

(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2007-519253
(P2007-519253A)

(43) 公表日 平成19年7月12日(2007.7.12)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
HO 1 S 3/10 (2006.01) HO 1 S 3/10 Z 5 F 1 7 2

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-551055 (P2006-551055) (86) (22) 出願日 平成16年11月30日 (2004.11.30) (85) 翻訳文提出日 平成18年9月20日 (2006.9.20) (86) 国際出願番号 PCT/US2004/039951 (87) 国際公開番号 W02005/076419 (87) 国際公開日 平成17年8月18日 (2005.8.18) (31) 優先権主張番号 10/760,687 (32) 優先日 平成16年1月20日 (2004.1.20) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 500097197 コヒーレント・インク アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95 054、サンタ・クララ、パトリック・ヘ ンリー・ドライブ 5100 (74) 代理人 100071010 弁理士 山崎 行造 (74) 代理人 100121762 弁理士 杉山 直人 (74) 代理人 100126767 弁理士 白銀 博 (74) 代理人 100118647 弁理士 赤松 利昭 (74) 代理人 100138519 弁理士 奥谷 雅子</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フラットトップを有するレーザービームを形成するシステム及び方法

(57) 【要約】

各々がガウス分布プロファイル(200)を有する多重レーザービームは、インコヒーレントに混成されて急峻なフラットトップレーザービーム(300, 400)を形成することができる。混成レーザービームは、材料処理用途、例えば焼き鈍し、穿孔、及び切断などに必要なパワーレベルを供給可能であり、不使用のパワー量を最小化することができる。これらのレーザーは、フラットトップビームに整形するために配列(700, 800)内に配置可能であると共に、各出力ビームに対して等しいビーム光路長を与えるのに必要な位置へずらすことができる。レーザーの相対周波数及びノ又はパワーは調整可能であり、インコヒーレントな混成ビームの平坦性及び安定性を制御する。

【選択図】 図8

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フラットトップレーザービームを形成するレーザーシステムであって、

各々のレーザーが出力ビームを生成する複数のレーザーと、

前記複数のレーザーからの前記出力ビームを混成してフラットトップ強度プロファイル
を有する混成ビームを形成する複数の光学素子とを備えるレーザーシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、前記複数の光学素子は前記出力ビームをイン
コヒーレントに混成するレーザーシステム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々が別々の周波数にロックされているレーザーシステム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数の光学素子が、前記複数のレーザーからの前記出力ビームを混成して前記複数の
レーザーから距離をもってフラットトップ強度プロファイルを形成するレーザーシ
ステム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数の光学素子が、前記出力ビームを実質的に平行なビーム光路に沿って指向させ
、それらビーム光路は、前記出力ビームからのエネルギーを前記レーザーから距離をも
って重畳して前記フラットトップ強度プロファイル形成するように隔てられているレー
ザーシ
ステム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーが、矩形内腔及び正方形内腔の導波管 CO_2 レーザーからなるグ
ループから選択された複数のレーザーを含むレーザーシステム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々がガウス分布のエネルギーを有する出力ビームを生成するレー
ザーシ
ステム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々が楕円形状を有する出力ビームを生成するレーザーシ
ステム
。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々が約 50 W と約 200 W との間のパワーレベルを有するレー
ザーシ
ステム。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーが線形配列に配置されているレーザーシステム。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々が、矩形、丸型、及び棒形状のレーザービームからなるグ
ループから選択された形状を有する出力ビームを生成するレーザーシステム。

【請求項 12】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーが同一のレーザーを含むレーザーシステム。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

周波数ロック機構が前記出力ビームのうちの一つの周波数をロックするレーザーシステム。

【請求項 14】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々の相対位置をずらして、前記レーザーにより生成された前記出力ビームの方向に対して直交する面において、その面から前記レーザーの各々へ戻るビーム光路に沿った光学的距離を等しくするレーザーシステム。

【請求項 15】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々を隔てることにより、これらのレーザーからの前記出力ビームが少なくとも 2 レーザービーム半径程度の距離だけ隔てられるレーザーシステム。

【請求項 16】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記出力ビームの一つの前記光路にレーザービーム周波数調製デバイスを更に備えるレーザーシステム。

【請求項 17】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーの各々が調製可能なパワーレベルを有するレーザーシステム。

【請求項 18】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記出力ビームのうちの一つのビーム光路に、その出力ビームの拡散を増大させるアパーチャを更に備えるレーザーシステム。

【請求項 19】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

各出力ビームを空間的にフィルタリングする手段を更に備えることにより、前記混成ビームの立下り部分を削減するレーザーシステム。

【請求項 20】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーがロック周波数分離を有するレーザーシステム。

【請求項 21】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

各レーザーから、前記出力ビームに直交する面までの光路長が同一になることを保障するように調製可能な光学的遅延ラインを更に備えるレーザーシステム。

【請求項 22】

請求項 1 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数の光学素子が、レンズ、偏光子、ミラー、ビームスプリッター、窓、及びプリズムからなるグループから選択されているレーザーシステム。

【請求項 23】

フラットトップレーザービームを形成するレーザーシステムであって、

配列をなして配置され、実質的にロック周波数分離を有する複数のレーザービームを生成する複数のレーザーと、

初期分離を有する実質的に平行なビーム経路に沿って前記出力ビームを指向させて、その出力ビームを前記複数のレーザーから距離をもって混成してフラットトップ強度プロファイルを有する混成ビームを形成する複数の光学素子とを備えるレーザーシステム。

【請求項 24】

請求項 23 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数のレーザーは複数の正方形内腔導波管 CO₂ レーザーからなり、その各々は、ガウス分布プロファイルを有する出力ビームを生成するレーザーシステム。

【請求項 25】

10

20

30

40

50

請求項 2 3 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数の導波管 CO₂ レーザーは複数の矩形内腔導波管 CO₂ レーザーからなり、その各々は楕円形状を有する出力ビームを生成するレーザーシステム。

【請求項 2 6】

請求項 2 3 に記載のレーザーシステムにおいて、

前記複数の光学素子が、レンズ、偏光子、ミラー、ビームスプリッター、窓、及びプリズムからなるグループから選択されているレーザーシステム。

【請求項 2 7】

フラットトップビームを形成する方法であって、

複数のレーザーを用いて複数の出力ビームを生成し、

この複数の出力ビームをインコヒーレントに混成してフラットトップ強度プロファイルを有する混成ビームを形成する方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載の方法において、

複数の出力ビームの生成は、複数の正方形内腔導波管 CO₂ レーザーを使用することを含む方法。

【請求項 2 9】

請求項 2 7 に記載の方法において、

複数の出力ビームの生成は、複数の矩形内腔導波管 CO₂ レーザーを使用することを含む方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 7 に記載の方法において、

複数の出力ビームの生成は、各々が楕円形状を有する出力ビームを生成することを含む方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 7 に記載の方法において、

複数の出力ビームの生成は、各々がガウス分布プロファイルを有する出力ビームを生成することを含む方法。

【請求項 3 2】

請求項 2 7 に記載の方法において、

複数の出力ビームの生成は、各々が約 50 W と約 200 W との間のパワーレベルを有する出力ビームを生成することを含む方法。

【請求項 3 3】

請求項 2 7 に記載の方法において、

前記複数のレーザーを線形配列に配置することを更に含む方法。

【請求項 3 4】

請求項 2 7 に記載の方法において、

前記複数の出力ビームについてロッキング周波数分離を設定することを更に含む方法。

【請求項 3 5】

請求項 2 7 に記載の方法において、

各々の出力ビームの周波数を周波数ロック機構を用いてロッキングすることを更に含む方法。

【請求項 3 6】

請求項 2 7 に記載の方法において、

前記複数のレーザーの各々の相対位置をずらすことを更に含む方法。

【請求項 3 7】

請求項 2 7 に記載の方法において、

前記複数の出力ビームの各々の向きを変えて、前記出力ビームが少なくとも 2 レーザービーム半径の距離だけ離間させることを更に含む方法。

【請求項 3 8】

10

20

30

40

50

請求項 27 に記載の方法において、

前記出力ビームのうちの一つのビーム光路にレーザービーム周波数同調デバイスを配置することを含む方法。

【請求項 39】

請求項 27 に記載の方法において、

前記複数のレーザーのうちの一つのパワーレベルを調製することを含む方法。

【請求項 40】

請求項 27 に記載の方法において、

前記出力ビームのうちの一つのビーム光路にアパーチャを配置し、その出力ビームの拡散を増大させる方法。

10

【請求項 41】

請求項 27 に記載の方法において、

各出力ビームを空間的にフィルタリングすることにより、前記混成ビームの立下り部分を削減することを含む方法。

【請求項 42】

請求項 27 に記載の方法において、

各出力ビームからこの出力ビームに直交する面に至る光路長が同一になることを保障する方法。

【請求項 43】

表面を機械加工する方法であって、

20

複数のレーザーを用いて複数の出力ビームを生成し、その複数の出力ビームは固定周波数分離を有し、

前記出力ビームを実質的に平行なビーム光路に沿って指向し、それらのビーム光路は、前記出力ビームのからのエネルギーがインコヒーレントに混成されて、前記複数のレーザーから離間して配置された処理面において平滑なトップ強度プロファイルを有する機械加工ビームを形成するように分離している方法。

【請求項 44】

請求項 43 に記載の方法において、

少なくとも一つの周波数ロック機構を用いて前記複数の出力ビームの各々の周波数をロックすることを更に含む方法。

30

【請求項 45】

請求項 43 に記載の方法において、

前記複数のレーザーの各々の相対位置をずらすことを更に含む方法。

【請求項 46】

請求項 43 に記載の方法において、

出力ビームを実質的に平行なビーム経路に沿って指向させることが、前記出力ビームが少なくとも 2 レーザービーム半径程度の距離で分離するように、前記出力ビームを指向させる方法。

【請求項 47】

ワークピースを処理するレーザーシステムであって、

40

各々がガウス分布強度プロファイルを有するレーザービームを出力する複数のスラブ導波管レーザーと、

前記ビームの伝播軸を指向させ、処理すべきワークピースの表面において前記ビームを重ねさせる複数の光学素子とを備え、その重畳の量は、個々のビームよりも大径であり、且つ急峻な縁強度プロファイルを有する混成ビームスポットを形成するように選択されているレーザーシステム。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0001】

本発明はほぼ安定なフラットトップレーザービームの形成に関する。

50

【発明の背景】

【0002】

様々な材料処理の用途では、より伝統的なガウス強度プロファイルに代わって、比較的フラットトップな強度プロファイルを有するレーザービームの使用が要求される。これらの応用例は例えば、孔の側壁に対して非常に小さなテーパで印刷回路基板へ穿孔すること、及び焼入れ、切断及び融合などの段階を含むガラス又はセラミックの処理を含む。従って、ほぼフラットトップな強度プロファイルを線形、矩形若しくは丸められた形態で有するビームを確保するために様々な技法が開発されてきた。一つの試みではガウシアンレーザービームの中央部分を利用する。しかしながら、この試みには問題がある。というのは、ビームの残りの部分が無駄になることに起因して、相当量のパワーが損失するためである。この損失パワーは、レーザーのパワーの増大により単純に補償することはできず、むしろ、ビームの振幅の安定性が増大すると、レーザーパワーの増大を維持するのはより困難になる。更に、このような試みは、パワーの一部分のみが用いられるので、高価なものとなる。高パワーレーザーは時間当たりの大きな出力波長変動のみならず時間当たりの大きなパワー変動を持つ傾向にある。

10

【0003】

フラットトップレーザーを与える他の試みは回折光学素子を用いることである。このような試みは当業界ではよく知られているが、ビームの強度プロファイルに亘ってせいぜい10%振幅変動よりも大きなものは示さない。多くの応用に要求されるフラットビームには、プロファイルのトップに亘る10%の強度では許容できない。更に、このような試みも高パワーレーザーを要求するが、高パワーレーザーに関連する出力波長及びガス放電は、例えば500W乃至600W程度で、時間当たりの波長変動を持つ傾向にあり、連続波(CW)操作の下で出力ビームに多数の振幅変動(即ちノイズ)が増加するようにビーム内に多数の小さな放電「ホットスポット」を生じる。大きな断面積スラブレザーもCW放電におけるアークを形成する傾向は、スラブレザーは何故にパルス状態下で正常に稼動するかという一つの理由である。スラブレザー標準ガス圧よりも低圧でスラブレザーを稼動させることは、CW放電の挙動を改善し、このような試みは所定のレーザーサイズについて低減された出力パワーをもたらす。

20

【発明の概要】

【0004】

本発明の実施例によるシステム及び方法は満足なフラットトップ強度プロファイルを有するレーザービームを生成する既存の試みにおける多くの欠陥を解消できる。一つの実施形態によれば、多重レーザーからのビーム、例えば50W乃至200W出力レベルの矩形又は正方形内径導波管CO₂レーザーはインコヒーレントに組合わせて実質的にフラットトップ強度プロファイルを有する混成ビームを形成することができる。処置の平面におけるビームの強度プロファイルに亘る変動が所定の応用又は処理についての許容範囲内にあるときは、混成ビームはフラットトップ強度プロファイルを有するということができる。特定の応用について、これは混成ビーム操作がなされる面に形成される商業的なフラット特性をもたらす強度プロファイルを含む。ビームのプロファイルは、それ自体は本質的に「フラット」ではなく、強度プロファイルのトップを跨ぐ若干の変動が存在するが、結果的な製造上の特性が仕様範囲内に収まるには十分に滑らかである。一つの実施の形態では、強度プロファイルの実質的なフラットトップ部分に渡る振幅変動は約+/-0.5%程度にある。多くの応用については、たかだか+/-0.5%程度の変動は許容可能であり、一方、他の応用例については強度プロファイルのフラット部分はたかだか+/-10%の変動を示すことができる。強度における変動がビームが拡散するような要因に起因して検査平面の両側で増大するにつれて、ビームの平坦性は検査平面又は混成ビームが検査される個々のレーザーからの距離にも依存する。

30

40

【0005】

各々の個々のレーザーからの出力ビームは良好な挙動を示し、例えば混成ビームは500W出力のフラットトップレーザービームを効率的に生成し、これは何れの個々のビーム

50

よりも大きい。この混成ビームは、処置面における何れの個々のビームよりも広い。このような試みは、従来のシステムにおけるようにビームの単に中心部分ではなく、全てのレーザーパワーが有効に使用されるという点で少なくとも部分的には魅力的である。個々のレーザーの各々は高品位のガウス型出力ビームを生成することができ、これはパワー出力振幅変動が少なく、高度に調整されたビーム形状を有し、指向安定性の過敏度が低い。このようなシステムは単独の線形出力も有し、多くの周波数安定法を利用することができる。付言すれば、導波管CO₂レーザーは20,000時間を越えるガス寿命を持つことができ、これはダイオード励起固体レーザーに用いられる半導体レーザー励起源の寿命に匹敵するか若しくはそれを上回る。CO₂導波管レーザーは現在は年間約数千台の割合で大量生産されているので、このレーザーは500W又はそれ以上のスラブレザーに比べると、比較的安価である。これらの理由及び他の理由により、多重CO₂導波管レーザービームを混成して、材料処理用途（例えば、溶接、溶融、熱処理、穿孔、焼き鈍し及び金属切断などを含む）のためのフラットトップ型レーザービームを形成することは有益である。このような試みは、CO₂レーザーに限定されるものではなく、任意の適宜なレーザー若しくはレーザーシステムに利用できる。

10

【0006】

多重高安定レーザービームは、インコヒーレントに統合でき、空間内の所定の面、例えばワークピースが所望のパワー密度を受けるように当該ワークピースが置かれると想像される表面機械加工処理の処理面にフラットトップレーザービームを形成する。図1は一つの実施例によりフラットトップ線形ビームを形成するのに用いることができる線形一次元配列のレーザーを示すが、他のレーザー配置構成、例えば二次元パターンも滑らかなトップ強度プロファイルを有する矩形、丸型、及び棒状のレーザービームなどのビームを形成するのに用いることができる。図1の装置100においては、5つの同一のCO₂レーザー102がビームの一次元配列を形成するように示されている。光学素子の配列は例えば、図1に示すように各レーザーについて一对の反射ミラー108を含んでもよく、これは各レーザーによる出力ビームをビームの一次元配列へ再指向させるために用いることができる。多数の光学的構成及び/又は光学素子を当該技術分野では公知のように上述のような再指向させるのに用いることができ、その素子は例えばレンズ、偏光子、ミラー、ビームスプリッター、ウィンドウ、及び/又はプリズムを含む。これらの光学素子は実質的に同様なビーム経路に沿ってビームを指向させることができる。ビーム経路は固定及び/又は概ね2又は3ビーム半径で所定の離間を採ることができるので、ビームからのエネルギーはレーザーから遠方で混成して、フラットトッププロファイルを有する混成ビームが形成される。

20

30

【0007】

個々のレーザーは任意の適宜なレーザー、例えばカリフォルニア州サンタクララのコヒーレントインクから入手可能な5つのGEM-100矩形内腔導波管CO₂レーザーとすることができる。5つの同一のCO₂レーザーの配列は例示であって、これとは異なる数のレーザー、同一でないレーザーの配列、又はCO₂レーザー以外のレーザーを包含する配列を図1の装置に利用することができることに留意されたい。正方形導波は本例のために選択されており、この構成は、近似的に理想的なガウス型プロファイルを有する純粋な単独モードを与えることができる。若干矩形状的な導波も用いることができる。例えば、楕円形状ビームはフラットトップの線形ビームを形成するので特に望ましい。一つの実施形態において、良好なモード品位及びパワー出力をもたらす正方形導波の寸法は約0.11インチ×0.11インチ（約2.794cm×2.794cm）である。この実施例において、各レーザーは高反射率フィードバックミラーに取り付けられた圧電変換（PZT）アクチュエータを有し、これは各レーザーのキャビティ長を変化させるために用いることができる。これらのレーザーは図1に示すように所定位置でずらすことができるので、任意に与えられた垂直面（例えば図における面A）において、その面から各々のレーザーへ戻るビーム経路に沿った光学的距離は可能な限り等しくなる。例えば、図におけるz軸に沿ったレーザーの位置は、A面におけるそのレーザーからの出力ビームの位置に対し

40

50

て、x軸に沿うレーザーの横方向オフセット106に概ね等しい量104により調整することができる。隣接するレーザー出力ビームの分離は、ビーム間の屈折や重畳を調整する目的で、近視野において概略的に少なくとも2又は3ビーム半径とすることができる。ビーム径調整テレスコープ(図示せず)又は他のビーム径調製装置を装置100に組み込んで、図1におけるレーザービームの各々についてのビーム径を微調整することができる。

【0008】

図2は約2ビーム半径の分離へ屈折した後の図1のレーザーについての個々のビームプロファイル200を示す。図2(a)はビーム配列の断面についての強度変化を示し、一方、図2(b)は $y=0$ におけるx軸に沿った強度変化を示し、及び図2(c)はy軸に沿った5つの「理想的な」ガウス型ビームの強度変化を示す。図3は1ビーム半径の分離への屈折の後の図1のインコヒーレントな混成ビームについての同様な強度プロファイル300を示す。フラットトップビームプロファイルが発現を開始すると、図3(b)のように混成ビームプロファイルにおける若干のリップルが顕著であって、これは様々な用途にとって受け入れ難いものとなる。このビーム強度はx方向においても狭細であり、5つのレーザービームの重ね合わせに少なくとも部分的に起因して、フラットトップの全強度は図2に示す個々のビームの何れかの強度よりも大きい。図4はビームが0.85ビーム半径で分離する屈折をなした際の強度変化400を示す。振幅リップルの量は、図3の変化に比べて相当に低減しており、強度プロファイルは様々な用途について十分に平坦若しくは平滑である。全強度も図3におけるよりも大きい。

10

【0009】

図2乃至図4に関して説明したような試みを用いるコンピュータモデル化は、混成ビームが所望の用途についての所望の形状及び/又は強度を有するレーザーからの位置を決定するのに役立つ。このようなモデル化は他のビーム形状及び/又は混成についても実行することができる。例えば図5は、図1の5本のビームに代えて、個々のビームが0.8ビーム半径の分離を有する点へ屈折した後の7本の同一の丸型ガウス型レーザービームを混成した際に計算された強度変化500を示す。フラットトップラインビームプロファイルは、1本のビームの振幅の約1.6倍のピーク振幅を有すると共に、混成ビームの半値幅点におけるレーザービーム幅は、レーザー源における全てのレーザーから発せられた全てのビームからの全距離の約半分である。

20

【0010】

「同一の」ガウス型ビームを用いたときの好ましい結果を図2乃至図5に示す。実際には、ビームは正確には同一ではなく、時間に伴う各レーザーの周波数及び/又は位相の僅かな変動に起因して、互いに対して少なくとも若干のインコヒーレントを有する(即ち、個々のレーザーは統計的には互いに独立している)。同一出力のレーザーを真に獲得するためには、各レーザーについて周波数ロッキング及び/又は位相ロッキングを採用する必要がある。ビームに固有の変動は、ビームの周波数及び/又は位相の意図的な変動を伴うことなく、ビームをインコヒーレントに混成させることを可能とするのであるが、プロファイル円滑性及び/又は平坦性の要求即ち高精度な用途の水準は達成し難い。例えば、ビーム間に単に微々たるものには収まらない変動が存在するか、或いは若干異なるレーザーが使用される場合には、或る状況下ではレーザーに対する入力パワーを変動させることにより、個々のレーザーの出力パワーを調整して、混成ビームのフラットトップを回復させることができる。このことは、例えば各ビーム経路に配置された光学的遅延ライン又は調節自在テレスコープ部品により、個々のレーザーのパワー及び/又は個々のレーザーのビーム半径を調製できる限りは、配列における個々のレーザーの変動を補償することにより混成ビーム形状の制御を可能とする。

30

40

【0011】

図6は一実施例によるレーザーについての伝播距離に対するレーザービーム半径の変動を描くプロット600を示す。0.001メートルのアパーチャを計算のために用いたが、これはCO₂レーザー用の10.6 μ mにおける代表的な矩形内腔導波アパーチャ0.28cmよりも約0.36倍小さい。この小さなアパーチャは、距離が大きくなる

50

に伴ってビームの屈折に大きな増大をもたらす。小さなアパーチャは伝播距離の関数としてビームの拡散量を増加させるるので、フラットトップ振幅束変動はx軸に沿う距離の増加に伴って増大する。この増大された拡散は、距離の増大に応じてリップル変動の鋭敏性を増大させるので「最悪状況」の例として働く。レーザー源から約1.0メートルの距離における点604においては、ビームは約1ビーム半径で分離する。1.3メートルの距離の点606においては、ビームは約0.8ビーム半径で分離する。これら二つの距離の間に位置するワークピースは、図3(b)及び図5(b)に示される量の間の振幅変動を被る。このパワー密度は、レーザー源からの距離の増大に応じて迅速に変化することはない。従って、距離の僅かな変動でパワーが大きく変化しない限りは、レーザー源に対してワークピースを正確に位置決めする必要はない。かくしてワークピースは、位置の小さな変化についての混成フラットトップビーム強度プロファイルに跨る小さな振幅変動を被る。最小振幅変動が0.8ビーム半径の5本のビームの場合には、フラットトップラインの長さはx軸に沿って2.5cm、且つy軸に沿って0.9cmである。7本のビーム配列の場合については、混成フラットトップレーザーラインはx軸に沿って3.0cm、且つy軸方向に0.9cmである。所望とあれば、空間的フィルタリングを利用して、最大のフラットトップ効果を得る目的で混成ビームの立下り部分を排除することができる。レーザーシステムの設置面積の大きさを低減させることが望まれるならば、当技術分野では公知のように、z軸距離を圧縮させる折り返し光学技術を利用できる。

10

【0012】

各レーザーの周波数及び位相は各レーザーについて互いに独立しており、しかも周波数及び位相は時間の経過につれてドリフトするので、混成フラットトップビームの振幅変動が、各レーザーが混成された際の一なり(即ち混合)からもたらされる。この混成に起因する振幅変動の周波数は高い値、例えばメガヘルツ域に増大するが、このような変動は材料処理にはさほどの影響をもたらさない。この増大は十分に大きな周波数分離で各レーザーを周波数安定化させることにより達成でき、各ビーム周波数は材料作業工程には重要ではなくなる。例えば+/-1%未満で最大振幅1MHz乃至10Hz範囲のパワーの短時間での振幅安定化を満足するには、各レーザーの間の各周波数分離は1MHzよりも大きくなるように選ばねばならない。レーザーの間のロッキング周波数分離は、当技術分野では公知のレーザー周波数オフセット法により得ることができる。

20

【0013】

図1の装置に示されるように、低パワー安定CO₂レーザーを局部発振器(local oscillator: LO)として用いることができる。このLOからの出力を配列内の各レーザーの出力と混成することができる。LOの周波数は多数の公知の技法の一つによりレーザー利得曲線のライン中心にロッキングすることができる。このような技法の一つは、ミラーのうちの一つにディザリングを施すことに関係しており、LOのパワー出力を最大化することにより、LOレーザー出力周波数をライン中心へロッキングするように信号識別が得られる。レーザーハウジングの良好な温度安定性(例えば摂氏0.1度まで)及び周囲の変動からの妥当な隔絶によれば、周波数は約+/-200KHz又はそれ未満の変動でライン中心にロッキングできる。瞬時レーザー周波数出力偏移は、約+/-200KHz程度とすることができる。スタークセル(Stark cell)又はラムディップ(Lamb dip)周波数安定法は、高い周波数安定性が要求されるならば利用できるが、非常に複雑であり、及び/又は費用がかさむ。IOレーザーからは高出力パワーは要求されないので、通常の高圧よりも低い圧力をLOに用いて利得帯域を低減させることができる。従って登りサーボ(hill climbing servo)から得られた信号振幅は改善され、LOの周波数をライン中心にロッキングするのに偏移が抑制されたPZTディザードミラーを用いることができる。PZTトランスジューサ上に装着されたミラーの低減した偏移は、ライン中心の各側におけるLOの瞬時周波数偏移を低減することもできる。

30

40

【0014】

多重レーザービームのインコヒーレントな混成は図7に示すような配列700を用いることもでき、これは2次元正方形ビームパターンを与えることができる。図7(A)は3

50

× 3 配列のビームを用いて正方形パターンで構成されている。矩形又は棒形状の何れかのパターンからなる他のパターンを用いることもできる。各々のビームはビーム半径 r を有し、且つ非対角線上に隣接するビームから互いに距離 $3r$ だけ離間させることができる。対角線上に隣接するビームの間の距離 R は、 $R = 3r / \sin$ で与えることができ、例えば R は、 r よりも 4.24 倍大きいか、或いは $3r$ よりも 1.4 倍大きい。 R は r の整数倍ではないので、完全に正方形のフラットトップは、更なる調整、例えば図 1 の実施例に関して説明したようなレーザーの相対的な側方位置の調整を伴わなければ獲得できない。

【0015】

図 7 (b) の描画に示すように、上述のような配列からはフラットトップ正方形パターンにおける四箇所の凹部がもたされる。振幅分布からもたらされる混成ビームパターンを A - A 線又は B - B 線を横切って見た図を図 7 (d) 及び図 7 (e) に示す。用途によっては、図 7 (d) 及び図 7 (e) に示すような振幅変動も許容されるであろう。そのようなレーザー形態は、穴の側壁に沿って小さなテーパ角度を有する正方形又は棒状の穴の穿孔に好適である。

【0016】

図 8 にはトップハットプロファイルを得るためのインコヒーレントなレーザービームについての他の配位 800 を示し、ここではレーザーは n 面多角形配位におかれている。例示的な六面多角形は特に興味深いものである。というのは、任意の隣接するレーザービームのそれぞれの中心から中心までの間の距離は $R = 3r$ 、即ちレーザービーム半径の 3 倍で与えられるためである。 n 面多角形については、 $R = 2L \sin(\quad / 2)$ であり、ここで $\quad = 2 / n$ である。 $n = 6$ については、 $\quad = \quad / 3$ であるので $R = L$ である。個々のレーザーの六面多角形配列で且つその中心に配置された第七のレーザーを有する配列については、任意の隣接するレーザービームのそれぞれの中心から中心までの間の距離は概ね等しい。これは基本的に円形なフラットトップレーザービームプロファイルを与え、このプロファイルは穴の側面に小さなテーパ角があるか若しくはテーパ角が無い円形状の穿孔に適している。混成ビームのアップチュアは少量のテーパ角乃至はテーパ角が無い穴の側壁を得る目的でレーザービームの縁における垂直下降を向上させるために利用できる。

【0017】

図 9 はレーザー光学的共振器フィードバックミラーを機械的にディザリングさせる P Z T トランスデューサを用いるレーザーの原理を概略的に図解する一連のプロット 900 を示す。図 9 (a) はレーザー周波数の関数としてのレーザー利得曲線についての代表的な曲線を示す。利得曲線のピークはライン中心 \quad_0 において生じる。隣接する軸方向モードの間の周波数分離は次式で与えられる。

【0018】

$$f_b - f_c = f_c = c / 2L$$

ここで c は光速であり、 L は共振器の全光路長である。一例として、7 光路折り返し導波管 CO_2 レーザーについては、 L を一つの光路の長さとする $L = 7l = 350 \text{ cm}$ であり、 f_c は約 43 MHz である。レーザー媒体の利得ライン幅は、ツールで表すレーザー圧力の約 5 MHz 倍である。例えば、約 100 ツールの圧力においては、レーザーライン幅は約 500 MHz である。 $L = 5l = 250 \text{ cm}$ の 5 光路折り返し導波管 CO_2 レーザーについては、 f_c は約 60 MHz である。レーザーフィードバックミラーの一つが P Z T トランスデューサ上に装着されて、且つこのトランスデューサにはランプ電圧が与えられており、ミラーの位置が線形移動するようにされているならば、例えば図 9 (a) に示されるように、レーザー出力周波数は、光学的フィードバックキャビティの軸方向モードが利得曲線を跨って移動するにつれて、レーザー出力周波数は変化する。 CO_2 レーザーラインは均質的に拡がるので、一つの軸方向共振モードのみが或る所与の時間に発振する。発振軸方向モードがレーザーの f_b 周波数における発振閾値を通過するにつれて、次の低軸方向モードが周波数 f_c における発振閾値を通過して発振を開始する。レーザー

10

20

30

40

50

出力周波数の変化は、ミラーが線形移動してキャビティ長 L を短くするのに起因しており、レーザー周波数を周波数 ω_b に到達させるまで増大させる。この点では、利得曲線へ（左側から）入る次の軸方向共振モードは、利得曲線を（右側へ）出る共振モードよりも高い利得を持つことができる。これにより、発振周波数は低周波数 ω_c における発振へ戻る。このレーザー出力周波数の ω_c と ω_b との間の鋸歯状変化を図 9（b）に概略的に示してある。出力ビームが適宜な検出器により検出されたならば、図 9（c）に概略的に示すように、出力振幅は、短くなるキャビティ長の関数として変化する。キャビティ長が増大するにつれて、逆の過程が生じる。

【0019】

PZT が、レーザーがライン中心即ち周波数 ω_0 で発振するように位置しており、且つ PZT が時間の関数としてディザして変位 D が得られるならば、図 9（d）に概略的に示すように、検出器は DC 電圧 V_0 を検出し、これが DC 電圧レベル上に乗る振幅変動の量は非常に小さい。この電圧における振幅変動は PZT に装着されたミラーのディザ周波数の 2 倍にすることができる。この信号を電子的に利用して、例えば登りサーボ回路系を用いることにより、レーザーをライン中心で発振させることができる。PZT が、レーザーが $+/-f$ に等しい量だけライン中心の両側で発振するように位置しており、図 9（d）に概略的に示すように、時間の関数としてディザするならば、検出器は DC レベルに乗る振幅変動を有する電圧 V_f を検出できる。この振幅変動の周波数はレーザーのディザ周波数と等しくすることができる。 f が増大するにつれて、ライン中心から更に離間して発振が生じ、ここでは利得の勾配対周波数曲線が大きくなる。レーザー利得の勾配の増大は図 9（d）に概略的に図解するように f の増大に伴って電圧の新譜変動を増大させる。検出器の振幅変動出力の位相は、レーザーがライン中心の一方の側から他方側へ発振を変化させると 180 度位相変化する。この挙動は利得曲線のレーザー発振側を検出するために用いることができ、更にレーザー発振周波数を所望の場所へ位置決めするために用いることができる。

【0020】

図 10 は図 9 に要約した挙動を利用して、レーザーの発振周波数をライン中心に位置させるために使用できる登りサーボのアナログ回路型 1000 を図解する。約 100 Hz と約 11 KHz との間の周波数 f_d を有する低周波発振器は PZT トランスデューサひいてはフィードバックミラーをディザさせるために用いることができる。この低周波 f_d 信号は矩形波ジェネレータ 1002 を通過することができ、そのジェネレータ 1002 はマルチプライア 1004 への入力信号 B を生成することができる。周波数 f_d において PZT によりディザされたレーザーの出力は検出器 1006 により検出できる。検出器の出力は AC 増幅器 1008 へ接続することができ、この AC 増幅器 1008 は周波数 f_d における中心に位置するバンドパスフィルタ 1010 へ出力を送ることができる。バンドパスフィルタの出力は信号 A としてマルチプライア 1004 へ送ることができる。

【0021】

図 11（a）は図 10 に示した A 信号と B 信号との高度な位置合わせを図解し、信号 A の同相状態 1102 又は 180 度異相状態 1104 の何れかが信号 B 1106 の矩形波に重畳されている。図 11（b）は信号 C を示し、これは信号 A の位相に応じて $B \times A_+$ （同相）1108 又は $B \times A_-$ （異相）1110 を生じる信号 A 及び B 上のマルチプライアの操作によるマルチプライアの合成出力である。図 10 における信号 C は積分回路により積分されて、DC 増幅器を通過して積算回路系へ接続され、この積算回路系は DC バイアス電圧、積分信号 C、及び信号 f_d を積算する。積算回路の出力は DC 増幅器を通過して図 10 における信号 D として PZT トランスデューサに接続される。上述の説明は一つの可能な実施の形態についてのものであるが、他の多くの試みもレーザーの出力をライン中心にロッキングするために用いることができることに留意されたい。例えば、デジタル回路系をアナログ回路系に代えて用いることができ、及びノ又はスタークセル（Stark cell）又はランプディップ（Lamp dip）をライン中心弁別器として使用できることは当技術分野では周知である。デジタル式の手法においては、局部発振シス

10

20

30

40

50

テムはアナログ安定化回路を包含することができ、これは内臓されたマイクロコントローラにより管理することができる。このような回路系は、制御信号をPZT起動共振ミラーへ加えることによりLOの光学的出力パワーを最大化するために、レーザーキャビテイの長さを最適化することができる。

【0022】

アナログ振幅安定化回路は典型的な登りサーボシステムとして機能することができる。ヒルクライムは共振器長を調節して、レーザー媒体利得曲線と一致させることができる。制御信号は小さな正弦ディザをPZT起動共振器へ加えることにより生じさせることができ、合成レーザーの揺らぎは光学的検出器で測定することができる。任意の増幅及びバンドパスフィルタリングに続いて、回復したディザ信号は同期して検出でき、合成バンドパス信号は振幅安定化ループについてのエラー信号として処理することができる。

10

【0023】

内臓マイクロコントローラはアナログ登りサーボループの動作を監視することができる。PZTが移動限界に達した際、マイクロコントローラは再取得サイクルを初期化することができる。再取得の間にマイクロコントローラは光学的検出器からの信号を監視しながらPZTコントロール電圧を全操作範囲に亘って掃引することができる。マイクロコントローラはPZT位置を記録でき、これは光検出器から最大出力信号を生成できる。キャビテイ掃引が完了したら、マイクロコントローラはPZTを最大検出器応答を生じる位置へ置くことができ、これはアナログ振幅安定ループを可能とする。ピーク検索又はループリセット機能が失敗したら、マイクロコントローラは様々な内部管理機能を実行でき、また再取得処理を繰り返すことができる。

20

【0024】

例えば図1及び図12に示すように、一つの実施の形態においてはライン中心に対してロックされた周波数 ν_0 を有するレーザー局部発振器からの出力は、システム内で高出力レーザーとして複数の分離したビームに分割され、偶数本のレーザーとして、或いは奇数本の高パワーレーザーを有するシステムにおけるレーザーの本数に満たない一本のレーザーとなる。一つの例として、50cm長CO₂導波管レーザーの5回折り返しチャンネルは約100Wのパワー出力を有するのに対し、各々が50cm長を有する七回折り返しCO₂導波管チャンネルは約140Wの出力パワーを有する。五つの経路CO₂導波管レーザーからの五本のレーザービームの和は、出力パワー500ワットをもたらすのに対し、七光路を持つ五つのCO₂レーザーは700W出力をもたらす。

30

【0025】

図12は図1の装置と同様な装置1200であって、付加的な電子的情報を有する装置を示す。局部発振器1202は、例えば図9(a)により詳細に示したように、図10の電子部品を利用してレーザー出力周波数(ν_0)をライン中心にロックすることができる。図10の登りサーボの出力は、PZT-LOとして示すように、圧電PZTアクチュエータへ印加することができる。周波数 ν_0 の出力LOは、それぞれ出力周波数 ν_{L1} 、 ν_{L2} 、 ν_{L4} 及び ν_{L5} を有するレーザー#1、#2、#4及び#5の出力に重ね合わせることができる。四つの重ね合わせレーザービームは図示のように光検出器1204へ加えられるので、RF信号 f_{L1} 、 f_{L2} 、 f_{L4} 、及び f_{L5} が生じる。五基のレーザー配列のうちのレーザー#3も図10に示した登りサーボを利用して、LOレーザーにおけるようなPZT-3へ加えられる図10からの信号を用いて、レーザー出力をライン中心にロックできる。従って、レーザー#3の出力周波数は $\nu_3 = \nu_0$ とすることができる。

40

【0026】

図12の検出器からのRF信号、即ち f_{L1} 、 f_{L2} 、 f_{L4} 、及び f_{L5} はデジタル、又はアナログ、周波数弁別器(FD)回路#1、#2、#4、及び#5へそれぞれ加えることができる。これらの周波数弁別器の各々は、入力周波数に対して、周波数弁別回路内で生成された特定の周波数オフセット(一般に中間周波数(IF)と称される)を加算又は減算したものに比例する電圧を生成することができる。周波数弁別器(FD#1)

50

からのIFは $+2f$ とすることができ、PD#5からのIFは $-2f$ とすることができる。同様にFD#2及びFD#4については、FD#2およびFD#4については、それぞれIF周波数を $+f$ 及び $-f$ とすることができる。

【0027】

周波数弁別器#1, #2, #4及び#5の電圧出力の各々は積分器1206及びDC増幅器1208へ接続される。各DC増幅器からの電圧は、それぞれレーザー#1、#2、#4、及び#5のPZT#1、#2、#4、及び#5へ与えることができる。PTZは各レーザーの発振周波数をライン中心から $+2f$ 、 $-2f$ 、 $+f$ 及び $-f$ に保持することができるので、それおそれ図12に示すように $f_{L1} = v_0 + 2f$ 、 $f_{L2} = v_0 + f$ 、 $f_{L4} = f_{L2} - 2f$ 、及び $f_{L5} = v_0 - f$ のレーザー周波数が生成される。図12の登りサーボは図10のDで示される電圧を与えることができ、これはレーザー#3のPZTへ接続された際にレーザー#3の出力周波数(v_0)をライン中心にロックアップすることができる。

10

【0028】

図13はアナログスーパーヘテロダイン型のレーザー周波数オフセット回路の1300を示し、これは図12に示される周波数弁別器、積分器、及びDC増幅器を包囲している。n番目のレーザーからのRF周波数、即ち f_{Ln} として表される周波数はローパスフィルタ1302を通じてRFミキサ1304へ入る。周波数 f_n におけるIF発振器1306もRFミキサ1304へ接続することができる。このミキサからの信号は周波数 $f_n \pm m f$ を中心とするIFフィルタ1308へ接続でき、ここでn及びmは整数である。 f_n 信号は周波数弁別器1310、次いで積分器1312、そして最後にDC増幅器1314を通過できる。DC増幅器1314は $f_{Ln} \pm m f$ に比例する電圧出力を有する。この信号はそれぞれPZT#nへ接続することができる。

20

【0029】

図14は、7レーザービーム混成器についてのCO₂レーザー媒体利得対周波数曲線の代表的なプロット1400である。レーザービーム出力周波数の各々は、例えば図10乃至図13の電子部品を用いて、隣接するレーザーから約 $f = 5\text{MHz}$ だけオフセットさせることができる。 $f = 5\text{MHz}$ の場合には、長さ $L = 140\text{cm}$ の光学的共振器についてファブリー・ペリー縦モードの間の周波数分離は $f_c = c / 2L = 107\text{MHz}$ である。この計算はジグザグ状パターンに七つの折り返しのある導波管レーザーであって、各々が約 20cm のチャンネル長さを持つものとした。7本のレーザー、即ちライン中心に1本、ライン中心の各側に3本であって、各々のレーザーが隣接するレーザー周波数から約 5MHz の周波数分離を有する7本のレーザーについては、 $a_3 f = 15\text{MHz}$ の周波数拡張がライン中心の各側からもたらされる。これは周波数共振器の次の縦モードの $f_c / 2 = 53.5\text{MHz}$ までである周波数限界 53.5MHz を十分に下回っている。その結果、所望とあれば、ライン中心の各側のレーザーが3本よりも多くても対応できる十分な「周波数空間」が存在する。他の例としては、例えば $L = 71 = 350\text{cm}$ であって、 $f_c = 42.8\text{MHz}$ 及び $f_c / 2 = 21.4\text{MHz}$ 、即ち $3f = 15\text{MHz}$ にも依然として適合できる。

30

【0030】

当業者には上述の説明を考慮することにより上記に特定した実施例の幾多の変形例が自明であることに留意されたい。従って、本願に図示して説明した本発明の特定の実施の形態及び方法はそれらに限定されるものでない。むしろ、本発明の主旨は添付の請求の範囲及びその均等物により規定される。

40

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は本発明の一実施形態による光学的配置の概略図である。

【図2】図2は図1のビームの強度プロファイルである。

【図3】図3は図1のビームの他の強度プロファイルである。

【図4】図4は図1のビームの他の強度プロファイルである。

50

【図5】図5は図1におけるような5つのビームに代えて7つの混成ビームについての強度プロファイルである。

【図6】図6は図1により示されたレーザーシステムの試みについての距離の関数としてのビーム半径のプロットである。

【図7】図7は本発明の他の実施例によるビーム構成の概略図である。

【図8】本発明の他の実施例によるビーム構成の概略図である。

【図9】図1のレーザーの挙動を示す一連のプロットである。

【図10】図10は図1の配置構成に使用可能なレーザーライン中心に対するレーザー出力を参照するのに用いるHill Climbingアプローチの概略図である。

【図11】図11は図10の信号の超位置決め概略図である。

【図12】図12は5つのレーザービームを混成するための光学的及び電子的配置の概略図であって、その各々は図1の配置構成に使用可能な特定の周波数オフセットを有する。

【図13】図13は図10及び図12の配置構成と共に使用可能なアナログ周波数セットオフ回路系の概略図である。

【図14】図14は7つのビーム混成についての利得対周波数のプロットであって、各レーザー周波数が隣接するレーザーから f だけ離間している図である。

【図1】

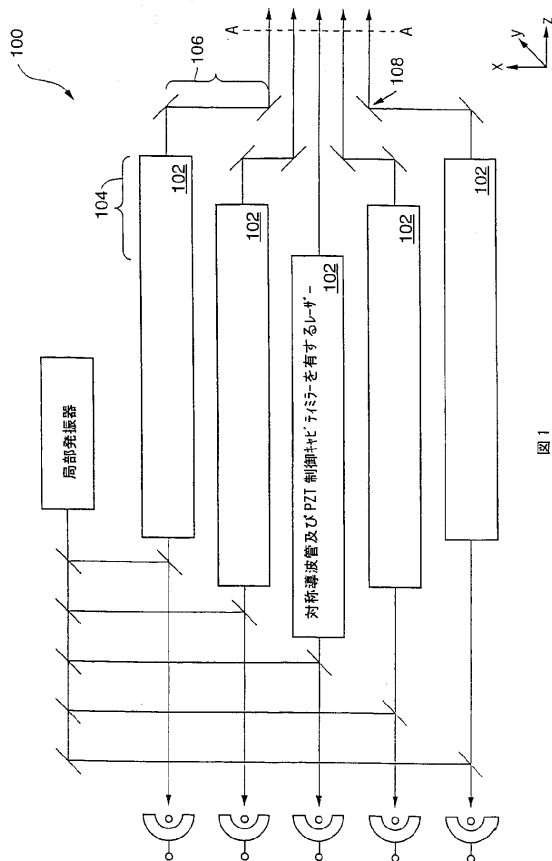


図1

【図2】

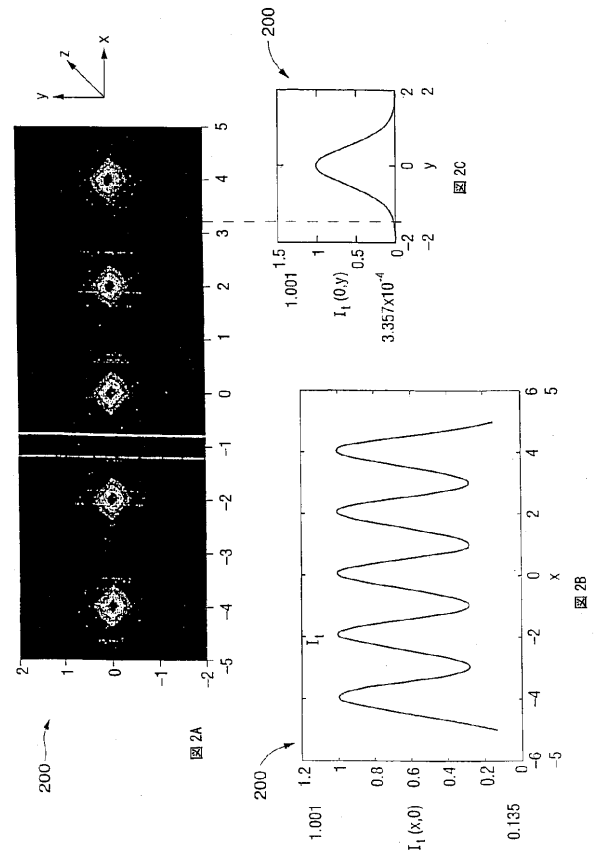
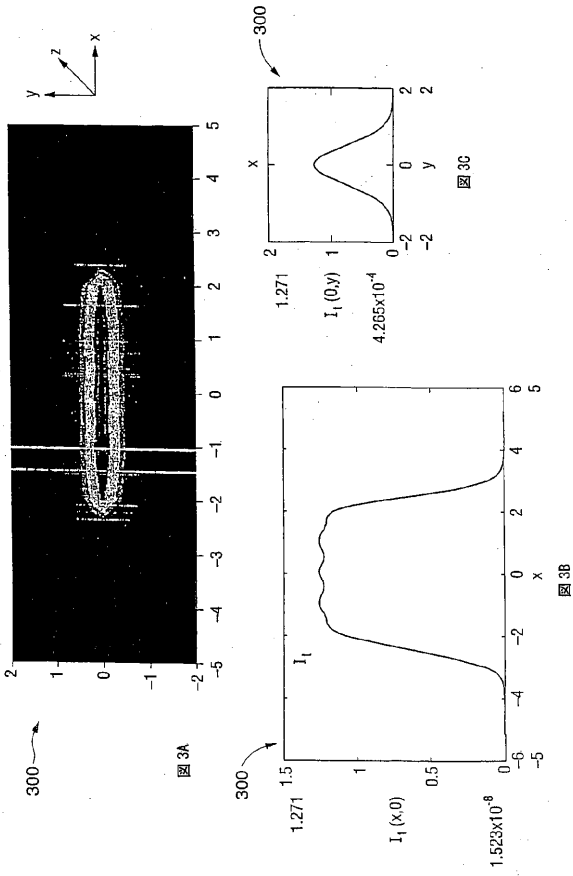


図2A

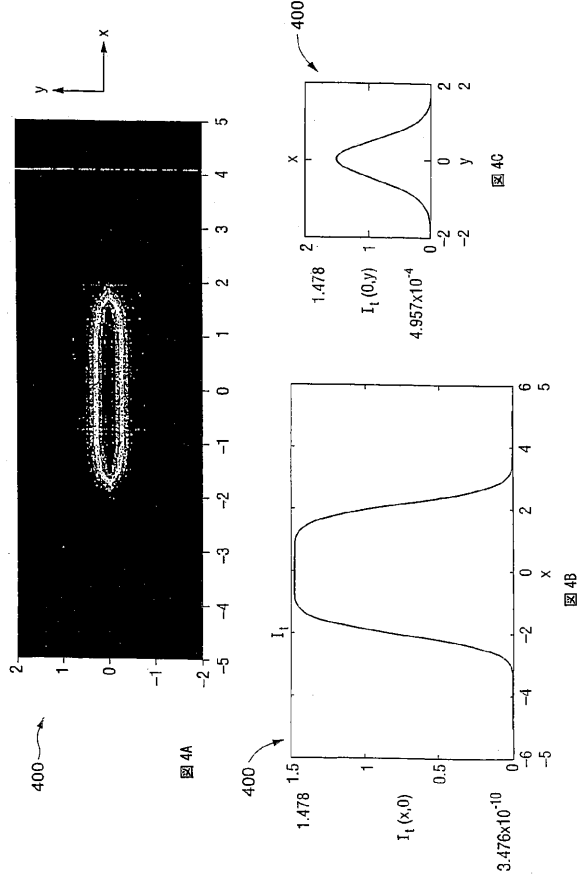
図2C

図2B

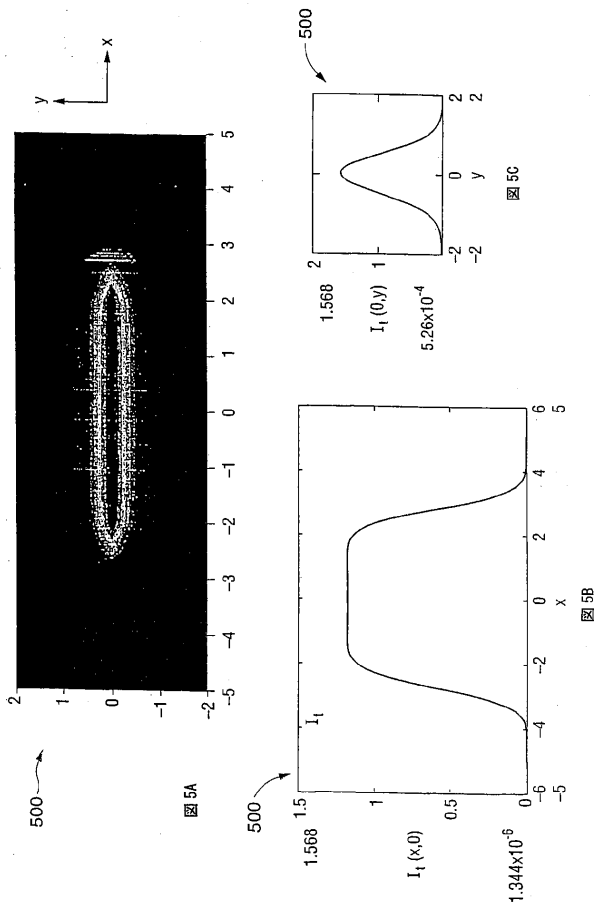
【 図 3 】



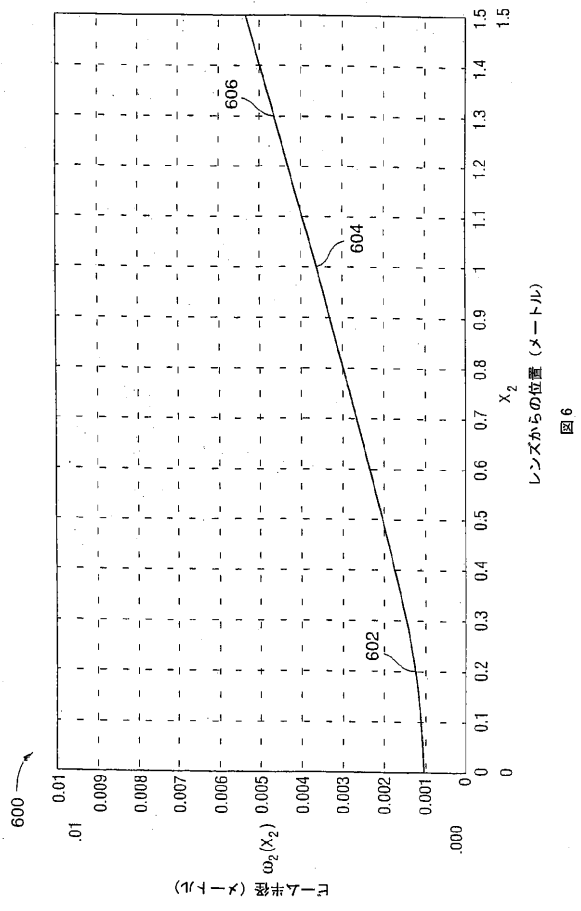
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 1 1 】

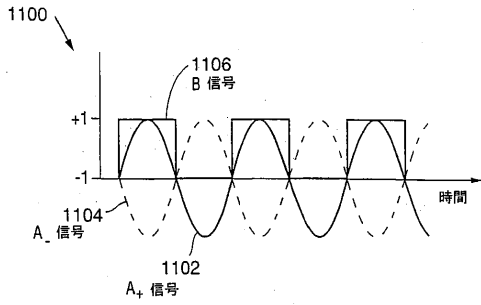


図 11A

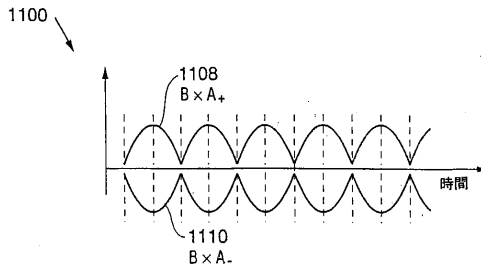


図 11B

【 図 1 2 】

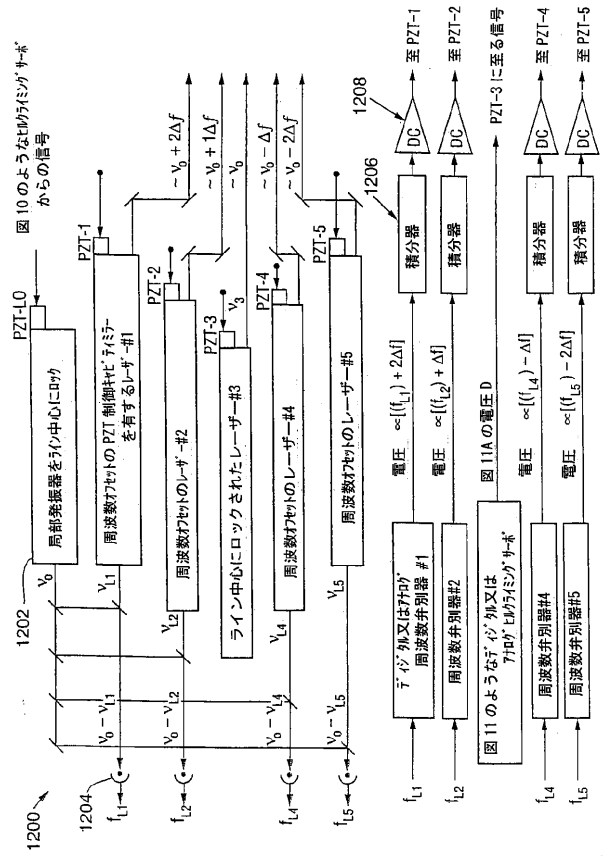
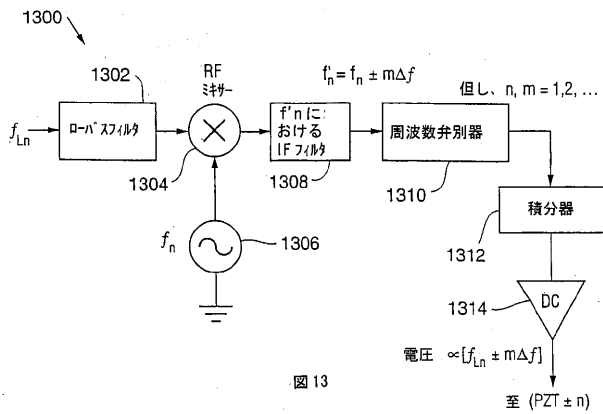
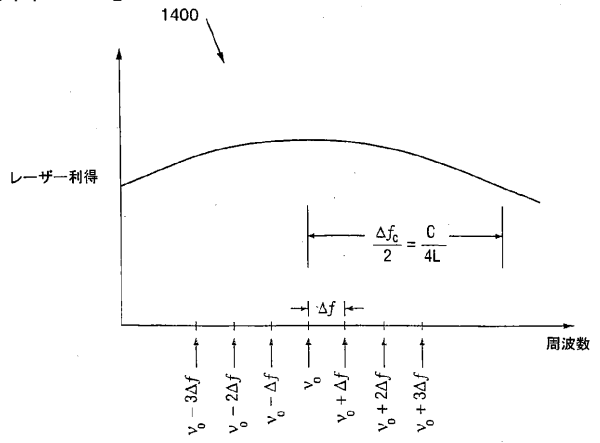


図 12

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No
 1/US2004/039951

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01S3/00 H01S3/23		
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) IPC 7 H01S G02B B23K		
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	VILLARREAL F J ET AL: "BEAM REFORMATTING OF ONE- AND TWO-DIMENSIONAL ARRAYS OF CO2 WAVEGUIDE LASERS" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 35, no. 3, March 1999 (1999-03), pages 267-272, XP000802066 ISSN: 0018-9197	1, 2, 4-7, 10-12, 15-17, 20, 22-24, 28-31, 33, 34, 37-39, 43, 45-47
Y	page 267, left-hand column - page 268, left-hand column; figures 1,3 page 269, left-hand column	3, 9, 13, 25, 32, 35, 44
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 10 March 2005		Date of mailing of the international search report 29/03/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Laenen, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

/US2004/039951

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 02/50599 A (RAYTEQ PHOTONIC SOLUTIONS LTD; SOLODOVNIKOV, VLADIMIR VADIMOVICH; LAVR) 27 June 2002 (2002-06-27)</p> <p>page 2, paragraph 2; figures 1,2 page 15, paragraph 2 - page 17, paragraph 3</p> <p>-----</p>	1,8,14, 18,19, 21,27, 36,40-42
Y	<p>COLLEY A D ET AL: "HIGH BRIGHTNESS SLAB WAVEGUIDE CARBON MONOXIDE LASER" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 64, no. 22, 30 May 1994 (1994-05-30), pages 2916-2918, XP000449636 ISSN: 0003-6951 page 2917; figure 1</p> <p>-----</p>	9,25,32
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 173 (E-129), 7 September 1982 (1982-09-07) -& JP 57 090987 A (FUJITSU LTD), 5 June 1982 (1982-06-05) abstract</p> <p>-----</p>	3,13,35, 44
X	<p>ABRAMSKI K M ET AL: "HIGH-POWER TWO-DIMENSIONAL WAVEGUIDE CO2 LASER ARRAYS" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 32, no. 2, 1 February 1996 (1996-02-01), pages 340-348, XP000553689 ISSN: 0018-9197 page 341, left-hand column - page 342, left-hand column; figures 1-3,5,6 page 343, left-hand column</p> <p>-----</p>	1-7, 10-13, 15, 22-24, 26-28, 31, 33-35, 37,43, 44,46,47
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 070 (E-0886), 8 February 1990 (1990-02-08) -& JP 01 287979 A (BROTHER IND LTD), 20 November 1989 (1989-11-20) abstract</p> <p>-----</p>	3,13,35, 44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

National Application No

JP/US2004/039951

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0250599	A	27-06-2002	AU 1634402 A WO 0250599 A1 US 2002051360 A1	01-07-2002 27-06-2002 02-05-2002
JP 57090987	A	05-06-1982	NONE	
JP 01287979	A	20-11-1989	NONE	

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, 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

(74) 代理人 100120145

弁理士 田坂 一朗

(74) 代理人 100138438

弁理士 尾首 巨聡

(72) 発明者 デマリア、アンソニー・ジェイ

アメリカ合衆国、コネチカット州 06107、ウェスト・ハートフォード、ガーフィールド・ロード 19

(72) 発明者 ニューマン、レオン・エイ

アメリカ合衆国、コネチカット州 06033、グラストンバリー、コツウォルド・クロース 75

(72) 発明者 セクイン、バーノン

アメリカ合衆国、コネチカット州 06095、ウィンザー、デューイ・アベニュー 42

Fターム(参考) 5F172 AD05 NN11 NN24 NR11 NR30 ZZ01