Lの照射面側にデブリ3が最も大量に発生するため、大量に発生したデブリ3が、レーザ照射面に対向して配置された回収手段（回

収筒) 30により効率よく回収される。デブリ3は集光ミラー41等のチャンバ4内の光学機器に衝突したり付着することなく効率よく回収される。このためチャンバ4内の集光ミラー41を含む光学機器の耐久性が向上し、チャンバ4の真空度が維持され、EUV光の出力低下が抑制される。

第2発明は、

レーザ光照射手段からレーザ光が、進行するターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、

レーザ照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段が配置され、

ターゲット進行方向に、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていること

を特徴とする。

第2発明では、図1に示すように、レーザ光Lの照射方向と、ターゲット1の進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段10が配置されている。そしてターゲット1の進行方向に、デブリ3を回収するデブリ回収手段30が配置されている。

第2発明によれば、ターゲット1の進行方向に対向するようにレーザ光Lが照射されるので、ターゲット1の照射面側であるターゲット1の進行方向側に最も大量にデブリ3が発生し、この大量に発生したデブリ3がターゲット1の進行方向側でデブリ3が回収される。

デブリ3は、レーザ光Lが照射された際のターゲット1の進行速度を初期速度としてデブリ回収手段30側に進行しつつ拡散していく。デブリ3がターゲット1の進行速度に応じた速度でデブリ回収手段30側に速やかに進行するためデブリ3が広範囲に拡散する前にデブリ3をデブリ回収手段30に到達させることができる。このため第1発明と比較してデブリ3の回収効率が更に向上する。

またターゲット1を加速することによってデブリ3がデブリ回収手段30に到達する時間を更に短くすることができ、更にデブリ3の回収効率を高めることができる。

第3発明は、第1発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、

プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加

熱用レーザー光照射手段と

が設けられ、

ターゲットの各面のうち、プラズマ生成用レーザー光が照射される照射面に対向させて、デブリ回収手段が配置されていること

を特徴とする。

本発明は、デブリ 3 の発生量はレーザー照射初期が最も多く、レーザー光 L の照射エネルギーが小さいほどデブリ 3 が発生しにくくなり、レーザー照射初期における照射エネルギーを小さくすればデブリ 3 の発生量を抑制できるという知見に基づきなされたものである。

第 3 発明によれば、図 5 に示すように、プラズマ生成用レーザー光照射手段 1 1 から、ターゲット 1 をプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザー光 L1 がターゲット 1 に照射される。つぎにプラズマ加熱用レーザー光照射手段 1 2 から、プラズマ状態にされたターゲット 1 を加熱して E U V 光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザー光 L2 がターゲット 1 に照射される。ターゲット 1 の各面のうち、プラズマ生成用レーザー光 L1 が照射される照射面に対向させて、デブリ回収手段 3 0 が配置されている。

比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザー光 L1 がターゲット 1 に照射されることによって、初期的なデブリ 3 の発生量を低減させることができる。そして第 1 発明と同様に、発生したデブリ 3 が、ターゲット 1 の照射面側に配置されたデブリ回収手段 3 0 によって効率良く回収される。なお比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザー光 L2 をプラズマ状態にされたターゲット 1 に照射することで、E U V 光が発生する。

第 4 発明は、第 2 発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザー光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザー光照射手段と、

プラズマ状態にされたターゲットを加熱して E U V 光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザー光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザー光照射手段と

が設けられ、

プラズマ生成用レーザー光の照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、プラズマ生成用レーザー光照射手段が配置されていること

を特徴とする。

第 4 発明によれば、図 5 に示すように、プラズマ生成用レーザー光照射手段 1 1 から、ターゲット 1 をプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザー光 L1 がターゲット 1 に照射される。つぎにプラズマ加熱用レ

ーザ光照射手段12から、プラズマ状態にされたターゲット1を加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザー光L2がターゲット1に照射される。プラズマ生成用レーザー光L1の照射方向と、ターゲット1の進行方向とが対向するように、プラズマ生成用レーザー光照射手段11が配置されている。

比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザー光L1がターゲット1に照射されることによって、初期的なデブリ3の発生量を低減させることができる。そして第2発明と同様に、デブリ3がターゲット1の進行速度に応じた速度をもってデブリ回収手段30側に速やかに進行するためデブリ3が広範囲に拡散する前にデブリ3をデブリ回収手段30に到達させることができ、デブリ3の回収効率が更に向上する。なお比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザー光L2をプラズマ状態にされたターゲット1に照射することで、EUV光が発生する。

第5発明は、第1発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザー光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザー光をそれぞれターゲットに照射するレーザー光照射手段
が設けられていること
を特徴とする。

第5発明によれば、図7に示すように、レーザー光照射手段10から、プラズマ生成用レーザー光L1と、プラズマ加熱用レーザー光L2とが時間をおいてターゲット1に照射される。

まず比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザー光L1がターゲット1に照射されることによって、初期的なデブリ3の発生量を低減させることができ、つぎに比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザー光L2をプラズマ状態にされたターゲット1に照射することで、EUV光が発生する。

そして第1発明と同様に、発生したデブリ3が、ターゲット1の照射面側に配置されたデブリ回収手段30によって効率良く回収される。

第5発明では、同一のレーザー光照射手段10からプラズマ生成用レーザー光L1と、プラズマ加熱用レーザー光L2とがターゲット1に照射されるので、第3発明と比較して、装置構成を簡易なものとすることができる。

第6発明は、第2発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザー光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザー光をそれぞれタ

ターゲットに照射するレーザ光照射手段
が設けられていること
を特徴とする。

第6発明によれば、図7に示すように、レーザ光照射手段10から、プラズマ生成用レーザ光L1と、プラズマ加熱用レーザ光L2とが時間をおいてターゲット1に照射される。

まず比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザ光L1がターゲット1に照射されることによって、初期的なデブリ3の発生量を低減させることができ、つぎに比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザ光L2をプラズマ状態にされたターゲット1に照射することで、EUV光が発生する。

そして第2発明と同様に、デブリ3がターゲット1の進行速度に応じた速度でデブリ回収手段30側に速やかに進行するためデブリ3が広範囲に拡散する前にデブリ3をデブリ回収手段30に到達させることができ、デブリ3の回収効率が更に向上する。

第7発明は、第1発明において、
デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていること
を特徴とする。

第7発明は、第1発明のデブリ回収手段30を回収筒30に技術的に限定したものであり、図4に示すように、回収筒30に形成された空間をレーザ光Lが通過してターゲット1に照射され、回収筒30に形成された空間にデブリ3が回収される。

第8発明は、第2発明において、
デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていること
を特徴とする。

第8発明は、第2発明のデブリ回収手段30を回収筒30に技術的に限定したものであり、図1に示すように、回収筒30に形成された空間33をレーザ光Lが通過してターゲット1に照射され、回収筒30に形成された空間32にデブリ3が回収される。

第9発明は、第1発明において、
デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていること
を特徴とする。

第9発明は、第1発明を技術的に限定したものであり、図3に示すように、デブリ回収手段30は、デブリ3が収容される空間を有する回収筒30であり、

光学系 21、22 を介して回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過してターゲット 1 に照射される。

第 9 発明によれば、回収筒 30 に、レーザ光 L を通過させる空間を形成する必要がなく、その分を回収用の空間として使用することができるのでデブリ 3 の回収効率を更に高めることができる。

第 10 発明は、第 2 発明において、

デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていることを特徴とする。

第 10 発明は、第 2 発明を技術的に限定したものであり、図 3 に示すように、デブリ回収手段 30 は、デブリ 3 が収容される空間を有する回収筒 30 であり、光学系 21、22 を介して回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過してターゲット 1 に照射される。

第 10 発明によれば、回収筒 30 に、レーザ光 L を通過させる空間を形成する必要がなく、その分を回収用の空間として使用することができるのでデブリ 3 の回収効率を更に高めることができる。

第 11 発明は、

レーザ光照射手段からレーザ光が、進行するターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされ E U V 光が発生する E U V 光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにした E U V 光発生装置におけるデブリ回収装置において、

前記デブリには荷電粒子が含まれ、

ターゲット進行方向に、デブリを回収するデブリ回収手段が配置され、

デブリ回収手段に荷電粒子を導く磁力線を生成する磁力線生成手段が設けられていること

を特徴とする。

第 11 発明によれば、図 8 に示すようにデブリ 3 は速度 v をもって拡散する。一方、磁力線生成手段 50 によって磁力線 51 が形成される。ここでデブリ 3 の速度 v は、磁力線 51 に垂直な方向の成分の速度 v_1 と磁力線 51 に平行な方向の成分の速度 v_2 とを合成したものである。荷電粒子であるデブリ 3 にはローレンツ力が付与され磁力線 51 に捕捉される。すなわちデブリ 3 は、垂直成分速度 v_1 に応じた半径でサイクロン運動をしつつ磁力線 51 と平行な方向に平行成分速度 v_2 で移動して、デブリ回収手段 30 に導かれる。

第 11 発明によれば、本来であれば拡散されてしまい回収困難であったデブリ 3 を磁力線 51 に確実に捕捉してデブリ回収手段 30 に確実に導びくことができるのでデブリ 3 の回収効率を高めることができる。

第12発明は、第11発明において、
レーザ照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段が配置されていること

を特徴とする。

第12発明によれば、図8(a)に示すように、ターゲット1の進行方向に
対向するようにレーザ光Lが照射されるので、ターゲット1の照射面側である
ターゲット1の進行方向側に最も大量にデブリ3が発生する。

この大量に発生したデブリ3は、ターゲット1の進行方向の運動量を保存し
て速度 v で拡散する。デブリ3の磁力線51と平行な方向の成分の速度 v_2 は、
ターゲット1の進行速度に応じて大きくなる。デブリ3がターゲット1の進行
速度に応じた速度 v_2 で磁力線51に沿って進行しデブリ回収手段30側に速
やかに進行するためデブリ3が広範囲に拡散する前にデブリ3をデブリ回収手
段30に到達させることができる。このため第11発明と比較してデブリ3の
回収効率が更に向上する。またターゲット1を加速することによってデブリ3
がデブリ回収手段30に到達する時間を短くすることができ、更にデブリ3の
回収効率を高めることができる。

第13発明は、第12発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用
レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、

プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエ
ネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加
熱用レーザ光照射手段と

が設けられ、

プラズマ生成用レーザ光の照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するよ
うに、プラズマ生成用レーザ光照射手段が配置されていること

を特徴とする。

第13発明は、第12発明と、第4発明とを組み合わせたものであり、デブ
リ3の初期的な発生量を減らすことができる。

第14発明は、第12発明において、

ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用
レーザ光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光
を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をそれぞれタ
ーゲットに照射するレーザ光照射手段

が設けられていること

を特徴とする。

第14発明は、第12発明と、第6発明とを組み合わせたものであり。デブ

リ 3 の初期的な発生量を減らすことができるとともに、構成を簡易なものとすることができる。

第 15 発明は、第 12 発明において、

デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていることを特徴とする。

第 15 発明によれば、第 8 発明と同様に、回収筒 30 に形成された空間をレーザ光 L が通過してターゲット 1 に照射され、回収筒 30 に形成された空間にデブリ 3 が回収される。

第 16 発明は、第 12 発明において、

デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていることを特徴とする。

第 16 発明によれば、第 10 発明と同様に、光学系を介して回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過してターゲット 1 に照射される。

第 16 発明によれば、回収筒 30 に、レーザ光 L を通過させる空間を形成する必要がなく、その分を回収用の空間として使用することができるのでデブリ 3 の回収効率を更に高めることができる。

図面の簡単な説明

図 1 (a)、(b) は実施例 1 の構成例を示す図である。

図 2 は図 1 のミラーにデブリが付着することを防止するための構成を例示した図である。

図 3 (a)、(b) は実施例 2 の構成例を示す図である。

図 4 は実施例 3 の構成例を示す図である。

図 5 は実施例 4 の構成例を示す図である。

図 6 は実施例 5 の構成例を示す図である。

図 7 は実施例 6 の構成例を示す図である。

図 8 (a)、(b) は実施例 7 の構成例を示す図である。

図 9 は実施例 7 として示す装置の外観を例示した図である。

図 10 (a)、(b) は実施例 7 においてターゲットを加速しない場合と加速した場合とを比較して示す図である。

図 11 は E U V 光発生装置の構成を説明するために用いた図である。

発明を実施するための最良の形態

以下図面を参照して本発明に係る E U V 光発生装置におけるデブリ回収装置

の実施の形態について説明する。

(実施例 1)

図 1 (a) は実施例 1 の E U V 光発生装置の構成を示している。

チャンバ 4 の内部には E U V 光を集光する集光ミラー 4 1 が設けられている。集光ミラー 4 1 で集光された E U V 光は、チャンバ 4 外の図示しない照明光学系に伝送され E U V 光を使用して半導体回路パターンが半導体ウェーハ上に形成される。

チャンバ 4 の内部は真空ポンプ等により真空引きされており、真空状態にされている。これは E U V 光は波長が 13.5 nm と短く真空中でないと効率よく伝搬しないからである。

ノズル 4 0 からは、E U V 光発生物質である液体のターゲット 1 が滴下される。ターゲット 1 としては、たとえば液体のキセノン (Xe) が使用される。ターゲット 1 の径は 10 μ m 程度である。なおターゲット 1 としては、スズを含んだ液体、インジウムを含んだ液体などを使用することができる。

またノズル 4 0 からターゲット 1 を滴下する代わりに、ノズル 4 0 からターゲット 1 を噴出させてもよい。

レーザ発振器 1 0 はたとえば Y A G レーザであり、近赤外線のレーザ光 L がパルス発振される。レーザ光 L がターゲット 1 の進行方向に対向する方向に照射されるように、レーザ発振器 1 0、ミラー 2 0 が配置されている。

ターゲット 1 の進行方向には、回収筒 3 0 が設けられている。

すなわち回収筒 3 0 の図中下方にはミラー 2 0 が配置されている。ミラー 2 0 の図中右方にはレーザ発振器 1 0 が配置されている。レーザ発振器 1 0 からレーザ光 L が図中左方向に出射されミラー 2 0 に入射される。レーザ光 L はミラー 2 0 で反射されて 90° 向きが変えられ図中上方向に進行する。

なお図 1 (a) ではミラー 2 0 を設けることによってレーザ発振器 1 0 を、回収筒 3 0 の側方に配置可能としているが、レーザ発振器 1 0 を回収筒 3 0 の直下に配置し、ミラー 2 0 を介することなく直接上向きにレーザ光 L を出射してもよい。

図 1 (a) の構成によれば、レーザ発振器 1 0 を、回収筒 3 0 の側方に配置できるため、装置の上下方向の場積を小さくすることができる。

図 1 (b) は回収筒 3 0 の断面を示している。回収筒 3 0 には、レーザ光 L が通過する空間であるレーザ光通過孔 3 3 が上下方向に貫通するように形成されている。

レーザ光 L は回収筒 3 0 のレーザ光通過孔 3 3 を通過して、図中下方向に滴下されるターゲット 1 の下面に照射される。

ターゲット 1 にレーザ光 L が照射されると、ターゲット 1 がプラズマ状態に

励起されEUV光が発生する。生成されるプラズマ2は、数10 μ m～1mm程度の径である。発生したEUV光はプラズマ2を中心に全方位に発散する。プラズマ2を取り囲むように集光ミラー41が配置されている。全方位に発散するEUV光は、集光ミラー41により集光され、集光したEUV光を反射して照明光学系に導かれる。

ターゲット1の一部はプラズマ発生時の衝撃波等により分裂、飛散し、デブリ3となる。デブリ3は、荷電粒子である高速イオン、プラズマにならなった残滓を含む。

図1(b)に示すように、回収筒30には、デブリ3を回収する空間であるデブリ回収穴32が形成されている。また回収筒30に付設して回収機構31が設けられている。回収機構31は、フィルタや真空ポンプ等により構成されており、回収筒30内に回収されたデブリ3をトラップしたり真空引きして外部に排出する等する。

本発明者は、デブリ3は、ターゲット1（プラズマ2）の各面のうちレーザー光Lが照射される照射面側（照射面に対し垂直な方向）に最も大量に発生するという知見を得た。

実施例1によれば、

(a) ターゲット1の各面のうち、レーザー光照射面（ターゲット1の下面）に対向させて、回収筒30が設けられている。

このためターゲット1のレーザー光照射面側に大量に発生したデブリ3が、回収筒30のデブリ回収穴32に効率よく回収される。デブリ3は集光ミラー41等のチャンバ4内の光学機器に衝突したり付着することなく効率よく回収されることになる。このためチャンバ4内の集光ミラー41を含む光学機器の耐久性が向上し、チャンバ4の真空度が維持され、EUV光の出力低下が抑制される。

また実施例1によれば、

(b) ターゲット1の進行方向に、回収筒30が配置されている。

デブリ3は、レーザー光Lが照射された際のターゲット1の運動量を保存して拡散していく。デブリ3は、レーザー光Lが照射された際のターゲット1の進行速度を初期速度として回収筒30側に進行しつつ拡散していく。デブリ3がターゲット1の進行速度に応じた速度で回収筒30側に速やかに進行するためデブリ3が広範囲に拡散する前にデブリ3を回収筒30に到達させることができる。このためデブリ3の回収効率を高めることができる。

ここで本出願人に係る先願（特願2002-103975号）では、

(c) ターゲット1を加速器によって加速することによって、ターゲット1の進行速度を、プラズマ2の拡散速度以上にする技術

を開示している。

実施例 1 に、この技術を組み合わせる実施してもよい。

ターゲット 1 を加速することによってデブリ 3 が回収筒 30 に到達するまでの時間を更に短くすることができ、デブリ 3 が拡散する前にデブリ 3 を回収筒 30 で回収することができ、更にデブリ 3 の回収効率を高めることができる。

図 1 の構成によれば、デブリ 3 の一部がデブリ回収穴 32 に回収されずに、レーザ光通過孔 33 を通りミラー 20 に付着することが予測される。

そこでデブリ 3 がミラー 20 に付着することを防止するために、図 2 のように構成してもよい。

図 2 では、回収筒 30 とミラー 20 との間にガス室 50 が設けられる。ガス室 50 には、ガス導入用管路 51、真空引き用管路 52、レーザ光用管路 53 が接続されている。真空引き用管路 52 は真空ポンプの吸込み口に連通している。レーザ光 L は、レーザ光用管路 53 を介してガス室 50 に導かれミラー 20 に入射され、ガス室 50 を通過して回収筒 30 のレーザ光通過孔 33 に導かれる。

パージ用のガスはガス導入用管路 51 を介してガス室 50 に導かれる。レーザ光通過孔 33 を通りガス室 50 に侵入したデブリ 3 は、パージガスとともにガス室 50 から真空引き用管路 52 を介して排出される。つまりデブリ 3 は、ミラー 20 に付着することなくガス室 50 外にパージされることになる。

(実施例 2)

上述した実施例 1 では、回収筒 30 にレーザ光通過孔 33 を形成してレーザ光 L が回収筒 30 内を通過させるようにしているが、回収筒 30 内をレーザ光 L が通過することなく、回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過するように構成してもよい。

図 3 (a) は図 1 (a) に対応する図であり、回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過するように構成した実施例 2 を示している。図 3 (b) は図 3 (a) の A-A 断面を示している。実施例 1 と共通する部分については適宜説明を省略する。

図 3 に示すように回収筒 30 内にはデブリ回収穴 32 が形成されており図 1 と異なりレーザ光通過孔 33 は形成されていない。回収筒 30 の外周には、円環状の凹面ミラー 22 が鉛直軸に対して斜めに配置されている。

レーザ発振器 10 の後段にはレーザ光分岐光学系 21 が設けられている。レーザ光分岐光学系 21 は、レーザ光 L を複数本のレーザ光 L' に分岐して凹面ミラー 22 の全周の各部位に入射させる。

なお図 3 ではレーザ光 L を複数本のレーザ光 L' に分岐することでレーザ光 L' を凹面ミラー 22 の全周にわたり照射させているが、レーザ光 L を断面が

略円形となるように凹面ミラー 22 に面照射することで、凹面ミラーの全周の各部位に入射させてもよい。

凹面ミラー 22 に複数本のレーザ光 L' が入射されると複数本のレーザ光 L' は図中上方つまりターゲット 1 の進行方向に対向する方向に反射されて、収束する。複数本のレーザ光 L' が収束する点でこれらレーザ光 L' がターゲット 1 に照射される。

この実施例 2 によれば、回収筒 30 に、レーザ光 L を通過させる空間（レーザ光通過孔 33）を形成する必要がなく、その分を回収用の空間（デブリ回収穴 32）として使用することができるのでデブリ 3 の回収効率を更に高めることができる。

この実施例 2 においても、実施例 1 と同様な構成（a）、（b）を備えているので実施例 1 と同様に、デブリ回収効率が高まるという効果が得られる。また実施例 2 に構成（c）を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。

（実施例 3）

上述した実施例 1、実施例 2 は、「ターゲット 1 の進行方向に、回収筒 30 が配置される」という構成（b）を備えている。

しかしこの構成（b）を省略した実施も可能であり、その実施例を図 4 に実施例 3 として示す。

同図 4 に示すように、実施例 3 では、図 11 に示す構成と同様に、ターゲット 1 の進行方向に垂直な方向に、レーザ光 L が照射されるようにレーザ発振器 10、ミラー 20 が配置されている。

すなわちノズル 40 の左側方には回収筒 30 が設けられている。回収筒 30 の図中左方向にはミラー 20 が配置されている。ミラー 20 の図中下方にはレーザ発振器 10 が配置されている。レーザ発振器 10 からレーザ光 L が図中上方向に出射されミラー 20 に入射される。レーザ光 L はミラー 20 で反射されて 90° 向きが変えられ図中右方向に進行する。

レーザ光 L は回収筒 30 のレーザ光通過孔 33 を通過して、図中下方向に滴下されるターゲット 1 の左面に照射される。

なお図 1（a）ではミラー 20 を設けることによってレーザ発振器 10 を、回収筒 30 の下側に配置可能としているが、回収筒 30 と同じ高さ位置で回収筒 30 の左側にレーザ発振器 10 を配置して、ミラー 20 を介することなくレーザ発振器 10 から直接右方向にレーザ光 L を出射してもよい。

実施例 3 によれば、

（a）ターゲット 1 の各面のうち、レーザ光照射面（左面）に対向させて、回収筒 30 が設けられている。

このためターゲット 1 のレーザ光照射面側に大量に発生したデブリ 3 が、回収筒 30 のデブリ回収穴 32 に効率よく回収される。デブリ 3 は集光ミラー 41 等のチャンバ 4 内の光学機器に衝突したり付着することなく効率よく回収されることになる。このためチャンバ 4 内の集光ミラー 41 を含む光学機器の耐久性が向上し、チャンバ 4 の真空度が維持され、EUV 光の出力低下が抑制される。

実施例 3 において、図 3 と同様に、回収筒 30 の外側をレーザ光 L が通過するように構成してもよい。また実施例 3 に構成 (c) を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。

(実施例 4)

本発明者は、デブリ 3 の発生量はレーザ照射初期が最も多く、レーザ光 L の照射エネルギーが小さいほどデブリ 3 が発生しにくくなり、レーザ照射初期における照射エネルギーを小さくすればデブリ 3 の発生量を抑制できるという知見を得た。そこでレーザ照射初期における照射エネルギーを小さくしてデブリ 3 の発生量を抑制できる実施例 4 について図 5 を参照して説明する。

実施例 4 では、図 1 (a) と同様な配置態様で、回収筒 30 の下方にミラー 20 が配置され、ミラー 20 の右方に、図 1 (a) のレーザ発振器 10 の代わりにプラズマ生成用レーザ発振器 11 が配置される。プラズマ生成用レーザ発振器 11 からは、ターゲット 1 をプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光 L1 が出射される。

またターゲット 1 の進行方向に垂直な方向にプラズマ加熱用レーザ光 L2 が照射されるように、プラズマ加熱用レーザ発振器 12 が回収筒 30 の右側方に配置されている。プラズマ加熱用レーザ発振器 12 からは、プラズマ状態にされたターゲット 1 を加熱して EUV 光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光 L2 が出射される。

まずプラズマ生成用レーザ発振器 11 からプラズマ生成用レーザ光 L1 が図中左方向に出射されミラー 20 に入射される。プラズマ生成用レーザ光 L1 はミラー 20 で反射されて 90° 向きが変えられ図中上方向に進行する。

なお図 5 ではミラー 20 を設けることによってプラズマ生成用レーザ発振器 11 を、回収筒 30 の側方に配置可能としているが、プラズマ生成用レーザ発振器 11 を回収筒 30 の直下に配置し、ミラー 20 を介することなく直接上向きにプラズマ生成用レーザ光 L1 を出射してもよい。

図 5 の構成によれば、プラズマ生成用レーザ発振器 11 を、回収筒 30 の側方に配置できるため、装置の上下方向の場積を小さくすることができる。

プラズマ生成用レーザ光 L1 は回収筒 30 のレーザ光通過孔 33 を通過して、図中下方向に滴下されるターゲット 1 の下面に照射される。

比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザ光L1がターゲット1に照射されることによって、ターゲット1はプラズマ2'となるが、このプラズマ2'はEUV光を発生できる程度に高温とはなっていない。比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザ光L1をターゲット1に照射することで、初期的なデブリ3の発生量を低減させることができる。

プラズマ生成用レーザ光L1の出射から時間をおいて、プラズマ加熱用レーザ発振器12からプラズマ加熱用レーザ光L2が図中左方に出射され、プラズマ化されたターゲット1の右面にプラズマ加熱用レーザ光L2が照射される。

プラズマ化されたターゲット1に、比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザ光L2が照射されると、EUV光を発生できる程度のプラズマ2となり、EUV光が発生する。発生したEUV光はプラズマ2を中心に全方位に発散する。全方位に発散するEUV光は、集光ミラー41により集光され、集光したEUV光を反射して照明光学系に導かれる。

この実施例4によれば、実施例1と同様な構成(a)、(b)を備えているので実施例1と同様に、デブリ3の回収効率を高めるという効果が得られる。

更にこの実施例4によれば、

(d) まず、ターゲット1をプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光L1をターゲット1に照射し、つぎにプラズマ状態にされたターゲット1を加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光L2を出射する。

という構成を備えている。このため、デブリ3の初期的な発生量を減らすことができ、デブリ3の回収効率を更に向上させることができる。

また実施例4に構成(c)を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。また実施例4において、図3と同様に、回収筒30の外側をレーザ光Lが通過するように構成してもよい。

上述した実施例4は、「ターゲット1の進行方向に、回収筒30が配置される」という構成(b)を備えているが、この構成(b)を省略し構成(a)、(d)のみとする実施も可能である。すなわち図4のレーザ発振器10と同様な配置態様でプラズマ生成用レーザ発振器11を配置して、プラズマ生成用レーザ光L1をターゲット1の進行方向に垂直な方向に照射するような実施も可能である。

(実施例5)

実施例4に対しては種々の変形が可能である。

図6は、実施例5の構成を示しており、プラズマ加熱用レーザ発振器12が、図5のプラズマ生成用レーザ発振器11と同一位置に配置され、プラズマ生成用レーザ光L1とプラズマ加熱用レーザ光L2の両方が、ターゲット1の進行方

向に対向する方向に照射される。

また実施例5に構成(c)を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。また実施例5において、図3と同様に、回収筒30の外側をレーザ光Lが通過するように構成してもよい。

この実施例5は、「ターゲット1の進行方向に、回収筒30が配置される」という構成(b)を備えているが、この構成(b)を省略し構成(a)、(d)のみとする実施も可能である。すなわち図4のレーザ発振器10と同様な配置態様でプラズマ生成用レーザ発振器11、プラズマ加熱用レーザ発振器12を配置して、プラズマ生成用レーザ光L1、プラズマ加熱用レーザ光L2の両方をターゲット1の進行方向に垂直な方向に照射するような実施も可能である。

(実施例6)

図7は、実施例6の構成を示しており、レーザ発振器10が、図5のプラズマ生成用レーザ発振器11と同一位置に配置され、レーザ発振器10からプラズマ生成用レーザ光L1とプラズマ加熱用レーザ光L2の両方が出射され、ターゲット1の進行方向に対向する方向に照射される。

すなわち、レーザ発振器10から、まず比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザ光L1が出射されターゲット1に照射される。これにより初期的なデブリ3の発生量を低減させることができる。つぎにプラズマ生成用レーザ光L1の出射から時間をおいてレーザ発振器10から比較的エネルギーレベルの高いプラズマ加熱用レーザ光L2が出射され、プラズマ状態にされたターゲット1に照射される。これによりEUV光が発生する。そして実施例4、実施例5と同様に、発生したデブリ3が、ターゲット1の照射面側に配置された回収筒30によって効率良く回収される。

この実施例6では、同一のレーザ発振器10からプラズマ生成用レーザ光L1と、プラズマ加熱用レーザ光L2とが出射されターゲット1に照射されるので、レーザ発振器を別々に設けた実施例4、実施例5と比較して、装置構成を簡易なものとすることができる。

また実施例6に構成(c)を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。また実施例6において、図3と同様に、回収筒30の外側をレーザ光Lが通過するように構成してもよい。

この実施例6は、「ターゲット1の進行方向に、回収筒30が配置される」という構成(b)を備えているが、この構成(b)を省略し構成(a)、(d)のみとする実施も可能である。すなわち図4と同様な配置態様でプラズマ生成用レーザ光L1、プラズマ加熱用レーザ光L2の両方をターゲット1の進行方向に垂直な方向に照射するような実施も可能である。

(実施例7)

つぎに、荷電粒子を含むデブリ 3 を、効率よく回収できる実施例 7 について説明する。

図 8 (a) は実施例 7 の構成を示し、図 1 (a) と同様な配置態様で、回収筒 30、ミラー 20、レーザ発振器 10 が配置されている。円環状のコイル 50 は、回収筒 30 が同コイル 50 の円環中心軸上に位置されるように配置されている。円環状コイル 50 は電流が通電されることによって超伝導マグネットとして機能し、円環状コイル 50 の通電方向の周囲に、磁力線 51 が形成される。磁力線 51 は回収筒 30 のデブリ回収穴 32 に収束されるように形成される。ここで磁力線 51 を回収筒 30 の上端面に収束させるためには、回収筒 30 の上端面を円環状コイル 50 の中心の水平面よりも僅かにノズル 40 側にオフセットさせて配置することが望ましい。

ターゲット 1 にレーザ光 L が照射されるとデブリ 3 が発生し、デブリ 3 は速度 v をもって図中下方に拡散する。

図 8 (b) に示すように、デブリ 3 の速度 v は、磁力線 51 に垂直な方向の成分の速度 v_1 と磁力線 51 に平行な方向の成分の速度 v_2 とを合成したものである。荷電粒子であるデブリ 3 には、電荷と速度 v_1 と磁束密度とで定まるローレンツ力が付与され磁力線 51 に捕捉される。すなわちデブリ 3 は、垂直成分速度 v_1 に応じた半径でサイクロン運動をしつつ磁力線 51 と平行な方向に平行成分速度 v_2 で移動して、回収筒 30 に導かれる。

実施例 7 によれば、

(e) 磁力線 51 によってデブリ 3 を捕捉して回収筒 30 に導く。

という構成を備えているので、本来であれば拡散されてしまい回収困難であったデブリ 3 を、磁力線 51 に確実に捕捉して回収筒 30 に確実に導くことができるので、デブリ 3 の回収効率を高めることができる。

また、この実施例 7 は、ターゲット 1 の進行方向に、回収筒 30 が配置され、かつレーザ照射方向と、ターゲット 1 の進行方向とを対向させており、実施例 1 と同様な構成 (a)、(b) を備えている。

実施例 7 によれば、図 8 (a) に示すように、ターゲット 1 の進行方向に対向するようにレーザ光 L が照射されるので、ターゲット 1 の照射面側であるターゲット 1 の進行方向側に最も大量にデブリ 3 が発生する。

この大量に発生したデブリ 3 は、ターゲット 1 の進行方向の運動量を保存して速度 v で拡散する。デブリ 3 の磁力線 51 と平行な方向の成分の速度 v_2 は、ターゲット 1 の進行速度に応じて大きくなる。デブリ 3 がターゲット 1 の進行速度に応じた速度 v_2 で磁力線 51 に沿って進行し回収筒 30 側に速やかに進行するためデブリ 3 が広範囲に拡散する前にデブリ 3 を回収筒 30 に到達させることができる。このためデブリ 3 の回収効率が更に向上する。

また実施例7に構成(c)を組み合わせて、更にデブリ回収効率を高める実施も可能である。

図10(a)、(b)は、ターゲット1を加速しない場合(図10(a))と、加速器を用いてターゲット1を加速する場合(図10(b))とを比較して示している。

ターゲット1を加速することによって、ターゲット1の進行速度はそうでない場合の速度 V から V' へと大きくなり、その速度変化に応じて、磁力線51と平行な方向成分のデブリ3の速度が v_2 から v'_2 へと大きくなる。このためデブリ3が回収筒30に到達するまでの時間を、より短くすることができ、デブリ3が拡散する前にデブリ3を回収筒30で回収することができ、デブリ3の回収効率を一層高めることができる。

また実施例7において、図3と同様に、回収筒30の外側をレーザ光Lが通過するように構成してもよい。これにより回収筒30に、レーザ光Lを通過させる空間(レーザ光通過孔33)を形成する必要がなくなり、その分を回収用の空間(デブリ回収穴32)として使用することができるのでデブリ3の回収効率を更に高めることができる。

実施例7では、レーザ照射方向と、ターゲット1の進行方向とを対向させているが、レーザ照射方向は任意であり必ずしもターゲット1の進行方向と対向させる必要はなく、ターゲット1の進行方向に回収筒30があればよい。たとえばターゲット1の進行方向に垂直な方向にレーザ光Lを照射してもよい。

また実施例7と、図5で説明した実施例4とを組み合わせた実施も可能である。ターゲット1に比較的エネルギーレベルの低いプラズマ生成用レーザ光L1を照射することでデブリ3の初期的な発生量を減らすことができ、より一層デブリ3の回収効率を高めることができる。

また実施例7と、図6で説明した実施例5とを組み合わせて実施してもよく、図7で説明した実施例6とを組み合わせて実施してもよい。実施例6と組み合わせて実施することで、デブリ3の初期的な発生量を減らすことができ、より一層デブリ3の回収効率を高めることができるとともに、同一のレーザ発振器10で両レーザ光L1、L2を出射でき装置構成を簡易なものとすることができる。

回収筒30に、レーザ光Lを通過させる空間を形成する必要がなく、その分を回収用の空間として使用することができるのでデブリ3の回収効率を更に高めることができる。

図9は装置の外観を例示している。同図9は、チャンバ4の外側に円環状コイル50を設けた構成例を示している。しかしチャンバ4の内部に円環状コイル50を設ける実施も可能である。

請求の範囲

1. レーザ光照射手段からレーザ光がターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、
ターゲットの各面のうち、レーザ光が照射される照射面に対向させて、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていること
を特徴とするEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。
2. レーザ光照射手段からレーザ光が、進行するターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、
レーザ照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段が配置され、
ターゲット進行方向に、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていること
を特徴とするEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。
3. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、
プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザ光照射手段と
が設けられ、
ターゲットの各面のうち、プラズマ生成用レーザ光が照射される照射面に対向させて、デブリ回収手段が配置されていること
を特徴とする請求の範囲1記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。
4. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、
プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザ光照射手段と
が設けられ、
プラズマ生成用レーザ光の照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、プラズマ生成用レーザ光照射手段が配置されていること
を特徴とする請求の範囲2記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。
5. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズ

マ生成用レーザ光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をそれぞれターゲットに照射するレーザ光照射手段

が設けられていること

を特徴とする請求の範囲1記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

6. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をそれぞれターゲットに照射するレーザ光照射手段

が設けられていること

を特徴とする請求の範囲2記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

7. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていること

を特徴とする請求の範囲1記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

8. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていること

を特徴とする請求の範囲2記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

9. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていること

を特徴とする請求の範囲1記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

10. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていること

を特徴とする請求の範囲2記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

11. レーザ光照射手段からレーザ光が、進行するターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、

前記デブリには荷電粒子が含まれ、

ターゲット進行方向に、デブリを回収するデブリ回収手段が配置され、

デブリ回収手段に荷電粒子を導く磁力線を生成する磁力線生成手段が設けられていること

を特徴とするEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

12. レーザ照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段が配置されていること

を特徴とする請求の範囲11記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

13. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、

プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザ光照射手段と

が設けられ、

プラズマ生成用レーザ光の照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、プラズマ生成用レーザ光照射手段が配置されていること

を特徴とする請求の範囲12記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

14. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光を先に、つぎにプラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をそれぞれターゲットに照射するレーザ光照射手段

が設けられていること

を特徴とする請求の範囲12記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

15. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒に、レーザ光を通過させる空間が形成されていること

を特徴とする請求の範囲12記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

16. デブリ回収手段は、デブリが収容される空間を有する筒であって、当該筒の外側をレーザ光が通過するように光学系が配置されていること

を特徴とする請求の範囲12記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

補正書の請求の範囲

[2004年10月18日(18.10.2004)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲1は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

請求の範囲

1. (補正後) ターゲットがノズルから所定の空間に供給されるターゲット供給手段を有し、レーザ光照射手段からレーザ光がターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、

供給されるターゲットの各面のうち、レーザ光が照射される照射面に対し垂直な方向の近傍のみに、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていること

を特徴とするEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

2. レーザ光照射手段からレーザ光が、進行するターゲットに対して照射されることによってターゲットがプラズマ状態にされEUV光が発生するEUV光発生装置に適用され、プラズマが生成される過程で発生するデブリを回収するようにしたEUV光発生装置におけるデブリ回収装置において、

レーザ照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、レーザ光照射手段が配置され、

ターゲット進行方向に、デブリを回収するデブリ回収手段が配置されていること

を特徴とするEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

3. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザ光手段と

が設けられ、

ターゲットの各面のうち、プラズマ生成用レーザ光が照射される照射面に対向させて、デブリ回収手段が配置されていること

を特徴とする請求の範囲1記載のEUV光発生装置におけるデブリ回収装置。

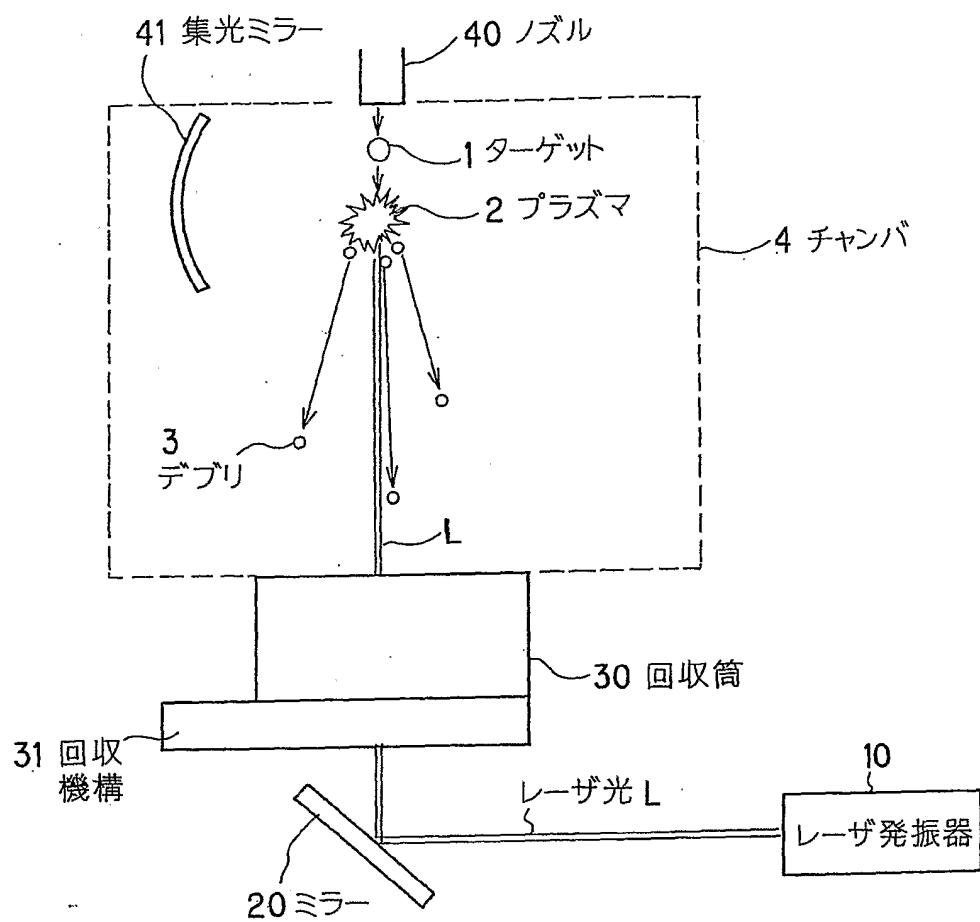
4. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズマ生成用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ生成用レーザ光照射手段と、プラズマ状態にされたターゲットを加熱してEUV光を発生させる程度のエネルギーレベルのプラズマ加熱用レーザ光をターゲットに照射するプラズマ加熱用レーザ光照射手段と

が設けられ、

プラズマ生成用レーザ光の照射方向と、ターゲット進行方向とが対向するように、プラズマ生成用レーザ光照射手段が配置されていること

を特徴とする請求の範囲 2 記載の E U V 光発生装置におけるデブリ回収装置。
5. ターゲットをプラズマ状態にする程度のエネルギーレベルのプラズ

(a)



(b)

断面図

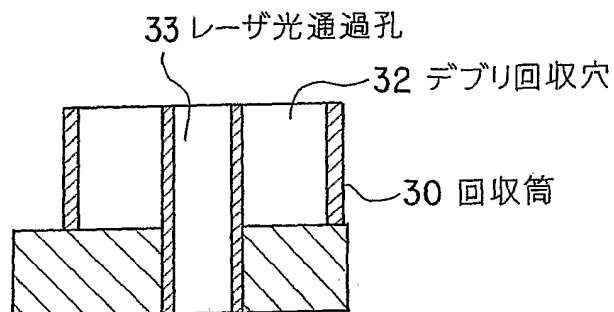


FIG.1

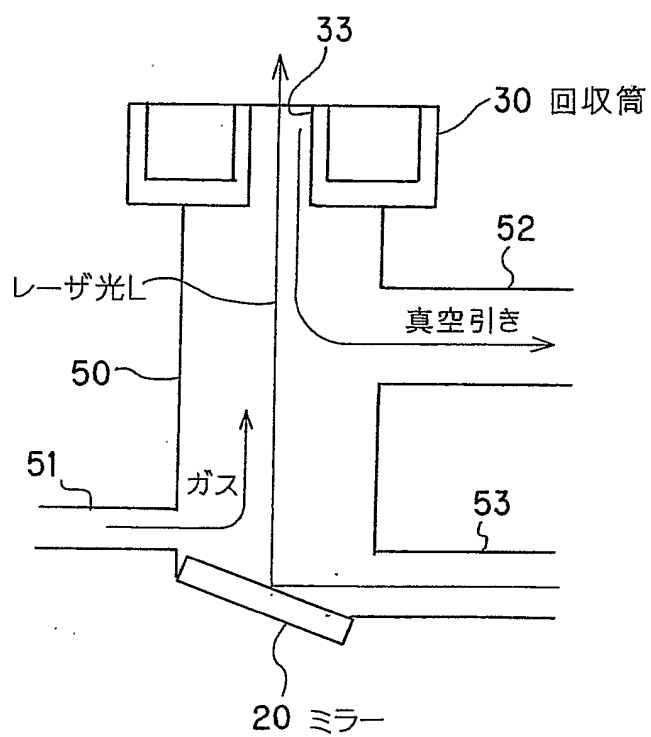


FIG.2

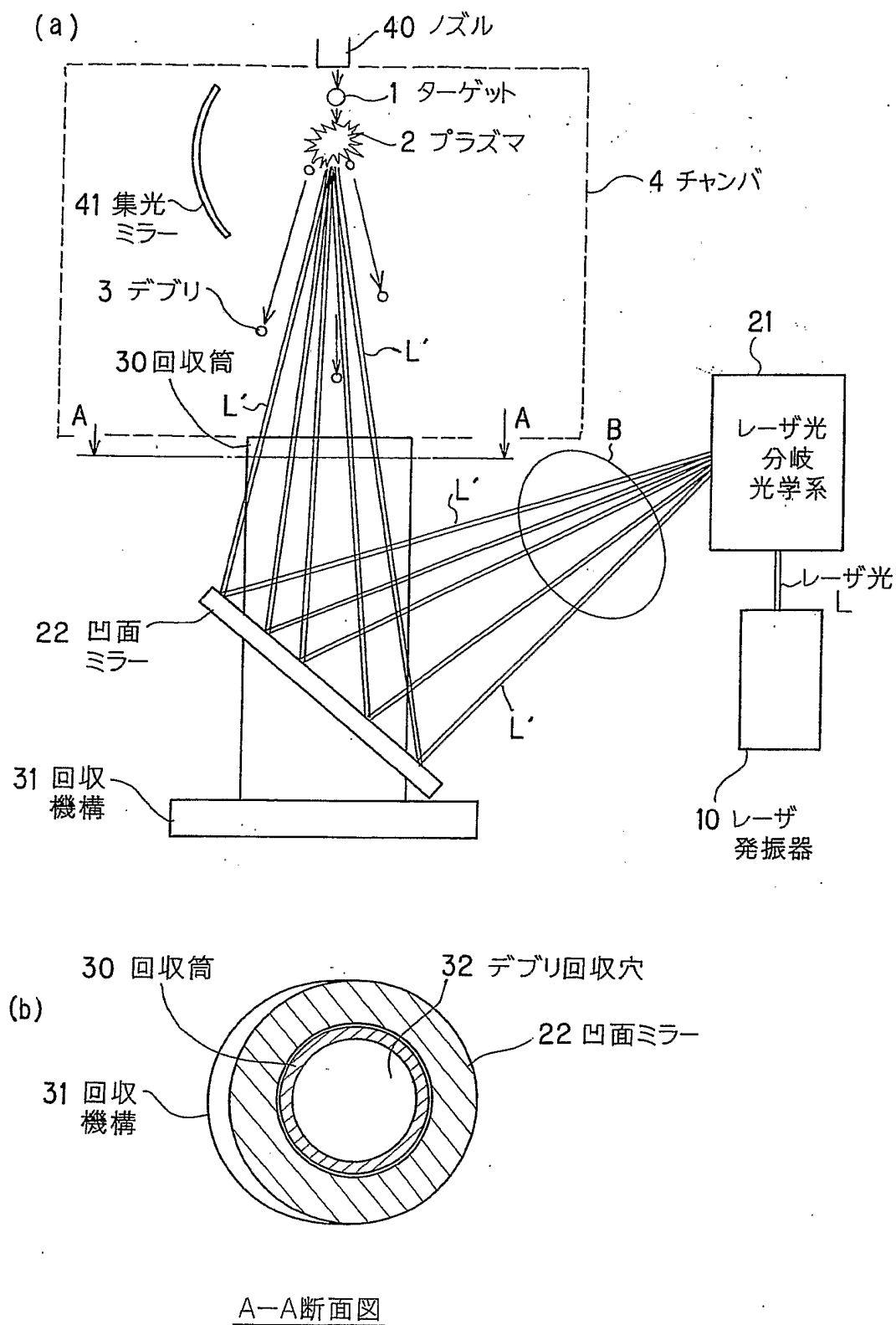


FIG.3

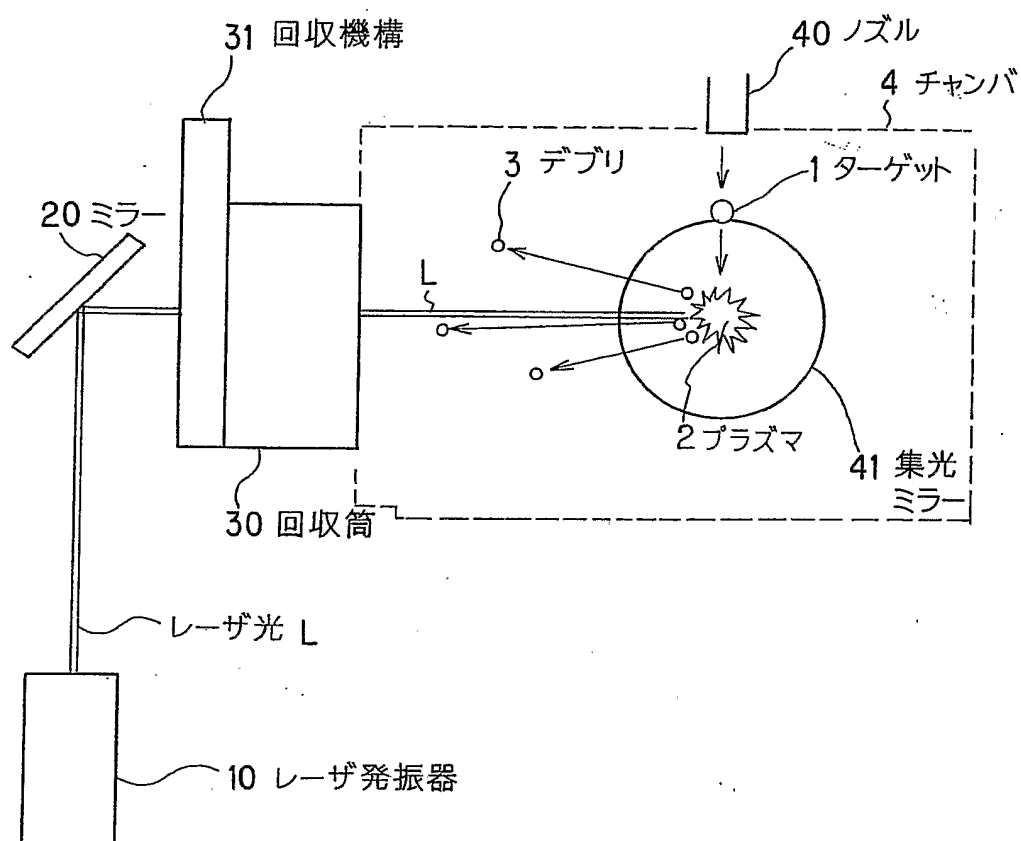


FIG.4

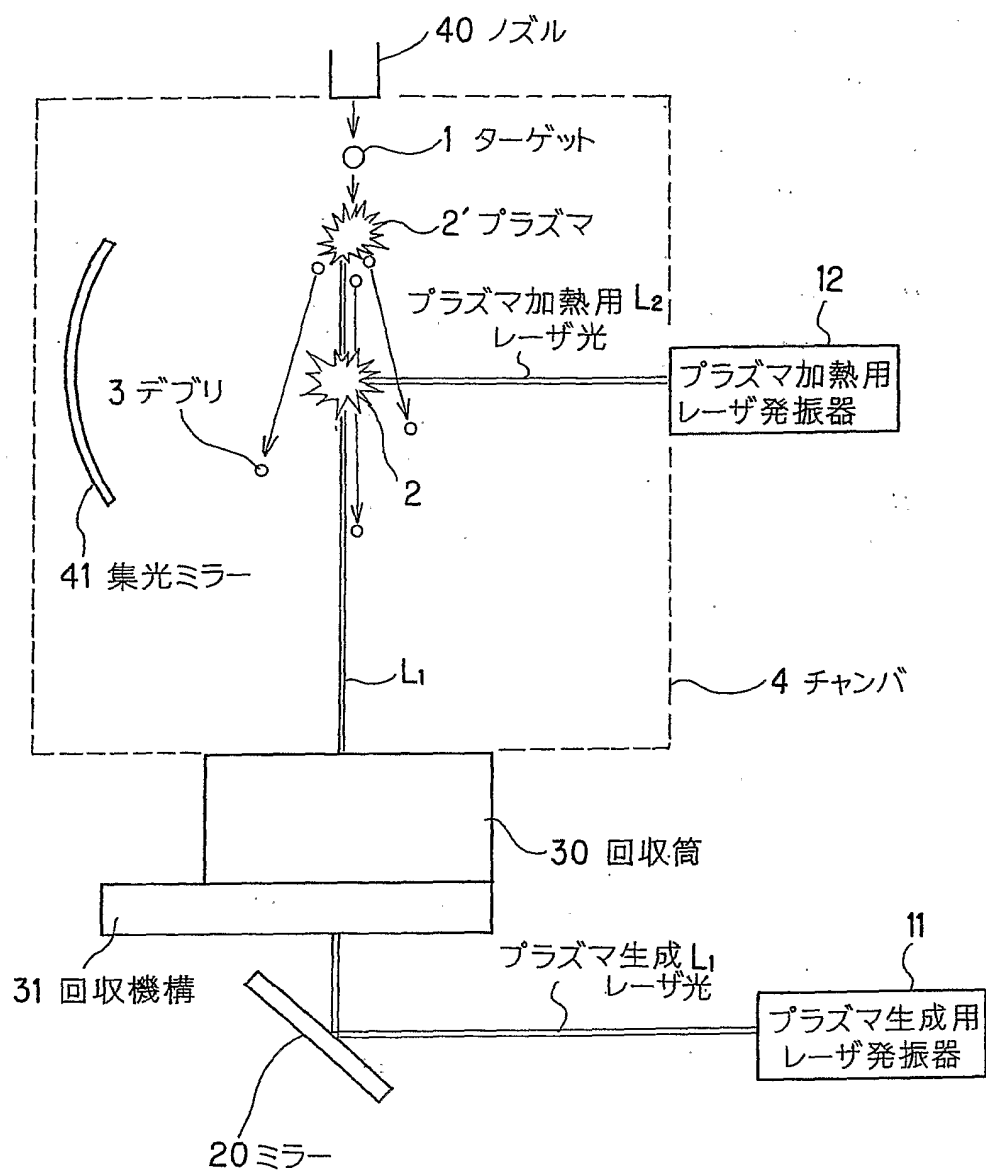


FIG.5

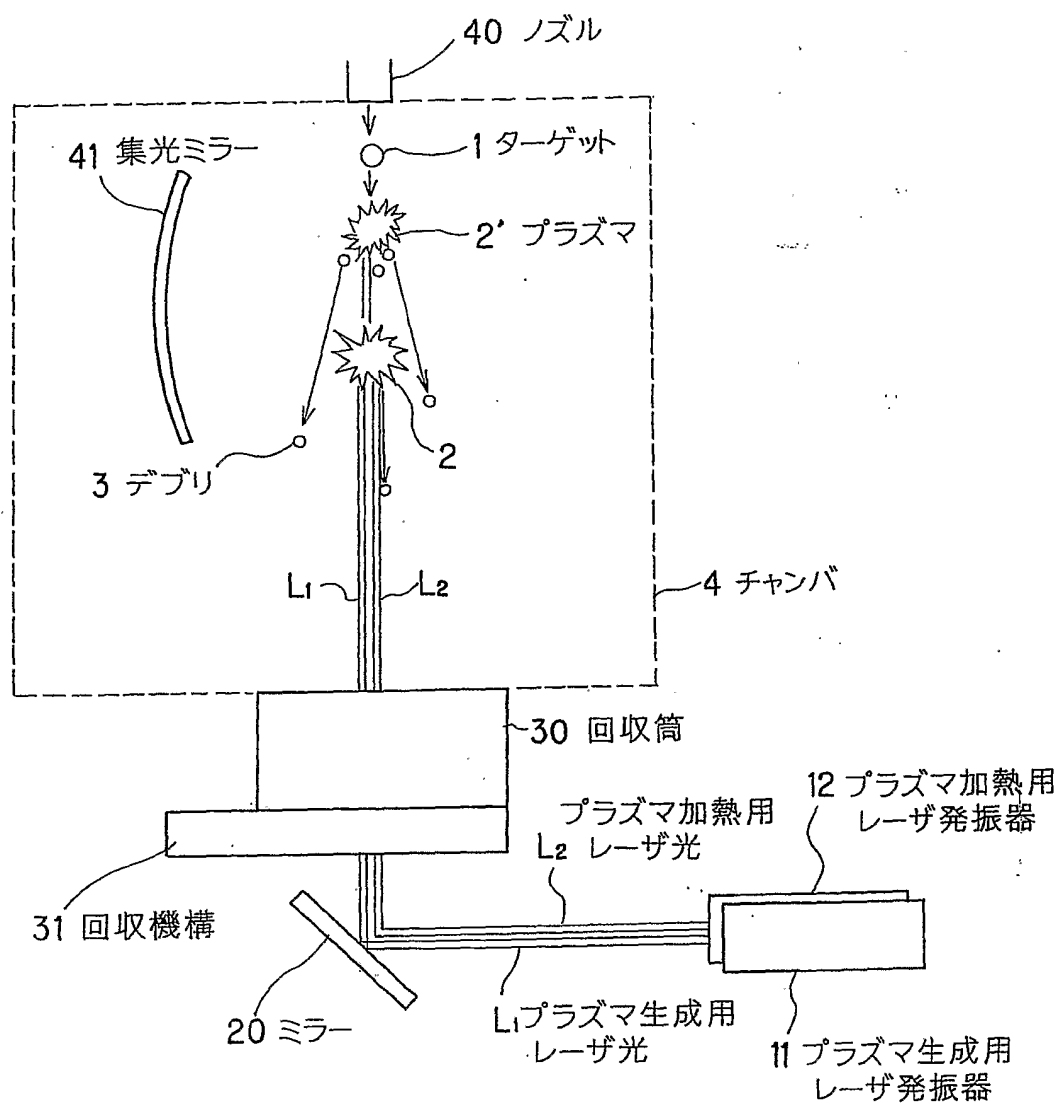


FIG.6

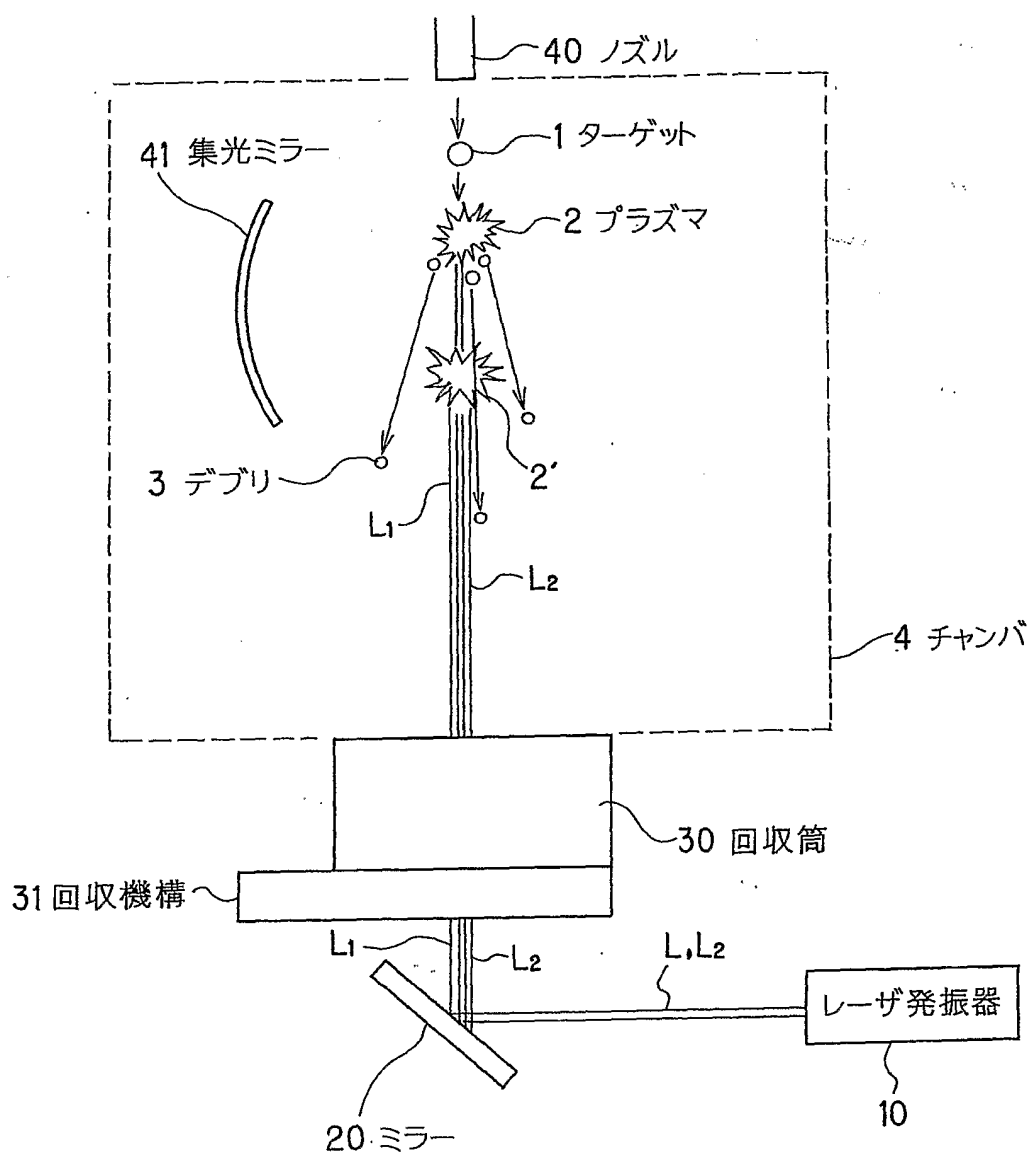


FIG.7

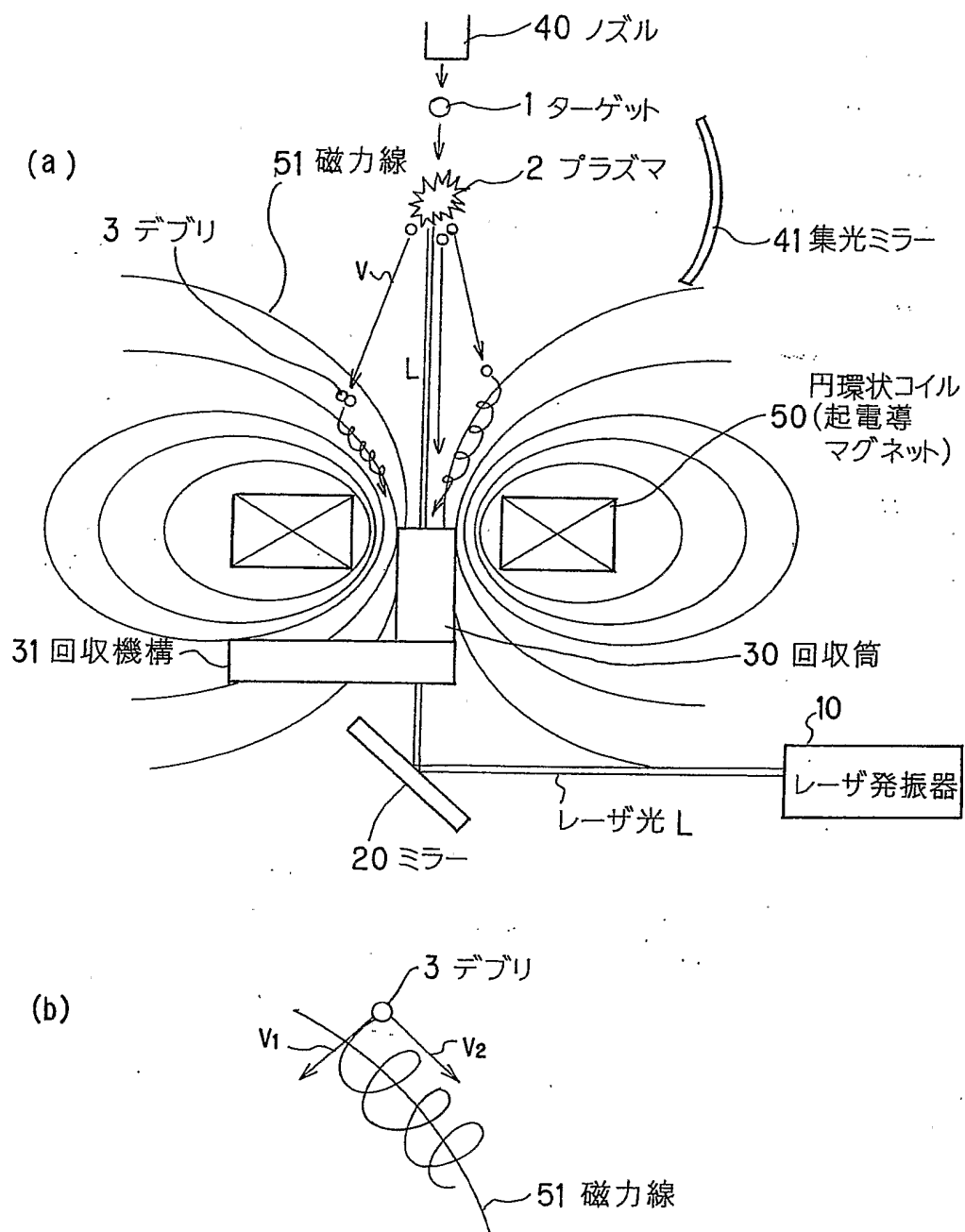


FIG.8

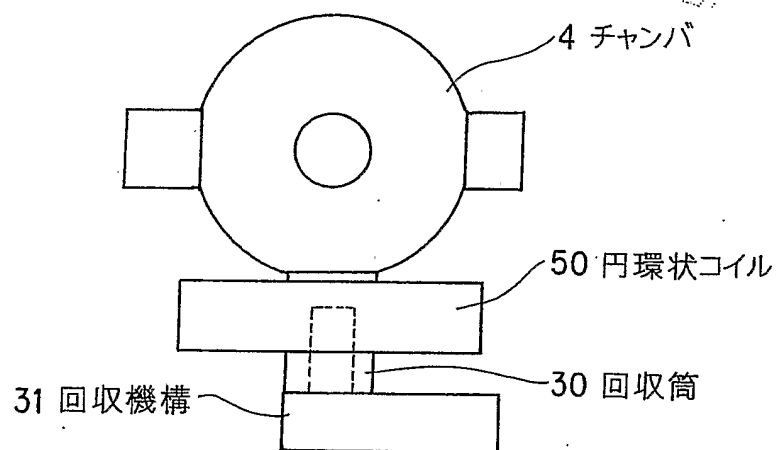


FIG.9

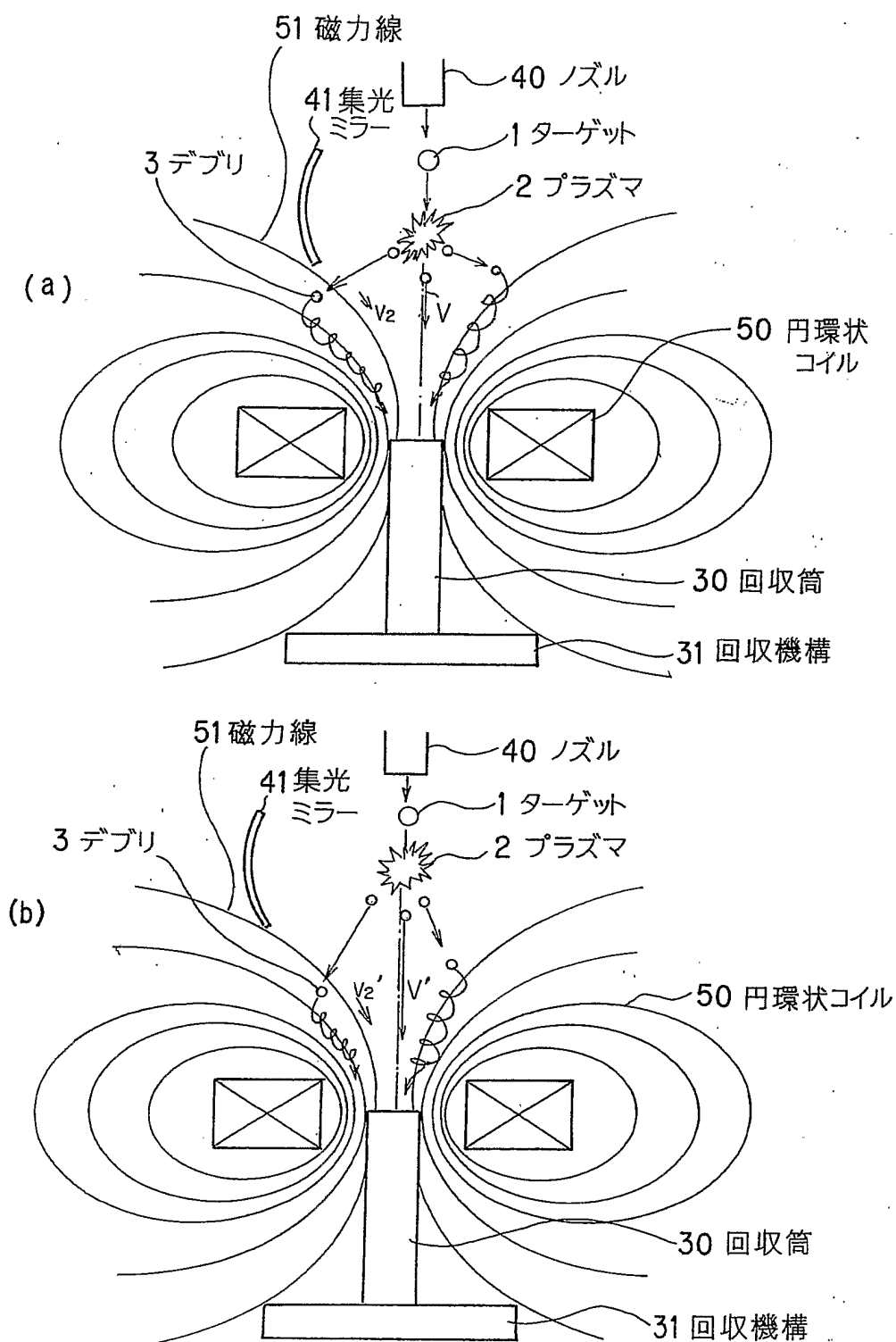


FIG.10

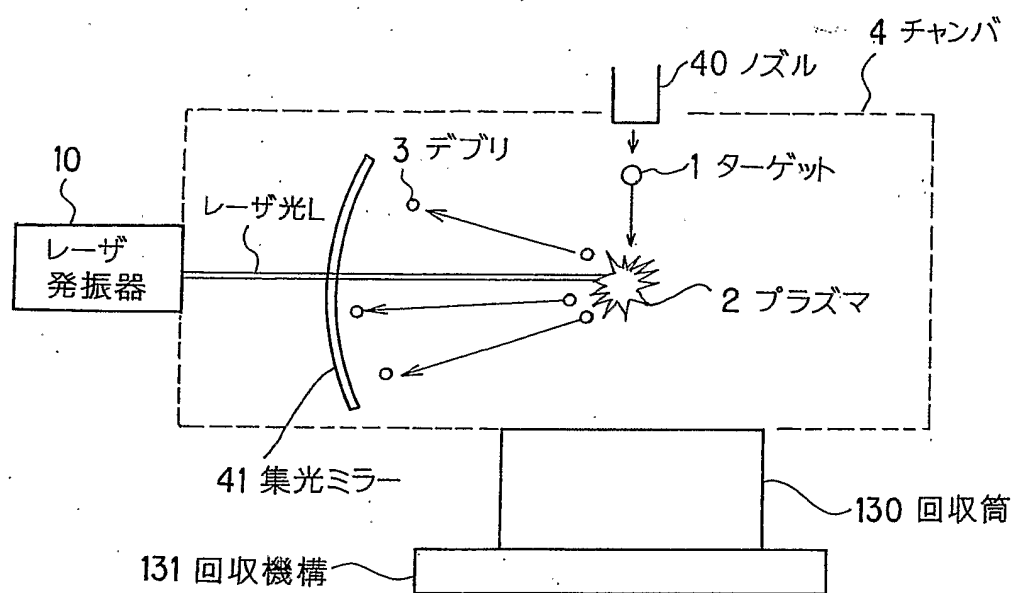


FIG.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005815

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H05G2/00

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)
Int.Cl⁷ H05G2/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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 A	JP 8-162287 A (Nikon Corp.), 21 June, 1996 (21.06.96), Par. Nos. [0035], [0040] (Family: none)	1 3
X A	JP 8-37096 A (Nikon Corp.), 06 February, 1996 (06.02.96), (Family: none)	1 3
X A	JP 2002-214400 A (TOYOTA MACS, Inc.), 31 July, 2002 (31.07.02), (Family: none)	1 3

☐ 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
04 August, 2004 (04.08.04)Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005815

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claim 1 is not novel since it is disclosed in documents JP 8-162287 A, JP 8-37096 A and JP 2002-214400 A. The technical feature common to claims 2, 4, 6, 8, 10 and claims 11-16 is arrangement of a debris collecting means in the travel path of a target. This technical feature, however, is not novel since it is disclosed in documents JP 10-55899 A, JP 10-221499 A and WO 01/49087 A, and thus cannot be a special technical feature. Meanwhile, there is no technical feature common to claims 1, 3, 5, 7, 9 and claims 11-16. Consequently, this international application contains 6 inventions: the main invention of first independent claim and its first dependent claim (claims 1,3); the invention of claims 2, 4, 6, 8, 10 (Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1, 3

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005815

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

which involves an apparent special technical feature; the invention of claims 11-16; the invention of claim 5; the invention of claim 7; and the invention of claim 9.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H 0 5 G 2 / 0 0

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))

Int. Cl⁷ H 0 5 G 2 / 0 0

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 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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 請求の範囲の番号
X A	J P 8-162287 A (株式会社ニコン) 1996, 06. 21, 段落【0035】、【0040】 (ファミリーなし)	1 3
X A	J P 8-37096 A (株式会社ニコン) 1996. 02. 06 (ファミリーなし)	1 3
X A	J P 2002-214400 A (株式会社トヨタマックス) 2002. 07. 31 (ファミリーなし)	1 3

☐ 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

04. 08. 2004

国際調査報告の発送日 17. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

小田倉 直人

2W

9163

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1は文献JP 8-162287 A、文献JP 8-37096 A、文献JP 2002-214400 Aにそれぞれ記載されているから新規なものではない。また、請求の範囲2, 4, 6, 8, 10と請求の範囲11-16とに共通する技術的特徴はターゲット進行方向にデブリ回収手段を配置する点にあると認められるが、同技術的特徴は文献JP 10-55899 A、文献JP 10-221499 A、文献W0 01/49087 Aにそれぞれ記載されているから新規なものではなく特別な技術的特徴とは認められない。さらに、請求の範囲1, 3, 5, 7, 9と請求の範囲11-16とに共通する技術的特徴は存在しない。その結果、主発明である最初の従属系列 (請求の範囲1, 3) と、当座の特別な技術的特徴を有する請求の範囲2, 4, 6, 8, 10、請求の範囲11-16の区分と、請求の範囲5、請求の範囲7、請求の範囲9の区分に分けるから、本願の請求の範囲には6の発明が記載されていると認められる。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲 1, 3

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。