

(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2007-527522

(P2007-527522A)

(43) 公表日 平成19年9月27日(2007.9.27)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
GO 1 M 11/00	(2006.01)	GO 1 M 11/00	T	2 G 0 8 6
HO 1 S 3/00	(2006.01)	HO 1 S 3/00	G	5 F 1 7 2

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2006-518780 (P2006-518780)	(71) 出願人	504010648
(86) (22) 出願日	平成16年6月29日 (2004.6.29)		サイマー インコーポレイテッド
(85) 翻訳文提出日	平成18年3月6日 (2006.3.6)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/021259		127 サン ディエゴ ソーンミント
(87) 国際公開番号	W02005/008295		コート 17075
(87) 国際公開日	平成17年1月27日 (2005.1.27)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	10/615,321		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成15年7月7日 (2003.7.7)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		(74) 代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之

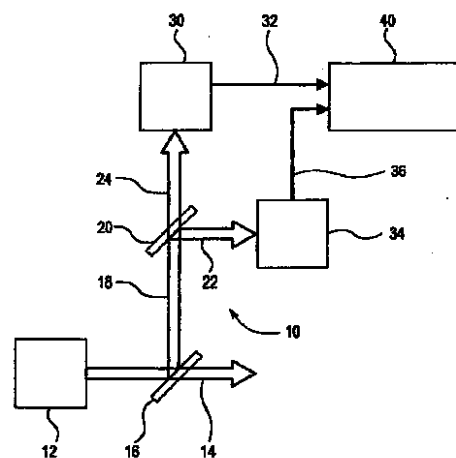
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ出力の帯域幅を測定する方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】非常に狭い帯域幅で光を発するレーザのためのレーザ放射光帯域幅を検出する技術を提供する。

【解決手段】レーザから放射された光の帯域幅を測定する方法及び装置。本発明は、第1及び第2帯域幅検出器によってそれぞれ測定される時の放射された光の帯域幅を示す第1パラメータを表す出力をそれぞれ提供する第1及び第2波長感知光学帯域幅検出器と、第1又は第2帯域幅検出器のいずれかに特定の所定の較正変数を用いる多変数線形方程式の一部としてこれらの2つの出力を利用して第1の実帯域幅パラメータ又は第2の実帯域幅パラメータを計算するようになった実帯域幅計算装置とを含むことができる。第1の実帯域幅パラメータは、最大値のいくらかのパーセントでのスペクトル全幅 (FWXM) とすることができ、第2の実帯域幅パラメータは、エネルギーのいくらかのパーセントを含む部分 (EX) とすることができ、第1及び第2帯域幅検出器は、エタロンとすることができ、出力は、FWXMでのそれぞれのエタロンの光出力のフリンジのフリンジ幅を表すものとする。事前に計算された較正変数は、



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザから放射されて入力された光のスペクトルの帯域幅を測定するための帯域幅メータであって、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示すパラメータを表す第 1 出力を提供する第 1 光学帯域幅検出器と、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示すパラメータを表す第 2 出力を提供する第 2 光学帯域幅検出器と、

前記第 1 帯域幅検出器又は前記第 2 帯域幅検出器のいずれかに特定の所定の較正変数を用いる多変数線形方程式の一部として前記第 1 出力及び前記第 2 出力を利用し、実帯域幅パラメータを計算するようになった実帯域幅計算装置と、

を含むことを特徴とする帯域幅メータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本出願は、本出願の出願人に譲渡された本出願と同日出願の「レーザの光出力の帯域幅を測定する方法及び装置」という名称の出願（代理人整理番号 2003-0056-01）に関連しており、その開示は、本明細書において引用により組み込まれる。

本発明は、非常に狭い帯域幅、例えば、ピコメートルの 100 分のいくつか及びそれよりも小さな許容誤差を有するサブピコメートル帯域幅で光を発するレーザのためのレーザ放射光帯域幅の検出に関する。より具体的には、本発明は、例えばインパルス応答関数が測定されている光源にほぼ同等か又はそれよりも大きい帯域幅を有する干渉計器又は分散計器（分光計）を使用して光源の帯域幅を正確に推定することに関する。

【背景技術】

【0002】

分光計は、光源、例えばレーザの波長と帯域幅の両方の測定に使用されることが公知である。実際には、例えばこのような帯域幅メータの出力は、実際には帯域幅メータの中に入力される光スペクトルの実帯域幅（測定される実際の帯域幅）と帯域幅メータの応答関数との畳み込みである例えば分光計光学装置からの出力の帯域幅を測定するための当業技術で公知のような例えばフォトダイオードアレイ（PDA）を利用する測定の結果である。帯域幅メータは、帯域幅の測定中に測定されているスペクトルを修正するそれ独自の応答関数を有する。

【0003】

これが 2 つの解析的ガウススペクトル又は 2 つの解析的ローレンツスペクトルの数学的畳み込みとして正確に表すことができる処理であったとすれば、レーザ光の帯域幅は、簡単な代数方程式を使ってメータの応答から判断することができるであろう。しかし、ほとんどのレーザの出力スペクトルは、そのような簡単な解析的な形ではなく、かつ例えば光学分散帯域幅検出計器、例えばエタロンの応答関数でもない。

【0004】

分光計光学装置、特に光学干渉計、例えばエタロンは、 r をエタロン内の並列に置かれた部分反射性ミラーの反射率とした場合に、式 $f = (1 - r^{1/2}) / (1 + r)$ によって計算される有限フィネス又は「 Q 」を有する。エタロンはまた、 λ を波長、 n を部分的反射性ミラーの並列に置かれた反射面を分離する材料の屈折率、 d をその 2 つの間の距離とする場合に、式 $FSR = c / (2 \cdot n \cdot d)$ によって求められる自由スペクトル領域（FSR）の特性も有する。帯域幅の「エタロン解像度」（ER）として公知の係数は、式 $ER = FSR / \text{フィネス}$ によって求められる。これに対する妥当な近似であるが正確な表現ではないものが、ローレンツ形曲線である。例えばピコメートル範囲の帯域幅を有する例えばレーザのための帯域幅メータにおいて現在では、誤差は、例えば帯域幅メータで使用されているエタロンの通過帯域が、測定されているレーザ出力の帯域幅よりも相対的にずっと広

10

20

30

40

50

いために、何らかの較正定数を使用するオフセット又はデルタ関数で通常は処理することができる。

【 0 0 0 5 】

しかし、例えば「超大規模集積回路」(U L S I) の集積回路製造でのより狭い限界寸法ライン形態に対する要件が益々増加する(限界寸法を小さくする) 時に、これは、中心波長付近の非常に狭く制御された帯域幅によって定義された純度を有する、特定の非常に狭い波長(遠紫外線 - 「 D U V 」、及び極紫外線 - 「 E U V 」) での純粋なレーザ光に対する要求であるが、このような測定のために使用されるエタロンは、応答関数においてレーザ光それ自体の帯域幅により接近することになり、従来のデルタ関数はもはや適用されない。例えば、本出願の譲渡による所有者であるサイマー・インコーポレーテッドの最近発売された製「 X L A 1 0 0 」では、搭載型帯域幅メーターは、約 0 . 1 2 p m の通過帯域を有するエタロンを利用し、レーザは、一般的に約 0 . 1 p m と 0 . 1 8 p m の間の出力を供給し、帯域幅共振を割り引くものである。畳み込みは、次に、波長及び / 又は帯域幅が望ましいターゲットから離れるように又は望ましい範囲から出るように移動する時にレーザの作動を修正するのに使用されるコントローラ内への適正な入力に対して、例えば半値全幅(F W H M) の測定値をすぐに精度を不十分にするか又は直にそうすることになる方法で、例えば帯域幅を測定したレーザ光を歪ませる。これは、部分的には、少なくとも測定されているレーザ光からエタロン出力スペクトル内へのエネルギーの流入のためである。この流入問題は、測定された入力光の帯域幅よりも広いものがエタロンの通過帯域であり、両方が近い値である場合に更に大きく誇張される可能性があり、その理由は、それによってエタロンの通過帯域が、測定されたレーザ光スペクトルによって更により多く影響を受ける(歪められる) からである。

10

20

【 0 0 0 6 】

現在、測定されたレーザ光学帯域幅の帯域幅の指示として使用される帯域幅メーターの出力は、例えば、エタロン光学装置によって生成されたフリンジの例えば F W H M でのフリンジ幅の尺度から何らかの一定の誤差値、例えば別に「エタロン補正」(E C) として公知の E R を引いたものである。しかし、上述のように、これは、エタロンの出力の分布がローレンツ形でない限り正確ではなく、実際にそれはローレンツ形ではない。

【 0 0 0 7 】

問題を悪化させることには、最初に製造された時の仕様内の所定のレーザシステム上で帯域幅メーターを維持するのに満足できる測定値を最初に E R に関して得ることができる場合であっても、エタロンがレーザ帯域幅メーター光学装置のように寿命中に変化し、寿命を通してのレーザの作動の様々な条件が実際の E R に影響を与えることが見出されており、更に、スペアが問題になる場合は、帯域幅メーターは、現場で帯域幅メーターになることになるその同じレーザによって工場で較正することができず、較正システムは、帯域幅メーターを顧客レーザに合わせるために顧客サイトまであちこち移動するのに大きすぎて敏感すぎ、かつ各顧客サイトでそれを維持するのに高価すぎるものである。

30

【 0 0 0 8 】

それでもまだ十分でなければ、純度の適正な制御のための帯域幅の実際の尺度は、例えば E 9 5 であり、これは、ある一定のパーセント、この場合はスペクトルの全エネルギーの E 9 5 に対する 9 5 % を構成し、かつピーク値の両側でエネルギーの + / - 無限大でゼロまでの減衰に対するある一定の有限境界、一般的に約 1 0 p m に制限されたレーザ出力スペクトル内の集積エネルギーの尺度であることが、例えば 0 . 1 ミクロン未満ライン幅製造の半導体製造に対して業界で益々信じられている。

40

【 0 0 0 9 】

本出願人はまた、パルスレーザが駆動されるデューティサイクルに依存して F W H M 及び E 9 5 の変動が存在し、それがサブ p m レーザに対して E R 内の初期較正で考慮するには大きすぎ、また、レーザ毎及びレーザ寿命にわたって変化することを発見した。

例えば分散光学要素又は光学干渉現象に基づく帯域幅検出器(波長計)、例えば分光計は、光源の絶対波長及び帯域幅の測定に一般的に適用される公知の計器である。帯域幅測

50

定ツール（帯域幅検出器／メーター）として用いられる場合には、測定されている光源の帯域幅を判断する時に、分光計の有限インパルス応答の影響を考慮すべきである。本出願の目的に対して、「帯域幅」は、半値強度でのスペクトルの全幅（FWHM）、最大値のいくつかの他のパーセントでの全幅（FWXM）、95%封入強度積分の幅（「I95%」又は「E95%」）、又はスペクトル部分に封入されたエネルギーのいくつかの他のパーセントの幅（「IX%」又は「EX%」）などのようなあらゆる数の測定基準又は数学的構成の意味することができる。光源の帯域幅の正確な知識は、多くの学術的及び産業的応用、例えば、液体又は気体の分光法、半導体フォトリソグラフィでの限界寸法制御などにおいて非常に重要である。

【0010】

10

非常に簡単な場合、例えば、光源のスペクトル及び分光計インパルス応答が、両方とも解析的ガウス関数によって又は両方とも解析的ローレンツ関数によって正確に表される場合、分光計インパルス応答の影響は、ほとんどの帯域幅測定基準に対して簡単な代数方程式を使用して容易に対処することができる。しかし、ほとんどの光源、例えばレーザの出力スペクトルは、このような簡単な形を持たず、分光計のインパルス応答は、同様に複雑及び／又は未知である場合があるか、又は時間にわたって又は変動する作動環境において変化する場合がある。更に、光源自体のスペクトルの詳細な形状は、時間にわたって又は変化する作動条件と共に変化する場合がある。

【0011】

これらの障害を克服するために用いられる一般的な方法は、インパルス応答が測定される光源の予想帯域幅に比べて非常に狭い帯域幅を有し、そのために測定されているスペクトルと帯域幅検出光学装置のインパルス応答との畳み込みにおいて帯域幅検出光学装置の影響を無視することができると考えることができる分光計を用いることである。すなわち、分光計インパルス応答は、簡単な数学的デルタ関数によって近似することができる。しかし、特にレーザのようなそれ自体が極めて狭いことがある（波長スケールで数十フェムトメートル又はそれ未満）光源に比べて狭い必要がある時に、このような狭帯域幅インパルス応答を備えた分光計を取得することは常に実際的であるとは限らず、又は不可能でさえある。

20

【0012】

一般的に使用される第2のある程度より洗煉された方法は、分光計内の畳み込みの影響を簡単な数学的な項で表すことができる解析関数（例えば、ローレンツ、ガウス、又は混合タイプの）で分光計インパルス応答関数及び光源スペクトルを近似することである。上述のように、これは必ずしも良好な近似ではなく、ある一定の種類の帯域幅測定基準に対して信頼性を有して実施することに多くの場合に失敗するか又は非常に困難になる。I95%のような積分帯域幅測定基準の計算は、この技術を使用すると不正確になるか又は非常に計算集的になる可能性がある。

30

【0013】

第2の方法及びその欠点の解説として、本出願の譲受人の最近発売された製品「XLA-100」は、約0.17 pmの平均的な典型的FWHM帯域幅を有する遠紫外線エキシマレーザ光源の出力を質問するために使用される約0.12ピコメートル（pm）のFWHM通過帯域を有する単一エタロンを用いる搭載型帯域幅メーターを含んでいる。レーザとエタロン分光器の両方が解析的ローレンツスペクトル形状を有すると仮定される上述の近似が為され、従って、計器のFWHM出力は、単にレーザ光源のFWHMとエタロン分光計インパルス応答の和として数学的に見出される。この近似では、次に、レーザ帯域幅は、計器のFWHM出力からエタロン分光計インパルス応答のFWHM（独立した測定で判断される）を引いたものによって推定される。しかし、光源スペクトルのFWHM帯域幅とインパルス応答関数の比が1に近いので、この方法は、レーザスペクトルの形状が近似的ローレンツ形状から大きくかけ離れる場合に精度を失う場合がある。例えば、実際のレーザスペクトルの接近したウィングにおけるエネルギーの同時増加を伴う光源スペクトルの中心スペクトルピークの狭まりにより、この近似のFWHM帯域幅の過剰推定を生じる

40

50

可能性がある。

【 0 0 1 4 】

更に、レーザスペクトルの詳細な形状が一定である場合、この例で差し引かれたオフセットを調節して補償することができる。しかし、レーザスペクトルの形状が、例えば、作動条件及びシステムアラインメントと共に、又は製品の寿命にわたって変化する場合、この補正でさえも精度を保たないことになる。同じく問題点は、製造環境において、エタロン分光計を1つのレーザ上で試験してオフセットを較正することができるが、結局は、例えば交換部品として僅かに異なるスペクトル形状を有する別のレーザに設置されるという事態を複雑にする可能性である。この場合、較正自体に誤差があるであろう。

【 0 0 1 5 】

従って、レーザからレーザに携帯可能であり、レーザの寿命にわたる変化を含むレーザ特性変化及びレーザ作動変化に応じるような方法で較正することができるサブpm(フェムトメートル「fm」に近づく)帯域幅メータに対する必要性が存在する。この必要性は、例えば上述のようなレーザによって生成されたより高い純度の光のユーザによって益々要求されている例えば封入エネルギーパラメータの推定値、例えばE95%を通じてより正確な測定を提供するために存在する。非常に高いパルス繰返し数とパルス間補正とをサポートするために、この必要性はまた、計算の実行が簡単であり、すなわち、最少の数の命令、従って利用するどのようなプロセッサのサイクルにおいても最小の計算時間しか必要としないソリューションによって満足されるべきである。

【 発明の開示 】

【 0 0 1 6 】

レーザから放射された光の帯域幅を測定する方法及び装置が開示され、これは、第1及び第2帯域幅検出器によってそれぞれ測定される時の放射された光の帯域幅を示す第1パラメータを表す出力をそれぞれ提供する第1及び第2波長感知光学帯域幅検出器と、第1又は第2帯域幅検出器のいずれかに特定の所定の較正変数を用いる多変数線形方程式の一部としてこれらの2つの出力を利用して第1の実帯域幅パラメータ又は第2の実帯域幅パラメータを計算するようになった実帯域幅計算装置とを含むことができる。第1の実帯域幅パラメータは、最大値のいくらかのパーセントでのスペクトル全幅(FWXM)とすることができ、第2の実帯域幅パラメータは、エネルギーのいくらかのパーセントを含む部分(EX)とすることができ、第1及び第2帯域幅検出器は、エタロンとすることができ、出力は、FWXMでのそれぞれのエタロンの光出力のフリンジのフリンジ幅を表すものとすることができ、事前に計算された較正変数は、FWXM及びEXとすることができ、第1及び第2の実帯域幅パラメータの既知の値を有する較正入力光に関連して検出器出力をそれぞれ表すそれぞれの三次元プロットから導出することができる。第1/第2三次元プロットは、解：(第1/第2出力)=(a/d*(FWXMの較正入力光既知値))+ (b/e*(EXの較正入力光既知値))+c/fを提供することができ、実帯域幅計算装置は、導出された方程式：(第1の実帯域幅パラメータ)=((b*(第2出力))- (e*(第1出力))+ce-bf)/(bd-ae)、又は方程式：(第2の実帯域幅パラメータ)=((a*(第2出力))- (d*(第1出力))+cd-af)/(ae-bd)を使用することができる。FWXMは、FWHMとすることができ、EXは、E95とすることができ、第1光学帯域幅検出器の伝達関数は、EXよりもFWXMに対してより感度が高くなるように選択することができ、第2光学帯域幅検出器の伝達関数は、FWXMよりもEXに対してより感度が高くなるように選択することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

ここで図1を参照すると、非常に正確な分光計、例えばレーザ・テクニク・ベルリン(LTB)製の例えば格子分光計を利用して測定される時にFWHM及びE95の値が変化する時の、例えばコヒーラント製によって作られた例えば超低ウエッジエタロンを有し、従来技術の補正ERを利用する帯域幅メータ(波長計)の応答の三次元プロットが示されている。

10

20

30

40

50

従来技術のERを使用するエタロン波長計は、E95及びFWHMの両方に対して両方ともピコメートルにおいて大体同じ応答を示すことが分る。図示の相関格子応答は、「Levenburg Marquardt」多変数最小化アルゴリズムのようないくつかの公知の当て嵌め技術のいずれかによって平滑化される場合に、応答関数 $A^*x + B^*y + C$ を示し、ここで、 $A = 0.64495 \pm 0.0166$ 、 $B = 0.20797 \pm 0.01105$ 、及び $C = 0.22983 \pm 0.00719$ であり、従来技術では、FWHMの変化を表すA項といくらかの一定オフセットを表すC項とは、製造時の較正処理中に工場であらゆる所定の波長計に対してERを設定するのに利用される。B項は、完全には無視されないが、平均化されて定数Cに組み込まれる。

【0018】

10

ここで図2を参照すると、例えば光学帯域幅測定装置、例えば干渉計と、例えばフォトダイオードのアレイ(PDA)上に光学的に投影されるエタロンによって作成されたフリンジのFWHMを検出することによって入力レーザ光の帯域幅を検出する例えばエタロン干渉計とを利用する模擬帯域幅メータ(波長計)の三次元プロットが示されている。応答は、帯域幅メータがE95の変化よりもFWHMの変化に対して相対的により感度が高いことを示している。図2に示す平滑化されたプロットから導出される応答方程式は、 $A = 0.66704 \pm 0.00221$ 、及び $B = 0.8951 \pm 0.00079$ 、及び $C = 0.10172 \pm 0.00039$ をもたらす。

【0019】

20

ここで図3を参照すると、例えば光学帯域幅測定装置、例えば干渉計と、例えばフォトダイオードのアレイ(PDA)上に光学的に投影されるエタロンによって作成されたフリンジのFWHMを検出することによって入力レーザ光の帯域幅を検出するエタロン干渉計とを利用する模擬帯域幅メータ(波長計)の三次元プロットが示されている。このシミュレーションは、 $0.7 \text{ pm} / 20 \text{ ピクセル}$ 通過帯域を利用する。応答は、帯域幅メータがFWHMよりもE95の変化に対して相対的により感度が高いことを示している。図3に示す平滑化されたプロットから導出される応答方程式は、 $A = 0.14483 \pm 0.00114$ 、及び $B = 0.16575 \pm 0.00041$ 、及び $C = 0.67263 \pm 0.00002$ をもたらす。

【0020】

30

本出願人は、2つの異なる帯域幅メータ、例えばE95の変化に相対的により感度の高いものとFWHMの変化に相対的により感度の高いものであって、帯域幅を測定するのにエタロン光学装置を用いる帯域幅メータの場合は異なるフィネスを有するものの各々に対して2つのこのような応答プロットを取り、2つの別々の線形方程式：

(第1出力、例えば、エタロン1フリンジ幅値) = (a^* (スペクトルの全幅内の最大値のいくらかのパーセントでの全幅の較正入力光既知値、例えば、FWHM)) + (b^* (全スペクトルのエネルギーのいくらかのパーセントを包含するスペクトルのコンテンツを定めるスペクトル上の2つのポイント間の幅の較正入力光既知値、例えば、EX)) + c、及び

(第2出力、例えば、エタロン2フリンジ幅値) = (a^* (スペクトルの全幅内の最大値のいくらかのパーセントでの全幅の較正入力光既知値、例えば、FWHM)) + (b^* (全スペクトルのエネルギーのいくらかのパーセントを包含するスペクトルのコンテンツを定めるスペクトル上の2つのポイント間の幅の較正入力光既知値、例えば、EX)) + c、

40

におけるD、E、及びFとして上述した、A、B、及びCの第2の値を使用すると、実帯域幅計算装置は、導出された式：

(第1の実帯域幅パラメータ、例えば、FWHM) = ((b^* (第2出力、例えば、エタロン2フリンジ幅値)) - (e^* (第1出力、例えば、エタロン1フリンジ幅値))) + $c e - b f$) / ($b d - a e$)、又は、方程式：

(第2の実帯域幅パラメータ、例えば、EX) = ((a^* (第2出力、例えば、エタロン2フリンジ幅値)) - (d^* (第1出力、例えば、エタロン1フリンジ幅値))) + c d

50

- a f) / (a e - b d)、

を解くようにプログラムすることができることを発見した。

【 0 0 2 1 】

F W X M が F W H M 値であり、E X が E 9 5 であり、X が第 1 エタロン P D A の出力であり、X ' が第 2 エタロン P D A の出力であるより特殊な場合には、 $X = a \cdot F W H M + b \cdot E 9 5 + c$ 、及び $X' = d \cdot F W H M + e \cdot E 9 5 + f$ 、及び従って以下のようになる。

$F W H M = (b \cdot X' - e \cdot X + c e - b f) / (b d - a e)$ 、及び

$E 9 5 = (a \cdot X' - d \cdot X + c d - a f) / (a e - b d)$

【 0 0 2 2 】

従って、帯域幅メータの各々は、例えば並行して作動させるために製造時に工場で校正して帯域幅メータにまとめることができ、以下に説明するコントローラは、各帯域幅メータ、例えば a - f に対する所定の較正值を有する 2 つの出力と、F W X M 及び E X のいずれか又は両方を解くために同じレーザ出力の帯域幅を測定する 2 つの出力とを利用するようにプログラムすることができる。すなわち、最大値のいくつかのパーセントでの全幅、例えば、F W H M 又は F W 7 5 % M、及び / 又は E X、すなわち、全エネルギーのいくつかのパーセントが包含されるスペクトルの幅、例えば、E 9 5 % (E 9 5) 又は E 9 7 % 又は E 9 3 % は、プロセッサに利用可能なメモリにそれぞれの係数を記憶し、それぞれの帯域幅メータ、例えばコントローラに入力を供給するのに並行して 2 つのそれぞれのエタロンでの光出力を測定する実際のレーザ作動中のエタロンからプロセッサの実際の出力に提供することによって解くことができる。現在の標準 F W H M 及び / 又は E 9 5 以外が測定されて工場で校正される場合は、このような他の値 (複数の値) は、出力、例えばエタロンフリッジ測定値が a - f の値を得るために上述のようにプロットされることになるものに対するものであることになることが理解されるであろう。

【 0 0 2 3 】

ここで図 4 を参照すると、本発明の実施形態による帯域幅メータ 1 0 の概略ブロック図が示されている。帯域幅メータ 1 0 は、レーザ、例えば高パルスパワーエキシマレーザ、例えば 1 9 3 . 3 5 0 n m の公称波長、0 . 3 p m 未満の帯域幅、及び $\pm 0 . 0 2 p m$ の帯域幅精度要件で光を生成する「A r F M O P A」デュアルチャンバレーザによって発生した光ビーム 1 4 の帯域幅を測定するように設定することができる。例えば、集積回路のサブミクロン製造、マイクロマシン、又はナノテクノロジーなど (フォトリソグラフィ) でレチクル (マスク作業) を通して例えばフォトレジストを露出するための光源として利用することができるレーザ光ビーム 1 4 は、ビーム 1 4 のほとんどを通過させ、例えばビーム 1 8 の 1 % よりも少ない小部分を反射するように設定することができる例えばビームスプリッタ 1 6 で分割することができ、ビーム 1 8 の 1 % よりも少ない小部分は、それぞれの帯域幅メータ 3 0 及び 3 4 に各々が入る反射ビーム 2 2 及び通過ビーム 2 4 にビーム 1 8 の本質的に同一の量を反射して通過させるように設定された第 2 ビームスプリッタ 2 0 を通過することができる。帯域幅メータ 3 0 及び 3 4 は、光学帯域幅測定装置、例えば測定された光の帯域幅を示すフリッジを生成するためのエタロン及び電子回路 (図示せず)、例えばエタロン等によって生成されたフリッジ等の測定値を表すことのできるコントローラ 4 0 へのアナログ又はデジタル入力を提供するための P D A を含むことができる。エタロン 3 0 は、例えば 0 . 1 2 p m F W H M、A r F レーザ帯域幅測定のための 1 9 3 . 3 6 での例えば 3 p m の自由スペクトル範囲、及び例えば 1 0 m m 開口にわたる 2 5 の有効フィネス、及び 1 9 3 . 3 5 0 n m 標準入射での 5 0 % のピーク伝達 (フリッジピーク光電信号と入力ピーク信号の比) の公称通過帯域値を有するように選択することができる。エタロン 3 4 は、例えば 0 . 7 p m F W H M、A r F レーザ帯域幅測定のための 1 9 3 . 3 6 での例えば 2 0 p m の自由スペクトル範囲、及び例えば a _ m m 開口にわたる 2 9 の有効フィネス、及び 1 9 3 . 3 5 0 n m 標準入射での _ % のピーク伝達 (フリッジピーク光電信号と入力ピーク信号の比) の公称通過帯域値を有するように選択することができる。

10

20

30

40

50

この種の較正は、同じか又は類似の種類の種類周波数依存の応答問題を受けやすい他の帯域幅測定計器と共に用いることができることが理解されるであろう。

【0024】

本出願人は、例えば大きく異なる通過帯域の2つのエタロンを使用して、光のビーム、例えば非常に小さな波長及び非常に狭い帯域幅でのレーザからの出力の並行測定から成る光学帯域幅測定装置を作成したことが上記から理解されるであろう。帯域幅測定装置の2つのアームは、測定されるスペクトルのウィング又はスカートのエネルギーコンテンツに対する異なる感度を示すものである。2つの並行帯域幅測定装置の各々の出力、例えば各それぞれのエタロンによって生成されたフリンジのFWHM値は、測定されているレーザ光の実際のFWHM及びE95%幅の良好な近似を見つけるために反転することができる連立双線形方程式のシステムに対する近似解を提供する。E95軸に沿った例えば図3に示されている平面の勾配は、エタロン楔、すなわちフィネス（すなわち通過帯域）に対して非常に敏感である。同様に、図2のFWHM勾配は、第2エタロンの通過帯域のためにより大きくなる。

10

【0025】

例えば、図1-3に示す測定及びシミュレーションに対して取られたデータは、非常に感度の高いかつ高度に較正された波長計、例えばレーザ・テクニク・ベルリンによって作られるような格子分光計でFWHM及びE95%が測定され、これらのプロットは、例えば、その各々が様々な充填を有する共鳴走査の組に対する本出願の譲受人の製品である「7000A」エキシマレーザ及び/又は「XLA-100」エキシマレーザからの光を測定する各それぞれのエタロンの出力に対して作られたものである。本出願人は、例えば試験製造中の「XLA-100」からスペクトルの多くのサンプルを収集し、フーリエ法を使用して脱畳み込みすることによって近似の実際のレーザスペクトルを取得し、1つのエタロンに対して0.7pmのFWHM、20pmのFSR、及びF=29、及び第2エタロンに対して0.12pmのFWHM、3pmのFSR、及びF=25の公称通過帯域値を選択して理論的なエタロン回路の応答を計算した。エタロン波長計を利用する譲受人の製品に見られるようなライン中心解析モジュール(LAM)もまた模擬され、このエタロン波長メータは、ピクセルエイリアシングを防ぐために高解像度撮像システム、すなわち他のエタロンと同じ解像度、例えばスペクトル解析モジュール(SAM)での譲受人の製品に見られるようなもの、すなわち、現在のLAMで~4ではなくFWHMの~20ピクセルを有するものである。

20

30

【0026】

本出願人は、エタロンの出力の挙動を三次元プロットから生じる平面の表面によって妥当に近似することができることを発見した。しかし、波長計毎に、本出願人は、E95軸上のプロットの勾配がエタロン楔（フィネス）に対して感度が高いことも発見した。これによって本出願人は、例えば帯域幅の並行測定を使用する波長計を較正し、事前に計算された較正係数と2つの並行波長計の別々の出力とを用いる帯域幅測定装置を提供するために、大きく異なる通過帯域の2つのエタロン、例えば2つの未知変数であるFWHM又はE95のいずれかを解くべき係数を有するエタロンと共に上述の連立方程式を使用することができると結論付けた。例えば、2つのエタロンからの2つの出力は、実際のFWHM及びE95値に対する事前に計算された係数を使用する線形変換によって結合される。より狭い通過帯域を有するエタロンは、FWHM軸での非常に大きな勾配を示し、より狭い通過帯域を有するエタロンは、図3に示すようにE95軸上で今度は更に感度が高く、方程式内の定数Cに現れる感度のほとんどを有し、この第2エタロンの相対的に広い通過帯域スペクトルを反映するものである。

40

【0027】

本発明の開示された実施形態によると、FWHMの移植性を使用する帯域幅検出器の追跡は、かなり改善することができ、E95測定法を実装したハイパワー高パルス繰返し数狭帯域幅エキシマレーザが現在可能である。半値以外の何かでの全幅、すなわちFWHMがより良い測定値であるか否か、及び/又はスペクトル内の95%以外の何かのエネルギー

50

、すなわち EX が例えばフォトリソグラフィのために非常に純粋な光を送出するようなある一定の用途で帯域幅測定のようにより最適であるか否かは、まだ分からないままである。更に、例えば 2 つのエタロンの通過帯域の差の最適選択が判断されずに残っている。しかし、図 9 及び図 10 に関して以下に説明するように、これは、例えば満足できるように機能する本発明の実施形態による並行エタロン帯域幅検出器を可能にする各エタロンの通過帯域に対する通過帯域の最大比として容易に判断することができ、正確に測定される十分な S/N 比である出力信号を生成する。

【0028】

ここで図 5 を参照すると、本発明の実施形態による模擬波長計の能力を追跡する FWHM の図が示されている。ここで図 6 を参照すると、模擬波長計の FWHM 追跡誤差の図が示されており、0.0 により近い平均値付近のより狭い分散及び異常値（仕様読取値から大きく外れた）の排除を示しており、これは、今日のレーザ上で使用する帯域幅検出装置の現在の状態において FWHM と E95 の両方が既に大きい、すなわち誤差範囲が最小である時に FWHM を過大評価するように見える。ここで図 7 を参照すると、本発明による模擬帯域幅検出装置の E95（%）追跡の図が示されている。ここで図 8 を参照すると、数十フェムトメートルで測定される本発明による模擬帯域幅検出装置のための E95% 追跡誤差の図が示されている。

【0029】

ここで図 9 を参照すると、入力スペクトル FWHM 及び E95 の実際の値に比べた様々な入力スペクトルの正規化畳み込みフリンジ幅超過（2 つの例えば光学帯域幅メータの各々の模擬出力）を表す図が示されている。実線は、相対的により狭い通過帯域を有する第 1 検出器の模擬出力を表し、破線は、相対的により狭い通過帯域を有する第 2 検出器の模擬出力を表している。図 10 を参照すると、図 9 に示す模擬応答の平面化近似が示されている。第 1 及び第 2 検出器の応答は、ほぼ直線的に変化し、異なる勾配を有することが図 10 から見ることもできる。本来、本発明の実施形態の目的に対しては、勾配は、ある時点で角度が非常に大きくなり、そのためにフリンジに対してフリンジが非常に小さくなり、信号対ノイズの考慮が出力の精度に作用し始めてこれに干渉することを認識することにより、角度が可能な限り大きい角度を形成すべきである。すなわち、例えば、本発明の実施形態に従ってより広い通過帯域測定が更に広い通過帯域で行われる時には、本発明の恩典は、並行した 2 つの検出器の各々の通過帯域の間の相対差が出力の精度の S/N 比低下を引き起こす何らかの限界点まで増大する。

【0030】

正規化フリンジ幅超過は、例えばフリンジの FWHM がエタロン分光計のインパルス応答の FWHM を超える量をデータサンプルにおけるスペクトルの全てに対して得られた最大値で割った量を意味する。すなわち、例えば、以下の通りである。

正規化フリンジ - 幅超過 = (FWHM フリンジ - FWHM 応答関数) / (これらの差の最も大きいもの)

【0031】

この測定基準は、例えば同じスケールでの 2 つの分光計チャンネル出力の変化を比較することを可能にする。図 9 及び 10 は、従って、シミュレーションの実際の出力を表すものである。このシミュレーションでは、6 つの異なるレーザ、例えば本出願の譲受人によって販売されている試験的「XLA-100」からのほぼ 4,800 の実際に測定した格子分光計スペクトルが、格子分光計の測定した応答関数及び「フーリエ変換」法を使用して脱畳み込みされた。各レーザスペクトルの検査領域は、16 pm 幅であった。これは、レーザから放射されることが予想される光の実際のスペクトルの良質のサンプルを提供するのに十分である。これらのスペクトルは、次に、画素化された検出器、例えば PDA などの影響を含む 2 つの模擬エタロン分光計の応答関数で畳み込まれた。模擬エタロン分光計は、0.12 pm の FWHM（25 のフィネスを有する ~ 3 pm の FSR）及び 0.70 pm の FWHM（28 のフィネスを有する ~ 20 pm の FSR）の応答関数を有していた。データは、可視化の目的のために相関半径 4 を有する相関法を使用して 69 x 69 マ

10

20

30

40

50

トリックスに格子化された。格子化するために選択する方法により、データがその外観に影響を及ぼし、この平面近似（第2プロット）では、線は完全に直線的であるはずであるが、それらはそうではない。これは、使用された格子化方法のアーチファクトである。より真っ直ぐな線を生成するのにより良好に働くように恐らくこれを微調節できるであろう。しかし、それは、平面化された当て嵌めを表しており、本発明の実施形態の概念を明らかにするのに十分である。

【0032】

「当て嵌め」という用語は、フリンジ幅データの「パラメータ的モデリング」を数学的に示すものである。様々な実際の入力スペクトルに対する模擬応答でそれぞれのエタロン分光計によって測定された表面の4,800データポイントを取ることは、平面 $z = ax + by + c$ でこのデータのモデル化を試みることである。これは、4,800の数を単に3つに低減する。図9から図10に進んで、例えば、平面表面に対する実際のデータ、例えば「 $\chi^2 / \text{自由度}$ 」(DoF)を利用するカイ二乗統計関数と R^2 との間の一致を測定するメリット関数を選択し、次に、当業技術で公知の基本的に現代標準の非線形最小二乗最適化ルーチンである例えば「Levenberg-Marquardt」法を使用している「最良適合パラメータ」A、B、及びCを取得するために、多次元でこのメリット関数を最小化する。当業者は、予想されるレーザスペクトル変動と共に働くエタロン応答関数を選択すると共にこの技術を利用することで、何千ものデータポイントを単に3つのパラメータによって説明することができるこの近似を行うことができることを理解するであろう。これは、全ての可能性のあるスペクトル形状に対して働かないであろうが、本出願人は、中心ピークに関して比較的対称であるスペクトルに対してこれが非常によく働くことを観察した。

【0033】

本発明の説明した実施形態による装置及び方法は、全体的に改善された予測及び実際の追跡（例えば、FWHM誤差分散の $\sim 1/2$ の低減）を提供し、例えば測定された光ビームの実際のE95変化による追跡誤差の異常値の発生を低減する。本発明はまた、共振走査較正と例えば気体濃縮の変動及びフレーム毎のスペクトル変動を有する作動との間の係数の大いに改善された移植性を与える。それはまた、既存の技術、例えば並列のエタロンを利用した非常に合理的に正確な搭載型E95追跡（例えば、 $\pm 0.015 \text{ pm}$ ）も提供するように見える。

【0034】

当業者は、本発明の開示された実施形態の態様は、この方法及び装置が、1つの帯域幅パラメータ、例えばEXを示す計算された出力を提供するために波長計を較正するように適用することができ、測定されたパラメータが、同じ種類のパラメータ、すなわち、当業技術で公知のようにより正確に検出するのが容易であり及び/又は感光性ダイオードのアレイ(PDA)上で測定されるような観察可能な情報、例えばFWHMでの例えばフリンジ幅から計算するのがより計算的に簡単であるFWHMではないことを認めるであろう。更に、本発明の実施形態によると、帯域幅検出器の各々の出力は、例えばFWHMにある場合があり、全帯域幅検出器の出力は、最大値の半分での幅以外の何かであるFWX Mにあるであろう。更に、2つの光学帯域幅検出器の出力は、本発明の別の実施形態によるとFWHMではなく、FWX Mにある場合がある。

【0035】

本発明の別の実施形態によると、較正係数は、例えばFWX MとFWX' Mを利用して判断することができ、ここで、X及びX'は、最大値の2つの異なるパーセント、例えばFW75%MとFW25%Mであり、すなわち、同じくいくらかのFWX M（又は、それが帯域幅検出器の使用で実際の入射スペクトルを測定するのに最終的に利用されるエタロンからの応答である場合は更にEX）でのエタロンフリンジ幅測定値と比較して、例えば一方の水平軸上でのLTBのDFW75%Mと他方でのLTBのDFW25%Mとの測定値を用いて例えば図2に示すような三次元プロットを形成し、更に、第1検出器がE95よりもFWHMに対して相対的により感度が高く、第2検出器がFWHMよりもE95に

10

20

30

40

50

対して相対的により感度が高いという条件で実際の入射スペクトルの F W X M、例えば F W H M、及び E X、例えば E 9 5 に関して依然として解くことができる。

【 0 0 3 6 】

当業者は、本発明の実施形態の一般化として、 BW_1 を1つの帯域幅検出器によって測定される時に検出される帯域幅と考えることができ、 BW_2 を第2の帯域幅検出器によって並行に測定される時に検出される帯域幅と考えられることができることを理解するであろう。また、 BW_3 は、入射ビーム、例えば測定を必要とする遠紫外線 (D U V) レーザ又は極紫外線 (E U V) レーザのようなエキシマレーザの出力の第1帯域幅パラメータであると考えられ、 BW_4 は、測定を必要とする入射ビームの第2のこのような帯域幅パラメータとすることができる。本発明の実施形態によると、次に、 BW_3 又は BW_4 のいずれかは、 BW_1 をもたらす測定が主として BW_3 に対して敏感であり、 BW_4 には単にいくらか敏感であり、 BW_1 の測定値が主として BW_4 に対して敏感であり、 BW_3 には単にいくらか敏感であるという条件で、上述のように出力 BW_1 及び BW_2 及び事前に計算された係数から計算することができる。

10

【 0 0 3 7 】

「実」帯域幅は、正確には測定できないことも理解されるであろう。本発明の実施形態による完全な校正定数係数でさえも、小さいが有限である測定中の L T B 分光計の誤差を少なくとも有するであろう。本出願人は、このような誤差をフェムトメートルの範囲であると推定する。従って、本明細書及び特許請求の範囲で使用される用語「実帯域幅」は、並行した入力と、2つの平行波長計計器の各々に対して事前に計算された校正係数とから計算された帯域幅を意味する。これは、「実」帯域幅ではないが、特に例えば波長及び帯域幅に対して上述した範囲において、従来技術の帯域幅検出器を使用した時よりもずっと近い値であり、例えば作動 E 9 5 の変化及び同じ誤差がもたらす影響は、測定された値の「実」帯域幅への変換の必要な信頼度での既存の波長計を利用する能力をより明白に妨げるものである。

20

【 0 0 3 8 】

当業者は、本発明の装置及び方法が、分かり易い代数を使用して実施するように装置を単純にし、かつ入力光源のスペクトル形状又は分光計のインパルス応答関数の詳細な知識を必要としない数学的近似及び校正方法を含むことを認めるであろう。当業者はまた、本発明の説明した実施形態の特徴は、この実施形態が単純な数学的演算を伴う比較的計算が簡単なものであるということであることを認めるであろう。

30

【 0 0 3 9 】

本発明の上述の実施形態は、単に説明及び例示目的のためであることを意図しており、本発明を適用することができる唯一の実施形態ではない。当業者は、本発明の意図及び精神を変えることなく多くの修正及び変更を説明した実施形態に行うことができることを理解するであろう。例えば、校正のための並行帯域幅測定と、実際の F W X M 及び E X の測定のために並行して使用される2つの帯域幅検出メーターからの実際の読取り値と共に後で用いられる事前に計算された校正係数の判断のための較正方程式への組み込みとを提供するために、エタロン以外の他の帯域幅検出装置を用いることができる。2つの並行帯域幅検出器に対する広範囲な差動通過帯域値を利用することができ、異なる用途と、波長、帯域幅に対する様々な要件とに対してある一定の範囲がより良いことを明らかにすることができる。更に、本発明は、2つのエタロン分光計と2つの平面モデルを利用する実施形態を用いて説明されたが、例えば、2つの代わりに3つ又は4つのエタロン / 分光計、及び / 又は平面 $z = ax + by + c$ とは異なる恐らくは何らかの他の種類のモデル化、例えばどのような光源のスペクトル変動が予想されるか、どの種類の分光計が使用されるかに応じて、例えば他の比較的単純な表面、例えば放物形表面を利用して本発明を実施することも可能であろう。従って、本発明の範囲は、特許請求の範囲及び正当な均等物のみに照らして考えるべきである。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 0 】

50

【図 1】定数 E_R を利用して $FWHM$ 及び E_{95} に比較的正確に調節可能な較正レーザ光源によって測定される時の $FWHM$ 及び E_{95} の既知量だけ変化するレーザ光に対する従来技術のレーザ帯域幅メータの応答の三次元プロットの代表的な例を示す図である。

【図 2】例えば E_{95} の変化よりも $FWHM$ の変化に対して相対的により感度の高いエタロンを有する本発明による帯域幅メータに対する図 1 に示す種類の代表的なプロットを示す図である。

【図 3】例えば $FWHM$ よりも E_{95} の変化に対して相対的により感度の高いエタロンを有する本発明による帯域幅メータに対する図 1 に示す種類の代表的なプロットを示す図である。

【図 4】本発明の実施形態による帯域幅メータ 10 の概略ブロック図である。

10

【図 5】本発明を利用する実帯域幅の優れた追跡を示すプロットを表す図である。

【図 6】本発明を利用する追跡誤差の優位性を示す図である。

【図 7】本発明の実施形態に従って作られた帯域幅メータを利用する E_{95} の模擬追跡を示す図である。

【図 8】本発明の実施形態に従って作られた模擬帯域幅メータの追跡誤差を示す図である。

【図 9】様々な入力スペクトルに対する正規化畳み込みフリンジ幅超過出力を示す図である。

【図 10】図 9 に示す模擬エタロン出力の平面近似を示す図である。

【符号の説明】

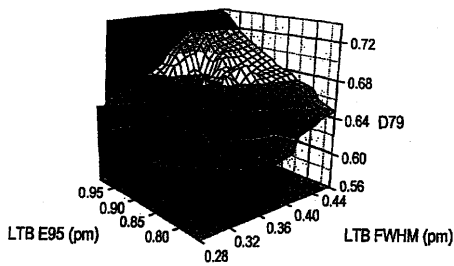
20

【0041】

- 10 帯域幅メータ
- 16 ビームスプリッタ
- 20 第2ビームスプリッタ
- 22 反射ビーム
- 24 通過ビーム

【 図 1 】

D79(28-36)/380kPa相関格子化の平均挙動、
WM5645超低模エタロン



データ:データ2_D79

モデル:3D平面

方程式: $A \cdot x + B \cdot y + C$

重み付け:

Z 重み付けなし

$\chi^2/\text{DoF} = 0.00008$

$R^2 = 0.89623$

A 0.64495 ± 0.0166

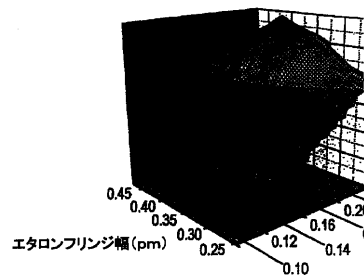
B 0.20797 ± 0.01105

C 0.22983 ± 0.00719

FIG. 1

【 図 2 】

SAM追跡シミュレーション、0.12pm/20ピクセル通過帯域



データ:データ5_SAM

モデル:3D平面

方程式: $A \cdot x + B \cdot y + C$

重み付け:

Z 重み付けなし

$\chi^2/\text{DoF} = 7.8249\text{E-}$

$R^2 = 0.95716$

A 0.66704 ± 0.00221

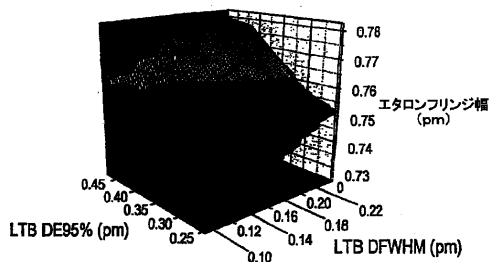
B 0.08951 ± 0.00079

C 0.10172 ± 0.00039

FIG. 2

【 図 3 】

高解像度LAM追跡シミュレーション、0.7pm/20ピクセル通過帯域



データ:データ5_HRLAM

モデル:3D平面

方程式: $A \cdot x + B \cdot y + C$

重み付け:

Z 重み付けなし

$\chi^2/\text{DoF} = 2.0666\text{E-}6$

$R^2 = 0.97507$

A 0.14483 ± 0.000114

B 0.16575 ± 0.00041

C 0.67263 ± 0.0002

FIG. 3

【 図 4 】

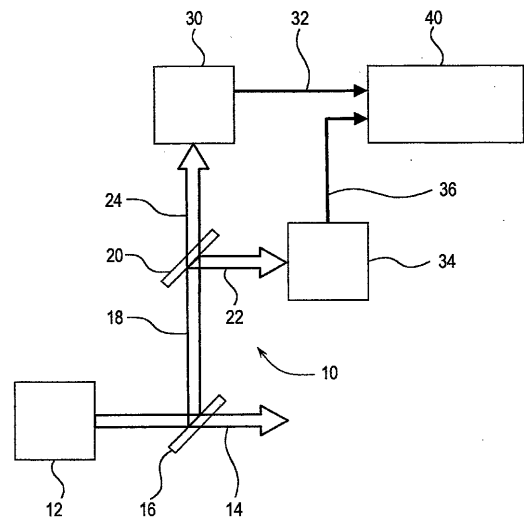
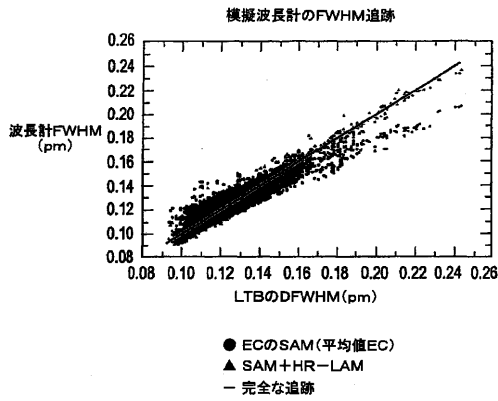


FIG. 4

【 図 5 】



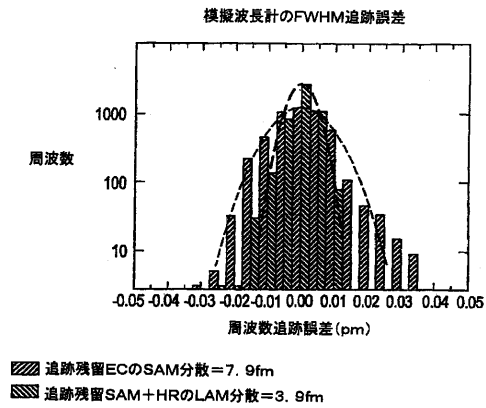
SAM: 0. 12pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

HRLAM: 0. 70pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

6つの試験「XLA-130」レーザ
帯域幅共振走査からの4814スペクトル

FIG. 5

【 図 6 】



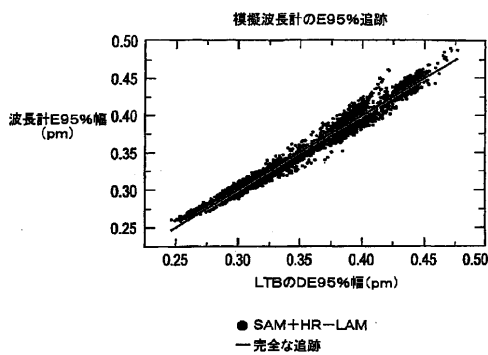
SAM: 0. 12pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

HRLAM: 0. 70pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

6つの試験「XLA-130」レーザ
帯域幅共振走査からの4814スペクトル

FIG. 6

【 図 7 】



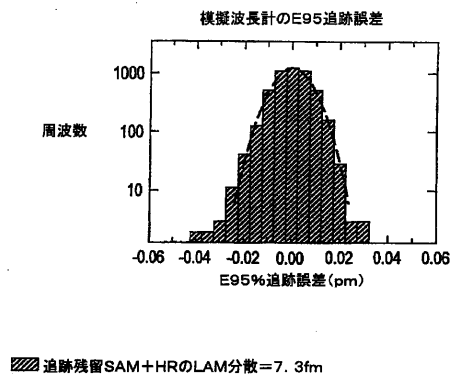
SAM: 0. 12pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

HRLAM: 0. 70pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

6つの試験「XLA-130」レーザ
帯域幅共振走査からの4814スペクトル

FIG. 7

【 図 8 】



SAM: 0. 12pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

HRLAM: 0. 70pmのFWHM通過帯域
FWHM内の20ピクセル
800ピクセル検査範囲

6つの試験「XLA-130」レーザ
帯域幅共振走査からの4814スペクトル

FIG. 8

【図 9】

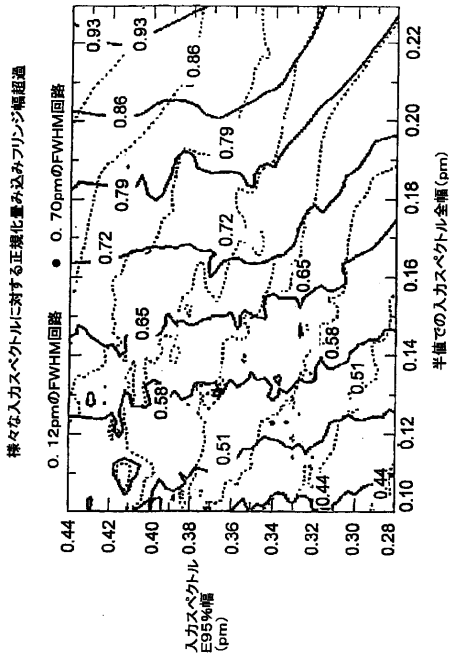


FIG. 9

【図 10】

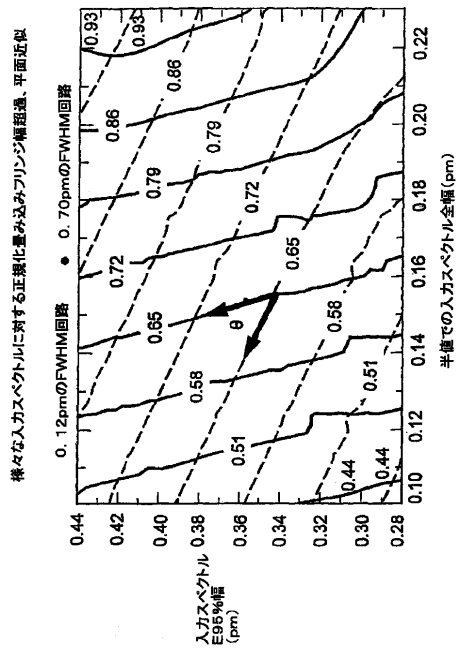


FIG. 10

【手続補正書】

【提出日】平成18年3月10日(2006.3.10)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザから放射されて入力された光のスペクトルの帯域幅を測定するための帯域幅メータであって、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示すパラメータを表す第1出力を提供する第1光学帯域幅検出器と、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示すパラメータを表す第2出力を提供する第2光学帯域幅検出器と、

前記第1帯域幅検出器又は前記第2帯域幅検出器のいずれかに特定の所定の較正変数を用いる多変数線形方程式の一部として前記第1出力及び前記第2出力を利用し、実帯域幅パラメータを計算するようになった実帯域幅計算装置と、

を含むことを特徴とする帯域幅メータ。

【請求項 2】

前記実帯域幅パラメータは、レーザから放射された光のスペクトルの全幅内の最大値のいくらかのパーセントでのスペクトル全幅(FWXM)である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記実帯域幅パラメータは、レーザから放射された光のスペクトルの全スペクトルのエ

ネルギのいくらかのパーセントを包含する該スペクトルのコンテンツを定める該スペクトル上の２点間の幅（ E_X ）である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項４】

前記第１帯域幅検出器は、エタロンであり、前記第１出力は、 $FWXM$ での該エタロンの光出力のフリンジのフリンジ幅を表しており、

前記第２帯域幅検出器は、エタロンであり、前記第２出力は、 $FWXM$ での該エタロンの光出力のフリンジ幅を表している、

ことを更に含むことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項５】

前記事前に計算された較正変数は、第１の実帯域幅パラメータと第２の実帯域幅パラメータとの既知値を有する較正入力光に関連して前記第１帯域幅検出器の前記第１出力を表す三次元プロットから、及び第１の実帯域幅パラメータと第２の実帯域幅パラメータとの既知値を有する較正入力光に係して前記第２帯域幅検出器の前記第２出力を表す三次元プロットから導出される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項６】

前記第１の実帯域幅パラメータは、レーザから放射された光のスペクトルのスペクトル $FWXM$ であり、

前記第２の実帯域幅パラメータは、レーザから放射された光のスペクトルの E_X である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項５に記載の装置。

【請求項７】

前記第１の三次元プロットは、解：

$(\text{第１出力}) = (a^* (FWXM \text{の較正入力光既知値})) + (b^* (E_X \text{の較正入力光既知値})) + c$ 、

を提供し、

前記第２の三次元プロットは、解：

$(\text{第２出力}) = (d^* (FWXM \text{の較正入力光既知値})) + (e^* (E_X \text{の較正入力光既知値})) + f$ 、

を提供し、

前記実帯域幅計算装置は、導出された方程式：

$(\text{第１の実帯域幅パラメータ}) = ((b^* (\text{第２出力})) - (e^* (\text{第１出力})) + ce - bf) / (bd - ae)$ 、

又は、方程式：

$(\text{第２の実帯域幅パラメータ}) = ((a^* (\text{第２出力})) - (d^* (\text{第１出力})) + cd - af) / (ae - bd)$ 、

を使用する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項６に記載の装置。

【請求項８】

$FWXM$ の前記較正入力光既知値は、 $FWHM$ であり、前記第１の実帯域幅パラメータは、 $FWHM$ であり、 E_X の前記較正入力光既知値は、 E_{95} であり、前記第２の実帯域幅パラメータは、 E_{95} である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項７に記載の装置。

【請求項９】

レーザ光源と、

前記レーザから放射されて入力された光のスペクトルの帯域幅を測定するための帯域幅メータと、

を含み、

前記帯域幅メータは、

帯域幅検出器によって実際に測定される時に前記レーザから放射された光の帯域幅を示す第 1 のパラメータを表す第 1 出力を提供する第 1 波長感応光学帯域幅検出器と、

帯域幅検出器によって実際に測定される時に前記レーザから放射された光の帯域幅を示す前記第 1 のパラメータを表す第 2 出力を提供する第 2 波長感応光学帯域幅検出器と、

前記第 1 帯域幅検出器又は前記第 2 帯域幅検出器のいずれかに特定の所定の較正変数を用いる多変数線形方程式の一部として前記第 1 出力及び前記第 2 出力を利用し、前記レーザから放射された光に対する第 1 の実帯域幅パラメータ又は第 2 の実帯域幅パラメータを計算するようになった実帯域幅計算装置と、

を含む、

ことを特徴とするフォトリソグラフィ光源。

【請求項 10】

前記第 1 の実帯域幅パラメータは、前記レーザから放射された光のスペクトルの全幅内の最大値のいくらかのパーセントでのスペクトル全幅 (FWXM) である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記第 2 の実帯域幅パラメータは、前記レーザから放射された光のスペクトルの全スペクトルのエネルギーのいくらかのパーセントを包含する該スペクトルのコンテンツを定める該スペクトル上の 2 点間の幅 (EX) である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 12】

前記第 1 帯域幅検出器は、エタロンであり、前記第 1 出力は、FWXMでの該エタロンの光出力のフリンジのフリンジ幅を表しており、

前記第 2 帯域幅検出器は、エタロンであり、前記第 2 出力は、FWXMでの該エタロンの光出力のフリンジ幅を表している、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 13】

前記事前に計算された較正変数は、前記第 1 の実帯域幅パラメータと前記第 2 の実帯域幅パラメータとの既知値を有する較正入力光に関連して前記第 1 帯域幅検出器の前記第 1 出力を表す三次元プロットから、及び該第 1 の実帯域幅パラメータと該第 2 の実帯域幅パラメータとの既知値を有する較正入力光に係して前記第 2 帯域幅検出器の前記第 2 出力を表す三次元プロットから導出される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 14】

前記第 1 の実帯域幅パラメータは、前記レーザから放射された光のスペクトルのスペクトルFWXMであり、

前記第 2 の実帯域幅パラメータは、前記レーザから放射された光のスペクトルの EX である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】

前記第 1 の三次元プロットは、解：

(第 1 出力) = (a * (FWXMの較正入力光既知値)) + (b * (EXの較正入力光既知値)) + c、

を提供し、

前記第 2 の三次元プロットは、解：

(第 2 出力) = (d * (FWXMの較正入力光既知値)) + (e * (EXの較正入力光既知値)) + f、

を提供し、

前記実帯域幅計算装置は、導出された方程式：

(第 1 の実帯域幅パラメータ) = ((b * (第 2 出力)) - (e * (第 1 出力)) + c e - b f) / (b d - a e)、

又は、方程式：

$(\text{第2の実帯域幅パラメータ}) = ((a^*(\text{第2出力})) - (d^*(\text{第1出力})) + cd - af) / (ae - bd)$ 、

を使用する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項14に記載の装置。

【請求項16】

FWXMの前記較正入力光既知値は、FWHMであり、前記第1の実帯域幅パラメータは、FWHMであり、EXの前記較正入力光既知値は、E95であり、前記第2の実帯域幅パラメータは、E95である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項15に記載の装置。

【請求項17】

前記第1光学帯域幅検出器の伝達関数は、EXよりもFWXMに対して遙かに敏感であるように選択され、前記第2光学帯域幅検出器の伝達関数は、FWXMよりもEXに対して遙かに敏感であるように選択されている、

ことを更に含むことを特徴とする請求項15に記載の装置。

【請求項18】

レーザから放射された光のスペクトルの帯域幅を測定するための帯域幅測定方法であって、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示す第1のパラメータを表す第1出力を提供するために、第1波長感応光学帯域幅検出器を利用する段階と、

帯域幅検出器によって実際に測定される時にレーザから放射された光の帯域幅を示す第1のパラメータを表す第2出力を提供するために、第2波長感応光学帯域幅検出器を利用する段階と、

前記第1帯域幅検出器又は前記第2帯域幅検出器のいずれかに特定の事前に計算された較正変数を用いる多変数線形方程式の一部として前記第1出力及び前記第2出力を利用してレーザから放射された光に対する第1の実帯域幅パラメータ又は第2の実帯域幅パラメータを計算する実帯域幅計算装置を利用する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US04/21259												
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : G01B 9/02 US CL : 356/519 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. : 356/519, 452; 272/32 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 5,970,076 A (HAMADA) 19 October 1999 (19.10.1999), see figure 1.</td> <td>1-180</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,317,448 A (DAS et al) 13 November 2001 (13.11.2001), see figure 10.</td> <td>1-180</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,580,517 A (LOKAI et al) 17 June 2003 (17.06.2003), see figure 1A.</td> <td>1-180</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	US 5,970,076 A (HAMADA) 19 October 1999 (19.10.1999), see figure 1.	1-180	A	US 6,317,448 A (DAS et al) 13 November 2001 (13.11.2001), see figure 10.	1-180	A	US 6,580,517 A (LOKAI et al) 17 June 2003 (17.06.2003), see figure 1A.	1-180
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	US 5,970,076 A (HAMADA) 19 October 1999 (19.10.1999), see figure 1.	1-180												
A	US 6,317,448 A (DAS et al) 13 November 2001 (13.11.2001), see figure 10.	1-180												
A	US 6,580,517 A (LOKAI et al) 17 June 2003 (17.06.2003), see figure 1A.	1-180												
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">* Special categories of cited documents:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			* Special categories of cited documents:		"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"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" 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	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
* Special categories of cited documents:														
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention													
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone													
"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" 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													
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family													
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed														
Date of the actual completion of the international search 21 December 2004 (21.12.2004)		Date of mailing of the international search report 14 MAR 2005												
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. (703) 305-3230		Authorized officer Samuel A. Turner Telephone No. 703-308-0956 DEBORAH A. THOMAS PARALEGAL SPECIALIST GROUP 1890 <i>Dat</i>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US04/21259

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

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

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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

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

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

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

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, IT, 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, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ラファック ロバート ジェイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92009 カールスバッド パセオ デル ノート 65
71 ユニット エイ

Fターム(参考) 2G086 EE03

5F172 AD06

【要約の続き】

第1及び第2の実帯域幅パラメータの既知の値を有する較正入力光に関連して検出器出力をそれぞれ表すそれぞれの三次元プロットから導出することができる。

【選択図】図4