

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M² 値ビームプロファイラーにおいて、合焦レンズアッセンブリと検出器で規定される光学軸であって、前記合焦レンズが前記光学軸に沿って伝送する光学フィールド内に人工ウエストを作るよう作用する、光学軸と；人工ウエスト位置に位置する第 1 のブレードセットと、当該人工ウエスト位置から前記光学軸に沿って縦方向に離れて位置する第 2 のブレードセットを有する複数のブレードアッセンブリであって、当該複数のブレードアッセンブリが、前記ブレードを前記光学軸の位置に通過させる手段を提供する、複数のブレードアッセンブリと；を具えることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記複数のブレードアッセンブリが、前記ブレードを前記光学軸の位置に連続的に通過させる手段を提供することを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記複数のブレードアッセンブリが、前記アッセンブリの長さに沿って縦方向に離れた 10 又はそれ以上のブレードを具えることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記 10 またはそれ以上のブレードが前記アッセンブリの長さに沿って等間隔に配置されていることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記複数のブレードアッセンブリが、回転可能な複数のブレードアッセンブリを具えることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記ブレードが回転可能なシャフトに装着されていることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記回転可能なシャフトが、前記回転可能な複数のブレードアッセンブリの回転軸を規定していることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記ブレードが前記回転可能なシャフトに装着されており、独自の回転位置を占めていることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記回転可能な複数のブレードアッセンブリが更に、前記回転可能な複数のブレードアッセンブリの前記回転軸に対する回転方向を決定する手段を提供する基準を具えることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の M² 値ビームプロファイラーにおいて、前記複数のブレードアッセンブリが機械アクチュエータを具えることを特徴とする M² 値ビームプロファイラー。

【請求項 11】

レーザからの出力フィールドをプロファイルする方法において、当該方法が；
光学軸に沿って前記出力フィールドを伝送するステップと；
前記出力フィールドを合焦させて、人工ウエストを形成するステップと；
人工ウエスト位置に第 1 のブレードセットを位置させるステップと；

10

20

30

40

50

前記人工ウエスト位置から前記光学軸に沿って縦方向に離れた第２のブレードセットを位置させるステップと；

前記ブレードを前記光学軸に選択的に通過させて前記出力フィールドの伝送を防ぐことによって、前記第１及び第２のブレードセットの位置で、前記出力フィールドの幅を測定するステップと；

前記測定した幅を用いて、前記出力フィールドの M^2 値を決定するステップと；
を具えることを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

【請求項１２】

請求項１１に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記出力フィールドの幅を測定するステップが更に、前記ブレードを前記光学軸の位置に連続的に通過させるステップを具えることを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

10

【請求項１３】

請求項１１又は１２に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記出力フィールドの幅を測定するステップが、１０又はそれ以上のブレードを前記光学軸に選択的に通過させて、前記出力フィールドの伝送を防ぐことによって、前記光学軸に沿って前記１０またはそれ以上の位置で前記出力フィールドの幅を測定するステップを具えることを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

【請求項１４】

請求項１３に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記１０またはそれ以上のブレードが前記光学軸に沿って等間隔で配置されていることを特徴とする、出力フィールドをプロファイルする方法。

20

【請求項１５】

請求項１１乃至１５のいずれか１項に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記第１及び第２のブレードセットが、前記出力フィールドのレイリー長より大きい又はこれと同じ距離だけ離れていることを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

【請求項１６】

請求項１１乃至１５のいずれか１項に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記第１及び第２のブレードセットが、シャフトの回転によって前記光学軸を通過することを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

30

【請求項１７】

請求項１１乃至１５のいずれか１項に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記第１及び第２のブレードセットが、機械アクチュエータの併進移動によって前記光学軸を通過することを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

【請求項１８】

請求項１１乃至１７のいずれか１項に記載の出力フィールドをプロファイルする方法において、前記測定した出力フィールドの幅を用いて、前記出力フィールドのビームウエスト値を計算することを特徴とする出力フィールドをプロファイルする方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は光学の分野に関する。特に、本発明はレーザの出力フィールドのビームプロファイル、特に出力フィールドの M^2 値を測定する装置及び方法に関する。

【０００２】

レーザに関するアプリケーションは多くあるが、レーザの出力フィールドのビームプロファイルが非常に重要である。これらのアプリケーションでは、ビームプロファイルを測定して所望のプロファイルが存在することを保証することが必要である。いくつかのレー

50

ザ及びそのアプリケーションでは、レーザの初期設計又は製造段階でのみこれが必要である。しかしながら、その他のケースでは、レーザの操作中に出力フィールドのビームプロファイルを連続してモニタすることが必要である。

【0003】

出力フィールドのビームプロファイルは、出力フィールドのエネルギー密度、集中度、及び視準に直接影響するので重要である。更に、空間を通る出力フィールドの伝送は、ビームプロファイルに大きく影響される。当業者には、レーザの出力フィールドには様々なものがあることが知られており、ガウスビームプロファイルや、「トップハット」ビームプロファイルはその例である。ガウスビームプロファイルは合焦した光を最も集中させるため、おそらく最もよく知られているプロファイルであるのに対して、フラットトップビームは、所定の領域にわたって非常に均一なエネルギー分布が可能となる。

10

【0004】

実際は、レーザの出力フィールドが、不均一な放射照度プロファイルを示すことはあまりない。例えば、ガウスビームプロファイルは、はっきりと構造化されることはまれである。変形した又は不均一なビームプロファイルの重要性はアプリケーションによって変わる。多くのアプリケーションでは、非線形プロセスは、通常、四角あるいはキューブ状の出力フィールドの放射照度に比例している。従って、総パワー又はエネルギーが同じ条件の下では、不均一なガウスプロファイルは、対応する均一なガウスビームプロファイルによるピークエネルギーより有意に低いピークエネルギーを持つ。この結果、所望の非線形プロセスは、理論的には予期していたものより有意に弱くなる。

20

【0005】

したがって、レーザの出力フィールドの品質を特徴づけることの重要性が増している。このような出力フィールドのプロファイルに使用されている公知の装置及び技術の概略は、Roundy, Carlos B. "Current technology of laser beam profile measurements" に記載されている。この文献は、<http://anes.ucsd.edu/LMI/TUTORIALS/profile-tutorial.pdf> (1995) で入手できる。

【0006】

レーザの出力フィールドの品質を特徴づける分野において当業者に知られている最も利用価値のあるビームプロファイルパラメータの一つは、 M^2 値である。多くのアプリケーション、特に、ガウスビームが所望のプロファイルであるアプリケーションでは、 M^2 値は、実際、ビームの品質を表す最も重要な特性である。実際に、国際標準である、ISO 11146-2:2005 は、 M^2 値を、レーザの出力フィールドの基本的な品質パラメータとして特定している。

30

【0007】

M^2 値の概念を説明するため、図1は、レンズ1を通る伝送、均一なガウスプロファイル、すなわち、基本横モード又はTEM₀₀モードで動作する均一なガウスプロファイルを有する第1の出力フィールド2、及び、不均一なガウスプロファイル、すなわち、基本横モード以外のモードからなるガウスプロファイルを有する第2の出力フィールド3を示す。

40

【0008】

レーザの出力ビームが、レンズ1に到達したときにビーム幅Wを有する場合、均一なガウスプロファイル2の合焦スポットサイズ d_{00} は、以下の式で規定される。

$$d_{00} = 4\lambda f / \pi W \quad (1)$$

ここで、 λ は出力フィールド2の波長であり、 f はレンズ1の焦点距離である。不均一なガウスプロファイルに関しては、合焦スポット d_0 は、以下の式で規定される。

$$d_0 = M^2 4\lambda f / \pi W \quad (2)$$

【0009】

50

実際には、不均一なガウスプロファイルの出力フィールド 3 は、より大きなスポットサイズ、すなわち、均一なガウスプロファイルのスポットサイズ d_{00} より M 倍大きなサイズで合焦する。

【0010】

最小スポットサイズを規定することに加えて、 M^2 値も焦点面の後の出力フィールドの発散を予測する。特に、不均一なガウスプロファイル 3 は、同じ幅の均等な TEM₀₀ フィールドより M 倍速く発散する。図 1 は出力フィールド 2 及び 3 が合焦レンズ 1 を通過してゆく状況を記載しているが、レンズが存在しない場合であっても同じ原理を適用できる、すなわち、不均一なガウスプロファイル 3 を持つフィールドが TEM₀₀ のフィールド 2 の場合より因子 M 分より早く発散することは、当業者には自明である。

10

【0011】

いずれかの単一ポイントで出力フィールド幅 W を測定することでは M^2 値の測定を見出すことができないため、単純なプロセスではない。理論的には、 M^2 値は、ビームウエスト位置における出力フィールド 3 の幅 W_1 の最初の測定でウエスト径 d_0 を得ると共に、遠視野における第 2 の測定 W_2 で出力フィールド 3 の発散についての値を得ることによって計算できる。これら二つの値 W_1 と W_2 は、 M^2 値の計算に使用できる。実際は、これらの二つの測定値だけを使用することでは、 M^2 値の特に正確な計算はできないことがわっている。

【0012】

さらに複雑なことには、当業者が使用した測定ビーム幅 d_0 に少なくとも 5 つの定義、すなわち、D4、10/90 又は 20/80 のナイフエッジ、 $1/e^2$ 、半値全幅 (FWHM)、及び D86 の値、が存在する。従って、測定間の正確さは、ビーム幅の定義を使用する間に一致を必要とする。

20

【0013】

これらの正確性の問題に取り組むために、ISO 標準は、標準定義として D4 定義をビーム幅値 d_0 に適用した。次いで、レーザ 3 の出力フィールドの M^2 値を、以下の方法論を用いて実験的に作った。

1. ビームウエスト d_0 に近い 5 つの軸上位置で D4 幅を測定する
2. ウエスト位置 z_0 から少なくとも 1 レイリー長離れた 5 つの軸上位置で D4 幅を測定する
3. 測定した 10 のデータポイントを以下の式に当てはめる

30

$$\sigma^2(z) = \sigma_0^2 + M^2 \left(\frac{\lambda}{2\pi} \right)^2 (z - z_0)^2 \quad (3)$$

ここで、 $\sigma^2(z)$ は、D4 ビーム幅である。

【0014】

測定したデータポイントを式 (3) に当てはめることで、 M^2 、 z_0 及び σ_0 の値の正確な計算ができる。

【0015】

この分野で公知のビームプロファイラの概略図が図 2 に示されている。ビームプロファイラ 4 は、単一エレメント検出器 7 の前で移動するナイフエッジ、スリット、又はピンホール 6 を有する回転ドラム 5 を具える。検出器 7 に対して回転ドラム 5 の反対側に選択的に連結されているのは、自動合焦レンズアッセンブリ 8 である。動作中に、まず合焦レンズアッセンブリ 8 を用いて、回転ドラムの中心に入射レーザ出力フィールド 3 の内側合焦ビームウエスト d_0 を位置させる。図 2 のビームプロファイラ 4 は、互いに 90 度の方向にある二つのナイフエッジ 6a 及び 6b を有しており、回転ドラム 5 が回転するときに、ナイフエッジ 6a 及び 6b が高速で入射レーザ出力フィールド 3 を直交する方向にスキャンすることがわかる。次いで、検出信号データがプロファイラ 4 の光学軸 9 に軸が直交するビームプロファイラを取り出すコンピュータ (図示せず) に送られる前に、伝送した光が検出器 7 で検出される。光学軸 9 の方向に沿って合焦レンズアッセンブリ 8

40

50

をスキヤニングすることによって、複数平面におけるビームプロファイルを記録して、レーザ3の出力フィールドについての M^2 値を取り出すことができる。

【0016】

図2に示すビームプロファイラ4は、数々の実用上の不利益を示している。まず第1に、自動合焦レンズアッセンブリ8を使用することは、スキヤンを行って、所望の M^2 値を取り出すのに1分かかることを意味する。分析を行っているレーザシステムを調整して対応する M^2 値を改善しようとする、 M^2 値が改善されたあるいは悪化したかどうかを見るのに、再びフルスキヤンが必要となる。これらのステップの繰り返しが非常に時間がかかる全プロセスとなることは当業者には明らかである。

【0017】

第2に、正確な結果を得るためには、ビームプロファイラの光学軸9を分析するレーザフィールドの軸に整列させる必要がある。これには、オペレータの高度なスキルと努力が必要である。

【0018】

このプロファイラ4のもう一つの重要な欠点は、正確に作動させるためには、フィールド3の単回スキヤンを行うのにかかる時間を超えて分析する入射フィールド3を一定に維持しなければ、誤った結果が生じてしまうことである。ドラム回転率及び検出器の応答時間によって、システムは、正しい連続波(CW)か、あるいは、10MHz以上の反復率のパルスであるビームの測定に制限される。

【0019】

レーザ3の出力フィールドの M^2 値を測定するこの分野で公知の代替のビームプロファイラ10の概略図が、図3に示されている。この装置も、測定する光学フィールド3内に人工ウエストd₀を作るのに用いる合焦レンズアッセンブリ11を具える。しかしながら、上述したシステム4と異なり、合焦レンズアッセンブリ11は、光学フィールド3の伝送軸12に沿って移動しない。代わりに、10の反射面13が測定する光学フィールド3に、伝送軸12に沿って所定の位置に配置されている。これらの反射面13を用いて、CCDアレイカメラ14上の10の位置の画像を同時に形成する。獲得した10の測定位置全てからのデータと共に、信号がコンピュータに送られ、例えば、 M^2 値などの所望のビームパラメータを計算する。

【0020】

ビームプロファイラ10は、図2を参照して記載したビームプロファイラ4より非常に高速な操作時間を示している。更に、このデザインは、CWと所定のパルスのレーザ出力フィールド3の両方の測定に適している。しかしながら、ビームプロファイラ10の設計にもまだ多くの欠点がある。

【0021】

このようなビームプロファイラ10の主な欠点は、CCDアレイカメラ14の使用にある。通常のCCDアレイカメラ14は一般的に高価な部品であり、これらの市場で入手可能なデバイスは、検出できる波長の動作に制限がある。更に、これらの部品のコストの高騰は、検出を所望する波長が高くなるほど、小さくなる。このことが、ビームプロファイラ10を製造コストが高い設計としている。更に、入射レーザ出力フィールド3のパワーを小さくして、CCDアレイカメラ14をアクシデントによるダメージから守るためには、これらの部品と共に減光フィルタ又はUVフィルタを使用することがしばしば必要となる。このことが、このようなビームプロファイラ10を正しく配置するためにオペレータに求められる熟練度と努力を高くしている。

【0022】

したがって、本発明の態様の目的は、この分野で知られているビームプロファイラの上述した欠点を取り除く又は少なくとも和らげることである。

【発明の概要】

【0023】

本発明の第1態様によれば、 M^2 値ビームプロファイラが提供されており、このプロ

10

20

30

40

50

ファイラーは：合焦レンズアッセンブリと検出器で規定される光学軸であって、合焦レンズがこの光学軸に沿って伝送する光学フィールド内に人工ウエストを作るよう作用する、光学軸と；人工ウエストに位置する第１のブレードセットと、光学軸に沿って人工ウエスト位置から縦方向に離れた第２のブレードセットを有する複数のブレードアッセンブリであって、光学軸の位置にこれらのブレードを選択的に通過させる手段を提供する複数のブレードアッセンブリと；を具える。

【００２４】

用語「ブレード」は、光学軸に沿ったビームの伝送を阻止できる機械的手段の意味するように使用されている。

【００２５】

好ましくは、複数のブレードアッセンブリは、光学軸の位置にブレードを連続的に通過させる手段を具えている。本出願のコンテキストでは、用語「連続的」は、順次、又は不断に連続する、を含む。

【００２６】

最も好ましくは、複数のブレードアッセンブリは、１０又はそれ以上の、アッセンブリの長さに沿って縦方向に分かれたブレードを具える。

【００２７】

１０またはそれ以上のブレードは、アッセンブリの長さに沿って等間隔に配置されている。

【００２８】

複数のブレードアッセンブリは、回転可能な複数のブレードアッセンブリを具えていてもよく、このブレードは、回転可能なシャフト上に装着されている。好ましくは、この回転可能なシャフトは、回転可能な複数のブレードアッセンブリの回転軸を規定する。

【００２９】

最も好ましくは、ブレードが回転可能なシャフト上に装着されており、ブレードが独自の回転位置を占めるようにすることである。

【００３０】

回転可能な複数のブレードアッセンブリは、更に、回転可能な複数のブレードアッセンブリの回転軸に対する回転方向を決定する手段を提供する基準を具えることが好ましい。

【００３１】

代替的に、複数のブレードアッセンブリは、機械アクチュエータを具えていてもよい。この実施例では、ブレードが機械アクチュエータに装着されており、光学軸にブレードを選択的に通過させる。ブレードは、順次光学軸を通過してゆく。

【００３２】

本発明の第２態様によれば、レーザからの出力フィールドをプロファイリングする方法が提供されており、この方法は：

光学軸に沿って出力フィールドを伝送させるステップと；

出力フィールドを絞って人工ウエストを形成するステップと；

第１のブレードセットを人工ウエスト位置に位置させるステップと；

第２のブレードセットを、人工ウエスト位置から光学軸に沿って縦方向に離して位置させるステップと；

光学軸にブレードを選択的に通過させて出力フィールドの伝送を阻止することによって、第１及び第２のブレードセットの位置で出力フィールドの幅を測定するステップと；

測定した幅を用いて出力フィールドの M^2 値を決定するステップと；
を具えることを特徴とする。

【００３３】

好ましくは、出力フィールドの幅を測定するステップがさらに、光学軸の位置にブレードを順次通過させるステップを、更に具える。

【００３４】

好ましくは、出力フィールドの幅を測定するステップが、１０またはそれ以上のブレード

10

20

30

40

50

ドを光学軸に選択的に通過させることによって、光学軸に沿って10またはそれ以上の位置で出力フィールドの幅を測定し出力フィールドの伝送を阻止するステップを具える。

【0035】

好ましくは、10またはそれ以上のブレードが光学軸に沿って等間隔に配置されている。

【0036】

最も好ましくは、第1及び第2のブレードセットが出力フィールドのレイリー長より大きい、あるいはこれと同じ距離離れている。

【0037】

好ましくは、第1及び第2のブレードセットが、シャフトの回転によって光学軸を通過している。

【0038】

代替的に、第1及び第2のブレードセットは、機械アクチュエータの並進移動によって光学軸を通過してもよい。

【0039】

選択的に、出力フィールドの測定した幅を用いて、出力フィールドのビームウエスト z_0 値を計算する。

【0040】

本発明の第2の態様の実施例は、本発明の第1の態様の好ましい又は選択的な特徴を実装している、あるいはその逆の特徴を具えていてもよい。

【0041】

本発明の第3の態様によれば、光軸を有するビームプロファイラーが提供されており、これは、アッセンブリの長さに沿って縦方向に分離した第1及び第2のブレードを有する複数のブレードアッセンブリを具え、この複数のブレードアッセンブリが、光学軸の位置に選択的にブレードを通過させる手段を具える。

【0042】

好ましくは、光学軸は、合焦レンズアッセンブリと検出器によって規定される。

【0043】

本発明の第3の態様の実施例は、本発明の第2の態様の好ましい又は選択的な特徴を実装する、あるいはその逆の特徴を具えていてもよい。

【0044】

本発明の第4の態様によれば、レーザからの出力フィールドをプロファイリングする方法が提供されており、この方法は：

光学軸に沿って出力フィールドを伝送するステップと；

光学軸に二またはそれ以上のブレードを選択的に通過させることによって光学軸に沿った二またはそれ以上の位置で出力フィールドの幅を測定して、出力フィールドの伝送を阻止するステップと；

この測定した幅を用いて、一またはそれ以上の出力フィールドのパラメータを決定するステップと；

を具える。

【0045】

最も好ましくは、出力フィールドの測定した幅を用いて、その出力フィールドについての M^2 値を計算することである。

【0046】

本発明の第4の実施例は、本発明の第1、第2又は第3の態様の好ましい又は選択的な特徴を実装する、あるいはその逆の特徴を具えていてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0047】

本発明の態様及び利点は、以下の詳細な説明を読み、以下の図面を参照することによって明らかになる。

10

20

30

40

50

【図１】図１は、合焦レンズを介した、均一ガウス分布の光学フィールドと非均一ガウス分布光学フィールドの伝送を示す図である。

【図２】図２は、公知のビームプロファイラーを示す図である。

【図３】図３は、この分野で知られている代替のビームプロファイラーを示す図である。

【図４】図４は、本発明の一実施例に係るビームプロファイラーの（a）側面図及び（b）背面図である。

【図５】図５は、図４に示すビームプロファイラーの動作に関連する方法論のフローチャートである。

【図６】図６は、図４に示すビームプロファイラーによって得た実験トレースを示す図である。

10

【図７】図７は、代替の複数ブレードアッセンブリを示す図である。

【図８】図８は、更なる代替の複数ブレードアッセンブリを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００４８】

本発明の一実施例に係るビームプロファイラーであり、符号１５で示すプロファイラについて、図４乃至６を参照して以下に説明する。ビームプロファイラー１５は、合焦レンズアッセンブリ１６と、回転可能な複数ブレードアッセンブリ１７と、信号検出及び処理システム１８と、を具える。

【００４９】

ここに述べる実施例では、信号検出及び処理システム１８は、検出器１９と、検出器１９に接続されたオシロスコープ２０と、オシロスコープ２０に接続した検出器１９とＣＰＵ２１とを具える。

20

【００５０】

ビームプロファイラー１５の光学軸２２は、合焦レンズアッセンブリ１６と、検出器１９の位置によって決まる。

【００５１】

回転可能な複数ブレードアッセンブリ１７は、アッセンブリ１７の回転軸２４を規定する中央シャフト２３を具えている。この回転軸２４は、光学軸２２に平行であるが、光学軸２２からオフセットしていてもよい。シャフト２３の近位端にはモータ２５が取り付けられており、これは、回転軸２４の周りをシャフト２３を回転させる手段を提供するモータ２５である。

30

【００５２】

近位端からシャフト２３に沿って移動すると、基準開口２７が装着されているシャフトヘッド２６が位置している。この基準開口２７は、ビームプロファイラー１５に、回転可能な複数のブレードアッセンブリ１７の回転２４の軸に対する回転方向を決定する手段をビームプロファイラー１５に提供する。

【００５３】

また、シャフト２３上には、それぞれ符号２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、及び３７で示す１０個のブレードが配置されている。図４（a）に示す実施例では、ブレード２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、及び３７は、シャフト２３に沿って間隔を明けて配置されている。

40

【００５４】

ブレード２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、及び３７の位置付けをよりよく理解するために、検出器１９は、図４（b）から外されている。

【００５５】

ブレード２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、及び３７は同じ長さであってもよい。ブレード２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、及び３７の実際の長さにかかわらず、各ブレードは回転軸２４と光学軸２２とのオフセット距離より長いものでなくてはならず、これによってビームプロファイラー１５が正しく機能する。

50

【 0 0 5 6 】

10個のブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37がシャフト23に沿って縦方向にスペースをあけて配置されており、これらは各々、回転軸24を中心に独自の回転位置を占めている。ここに述べた実施例では、10個のブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37が、シャフト23の一端から他端へらせんアレイを形成するように配置されている。

【 0 0 5 7 】

ビームプロファイリング方法

ビームプロファイラー15について、図4乃至6を参照して以下に説明する。第1の例では、ビームプロファイラー15は、分析するレーザの出力フィールド3が光学軸22に沿って伝送するように構成することで、展開される。合焦レンズアッセンブリ16は、直径Wの出力フィールド3をウエスト d_0 に絞るように作用する。出力フィールド3は、次いで、光学軸22にそって伝送され、検出器19に入射する。

【 0 0 5 8 】

ビームプロファイラー5の配置は、更に、合焦レンズアッセンブリ16の位置、及び/又は、1又はそれ以上のブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の位置が、ウエスト z_0 の位置のあたりに配置した第1のブレードセット38と、出力フィールド3のレイリー長さより大きい又はこれと等しい距離 z_R に配置した第2のブレードセット39を形成するように、調整するステップを具える。

【 0 0 5 9 】

次いで、モータを用いて回転可能な複数のブレードアッセンブリ17を回転させて、各ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37を、出力フィールド3が検出器19に届かないようブロックするように動作させる。検出器19によって得られ、オシロスコープ20で記録される通常の実験的トレース40を図6に示す。検出器19によって得た伝送プロファイル40には、10の吸収特徴41、42、43、44、45及び46、47、48、49、50が見られ、各々が、フィールド3を通過する各ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37に対応している。各吸収特徴41、42、43、44、45、46、47、48、49、及び50の幅は、対応するブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の縦位置に対応する光学軸に沿って、位置 z において、出力フィールド3の幅に比例している。

【 0 0 6 0 】

実験トレースを得るためには、検出器19の応答速度を回転可能な複数のブレードアッセンブリ17の回転速度に相関させる必要がある。この基準とは別に、信号及び検出処理システム18で用いられる検出器19は非常に柔軟に選択することができる。なぜなら、これが、検出器19がブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の回転位置によって決まる出力フィールドの存在及び不存在を測定できるのに必要なすべてであるためである。実際、回転可能な複数のブレードアッセンブリ17の回転速度が、その応答速度に相関する適宜の値に下がった場合は、熱検出器を用いることができるであろう。この検出器選択のフレキシビリティは、ビームプロファイラー15は、異なる合焦レンズアッセンブリを使用する必要があるかもしれないが、例えば、紫外線領域からテラヘルツ領域までといった、より大きい範囲の電磁スペクトルにわたって動作することを意味する。

【 0 0 6 1 】

次いで、信号検出及びシステム18の処理を用いて、光学軸22に沿って10の異なる位置における出力フィールド3の幅を測定する。次いで、この情報を用いて、出力フィールド3の M^2 値を正確に計算できるとともに、例えば、ビームウエスト z_0 の位置など、その他のビームパラメータも提供できる。好ましくは、これらの情報が、光学軸22に沿った10の異なる位置における出力フィールド3の幅の D_4 値を使用して、次いで、これらの測定したデータポイントを上述の式(3)に当てはめるステップを具える。

【0062】

符号15bで示すビームプロファイラーの代替の実施例が図7に示されている。ビームプロファイラー15bと、図4に示すビームプロファイラーとの違いは、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37が、第1及び第2のブレードセット38、39に分けられている点である。第1及び第2のブレードセット38、39は、シャフト23の長さに沿って距離 Z_R 分離されている。距離 Z_R は、ビームプロファイラー15で分析する出力フィールド3のレイリー幅より大きいことが好ましい。

【0063】

当業者には、第1及び第2のブレードセット38、39が、5個より多いあるいはこれより少ないブレードを具えていてもよい旨、及び第1及び第2のブレード38、39の各々が、同じ数のブレードでなくてもよい旨は自明である。

【0064】

図8に示す更なる代替の実施例では、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37が、回転可能なシャフト23に変えて、機械アクチュエータ51の長さに沿って縦方向に装着されている。機械アクチュエータ51は、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の各々を選択的に、好ましくは順次、光学軸22の位置を通過させる手段を具える。例えば、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37は、順次、光学軸22の位置を通過して下へ通過し、次いで、光学軸22を通過して上に戻る。次いで、このプロセスを周期運動で繰り返して、光学軸を通る回転可能な複数ブレードアセンブリ17の28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の回転を複写する。この実施例では、検出器19の応答速度が、光学軸22を通過するブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の周期と相関する必要がある。

【0065】

上述したすべての実施例において、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の順番は変更することができる。更に、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37の相対的な縦位置及び回転位置も変更することができる。以下に説明するように、本発明の固有の利点を有効に使うためには、最低で2つのブレードが必要である。しかしながら、上限は、シャフト23の長さ及び回転軸24の周りで回転可能に分離されたブレードを持つ能力で設定される。このように、ビームプロファイラー15及び15bの動作に必要なものは、ブレード28、29、30、31、32、33、34、35、36、及び37がシャフト23に沿った独自の縦位置、回転軸24の周りの独自の回転位置を占め、及びこの情報が信号検出及び処理システム18に提供されて、レーザの出力フィールド3の分析を行えるようにすることである。

【0066】

上述したビームプロファイラーは、この分野で知られているこれらのシステムを超える多くの利点を有する。第1に、このビームプロファイラーは、この分野の自動合焦レンズアセンブリを用いているプロファイラーより有意に早い。分ではなく、秒の単位で結果が得られる。

【0067】

検出器は、ブレードの回転位置によって表されるように、出力フィールドの存在及び欠如を測定するのに必要なだけである。従って、高価なCCDカメラアレイを用いる必要がなく、パワー密度フィルタの使用の必要性も低減する。その結果、本願のビームフィルタは、製造が非常に安価であり、この分野で知られているプロファイラーと比べた場合に、より広いレンジの波長と電力使用できる。検出器に関するこれらの低減された操作条件は、ビームプロファイラーが、CWやパルス型光学フィールドの分析にも使用できることを意味する。

【0068】

更に、ブレードの長さ、光学軸と回転軸のオフセット距離を適宜選択することによって

、ビームプロファイラを、この分野で知られているシステムで達成できるビーム幅より広い範囲のビーム幅で作動させることができる。

【 0 0 6 9 】

ビームプロファイラは、アラインメントが比較的容易であり、従って、この分野で知られているシステムより、この部分に関するオペレータのスキル及び努力が少なく済む。

【 0 0 7 0 】

M^2 値ビームプロファイル装置及び方法が記載されている。 M^2 値ビームプロファイラは、合焦レンズアッセンブリと検出器で規定される光学軸を具えており、合焦レンズが、光学フィールド内に光学軸に沿って伝送する人工ウエストを作るよう作用する。ビームプロファイラは、また、人工ウエスト位置に位置する第1のブレードセットと、人工ウエスト位置から光学軸に沿って縦方向に離れた第2のブレードセットを有する複数のブレードアッセンブリを具える。この複数のブレードアッセンブリは、従って、光学軸の位置を通してブレードを選択的に通過させる手段を提供する。これらの測定した幅を使用することによって、光学フィールドの M^2 値を決定できる。

【 0 0 7 1 】

本発明の上記記載は、説明の目的で提供されたものであり、本発明を開示した詳細な形に網羅する又は限定することを意図するものではない。上述の実施例は、本発明の原理と実際のアプリケーションを最もよく説明して、意図した特定の使用に適するように、この分野の当業者が様々な実施例や変形例で本発明を利用できるようにするために、選択して説明したものである。従って、特許請求の範囲に規定された本発明の範囲から逸脱することなく、更なる変形又は改善が含まれている。

【 図 1 】

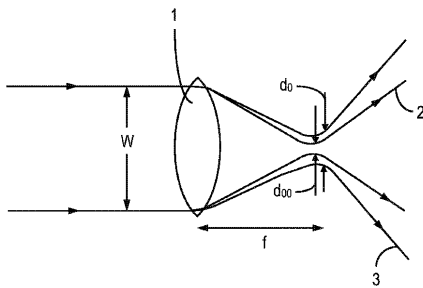


Fig. 1

【 図 2 】

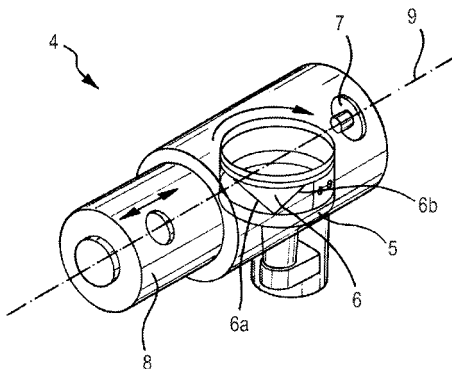


Fig. 2
(先行技術)

【 図 3 】

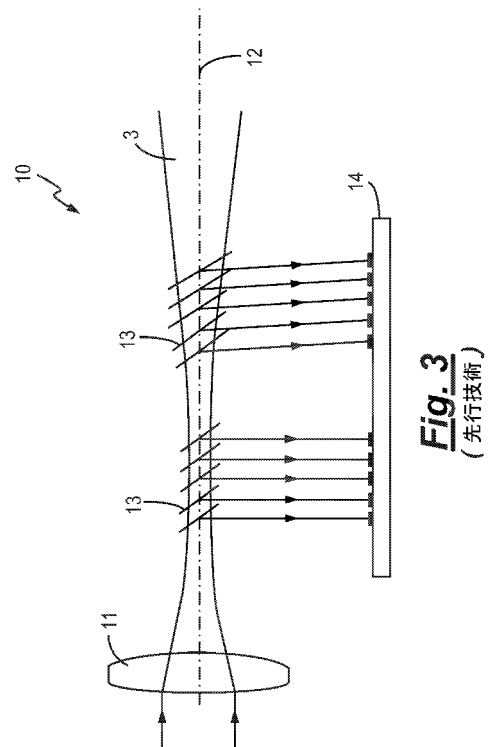
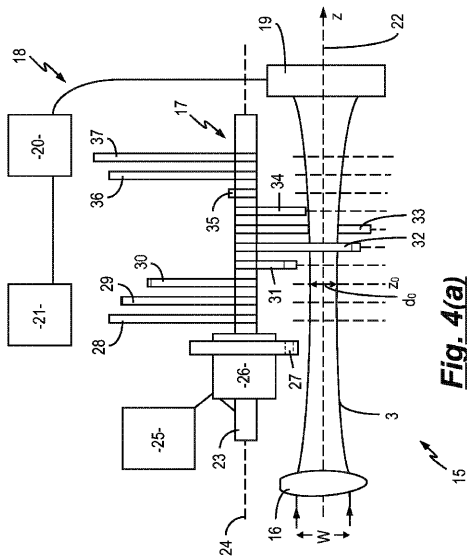
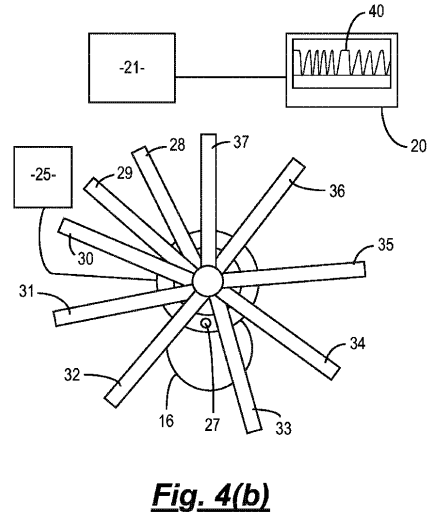


Fig. 3
(先行技術)

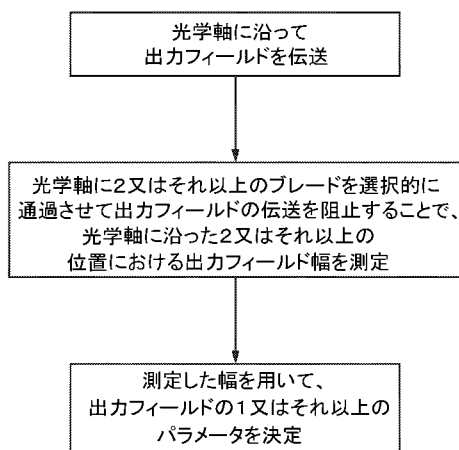
【 図 4 (a) 】



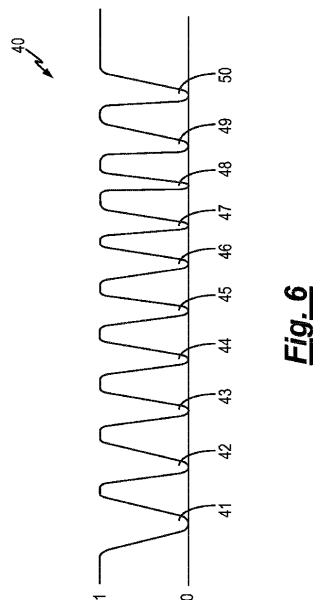
【 図 4 (b) 】



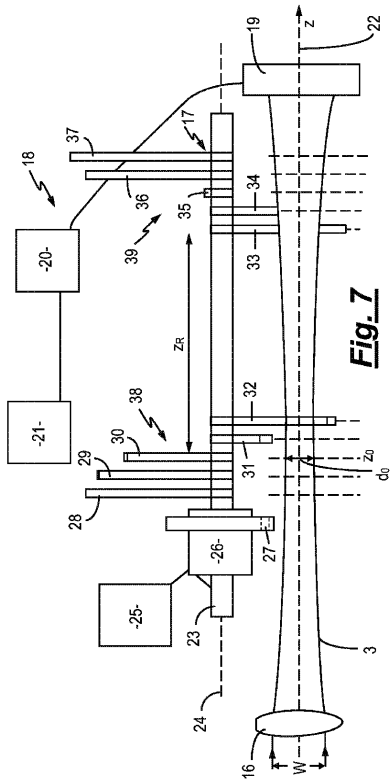
【 図 5 】



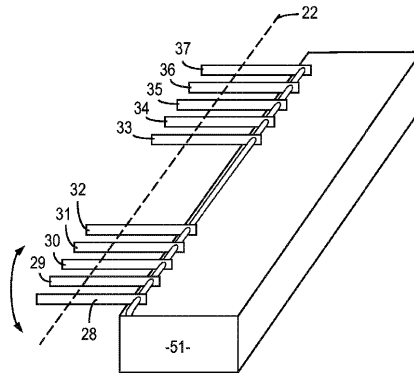
【 図 6 】



【図 7】

**Fig. 7**

【図 8】

**Fig. 8**

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/GB2013/052991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01J1/42 G01J1/04 ADD.		
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) G01J		
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) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 617 755 A (ARNAUD JACQUES A) 2 November 1971 (1971-11-02) column 4, line 51 - line 58; figures 1,4 -----	1-18
X	US 6 313 910 B1 (GARVEY STEVEN E [US] ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) column 3, line 41 - column 6, line 14; figures 7a, 7b column 9, line 42 - column 10, line 7 -----	1-18
X	US 5 214 485 A (SASNETT MICHAEL W [US] ET AL) 25 May 1993 (1993-05-25) column 7, line 22 - column 11, line 55; figures 2,15 -----	1-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier application or patent 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 *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
10 March 2014		19/03/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Schmidt, Charlotte

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2013/052991

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3617755	A	02-11-1971	NONE
US 6313910	B1	06-11-2001	NONE
US 5214485	A	25-05-1993	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ロバートソン, ゴードン

イギリス ストラスクライド州 ジー 2 0 0 エスピー, グラスゴー, メアリーヒル ロード, ウ
エスト オブ スコットランド サイエンス パーク, ケルビン キャンパス 1, ベンチャー
ビルディング

Fターム(参考) 2G065 AA11 AB03 AB04 AB05 AB09 AB14 AB18 BB06 BB23 BB37
BC08 BC22 DA05
5F172 NP02 NP18