

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5265921号
(P5265921)

(45) 発行日 平成25年8月14日 (2013. 8. 14)

(24) 登録日 平成25年5月10日 (2013. 5. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 S 3/137 (2006. 01)

H O 1 S 3/137

H O 1 S 3/225 (2006. 01)

H O 1 S 3/223

E

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-544430 (P2007-544430)
 (86) (22) 出願日 平成17年11月28日 (2005. 11. 28)
 (65) 公表番号 特表2008-527683 (P2008-527683A)
 (43) 公表日 平成20年7月24日 (2008. 7. 24)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/043059
 (87) 国際公開番号 W02006/060361
 (87) 国際公開日 平成18年6月8日 (2006. 6. 8)
 審査請求日 平成20年11月28日 (2008. 11. 28)
 (31) 優先権主張番号 11/000, 571
 (32) 優先日 平成16年11月30日 (2004. 11. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11/254, 282
 (32) 優先日 平成17年10月20日 (2005. 10. 20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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 92
 127 サン ディエゴ ソーンミント
 コート 17075
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 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】 ガス放電レーザ帯域幅及び中心波長制御の方法及び機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するための
 のガス放電レーザシステム帯域幅制御機構であって、

レーザ出力光パルスに対する中心波長を選択するように作動する回折格子を含む能動帯
 域幅調節機構であって、前記回折格子が調節可能な波面形状を有する入射面を有し、選択
 された中心波長を取り囲むスペクトルの帯域幅に及ぼす前記波面形状の影響が、前記入射
 面の選択された曲率に対する帯域幅の応答をプロットする曲線によって表される能動帯域
 幅調節機構、

を含む帯域幅コントローラと、

前記回折格子の入射面に入射するレーザ光の波面に及ぼすレーザシステム作動の影響の
 モデルに基づいて、帯域幅熱遷移補正を実行するアルゴリズムを利用して調整可能な波面
 形状を制御する帯域幅コントローラと、

を含み、

前記コントローラアルゴリズムは、前記入射面の曲率の選択された変化に対する前記帯
 域幅応答が比較的線形である前記曲線の領域において動作するよう較正され、該較正され
 たコントローラアルゴリズムは、該入射面の曲率の選択された変化に対する該帯域幅応答
 が比較的非線形である前記曲線の領域における帯域幅熱遷移補正のために使用される、

ことを特徴とするガス放電レーザシステム帯域幅制御機構。

【請求項 2】

10

20

前記コントローラアルゴリズムは、前記ガス放電レーザシステムの光学列の少なくとも一部分における光学的なパワー集中履歴の関数を含む、

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】

前記コントローラアルゴリズムは、前記ガス放電レーザシステムの光学列の少なくとも一部分における光学的なパワー集中履歴の線形関数を含む、

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 4】

前記コントローラアルゴリズムは、各々がそれぞれの減衰時間定数及びそれぞれの係数を含む複数の減衰関数の組合せを含む、

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 5】

前記コントローラアルゴリズムは、各々がそれぞれの減衰時間定数及びそれぞれの係数を含む複数の減衰関数の組合せを含む、

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 6】

前記コントローラアルゴリズムは、各々がそれぞれの減衰時間定数及びそれぞれの係数を含む複数の減衰関数の組合せを含む、

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 7】

前記複数の減衰関数は、3 つまでの別々の減衰関数を含む、

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 8】

前記複数の減衰関数は、3 つまでの別々の減衰関数を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 5 に記載の機器。

【請求項 9】

前記複数の減衰関数は、3 つまでの別々の減衰関数を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 6 に記載の機器。

【請求項 10】

前記複数の減衰関数の各々は、異なる減衰時間定数及び異なる係数を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 7 に記載の機器。

【請求項 11】

前記複数の減衰関数の各々は、異なる減衰時間定数及び異なる係数を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 8 に記載の機器。

【請求項 12】

前記複数の減衰関数の各々は、異なる減衰時間定数及び異なる係数を含む、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 9 に記載の機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、線狭化ガス放電レーザシステム、例えば、エキシマ又は分子フッ素ガス放電レーザシステムにおける帯域幅及び中心波長制御に関する。

関連出願

本出願は、代理人整理番号第 2004 - 0081 - 01 号である 2004 年 11 月 30 日出願の「高電力高パルス繰返し数ガス放電レーザシステム帯域幅管理」という名称の米国特許出願出願番号第 11 / 000571 号の一部継続出願であり、かつ代理人整理番号第 2004 - 0046 - 01 号である 2004 年 9 月 28 日出願の「レーザ出力光パルスビームパラメータ遷移の補正」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 / 935249 号に関連する代理人整理番号第 2005 - 0076 - 01 号である 2005 年 10 月 20 日出願の「ガス放電レーザ帯域幅及び中心波長制御の方法及び機器」と

10

20

30

40

50

いう名称の米国特許出願出願番号第 1 1 / 2 5 4、2 8 2 号に対する優先権を請求するものであり、これら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。

【背景技術】

【0002】

上述の形式のレーザシステムは、単一チャンバ又は多重チャンバ構成、例えば、A r F 又はK r F 種類の例えば主発振器 / 電力増幅器 (M O P A) エキシマレーザシステムであるかを問わず、負荷サイクルの変化に応答して帯域幅遷移を示す可能性がある。この遷移は、レーザシステム光学列におけるレーザ光パルスに対する熱誘導変化、例えば、線狭化モジュール (L N M) 光学器械、光学コーティング、及び / 又は周囲パージガスにおける円筒形波面変形の結果であると本出願人は考えている。

10

本発明の実施形態の態様により、本出願人は、作動した帯域幅コントローラ (B C D)、例えば、波長選択光学要素、例えば、オンデマンドで例えばフィードフォワード制御アルゴリズムに基づいて例えば円筒形波面変形を導入することができるエシェル回折格子又は類似の作動した光学要素の曲率を変える機構を用いて、帯域幅及び中心波長遷移を補正するための機器及び方法を提案する。

【0003】

【特許文献 1】米国特許出願出願番号第 1 1 / 0 0 0 5 7 1 号

【特許文献 2】米国特許出願出願番号第 1 0 / 9 3 5 2 4 9 号

【特許文献 3】米国特許出願出願番号第 1 1 / 2 5 4、2 8 2 号

【非特許文献 1】「3 5 U . S . C . § 1 1 2」

20

【発明の開示】

【0004】

能動帯域幅調節機構を含むことができる帯域幅コントローラと、この帯域幅調節機構に入射した時にレーザシステム内で発生しかつ線狭化されるレーザ光パルスの波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて帯域幅熱遷移補正を実施するアルゴリズムを利用して能動帯域幅調節機構を能動的に制御するコントローラと含むことができる、ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構及び作動方法を開示する。コントローラアルゴリズムは、ガス放電レーザシステムの光学列の少なくとも一部分における電力集中履歴の関数、例えば線形関数、例えば、各々がそれぞれの減衰時間定数とそれぞれの係数とを含む複数の減衰関数の組合せを含むことができる。複数の減衰関数は、3 つまでの別々の減衰関数を含むことができ、各々は、異なる減衰時間定数と異なる係数とを含むことができる。この機器及び方法は、ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、レーザ出力光パルスに対する中心波長を選択するように作動する分散光学要素を含むことができ、かつ選択中心波長を取り囲むスペクトルの帯域幅に及ぼす波面形状の影響が入射面の選択曲率に対する帯域幅応答をプロットした曲線によって表される、調節可能な波面形状を有する入射面を更に含むことができる能動帯域幅調節機構を含むことができる帯域幅コントローラと、帯域幅調節機構の表面に入射するレーザ光の波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて帯域幅熱遷移補正を実施するアルゴリズムを利用して調節可能な波面形状を制御する帯域幅コントローラとを含むことができ、帯域幅コントローラアルゴリズムは、入射面の曲率の選択された変化に対する帯域幅応答が比較的線形である曲線の領域において較正することができ、較正された帯域幅コントローラアルゴリズムは、入射面の曲率の選択された変化に対する帯域幅応答が比較的線形である曲線の領域における帯域幅熱遷移補正に使用される。この機器及び方法は、ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、能動帯域幅調節機構を含むことができる帯域幅コントローラと、帯域幅調節機構に入射した時にレーザシステムに発生しかつ線狭化されるレーザ光パルスの波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づく短期帯域幅制御の実施、及びガス放電レーザシステム内のレージングガス混合物中のハロゲン

30

40

50

ガス含有量の調節に基づく長期帯域幅制御の実施を含むことができるアルゴリズムを利用して能動帯域幅調節機構を制御するコントローラとを含むことができる。この機器及び方法は、ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、能動帯域幅調節機構を含むことができる帯域幅コントローラと、レーザシステム光学列の少なくとも一部分に対する熱負荷の時間平均の変化に応答する帯域幅変動のモデルに基づくフィードフォワード制御関数を含むことができるアルゴリズムを利用して能動帯域幅調節機構を制御するコントローラとを含むことができる。本方法及び機器は、ガス放電レーザシステムに発生したレーザ出力光パルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、レーザ出力光パルスに対する中心波長を選択するように作動する分散光学要素を含み、かつ選択された中心波長を取り囲むスペクトルの帯域幅に及ぼす影響を入射面の選択された曲率に対する帯域幅応答をプロットした曲線によって表すことができる調節可能な波面形状を有する入射面を更に含むことができる能動帯域幅調節機構を含むことができる短期遷移補正機構を含むことができる帯域幅コントローラと、帯域幅調節機構の表面に入射するレーザ光の波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて帯域幅熱遷移補正を実施する帯域幅コントローラアルゴリズムと、ガス放電レーザシステム内のレージングガス混合物中のハロゲンガス含有量を調節する段階を含むことができる長期帯域幅制御アルゴリズムとを含むことができる。本方法及び機器は、応答が比較的線形である曲線の領域における入射面の曲率の変化によって誘発される帯域幅の変化からモデルを導出する段階と、応答が比較的非線形であるレーザシステムの望ましい作動範囲にそのモデルを使用する段階とを含むことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

ここで図1を参照すると、本発明の実施形態の態様による分散波長/帯域幅選択光学要素の入射面の曲率の関数としての帯域幅のプロットが示されている。図1に一例として示すように、帯域幅は、中心波長での最大値の何らかの百分率、例えば50%での幅の形式、いわゆる半値全幅(FWHM)で測定することができ、半値全幅は、フリンジパターン検出器と、本出願人の譲渡人のレーザシステム、例えば7XXXシリーズ単一チャンバレーザシステム、及びXLA-XXXシリーズ多重チャンバ、例えばMOPAレーザシステムにおける波長計と呼ばれるフリンジ幅測定計器とから出力されるD79として特定される信号によって表される。これを図1にFWHM曲線20として示している。好ましい実施形態は、回折格子を曲げることができると考えられることが理解されるであろう。しかし、一般的に、分散光学要素又は他の波長選択光学要素及び可変曲率を有する光学要素は、同じものでなくてもよい。固定形状の回折格子及びRmax同調ミラーから反射した波面の曲率を変えるRmaxミラーに取り付けられたBCD、並びに例えば回折格子用BCDを含む波長補正要素と1つ又はそれよりも多くの他の波面変更要素との組合せも使用することができるであろう。

【0006】

帯域幅はまた、本出願人の譲渡人がD101と指定する波長計からの信号によって表すことができ、これは、例えば、スペクトルエネルギーの何らかの百分率、例えば95%がピークの両側の測定幅内に含まれるように、また、従ってそれぞれのスペクトルの各テールがスペクトルエネルギーの2.5%を含むように、強度のピーク値の両側のスペクトル内のエネルギーの積分、いわゆるE95又はE95を表す信号とすることができる。図1から分るように、線狭化モジュール(LNM)からの帯域幅は、中心波長選択光学要素の入射受け面の曲率によって影響される可能性がある。中心波長選択光学要素は、例えば、選択された中心波長を有するレーザ光パルスビームの光学要素上の入射角により、選択された中心波長の光をLNM内の光路に戻す分散光学要素とすることができる。入射面は、例えば、当業技術で公知であるようなLittrow構成におけるエシェル回折格子とすることができるこのような光学要素の作動の性質により、入射面に入射するレーザ光パルスビームの何十mmにも拡大される場合がある入射レーザ光パルスビームの波面の不適合が原

10

20

30

40

50

因でレーザ光パルスビームの帯域幅が変る可能性がある。これは、例えば、回折格子の縦方向の長さにはわたる入射角の分配によるものであり、その結果、多くの異なる中心波長がレーザ光パルスビームの断面にわたって選択され、相応にビームの帯域幅の拡大又は収縮をもたらす。

【 0 0 0 7 】

分散光学要素の入射面のこの曲率は、いわゆる帯域幅コントローラ（BCD）上の回転の数によって表すことができ、これは、曲率、例えば凹面又は凸面を問わず、単純な円筒形曲率を分散光学要素の入射面に与える機構として単純であると考えられる。図1に例示として示すように、曲率尺度の正の側、例えば、可変長バーを誘発する引張/圧縮に対する回転数は、例えば、エシェル回折格子中心波長選択光学要素の入射面上の凹面の略円筒形曲率を表すことができ、負の側は、凸面の曲率を表すことができる。

10

【 0 0 0 8 】

また、一例として図1から分るように、略放物型曲線10、20の底部の最小帯域幅は、BCD調節の中心点の範囲内、例えば、正、負を問わず、0回転又は0回転付近とすることができ、FWHM曲線20は、0回転又はほとんど0回転のところであり、E95の最小帯域幅設定は、約1/2回転の領域において左に若干歪んである。光学要素の入射面の曲率を変えるために使用される特定のBCD、及び、正負を問わず、結果的な特定の回転数は、本発明の実施形態の態様には重要なものではないことが理解されるであろう。むしろ、この概念は、LNM内で線狭化されているレーザ光パルスビームの波面に敏感な分散光学要素の物理パラメータ、例えば光学要素の入射面の曲率の変化が、何らかの最小帯域幅の両側の帯域幅を変えることができること、及び同じ変化が、帯域幅の尺度、例えばFWHM及びE95が異なると、影響が若干異なる場合があることである。

20

【 0 0 0 9 】

また、図1は、分散光学要素の変化が比較的大きな領域においては、例えば、図1の例示的な実施形態では3回の正の回転又は2回の負の回転を超えると、BCDパラメータ、例えば、曲率の同時に起こる変化当たりの帯域幅の変化は、比較的線形であることを示している（BCD上の回転数は、例えば、円筒形曲率の線形変化と同等と見なすと仮定して）。更に、例えば、FWHM又はE95に対して最小帯域幅点周りに帯域幅制御のためにBCDを操作することが望ましい領域においては、このような変化は、比較的線形であり、かつ、それぞれの最小値の両側で符号が反転することが当業者には明らかであろう。また、これらの曲線10、20は、光学要素内の光吸収において反射されたシステム内での電力量のようなレーザオペレーティングシステム、例えば光学列のパラメータ、従って、いわゆる冷間作動、例えば光学器械が昇温される前と、例えば何らかの「熱間」定常作動を達成するためのいわゆる「熱間」作動、例えば何らかの電力レベルで及び負荷レベルで作動した何らかの時間の後との間の差により右か左にずれる可能性がある。

30

【 0 0 1 0 】

図2は、本発明の実施形態の態様により、本出願人が帯域幅と例えば波面曲率の間に理論的な関係が存在する可能性があると考えていることを一例として示している。複雑かつ高価な計装なしには実際的には観測不能であるBCD回転は、通常作動中の上述の形式のレーザシステムに伴う方法では通常は存在しないが、これは、帯域幅制御のためのシステム作動の一般的に適用可能なモデルを製造する機能に帰するものである。本発明の実施形態の態様によれば、（1）レーザ共振器内で循環する光の波面曲率は、（a）BCD誘導曲率、（b）共振器内の全ての他の光学器械の一定の曲率（単一のBCD要素は、波面曲率を修正するのに使用される）、及び（c）熱誘導遷移曲率の合計であり、（2）BWは、波面曲率の平方（又は、平方に非常に類似した関数）であると想定することができる。（b）は変化しないので、本発明の目的上、無視することができる。（c）の影響は、波面の修正から制御しようとするものであり、（a）は、本発明の実施形態の態様に従って（c）の影響を無効にするように制御することができる効果である。一般的に、レーザシステム上で利用可能な方法で、本発明の他の実施形態に従って個別に又は合計 $a + b + c$ として（c）を測定することができるので、別のパラメータを使用しなければならず、そ

40

50

れは、帯域幅、例えば、 $BW = f(a + b + c) \sim (a + b + c)^2$ と考えられる。

【0011】

本発明の実施形態の態様は、上述の形式のレーザシステムの帯域幅が、例えば、共振器内の光波面の曲率、例えば、従って中心波長選択光学器械の関数であるということに基づくことができる。本出願人の譲渡人の研究により、共振器内の反射要素の曲率を変えると円筒形波面が変形し、これは、帯域幅変化を引き起こすことが既に公知である。本出願人の譲渡人の研究により、この依存性はまた、関連の作動点周りにほぼ2次であり、FWHM及びE95の放物最小値は、上述のように、互いに対してずれていることが既に公知である。

【0012】

例えば、負荷サイクルの変化、すなわち、例えば何らかの選択されたパルス繰返し数で、例えば4kHzから6kHzなどでレーザシステムが作動している所定の時間の広がりの中の時間の百分率によるレーザ光パルス生成システムにおける光パワーの変化は、帯域幅の遷移変化及び定常値の変化になる可能性がある。これらの変化は、本出願人の譲渡人により、多くのいわゆるスパイク試験を通じて既に明らかにされており、その試験では、例えば、レーザシステムは、ある時間、例えば1つの負荷サイクルで何百秒も作動され、次に、別のものに切り換えられることによって出力帯域幅に及ぼす影響が観測され、本発明の実施形態の態様に従ってその遷移が処理されることを示している。このような熱遷移は、例えば、LNM光学器械及びパージガス内の遷移温度勾配から生じて、その結果、例えば、ビームにわたる遷移屈折率勾配が発生し、このために、波面変形が発生する可能性があると考えられる。高速の遷移が約3秒の時間スケールで、例えば本出願人の譲渡人の7XXXレーザシステムにおいて観測されたが、このようなものはまた、MOPA構成のレーザシステムにおいても発生する可能性がある。

【0013】

本出願人及び本出願人の譲渡人は、BW遷移及び定常オフセットの大部分が、BCDで補正可能であると着目しており、これは、遷移熱誘導レンズ効果が、主に円筒形であることを意味する。本発明の実施形態の態様より、本出願人は、この遷移が、測定されたFWHMに基づく単純で完全なBCDフィードバックでの最近の実験で補正することができることに着目している。本発明の実施形態の態様によれば、作動点は、例えば図1に示す区域において示すように、例えばBCD曲線（回折格子凹面表面に対応）の右側に非線形性が存在する最小値の区域から遠ざけるように選ぶことができる。そこでは、例えば、BCD作動位置に対する帯域幅応答は、ほぼ線形であり、そこでは、熱誘導波面変形に対する帯域幅応答もほぼ線形であると推定される。

フィードバック制御は、望ましい作動点が最小帯域幅近くである場合には、例えば、BCD曲率アクチュエータ位置の変化に対する帯域幅の変化の非線形性のために達成可能ではない。

【0014】

別の熱誘導光路、例えばLNMでは、現象は、遷移波長シフト（又は、受動的ドリフト）とすることができる。この駆動機構は、帯域幅変化に対するような波長シフトに対するものと同様であり、すなわち、熱駆動波面変化、例えば、波長シフトの場合の楔又は傾斜、帯域幅変化の場合の円筒形レンジングであると本出願人は考えている。すなわち、波面は、傾斜する（形状を変えずに分散光学器械上の入射面において）。すなわち、分散光学器械上の光の入射角は、プリズム（楔）が光路に現れて光を反射したかのように変化する。例えば、分散光学器械がある場合、傾斜が発生すると、その結果、波長が変化する。観測可能な変数（波長）は、波面曲率において2次である帯域幅と異なり、波長傾斜量においては線形である。光パワー率の段階的变化に対する波長応答は、既に特徴付けられており、電力集中履歴の線形関数であることが判明している。本発明の実施形態の態様によれば、この応答は、例えば、異なる時間定数及び係数を有する2つ又は3つの指数関数的減衰項の線形組合せによって完全に捕えることができ、ここで、係数は、全てが同じ符号とは限らない。WL受動ドリフトは、WL受動ドリフトとの類似性によってBW熱遷移を示

10

20

30

40

50

すと見ることもでき、これは、２つの現象が共通の物理的な原因を有するからである。

【００１５】

本発明の実施形態の態様によれば、上述の内容に少なくとも部分的に基づいて、ある一定の仮定が為されている。これらの仮定には、例えば、あらゆるＢＣＤ位置「ＢＣＤ（ｔ）」に対する光パワーの本質的に線形時間不変フィルタである変数が存在するということが含まれる。説明する内容の目的上、このフィルタは、「波面曲率」と呼ぶことができるが、例えば、上述のように、現在利用可能なハードウェアでは観測不能であるので、実際に何であろうと問題ではない。原則的には、波面を測定して、それを測定結果からの情報に基づいて補正することができるが、これには、波面センサが必要である可能性がある。このようなセンサは、例えば、大きな付加的な処理機能と、上述のレーザシステムの形式に対して搭載型測定として有するには複雑でありかつ高価である他の機能とがなければ容易に低減することができない多量の生データを生成する最先端の測定機器になるであろう。例えば、大型天体望遠鏡には、一般的に、波面に対する遷移大気異常の能動制御のために波面センサ及び適応光学器械が組み込まれているが、このような機器は、本発明の実施形態の態様が意図するレーザの形式の作動には実際的ではない。本発明の実施形態の態様は、このような高価かつ複雑な計装を使用せずにレーザ波面の遷移異常を制御することができるべきである。

10

【００１６】

フィルタは、本発明の実施形態の態様の目的上、波面曲率のように作動すると考えられるので、例えば、ＢＣＤ位置の線形関数であり、すなわち、例えば、波面曲率には、付加的な項として現在の回折格子曲率（ＢＣＤアクチュエータ位置設定値）が含まれると仮定することができる。より具体的には、あらゆる瞬間での曲率（ｔ）は、以下のように表すことができる。

20

【００１７】

【数１】

$$\kappa(t) = BCD(t) + A_0 + \int_{-\infty}^t \sum_{j=1}^n A_j P(t') \exp\left(-\frac{(t-t')}{\tau_j}\right) dt' \quad Eq.(1)$$

【００１８】

ここで、 $P(t)$ は、レーザオペレーティングシステム電力パラメータである。ＣＷレーザの場合、 $P(t)$ は、瞬間電力である。パルスレーザの場合、 $P(t)$ は、移動平均値の時間ウィンドウがあらゆる熱遷移よりも短くなるような移動平均電力である。また、 j は、遷移波面変形の要因である複数（ n 個）の成分の各々に関連した時間定数であり、 A_j は、これらの成分のマグニチュードを表す係数である。

30

【００１９】

本発明の実施形態の態様によれば、特定の関数形、すなわち、指数の線形組合せは、熱伝導方程式の一般解の時間的成分の形であるから正当化することができる。この関数形は、曲率が屈折率勾配によって作り出され、屈折率が、温度に対して線形であると考えられ、温度は、熱伝導が線形過程であるので電力集中に関して線形であるので、波面曲率を表すと考えられる。全ての実際的な目的に対する積分範囲における $t - T$ は、 $t - T$ によって取って代わることができ、その結果、積分は、あらゆる遷移よりも長い有限固定時間間隔にわたるものであり、すなわち、全ての j に対して $T > \tau_j$ である。パルスレーザの場合、この方程式は、積分を使用するのではなく、離散的パルスにわたる合計として書き換えることができる。満足な適合に必要とされる項数 n は、３を超えないと考えられ、これは、最悪の場合でのモデルは、６個のパラメータ（３個の時間定数及び３個の係数）を有することができることを意味する。

40

【００２０】

本発明の実施形態の態様によれば、共振器における $P(t)$ で表される循環光パワーは、判断し難い可能性があるが、例えば、単一チャンバラレーザシステム又はＭＯＰＡレーザシステムのＭＯからのレーザシステムの出力電力は、適切なその代替物である固有の光学

50

列電力との十分に線形な関係を有すると見ることができる。

帯域幅は、少なくとも考察対象の遷移に関連した時間スケールでは、例えば帯域幅に及ぼす他の比較的長い時間スケールの影響、例えばレーザシステム内のハロゲン含有量、例えばF2含有量の変化を無視する場合、瞬間的な波面曲率の確定非線形関数であり、それ以外の何者でもない。すなわち、波面曲率の値と帯域幅の値の間には、図1の曲線によって示めされるように1:1の関係がある。この関係は直線ではなく、すなわち、非線形的なものである。

【0021】

また、本発明の実施形態の態様によれば、例えば、必ずしも実際にレーザシステムを作動したいと思うような領域ではないにしても、波面曲率に対して満足できる精度で帯域幅を線形化することができるBCD設定曲線の領域が存在するので、このような領域でのこの線形性は、例えば、先に参照したモデル遷移方程式における係数及び時間定数を較正するのに使用することができる。

10

従って、本発明の実施形態の態様によれば、特徴付け及びモデル較正は、BW対曲率があらゆる遷移に対してほぼ線形であるように、例えば、最小値（最も実際的には、例えば、曲線の凹状分岐上）から十分に離れた曲率20、22上の固定BCD位置を選択することによって実行することができる。本出願人は、帯域幅最小値近くの特徴付けでは、あらゆる適切に小さい制御アルゴリズム内の非線形性のために、例えば、1)線形化センサ、例えば、何らかの種類の実際の波面センサ、又は2)遥かに複雑な非線形制御アルゴリズム、例えば神経網、又は実際的な効果を得るには遥かに複雑すぎるか又は不確かで高価であるか又は計算集約的に時間を消費しすぎる他のポストモダンな制御法のいずれかの使用なしに使用可能なデータは生成されないであろうと考えている。

20

【0022】

次に、本発明の実施形態の態様によれば、レーザ負荷サイクルを履行する試験シーケンス、例えば、上述のようなスパイク試験を実行することができる。次に、同じ線形領域において少なくとも第2のBCD位置を選んで、例えば、各BCD位置に対して観測帯域幅遷移を得るために試験を繰り返すことができる。次に、少なくとも2回の実行から観測された帯域幅遷移を方程式(1)に当て嵌めて、その当て嵌めからモデル係数を判断することができ、目標は、例えば、熱遷移にわたって帯域幅を一定に保つことであるので、線形変換に至るまで全体的なオフセット及びスケールは重要ではない。BWの特定の値は、時間スケールが長くなるほど、例えばF2濃度と共に変動し、また、選択した初期BCD設定に依存するものである。従って、モデル内の加法的定数は、遷移抑制の目的上、重要なものではない。乗法的係数も、較正に選択した(任意の)BCD設定でのBCD曲線の勾配に依存するので重要なものではなく、勾配は、2つのBCD位置が説明されたように当て嵌めに使用される場合は打ち消し合う。

30

【0023】

本発明の実施形態の態様によれば、次に、例えば、曲線20又は曲線22上の帯域幅の最小値で、例えば、BCDを選択初期位置に設定し、方程式(1)で求められたモデル係数を用いて、 $(t) = \cos t$ を保つようにBCD(t)駆動信号を生成することによってモデルを試験して確認することができる。帯域幅を最小値に設定して、初期BCDに対して遷移が制御されていることを確認すべきである。これはまた、それぞれの曲線20、22上の他の場所で、例えば、帯域幅応答も比較的非線形である最小値の比較的近くで、又は他の場所で試験して確認することができる。次に、このモデルを帯域幅コントローラアルゴリズムのフィードフォワード部分として使用することができる。

40

【0024】

次に、モデルが確認された状態で、同じ特徴付け及び較正を周期的な較正手順として使用することができる。

例えば、 $(t) = \cos t$ を維持するためのBCDに対する制御信号は、純粋に光パワーベース、例えば、負荷サイクルベースとすることができる。例えば、それは、 $(t) = \cos t$ を維持するように設計されたフィードフォワード信号とすることができる。

50

帯域幅コントローラが、例えば、帯域幅の何らかの選択範囲内にあることを保証するフィードバック部分は、例えば、帯域幅に影響を与えるよりゆっくりと変化するパラメータで、例えば、フッ素含有量制御と共に利用することができる。開始デフォルト「冷間定常」BCD位置は、E95を望ましい範囲内で中心部に置くために、又はE95をただ最小にするために、較正時に新鮮なガスで調整することができる。代替的に、遅いBCDデザイを用いて遅いフィードバックを行い、遅いフィードバック信号に加算的に高速フィードフォワード信号でBCDを定常状態で帯域幅最小値に保つことができる。

【0025】

ここで図3を参照すると、例示的なステップ試験の結果が示されており、そこでは、例えば、BCDが初めに例えば回折格子の入射面の曲率が凹面である場所で5分(300秒)で、第1の負荷サイクル5%で、次に、第2の負荷サイクル75%への変化で、2.75回転、すなわち550ステップに、すなわちBCD曲線の正の側で200ステップ/回転に設定され、BCD設定を変えることによる補正はない。図3は、FWHMの上部曲線及びE95の中間曲線に対して、大雑把に同じ形状のD79及びD101値の遷移がもたらされ、ピークまでの初期立ち上がり、及び次に負荷サイクル遷移前のレベルよりも遅い、定常状態レベルまでの緩やかな安定降下がある。

【0026】

このような帯域幅遷移は、例えば、図に示すような上述のモデルに従ってモデル化することができる。図4に示すように、BCD位置補正は、例えば、遷移の1つの反転、及び図9に関して以下で説明するようなBCD曲率アクチュエータ上の回転当たり0.2pmの例えば図1の帯域幅曲線の比較的線形の+2.75部分の勾配の5点移動平均52を用いてモデル化することができる。この補正は、図4から図6に示すように、大雑把に70段階であり、すなわち、ピーク部で負の(反時計回り)の回転の7/25、負荷サイクル遷移前よりも更に正(時計回り)の方向に(例えば、より凹面)大雑把に20段階戻って安定する。次に、これは、例えば、図4で曲線54によって示すように平滑化され、方程式1のモデルに当て嵌めて、4kHzパルス繰返し数に対して例えば、75の負荷サイクルで14mJの P_h 、すなわち、レーザ出力電力の42W、 $A_1 = 0.53$ 段階/J、 $A_2 = 0.038$ 段階/J、 $t_1 = 3.83$ 秒及び $t_2 = 69.73$ 秒に対して関連の係数及び時間定数を判断することができる。

【0027】

図5から分るように、負荷サイクル遷移に対してフィードフォワード制御としてプラス2.75でこの同じ補正を用いて、例えば、負荷サイクルの変化の開始時に開始して、FWHM及びE95の帯域幅遷移は実質的に排除される。更に、BCD曲率アクチュエータの0回転位置及びBCD曲率アクチュエータの-2.75(凸面)位置で適用された同じモデル誘導BCD補正も、その結果、図6及び図7に示すステップ試験における帯域幅遷移の排除になる。

【0028】

ここで図8を参照すると、一例として、例えば、集積回路リソグラフィ光源作動に対していくらか典型的なレーザシステム作動が示されており、集積回路製造ウェーハ上の複数の集積回路ダイが、フォトリソグラフィのために照射され、例えば、100ダイは、各々が、短いダイ内の停止時間を有する場合があるワット単位でバースト内電力30を示す複数のバースト40(ダイあたり1つ又はそれよりも多く)を必要とする作動が示されている。この短いダイ内の停止時間は、本発明の実施形態の態様によれば、BCDフィードフォワード補正曲線50のダイ内の部分60において反射されたBCD曲率アクチュエータ位置の変化を引き起こす遷移内に反映させることができる。ワット単位の電力、例えば、5つの第2の平均電力70は、特定のウェーハに関するバースト中にレーザシステムの出力で存在することができる。

【0029】

例えば、別のウェーハとの1つのウェーハの交換のウェーハ間の短い停止時間80はまた、例えば、出力カプラとLNMを含む例えばレーザ共鳴共振器内でレーザシステム光学

10

20

30

40

50

列の少なくとも何らかの部分において吸収される電力としての遷移を引き起こす場合がある。このような遷移中、フィードフォワードアルゴリズムを使用する制御システムは、最初に、1つの方向にBCD曲率アクチュエータ位置を変えて、電力吸収の低減に対応し、次に、その後のウェーハ上の複数のダイを照射するために次のシリーズのバーストが発生した時、BCD曲率補正アクチュエータを反対方向に変えて電力吸収が何らかの負荷サイクルまで増大する時に発生する波面変化に対応することが分る。

【0030】

ここで図9を参照すると、概略部分ブロック図の形で本発明の実施形態の態様によるレーザシステム10の帯域幅制御システムの一例が示されている。レーザシステム10は、例えば、出力カプラ26を通じてレーザシステムを出て、中心波長、帯域幅、パルスエネルギーのようなビーム品質パラメータをモニタすることができるビームモニタ48によってモニタすることができる電力レーザ光パルスビーム1を生成するために、レージングが発生するレーザチャンバ12を含むことができる。レーザチャンバ12の反対側では、当業技術で公知のように、出力カプラ26と共にレーザシステム共鳴共振器を形成する後部ミラーの役目をする例え帯域幅選択光学要素、例え分散光学要素、例え反射性回折格子24から成ることができる線狭化モジュール又はパッケージ(「LNM」又は「LNP」)16を位置決めすることができる。当業者はまた、レーザシステム10では、電力レーザ光パルスビーム14が、ビーム14が増幅器部分のチャンバにおける電極間の放電領域を通る選択された数の通過を成す時に励起されるように時間調節された1つ又はそれよりも多くの増幅器部分内の例え励起レージングガス媒質においてチャンバ12からの電力ビームが増幅されるか、又は発振レーザ空洞、すなわち、主発振器電力発振器(MOP)又は同様の多重チャンバレーザシステムとすることができるレーザ光パルスビーム14が1つ又はそれよりも多くの増幅器部分(図示せず)にシード光を注入するためのシステム(図示せず)の増幅器部分への入力形成する多重チャンバレーザシステム、例え主発振器電力増幅器(MOPA)レーザシステムの一部とすることができることを認識するであろう。

【0031】

LNM16の回折格子24は、例え、そのいずれかの端部で回折格子24の裏面に取り付けられた2つの対向する支柱25の間で拡張又は収縮することによって圧縮力又は張力を回折格子24に印加することができる回折格子入射面曲率調整機構、例え調整機構26を有することができる。このようにして、回折格子24の前面上のレーザ光パルスビームの入射面は、例え、プリズム38、42、及び44で構成されたビーム拡大器36を通過した後、略平坦から何らかの形状を有すること、例え曲面、例え略凹面又は凸面の円筒形曲率に変更することができる。

【0032】

また、LNMは、中心波長同調機構、例えミラー46を含み、これは、中心波長、帯域幅、及び/又は F_2 又は単一チャンバ又は多重チャンバレーザシステムにおけるレーザシステムチャンバ12への他のハロゲンガス注入の制御に関する本出願で説明するものを含むレーザシステム10用の制御機能を実行して、適切な時に望ましい最終的レーザ出力光パルスをシステム全体から生成する、例え1つ又はそれよりも多くのプログラムされた、又はハードウェアに組み込まれたコンピューティングプロセッサ、例えマイクロプロセッサ、又はマイクロコントローラとすることができるレーザシステムコントローラ32の一部とすることができる中心波長コントローラによって制御することができる。

【0033】

また、上述のBCDは、例示的なものであり、かつ1つの回転を達成するための特定の数の伴う回転及びBCDステップモータ28上のステップ数は、例示的なものにすぎず、例え、回折格子24の入射面の形状を変える他の手段を例え望ましい形状、例え凹面、凸面、略円筒形の曲率を達成するために適切な力を印加する空圧、油圧、また電氣的作動、例え圧電手段とすることができ、先に参照した現在特許出願中の特許出願に説明されているように、例え異なる方法で回折格子入射角の形状を変える2つ又はそれよりも

10

20

30

40

50

多くのBCDアクチュエータがある場合があることが当業者によって認識されるであろう。また、アクチュエータの各々は、例えば同じモデル方程式を用いて、又は複数のアクチュエータの少なくとも1つの他のアクチュエータに対して異なるモデル方程式を用いて、レーザシステムコントローラ32における単一の帯域幅コントローラによって制御することができることが理解されるであろう。例えば、波面及び異なる種類の帯域幅、例えば中心波長付近に中心があるスペクトル内のエネルギー全体の何らかの百分率XXに関する最大値又はEXX、エネルギー積分の何らかの百分率XでのFWXM、全幅のスケールに及ぼす波形、及びその影響を各々熱又は他の遷移制御のそのモデル方程式に従って例えば回折格子に接続した別々のBCDにより、又はレーザシステム光学列の1つ及び何らかの他の態様に関する回折格子入射面形状を修正することにより、FWXM及びEXX帯域幅測定
10
の各々における遷移に対応するように修正することができる。更に、複数のBCD26などの複数の成形アクチュエータの場合、両方は、本明細書で説明するモデル方程式に従って制御することができ、又は一方を制御することができるが他方は制御することはできず、その場合には、例えば本明細書で説明する結果を達成するために他方によって行う必要がある形状制御で本明細書で説明するように制御される一方の影響に対応する何らかの実験的に判断されたモデルに基づいて他方を制御することができる。また、1つのBCDは、帯域幅遷移制御に対して本発明の実施形態の態様に従って作動することができ、別のBCDは、回折格子24上で又は他の場所で中心波長における波面の影響を修正するために作動することができることが当業者によって認識されるであろう。

【0034】

20

次に、例えば、ウェーハの新たなバッチ90がフォトリソグラフィスキャナ内にシフトされた時、次のバッチの第1のウェーハが照射され始める前に若干長めの停止時間が起こり、先に照射されたバッチ90は、除去される場合がある。この時間中に電力がゼロ負荷サイクルになり、レーザシステム光学列が、相応にこのより延長された時間中に例えば約20秒に冷却される時、コントローラは、モデルのフィードフォワードアルゴリズムを用いてBCD補正アクチュエータを相応に調整する。同様に、例えば、バッチ90のウェーハの処理中の1つの群100とバッチ90のウェーハのその後の群との間で何らかの他の機能を実行する時に、約60秒の更に長めの停止時間が発生する場合がある。

【0035】

当業者は、このモデルによるフィードフォワードアルゴリズムは、時間と共に累積的であり、従って、例えば、レーザシステムが、第1のウェーハの照射においてスキャナが照射中のダイの間をシフトする時に60で示めされる小さな遷移を含む例えば本質的に冷間から熱間に行く時に、第1の群100のバッチ90のウェーハの初めに、例えばレーザシステムが長い時間アイドル状態であるように、例えば、本質的に冷間で作動して、補正される遷移が極めて大きいことを認めるであろう。しかし、ウェーハ間で例えば5秒の比較的短い停止時間後、遷移及び必要なBCD曲率補正アクチュエータ位置調整50bは、光学列が冷却するがウェーハ1が開始される前ほどではないことから比較的短い。同様に、図8で分るように、同様の約5秒の停止時間で、次の補正50cのマグニチュードは、先行する時間にわたるレーザシステム光学列では、5秒の遷移において加熱の方が大きく、冷却の方が小さく、従って必要とされる補正50cは、遷移補正フィードフォワード信号
40
50bに必要とされるそれよりも僅かに小さいことからまだ小さい。同じく分るように、20秒の更に長い冷却の後、しかし、同じく20秒の停止時間におけるレーザシステム光学列の例えば冷却のために例えば第1の群100のバッチ90における第1のバッチのウェーハの照射完了後も、補正信号50は、第1のバッチ90における最終ウェーハに対して以前のもの50cを超えることになるが、又は更には恐らく第2の補正信号50bに対して冷間で作動するためのシステムに関して、第1のウェーハに対して、補正信号50aほど小さくなくてもよいであろう。最後に、60秒の依然として長めの停止時間後、第1のBCD曲率補正アクチュエータ信号50eは、レーザシステムがより低温の状態から作動されて、例えば60秒の更に長めの停止時間後に冷間作動されると考えられる点に対して初めの50aの補正を除き、例えば、第1のバッチにおける他の全てよりも大きいと考
50

えられる。

【 0 0 3 6 】

能動帯域幅調整機構、例えば中心波長選択光学要素、例えばエシェル回折格子上的例えばレーザ光パルスビームの入射面の形状を変えるための例えばいわゆる帯域幅コントローラ（BCD）を含む図9に例示的に示すような波長選択光学要素の組合せと、例えば波面が帯域幅調整機構に入射した時に回折格子の溝を含む例えば入射面の形状を変えるために回折格子とBCDとを利用して、発生するレーザ光パルスの波面とレーザシステム内の線狭化された線とに及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて、帯域幅熱遷移補正するアルゴリズムを利用して能動帯域幅調整機構を能動的に制御するコントローラを含むことができるガス放電レーザシステムにおいて発生したレーザ電力レーザパルスにおける帯域幅を制御するためのガス放電レーザシステム帯域幅制御機構及び作動方法を本出願で開示していることが理解されるであろう。コントローラアルゴリズムは、ガス放電レーザシステムの光学列の少なくとも一部における電力集中履歴の関数、例えば線形関数、例えば各々がそれぞれの減衰時間定数とそれぞれの係数を含む複数の減衰関数の組合せを含むことができる。複数の減衰関数は、最大3つまでの別々の減衰関数を含むことができ、各々は、異なる減衰時間定数及び異なる係数を含むことができる。この機器及び方法は、発生したレーザ出力光パルス内の帯域幅を制御するガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、レーザ出力光パルスの中心波長を選択するように作動する分散光学要素、例えば能動的に制御されるBCDと組み合わせた回折格子を含むことができ、調整可能な波面形状を有する入射面、例えば回折格子中心波長選択溝を含む回折格子の面を更に含むことができる能動帯域幅調整機構を含むことができる帯域幅コントローラを含むことができ、選択中心波長を取り囲むスペクトルの帯域幅に及ぼす波面形状の影響は、入射面の選択曲率に対する帯域幅応答をプロットする曲線によって表され、更に、帯域幅調整機構の表面に入射するレーザ光の波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて、帯域幅熱遷移補正を実行するアルゴリズムを利用して調整可能な波面形状を制御する帯域幅コントローラを含むことができ、帯域幅コントローラアルゴリズムは、入射面の曲率の選択された変化に対する帯域幅応答が比較的線形である曲線の領域において較正することができ、較正された帯域幅コントローラアルゴリズムは、入射面の曲率の選択された変化に対する帯域幅応答が比較的非線形である曲線の領域における帯域幅熱遷移補正に使用される。この機器及び方法は、発生したレーザ出力光パルス内の帯域幅を制御するガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、能動帯域幅調整機構を含むことができる帯域幅コントローラと、帯域幅調整機構に入射した時にレーザシステム内に発生し、かつ線狭化されるレーザ光パルスの波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づく短期帯域幅制御の実施、及びガス放電レーザシステム内のレージングガス混合体中のハロゲンガス含有量を調整することに基づく長期帯域幅制御の実施を含むことができるアルゴリズムを利用して能動帯域幅調整機構を制御するコントローラとを含むことができる。この機器及び方法は、発生したレーザ出力光パルス内の帯域幅を制御するガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、能動帯域幅調整機構を含むことができる帯域幅コントローラと、レーザシステム光学列の少なくとも一部に掛かる熱負荷の時間平均の変化に応答する帯域幅変動のモデルに基づくフィードフォワード制御を含むアルゴリズムを利用して能動帯域幅調整機構を制御するコントローラとを含むことができる。本方法及び機器は、発生したレーザ出力光パルス内の帯域幅を制御するガス放電レーザシステム帯域幅制御機構を含むことができ、これは、レーザ出力光パルスの中心波長を選択するように作動する分散光学要素を含み、選択された波長を取り囲むスペクトルの帯域幅に及ぼす影響を選択された曲率に対する帯域幅応答をプロットする曲線によって表すことができる調整可能な波面形状を有する入射面を更に含む能動帯域幅調整機構を含む短期遷移補正機構を含む帯域幅コントローラと、帯域幅調整機構の表面に入射するレーザ光の波面に及ぼすレーザシステム作動の影響のモデルに基づいて帯域幅熱遷移補正を実行する帯域幅コントローラアルゴリズムと、ガス放電レーザシステム内のレージングガス混合体中のハロゲンガス含有量を調整することを含む長期帯域幅制御アル

10

20

30

40

50

ゴリズムとを含む。本方法及び機器は、応答が比較的線形である曲線の領域における入射面の曲率の変化によって誘発される帯域幅の変化からモデルを導出する段階と、応答が比較的的非線形であるレーザシステムの望ましい作動範囲内でそのモデルを使用する段階とを含むことができる。

【 0 0 3 7 】

短期による帯域幅制御に対する修正、例えばバースト内補正と上述のようなバースト間との組合せで、例えばレーザシステムパラメータは、レーザ媒質ガス成分を制御して、より長い作動期間にわたって、例えば、レーザシステムが作動してハロゲン、例えばフッ素ガスを消費する時に定期的に行われるべきである当業技術で公知であるようなガス補充間にレーザパラメータを何らかの望ましい作動内に保つためのハロゲンガス、例えばフッ素ガスの注入を用いて制御することができる。

10

【 0 0 3 8 】

「 3 5 U . S . C . § 1 1 2 」を満足するために必要とされる詳細において本特許願に説明して例示した「ガス放電レーザ帯域幅及び中心波長制御の方法及び機器」の実施形態の特定の態様は、上述の実施形態の態様のためのあらゆる上述の目的によって解決されるべき問題又はあらゆる他の理由又は上述の実施形態の態様の目的を達成することが十分に可能であるが、本発明の説明した実施形態の上述の態様は、単に例示的なものであり、説明的なものであり、本発明によって広く考えられている主題を表すものであると当業者によって理解されるべきである。上述の請求した実施形態の態様の範囲は、本明細書の教示内容に基づいて当業者に明らかであるか、又は明らかになると考えられる他の実施形態を完全に包含するものである。「ガス放電レーザ帯域幅及び中心波長制御の方法及び機器」の範囲は、専らかつ完全に特許請求の範囲によって限定されるものであり、特許請求の範囲の詳細説明を超えるものは一切ない。単数形でのこのような請求項の要素への言及は、明示的に説明されていない限り、このような請求項の要素を解釈する際に「 1 つ及び 1 つのみ」ではなく、むしろ「 1 つ又はそれよりも多く」を意味することを意図し、かつ意味するものである。当業者に公知か又は後で公知になる実施形態の上述の態様の要素のいずれかに対する全ての構造的及び機能的均等物は、引用により明白に本明細書に組み込まれており、特許請求の範囲によって包含されるように想定されているものである。本明細書において及び / 又は特許請求の範囲において使用され、かつ本出願内の明細書及び / 又は特許請求の範囲において明白に特定の意味を与えられたあらゆる用語は、このような用語に対する辞書的又は他の一般的な意味を問わず、そのような意味を有するものとする。実施形態の態様として本明細書において説明した装置又は方法は、本明細書で開示する実施形態の態様によって解決されるように求められる各々の及び全ての問題に対処すること、すなわち、本発明の特許請求の範囲によって包含されることは意図せず、また必要でもない。本発明の開示内容におけるいかなる要素、構成要素、方法段階も、その要素、構成要素、方法段階が明示的に特許請求の範囲で詳細に説明されているか否かを問わず、一般に捧げられることは意図していない。特許請求の範囲のいかなる請求項の要素も、語句「のための手段」を使用して明白に詳細に説明されるか又は方法の請求項の場合にはその要素が「作用」ではなくて「段階」と詳細に説明されていない限り、「 3 5 U . S . C . § 1 1 2 」第 6 段の規定の下で解釈されるべきではない。

20

30

40

【 0 0 3 9 】

先に開示した本発明の実施形態の態様は、好ましい実施形態のみであることを意図しており、本発明の開示内容をいかなる点においても特に特定の好ましい実施形態だけに限定しないことを意図することが当業者によって理解されるであろう。当業者によって理解かつ認識されられると思われる開示した本発明の実施形態の開示した態様には、多くの変更及び修正を行うことができる。特許請求の範囲は、その範囲及び意味において、本発明の実施形態の開示する態様だけでなく、当業者に明らかになると考えられるこのような均等物及び他の修正及び変更を網羅するように想定されている。上述の開示及び請求した本発明の実施形態の態様に対する変更及び修正に加えて、他のものも実施することができると考えられる。

50

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の実施形態の態様による分散波長／帯域幅選択光学要素の入射面の曲率の関数としての帯域幅のプロットを示す図である。

【図2】本発明の実施形態の態様により帯域幅と観測不能であるが実質的に近似された場合は使用可能である例えば波面曲率（例えば、BCD回転の単位で）との間の理論的關係が存在する可能性があることを一例として示す図である。

【図3】本発明の実施形態の態様を理解する際に有用であるBCD制御なしの段階変化遷移を示す図である。

【図4】本発明の実施形態の態様を理解する際に有用である遷移の逆を示す図である。

10

【図5】本発明の実施形態の態様による補正を備えた遷移を示す図である。

【図6】本発明の実施形態の態様による補正を備えた遷移を示す図である。

【図7】本発明の実施形態の態様による補正を備えた遷移を示す図である。

【図8】本発明の実施形態の態様による遷移補正を示す図である。

【図9】本発明の実施形態の態様による帯域幅コントローラのブロック図形式の部分概略図である。

【符号の説明】

【0041】

30 バースト内電力

40 バースト

20

50 BCDフィードフォワード補正曲線

【図1】

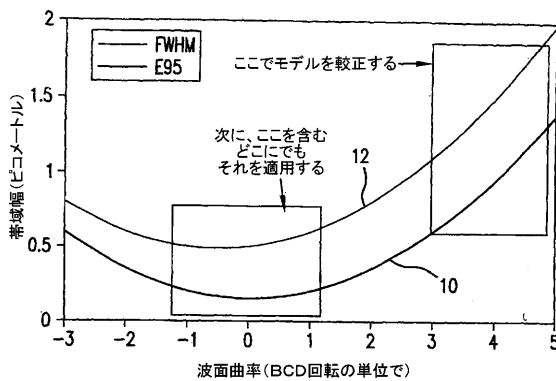


FIG.1

【図2】

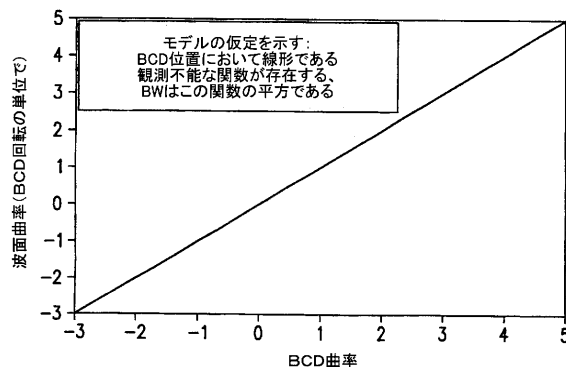


FIG.2

【図3】

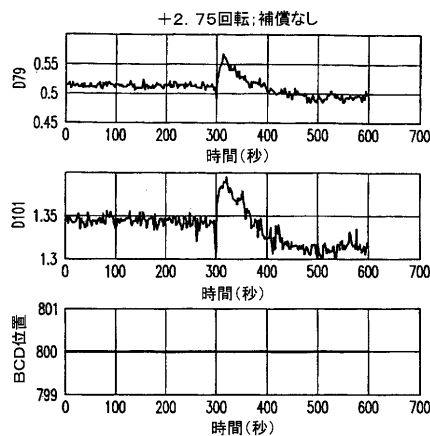
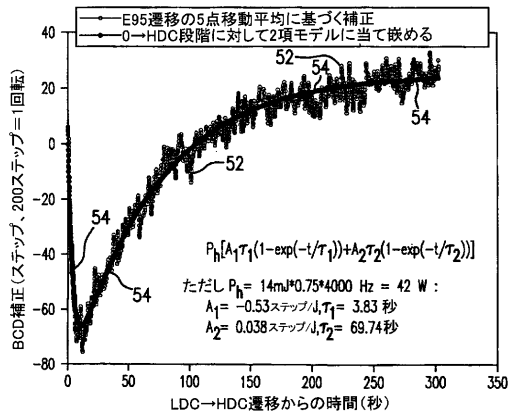
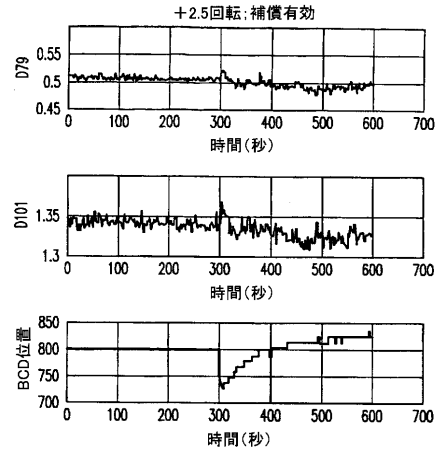


FIG.3

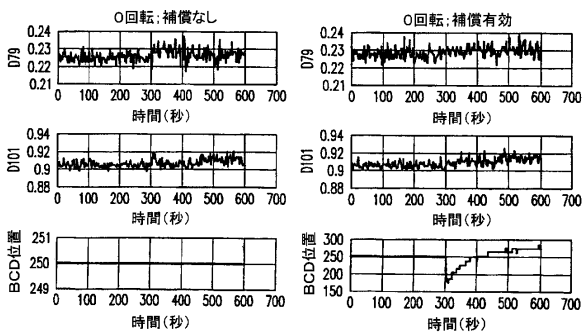
【図 4】



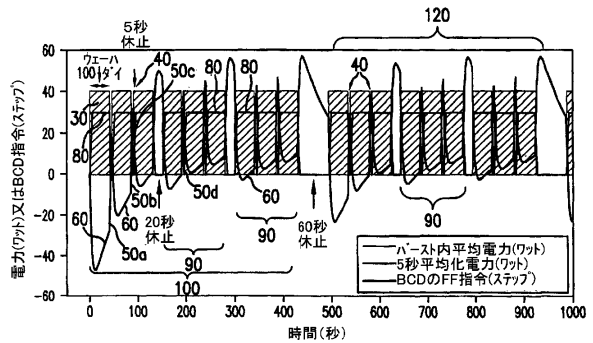
【図 5】



【図 6】



【図 8】



【図 7】

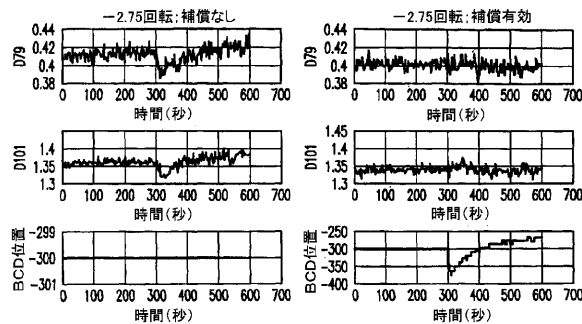


FIG.9

フロントページの続き

- (72)発明者 トリントチョーク フェドー ビー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 7 サン ディエゴ マーティナル ロード 1 7
4 0 8 アpartment 3 8 1 2
- (72)発明者 ジャック ロバート エヌ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 9 サン ディエゴ シャーボーン レーン 7 1
6 3

審査官 古田 敦浩

- (56)参考文献 米国特許第05095492 (US, A)
国際公開第98/052261 (WO, A1)
特開平11-026856 (JP, A)
特開2002-198602 (JP, A)
特開2000-294864 (JP, A)
特開平11-074601 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 S	3 / 0 0	-	3 / 3 0
H 0 1 S	5 / 0 0	-	5 / 5 0
G 0 1 J	3 / 0 0	-	4 / 0 4
G 0 1 J	7 / 0 0	-	9 / 0 4
G 0 2 B	5 / 1 8		
G 0 2 B	5 / 3 2		
G 0 2 B	2 7 / 0 0	-	2 7 / 6 4
G 0 2 F	1 / 2 1	-	1 / 2 5