

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-529903
(P2007-529903A)

(43) 公表日 平成19年10月25日(2007.10.25)

(51) Int.C1.	F 1	テーマコード (参考)
HO1L 21/027 (2006.01)	HO1L 21/30	531S 4C092
HO5G 2/00 (2006.01)	HO5G 1/00	K 5F046
HO1S 3/00 (2006.01)	HO1S 3/00	A 5F172

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2007-503940 (P2007-503940)	(71) 出願人	504010648 サイマー インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン デイエゴ ソーンミント コート 17075
(86) (22) 出願日	平成17年3月3日 (2005.3.3)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 賢男
(85) 翻訳文提出日	平成18年11月13日 (2006.11.13)	(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(86) 國際出願番号	PCT/US2005/007063	(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
(87) 國際公開番号	W02005/089131	(74) 代理人	100109070 弁理士 須田 洋之
(87) 國際公開日	平成17年9月29日 (2005.9.29)		
(31) 優先権主張番号	10/803,526		
(32) 優先日	平成16年3月17日 (2004.3.17)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	10/979,919		
(32) 優先日	平成16年11月1日 (2004.11.1)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

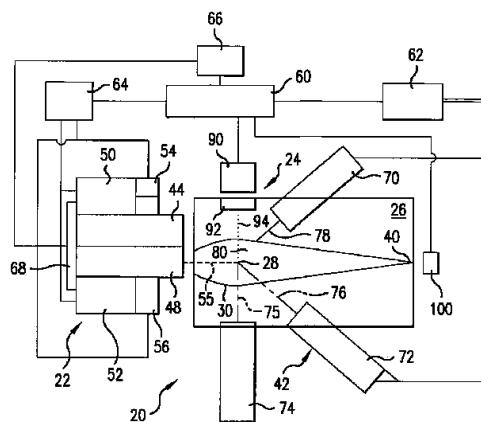
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 L P P の E U V 光源

(57) 【要約】

【課題】レーザビームによるターゲットの照射により開始されたプラズマによって生成される E U V 光源を提供する。

【解決手段】初期ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帶域内 E U V 光を放出する放出領域を有するプラズマを発生させる E U V を形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、プラズマの放出領域に向けてプラズマ内の放出材料を圧縮するために初期ターゲット照射パルス後にプラズマをプラズマ照射パルスで照射するレーザプラズマ照射パルス発生機構とを含むことができる、L P P の E U V 光源においてプラズマ照射レーザ光パルスを有効かつ効率的に供給するための機器及び方法。プラズマ照射パルスは、関連のより低い臨海密度を有して放出材料の圧縮を達成するために初期ターゲット照射サイトから十分に分離されたプラズマ照射パルスの波長によって形成されたプラズマの領域におけるプラズマ内で発生する吸収をもたらすように、初期ターゲット照射パルスの波長よりも十分に長い波長を有するレーザパルスを含むことができ、かつ放出領域



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線（EUV）光源であって、初期ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帯域内EUV光を放出する放出領域を有するEUV発生プラズマを形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、

前記プラズマ内の放出材料を該プラズマの前記放出領域に向けて圧縮するために、前記初期ターゲット照射パルス後のプラズマ照射パルスで該プラズマを照射するレーザプラズマ照射パルス発生機構と、

を含むことを特徴とする光源。

10

【請求項 2】

前記プラズマ照射パルスは、初期ターゲット照射サイトから十分に分離された該プラズマ照射パルスの波長によって定められた前記プラズマの領域における該プラズマ内に発生する吸収をもたらして前記放出材料の圧縮を達成する関連のより低い臨海密度を有するよう、前記初期ターゲット照射パルスの波長よりも十分に長い波長を有するレーザパルスを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の機器。

【請求項 3】

前記プラズマ照射パルスは、前記放出領域を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の機器。

20

【請求項 4】

前記レーザプラズマ照射パルスは、前記放出領域を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項2に記載の機器。

【請求項 5】

前記レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大に対して有利に放出するプラズマを閉じ込めるのに十分な前記プラズマの融除雲内の空中質量密度を生成する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の機器。

【請求項 6】

前記レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大に対して有利に放出するプラズマを閉じ込めるのに十分な前記プラズマの融除雲内の空中質量密度を生成する、

30

ことを更に含むことを特徴とする請求項2に記載の機器。

【請求項 7】

前記レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大に対して有利に放出するプラズマを閉じ込めるのに十分な前記プラズマの融除雲内の空中質量密度を生成する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項3に記載の機器。

【請求項 8】

前記レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大に対して有利に放出するプラズマを閉じ込めるのに十分な前記プラズマの融除雲内の空中質量密度を生成する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項4に記載の機器。

【請求項 9】

前記プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、前記有利に放出するプラズマの圧縮を保証するために前記初期ターゲットの表面から十分に除去される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の機器。

40

【請求項 10】

前記プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、前記有利に放出するプラズマの圧縮を保証するために前記初期ターゲットの表面から十分に除去される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項2に記載の機器。

【請求項 11】

前記プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、前記有利に放出するプラズマの圧縮を保証するために前記初期ターゲットの表面から十分に除去される、

50

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 に記載の機器。

【請求項 1 2】

前記プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、前記有利に放出するプラズマの圧縮を保証するために前記初期ターゲットの表面から十分に除去される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 4 に記載の機器。

【請求項 1 3】

高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線（EUV）光源であって、

ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帯域内 EUV 光を放出する EUV 発生プラズマを形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、

前記プラズマを実質的に取り囲んで該プラズマの膨張を抑制するプラズマタンパーと、
10 を含むことを特徴とする光源。

【請求項 1 4】

前記タンパーは、EUV 波長の選択帯域内の EUV 光に対して実質的に透明な材料を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の機器。

【請求項 1 5】

前記タンパーは、バッファガスを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の機器。

【請求項 1 6】

前記タンパーは、バッファガスを含む

20

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の機器。

【請求項 1 7】

前記タンパーは、前記ターゲット上のコーティングを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の機器。

【請求項 1 8】

前記タンパーは、前記ターゲット上のコーティングを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の機器。

【請求項 1 9】

前記タンパーは、前記ターゲット周りのガスの柱を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の機器。

30

【請求項 2 0】

前記タンパーは、前記ターゲット周りのガスの柱を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の機器。

【請求項 2 1】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の機器。

【請求項 2 2】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の機器。

【請求項 2 3】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

40

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 5 に記載の機器。

【請求項 2 4】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 6 に記載の機器。

【請求項 2 5】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 7 に記載の機器。

【請求項 2 6】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

50

ことを更に含むことを特徴とする請求項 18 に記載の機器。

【請求項 27】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 19 に記載の機器。

【請求項 28】

前記ターゲットは、金属液滴を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 20 に記載の機器。

【請求項 29】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 21 に記載の機器。

【請求項 30】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 22 に記載の機器。

【請求項 31】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 23 に記載の機器。

【請求項 32】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 24 に記載の機器。

【請求項 33】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 25 に記載の機器。

【請求項 34】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 26 に記載の機器。

【請求項 35】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 27 に記載の機器。

【請求項 36】

前記タンパーは、タンパー材料への運動量の移送により照射後の前記ターゲットの拡大を抑制する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 28 に記載の機器。

【請求項 37】

レーザ生成プラズマ (LPP) 極紫外線 (EUV) 光源であって、

駆動レーザと、

ブリュアン散乱セル、

を含む駆動レーザパルス持続時間圧縮機構と、

を含むことを特徴とする光源。

【請求項 38】

前記ブリュアン散乱セルは、誘導ブリュアン散乱セルを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 37 に記載の機器。

【請求項 39】

前記ブリュアン散乱セルは、ラインナロード主発振器レーザによってシード光が注入さ

10

20

30

40

50

れる、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 7 に記載の機器。

【請求項 4 0】

前記ブリュアン散乱セルは、ラインナロード主発振器レーザによってシード光が注入される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 8 に記載の機器。

【請求項 4 1】

前記主発振器レーザは、ガス放電レーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 9 に記載の機器。

【請求項 4 2】

前記主発振器レーザは、ガス放電レーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 4 0 に記載の機器。

【請求項 4 3】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 7 に記載の機器。

【請求項 4 4】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 8 に記載の機器。

【請求項 4 5】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 9 に記載の機器。

【請求項 4 6】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 4 0 に記載の機器。

【請求項 4 7】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 4 1 に記載の機器。

【請求項 4 8】

前記ブリュアン散乱セルは、

誘導ブリュアン散乱発生器セル及び誘導ブリュアン散乱増幅器セル、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の機器。

【請求項 4 9】

前記ブリュアン散乱セルは、

第 1 のブリュアン散乱セルと、

前記第 1 のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第 2 のブリュアン
散乱セルと、

前記第 2 のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 3 7 に記載の機器。

10

20

30

40

50

【請求項 5 0】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項38に記載の機器。

【請求項 5 1】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項39に記載の機器。

【請求項 5 2】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項40に記載の機器。

【請求項 5 3】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項41に記載の機器。

【請求項 5 4】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項42に記載の機器。

【請求項 5 5】

前記プリュアン散乱セルは、
第1のプリュアン散乱セルと、
前記第1のプリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のプリュアン散乱セルと、
前記第2のプリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項43に記載の機器。

【請求項 5 6】

前記プリュアン散乱セルは、

10

20

30

40

50

第1のブリュアン散乱セルと、
前記第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のブリュアン散乱セルと、
前記第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項44に記載の機器。

【請求項57】

前記ブリュアン散乱セルは、
第1のブリュアン散乱セルと、
前記第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のブリュアン散乱セルと、
前記第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項45に記載の機器。

【請求項58】

前記ブリュアン散乱セルは、
第1のブリュアン散乱セルと、
前記第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のブリュアン散乱セルと、
前記第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項46に記載の機器。

【請求項59】

前記ブリュアン散乱セルは、
第1のブリュアン散乱セルと、
前記第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のブリュアン散乱セルと、
前記第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項47に記載の機器。

【請求項60】

前記ブリュアン散乱セルは、
第1のブリュアン散乱セルと、
前記第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が注入される第2のブリュアン散乱セルと、
前記第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチパス増幅器と、
を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項48に記載の機器。

【請求項61】

ガス放電電力発振器システムであって、
選択出力波長₃で部分反射性の出力カプラと該選択波長₃に対して全反射性のミラーとによって形成された共振発振器空洞を有するガス放電レーザシステムと、
少なくとも2つの波長₁及び₂を含む、前記全反射性ミラーの非反射側を通じて前記空洞内に導入される外部シードビームと、
前記空洞における増幅のために前記選択波長で前記シードビームを空洞内シードビームに変換するように作動する該空洞内の非線形光学要素と、
を含むことを特徴とするシステム。

【請求項62】

前記共振発振器空洞は、電力増幅器を形成し、
前記全反射性ミラーの前記非反射側は、前記空洞内への前記外部シードビームの波長結

合をもたらす、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 1 に記載の機器。

【請求項 6 3】

共振発振器空洞は、ガス放電ハロゲンガスパルスレーザシステムを含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 1 に記載の機器。

【請求項 6 4】

共振発振器空洞は、ガス放電ハロゲンガスパルスレーザシステムを含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 2 に記載の機器。

【請求項 6 5】

1及び2は、実質的に3に中心がある駆動レーザシステムレーザ出力光パルスを生成するために、KrF、XeF、及びXeClの群から選択された利得媒体における増幅に対しても前記発振器空洞において前記レーザにシード光を注入するのに適する出力3を前記非線形光学要素において生成するように選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 1 に記載の機器。

【請求項 6 6】

1及び2は、実質的に3に中心がある駆動レーザシステムレーザ出力光パルスを生成するために、KrF、XeF、及びXeClの群から選択された利得媒体における増幅に対しても前記発振器空洞において前記レーザにシード光を注入するのに適する出力3を前記非線形光学要素において生成するように選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 2 に記載の機器。

【請求項 6 7】

1及び2は、実質的に3に中心がある駆動レーザシステムレーザ出力光パルスを生成するために、KrF、XeF、及びXeClの群から選択された利得媒体における増幅に対しても前記発振器空洞において前記レーザにシード光を注入するのに適する出力3を前記非線形光学要素において生成するように選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 3 に記載の機器。

【請求項 6 8】

1及び2は、実質的に3に中心がある駆動レーザシステムレーザ出力光パルスを生成するために、KrF、XeF、及びXeClの群から選択された利得媒体における増幅に対しても前記発振器空洞において前記レーザにシード光を注入するのに適する出力3を前記非線形光学要素において生成するように選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 4 に記載の機器。

【請求項 6 9】

パルスレーザビームを利用してプラズマ開始ターゲットを照射する高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線(EUV)光源であって、

選択パルス繰返し数でレーザ出力光パルスを生成し、かつ望ましいEUV変換効率を得るには十分に短くない、パルスビーム源の作動の特性によるパルス持続時間有するレーザ出力光パルスビーム源と、

電力増幅器レーザシステムと、

前記出力光パルスビーム源において生成された出力光パルスの第1の選択部分を選択して、増幅媒体が前記電力増幅器に存在する間に該電力増幅器を通じて該第1の選択部分を誘導し、かつ該出力光パルスビーム源において生成された該出力光パルスの第2の部分を選択して、該増幅媒体が該電力増幅器に存在する間に該電力増幅器を通じて該第2の選択部分を誘導するための選択機構、及び

前記第1及び第2の部分を実質的に重ね合わせて、前記望ましい変換効率を生成するのに十分に短いパルス持続時間有する前記ターゲットを照射するための結合ビームを形成する結合機構、

を含むパルス持続時間短縮器と、

を含むことを特徴とする光源。

【請求項 7 0】

10

20

30

40

50

前記結合ビームは、前記レーザ出力光パルスビーム源によって生成された前記レーザ出力ビームパルスとして前記パルス持続時間の実質的に半分を有し、かつ該レーザ出力光パルス源によって生成された前記レーザ出力光パルスに含まれるエネルギーの実質的に全てを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 9 に記載の機器。

【請求項 7 1】

前記レーザ出力光パルス源は、出力パルス持続時間がレージング媒体の少なくとも 1 つの成分の遷移状態によって少なくとも部分的に判断される分子又はエキシマガス放電レーザ発振器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 9 に記載の機器。

10

【請求項 7 2】

前記レーザ出力光パルス源は、出力パルス持続時間がレージング媒体の少なくとも 1 つの成分の遷移状態によって少なくとも部分的に判断される分子又はエキシマガス放電レーザ発振器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 0 に記載の機器。

【請求項 7 3】

前記選択機構は、前記レーザ出力光パルスを該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に半分を含む第 1 の部分と、該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に他方の半分を含む第 2 の部分とに分離するパルス分離器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 9 に記載の機器。

20

【請求項 7 4】

前記選択機構は、前記レーザ出力光パルスを該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に半分を含む第 1 の部分と、該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に他方の半分を含む第 2 の部分とに分離するパルス分離器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 0 に記載の機器。

【請求項 7 5】

前記選択機構は、前記レーザ出力光パルスを該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に半分を含む第 1 の部分と、該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に他方の半分を含む第 2 の部分とに分離するパルス分離器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 1 に記載の機器。

30

【請求項 7 6】

前記選択機構は、前記レーザ出力光パルスを該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に半分を含む第 1 の部分と、該レーザ出力光パルスのエネルギーの実質的に他方の半分を含む第 2 の部分とに分離するパルス分離器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 2 に記載の機器。

【請求項 7 7】

前記結合機構は、第 1 の光路と第 2 の光路を含み、該第 2 の光路は、該第 1 及び第 2 の光路の出力部において前記第 1 の部分と前記第 2 の部分を実質的に重ね合わせるのに十分な遅延を有する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 3 に記載の機器。

40

【請求項 7 8】

前記結合機構は、第 1 の光路と第 2 の光路を含み、該第 2 の光路は、該第 1 及び第 2 の光路の出力部において前記第 1 の部分と前記第 2 の部分を実質的に重ね合わせるのに十分な遅延を有する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 4 に記載の機器。

【請求項 7 9】

前記結合機構は、第 1 の光路と第 2 の光路を含み、該第 2 の光路は、該第 1 及び第 2 の光路の出力部において前記第 1 の部分と前記第 2 の部分を実質的に重ね合わせるのに十分な遅延を有する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 5 に記載の機器。

50

【請求項 8 0】

前記結合機構は、第1の光路と第2の光路を含み、該第2の光路は、該第1及び第2の光路の出力部において前記第1の部分と前記第2の部分を実質的に重ね合わせるのに十分な遅延を有する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項76に記載の機器。

【請求項 8 1】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項73に記載の機器。

【請求項 8 2】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項74に記載の機器。

【請求項 8 3】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項75に記載の機器。

【請求項 8 4】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項76に記載の機器。

【請求項 8 5】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項77に記載の機器。

【請求項 8 6】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項78に記載の機器。

【請求項 8 7】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項79に記載の機器。

【請求項 8 8】

前記選択機構は、前記第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、前記第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項80に記載の機器。

【請求項 8 9】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力增幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力增幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項73に記載の機器。

【請求項 9 0】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力增幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力增幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項74に記載の機器。

【請求項 9 1】

10

20

30

40

50

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項75に記載の機器。

【請求項92】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

10

ことを更に含むことを特徴とする請求項76に記載の機器。

【請求項93】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項77に記載の機器。

【請求項94】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

20

ことを更に含むことを特徴とする請求項78に記載の機器。

【請求項95】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項79に記載の機器。

【請求項96】

前記第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ前記第1の選択部分と前記第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含み、更に、該第1の作動光学要素と前記電力増幅器の間の経路における第1の極性特定の反射要素と、該第2の作動光学要素と該電力増幅器の間の経路における第2の極性特定の反射要素とを含む、

30

ことを更に含むことを特徴とする請求項80に記載の機器。

【請求項97】

レーザ生成プラズマEUV光源であって、

約1054nmの選択波長でレーザ出力光パルスを生成する半導体パルスレーザと、

前記半導体パルスレーザからのレーザ出力レーザパルスを増幅するファイバ増幅器とダイオードポンプ半導体増幅器レーザとを含む半導体増幅器機構と、

40

前記増幅レーザ出力光パルスを約351nmの波長に変換する高調波発生器と、

約351nmの前記増幅レーザ出力パルスを増幅してLPPのEUV光源駆動レーザシステム出力光パルスを生成する、XeFエキシマレーザ利得媒体を有するXeFエキシマレーザ増幅器チャンバと、

を含むことを特徴とする光源。

【請求項98】

前記半導体シードレーザは、約1051.2nmから1053.8nmまでの中心波長の帯域で作動するNd³⁺に基づく常磁性イオンレーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項97に記載の機器。

【請求項99】

50

前記半導体シードレーザは、

Nd : (Y, Nd) P_5O_{14} (1051.2 nm)、Nd P_5O_{14} (1051.3 nm、
Y P_5O_{14} (1051.5 nm)、Nd P_5O_{14} (1051.5 nm)、(Nd、La) P_5O_{14} (1052 nm)、KNd P_4O_{12} (1052 nm)、 $K_5Nd_{12}F_{10}$ (1052 nm)、 $Y_3Al_5O_{12}$ (1052 nm)、BaF₂ - YF₃ (1052.1 nm)、 $Y_3Al_5O_{12}$ (1052.1 nm)、Nd P_5O_{14} (1052.1 nm)、YF₃ (1052.1 nm)、LaF₃ (1052.3 nm)、Y P_5O_{14} (1052.5 nm)、BaF₂ - GdF₃ (1052.6 nm)、SrF₂ - GdF₃ (1052.8 nm)、LiYF₄ (1052.8 nm)、Nd P_5O_{14} (1052.9 nm)、BaY₂F₈ (1052.9 nm)、LiLuF₄ (1052.9 nm)、LiYF₄ (1053 nm)、(Nd、La) P_5O_{14} (1053 nm)、Ca₃(Nb、Ga)₂ Ga_3O_{12} (1053 - 1062 nm)、LiYF₄ (1053 nm)、BaF₂YF₈ (1053 nm)、CaF₂ - uF₃ (1053 nm)、LaMgA₁₁O₁₉ (1053 - 1059 nm)、LiLuF₄ (1053.1 nm)、LiKYF₅ (1053.2 nm)、BaF₂ - LaF₃ (1054 - 1056.3 nm)、Lu₃Al₅O₁₂ (1053.5 nm)、CaF₂ - SrF₂ - BaF₂ - YF₃ - LaF₃ (1053.5 - 1054.7 nm)、CaF₂ - CeF₃ (1053.7 nm)、及びBaF₂ - LaF₃ (1053.8 nm)レーザ、
を含む群から選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 8 に記載の機器。

【請求項 100】

前記ファイバ增幅器は、リン酸塩纖維増幅器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 7 に記載の機器。

【請求項 101】

前記ファイバ增幅器は、リン酸塩纖維増幅器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 8 に記載の機器。

【請求項 102】

前記ファイバ增幅器は、リン酸塩纖維増幅器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 9 に記載の機器。

【請求項 103】

前記半導体增幅器レーザは、Nd : リン酸塩レーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 100 に記載の機器。

【請求項 104】

前記半導体增幅器レーザは、Nd : リン酸塩レーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 101 に記載の機器。

【請求項 105】

前記半導体增幅器レーザは、Nd : リン酸塩レーザを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 102 に記載の機器。

【請求項 106】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記 XeF エキシマ增幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、

を含むことを特徴とする請求項 9 7 に記載の機器。

【請求項 107】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記 XeF エキシマ增幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、

を含むことを特徴とする請求項 9 8 に記載の機器。

【請求項 108】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記 XeF エキシマ增幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、

を含むことを特徴とする請求項 9 9 に記載の機器。

【請求項 109】

10

20

30

40

50

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項100に記載の機器。

【請求項110】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項101に記載の機器。

【請求項111】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項102に記載の機器。

10

【請求項112】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項103に記載の機器。

【請求項113】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項104に記載の機器。

20

【請求項114】

前記半導体シードレーザの前記出力を調整して前記XeFエキシマ増幅器チャンバにおけるレージングの有効性を最大にする調整機構、
を含むことを特徴とする請求項105に記載の機器。

【請求項115】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項106に記載の機器。

【請求項116】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項107に記載の機器。

30

【請求項117】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項108に記載の機器。

【請求項118】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項109に記載の機器。

【請求項119】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項110に記載の機器。

【請求項120】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項111に記載の機器。

40

【請求項121】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項112に記載の機器。

【請求項122】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項113に記載の機器。

【請求項123】

前記調整機構は、前記半導体シードレーザの温度を調節する、
ことを更に含むことを特徴とする請求項114に記載の機器。

50

【請求項 1 2 4】

レーザ生成プラズマEUV光源であって、
4パスガス放電レーザ増幅器チャンバを含み、
前記4パスガス放電レーザ増幅器チャンバは、
増幅のための直線偏光入力レーザ光パルスビームを受け取り、該入力レーザ光パルスビームを第1の光路に沿って第1の方向に通す第1の極性感応ビームスプリッタと、
前記入力レーザ光パルスビームを前記第1の光路に沿って第2の方向に反射して戻す、
該第1の光路の終点の第1の全反射性ミラーと、

前記第1の光路に沿って前記第1及び第2の方向に修正機構を通過させることにより前記入力レーザ光パルスビームにおけるパルスの極性を90°回転させるように作動する、
前記第1のビームスプリッタと第1の全反射性ミラーとの中間にある該第1の光路における極性修正機構と、

を含み、

前記第1の極性感応ビーム分割機構は、前記第1の光路に沿って進む前記入力レーザ光パルスビームを第2の光路に沿って前記第2の方向に反射するように作動し、

前記4パスガス放電レーザ増幅器チャンバは、更に、

前記入力レーザ光パルスビームを第3の光路に沿って第1の方向に反射するように作動する、前記第2の光路の終点の第2の極性感応ビーム分割機構と、

前記入力レーザ光パルスビームを前記第3の光路に沿って第2の方向に反射して戻す、
該第3の光路の終点の第2の全反射性ミラーと、

前記第2の光路に沿って前記第1及び第2の方向に修正機構を通過させることにより前記入力レーザ光パルスビームにおけるパルスの極性を90°回転させるように作動する、
前記第2のビームスプリッタと第2の全反射性ミラーとの中間にある前記第3の光路における極性修正機構と、

を含み、

前記第2の極性感応ビームスプリッタは、受け取った前記入力光レーザパルスビームを増幅出力レーザ光パルスビームとして前記第3の光路に沿って前記第2の方向に通すように作動し、

前記第1及び第3の光路は、前記ガス放電レーザ増幅器チャンバ内で交差している、
ことを特徴とする光源。

【請求項 1 2 5】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項21に記載の機器。

【請求項 1 2 6】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項22に記載の機器。

【請求項 1 2 7】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項23に記載の機器。

【請求項 1 2 8】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項24に記載の機器。

【請求項 1 2 9】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項25に記載の機器。

【請求項 1 3 0】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、
ことを更に含むことを特徴とする請求項26に記載の機器。

【請求項 1 3 1】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、

10

20

30

40

50

ことを更に含むことを特徴とする請求項 2 7 に記載の機器。

【請求項 1 3 2】

前記タンパーは、前記液滴を実質的に取り囲んでいる、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 2 8 に記載の機器。

【請求項 1 3 3】

L P P の E U V 光源駆動レーザシステムであって、

約 1 0 5 4 n m の発振器レーザ出力光パルスビーム波長を有する半導体発振器レーザと

、前記発振器レーザ出力光ビームの前記波長を約 3 5 1 n m に変換する波長修正機構と、
約 3 5 1 n m に利得中心を有する少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放電增幅器チャ
ンバと、

前記出力レーザ光ビーム波長を調節して前記 X e F エキシマガス放電增幅器チャンバの
実際の利得中心を適合させる半導体発振器レーザ出力レーザ光パルスビーム調節機構と、
を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 1 3 4】

前記少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放電增幅器チャンバは、第 1 及び第 2 のチャ
ンバを含み、

前記発振器レーザ出力光パルスビームの第 1 の部分を前記第 1 のチャンバ内に、かつ該
発振器レーザ出力光パルスビームの第 2 の部分を前記第 2 のチャンバ内に誘導するビーム
スプリッタと、

前記第 1 のチャンバからの第 1 の増幅出力レーザ光パルスビームを前記第 2 のチャンバ
からの第 2 の増幅出力レーザ光パルスビームと結合して L P P の E U V 光源駆動レーザ出
力光パルスビームにするビーム結合器と、

を更に含むことを特徴とする請求項 1 3 3 に記載の機器。

【請求項 1 3 5】

前記発振器レーザ出力光パルスビームは、前記少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放
電レーザチャンバに収容された利得媒体を通って該少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放
電チャンバを通過する少なくとも 3 つのパスを形成する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 3 に記載の機器。

【請求項 1 3 6】

前記発振器レーザ出力光パルスビームは、前記少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放
電レーザチャンバに収容された利得媒体を通って該少なくとも 1 つの X e F エキシマガス放
電チャンバを通過する少なくとも 3 つのパスを形成する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 4 に記載の機器。

【請求項 1 3 7】

高変換効率 L P P の E U V 光源であって、

少なくとも 2 つの駆動レーザターゲット照射パルスを用いて異なる波長でプラズマ開始タ
ーゲットを同時に照射するレーザターゲット照射パルス発生機構、

を含むことを特徴とする光源。

【請求項 1 3 8】

前記少なくとも 2 つのターゲット照射パルスは、第 1 の波長での少なくとも第 1 のパル
スと、該第 1 の波長よりも長く、かつ該第 1 の波長ほど前記ターゲット内に深く吸収され
ない該第 1 の波長よりも低い関連の臨界密度を有する第 2 の波長での第 2 のパルスとを含
む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 7 に記載の機器。

【請求項 1 3 9】

前記第 2 のパルスの吸収によって生じたプラズマは、該第 2 のパルスによって形成され
たプラズマを圧縮する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 3 8 に記載の機器。

【請求項 1 4 0】

10

20

30

40

50

前記第2のパルスによって生じたプラズマは、前記第1のパルスによって形成されたプラズマの方向にターゲット材料の融除を引き起こし、該第1のパルスによって形成された該プラズマを閉じ込める、

ことを更に含むことを特徴とする請求項137に記載の機器。

【請求項141】

前記第2のパルスによって生じたプラズマは、前記第1のパルスによって形成されたプラズマの方向にターゲット材料の融除を引き起こし、該第1のパルスによって形成された該プラズマを閉じ込める、

ことを更に含むことを特徴とする請求項138に記載の機器。

【請求項142】

前記少なくとも2つのパルスは、少なくとも前記第1の波長と、前記第2の波長とを含む単一パルスを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項140に記載の機器。

【請求項143】

前記少なくとも2つのパルスは、少なくとも前記第1の波長と、前記第2の波長とを含む単一パルスを含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項141に記載の機器。

【請求項144】

LPPのEUV光源であって、

少なくとも1つの駆動レーザと、

前記駆動レーザによる照射によるプラズマ開始のためのターゲットと、

プラズマ両極拡散相殺機構と、

を含むことを特徴とする光源。

【請求項145】

前記両極拡散相殺機構は、負電界発生器を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項144に記載の機器。

【請求項146】

前記負電界発生器は、前記ターゲットに対して負電界を付与するように作動する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項145に記載の機器。

【請求項147】

前記両極拡散相殺機構は、ターゲット送出機構の一部分を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項144に記載の機器。

【請求項148】

前記両極拡散相殺機構は、ターゲット送出機構の一部分を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項145に記載の機器。

【請求項149】

前記両極拡散相殺機構は、ターゲット送出機構の一部分を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項146に記載の機器。

【請求項150】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項144に記載の機器。

【請求項151】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項145に記載の機器。

【請求項152】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項146に記載の機器。

【請求項153】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項147に記載の機器。

10

20

30

40

50

【請求項 154】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、
ことを更に含むことを特徴とする請求項148に記載の機器。

【請求項 155】

前記ターゲットは、液体金属液滴である、
ことを更に含むことを特徴とする請求項149に記載の機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本出願は、レーザビームによるターゲットの照射により開始されたプラズマによって生成されるEUV光源に関する。 10

関連出願

本発明は、代理人整理番号第2004-0064-01号である2004年11月1日出願の「LPPのEUV光源」という名称の米国特許出願出願番号第10/979,919号に対する優先権を主張するものであり、開示内容が本明細書において引用により組み込まれている、本出願と同じ出願人に譲渡された代理人整理番号第2003-0125号である2004年3月17日出願の「高繰返し数レーザ生成プラズマEUV光源」という名称の現在特許出願中の米国特許出願出願番号第10/803,526号の一部継続出願である。本出願は、代理人整理番号第2002-0030-01号である2003年4月8日出願の「極紫外線光源」という名称の米国特許出願出願番号第10/409,254号、代理人整理番号第2003-0083-01号である2004年3月10日出願の「EUV光源のための集光器」という名称の第10/798,740号、代理人整理番号第2003-0004-01号である2003年7月7日出願の「高密度プラズマ焦点放射線源」という名称の第10/615,321号、代理人整理番号第2003-0099-01号である2003年12月18日出願の「放電生成プラズマEUV光源」という名称の第10/742,233号、代理人整理番号第2003-0132-01号である2003年3月21日出願の「高密度プラズマ焦点放射線源」という名称の第10/442,544号、及び代理人整理番号第2004-0044-01号である2004年7月27日出願の「EUV光源」という名称の第10/900,836号に関連するものであり、その全ては、現在特許出願中であり、本出願と同じ出願人に譲渡され、その各々の開示内容は、本明細書において引用により組み込まれている。 30

【背景技術】**【0002】**

レーザ生成プラズマEUV光源は、ここ暫くの間議論の的になっている。先に参照した現在特許出願中の特許出願は、このようなLPPのEUV光源及びそれに関係する背景を説明している。開示内容が本明細書において引用により組み込まれている代理人整理番号第2003-0083-01号である2004年3月10日出願の「EUV光源のための集光器」という名称の米国特許出願出願番号第10/798,740号、及び代理人整理番号第2004-0044-01号である2004年7月27日出願の「EUV光源」という名称の出願番号第10/900,839号を含む本出願と同じ出願人に譲渡された他の現在特許出願中の出願も、DPPのEUV光源の態様に関係するものである。本出願は、LPPのEUV光源のための改良型駆動レーザとプラズマ開始ターゲットへのレーザ照射の送出における改良とに関係するものである。 40

【0003】

E. Takahashi他著「誘導散乱法によるKrFレーザピコ秒パルス光源」、Opt. Commun. 215、163~167頁(2003年)、K. Kuwahara他著「2段階誘導ブリュアン散乱によって生成される急勾配ストークスパルスの飽和KrFレーザ増幅による短パルス発生」、J. Opt. Soc. Am. B 17、1943~1947頁(2000年)、R. Fedosejevs及びA. A. Offenberger共著「KrFレーザポンプSF₆ブリュアン増幅器からのサブナノ秒パルス」、IEEE 50

E . J . Q E 2 1 、 1 5 5 8 ~ 1 5 6 2 頁 (1 9 8 5 年) 。

S . S c h i e m a n n 他共著「小型 S B S 発生器 - 増幅器構成におけるコヒーレントナノ秒パルスの効率的な時間的圧縮」、 I E E E J . Q E 3 3 、 3 5 8 ~ 3 6 6 頁 (1 9 9 7 年) 。

【 0 0 0 4 】

H . N i s h i o k a 他著「短パルス K r F レーザシステムのための U V 飽和吸収器」、 O p t . L e t t . 1 4 、 6 9 2 ~ 6 9 4 頁 (1 9 8 9 年) 、及び E . T a k a h a s h i 他共著「切断前縁パルスの飽和増幅による高強度短 K r F レーザパルス発生」、 O p t . C o m m u n . 1 8 5 、 4 3 1 ~ 4 3 7 (2 0 0 0 年) は、可飽和吸収器の使用を含むが S B S セル内の開口又は S B S 増幅器セルの使用なしのブリュアン散乱及びストークスパルス生成手法の様々な態様が説明している。しかし、それらは、例えば、持続時間が短い駆動レーザパルスによる E U V 光の生成における使用に対するエネルギー変換効率の例えればいかなる最適化に対しても教示又は示唆を行っていない。それらはまた、例えば、レーザ生成プラズマのための駆動レーザに対するこの方法の使用に対しても教示又は示唆を行っていない。 N e s h e v 他著「小型単一セル構成における 2 0 0 p s までの S B S パルス圧縮」、 A p p l . P h y s . 、 B 6 8 (1 9 9 9 年) 、 6 7 1 ~ 6 7 5 頁は、単一セル及び単一セルに増幅器セルを加えたもの及び S B S のためのストークスパルス生成を説明している。

10

【 0 0 0 5 】

H . E i c h l e r 他著「回折制限ビーム品質及び高平均電力を有するレーザを達成するための位相共役」、 T e c h n i n i s h e U n i v e r s i t a t B e r l i n 、 O p t i s c h e s I n s t i t u t 、 1 9 9 8 年 6 月のウェブページでは、以下のように説明している。

20

S B S (誘導ブリュアン散乱) による位相共役は、高電力レーザのビーム品質を回折限界まで増大させる強力かつ単純なツールである。 N d : Y A I O を活性媒体とした主発振器及び電力増幅器システムの達成は、近回折限界ビームにおいて 1 . 0 8 μ m で 2 1 0 ワットまでの平均出力電力で行われた。また、位相共役ミラーを有する N d : Y a G 発振器の達成は、 1 7 ワットまでの平均出力電力及び高ビーム品質で行われた。 U V 範囲においては、 S B S ミラーを有するエキシマ発振器は、 3 倍の短さのパルスで従来の平面 - 平面共振器と同じか又はそれよりも高い品質ビームを送出する。エキシマ発振器増幅器構成は、既に S B S ミラーで達成されている。可視及び紫外スペクトル範囲に対する S B S ミラーは、十分に特徴付けられている。 . . .

30

S B S による位相共役は、高電力半導体レーザのビーム品質を回折限界まで増大させる強力なツールである。 N d : Y A I O を活性媒体とした主発振器及び電力増幅器システムは実現されている。単純な單一ロッド増幅器システムは、回折限界の 1 . 1 倍のビーム品質で 4 から 1 4 0 ワットまでの調整可能な平均出力電力を生成するように最適化されたものである。 . . . また、位相共役ミラーを有する N d ; Y A G 発振器は、 1 7 ワットまでの平均出力電力及び高ビーム品質で実現されている。

40

U V 範囲においては、 S B S ミラーを有するエキシマ発振器は、 3 倍の短さのパルスで従来の平面共振器と同じか又は若干優れた品質のビームを送出する。エキシマ発振器増幅器構成は、 S B S ミラーを用いて開発されたものである。出力ビーム品質の改善には、増幅歪のないエキシマ増幅器放電の使用が必要である。可視及び紫外線スペクトル範囲のための S B S ミラーは、十分に特徴付けられており、他のレーザ形式、例えば、 プラセオジミウムレーザのチタン : サファイアにも適用することができる。

【 0 0 0 6 】

タンパー材料が、爆縮システム及び L P P 実験において [どのような方法かつ目的で ? 液滴ターゲットと共に ?] 及び慣性封じ込み融合において使用されているが、 L P P の E U V 光の生成及び特にこのような用途における改良型 C E に対して本出願人が現在提案しているようなものではない。

S h i b i n J i a n g 他著「小型マルチモードポンプ式エルビウムドープリン酸塩

50

繊維増幅器」、Optical Engineering、第42巻、第10号（2003年10月）、2817～2820頁では、ファイバ増幅器、例えば、小型マルチモードポンプ式エルビウムドープリン酸塩繊維増幅器の性能が説明されている。1W、975nmマルチモードレーザダイオードで励起された8cm長エルビウムドープリン酸塩繊維を使用した1535nmで41dB及び全C帯域にわたって21dBでの小信号正味利得を有するファイバ増幅器が説明されている。修正繰返し数方程式及び有効ビーム伝播法に基づくマルチモードポンプ式増幅器の理論的モデルも説明されている。また、http://www.nppphotronics.com/files/oaa_2002.pdfも参照されたい。Michael.R.Lange他著「高利得係数リン酸塩ガラスファイバ増幅器」、NFOEC2003、論文番号126はまた、希土類イオンに対する高い溶解性を有するリン酸塩ガラス材料が魅力的なホストの候補であると説明し、希土類ドープリン酸塩ガラスホスト材料に付随する物理的及び寸法パラメータをその恩典、制限、及び小型利得媒体としての適性を判断するために利用している。

【0007】

例えば、分子フッ素又はエキシマガス放電レーザ、例えば、KrFエキシマレーザを使用した効率的なEUV発生には、LPPのEUV光源駆動レーザのための短パルス持続時間に対する要件を満たすために、MOPA構成からでさえも有意な電力出力を放出することが必要な場合がある。このようなレーザパルスは、恐らく2～3nsFWHMほどの低い程度が必要であろうが、少なくとも約5～6nsよりも大きくない可能性が最も高い。例えば、KrFエキシマレーザは、12ns程度のKrFレーザ遷移の上方状態KrF*を有するので、このような短い持続時間の出力パルスを得ることは困難であり、実際に、出力電力の有意な損失に耐える必要なしで従来技術のKrFガス放電レーザで15～20nsを大きく下回るものを得ることは困難である。

本出願人は、レーザ生成プラズマ技術によるEUV光の生成の改善のために、上述の問題の解決策及び列挙した既存の技術の用途を提案するものである。

【0008】

- 【特許文献1】米国特許出願番号第10/979,919号
- 【特許文献2】米国特許出願番号第10/803,526号
- 【特許文献3】米国特許出願番号第10/409,254号
- 【特許文献4】米国特許出願番号第10/798,740号
- 【特許文献5】米国特許出願番号第10/615,321号
- 【特許文献6】米国特許出願番号第10/742,233号
- 【特許文献7】米国特許出願番号第10/442,544号
- 【特許文献8】米国特許出願番号第10/900,836号
- 【特許文献9】米国特許出願番号第10/900,839号
- 【特許文献10】米国特許第6,625,191号
- 【特許文献11】米国特許第6,549,551号
- 【特許文献12】米国特許第6,567,450号
- 【非特許文献1】E.Takahashi他著「誘導散乱法によるKrFレーザピコ秒パルス光源」、Opt. Commun. 215、163～167頁（2003年）
- 【非特許文献2】K.Kuwahara他著「2段階誘導ブリュアン散乱によって生成される急勾配ストークスパルスの飽和KrFレーザ増幅による短パルス発生」、J.Opt.Soc.Am.B 17、1943～1947頁（2000年）
- 【非特許文献3】R.Fedosejevs及びA.A.Offenberger共著「KrFレーザポンプSF6ブリュアン増幅器からのサブナノ秒パルス」、IEEE J.QE 21、1558～1562頁（1985年）
- 【非特許文献4】S.Schiemann他共著「小型SBS発生器-増幅器構成におけるコヒーレントナノ秒パルスの効率的な時間的圧縮」、IEEE J.QE 33、358～366頁（1997年）
- 【非特許文献5】H.Nishiooka他著「短パルスKrFレーザシステムのためのU

10

20

30

40

50

V飽和吸収器」、Opt. Lett. 14、692~694頁(1989年)

【非特許文献6】E. Takahashi他共著「切断前縁パルスの飽和増幅による高強度短KrFレーザパルス発生」、Opt. Commun. 185、431~437(2000年)

【非特許文献7】Neshev他著「小型単一セル構成における200psまでのSBSパルス圧縮」、Appl. Phys. B68(1999年)、671~675頁

【非特許文献8】H. Eichler他著「回折制限ビーム品質及び高平均電力を有するレーザを達成するための位相共役」、Technische Universität Berlin、Optisches Institut、1998年6月のウェブページ

10

【非特許文献9】Shibin Jiang他著「小型マルチモードポンプ式エルビウムドーブリン酸塩纖維増幅器」、Optical Engineering、第42巻、第10号(2003年10月)、2817~2820頁

【非特許文献10】http://www.npphotronics.com/files/aaa_2002.pdf

【非特許文献11】Michael. R. Lange他著「高利得係数リン酸塩グラスファイバ増幅器」、NFOEC2003、論文番号126

【非特許文献12】Redによる報告、EUV源ワークショップ2003年2月シンポジウム、Innoliteにより報告

20

【発明の開示】

【0009】

初期ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帯域内EUV光を放出する放出領域を有するプラズマを発生させるEUVを形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、プラズマの放出領域に向けてプラズマ内の放出材料を圧縮するために初期ターゲット照射パルス後にプラズマをプラズマ照射パルスで照射するレーザプラズマ照射パルス発生機構とを含むことができる、LPPのEUV光源においてプラズマ照射レーザ光パルスを有効かつ効率的に供給するための機器及び方法を説明する。プラズマ照射パルスは、関連のより低い臨海密度を有して放出材料の圧縮を達成するために初期ターゲット照射サイトから十分に分離されたプラズマ照射パルスの波長によって形成されたプラズマの領域におけるプラズマ内で発生する吸収をもたらすように、初期ターゲット照射パルスの波長よりも十分に長い波長を有するレーザパルスを含むことができ、かつ放出領域を圧縮することができる。レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大のために好都合に放出されるプラズマを閉じ込めるのに十分なプラズマの融除雲内の空中質量密度を生成することができる。プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、好都合に放出されるプラズマの圧縮を保証するために初期ターゲット表面から十分に除去することができる。高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線(EUV)光源は、ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帯域内EUV光を放出するプラズマを発生させるEUVを形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、プラズマを実質的に取り囲んでプラズマの膨張を抑制するプラズマタンパーとを含むことができる。タンパーは、EUV波長の選択帯域内のEUV光に実質的に透明な材料、例えば、バッファガス、ターゲットが金属液滴である時のターゲット上のコーティング、例えば、ターゲット周りのガスの柱を含むことができる。タンパーは、タンパー材料への運動量移送により照射後のターゲットの拡大を抑制することができる。

30

【0010】

レーザ生成プラズマ(LPP)極紫外線(EUV)光源は、駆動レーザと、例えば、ラインナロード主発振器レーザ、例えば、ガス放電レーザによってシード光を注入することができるブリュアン散乱セル、例えば、誘導ブリュアン散乱セルを含む駆動レーザパルス持続時間圧縮機構とを含むことができる。ブリュアン散乱セルは、誘導ブリュアン散乱発生器セルと、誘導ブリュアン散乱増幅器セルとを含むことができる。ブリュアン散乱セルは、第1のブリュアン散乱セルと、第1のブリュアン散乱セルの出力によってシード光が

40

50

注入される第2のブリュアン散乱セルと、第2のブリュアン散乱セルの出力を増幅するマルチバス増幅器とを含むことができる。ガス放電電力発振器システムは、選択出力波長₃で部分的に反射する出力カプラと選択波長₃に対する全反射ミラーとによって形成された共振発振器空洞を有するガス放電レーザシステムと、少なくとも2つの波長₁及び₂を含む全反射ミラーの非反射側を通じて空洞内に導入される外部シードビームと、空洞における増幅のために選択波長でシードビームを空洞内シードビームに変換するように作動する空洞内の非線形光学要素とを含むことができる。共振発振器空洞は、電力増幅器を形成することができ、全反射ミラーの非反射側は、空洞内への外部シードビームの波長結合をもたらすことができる。共振発振器空洞は、ガス放電ハロゲンガスパルスレーザシステムを含むことができる。₁及び₂の値は、実質的に₃に中心がある駆動レーザシステムレーザ出力光パルスを生成するようにKrF、XeF、及びXeClの群から選択された利得媒体における増幅に対して発振器空洞においてレーザにシード光を注入するのに適する出力₃を非線形光学要素内で生成するように選択することができる。

【0011】

プラズマ開始ターゲットを照射するパルスレーザビームを利用する高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線(EUV)光源は、選択パルス繰返し数でレーザ出力光パルスを生成し、かつ望ましいEUV変換効率の取得には十分に短くない出力光パルスビーム源の作動の特性によりパルス持続時間有するレーザ出力光パルスビーム源と、電力増幅器レーザシステムと、出力光パルスビーム源で生成された出力光パルスの第1の選択部分を選択して増幅媒体が電力増幅器内に存在する間に電力増幅器を通じて第1の選択部分を誘導し、かつ出力光パルスビーム源で生成された出力光パルスの第2の部分を選択して増幅媒体が電力増幅器内に存在する間に電力増幅器を通じて第2の選択部分を誘導するための選択機構を含むパルス持続時間短縮器と、実質的に第1及び第2の部分を重ね合わせて、望ましい変換効率を生成するのに十分に短いパルス持続時間有するターゲットを照射するための結合ビームを形成する結合機構とを含むことができる。結合ビームは、レーザ出力光パルスビーム源によって生成され、かつレーザ出力光パルス源によって生成されたレーザ出力光パルスに含まれるエネルギーの実質的に全てを含むレーザ出力ビームパルスとしてパルス持続時間の実質的に半分を有することができる。レーザ出力光パルス源は、レージング媒体の成分の少なくとも1つの遷移状態によって少なくとも部分的には判断される出力パルス持続時間有する分子又はエキシマガス放電レーザ発振器を含むことができる。

【0012】

選択機構は、レーザ出力光パルスを、レーザ出力光パルス内のエネルギーの実質的に半分を含む第1の部分と、レーザ出力光パルス内のエネルギーの実質的に他方の半分を含む第2の部分とに分離するパルス分離器を含むことができる。結合機構は、第1の光路と、第2の光路とを含むことができ、第2の光路は、第1及び第2の光路の出力部で第1の部分と第2の部分を実質的に重ね合わせるのに十分な遅延を有している。選択機構は、第1の選択部分を選択するように作動する第1の作動光学要素と、第2の選択部分を選択するように作動する第2の作動光学要素とを含むことができる。第1及び第2の作動光学要素は、それぞれ第1の選択部分と第2の選択部分の極性を変更するように作動する電気作動式光学要素を含むことができ、これは、第1の作動光学要素と電力増幅器の間の経路内の第1の極性特定の反射要素と、第2の作動光学要素と電力増幅器の間の経路内の第2の極性特定の反射要素とを更に含むことができる。レーザ生成プラズマEUV光源は、約1054nmの選択波長でレーザ出力光パルスを生成する半導体パルスレーザと、ファイバ増幅器と半導体パルスレーザからのレーザ出力レーザパルスを増幅するダイオードポンプ半導体増幅器レーザとを含む半導体増幅器機構と、増幅レーザ出力光パルスを約351nmの波長に変換する高調波発生器と、約351nmの増幅レーザ出力パルスを増幅してLPPのEUV光源駆動レーザシステム出力光パルスを生成するXeFエキシマレーザ利得媒体を有するXeFエキシマレーザ増幅器チャンバとを含むことができる。

【0013】

半導体シードレーザは、約1051.2nmから1053.8nmまでの中心波長の帶

10

20

30

40

50

域で作動する Nd³⁺に基づく常磁性イオンレーザを含むことができる。半導体シードレーザは、Nd : (Y, Nd) P₅O₁₄ (1051.2 nm)、Nd P₅O₁₄ (1051.3 nm)、Y P₅O₁₄ (1051.5 nm)、Nd P₅O₁₄ (1051.5 nm)、(Nd, La) P₅O₁₄ (1052 nm)、KNd P₄O₁₂ (1052 nm)、K₅Nd₂F₁₀ (1052 nm)、Y₃A_{1.5}O₁₂ (1052 nm)、BaF₂-YF₃ (1052.1 nm)、Y₃Al₅O₁₂ (1052.1 nm)、Nd P₅O₁₄ (1052.1 nm)、YF₃ (1052.1 nm)、LaF₃ (1052.3 nm)、Y P₅O₁₄ (1052.5 nm)、BaF₂-GdF₃ (1052.6 nm)、SrF₂-GdF₃ (1052.8 nm)、LiYF₄ (1052.8 nm)、Nd P₅O₁₄ (1052.9 nm)、BaY₂F₈ (1052.9 nm)、LiLuF₄ (1052.9 nm)、LiYF₄ (1053 nm)、(Nd, La) P₅O₁₄ (1053 nm)、Ca₃(Nb, Ga)₂Ga₃O₁₂ (1053-1062 nm)、LiYF₄ (1053 nm)、BaF₂YF₈ (1053 nm)、CaF₂-uF₃ (1053 nm)、LaMgAl₁₁O₁₉ (1053-1059 nm)、LiLuF₄ (1053.1 nm)、LiKYF₅ (1053.2 nm)、BaF₂-LaF₃ (1054-1056.3 nm)、Lu₃Al₅O₁₂ (1053.5 nm)、CaF₂-SrF₂-BaF₂-YF₃-LaF₃ (1053.5-1054.7 nm)、CaF₂-CeF₃ (1053.7 nm)、及びBaF₂-LaF₃ (1053.8 nm)の各レーザを含む群から選択される。

【0014】

ファイバ增幅器は、リン酸塩纖維増幅器を含むことができ、半導体増幅器は、Nd : リン酸塩レーザを含むことができる。機器はまた、半導体シードレーザの出力を調整してXeFエキシマ増幅器チャンバ内のレージングの有効性を最大にする調整機構を含むことができる。調整機構は、半導体シードレーザの温度を調節することができる。レーザ生成プラズマEUV光源には、増幅のために直線偏光入力レーザ光パルスビームを受け取って入力レーザ光パルスビームを第1の光路に沿って第1の方向に通す第1の極性感応ビームスプリッタと、入力レーザ光パルスビームを第1の光路に沿って第2の方向に反射する第1の光路の終点にある第1の全反射ミラーと、第1の光路に沿った第1及び第2の方向に機構を通過させることにより入力レーザ光パルスビーム内のパルスの極性を90度回転するように作動する、第1のビームスプリッタと第1の全反射ミラーの中間の第1の光路内の極性修正機構とを含み、この第1の極性感応ビーム分割機構が、第1の光路に沿って進む入力レーザ光パルスビームを第2の光路に沿って第2の方向に反射するように作動し、第2の光路の終点にありかつ入力レーザ光パルスビームを第3の光路に沿って第1の方向に反射するように作動する第2の極性感応ビーム分割機構と、入力レーザ光パルスビームを第3の光路に沿って第2の方向に反射する、第3の光路の終点にある第2の全反射ミラーと、第2の光路に沿って第1及び第2の方向に機構を通過させることによって入力レーザ光パルスビーム内のパルスの極性を90度回転するように作動する、第2のビームスプリッタと第2の全反射ミラーとの中間の第3の光路内の極性修正機構とを更に含み、この第2の極性感応ビームスプリッタが、第2の方向に第3の光路に沿って、受け取られた入力光レーザパルスビームを増幅出力レーザ光パルスビームとして通すように作動し、第1及び第3の光路が、ガス放電レーザ増幅器チャンバ内で交差する、4パスガス放電レーザ増幅器チャンバを含むことができる。

【0015】

LPPのEUV光源駆動レーザシステムは、約1054 nmの発振器レーザ出力光パルスビーム波長を有する半導体発振器レーザと、発振器レーザ出力光ビームの波長を約351 nmに変換する波長修正機構と、約351 nmに利得中心を有する少なくとも1つのXeFエキシマガス放電増幅器チャンバと、出力レーザ光ビーム波長を調節してXeFエキシマガス放電増幅器チャンバの実際の利得中心を適合させる半導体発振器レーザ出力レーザ光パルスビーム調節機構とを含むことができる。この少なくとも1つのXeFエキシマガス放電増幅器チャンバは、第1及び第2のチャンバと、発振器レーザ出力光パルスビームの第1の部分を第1のチャンバ内に、かつ発振器レーザ出力光パルスビームの第2の部分を第2のチャンバ内に指向するビームスプリッタと、第1のチャンバからの第1の増幅出

10

20

30

40

50

カレーザ光パルスビームを第2のチャンバからの第2の増幅出力カレーザ光パルスビームと結合してLPPのEUV光源駆動レーザ出力光パルスビームにするビーム結合器とを含むことができる。発振器レーザ出力光パルスビームは、少なくとも1つのXeFエキシマガス放電レーザチャンバに収容された利得媒体を通じてこの少なくとも1つのXeFエキシマガス放電チャンバを通過する少なくとも3つのバスを形成することができる。

【0016】

高変換効率LPPのEUV光源は、異なる波長で少なくとも2つの駆動レーザターゲット照射パルスを用いてプラズマ開始ターゲットを同時に照射するレーザターゲット照射パルス発生機構を含むことができる。この少なくとも2つのターゲット照射パルスは、第1の波長の少なくとも第1のパルスと、第1の波長よりも長い第2の波長の第2のパルスとを含むことができ、第2の長い方の波長は、第1の波長ほどターゲット内で深く吸収されない、第1の波長よりも低い関連の臨界密度を有する。第2のパルスの吸収によって引き起こされるプラズマは、第2のパルスによって形成されたプラズマを圧縮することができる。第2のパルスによって引き起こされたプラズマは、第1のパルスによって形成されたプラズマに向うターゲット材料の融除を引き起こし、第1のパルスによって形成されたプラズマを閉じ込めることができる。この少なくとも2つのパルスは、少なくとも第1と第2の波長とを含む単一パルスを含むことができる。LPPのEUV光源は、少なくとも1つの駆動レーザと、駆動レーザによる照射によるプラズマ開始のためのターゲットと、プラズマ両極拡散相殺機構とを含むことができる。両極拡散相殺機構は、例えば液体金属液滴を送出する例えばターゲット送出機構の一部分としてターゲットに負電界を付与することができる負電界発生器を含むことができる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

ここで図1を参照すると、EUV光源、例えば、本発明の実施形態の態様によるレーザ生成プラズマEUV光源の全体的な広義の概念の概略図を示している。これは、光源20、パルスレーザシステム22、例えば、高電力及び高パルス繰返し数で作動するガス放電エキシマ又は分子フッ素レーザを含むことができ、例えば、米国特許第6,625,191号、第6,549,551号、及び第6,567,450号に示すようなMOPA構成レーザシステムとすることができます。光源20はまた、例えば、液滴、固体粒子、又は液滴内に含まれた固体粒子の形でターゲットを送出するターゲット送出システム24を含むことができる。ターゲットの送出は、例えば、別名点火サイト又は火の玉の景色である照射サイト28に至るまでチャンバ26の内部にターゲット送出システム24によって行うことができ、この照射サイトは、レーザによる照射によりプラズマがターゲット材料から形成される場所である。ターゲット送出システム24の実施形態に関して以下でより詳細に説明する。

【0018】

レーザパルスは、生成されるX線光の波長、種類、及びターゲットの材料に従って点火中又は点火後にプラズマから放出されたデブリの量を含むある一定の特性を有するX線放出プラズマを作り出すために、ターゲット送出システム24によって生成されたターゲットの到着に調整された以下でより詳細に説明するような適正に集束させた照射サイトにチャンバ26内の窓(図示せず)を通じてレーザ光軸55に沿ってパルスレーザシステム22から送出される。

【0019】

光源はまた、集光器30、例えばレーザ光が照射サイト28に入るための開口を有する例えば先端を切断した形の橢円の反射体を含むことができる。集光器システムの実施形態に関しては、以下でより詳細に説明する。集光器30は、プラズマ照射サイト28で第1の焦点、及びEUV光が光源から出力されて例えば集積回路リソグラフィツール(図示せず)に入力されるいわゆる中間点40(中間焦点40とも呼ばれる)で第2の焦点を有する例えば橢円ミラーとすることができる。また、システム20は、ターゲット位置検出システム42を含むことができる。パルスシステム22は、例えば、発振器レーザシステム

44のためのパルス電力タイミングモニタリングシステム54と、増幅器レーザシステム48のためのパルス電力タイミングモニタリングシステム56と共に、集光器レーザシステム44のための磁気リニアクトア切換式パルス圧縮及びタイミング回路50と増幅器レーザシステム48のための磁気リニアクトア切換式パルス圧縮及びタイミング回路52とを伴う例えば発振器レーザシステム44と増幅器レーザシステム48とを有する二重チャンバ式ガス放電レーザシステムとして構成された主発振器・電力増幅器(MOPA)を含むことができる。また、システム20は、例えば、レーザビーム位置決めシステム66と共に、例えば、ターゲット位置検出フィードバックシステム62と発射制御システム64を含むことができるEUV光源制御システム60を含むことができる。

【0020】

ターゲット位置検出システム42は、ターゲット液滴の位置に関する例えばプラズマ開始点に関する入力を供給しあつこれらの入力をターゲット位置検出器フィードバックシステムに供給する複数のターゲット撮像器70、72、及び74を含むことができ、ターゲット位置検出器フィードバックシステムは、例えば、ターゲット位置及び軌跡を計算することができ、ターゲット位置及び軌跡からターゲット誤差を液滴単位ではなく平均値で計算することができ、それは、次に、システムコントローラ60に入力として供給され、システムコントローラ60は、次に、レーザビーム位置決めシステムが、例えばレーザ位置及び方向変更器68の位置及び方向を制御してレーザビームの焦点を異なる照射サイト28に変更するのに使用することができるレーザ位置及び方向補正信号を例えばレーザビーム位置決めシステム66に供給することができる。

【0021】

撮像器70の照準は、例えば、ターゲット送出機構92から望ましいプラズマ開始点28までのターゲット液滴94の望ましい軌跡経路に整列した撮像線75に沿って行うことができ、撮像器74及び76の照準は、望ましい照射サイト28の前で経路に沿った何らかのポイント80で、例えば望ましい軌跡経路とだけ交差する交差撮像線76及び78に沿って行うことができる。

ターゲット送出制御システム90は、システムコントローラ60からの信号に応答して、例えばターゲット送出機構92によって放出されるようなターゲット液滴94の放出ポイントを修正して望ましい照射サイト28に到着するターゲット液滴の誤差を補正することができる。

また、中間焦点40又はその近くにあるEUV光源検出器100は、例えば有効及び効率的なLPPのEUV光の生成のために適正な場所及び時間でターゲット液滴を確実に途中で捕捉するように、レーザパルスのタイミング及び焦点などの項目の誤差を示すことができるフィードバックをシステムコントローラ60に供給することができる。

【0022】

ここで図2を参照すると、本発明の実施形態の態様によるPAのLPP駆動レーザシステムとして第3高調波Nd:YLFのMO及びXeFガス放電エキシマレーザの基本的な概略ブロック図を示している。本出願人は、高電力XeFエキシマガス放電レーザは、金属ターゲット、例えばリチウム又は錫の例えば液滴のためのこののようなレーザの要件を満足する例えば6kHzから12kHzのLPPのEUV光源駆動レーザ毎に有効な高繰返し数にすることを既に発見している。しかし、これにはまた、約1mJ/パルス及び高モード品質を伴う確実な生成価値のあるパルスシードレーザが必要である。本出願人は、XeFレーザが実質的にこのシードレーザとしての役目をすることができるものとほぼ同じ波長を有するNd:YLFレーザの第3高調波は、Nd:YLFレーザをMOとしてかつエキシマガス放電XeFレーザをPAとするMOPA構成において、高モード品質を維持すると同時に、最低2回のXeF増幅器レーザチャンバの通過から良好な抽出効率を可能にすると判断している。

【0023】

Nd:YLFレーザの第3高調波は、2つの非線形法を通じて作り出すことができる。最初に、基本的な波長~1053nmは、1つの結晶によって~526.5nmに倍加す

10

20

30

40

50

ことができる。次に、例えば光通信業界ウェブサイトで説明するように、これらの2つの波長を第2の結晶内で混合すると第3高調波~351nmを形成することができる。次に、第3高調波Nd:YLFからの出力は、XeF放電チャンバを通過する。XeF利得の完全な抽出を達成するには、図2に示すような3パス構成が必要であろう。第3の高調波Nd:YLFとXeF利得間の波長の差異は、測定の結果、約0.12nmであった。0.003nm/の係数による第3の波長の出力の温度遷移を利用すると、第3高調波Nd:YLF出力を遷移させて、XeF利得の中心を所要の約40.5だけの所要温度増加に適合させることができる。XeF利得、第3高調波Nd:YLF、及び増幅第3高調波Nd:YLFのスペクトルを図6に示している。

【0024】

10

ここで図6を参照すると、XeFエキシマ増幅器レーザで増幅されたNd:YLF半導体シードレーザのスペクトル101、Nd:YLFシードレーザのみの出力のスペクトル102、及びXeF増幅器レーザエンドフルエンスのスペクトル103のグラフを示している。

ここで図2を参照すると、本発明の実施形態の態様によるMOPA駆動レーザシステム22を示している。システム22は、約1mJから2mJ/パルスの出力で例えば約12kHzで作動する半導体Nd:YLFレーザを含むことができ、この出力は、約1053nm、すなわち、約351nmでNd:YLFレーザの出力の第3高調波を形成するために第3高調波発生器112を通過させる。次に、この半導体主発振器レーザ出力光パルスビームを偏光ビームスプリッタ114に通すことができ、この偏光ビームスプリッタは、第1の極性を有するMO出力レーザ光パルスビームの第1の部分を、半波プレート122を通じてMO出力レーザ光パルスビームの第1の部分を反射することができる全反射ミラー120に通すことができ、半波プレート122は、MO出力レーザ光パルスビームパルスの第1の部分の極性を逆の極性に変換し、次に、第1の電力増幅システム、例えばXeFエキシマガス放電レーザ電力増幅システムチャンバ124のための光学パスシステムにする。また、偏光ビームスプリッタ114は、第2の極性のMO出力レーザ光パルスビームの第2の部分を反射し、第2の電力増幅システム、例えばXeFエキシマガス放電レーザ電力増幅システムチャンバ126のための光学システム140にすることができる。

20

【0025】

30

全反射ミラー130aから130e及び140aから140eの構成セットを有するマルチパス光学システム130、140の各々は、それぞれ、XeF増幅器チャンバ124を通るMO出力レーザ光パルスビームの第1の部分及びXeF増幅器チャンバ126を通るMO出力レーザ光パルスビームの第2の部分の3パスをもたらすものである。XeFのPAチャンバ124からの増幅XeFのPA光レーザパルスビーム152は、XeF増幅器チャンバ126からのPA出力レーザパルスビーム154と光学的に結合されてLPPのEUV光源駆動レーザシステム出力レーザパルスビーム160を形成するように全反射ミラー130fによって出力ミラー150に反射される。

【0026】

40

本発明の実施形態の態様により、本出願人は、適切な波長、一例として248nmKrF波長で直接に後方誘導ブリュアン散乱を利用し、短持続時間エキシマレーザパルスを生成するLPPのEUV光源のための駆動レーザ、例えば248nm波長でのKrFエキシマレーザ、又は351nmでのXeFエキシマレーザ、又は308nmでのXeC1エキシマレーザを提案する。先に参照した文献では、パルス持続時間短縮を目的としたブリュアン散乱の利用が説明されているが、EUV光を生成するためのLPP駆動レーザという状況におけるものではない。本出願人は、エキシマレーザ、例えば、KrF又はArFを含むラインナロードエキシマレーザ、又はXeFラインナロードエキシマレーザが、このように極めて良好に適合することができ、かつLPP駆動レーザのシードレーザとして使用することができることを発見している。飽和マルチパスSBS増幅を適用することができる。それによってYAG又は他の半導体シードレーザの使用を不要とすることができる。本発明の実施形態の態様により、より直接的かつ実行しやすいシステムを提案する。

50

【0027】

EUV放射に対して高変換効率(CE)を達成するために、レーザパルス長(時間的に、すなわち、パルス幅/パルス持続時間)は、特定のターゲット拡大時間に対応するものでなければならない。しかし、拡大時間は、レーザパルス長に比べて短いことが多い。LPPでは、ターゲット封じ込み手段又は非常に短い駆動レーザパルス(又はその両方)が必要である可能性がある。封じ込み法は、集光器ミラー40に至る光路を部分的に妨げ、従って、全体的な集光角度を小さくしてしまうので、導入しにくくかつEUV光集光効率を低下させる可能性がある。高レーザエネルギーをターゲットに短いレーザパルスで送出することができる場合、サブナノ秒パルス時間での(すなわち、約1nsのパルス時間で)駆動レーザの使用は、高いEUV光変換効率に到達するための好ましい方法であろう。また、EUV光の生成のためにエネルギーの大半を拡大するプラズマに与えるレーザ照射パルスが後に続くプラズマ形成という処理を開始するプレパルスとしての持続時間が短いパルスを有することが好適であると考えられる。

【0028】

本発明の実施形態の態様では、エキシマ駆動レーザパルス長を約1ナノ秒又は更にそれ未満に、すなわち、数百ピコ秒又は数十ピコ秒に短縮することができる。本発明の実施形態の態様では、このような目的に、後方誘導ブリュアン散乱(SBS)及び先端を切断した形の前縁増幅を使用することができる。レーザパルス長は、ターゲット材料の拡大にも関わらず、レーザ生成プラズマとのレーザエネルギーの最適な結合を達成するのに十分に短いものにすることができる。レーザ持続時間は、特徴的なプラズマ膨張時間に対応させることができる。従って、プラズマは、パルスがプレパルスである場合を含むレーザエネルギーが適用される間は膨張しない。

【0029】

従って、レーザからEUV光への最高の変換効率を得ることができる。SBSに加えて、飽和近くで作動するマルチパス増幅器及び付加的な(任意的)可飽和吸収器を使用すると、レーザパルスを更に先端切断することができる。従って、例えば、約50psから2000psの範囲のパルス幅を達成することができる。

誘導ブリュアン散乱による有効かつ安定したパルス短縮の場合、シードレーザ(発振器)は、例えば、狭いスペクトル帯域幅及び良好な集束可能性を有することができる。

【0030】

ここで図3Aを参照すると、本発明の実施形態の態様の実施に有用なSBSセルを示している。ラインナロードエキシマレーザ、例えば、KrFレーザ(図3Aでは図示せず)は、入力レーザビーム180において所要の帯域幅特性を達成することができる。空間フィルタ(図12で示す260)及び開口、例えば、レーザ焦点(図10から図12では集束光学器械192によって集束させる)近くに位置するSBSセル190内の開口195は、パルスエネルギーの損失が殆どなく、更に別の空間フィルタリングを行うことができる。また、水、メタノール、フッ素化物、又はSBSによるストークスパルス生成のためのCC14の使用は、パルス短縮を行う効率的的方法を提供することができる。

【0031】

ここで図3Bを参照すると、パルス短縮の促進を目指した本発明の実施形態の態様による有用な構成を示している。図3Bに示すように、例えば、第2のSBSセル/ミラー190をSBS増幅器セル220内の第1の増幅パス後に位置決めすることができる場合には、2段階SBS法を用いることができる。増幅器セル220の帯域幅及び利得持続時間は、例えば、マルチパス(例えば、4パス)法における前縁飽和増幅に十分なものにすることができる。原則的に、本発明の実施形態の態様によるパルス短縮法は、KrFレーザばかりでなく、XeClレーザ、XeFレーザ、又はArFレーザなどの他のエキシマレーザに適用することができる。

【0032】

SBSストークスパルス生成は、それぞれ、例えば、図3A及び図3Bに示すように单一セル190又は発生器-増幅器SBSセル190、220を用いた構成で行うことができる。

10

20

30

40

50

きる。SBSセル190及び190、220は、例えば、SF₆、メタン、又はCCl₂F₂を用いた高圧ガスセル、又は、例えば、液体がUV放射線に対する高い耐力閾値及び高い光透過率を有する媒体、例えば、FC-72(C₆F₁₄)又はFC-75(C₈F₁₈及び幾らかのC₈F₁₆Oの混合物)などのフッ素化物などの液体を用いたセルとすることができる。C-F結合エネルギーは、KrF光子エネルギーよりも高く、248nm時の吸収量は、従って非常に少ない。FC-72のブリュアン周波数は、4.9GHzである(Kuwahara他)。圧力10atm時のSF₆の場合、それは、僅か0.53GHzである。レーザ帯域幅は、例えば、同様の大きさか又はそれ未満であるはずである。本出願人の譲受人によるレーザシステム、例えば、0.35pm(FWHM)の「ELS 7010」発振器の線幅は、1.7GHzに相当する。必要であれば、空洞内又は空洞外空気絶縁ファブリー・ペローエタロン(図示せず)を使用して、それは、1GHz(.21pm)未満に更に狭化することができる。入射レーザパルスエネルギーは、例えば、一般的なパルス上昇時間及びそれぞれパルス幅5ns及び15ns(FWHM)で10mJ程度とすることができます。

10

【0033】

図3A及び図3Bに示すように、レーザビーム180の直線偏光の程度は、偏光器、例えば、偏光ビームスプリッタ182の挿入によって更に増大させることができる。次に、直線偏光を1/4波プレート184によって円形偏光に変換することができる。次に、集束レンズ192及びSBSセルに入る反射防止被覆窓198を通じてレーザビーム180を集めさせることができる。焦点197近くの開口195を利用すると、空間ビーム特性を改善させることができる。351nm時のXeFのB-x遷移時に作動するエキシマレーザのパルス圧縮に対しては、水又はメタノールもSBS生成に適する液体である。焦点197近くでは、ストークスピームは、非線形の方法によって生成される。ストークスピームは、媒体、すなわち、ブリュアン散乱セル190内の液体又は気体からの後方散乱によって反射される。また、このビームは、集束レンズ192によって視準して出力ビーム200を形成する偏光器182によって結合させることができる。

20

【0034】

図3Bの本発明の実施形態の態様で示すように、小型発生器-増幅器システム240(Schiemann他による)も代替的に使用することができる。ビーム拡大光学器械210により、レーザビーム180をSBS発生器セル190の前にあるSBS増幅器220を通過させることができる。次に、反射ストークスピームを増幅器セル220内で増幅することができる。増幅器セル220は、反射防止被覆窓222及び224を有することができる。

30

【0035】

その結果、先端を切断した前縁パルスを生成することができる。圧縮SBSストークスピルスの立ち上がり時間及びパルス幅は、特定のレーザ帯域幅によって約0.3nsと1nsの間の程度とすることができます。FC-72のフォノン寿命は、約65psであるので、エキシマレーザ増幅器レーザ媒体作動中心波長が十分に小さいことを条件として、パルスの更に別の短縮を例えば図4(増幅器272を通る第1のパスにより)に示すように例えば分子フッ素又はエキシマレーザ増幅器チャンバ、例えば電力増幅器部分272を通って第2の後方反射SBSセル190'(例えば、FC-72又はSF₆を用いて)に入った後に行うことができる。SBSセルの変換効率は、50%を超える程度である。反射防止被覆が全てのこのような光学面上で使用されている時、80%を超える効率に到達することができる。

40

次に、生成SBSストークスピルスは、マルチパス増幅器272内でミラー(M1からM4)280aから280d及び増幅器部分272内の増幅媒体を通る更に別の2つのパスをもたらす偏光ビームスプリッタ274で増幅することができる。図4は、一例として4パス構成を示している。

【0036】

レーザ出力300の空間特性の改善を例えば(任意的)空間フィルタ(SF)260の

50

挿入によって行うことができ、この空間フィルタは、例えば、集束レンズ 262、ピンホール開口 264、及び視準レンズ 266 を含むことができる。空間フィルタ 260 内のピンホール開口 264 及び SBS 発生器セル 190、190' 内の開口 195 は、例えば、織り目加工溶融石英基板内の小さな穴とすることができます。第 2 の SBS セル 190' から反射して更に増幅器 272 を通過してから、ビームは、偏光器 274 によって反射され、例えば、ミラー M2 (280a) を利用して、もう一度増幅器 272 を通過する。パルス対プレパルス (ペデスタル) コントラスト比を大きくして増幅自然放出を抑制するために、可飽和吸収器 (SA) 282、例えば、メタノールに溶解した適切な濃度のアクリジン (Nishikawa 他を参照されたい) を使用したキュベットをビーム経路内に挿入することができる。他方、レーザ対 EUV 変換効率がプレパルスが存在した方が高い場合には、プレパルスとして有効に使用されるように余り減衰されないように増幅自然放出によるペデスタルを選択することができる。すなわち、キュベット内での可飽和吸収器 282 の濃度は、例えば、プレパルスに含まれたエネルギーを調節するために調節することができる。増幅器 272 を最後に通過する前に、ミラー M3、M4 (280c 及び 280d) を利用し、ビーム拡大光学器械 (BE) 284 を使用してビーム直径を好都合に拡大させることができ、ビーム拡大光学器械は、例えば、円筒形レンズ 286 及び視準レンズ 88 を含むことができる。その結果、飽和マルチパス増幅を用いると、時間的なパルスプロファイルの勾配がより急なものとすることができます、例えば、パルスが 2 倍短縮される。本発明の実施形態の態様では、出力パルスビーム 300 の場合は約 50 ps のパルス幅に到達することができる。特定の設計 (1 つ又はそれよりも多くの SBS セル、可飽和吸収器など) によるが、例えば、50 ps から 2000 ps の範囲で出力パルスビームを達成することができる。

また、この一般的な方法、すなわち、SBS による先端を切断した前縁シードパルス生成及び飽和増幅によるパルスの急勾配化の達成は、図 4 に示す特定的な実施形態以外の構成によっても行うことができる。

【0037】

ここで図 4A を参照すると、4 パス増幅器部分 272' の別の実施形態を示しているが、4 パス増幅器部分は、例えば、入力パルス 270 を図 4 に示すように偏光ビームスプリッタ 274 を通し、次に、適切な中心波長 290a で全反射ミラーに伝え、増幅器部分 272' 内の増幅媒体を通過する 2 つの更に別のパスが得られるように、別の全反射ミラー 290b に反射させ、全反射ミラー 290b から、次に部分 272' を通る 1 つの更に別のパスが得られるように、再度偏光ビームスプリッタ 274 に反射させ、また、偏光を変えて偏光ビームスプリッタ 274 からの反射を引き起こすように 1/4 波プレート 276 を 2 度通過した出力ビーム 300 として結合されるようにすることができます。

【0038】

ここで図 8 を参照すると、本発明の実施形態の態様による 4 パス増幅器部分の別の実施形態を示している。増幅器部分 272' は、入力偏光ビームスプリッタ 470 において、第 1 の全反射ミラー 274 と、ミラー 474 から反射したビームの変更をビームスプリッタ 470 に変換する関連の半波プレートとを含む光学システムを有することができ、ビームスプリッタ 470 は、次に、ビームを第 2 の偏光ビームスプリッタ 480 に反射し、偏光ビームスプリッタ 480 は、ビームを第 2 の全反射ミラー 482 と、第 2 の偏光ビームスプリッタ 480 によって結合されるように反射して四回目として増幅器部分 272' を通す関連の半波プレートとに反射する。

【0039】

ここで図 4B を参照すると、レーザ生成プラズマ EUV 光源のための駆動レーザシステム 450 を概略的に示している。システム 450 は、例えばパルス半導体シードレーザ 452、例えばパラメトリックイオンレーザ、例えば Nd⁺イオンレーザ、例えば、1053.7 nm 及び例えば 10 kHz で及び総計 J 、すなわち、 W が得られるように例えば μJ / パルスの出力で作動する Nd : BaF₂ - CeF₃ レーザを含むことができる。これはまた、全てが約 1054 nm で作動するいくつかのこののような半導体レーザのいず

10

20

30

30

40

50

れか、例えば、Nd : BaF₂ - CeF₃、又は例えば以下のホスト(増感イオン)、すなわち、(Y, Nd)P₅O₁₄(1051.2 nm)、NdP₅O₁₄(1051.3 nm)、Y₂O₃(1051.5 nm)、NdP₅O₁₄(1051.5 nm)、(Nd, La)P₅O₁₄(1052 nm)、KNdP₄O₁₂(1052 nm)、K₅Nd₂F₁₀(1052 nm)、Y₃Al₅O₁₂(1052 nm)、BaF₂-YF₃(1052.1 nm)、Y₃Al₅O₁₂(1052.1 nm)、NdP₅O₁₄(1052.1 nm)、YF₃(1052.1 nm)、LaF₃(1052.3 nm)、Y₂O₃(1052.5 nm)、BaF₂-GdF₃(1052.6 nm)、SrF₂-GdF₃(1052.8 nm)、LiYF₄(1052.8 nm)、NdP₅O₁₄(1052.9 nm)、BaY₂F₈(1052.9 nm)、LiLuF₄(1052.9 nm)、LiYF₄(1053 nm)、(Nd, La)P₅O₁₄(1053 nm)、Ca₃(Nb, Ga)₂Ga₃O₁₂(1053~1062 nm)、LiYF₄(1053 nm)、BaF₂-YF₃(1053 nm)、CaF₂-uF₃(1053 nm)、LaMgAl₁₁O₁₉(1053~1059 nm)、LiLuF₄(1053.1 nm)、LiKYF₅(1053.2 nm)、BaF₂-LaF₃(1054-1056.3 nm)、Lu₃Al₅O₁₂(1053.5 nm)、CaF₂-SrF₂-BaF₂-YF₃-LaF₃(1053.5-1054.7 nm)、CaF₂-CeF₃(1053.7 nm)、及びBaF₂-LaF₃(1053.8 nm)を利用する様々なこのようなNd : 半導体レーザのいずれかとすることができると考えられる。
【0040】

次に、半導体シードレーザ452の出力は、例えばファイバ増幅器454、例えば本発明の背景技術で説明した種類のリン酸塩纖維増幅器において約数μJ / パルスのレベルまで増幅することができ、ファイバ増幅器の出力は、ダイオードポンピングすることができてNd : BaF₂ - CeF₃又はNd : BaF₂ - LaF₃半導体レーザ452の場合に351.2 nmで初期入力2 Wを生成するように第3高調波発生器458への入力として総計10⁻⁶、すなわち2 Wが得られるように200 μJ / パルスの出力を生成することができる別の半導体レーザ増幅器、例えばリン酸塩ガラス増幅器、例えばNd : リン酸塩ガラス増幅器で更に増幅することができる。リン酸塩ガラス増幅器は、例えば、ダイオードポンピングされるNd : リン酸塩ガラス増幅器とすることができます。

例えば、XeFエキシマ電力増幅器段階460の増幅媒体においてレージングを生成するために、半導体シードレーザの初期波長は、例えば、数pm / nmの割合で結晶を加熱することによって若干調整すべきであろう。従って、初期に1064 nmで光を出力するNd : YAg半導体レーザとは対照的に、先に参照したシードレーザを調整するために、約一桁のマグニチュードの温度変化が必要である。
【0041】

ここで図5を参照すると、LPP駆動レーザとして使用される効率的な短パルス駆動レーザシステム22を示している。高効率短パルス駆動レーザ22、例えば駆動レーザ22として分子フッ素又はエキシマガス放電レーザの利用は、例えば、約2.5%から3.5%程度のCEでの高CEのEUV光の生成を可能にすることができます。駆動レーザシステム22は、例えば、図1に概略的に示す主発振器部分44に対応する例えば駆動レーザシステムの主発振器320部分の出力パルスを受け取るパルス幅狭化器310を含むことができる。MO320の出力パルス322は、持続時間が比較的長いもの、例えば約12~15 nsとすることができます、かつ、以下で説明するように、例えばパルス幅狭化器310において短縮することができます。パルス322の図は、パルスの左側がMO320において時間的に最初に(パルス前部)作り出され、図示のパルス322の右側が時間的に最後に、すなわちパルスの後尾部が作り出されるように時間的な強度分布を示すものであることが理解されるであろう。

【0042】
パルス幅狭化器は、例えばパルス322の後部、例えば電気光学カプラ330を通過するパルスの後半において何らかの刺激的な場、電気光学カプラの場合は電界(磁気又は音響光学カプラも使用することができます)の印加によるパルス322内の光の偏光を変えて

この短い方のパルス部分 354 が偏光ビームスプリッタ 334 において反射され、かつ元の偏光に戻されるように反射されて半波プレート 340 を通るようにされる材料、例えばベータバリウム硼酸塩結晶で作られた電気光学カプラを含むことができる。パルスの他方の部分、すなわち、偏光の変更がないパルス 322 の前半（時間的）は、第 2 の電気光学カプラ 332 に伝えられる。電気光学カプラ 332 は、パルス 322 の前部（時間的）の偏光を変え、パルス 322 は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 336 において反射され、元の偏光に戻すために第 2 の半波プレートを通過する。2 つの短いパルスに分割される一緒に MO のエネルギー出力の本質的に全てを構成するこれらの 2 つの短縮パルス 354、356 はまた、MO においてガス放電を引き起こす MO320 内のピークコンデンサへの電気パルスのタイミングに応答し、又は MO チャンバへの蛍光性又は全てが MO 出力パルス 322 の時間的なタイミングを示す MO 段階からの出る光の検出に応答して制御することができる高電圧電源を駆動するために時間調節された電気パルスを選択された時間的な分離で供給するように、当業技術で公知のようにタイミング回路（図示せず）によって選択されるようにそれぞれの電気光学カプラへの例えば電界の印加のタイミングによって選択することができる。

【0043】

このようにして、持続時間が短いパルス 354 の各々は、PA360 での増幅のために、それぞれ全反射ミラー 350 及び 352 からの反射により、パルス 322 及び 342 の後尾部及びパルス 322 の前部（時間的）から電力増幅器 360 利得媒体を通過させ、次に、全反射ミラー 370 及び 374（短い遅延ルート）と、ミラー 372 及び 376（約 10 ns 長めの移動時間の長い遅延ルート）とを含む異なる遅延線を通過することができ、その結果、LPP チャンバへの入力時に、ビーム 400 は、MO からの出力パルス 322 の持続時間の半分であるが、パルス 322 において、MO から出力されたパルスエネルギーの全てを含む同じ持続時間の 2 つの重なり合うパルスを含む。

【0044】

例えば KrF の MO の場合、パルス 22 の出力パルス持続時間は、高々約 15 ns 程度とすることができます、その持続時間の半分、すなわち、約 7.5 ns の單一パルスを形成するためのパルスの分割は、LPP の EUV の CE に関する限り、持続時間の短いパルスほど有効ではない可能性があるが、一部の用途では有効とすることができますが理解されるであろう。他の利得媒体、XeC1 又は XeF、具体的には例えば XeF に対しては、MO 段階からのパルス持続時間は、6 ~ 10 ns 程度であると考えられる。この場合、上述のパルス分割及び再結合技術は、所要量であると考えられる 2 ~ 3 ns、少なくとも、最小 5 ns までを取得するのに有効であると考えられ、この 5 ns は、本出願人による最近の研究では、実質的に EUV 光の生成における LPP の CE の改善にも十分に有効とすることができることが既知である。

【0045】

本発明の実施形態の態様では、本出願人はまた、例えばターゲット液滴 20 上に本質的に同時に例えば同軸に異なる高調波を注入することによってターゲットをプラズマ開始点で照射する LPP 駆動レーザの場合に（Nb : YAG 半導体レーザの場合は、1064 ns、532 ns、及び 266 ns）、様々な高調波で例えばレーザ光の本質的に全てを利用することを提案する。ターゲット 20 及びその後に形成されるプラズマ内では異なる波長が異なる位置で吸収されることになるので、光源からの放出量は、入射ビームに沿ってカットオフ位置近くの密度スケールの長さに比例して拡大される。また、単純な光遅延によって基本波に対して高い方の高調波を遅延させることによってこのスケールの長さを変えることができる。従って、高い方の高調波の低密度領域内の密度勾配は、初期パルス後の減衰において変えることができる。従って、レーザエネルギーの全ては、LPP で使用することができ、高調波生成中に周波数倍増結晶内の吸収損失という問題のみが存在し、この損失は、吸収均等物を拡大させてカットオフ近くで正確に制御されたより浅い密度勾配にしながら比較的低いレベル（ $a = 0.1\% / \text{cm}$ 、典型的）に維持することができる。

【0046】

10

20

30

40

50

代替的に、基本ビームからのレーザ光が高い方の高調波に対して遅延された場合、例えば圧縮パルスを内方に駆動させて例えれば放出領域のちょうど外側で融除雲に影響を与えることになるために、変換効率(CE)を改善させるのに使用することができる。これは、プラズマの放射層内の密度を上げ、かつ、放射イオンの封じ込み時間を長くすることができる。両方の影響により、放射特性を改善させかつ変換効率を上げることができる。本出願人は、CEに対するこの改善提案を裏付けるために、プラズマ流体力学の予備的なシミュレーションによるモデル化を行った。

【0047】

本出願人は、シミュレーションなどによるLPPの流体力学及び得られる放射の力学を考察した結果、非常に低い質量密度のみが帯域内放出に好ましい再結合領域内に存在することによって望ましい帯域内放出が制限されるので、変換効率は、少なくとも部分的には限定される可能性があると考えている。融除を遅くして帯域内放出領域における質量密度を上げるために、本出願人は、吸収が初期ターゲット表面からかなり離れた位置で起こるよう、例えは長めの波長と、従って関連の低めの臨界密度を有する第2のいわゆる圧縮パルスとを利用して、初期融除レーザパルス後に第2のレーザパルスを注入することを提案する。このパルス及びその材料融除は、例えは、プラズマ放出材料の内方の(初期ターゲット表面に向う)圧縮の発生をもたらす可能性がある。例えは、波長によって比較的位置が固定した圧縮パルス吸収は、例えは、その下かつ放出領域から遙かに離れた場所で融除雲を圧縮するように比較的正確に時間調節することができる。例えは、放出のより好ましい状態が得られるように融除雲を形成するために時間調節されたNd:YAGレーザの上述の使用の代わりに、特に本提案は、圧縮パルス向けにCO₂レーザを使用した形成及び圧縮を望ましいものである。このようなレーザパルスの堆積領域は、例えは実質的に初期ターゲット表面から除去され、実質的に放出領域の圧縮を保証することができる。この力学を達成すると、その結果、融除雲内により高い空中質量密度が発生し、本質的に好ましくは生成プラズマの帯域内の放出部分の封じ込み量が大きくなる可能性がある。

【0048】

ここで図7を参照すると、增幅器が電力発振器構成である場合に結合損失を著しく低減する波長結合多重利得媒体発振器/增幅器駆動レーザ410構成を概略的に示している。システム410は、結合光学器械418を通じて一対のシードレーザ(図示せず)から異なる波長₁及び₂の一対のパルス430、432を受け取る。光学要素418は、414と、出力カプラ41と、光学要素418のミラー表面とを含む增幅器レーザの利得ポイントでの波長にも対応する第3の波長₃で最大に又は完全に反射性であると同時に、波長₁及び₂の各々に対して高い透過性を有するように選択される。出力カプラは、部分的に反射性、例えは、利得波長₃で20%反射性、本質的に完全に反射性、又は₁及び₂に対して最大に反射性であるように選択することができる。例えは、增幅器レーザは、エキシマガス放電レーザ、例えは、それぞれ、₃つまり248nm及び308nmを有するKrF又はXeClレーザとすることができます。2つのシードレーザ430及び432を光学要素を通して以下の総和周波数方程式に従って₃を生成する增幅器レーザ空洞内の光学要素、例えは非線形結晶、例えはKD*P又はKD⁺P又はKTP結晶を通過させる。

$$1 / _1 + 1 / _2 = 1 / _3$$

例えは、₃ = 308nmに対しては、1 / _1 + 1 / _2 = 1 / _3 が、小数第8位までに対して、.00324675nm .00187969 + .00136705 = .00324674に変形されるように、例えは、1064nmで作動するNd:YAGレーザの第2高調波として生成される532nmの₁と、731.5nmで作動するTi:サファイア又はアレクサンダライト半導体レーザから生成される₂とを使用することができる。同様に、1 / _1 + 1 / _2 = 1 / _3 が、小数第8位までに対して .00324675 = .00108225 + .00216450に変形されるように、924nmの(Ti:サファイア半導体レーザの基本波)₁と、₂ = 462(Ti:サファイアレーザの第2高調波)とを使用することができる。248の₃に対しては、266nm(Nd:

10

20

30

40

50

Y A g 半導体レーザの第4高調波)の $\nu_1 = 1$ と、O P O レーザからの3664の ν_2 、又は $\nu_1 = 744$ (T i : サファイア又はアレクサンドライトレーザの基本波)と、 $\nu_2 = 372$ (T i : サファイア又はアレクサンドライトレーザの第2高調波)とを使用することができる。T i : サファイア又はアレクサンドライトレーザは、上述の基本波及び高調波周波数/波長を有効にする範囲を通じて調整可能であることが当業者によって理解されるであろう。

【0049】

本出願人は、L P P における拡大の力学を変える方法を考察した。本発明の実施形態の態様では、本出願人は、例えば、金属ターゲット、例えばターゲットとしてのリチウム、及び例えば液滴の形態としてのリチウムもを利用してL P P のE U V 光源からより高い変換効率(C E)を達成する方法を呈示している。レーザ照射によるプラズマ開始後にL P P 内での融除を控えめにまで抑制することにより、運動エネルギーに区分されたレーザエネルギーをエネルギーが帯域内E U V 放出として逃げることを可能にするのに十分なほど帯域内E U V 放出の領域から逃げるのを遅らせることができる。金属、例えばリチウムターゲット、例えば液滴の場合、これは、他の放射遷移が非常に少ないので変換効率を大きくするのに十分にあると考えられる。本出願人は、プラズマの拡大に干渉するように機能するという意味で、本出願人が拡大タンパーという可視及びE U V 放射線に実質的に透明な材料を例えばターゲット材料の入射面上でプラズマの少なくとも大部分の拡大を有効に低減する場所に配置することを提案する。これには、プラズマの材料、例えばレーザ照射及びその後のタンパーへのターゲット材料の融除から材料に与えられる運動エネルギーのために拡大する材料の非イオン化部分からの運動量移動のためにターゲット材料の実質的な拡大を抑制するという効果がある。このような材料は、ヘリウム又は特に水素の背景と同じくらい単純なものとすることができる、その両方は、E U V 放射線及び照射レーザビームのD U V にほぼ透明である。

【0050】

ここで図9Aから図9Cを参照すると、ターゲット液滴を実質的に取り囲むタンパー材料と共に、ターゲット、例えば金属の液滴94を送出する可能な方法を概略的に示している。図9aにおいては、ターゲット送出機構92内のノズル(図9Aにおいては図示せず)から出る固体流れ490の形でターゲット液滴94を送出することができる。ノズルを取り囲むのは、流れ490を取り囲みかつ気体流れの中の液体金属流490から液滴ターゲットが形成され時に最終的にはターゲット液滴94を取り囲む気体492、例えばヘリウム又は水素の柱が送出される環状リング開口部(図示せず)とすることができます、気体の流れは、プラズマ開始点28での照射及びプラズマ形成の時点まで、気体の柱が液滴周りにターゲット液滴94を取り囲むのを維持するのに十分な速度で、ターゲット送出ユニット環状開口部から出すことができる。柱が常にかつ完全に又は均一にプラズマ形成時にターゲット液滴94を取り囲まないように、例えば以前のターゲット液滴での以前のプラズマ形成のために、この柱は、プラズマ照射サイト28及び他の作動パラメータ、例えば気体柱492及び/又は他の取り囲むバッファガス(もしあれば)内の乱流に向かう途中で若干分散する可能性があることが理解されるであろう。本明細書及び特許請求の範囲で使用される時、実質的に取り囲むとは、有効なタンパー自体の役割を果たし及び/又はプラズマ形成領域内での周囲ガスのタンパー効果を改善し、システムの経費及び複雑性を正当化するのに十分な変換効率を十分に改善し、例えば図9Aから図9Cに示すように、ターゲット液滴と共にタンパー材料を送出するためにプラズマの成分から運動エネルギーの著しい十分な吸収を行うのに十分であるという意味である。

【0051】

図9Bは、流れ494からターゲット液滴が形成された時に、タンパー材料498によって実質的に取り囲まれたターゲット液滴496を含む、ターゲット液滴94形成のための流れを送出するためのシステムを概略的に示している。この趣旨で、ターゲット液滴材料、例えばリチウム又は錫を分配する内側ノズル及び有効なタンパーとして作用するためにD U V に十分に透明である別の液体、例えば水を送出するノズルと共に、ターゲット送

10

20

30

40

50

出ユニット 92 内の同心ノズル（図示せず）によって液滴形成流 494 を形成することができる。この実施形態では、流れ 494 から形成された時の液滴 94 は、実質的にタンパー材料 498 によって取り囲まれたタンパー材料の形とすることができます。上述のように、複数材料の流れからの液滴形成の力学などの要素及び他の作動パラメータにより、実質的に取り囲むとは、図 9A のガス柱の実施形態の場合と本質的に同じ意味を有し、すなわち、タンパー機能を有効に実行し、認め得るほどかつ効率的に変換効率を改善させるのに実質的に十分であるということが理解されるであろう。

【 0052 】

図 9C は、本発明の実施形態の態様による別の実施形態を概略的に示し、この実施形態では、実質的にタンパー材料 506 によって取り囲まれたターゲット液滴材 504 が、内側ノズル 500 と外側ノズル 502 を含むターゲット送出システム 92 の排出ノズルのところで結合液滴に形成され、ノズルのいずれか又はその両方は、ノズル 500、502 の出口で液滴形成を誘発するように絶えず又は定期的に振動及び／又は圧搾及び／又は加圧するか、又は他の方法で操作することができ、これらのノズル詳細は、本発明の範囲外のものであり、その最終的な結果、一旦形成された液滴は、タンパー材料によって実質的に取り囲まれたターゲット材料 504 を有することになり、ここで、実質的に取り囲まれたとは、上述のような意味である。

【 0053 】

本出願人は、レーザ駆動プラズマにおける高速イオンの生成のための機構を考察した結果、レーザ駆動プラズマから排出された高速イオンの流束及びエネルギーを低減することができるすることが有用であると判断した。このようなプラズマが EUV 光源として使用された時、高速イオンは、集光器ミラー 30 の反射面を損傷する可能性がある。従って、排出イオンの流束及びエネルギーを低減することにより、ミラー 30 及び潜在的に他の光学要素の損傷を低減することができ、運転コストの適切な軽減で他の光学要素寿命を延ばすことができる。プラズマから放出排出される高エネルギー粒子は、電子がより大きな熱速度でプラズマから逃れ、相対的に正の電荷をプラズマ内部に急速に残す時に得られる両極拡散によって作り出される。電荷の不均衡により、イオンをプラズマから外方に加速して電子の逃げを緩やかにする外方指向電界が作り出される。EUV 光源内のプラズマの場合、両極電界は、ターゲット、例えばリチウム又は錫の例えれば液滴 94 に大きな負の電荷を負荷して内方の半径方向の電界を損傷することによって無効にすることができる。ターゲット、例えば液滴に電荷を印加することは、ノズル（図示せず）を非常に高い負の電位まで帯電させるか又は液滴 94 にシード光を注入することによってさえも比較的容易なことである。従って、プラズマが作り出された時、より大きな電位を有するイオンのみが排出されるよう電界によって邪魔することができる。両極電界のマグニチュードに対するノズルへの静電崩壊の限界値までターゲット、例えば液滴 94 を帯電させることができる。

【 0054 】

作動においては、本発明の実施形態の様々な態様では、エキシマレーザ増幅器チャンバー、例えば LPP 駆動レーザシステムの KrF、XeF、又は XeCl ガス放電増幅部は、2 つの波長では光に本質的に透明であるが、少なくとも空洞に面する側では、2 つの波長のシードレーザ光を第 3 の波長に変換する非線形光学要素によって生成される第 3 の波長を全反射する結合光学器械を通る少なくとも 2 つのシードレーザビーム又は異なる波長を含むシードレーザと波長結合することができるが当業者には分るであろう。この第 3 の波長は、例えば、KrF、XeCl、又は XeF 増幅器レーザの場合は所要の利得ポイントにあり、KrF、XeCl、又は XeF 增幅器レーザは、次に、発振器空洞として作用し、駆動レーザとして作用するように第 3 の波長で出力レーザ光パルスを生成する。このようなシステムは、この形態の MOPA 駆動レーザ構成において増幅器空洞内でシードレーザ入力を適切な増幅器波長に変換することにより、増幅器空洞内でのレージングのために適切な波長でシードレーザ光パルスビームを別の発振共振空洞に結合する際に起こる例えれば可能な結合損失を著しく低減する。例えば、IR 光を用いて、エキシマレーザを使用してシード周波数／波長を得る変換を行ってこの反対のことも行うことができる。また

10

20

30

40

50

、これをYLFシードレーザで行ってYLFシード周波数を調整することができる。開示した波長結合は、例えば、偏光結合又は空間結合又は波面分割結合又はPO構成で部分反射体結合よりも有効である。

【0055】

同じく作動においては、本発明の実施形態の態様では、例えば、空間スライシングの従来技術の使用よりも優る遙かに有利なパルス短縮方法を提供する。偏光スライシングの利用は、例えば、空間スライシングよりもスライシング処理パルスのエネルギー損失が遙かに少ない遙かに効率的なスライシングを可能にするものである。これはまた、他のMOPA又はMOPD構成に例えばXeF又はXeClに用いると、約5～6ns未満の所要の範囲になる可能性があることが理解されるであろう。また、この手法を用いて、例えば2つのMOを並列に駆動させて出力レーザ光パルスビームを結合して1つのシードビームにすることができる。また、これを用いて、例えばXeFのPA段階の前に例えば50nsYLFイオンを2つの25nsパルスに変えることができる。また、この手法は、再結合前のより高いピーク強度/分離パルスの取得を可能にする。

【0056】

また、例えばより短いパルスを生成するための上述の誘導ブリュアン散乱は、XeFにも例えば351nmで行うことができるが理解されるであろう。当業者は、本発明の実施形態の態様では、余分なパスにより更に短いパルスを生成することができ、かつ、開示した手法は、例えばYLFシードXeFシステムと共に例えばYLFにも適用可能であることを理解するであろう。また、この手法は、LPPのEUV駆動レーザシステムに関して上述したようなシードレーザの調整において適用可能である。調整を目的としたシフトの取得には、誘導ラマン散乱も用いることができる。

【0057】

また、本発明の実施形態の態様では、当業者は、シードレーザ波長及びパルス長の操作、例えば、PA又はPOエキシマ増幅器利得要件を適合させるためのYAG又はYLF又は他の半導体レーザ波長のシフト及びパルス短縮を利用して、LPPのEUV光源駆動レーザ構成の一部として、可変エキシマ又は分子フッ素ガス放電電力増幅器レーザシステムとの併用のための適切な高電力、高パルス繰返し数の半導体MOシードレーザをもたらすことができることを理解するであろう。例えば、作動温度を操作することによる例えばYLFレーザの出力を変えることは、例えば、最大約12kHzまでの非常に高いMOパルス速度を取得することができる点と共に、PAのYLF励起の効率に影響を与える可能性がある。2の実施形態では、複屈折フィルタ及び電気光学カプラが利用されることが理解されるであろう。

【0058】

短縮パルス長と修正基本周波数と共にNd:YLFを利用することは、本発明の実施形態の態様では、駆動レーザでのLPPのEUV光源プラズマ生成において非常に有用である可能性がある。複数の、すなわち、 $n > 2$ でn個のパスを伴うPAの効率は、意義深いものである可能性がある。また、本出願人の譲受人が例えばMOPA構成のレーザ、例えばXLASERシリーズ多重チャンバーレーザで現在使用しているより長い電極との単一パス又は2つのパスのみの利用が可能である。

【0059】

本出願人は、6000Hzで作動しかつ一対のXeFエキシマレーザ増幅器502、504に例えば各増幅器に対して3000Hzの割合でシード光を注入するNd:YLF半導体シードレーザ500を含む図10に概略的に示す600W駆動レーザシステムの実証を行った。総駆動レーザパルス繰返し数は、6000Hz、ビーム品質は、 $< 150 \mu\text{rad}$ 、パルス長は、 $< 15 \text{ns}$ 、指向安定性は、 $< 50 \mu\text{rad}$ であった。試作品における出力パルスエネルギーは、約100mJである。試作システムは、これまでに駆動レーザビームパルスの約4Bパルスを蓄積している。このようなシステムは、各フレームにおいて一対の増幅器レーザ502、504で駆動レーザフレーム数を1から2に増大し、かつ、それぞれ、各拡張済みシステム当たりに8kHz、12kHz、16kHzの総駆動レ

10

20

30

40

50

ーヤ出力 / フレーム及び 16 kHz、24 kHz、及び 32 kHz の総駆動レーザシステムパルス繰返し数が得られるようにパルス繰返し数を 4000 Hz、6000 Hz、次に 8000 Hz に拡張し、かつ、出力パルスエネルギーを 220 mJ、190 mJ、及び 210 mJ に拡張することによって最大 7040 W までのシステムに拡張し、その結果、最終システムは、それぞれのシステムにおいて 12 個及び 24 個の駆動レーザ増幅器で 7140 W を生成し、中間システムは、2280 W 及び 5040 W を生成する。

【0060】

増幅器レーザは、チクタク式タイミング構成であるか、又は例えば各フレームにおいて又は全てのフレームにおいて同時に発射し、次に光学的に結合してより低い総パルス繰返し数で置かれるより高いエネルギーパルスを作り出すことができる理解されるであろう。

第 3 高調波 Nd : YLF の MO の波長は、XeF 利得スペクトルに適合させるためにシフトさせることができる。半導体 MO は、所要の高シードビーム品質をもたらし、XeF 電力増幅器は、確実なパルスエネルギーを供給する。

【0061】

EUV 光源システムに対して現在企図されているのは、例えば、1 つ置きの滴下を 64 kHz の割合でパルス形成に使用する場合に、最終的に必要とされる 32 kHz を優に超える割合で直径が < 100 μm の液滴直径で液体金属（例えば、Li 又は Sn）の液滴を供給する連続誘導液滴発生液滴ターゲット送出システムの利用である。また、例えば、30 μm から 60 μm の液滴が得られるように要求があり次第滴下式液滴送出を行うことを必要とする場合がある。企図された EUV 生成システムに対してまだ作業されていない主な問題としては、集光器及び他の光学面上の原料物質（例えば、Li 又は Sn）の蓄積、集光器反射面を形成する MLM の層のスパッタリング、MLM 内への原料物質及び他のイオンの移植 / 拡散、供給源ハードウェアからスパッタリングされた材料の堆積、原料物質汚染の堆積、EUV 誘導炭素の成長及び酸化、及び MLM の熱的安定性がある。

【0062】

比較的高い反射率を示す高温 MLM 材料が存在する。図 13A に示すように、MLM 材料の反射率がコーティング直後に波長に対してプロットされており、曲線 520 には露出がなく、曲線 522 は、T + 400 での 48 時間後を表し、曲線 524 は、その温度での 96 時間後を表す。図 13B の曲線 530 は、熱露出前の別の MLM 材料を表し、曲線 532、534、及び 536 は、それぞれ、1 時間、10 時間、及び 100 時間の T = 400 までの露出を表している。

【0063】

図 11 の図表に示すように、例えば、第 3 高調波 Nd : YLF 半導体レーザ 500 の波長は、XeF 増幅器レーザ内の利得を適合させるようにシフトさせることができ、曲線 510 は、シフトなし Nd : YLF スペクトルを表し、曲線 514 は、XeF スペクトルを表し、曲線 512 は、増幅ガス放電エキシマレーザ 502、504 内で増幅されるシフト済みの Nd : YLF スペクトルを表している。

本出願人は、LPP の EUV 帯域内変換効率 (CE) の測定を例えばターゲット、例えばプラズマ原料物質の平坦ホイルの位置決めに関連して行ったが、例えば平坦ターゲットシートの測定 EUV の CE とレンズ位置の図表である図 14 に示すように、本出願人が考えるに、個別のターゲット、例えばターゲット液滴及び駆動レーザの焦点に対しても適切なスケーリングで適用可能である。これらの測定に対して、CE 走査は、集束レンズを焦点を通るようにシフトさせることにより、レーザパルス ~ 10 ns、不均一強度分布、かつ一定のレーザエネルギーで行った。完全に均一なレーザビームプロフィールを意味する 1-D モデルで平坦上部レーザパルスが得られるようにモデルを設定した。リチウムにより、幅広いレーザ波長選択が得られる。CE は、一般的に、波長に対して << 2 % 帯域幅の中に ~ 2.5 % から 3 % で一定のままであり、XeF エキシマ波長での CE は高い。

【0064】

図 14 は、レンズ位置の関数、すなわち、2 つのこぶが駆動レーザビームをターゲット

10

20

30

40

50

に集束させるレンズの焦点の両側に1つ発生することができる焦点の関数として、パルスエネルギー70.5mJ(550)、102mJ(542)、185mJ(544)、及び400mJ(546)の場合に対してLi平坦ホイル／シートターゲットのEUVのCE%のプロットを示している。

図15A及び図15Bは、図15Sに対して、1064nm波長(550)、532nm波長(552)、355nm波長(554)、及び266nm波長(552)での駆動レーザによる照射に基づく各々13.5nmでのそれぞれ実測による組のCE曲線及び計算による組のCE曲線を示している。図15Bに対しては、曲線は、10.6μm(560)、1064nm(562)、523nm(564)、355nm(566)、及び266nm(568)を表している。

10

【0065】

本出願人はまた、図16に示すように、20°、50°、及び75°の角度に対して相対的なレンズ位置、すなわち、それぞれ曲線570、572及び574と共に異なる角度でEUVの比率を検査した。使用したターゲット材料は、Liであり、照射のためのレーザ波長は、355nmであり、355nmの場合、50°:25°の比率は、.75であり、75°:25°の場合は.68であった。1064nmでの駆動レーザ照射の場合、これらの比率は、それぞれ.58及び.42であった。これらの測定は、平面ターゲットに対して行ったものであり、本出願人は、プラズマ開始点からの様々な集光角度を通じて液滴に対してより良好な均一性を予想している。

20

【0066】

図17A及び図17Bに示すように、本出願人は、異なるイオン種からの放射線を観察した。レーザパラメータが異なれば、達成されるプラズマ温度も異なる。プロット580は、Liスペクトルを表し、曲線582は、MLM集光器表面の正規化された反射率スペクトルの曲線である。

図18aから図18Dに示すように、Snスペクトルは、スペクトルとレーザのパラメータの変動を示している。Snは、多くの重なり合う線による幅広いスペクトル放出量を有する。曲線590は、Snのスペクトルを表す曲線であり、曲線592は、MLM表面の正規化された反射率スペクトルを表す曲線である。

30

【0067】

図19A及び図19Bは、それぞれ、355nmと1064nmで照射されたリチウムのEUV出力600及びイオンエネルギーのピーク602と最大値604、及びFC積分606を示すものである。これらは、イオン／光子源と集光器の間の経路内に集光器に接近する順番で接地外側グリッドと、0Vから200Vの遅延グリッドと、約-50Vでの抑制グリッドとを有する集光器を使用して測定したものである。全てのLiイオンは、電界で停止させることができる。本出願人は、イオン流束が平面ターゲットの法線でより大きくなると予測している。

30

【0068】

本出願人は、200nmのZrホイルシートの50μmピンホールを通じてCCDカメラで観察した時に、13.5nmかつ5°のでそれぞれ355nmと1064nmで照射し、かつ、それぞれFWHMサイズX=140μ及びFWHMサイズY=110μ及びエテンデュ- $<0.012\text{mm}^2$ ステラジアン及びFWHMサイズX=230μ及びFWHMサイズY=120μ及びエテンデュ- $<0.032\text{mm}^2$ ステラジアンでカメラプラズマに45°ミラーから反射された平坦リチウムターゲットからEUVを測定した。

40

【0069】

EUV源ワークショップ2003年2月シンポジウムでのInnoliteにより報告されたRedにより報告されたような最大値20,000eV、ピーク値10,000eVのイオンエネルギーを生成する1064nmレーザ光で照射されたXe(131amu)を含むLPPによって高エネルギーイオンが生成され、本出願人によって以下の値、すなわち、Sn(amu119)、1064nm、最大値6,500及びピーク値2,450、Snの335nm、最大値5,600及びピーク値1550、及びLi(amu7)10

50

64、最大値1,200及びピーク値550、及びLi335、最大値1,100及びピーク値500が観察され、各グループのMLMのそれぞれの相対的スパッタリングの割合は、TRIMで計算されたように140%、84%、9.3%、及び7.8%であった。これから、Sn及びXeイオンの方が著しくエネルギーが高く、集光器のLiスパッタは、Sn及びXeよりも小さいマグニチュードの程度であることを観察することができる。

【0070】

図21A及び図21Bは、それぞれ、355nmで照射された時のLi及びSnのUV/V可視スペクトルを示している。単一のパルススペクトルが示されており、355nm光の散乱は、縮尺通りではなく、絶対スペクトル感度に対する補正を行わなかった。Snに対する積分は、Liに対するものよりも高い。

表Iは、LPPのEUV源開発の計画表を示すものであり、企図されている上述の実施形態を含む様々な構成が使用されることになる。

【0071】

(表I)

LPP源の計画表				
	2004	2005	2006	2007
レーザフレーム数	1	1	2	2
フレーム当たりの電力増幅器	2	2	2	2
増幅器当たりの繰返し数 (kHz)	4	6	6	8
駆動レーザ繰返し数 (kHz)	8	12	12	16
総繰返し数 (kHz)	8	12	24	32
パルスエネルギー (mJ)	100	190	210	220
駆動レーザ電力 (W)	800	2280	5040	7040
伝達BTS	96%	96%	96%	96%
帯域内CE	2.5%	2.5%	3.2%	4.0%
幾何学的集光効率 (sr)	5	5	5	5.5
集光器不明瞭度	6%	6%	4%	4%
集光器平均反射率	35%	41%	48%	50%
集光器寿命 (khrs)	0.0	1	5	10
バッファガス透過	90%	90%	90%	90%
IFでの総電力 (W)	4.52	15.10	51.10	102.23

【0072】

企図されているように、中間焦点で100+WでのEUV生成では、本発明の実施形態の態様では、リチウム液滴ターゲットは、適切な波長でシード光が注入されたエキシマレーザで照射される。予想HVM要件を満足することができるるのは、LPPのみである。Liによって帯域内CEが最大になり、帯域外放射線が最小になり、デブリ緩和は管理可能である。エキシマレーザ技術は、本発明の実施形態の態様では、最良の駆動レーザ解決策になる。エキシマ技術は、繰返し数の増加を通じて高電力に拡張される。エキシマレーザは、手頃な運転費で高い信頼性を達成する機能を示す実績を有する。大きな課題は、主集光器の寿命である。

当業者は、特許請求の範囲が網羅する意図及び範囲から逸脱することなく本発明に多くの変更及び修正を行うことができるることを理解するであろう。上述の本発明の実施形態の態様は、好ましい実施形態を例示するように意図されており、特許請求の範囲は、いかなるこのような好ましい実施形態にもその範囲を限定されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本発明の実施形態の態様を利用することができるEUV光源の基本的な概略プロック図である。

10

20

30

40

50

【図2】本発明の実施形態の態様によるLPP駆動レーザシステムにおける一対のPAレーザに対するシードレーザとしての第3高調波Nd:YLFのMOレーザの基本的な概略ブロック図である。

【図3A】本発明の実施形態の態様の実施に有用な誘導ブリュアン散乱(SBS)セル配置の概略図である。

【図3B】本発明の実施形態の態様の実施に有用なSBS発生器-増幅器配置の概略図である。

【図4】マルチパス増幅段階を使用する本発明の実施形態の態様の概略図である。

【図4A】本発明の実施形態の態様による4パス増幅段階の別の実施形態の概略図である。

【図4B】本発明の実施形態の態様によるLPPのEUV駆動レーザシステムのPAに対するシードレーザの別の実施形態の概略図である。

【図5】本発明の実施形態の態様によるパルス短縮器を有するEUV駆動レーザシステムの概略図である。

【図6】本発明の実施形態の態様に関する様々なスペクトルを示す図である。

【図7】本発明の実施形態の態様による波長結合シードレーザ光の増幅のための電力発振器として作動するLPPのEUV光源に対する波長結合増幅器部分の概略図である。

【図8】本発明の実施形態の態様による別の4パス増幅器部分の概略図である。

【図9A】本発明の実施形態の態様によるタンパー材料形成機構の概略図である。

【図9B】本発明の実施形態の態様によるタンパー材料形成機構の概略図である。

【図9C】本発明の実施形態の態様によるタンパー材料形成機構の概略図である。

【図10】本発明の実施形態の態様による駆動レーザシステムの概略図である。

【図11】シフトしたシード半導体レーザスペクトルのプロットを示す図である。

【図12】Liの蒸発と温度を示す図である。

【図13A】昇温時のMLMの反射率を示す図である。

【図13B】昇温時のMLMの反射率を示す図である。

【図14】EUVのCEと駆動レーザ焦点を示す図である。

【図15A】様々な照射波長に対する実測EUVのCEを示す図である。

【図15B】様々な照射波長に対する計算EUVのCEを示す図である。

【図16】異なる角度に対するEUVのCeを示す図である。

【図17A】LiスペクトルとMLM反射率スペクトルを示す図である。

【図17B】LiスペクトルとMLM反射率スペクトルを示す図である。

【図18A】様々なsnスペクトル及びMLM反射率スペクトルのうちの1つを示す図である。

【図18B】様々なsnスペクトル及びMLM反射率スペクトルのうちの1つを示す図である。

【図18C】様々なsnスペクトル及びMLM反射率スペクトルのうちの1つを示す図である。

【図18D】様々なsnスペクトル及びMLM反射率スペクトルのうちの1つを示す図である。

【図19A】EUV出力とイオンエネルギーを示す図である。

【図19B】EUV出力とイオンエネルギーを示す図である。

【図20】積分イオン検出信号を示す図である。

【図21A】Liスペクトルを示す図である。

【図21B】Snスペクトルを示す図である。

【符号の説明】

【0074】

22 MO PA駆動レーザシステム

112 第3高調波発生器

114 偏光ビームスプリッタ

10

20

30

40

50

1 2 4 X e F エキシマガス放電レーザ電力増幅システムチャンバ
 1 2 6 X e F エキシマガス放電レーザ電力増幅システムチャンバ

【図1】

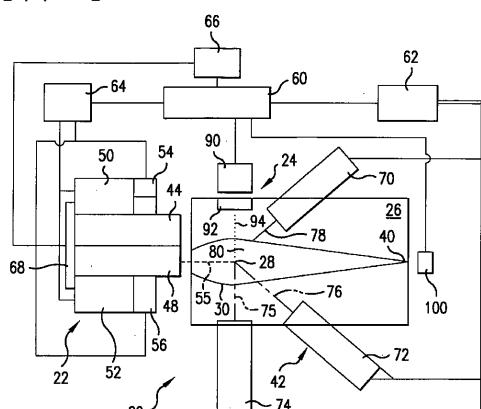


FIG.1

【図2】

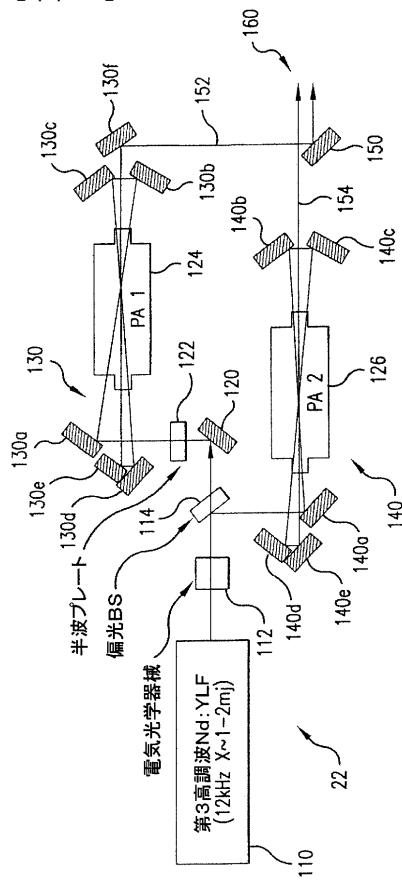


FIG.2

【 図 3 A 】

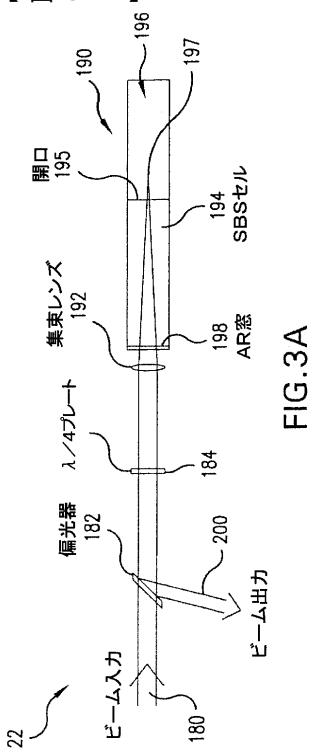


FIG. 3A

【図3B】

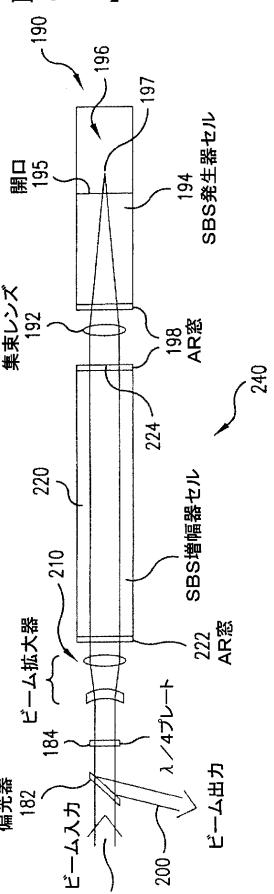


FIG. 3B

【図4】

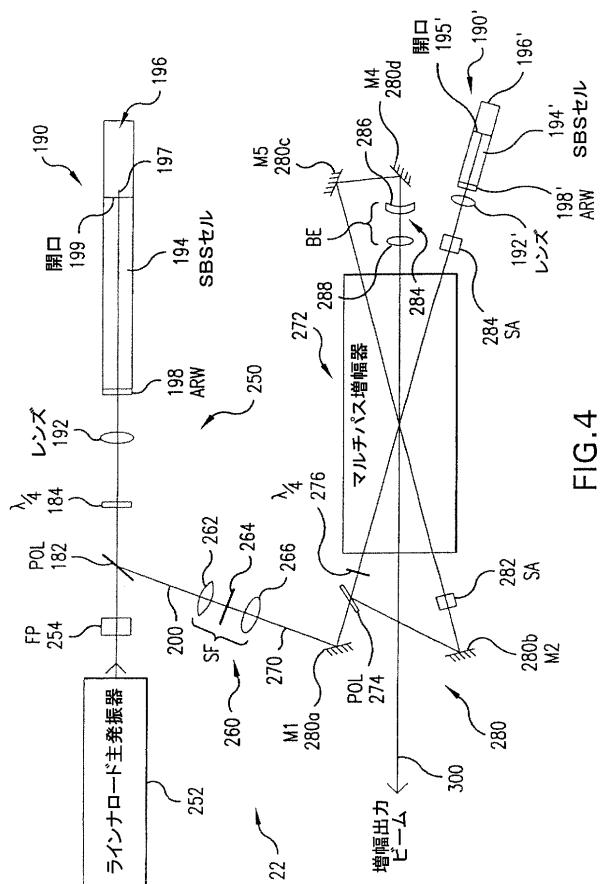


FIG. 4

【図4A】

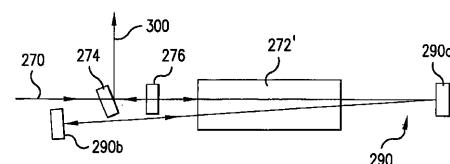


FIG.4A

【 図 4 B 】

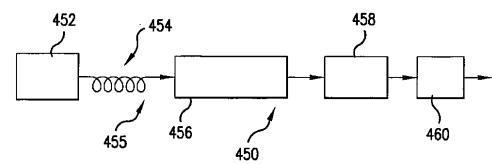
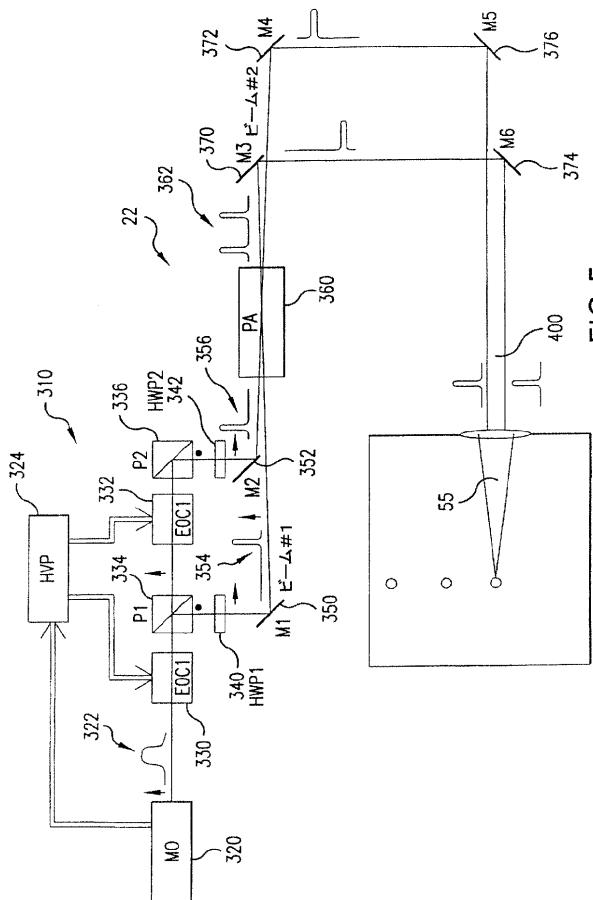
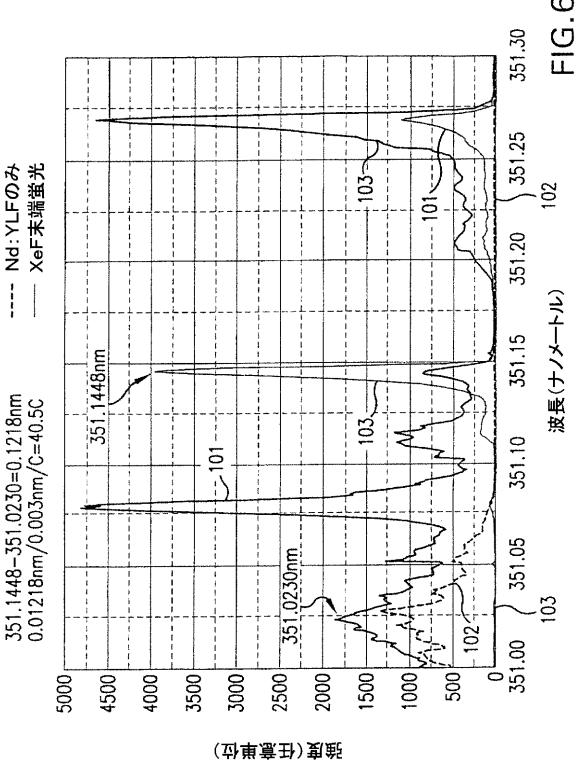


FIG.4B

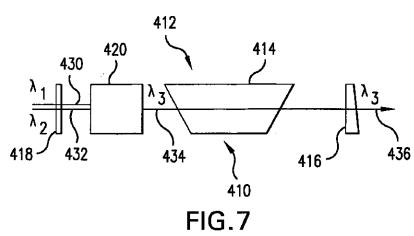
【 図 5 】



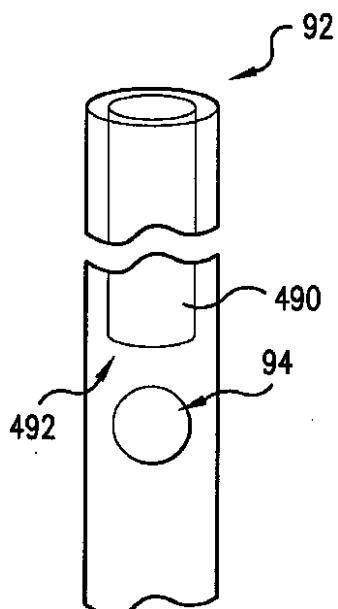
【 図 6 】



【図7】



【図9A】



【図8】

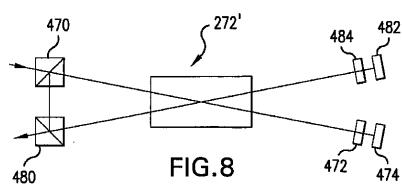


FIG.9A

【図 9 B】

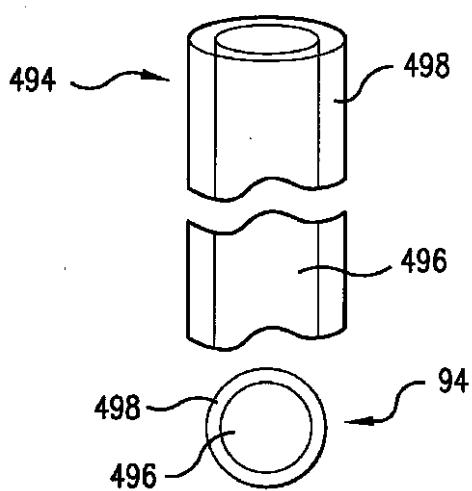


FIG. 9B

【図 9 C】

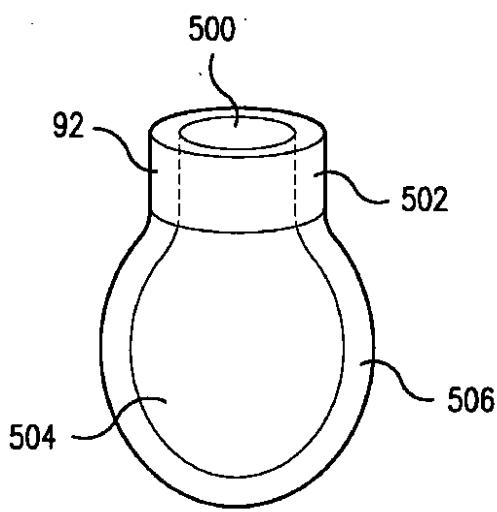


FIG. 9C

【図 10】

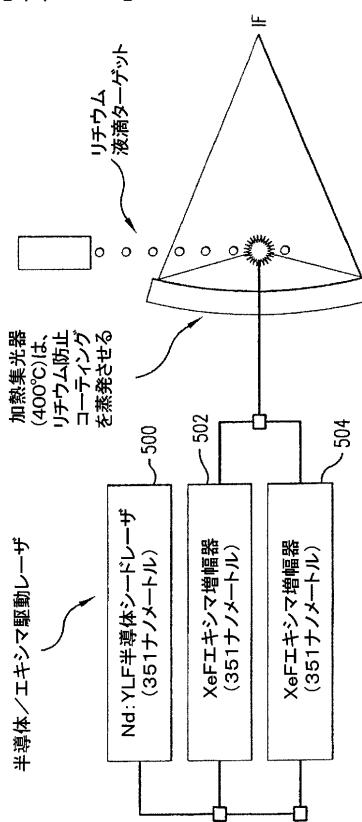


FIG. 10

【図 11】

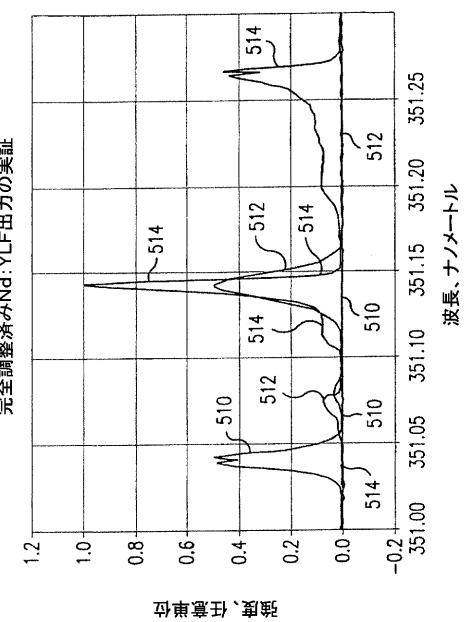


FIG. 11

【図12】

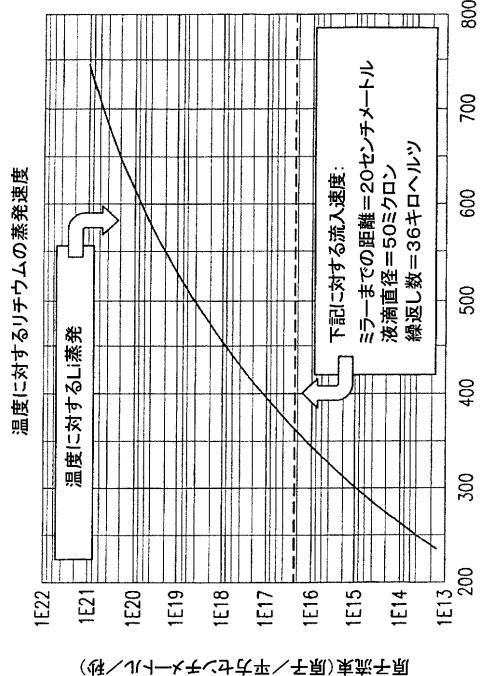


FIG.12

【図13A】

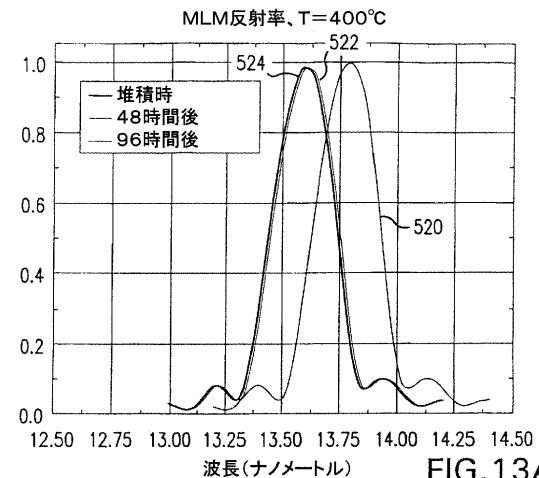


FIG.13A

【図13B】

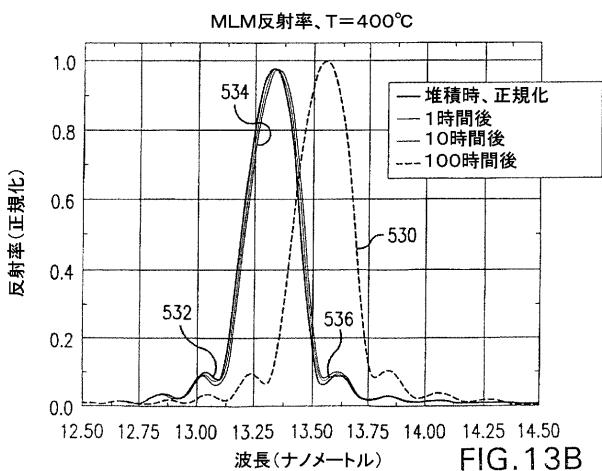


FIG.13B

【図14】

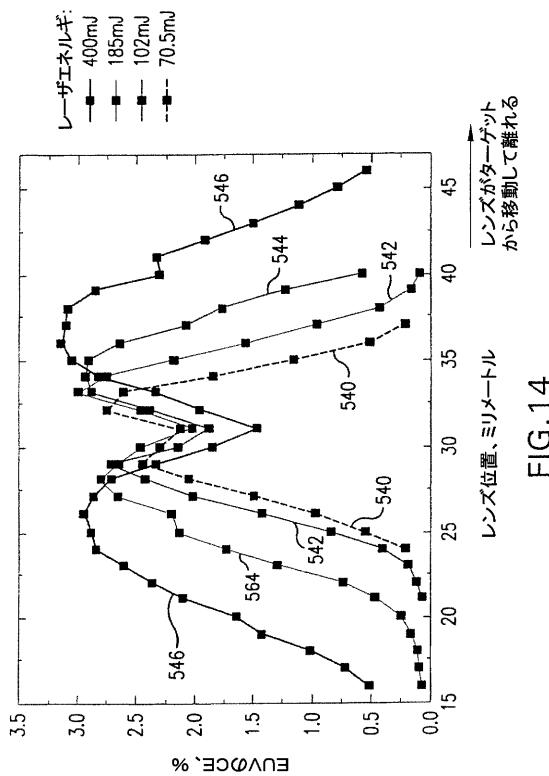


FIG.14

【図 15 A】

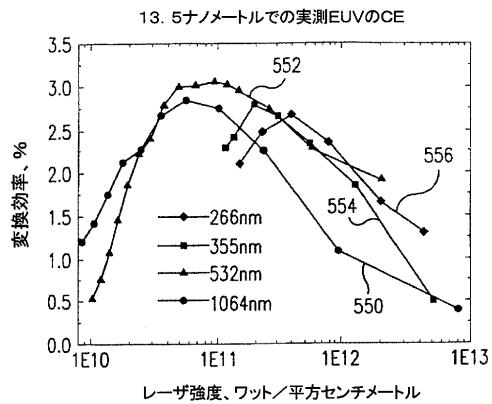


FIG.15A

【図 15 B】

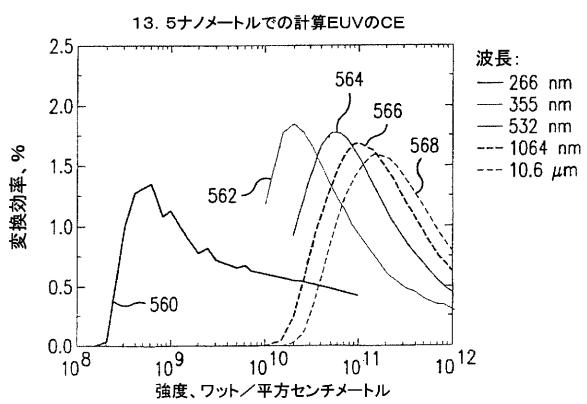


FIG.15B

【図 16】

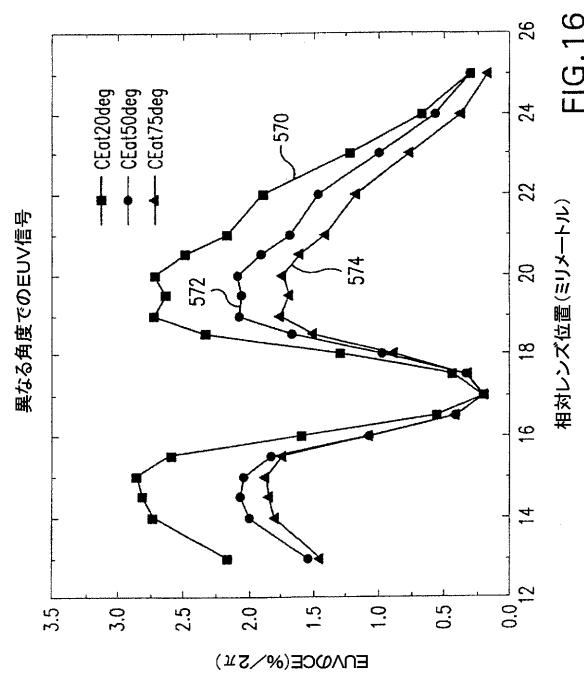


FIG.16

【図 17 A】

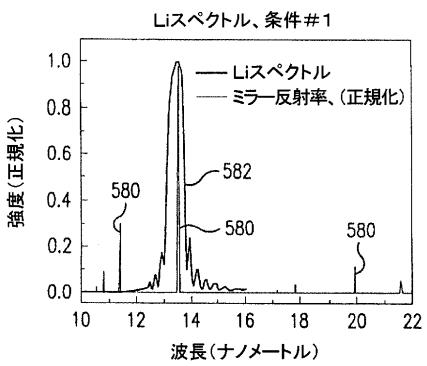


FIG.17A

【図 17 B】

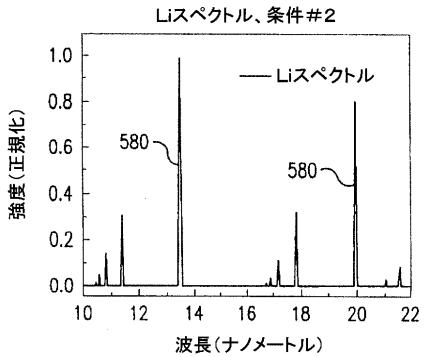


FIG.17B

【図 18 A】

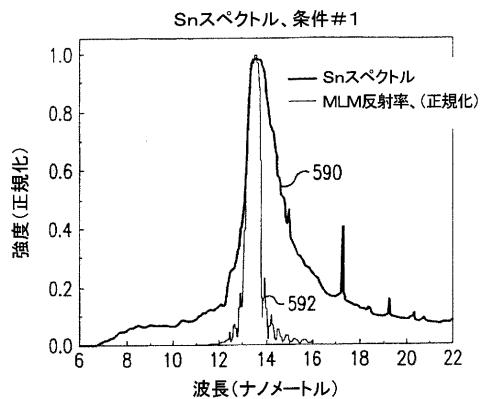


FIG.18A

【図 18 B】

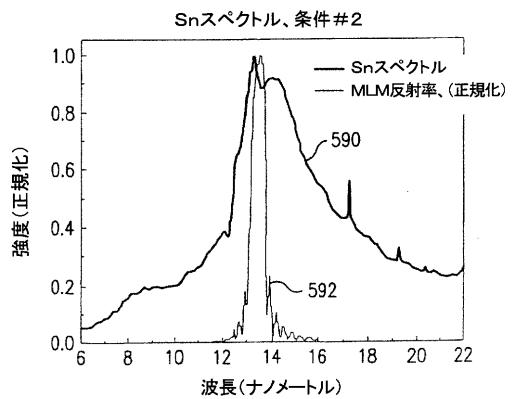


FIG.18B

【図 18 C】

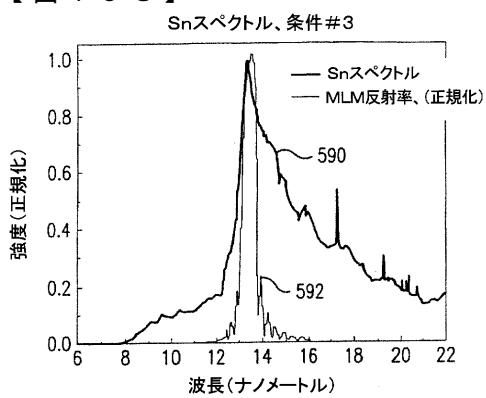


FIG.18C

【図 18 D】

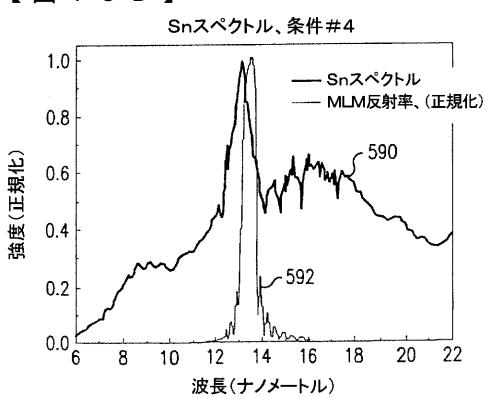


FIG.18D

【図 19 A】

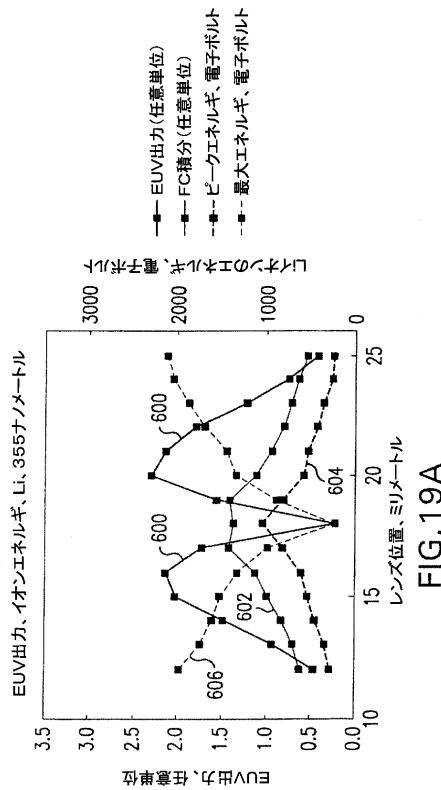


FIG. 19A

【図 19 B】

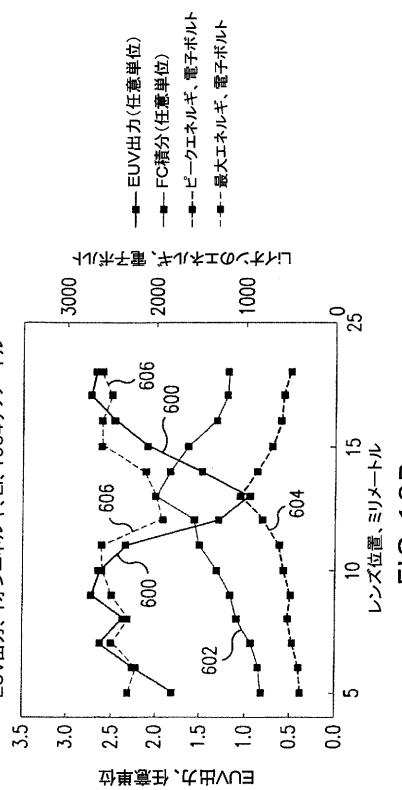


FIG. 19B

【図 20】

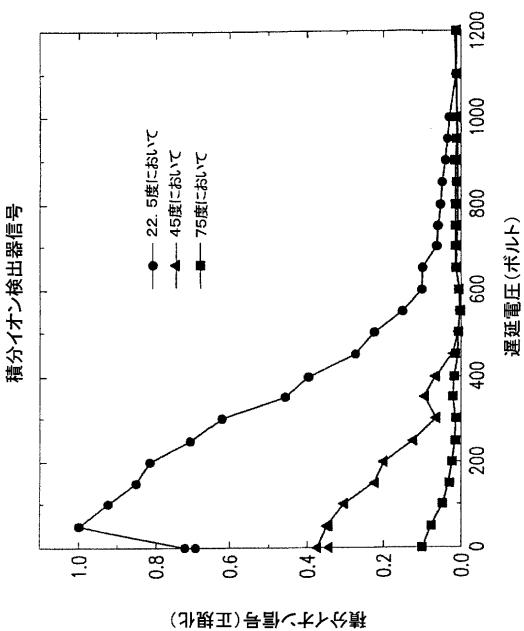


FIG. 20

【図 21 A】

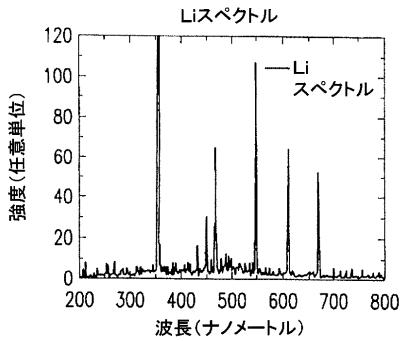


FIG. 21A

【図 21 B】

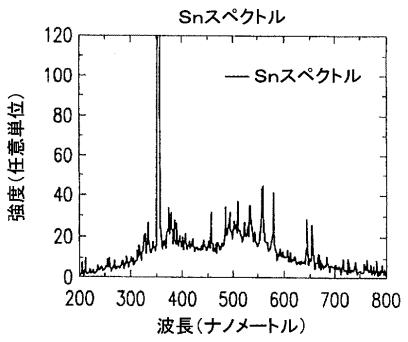


FIG. 21B

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US05/07063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: H01J 35/20(2006.01)

USPC: 250/504R, 493.1; 378/119

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)

U.S. : 250/504R, 493.1; 378/119

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
NONEElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
NONE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,946,669 A (KLEINSCHMIDT) 20 September 2005 (20.09.2005), see entire document, especially figs. 1, 2 and 4.	1-155

 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	"T"
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X"
"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)	"Y"
"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	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
	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
	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 April 2006 (09.04.2006)	Date of mailing of the international search report 20 APR 2006
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Authorized officer Kiet T. Nguyen Signature: <i>Jydia Sane for Kiet T. Nguyen</i> Telephone No. 571-272-2479

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,JP,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,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 パートロ ウィリアム エヌ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92064 ポーウェイ ペドリーザ ドライヴ 1263
4
(72)発明者 ブラウン ダニエル ジェイ ダブリュー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92128 サン ディエゴ ブルースター コート 11
981
(72)発明者 フォーメンコフ イゴー ヴィー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92129 サン ディエゴ ジャーナル ウェイ 143
90
(72)発明者 パウアリング ノーバート アール
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン ディエゴ マテュリン ドライヴ 15
393 アパートメント 242
(72)発明者 レティッギ カーティス エル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92081 ヴィスタ マドリッド ドライヴ 1589
(72)発明者 マクファーレイン ジョゼフ ジェイ
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 53593 ヴェローナ リンデン ストリート 571
(72)発明者 アーショフ アレクサンダー アイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン ディエゴ メドー フラワー ブレイス
11312
(72)発明者 ハンソン ビヨルン エイ エム
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92037 ラ ジョラ ラ ジョラ ブールヴァード 6
510
F ターム(参考) 4C092 AA06 AB10 AC09
5F046 GC03
5F172 AD07 AE08 AF02 DD03 NR03 NR13 NR22 ZZ14 ZZ20

【要約の続き】

を圧縮することができる。レーザプラズマ照射パルスは、変換効率増大のために好都合に放出されるプラズマを閉じ込めるのに十分なプラズマの融除雲内の空中質量密度を生成することができる。プラズマ照射パルスに対する堆積領域は、好都合に放出されるプラズマの圧縮を保証するために初期ターゲット表面から十分に除去することができる。高変換効率レーザ生成プラズマ極紫外線(EUV)光源は、ターゲット照射パルスでプラズマ開始ターゲットを照射して帯域内EUV光を放出するプラズマを発生させるEUVを形成するレーザ初期ターゲット照射パルス発生機構と、プラズマを実質的に取り囲んでプラズマの膨張を抑制するプラズマタンパーとを含むことができる。

【選択図】図2