(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6681333号
(P6681333)

(45)発行日　令和2年4月15日(2020.4.15)　(24)登録日　令和2年3月25日(2020.3.25)

(51)Int.Cl.			F I		
H01S	3/10	(2006.01)	H01S	3/10	D
H01S	3/00	(2006.01)	H01S	3/00	A
H01S	3/041	(2006.01)	H01S	3/041	
H01S	3/23	(2006.01)	H01S	3/23	
H01S	3/134	(2006.01)	H01S	3/134	

請求項の数 9　(全 19 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-544058(P2016-544058)
(86)(22)出願日　平成27年1月19日(2015.1.19)
(65)公表番号　特表2017-506816(P2017-506816A)
(43)公表日　平成29年3月9日(2017.3.9)
(86)国際出願番号　PCT/EP2015/050837
(87)国際公開番号　WO2015/113843
(87)国際公開日　平成27年8月6日(2015.8.6)
審査請求日　平成29年11月8日(2017.11.8)
(31)優先権主張番号　61/934,143
(32)優先日　平成26年1月31日(2014.1.31)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　14/593,278
(32)優先日　平成27年1月9日(2015.1.9)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　504151804
エーエスエムエル　ネザーランズ　ビー.ブイ.
オランダ国　ヴェルトホーフェン　５５０４　ディー　アール、デ　ラン　６５０１
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉　良幸
(74)代理人　100109346
弁理士　大貫　敏史
(72)発明者　ツァン，ケビン　ウェイミン
アメリカ合衆国，カリフォルニア州　９２１２７，サン　ディエゴ，ソーンミント　コート　１７０７５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光増幅ガス媒質の触媒変換

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
極端紫外線光システムであって、
１つ以上の光増幅器を含む光増幅システムであって、各光増幅器はガス混合物の形態の利得媒質を含み、前記利得媒質は負荷サイクルに従って前記利得媒質をポンピングするためにエネルギー供給部からエネルギーが供給された場合に増幅されたパルス光ビームを生成する、ガス混合物の形態の利得媒質であり、前記光増幅システムは前記ガス混合物が中を流れる流体インプットおよび流体アウトプットを含み、前記ガス混合物は少なくとも一部が一酸化炭素および酸素の分子に分離する二酸化炭素を含む、光増幅システムと、
前記光増幅システムの前記流体アウトプットおよび前記光増幅システムの前記流体インプットに流体接続された触媒変換システムと、を有し、
前記触媒変換システムは、
触媒変換器であって、
ハウジングと、
前記ガス混合物が中を流れることができる開口を含む前記ハウジング内の基板と、
前記基板の前記開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、前記触媒は貴金属のナノ粒子を含む触媒と、を含む、前記触媒変換器と、
前記触媒変換器とは別体の熱交換器であって、前記熱交換器は前記ガス混合物が中を流れるチューブを含み、前記熱交換器の前記チューブは、前記ガス混合物内の分離した一酸化炭素の酸化を促進する貴金属のナノ粒子を含む触媒を用いてその内側表面がコーティ

ングされる、熱交換器と、
を含む極端紫外線光システム。
【請求項２】
前記基板の前記開口は、ハニカム形状を有する、請求項１に記載のシステム。
【請求項３】
前記チューブは外部ヒートシンクにより冷却される、請求項１に記載のシステム。
【請求項４】
極端紫外線光を生成するための方法であって、
増幅されたパルス光ビームを生成するために光増幅システムにおける少なくとも１つの光増幅器の利得媒質にポンプエネルギーを供給することであって、前記利得媒質は少なくとも一部がチューブ内における前記増幅されたパルス光ビームの生成中に一酸化炭素および酸素に分離する二酸化炭素を含むガス混合物の形態にあることと、
前記チューブから出力される前記ガス混合物の温度を上昇させるように温度調節することと、
前記温度調節された前記ガス混合物をハウジング内に固定され貴金属のナノ粒子の触媒でコーティングされた基板を通して誘導することであって、それにより前記ガス混合物の前記分離した一酸化炭素を酸化することと、
前記酸化したガス混合物を前記チューブ内に戻すように誘導することと、
ターゲット位置においてターゲット材を生成することと、
前記ターゲット材が極端紫外線光を放出するプラズマに変換されることを引き起こすように、前記増幅された光ビームと前記ターゲット材との間の光学相互作用を可能にする焦点位置上に前記増幅された光ビームの焦点合わせをすることと、
を含む方法。
【請求項５】
前記酸化ガス混合物を前記チューブ内に戻すように誘導する前に前記ガス混合物から熱を除去するために、前記チューブから出力された前記ガス混合物を温度調整されたチューブを通して誘導することをさらに含む、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
極端紫外線光システムの光増幅システムのための触媒変換システムであって、
触媒変換器であって、
前記光増幅システムの利得媒質の分離した媒質として一酸化炭素および酸素を含むガス混合物を受容する前記光増幅システムに流体接続するインプットと、
前記光増幅システムに流体接続するアウトプットと、
前記インプットと前記アウトプットとの間のハウジングと、
前記ガス混合物が中を流れることができる開口を含む前記ハウジング内の基板と、
前記基板の前記開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、前記触媒は貴金属のナノ粒子を含む、触媒と、を含む、触媒変換器と、
前記触媒変換器とは別体の熱交換器であって、前記熱交換器は前記触媒変換器からの前記ガス混合物が中を流れるチューブを含み、前記チューブは、前記ガス混合物内の前記分離した一酸化炭素の酸化を促進する貴金属のナノ粒子を含む触媒を用いてその内側表面がコーティングされる、熱交換器と、
を含む、触媒変換システム。
【請求項７】
極端紫外線光システムのガス放出光増幅システムのための触媒変換システムであって、前記触媒変換システムは、
前記光増幅システムから出力されるガス混合物の温度を上昇させる熱調整システムであって、前記ガス混合物は前記光増幅システムから増幅された光ビームを生成するように励起された利得媒質として作用し、前記ガス混合物は少なくとも一部が一酸化炭素および酸素の分子に分離する二酸化炭素を含む、熱調整システムと、
前記熱調整システムから出力される上昇した温度で前記ガス混合物を受容する触媒変換

器であって、前記触媒変換器は、
ハウジング内にあり前記ガス混合物が中を流れることができる開口を含む基板と、
前記基板の前記開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、前記触媒は前記ガス混合物内の分離した一酸化炭素の酸化を加速させる貴金属のナノ粒子を含む、触媒と、を含む触媒変換器と、を含む、
触媒変換システム。
【請求項８】
前記基板の前記開口は六角形である、請求項７に記載の触媒変換システム。
【請求項９】
極端紫外線光システムのガス放出光増幅システムのための触媒変換システムであって、前記触媒変換システムは、
前記光増幅システムから出力されたガス混合物を受容する触媒変換器であって、前記ガス混合物は前記光増幅システムから増幅された光ビームを生成するように励起された利得媒質として作用し、前記ガス混合物は少なくとも一部が一酸化炭素および酸素の分子に分離する二酸化炭素を含む、触媒変換器であり、前記触媒変換器は、
ハウジング内にあり前記ガス混合物が中を流れることができる開口を含む基板と、
前記基板の前記開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、前記触媒は前記ガス混合物内の分離した一酸化炭素の酸化を加速する貴金属のナノ粒子を含む、触媒とを含む、触媒変換器と、
前記触媒変換器とは別体の熱交換器であって、前記熱交換器は前記ガス混合物が中を流れるチューブを含み、前記チューブは、外部ヒートシンクにより冷却され、前記ガス混合物内の前記分離した一酸化炭素の酸化を加速させる貴金属のナノ粒子を含む触媒を用いてその内側表面がコーティングされる、熱交換器と、を含む、
触媒変換システム。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
［関連出願の相互参照］
[0001] 本出願は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる２０１４年１月３１日に出願された米国特許仮出願第６１／９３４，１４３号および２０１５年1月９日に出願された米国実用出願第１４／５９３，２７８号の利益を主張する。
【背景技術】
【０００２】
[技術分野]
[0002] 開示された主題は、極端紫外線光（ＥＵＶ）レーザシステムの増幅された光ビームを生成するドライブレーザシステムにおける利得媒質のガス混合物を触媒変換するためのシステムおよび方法に関連する。
【０００３】
[背景]
[0003] 例えば約５０ｎｍ以下の波長を有する電磁放射（軟Ｘ線と称される場合もある）であり、約１３ｎｍの波長の光を含む極端紫外線（ＥＵＶ）光は、例えばシリコンウェハなどの基板において極めて小さい特徴を作り出すためのフォトリソグラフィプロセスにおいて使用可能である。
【０００４】
[0004] ＥＵＶ光を生成するための方法は、ＥＵＶ領域内に輝線を有する例えばキセノン、リチウムまたはスズなどの元素を有するプラズマ状態に材料を変換することを含むが、これに限定されない。しばしばレーザ生成プラズマ（“ＬＰＰ”）と称されるそのような方法の１つでは、例えば、材料の液滴、流水または塊の形態のターゲット材料を、ドライブレーザと称され得る増幅された光ビームで照射することにより、所望のプラズマが生

成され得る。このプロセスでは、プラズマは典型的には、真空チャンバなどの密封された容器内で生成され、種々のメトロロジ機器を用いて監視される。

【０００５】

[0005] 約１０６００ｎｍの波長で増幅された光ビームを出力するCO_2増幅器およびレーザは、ＬＰＰプロセスにおいてターゲット材料を照射するドライブレーザとして一定の利点を示すことができる。この事は、例えばスズを含む材料などの特定のターゲット材料に関しては特に当てはまり得る。例えば１つの利点は、ドライブレーザ入力電力および出力ＥＵＶ電力間で比較的高い変換効率を生成する能力である。CO_2駆動増幅器およびレーザのもう１つの利点は、スズデブリでコーティングされた反射光学系などの比較的粗い表面から、比較的長い波長の光（例えば、１９８ｎｍでの深紫外線と比較して）が反射する能力である。１０６００ｎｍの放射の特性は、例えば、増幅された光ビームの集光力の舵とり、集束および／または調整のためにプラズマ付近に反射ミラーが採用されることを可能にし得る。

【発明の概要】

【０００６】

[0006] いくつかの一般的な態様では、極端紫外線光システムは光増幅システムおよび触媒変換システムを含む。光増幅システムは、１つ以上の光増幅器を含む。各光増幅器は、ガス混合物の形態の利得媒質を含み、利得媒質は利得媒質をポンピングするためにエネルギー供給部からエネルギーが供給された場合に増幅された光ビームを生成する。光増幅システムは、ガス混合物が中を流れる流体インプットおよび流体アウトプットを備える。触媒変換システムは、光増幅システムの流体アウトプットおよび光増幅システムの流体インプットに流体接続される。触媒変換システムは、ハウジングと、ガス混合物が中を流れることができる開口を含むハウジング内の基板と、基板の開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、金属のナノ粒子を含む触媒とを含む。

【０００７】

[0007] 実施形態は、以下の特徴のうちの１つ以上を含んでよい。例えば、基板の開口はハニカム形状を有してよい。金属は貴金属であってよい。

【０００８】

[0008] システムは、触媒変換器とは別体の熱交換機を含むことができ、熱交換機はガス混合物が中を流れるチュービングを含み、チュービングは外部ヒートシンクにより冷却される。熱交換器のチュービングは、ガス混合物内の分離した分子の酸化を促進する触媒を用いてその内側表面がコーティングされ得る。

【０００９】

[0009] システムは、ターゲット位置においてターゲット材を生成するように構成されたターゲット材送達システムを含むことができ、プラズマを生成するために、増幅された光ビームとターゲット材との間の相互作用を可能にするように増幅された光ビームがターゲット位置に向けて誘導され、プラズマは極端紫外線（ＥＵＶ）光を放出する。

【００１０】

[0010] 触媒は金属のナノ粒子を含むことができる。基板は、セラミック材料から作成可能である。

【００１１】

[0011] 触媒変換システムは、光増幅システムの流体インプットおよび流体アウトプットから形成される流体ラインと並列に流体的に配置されることができる。

【００１２】

[0012] 触媒変換システムは、光増幅システムの流体インプットおよび流体アウトプットから形成される流体ラインと直列に流体的に配置されることができる。

【００１３】

[0013] その他の一般的な態様では、極端紫外線光を生成するための方法は、増幅された光ビームを生成するために光増幅システムにおける少なくとも１つの光増幅器の利得媒質にポンプエネルギーを供給することであって、利得媒質は少なくとも一部がチューブ内

における増幅された光ビームの生成中に分離する分子を含むガス混合物の形態にある、供給することと、チューブからのガス混合物出力をハウジング内に固定され金属のナノ粒子の触媒でコーティングされた基板を通して誘導することであって、それによりガス混合物の分離した分子を酸化する、誘導することと、酸化したガス混合物を前記チューブ内に戻すように誘導することと、ターゲット位置においてターゲット材を生成することと、ターゲット材が極端紫外線光を放出するプラズマに変換されることを引き起こすように、増幅された光ビームとターゲット材との間の光学相互作用を可能にする焦点位置上に増幅された光ビームの焦点合わせをすることと、を含んでよい。

【００１４】

[0014] 実施形態は、以下の特徴を含んでよい。例えば、方法は酸化ガス混合物をチューブ内に戻すように誘導する前にガス混合物から熱を除去するために、チューブから出力されたガス混合物を温度調整されたチュービングを通して誘導することを含んでよい。

【００１５】

[0015] 方法は、チュービングの内側表面上にコーティングされた触媒を用いてガス混合物の分離した分子を少なくとも部分的に酸化させることを含んでよい。

【００１６】

[0016] 方法は、チューブから出力されるガス混合物の温度を調節することを含んでよい。ガス混合物の温度は、ガス混合物の温度をチューブから出力されるガス混合物の温度よりも上に維持することで調整可能である。

【００１７】

[0017] 別の一般的な態様では、触媒変換システムは極端紫外線光システムの光増幅システムの一部である。触媒変換システムは、利得媒質の分離した媒質を含むガス混合物を受容する光増幅システムに流体接続するインプットと、光増幅システムに流体接続するアウトプットと、インプットとアウトプットとの間のハウジングと、ガス混合物が中を流れることができる開口を含むハウジング内の基板と、基板の開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、金属のナノ粒子を含む触媒とを含む。

【００１８】

[0018] 実施形態は、以下の特徴の１つ以上を含んでよい。例えば、基板の開口は六角形であってよい。ハウジングは、インプットおよびアウトプットに流体接続してよい。金属は、貴金属であってよい。

【００１９】

[0019] 別の一般的な態様では、触媒変換システムは、極端紫外線光システムのガス放出光変換システムの一部である。触媒変換システムは、光増幅システムから出力されるガス混合物の温度を上昇させる熱調整システムであって、ガス混合物は光増幅システムから増幅された光ビームを生成するように励起された利得媒質の分離した分子を含む熱調整システムと、熱調整システムから出力される上昇した温度でガス混合物を受容する触媒変換器とを含む。触媒変換器は、ハウジング内にありガス混合物が中を流れることができる開口を含む基板と、基板の開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒とを含む。触媒はガス混合物内の分離した分子の酸化を加速する金属の粒子を含む。

【００２０】

[0020] 実施形態は、以下の特徴の１つ以上を含んでよい。例えば、基板の開口は六角形であってよい。金属の粒子は、貴金属のナノ粒子であってよい。

【００２１】

[0021] 別の一般的な態様では、触媒変換システムは、極端紫外線光システムのガス放出増幅システムの一部である。触媒変換システムは、光増幅システムから出力されたガス混合物を受容する触媒変換器であって、ガス混合物は光増幅システムから増幅された光ビームを生成するように励起された利得媒質の分離した分子を含む触媒変換器と、触媒変換器とは別体の熱交換器とを含む。触媒変換器は、ハウジング内にありガス混合物が中を流れることができる開口を含む基板と、基板の開口の内側表面にコーティングとして塗布される触媒であって、触媒はガス混合物内の分離した分子の酸化を加速する金属の粒子を含

む触媒とを含む。熱交換器はガス混合物が中を流れるチュービングを含み、チュービングは外部ヒートシンクにより冷却される。

【００２２】

[0022] 実施形態は、以下の特徴の１つ以上を含んでよい。例えば、熱交換器のチュービングは、ガス混合物内の分離した分子の酸化を加速させる触媒を用いてその内側表面がコーティングされてよい。金属の粒子は、貴金属のナノ粒子であってよい。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】[0023] 光源の一部として、光源の光増幅システムに結合された触媒変換システムを含む極端紫外線（ＥＵＶ）光システムのブロック図である。

【図２Ａ】[0024] 光増幅システムの光増幅器からの電力出力に対する触媒変換システムを使用しない光増幅器の負荷サイクルのグラフである。

【図２Ｂ】[0025] 光増幅システムの光増幅器からの電力出力に対する図１の触媒変換システムを使用した光増幅器の負荷サイクルのグラフであり、比較のために図２Ａのグラフが上に重ねられている。

【図３Ａ】[0026] 光増幅システムおよび触媒変換システムを含む光源のブロック図である。

【図３Ｂ】[0027] 図１および図３Ａの触媒変換システム内の触媒変換器のガス混合物の流れの方向（線３Ｂ－３Ｂ）に沿った断面図であり、触媒変換器の一部の拡大図を含む。

【図４】[0028] 図１および図３ＡのＥＵＶ光システムにおいて使用可能な例示的な光増幅システムのブロック図である。

【図５】[0029] 図１および図３ＡのＥＵＶ光システムを含む例示的なフォトリソグラフィシステムのブロック図である。

【図６】[0030] 図１および図３ＡのＥＵＶ光システムを含む例示的なシステムのブロック図である。

【図７Ａ】[0031] 例示的な光増幅器および例示的な触媒変換システムのブロック図である。

【図７Ｂ】[0031] 例示的な光増幅器および例示的な触媒変換システムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００２４】

[0032] 図１を参照するに、極端紫外線（ＥＵＶ）光システム１００は増幅された光ビーム１１０を生成する光源（またはドライブレーザシステム）１０５、ターゲット材料１２０を生成するように構成されるターゲット材送達システム１１５と、ドライブレーザシステム１０５から放出された増幅された光ビーム１１０を受光しかつターゲット材１３０を受容するターゲット位置１３０に向かって増幅された光ビーム１１０を誘導するように構成されるビームデリバリシステム１２５を含む。ビーム送達システム１２５は、ビーム伝送システム１３５および焦点位置１４５において増幅された光ビーム１１０の焦点合わせをする最終焦点合わせアセンブリ１４０を含む。増幅された光ビーム１１０とターゲット材料１２０との間の相互作用は、ＥＵＶ光または放射１５０を放出するプラズマを生成する。光コレクタ１５５は、ＥＵＶ光１６０を集光し、リソグラフィツールなどの光学装置１６５に向けて誘導する。

【００２５】

[0033] ドライバレーザシステム１０５は、前置増幅器などのその他の光学要素と共に光増幅システム１０６を含む。光増幅システム１０６は、利得媒質１２８を有する少なくとも１つの光増幅器１０８を含み、利得媒質１２８は高利得で所望の波長を光増幅することができる分子のガス混合物、電源などの励振源および内部光学系である。光増幅器１０８内の利得媒質１２８は、チューブなどの閉じ込み容積１１８内に含まれる。光増幅器１０８の利得媒質１２８の電気的なポンピングの間、利得媒質１２８の分子の少なくともいくらかは光増幅に関わらない１つ以上の分子または要素に分離し、そのため光増幅器１０

８はより低い出力を生成する（つまり、増幅された光ビーム１１０の出力は低い）。この場合、増幅された光ビーム１１０とターゲット材料１２０との間の相互作用は究極的には少ないプラズマ１２１を生成し、それにより放出されるＥＵＶ光１４０の量が減少し、それにより光学装置１６５により使用可能な集光されたＥＵＶ光１６０が減少する。この効果は、電源がつけられている期間と電源が消されている期間が混ざっているパルスシステムにおいてより一層顕著である。

【００２６】

[0034] 図２Ａを参照するに、光増幅器１０８の負荷サイクルが増加するにつれ（電源の負荷サイクルを増加させることにより）、利得媒質１２８における分子の分離が上昇し、光増幅器１０８からの電力出力２００が減少する。付加サイクルは、サイクルにおける合計時間［Ｔ（ｏｎ＋ｏｆｆ）］にわたるサイクルにおいて電極に付与される入力電力の時間［Ｔ（ｏｎ）］の比である：Ｔ（ｏｎ）／Ｔ（ｏｎ＋ｏｆｆ）。例えば、光増幅器１０８は利得媒質１２８として、他の分子またはヘリウム（Ｈｅ）、窒素（$Ｎ_2$）、水素（$Ｈ_2$）、または水（$Ｈ_2Ｏ$）などの要素と混合した二酸化炭素（$ＣＯ_2$）を含むガス混合物を含んでよい。ガス放電を使用して光増幅器１０８が電気的にポンピングされた場合には、エネルギーは$ＣＯ_2$分子に移行され、負荷サイクルが増加するにつれより多くのこれら$ＣＯ_2$分子が一酸化炭素（ＣＯ）および酸素（$Ｏ_2$）に分離される。

【００２７】

[0035] 分離された分子が、光増幅に使用されるガス混合物の元の分子に変換して戻されない限り、ドライブレーザシステム１０５の出力電力は、特に負荷サイクルが増加するにつれ、許容できないほど低いままである。分離された分子を元の分子に変換して戻すプロセスは、触媒変換を介して行われる。極端紫外線光システム１００およびドライブレーザシステム１０５は、光増幅器１０８からの分離した分子を含むガス混合物を受容し、光増幅に寄与する元の分子への分子の触媒変換（例えば、酸化）に関わる１つまたは複数のステップを実施し、このガス混合物を光増幅器１０８内に戻すよう再導入する触媒変換システム１０７を含む。触媒変換システム１０７は、利得媒質１２８のガス混合物（分離された分子の余剰分を含むもの）が光増幅器１０８から触媒変換システム１０７に流れるように第１端において利得媒質１２８を収容し、ガス混合物（酸化されたもの）が触媒変換システム１０７から光増幅器１０７に流れるように第２端において利得媒質１２８を収容する閉じ込み容積１１８に流体接続する。図２Ｂを参照するに、このようにして、ガス混合物は光増幅に寄与する元の分子と共に効果的に維持され、ドライブレーザシステム１０５からの電力出力２０５は負荷サイクルが増加するにつれても、適切なレベルに維持されることができる。さらには、光増幅器１０８の励振源に供給されたエネルギー量を増加させる必要なく、また流体ライン（例えば、光増幅器１０８の利得媒質を収容するチューブ）に酸化した分子を含む追加のガス混合物を添加する必要なく、電力出力を維持することができる。図２Ｂに示される破線は、比較のために図２Ａの電力出力２００がグラフ上に重ねられていることを示す。

【００２８】

[0036] ドライバレーザシステム１０５は、光増幅器１０８および触媒変換システム１０７内の構成要素を監視すること、監視された情報を基に分析および計算を実施すること、および分析または計算の結果に基づきドライブレーザシステム１０５内の構成要素に命令を提供することなどの種々のタスクを実施するコントローラ１０９を含むこともできる。

【００２９】

[0037] 図３Ａを参照するに例示的な触媒変換システム１０７は、光増幅器１０８の作動中に生成されるガス混合物からの余剰熱を除去する外部冷却器または熱交換器システムの一部または外部冷却器または列交換機システムとの組み合わせとして設計されることができる。本実施例では、システム１０７はガス予熱器３００、触媒変換器３０５および熱交換器３１０を任意に含む。光増幅器１０８からのガス混合物は、増幅された光ビーム１１０の作動および生成中に再利用されるように、閉鎖型パイプまたはチューブ３１５を通

ってシステム１０７に向かい光増幅器１０８の閉じ込み容積１１８から流れ出て、システム１０７からのガス混合物は光増幅器１０８の閉じ込み容積１１８内に閉じこみパイプまたはチューブ３２０を通って流れる。パイプ３１５、３２０は、パイプ３１５、３２０を通って流れるガス混合物と反応しない、例えばステンレス鋼、アルミニウム、または金属合金などの材料から作られ得る。

【００３０】

[0038] ガス予熱器３００は、ガス混合物が触媒変換器３０５内に入る前および入る最中に、ガス混合物の温度を上昇させ、調節するために使用され得、ガス混合物の温度を上昇させ、調節することにより触媒変換器３０５内における変換効率が向上する。特に、分離したガス混合物が触媒変換器３０５内に入る前に分離したガス混合物を加熱することにより、分離したガス混合物の温度は、触媒変換器３０５内における触媒３３０がガス混合物内における分離した分子の酸化を引き起こすまたは加速させるのに最も効果的な温度で維持されることができる。そのため、例えば、コントローラ１０９は、パイプ３１５内のガス混合物の温度を監視し、温度が触媒３３０にとって最も効果的である最適値にあるかどうか決定することができ、また温度が最適値未満であった場合には、コントローラ１０９はガス混合物の温度を特定値まで上昇させるために予熱器３００に信号を送ることができる。

【００３１】

[0039] 一般的には、ガス混合物の温度が高いほど、触媒効率が高くなる。例えば、ガス混合物における触媒反応速度は、ガス混合物に付与される温度が１０℃ずつ上昇するごとに倍増する。触媒成分がCO_2レーザまたは増幅器内に設置されている場合には、レーザ構成に基づき、ガス混合物の温度は６０℃まで上昇する。別の適用では、レーザガス混合物のごく一部（例えば、約１０％未満）は、外部触媒変換器を通して閉ループ循環システムにおいて放出可能であり、その場合にはガス混合物の温度は任意の所望の値まで上昇可能である（例えば、１００℃など）。一部の触媒変換器（例えば、自動車工業におけるものまたは初期のCO_2レーザシステムにおけるもの）は、例えば約２４０℃など、この値よりもさらに高い温度で作動する。触媒に高性能材料を使用することは、高い触媒変換効率を達成するために、高いガス温度のための要件の減少に作用する。システム１００および本明細書で記載される方法ではガス混合物の温度設定点は、触媒変換システム１０７における熱交換器３１０の効率とCOおよびO_2のCO_2への触媒変換の速度を増加させる必要性とのバランスをとることにより決定される。これは、光増幅器１０８からの電力出力の系統的な研究を行うことにより実施可能であり、電力出力は熱交換器３１０から出力されたガス混合物の温度と、触媒変換器３０５への入力におけるガス混合物の温度に対するCOおよび／またはO_2の濃度の関数である。

【００３２】

[0040] 図３Ｂも参照するに、触媒変換器３０５はガス混合物と接触する表面積を有する支持構造３２５と、支持構造３２５の表面に付与された触媒３３０を含む。触媒３３０は、それ自体が影響されえることなく化学反応（この場合、触媒変換または酸化）を引き起こすまたは加速させる物質である。そのため、触媒３３０は反応に関与するが、触媒作用を及ぼす反応の反応物質または生成物のいずれでもない。触媒３３０は、１つ以上の任意の白金、ロジウム、パラジウムおよび金などの金属物質であってよい。例えば、触媒３３０は金と混合した白金を含み得る。

【００３３】

[0041] 支持構造３２５は、例えばAl_2O_3、SiO_2またはTiO_2などのセラミック構造であってよい。必要とされる触媒の量を減らしながら、触媒３３０は、触媒の最表面積をガス混合物にさらす構造３２５を作り出すために支持構造３２５上にコーティングされることができる。支持構造３２５は、ガス混合物がその中を流れる空洞のセルのアレイである形状を有するハニカム構造であってよい。セルの形は円柱状で六角形であってよい。

【００３４】

[0042] 一実施形態では、触媒３３０はハニカム支持構造３２５に付与された金属（例えば、金、銀、パラジウムまたは白金などの貴金属）の粒子（例えば、ナノ粒子）から作られる。触媒として金が使用される場合には、ナノ粒子の気体で使用可能である。使用される金属は、延性であってよく高光沢を有する。金属の粒子は、例えば、電解メッキなどの適切な技術を用いて構造３２５に付与される。触媒３３０に使用可能な金属は、触媒反応を促進するために比較的高い仕事関数を有することができる。仕事関数は、触媒３３０に使用される実際の成分に加えて、触媒３３０の表面における原子の構成に基づく。比較的高い仕事関数とは、金属が潜在する化学反応（酸化）を加速するが金属は酸化により消耗せないほど仕事関数が高いことを意味し、そのため金属は加速または触媒に使用された酸化の終わりにおいて科学的に変化してない状態で元の状態に戻すことができることを意味する。貴金属は、触媒３３０として使用されるのに適切な金属である。上述のように、金属粒子はナノ粒子であってよく、これは１００ナノメートル（ｎｍ）以下のサイズを有する粒子を意味する。

【００３５】

[0043] 熱交換器３１０は、ガス混合物から熱を除去する任意の適切なデバイスであってよい。いくつかの実施形態では、熱交換器３１０は、ガス混合物が通り流れる空洞のチュービングであり、空洞のチュービングの外側表面は水などの流体により冷却される。いくつかの実施形態では、熱交換器３１０は、熱交換器３１０のチュービングを通って流れるガス混合物のある程度の触媒変換を提供する金などの触媒でその内側がさらにコーティングされてよい。そのため、空洞のチュービングの内側上の触媒コーティングは、ガス混合物内の分離した分子の酸化を加速または引き起こす。典型的には、熱交換器３１０で発生する触媒変換は、ガス混合物と相互作用する触媒の表面積と分離した分子が触媒と接触する時間の量が、ガス混合物の分離した分子を完全に変換するために必要な量よりも少ない可能性があることから、適切ではない。いずれにせよ、熱交換器３１０はガス混合物の分離した分子の酸化を提供する。

【００３６】

[0044] そのため、要するに、触媒変換システム１０７は、触媒変換器３０５内の触媒効率がその最高点近くまたは最高点にあるようにガス混合物を安定した温度まで加熱する（また、温度をこの安定した温度で維持する）ガス予熱器３００を含み、触媒変換機３０５はガス予熱器３００の下流の基板３２５などのハニカム基板上に活性触媒３３０を含む。ガス予熱器３００および触媒変換器３０５の両方は、金メッキが施された熱交換器３１０の上流に配置可能であり、それによりシステム１０７における触媒変換の第２段階として作用し得る。そのコーティング方法および比較的小さい触媒表面積（触媒変換機３０５の触媒表面積と比較した場合）、金メッキされた熱交換器３１０はシステム１０７における第１段階ほど効果的ではない（触媒変換機３０５および任意にガス予熱器３００を含む）。金メッキされた熱交換器３１０の触媒表面積は、チュービングの内側表面であり、この表面積は触媒変換機３０５の触媒表面積よりも小さい。触媒変換機３０５の触媒表面積がより大きいのは、金メッキされた熱交換器３１０の平滑な表面よりも、反応物質（例えば、ＣＯおよび$Ｏ_2$）がより簡単に触媒３３０と接触することができる構造の多数の孔を有するハニカム設計であるためである。例示的比較例として、金メッキされた熱交換器３１０の総触媒表面積はおおよそ約１０$ｍ^2$であってよく、その一方で基板３２５（ハニカム構造である）は同じ設置面積または機械容量に対して約１００$ｍ^2$よりも大きい表面積を提供することができる。

【００３７】

[0045] 触媒変換機３０５は、バンクーバー州ハンプトンのＳＴＣ Ｃａｔａｌｙｓｔｓ，Ｉｎｃ．（ＳＴＣ）が製造するような製品のようなシステムであってよい。ＳＴＣは、ガス予熱器３００を必要とすることなく使用可能な常温触媒を製造する。ＳＴＣの触媒が潜在的に適切である理由としては、他の触媒と比較して低い温度で作用することができるという点であり、それによりＳＴＣの触媒は好ましくは内部熱交換器の前に、利得媒質１２８として$ＣＯ_2$を使用することができる光増幅器１０８を収容する容器内での使用

を可能にする。しかしながら、触媒物質は上昇した温度においての方がよりよく作用し（ＳＴＣにより製造された触媒も含む）、外部ガス循環レーザシステム（外部触媒）において複数回使用される。ＥＵＶ光システム１００の特定の用途において、低い温度で稼働されたＳＴＣ触媒は少量のＣＯおよびO_2をCO_2に変換するのに十分である得る可能性がある。しかしながら、ＥＵＶ光源の用途については、ＣＯ２からの電力出力要件は極めて高いことから、ＳＴＣ触媒を使用しても、高い温度で稼働される触媒変換器が有益である。

【００３８】

[0046] 触媒変換器３０５は、既製品であってよく例えば、ニューヨーク州コーニングのＣｏｒｎｉｎｇ Ｉｎｃｏｒｐｏｒａｔｅｄ、ニュージャージー州イズリンの現在はＢＡＳＦ ＣｏｒｐｏｒａｔｉｏｎであるＥｎｇｅｌｈａｒｄおよびＡｌｌｉｅｄ Ｓｉｇｎａｌから取得できる。

【００３９】

[0047] ＥＵＶ光システム１００のその他の構成要素についての更なる詳細は以下に記載される。

【００４０】

[0048] 光増幅器１０８は、レーザキャビティを形成するレーザミラーまたはその他のフィードバックデバイスを有するか、または有し得ない。そのため、ドライブレーザシステム１０５は、レーザキャビティがない場合であっても、光増幅器１０８の利得媒質における反転分布に基づく増幅された光ビーム１１０を生成する。さらには、ドライブレーザシステム１０５は、ドライブレーザシステム１０５に十分なフィードバックを提供するレーザキャビティがある場合には、コーヒレントレーザビームである増幅された光ビーム１１０を生成することができる。「増幅された光ビーム」という用語は、単に増幅されているだけで必ずしもコーヒレントなレーザ発振ではないドライブレーザシステム１０５からの光および増幅されていると共にコーヒレントレーザ発振であるドライブレーザシステム１０５からの光の１つ以上を含む。

【００４１】

[0049] ドライブレーザシステム１０５における光増幅器１０８は、CO_2を含み約９１００～約１１０００ｎｍ（特に約１０６００ｎｍにおいて）の波長において光を増幅することができる充填ガスを利得媒質１２８として含むことができる。ドライブレーザシステム１０５内での使用に適切な増幅器およびレーザは例として、例えば、５０ｋＨｚ以上の高いパルス繰り返し数を有し、例えば１０ｋＷ以上の比較的高い電力で作動する例えば、ＤＣまたはＲＦ励起を用いて例えば、約９３００ｎｍまたは約１０６００ｎｍで放射を生成するパルスガス放出CO_2レーザデバイスなどのパルスレーザデバイスを含むことができる。ドライブレーザシステム１０５内の光増幅器１０８は高い電力でドライブレーザシステム１０５を作動する場合に使用可能な液体冷却システムなどの冷却システムを含むこともできる。液体冷却システムは、光増幅器よりも低い温度で保つことができる水を採用することができる。

【００４２】

[0050] 図４に示されるようないくつかの実施形態では、例示的な光増幅システム１０６は前置増幅器４００として作動する第１増幅器と光増幅器４０８を複数４０５含む。前置増幅器４００は、コネチカット州ファーミントンのＴＲＵＭＰＦ Ｉｎｃ．が製造するＴｒｕＣＯａｘ CO_2レーザなどの拡散冷却CO_2レーザであってよい。複数４０５の光増幅器の内の光増幅器４０８は、コネチカット州ファーミントンのＴＲＵＭＰＦ Ｉｎｃ．が製造するＴｒｕＦｌｏ CO_2レーザのような損耗しないガス循環および容量性無線周波数励起を有する高速軸流高出力CO_2レーザであってよい。

【００４３】

[0051] 最終焦点合わせアセンブリ１４０は、増幅された光ビーム１１０の焦点を合わせることにより、ビーム１１０の直径が焦点位置１４５において最小であるようにする。つまり、最終焦点合わせアセンブリ１４０は、増幅された光ビーム１１０における放射が

伝搬方向１１２に向かって焦点位置１４５に伝搬するにつれ放射を集束させる。ターゲット材１２０が無い際には、増幅された光ビーム１１０における放射は、ビーム１１０が方向１１２に向かって焦点位置１４５から離れるよう伝搬するにつれ集束する。

【００４４】

[0052] 最終焦点合わせアセンブリ１４０は、増幅された光ビーム１１０のビーム広がりを変更するために増幅された光ビーム１１０の波面を改質し焦点位置１４５において焦点合わせする、ビームデリバリシステム１２５の部分である。そのため、最終焦点合わせアセンブリ１４０に入射する増幅された光ビーム１１０の波面の曲率がゼロ（つまりコリメートされている）である場合には、最終焦点合わせアセンブリ１４０の出力は正曲率を有する増幅された光ビームであり、つまり波面の中心部が増幅された光ビームの伝搬方向の反対を示す（すなわち、波面が波面端と比較して遅延している）ことを意味する。そのため、最終焦点合わせアセンブリ１４０は、増幅された光ビーム１１０が焦点位置１４５において焦点が合わせられるように、最終焦点合わせアセンブリ１４０に入る増幅された光ビーム１１０に対してアセンブリ１４０から出力される増幅された光ビーム１１０の波面の曲率を正に変更する。最終焦点合わせアセンブリ１４０は、それぞれ湾曲した表面を有する１つ以上の透過性光学要素またはそれぞれ湾曲した表面を有する１つ以上の反射光学要素を含むことができる。

【００４５】

[0053] 光コレクタ１５５は、プラズマ１２１から放出されたＥＵＶ光１５０の少なくとも一部を捕捉し、補足した光１６０を特定の用途で補足極端紫外線光１６０を使用する光学装置１６５に誘導する。光コレクタ１５５は、ターゲット位置１３０においてまたはその付近においてあるいは集光位置１４５において第１焦点を有し、ＥＵＶ光１６０が極端紫外線光システム１００から出力可能でありまた光学装置１６５に入力可能である中間位置１６１（中間焦点とも称される）に第２焦点を有する。

【００４６】

[0054] 増幅された光ビーム１００は、パルス光ビームであり、ターゲット材１２０が極端紫外線光１５０を放出するプラズマ２１に変換することを引き起こすように増幅された光ビーム１１０とターゲット材１２０との間の相互作用を可能にするように、焦点位置１４５において焦点が合わせられるパルスの少なくとも第１セットを含む。ターゲット材１２０が極端紫外線光１５０を放出するプラズマに変換されることを引き起こすような方法で増幅された光ビーム１１０がターゲット材１２０と相互作用可能となるように、焦点位置１４５はターゲット材１２０に対して十分に近くなければいけない。そのため、焦点位置１４５はターゲット位置１３０と重なることができるが、実際にターゲット材と重なり合うことはない。その他の実施形態では、焦点位置１４５はターゲット材１２０と重なり合う。

【００４７】

[0055] 増幅された光ビーム１１０は、なんらかの方法でターゲット材１２０を調節するが、ターゲット材１２０が極端紫外線光１５０を放出するプラズマに変換されることを引き起こすための相互作用は行わないパルスの第２セットを任意に含むことができる。このパルスの第２セットは、同じビームパスに沿ったパルスの第１セットと空間的および時間的に混ざり合うことができる。例えば、パルスの第２セットは、ターゲット材１２０がターゲット位置１３０に到達する前にターゲット材１２０の幾何分布を改質するように、ターゲット材１２０がターゲット位置１３０に到達する前にターゲット材１２０と相互作用するように構成され得る。パルスの第２セットは、「プレパルス」またはプレパルスビームと称されてよい。

【００４８】

[0056] さらには、図１では１つの増幅された光ビーム１１０のみがターゲット位置１３０に誘導されていると示されているが、別の実施形態では、ドライブレーザシステム１０５は空間的に離れたビームパスまたは一時的に互いから外れた重なり合うビームパスに沿って２つ以上の増幅された光ビーム１１０を生成することができる。例えば、プレパル

スビームは第１ターゲット位置に向かって誘導されることができ、メインビームは最終焦点合わせアセンブリ１４０の出力の第２ターゲット位置（ターゲット位置１３０）に向かって誘導されることができる。

【００４９】

[0057] 図５を参照するに、いくつかの実施形態では、極端紫外線光システム１００は、リソグラフィ露光装置５６５などの光学装置に極端紫外線（ＥＵＶ）光１６０を供給するようにフォトリソグラフィシステム５００内で使用される。図６を参照してより詳細に記述されるように、フォトリソグラフィシステム５００は、極端紫外線光システム１００内の構成要素に接続された１つ以上の制御または稼働システム５８１に接続された１つ以上の主コントローラ５８０を含む。

【００５０】

[0058] ＥＵＶ光１６０はリソグラフィ露光装置５６５に誘導され、リソグラフィ露光装置５６５はウェハ５６６上にパターンを作り出すためにこの光１６０を使用する。ＥＵＶ光１６０は、ＥＵＶ光１６０の波面曲率などの面を改質する反射光学要素などの光学要素を含むことができる、イルミネータ５６７を通って誘導され得る。例えば、イルミネータ５６７は可能な限り多くのＥＵＶ光１６０を反射することができる特別なコーティング（例えば多層コート）でコーティングされた１つ以上のリフレクタを含むことができる。そのようなリフレクタはいくらかのＥＵＶ光１６０を吸収する傾向にあるため、可能な限り少ない量を使用することが有益であり得る。

【００５１】

[0059] イルミネータ５６７を出るＥＵＶ光１６０は、反射マスク５７０に誘導される。反射マスク５７０を出るＥＵＶ光１６０は、投影光学系のセット５６８を介して誘導され、投影光学系のセット５６８はＥＵＶ光１６０を反射せるための特別なコーティングでコーティングされまたウェハ５６６にＥＵＶ光１６０の焦点を合わせるように構成された１つ以上のリフレクタを含む。投影光学系のセット５６８は、ウェハ５６６に作用するＥＵＶ光１６０の角度範囲を調整し、反射マスク５７０からウェハ５６６上のフォトレジストへの像の転写が起こることを可能にする。例えば、投影光学系のセット５６８は、像のサイズを縮小しまた像をウェハ５６６上に焦点合わせする４つから６つの湾曲した一連のミラーを含むことができる。これらのミラーのそれぞれは、わずかにＥＵＶ光１６０を曲げることによりウェハ５６６上に転写される像を形成する。

【００５２】

[0060] さらには、リソグラフィ露光装置５６７は、いくつかある特徴の中で特に、リソグラフィコントローラ５７２、空気調節デバイスおよび種々の電気部品のための電力供給装置を含むことができる。いくつかの実施形態では、ウェハ５６６はウェハステージ５７３上で運ばれ液浸媒質５７４は液浸リソグラフィのためにウェハ５６６を覆うように供給されることができる。別の実施形態では、ウェハ５６６は液浸媒質５７４により覆われない。

【００５３】

[0061] ウェハ５６６は、任意の回数の処理ステップを用いて処理されてよく、処理ステップはエッチング、堆積および、ウェハの材料またはウェハ上に堆積された材料に開口パターン（溝、導管、または孔）を作る異なるマスクを用いたリソグラフィ処理などの処理ステップの１つ以上の組み合わせであってよい。これらの開口は、ウェハ上にマイクロ電子特徴の層を構築するために絶縁性、導電性または半伝性材料で充填されてよい。その後ウェハは個別チップを形成するために単体化され、個別チップは、コンピュータおよびその他の消費者向け電子機器または商業用電子機器などの幅広い種類の電気製品内に組み込まれることができる。

【００５４】

[0062] 図６を参照するに、いくつかの実施形態では、極端紫外線光システム１００は、真空チャンバ１００、１つ以上のコントローラ５８０、１つ以上の作動システム５８１およびガイドレーザ５８２などのその他の構成要素を含むシステムの一部である。

【００５５】
[0063] 真空チャンバ６００は、１つの単一構造であるか、または特定の構成要素を収容する個別のサブチャンバと共に組み立てられてよい。真空チャンバ６００は、真空ポンプにより空気およびその他のガスが除去される少なくとも部分的に固定された筐体であり、それによりチャンバ６００内が低圧力環境となる。チャンバ６００の壁は、真空用に適した（低圧力に耐え得る）任意の適切な金属または合金により作られることができる。
【００５６】
[0064] さらには、最終焦点合わせアセンブリ１４０は真空チャンバ６００の完全に外側に位置決め可能であるか、真空チャンバ６００の内側に部分的に位置決め可能であるか（アセンブリ１４０の構成要素のいくつかは低圧力環境内にあり、残りが低圧力環境外にあるようにするため）、または真空チャンバ６００の完全に内側にあってよい。あるいは、最終焦点合わせアセンブリ１４０は真空チャンバ６００のサブチャンバ６０１の部分的に内側にあってよい。例えば、図６に示されるように、最終焦点合わせアセンブリ１４０は真空チャンバ６００のサブチャンバ６０１の内側に部分的にある。
【００５７】
[0065] ターゲット材送達システム１１５は、ターゲット材１２０をターゲット位置１３０に送達する。ターゲット位置におけるターゲット材１２０は、液滴、液体流、固体粒子または塊、液滴に含まれる固体粒子または液体流内に含まれる固体粒子の形態にあってよい。ターゲット材１２０は、例えば、水、スズ、キセノンまたはその他のプラズマ状態に変換された場合にはＥＵＶ範囲内における輝線を有する。例えば、スズという元素は純粋なスズ（Ｓｎ）、スズ化合物（例えば、$SnBr_4$、$SnBr_2$、SnH_4）、スズ合金（例えば、スズ－ガリウム合金、スズ－インジウム合金、スズ－インジウム－ガリウム合金）またはこれらの合金の任意の組み合わせとして使用されてよい。ターゲット材１２０は、スズなどの上述の元素うちの１つでコーティングされたワイヤを含むことができる。ターゲット材１２０が固体状態にある場合には、輪、球体または立方体などの任意の適切な形状を有し得る。ターゲット材１２０は、チャンバ８００の内側内およびターゲット位置１３０にターゲット材送達システム１１５により送達され得る。ターゲット位置１３０は、照射位置とも称され、プラズマを生成するためにターゲット材１２０が増幅された光ビーム１１０と光学的に相互作用する場である。
【００５８】
[0066] 光コレクタ１５５は、増幅された光ビーム１１０が通過し焦点位置１４５に到達することを可能にする開口６４０を有するコレクタミラー６５５であってよい。コレクタミラー６５５は、例えば、ターゲット位置１３０または焦点位置１４５に第１焦点を有す第１楕円面鏡およびＥＵＶ光１６０が極端紫外線光システムから出力可能であり、光学装置１６５に入力可能である中間位置６６１（中間焦点とも称される）に第２焦点を有する。
【００５９】
[0067] １つ以上のコントローラ５８０は、１つ以上の作動システムまたは診断システム（例えば、液滴位置検出フィードバックシステム、レーザ制御システムおよびビーム制御システム）ならびに１つ以上のターゲットまたは液滴撮像装置に接続される。ターゲット撮像装置は、例えばターゲット位置１３０に対する、液滴の位置を示す出力を提供し、この出力を液滴位置検出フィードバックシステムに提供し、液滴位置検出フィードバックシステムは例えば液滴単位または平均として液滴位置誤差がそこから計算可能である液滴位置および軌跡を計算することができる。液滴位置検出フィードバックシステムはそのため液滴位置誤差をコントローラ５８０への入力として提供する。そのためコントローラ５８０は、例えばレーザタイミング回路を制御するために使用可能なレーザ制御システムならびに／あるいはチャンバ６００内のビーム焦点位置および／または焦点力を変更するために増幅された光ビーム位置を制御しまたビーム伝送システムの形を制御するためのビーム制御システムにレーザ位置、方向およびタイミング補正信号を提供することができる。
【００６０】

[0068] ターゲット材送達システム１１５は、例えば、所望のターゲット位置１３０にたどり着く液滴における誤差を修正する内部送達機構により放出された液滴の開放点を修正するために、コントローラ５８０からの信号に反応して作動可能なターゲット材送達制御システムを含む。

【００６１】

[0069] 付加的に、極端紫外線光システム１００は、パルスエネルギー、波長の関数としてのエネルギー分布、特定の波長帯域におけるエネルギー、特定の波長帯域外のエネルギー、ならびにＥＵＶ強度および／または焦点力の角度分布を含むがこれらの限定されたい１つ以上のＥＵＶ光パラメータを測定する光源ディテクタを含むことができる。光源ディテクタは、コントローラ５８０による使用のためのフィードバック信号を生成する。フィードバック信号は、例えば、液滴を正しい場所で適切に遮断するためのレーザパルスのタイミングおよび焦点ならびに効果的および効率的なＥＵＶ光生成のための時間などのパラメータにおける誤差を示すものであってよい。

【００６２】

[0070] いくつかの実施形態では、ドライブレーザシステム１０５は、複数の増幅ステージを含み低エネルギーおよび高い繰り返し率を有するＱスイッチ主発振器（ＭＯ）（例えば、１００ｋＨｚでの作動が可能）により開始される種パルスを有する、主発振器／電力増幅器（ＭＯＰＡ）構成を有する。ＭＯから、レーザパルスは例えば、ＲＦポンピングされた高速軸流CO_2増幅器を用いて増幅可能であり、それによりビームパスに沿って移動する増幅された光ビーム１１０を生成する。

【００６３】

[0071] 光学増幅器は３つ使用可能であるが、本実施形態では最小で１つの増幅器そして３つよりも多い増幅器の使用も可能である。いくつかの実施形態では、Ｃｏ２増幅器のそれぞれは、内側ミラーで折り返された増幅器の長さが１０メートルであるＲＦポンピング軸流CO_2レーザキューブであってよい。

【００６４】

[0072] 代替的には、ドライブレーザシステム１０５はターゲット材１２０が光キャビティの１つのミラーとして作用するいわゆる「自己ターゲット」レーザシステムとして構成可能である。いくつかの「自己ターゲット」配置では、主発振器は不要である可能性がある。ドライブレーザシステム１０５は、ビーム経路に沿って直列に配置された１つなぎの増幅器チャンバを含み、各チャンバは各自の利得媒質および励起源、例えば、ポンピング電極を有する。各増幅器チャンバは、例えば、１０６００ｎｍの波長λの光を増幅するための例えば１，０００～１０，０００の組み合わせられた単一通過利得を有するＲＦポンピング高速軸流CO_2増幅器チャンバであってよい。各増幅器チャンバは、レーザキャビティ（共振器）ミラーなしで設計可能であり、それにより単独で組み立てられた場合には増幅器チャンバは、増幅された光ビームを１回以上利得媒質を通過させるために必要な光学構成要素を含まない。それにも関わらず、上述のように、レーザキャビティは以下のように形成可能である。

【００６５】

[0073] 本実施形態では、レーザキャビティはドライブレーザシステム１０５に後部部分反射光学系を加え、ターゲット位置１３０にターゲット材１２０を置くことにより形成可能である。光学系は、例えば、約１０６００ｎｍの波長（CO_2増幅器チャンバが使用された場合の増幅された光ビーム１１０の波長）に対して約９５％の反射率を有する平坦なミラー、湾曲されたミラー、位相共役ミラー、またはコーナリフレクタであってよい。ターゲット材１２０および後部部分半茶光学系は、レーザキャビティを形成するためにいくらかの増幅された光ビーム１１０をドライブレーザシステム１０５内に戻すように反射させるように作用する。そのため、ターゲット位置１３０におけるターゲット材１２０の存在は、ドライブレーザシステム１０５がコヒーレントなレーザ共振を生成することを引き起こすのに十分なフィードバックを提供し、この場合、増幅された光ビーム１１０はレーザビームであると考えられる。ターゲット材１２０がターゲット位置１３０において存

在しない場合には、ドライブレーザシステム１０５は増幅された光ビーム１１０を生成するためにまだパンピングされ得るが、その他のいくらかの構成要素が十分なフィードバックを提供しない限りはコーヒレントなレーザ共振を生成することはない。この配置は、ターゲット材１２０が光学キャビティのミラーの１つ（いわゆるプラズマミラーまたは機械的Ｑスイッチ）として作用するいわゆる「自己ターゲット」レーザシステムであってよい。

【００６６】

[0074] 用途によっては、例えば、高出力および高パルス繰り返し率で作動するエキシマーまたはフッ素分子レーザなどのその他の種類の増幅器またはレーザも適切である。例には、例えば米国特許第６，６２５，１９１号、米国特許第６，５４９，５５１号、米国特許第６，５６７，４５０号に記載されるＭＯＰＡ構成のエキシマーレーザシステム；例えば共振器チャンバおよび１つ以上の増幅チャンバ（増幅チャンバが並列または直列である）などの１つ以上のチャンバを有するエキシマレーザ；主共振器／電力共振器（ＭＯＰＯ）配置；電力共振器／電力増幅器（ＰＯＰＡ）配置；または１つ以上のエキシマーまたはフッ素分子増幅器または共振器チャンバをシーディングする固体レーザが適切であり得る。その他の設計も可能である。
を含む。

【００６７】

[0075] 照射点では、最終焦点合わせアセンブリ１４０により適切に焦点合わせされた増幅された光ビーム１１０は、ターゲット材１２０の組成による特定の特徴を有するプラズマの生成に使用される。これらの特徴は、プラズマによって生成されたＥＵＶ光１６０の波長およびプラズマから放出されたデブリの種類および量を含み得る。増幅された光ビーム１１０は、ターゲット材１２０を気化し、気化ターゲット材を電子が落とされる臨界温度まで加熱し（プラズマ状態）イオンを残し、イオンはその後極端紫外線範囲内の波長を有するフォトンの放出を開始するまでさらに加熱される。

【００６８】

[0076] 図７Ａを参照するに、一実施形態では、光学増幅器１０８はガス混合物がガス放出チューブ７０５の一端７０１からチューブ７０５の他端７０２をガスポンプおよび供給ライン１０を介してパンピングされる軸流システム７００として設計された。他の実施形態では、光増幅器１０８は分子ガスレーザがチューブの下方へ流れるのではなく（図７Ａおよび７Ｂに示されるように）ガス放出チューブ（例えば、チューブ７０５、７５５）を渡って流れる、横断ガス流システムとして設計可能である。このように、分子ガスの連続的なレーザ動作のために高い電力定格が取得できる。

【００６９】

[0077] 軸流の実施形態または横断流の実施形態のいずれにおいても、ガス分子の分離により枯渇したガス分子を置き換えるために新鮮ガスが提供される。光学増幅器１０８が二酸化炭素分子ガスである一例では、ガス混合物はCO_2を含み、効率性を促進するためにガス混合物にはＨｅおよびN_2が添加される。軸流システム７００が検討されているが、この設計は横断ガス流システムにも適用可能である。軸（または横断）流システム７００は、再循環ポンプ（またはブロワ）ならびにガス混合物をチューブ７０５からライン７１０を介して押し出す再循環ポンプ（またはブロワ）および分離により枯渇したガス分子を置き換えるガスの供給を含むガス供給システム７１５を含む。触媒変換システム１０７は、この軸（または横断）流システム７００のガスライン７１０の内側に（または直列に）配置可能である。触媒変換システム１０７のこのような配置（すなわち、ガスライン７１０内、従ってガスライン７１０と直列な配置）は、光増幅システム１０６が高い酸素濃度に耐え得る状況において適切であり得る。

【００７０】

[0078] 図７Ｂを参照するに、軸（または横断）流システム７５０のその他の実施形態では、触媒変換システム１０７はガス混合物を収容するガス放出チューブ７５５を含む軸（または横断）流システム７５０のガスライン７６０の外側（すなわち、並列して）配置

される。触媒変換システム１０７のこのような配置（すなわち、ガスライン７６０の外側におけるおよびガスライン７６０に並列した配置）は、光増幅システム１０６が、ガス混合物内の高い酸素濃度に耐えられない場合（例えば、酸素がガス混合物の合計のうち０．２％未満でなくてはならない場合）において適切であり得る。

【００７１】

[0079]　典型的には、ガス混合物のごく一部（例えば、約１～２０％または約５％）は、チューブ７５５の放出領域（O_2濃度が高い場所）から、ガスライン７６０を介して、下流に引き、ガス混合物をガスライン７６０（チューブ７５５の放出領域から上流）に戻すよう再導入する前に触媒変換システム１０７の触媒要素３００、３０５、３１０を通るよう送られる（酸化によってO_2を除去するために）。この実施形態では、触媒変換システム１０７は、制御弁７７０および再循環ポンプまたはブロワ７７５も含むことができる。

【００７２】

[0080]　図７Ｂにおける外部触媒構成においては、ガス混合物の温度はガス熱交換機（例えば、熱交換機３１０）または対向流ガス熱交換機のいずれかにより制御可能である。そのような外部構成は、温度はガスライン７６０の外で調整可能であることから、ガス混合物の温度に対するより細かな制御を可能にする。代替案は、触媒そのものを加熱することである。図１に示されるようなＥＵＶ光源の適用については、ガス混合物の加熱はガス混合物流内および触媒表面上におけるより均一な温度分布に繋がることから、ガス混合物を加熱することが望ましい可能性がある。

【００７３】

[0081]　その他の実施形態は、添付の請求項の範囲内にある。

【図１】

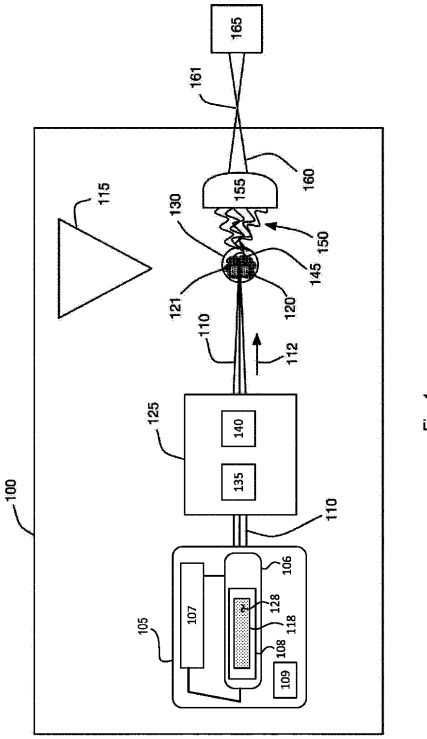
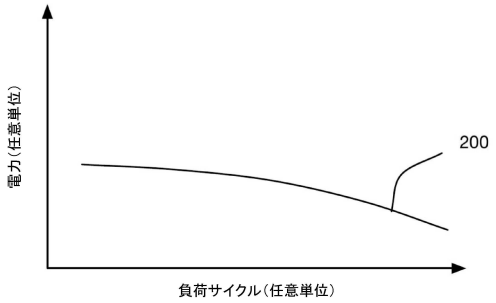
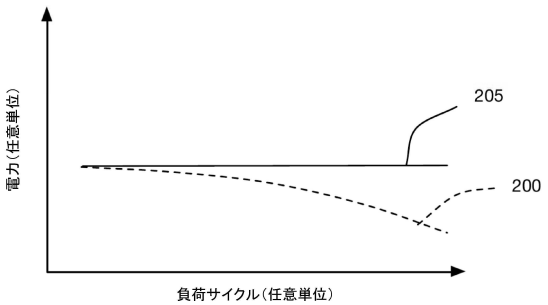


Fig. 1

【図２Ａ】



【図２Ｂ】



【図３Ａ】

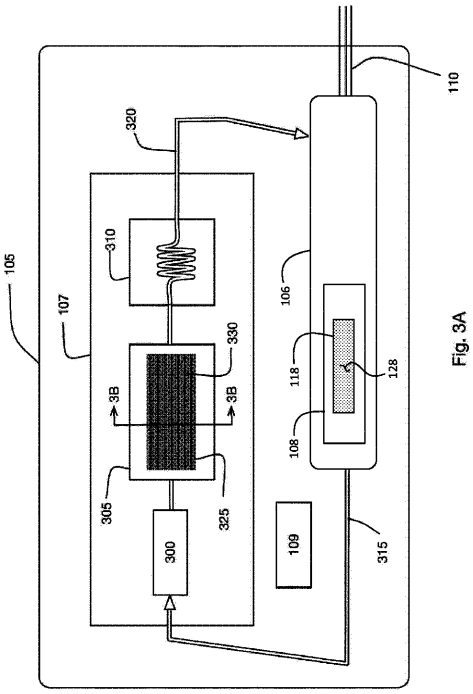


Fig. 3A

【図３Ｂ】

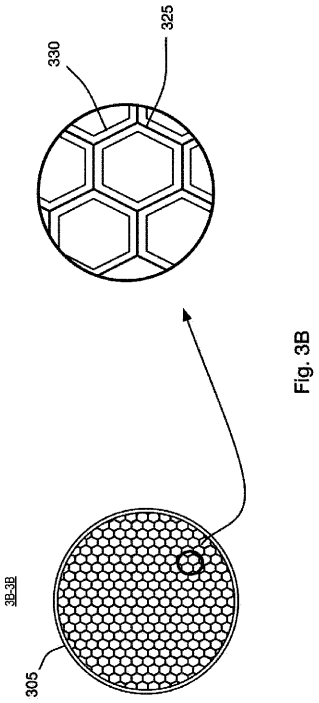


Fig. 3B

【図４】

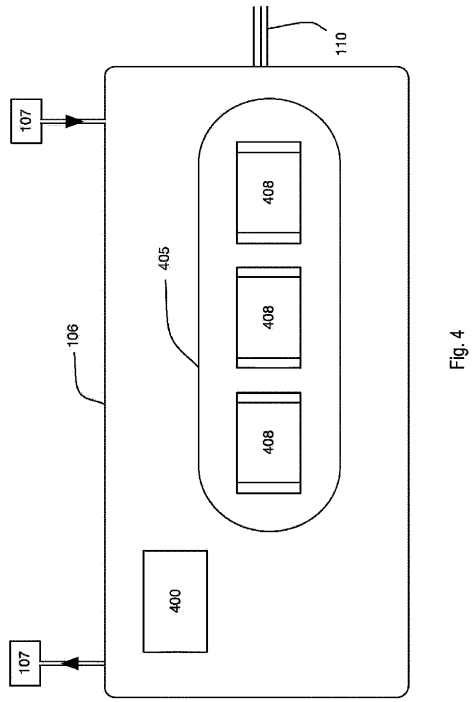


Fig. 4

【図５】

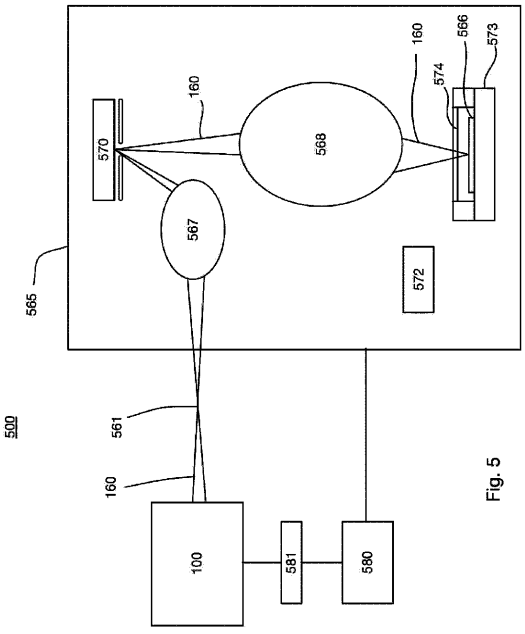


Fig. 5

【図６】

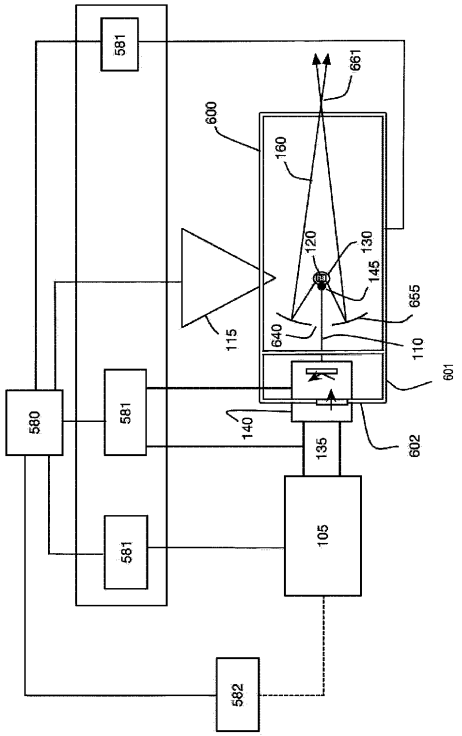
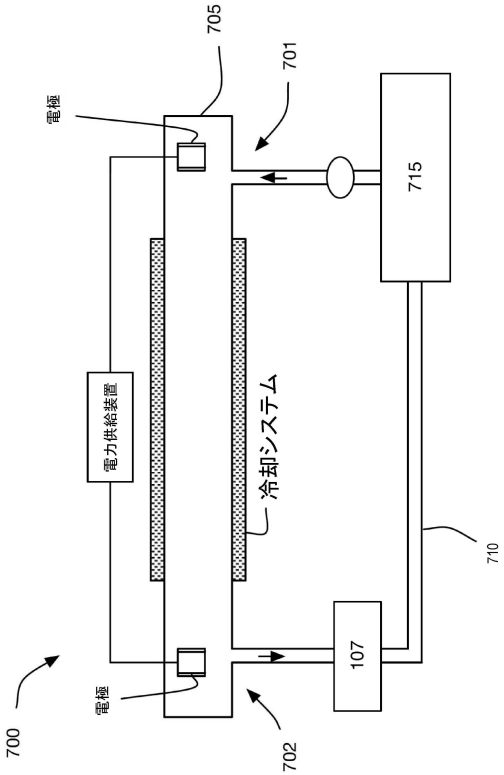
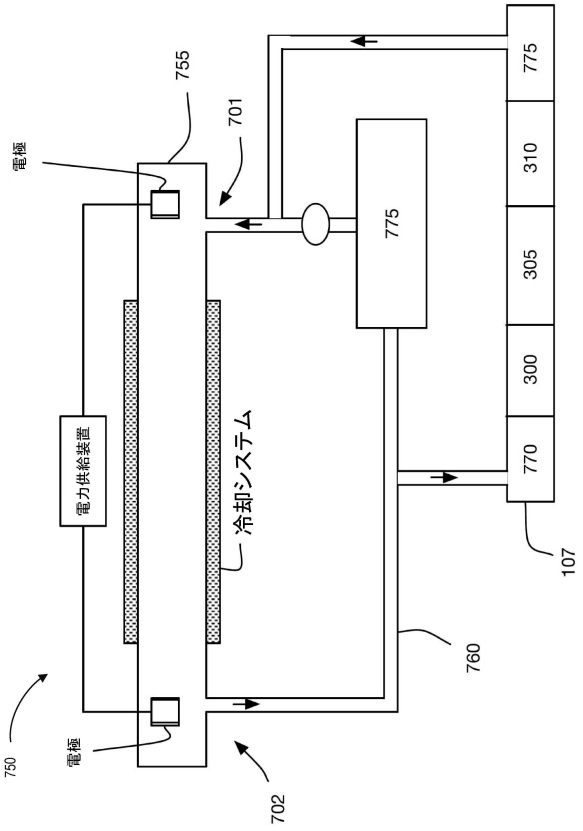


Fig. 6

【図７Ａ】



【図７Ｂ】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
H05G	*2/00*	*(2006.01)*	H05G	2/00	K
G03F	*7/20*	*(2006.01)*	G03F	7/20	503
			G03F	7/20	521

(72)発明者 リーベンベルグ, クリストッフェル ヨハネス
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 92127, サン ディエゴ, ソーンミント コート 17075
(72)発明者 シャフガンズ, アレキサンダー アンソニー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 92127, サン ディエゴ, ソーンミント コート 17075

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開2013-218286（JP, A）
特開平07-066474（JP, A）
特開昭56-131981（JP, A）
特開昭63-308983（JP, A）
特開2012-223667（JP, A）
特開2008-239801（JP, A）
英国特許出願公告第01256398（GB, A）
特開平05-243643（JP, A）
国際公開第2013/152944（WO, A1）
特表2008-534834（JP, A）
特開2008-057529（JP, A）
特開2014-013848（JP, A）

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 3/00-3/30
G03F 7/20-7/24
G03F 9/00-9/02
H05G 1/00-2/00
IEEE Xplore