

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7097372号  
(P7097372)

(45)発行日 令和4年7月7日(2022.7.7)

(24)登録日 令和4年6月29日(2022.6.29)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G 0 2 B 13/00
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18
G 0 2 B 3/06 (2006.01)	G 0 2 B 3/06
G 0 2 B 27/09 (2006.01)	G 0 2 B 27/09
G 0 2 B 27/30 (2006.01)	G 0 2 B 27/30

請求項の数 8 (全16頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2019-541286(P2019-541286)	(73)特許権者	515069141 フィスバ・アクチェンゲゼルシャフト F I S B A A G スイス、ツェー・ハー - 9 0 1 6 ザン クト・ガレン、ロールシャッハ・シュト ラーセ、2 6 8
(86)(22)出願日	平成30年1月29日(2018.1.29)	(74)代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(65)公表番号	特表2020-507122(P2020-507122 A)	(72)発明者	モーザー、ハンスルーディ スイス、9 4 5 2 ヒンターフォルスト 、イム・ベヒス、5 9
(43)公表日	令和2年3月5日(2020.3.5)	(72)発明者	フォーラー、ハンス スイス、9 0 1 6 ザンクト・ガレン、 フォーゲルヘルトシュトラーセ、1 7・ ツェー
(86)国際出願番号	PCT/EP2018/052061		
(87)国際公開番号	WO2018/141670		
(87)国際公開日	平成30年8月9日(2018.8.9)		
審査請求日	令和2年11月26日(2020.11.26)		
(31)優先権主張番号	17153942.2		
(32)優先日	平成29年1月31日(2017.1.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ビームをコリメートするための装置、高出力レーザおよび集光光学ユニット、並びに光ビームをコリメートするための方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1平面(F)および第2平面(S)においてビーム方向(R)に対する出射角に関して異なるビーム特性を有する少なくとも1つの発光体から発する光照射野(L)をコリメートするための装置(100)であって、

第1平面と前記第2平面とが互いに直交するように、第1平面は、前記発光体の高速軸方向および前記ビーム方向を跨り、前記第2平面は、前記発光体の低速軸方向および前記ビーム方向を跨り、

前記装置は、

前記第1平面(F)内の前記光照射野(L)をコリメートするための、高速軸コリメーションを行うための少なくとも1つの第1コリメーションレンズ(10)と、

前記第2平面(S)内の前記光照射野(L)をコリメートするための、低速軸コリメーションを行うための少なくとも1つの第2コリメーションレンズ(20)とを含み、

前記装置は、追加の光学素子(30)を含み、

前記追加の光学素子(30)は、前記第1コリメーションレンズおよび前記第2コリメーションレンズによって平行に整列されていない前記光照射野(L)の一部を前記ビーム方向と平行に整列するように、すなわち前記第1平面(F)および前記第2平面(S)とは異なる少なくとも1つの平面内の前記光照射野(L)をコリメートするように構成され、前記第1コリメーションレンズ(10)および前記第2コリメーションレンズ(20)ならびに前記追加の光学素子(30)は一体に形成され、3つのコリメーションが、単一の

光学素子によって組み合わせて行われ、

前記追加の光学素子(30)は、前記第2コリメーションレンズ(20)上の領域に形成され、前記第2コリメーションレンズ(20)の一体部分として形成され、

前記領域は、照射方向(R)に沿って前記第2コリメーションレンズ(20)の出射側に配置され、

前記第2平面(S)内の前記光照射野をコリメートするための表面は、照射方向(R)に沿って前記第2コリメーションレンズ(20)の出射側に配置され、

前記追加の光学素子を備えたコリメーションレンズは、二次元偶数次多項式で表される表面トポグラフィを有する、装置(100)。

【請求項2】

- 前記多項式は、 $x^{2n}$ 項についてゼロ以下の値を有する係数を有し、

- および/または、少なくとも $x^2$ 及び $x^4$ 項の係数はゼロ未満であり、

- および/または、 $y^{2n}$ 項の係数はゼロに等しく、

- および/または、前記多項式は、 $x^{2n}y^{2m}$ 項についてゼロ以上の値を有する係数を有し、

- および/または、少なくとも $x^2y^2$ 項の係数はゼロより大きい、請求項1に記載の装置(100)。

【請求項3】

前記第2コリメーションレンズは、以下の式で表される表面トポグラフィを有し、

$$h(x, y) = a_{20}x^2 + a_{40}x^4 + a_{22}x^2y^2 + a_{60}x^6 + a_{42}x^4y^2 + a_{24}x^2y^4$$

式中、hは、前記ビーム方向(R)における前記表面の高さを示し、xおよびyは、前記ビーム方向(R)の照射方向に垂直な平面内の直交座標軸であり、各パラメータaは、非ゼロである、請求項1または請求項2に記載の装置(100)。

【請求項4】

少なくとも1つの発光体と、

請求項1～3のいずれか1項に記載の少なくとも1つの装置とを備える、高出力ダイオードレーザ。

【請求項5】

前記第1平面(F)および/または前記第2平面(S)に沿って原点平面において並列に配置された複数の発光体からなるアレイを備え、

各発光体には、追加の光学素子(30)が設けられる、請求項3に記載の高出力ダイオードレーザ。

【請求項6】

請求項1～3のいずれか1項に記載の装置(100)と集光光学ユニットとを含む、または請求項4または5に記載の高出力ダイオードレーザと集光光学ユニットとを含む、モジュール。

【請求項7】

請求項4または5に記載の高出力ダイオードレーザまたは請求項6に記載のモジュールに使用されるコリメーションレンズアレイであって、

前記第1平面(F)内の光照射野(L)をコリメートするための1つ、2つまたは複数の第1コリメーションレンズ(10)および/または前記第2平面(S)内の前記光照射野(L)をコリメートするための1つ、2つまたは複数の第2コリメーションレンズ(20)を含み、

前記コリメーションレンズアレイは、前記第2コリメーションレンズ(20)の各々に設けられた追加の光学素子(30)を含む、コリメーションレンズアレイ。

【請求項8】

請求項1～3のいずれか1項に記載の装置(100)を用いて、第1平面(F)および第2平面(S)において異なるビーム特性を有する光照射野(L)をコリメートするための方法であって、

10

20

30

40

50

前記第1平面(F)の前記光照射野(L)の一部に対して第1コリメーション、すなわち高速軸コリメーションを行うステップと、  
 前記第2平面(S)の前記光照射野(L)の一部に対して第2コリメーション、すなわち低速軸コリメーションを行うステップと、  
 前記第1コリメーションおよび前記第2コリメーションによってビーム方向と平行に整列されていない前記光照射野の一部であって前記第1平面(F)および前記第2平面(S)とは異なる平面を有する前記光照射野の一部に対してコリメーションを行うステップとを含み、  
 前記第1コリメーションレンズ(10)および前記第2コリメーションレンズ(20)ならびに前記追加の光学素子(30)は一体に形成され、前記追加の光学素子を含むコリメーションレンズは、二次元偶数次多項式で表される表面トポグラフィを有し、  
 3つのコリメーションが、単一の光学素子によって組み合わせて行われる、方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、独立請求項の前提部分に記載されたように、光ビームをコリメートするための装置、高出力レーザーおよび集光光学ユニット、並びに光ビームをコリメートするための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光ビームをコリメートするための装置は、高出力ダイオードレーザー、特に量子カスケードレーザーに使用される。このような装置は、一般的に、非対称光視野を有するレーザーに応用される。

20

【0003】

高出力ダイオードレーザーは、ワット範囲の高出力の照射光を光ビームとして照射できるように、広いストライプ構造を有する半導体レーザーである。このような単一の発光体は、原点平面から、原点平面に対して予め定義されたビーム方向を有する光ビームを生成する。2つの平面、すなわち、第1平面(高速軸)および第1平面と直交する平面(低速軸)がこのビーム方向に沿って延在している。この光ビームは、第1平面および第2平面において異なるビーム特性を有する。単一の発光体は、シングルモード発光体として使用される場合、第1軸に沿った原点平面において1 $\mu$ m規模の寸法を有し、この面において0.5~0.7の開口数を有する。低速軸では、単一の発光体は、シングルモードまたはマルチモード発光体の種類に応じて原点平面において3~200 $\mu$ mの寸法を有し、光ビームは、この面において0.05~0.2の開口数を有する。これは、使用されるレーザー光源の波長および出力に依存する。

30

【0004】

これらの高出力ダイオードレーザーがしばしば光導波路に結合されるため、集光のために、集光光学ユニットの上流の光照射野を可能な限り対称にする必要がある。これを実現するために、先行技術から既知のように、高速軸および低速軸のコリメーションを別々に行う。まず、円柱状のコリメーションレンズFAC(高速軸コリメータ)を用いて、この平面のみで高速軸をコリメートする。次に、円柱状のコリメーションレンズSAC(低速軸コリメータ)を用いて、低速軸平面内の光ビームの一部をコリメートする。その後、FACおよびSACの下流の光照射野は、集光光学ユニットによってファイバーコアに集光される。

40

【0005】

出力を上げるために、しばしば、チップ上に複数の発光体を備えたレーザーダイオードアレイが使用される。この場合も、FACを用いてコリメーションを行う。しかしながら、複数の発光体が低速軸平面に沿って原点平面において並列に配置されているため、個別のSACを用いて各発光体をコリメートする必要がある。これは、通常、並列に配置されたSACからなるアレイによって実現される。この場合、SAC間の距離を発光体間の距離に

50

対応する必要がある。

【0006】

また、原点平面に複数の発光体を備えたチップを使用してもよい。これらの発光体は、高速軸平面に沿って並列に配置されている。この場合においても、発光体が5～20 μmの距離にあるため、1つのFACのみを用いてコリメーションを行う。したがって、低速軸平面および高速軸平面においてレーザダイオードアレイを使用することができる。

【0007】

しかしながら、高速軸平面でも低速軸平面でも伝播しない照射または光の部分のコリメーションは、不十分である。これによって、照射野がぼやけるまたは部分的に不鮮明になる。例えば、この照射野を光ファイバガイドに結合すると、出力損失が発生する可能性がある。その理由は、全ての照射光を結合することができず、実質的に完全にコリメートされた部分のみが結合されるためである。

10

【0008】

短波光ビームの場合、例えば、青色レーザダイオードからの波長が約450 nmの光ビームの場合、開口数は通常大きくなる。これも同様に大きな損失をもたらす。

【0009】

日本応用物理学会誌 (Japanese Journal of Applied Physics: 1994年、巻33、第1363～1364頁) は、非球面レンズを含むコリメーション装置を開示している。この装置において、まず、1つのレンズを用いて円形コリメーションを行い、2つの円柱レンズをさらなるビーム経路に配置する。代替的には、各々が一方の凸状面と他方の凹状面とを有する2つのアナモルフィックレンズを連続して配置してもよい。

20

【0010】

米国特許出願2016/0274368A1は、各々が「高速軸」コリメータを備えたダイオードからなるアレイを含むダイオード装置を開示している。照射方向には、球面/非球面望遠鏡ユニットからなるアレイに続き、円柱レンズからなるアレイが配置される。最後に、この装置は、コリメーションレンズを備えた集光ユニットを含む。

【0011】

米国特許6195208B1は、非点収差且つ非円形の発散レーザビームをコリメートされた円形のレーザビームに変換する非球面レンズを開示している。入力面は、横方向に凹状の非球面形状を有し且つ縦方向に凸状の非球面形状を有し、出力面は、横方向に凸状の非球面形状を有し且つ縦方向に非湾曲形状を有する。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の目的は、従来技術のこれらの欠点およびさらなる欠点を排除することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

この目的は、独立特許請求項に定義されている装置および方法によって達成される。さらなる実施形態は、従属特許請求項から明らかである。

【0014】

この目的は、第1平面および第2平面において、発散に関して、すなわち、方向に対する出射角に関して異なるビーム特性を有する入射光の照射野をコリメートするための本発明の装置によって達成される。光照射野は、光源から出射され、ビーム方向において高速軸に沿って急速に発散し、高速軸に垂直な低速軸に沿ってより遅く発散する少なくとも1つの光ビームを含む。第1平面は、好ましくは、発光体の高速軸方向およびビーム方向を跨り、第2平面は、好ましくは、発光体の低速軸方向およびビーム方向を跨る。したがって、2つの平面は、互いに直交する。よって、ビーム方向に沿った第1面の出射角は、ビーム方向に沿った第2面の出射角とは異なる。

40

【0015】

装置は、ビーム方向に垂直な非円形断面を有する入射光ビーム、特にレーザダイオードに

50

よって生成された光ビームと同様に、球面集光レンズによって集光されていない入射光ビームをコリメートするように機能する。

【0016】

装置は、第1平面内の光照射野をコリメートするための少なくとも1つの第1コリメーションレンズと、第2平面内の光照射野をコリメートするための少なくとも1つの第2コリメーションレンズとを含む。

【0017】

直交する平面用のコリメーションレンズは、照射方向に沿って前後に配置されている。第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズは、典型的には、最初に高速軸平面のコリメーションを行い、続いて低速軸平面のコリメーションを行うように配置される。低速軸コリメーションは、例えば、円形レンズまたは部分的に円柱レンズによって行われ、高速軸コリメーションは、多項式形状を有する円柱レンズによって行われる。同様に、低速軸コリメーションは、多項式形状を有する円柱レンズによって行われてもよい。

10

【0018】

コリメーションによって、光照射野の発散部分がそれぞれビーム方向と平行に整列される。しかしながら、光照射野は、第1コリメーション、例えば高速軸コリメーション、および第2コリメーション、例えば低速軸コリメーションを行った後に平行に整列されていない部分を含む。第1コリメーションおよび第2コリメーション、例えば高速軸コリメーションおよび低速軸コリメーションの直後に、補正なしで集光光学ユニットを用いて光照射野を集光する場合、これらの部分は、目標領域において結像せずまたは不十分に結像し、出力損失をもたらす可能性がある。

20

【0019】

本発明によれば、装置は、第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズによって、すなわち、高速軸コリメーションおよび低速軸コリメーションによって、平行に整列されていない光照射野の部分をビーム方向と平行に整列するように構成された追加の光学素子を含む。

【0020】

特に、平行に整列されていない実質的に全ての部分は、光学素子によって平行に整列される。特に第1平面および第2平面とは異なり且つ同様にビーム方向に沿って延在する少なくとも1つの平面内の光ビーム、特に第1平面および第2平面と異なる全ての平面内の光ビームは、コリメートされる。特に、第1平面および第2平面の光ビームは、さらなる光学素子によってコリメートされない。

30

【0021】

光学素子は、ビーム方向に沿って、好ましくは第1コリメーションレンズの下流、好ましくは第2コリメーションレンズの下流に配置される。

【0022】

本明細書に記載されたように、入射光ビームは、性質上、高速軸平面と低速軸平面とを有する。光ビームは、これらの面の間に、「スキュー」伝播方向に沿って高速軸平面および低速軸平面に伝播していない部分を有する。これらの部分は、高速軸コリメーションおよび低速軸コリメーションによってコリメートされておらず、すなわち、ビーム方向と平行に整列されていない。光ビームのこれらの部分も、追加の光学素子によってコリメートすることができる。

40

【0023】

高速軸コリメーションおよび低速軸コリメーションによって整列されている光ビームの部分は、追加の光学素子によって影響されない。

【0024】

装置は、出射する光照射野が実質的にビーム方向と平行に整列された部分のみを有するように構成されている。

【0025】

これによって、光照射野が完全にコリメートされる。従来技術に比べて、より多くの光照

50

射野の部分がコリメートされ、したがって集光できるため、出力を増加することができる。換言すれば、集光光学ユニットによって、より多くの光照射野の部分を特定の領域に集光することができる。

【0026】

追加の光学素子は、第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズから独立した別のコリメーションレンズによって形成されてもよい。

【0027】

第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズが一体的に形成されることが考えられる。したがって、第1レンズおよび第2レンズは、同一の物理要素によって形成されてもよい。

【0028】

追加の光学素子は、第3コリメーションレンズによって形成されてもよい。

第3コリメーションレンズは、「スキュー」伝播方向の部分のために特別に設計された曲率を有する後者の製造を可能にする。

【0029】

この場合、第3コリメーションレンズを、光ビームのビーム方向に沿って第1コリメーションレンズの下流および第2コリメーションレンズの下流に配置することができる。

【0030】

これによって、3つのステップでコリメーションを実行することができる。第1ステップでは、高速軸のコリメーションを実行し、第2ステップでは、低速軸のコリメーションを実行し、第3ステップでは、「スキュー」伝播方向のコリメーション、換言すれば、上記2つの平面のどちらにも位置していない光部分のコリメーションを実行する。

【0031】

第3コリメーションレンズ、換言すれば、追加の光学素子をコリメーションチェーンの後ろに配置することは、光照射野の大部分が既に高速軸平面および低速軸平面においてコリメートされたため、追加の要素によってこれらの平面に位置していない「スキュー」伝播方向の部分のみを完全にコリメートする必要があるという利点を提供する。これらの平面の「スキュー」伝播方向の部分は、通常、第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズによってコリメートされている。しかしながら、この場合、コリメーションは、完全に行われていない。次に、光照射野のこれらの部分は、追加の光学素子によって完全にコリメートされる。こによって、実質的に全ての光照射野はコリメートされる。

【0032】

しかしながら、第3コリメーションレンズを、ビーム方向に沿って第1コリメーションレンズと第2コリメーションレンズとの間に配置することも同様に考えられる。

【0033】

必要に応じて、例えば低速軸において光の主要部分をコリメートする前に、高速軸コリメーションおよび低速軸コリメーションによってコリメートされていない光照射野の部分、換言すれば、主軸上に位置していない光照射野の部分のコリメートすることが有利である場合がある。これによって、最終のコリメーションの前に、「スキュー」伝播方向の光を先に全体的にまたは部分的にコリメートすることができる。

【0034】

好ましくは、追加の光学素子は、第2コリメーションレンズ上の領域によって形成される。特に好ましくは、追加の光学素子は、第2コリメーションレンズの一体部分として形成される。

【0035】

これによって、別体の第3素子を省くことができる。したがって、装置の構造寸法を小さくすることができる。2つのレンズのみを配列するため、第3コリメーションレンズを有する装置に比べて、装置の精度が高くなる。したがって、品質の向上が可能である。

【0036】

10

20

30

40

50

この場合、装置は、好ましくは、第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズからなり、第2コリメーションレンズは、光学素子を含む。

【0037】

照射方向から見る場合、コリメーションレンズは、通常、入射側および射出側を備える。追加の光学素子の領域を第2コリメーションレンズの照射方向の入射側に配置し、第2平面内の光照射野をコリメートするための表面を第2コリメーションレンズの照射方向の射出側に配置することができる。

【0038】

これによって、第3コリメーションレンズの場合と同様に、他のコリメーションレンズなどの他の光学素子から独立して、光照射野をコリメートするための第2表面および光学素子を製造することができ、必要に応じて設定することができる。

10

【0039】

しかしながら、第2平面内の光照射野をコリメートするための表面と追加の光学素子とを組み合わせ、それらを第2コリメーションレンズの照射方向の射出側に配置することも考えられる。同様に、この組み合わせを第2コリメーションレンズの照射方向の入口側に配置することも可能であり、考えられる。

【0040】

次に、レンズの対応する表面を自由曲面に形成する。換言すれば、入射する光ビームの特性に応じて異なる方向に異なるようにこの表面を湾曲することができる。これによって、低速軸における光の主要部分のコリメーションに加えて、低速軸コリメーションまたは高速軸コリメーションによって平行に整列されていない光ビームも同様にコリメートすることができる。

20

【0041】

同様に、追加の光学素子は、第1コリメーションレンズ上の領域によって形成され、好ましくは第1コリメーションレンズの一体部分として形成されることが考えられる。

【0042】

この場合、追加的にまたは代替的に、追加の光学素子の領域を第1コリメーションレンズの入射側に配置し、第1平面内の光照射野をコリメートするための表面を第1コリメーションレンズの照射方向の射出側に配置することができる。

【0043】

これによって、第3コリメーションレンズの場合と同様に、他のコリメーションレンズなどの他の光学素子から独立して、光照射野をコリメートするための第1表面および光学素子を製造することができ、必要に応じて設定することができる。

30

【0044】

しかしながら、第1平面内の光照射野をコリメートするための表面と追加の光学素子とを組み合わせ、それらを第1コリメーションレンズの照射方向の射出側に配置することも考えられる。同様に、この組み合わせを第1コリメーションレンズの照射方向の入口側に配置することも可能であり、考えられる。

【0045】

次に、レンズの対応する表面を自由曲面に形成する。換言すれば、この表面は、入射光ビームの特性に応じて異なる方向に異なるようにこの表面を湾曲することができる。これによって、低速軸における光の主要部分のコリメーションに加えて、低速軸コリメーションまたは高速軸コリメーションによって平行に整列されていない光ビームも同様にコリメートされる。

40

【0046】

好ましくは、追加の光学素子は、自由曲面の一部として形成され、追加の光学素子の表面は、ビーム方向に垂直な2つの異なる方向において少なくとも2つの異なる曲率を有し、ビーム方向に垂直な方向に沿った少なくとも1つの曲率の曲率半径は、一定ではない。

【0047】

一例として、表面は、低速軸の方向に凸状に湾曲されてもよく、特に低速軸に垂直な方向

50

に凹状に湾曲されてもよい。

【0048】

これによって、異なる入射方向の光ビームを平行にコリメートすることができ、集光することができる。

【0049】

好ましくは、自由曲面は、高速軸方向および/または低速軸方向に沿って非球面に湾曲される。

【0050】

好ましくは、追加の光学素子を含むコリメーションレンズは、2次元偶数次多項式で表される表面トポグラフィを有する。

【0051】

好ましくは、多項式の $x^{2n}$ 項の係数は、ゼロ以下の値を有する。特に、少なくとも $x^2$ 項および $x^4$ 項の係数は、ゼロ未満である。特に、 $y^{2n}$ 項の係数は、ゼロに等しい。好ましくは、多項式の $x^{2n}y^{2m}$ 項の係数は、ゼロ以上の値を有する。特に、少なくとも $x^2y^2$ 項の係数は、ゼロより大きい。

【0052】

多項式は、例えば、以下の形を有する。

$$H(x, y) = a_{20}x^2 + a_{40}x^4 + a_{22}x^2y^2 + a_{60}x^6 + a_{42}x^4y^2 + a_{24}x^2y^4$$

式中、Hは、ビーム方向における表面の高さを示し、xおよびyは、ビーム方向に垂直な平面内の直交座標軸であり、特にx軸は、低速軸の方向に沿って延在し、y軸は、高速軸の方向に沿って延在する。aは、発光体に依存する特定の係数である。好ましくは、全ての係数は、非ゼロである。

【0053】

係数 $a_{20}$ 、 $a_{40}$ および $a_{60}$ は、ゼロ以下である。好ましくは、 $a_{20}$ および $a_{40}$ は、ゼロ未満である。多項式のこれらの部分は、それ自体が円柱レンズを表し、好ましくは低速軸コリメーションを引き起こす。

【0054】

混合項 $a_{22}$ および $a_{42}$ の係数は、ゼロ以上である。好ましくは、 $a_{22}$ は、ゼロより大きい。

【0055】

同様に、第1コリメーションレンズと第2コリメーションレンズと追加の光学素子とが一体的に形成されることも考えられる。この場合、この一体化素子が光入射面と光出射面とを有する場合、本明細書に従ってこれらの面を形成することは、有利である。例示として、入射面は、高速軸平面の光照射野および光照射野の「スキュー部分」を全体的にまたは部分的にコリメートすることができ、出射面は、低速軸平面の光照射野を全体的にまたは部分的にコリメートすることができる。同様に、低速軸平面の光照射野および光照射野のスキュー部分を同時に全体的にまたは部分的にコリメートすることも考えられる。

【0056】

これによって、2つの光学面（入射面および出射面）を有する1つの素子を用いて、高速軸平面、低速軸平面、および高速軸平面と低速軸平面との間の全ての平面の3つのコリメーションを組み合わせて行うことができる。その結果、精度を向上すると共に、より少ない個別部品を用いて素子をより簡単に製造することができる。

【0057】

本発明のさらなる態様は、少なくとも1つの発光体、好ましくは複数の発光体と、本明細書に記載された少なくとも1つの装置とを含む高出力ダイオードレーザに関する。特に、この高出力ダイオードレーザは、多数のレーザダイオードが並列に配置されているレーザダイオードバーを備える。

【0058】

上記のコリメーション装置と同様に、選択された特性を有する対応の高出力ダイオードレ

10

20

30

40

50

ーザを提供することができる。この高出力ダイオードレーザは、全ての出射光のコリメーションを改善することによって、従来技術に比べてより高い効率を有する。

【0059】

提案された高出力ダイオードレーザは、高速軸または低速軸平面に沿って原点平面に並列に配置された複数の発光体からなるアレイを含むことができる。このアレイは、各々の発光体の光ビームによって構成された光照射野を生成する。

【0060】

この場合、特に、低速軸コリメータ、高速軸コリメータおよび追加の光学素子は、各発光体に設けられる。

【0061】

したがって、本発明の一態様は、特に本明細書に記載された高出力ダイオードレーザまたはモジュールに使用される複数のコリメーションレンズを含むアレイに関する。

【0062】

このコリメーションレンズアレイは、第1平面の光照射野をコリメートするための1つ、2つまたは複数の第1コリメーションレンズおよび/または第2平面の光ビームをコリメートするための1つ、2つまたは複数の第2コリメーションレンズを含み、これらの平面は、互いに垂直であり、ビーム方向と交差する。

【0063】

第1コリメーションレンズおよび第2コリメーションレンズは、好ましくは、ビーム方向に対して互いに前後に配置される。コリメーションレンズアレイは、「スキュー」伝播方向の光照射野をビーム方向と平行に整列するように、換言すれば、コリメートするように、特に第1平面および第2平面とは異なる平面においてコリメートするように、第1コリメーションレンズおよび/または第2コリメーションレンズの各々に設けられた追加の光学素子を備えている。いずれかの場合、光学素子は、好ましくは、対応する第1コリメーションレンズおよび/または第2コリメーションレンズ上の自由曲面として製造される。

【0064】

光学素子は、好ましくはビーム方向に対して第1コリメーションレンズの下流に配置され、より好ましくはビーム方向に対して第2コリメーションレンズの下流に配置される。

【0065】

全ての発光体が低速軸に沿って非常に精確に並んで配置されているため、全ての発光体に対して共通のコリメーションレンズを用いて、第1平面のコリメーションを実現することができる。

【0066】

レーザダイオードバーの高速軸コリメーションを行うために、例えば、レーザダイオードバーの全長に亘って延在する円柱レンズを使用することができる。この場合、円柱レンズの軸は、レーザダイオードバーの長手方向と平行に延在する。低速軸コリメーションの場合、並列に配置された円柱レンズを有するレンズアレイを使用することができる。この場合、これらの円柱レンズの軸は、ビーム方向およびレーザダイオードバーの長手方向に垂直である。

【0067】

これによって、高出力を有する高出力ダイオードレーザを提供することができる。各々の発光体は、個別にコリメートすることができるため、最大の効率を実現することができる。この配置によって、各発光体の光照射野の「スキュー」伝播方向を完全にコリメートできるため、より高い出力密度で光を所定の領域に集中させることができる。

【0068】

本発明のさらなる態様は、上述したコリメーション装置と集光光学ユニットとを含むモジュール、または上述した高出力ダイオードレーザと集光光学ユニットとを含むモジュールに関する。

【0069】

その結果、本明細書に記載された特性、特にビーム方向と平行に整列された光照射野部分

10

20

30

40

50

および本明細書に記載された利点を有する光ビームまたは光照射野を提供することができ、高い効率で対応する要素に結合することができる。

【0070】

同様に、本発明のさらなる態様は、第1平面および第2平面において出射角度に関して異なるビーム特性を有する光ビームをコリメートするための方法に関する。好ましくは、この方法は、本明細書に記載された装置、本明細書に記載された高出力ダイオードレーザ、または本明細書に記載されたモジュールによって実行される。この方法は、第1平面内の光ビームの一部に対して第1コリメーション、特に高速軸コリメーションを行うステップと、第2平面内の光ビームの一部に対して第2コリメーション、特に低速軸コリメーションを行うステップと、第1コリメーションおよび第2コリメーションによってビーム方向と平行に整列されていない光照射野の一部、特に第1平面および第2平面とは異なる方向を有する光照射野の一部に対して第3コリメーションを行うステップとを含む。

10

【0071】

この方法によって、より高い割合の光照射野をコリメートすることができ、その後集光光学ユニットに利用される。その結果、出力密度が増加する。

【0072】

この場合、好ましくは、光学素子を用いて、2つのコリメーションを組み合わせを行い、特に第2コリメーションと第3コリメーションとを組み合わせを行い、換言すれば、第2平面の光照射野の部分のコリメーションと第1平面および第2平面の両方と異なる平面を有する光照射野の部分のコリメーションとを組み合わせで行う。

20

【0073】

以下の図を参照して本発明を説明する。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】従来技術に従った装置を示す図である。

【図1a】図1の装置の詳細を示す図である。

【図2】図1の装置の第1面および第2面のコリメーションを行った後の光照射野を示す図である。

30

【図3】本発明に従った装置の一例示的な実施形態を示す図である。

【図3a】図3の装置の詳細を示す図である。

【図4】図3の装置のコリメーションを行った後の光照射野を示す図である。

【図5a】図1の装置に関する比較実験を示す図である。

【図5b】図1の装置に関する比較実験を示す図である。

【図5c】図1の装置に関する比較実験を示す図である。

【図6a】図3の装置に関する比較実験を示す図である。

【図6b】図3の装置に関する比較実験を示す図である。

【図6c】図3の装置に関する比較実験を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0075】

図1は、従来技術に従って、光ビームをコリメートするための装置を示している。(発光体の)光源の光照射野Lは、ビーム方向Rを有し、第1コリメーションレンズ10および第2コリメーションレンズ20を連続的に通過する。

【0076】

光源(発光体)は、本明細書の図面には示されていない。発光体は、光照射野Lがビーム方向Rに沿って延在する原点平面を規定する。2つの平面、すなわち、第1平面F(高速軸)および第1平面と直交する平面S(低速軸)が、このビーム方向Rに沿って延在する。第1平面Fと第2平面Sとは、ビーム方向に沿って交差する。光照射野Lは、第1平面Fおよび第2平面Sにおいて異なるビーム特性、すなわち、異なる発散を有する。

50

## 【 0 0 7 7 】

この場合、光照射野の一部は、高速軸面 F において第 1 コリメーションレンズ 1 0 によってコリメートされる。したがって、光照射野 L は、新しい特性を有し、光照射野 L 1 と呼ばれる。光照射野 L 1 は、第 2 コリメーションレンズ 2 0 に進入する。第 2 コリメーションレンズ 2 0 は、低速軸平面 S 内の光をコリメートする。第 2 コリメーションレンズ 2 0 の下流の方向変更された（コリメートされた）光照射野 L 1 は、新しい特性を有し、光照射野 L 2 と呼ばれる。

## 【 0 0 7 8 】

図 1 a は、図 1 のコリメーションレンズ 2 0 の詳細を示している。コリメーションレンズ 2 0 は、入射側 E 2 0 と出射側 A 2 0 とを有する。第 2 平面内の光照射野をコリメートするための表面 2 1 は、出射側 A 2 0 に配置されている。この場合、表面 2 1 は、円筒形に形成される。

10

## 【 0 0 7 9 】

図 2 は、図 1 に示す従来技術の装置によって F A C および S A C コリメーションを行った後の照射野のシミュレーションを示している。照射野の縁部には、2 つの平面のどちらにも位置しておらず、コリメートされていない光照射野の部分に起因するぼやけた領域が認識できる。

## 【 0 0 8 0 】

図 3 は、本発明に従った装置の一実施形態を示す。図 3 の装置は、構造上、図 1 の装置に対応しており、第 1 コリメーションレンズ 1 0 およびコリメーションレンズ 2 0 を備える。第 2 コリメーションレンズ 2 0 は、追加の光学素子 3 0 を備えるように形成される。図 1 と同様に、光源 L の光照射野は、まず、第 1 コリメーションレンズ 1 0 を通過し、光照射野 L 1 として第 2 コリメーションレンズ 2 0 をさらに通過して、光照射野 L 2 として第 2 コリメーションレンズ 2 0 から離れる。

20

## 【 0 0 8 1 】

図 3 a は、図 1 に対応する図 3 の装置の詳細、すなわち、第 2 コリメーションレンズ 2 0 の一部を示している。コリメーションレンズ 2 0 は、入射側 E 2 0 と出射側 A 2 0 とを有する。第 2 平面内の光照射野をコリメートするための表面 2 1 は、第 2 の追加の光学素子 3 0 と一体に製造される。図 2 a の表面 2 1 と同様に、表面 2 1 は、基本的に多項式曲率を有する円筒形に形成される。しかしながら、この円筒形状は、追加の光学素子 3 0 を形成する自由曲面と重なる。この場合、表面 3 0 と表面 2 1 との合併領域は、実施形態の基本的に円筒形の凸面に対して、わずかに横方向に凹むように形成される。

30

## 【 0 0 8 2 】

自由曲面は、次の公式に従って形成される。

$$h(x, y) = a_{20}x^2 + a_{40}x^4 + a_{22}x^2y^2 + a_{60}x^6 + a_{42}x^4y^2 + a_{24}x^2y^4$$

これによって、低速軸面内の光照射野のコリメーションが可能になり、さらに、低速軸面および高速軸面のいずれかの面に伝播していない光のコリメーションが可能になる。

## 【 0 0 8 3 】

特に、自由曲面は、以下の多項式に従って形成されてもよい。

$$h(x, y) = a_{20}x^2 + a_{22}x^2y^2 + a_{40}x^4$$

式中、 $a_{20}$  および  $a_{40}$  は、ゼロより小さく、 $a_{22}$  は、ゼロより大きい。例えば、 $a_{20} = -6.250e^{-02}$ 、 $a_{22} = -2.14e^{-03}$ 、 $a_{40} = -1.07e^{-04}$ 。係数の値は、通常、コリメーションレンズの屈折力、例えばガラスの種類および厚さに応じて定義される。

40

## 【 0 0 8 4 】

図 4 は、F A C および S A C 並びに素子 3 0 によってそれらと異なる平面の追加のコリメーションを行った後の光照射野のシミュレーションを示している。図 2 のシミュレーションとは対照的に、図 4 では、縁部のぼやけた領域が見られなくなる。所定の領域のエネルギーが増えた。このことは、比較するための図 5 a ~ 5 c（図 1 の従来技術）および図 6

50

a ~ 6 c ( 図 3 の装置 ) にも示されている。

【 0 0 8 5 】

図 5 a および 6 a はそれぞれ、コリメーションおよび集光光学ユニットによる集束後の光照射野の形状を示している。この場合、図 6 a は、最適にコリメートされていない「スキュー」伝播方向に起因する広がりが小さいビーム形状を示している。図 6 a において、中央のより高い強度を確認することができる。図 5 b および 6 b は、高速軸平面において正規化されたビーム形状を示している。比較によって、ビーム断面積の改善および二次最大値の減少が分かる。図 5 c および 6 c は、所定の領域に閉じ込まれたエネルギーを示している。比較によって、提案された解決案の効率が大幅に改善されていることが分かる。一例として、本発明に従って最適化された F A C および S A C または S A C および集光光学ユニットの使用構成を含む本発明の解決案によって、従来技術に比べて 2 倍に縮小した領域に、9 0 % のエネルギーを集中させることができる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

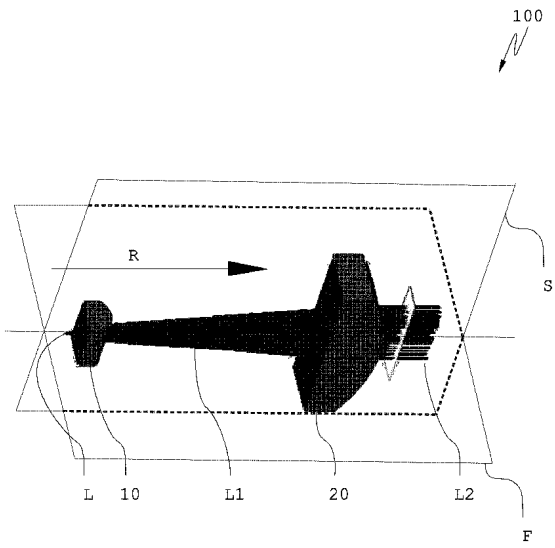


FIG 1

【図 1 a】

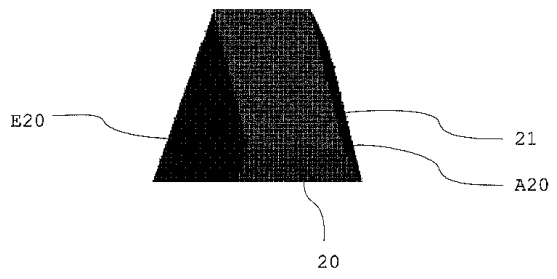


FIG 1a

10

20

【図 2】

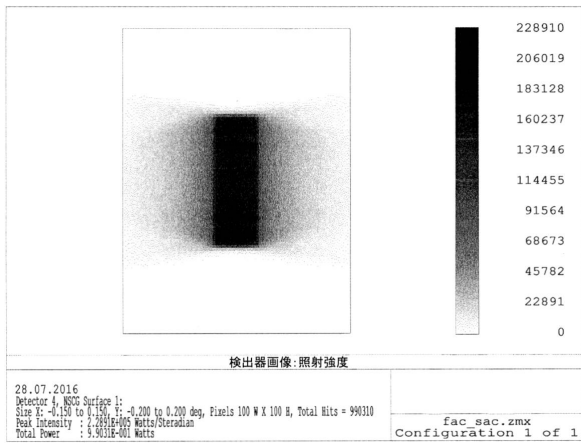


FIG 2

【図 3】

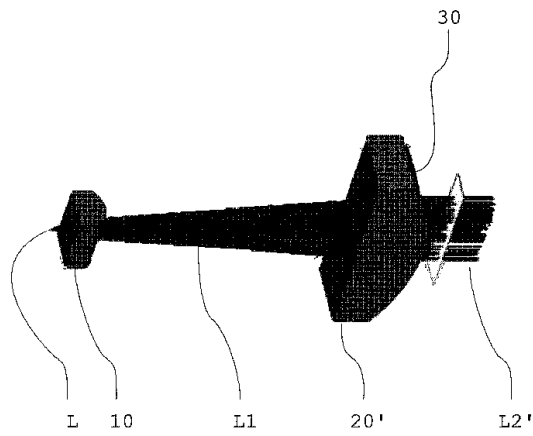


FIG 3

30

40

50

【図 3 a】

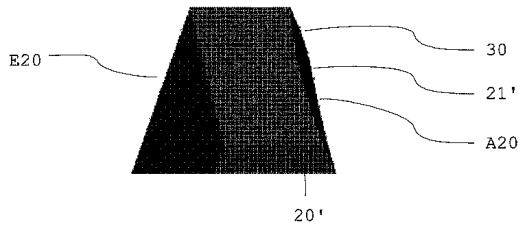


FIG 3a

【図 4】

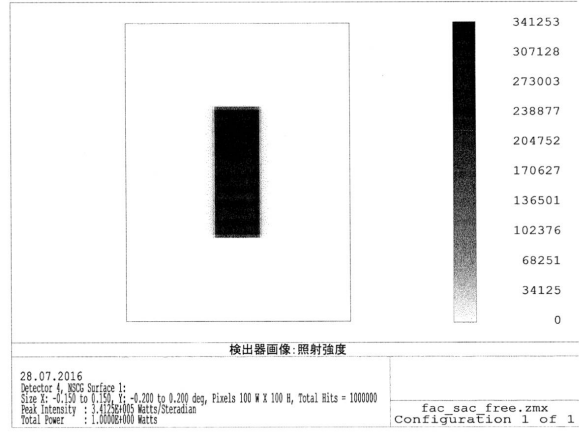


FIG 4

10

【図 5 a】

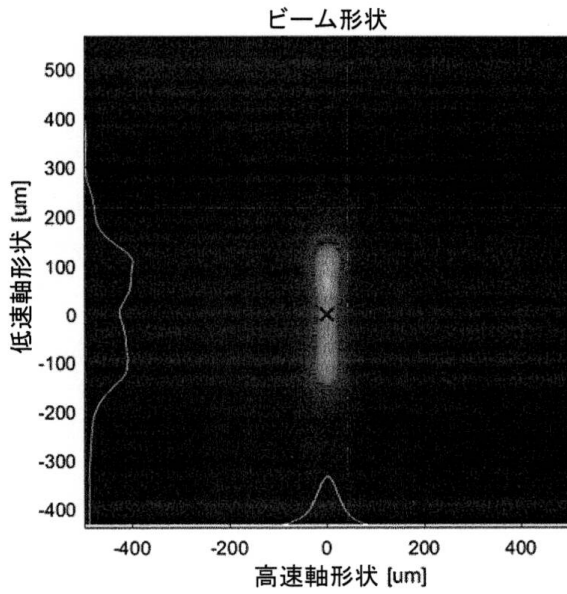


FIG 5a

【図 5 b】

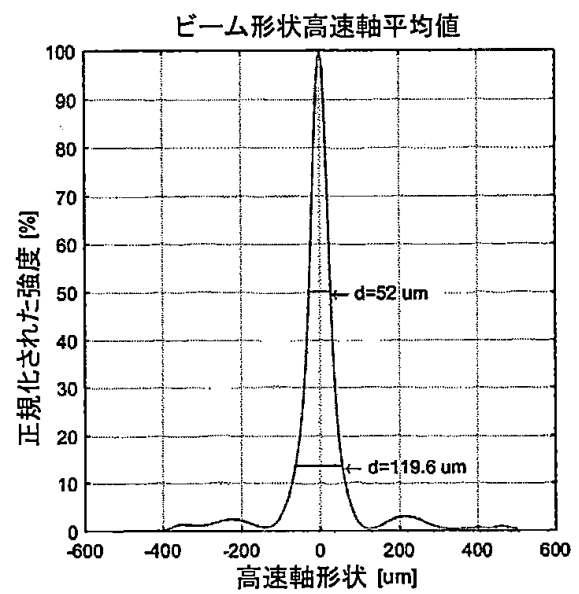


FIG 5b

20

30

40

50

【図 5 c】

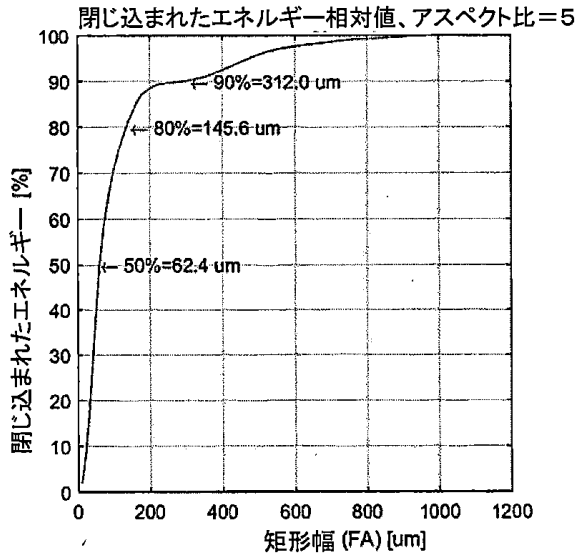


FIG 5c

【図 6 a】

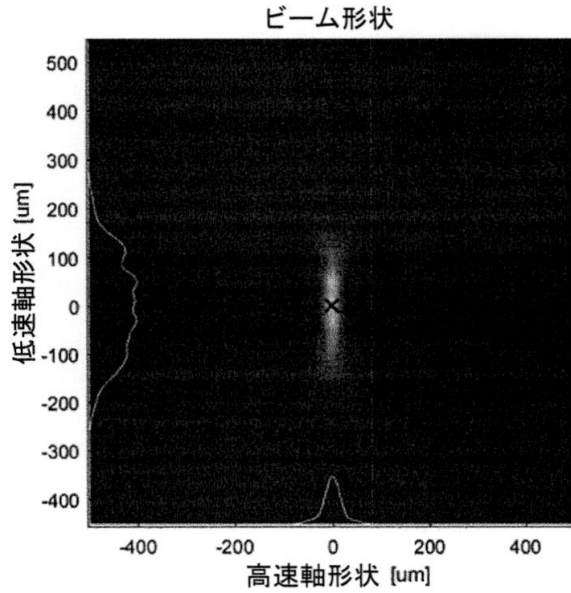


FIG 6a

【図 6 b】

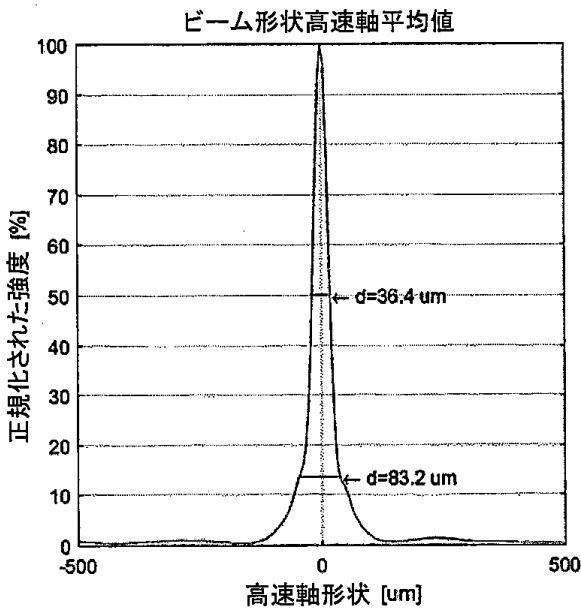


FIG 6b

【図 6 c】

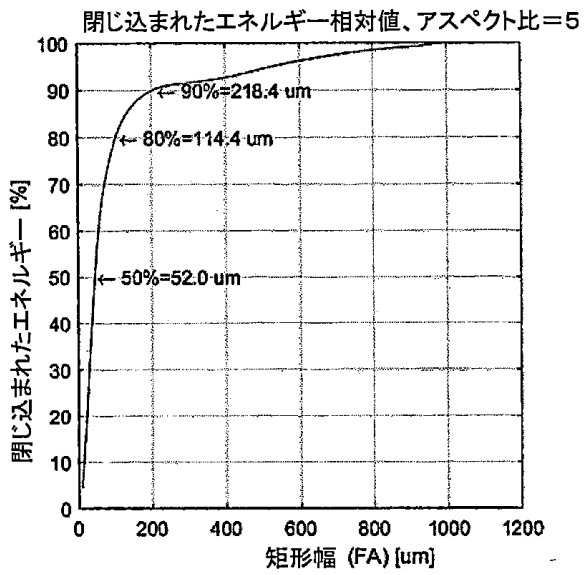


FIG 6c

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 1 S 5/02253(2021.01) F I H 0 1 S 5/02253

(72)発明者 フォーラー, マルティン

スイス、9050 アッペンツェル、ハウプトガッセ、17

(72)発明者 フーバー, ミハエル

スイス、9014 ザンクト・ガレン、ツバイブルッゲンミューレシュトラッセ、13

審査官 堀井 康司

(56)参考文献

特開平06-274931(JP, A)

特開2004-191479(JP, A)

米国特許第06195208(US, B1)

中国特許出願公開第102162932(CN, A)

米国特許出願公開第2016/0274368(US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8

G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4

G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4

G 0 2 B 3 / 0 6

G 0 2 B 2 7 / 0 9

G 0 2 B 2 7 / 3 0

H 0 1 S 5 / 0 2 2 5 3