

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5740654号  
(P5740654)

(45) 発行日 平成27年6月24日 (2015. 6. 24)

(24) 登録日 平成27年5月15日 (2015. 5. 15)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 6/42 (2006. 01)  
G O 2 B 6/02 (2006. 01)G O 2 B 6/42  
G O 2 B 6/02 4 2 1

請求項の数 26 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2012-550122 (P2012-550122)  
 (86) (22) 出願日 平成23年1月20日 (2011. 1. 20)  
 (65) 公表番号 特表2013-518299 (P2013-518299A)  
 (43) 公表日 平成25年5月20日 (2013. 5. 20)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/021931  
 (87) 国際公開番号 W02011/091170  
 (87) 国際公開日 平成23年7月28日 (2011. 7. 28)  
 審査請求日 平成25年12月20日 (2013. 12. 20)  
 (31) 優先権主張番号 61/297, 700  
 (32) 優先日 平成22年1月22日 (2010. 1. 22)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 514200811  
 トゥーリックス レイザー エンタープ  
 ライズ ゲーエムベーハー  
 スイス国 ツェーハー 8045 チュー  
 リッヒ、ビンツシュトラッセ 17  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉  
 (74) 代理人 100133400  
 弁理士 阿部 達彦  
 (72) 発明者 サンーキ・パク  
 アメリカ合衆国・アリゾナ・85747・  
 ツーソン・サウス・エジプシャン・ドライ  
 ヴ・8333

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠視野ファイバ結合放射の均質化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の直線的に間隔を置かれた発光体であり、複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを、中心発光体の中心出力軸について対称的に分布されるそれぞれの発光体の出力軸に沿って、それぞれ生成するように構成された、複数の直線的に間隔を置かれた発光体と、前記複数の発光体に動作可能に結合され、前記発光体からの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを合焦するように構成された合焦光学部品と、

前記合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含み、前記中心発光体の前記中心出力軸に実質的に平行に配置される縦軸を含む透過コアを含む光導管であり、前記入力表面が、

それぞれのファセット表面の各々と前記縦軸に垂直な面との間で測定され、前記光導管に入射する合焦された複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームによって画定される面内に実質的に存在し、およそ

$$1/4(n-1)$$

の大きさを含む入力角度を形成するタガネ様形状の2つのファセットを含み、ここで、 $1$ は前記合焦光学部品と前記光導管の入力部との間のビームの隣接する発光体ビーム軸間に形成される角度であり、 $n$ は前記透過コアの屈折率である、光導管と、を含む光学システム。

【請求項 2】

各ビームをその軸のまわりに約80度から約100度回転させるように構成されるビー

ムリフォーミング光学部品をさらに含む請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 3】

前記合焦光学部品と前記光導管の前記入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される前記角度が、隣接する発光体間のピッチを前記合焦光学部品の焦点距離で除算したものに実質的に等しい請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 4】

前記ファセットが凸状タガネ様形状を含む請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 5】

前記ファセットが凹状タガネ様形状を含む請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 6】

前記入力角度が約 0 . 8 度から約 2 度である請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 7】

前記複数の直線的に間隔を置かれた発光体が、直線アレイに配置された複数のレーザダイオードを含むレーザ発光体棒状物を含む請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 8】

前記レーザ発光体棒状物が約 3 個から約 15 個の発光体を含む請求項 7 に記載の光学システム。

【請求項 9】

前記光導管が、透過コアを含む光ファイバを含む請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 10】

前記光ファイバの前記透過コアが固体材料を含む請求項 9 に記載の光学システム。

【請求項 11】

前記透過コアの前記固体材料がガラスを含む請求項 10 に記載の光学システム。

【請求項 12】

前記光ファイバが多モード光ファイバを含む請求項 9 に記載の光学システム。

【請求項 13】

前記複数の発光体がすべて実質的に同じ波長で光を放出する請求項 1 に記載の光学システム。

【請求項 14】

前記複数の発光体が約 350 nm から約 2000 nm の間の波長で光を放出する請求項 13 に記載の光学システム。

【請求項 15】

複数の直線的に間隔を置かれた発光体であり、複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを、中心発光体の中心出力軸について対称的に分布されるそれぞれの発光体の出力軸に沿って、それぞれ生成するように構成された、複数の直線的に間隔を置かれた発光体と、前記複数の発光体に動作可能に結合され、前記発光体からの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを合焦するように構成された合焦光学部品と、

前記合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含み、前記中心発光体の前記中心出力軸に実質的に平行に配置される縦軸を含む透過コアを含む光導管であり、前記入力表面が、

それぞれのファセット表面の各々と前記縦軸に垂直な面との間で測定され、およそ

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを含む入力角度を形成する凸状ピラミッド形状の 4 つのファセットを含み、ここで、 $\theta_1$  は前記合焦光学部品と前記光導管の入力部との間のビームの隣接する発光体ビーム軸間に形成される角度であり、 $n$  は前記透過コアの屈折率である、光導管と、を含む光学システム。

【請求項 16】

各ビームをその軸のまわりに約 80 度から約 100 度回転させるように構成されるビームリフォーミング光学部品をさらに含む請求項 15 に記載の光学システム。

【請求項 17】

10

20

30

40

50

前記合焦光学部品と前記光導管の前記入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度が、隣接する発光体間のピッチを前記合焦光学部品の焦点距離で除算したものに実質的に等しい請求項 1 5 に記載の光学システム。

【請求項 1 8】

前記入力角度が約 0 . 8 度から約 2 度である請求項 1 5 に記載の光学システム。

【請求項 1 9】

前記複数の直線的に間隔を置かれた発光体が、直線アレイに配置された複数のレーザダイオードを含むレーザ発光体棒状物を含む請求項 1 5 に記載の光学システム。

【請求項 2 0】

前記レーザ発光体棒状物が約 3 個から約 1 5 個の発光体を含む請求項 1 9 に記載の光学システム。 10

【請求項 2 1】

前記光導管が、透過コアを含む光ファイバを含む請求項 1 5 に記載の光学システム。

【請求項 2 2】

前記光ファイバの前記透過コアが固体材料を含む請求項 2 1 に記載の光学システム。

【請求項 2 3】

前記透過コアの前記固体材料がガラスを含む請求項 2 2 に記載の光学システム。

【請求項 2 4】

前記光ファイバが多モード光ファイバを含む請求項 2 1 に記載の光学システム。

【請求項 2 5】 20

前記複数の発光体がすべて実質的に同じ波長で光を放出する請求項 1 5 に記載の光学システム。

【請求項 2 6】

前記複数の発光体が約 3 5 0 n m から約 2 0 0 0 n m の間の波長で光を放出する請求項 2 5 に記載の光学システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

[ 関連出願 ]

本出願は、参照により全体が本明細書に組み込まれる、サンキ パク (Sang-Ki Park) らによって、2 0 1 0 年 1 月 2 2 日に出願され、代理人整理番号 O C L - 0 3 0 3 - P V を付与された「遠視野ファイバ結合放射の均質化」(HOMOGENIZATION OF FAR FIELD FIBER COUPLED RADIATION) という名称の米国仮特許出願第 6 1 / 2 9 7 , 7 0 0 号の優先権を米国特許法第 1 1 9 ( e ) 条の下で主張するものである。 30

【0 0 0 2】

光導管からの均質な遠視野ビーム出力を維持しながらレーザエネルギーを光導管に効率的に結合するために使用することができる光学システムおよびその構成要素が開示される。いくつかの実施形態は、より具体的には、複数の個別の発光体からの光ファイバ結合放射の遠視野ビーム均質化に関する。

【背景技術】 40

【0 0 0 3】

光エネルギー、実施形態によって、レーザエネルギーを必要とする用途は、レーザエネルギー源として、一般に入手可能であり、動作に信頼性があり、比較的費用対効果の大きいレーザダイオードなどの固体光源の使用から利益を得ることができる。そのようなデバイスは、単一の棒状物に複数のレーザ発光体を含み、各々は実質的に平行な方位にレーザ光を同時に放出することができる。さらに、多数の固体またはレーザ発光体棒状物は、いくつかの事例ではさらに高いパワーレベルを生成させるために積み重ね形状で配置することができる。レーザダイオード棒状物は、多くの場合、通信技術デバイスと、医用用途と、軍用途などの他の用途とで使用される。これらの用途のものも、そうでないものも、単一の固体発光体棒状物または積み重ね形状の多数の棒状物のすべての発光体の出力を 50

単一の光ファイバまたは他の光導管に結合することが望ましいことがある。

【 0 0 0 4 】

状況によっては、直線アレイの多数の個別の発光体からのレーザ放射を光導管に結合すると、光導管から放出された遠視野パターンに光導管からの非均質出力がもたらされることがある。そのような非均質遠視野パターンは、光導管の縦方向入力軸に対する光導管に結合される多数の発光体の個別の角度分布に起因することがある。これは、光学システムの光学構成要素のうちの少なくともいくつかを通して伝搬する間、各ビームを隣接するビームから隔てる必要がある光学システムの実施形態で特に当てはまることがある。いくつかのシステムでは、離隔は隣接するビーム間の間隙を含み、それが、光導管への各ビームまたはビームの組の個別の送り込み角をもたらし得ることがある。光導管への個別の送り込み角により、光導管からの放出の非均質な遠視野パターンが生成される。このタイプの遠視野パターンは低い強度の領域を含み、低い強度の領域は遠視野における光の結合または送出を非効率にすることがある。さらに、このタイプの遠視野パターンは高い強度の領域またはホットスポットを含むことがあり、それは、遠視野ビームが相互作用する材料に損傷を引き起こすことがある。

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

必要とされているものは、光導管の出力に対して均質または実質的に均質な遠視野ビーム分布を生成させるための方法およびデバイスである。より具体的には、必要とされているものは、個別の送り込み角を有する多数のビームをもつ入力光源から、光導管からの均質な遠視野ビームパターンを生成するための方法およびデバイスである。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された直線アレイの複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力ビーム軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬する。光対称軸を有し、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなければ集光するように構成される合焦光学部品をシステムはさらに含むことができる。合焦光学部品は、合焦光学部品の光対称軸が、中心出力軸から複数の発光体のピッチの約 8 分の 1 から複数の発光体のピッチの約 8 分の 3 変位されるように横方向にシフトすることができる。光学システムは、光導管の入力表面が合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合されるように位置づけられる光導管をさらに含むことができる。いくつかの事例では、システムは、各ビームをその軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品を含むことができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

30

【 0 0 0 7 】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された直線アレイの複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力ビーム軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬することができる。発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなければ集光するように構成される合焦光学部品をシステムはさらに含むことができる。合焦光学部品は、中心出力軸に位置合わせされた、または実質的に位置合わせされた光対称軸を含む。システムは、透過コアを有する光導管をさらに有する。光導管の透過コアは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含む。透過コアは、中心ビーム出力軸に対してある傾斜角で配置された縦軸をさらに含む。傾斜角は光導管に入射する複数のビームによって画定される面内に実質的に存在することができる。傾斜角は、合焦光学部品と光導管の入力部との間に配

40

50

置されたビームの隣接する発光体ビーム軸間で形成される角度の約 2 分の 1 の大きさを有することができる。いくつかのシステムの実施形態は、各ビームをそのビームの縦軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品をさらに含む。いくつかの実施形態では、合焦光学部品と光導管の入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度は、隣接する発光体間のピッチを合焦光学部品の焦点距離で除算したものと実質的に等しくすることができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

【0008】

光学システムのいくつかの実施形態は、直線アレイの複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。発光体は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成することができる。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するように構成されうる。システムは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含む透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。透過コアは、中心発光体の中心出力軸に実質的に平行に配置される縦軸を含む。入力表面は、透過コアの縦軸に垂直な面を基準にした入力角度をさらに含む。入力角度は、光導管に入射する複数のビームによって画定される面内に実質的に存在し、およそ

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを有することができ、ここで、 $\theta_1$  は合焦光学部品と光導管の入力部との間のビームの隣接する発光体ビーム軸間に形成される角度であり、 $n$  は透過コアの屈折率である。いくつかの事例では、システムは、各ビームを各ビームの縦軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品をさらに含む。いくつかの実施形態では、合焦光学部品と光導管の入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度は、隣接する発光体間のピッチを合焦光学部品の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

【0009】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するように構成される。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなければ集光するように構成されうる。システムは、透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。透過コアは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含むことができる。透過コアは、中心発光体の中心出力軸に実質的に平行に配置される縦軸をさらに含むことができる。入力表面は、それぞれのファセット表面の各々と透過コアの縦軸に垂直な面との間で測定される入力角度を形成するタガネ様形状の 2 つのファセットを含む。入力角度は、光導管に入射する複数のビームによって画定される面内に実質的に存在し、およそ

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを有することができ、ここで、 $\theta_1$  は合焦光学部品と光導管の入力部との間のビームの隣接する発光体ビーム軸間に形成される角度であり、 $n$  は透過コアの屈折率である。ある実施形態では、入力表面の 2 つのファセットは凸形状を有し、他の実施形態では、透過コアの入力表面の 2 つのファセットは凹形状を有する。いくつかの実施形態では、システムは、各ビームを各ビームの縦軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品をさらに含むことができる。いくつかの実施形態では、合焦光学部品と光導

10

20

30

40

50

管の入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度は、隣接する発光体間のピッチを合焦光学部品の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

#### 【0010】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するように構成される。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなければ集光するように構成されうる。システムは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面をもつ透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。光導管の透過コアは、中心発光体の中心出力軸に実質的に平行に配置することができる縦軸を有する。入力表面は、それぞれのファセット表面の各々と透過コアの縦軸に垂直な面との間で測定される入力角度を形成する凸状トロカール様形状の4つのファセットを含む。入力角度は、およそ

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを有することができる、 $\theta_1$ は合焦光学部品と光導管の入力部との間のビームの隣接する発光体ビーム軸間に形成される角度であり、 $n$ は透過コアの屈折率である。いくつかの実施形態では、システムは、各ビームを各ビームの縦軸のまわりに約80度から約100度、より具体的には、約88度から約92度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品を含むことができる。いくつかの実施形態では、合焦光学部品と光導管の入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度が、隣接する発光体間のピッチを合焦光学部品の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

#### 【0011】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するように構成される。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなければ集光するように構成されうる。システムは、透過コアをもつ光導管をさらに含む。透過コアは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を有する。入力表面は、入力表面に実質的に中心をもつ頂点を有する丸形形状を含む。いくつかの実施形態では、システムは、各ビームを各ビームの縦軸のまわりに約80度から約100度、より具体的には、約88度から約92度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品を含むことができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。いくつかの事例では、透過コアの入力表面の丸形形状は実質的に球状とすることができ、約0.4 mmから約1.2 mmの曲率半径を有することができる。

#### 【0012】

光学システムのいくつかの実施形態は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体を含む。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するように構成されうる。システムは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含む透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。光導管の入力表面は、入力表面に実質的に中心をもつ円柱レンズ要素を含む。入力表面は、光導管に入射するビームによって画定される面内に実質的に存在する曲率半径をさらに有

10

20

30

40

50

する。いくつかの実施形態では、円柱レンズ要素は凸形状を有し、いくつかの実施形態では、円柱レンズ要素は凹形状を有する。円柱レンズ要素の曲率半径は、いくつかの事例では、約 0.2 mm から約 1.5 mm とすることができる。いくつかの実施形態では、システムは、各ビームを各ビームの縦軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品をさらに含むことができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

#### 【0013】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。出力ビームは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するように構成することができる。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなくば集光するように構成されうる。システムは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を含む透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。光学シフト要素が、複数の発光体と合焦光学部品との間に一般に配置されうる。光学シフト要素は中心出力ビーム軸の一方の側にある出力ビームの光軸を屈折およびシフトするように構成することができる。システムのいくつかの実施形態は、各ビームをそのビームの縦軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度だけ回転させるように構成されたビームリフォーミング光学部品をさらに含むことができる。光学シフト要素のいくつかの実施形態は、出力表面に平行な入力表面を有する透過材料のブロックを含む。光学シフト要素は透過材料のくさびをさらに含むことができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。

#### 【0014】

光学システムのいくつかの実施形態は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビームを生成するように構成された複数の等しく直線的に間隔を置かれた発光体を含む。ビームは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸に沿って伝搬するように構成することができる。合焦光学部品は、複数の発光体に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビームを合焦するか、またはさもなくば集光するように構成されうる。システムは、合焦光学部品の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面を有する透過コアを有する光導管をさらに含むことができる。光学システムは、複数の直線的に間隔を置かれた発光体と合焦光学部品との間の光学システムの光学トレイン内に機能する構成で配置される望遠鏡アレイをさらに含むことができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ、遅軸コリメータ、または両方をさらに含む。そのような実施形態では、望遠鏡アレイは、速軸コリメータと合焦光学部品との間に配置することができる。いくつかの事例では、望遠鏡アレイは、光学システムのオプションのビームリフォーミング光学部品と遅軸コリメータとの間に配置することができる。いくつかの実施形態では、したがって、望遠鏡アレイは、オプションのビームリフォーミング要素または光学部品のすぐ隣に配置することができる。望遠鏡アレイは、ビームを光導管に合焦する前に、レーザ発光体棒状物からの各ビームを拡大して、隣接するビームに接触させるか、または重ね合わせるように構成することができる。各ビームの拡大は、個々のビームの大幅なまたは著しい発散または収束を加えることなしに望遠鏡要素によって達成することができる。いくつかの実施形態では、システムは、各ビームをその軸のまわりに約 80 度から約 100 度、より具体的には、約 88 度から約 92 度回転させるように構成することができるビームリフォーミング光学部品を含むことができる。いくつかの実施形態では、望遠鏡アレイは、複数の直線的に間隔を置かれた発光体と実質的に同じピッチを有するケブラー望遠鏡のアレイを含むことができる。いくつかの実施形態では、望遠鏡アレイは、

10

20

30

40

50

複数の直線的に間隔を置かれた発光体と実質的に同じピッチを有するガリレイ望遠鏡のアレイを含むことができる。

【 0 0 1 5 】

実施形態のこれらの特徴は、添付の例示的な図面に関連して行われる以下の詳細な説明からより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】光ファイバからの遠視野ビーム出力パターンの概略表示の図である。

【図 1 A】レーザ発光体棒状物の実施形態の斜視図である。

【図 2】多数の発光体を光導管に結合するための光学システムの上面図である。

10

【図 3】図 2 の光学システムの正面図である。

【図 3 A】ビームリフォーミング光学部品の一実施形態の正面図である。

【図 3 B】図 3 A のビームリフォーミング光学部品の斜視図である。

【図 4】合焦レンズが中心ビームを基準にして中心対称形状で配置された多数の平行ビームをもつ光学システムの概略図である。

【図 4 A】図 4 の線 4 A - 4 A に沿って切り取った図 4 の光ファイバの横断面図である。

【図 5】合焦レンズが多数の平行ビームの横ピッチの約 2 分の 1 だけ横方向にシフトされた、多数の平行ビームをもつ図 4 の光学システムの概略図である。

【図 5 A】合焦レンズが多数の平行ビームの横ピッチの約 4 分の 1 だけ横方向にシフトされた、多数の平行ビームをもつ図 4 の光学システムの概略図である。

20

【図 6】多数の平行ビームが、多数の平行ビームの光軸に対して傾けられた縦軸を有する光ファイバに合焦される光学システムの概略図である。

【図 7】光ファイバの縦軸に対して非垂直である斜めの入力表面を有する光ファイバの正面図である。

【図 7 A】図 7 の線 7 A - 7 A に沿って切り取った図 7 の光ファイバの横断面図である。

【図 8】空气中を伝搬し、光ファイバの縦軸に垂直である光ファイバ入力表面に入射するビームの屈折の光線追跡を示す図である。

【図 9】空气中を伝搬し、光ファイバの縦軸に垂直である面に対して角度  $\theta$  を形成する光ファイバ入力表面に入射するビームの屈折の光線追跡を示す図である。

【図 1 0】凸状タガネ形入力表面を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

30

【図 1 1】図 1 0 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 1 2】凹状タガネ形入力表面を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 1 3】図 1 2 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 1 4】4 つのファセットをもつピラミッド形入力表面を有する光ファイバの端面図であり、正方形の入射ビームの輪郭が入力表面に示される。

【図 1 5】図 1 4 の光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 1 6】4 つのファセットをもつピラミッド形入力表面を有する光ファイバの端面図であり、正方形の入射ビームの輪郭が入力表面に示される。

【図 1 7】図 1 6 の光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 1 8】凸状球形入力表面形状を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

40

【図 1 9】図 1 8 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 2 0】凹状球形入力表面形状を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 2 1】図 2 0 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 2 2】凸状円柱レンズ化入力表面形状を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 2 3】図 2 2 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 2 4】凹状円柱レンズ化入力表面形状を有する光ファイバの入力部分の正面切断図である。

【図 2 5】図 2 4 の光ファイバの入力表面の端面図である。

【図 2 6】パターンの高い強度の環状領域のシフト方向を示す光ファイバからの遠視野ビ

50



ーム出力パターンの概略表示の図である。

【図 27】パターンの高い強度の環状領域のシフト方向を示す光ファイバからの遠視野ビーム出力パターンの概略表示の図である。

【図 28】多数の平行ビームを結合し、中心ビームまたはシステムの光軸の一方の側に配置されたビームの位置を側方向にシフトさせるのに使用される光学要素を含む光学システムの側面図である。

【図 29】ケプラー型望遠鏡要素のアレイを示す図である。

【図 30】単一のケプラー型望遠鏡要素を通過することによって横方向に拡大されるビームの光線追跡を示す図である。

【図 31】単一のガリレイ型望遠鏡要素を通過することによって横方向に拡大されるビームの光線追跡を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本明細書で説明する実施形態は、1つまたは複数の発光体の中に配置されているレーザー発光体棒状物またはチップなどの多数の発光体の出力を扱うための方法およびデバイスに関する。本明細書で説明する実施形態は、さらに、光ファイバなどの光導管にレーザー発光体棒状物の出力を結合するための方法およびデバイスに関する。多数の発光体の出力ビームを光導管に結合するのに有用であるいくつかの光学システムの実施形態はビームリフォーマッティング光学部品 (beam reformatting optic) を含むことができる。そのような光学システムのいくつかの実施形態は、各発光体からの各ビームを個々に回転させるか、または他のなんらかのリフォーマッティング機能を行なうビームリフォーマッティング光学部品を含むことができる。そのような実施形態では、ビームが光学システムの光学トレインの少なくとも1つの部分を通して伝搬するとき、各ビーム間の空間離隔を維持することが望ましいことがある。光学システムのビームが光導管への送り込みの際に隣接するビームから隔てられる場合、各ビームまたはビームの組の個別の送り込み角は光導管の出力の遠視野パターンに非均質出力分布をもたらすことがある。

【0018】

図1は、多モード光ファイバの形態の光導管の出力からの遠視野パターン10の一実施形態を示す。図示の遠視野パターン10は、5つのそれぞれの発光体を有するレーザー発光体棒状物の5つの発光体の出力ビームを結合した結果である。遠視野パターン10の高い強度の中心領域12はレーザー発光体棒状物の中心発光体の出力ビームに対応する。レーザー発光体棒状物の中心発光体は、ビームを光導管に結合する光学システムの光軸に位置合わせすることができる。中心領域12のまわりに配置された高い強度の第1のリング14は、中心ビームに隣接する2つのビーム、すなわち、中心+1のビームおよび中心-1のビームから生成される。中心発光体を基準にして対称な光軸を有する光学システムでは、中心ビームに隣接する各ビームは、光ファイバへの同様の送り込み角を有することができる、第1の高い強度のリング14をもたらす。同様に、高い強度の第1のリング14のまわりに配置されているが、それから隔てられている高い強度の光の第2のリング16は、レーザー発光体棒状物からの外側のビーム対から生成される。そのビーム対は、そのようなシステムの5つのビームのうちの最大の大きさの送り込み角を有する。再度、最も外側のビーム、すなわち、中心+2および中心-2のもの各々は光ファイバへの同様の送り込み角を有し、第2の高い強度のリング16をもたらす。パターン10は、第1の低い強度のリング17および第2の低い強度のリング18を含む。

【0019】

図2および図3は、5つの発光体を有するレーザー発光体棒状物22の出力を光ファイバ24の形態の光導管に結合するための光学システムの実施形態20を示す。図示の光学システム20は、図1Aに示されたレーザー発光体棒状物などのレーザー発光体棒状物22、速軸コリメータ26、遅軸コリメータ28、合焦光学部品32、および光ファイバ24の形態の光導管を含む。システム20はビームリフォーマッティング光学部品34をさらに含む。一般に、光は、レーザー発光体棒状物22の5つの発光体の各々によって生成され、図

10

20

30

40

50

1 Aに示される速軸36に沿って各ビームをコリメートする速軸コリメータ26に伝搬する。次に、各ビームは、それぞれのビームの各々の縦軸のまわりで各ビームを個々に回転させるビームリフォーミング光学部品34を通過する。いくつかの実施形態では、各ビームは約90度回転される。次に、各ビームは遅軸コリメータ28を通過し、遅軸コリメータ28は各ビームをその遅軸に沿って実質的にコリメートする。最後に、5つのビームすべてのアレイの各ビームおよびビームパターンは、一緒に、合焦光学部品32によって、光ファイバ24の入力表面37に合焦されるか、またはさもなければ集光される。速軸コリメータ26および遅軸コリメータ28は、図2および図3のシステムで示されるように、各ビームを回転させるビームリフォーミング光学部品を含むシステムの同じ面に屈折力を働かせるように構成することができることに留意すべきである。さらに、速軸コリメータ26は、速軸コリメータに入射する出力ビームの形状に応じて単一の光学要素または多数の光学要素を含むことができる。同じことが遅軸コリメータ28に当てはまる。図2および図3に示されたシステムの実施形態20では、速軸コリメータ26および遅軸コリメータ28の両方は、出力ビームアレイの端から端まで延び、有効である単レンズユニットである。

10

#### 【0020】

レーザ発光体棒状物22に関して、図1Aは、互いに実質的に平行なビーム46である光軸44を有する総数5つの発光体42を含む出力表面38を有するレーザ発光体棒状物22を示す。本明細書で説明される光学システムの実施形態は、一般に、単一の発光体棒状物での使用に関するが、2つ、3つ、4つ、5つ、またはそれを超えるレーザ発光体棒状物22の積み重ねアレイをいくつかの実施形態で 사용할 ことができる。レーザ発光体棒状物22の発光体42は、図1Aの矢印48で示されるように、発光体の遅軸方向に沿って実質的に直線的な並びで配置される。発光体の速軸方向は遅軸方向に垂直であり、図1Aの矢印36で示される。発光体は、遅軸方向48および速軸方向36の両方に垂直とすることができる放出またはビーム軸44に沿って伝搬する出力ビーム46の光エネルギーを放出するように位置づけられるか、またはさもなければ構成される。図1Aに示された矢印36で示された速軸方向および矢印48で示された遅軸方向はレーザ発光体棒状物22のすぐ隣のビームに適用可能であることに留意すべきである。ビームを回転させるものなどのビームリフォーミング光学部品を含むシステムの実施形態では、これらの軸の一方または両方の方位は光学システム内の場所に応じて変化させることができる。

20

30

#### 【0021】

レーザ発光体棒状物の実施形態22は、約1個の発光体から約100個の発光体、より詳細には、約3個の発光体から約12個の発光体などの任意の好適な数の発光体を有することができる。いくつかの実施形態では、約5個の発光体42を有する各レーザ発光体棒状物22は、約5ワット(W)から約90W、より具体的には、約15Wから約70W、さらにより具体的には、約20Wから約30Wの出力パワーを有することができる。発光体42は、端面発光レーザダイオード、垂直共振器面発光レーザ(VCSL)などのようなレーザダイオードを含むことができる。レーザ発光体棒状物22の発光体42の材料は、GaAs、InP、または任意の他の好適なレーザ利得媒体などの半導体材料を含むことができる。

40

#### 【0022】

一般に、発光体の実施形態42のレーザダイオードの実施形態の放出開口は形状において長方形とすることができ、発光体の長寸法は典型的には数十または数百ミクロンのサイズを有し、一方、短寸法は典型的にはサイズにおいて1から数ミクロンである。発光体42から出て来る放射は発散し、発散角は短い発光体方向に沿ってより大きい。発散角は長い発光体方向の方向でより低い。発光体42のいくつかの実施形態は、約30ミクロンから約300ミクロン、より具体的には、約50ミクロンから約200ミクロンの物理的な幅を有することができ、発光体は約1ミクロンから約3ミクロンの高さとすることができる。いくつかの発光体の実施形態42は、約0.5mmから約10mm、より具体的には、約1mmから約7mm、さらにより具体的には、約3mmから約6mmの共振器長(ca

50

vity length)を有することができる。そのような発光体の実施形態42は、遅軸方向に約2度から約14度、より具体的には、約4度から約12度の光エネルギー出力の発散、および速軸方向に約30度から約75度の光エネルギー出力の発散を有することがある。

#### 【0023】

レーザ発光体棒状物22のいくつかの実施形態は、約700nmから約1500nm、より具体的には、約800nmから約1000nmの波長を有する光エネルギーを放出する発光体42を有することができる。発光体42は、近赤外スペクトルにわたる波長を含む約300nmから約2000nm、より具体的には、約600nmから約1000nmの重心またはピーク波長を有する光を放出することができる。有用な発光体42のいくつかの特定の実施形態は、約350nmから約550nm、600nmから約1350nm、または約1450nmから約2000nmのピーク波長で光を放出することができる。そのようなレーザダイオード棒状物22はパルスモードまたは連続波モードのいずれかで動作することができる。しばしば、波長制御(例えば、体積屈折率回折格子などからの波長依存フィードバックを行うことによる波長制御)が行われない個々の発光体42の出力スペクトルバンドは、約0.5nmから約2.0nm、またはそれを超えることがありうる。個々の発光体42の各々のスペクトルバンドに加えてピーク放出波長の変動により、いくつかの実施形態では、レーザ発光体棒状物の全体的な帯域幅は約2nmから約5nmとなることがある。

#### 【0024】

ビームリフォーミング光学部品34に関して、図3Aは、屈折オフセット円柱レンズアレイ34の形態のそのような光学部品の一実施形態を示す。レンズアレイ34は図2および図3の光学システム20に含まれ、レーザ発光体棒状物22の各発光体42からの個別のビーム46の各々を90度回転させるように構成される。図3Bは屈折オフセット円柱レンズアレイ34の斜視図である。光学部品34は対角線の向きの円柱レンズ52の対置する対のアレイを含む。ビームリフォーミング光学部品34の各対置する対のレンズ52は、システム20のレーザ発光体棒状物22の個々の発光体42の側方向離隔、すなわちピッチと実質的に同じ側方向離隔、すなわちピッチ54を有することができる。屈折ビームリフォーミング光学部品は、ガラス、石英、シリカなどのような任意の好適な光学材料から製作することができる。各対置する対のレンズ52間に配置される透過ブロック56は、任意の対置する対称な対の円柱レンズ要素52が透過ブロック56の本体内の同じ点あるいは線に合焦するように大きさを合わせることができる。そのような形状は、出力ビーム46の速軸および遅軸を逆にするように約90度だけビーム46の縦軸44のまわりに入射出力ビーム46を回転させるように調整することができる。個々の出力ビーム46を回転すると、速軸と遅軸との間で対称なビーム生成物およびビームプロファイルを達成するのに有用であり、輝度を維持しながら出力ビーム46の後続の合焦または集中をしやすくすることができる。ビームリフォーミング光学部品34の円柱レンズ要素52の傾きまたは角度方位は、図3Aの矢印58によって示されるように、約40度から約50度の角度に設定することができる。

#### 【0025】

上述で説明したように、レーザ発光体棒状物22の各発光体42は個別のビーム46を放出し、それは速軸コリメータによって速軸に沿って実質的にコリメートされる。その後、各ビームは、各ビームの光軸のまわりに約80度から約100度、より具体的には、約88度から約92度回転するためにビームリフォーミング光学部品34のそれぞれのレンズ対を通過する。出力ビーム46がビームリフォーミング光学部品34を通過した後、遅軸コリメータ28を通過する。出力ビーム46の速軸および遅軸はビームリフォーミング光学部品34によって逆にされているので、ビームリフォーミング光学部品34の後ろに配置された遅軸コリメータ28は、シングレット円柱レンズとすることができる。遅軸コリメータ28は個々のビーム46の各々を遅軸方向に沿って実質的にコリメートする。遅軸コリメータ28を透過した後、実質的にコリメートされたビーム46は各々合焦光学部品32に伝搬する。

## 【 0 0 2 6 】

合焦光学部品 3 2 は、実質的にコリメートされたビーム 4 6 を領域または焦点に合焦するか、またはさもなければ集光するように構成される単レンズまたは複合光学系を含むことができ、それゆえ、実質的にコリメートされたビーム 4 6 は光導管または光ファイバ 2 4 の入力表面 3 7 に誘導されうる。図示の光導管は光ファイバ 2 4 を含み、光ファイバ 2 4 は、非晶質コア材料と、コア材料の屈折率よりも低い屈折率を有する非晶質クラッド材料とを有する多モード光ファイバとすることができる。中実材料の多モード光ファイバの実施形態 2 4 が示されているが、任意の他の好適な光導管を使用することができる。特に、光導管は、単一モード光ファイバ、中空導波路、結晶光ファイバ、高分子光ファイバなどを含むことができる。ビームリフォーミング光学部品 3 4 はビーム 4 6 間で重なり合いまたは接触なしに各ビームに個別に作用するので、合焦光学部品 3 2 に入射する各ビームは、接触または重なり合いなしに依然として個別とすることができる。そのため、各ビーム 4 6 または対称な対の対置されたビームは合焦光学部品 3 2 によって合焦され、個別の角度で光ファイバ 2 4 の入力表面 3 7 に送り込まれることになる。次に、この構成は、光ファイバ 2 4 の出力表面（図示せず）からの遠視野放出パターン 1 0 に、図 1 のパターン 1 0 によって示されたようなビーム強度分布を生成することがある。これは、中心ビームの光軸 4 4 が合焦レンズ 3 2 の光軸と実質的に位置合わせされている図示の実施形態で特に当てはまる。

10

## 【 0 0 2 7 】

図 1 の非均質遠視野パターン 1 0 は、光ファイバ 2 4 の高強度の出力を使用する方法によっては様々な理由で望ましくないことがある。上述で説明したように、このタイプの遠視野パターン 1 0 は低い強度の領域 1 7 および 1 8 を含み、それらは遠視野における光の結合または透過を非効率にすることがある。さらに、このタイプの遠視野パターン 1 0 は高い強度の領域 1 4 および 1 6 またはホットスポットを含み、それらは、遠視野ビームが相互作用する材料に損傷を引き起こすことがある。したがって、用途によっては、図 1 に示される遠視野パターンの分離性をぼかすこともまた望ましいことがある。遠視野パターン 1 0 を実質的に均質化するために、出力パターンの高い強度の部分を出力パターンの低い強度の領域に、またはその逆にシフトすることが望ましいこともある。

20

## 【 0 0 2 8 】

図 4 ~ 図 5 A は、光ファイバ 2 4 から放出される遠視野パターン 1 0 を実質的に均質化するために図 2 および図 3 の光学システム 2 0 で使用することができる合焦レンズ 3 2 および光ファイバ 2 4 の一実施形態を示す。図 4 は、合焦光学部品 3 2 に誘導されるピッチ P を有する 5 つの個別のビーム 4 6 の典型的な実施形態を示す。図 4 の実施形態では、中心ビーム 6 4 の光軸 6 2 は、光ファイバ 2 4 のコア 6 8 の光軸 6 6 と実質的に位置合わせされる。光ファイバはクラッド 7 0 をさらに含むことができ、クラッド 7 0 は図 4 A に示されるようなステップインデックスクラッド（step index cladding）とすることができる。図 2 および図 3 に示されたものと同様のそのような構成は、図 1 で示された非均質遠視野パターン 1 0 を生成することがある。図 5 は、ビーム 4 6 の光軸が個々のビーム 4 6 のピッチ P の約 2 分の 1 だけ合焦レンズ 3 2 および光ファイバ 2 4 の光軸に対して側方向にシフトされている異なる構成を示す。レーザ発光体棒状物 2 2 の出力の中心ビーム 6 4 の光軸 6 2 に対する合焦レンズ 3 2 の光軸の側方向シフトを使用して、光ファイバ 2 4 の遠視野パターン 1 0 をぼかすことができる。図 5 A はこの手法の別の実施形態を示す。図 5 A は、図 2 および図 3 に示された光学システム 2 0 に組み込むことができる合焦光学部品 3 2 および光導管 2 4 を含む。

30

40

## 【 0 0 2 9 】

そのような光学システム 2 0 は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布の発光体 4 2 の出力軸 4 4 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 4 6 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 4 2 を含むことができる。合焦光学部品 3 2 は、光対称軸を含み、発光体 4 2 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 4 6 を合焦するように構成される。光導管 2 4 は、光導管 2 4 の入力表面 3 7 が合焦光

50

学部品 3 2 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合されるように位置づけられる。合焦光学部品 3 2 は、さらに、合焦光学部品の光対称軸が中心ビームの中心出力軸から複数の発光体 4 2 のピッチの約 8 分の 1 から複数の発光体 4 2 のピッチの約 8 分の 3 変位されるように横方向にシフトされる。いくつかの実施形態では、合焦光学部品 3 2 は中心出力軸から複数の発光体 4 2 のピッチ P の約 4 分の 1 横方向にシフトされる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸 4 4 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 2 6、遅軸コリメータ 2 8、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 2 6 は、各発光体 4 2 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 2 8 は、各発光体 4 2 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。速軸コリメータ 2 6 および遅軸コリメータ 2 8 は、図 2 および図 3 のシステムで示されているように、各ビーム 4 6 を回転させるビームリフォーミング光学部品 3 4 を含むシステムの同じ面に屈折力を働かせるように構成することができることに留意すべきである。

10

#### 【0030】

図 6 は、光導管 2 4 の遠視野パターンを均質化するための別の手法を示す。図 6 は、図 2 および図 3 の光学システム 2 0 に組み込むことができる合焦光学部品 3 2 および光ファイバ 2 4 を示す。光学システム 2 0 は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布の発光体 4 2 の出力軸 4 4 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 4 6 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 4 2 を含むことができる。合焦光学部品 3 2 は、発光体 4 2 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 4 6 を合焦するように構成される。合焦光学部品 3 2 は、中心ビームの中心出力軸に位置合わせされた光対称軸をさらに含む。多モード光ファイバ 2 4 の形態の光導管は、合焦光学部品 3 2 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力部を含む透過コアを含む。光導管 2 4 は、中心ビームの中心出力軸 6 2 に対して傾斜角  $\theta$  で配置された縦軸 6 6 をさらに含む。傾斜角  $\theta$  は、合焦光学部品 3 2 および光導管 2 4 に入射するビーム 4 6 によって画定される面に実質的に存在する。いくつかの実施形態では、光導管 2 4 の傾斜角  $\theta$  は、合焦光学部品と光導管の入力部との間の隣接する発光体の軸間で形成される角度  $\theta_1$  の約 2 分の 1 の大きさを有することができる。いくつかの実施形態では、合焦光学部品 3 2 と光導管 2 4 の入力部 3 7 との間の隣接する発光体の軸 4 4 間で形成される角度  $\theta_1$  は、隣接する発光体 4 2 間のピッチ P を合焦光学部品 3 2 の焦点距離で除算したものと実質的に等しくすることができる。

20

30

#### 【0031】

いくつかの事例では、システムの実施形態 2 0 は、ビーム軸 4 4 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 2 6、遅軸コリメータ 2 8、または両方をさらに含むことができる。速軸コリメータ 2 6 は、各発光体 4 2 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 2 8 は、各発光体 4 2 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【0032】

図 7 ~ 図 9 は、個別の発光体ビーム 4 6 に結合された光導管 2 4 の遠視野パターン 1 0 を均質化するための手段の別の実施形態を示す。図 7 ~ 図 9 は、図 2 および図 3 の光学システム 2 0 に組み込むことができる光導管の実施形態 2 4 を示す。光学システム 2 0 は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 4 6 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 4 2 を含むことができる。出力ビーム 4 6 は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 4 2 の出力軸 4 4 に沿って伝搬することができる。合焦光学部品 3 2 は、複数の発光体 4 2 に動作可能に結合され、発光体 4 2 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 4 6 を合焦するように構成される。光導管 2 4 は、合焦光学部品 3 2 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 3 7 を含む透過コア 6 8 を含むことができる。光導管は、光導管 2 4 の中実光ファイバの実施形態ではクラッド 7 0 をさらに含むことができる。光導管 2 4 は、中心発光体の中心出力軸 6 2 に実質的に平行に配置された縦軸 6 6 をさらに含むことができる。入力表面 3 7

40

50

は、光導管 2 4 のコアの縦軸 6 6 に垂直な面を基準にした入力角度  $\theta_1$  をさらに含むことができる。そのような実施形態では、遠視野パターン 1 0 の均質化は、光ファイバ 2 4 の縦軸 6 6 のまわりの光ファイバ 2 4 の適切な回転方位を必要とすることがある。特に、入力角度  $\theta_1$  は、光導管 2 4 および合焦光学部品 3 2 に入射するビーム 4 6 によって画定される面内に実質的に存在することができる。入力角度  $\theta_1$  は、約

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを有することができる。ここで、 $\theta_1$  は合焦光学部品 3 2 と光導管 2 4 の入力 3 7 との間のビーム 4 6 の隣接する発光体ビーム軸 4 4 間に形成される角度であり、 $n$  は光ファイバ 2 4 の透過コアの屈折率である。

#### 【 0 0 3 3 】

10

いくつかの実施形態では、合焦光学部品 3 2 と光導管 2 4 の入力部 3 7 との間の隣接する発光体の軸 4 4 間で形成される角度  $\theta_1$  は、隣接する発光体間のピッチ  $P$  を合焦光学部品 3 2 の焦点距離で除算したものと実質的に等しくすることができる。いくつかの実施形態では、入力角度  $\theta_1$  は約 1 度から約 3 度とすることができる。いくつかのシステムの実施形態 2 0 は、ビーム軸 4 4 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 2 6、遅軸コリメータ 2 8、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 2 6 は、各発光体 4 2 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 2 8 は、各発光体 4 2 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

20

図 8 は、光ファイバの入力表面と入力表面を囲む空気との間の界面で屈折する 2 つの光線またはビーム 4 6 の概略表示を示す。図 8 の表示では、ファイバの入力表面 3 7 は入力角度  $\theta_1$  を有していない。そのため、合焦光学部品 3 2 によってファイバの入力表面 3 7 上に合焦されるビームアレイの中心ビーム 6 4 (光線 0) は、屈折の前後の両方で入力表面 3 7 に実質的に垂直である。光線 0 としても示された中心ビーム 6 4 に隣接するビーム、すなわち、光線 1 として表わされた中心 + 1 のビームは光ファイバの入力表面 3 7 に対して入射角  $\theta_1$  を形成する。一般に、 $\theta_1$  は、上述で説明したように、合焦光学部品 3 2 の前のビームまたは発光体のピッチ  $P$  を合焦光学部品 3 2 の焦点距離で除算したものと等しくすることができる。図 8 に示された実施形態では、光線 0 と光線 1 との間の角度離隔  $\theta_1$  は、図 1 に図示し、上述で説明したような非均質な遠視野パターン 1 0 を生成することがある。

30

#### 【 0 0 3 5 】

図 9 は、光ファイバ 2 4 の入力表面 3 7 と入力表面を囲む空気との間の界面で屈折する 2 つの光線の概略表示である。図 9 に示された実施形態では、光ファイバ 2 4 の入力表面 3 7 は、光ファイバ 2 4 の入力表面 3 7 と光ファイバコア 6 8 の縦軸 6 6 に垂直な面 7 2 との間に角度  $\theta_1$  で傾斜がつけられている。入力角度、光ファイバのコアの材料の屈折率、および図 9 に示された光線 0 および光線 1 の入射角の特定の形状では、光線 0 および光線 1 は、屈折の後で光ファイバ 2 4 の縦軸 6 6 に対して対称である。

#### 【 0 0 3 6 】

光線 0 および光線 1 について、以下の式がスネルの法則によって与えられる。

40

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_0 \quad (1)$$

$$\sin (\theta_1 + \theta_0) = n \sin \theta_1 \quad (2)$$

ここで、 $n$  は光ファイバコア 6 8 の屈折率であり、光ファイバコア 6 8 の入力表面 3 7 のまわりに配置される空気は 1 の屈折率を有する。

#### 【 0 0 3 7 】

式 (1) および (2) は次のように近似することができる。

$$\theta_1 = n \theta_0 \quad (3)$$

$$\theta_1 + \theta_0 = n \theta_1 \quad (4)$$

#### 【 0 0 3 8 】

光線 0 および光線 1 が光ファイバ 2 4 の縦軸 6 6 に対して対称となる上述で説明した状

50

況では、光ファイバ 24 の遠視野出力パターン 10 の中心部分 12 は、暗くなるか、または低い強度になることになる。この形状を達成するには、

$$\theta_0 = \theta_1 \quad (5)$$

である。

【0039】

式(3)～式(5)を組み合わせると、

$$\theta_1 = \theta_0 / 2(n-1) \quad (6)$$

が与えられる。

【0040】

遠視野パターン 10 の中心部分 12 を満たすには、入力角度は式(6)で与えられる角度  $\theta_1$  の約 2 分の 1 とするべきである。したがって、光ファイバ出力の遠視野パターンを実質的に均質化するように構成することができる光ファイバのコアへの所望の入力角度  $\theta_0$  の一実施形態は、上述で説明したように、およそ

$$\theta_0 = \theta_1 / 4(n-1)$$

とすることができる。

【0041】

いくつかのそのような実施形態では、 $\theta_1$  は合焦光学部品の前のビームのピッチを合焦光学部品の焦点距離で除算したものと等しくすることができる。

【0042】

図 10～図 13 は、個別の発光体ビーム 46 に結合された光導管 24 の遠視野パターン 10 を均質化するための手段の実施形態を示す。図 10 および図 11 は、図 2 および図 3 の光学システム 20 に組み込むことができる光導管の実施形態 24 を示す。組み込み後の光学システム 20 は、中心発光体の中心出力軸 62 のまわりで対称分布のそれぞれの発光体の出力軸 44 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含むことができる。合焦光学部品 32 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合され、発光体からの複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するように構成されうる。光導管 24 は透過コア 68 を含み、合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を有することができる。光導管 24 は、中心発光体の中心出力軸に実質的に平行に配置された縦軸 66 をさらに含むことができる。光導管 24 の入力表面 37 は、入力角度  $\theta_0$  を形成する凸状タガネ様形状における 2 つのファセット 76 を有し、入力角度  $\theta_0$  はそれぞれのファセット表面 76 の各々と光導管 24 の縦軸 66 に垂直な面 72 との間で測定される。そのような実施形態では、遠視野パターン 10 の均質化は、光ファイバ 24 の縦軸 66 のまわりの光ファイバ 24 の適切な回転方位を必要とすることがある。特に、入力角度  $\theta_0$  は、光導管および合焦光学部品 32 に入射するビーム 46 によって画定される面内に実質的に存在することができる。入力角度  $\theta_0$  は、およそ

$$\theta_0 = \theta_1 / 4(n-1)$$

の大きさを有することができる。ここで、 $\theta_1$  は合焦光学部品 32 と光導管 24 の入力 37 との間のビーム 46 の隣接する発光体ビーム軸 44 間に形成される角度であり、 $n$  は光ファイバ 68 の透過コアの屈折率である。いくつかの実施形態では、合焦光学部品 32 と光導管 24 の入力部 37 との間の隣接する発光体の軸 44 間で形成される角度は、隣接する発光体 42 間のピッチ  $P$  を合焦光学部品 32 の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかの実施形態では、入力角度  $\theta_0$  は約 0.8 度から約 2 度とすることができる。いくつかのシステムの実施形態 20 は、ビーム軸 44 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 26、遅軸コリメータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 26 は、各発光体 42 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 28 は、各発光体 42 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

【0043】

図 12 および図 13 は、光ファイバ 24 のファセット化タガネ様入力表面 37 が凹状タ

10

20

30

40

50

ガネ様形状を有することを除いて図 10 および図 11 と同様の実施形態を示す。そのような構成は、図 2 および図 3 に示された光学システム 20 に同様に組み込むことができる。組み込まれたときの光学システムは、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 42 の出力軸 44 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含むことができる。合焦光学部品 32 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合され、発光体 42 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するように構成されうる。透過コア 68 を含む光導管 24 は、合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を有することができる。光導管 24 は、中心発光体の中心出力軸に実質的に平行に配置された縦軸 66 をさらに含むことができる。光導管 24 の入力表面 37 は、  
 入力角度  $\theta_1$  を形成する凹状タガネ様形状における 2 つのファセット 76 を有し、入力角度  $\theta_1$  はそれぞれのファセット表面 76 の各々と光導管 24 の縦軸 66 に垂直な面 72 との間で測定される。そのような実施形態では、遠視野パターン 10 の均質化は、光ファイバ 24 の縦軸 66 のまわりの光ファイバ 24 の適切な回転方位を必要とすることがある。特に、光導管 24 に入射するビーム 46 によって画定され、合焦光学部品 32 と光導管 24 との間に配置される面内に入力角度  $\theta_1$  は実質的に存在することができる。入力角度  $\theta_1$  は、およそ

$$\theta_1 / 4 (n - 1)$$

の大きさを有することができる。ここで、 $\theta_1$  は合焦光学部品 32 と光導管 24 の入力 37 との間のビーム 46 の隣接する発光体ビーム軸 44 間に形成される角度であり、 $n$  は透過コア 68 の屈折率である。いくつかの実施形態では、合焦光学部品 32 と光導管 24 の入力部 37 との間の隣接する発光体の軸 44 間で形成される角度  $\theta_1$  は、隣接する発光体 42 間のピッチ  $P$  を合焦光学部品 32 の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかの実施形態では、入力角度  $\theta_1$  は約 0.8 度から約 2 度とすることができる。いくつかのシステムの実施形態 20 は、ビーム軸 44 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 26、遅軸コリメータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 26 は、各発光体 42 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータは、各発光体 42 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【0044】

図 14 ~ 図 17 は、個別の発光体ビーム 46 に結合された光導管 24 の遠視野パターン 10 を均質化するための手段の実施形態を示す。図 14 および図 15 は、図 2 および図 3 の光学システム 20 に組み込むことができる光導管の実施形態 24 を示す。図 14 は光ファイバの実施形態 24 の入力表面 37 の端面図を示し、正方形の入射ビーム 78 の輪郭がファセット化入力表面 37 に示される。図 14 および図 15 に示される実施形態では、実質的に合焦されたビームの正方形の輪郭 78 は、入力表面のファセット境界 80 間に配置されたコーナ、または入力表面のファセット境界 80 間に等間隔で配置されたコーナを有する。図 16 および図 17 は図 14 および図 15 の光導管 24 を示すが、実質的に合焦された入力ビームの正方形の輪郭 78 のコーナは入力表面 37 のファセット境界 80 に実質的に位置合わせされる。

#### 【0045】

組み込まれたときの光学システム 20 は、中心発光体の中心出力軸 62 のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 42 の出力軸 44 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含むことができる。合焦光学部品 32 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合され、発光体 42 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するように構成されうる。光導管 24 は、合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を有する透過コア 68 を含むことができる。透過コア 68 は、中心発光体の中心出力軸 62 に実質的に平行に配置される縦軸 66 を有することができる。光導管 24 の入力表面 37 は、図 17 に示されるように、入力角度  $\theta_1$  を形成する凸状トロカール様形状にお



ける4つのファセット82を含むことができ、入力角度はそれぞれのファセット表面82の各々と光導管コアの縦軸66に垂直な面72との間で測定される。いくつかの事例では、このタイプの構成で実質的に均質な遠視野パターン10を達成するのは、光ファイバ24およびその入力表面37の角度方位にそれほど依存しない。しかし、若干の回転方位依存が依然として存在する。この比較的弱い回転依存が生じるが、それは、図16に数字の「1」で示されたビーム入力スポットの区域のみがビーム均質化に寄与するからである。図16に数字の「1」で示されたファセットは、入力ビームによって形成される面内に存在する入力角度を有する。

#### 【0046】

そのような実施形態では、入力角度は、およそ

$$\theta_1 / 4(n - 1)$$

の大きさを有することができる。ここで、 $\theta_1$ は合焦光学部品32と光導管24の入力表面37との間のビーム46の隣接する発光体ビーム軸44間に形成される角度であり、 $n$ は透過コア68の屈折率である。いくつかの実施形態では、合焦光学部品32と光導管24の入力表面37との間の隣接する発光体の軸44間で形成される角度 $\theta_1$ は、隣接する発光体42間のピッチ $P$ を合焦光学部品32の焦点距離で除算したものに実質的に等しい。いくつかの実施形態では、入力角度は約1度から約3度とすることができる。いくつかのシステムの実施形態20は、ビーム軸44に動作可能に結合することができる速軸コリメータ26、遅軸コリメータ28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ26は、各発光体42の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ28は、各発光体42の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【0047】

図18～図21は、丸形入力表面37を有する光ファイバ24を含む、個別の発光体ビーム46に結合された光導管24の遠視野パターン10を均質化するための手段の実施形態を示す。図18および図19は、図2および図3の光学システム20に組み込むことができる光導管の実施形態24を示す。組み込まれたときの光学システム20は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム46を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体42を含むことができる。出力ビーム46は、中心発光体の中心出力軸62のまわりで対称分布のそれぞれの発光体42の出力軸44に沿って生成され、伝搬することができる。光学システム20は、複数の発光体42に動作可能に結合された合焦光学部品32をさらに含むことができる。合焦光学部品32は、複数の実質的に平行な出力ビーム46を合焦するか、またはさもなければ集光するように構成することができる。光導管24は透過コア68を有することができ、合焦光学部品32に隣接して配置することができる。光導管24は、レーザ発光体棒状物22の中心ビームのビーム軸62に実質的に平行な縦軸66を有することができる。光導管の実施形態24の入力表面37は、レーザ発光体棒状物22のビーム46が、組み込まれたシステム20の動作中、光導管24の入力表面の実施形態37に合焦されるか、または実質的に合焦されるように合焦光学部品32の出力軸および合焦領域に動作可能に結合することができる。いくつかのシステムの実施形態20は、ビーム軸44に動作可能に結合することができる速軸コリメータ26、遅軸コリメータ28、または両方をさらに含むことができる。速軸コリメータ26は、各発光体42の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ28は、各発光体の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【0048】

光導管24の入力表面37は凸状丸形形状を含むことができ、凸状丸形形状は入力表面37に実質的に中心をもつか、または光導管の縦軸66に位置合わせされる光軸84もしくはは表面頂点を有することができる。入力表面の凸状丸形形状は、いくつかの実施形態では、入力表面の光軸84または光導管24のコアの縦軸66に対して実質的に対称とすることができる。いくつかの事例では、光導管は、図7Aに示されるようなステップインデ

10

20

30

40

50

ックス構成によるコア 68 およびクラッド 70 を有する多モード光ファイバなどの光ファイバ 24 とすることができる。いくつかのそのような実施形態では、光ファイバ 24 の入力表面 37 の丸形形状は光ファイバ 24 の透過コア 68 の材料から形成することができる。場合によっては、丸形凸状入力表面 37 は、光ファイバ 24 のコア材料 68 を加熱および溶融し、溶融したコア材料の表面張力および凝集により、溶融したコア材料が丸い形状になるようにすることによって形成することができる。そのような技法は、ガラス、シリカなどのコア材料を有する光ファイバ 24 で使用することができる。そのような溶融技法のための熱は、光ファイバ 24 のコア材料 68 によって吸収される波長を有する、光ファイバ 24 の入力表面 37 に入射するレーザエネルギーによって与えることができる。

【0049】

10

いくつかの実施形態では、光導管 24 の入力表面 37 の丸形形状は、透過コア 68 から切り離された材料から形成することができ、機能する構成で透過コア 68 に固定することができる。いくつかの事例では、光導管 24 の入力表面 37 の丸形形状は、実質的に球状の形状または部分的に球状の部分を含む。実質的に球状の部分の形状を有する丸形形状は、いくつかの実施形態では約 300 ミクロンから約 900 ミクロンの曲率半径 R を有することができ、他の実施形態は約 400 ミクロンから約 1200 ミクロンの曲率半径 R を有することができる。いくつかの実施形態では、光導管 24 は、約 50 ミクロンから約 400 ミクロンの横寸法、すなわち直径をもつコア 68 を有する多モード光ファイバ 24 を含むことができる。

【0050】

20

図 20 および図 21 は、凹状丸形入力表面形状が光ファイバ 24 の丸形凸状入力表面の代わりに使用されていることを除いて、図 18 および図 19 の実施形態にいくつかの点で類似する光ファイバ 24 の一実施形態を示す。図 18 および図 19 で示されたような光ファイバの実施形態 24 は、やはり、図 2 および図 3 に示されたような光学システム 20 に組み込むことができる。そのように組み込まれた光ファイバの実施形態 24 をもつ光学システム 20 は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含むことができる。出力ビーム 46 は、レーザ発光体棒状物 22 によって生成され、中心発光体の中心出力軸 62 のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 42 の出力軸 44 に沿って伝搬する。光学システム 20 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合された合焦光学部品 32 をさらに含む。合焦光学部品 32 は、複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するか、またはさもなければ集光するように構成される。光導管 24 は透過コア 68 を含むことができる。光導管 24 は、さらに、システム 20 の光学トレイン中の合焦光学部品 32 に隣接して配置することができる。光導管 24 は、合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を含む。入力表面 37 は凹状丸形形状を含み、凹状丸形形状は入力表面 37 に実質的に中心をもつか、または光導管 24 の縦軸 66 に位置合わせされる光軸 84 を有することができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 26、遅軸コリメータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 26 は、各発光体の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 28 は、各発光体の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

30

40

【0051】

いくつかの実施形態では、光導管 24 の入力表面 37 の凹状丸形形状は光導管 24 の透過コア 68 の材料中に形成することができる。いくつかの実施形態では、光導管 24 の入力表面 37 の凹状丸形形状は、透過コア 68 から切り離された材料中に形成することができ、機能する構成で透過コア 68 に固定することができる。いくつかの事例では、光導管 24 の丸形入力表面 37 の丸形形状は、実質的に球状の形状または部分的に球状の部分を含む。実質的に球状の部分の形状を有する丸形形状は、いくつかの実施形態では約 300 ミクロンから約 900 ミクロンの曲率半径 R を有することができる。

【0052】

50

図 2 2 ~ 図 2 5 は、個別の発光体ビームに結合された光導管 2 4 の遠視野パターン 1 0 を均質化するための手段の実施形態を示す。図 2 2 および図 2 3 は、図 2 および図 3 の光学システム 2 0 に組み込むことができる、入力表面 3 7 に形成された凸状の実質的に円柱の表面を有する光導管の実施形態 2 4 を示す。組み込まれたときの光学システム 2 0 は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 4 6 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 4 2 を含むことができる。出力ビーム 4 6 は、レーザ発光体棒状物 2 2 によって生成され、中心発光体の中心出力軸 6 2 のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 4 2 の出力軸 4 4 に沿って伝搬する。光学システム 2 0 は、複数の発光体 4 2 に動作可能に結合された合焦光学部品 3 2 をさらに含む。合焦光学部品 3 2 は、複数の実質的に平行な出力ビーム 4 6 を合焦するか、またはさもなければ集光するように構成することができる。光導管 2 4 は透過コア 6 8 を含む。光導管 2 4 は、やはり、合焦光学部品 3 2 に隣接して配置することができる。いくつかのシステムの実施形態 2 0 は、ビーム軸 4 4 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 2 6、遅軸コリメータ 2 8、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 2 6 は、各発光体の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 2 8 は、各発光体の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【 0 0 5 3 】

光導管 2 4 の入力表面 3 7 は合焦光学部品 3 2 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される。入力表面 3 7 は、入力表面 3 7 に実質的に中心をもつ凸状円柱レンズ要素 8 8 で構成することができる。円柱レンズ要素 8 8 は、光導管 2 4 の入力表面 3 7 に入射するビーム 4 6 によって画定される面内に実質的に存在する曲率半径  $R$  を有することができる。この構成は、遠視野パターン均質化を有効にするのに、そのような円柱レンズ要素 8 8 では、光導管 2 4 およびその入力表面 3 7 の適切な回転方位が必要とされることがある点で望ましいことがある。いくつかの実施形態では、円柱レンズ要素 8 8 の表面に合致する想像上の円柱（図示せず）の縦軸は、光導管の入力表面 3 7 に当たるビーム 4 6 の収束ビームレット軸 4 4 によって形成される面に垂直である。特に、円柱レンズ要素の曲率半径  $R$  が、入力表面に入射する複数の収束性合焦ビームによって画定される面内に実質的に存在しない場合、入力表面 3 7 は、光導管 2 4 からの遠視野パターン 1 0 を均質化するのに有効でないことがある。いくつかの実施形態では、入力表面 3 7 の円柱レンズ要素 8 8 は約 0 . 2 mm から約 1 . 5 mm の曲率半径を有することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

いくつかの実施形態では、光導管 2 4 の入力表面 3 7 の凸状円柱レンズ要素 8 8 は光導管 2 4 の透過コアの材料から形成することができる。いくつかの実施形態では、光導管 2 4 の入力表面 3 7 の凸状円柱レンズ要素 8 8 は透過コア 6 8 から切り離された材料から形成することができ、機能する構成で透過コア 6 8 に固定することができる。いくつかの事例では、光導管 2 4 の入力表面 3 7 の凸状円柱レンズ要素 8 8 は、いくつかの実施形態では、約 3 0 0 ミクロンから約 9 0 0 ミクロンの曲率半径  $R$  を有することができる。

#### 【 0 0 5 5 】

図 2 4 および図 2 5 は、光ファイバの凸状円柱レンズ要素の入力表面が凹状形状を有することを除いて、図 2 2 および図 2 3 のものと同様の光導管の実施形態 2 4 を示す。そのような構成は、図 2 および図 3 に示された光学システム 2 0 に同様に組み込むことができる。図 2 4 および図 2 5 の実施形態を組み込んだときの光学システム 2 0 は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 4 6 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 4 2 を含むことができる。出力ビーム 4 6 は、中心発光体の中心出力軸のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 4 2 の出力軸 4 4 に沿って生成され、伝搬する。光学システムの実施形態 2 0 は、複数の発光体 4 2 に動作可能に結合された合焦光学部品 3 2 をさらに含む。合焦光学部品 3 2 は、複数の実質的に平行な出力ビーム 4 6 を合焦するか、またはさもなければ集光するように構成される。光導管 2 4 は透過コアを含み、合焦光学部品 3 2 に隣接して配置することができる。いくつかのシステムの実施形態 2 0 は、ビーム軸 4 4 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 2 6、遅軸コリ

メータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 26 は、各発光体 42 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 28 は、各発光体 42 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

【0056】

光導管 24 は、合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を含む。入力表面 37 は、入力表面 37 に実質的に中心をもち、光導管 24 に入射するビーム 46 によって画定される面内に実質的に存在する曲率半径 R を有する凹状円柱レンズ要素 90 を含む。いくつかの事例では、凹状円柱レンズ要素 90 は、約 0.2 mm から約 1.5 mm の焦点距離を有することができる。いくつかの実施形態では、光導管 24 の入力表面 37 の凹状円柱レンズ要素 90 は光導管 24 の透過コア 68 の材料中に形成することができる。いくつかの実施形態では、光導管 24 の入力表面 37 の凹状円柱レンズ要素 90 は透過コア 68 から切り離された材料中に形成することができ、機能する構成で透過コア 68 に固定することができる。いくつかの事例では、光導管 24 の入力表面 37 の凹状円柱レンズ要素 90 は、いくつかの実施形態では、約 300 ミクロンから約 900 ミクロンの曲率半径 R を有することができる。

【0057】

個別の入力送り込み角を有する光が供給される光導管 24 の出力の遠視野パターン 10 を均質化するための別の手段は、遠視野のホットスポットの位置をクールスポットに、またはその逆にシフトすることである。図 26 は遠視野ビーム出力パターン 10 の概略表示を示す。さらに、明るい領域またはリング 12、リング 14、またはリング 94、あるいはそれらの任意の組合せを遠視野中で低い強度の領域またはリング 17 またはリング 18 に重ね合わせることによって強度分布を実質的に平均化するために、明るいリング 12、リング 14、およびリング 94 のシフトの可能な方向を外側方位で示す矢印 92 が図 26 に示されている。図 27 は同じ遠視野パターン 10 を示すが、矢印 96 は遠視野パターンの分布 10 を平均化するための明るい領域 14 または領域 94 あるいは両方の内側へのシフトを示す。遠視野パターンの様々な個別の領域のそのようなシフトは様々な方法によって達成することができる。1つのそのような方法は、光導管 24 の入力表面 37 へのいくつかのビーム 46 の送り込み角をシフトすることを含む。

【0058】

図 28 は、図 2 および図 3 に示された光学システム 20 に組み込むことができる光学システム 100 の一部を示す。そのような光学システム 20 は、それぞれの発光体 42 の出力軸 44 に沿ってそれぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含むことができる。出力ビーム 46 は、中心発光体の中心出力軸 62 のまわりに対称分布で配置することができる。組み込まれたシステム 20 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合され、発光体 42 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するように構成された合焦光学部品 32 をさらに含むことができる。いくつかのシステムの実施形態 20 は、ビーム軸 44 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 26、遅軸コリメータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメータ 26 は、各発光体 42 の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ 28 は、各発光体 42 の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

【0059】

合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 をもつ透過コア 68 を有する光導管 24 は、システム 20 に含まれうる。光学シフト要素 102 は、一般に、複数の発光体 42 と合焦光学部品 32 との間に、または任意の他の好適な場所に配置することができる。光学シフト要素 102 は中心出力軸 62 の一方の側にある出力ビーム 46 の光軸 44 をシフトするように構成することができる。いくつかの実施形態では、光学シフト要素 102 は、所望の厚さおよび平行な入出力表面を有するブロックを含むことができる。光学シフト要素 102 はくさびを含むこともできる。光学シフト要素 102 は、ガラス、シリカ、固体材料などのような屈折または透過光学材料で製作するこ

10

20

30

40

50

とができる。いくつかの実施形態では、光学シフト要素 102 は、出力表面 106 に平行、または実質的に平行な入力表面 104 を有することができる。いくつかの事例では、光学シフト要素のブロックの実施形態 102 は約 0.5 mm から約 2 mm の厚さを有することができる。

#### 【0060】

図 28 の説明図で分かるように、光学シフト要素 102 を通過する 2 つの上方のビーム 46 は中心ビーム 64 の方に内側に横方向にシフトされる。側方向に内側にシフトされた 2 つのビームは、互いに平行なままであり、かつ位置が側方向にシフトされなかったレーザ発光体棒状物 22 からの他のビーム 46 と平行なままである。所望の横方向シフトの量は、特定の実施形態および必要とされる遠視野パターンによって決まりうる。いくつかの実施形態では、内側シフトの量は、中心発光体と中心 - 1 の発光体との間の角度ギャップ、および中心 - 1 の発光体と中心 - 2 の発光体との間の角度ギャップを埋めるように構成される。

10

#### 【0061】

光学システム 20 の光導管 24 の出力からの遠視野ビームパターン 10 を均質化するための手段の別の実施形態は、ビーム拡大のためのデバイスおよび方法を含むことができる。望遠鏡などのビーム拡大デバイスを使用して、ビーム 46 を光導管 24 に合焦する前に、レーザ発光体棒状物 22 からの各ビーム 46 を拡大して、隣接するビーム 46 に接触させるか、または重ね合わせるすることができる。図 29 はケプラー型望遠鏡のアレイ 110 の平面図を示し、その望遠鏡要素 112 の各々は凸状入力レンズ 114 および凸状出力レンズ 116 を有する。凸状入力レンズ 114 の各々は望遠鏡本体内のそれぞれのビーム 46 を合焦するように構成される。次に、ビーム 46 は、焦点 118 の後で入力ビームよりも大きい幅に拡大され、次に、凸状出力レンズ 116 によって再コリメートされる。

20

#### 【0062】

凸状入力レンズ 114 および凸状の出力レンズ 116 の焦点距離ならびにこれらのレンズの離隔は、それぞれのビーム 46 の各々を望遠鏡構造体の側方向の境界まで拡大するように構成することができる。望遠鏡 112 は、さらに、各ビーム 46 を拡大して、図 29 のビーム光線追跡によって示されるように隣接するビーム 46 に接触させる、ほとんど接触させる、または重ね合わせるように構成することができる。図 30 は、望遠鏡アレイ 110 のうちの単一の望遠鏡要素 112 を通るビーム光線追跡を示す。各ビーム 46 の拡大は、個々のビーム 46 の大幅なまたは著しい発散または収束を加えることなしに望遠鏡要素 112 によって達成することができる。いくつかの実施形態では、望遠鏡アレイ 110 の望遠鏡要素 112 のピッチ 120 は、レーザ発光体棒状物 22 のピッチ 120、または望遠鏡要素 110 のアレイの入力側でのビーム 46 のビームアレイのピッチ 120 に一致するように選択することができる。

30

#### 【0063】

いくつかのシステムの実施形態 20 は、それぞれの複数の実質的に平行な等間隔の出力ビーム 46 を生成するように構成された複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 を含む。出力ビーム 46 は、中心発光体の中心出力軸 62 のまわりで対称分布のそれぞれの発光体 42 の出力軸 44 に沿って伝搬するように構成することができる。合焦光学部品 32 は、複数の発光体 42 に動作可能に結合され、発光体 42 からの複数の実質的に平行な出力ビーム 46 を合焦するか、またはさもなければ集光するように構成されうる。合焦光学部品 32 の出力軸および合焦領域に動作可能に結合される入力表面 37 を含む透過コア 68 を有する光導管 24 は、組み込まれるシステム 20 にも含まれうる。望遠鏡アレイ 110 は、複数の直線的に間隔を置かれた発光体 42 と合焦光学部品 32 との間の光学システム 20 の光学トレイン内に機能する構成で配置することができる。望遠鏡アレイ 110 は、ビーム 46 を光導管 24 に合焦する前に、レーザ発光体棒状物 22 からの各ビーム 46 を拡大して、隣接するビーム 46 に接触させるか、または重ね合わせるように構成することができる。いくつかのシステムの実施形態は、ビーム軸 44 に動作可能に結合することができる速軸コリメータ 26、遅軸コリメータ 28、または両方をさらに含む。速軸コリメ

40

50

ータ２６は、各発光体の出力を速軸方向に実質的にコリメートするように構成することができ、遅軸コリメータ２８は、各発光体４２の出力を遅軸方向に実質的にコリメートするように構成することができる。

#### 【００６４】

一般に、望遠鏡アレイ１１０は、図２および図３に示された光学システム２０などの光学システム２０の光学トレイン内で、速軸コリメータ２６と合焦光学部品３２との間に位置づけることができる。いくつかの事例では、望遠鏡アレイ１１０は、光学システム２０のオプションのビームリフォーミング光学部品３４と遅軸コリメータ２８との間に配置することができる。いくつかの実施形態では、したがって、望遠鏡アレイ１１０は、オプションのビームリフォーミング要素または光学部品３４のすぐ隣に配置することができる。いくつかの実施形態では、遅軸コリメータ２８は望遠鏡アレイ１１０のどちらかの側に配置することができる。図２９に示された望遠鏡アレイ１１０はケプラー型望遠鏡１１２のアレイを含んでいるが、他の望遠鏡またはビーム拡大デバイスを一般に使用することができる。図３１は、ケプラー型望遠鏡のアレイに関して上述した方法と同じように使用することができるガリレイ型望遠鏡要素１２２の上面図を示す。ガリレイ型望遠鏡要素１２２の材料、寸法、構成、および配置は、ケプラー望遠鏡要素１１２のものと同じまたは同様とすることができる。望遠鏡要素１２２は凹状入力レンズ１２４および凸状出力レンズ１２６を含む。ビーム４６は、焦点を通過することなしに、望遠鏡要素１２２の物理的限界まで広がる。

#### 【００６５】

上述の詳細な説明に関して、本明細書で使用される同様の参照番号は、同じまたは同様の寸法、材料、および形状を有することができる同様の要素を表す。実施形態の特定の形態が図示および説明されているが、本発明の実施形態の趣旨および範囲から逸脱することなく様々な変更を行うことができることは明らかであろう。したがって、本発明は前述の詳細な説明によって限定されるものではない。

#### 【符号の説明】

#### 【００６６】

- １０ 遠視野パターン
- １２ 高い強度の中心領域
- １４ 高い強度の第１のリング
- １６ 高い強度の光の第２のリング
- １７ 第１の低い強度のリング
- １８ 第２の低い強度のリング
- ２０ 光学システム
- ２２ レーザ発光体棒状物、レーザダイオード棒状物
- ２４ 光導管、光ファイバ
- ２６ 速軸コリメータ
- ２８ 遅軸コリメータ
- ３２ 合焦光学部品、合焦レンズ
- ３４ ビームリフォーミング光学部品
- ３６ 速軸方向
- ３７ 光ファイバの入力表面、光導管の入力表面
- ３８ 出力表面
- ４２ 発光体
- ４４ ビーム軸、出力軸
- ４６ 出力ビーム
- ４８ 遅軸方向
- ５２ 円柱レンズ要素
- ５４ ピッチ
- ５６ 透過ブロック

10

20

30

40

50

6 2	中心発光体の中心出力軸	
6 4	中心ビーム	
6 6	光ファイバのコアの光軸、光ファイバのコアの縦軸	
6 8	光ファイバのコア	
7 0	クラッド	
7 2	光ファイバコアの縦軸に垂直な面	
7 6	ファセット表面	
7 8	正方形の入射ビーム	
8 0	ファセット境界	
8 2	ファセット表面	10
8 4	入力表面の光軸	
8 8	凸状円柱レンズ要素	
9 0	凹状円柱レンズ要素	
1 0 0	光学システム	
1 0 2	光学シフト要素	
1 0 4	入力表面	
1 0 6	出力表面	
1 1 0	ケプラー型望遠鏡のアレイ	
1 1 2	望遠鏡要素	
1 1 4	凸状入力レンズ	20
1 1 6	凸状出力レンズ	
1 1 8	焦点	
1 2 0	ピッチ	
1 2 2	ガリレイ型望遠鏡要素	
1 2 4	凹状入力レンズ	
1 2 6	凸状出力レンズ	

【図 1】

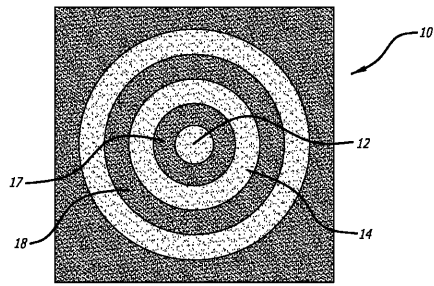


FIG. 1

【図 1 A】

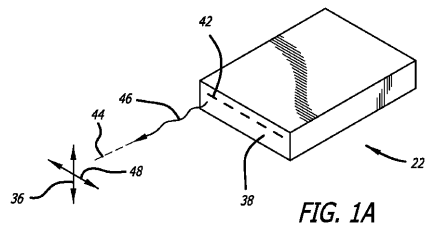
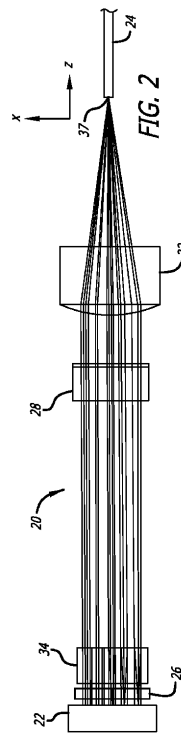
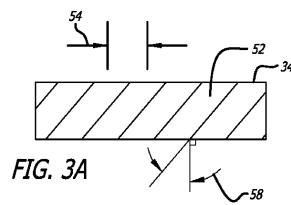


FIG. 1A

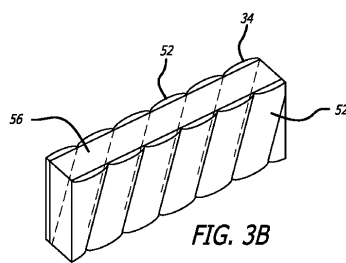
【図 2】



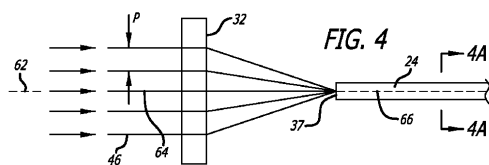
【図 3 A】



【図 3 B】

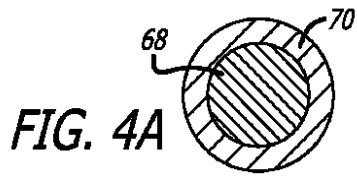


【図 4】

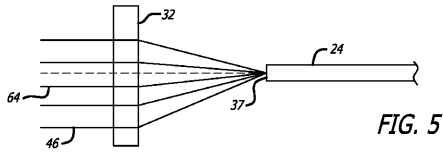




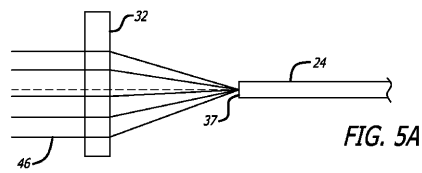
【図 4 A】



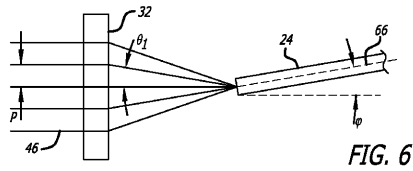
【図 5】



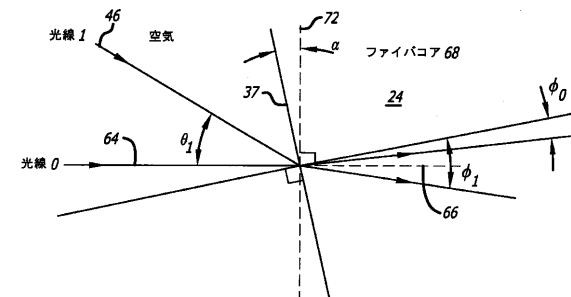
【図 5 A】



【図 6】



【図 9】



【図 10】

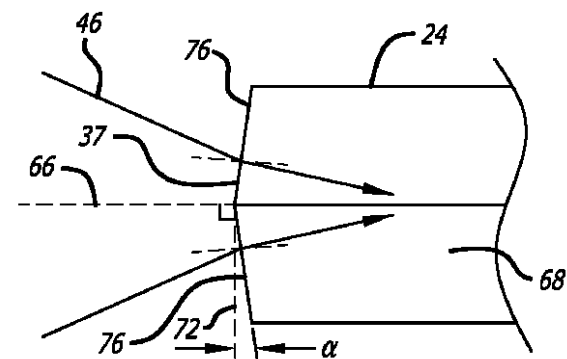
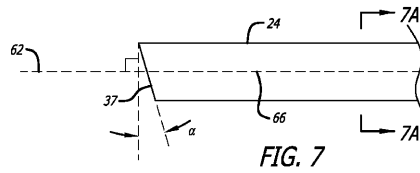


FIG. 10

【図 7】



【図 7 A】

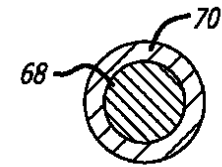
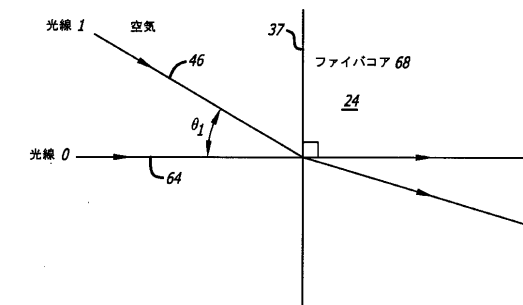


FIG. 7A

【図 8】



【図 11】

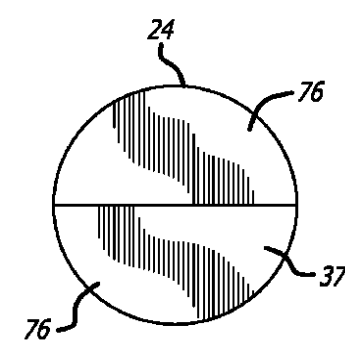


FIG. 11

【図 12】

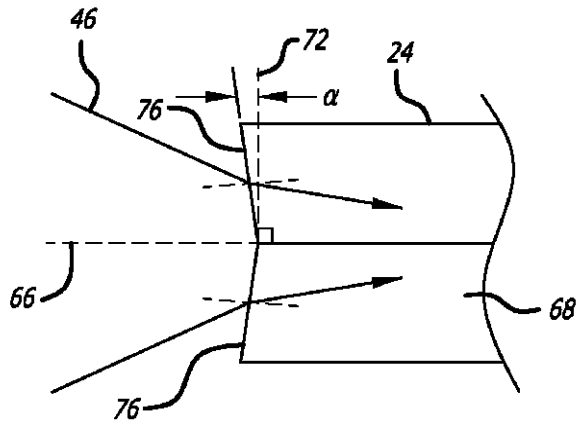


FIG. 12

【図 13】

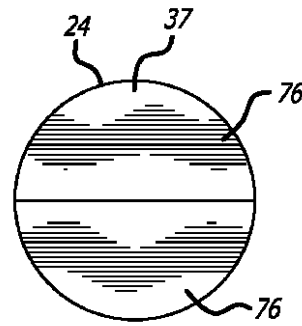


FIG. 13

【図 14】

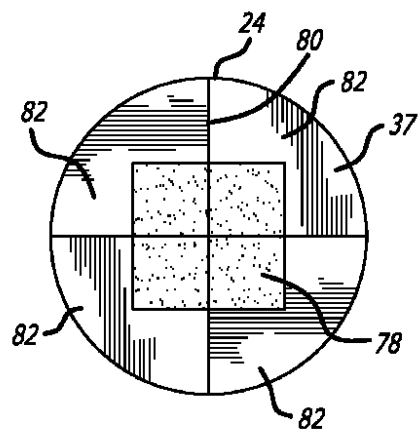


FIG. 14

【図 15】

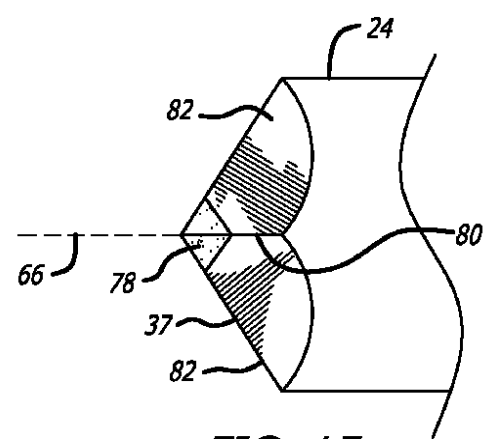


FIG. 15

【図16】

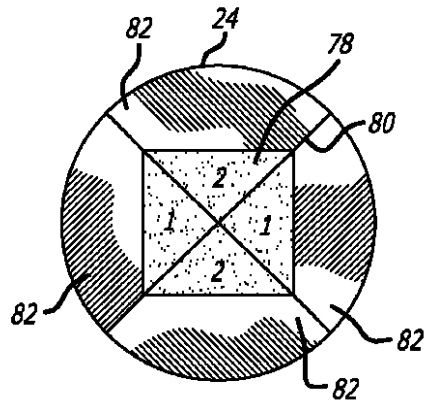


FIG. 16

【図17】

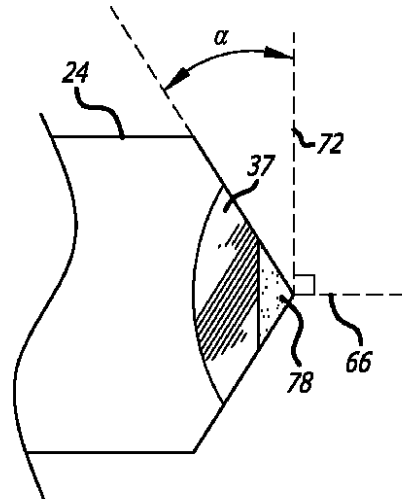


FIG. 17

【図18】

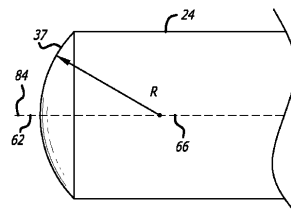


FIG. 18

【図19】

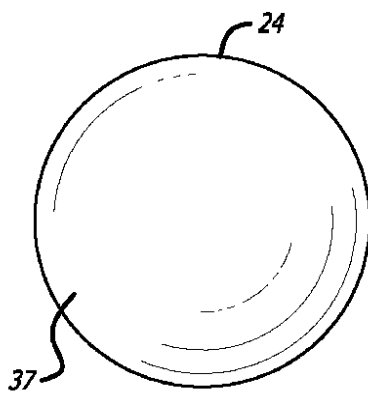


FIG. 19

【図21】

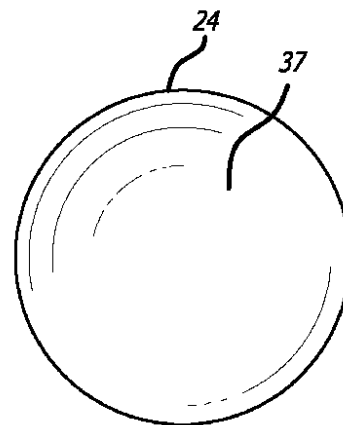


FIG. 21

【図20】

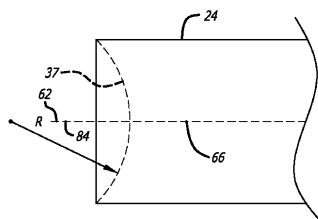


FIG. 20

【図22】

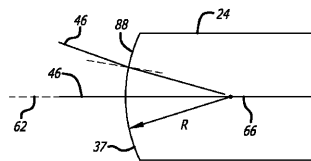


FIG. 22

【図 23】

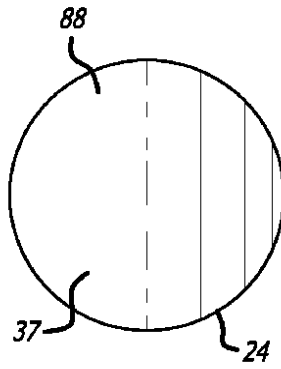


FIG. 23

【図 25】

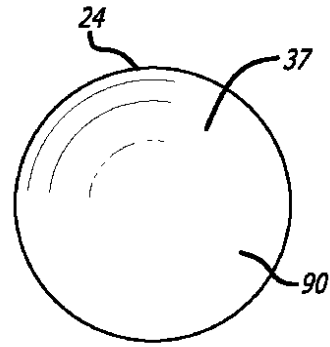


FIG. 25

【図 24】

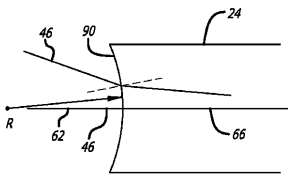


FIG. 24

【図 26】

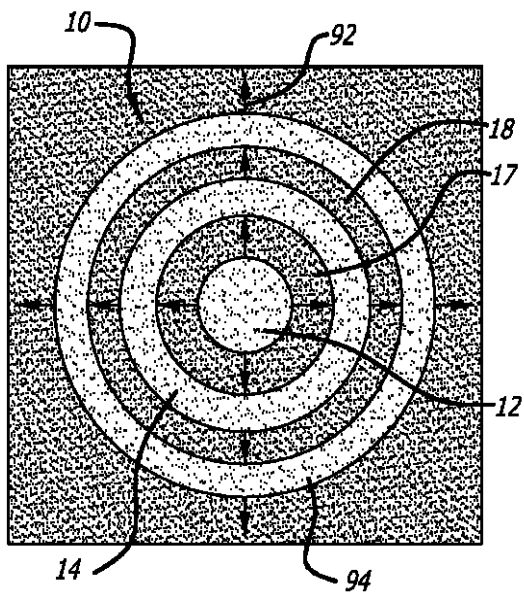


FIG. 26

【図 27】

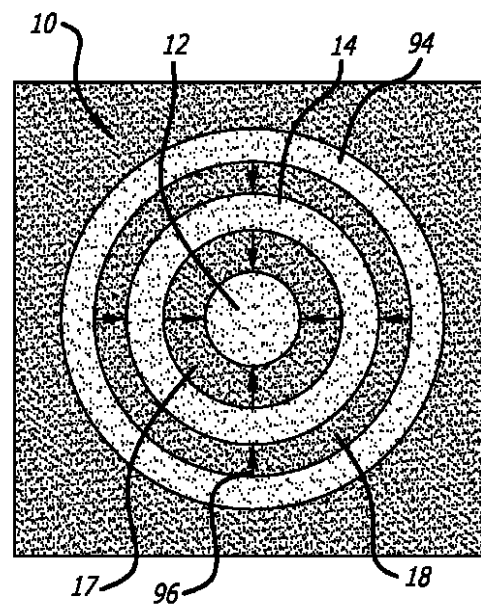


FIG. 27

【図 28】

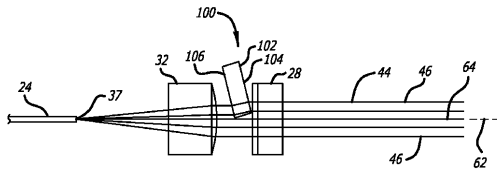


FIG. 28

【図 31】

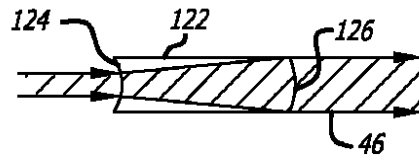


FIG. 31

【図 29】

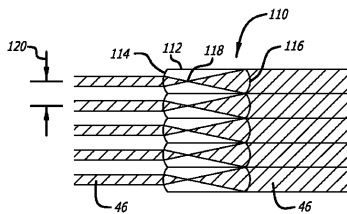


FIG. 29

【図 30】

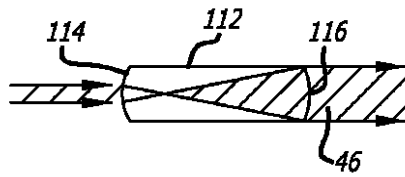


FIG. 30

---

フロントページの続き

- (72)発明者 エドモンド・エル・ウォラック  
アメリカ合衆国・アリゾナ・８５７１８・ツーソン・ノース・ドナ・ビートリクス・サークル・６  
６２１
- (72)発明者 ジョーン・ケリー・ジョンソン  
アメリカ合衆国・アリゾナ・８５７４３・ツーソン・ノース・ナイト・ボニー・ドライブ・８１４  
５
- (72)発明者 サージ・カティラス  
アメリカ合衆国・アリゾナ・８５７５０・ツーソン・ノース・モカシン・トレイル・５４０２

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 特表２０１１－５２０２９２（ＪＰ，Ａ）  
特開２０１０－１７５５７９（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)  
G 0 2 B 6 / 4 2  
G 0 2 B 6 / 0 2