

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-43181
(P2023-43181A)

(43)公開日 令和5年3月28日(2023.3.28)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 18/20 (2006.01)	A 6 1 B 18/20	4 C 0 2 6
A 6 1 N 5/06 (2006.01)	A 6 1 N 5/06	4 C 0 8 2
A 6 1 N 5/067(2006.01)	A 6 1 N 5/067	

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L 外国語出願 (全37頁)

(21)出願番号 特願2022-145818(P2022-145818)	(71)出願人 504299782
(22)出願日 令和4年9月14日(2022.9.14)	ショット アクチエンゲゼルシャフト
(31)優先権主張番号 10 2021 123 831.5	SCHOTT AG
(32)優先日 令和3年9月15日(2021.9.15)	ドイツ連邦共和国 マインツ ハッテンベルクシュラーセ 1 0
(33)優先権主張国・地域又は機関 ドイツ(DE)	Hattenbergstr. 10 , 5 5 1 2 2 Mainz , Germany
(特許庁注 : 以下のものは登録商標)	(74)代理人 100114890
1 . テフロン	弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラ インハルト
	(74)代理人 100098501
	弁理士 森田 拓
	(74)代理人 100116403
	弁理士 前川 純一
	(74)代理人 100134315

最終頁に続く

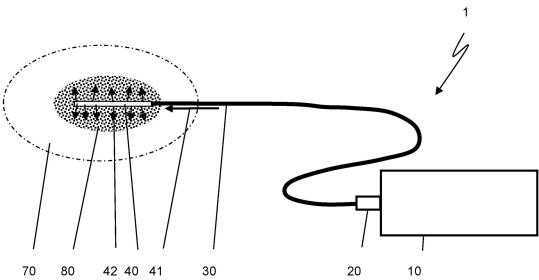
(54)【発明の名称】 ディフューザ要素を有する導光体を含む照明システム

(57)【要約】 (修正有)

【課題】均質性および散乱効率を向上させた照明システムを提供する。

【解決手段】照明システム1は、少なくとも1つの光源10、好ましくはレーザ光源と、導光体30と、を含み、導光体30は、近位端部において少なくとも1つの光源10に接続可能かつ／または対応可能であり、照明システム1は、導光体30の遠位端部において、長手方向軸線を有するディフューザ要素40を有し、長手方向軸線は、導光体30の入射面に対して垂直に、ディフューザ要素40内へとまたは内で延在しており、ディフューザ要素40は、動作状態において、ディフューザ要素40の有効長さにわたって長手方向軸線に対して側方に光を放射し、ディフューザ要素40は、少なくとも1つのディフューザ基体を有し、ディフューザ基体は、少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスを含み、マトリクスは、少なくともディフューザ基体の周面において剛性の被覆部によって取り囲まれている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

とりわけ医療技術的な治療および／または診断システムのための照明システム（１）であって、

前記照明システム（１）は、少なくとも１つの光源（１０）と、導光体（３０）と、を含み、前記導光体（３０）は、近位端部において前記少なくとも１つの光源（１０）に接続可能であり、かつ／または接続されており、

前記照明システム（１）は、前記導光体（３０）の遠位端部において、長手方向軸線を有するディフューザ要素（４０）を有し、前記長手方向軸線は、前記導光体（３０）の入射面に対して垂直に、前記ディフューザ要素（４０）内へと延在しており、

前記ディフューザ要素（４０）は、動作状態において、前記ディフューザ要素（４０）の有効長さ（４０．２）にわたって前記長手方向軸線に対して側方に光を放射し、

前記ディフューザ要素（４０）は、少なくとも１つのディフューザ基体（４３）を有し、前記少なくとも１つのディフューザ基体（４３）は、少なくとも１つの散乱要素（４３．６）を有するマトリクス（４３．４）を含み、前記マトリクス（４３．４）は、前記ディフューザ基体（４３）の周面において剛性の被覆部（４３．３）によって少なくとも区間的に取り囲まれており、

前記剛性の被覆部（４３．３）は、複数部分からなる構造または多層の構造で形成されており、少なくとも２つの被覆管または層、好ましくは少なくとも３つの被覆管（４３．３．１・・・４３．３．３）および／または層を含む、

【請求項 2】

前記照明システム（１）は、以下の特徴のうちの少なくとも１つをさらに含み、すなわち、

前記少なくとも１つの散乱要素（４３．６）が、前記ディフューザ基体（４３）の前記長手方向軸線（４３．２）に沿って、実質的に前記長手方向軸線（４３．２）に対して平行に方向決めされているか、前記長手方向軸線（４３．２）に対して所定の角度で配置されているか、または渦巻き状に、とりわけ一定の勾配を有する渦巻きの形態で、かつ／または、前記長手方向軸線（４３．２）を中心とした螺旋状に配置されているという特徴、

前記ディフューザ基体（４３）の遠位端部に、かつ／または前記導光体（３０）と前記ディフューザ基体（４３）との間の移行領域に、かつ／または前記ディフューザ基体（４３）に、前記ディフューザ基体（４３）を少なくとも部分的または区間的に取り囲むように、前記ディフューザ基体（４３）の前記長手方向軸線（４３．２）に沿った放射強度を均質化するための手段が設けられているという特徴、

前記ディフューザ基体（４３）が、前記ディフューザ基体（４３）の遠位端部において反射器面（４７）を有し、前記反射器面（４７）により、前記ディフューザ基体（４３）を通過する光を少なくとも部分的に再び後方反射させることが可能であるという特徴、

前記照明システムが、動作状態において平均の側方の放射強度から最大±５０％、好ましくは最大±３０％、多くの場合に好ましくは最大±５％だけ偏差している側方放射の強度分布を有するという特徴

のうちの少なくとも１つをさらに含む、

請求項 1 記載の照明システム（１）。

【請求項 3】

前記被覆管（４３．３．１・・・４３．３．３）のうちの少なくとも２つは、少なくとも１つの光学特性において相互に異なっており、

前記光学特性は、好ましくは前記被覆管の透明度、屈折率および／または材料を含む、請求項 1 または 2 記載の照明システム（１）。

【請求項 4】

第 1 の被覆管（４３．３．１）は、前記マトリクス（４３．４）を少なくとも区間的または完全に囲んでおり、

10

20

30

40

50

好ましくは、前記第 1 の被覆管 (4 3 . 3 . 1) は、実質的に曇りなく透明に形成されており、かつ / または、前記マトリクス (4 3 . 4) の材料の屈折率よりも小さい屈折率を有する、

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 5】

第 2 の被覆管 (4 3 . 3 . 2) は、第 1 の被覆管 (4 3 . 3 . 1) を少なくとも区間的または完全に取り囲んでおり、

好ましくは、前記第 2 の被覆管 (4 3 . 3 . 2) は、半透明または散乱性に形成されており、かつ / または、前記第 1 の被覆管 (4 3 . 3 . 1) の屈折率よりも大きい屈折率を有する、

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 6】

第 1 の被覆管 (4 3 . 3 . 1) は、透明のホウケイ酸ガラスを含み、かつ / または、

第 2 の被覆管 (4 3 . 3 . 2) は、白色ガラスを含むか、または、個々の白色ガラスロッドからなるリング状の配置からなる、

請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 7】

第 2 の被覆管 (4 3 . 3 . 2) を少なくとも区間的または完全に取り囲んでいる第 3 の被覆管 (4 3 . 3 . 3) が設けられており、

好ましくは、前記第 3 の被覆管 (4 3 . 3 . 3) は、実質的に曇りなく透明に形成されている、

請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 8】

少なくとも 1 つの被覆管は、X 線不透過ガラスを含む、

請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの散乱要素 (4 3 . 6) を有する前記マトリクス (4 3 . 4) と、前記剛性の被覆部と、は、中空空間または気泡を有さない閉じた稠密な複合体として構成されている、

請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 10】

前記マトリクス (4 3 . 4) および前記少なくとも 1 つの散乱要素 (4 3 . 6) を有する前記ディフューザ基体 (4 3)、および / または、前記剛性の被覆部 (4 3 . 3 , 4 3 . 3 . 1 . . . 4 3 . 3 . 3) の前記被覆管は、ガラスから構成されているか、または、ガラスを含んでおり、

これらのコンポーネントは、好ましくは相互に溶解されて、コンパクトで閉じた本体を形成する、

請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの光源 (1 0) は、レーザ光源、半導体ベースの光源、発光ダイオード (L E D)、レーザダイオード (L D) またはレーザを含む、

請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1) 。

【請求項 12】

前記ディフューザ基体 (4 3) の前記遠位端部に、反射器面 (4 7) が設けられており、前記反射器面 (4 7) は、前記ディフューザ基体 (4 3) の終端をなしており、かつ / または、前記ディフューザ基体をその周面において少なくとも部分的または区間的に包囲しており、

動作中には、前記光は、直接的にかつ / または拡散されて後方反射され、

前記反射器面 (4 7) は、好ましくは前記ディフューザ基体 (4 3) の前記遠位端部にスパッタリングまたは蒸着された誘電性の反射層として形成されている、

10

20

30

40

50

請求項 1 から 11 までのいずれか 1 項記載の照明システム (1)。

【請求項 13】

前記反射器面 (47) は、複数の層を含んでおり、

前記複数の層は、好ましくは反射率の最大値が前記少なくとも 1 つの光源 (10) の光の波長に位置するように選択されている、

請求項 12 記載の照明システム (1)。

【請求項 14】

反射率の最大値は、前記反射率の第 1 の最大値が使用波長に位置するように、かつ前記反射率の少なくとも 1 つのさらなる第 2 の最大値がさらなる波長に位置するように選択されており、

前記さらなる波長は、前記使用波長とは異なっており、

前記第 1 の最大値の前記反射率と、前記少なくとも 1 つのさらなる最大値の前記反射率と、は、 $> 95\%$ 、好ましくは $> 99\%$ である、

請求項 12 または 13 記載の照明システム (1)。

【請求項 15】

前記反射器面 (47) は、少なくとも区間的に、前記ディフューザ基体 (43) の前記長手方向軸線 (43.2) に対して 90° 未満の角度を形成し、動作中に後方反射された光 (42.1) を、前記反射器面 (47) に当射した光よりも大きな開口数 NA で反射させることが可能である、

請求項 1 から 14 までの少なくとも 1 項記載の照明システム (1)。

【請求項 16】

前記導光体 (30) と前記ディフューザ基体 (43) との間の接続ゾーン (44) の領域に、好ましくはガラスまたはプラスチックを含む、透明のスリーブ (48) が配置されており、

好ましくは、前記スリーブ (48) と前記導光体の外側のクラッド (33) との間の領域に、半透明または部分吸収性のカバー (50) が設けられており、前記半透明または部分吸収性のカバー (50) は、散乱粒子が混入されたポリマーから形成されている、

請求項 1 から 15 までの少なくとも 1 項記載の照明システム (1)。

【請求項 17】

前記半透明または部分吸収性のカバー (50) は、前記散乱粒子を事前に導入することができるチューブ部分、収縮チューブ部分および / またはリコーティングポリマーである、

請求項 16 記載の照明システム (1)。

【請求項 18】

とりわけ請求項 1 から 17 までのいずれか 1 項記載の照明システムのための、ディフューザ基体を製造するための方法であって、前記方法は、

・屈折率 n_1 および / または n_1' を有するガラスからなる複数の導光ロッドを用意するステップと、

・前記屈折率 n_1 および / または n_1' を有する前記複数の導光ロッドと、散乱中心を含むガラスまたはガラスセラミックからなる少なくとも 1 つの散乱ロッドと、を、前記導光ロッドの長手方向軸線と、前記少なくとも 1 つの散乱ロッドの長手方向軸線と、が実質的に相互に平行に延在するように、かつプリフォームが得られるように配置するステップと

・前記プリフォームを加熱するステップと、

・ディフューザ基体を得るために、前記プリフォームを線引き設備において線引きし、場合によっては切断するステップと、

を有する方法。

【請求項 19】

前記方法は、

・少なくとも 1 つの散乱要素を有するマトリクスを用意するステップと、

10

20

30

40

50

・前記少なくとも１つの散乱要素を有する前記マトリクスが第１の被覆管の内部に配置されている配置を提供するステップと、
・第１の被覆管を第２の被覆管内に位置決めするステップと、
・剛性の被覆部を有するディフューザ基体を得るために、前記配置を線引き設備において線引きし、場合によっては切断するステップと、
をさらに有する、
請求項１８記載のディフューザ基体を製造するための方法。

【請求項２０】

前記方法は、
前記配置を線引き設備において線引きする際に、前記プリフォームを、前記プリフォームの長手方向軸線を中心として回転させ、これにより、前記散乱中心（４３．６）の、前記長手方向軸線（４３．２）を中心とした螺旋状の配置を形成するという追加的なステップを有する、
請求項１９記載のディフューザ基体を製造するための方法。

【請求項２１】

前記方法は、
・前記配置を線引き設備において線引きする前に、第２の被覆管を第３の被覆管内に位置決めするステップをさらに有する、
請求項２０記載のディフューザ基体を製造するための方法。

【請求項２２】

請求項１から１７までのいずれか１項記載の照明システム（１）の使用方法であって、
前記照明システム（１）を、医療的な治療方法のための装置のコンポーネントとして、とりわけ、
腫瘍治療を目的とした光線力学的治療（ＰＤＴ）または光免疫治療（ＰＩＴ）のため、
静脈瘤の処置を目的とした血管内レーザ治療（ＥＶＬＴ）のため、
レーザ誘導間質温熱治療（ＬＩＴＴ）のため、または、
歯科医学、眼科学および皮膚科学の分野における用途のため、
に使用する、
照明システム（１）の使用方法。

【請求項２３】

前記照明システム（１）を、腫瘍治療を目的とした光線力学的治療（ＰＤＴ）または光免疫治療（ＰＩＴ）のための装置のコンポーネントとして使用し、
少なくとも１つの導光体（３０）は、ディフューザ要素（４０）と共に、他のディフューザ要素（４０）から放射された光を受信し、前記導光体（３０）を介して、分光分析および／または線量観察のための検出器に転送する、
請求項１から１７までのいずれか１項記載の照明システム（１）の使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、とりわけ医療技術的な治療および／または診断システムのための照明システムと、とりわけ照明システムのための、剛性の被覆部を有するディフューザ基体を製造するための方法と、とりわけ側方放射の強度推移を適合させるために、ディフューザ基体を少なくとも部分的または区間的に構造化するための方法とに関する。照明システムは、導光体と、剛性の被覆部を有するディフューザ要素と、を含む。

【背景技術】

【０００２】

このような照明システムは、医療環境においてますます使用されている。現在では、以下の主要な用途：

- ・腫瘍治療を目的とした光線力学的治療（ＰＤＴ）または光免疫治療（ＰＩＴ）
- ・静脈瘤の処置を目的とした血管内レーザ治療（ＥＶＬＴ）

10

20

30

40

50

・レーザ誘導間質温熱治療（LITT）、
・その他の用途、とりわけ歯科医学、眼科学および皮膚科学の分野における用途
に分類することができる。

【0003】

光線力学的治療（PDT）は、種々異なる癌疾患における最小侵襲治療手段である。PDTとは、腫瘍および他の組織変化（例えば、血管新生など）を、光活性化可能な物質と組み合わせて光を用いて処置するための方法であると理解される。処置の開始時には、患者の静脈の血流に感光性の物質、いわゆる光増感剤が注入され、これらの光増感剤が、癌細胞内または癌細胞上に蓄積する。これらの天然の光物質は、腫瘍細胞に集中し、そこで強力な感光性を引き起こす。このために、PDT処置の間、腫瘍組織内に複数のカニューレ（典型的には、最大8個）が刺入され、これらのカニューレ内に、ディフューザ要素を有するそれぞれ1つの導光体が挿入され、この際、ディフューザ要素を、腫瘍組織にわたってできるだけ空間的に分布されるように配置する必要がある。基本的に、腫瘍組織が内部からできるだけ均質に照明されるように、可視スペクトル領域の波長を有するレーザ光、例えば532nmの波長を有する緑色光または690nmの波長を有する赤色光が、導光体を介してディフューザ要素内に入射させられる。その際、これらの細胞内に侵襲的な酸素ラジカルが形成され、これらの酸素ラジカルが腫瘍細胞を選択的に破壊する。疾患細胞とは対照的に、健康な細胞は、この化学反応によって影響を受けることなく維持される。詳細な作用メカニズムについては、とりわけ“Photodynamic Therapy of Cancer”，Cancer Medicine，2003年に記載されている。

10

20

【0004】

これに対して、光免疫治療（PIT）の場合には、相応に変更された光増感剤によって癌細胞上または癌細胞内に免疫反応が引き起こされ、この免疫反応は、光が照射されると癌細胞の死滅をもたらす。

【0005】

ここでは、10～50mmの典型的な有効長さを有するシリンドリカルディフューザと、前方指向性の照明円錐を形成するスポットディフューザと、半径方向の発光を有するスポットライトとが区別される。

【0006】

シリンドリカルディフューザの場合には、動作状態において、とりわけディフューザ要素の長さによってディフューザ要素の側方放射ができるだけ均質であることが重要である。このことは、軸線方向にも半径方向にも当てはまり、すなわち、長手方向軸線方向における近位端部から遠位端部までのそれぞれの線に沿ったすべての点において、均質性要求の枠内で放射強度が同じであるのと同様に、長手方向軸線に沿ったそれぞれの周縁線のすべての点においても、均質性要求の枠内で放射強度が同じであり、したがって、このディフューザは、略ランバート放射器として作用する。

30

【0007】

それと同時に、組織への熱入力をできるだけ小さくすることを保証するために、高い散乱効率も達成する必要がある。側方放射に対する典型的な均質性要求は、平均強度からの偏差が最大±10～20%であることであり、入射した光の10%超、典型的には最大5%である、とりわけ遠位端部からの前方指向性の放射を回避すべきである。典型的なレーザ出力は、PDT用途の場合には5W未満の連続出力であるので、1cm当たりのディフューザ長につき最大100mW～1000mW、典型的には200mW～500mWが放射される。このことにより、現在、プラスチックベースのディフューザアプローチの使用が可能となっている。

40

【0008】

欧州特許出願公開第2062077号明細書、米国特許出願公開第2009/0204111号明細書および独国特許出願公開第102015119875号明細書は、ファイバを有するディフューザを記載している。

【0009】

50

欧州特許出願公開第 2 0 6 2 0 7 7 号明細書または国際公開第 2 0 0 8 / 0 2 4 3 9 7 号は、とりわけ、少なくとも 1 つの光ファイバの遠位端部において、高出力密度の光エネルギーを処置箇所に出力するためのディフューザを記載している。光ファイバの遠位端部における所定の長さの区間と、この所定の長さの区間に配置されている散乱中心と、を含むディフューザが提案され、これらの散乱中心は、入力された光エネルギーの一部が半径方向で処置箇所に出力されるように作用する。散乱中心は、コアまたはコアの被覆部に含まれている散乱粒子であってよい。これらの散乱中心は、例えば、上記のナノクラックまたはナノキャビティの分布および / または寸法に関して手間がかかり制御困難である導入の他にも、構成部分の破損脆弱性に対して悪影響を及ぼす可能性がある。さらに、側方放射または不均質な分布の指数関数的な減少に起因して、要求されている均質性をもって側方放射を達成することは不可能であるということを考慮すべきである。 10

【 0 0 1 0 】

ここでは、P D T 用途の場合に使用されるようなシリンドリカルディフューザが有利であろう。しかしながら、E V L T 処置の場合には、格段により高いレーザ出力が必要とされる。したがって、レーザ出力は、N I R 領域の波長、すなわち約 8 0 0 n m ~ 1 4 8 0 n m の間の波長では、典型的に 1 0 ~ 5 0 W の間であり、このようなレーザ出力は、現在、ダイオードレーザ（例えば、8 1 0 n m、9 4 0 n m、または 1 4 8 0 n m）または N d : Y A G レーザ（1 0 6 4 n m）によって提供される。

【 0 0 1 1 】

これまでの間に、E V L T 処置のために約 2 μ m の比較的長い波長も確立された。その場合、例えば、T m : Y A G レーザ（1 . 9 μ m）および H o : Y A G レーザ（2 . 1 μ m）が使用される。組織の吸収特性に基づいて、これらの波長では、比較的小さいレーザ出力が必要とされ、典型的には < 1 0 W 未満である。しかしながら、ここではすでに必然的に、とりわけレーザ光を供給するために石英ガラス導光体を使用される。 20

【 0 0 1 2 】

E V L T のために使用することができるディフューザの側方放射に対する均質性要求は、P D T 用途に比べてさほど高くはなく、平均強度からの偏差が最大 \pm 3 0 % ~ 最大 \pm 5 0 % であることであってよい。

【 0 0 1 3 】

L I T T は、局所的な腫瘍破壊のために使用される最小侵襲法である。この場合、イメージングコントロール（例えば、ソノグラフィ / M R T）下において腫瘍が穿刺され、1 つ（または複数）のレーザファイバが腫瘍性病変に挿入され、熱エネルギーによってこの腫瘍性病変が破壊される。ここでは、とりわけ、N d : Y A G レーザ（1 0 6 4 n m）と、半導体レーザ（9 8 0 n m）と、ディフューザチップアプリーケータとが使用される。レーザ出力は、約 5 ~ 8 W である（とりわけ、“Laserinduzierte Interstitielle Thermotherapie (LITT) bei malignen Tumoren”，ドイツ医師会（BAEK）およびドイツ連邦保険医協会（KBV）01/2002 を参照のこと）。 30

【 0 0 1 4 】

本出願人の国際公開第 2 0 1 9 / 0 6 3 7 9 9 号には、導光体とディフューザ要素とを有する照明システムと、ディフューザ基体を製造するための、かつ / または少なくとも部分的または区間的に構造化するための方法とが記載されており、同システムおよび同方法はすでに、ディフューザの側方放射に対する高い均質性要求を可能にしている。 40

【 0 0 1 5 】

上記のディフューザ基体は、導光体と、当該ディフューザ基体の長手方向軸線に沿った放射強度を均質化するための手段と、を含む。平均の側方の放射強度から最大 \pm 5 0 %、好ましくは最大 \pm 3 0 %、多くの場合に好ましくは最大 \pm 5 % だけ偏差している側方放射の強度分布を達成することができる。

【 0 0 1 6 】

このように構成または製造された多数のシリンドリカルディフューザにおける測定が示しているように、これによってすでに、冒頭で述べた用途のために必要とされるような放 50

射特性における良好な均質性値と、高い効率値とが達成される。

【 0 0 1 7 】

しかしながら、とりわけレーザ放射または光の特定の出力値では、後方散乱効果が生じる可能性があることも判明している。

【 0 0 1 8 】

したがって、例えば光が導光体内に戻ってきて、それどころかレーザ光源にまで到達する可能性がある。その際、導光体内に不所望な発光現象が生じる可能性がある。さらに、レーザ光源は、後方散乱光の強度の大きさに応じて不安定になる可能性があり、このことにより、場合によってはレーザ光源が遮断されることとなる可能性がある。

【 0 0 1 9 】

さらに、後方反射に起因してホットスポットが局所的に生じる可能性があり、このホットスポットでは、照明システムの不所望な温度上昇が発生する可能性がある。このことは、特定の用途では不所望であり、処置に悪影響を及ぼす可能性がある。

【 0 0 2 0 】

したがって、本発明の課題は、前述した欠点を最小化し、高い均質性および効率をさらに向上させること、または少なくとも獲得することである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

本発明の課題は、独立請求項の対象によってすでに解決され、有利な発展形態は、従属請求項と、明細書および図面のさらなる開示とから見て取ることができる。

【 0 0 2 2 】

このために、とりわけ医療技術的な治療および／または診断システムのための照明システムであって、

照明システムは、少なくとも1つの光源、とりわけレーザ光源と、導光体と、を含み、導光体は、近位端部において少なくとも1つの光源に接続可能であり、かつ／または接続されており、

照明システムは、導光体の遠位端部において、長手方向軸線を有するディフューザ要素を有し、長手方向軸線は、導光体の入射面に対して垂直に、ディフューザ要素内へと延在しており、

ディフューザ要素は、動作状態において、当該ディフューザ要素の有効長さにわたって長手方向軸線に対して側方に光を放射し、

ディフューザ要素は、少なくとも1つのディフューザ基体を有し、少なくとも1つのディフューザ基体は、少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスを含み、マトリクスは、当該ディフューザ基体の周面において剛性の被覆部によって少なくとも区間的に取り囲まれており、

剛性の被覆部は、複数部分からなる構造または多層の構造で形成されており、少なくとも2つの被覆管または層、好ましくは少なくとも3つの被覆管または層を含む、照明システムが提案される。

【 0 0 2 3 】

光源は、レーザ光源、または半導体ベースの光源、または発光ダイオード（LED）、とりわけレーザダイオード（LD）も、またはレーザを含むことができる。

【 0 0 2 4 】

したがって、ディフューザ基体は、本発明の好ましい実施形態では、当該ディフューザ基体の周面において剛性の被覆部によって少なくとも部分的もしくは区間的に、または好ましくは完全に取り囲まれているか、または取り囲まれることができ、この剛性の被覆部は、本発明の好ましい実施形態では、複数の被覆管のシーケンスであってよい。複数の被覆管は、それぞれ異なる光学特性を有することができる。

【 0 0 2 5 】

しかしながら、剛性の被覆部は、多層の構造または複数要素もしくは複数部分からなる

10

20

30

40

50

構造を含むこともでき、すなわち、被覆管上にまたは被覆管の間に取り付けることができる少なくとも1つの層を含むこともできる。したがって、剛性の被覆部は、2つの被覆管を含むことができる。追加的に、剛性の被覆部は、1つの層および/またはさらなる被覆管を含むことができるか、または被覆管および/または層の他の組み合わせ、とりわけ少なくとも3つの被覆管、好ましくは3つの上下に重なり合った被覆管を含むことができる。

【0026】

本発明による照明システムは、以下の特徴のうちの少なくとも1つをさらに特徴とすることができ、すなわち、

少なくとも1つの散乱要素が、ディフューザ基体の長手方向軸線に沿って、実質的に長手方向軸線に対して平行に方向決めされているか、または長手方向軸線に対して所定の角度で配置されているという特徴、

ディフューザ基体の遠位端部に、かつ/または導光体とディフューザ基体との間の移行領域に、かつ/または前記ディフューザ基体に、ディフューザ基体を少なくとも部分的または区間的に取り囲むように、ディフューザ基体の長手方向軸線に沿った放射強度を均質化するための手段が設けられているという特徴、

ディフューザ基体が、当該ディフューザ基体の遠位端部において反射器面を有し、反射器面により、ディフューザ基体を通過する光を動作中に少なくとも部分的に再び後方反射させることが可能であるという特徴、および/または

照明システムが、動作状態において平均の側方の放射強度から最大 $\pm 50\%$ 、好ましくは最大 $\pm 30\%$ 、多くの場合に好ましくは最大 $\pm 5\%$ だけ偏差している側方放射の強度分布を有するという特徴

のうちの少なくとも1つをさらに特徴とすることができる。

【0027】

本発明における平均の側方の放射強度とは、ディフューザ基体の長さにわたって測定された側方の放射強度の平均値を意味する。

【0028】

本開示の枠内における側方放射とは、ディフューザ基体の長手方向軸線を起点として半径方向に延在する方向成分を有する放射であると理解される。側方の放射強度とは、この放射の強度であると理解される。

【0029】

後方反射された光とは、ディフューザ基体の遠位端部における反射器面によってディフューザ基体内に後方反射された放射であると理解され、この場合、剛性の被覆部または被覆管を介して光を導くこともできる。

【0030】

少なくとも1つの散乱要素は、均一な横断面を有するディフューザ基体の長手方向軸線全体に沿って、この長手方向軸線に対して実質的に平行に配置可能であるか、またはディフューザ基体が一細りになっている場合には、長手方向軸線に対して所定の角度で配置可能である。少なくとも1つの散乱要素は、有利には管状に、とりわけ長手方向軸線に対して同軸に配置可能である。

【0031】

ディフューザ基体の長手方向軸線を中心として、とりわけ長手方向軸線に沿って配置されている散乱領域も考えられる。1つの実施形態によれば、散乱領域は、ディフューザ基体の長手方向軸線を中心として渦巻き状に周り巡らされている。散乱要素または散乱領域が、ディフューザ基体の長手方向軸線を中心として一定の傾きで配置されている実施形態は、特に有利であることが判明している。この場合、散乱領域は、ディフューザ基体の長手方向軸線を中心として周り巡らされた螺旋の形態で存在することができる。個々の散乱領域は、1つまたは複数の散乱要素によって形成可能である。1つの実施形態は、散乱領域が、螺旋または渦巻きの形態の1つの散乱要素によって形成されることを企図している。基体内におけるこのような散乱要素もしくは散乱領域の配置は、これによって軸線平行

10

20

30

40

50

な光成分との、またはディフューザ軸線に対して小さな角度で延在する光成分のための、散乱相互作用が増大され、これによって散乱効率を向上させることができるという利点を有する。さらに、これによって放射の均質性を最適化することができる。

【0032】

複数の散乱要素は、ディフューザ基体の長手方向軸線を中心とした所定の指定可能な幾何学的な配置で配置可能であり、好ましくはディフューザ基体の長手方向軸線を中心とした規則的な構造で配置可能であり、特に好ましくは円形に配置可能である。したがって、所定の角度で配置された複数の散乱要素は、好ましくはディフューザ基体の外側の消失点において集合する。

【0033】

ディフューザ基体の遠位端部に、かつ／または導光体とディフューザ基体との間の移行領域に、好ましくは、長手方向軸線に沿った側方放射を均質化するための手段および／または措置が設けられており、この手段および／または措置は、ディフューザ基体を少なくとも部分的もしくは区間的に、かつ／または実質的に完全に取り囲んでいる。

【0034】

例えば、これらの手段には、ディフューザの遠位端部におけるスリーブ、カバー、キャップおよび／または層が含まれ、これにより、遠位端部からの前方指向性の放射が阻止されるか、またはこの放射が後方反射され、ひいては、ディフューザ基体における散乱プロセスが改めて提供され、他方では、ディフューザ基体の遠位端部における散乱光効果および／または光反射が回避される。

【0035】

導光体とディフューザ基体との間の移行領域にも同じことが当てはまる。ここでも、散乱光効果および／または光反射が発生する可能性があり、この散乱光効果および／または光反射を、この箇所における相応に作用する要素、例えばスリーブおよび／または層によって低減することができる。

【0036】

導光体は、コア直径を有するコアとクラッドとを有するシングルファイバ、例えばモノモードまたはマルチモードの導光ファイバを含むことができるか、またはファイバ束直径を有するファイバ束を含むことができる。

【0037】

これにより、冒頭で述べたような医療治療のための、再現可能であってコスト最適化もされている、動作状態において均質に放射するディフューザ要素を提供することが可能となる。

【0038】

好ましい変形形態では、ディフューザ基体内の散乱要素は、ディフューザ基体の長手方向軸線を中心として半径方向に均等に分布されるように配置されており、長手方向軸線を中心としたコアゾーンは、散乱要素を有さないか、またはコアゾーンの外側における単位面積当たりの散乱要素の数に比べて格段に低減された単位面積当たりの散乱要素の数を有し、したがって、散乱要素は、主としてマトリクス内のこのコアゾーンの外側に配置されている。

【0039】

これにより、基本的にわずかなNA (< 0.3 、典型的には約 0.2) で入射した入射光が、散乱要素において即座には散乱されなくなるということを達成することができる。他方では、ほとんど散乱要素を有さないコアゾーンを通して、ディフューザ基体の遠位端部に至るまで散乱なしに十分な光を導くことが可能となる。これにより、一方では、入射箇所（ディフューザ基体の近位端部）の近傍の強度を低減させることができ、他方では、ディフューザ基体の遠位端部の近傍の強度を増加させることができる。

【0040】

さらなる好ましい変形形態では、ディフューザ基体は、当該ディフューザ基体の横断面に関して、とりわけ散乱要素が混入されているマトリクスのコアゾーンと縁部領域との間

10

20

30

40

50

でそれぞれ異なる屈折率 n_1 および n_1' を有するマトリクスを有することができる。これによって例えば、マトリクス屈折率 n_1 を有するコアゾーン内と、屈折率 n_1' を有するマトリクスのコアゾーン外とにおいて開口数 NA に影響を及ぼすことができる。

【0041】

これによってさらに、ディフューザ基体内の光の伝播、ひいては散乱中心の励起を、ディフューザの長さによって所要の放射特性に合わせて適合させることができる。さらに、製造プロセスにおいて、屈折率 n_1 を有するコアゾーンの任意の横断面幾何形状、すなわち、例えば、実質的に円形から多角形または星形の形状に至るまでの任意の横断面幾何形状を実現することができる。

【0042】

散乱要素が埋め込まれているディフューザ基体の直径が、導光体のコア直径またはファイバ束直径と同じ大きさ以上である場合には、側方放射の強度の均質化を支援することができる。

【0043】

導光体のコア直径もしくはファイバ束直径と、マトリクスの直径と、の間の比率が、 $1.0 \sim 0.7$ 、特に好ましくは $1.0 \sim 0.8$ であることが、特に好適であることが判明している。

【0044】

この場合、コア直径またはファイバ束直径をマトリクスの直径に比べてほんのわずかに小さくすると、入射箇所（導光体とディフューザ基体との移行領域）における強度ピークを低減させることができる。

【0045】

これに対して、コア直径またはファイバ束直径をディフューザ基体のマトリクスの直径に比べて格段に小さくすると、すなわち < 0.8 の比率であると、入射箇所における強度低下をもたらすことができ、このような強度低下も、特定の要求に対しては有利であろう。

【0046】

さらに、この比率が $1 \sim 0.9$ の間である場合には、例えばスプライシングを用いて、導光体とディフューザ基体との間に特にロバストな機械的な結合または接続を実現することができることが判明している。好ましい実施形態では、ディフューザ要素は、ディフューザ基体の近位端部と導光体の遠位端部との間に接続ゾーンを有し、この接続ゾーンは、接着、スプライシング、または加圧を用いて形状結合および/または素材結合によって製造されており、少なくともディフューザ基体の直径と、導光体のコア直径またはファイバ束直径とを接続する。

【0047】

場合によってそれぞれ異なっている熱膨張係数を適合させるために、ディフューザ基体の近位端部と導光体の遠位端部との間の接続ゾーンに、追加的に中間媒体が設けられていると有利であろう。この中間媒体は、例えば中間ガラスまたははんだガラスであってよい。他方で、この中間媒体は、透明の持続弾性の接着剤であってもよい。さらに、例えば屈折値の幾何学的な適合によってビームガイダンスおよび/または光偏向を修正するために、接続ゾーン内に光学要素を配置することができるか、または接続ゾーンを光学要素として構成することができる。

【0048】

ディフューザ基体は、実質的に、透明のプラスチック、ガラス、石英ガラス、またはガラスセラミックからなるマトリクスからなることができ、このマトリクス内に混入されている散乱要素は、例えば、プラスチックマトリクスの場合には、多孔質の、または着色された、または例えば白色に色付けされたプラスチックからなることができ、ガラスマトリクスの場合には、細孔、粒子、多孔質の、または着色された、または例えば白色に色付けされた、または不均質性を含有するガラス要素もしくはガラスセラミック要素と、その中に包含されている結晶とからなることができ、石英マトリクスの場合には、細孔、多孔質

10

20

30

40

50

の石英ガラス、またはセラミック製もしくは多結晶の粒子からなることができ、または透明のガラスセラミックマトリクスの場合には、細孔、粒子、多孔質の、または着色された、または例えば白色に色付けされた、または不均質性を含有するガラス要素もしくはガラスセラミック要素と、その中に包含されている結晶とからなることができる。

【0049】

この場合、有利には、例示的に挙げた散乱要素の組み合わせをそれぞれのマトリクス内に設けることもできる。ガラスマトリクスまたはガラスセラミックマトリクスの解決策の場合に散乱要素を形成することができる、ガラスまたはガラスセラミックの不均質性は、例えば、相分離、偏析および/または粒子混入、核および/または結晶子を含む。

【0050】

この場合、散乱領域内の散乱要素の濃度は、10 ppm ~ 1000 ppm、好ましくは20 ppm ~ 100 ppmであるべきである。この場合、ppmでの濃度表記は、それぞれの材料の、とりわけ散乱粒子が混入されているプラスチック、ガラスマトリクス、または石英マトリクスの成分の質量割合に対する散乱粒子の割合に関連している。この場合、例えば、細孔、粒子、多孔質の、または着色された、または例えば白色に色付けされた、または不均質性を含有するガラス要素もしくはガラスセラミック要素と、その中に包含されている結晶とを意味する、それぞれ形成された散乱要素は、好ましくは10 nm ~ 1000 nm、特に好ましくは100 nm ~ 800 nmの直径を有する。

【0051】

例えばP M M A、P E T、またはP Cからなるプラスチックロッドからなるディフューザ基体のためのプラスチックベースの解決策アプローチは、その製造時または変形時において低温のプロセス温度でもすでに実現可能である。しかしながら、このように構成されたディフューザ基体は、相応にどちらかと言えば低い耐熱性を有し、したがって、低いレーザ出力を有する用途のためには却って適している。さらに、このようなディフューザ基体は、可視スペクトル領域(V I S)での用途のためだけに適している。なぜなら、プラスチックは、基本的にN I R領域またはI R領域では高い吸収率を示すからである。

【0052】

ガラスベースのアプローチは、ここでは格段によりロバストであり、とりわけ熱的に安定しているので、比較的大きなレーザ出力も適用可能である。ディフューザ基体を構成するための要素として、例えば、N - B K 7型のガラスのロッド、本出願人の光学的なホウ素クラウンガラスのロッド、ホウケイ酸ガラスのロッド、または無鉛もしくは無重金属のロッドが考慮され、このような要素は、とりわけ、例えば内視鏡のため、または歯の充填物を硬化させるための歯科ロッドのための光学的に高品質のガラスファイバのためのコアガラスとして使用されている。後者を用いると、将来的なR o H S指令に準拠することができる。このようなガラスは、本出願人の独国特許出願公開第102012100233号明細書およびD E 102013208838 B 4に記載されており、これらの刊行物の全範囲を本明細書に援用するものとする。

【0053】

無鉛スズケイ酸塩ガラスまたはアルカリ亜鉛ケイ酸塩ガラスの領域からの、導光ロッドのための、またはディフューザ基体のマトリクスのためのそのようなガラスの例は、以下の成分(酸化物に基づいて重量%で記載)を含有している：

10

20

30

40

【表 1】

	から	まで
B ₂ O ₃	0	24
SiO ₂	23	62.1
Al ₂ O ₃	0	10
Li ₂ O	0	10
Na ₂ O	0	18.5
K ₂ O	0	25.7
BaO	0	57.8
ZnO	0	40
La ₂ O ₃	0	25
ZrO ₂	0	10
HfO ₂	0	14.2
SnO ₂	>0	2
MgO	0	8
CaO	0	8
SrO	0	24.4
Ta ₂ O ₅	0	22
Y ₂ O ₃	0	11.9
Rb ₂ O	0	15
Cs ₂ O	0	21
GeO ₂	0	7.5
F	0	2
Σ R ₂ O	5	20
Σ MgO, CaO, SrO, ZnO	20	42

10

20

30

【0054】

被覆管は、例えば、それぞれ以下の成分を含有する（酸化物に基づいて重量％で記載）以下のグループ 1 ～ 4 のうちの 1 つから選択されている：

40

50

【表 2】

	グループ 1	グループ 2	グループ 3	グループ 4
SiO ₂	70～78	63～75	75～85	62～70
Al ₂ O ₃	5～10	1～7	1～5	1～10
B ₂ O ₃	5～14	0～3	10～14	> 15
Li ₂ O	0～2	0～1	0～3	0～2
Na ₂ O	0～10	8～20	2～8	0～10
K ₂ O	0～10	0～6	0～1	0～10
MgO	0～1	0～5	0	0～5
CaO	0～2	1～9	0	0～5
SrO	0～1	0	0	0～5
BaO	0～4	0～5	0	0～5
F	0～1	0～1	0	0～1
Cl	0～1	0～1	0	0～1
Fe ₂ O ₃	0～2	0～2	0～2	0～2

10

20

【0055】

ここで、剛性の被覆部が多層の構造を有するか、またはとりわけ少なくとも2つの被覆管を有する場合には、これによってとりわけ、散乱され、案内され、かつ反射または後方反射された光成分も、ディフューザ長に沿った側方放射に規定通りに寄与することを達成することができる。

【0056】

このことは、少なくとも2つの被覆管を有する構造において特に効果的に成功し、この場合、内側の第1の被覆管は、好ましくは透明のホウケイ酸ガラスから形成されており、これに続く第2の被覆管は、半透明の散乱性のガラスから形成されており、この半透明の散乱性のガラス内には散乱中心を混入することができる。これらの散乱中心は、粒子、相境界、または偏析であってよい。

30

【0057】

第2の被覆管は、特に好ましい実施形態では白色ガラスを含むことができる。白色ガラスは、白色の色印象を引き起こすために白色顔料を含むことができる。

【0058】

白色ガラス被覆管は、好ましい実施形態によれば、好ましくは半透明のケイ酸塩白色ガラスであってよいが、またはこれを含むことができる。この半透明のケイ酸塩白色ガラスは、極端な散乱作用を有することができる。この半透明のケイ酸塩白色ガラスは、例えばAs-Pb含有ケイ酸塩ガラスであってよい。そのようなガラスは、鉛(Pb)およびヒ素(As)を含有するケイ酸塩ガラスである。散乱のために、ガラス中の不均質な領域は、周囲を取り囲んでいるガラスに対して高められた含有量の鉛および/またはヒ素を有することができる散乱要素として使用可能である。代替的に、もちろん散乱要素、例えば散乱粒子も混入可能であり、散乱中心を形成することができる。

40

【0059】

本発明の同様に好ましいさらなる実施形態では、剛性の被覆部のためのさらなる第3の被覆管が設けられている。この第3の被覆管は、剛性の被覆部の外側の被覆管であってよい。この場合、第1の被覆管および第2の被覆管は、前述したように構成可能である。

【0060】

1つの実施形態によれば、高い散乱中心密度を有するガラスからなる、例えば白色ガラ

50

スからなる第2の被覆管の代わりに、高い散乱中心密度を有する複数の個々のガラスロッドからなる、または複数の個々の白色ガラスロッドからなる1つのリングも使用される。この場合、リング状に配置されたこれらのガラスロッドは、内側に位置する第1の被覆管と、外側に位置する第3の被覆管と、の間に位置決めされる。線引きプロセスにおいて、これらのガラスロッド同士が相互に溶解して、1つの均質な散乱性の層を形成する。ガラスロッドのリング状の配置によれば、この配置は、実質的にリング状または管状に形成されている。

【0061】

剛性の被覆部のこのような構成により、極めて有利には、あと非常にわずかな割合だけではなく、結合箇所を介して導光体に向かって、またはこの導光体内に、またはそれどころかさらにレーザ光源の方向へと戻されなくなるということを達成することができる。このようにして、極めて有利には、レーザ光源から放出された光の、好ましくは10%未満、さらにより好ましくは放出された光の5%未満であるわずかな割合の光だけではなく、供給導光体内に再び後方反射されなくなるか、または供給導光体内に再び入射しなくなることを、または光が全く供給導光体内に再び後方反射されなくなるか、または供給導光体内に再び入射しなくなることを保証することができる。

10

【0062】

剛性の被覆部の被覆管のうちの少なくとも2つが、少なくとも1つの光学特性において相互に異なっていると、好適であることが判明している。この関連における光学特性とは、例えば透明度または半透明度に関する特性を意味し、例えば、曇りなく透明の被覆管および半透明の被覆管の場合には、被覆管の屈折率および/または材料の相応の差異が存在する。

20

【0063】

補足的または代替的に、光学特性における差異は、対応する被覆管のそれぞれ異なる透過挙動を意味することもでき、例えば、好ましくは使用波長のスペクトルにおける電磁放射の透過挙動を意味することもできる。

【0064】

補足的または代替的に、光学特性における差異は、対応する被覆管の屈折率の値における差異を意味することもでき、例えば、約0.05または約0.1の屈折率の値における差異を意味することもできる。

30

【0065】

例えば、それぞれ異なる光学特性を有する少なくとも3つの被覆管を含んでいる剛性の被覆部は、導光体内または導光体上での、とりわけ導光体の端部での、またはディフューザ本体への移行部での不所望な発光現象の危険性を、もう一度有意に低減することができる。さらに、これによって光源が不安定になること、またはそれどころかスイッチオフされることを阻止することもでき、これにより、処置における比較的高い安全性が与えられている。このことは、とりわけレーザ光源に当てはまる。

【0066】

特に有利には、例えばスプライシング箇所において、すなわち導光体からディフューザ基体への移行部において、とりわけ拡散体から導光体に向かう後方反射または導光体内への後方反射に起因して引き起こされる可能性のある、局所的なホットスポットまたは他の発光現象を回避することもできる。したがって、処置に対して、そして場合によっては操作に対しても悪影響を及ぼす可能性のある、照明システムの不所望な温度上昇も排除することができる。治療対象者および治療行為者への危険性は、阻止されるか、または少なくとも最小化される。

40

【0067】

以下では、剛性の被覆部が3つの被覆管を含んでいる特に適切な実施形態について記載する。

【0068】

本発明のこの実施形態では、マトリクスを少なくとも区間的に直接的に取り囲んでいる

50

第 1 の被覆管が、実質的に曇りなく透明に形成されており、かつ好ましくはマトリクス材料の屈折率よりも小さい屈折率を有すると、特に有利であることが判明している。例示的なガラスまたはその組成は、クラッドガラスに関する上記の表に記載されている。

【 0 0 6 9 】

この場合、この第 1 の被覆管は、いわばディフューザ基体の光学的なクラッド (Cladding) であってよく、したがって、入射した光は、まず始めにディフューザ基体の遠位端部まで導かれ、散乱要素において散乱された光だけが、ディフューザ基体の軸線に対して大きな角度で側方に放射される。

【 0 0 7 0 】

さらに有利には、第 1 の被覆管を少なくとも区間的に取り囲んでいる第 2 の被覆管が設けられており、好ましくは、第 2 の被覆管は、半透明または散乱性に形成されている。この場合、第 2 の被覆管は、第 1 の被覆管の屈折率よりも大きい屈折率を有することができる。

【 0 0 7 1 】

これにより、第 2 の被覆管が半透明または散乱性に構成されており、さらに第 1 の被覆管の屈折率よりも大きい屈折率を有する場合には、第 1 の被覆管を介して導かれた後方反射された光も、規定通りに外側へと散乱させることができるということを達成することができる。

【 0 0 7 2 】

さらに、この第 2 の被覆管上での、またはこの第 2 の被覆管内での多重散乱に起因して、放射された光のもう一度の均質化を達成することができる。これは、とりわけ角度分布にも関連し、これによって、略ランバート放射を達成することができる。

【 0 0 7 3 】

さらに有利には、第 2 の被覆管を少なくとも区間的に取り囲んでいる第 3 の被覆管が設けられており、好ましくは、第 3 の被覆管は、実質的に曇りなく透明に形成されている。

【 0 0 7 4 】

実質的に曇りなく透明に構成されている第 3 の被覆管を用いることにより、構造が機械的に安定化され、それにより平滑な閉じた表面も可能となることを達成することができる。

【 0 0 7 5 】

第 2 の被覆管の構成に応じて、第 3 の被覆管をオプションであると見なすこともできる。このことは、さらに上述したように第 2 の被覆管も白色ガラスであるか、または白色ガラスを含んでいる場合に当てはまることができる。

【 0 0 7 6 】

本発明の 1 つの発展形態では、補足的に、剛性の被覆部は、3 つよりも多くの被覆管を含むことができ、例えば前述したようなシーケンスを部分的または完全に繰り返すことができる。さらなる被覆管を、もちろん異なるように形成してもよい。

【 0 0 7 7 】

この場合、少なくとも 1 つの散乱要素を有するマトリクスと、多層または複数の被覆管を含んでいる剛性の被覆部とが、中空空間を有さない閉じた複合体として構成されていると、特に有利である。

【 0 0 7 8 】

このことは、とりわけ第 1 の被覆管と第 2 の被覆管との間で、好ましくはすべて被覆管の間で、隙間のない光学結合が実施されることを意味する。このことは、被覆管のそれぞれの周壁同士が、好ましくは相互に直接的に当接していること、または被覆管同士の間に空気、例えば含有空気または気泡が存在していないことを意味する。換言すれば、隣り合う被覆管の側面同士は、できるだけ相互に全面的に接触している。そうでなければ、これにより、例えばそこで発生する屈折率の急変に起因して、不所望な光学作用が引き起こされるおそれがある。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

本発明の特に好ましい実施形態が企図しているように、マトリクスと、少なくとも１つの散乱要素と、ガラスからなる被覆管を含んでいる剛性の被覆部と、を有するディフューザ要素が形成されている場合には、中空空間を有さない特にコンパクトで稠密なディフューザ基体を提供することができる。このために、被覆体の被覆管同士を、さらに以下で説明するようにコンパクトで閉じた本体になるように線引きプロセスにおいて溶融させることができる。

【００８０】

このようにして、使用時に、放射挙動に悪影響を及ぼす可能性のある液体が本発明による照明システム内に侵入し得ないことを保証することができる。

【００８１】

さらに、このようなディフューザ基体は、機械的にも非常に安定している。この機械的な安定性は、さらに以下でより詳細に説明する線引き法において製造が実施される場合に達成可能である。線引き法では、特に好適には、被覆管の材料の粘度および熱膨張係数を、線引きプロセスによる成分の溶融後、ディフューザ基体が例えば室温まで冷却される際に圧縮応力が誘発されるように選択して、相互に調整することができる。有利には、この場合、最も外側の被覆管の熱膨張係数を、この最も外側の被覆管の内側に隣接する被覆管の熱膨張係数を少なくとも若干上回るように選択することができる。

【００８２】

被覆管のうちの少なくとも１つ、例えば第３の被覆管は、所定の光学特性を生じさせるために、企図された用途に応じて所期のように選択可能である。

【００８３】

したがって、本発明の１つの発展形態では、少なくとも１つの被覆管、例えば外側に位置する被覆管のために、例えばＸ線不透過ガラスを選択することができる。このＸ線不透過ガラスは、ディフューザ基体が全体として、Ｘ線画像内において少なくとも部分的または区間的に識別可能になるという利点を有する。これにより、患者の身体内でのディフューザの位置を特に簡単に特定することが可能となる。

【００８４】

例えば冒頭で述べたＥＶＬＴ用途のための $0.8\mu\text{m}$ ～約 $2.2\mu\text{m}$ の使用波長に関して、例えば、本出願人から公知のＮ－ＰＫ５２ａという名称でのリン酸塩クラウンガラス、またはＩＲＧ７という名称での、例えば約３０重量％のＰｂＯを有する鉛ケイ酸塩ガラスのような、特別なＩＲ透過ガラスを使用することもできる。このような高Ｐｂ含有ガラスは、Ｘ線画像内において相応に目立ち、Ｘ線マーカーとして利用可能であるという利点をさらに提供する。

【００８５】

ディフューザ基体内に入射した光を、側方放射のために特に効果的に利用し尽くすことは、反射器面を使用して達成可能であり、この反射器面は、遠位端部においてディフューザ基体の終端をなしており、かつ／またはディフューザ基体をその周面において少なくとも部分的または区間的に包囲しており、光を直接的にかつ／または拡散させて後方反射させる。

【００８６】

この場合、ディフューザ基体の遠位端部にスパッタリングまたは蒸着された誘電性の反射層として形成されている反射器面が、好適であることが判明しており、この反射器面は、複数の層からなり、反射率に関して使用されている光の波長に合わせて調整されており、好ましくは、この波長での反射率の最大値を、積層体と、個々の層のそれぞれの層厚さによって調整することができる。

【００８７】

このような層によって、 $>95\%$ から $>99.5\%$ までの反射率を、所期のように設定することができる。

【００８８】

代替的または追加的に、本発明のさらなる実施形態では、反射器を、広帯域で良好に反

10

20

30

40

50

射するコーティングから、例えば、場合によっては背面のパッシベーションもしくは保護層を有する銀層から構成することができる。このようなコーティングは、特にロバストであり、強度の局所的な過度な増加やホットスポットにもつながりかねない妨害的な反射を抑制することができる。これにより、とりわけ、可視スペクトル領域（VIS）においても、例えば $1\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ 波長の間のIR/MIR領域（「IR」＝赤外線、「MIR」＝中赤外線）においても非常に良好な反射特性を有する、非常に広帯域の反射器を実現することができる。背面のパッシベーションは、例えば銀層の酸化を阻止する。

【0089】

さらなる変形形態では、第1の波長に対する、例えば使用されている光の波長または使用波長に対する反射率の第1の最大値と、少なくとも1つのさらなる波長に対する反射率の少なくとも1つのさらなる第2の最大値とを設けることもできる。この場合、少なくとも1つのさらなる波長は、有利には使用波長とは異なっていてよい。このようにして、さらなる機能を極めて有利に組み込むことができる。

【0090】

この場合、少なくとも2つの最大値は、とりわけ $>95\%$ 、好ましくは $>99\%$ の反射率を有することができる。換言すれば、反射率の第1の最大値は、光源の光の所定の波長に位置することができ、反射率の少なくとも1つのさらなる第2の最大値は、さらなる波長に位置することができ、この波長は、レーザ光源の光の第1の波長とは異なっていてよく、第1の最大値の反射率と、少なくとも1つのさらなる最大値の反射率とは、好ましくは $>95\%$ 、好ましくは $>99\%$ である。さらなる波長の光を生成するために、例えばさらなる光源、例えばより小さな出力を有する光を放出するさらなるLED光源を設けることができる。

【0091】

本明細書における使用波長という用語は、特定の処置のために企図または選択されている電磁放射の波長、例えば 690nm を意味する。

【0092】

これにより、ここでは処置波長を意味する使用波長、例えば 690nm に対しての、かつ他の波長、例えば、構成部品の設置および機能制御のために使用されることが多い、例えば緑色光を有するパイロット光の波長、例えば $500\text{nm} \sim 550\text{nm}$ に対しての、ディフューザ基体の遠位端部における妨害的な放射を回避することができる。

【0093】

本発明のさらなる実施形態では、反射器面は、少なくとも区間的に、ディフューザ基体の長手方向軸線に対して 90° 未満の角度で、好ましくは $85.0^\circ \sim 89.9^\circ$ の間の角度で形成されており、動作中に後方反射された光を、反射器面に当射した光よりも大きな開口数NAで反射させることが可能である。

【0094】

これにより、ディフューザ基体内に混入された散乱要素を、側方からの光出射のためにより良好に利用することを達成することができ、このことに伴って、効率が向上するだけでなく、ディフューザ長さにわたる均質性も向上する。

【0095】

さらなる別の実施形態では、凹状または凸状に形成された反射器面を設けることができる。ディフューザ基体の長手方向軸線に対して単純に斜めに形成された平坦な反射器面、またはディフューザ基体の長手方向軸線に対してそれぞれ異なる角度を有する複数の平坦な面を有するファセット状の反射器面も、製造プロセスに鑑みて特に好ましいだろう。

【0096】

前述した措置にもかかわらず、特定の状況下では、後方反射された光の一部が、依然として、とりわけディフューザ基体と導光体との間の移行部における機械的な補強部として設けられた透明のスリーブの領域において、このスリーブを介して供給導光体の方向および/または中に導かれてしまう可能性があり、このことは、一方では、導光体の不所望な照明を引き起こす可能性があるか、または例えば光出力が比較的大きい場合には、不所望

10

20

30

40

50

な加熱を引き起こす可能性がある。

【0097】

透明のスリーブは、プラスチック、ガラス、金属、またはセラミック材料から製造可能であるか、またはプラスチック、ガラス、金属、またはセラミック材料を含むことができる。プラスチックは、例えばポリカーボネート（PC）のような熱可塑性プラスチックのグループから選択可能である。ガラスは、その弾性率に基づいて、機械的な安定性に関する利点を提供する。

【0098】

とりわけ局所的な吸収の結果のいわゆるホットスポットとして、局所的に加熱が生じることもある。とりわけ、透明のスリーブを介して導かれた光が、導光体の外側のクラッド（バッファ）に当射すると、このことによって集中的に顕著な光反射が生じ、局所的に加熱されることとなる。

【0099】

したがって、本発明の特に好ましい実施形態では、透明のスリーブと導光体の外側のクラッドとの間の領域に、半透明または部分吸収性のカバーが設けられている。

【0100】

この半透明または部分吸収性のカバーは、有利には、散乱粒子が混入されたポリマーから形成可能である。

【0101】

これにより、外側のクラッドに当射する光の少なくとも部分的な低減を達成することができる。さらに、このカバー内での多重反射によって側方放射が生じる可能性があるが、このことは、眼によってほとんど知覚できない。なぜなら、この側方放射は、このカバーの全長にわたって均等に、格段により小さな出力密度で発生し、したがって、この側方放射は、格段に減衰されて実施されるからである。これにより、ホットスポットが回避される。

【0102】

技術的な実現に関して、半透明または部分吸収性のカバーが、所望されている限りにおいて、散乱粒子を事前に導入することができるチューブ部分、収縮チューブ部分および／またはリコーティングポリマーであると有利であることが判明している。

【0103】

本発明の枠内では、好ましくは、使用目的に合わせて適合された照明プロファイル、とりわけ動作状態における側方放射の強度の均質性を有する、本発明によるディフューザ基体または本発明による照明システムを製造するための方法も設けられている。

【0104】

少なくとも1つの散乱要素を含む、とりわけ本発明による照明システムのための、本発明によるディフューザ基体を製造するための方法が提示され、好ましくは、少なくとも1つの散乱要素が、ディフューザ基体の長手方向軸線に沿って、ディフューザ基体に対して実質的に平行に方向決めされているか、またはディフューザ基体の長手方向軸線に対して所定の角度で配置されており、本方法は、以下の方法ステップを有し、すなわち、

- ・屈折率 n_1 および／または n_1' を有するガラスからなる複数の導光ロッドを用意するステップ、

- ・屈折率 n_1 および／または n_1' を有する複数の導光ロッドと、散乱中心を含むガラスまたはガラスセラミックからなる少なくとも1つの散乱ロッドとを、導光ロッドの長手方向軸線と、少なくとも1つの散乱ロッドの長手方向軸線とが実質的に相互に平行に延在するように、かつプリフォームが得られるように配置するステップ、

- ・プリフォームを加熱するステップ、

- ・ディフューザ基体を得るために、プリフォームを線引き設備において線引きし、場合によっては切断するステップ

を有する。

【0105】

10

20

30

40

50

このようにして得られたディフューザ基体の場合、導光ロッドの外周面は、形状結合によって相互に、かつ少なくとも1つの散乱ロッドに、解離不能に結合される。とりわけ、これらは、相互に溶融し、これによってディフューザ基体のマトリクスを形成し、このディフューザ基体のマトリクスは、少なくとも1つの線引きされた散乱ロッドから形成される少なくとも1つの混入された、かつ/またはこれらに隣接する散乱要素を有する。

【0106】

これにより、屈折率 n_1 または n_1' を有するガラスからなる複数の導光ロッドが用意される。

【0107】

達成されるべき照明プロファイルに応じて、上述した散乱中心を含むガラスまたはガラスセラミックからなる少なくとも1つまたは複数の散乱ロッドが、所要の数だけ用意されて、導光ロッドの隣または間に配置され、これにより、導光ロッドの長手方向軸線と、散乱ロッドの長手方向軸線とが有利には実質的に相互に平行に配置されるような、導光ロッドおよび散乱ロッドの配置が生じる。この配置における散乱ロッドの分布は、所望の照明プロファイルに応じたパターンに従って実施可能である。この配置は、適切な手段によって固定され、これによってプリフォームを形成する。

【0108】

後続の方法ステップでは、プリフォームが加熱され、導光ロッドと少なくとも1つの散乱ロッドとが、各自の外周面において相互に解離不能に結合されるように線引きされて、側方に放射するガラス要素が形成される。線引きの際の温度制御により、導光要素間に相境界が存在するまま維持されるようになる。このことは、とりわけ線引き温度を、導光ロッドのガラスの溶融温度未満に保ち、これらの導光ロッドを、とりわけ焼結温度と一緒に焼結することによって達成可能である。導光ロッドの完全な溶融は、本発明によれば回避される。同様にして、温度制御により、導光ロッドの好ましい形状結合と、必要に応じて散乱要素の好ましい形状結合も達成される。

【0109】

このようにして得られたガラス要素は、ディフューザ基体を直接的に形成することができる。しかしながら、とりわけ、ディフューザ基体および/またはディフューザ基体の区間を、製造されたガラス要素の調製によって、例えば切断によって得ることもできる。この場合、ディフューザ基体のマトリクスは、線引きされて形状結合により結合された複数の導光ロッドから形成され、これらの導光ロッド内には、線引きされた散乱ロッドから形成される散乱中心を有する少なくとも1つの散乱要素も、形状結合により、実質的にプリフォームにおけるその配置に応じて混入されている。

【0110】

好ましい実施形態では、導光ロッドは、上述したように相互に完全には溶融されておらず、散乱ロッドもまた、導光ロッドのうちの少なくとも1つと完全には溶融されていない。その場合、相境界は、散乱ロッドと導光ロッドとの間にも存在することができ、したがって、形成されたマトリクスと、ディフューザ基体の散乱要素との内部に残されている。この実施形態は、導光ロッドのガラスの軟化温度を、散乱ロッドの軟化温度と同じ高さ以下にすることによって達成可能である。

【0111】

同様に有利な実施形態は、導光ロッド同士が相互に完全には溶融されず、それらの間には相境界が存在しているが、少なくとも1つの散乱要素が少なくとも1つの導光ロッド上に溶融されるようにすることを企図している。このことは、散乱ロッドのガラスの軟化温度を、導光ロッドのガラスの軟化温度よりも低く選択することによって達成可能である。散乱ロッドのガラスの最高50 Kの比較的低い軟化温度、とりわけ最高30 Kの比較的低い軟化温度が有利であることが判明している。

【0112】

線引きの際には、導光ロッドからマトリクスが線引きされ、散乱ロッドからガラス要素の散乱要素が線引きされる。したがって、導光ロッドは、屈折率 n_1 を有するガラスから

10

20

30

40

50

なり、詳細には、屈折率 n_2 を有するクラッドガラスによっては包覆されていない。

【0113】

導光ロッドと散乱ロッドとからなるプリフォームの配置を固定するための手段は、例えばクランプであってよく、このクランプは、後で再び取り外される。

【0114】

このようにして得られた、少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスには、さらなる線引きプロセスにおいて剛性の被覆部が設けられる。本発明の意味では、好ましくは、複数部分からなる構造または多層の構造によって形成することができる剛性の被覆部が使用される。好ましい実施形態では、この剛性の被覆部は、少なくとも2つ、特に好ましくは少なくとも3つの被覆管を有する。

10

【0115】

2つの被覆管を有する剛性の被覆部を製造するために、少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスを、第1の被覆管の内部に配置することができる。次いで、第1の被覆管を第2の被覆管内に位置決めすることができる。

【0116】

詳細には、本方法は、以下のステップを含むことができ、すなわち、
・少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスを用意するステップ、
・少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスが第1の被覆管の内部に配置されている配置を提供するステップ、
・第1の被覆管を第2の被覆管内に位置決めするステップ、
・剛性の被覆部を有するディフューザ基体を得るために、配置を線引き設備において線引きし、場合によっては切断するステップ
を含むことができる。

20

【0117】

さらに、配置を線引き設備において線引きする際に、プリフォームを、当該プリフォームの長手方向軸線を中心として回転させ、これにより、散乱中心の、長手方向軸線を中心とした螺旋状の配置を形成することができる。

【0118】

3つの被覆管を有する剛性の被覆部を製造するために、少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスを、第1の被覆管の内部に配置することができる。次いで、第1の被覆管を第2の被覆管内に位置決めすることができ、今度はこの第2の被覆管を第3の被覆管内に位置決めすることができる。

30

【0119】

したがって、詳細には、本方法は、以下のステップ、すなわち、
・配置を線引き設備において線引きする前に、第2の被覆管を第3の被覆管内に位置決めするステップ
をさらに含むことができる。

【0120】

もちろん、導光ロッドおよび散乱ロッド、第1の被覆管、第2の被覆管、または第3の被覆管も相応に事前に組み立てられている限り、この組み立ての順序を、これとは異なるように構成してもよい。その後、この配置を、線引き設備における線引きプロセスに供給することができ、これらのコンポーネントを相互に溶解させて、所望のディフューザ要素のためのベースとなることができるコンパクトで閉じた本体を形成することができる。

40

【0121】

この場合、被覆管のうちの少なくとも1つを一方の側で封止することができ、このことは、配置の構造および提供を容易にする。

【0122】

驚くべきことに、3つの被覆管、またはそれどころかより多くの被覆管と、内部に少なくとも1つの散乱要素を有するマトリクスと、を有する、このような事前に組み立てられた配置も、全体として1回の線引きプロセスでただ1回のステップで、所望のディフュー

50

ザ要素に成形することができる。加熱および線引きの際には、これらの被覆管が軟化して、それぞれさらに内側に配置されているコンポーネントの上に被着され、これにより、散乱要素を有するマトリクスの周囲にいわば3重のクラッドが形成される。

【0123】

続いて、加熱および線引きによって得られた生成物を分割または切断することができ、かつ/または相応に後続処理することができる。

【0124】

線引きプロセスにおけるパラメータである速度、温度および/または力を変化させることにより、場合によっては調製の後に、少なくとも部分的または区間的に円錐状の先細りになったディフューザ基体を得ることができる。その場合、少なくとも先細りになった領域では、散乱要素は、ディフューザ基体の長手方向軸線に対してもはや平行には延在しておらず、長手方向軸線に対して所定の角度で延在している。

【0125】

これまで種々異なる変形形態において説明してきたような照明システムの有利な使用は、例えば腫瘍治療を目的とした光線力学的治療(PDT)または光免疫治療(PIT)のための使用、例えば静脈瘤の処置を目的とした血管内レーザー治療(EVLT)のための使用、例えば癲癇もしくは脳腫瘍の処置を目的としたレーザー誘導間質温熱治療(LITT)のための使用、または冒頭で述べたような歯科医学、眼科学および皮膚科学の分野における用途のための使用を企図している。歯科医学の分野では、ここではとりわけ創傷処置または歯周病処置のための用途を挙げることができる。さらに、脳研究における用途が存在し、ここでは、光によって個々の脳領域を刺激し、これによって疾患症状を処置することができる。

【0126】

これまで種々異なる変形形態において説明してきたような照明システムのさらなる使用は、腫瘍治療を目的とした光線力学的治療(PDT)のための使用を企図しており、この場合、ディフューザ要素を有する少なくとも1つの導光体は、他のディフューザ要素から放射された光を受信し、導光体を介して分光分析のための検出器に転送する。この場合、患者には、種々異なる光を送出するディフューザ導光体の他に、光を受信するディフューザ導光体も施与され、入射した光と受信した光との間のスペクトル差に基づいてPDT処置の応答を推定することができる(これについては、Finlay et al., Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng. 2014年6月14日; 5315: 第132-142頁を参照のこと)。さらに、これによって線量測定の実現することができる。

【0127】

さらに、例えばとりわけ均質な照明が重要である機械上または機械内での、例えばアクセス困難な箇所の検査を目的とした工業分野における用途も、または分光学的な用途も、または光によって生化学的なイン・ビトロ(in vitro)反応が刺激される生化学での用途も有利である。

【0128】

以下では、図面に示されている実施例に基づいて本発明をより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0129】

【図1】PDT用途における導光体とディフューザ要素とを有する照明システムの概略図である。

【図2】ディフューザ要素の概略縦断面図である。

【図3】ディフューザ基体内における散乱要素の配置に関する好ましい実施例の概略横断面図である。

【図4】強度推移を示す推移線図である。

【図5】後方散乱光を導光体の外側のクラッドにおいて回避するための構造の概略図である。

【図6】a, b, c, dは、ディフューザ基体内における散乱要素の配置に関する種々異

10

20

30

40

50

なる実施例を示す図である。

【図 7】 a および b は、ディフューザ基体のマトリクス内における散乱要素に関する種々異なる実施例を示す図である。

【図 8】 a , b および c は、ディフューザ基体の反射器面の種々異なる実施例の概略図である。

【図 9】 ディフューザ基体の長手方向軸線を中心とした散乱中心の螺旋状の配置を有するディフューザ基体の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 1 3 0 】

以下の詳細な実施形態の説明では、添付の図面における同じ参照符号は、それぞれ同じまたは同じ作用を有する構成部分を指している。 10

【 0 1 3 1 】

より良好な理解のために、以下の定義を行うものとする。

【 0 1 3 2 】

本開示の意味では、照明システムという用語は、照明装置を含み、とりわけ、医療技術的な目的で使用するために適していて、とりわけ生体組織と接触すべき場合に少なくとも部分的に殺菌可能かつ / または滅菌可能であるような照明装置を含む。

【 0 1 3 3 】

「医療技術的な治療および / または診断システムのため」という表現は、本明細書に開示された照明システム自体を医療的な治療および / または診断システムとして使用または適用することを含む。 20

【 0 1 3 4 】

図 1 は、本発明の好ましい実施形態による照明システム 1 の構造を概略的に示す。例えば、ここでは医療技術的な P D T 用途が示されている。

【 0 1 3 5 】

図示の例では、照明システム 1 は、動作状態において所定のスペクトル領域の光を送出する光源 1 0、とりわけレーザ光源を含む。冒頭で説明したような P D T 用途の場合には、事前に投与された生化学的に変更された色素（光増感剤）に合わせて調整された波長、通常、可視領域の波長、例えば 5 3 2 n m の緑色スペクトル領域の波長、または例えば 6 9 0 n m の赤色スペクトル領域の波長を送出するレーザが使用される。ここで、基本的には L E D または L D ベースの光源も使用可能であることを言及しておく。しかしながら、達成可能な出力密度に鑑みて、ここではレーザベースのシステムが定着している。 30

【 0 1 3 6 】

導光体 3 0 は、その近位端部においてプラグ 2 0 によって光源 1 0 に接続されている。本明細書では、導光体 3 0 のうちの光が入射する方の端部が、近位端部と称される。導光体 3 0 は、その遠位端部においてディフューザ要素 4 0 を有し、このディフューザ要素 4 0 は、ここでは図示されていないカニューレを介して、健康な組織 7 0 の内部に形成されている腫瘍組織 8 0 に挿入可能である。ディフューザ要素の作用領域は、理想的には腫瘍組織 8 0 の領域に相当する。

【 0 1 3 7 】

本明細書における遠位端部とは、一般的に導光体 3 0 の近位端部から離れて配置されていて、とりわけそこから光が出射するような、導光体 3 0 の他方の端部を意味する。 40

【 0 1 3 8 】

レーザビームは、ディフューザ要素 4 0 における光入射 4 1 を介してディフューザ要素 4 0 に到達し、ディフューザの長さにならって側方に放射される（光出射 4 2）。この場合、ディフューザ要素 4 0 の長さにならって放射ができるだけ均質であることが重要である。とりわけ、強度ピークを回避すべきである。冒頭で説明したような光誘起された生化学反応により、処置後には理想的には腫瘍組織 8 0 が死滅する。基本的に、導光体 3 0 として石英ファイバが使用され、プラグ 2 0 は、基本的に、プラグ 2 0 内にファイバが接着されている同軸コネクタ、いわゆる S M A コネクタとして形成されている。熱負荷耐性に 50

鑑みて、洋白製のスリーブを有するプラグ 20 も有利であってよく、この場合、導光体 30 は、塑性変形による形状結合によって洋白製のスリーブ内に嵌入、すなわち圧着されている。さらに、レーザ出力が比較的大きい場合には、導光体 30 のファイバ端部が円錐ブリズムによって保護されているプラグ 20 を使用することもでき、このことは、調整不良の際に有利であろう。導光体は、上述したように、コア直径を有するコアとクラッドとを含むシングルファイバ、例えばモノモードまたはマルチモードの導光ファイバを含むことができるか、またはファイバ束直径を有するファイバ束を含むことができる。

【0139】

図 2 は、本発明の好ましい実施形態によるディフューザ要素 40 の構造を概略的に示す。

10

【0140】

ディフューザ要素 40 は、接続ゾーン 44 を介して導光体 30 に取り付けられているディフューザ基体 43 からなる。導光体 30 は、前述した用途では多くの場合、屈折率 n_1 および通常 $200 \sim 600 \mu\text{m}$ の間のコア直径 31、1 を有するコア 31 と、屈折率 n_2 を有するクラッド 32 と、を備えた石英ガラスからなり、ここで、 $n_1 > n_2$ が当てはまる。これによって通常達成可能な開口数 NA は、約 0.22 である。光入射 41 は、ディフューザ基体 43 の入射面 46 を介して実施される。通常、導光体 30 は、外側のクラッド 33 をさらに有し、この外側のクラッド 33 は、通常、例えば PMMA、PA（例えば、NYLON（登録商標））またはフッ素化ポリマー（例えば、TEFZEL（登録商標））からなり、パフアとも称される。この外側のクラッド 33 は、図 2 には示されていない。

20

【0141】

直径 43.1 を有するディフューザ基体 43 は、好ましい実施形態では、剛性の被覆部 43.3 と、散乱要素 43.6 が混入されたマトリクス要素 43.5 からなるマトリクス 43.4 と、を含むか、または剛性の被覆部 43.3 と、散乱要素 43.6 が混入されたマトリクス要素 43.5 からなるマトリクス 43.4 と、からなっている。

【0142】

単なる例として、図 6a、図 6b、図 6c および図 6d には、ディフューザ基体 43 内における散乱要素 43.6 の好適な配置に関する種々異なる実施例が示されている。さらに、図 7a および図 7b には、ディフューザ基体 43 のマトリクス 43.4 内における散乱要素に関する種々異なる実施例が示されている。これらの実施例については、以下においてさらに掘り下げて説明する。

30

【0143】

（図 3 に示すように）本発明によれば、剛性の被覆部 43.3 は、複数の、好ましくは少なくとも 2 つの相互に同軸に配置された被覆管もしくは層 43.3.1, 43.3.2, 43.3.3 からなることができるか、またはこれらを含むことができ、これらの被覆管または層 43.3.1, 43.3.2, 43.3.3 は、少なくとも被覆管の透明度、屈折率および / または材料に関してそれぞれ異なる光学特性を有することができる。

【0144】

動作状態において側方放射の強度に対する均質性要求を満たすことができるようにするために、ディフューザ基体 43 は、動作波長およびディフューザ長さに応じて $10 \sim 100$ 個の散乱要素 43.6 を含む。ここでは、経験則として、使用波長が長ければ長いほど、またはディフューザ長さが短ければ短いほど、より多数の散乱要素 43.6 を設けるべきであると言える。

40

【0145】

混入された散乱要素 43.6 とディフューザ基体 43 との断面積の比率は、0.015、好ましくは 0.005、特に好ましくは 0.002 である。この場合、散乱要素 43.6 は、ディフューザ基体 43 の全長にわたって、長手方向軸線 43.2 に対して実質的に平行に方向決めされている。

【0146】

50

有利な実施形態では、ディフューザ基体 43 の直径は、導光体 30 のコア直径 31.1 またはファイバ束直径 31.1 よりも大きく設計されており、したがって、一方では、制御されていない散乱光が、例えば剛性の被覆部 43.3 に入射しないようになっている。他方では、これにより、導光体 30 およびディフューザ基体 43 の取り付けおよび調整を容易にすることができ、かつ/または取り付け誤差を補償することができる。したがって、導光体 30 のコア直径 31.1 またはファイバ束直径 31.1 と、散乱要素 43.6 が混入されたディフューザ基体 43.1 の直径との比率は、有利には、1.0、好ましくは 1.0 ~ 0.8 の間である。所望の放射特性に応じて、0.8 の比率を企図することもできる。

【0147】

10

ディフューザ基体 43 の近位端部と、導光体 30 の遠位端部と、の間の接続ゾーン 44 には、光学要素を配置することができ、この光学要素は、例えばビーム成形要素、導光要素、または光ファイバテーパとして、場合によっては円錐形に形成可能である。したがって、例えば直径の差を幾何学的に適合させることも可能である。本明細書におけるディフューザ基体 43 の近位端部とは、ディフューザ基体 43 のうちの光が入射する方の端部を意味する。

【0148】

接続ゾーン 44 からの散乱光を回避するため、さらには接続ゾーン 44 の機械的な安定化として、本発明の好ましい実施形態によれば、プラスチック、ガラス、金属、またはセラミック材料からなるスリーブ 48 が設けられており、このスリーブ 48 により、導光体 30 からの光は、導光体 30 の長手方向軸線の方向に、所定の側方の角度で通過することができるが、端面側において散乱体の近位端部に入射する可能性のある光は、遮断される。ホウケイ酸ガラスからなるスリーブ 48 が、光吸収の回避に関して特に効果的であることが判明している。このようなガラスは、例えば Schott AG 社の SCHOTT FIOLAX (登録商標) 8412 の名称で知られている。

20

【0149】

ディフューザ基体 43 のうちの近位端部とは反対側の遠位端部には、放射特性を最適化するために反射器面 47 が設けられており、この反射器面 47 は、金属薄板の形態のミラー要素として、または例えばミラー層が蒸着された支持体フィルムの、もしくは > 95 % の反射率を有するコーティングの薄いミラーフィルムとして、指向反射性に構成可能である。例えば、好ましくは白色の塗料を被着させること、例えば印刷することによる拡散反射性の層も有利であることが判明している。

30

【0150】

さらなる変形形態では、反射器面 47 を、ディフューザ基体 43 に直接的に接触させられたアルミニウムまたは金からなる研磨された短区間のワイヤとして製造することができる。これにより、ホットスポットを回避するために役立つ小さなヒートシンクがさらに得られる。

【0151】

さらに、ディフューザ基体 43 の遠位端部におけるスパッタリングまたは蒸着された誘電性の反射層が特に有利であることが判明しており、この誘電性の反射層は、複数の層からなり、かつ反射率に関して、使用されている光の波長に合わせて調整されている。反射器面 47 の幾何学的な実施形態については、さらに以下で説明する。このようにして、例えば > 95 %、好ましくは > 99 % の反射率を達成することができる。

40

【0152】

「反射率に関して、使用されている光の波長に合わせて調整されている」という表現は、本開示の枠内では、調整された場合に、この波長においてできるだけ高い反射率が達成されること、またはそれどころか、それぞれ調整された波長に反射率の最大値が位置することを示す。そのような反射層の例は、交互に被着された TiO_2 層および SiO_2 層からなる多層の積層体であり、例えば、この多層の積層体は、使用波長の領域において、例えば $(690 \pm 10) \text{ nm}$ を有する赤色光に対して、> 99 %、好ましくは > 99.5 %

50

の反射率を有する。

【0153】

このような積層体を、その時々の使用波長に応じて適合させることができ、つまり、上記のように調整することができる。これにより、一方では、理想的な後方反射を達成することができ、他方では、ホットスポットの回避を達成することができる。代替的または補足的に、裏面パッシベーションを有する銀層を反射器面47として設けることもできる。遠位端部における反射層を、例えば接着剤液滴を用いて保護することも考えられ、その場合、この接着剤液滴は、硬化させられた状態において丸みを帯びたキャップを形成する。

【0154】

PDTまたはPICT用途では、多くの場合、例えばイン・ビボ(in vivo)にディフューザを設置するため、すなわち位置付けするために、出力と、とりわけ波長とに関して使用波長(例えば、690nm)とは明確に異なっているいわゆるパイロット光が使用されるので、一方では、例えばセラミック製もしくは金属製のシリンダ、またはセラミック製もしくは金属製の球の形態の追加的な遮断要素60を、遠位方向に見て反射器面47の下流に設けることができ、かつ/または反射器面47の積層体は、例えば500nm~580nmの間の緑色スペクトル領域のパイロット光の波長に対して>80%、好ましくは>95%、特に好ましくは>99%の高い反射率も追加的に達成可能となるように構成されている。

【0155】

金属製の遮断要素60は、X線画像内においていわゆるX線マーカーまたは放射線マーカーとして識別可能であるという利点をさらに有する。このことは、接続ゾーン44の領域に設けられるスリーブ48または追加的なスリーブについても、これらが薄壁の金属製のスリーブとして設計されている場合には当てはまる。典型的に、このような金属製のスリーブは、原子番号の大きい1つまたは複数の材料、それらの組み合わせまたは合金から製造されている。その例は、タンタル、白金、イリジウム、または白金・イリジウム合金である。

【0156】

さらなる機械的な保護のため、かつ/または放射特性の均質化のために、透明かつ/または半透明で有色または無色の材料(シリコン、ガラス、または石英ガラス)からなるカバー49を設けることができ、このカバー49は、ディフューザ基体を少なくとも部分的または区間的に取り囲んでいる。とりわけ、半透明の材料を用いて、かつ/または散乱中心を含む材料を用いて、追加的な均質化を達成することができる。例えば、シリコン、テフロンからなる、または例えばPEBA(登録商標)として市販されているポリエーテル・ブロック・アミドブロック・コポリマーからなる、対応する本体またはチューブが適している。カバー49として、例えばPETからなる、少なくとも区間的に被着された薄壁の収縮チューブが実証されており、この収縮チューブは、単層または多層で構成可能である。これにより、ランバート放射器による光出射42がさらに支援または実施される。その場合、ディフューザ要素40の有効長さ40.2は、スリーブ48と反射器面47との間の距離として生じ、例えば、最大でディフューザ要素40の全長にわたって、または最大でディフューザ要素40の有効長さ40.2にわたって延在することができる。

【0157】

ディフューザ基体43と、例えばガラスまたはプラスチックからなるカバー49と、の間には、場合によって生じうる、放射挙動に悪影響を及ぼすようなディフューザ基体43上の表面不規則性、例えば汚れまたは表面粗さ等を抑制するために、カバー49とディフューザ基体43との間に液浸層を挿入することができる。この場合には、一方では、ガラス系に合わせて適合された屈折率について、高い透明性について、かつ良好な被着可能性に鑑みた十分に高い粘度について考慮すべきである。例えば、グリセリンまたはシリコン(オイルまたは接着剤)が液浸層として適していることが判明している。

【0158】

干渉反射を回避するために、追加的に、反射器面47をカバーまたはキャップ47.2

10

20

30

40

50

によって覆うことができるか、または反射器面 47 をカバーまたはキャップ 47.2 によって形成することができ、このカバーまたはキャップ 47.2 は、ディフューザ基体 43 をその周面において横方向に短い長さで包み込んでいる。この場合には、有効長さ 40.2 は、スリーブ 48 とこの保護キャップとの間の間隔に相当する。したがって、スリーブ 48 またはキャップ 47.2 が金属から製造されている場合には、放射線マーカーの機能を達成することができ、このことにより、X 線画像内におけるディフューザ要素 40 の有効長さ 40.2 または位置が識別可能になる。ディフューザ要素 40 の直径全体 40.1 は、PDT 用途のためには典型的には 0.8 ~ 1.2 mm である。通常、直径 40.1 は、1 mm 弱である。ここでは、カニューレの直径が重要であり、このカニューレを通してディフューザ要素 40 が患者に投与される。

10

【0159】

ディフューザ基体 43 および導光体 30 の取り付けは、例えば屈折値が適合された非常に透明の接着剤を用いたスプライシングプロセスまたは接着プロセスによって、接続ゾーン 44 の内部で実施される。スプライシングの際には、コロナ放電を用いて、かつ/またはレーザ、通常は CO₂ レーザを用いて導光体 30 とディフューザ基体 43 とが融着または融接されて一体化される。ディフューザ基体 43 および導光体 30 のために使用される材料に応じて、それらの熱膨張係数を適合させるために中間媒体 45 を使用することが必要となる場合がある。この中間媒体 45 は、例えばガラス/石英の溶融の場合には、ほとんどガラス、中間ガラス、または光学的な接着剤もしくは接合剤であってよい。スリーブの形態での機械的な加圧を実現することも考えられ、かつ有利であり、この場合、接合部だけが反射損失を回避するための光学的な接合剤によって充填されている。ディフューザ基体 43 の近位端部と、導光体 30 の遠位端部と、の間の接続ゾーン 44 に配置されている光学要素も、結合または接続することができる。

20

【0160】

ディフューザ基体 43 は、マトリクス 43.4 を含み、このマトリクス 43.4 内には散乱要素 43.6 が、ディフューザ基体 43 の全長にわたって、図 2 の実施形態にも示されているような長手方向軸線 43.2 に対して平行に、好ましい配置で埋め込まれている。この場合、個々の散乱要素の軸線方向の広がり、ディフューザ基体 43 の全長よりも小さくてよい。この場合、複数の散乱要素 43.6 を、ディフューザ基体 43 の直径 43.1 にわたって多かれ少なかれ統計的に均等に分布されるように配置することができ、すなわち、長手方向軸線を中心として配置された複数の散乱要素 43.6 が設けられており、好ましくは、これらの散乱要素が、長手方向軸線を中心として規則的な構造で配置されている。

30

【0161】

1 つの実施例では、ディフューザ基体 43 は、それぞれ 1 つの剛性の被覆部 43.3 とマトリクス 43.4 とを有し、このマトリクス 43.4 内には散乱要素 43.6 が、ディフューザ基体 43 の全長にわたって長手方向軸線 43.2 に対して平行に、好ましい配置で埋め込まれている。

【0162】

図 6 a は、複数の散乱要素 43.6 が、ディフューザ基体 43 の直径 43.1 にわたって多かれ少なかれ統計的に均等に分布されるように配置されている配置を示し、すなわち、長手方向軸線を中心として配置された複数の散乱要素 43.6 が設けられており、好ましくは、これらの散乱要素が、長手方向軸線を中心として規則的な構造で配置されている。

40

【0163】

図 6 b は、個々の散乱要素 43.6 がとりわけリング状の配置を形成している配置を示し、すなわち、長手方向軸線を中心として、好ましくは円形に配置されている複数の散乱要素が設けられている。

【0164】

(図 6 c に示すように)さらなる実施例では、管または管区間の形態のただ 1 つの散乱

50

要素 4 3 . 6 がマトリクス 4 3 . 4 内に埋め込まれており、すなわち、少なくとも 1 つの散乱要素 (4 3 . 6) は、長手方向軸線を中心として管状に、とりわけ長手方向軸線に対して同軸に配置されている。この配置での利点は、ディフューザ基体 4 3 のプリフォームが、特に安価に、かつ再現可能に製造されることである。なぜなら、この場合には、製造プロセスを著しく簡単にすることができるからである。

【 0 1 6 5 】

基本的には、例えば六角形、正方形、三角形のように、少なくとも 1 つの散乱要素 4 3 . 6 および / または複数の散乱要素 4 3 . 6 の配置に関する他の幾何形状も考えられ、かつ有利に実現可能である。

【 0 1 6 6 】

(図 6 d に示すように) 代替的に、散乱要素 4 3 . 6 を、マトリクス 4 3 . 4 内に多かれ少なかれ均等に分布されるように配置して、ただしこの際に、ディフューザ基体 4 3 の長手方向軸線 4 3 . 2 を中心として 1 つのコアゾーン 4 3 . 7 を空けておくことができ、すなわち、長手方向軸線に沿ってコアゾーン 4 3 . 7 の外側における、ディフューザ基体 4 3 の断面の単位面積当たりの散乱要素 4 3 . 6 の数は、コアゾーン 4 3 . 7 の内側における単位面積当たりの散乱要素 4 3 . 6 の数よりも多い。

【 0 1 6 7 】

この配置は、通常は小さい開口数 (NA , 典型的には $< 0 . 3$) しか有していないレーザ光が、まず始めに、ディフューザ基体 4 3 に入射した後、コアゾーン 4 3 . 7 を中心とした外側領域における散乱要素 4 3 . 6 においてはわずかにしか散乱されず、入射面 4 6 からいくらかの距離をおいた後に、個々のビームが縁部領域における散乱要素 4 3 . 6 に到達して初めて、強力に散乱されることとなるという利点を有する。これにより、入射面 4 6 の直後に側方に放射される光の強度の低下を達成することができ、ひいては、ディフューザに沿った強度推移の均質化を達成することができる。

【 0 1 6 8 】

ディフューザ基体の長手方向軸線に沿った散乱要素の濃度が一定である場合、強度推移は、 $I (z) = I_0 \times e^{-z/k}$ である典型的には指数関数的な減少を有する。この場合、 k が、ディフューザ基体の長さ (具体的な例では 4 0 mm) に略相当する場合には、 k についての好適な値であることが判明している。そこから、動作状態において側方に放射される放射の強度が、ディフューザ基体に沿って約 $1/e$ 低下するが、このことを、さらなる手段により、とりわけ P D T 用途のための上記の均質性要求を満たすことができるように修正することができる。好ましい実施例では、プリフォームのための出発材料としてそれぞれ 0 . 3 mm の直径を有する 2 1 個の散乱要素と、約 6 0 0 μ m のマトリクス直径 (3 4 mm の直径を有するプリフォームの出発幾何形状) とを用いて、4 2 mm の k 値が求められた。

【 0 1 6 9 】

本発明の特に好ましい実施形態では、ディフューザ基体 4 3 は、剛性の被覆部 4 3 . 3 をさらに有し、この剛性の被覆部 4 3 . 3 は、マトリクス 4 3 . 4 をその周面において少なくとも区間的に取り囲んでいる。図 2 に示されている実施例では、マトリクス 4 3 . 4 の周面は、剛性の被覆部 4 3 . 3 によって完全に取り囲まれているが、少なくとも区間的に取り囲むだけでもすでに十分であろう。

【 0 1 7 0 】

剛性の被覆部 4 3 . 3 は、有利には、複数部分からなる構造または多層の構造で形成されており、少なくとも 2 つの被覆管または層、好ましくは少なくとも 3 つの被覆管 (4 3 . 3 . 1 , 4 3 . 3 . 2 , 4 3 . 3 . 3) および / または層を含む。

【 0 1 7 1 】

強度推移の均質化のために、しかしながらまた、とりわけレーザ光源として形成された光源 1 0 の安定性を阻害する可能性から、この光源 1 0 の制御における干渉、またはそれどころか、レーザ光源のスイッチオフ、またはプラグコネクタの不所望な加熱までも引き起こす可能性のある、伝送用ファイバ内への不所望な光の戻りを阻止するためにも、本発

10

20

30

40

50

明によれば、反射器面 47 において後方反射される光 42 . 1 の開口数 NA を拡大するためのさらなる手段が考えられる。

【0172】

このことは、有利には、遠位端面または反射器面 47 をディフューザ基体 43 の長手方向軸線 43 . 2 に対して 90° ではない角度で少なくとも部分的に研削することによって実現可能である。

【0173】

図 8 a および図 8 b は、反射器面 47 のさらなる実施形態を概略的に示す。これによれば、強度推移を均質化するために、反射器面 47 を、凹状（図 8 a）または凸状（図 8 b）に成形されるように構成することができる。これにより、長手方向軸線 43 . 2 に対して略平行に延在する反射されたビームが、長手方向軸線 43 . 2 に対して急峻な角度で後方反射されることとなり、ひいては散乱要素 43 . 6 においてより頻繁に散乱されるということを実現することができる。これにより、ディフューザ要素 40 の遠位端部における出射効率が高められる。

10

【0174】

これによってさらに、とりわけ導光体 30 内に後方反射されるビーム成分を大幅に低減することができる。とりわけ安価にも実現可能であるさらなる手段は、ディフューザ基体 43 を長手方向軸線 43 . 2 に対して 90° ではない角度で研削することによってよい。個々の面同士が、ディフューザ基体 43 の長手方向軸線 43 . 2 に対して主としてそれぞれ 90° ではないそれぞれ異なる角度を形成するようなファセット状の研削も、同様に効果的であろう。90° に対する角度偏差は、通常、5° 未満である。

20

【0175】

図 8 c に概略的に示されているように、ディフューザ基体 43 の遠位端部における反射器面 47 を中空および / または透明の本体 47 . 1 として形成することもでき、この中空および / または透明の本体 47 . 1 は、中空空間および / または透明の本体の中へと反射させるカバー 47 . 2 を有する。このカバー 47 . 2 は、好ましくは指向反射性または拡散反射性のコーティングおよび / またはキャップとして形成可能である。カバー 47 . 2 は、中空空間なく直接的にディフューザ基体 43 で終端することもでき、両方の場合において、ディフューザ基体 43 をその周面において少なくとも部分的または区間的に、遠位端部における短い長さによって半径方向で包囲することができる。

30

【0176】

したがって、反射器面 47 は、凹状もしくは凸状に形成可能であり、かつ / またはディフューザ基体 43 に直接的に続くものとして形成可能であるか、もしくは反射器面 47 とディフューザ基体 43 の遠位端部との間の中空空間、すなわち、一方の側が閉じられている中空体としての本体 47 . 1 および / またはカバー 47 . 2 を形成しながら、ディフューザ基体 43 から離間されているものとして形成可能である。

【0177】

図 9 は、ディフューザ基体 43 の長手方向軸線 43 . 2 を中心とした螺旋状の配置における、ディフューザ基体 43 のフィラメント状の散乱要素 43 . 6 のみを概略的に示す。このような螺旋構造は、線引き設備において配置を線引きしながら、さらにプリフォームを、当該プリフォームの長手方向軸線を中心に回転させることにより、長手方向軸線 43 . 2 を中心とした散乱中心 43 . 6 の螺旋状の配置を形成すると、達成することができる。

40

【0178】

図 3 は、直径 43 . 1 と、マトリクス 43 . 4 を取り囲んでいる剛性の被覆部 43 . 3 と、を有する本発明によるディフューザ基体 43 を概略横断面図で示し、ここでは、散乱要素 43 . 6 を有するマトリクス 43 . 4 を取り囲んでいるこの剛性の被覆部 43 . 3 は、それぞれ異なる光学特性を有する複数の同軸の被覆管 43 . 3 . 1 , 43 . 3 . 2 , 43 . 3 . 3 から形成されている。この場合、マトリクス 43 . 4 は、個々のマトリクス要素 43 . 5 から形成されている。

50

【0179】

しかしながら、本発明の意味では、相互に同軸に配置された2つの被覆管43.3.1, 43.3.2を有する実施形態だけでもすでに可能であり、かつ考えられる。

【0180】

図3に示されている本発明の特に好ましい実施例によれば、マトリクス43.4を取り囲んでいる第1の被覆管43.3.1は、透明の材料からなり、この場合、屈折率は、マトリクス43.4の屈折率よりも低い。これは、光学的なクラッドとも称され、光入射41により入射した光がまず始めにマトリクス43.4内に導かれ、それによって散乱要素43.6と相互作用することができるよう保証し、これにより、この場合、すでに高い散乱効率を達成することが可能となる。

10

【0181】

第2の被覆管43.3.2は、本実施例では、さらなる散乱要素が混入されていることによって散乱性の、すなわち半透明の管として形成されている。これにより、とりわけ、反射器面47において戻されてクラッドまたは第1の被覆管43.3.1に入射するいわゆるクラッドモードを、ディフューザ基体43から出射させることができ、このことは、放射42の放射強度をさらに支援する。第2の被覆管43.3.2は、代替的に、個々の強力に散乱する白色ガラスロッドのリング状の配置としても構成可能である。

【0182】

この場合、第2の散乱性の被覆管43.3.2を、第1の被覆管43.3.1に光学的に結合しなければならず、第2の被覆管43.3.2の屈折率は、第1の被覆管43.3.1の屈折率よりも高くなければならない。これにより、第2の被覆管43.3.2内での多重散乱に基づいて略等方性の放射を達成することができる。さらに、これによって追加的な均質化が達成される。

20

【0183】

外側の第3の被覆管43.3.3は、とりわけ第2の被覆管43.3.2のための機械的な安定化として使用され、これにより、線引きプロセスによってコンパクトかつロバストなディフューザ基体43を形成することを可能にする。さらに、図2に関してすでに上述したように、曇りなく透明に、わずかに半透明に、かつ/または有色にドープして構成することができる薄壁のポリマー材料からなるカバー49が、ディフューザ基体43および導光体30の一部を取り囲むことができる。

30

【0184】

好ましい実施形態では、マトリクス43.4は、例えばSchott AG社の光学ガラスSCHOTT NBK-7のような高透明の光学ガラスからなる。散乱要素43.6は、例えば白色ガラスからなることができる。

【0185】

第1の被覆管43.3.1および第3の被覆管43.3.3として、Schott AG社のSCHOTT FIOLAX（登録商標）8412という名称を有する高透明のホウケイ酸含有ガラスが、特に適していることが判明している。この高透明のホウケイ酸含有ガラスは、250~2000nm波長の波長範囲内において約92%の透過率を有し、したがって、本発明の意味における高透明であると見なされる。

40

【0186】

第2の被覆管43.3.2は、好ましい実施形態では白色ガラス管からなり、第2の被覆管43.3.2のために白色ガラスが使用される場合には、マトリクス43.4内の散乱要素43.6の場合と同様または同一に構成可能である。

【0187】

この構造は、これらすべてのコンポーネントが、非常に良好に相互に溶解可能であり、これにより、例えば空隙または気泡の形態の中空空間を含まないコンパクトなディフューザ基体43を形成することを可能にするという利点を有する。

【0188】

被覆管43.3.1, 43.3.2, 43.3.3に関する典型的な層厚さは、ディフ

50

ユーザ基体 43 の直径 43 . 1 が 500 μm である場合、5 μm ~ 50 μm の範囲内、好ましくは 7 μm ~ 40 μm の範囲内、特に好ましくは約 10 μm ~ 30 μm の範囲内、または 10 μm である。

【0189】

剛性の被覆部 43 の他の構造も可能であり、かつ考えられる。したがって、さらなる機能化が望まれている場合には、もちろん、剛性の被覆部 43 を、被覆管および / または層の組み合わせから、または例えば 3 つより多くの被覆管または層から形成することもできる。したがって、さらなる被覆管を設けることも可能であり、その場合、このさらなる被覆管は、第 3 の被覆管を少なくとも区間的に取り囲んでいる。

【0190】

第 1 の被覆管 43 . 3 . 1 と、第 2 の散乱性の被覆管 43 . 3 . 2 と、のみを有する構造も考えられる。2 つだけの被覆管 43 . 3 . 1 , 43 . 3 . 2 を有する本発明の実施形態の場合には、上述のように、第 1 の被覆管 43 . 3 . 1 を高透明に形成することができ、第 2 の被覆管 43 . 3 . 2 を白色ガラス管として形成することができる。この場合、第 2 の被覆管 43 . 3 . 2 だけでもすでに機械的な安定化を保證することが可能である。

【0191】

図 7 a および図 7 b は、ディフューザ基体 43 内におけるマトリクス 43 . 4 の構造に関する 2 つのさらなる実施例を、ディフューザ基体 43 の長手方向軸線に対して垂直な断面図で概略的に示す。

【0192】

図 7 a は、プリフォーム内において、シングルロッドの形態の複数のマトリクス要素 43 . 5 の間に細いロッドとして混入されている散乱要素 43 . 6 を例示的に示す。図示の例では、散乱要素 43 . 6 は、マトリクス要素 43 . 5 としての 3 つのシングルロッドの中間空間（間隙）を充填している。図示の例では、プリフォームを製造するためにマトリクス要素 43 . 5 として直径 2 mm のシングルガラスロッドが使用された。散乱要素は、0 . 3 mm の細さの白色ガラスロッドから形成されている。熱線引きプロセスの後、すなわちディフューザ基体 43 の直径 43 . 1 まで引き下ろされた後には、散乱要素 43 . 6 は、融着または融接されており、かつ三角形の、例えばとりわけ双曲線的な三角形の横断面を有するようになる。

【0193】

図 7 b は、散乱要素 43 . 6 の直径が、シングルロッドとして形成されたマトリクス要素 43 . 5 の直径と同じ大きさ以下である代替的な配置を示す。ここでは、例えば白色ガラスロッドとしての散乱要素 43 . 6 と、マトリクス要素 43 . 5 に関して、相応に構成されたプリフォーム内における線引きプロセス前の典型的な直径は、0 . 5 ~ 1 mm の範囲内にある。熱線引きプロセスの後、すなわちディフューザ基体 43 の直径 43 . 1 まで引き下ろされた後には、散乱要素 43 . 6 は、融着または融接されており、かつ六角形の、例えばとりわけ双曲線的な六角形の横断面を有するようになる。

【0194】

プリフォームの隙間に散乱ロッドを配置することによって、導光ロッドの寸法および断面割合が所与である場合に、より多数の散乱体、ひいてはより良好な均質性を達成することが可能となる。マトリクス要素 43 . 5 および散乱要素 43 . 6 は、線引きプロセス後には、ディフューザ基体 43 として円形、六角形、正方形、または三角形の横断面、とりわけその双曲線的なバリエーションを有することができる。

【0195】

プリフォーム内において、シングルロッドの形態のマトリクス 43 . 4 の複数のマトリクス要素 43 . 5 の間に細いロッドとして混入されている、ディフューザ基体 43 内に混入された散乱要素 43 . 6 は、マトリクス要素 43 . 5 としての 3 つのシングルロッドの中間空間（隙間）を充填している。典型的には、プリフォームを製造するためにマトリクス要素 43 . 5 として直径 2 mm のシングルガラスロッドが使用される。散乱要素は、0 . 3 mm の細さの白色ガラスロッドから形成されている。熱線引きプロセスの後、すなわ

10

20

30

40

50

ちディフューザ基体 43 の直径 43 . 1 まで引き下ろされた後には、散乱要素 43 . 6 は、融着または融接されており、かつ三角形の、例えばとりわけ双曲線的な三角形の横断面を有するようになる。散乱要素 43 . 6 の直径が、シングルロッドとして形成されたマトリクス要素 43 . 5 の直径と同じ大きさ以下である代替的な配置も考えられる。ここでは、例えば白色ガラスロッドとしての散乱要素 43 . 6 と、マトリクス要素 43 . 5 に関して、相応に構成されたプリフォーム内における線引きプロセス前の典型的な直径は、0 . 5 ~ 1 mm の範囲内にある。熱線引きプロセスの後、すなわちディフューザ基体 43 の直径 43 . 1 まで引き下ろされた後には、散乱要素 43 . 6 は、融着または融接されており、かつ六角形の、例えばとりわけ双曲線的な六角形の横断面を有するようになる。

【0196】

10

プリフォームの隙間に散乱ロッドを配置することによって、導光ロッドの寸法および断面割合が所与である場合に、より多数の散乱体、ひいてはより良好な均質性を達成することが可能となる。マトリクス要素 43 . 5 および散乱要素 43 . 6 は、線引きプロセス後には、ディフューザ基体 43 として円形、六角形、正方形、または三角形の横断面、とりわけその双曲線的なバリエーションを有することができる。

【0197】

白色ガラスロッドとして形成された散乱要素 43 . 6 の、または白色ガラス管もしくはは散乱性の被覆管の実施形態は、これらの内部に散乱粒子によって散乱中心が形成されることを企図しており、この場合、散乱領域内の散乱粒子の濃度は、10 ppm ~ 1000 ppm、好ましくは 20 ppm ~ 100 ppm である。

20

【0198】

散乱領域からの、したがって散乱ロッドの白色ガラスまたは白色ガラス管の体積からの出射の効率は、固有パラメータとしての散乱粒子の散乱特性の他に、散乱領域内の散乱粒子の濃度自体にも依存している。

【0199】

この場合、ppmでの濃度表記は、散乱粒子が混入されている白色ガラスの成分の質量割合に対する散乱粒子の割合を指す。

【0200】

白色ガラスの不均質な領域が散乱中心として使用される場合には、代替的な実施形態が得られ、この実施形態では、好ましくは、不均質な領域が混入されているガラスのガラス成分を相分離および/または偏析することによって不均質な領域が形成される。

30

【0201】

不均質な領域によって形成された散乱中心は、好ましくは 10 nm ~ 1000 nm、特に好ましくは 100 nm ~ 800 nm の直径を有する。

【0202】

特に好ましくは、これらの散乱中心は、球形である。散乱中心が球形でない場合には、この散乱中心の最大の拡がり直径であるとして理解される。

【0203】

不均質な領域が散乱中心として混入されている、本明細書において白色ガラスと称されるガラスは、好ましくは As 含有および Pb 含有ケイ酸塩ガラスからなることができる。散乱中心は、この場合、好ましくは周囲を取り囲んでいるガラスマトリクスに対して増加された Pb および/または As 含有量を有する。

40

【0204】

代替的に、不均質な領域が散乱中心として混入されているガラスまたは白色ガラスは、フッ素含有 Ca - Zn ケイ酸塩ガラスからなってもよい。その場合、散乱中心は、周囲を取り囲んでいるガラスマトリクスに対して好ましくは増加されたフッ素含有量を有する。

【0205】

図 4 には、約 20 mm の有効長さ 40 . 2 を有するシリンドリカルディフューザを例にして測定された強度推移 103 が推移線図 100 で示されている。mW / cm ディフュー

50

ザ長さの単位で、ここでは「発射放散度」(radiant Excitance)として測定された強度 101 が、入射面までの距離 102 に依存して示されている。

【0206】

強度推移 103 は、そうでなければ強度 101 が典型的にはわずかに指数関数的に減少するのに比べて、全体として比較的一定の推移を示しているが、このような推移は、長さにわたって均質な散乱推移のための差分方程式の解として得られ、すなわち、長手方向区間において入射した放射と、散乱された放射と、の間に一定の比率が存在する。

【0207】

ディフューザ基体 43 の遠位端部に反射器面 47 を被着させることによって(図 2 参照)、放射の一部を再び後方反射することができ、次いで、この放射は、とりわけ反射器面 47 の手前の領域において追加的な散乱寄与を提供する。このことは、数学的には 2 つの冪関数の加算を意味する。

【0208】

少なくとも 2 つの、またはそれどころか 3 つの被覆管を有する剛性の被覆部 43 . 3 の特別な構造と、散乱効率を高めるために後方反射された光の NA を拡大するための追加的な手段とによって、ディフューザの有効長さ 40 . 2 にわたって平均値からの偏差が $\pm 10\%$ 未満である略均質な強度推移を達成することができる。さらに、所望の側方放射の全体効率を $> 85\%$ に、典型的には $> 90\%$ に向上させることができる。この場合、ディフューザの有効長さは、典型的にはディフューザ基体の長さに相当する。

【0209】

図 5 は、後方散乱光を導光体の外側のクラッドにおいて回避するための構造を断片的に示す。この現象は、一方では、導光体 30 の照明を引き起こす可能性があるが、このことは、むしろ低出力の場合には、単なる表面的な効果として依然として処理可能である。

【0210】

しかしながら、とりわけレーザ出力が比較的高い場合、例えば 2 W よりも高い場合であって、かつ後方散乱光の割合も比較的高い場合には、とりわけこの後方反射された光が、この光を小さな領域で吸収するコンポーネントに当射する領域において、結果として許容できない加熱が生じる可能性もある。ここでは、とりわけ、透明のスリーブ 48 を介してレーザ光源の方向へと導かれ、次いで、導光体 30 の外側のクラッド 33 に当射するような後方散乱光 42 . 1 が、妨害的であることが判明している。ここでは、使用されるレーザ出力または光放射の強度に依存して、一方では、外側のクラッド 33 の端面が照明されることとなるが、このことは、かなり集中的になる可能性があり、その場合には強力な加熱ももたらされる可能性がある。

【0211】

補助として、ここでは半透明または部分吸収性のカバー 50 を提供することができ、このカバー 50 は、後方散乱光 42 . 1 をスリーブから部分的に散乱させ、それにより、導光体の外側のクラッド 33 への当射領域における強度を著しく低減する。後方散乱光 42 . 1 を、部分吸収性のカバー 50 からの部分吸収および/または多重散乱によって最小化することができるか、またはより大きな面積にわたって分布させることができ、これにより、この後方散乱光は、i) もはや知覚不能になるか、またはほとんど知覚不能になり、ii) 加熱に関する出力密度が著しく低減されている。

【0212】

したがって、本発明による部分吸収性のカバー 50 は、図 5 に概略的に示されているように理想的にはスリーブ 48 と導光体 30 の外側のクラッド 33 との間の中間空間を充填している。この部分吸収性のカバー 50 は、半透明のチューブ区間または収縮チューブの形態の別個の要素として、かつ/または散乱粒子が分布されているリコーティング材料として実現可能である。頑強性の水準を維持するために接続ゾーン 44 の領域において、または外側のクラッド 33 の開始に至るまでファイバをリコーティングすることが必要であるので、この頑強性の水準を 1 回の作業ステップで実現することができる。典型的なリコーティング材料は、アクリレートまたはエポキシ材料からなり、導光体 30 の表面を事後

10

20

30

40

50

的に封止するために使用され、このことにより、とりわけ機械的な安定性が向上する。

【 0 2 1 3 】

この手段は、後方散乱光の強度が大きくなり過ぎることを回避するための前述した手段のさらなる補足であり、したがって、この手段も、設定された課題によるディフューザシステムを最適化するために寄与する。

【 符号の説明 】

【 0 2 1 4 】

1 照明システム

1 0 光源

2 0 プラグ

3 0 導光体

3 1 コア

3 1 . 1 コア直径またはファイバ束直径

3 2 クラッド

3 3 外側のクラッド

4 0 ディフューザ要素

4 0 . 1 直径

4 0 . 2 有効長さ

4 1 光入射

4 2 光出射

4 2 . 1 後方散乱光

4 3 ディフューザ基体

4 3 . 1 直径

4 3 . 2 長手方向軸線

4 3 . 3 剛性の被覆部

4 3 . 3 . 1 第1の被覆管

4 3 . 3 . 2 第2の被覆管

4 3 . 3 . 3 第3の被覆管

4 3 . 4 マトリクス

4 3 . 5 マトリクス要素

4 3 . 6 散乱要素

4 3 . 7 コアゾーン

4 3 . 8 散乱要素の、とりわけ白色ガラスロッドの長手方向軸線

4 3 . 9 白色ガラスロッド

4 3 . 1 0 角度

4 4 接続ゾーン

4 5 中間媒体

4 6 入射面

4 7 反射器面

4 7 . 1 本体

4 7 . 2 反射性のカバー / キャップ

4 8 スリーブ

4 9 カバー

5 0 部分吸収性のカバー

6 0 遮断要素

7 0 組織

8 0 腫瘍組織

1 0 0 推移線図

1 0 1 強度

1 0 2 入射面までの距離

10

20

30

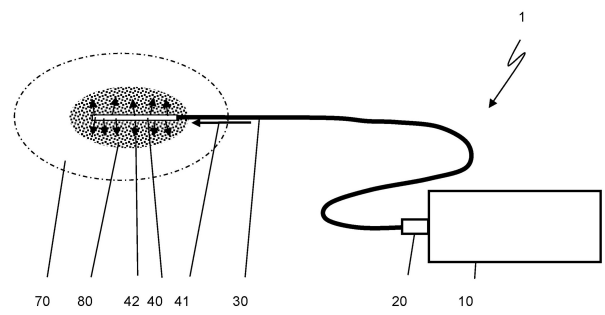
40

50

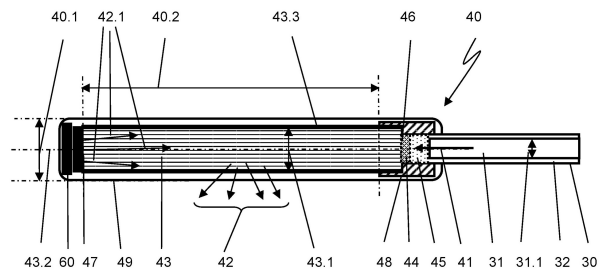
1 0 3 強度推移

【図面】

【図 1】

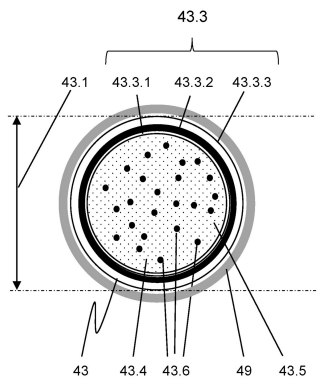


【図 2】

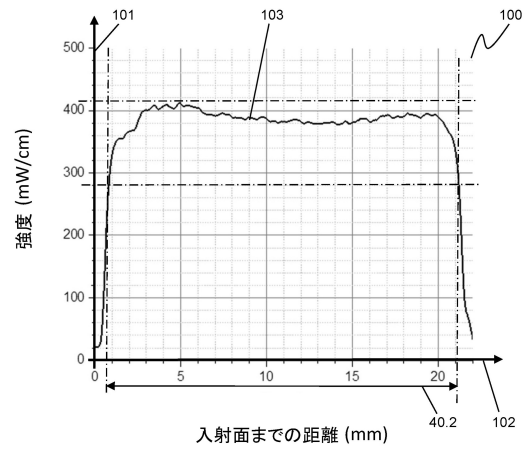


10

【図 3】



【図 4】



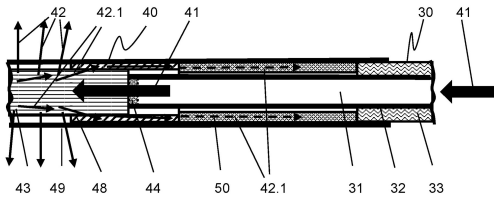
20

30

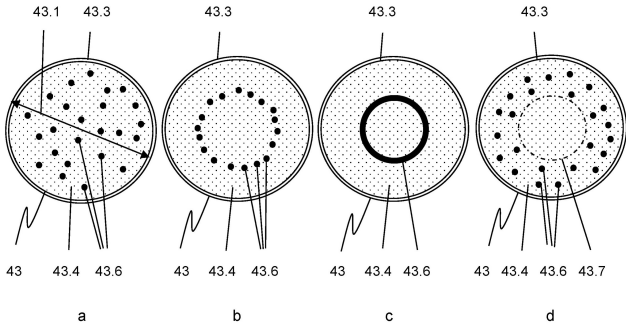
40

50

【 図 5 】

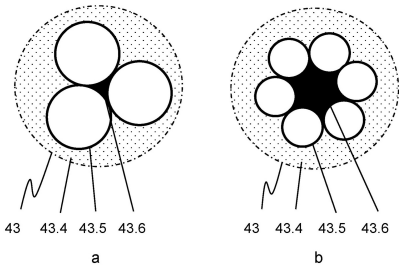


【 図 6 】

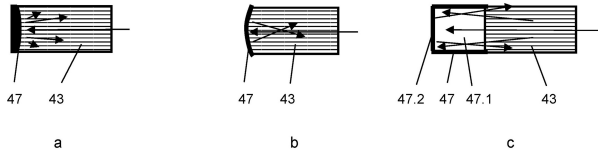


10

【 図 7 】

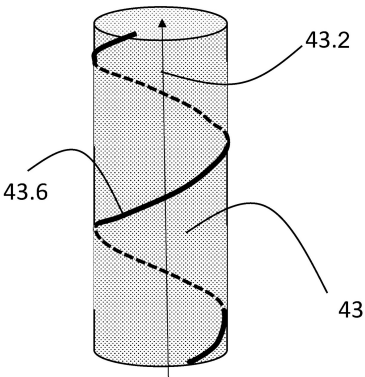


【 図 8 】



20

【 図 9 】



30

【 外国語明細書 】

2023043181000013.pdf

40

50

フロントページの続き

弁理士 永島 秀郎
(74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
(72)発明者 ベアント シュルトハイス
ドイツ連邦共和国 シュヴァーベンハイム ズィルヴァーナーヴェーク 2
(72)発明者 ローター ヴィルメス
ドイツ連邦共和国 エーストリッヒ - ヴィンケル アントン - ディートリヒ - シュトラーセ 1 8
(72)発明者 オリヴァー カイパー
ドイツ連邦共和国 ヒュンシュテッテン パノラマシュトラーセ 3 アー
(72)発明者 フーベアトゥス ルツサート
ドイツ連邦共和国 ユーゲンハイム ツム ヴァルト 1 1
(72)発明者 ヨナス グリム
ドイツ連邦共和国 パート・シュヴァルバッハ ガーテンフェルトシュトラーセ 2 3
(72)発明者 ユルゲン マイナル
ドイツ連邦共和国 ホーエンシュタイン ローアー ヴェーク 1 4
(72)発明者 マーティン クラマー
ドイツ連邦共和国 ヴィースパーデン オーバーリートシュトラーセ 1 9
F ターム (参考) 4C026 AA04 BB07 BB08 FF17 FF37 FF39 HH06
4C082 PA02 PC01 PC06 PC07 PC10 PE10 PG11 PG13 PG14 PJ30
RA01 RA02 RA07 RA08 RC08 RC09 RE17 RE37 RE38 RL06