

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年6月22日(22.06.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/104047 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 1/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/085358
- (22) 国際出願日: 2015年12月17日(17.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 駒崎 岩男(KOMAZAKI, Iwao); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 西尾 真博(NISHIO, Masahiro); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外(KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050014 東京都港区芝3丁目2番1号 セレスティン芝三井ビルディング11階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

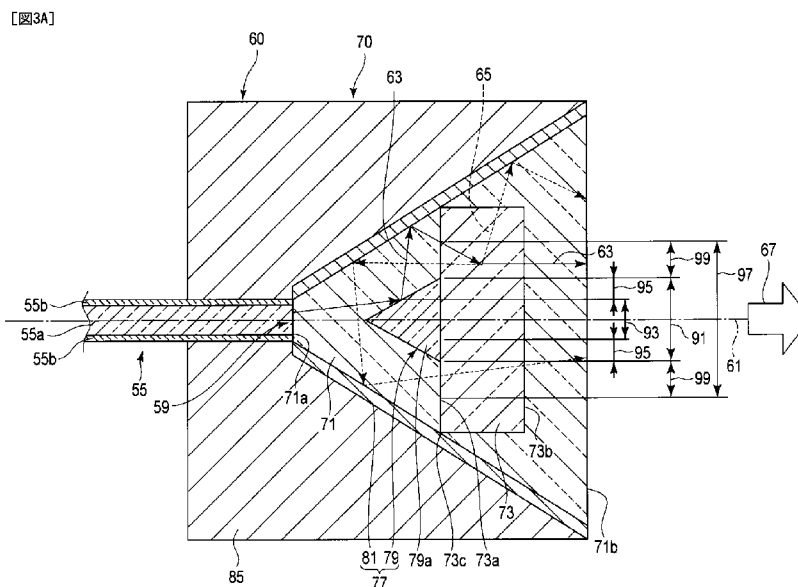
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ILLUMINATION DEVICE AND ENDOSCOPE SYSTEM

(54) 発明の名称: 照明装置と内視鏡システム



(57) Abstract: A distribution unit (77) of this illumination device (60) comprises: a diverting member (79) which is disposed at least in an intensity region (93) and changes the traveling direction of at least part of primary light (63) in order to reduce the intensity of the primary light (63) in at least the intensity region (93); and a first reflection member (81) which reflects, to an emission surface (71b), the primary light (63) in which the traveling direction is changed by the diverting member (79), and reflects, to the emission surface (71b), secondary light (65) traveling in a different direction to the emission surface (71b).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/104047 A1

照明装置（６０）の分配ユニット（７７）は、少なくとも強度領域（９３）に配置され、少なくとも強度領域（９３）における１次光（６３）の強度を低減するために、１次光（６３）の少なくとも一部の進行方向を変更する進路変更部材（７９）と、進路変更部材（７９）によって進行方向が変更された１次光（６３）を出射面（７１ｂ）に向けて反射し、且つ、出射面（７１ｂ）とは逆方向に進行する２次光（６５）を出射面（７１ｂ）に向けて反射する第１反射部材（８１）とを有する。

明 細 書

発明の名称：照明装置と内視鏡システム

技術分野

[0001] 本発明は、照明装置とこの照明装置を有する内視鏡システムとに関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献 1 に開示されている照明装置は、励起光源から出射された後に光ファイバによって導光された 1 次光である励起光の一部を、光ファイバの先端に配置された出力部にて波長変換し、波長変換光である 2 次光を生成する。照明装置は、1 次光と 2 次光とを混色し、照明光として出射する。

[0003] 励起光源は、405nm 近傍に発光ピーク波長を有する 1 次光を出射するレーザダイオード素子を有する。レーザダイオード素子は、GaN 系の半導体素子である。光ファイバは、石英系の光ファイバである。出力部は、1 次光の一部を吸収し波長変換して所定の波長域の 2 次光を出射する波長変換部材を有する。波長変換部材はシリコン樹脂に含有された蛍光物質を有しており、蛍光物質は $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}$ と、 $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ と、 $(\text{Ca}, \text{Sr})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$ とを使用する。蛍光物質は、シリコン樹脂中に均一に混ぜられる。

[0004] レーザダイオード素子から出射された 1 次光は、励起光源に配置されるレンズを透過し、レンズによって励起光源の出射部に集光される。出射部は光ファイバに光学的に接続されており、出射部から出射された 1 次光は光ファイバに入射し光ファイバによって導光される。そして 1 次光は、光ファイバの出射端面から出力部に向かって出射される。出力部の波長変換部材は、1 次光の一部を吸収して 2 次光を生成する。そして照明光が出射される。

[0005] 照明光は白色に発光しており、照明光の平均演色評価数 (Ra) が 80 以上であり、特に赤色の色票を示す特殊演色評価数 (R9) が高い。これにより演色性の高い照明装置が提供される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2005-205195号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ここで、光ファイバの出射端面から出力部に向かって出射される1次光の中心軸を、光軸と称する。光軸周辺とは、光軸を含むものとする。波長変換部材は、少なくとも光軸上に配置される。

[0008] 励起光である1次光の指向性は強いため、1次光はレンズと出射部とによって光ファイバに高効率で入射することが可能である。しかしながら、指向性が強いため、光ファイバの出射端面から出射された1次光の広がり角度は小さい。したがって、1次光が波長変換部材を照射する際、光軸方向において光ファイバの出射端面と波長変換部材との間に透明部材が配置されても、波長変換部材における1次光の照射領域は狭い。この狭い照射領域は、光軸周辺の領域である周辺領域と、照射領域の内側且つ周辺領域の外側に配置され照射領域の外縁側の領域である外縁領域とを有する。外縁領域に比べて周辺領域では1次光の強度がより一層高まっている。また波長変換部材が2次光を生成する際に、生成によって波長変換部材に熱が発生し、熱の大部分は周辺領域から発生する。そして、波長変換部材における周辺領域では、1次光の高い強度と熱とによって劣化が加速する。また、1次光を2次光に変換する変換効率言い換えると照明光の取り出し効率は、この劣化により低下し、照明光の出力が低下する。したがって、周辺領域における1次光の強度を低減でき、照明光の取り出し効率が高く且つ照明光の出力が高い照明装置が望まれている。

[0009] 本発明は、これらの事情に鑑みてなされたものであり、光軸の周辺領域における1次光の強度を低減でき、照明光の取り出し効率が高く且つ照明光の出力が高い照明装置とこの照明装置を有する内視鏡システムとを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の照明装置の一態様は、光源ユニットの出射部から照明ユニットに向けて出射された１次光の一部の光学特性を前記照明ユニットの光変換部材にて変換して２次光を生成して照明光を前記照明ユニットの出射面から出射する。前記出射部から出射された前記１次光の中心軸を光軸と定義し、前記光変換部材が前記出射部から出射された前記１次光を直接照射されたと想定した際に、前記光変換部材において前記１次光を照射された照射領域を第１照射領域と定義し、前記第１照射領域において前記１次光の強度が所定値以上である領域を強度領域と定義する。前記照明装置は、前記照明ユニットに配置され、少なくとも前記強度領域における前記１次光の強度を低減し、低減された分の前記１次光の強度を前記光変換部材における前記強度領域以外の領域に分配すると共に、分配によって前記照射領域を前記第１照射領域よりも広い第２照射領域に広げる分配ユニットを具備する。前記分配ユニットは、少なくとも前記強度領域に配置され、少なくとも前記強度領域における前記１次光の強度を低減するために、前記１次光の少なくとも一部の進行方向を変更する進路変更部材と、前記進路変更部材によって進行方向が変更された前記１次光を前記出射面に向けて反射し、且つ、前記出射面とは逆方向に進行する前記２次光を前記出射面に向けて反射する第１反射部材とを具備する。

[0011] 本発明の内視鏡システムの一態様は、内視鏡と、１次光を出射する出射部を有する光源ユニットと、前記内視鏡に配置される上記に記載の照明装置とを具備する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、光軸の周辺領域における１次光の強度を低減でき、照明光の取り出し効率が高く且つ照明光の出力が高い照明装置とこの照明装置を有する内視鏡システムとを提供できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図１]図１は、本発明の第１の実施形態に係る内視鏡システムの模式図である

。

[図2A]図2 Aは、光源ユニットと照明装置との第1構成を示す図である。

[図2B]図2 Bは、光源ユニットと照明装置との第2構成の第1タイプを示す図である。

[図2C]図2 Cは、光源ユニットと照明装置との第2構成の第2タイプを示す図である。

[図3A]図3 Aは、図2 Aに示す第1構成における照明装置の構成の一例を示す図である。

[図3B]図3 Bは、図3 A示す照明装置の照明ユニットにおける各種の角度の関係を示す図である。

[図3C]図3 Cは、図2 Aに示す第1構成における照明装置の構成の一例を示す図である。

[図3D]図3 Dは、図2 Aに示す第1構成における照明装置の構成の一例を示す図である。

[図4A]図4 Aは、進路変更部材が配置されていない照明装置の構成の一例を示し、この構成に配置される光変換部材における第1照射領域と強度領域と第1外縁領域との位置関係を示す図である。

[図4B]図4 Bは、図4 Aに示す光変換部材の照射領域における1次光の強度と1次光の広がり角度との関係である1次光の強度分布を示す図である。

[図4C]図4 Cは、図4 Aに示す1次光の強度分布と図3 Aに示す構成における1次光の強度分布とを示す図である。

[図5A]図5 Aは、第2の実施形態に係る照明装置の構成の一例を示す図である。

[図5B]図5 Bは、図5 Aに示す照明装置の構成の第1変形例を示す図である。

。

[図5C]図5 Cは、図5 Aに示す照明装置の構成の第2変形例を示す図である。

。

[図6]図6は、第3の実施形態に係る照明装置の構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、一部の図面では図示の明瞭化のために部材の一部の図示を省略する。また図示の明瞭化のために、例えば１次光６３、２次光６５及び照明光６７それぞれの一部のみを図示している。

[0015] [第１の実施形態]

[構成]

図面を参照して第１の実施形態について説明する。

[内視鏡システム１０]

図１に示すような内視鏡システム１０は、例えば検査室または手術室等に備えられる。内視鏡システム１０は、例えば患者の管腔といった管路部内を撮像する内視鏡２０と、内視鏡２０の図示しない撮像ユニットによって撮像された管路部内の画像を画像処理する図示しない画像処理部を有する制御装置３０とを有する。内視鏡システム１０は、制御装置３０に接続され、画像処理部によって画像処理された画像を表示する表示装置４０を有する。

[0016] 本実施形態では、被挿入体に挿入される挿入装置の一例として、医療用の軟性の内視鏡２０を用いて説明するが、これに限定される必要はない。挿入装置は、例えば、医療用の硬性内視鏡、工業用の軟性内視鏡または工業用の硬性内視鏡、カテーテル、処置具といったように、被挿入体の内部に挿入される挿入部２１を有していればよい。本実施形態の挿入部２１は、軟性であっても硬性であってもよい。被挿入体は、例えば、人に限らず、動物、またはほかの構造物であってもよい。

[0017] 図１に示すように、内視鏡２０は、管路部に挿入される中空の細長い挿入部２１と、挿入部２１の基端部に連結され、内視鏡２０を操作する操作部２３とを有する。内視鏡２０は、操作部２３の側面から延出されるユニバーサルコード２５を有する。ユニバーサルコード２５は、制御装置３０に着脱可能な接続部２５ａを有する。

[0018] [光源ユニット５０と照明装置６０との構成]

図 2 A と図 2 B と図 2 C とに示すように、内視鏡システム 10 は、光源ユニット 50 と、内視鏡 20 に配置され、内視鏡 20 から出射される照明光 67 を生成する照明装置 60 とをさらに有する。光源ユニット 50 は、照明装置 60 に含まれてもよい。照明光 67 は、撮像のために出射される。

[0019] 図 2 A に示す光源ユニット 50 と照明装置 60 との第 1 構成と、図 2 B と図 2 C とに示す光源ユニット 50 と照明装置 60 との第 2 構成とにおいて、照明装置 60 の構成は同一であるが、光源ユニット 50 の構成は異なる。

[0020] 第 1 構成と第 2 構成とにおいて、照明装置 60 は、光源ユニット 50 から出射された 1 次光 63 を基に照明光 67 を出射する照明ユニット 70 を有する。具体的には、照明装置 60 は、光源ユニット 50 の後述する出射部から照明ユニット 70 に向けて出射された 1 次光 63 の一部の光学特性を照明ユニット 70 の光変換部材 73 にて変換して 2 次光 65 を生成する。照明装置 60 は、例えば 1 次光 63 と 2 次光 65 とが混色した照明光 67 を照明ユニット 70 の出射面 71 b から出射する。

[0021] 図 2 A に示す第 1 構成では、光源ユニット 50 は光源 51 と集光部 53 と導光部材 55 とを有し、照明ユニット 70 は光源ユニット 50 の出射部である導光部材 55 の出射部 59 に光学的に接続される。

図 2 B と図 2 C とに示す第 2 構成では、光源ユニット 50 は光源 51 を有し、照明ユニット 70 は、光源ユニット 50 の出射部である光源 51 に光学的に接続される。

[0022] 第 1 構成において、例えば、光源 51 と集光部 53 とは制御装置 30 または操作部 23 に内蔵され、導光部材 55 は内視鏡 20 に内蔵され、照明ユニット 70 は挿入部 21 の先端部に内蔵される。第 2 構成において、光源ユニット 50 と照明ユニット 70 とは挿入部 21 の先端部に内蔵される。

[0023] 第 1 構成と第 2 構成とにおいて、光源ユニット 50 の出射部から照明ユニット 70 に向かって出射された 1 次光 63 の中心軸を、光軸 61 と定義する。具体的には、第 1 構成では、導光部材 55 の出射部 59 から照明ユニット 70 に向かって出射された 1 次光 63 の中心軸を、光軸 61 と定義する。第

2構成では、光源51から照明ユニット70に向かって出射された1次光63の中心軸を、光軸61と定義する。

[0024] 図2Aに示す第1構成において、光源51から出射された1次光63は、導光部材55によって照明ユニット70に導光され、照明ユニット70を照射する。

[0025] 図2Bと図2Cとに示す第2構成において、光源51から出射された1次光63は、照明ユニット70を直接照射する。第2構成は、ランプまたは発光体オードのような光源51が所望する広いビーム広がり角度を有する1次光63を出射する第1タイプ（図2B参照）と、レーザダイオードのような光源51が所望する狭いビーム広がり角度を有する1次光63を出射する第2タイプ（図2C参照）とを有する。

[0026] 以下において、第1構成を基に、本実施形態を説明する。

[0027] [光源ユニット50]

図2Aに示す光源ユニット50は、特定の波長域の1次光63を出射する1以上の光源51と、光源51から出射された1次光63を導光部材55に集光する集光部53と、1次光63を導光する導光部材55とを有する。

[0028] 光源51は、例えば、レーザダイオードと、発光ダイオードと、面発光半導体レーザと、ランプとのいずれかである。本実施形態では、光源51が集光部53を介して導光部材55に光結合される際に光結合効率が高く、光源51としての信頼性が高く、小型である、レーザダイオードが光源51として好ましい。なお互いに異なる波長域の1次光63を出射する複数の光源51が配置され、1次光63がファイバカプラなどの合波部によって合波されて導光部材55に入射されてよい。

[0029] 集光部53は、例えば、レンズなどの光学部材である。

[0030] 導光部材55は、例えば、柔軟性と可撓性とを有し、外力を受けることによって曲げられる。導光部材55は、例えば、細長く、円柱形状を有する。導光部材55は、集光部53によって集光された1次光63が入射する入射部57と、1次光63を照明ユニット70に向けて出射する出射部59とを

有する。入射部 57 は、集光部 53 の焦点位置に配置される。平面状の入射部 57 は導光部材 55 の一端部に配置され、平面状の出射部 59 は導光部材 55 の他端部に配置される。導光部材 55 は、1 次光 63 を入射部 57 から出射部 59 に向けて導光する。

[0031] 導光部材 55 は、例えば、ライトガイドと、ライトパイプと、光導光路と、バンドルファイバと、光ファイバとのいずれかである。本実施形態では、導光部材 55 は、単線の光ファイバである。図 3A に示すように、光ファイバは、コア 55a と、コア 55a の外周を覆うクラッド 55b とを有する。コア 55a の一端部に入射部 57 が配置され、コア 55a の他端部に出射部 59 が配置される。この光ファイバには、例えば、開口数 $F_n a$ が略 0.22、コア 55a の直径が $50\mu m$ のマルチモードの単線の光ファイバが用いられる。1 次光 63 は、開口数 $F_n a$ に応じて光軸 61 との間に形成される角度で、出射部 59 から出射される。

[0032] [照明ユニット 70]

図 3A に示すように、照明ユニット 70 の中心軸は、光軸 61 上に位置していることが好ましい。

照明ユニット 70 は、円錐台状の透明部材 71 と、柱形状の光変換部材 73 と、分配ユニット 77 とを有する。分配ユニット 77 は、進路変更部材 79 と第 1 反射部材 81 とを有する。光変換部材 73 と進路変更部材 79 とは、透明部材 71 に埋め込まれる。透明部材 71 の中心軸と光変換部材 73 の中心軸と進路変更部材 79 の中心軸とは、光軸 61 上に配置されることが好ましい。第 1 反射部材 81 は、後述する入射面 71a と出射面 71b とを除いた面である、透明部材 71 のテーパ状の外周面に配置される。

[0033] [透明部材 71]

図 3A に示すように、透明部材 71 は、出射部 59 に光学的に接続され且つ 1 次光 63 が透明部材 71 に入射する入射面 71a と、照明光 67 を出射する出射面 71b とを有する。入射面 71a の直径は、出射面 71b の直径よりも小さい。入射面 71a は透明部材 71 の平面状の一端面であり、出射

面 7 1 b は透明部材 7 1 の平面状の他端面である。入射面 7 1 a の外径は、導光部材 5 5 の外径と略同一である。なお入射面 7 1 a の外径は導光部材 5 5 の外径よりも大きくてもよく、この場合、第 1 反射部材 8 1 が、導光部材 5 5 に対して露出する入射面 7 1 a の露出部分に配置されることが好ましい。

[0034] 透明部材 7 1 は、1 次光 6 3 と 2 次光 6 5 とを殆ど吸収及び減衰させることを無く透過させる部材である。透明部材 7 1 は、1 次光 6 3 と 2 次光 6 5 とに対して高い透過率を有する光学的に透明な部材である。このような部材は、例えば、シリコン樹脂、ガラス、または石英ガラスである。

[0035] 透明部材 7 1 は、光変換部材 7 3 が 2 次光 6 5 の生成に伴い熱を発生した際に、熱を外部に放出する。透明部材 7 1 は、熱を効率的に放出するために、熱伝導率の高い部材であることが好ましい。このような部材は、例えば、ガラス、またはガラス系の樹脂である。なお熱が発生した際に熱を外部に効率的に放出するために、導光部材 5 5 の他端部と照明ユニット 7 0 とを保持する保持部 8 5 は、高い熱伝導性を有することが好ましい。

[0036] なお透明部材 7 1 は、光軸 6 1 方向において、出射部 5 9 と光変換部材 7 3 との間に配置されればよい、

[光変換部材 7 3]

図 3 A に示すように、透明部材 7 1 に埋め込まれる光変換部材 7 3 は、光軸 6 1 方向において、出射部 5 9（入射面 7 1 a）と出射面 7 1 b との間に配置され、入射面 7 1 a 及び出射面 7 1 b それぞれから離れている。光変換部材 7 3 は、例えば、円柱形状である。光変換部材 7 3 は、出射部 5 9 と対向する平面上に配置され且つ少なくとも 1 次光 6 3 が入射する入射面 7 3 a と、入射面 7 3 a の裏側に配置される裏面 7 3 b とを有する。入射面 7 3 a には、図 3 A に破線で示すように 2 次光 6 5 も入射する。光軸 6 1 方向において、入射面 7 3 a は入射面 7 1 a から離れ、裏面 7 3 b は出射面 7 1 b から離れている。このような位置関係によって、光変換部材 7 3 は、確実に透明部材 7 1 に埋め込まれる。入射面 7 3 a と裏面 7 3 b とを含む光変換部材

73の周面は、平面である。

[0037] ここで、第1反射部材81と光軸61方向との間に形成される角度を、角度 ϕ 3（図3B参照）と定義する。第1反射部材81で反射される1次光63の光量と2次光65の光量とに偏りが角度 ϕ 3によって発生してしまうと、照明光67に色むらが発生してしまう。このため、少なくとも光変換部材73の縁部73cは、第1反射部材81に接していることが好ましい。これにより、色むらが抑制される。なお縁部73cは、光変換部材73の入射面73aの縁部73cを示す。

[0038] 光変換部材73は、1次光63を照射されることによって1次光63の光学特性を変換し、2次光65を生成及び出射する。光学特性の変換とは、例えば、波長の変換と、配光（広がり角度）の変換と、色むらの低減と、1次光63と2次光65との良好な混色の実現とのいずれかを示す。

以下に、光変換部材73の一例を、図を用いずに簡単に説明する。

[0039] 光変換部材73は、例えば、1以上の波長変換部材を有する。

波長変換部材は、1次光63を照射されることによって、1次光63の一部を吸収し、吸収した1次光63を波長変換して、1次光63とは異なる2次光65を生成する。波長変換部材は、1次光63を所望の波長を有する光に変換する蛍光物質を有し、この場合では1次光63と2次光65とは、混色されて照明光67として出射される。

[0040] なお、波長変換部材の構成として、波長変換部材は互いに対して混合された複数の波長変換物質を有してもよい。この場合、波長変換物質それぞれは、互いに異なる波長を有する2次光65を生成する。または波長変換部材の構成として、一方の波長変換部材は他方の波長変換部材に積層してもよい。この場合、波長変換部材それぞれは、互いに異なる波長を有する2次光65を生成する。そして、互いに異なる波長を有する2次光65は、混色されて、照明光67として出射される。

[0041] 本実施形態では、光変換部材73は波長変換部材であり、照明光67は1次光63と2次光65との混色であるものとして説明する。照明光67が生

成され、色むらが低減されるためには、光変換部材 7 3 は光軸 6 1 に対して垂直に配置されることが好ましい。

[0042] なお光変換部材 7 3 は、例えば、1 次光 6 3 を拡散して 2 次光 6 5 を生成する拡散部材を有してもよい。拡散部材は、透明部材と、透明部材に添加されるフィラーと呼ばれる図示しない拡散物質とを有する。拡散部材は、光軸 6 1 に対する 1 次光 6 3 の広がり角度を広げ、これにより広がり角度が広い 2 次光 6 5 を生成する。また 1 次光 6 3 がレーザ光である場合、拡散物質は 1 次光 6 3 を繰り返し反射または散乱する。このため、拡散部材は、レーザ光特有の可干渉性を低下させる。拡散部材において、照明光 6 7 の取り出し効率を高めるために、散乱による損失を最小限に抑えることが重要である。このため拡散物質として、例えば、アルミナが好ましい。

[0043] 互いに異なる複数の波長を有するレーザ光が合波された場合、拡散部材は照射されることによって可干渉性を低減する。また拡散部材は、照明光 6 7 の出射位置による色むらを低減し、良好な混色光を実現する。

[0044] [分配ユニット 7 7]

ここで、図 4 A に示すように、進路変更部材 7 9 が配置されておらず、光変換部材 7 3 は、出射部 5 9 から出射された 1 次光 6 3 を直接照射されたと想定する。このときの光変換部材 7 3 において 1 次光 6 3 を照射された照射領域を第 1 照射領域 9 1 と定義し、第 1 照射領域 9 1 において 1 次光 6 3 の強度が所定値以上である領域を強度領域 9 3 と定義する。所定値とは、図 4 B と図 4 C とに示す後述する第 1 強度 I_S である。強度領域 9 3 は、光軸 6 1 周辺の領域である。第 1 照射領域 9 1 は、強度領域 9 3 と、強度領域 9 3 の外縁側の領域である第 1 外縁領域 9 5 とを有する。第 1 外縁領域 9 5 は、第 1 照射領域 9 1 の内側且つ強度領域 9 3 の外側に配置される。

[0045] ここで図 4 B の実線と図 4 C の点線とは、図 4 A に示す光変換部材 7 3 の照射領域における 1 次光 6 3 の強度と 1 次光 6 3 の広がり角度との関係を示す 1 次光 6 3 の強度分布である。図 4 C の実線は、図 3 A に示す構成における強度分布である。図 4 B の実線にて示すように、第 1 外縁領域 9 5 に比べ

て強度領域 9 3 では 1 次光 6 3 の強度がより一層高まっている。第 1 照射領域 9 1 において、1 次光 6 3 と光軸 6 1 との間に形成される角度を $\phi 0$ とする。第 1 照射領域 9 1 の内側に存在する強度領域 9 3 において、1 次光 6 3 と光軸 6 1 との間に形成される角度を $\phi 1$ とする。角度 $\phi 1$ は角度 $\phi 0$ よりも小さい。

[0046] なお例えば図 3 A においても、上記した想定下における強度領域 9 3 と第 1 外縁領域 9 5 と第 1 照射領域 9 1 とを図示している。

[0047] 強度領域 9 3 と第 1 外縁領域 9 5 とを有する第 1 照射領域 9 1 は、光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a に配置される 1 次光 6 3 のスポットである。

[0048] 本実施形態の分配ユニット 7 7 は、図 4 B の実線と図 4 C の点線とで示す強度分布を図 4 C の実線で示す強度分布に調整し、これにより照射領域の面積を調整する。言い換えると、分配ユニット 7 7 は、強度分布と照射領域の面積とを変更する。図 4 B と図 4 C とに示すように強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度を低減し、照明光 6 7 の取り出し効率がよく且つ照明光 6 7 の出力が高くなるように、分配ユニット 7 7 は、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度を低減し、低減された分の 1 次光 6 3 の強度を光変換部材 7 3 における強度領域 9 3 以外の領域である例えば第 1 外縁領域 9 5 と第 2 外縁領域 9 9 とに分配する。分配ユニット 7 7 は、分配と共に、分配によって照射領域を第 1 照射領域 9 1 よりも広い第 2 照射領域 9 7 に広げ、第 1 外縁領域 9 5 第 2 外縁領域 9 9 とにおける 1 次光 6 3 の強度を増加させる。このため、分配ユニット 7 7 は、進路変更部材 7 9 と第 1 反射部材 8 1 とを有する。なお第 2 照射領域 9 7 は、光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a に配置される 1 次光 6 3 のスポットである。第 2 外縁領域 9 9 は、第 2 照射領域 9 7 の内側且つ第 1 外縁領域 9 5 の外側に配置される。第 2 外縁領域 9 9 は、第 2 照射領域 9 7 の外縁側の領域である。

[0049] [進路変更部材 7 9]

図 3 A に示すように、進路変更部材 7 9 は、少なくとも強度領域 9 3 に配置され、少なくとも強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度を低減するため

に、照射された１次光６３の少なくとも一部の進行方向を変更する。言い換えると、進路変更部材７９は、進行方向を変更する進行方向変更部材として機能し、進行方向を調整する調整部材として機能する。また進路変更部材７９は、進路変更部材７９が配置されていない際における１次光６３の光路を変更する光路変更部材として機能する。例えば、進路変更部材７９は、１次光６３の伝播方向を第１反射部材８１に向けて変えるために、第１反射部材８１に向けて１次光６３の少なくとも一部を反射する。進路変更部材７９は、少なくとも強度領域９３に配置されていればよく、例えば第１外縁領域９５にまではみ出て配置されてもよいし、図３Ａのように第１照射領域９１全体に配置されてもよいし、第１照射領域９１からさらに外側にはみ出て配置されてもよい。

[0050] 図３Ａと図３Ｃと図３Ｄとに示すように、進路変更部材７９は、例えば、円錐状または半球状の光学部材７９ａを有する。光学部材７９ａの表面は、出射部５９側に対向する。例えば、光学部材７９ａの最大直径は、強度領域９３の直径と同一またはこれよりも大きければよく、例えば第１照射領域９１の直径と同一またはこれよりも大きくてもよい。円錐状の光学部材７９ａは、例えば直円錐状であることが好ましい。この場合において、光学部材７９ａの中心軸が光軸６１上に配置され、図３Ｂに示すように円錐状の光学部材７９ａの母線と光軸６１との間に角度 $\phi 2$ が形成される。光学部材７９ａは、光学部材７９ａの表面で、１次光６３を反射する。透明部材７１の屈折率 $n 1$ は、光学部材７９ａの屈折率 $n 2$ よりも大きい。

[0051] 本実施形態では、円錐状の光学部材７９ａの円錐先端部に入射する１次光６３の入射角度が臨界角度よりも大きい。したがって、図３Ａに示すように、光学部材７９ａは、光学部材７９ａの表面で、１次光６３を全反射する。そして光学部材７９ａを透過する１次光６３は抑制される。例えば、透明部材７１がガラス($n = 1.44$)の場合、光学部材７９ａは、透明部材７１の屈折率よりも小さい屈折率を有する透明部材である。なお臨界角度は、例えば、透明部材７１の屈折率と光学部材７９ａの屈折率とによって決まる。

- [0052] なお屈折率 n_1 と屈折率 n_2 との差が小さい場合、全反射が実施されない。この場合、図 3 B に示すように、1 次光 6 3 の一部は、光学部材 7 9 a によって第 1 反射部材 8 1 に向けて反射される。また、1 次光 6 3 の残りの一部が光軸 6 1 周辺から離れるように 1 次光 6 3 の残りの一部と光軸 6 1 との間の広がり角度が広がった状態で、1 次光 6 3 の残りの一部は、光学部材 7 9 a を透過し光変換部材 7 3 に向けて進行する。つまり、光学部材 7 9 a は、1 次光 6 3 を反射光と屈折透過光とに分離する。1 次光 6 3 の残りの一部は、光学部材 7 9 a にて光軸 6 1 から離れる方向に屈折し、光学部材 7 9 a を透過する。
- [0053] 全反射が発生しない場合、図 3 C に示すように、進路変更部材 7 9 は、例えば、円錐状の光学部材 7 9 a の表面に配置され、光軸 6 1 に対して傾斜して配置され、1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて反射する第 2 反射部材 7 9 b を有してもよい。第 2 反射部材 7 9 b は、光軸 6 1 近傍の光学部材 7 9 a において全反射が発生しない領域に、少なくとも配置される。この領域は、例えば、光軸 6 1 方向において強度領域 9 3 と同軸上に配置される。例えば、第 2 反射部材 7 9 b は、光軸 6 1 周辺且つ光学部材 7 9 a の円錐先端部に配置される。これにより第 2 反射部材 7 9 b は、光軸 6 1 近傍の 1 次光 6 3 を確実に第 1 反射部材 8 1 に向けて反射する。
- [0054] 第 2 反射部材 7 9 b の反射率は、90%以上が好ましい。第 2 反射部材 7 9 b は、例えば、1 次光 6 3 を高い反射率で反射する誘電体多層膜である。
- [0055] なお 1 次光 6 3 の入射角度が臨界角度よりも小さい場合、第 2 反射部材 7 9 b は、少なくとも光軸 6 1 から入射角度が臨界角度となる領域まで配置されていればよい。
- [0056] 簡略化のため図示を省略するが、全反射が発生しない状態で、第 2 反射部材 7 9 b を 1 次光 6 3 の一部が照射し、第 2 反射部材 7 9 b が配置されていない領域における光学部材 7 9 a の表面を 1 次光 6 3 の残りの一部が照射したとする。この場合、1 次光 6 3 の一部は、第 2 反射部材 7 9 b によって第 1 反射部材 8 1 に向けて反射される。また、1 次光 6 3 の残りの一部が光軸

6 1 周辺から離れるように 1 次光 6 3 の残りの一部と光軸 6 1 との間の広がり角度が広がった状態で、1 次光 6 3 の残りの一部は、光学部材 7 9 a を透過し光変換部材 7 3 に向けて進行する。つまり、光学部材 7 9 a は、1 次光 6 3 を反射光と屈折透過光とに分離する。1 次光 6 3 の残りの一部は、光学部材 7 9 a にて光軸 6 1 から離れる方向に屈折し、光学部材 7 9 a を透過する。

[0057] 図 3 D に示すように、進路変更部材 7 9 は、例えば、半球状の光学部材 7 9 a の表面に配置される第 3 反射部材 7 9 c と、第 3 反射部材 7 9 c の表面の少なくとも一部である乱反射部 7 9 d とを有してもよい。

[0058] 第 3 反射部材 7 9 c は、例えば、光学部材 7 9 a の表面全体に配置される。第 3 反射部材 7 9 c は、出射部 5 9 側に対向する。第 3 反射部材 7 9 c は、1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて反射する。第 3 反射部材 7 9 c の反射率は、90%以上が好ましい。第 3 反射部材 7 9 c は、第 3 反射部材 7 9 c による 1 次光 6 3 の減衰を抑制し、波長選択性を有し、2 次光 6 5 を低反射する。このため第 3 反射部材 7 9 c は、高反射率を有する金属膜よりも、第 3 反射部材 7 9 c にて反射が繰り返し実施され 1 次光 6 3 が減衰しない波長選択性を有する誘電体多層膜であることが好ましい。

[0059] 簡略化のため図示を省略するが、第 3 反射部材 7 9 c を照射する 1 次光 6 3 の大部分は、第 3 反射部材 7 9 c によって第 1 反射部材 8 1 に向かって反射される。1 次光 6 3 の残りの一部は、第 3 反射部材 7 9 c によって反射されずに第 3 反射部材 7 9 c を透過する。そして 1 次光 6 3 は、光学部材 7 9 a の焦点方向に向かって光学部材 7 9 a を透過し、光変換部材 7 3 を照射する。

[0060] 図 3 D に示すように、乱反射部 7 9 d は、少なくとも光軸 6 1 周辺に配置され、光軸 6 1 方向において強度領域 9 3 と同軸上に配置される。乱反射部 7 9 d である第 3 反射部材 7 9 c の表面は凹凸形状で、凹凸の、高さ、サイズ、または周期は不規則となっている。凹凸の高さは、1 次光 6 3 の波長以下となっている。乱反射部 7 9 d は、乱反射部 7 9 d を照射する 1 次光 6 3

を乱反射し、1次光63を、出射部59以外に向けて反射する。

[0061] 簡略化のため図示を省略するが、乱反射部79dに平面状の反射部材が配置されたとする。この場合、1次光63は、反射によって出射部59から導光部材55に侵入し、光源51に戻ってしまう。例えば、出射部59から出射された1次光63の10%以上が戻る場合、この戻り光の量は無視できない。この場合、戻り光の位相と光源51から出射された1次光63の位相とが互いに干渉し、光源51の出力が変動し、照明装置60の出力が不安定となる。このため、戻り光を抑制する必要がある。

[0062] このため本実施形態では、乱反射部79dは、1次光63が導光部材55に侵入し光源51に戻ることを、乱反射によって抑制する。このため、光源51の出力の変動は抑制され、照明装置60の出力は安定する。

[0063] [第1反射部材81]

図3Aに示すように第1反射部材81は、進路変更部材79によって進行方向が変更された1次光63を出射面71bに向けて反射し、且つ、出射面71bとは逆方向に進行する2次光65を出射面71bに向けて反射する。第1反射部材81は、第2照射領域97のために、1次光63を、例えば強度領域93以外の領域に向けて反射する。第1反射部材81は、光軸61方向において出射部59から出射面71bまで配置され、且つ光変換部材73と進路変更部材79とを取り囲んで配置される。第1反射部材81は、出射部59から出射面71bに向かってテーパ状に広がっている。

[0064] 第1反射部材81は、1次光63と2次光65との伝播方向を出射面71bに向けて変えるために、1次光63と2次光65とを出射面71bに向けて反射する。また第1反射部材81は、テーパ状に広がっているため、1次光63と2次光65と照明光67との配光特性を制御する機能を有することとなる。第1反射部材81における角度 ϕ 3は、配光特性を制御するものである。

[0065] 第1反射部材81は、例えば、誘電体多層膜、または1次光63と2次光65とに対して高い反射率を有する金属膜である。金属は、例えば、Agま

たはA1である。

[0066] なお第1反射部材81の表面に、散乱損失を抑制する散乱膜が配置されてもよい。これにより、第1反射部材81における反射角度の広がりが大きくなり、光変換部材73における1次光63の強度分布が均一となり、出射面71bにおける色むらが低減する。

[0067] なお図3Bに示す角度 $\phi 3$ は、光軸61に対する透明部材71の外周面の角度に依存する。

[0068] [作用]

光源51から出射された1次光63は、集光部53によって導光部材55の入射部57に集光され、導光部材55によって出射部59まで導光される。図3Aに示すように、出射部59から出射された1次光63は、入射面71aから透明部材71に入射し、透明部材71を透過する。

[0069] ここで、図3Bに示すように、1次光63が円錐状の光学部材79aの母線上の入射位置Pから光学部材79aに入射すると仮定する。入射位置Pは、光軸61上に位置する光学部材79aの頂点ではなく、光学部材79aのテーパ状の外周面的一部分である。

[0070] ここで、以下を定義する。

出射部59から出射された1次光63と光軸61との間に形成される角度：
：角度 $\phi 1$

角度 $\phi 1$ を有した状態で1次光63が光学部材79aに入射した際、光学部材79aの入射位置Pにおける法線に対する1次光63の入射角度： $\phi 1$

1次光63が光学部材79aにて屈折した後に光学部材79aを透過する際、屈折した1次光63と光軸61との間に形成される屈折角度： $\phi 2$

入射角度 $\phi 1$ と屈折角度 $\phi 2$ との関係は、透明部材71の屈折率 $n 1$ と光学部材79aの屈折率 $n 2$ との差 Δn に依存する。

[0071] 全反射の条件が満たされれば、入射位置Pにおいて1次光63は全反射され、図3Aに示すように1次光63は第1反射部材81に向かって反射される。この1次光63は第1反射部材81によって再び反射され、反射された

1次光63は強度領域93以外の領域を照射し、この領域から光変換部材73に入射する。

[0072] また全反射の条件が満たされなければ、図3Bに示すように、入射位置Pにおいて、1次光63の一部は、光学部材79aによって第1反射部材81に向けて反射される。1次光63の一部は、第1反射部材81によって再び反射され、強度領域93以外の領域を照射し、この領域から光変換部材73に入射する。また、1次光63の残りの一部が光軸61周辺から離れるように1次光63の残りの一部と光軸61との間の広がり角度が広がった状態で、1次光63の残りの一部は、光学部材79aを透過し光変換部材73に向けて進行し光変換部材73に入射する。

[0073] 全反射の条件が満たされても満たされていなくても、進路変更部材79が配置されて、1次光63は第1反射部材81に向かって反射される。このため、例えば1次光63の第1光路長（図示せず）は、1次光63の第2光路長（図示せず）に比べて、長くなる。第1光路長は、1次光63が入射面71aから進路変更部材79と第1反射部材81とを經由して光変換部材73まで進行する長さである。第2光路長は、進路変更部材79が配置されていない状態で1次光63が入射面71aから光変換部材73に直接進行する長さである。また進路変更部材79が配置されて、1次光63は、強度領域93以外の領域から光変換部材73に入射する。このため図4Cに示すように、強度領域93における1次光63の強度は低減し、低減された1次光63の強度は光変換部材73における強度領域93以外の領域に分配される。また分配によって、光変換部材73における照射領域は第1照射領域91から第2照射領域97に広がり、強度領域93以外の領域における1次光63の強度は増加する。

[0074] 図3Aに示すように、光変換部材73に入射した1次光63の一部は、光変換部材73に吸収されて2次光65に変換される。1次光63の残りの一部は、光変換部材73に吸収されずに光変換部材73から出射面71bに向かって出射される。入射面73aから出射された1次光63は、第1反射部

材 8 1 によって光変換部材 7 3 に向かって反射され、再び前述した動作を繰り返す。

[0075] 図 3 A に示すように、2 次光 6 5 の一部は光変換部材 7 3 から出射面 7 1 b に向かって出射される。また 2 次光 6 5 の残りの一部は、入射面 7 3 a から第 1 反射部材 8 1 に向かって出射され、第 1 反射部材 8 1 によって反射され、光変換部材 7 3 を透過する。そして 2 次光 6 5 は、光変換部材 7 3 に吸収されずに光変換部材 7 3 から出射された 1 次光 6 3 と混色し、照明光 6 7 として出射面 7 1 b から出射される。

[0076] 次に、図 4 A と図 4 B と図 4 C とを参照して、一次光の強度の低減と一次光の分配とについて説明する。

図 4 A は、進路変更部材 7 9 が配置されておらず、光変換部材 7 3 が出射部 5 9 から出射された 1 次光 6 3 を直接照射された状態である。なお、光軸 6 1 方向において、出射部 5 9 と光変換部材 7 3 との間には、透明部材 7 1 が配置される。透明部材 7 1 は、透明部材 7 1 が配置されず出射部 5 9 が光変換部材 7 3 と当接している当接状態に比べて、出射部 5 9 から光変換部材 7 3 までの長さを長く確保する。

[0077] 図 4 B の実線にて示すように、第 1 外縁領域 9 5 に比べて強度領域 9 3 では 1 次光 6 3 の強度がより一層高まっている。光変換部材 7 3 が 2 次光 6 5 を生成する際に、生成によって第 1 照射領域 9 1 に熱が発生し、熱の大部分は強度領域 9 3 から発生する。

[0078] このため強度領域 9 3 は、1 次光 6 3 の高い強度と 2 次光 6 5 の生成によって発生する熱とに起因して光変換部材 7 3 の劣化が加速してしまう虞がある熱劣化加速領域となる。以下において、1 次光 6 3 の高い強度と熱とに起因する光変換部材 7 3 の劣化を、熱劣化と称する。図 4 B に示すように、強度領域 9 3 は、中心領域である熱劣化領域 9 3 a と、熱劣化領域 9 3 a の外側領域である熱劣化警戒領域 9 3 b とを有する。強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度は、ピーク強度 I P から所定の第 1 強度 I S までとなっている。ピーク強度 I P は、最も高い強度である。第 1 強度 I S は、発生する熱の

伝導を考慮した光変換部材 7 3 の高温時の光変換効率に依存する強度である。実際の第 1 強度 I_S の設定の一例として、 $I_S = I_P \times 1 / e^2$ となる。 e は、自然対数である。第 1 強度 I_S は、強度領域 9 3 における 1 次光の所定値であり、例えば 1 次光の強度のピーク値であるピーク強度 I_P に対して $1 / e^2$ であることを示す。

[0079] 熱劣化領域 9 3 a における 1 次光 6 3 の強度は、ピーク強度 I_P から所定の第 2 強度 I_D までとなっている。第 2 強度 I_D は、ピーク強度 I_P と第 1 強度 I_S との間を示し、所望に設定される。熱劣化領域 9 3 a は、照射領域において 1 次光 6 3 の強度が最も高く、熱劣化の加速が光変換部材 7 3 において最も多い部位を示す。

[0080] 熱劣化警戒領域 9 3 b における 1 次光 6 3 の強度は、第 2 強度 I_D から第 1 強度 I_S までとなっている。熱劣化警戒領域 9 3 b は、熱劣化領域 9 3 a に比べて 1 次光 6 3 の強度が低く、熱劣化の加速が熱劣化領域 9 3 a の次に多く、劣化を警戒する部位を示す。

[0081] 第 1 外縁領域 9 5 は、熱劣化警戒領域 9 3 b の外側且つ第 1 照射領域 9 1 の内側の安全領域であり、熱劣化の加速が無いとみなせる領域を示す。第 1 外縁領域 9 5 における 1 次光 6 3 の強度は、熱劣化警戒領域 9 3 b のそれに比べて低く、第 1 強度 I_S 未満から 0 までとなっている。第 1 外縁領域 9 5 における 1 次光 6 3 の強度は、熱劣化の加速が無いとみなせる、安全な強度となる。

[0082] 熱劣化が発生すると、照明光 6 7 に変換する変換効率言い換えると照明光 6 7 の取り出し効率が低下し、照明光 6 7 の出力が低下する。

[0083] このため本実施形態では、図 3 A に示すように進路変更部材 7 9 は少なくとも強度領域 9 3（熱劣化領域 9 3 a と熱劣化警戒領域 9 3 b と）に配置されており、さらに第 1 反射部材 8 1 も配置される。このため、図 4 C に示すように、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度は低減し、低減された 1 次光 6 3 の強度は光変換部材 7 3 における強度領域 9 3 以外の領域に分配される。また分配によって、光変換部材 7 3 における照射領域は第 1 照射領域 9

1 から第2照射領域97に広がり、強度領域93以外の領域における1次光63の強度は増加する。これにより、強度分布は、図4Cにて実線で示されるドーナツ状に変更される。なお強度領域93において、上述したように1次光63の強度は低減するため、低減領域99aが発生する。低減領域99aは、図4Cの強度領域93において、点線と実線とによって囲まれた領域である。また図3Bと図4Cとに示すように、照射領域は第1照射領域91から第2照射領域97に広がり、角度 $\phi 0$ は角度 $\phi 0'$ に広がり、強度領域93以外の領域も第1外縁領域95と第2外縁領域99とに広がる。図3B示すように、角度 $\phi 0'$ は、第1反射部材81によって反射された1次光63が入射面73aを照射した際に、出射部59と入射面73a上の入射位置とを結ぶ直線と、光軸61との間に形成される最大の角度である。照射領域が第1照射領域91から第2照射領域97に広がると、増加領域99bが発生する。増加領域99bは、低減領域99aと略同一の1次光63のトータル強度を有する。増加領域99bは、図4Cの強度領域93以外の領域において、点線と実線とによって囲まれた領域である。第1外縁領域95と第2外縁領域99とにおける1次光63のトータル強度も、低減した1次光63の分だけ略均等に増加する。

[0084] 光変換部材73で発生した熱は、ドーナツ状の強度分布（照射面積の広がり）によって、透明部材71と第1反射部材81とを介して保持部85に効率的に伝達される。このため熱の伝達の流れから保持部85から遠い強度領域93における発熱が抑制され、光変換部材73の温度分布を均一にすることが可能となる。光変換部材73が波長変換部材である場合、波長変換部材は、1次光63のスペクトルのピーク波長に対して温度依存性を有する。このため分配ユニット77が配置されていないと照明光67の色味に色むらが発生してしまう。しかしながら分配ユニット77によって、色むらが解消される。

[0085] 次に、図3Bを参照して、進路変更部材79における反射と第1反射部材81における反射とについて説明する。

ここで、以下を定義する。

出射部 59 から出射された 1 次光 63 と光軸 61 との間に形成される角度： $\phi 1$

角度 $\phi 1$ の最大角度： $\phi 0$

光学部材 79a の中心軸が光軸 61 上に配置された状態で、円錐状の光学部材 79a の母線と、光軸 61 との間に形成される角度： $\phi 2$

第 1 反射部材 81 と光軸 61 方向との間に形成される角度： $\phi 3$

角度 $\phi 1$ を有した状態で 1 次光 63 が光学部材 79a に入射した際、光学部材 79a の入射位置 P における法線に対する 1 次光 63 の入射角度： $\phi 1$

1 次光 63 が光学部材 79a にて屈折した後に光学部材 79a を透過する際、屈折した 1 次光 63 と光軸 61 との間に形成される屈折角度： $\phi 2$

透明部材 71 の屈折率： $n 1$

光学部材 79a の屈折率： $n 2$

この定義を基に、進路変更部材 79 によって変更される 1 次光 63 の伝播方向を検討する。

ここで、 $n 2 < n 1$ 、且つ、 $0 \leq \phi 1 \leq \phi 0 < \phi 2$ という条件が発生するとする。

[0086] まず、 $n 1$ と $\phi 1$ と、 $n 2$ と $\phi 2$ とによって、下記式 (1) が成り立つ。

$$n 1 \times \sin \phi 1 = n 2 \times \sin \phi 2 \quad \cdots \text{式 (1)}$$

ここで、全反射における臨界角度を ϕt とすると、下記式 (2) が成り立つ。

$$\sin \phi t = n 2 / n 1 \quad \cdots \text{式 (2)}$$

入射角度 $\phi 1$ が臨界角度 ϕt よりも大きい場合、図 3A に示すように、1 次光 63 は、光学部材 79a にて屈折せずまた光学部材 79a を透過せず、全反射される。このため、入射位置 P における入射角度 $\phi 1$ と臨界角度 ϕt と角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ との関係で、下記式 (3) が成り立ち、式 (3) から式 (4) が算出され、式 (4) が全反射の条件となる。

$$\phi t < \phi 1 = \pi / 2 - (\phi 2 - \phi 1) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

$$\phi 2 < \pi / 2 + \phi 1 - \phi t \quad \cdots \text{式 (4)}$$

$\phi 2$ は固定、 $\phi 1$ は増加関数、 $\phi 1$ は増加関数である。

[0087] また角度 $\phi 2$ は、母線に向かう 1 次光 6 3 が母線への入射角度と同じ反射角度で第 1 反射部材 8 1 に進行するように、母線と光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a との間に形成される角度よりも小さい必要がある。このため下記式 (5) が満たされる必要がある。

$$2 \phi 1 < \pi / 2 + \phi 2 \quad \cdots \text{式 (5)}$$

角度 $\phi 1$ を有した状態で 1 次光 6 3 が光学部材 7 9 a で反射して第 1 反射部材 8 1 に進行するために、式 (5) の $\phi 1$ に、式 (3) を代入し、下記式 (6 a) が満たされる必要がある。

$$[0088] \quad 2 (\pi / 2 - (\phi 2 - \phi 1)) < \pi / 2 + \phi 2$$

$$\pi - 2 \phi 2 + 2 \phi 1 < \pi / 2 + \phi 2$$

$$\pi / 2 + 2 \phi 1 < 3 \phi 2$$

$$\pi / 6 + 2 / 3 \phi 1 < \phi 2 \quad \cdots \text{式 (6 a)}$$

角度 $\phi 1$ は、 0° から最大で角度 $\phi 0$ まで変化するため、式 (6 a) を基に、下記式 (6 b) が満たされる必要がある。

$$30 + 2 / 3 \phi 0 < \phi 2 \quad \cdots \text{式 (6 b)}$$

角度 $\phi 1$ は、 0° から最大で角度 $\phi 0$ まで変化するため、式 (4) を基に、全反射が実施されるためには、下記式 (7) が設定される必要がある。

$$\phi 2 < \pi / 2 + \phi 1 - \phi t \leq \pi / 2 + \phi 0 - \phi t \quad \cdots \text{式 (7)}$$

例えば、透明部材 7 1 の屈折率 $n 1 = 1.6$ 、光学部材 7 9 a の屈折率 $n 2 = 1.35$ の場合、臨界角度 ϕt は、 57.5° である。

[0089] 光ファイバの $N a$ が 0.22 の場合、透明部材 7 1 の屈折率 1.6 の媒質内では、簡易的に、ピーク強度に対して、半分となるビームの角度である半値全角は、 7.9° (半値は 3.95°) 中心強度に対して、 $1/4$ 以下となる光軸 6 1 となす角度を半値の 3 倍である 11.9° と仮定すれば、すなわち、 $\phi 0 = 12.0^\circ$ と設定される。

[0090] $\phi 0 = 12.0^\circ$ を式 (6 b) に代入すると、式 (6 b) に示す第 1 反射部

材 8 1 に 1 次光 6 3 が入射する条件から、 $38^{\circ} < \phi 2$ が算出される。

[0091] 式 (4) の臨界角度 ϕt は光軸 6 1 上で臨界角度 ϕt よりも大きければ、角度 $\phi 1$ の増加につれて、入射角度 $\phi 1$ も増加する。このため、式 (4) において、例えば $\phi 2$ を $\pi/2 - \phi t$ となる 32.5° に設定すれば、光学部材 7 9 a の表面で全反射が実施される。しかしながら、この場合は、反射光が第 1 反射部材 8 1 に入射する条件を満たさない。このため、光軸 6 1 周辺では、第 2 反射部材 7 9 b が配置されており、透過光量と反射光量との比率において、透過光量の割合よりも反射光量の割合を高めて、1 次光 6 3 の強度分布を分配している。

[0092] すなわち式 (6 b) が満足されれば、光軸 6 1 周辺で、1 次光 6 3 は、反射光と屈折透過光とに分離される。

[0093] 本実施形態では、照射領域は第 1 照射領域 9 1 から第 2 照射領域 9 7 に広がる。つまり 1 次光 6 3 と光軸 6 1 との間に形成される角度は、角度 $\phi 0$ から角度 $\phi 0'$ に広がる。したがって少なくとも角度 $\phi 0'$ の広がり角度を有する 1 次光 6 3 を、光変換部材 7 3 は受光する必要がある。このため $\phi 0 < \phi 3$ となる。例えば、 $\phi 3 = 20^{\circ}$ と設定されることが好ましい。

[0094] なお、強度領域 9 3 における強度が高い 1 次光 6 3 は、確実に第 1 反射部材 8 1 に向けて反射される必要がある。このため、図 3 C に示すように第 2 反射部材 7 9 b が、少なくとも円錐先端部に配置されることが好ましい。第 2 反射部材 7 9 b は、入射した 1 次光 6 3 の大部分を確実に第 2 反射部材 7 9 b に向けて反射させる。これにより、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度は低減する。そして第 1 反射部材 8 1 は、1 次光 6 3 を光変換部材 7 3 に向けて反射する。低減された 1 次光 6 3 の強度は光変換部材 7 3 における強度領域 9 3 以外の領域に分配される。また分配によって、光変換部材 7 3 における照射領域は第 1 照射領域 9 1 から第 2 照射領域 9 7 に広がり、強度領域 9 3 以外の領域における 1 次光 6 3 の強度は増加する。

[0095] 1 次光 6 3 が第 1 反射部材 8 1 の反射点 Q にて反射することを検討する。

[0096] 反射点 Q における法線となる入射角度を $\phi 3$ と定義する。ここで、下記式

(8) が成り立つ。

[0097] $\phi 3 = 2 \phi 1 + (\phi 3 - \phi 1) - \pi / 2 \cdots$ 式 (8)

式 (8) の $\phi 1$ に、式 (3) を代入する、下記式 (9) が成り立つ

$$\phi 3 = 2 (\pi / 2 - (\phi 2 - \phi 1)) + (\phi 3 - \phi 1) - \pi / 2$$

$$\phi 3 = \pi - 2 \phi 2 + 2 \phi 1 + \phi 3 - \phi 1 - \pi / 2$$

$$\phi 3 = \pi / 2 - [(\phi 2 - \phi 3) + (\phi 2 - \phi 1)] \cdots$$
 式 (9)

式 (9) において、角度 $\phi 1$ に対して、第 1 反射部材 8 1 によって反射された 1 次光 6 3 が必ず光変換部材 7 3 に入射するためには、 $\phi 3 < \pi / 2$ 、且つ、 $(\phi 2 - \phi 3) + (\phi 2 - \phi 1) > 0$ が満たされる必要がある。

[0098] すなわち、 $\phi 3 < \phi 2$ 、且つ、 $\phi 1 \leq \phi 0 < \phi 2$ が満たされる必要がある。

[0099] $\phi 1 < \phi 3$ であるため、下記式 (10) が満たされることが、第 1 反射部材 8 1 で反射された 1 次光 6 3 が光変換部材 7 3 に入射するための条件となる。

$$\phi 1 < \phi 3 < \phi 2 \cdots$$
 式 (10)

実際に照明装置 6 0 が利用される場合、照明装置 6 0 の配置位置に応じて、出射面 7 1 b の最大直径は規定される。したがって、角度 $\phi 3$ と入射面 7 1 a から出射面 7 1 b までの長さとは、最大直径によって限定される。

[0100] [効果]

本実施形態では、分配ユニット 7 7 の進路変更部材 7 9 は、強度領域 9 3 に配置され、光軸 6 1 周辺の 1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて反射する。このため、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度を低減できる。また分配ユニット 7 7 の第 1 反射部材 8 1 は、進路変更部材 7 9 によって反射された 1 次光 6 3 を、光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a において強度領域 9 3 以外の領域に向けて反射する。このため、照射領域は第 1 照射領域 9 1 から第 2 照射領域 9 7 に広がり、強度領域 9 3 以外の領域における 1 次光 6 3 の強度は増加する。したがって、照明光 6 7 の取り出し効率を高めることができ、照明光 6 7 の出力を高めることができる。

- [0101] 本実施形態では、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度が低減するため、光変換部材 7 3 の熱劣化を抑制できる。また照射領域が第 1 照射領域 9 1 から第 2 照射領域 9 7 に広がるため、2 次光 6 5 の生成によって発生する熱の分布を、略均一にできる。
- [0102] 第 1 反射部材 8 1 は、光変換部材 7 3 と進路変更部材 7 9 とを取り囲んで配置される。このため、第 1 反射部材 8 1 は、強度領域 9 3 以外の領域に向けて、1 次光 6 3 と 2 次光 6 5 とを漏らすことなく反射できる。第 1 反射部材 8 1 は、テーパ状に広がっている。このため、第 1 反射部材 8 1 は、強度領域 9 3 以外の領域に向けて、1 次光 6 3 と 2 次光 6 5 とを確実に反射できる。また照明光 6 7 は、所定の広がり角度を有することができる。
- [0103] 透明部材 7 1 の屈折率は、光学部材 7 9 a の屈折率よりも大きい。このため、簡単な構成で、1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて反射できる。
- [0104] 全反射が実施されない場合、1 次光 6 3 の残りの一部が光軸 6 1 周辺から離れるように 1 次光 6 3 の残りの一部と光軸 6 1 との間の広がり角度が広がった状態で、1 次光 6 3 の残りの一部は、光学部材 7 9 a を透過し光変換部材 7 3 に向けて進行する。このとき、1 次光 6 3 は、強度領域 9 3 以外の領域に進行するため、強度領域 9 3 における 1 次光 6 3 の強度を低減できる。
- [0105] 第 2 反射部材 7 9 b は、全反射が実施されなくても、1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて確実に反射できる。
- [0106] 乱反射部 7 9 d は、1 次光 6 3 を第 1 反射部材 8 1 に向けて乱反射でき、1 次光 6 3 が光源 5 1 に戻ることを防止できる。
- [0107] なお図 2 C において、進路変更部材 7 9 は、柱形状、例えば円柱形状となっている。この場合、進路変更部材 7 9 は、1 次光を拡散してもよい。
- [0108] [第 2 の実施形態]
- 図 5 A を参照して、第 2 の実施形態について説明する。本実施形態では、第 1 の実施形態とは異なる部分のみ記載する。
- [0109] 本実施形態の進路変更部材 7 9 は、第 1 反射部材 8 1 に向けて 1 次光 6 3 の少なくとも一部を拡散する。このため、進路変更部材 7 9 は、1 次光 6 3

の一部を拡散する柱状の拡散部材 7 9 e と、光軸 6 1 方向において拡散部材 7 9 e と光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a との間に配置され、1 次光 6 3 の残りの一部を第 1 反射部材 8 1 に向けて反射する第 4 反射部材 7 9 f とを有する。

[0110] 拡散部材 7 9 e は、例えば、円柱形状である。拡散部材 7 9 e は、透明部材と、透明部材に添加されるフィラーと呼ばれる拡散物質とを有する。拡散部材 7 9 e は、光軸 6 1 に対する 1 次光 6 3 の広がり角度を広げる。また 1 次光 6 3 がレーザである場合、拡散物質は 1 次光 6 3 を繰り返し反射または散乱する。このため、拡散部材 7 9 e は、レーザ光特有の可干渉性を低下させる。拡散部材 7 9 e において、照明光 6 7 の取り出し効率を高めるために、散乱による損失を最小限に抑えることが重要である。このため拡散物質として、例えば、アルミナが好ましい。

[0111] 拡散部材 7 9 e の透明部材における拡散物質の濃度分布は、角度 $\phi 1$ と 1 次光 6 3 の強度とに対応する。角度 $\phi 1$ が増加するほど、反比例して、濃度は低くなる。例えば、1 次光 6 3 の強度 I と濃度 N との比 I/N が一定となるように、角度 $\phi 1$ と濃度 N とが算出されてもよい。なお拡散損失を抑制するために、拡散物質の濃度は、光軸 6 1 に近いほど高く、光軸 6 1 から離れるほど低いことが好ましい。

[0112] 光軸 6 1 方向において、拡散部材 7 9 e は第 4 反射部材 7 9 f に積層され、第 4 反射部材 7 9 f は光変換部材 7 3 の入射面 7 3 a に積層される。第 4 反射部材 7 9 f は、少なくとも光軸 6 1 周辺に配置される。第 4 反射部材 7 9 f は、1 次光 6 3 の波長に対して高い反射率を有する。第 4 反射部材 7 9 f は、波長選択性を有する。第 4 反射部材 7 9 f は、例えば、誘電体多層膜である。

[0113] 第 4 反射部材 7 9 f 及び透明部材 7 1 として、熱を効率的に光源 5 1 に放出するために、熱伝導率の高い部材が好ましい。

[0114] [作用]

出射部 5 9 から出射された 1 次光 6 3 は、角度 $\phi 1$ を有する状態で、透明

部材 7 1 を透過し、拡散部材 7 9 e に入射する。1 次光 6 3 の一部は、拡散物質によって様々な方向に拡散され、第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 の残りの一部は、拡散物質によって拡散された後に第 4 反射部材 7 9 f によって反射され、再び拡散物質によって拡散され、角度 ϕ 1 よりも大きい広がり角度を有する状態で第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 は、第 1 反射部材 8 1 によって反射され、光変換部材 7 3 に入射する。

[0115] 光変換部材 7 3 に入射した 1 次光 6 3 の一部は、光変換部材 7 3 に吸収されて 2 次光 6 5 に変換される。1 次光 6 3 の残りの一部は、光変換部材 7 3 に吸収されずに光変換部材 7 3 から出射面 7 1 b に向かって出射される。入射面 7 3 a から出射された 1 次光 6 3 は、第 1 反射部材 8 1 によって光変換部材 7 3 に向かって反射され、再び前述した動作を繰り返す。

[0116] 2 次光 6 5 の一部は光変換部材 7 3 から出射面 7 1 b に向かって出射される。また 2 次光 6 5 の残りの一部は、入射面 7 3 a から第 1 反射部材 8 1 に向かって出射され、第 1 反射部材 8 1 によって反射され、光変換部材 7 3 を透過する。そして 2 次光 6 5 は、光変換部材 7 3 に吸収されずに光変換部材 7 3 から出射された 1 次光 6 3 と混色し、照明光 6 7 として出射面 7 1 b から出射される。

[0117] [効果]

本実施形態では、進路変更部材 7 9 の構成を簡素にでき、進路変更部材 7 9 を容易に製造できる。本実施形態では、拡散部材 7 9 e によって 1 次光 6 3 を拡散するため、1 次光 6 3 を確実に第 1 反射部材 8 1 に進行させることができる。第 4 反射部材 7 9 f によって、拡散されなかった 1 次光 6 3 を確実に第 1 反射部材 8 1 に向けて反射できる。

[0118] なお本実施形態では、進路変更部材 7 9 は、拡散部材 7 9 e のみを有してもよい。

[0119] [第 1 変形例]

図 5 B を参照して、第 2 の実施形態の第 1 変形例について説明する。本変

形例では、第2の実施形態とは異なる部分のみ記載する。

[構成]

透明部材71は、出射部59（入射面71a）から出射面71bに向かって放物状に広がっている。

第1反射部材81は、この透明部材71の曲面状の外周面に配置されており、出射部59から出射面71bに向かって放物状に広がっている。本変形例における第1反射部材81の材料は、第1の実施形態における第1反射部材81の材料と同一である。第1反射部材81は、1次光63を光軸61に対して略平行に反射し、且つ1次光63を強度領域93以外の領域に向かって反射する。

[0120] 照明光67を光軸61に対して略平行にするためには、光変換部材73は、出射部59近傍の所定の位置に配置されることが好ましい。光変換部材73は、第1反射部材81の焦点位置を避けて配置される。これにより第1反射部材81によって反射された1次光63は、少なくとも光軸61周辺を避けて光変換部材73に略平行に照射され、発生した照明光も第1反射部材81により略平行に出射される。

[0121] [作用]

出射部59から出射された1次光63は、角度 ϕ 1を有する状態で、透明部材71を透過し、拡散部材79eに入射する。1次光63の一部は、拡散物質によって様々な方向に拡散され、第1反射部材81に向かって進行する。1次光63の残りの一部は、第4反射部材79fによって反射され、再び拡散物質によって拡散され、角度 ϕ 1よりも大きい広がり角度を有する状態で第1反射部材81に向かって進行する。1次光63は、第1反射部材81によって光軸61に対して略平行に反射され、光変換部材73に入射する。光軸61に対して略平行に進行する1次光63を、平行光と称する。

[0122] 光変換部材73に入射した平行光の一部は、光変換部材73に吸収されて2次光65に変換される。平行光の残りの一部は、光変換部材73に吸収されずに裏面73bから出射面71bに向かって出射される。入射面73aか

ら出射された図示しない平行光は、第1反射部材81によって光変換部材73に向かって反射され、再び前述した動作を繰り返す。

[0123] 2次光65の一部は、裏面73bから出射面71bに向かって光軸61に対して略平行に出射される。2次光65の残りの一部は、入射面73aから第1反射部材81に向かって出射される。この2次光65は、第1反射部材81によって光軸61に対して略平行に光変換部材73に向かって反射され、光変換部材73を透過する。そして裏面73bから出射された光軸61に対して略平行な2次光65は、光変換部材73に吸収されずに裏面73bから出射された平行光と混色し、光軸61に対して略平行な照明光67として出射面71bから出射される。

[0124] [効果]

本変形例では、第1反射部材81が放物状であるため、照明光67の広がり角度を抑制でき、光軸61に対して略平行な照明光67を提供できる。

[0125] [第2変形例]

図5Cを参照して、第2の実施形態の第2変形例について説明する。本変形例では、第2の実施形態とは異なる部分のみ記載する。

[構成]

透明部材71は、出射部59（入射面71a）から出射面71bに向かってホーン状に広がっている。

第1反射部材81は、この透明部材71の曲面状の外周面に配置されており、出射部59から出射面71bに向かってホーン状に広がっている。本変形例における第1反射部材81の材料は、第1の実施形態における第1反射部材81の材料と同一である。第1反射部材81は、1次光63を強度領域93以外の領域に向かって反射する。

[0126] 光変換部材73は、ホーン状の透明部材71の広がり焦点位置に配置される。

[0127] [作用]

出射部59から出射された1次光63は、角度 ϕ_1 を有する状態で、透明

部材 7 1 を透過し、拡散部材 7 9 e に入射する。1 次光 6 3 の一部は、拡散物質によって様々な方向に拡散され、第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 の残りの一部は、第 4 反射部材 7 9 f によって反射され、再び拡散物質によって拡散され、角度 ϕ 1 よりも大きい広がり角度を有する状態で第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 は、第 1 反射部材 8 1 によって反射されて光変換部材 7 3 に入射する。このとき、1 次光 6 3 の光路長が長くなることで、1 次光 6 3 の照射領域が広がり、図 4 C にて実線で示す 1 次光 6 3 の強度分布はドーナツ状の強度分布からさらに広がる。具体的には、図 4 C に示す角度 ϕ 0 は角度 ϕ 0' よりもさらに広がり、強度領域 9 3 (熱劣化領域 9 3 a) における 1 次光 6 3 の強度は大幅に低減し、分配によって、強度領域 9 3 以外の領域における 1 次光 6 3 の強度は大幅に増加し、照射領域における強度分布は略均一となる。

[0128] 光変換部材 7 3 に入射した 1 次光 6 3 の一部は、光変換部材 7 3 に吸収されて 2 次光 6 5 に変換される。1 次光 6 3 の残りの一部は、光変換部材 7 3 に吸収されずに光変換部材 7 3 から出射面 7 1 b に向かって出射される。入射面 7 3 a から出射された 1 次光 6 3 は、第 1 反射部材 8 1 によって光変換部材 7 3 に向かって反射され、再び前述した動作を繰り返す。

[0129] 2 次光 6 5 の一部は光変換部材 7 3 から出射面 7 1 b に向かって出射される。図示はしないが、2 次光 6 5 の残りの一部は、入射面 7 3 a から第 1 反射部材 8 1 に向かって出射され、第 1 反射部材 8 1 によって反射され、光変換部材 7 3 を透過する。そして 2 次光 6 5 は、光変換部材 7 3 に吸収されずに光変換部材 7 3 から出射された 1 次光 6 3 と混色し、広がり角度が拡大し且つ略均一な強度分布を有する照明光 6 7 として出射面 7 1 b から出射される。

[0130] [効果]

本変形例では、第 1 反射部材 8 1 がホーン状であるため、照明光 6 7 の配光特性を変更できる、具体的には照明光 6 7 の広がり角度を拡大できる。本変形例では、指向性が弱く、略均一な強度分布を有する照明光 6 7 を提供で

きる。

[0131] [第3の実施形態]

図6を参照して、第3の実施形態について説明する。本実施形態では、第1の実施形態とは異なる部分のみ記載する。

[0132] [構成]

進路変更部材79は、光軸61方向において出射部59と光変換部材73との間に配置される第5反射部材79gと、第5反射部材79gの表面の少なくとも一部である乱反射部79hとを有する。

[0133] 第5反射部材79gは、少なくとも光軸61周辺に配置される。第5反射部材79gは、1次光63の波長に対して高い反射率を有する。第5反射部材79gは、波長選択性を有する。第5反射部材79gは、例えば、誘電体多層膜である。

[0134] 乱反射部79hは、出射部59に対向する。乱反射部79hは、少なくとも光軸61周辺に配置され、光軸61方向において強度領域93と同軸上に配置される。乱反射部79hである第5反射部材79gの表面は凹凸形状で、凹凸の、高さ、サイズ、または周期は不規則となっている。

[0135] 強度領域93における1次光63の強度が低減し、強度領域93以外の領域における1次光63の強度が増加するために、少なくとも強度領域93において、凹凸の高さは、1次光63の波長以下となっている。したがって、屈折率の差を有する界面での光の損失が低減し、1次光63が乱反射部79hによって散乱する。

[0136] 凹凸の形成方法としては、半導体プロセスにおける干渉露光パターンで作成する1次光63の波長に対応する回折格子パターン作成において、干渉波長または回折格子のピッチの方向を変えた多重露光で、回折格子の間隔を不均一にして作成する。

[0137] [作用]

出射部59から出射された1次光63は、角度 $\phi 1$ を有する状態で、透明部材71を透過し、第5反射部材79gに入射する。1次光63の一部は、

乱反射部 7 9 h によって乱反射され、第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 の残りの一部は、第 5 反射部材 7 9 g によって反射され、再び乱反射部 7 9 h によって乱反射され、第 1 反射部材 8 1 に向かって進行する。1 次光 6 3 は、第 1 反射部材 8 1 によって反射され、光変換部材 7 3 に入射する。そして、第 1 実施形態と同様に、照明光 6 7 が出射面 7 1 b から出射される。

[0138] [効果]

本実施形態では、乱反射部 7 9 h の凹凸の製造が容易であるため、進路変更部材 7 9 の構成を簡素にでき、進路変更部材 7 9 を容易に製造できる。

[0139] 本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示される複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。

請求の範囲

[請求項1]

光源ユニットの出射部から照明ユニットに向けて出射された1次光の一部の光学特性を前記照明ユニットの光変換部材にて変換して2次光を生成して照明光を前記照明ユニットの出射面から出射する照明装置であって、

前記出射部から出射された前記1次光の中心軸を光軸と定義し、

前記光変換部材が前記出射部から出射された前記1次光を直接照射されたと想定した際に、前記光変換部材において前記1次光を照射された照射領域を第1照射領域と定義し、前記第1照射領域において前記1次光の強度が所定値以上である領域を強度領域と定義し、

前記照明ユニットに配置され、少なくとも前記強度領域における前記1次光の強度を低減し、低減された分の前記1次光の強度を前記光変換部材における前記強度領域以外の領域に分配すると共に、分配によって前記照射領域を前記第1照射領域よりも広い第2照射領域に広げる分配ユニットを具備し、

前記分配ユニットは、

少なくとも前記強度領域に配置され、少なくとも前記強度領域における前記1次光の強度を低減するために、前記1次光の少なくとも一部の進行方向を変更する進路変更部材と、

前記進路変更部材によって進行方向が変更された前記1次光を前記出射面に向けて反射し、且つ、前記出射面とは逆方向に進行する前記2次光を前記出射面に向けて反射する第1反射部材と、

を具備する照明装置。

[請求項2]

前記光変換部材は、前記光軸方向において、前記出射部と前記出射面との間に配置され、

前記強度領域を含む前記第1照射領域と前記第2照射領域とは、前記出射部と対向する平面上に配置され且つ前記1次光が入射する前記光変換部材の入射面に配置され、

前記進路変更部材は、前記第1反射部材に向けて、前記1次光の少なくとも一部を反射または拡散する請求項1に記載の照明装置。

[請求項3] 前記第1反射部材は、前記光軸方向において前記出射部から前記出射面まで配置され、且つ、前記光変換部材と前記進路変更部材とを取り囲んで配置される請求項2に記載の照明装置。

[請求項4] 前記進路変更部材は、直円錐状または半球状の光学部材を有し、
前記光学部材は、前記光学部材の表面で、前記1次光を反射する請求項3に記載の照明装置。

[請求項5] 前記照明ユニットは、前記光軸方向において前記出射部と前記光学部材との間に配置される透明部材を有し、
前記透明部材の屈折率は、前記光学部材の屈折率よりも大きい請求項4に記載の照明装置。

[請求項6] 円錐状の前記光学部材の円錐先端部に入射する前記1次光の入射角度が、前記透明部材の前記屈折率と前記光学部材の前記屈折率とによって決まる臨界角度よりも大きい場合、前記光学部材は、前記1次光を全反射する請求項5に記載の照明装置。

[請求項7] 前記所定値は、1次光の強度のピーク値に対して $1/e^2$ である請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の照明装置。

[請求項8] 前記進路変更部材は、円錐状の前記光学部材の表面に配置され、前記光軸に対して傾斜して配置され、前記1次光を前記第1反射部材に向けて反射する第2反射部材を有する請求項5に記載の照明装置。

[請求項9] 円錐状の前記光学部材の円錐先端部に入射する前記1次光の入射角度が臨界角度よりも小さい場合、前記第2反射部材は、少なくとも前記光軸から入射角度が臨界角度となる領域まで配置される請求項8に記載の照明装置。

[請求項10] 前記第1反射部材は、前記出射部から前記出射面に向かってテーパ状に広がっており、

円錐状の前記光学部材の母線と前記光軸との間に形成される角度は

、前記母線に向かう前記 1 次光が前記母線への入射角度と同じ反射角度で前記第 1 反射部材に進行するように、前記母線と前記光変換部材の入射面との間に形成される角度よりも小さい請求項 5 に記載の照明装置。

[請求項 11]

前記出射部から出射された前記 1 次光と前記光軸との間に形成される角度を $\phi 1$ 、

前記光学部材の中心軸が前記光軸上に配置された状態で、前記母線と、前記光軸との間に形成される角度を $\phi 2$ 、

前記角度 $\phi 1$ を有した状態で前記 1 次光が前記光学部材に入射した際、前記光学部材の入射位置における法線に対する前記 1 次光の入射角度を $\phi 1$ 、

前記 1 次光が前記光学部材にて屈折した後に前記光学部材を透過する際、屈折した前記 1 次光と前記光軸との間に形成される屈折角度を $\phi 2$ 、

前記透明部材の屈折率を $n 1$ 、

前記光学部材の屈折率を $n 2$ 、

とすると、

$n 2 < n 1$ 、且つ、 $0 \leq \phi 1 \leq \phi 2$ 、という条件下では、

式 (1) と式 (2) とが成り立ち、

$$n 1 \times \sin \phi 1 = n 2 \times \sin \phi 2 \cdots \text{式 (1)}$$

$$\phi 1 = \pi / 2 - (\phi 2 - \phi 1) \cdots \text{式 (2)}$$

前記角度 $\phi 2$ が前記母線と前記光変換部材の入射面との間に形成される角度よりも小さくなるために式 (3) が満たされ、

$$2 \phi 1 < \pi / 2 + \phi 2 \cdots \text{式 (3)}$$

前記 1 次光が前記光学部材で反射して前記第 1 反射部材に進行するために式 (4) が満たされる

$$\pi / 6 + 2 / 3 \phi 1 < \phi 2 \cdots \text{式 (4)}$$

請求項 10 に記載の照明装置。

- [請求項12] 前記進路変更部材は、
半球状の前記光学部材の表面に配置される第3反射部材と、
前記第3反射部材の前記表面の少なくとも一部であり、少なくとも前記光軸周辺に配置される乱反射部と、
を有し、
前記乱反射部である前記第3反射部材の前記表面は凹凸形状で、凹凸の、高さ、サイズまたは周期は不規則となっている請求項5に記載の照明装置。
- [請求項13] 前記進路変更部材は、前記1次光を拡散する柱状の拡散部材を有する請求項3に記載の照明装置。
- [請求項14] 前記進路変更部材は、前記光軸方向において、前記拡散部材と前記光変換部材との間に配置され、前記1次光を反射する第4反射部材を有する請求項13に記載の照明装置。
- [請求項15] 前記第1反射部材は、前記出射部から前記出射面に向かってテーパ状に広がっている請求項4に記載の照明装置。
- [請求項16] 前記出射部から出射された前記1次光と、前記光軸との間に形成される角度を $\phi 1$ 、
前記光学部材の中心軸が前記光軸上に配置された状態で、円錐状の前記光学部材の母線と、前記光軸との間に形成される角度を $\phi 2$ 、
テーパ状の前記第1反射部材と、前記光軸方向との間に形成される角度を $\phi 3$ 、
と定義すると、
 $\phi 1 < \phi 3 < \phi 2$ である請求項15に記載の照明装置。
- [請求項17] 前記第1反射部材は、放物状またはホーン状であり、前記1次光を、前記光軸周辺を除いた部分の前記光変換部材に反射する請求項3に記載の照明装置。
- [請求項18] 前記進路変更部材は、
前記光軸方向において前記出射部と前記光変換部材との間に配置

される第5反射部材と、

前記第5反射部材の表面の少なくとも一部であり、少なくとも前記光軸周辺に配置される乱反射部と、

を有し、

前記乱反射部である前記第5反射部材の前記表面は凹凸形状で、凹凸の、高さ、サイズまたは周期は不規則となっている請求項3に記載の照明装置。

[請求項19] 前記光変換部材は、前記1次光を波長変換して前記2次光を生成する波長変換部材を有する請求項1に記載の照明装置。

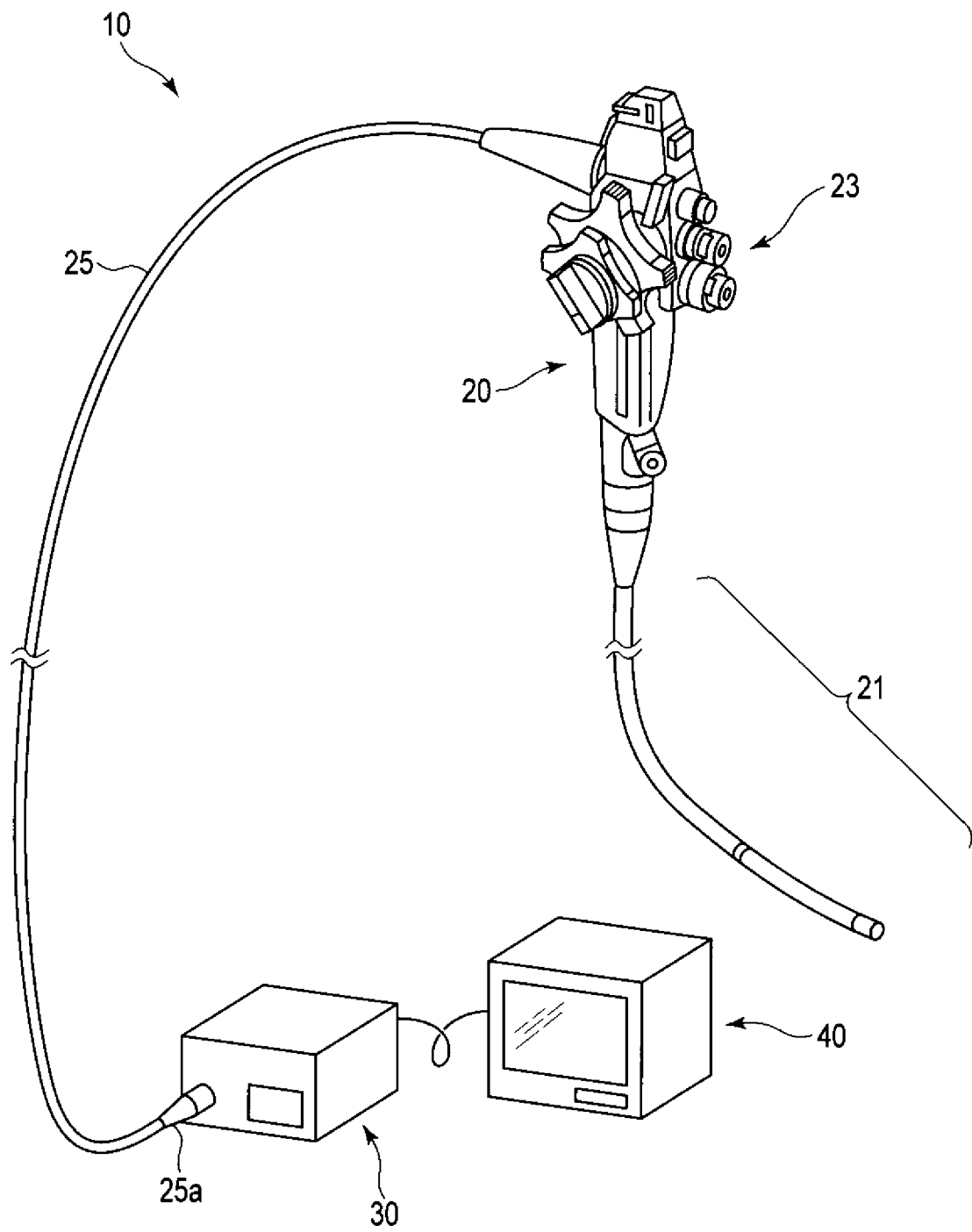
[請求項20] 前記光変換部材は、前記1次光を拡散して前記2次光を生成する拡散部材を有する請求項1に記載の照明装置。

[請求項21] 前記照明ユニットは、前記光源ユニットの光源から出射された前記1次光を導光する導光部材に配置される前記出射部に光学的に接続される請求項1に記載の照明装置。

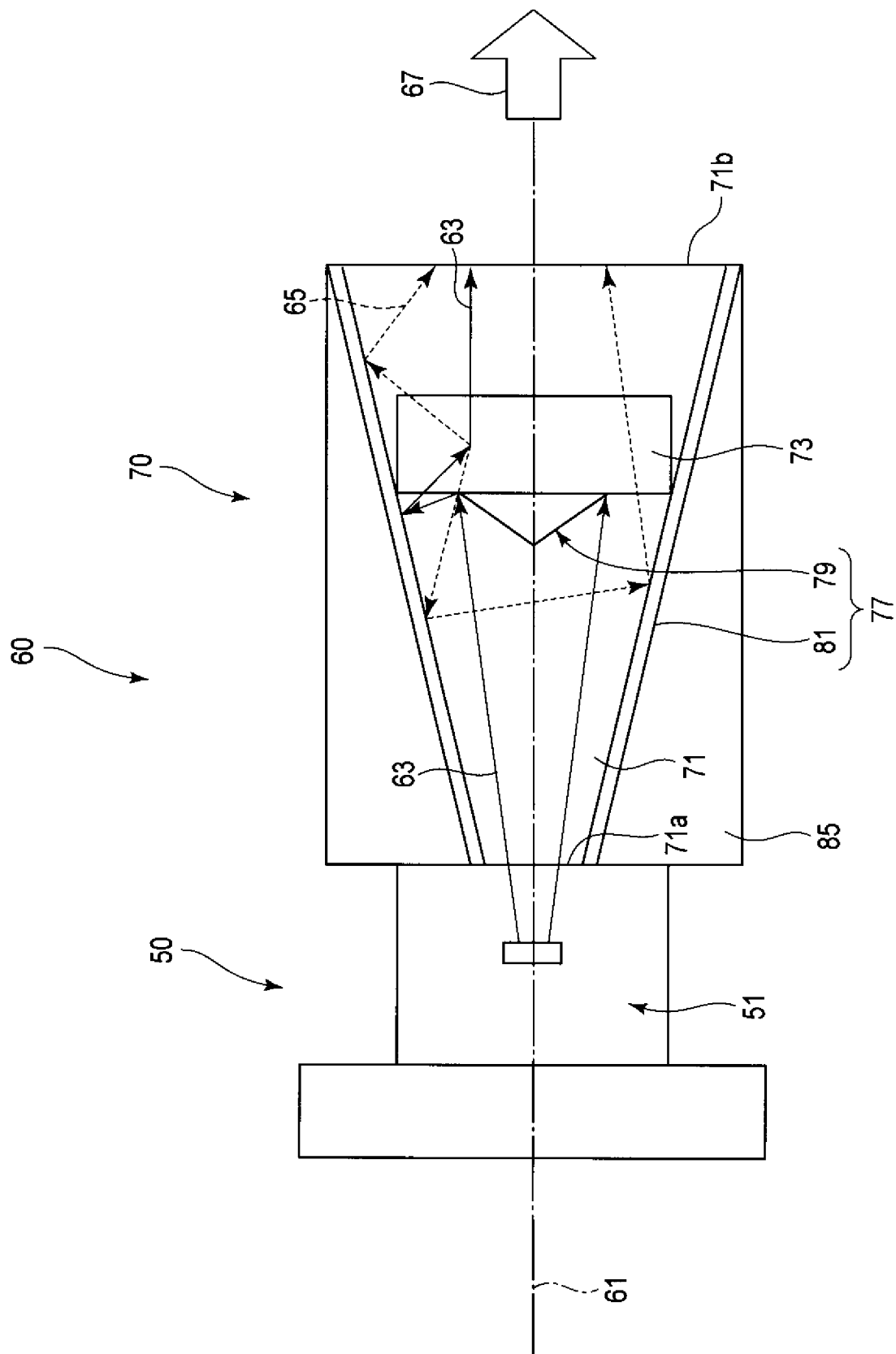
[請求項22] 前記照明ユニットは、前記光源ユニットの光源に配置され且つ前記1次光を出射する前記出射部に光学的に接続される請求項1に記載の照明装置。

[請求項23] 内視鏡と、
1次光を出射する出射部を有する光源ユニットと、
前記内視鏡に配置される請求項1に記載の照明装置と、
を具備する内視鏡システム。

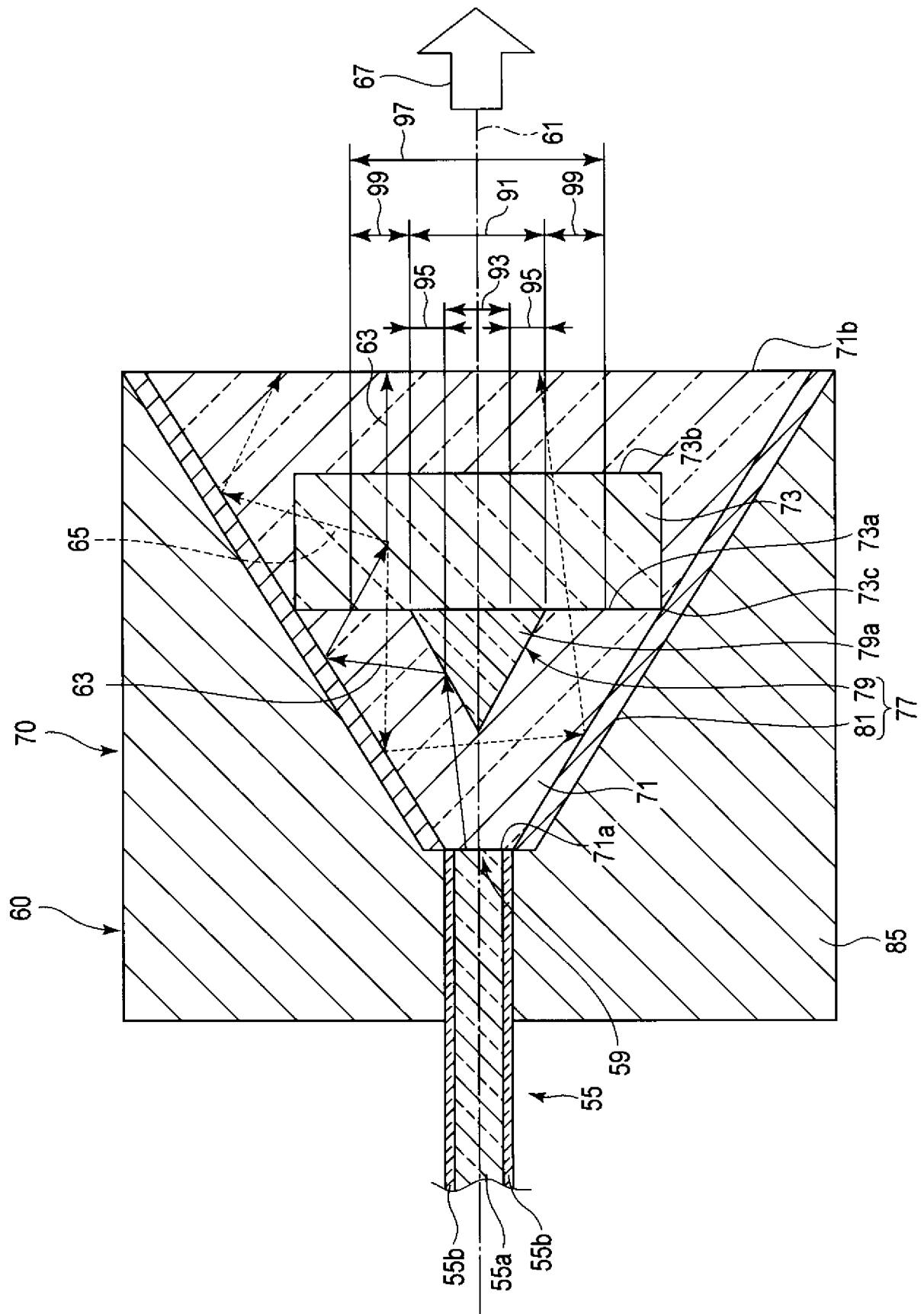
[図1]



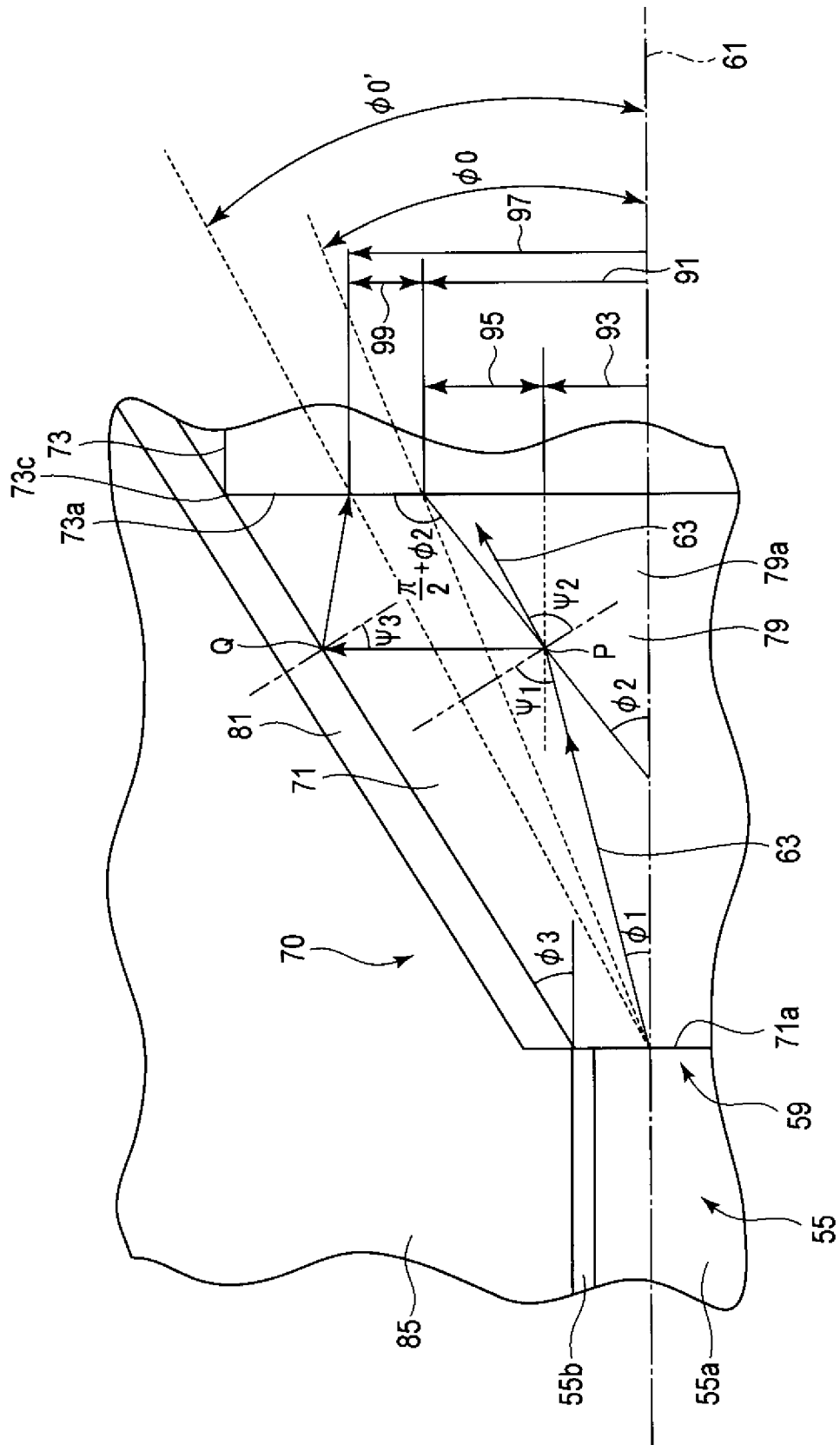
[図2B]



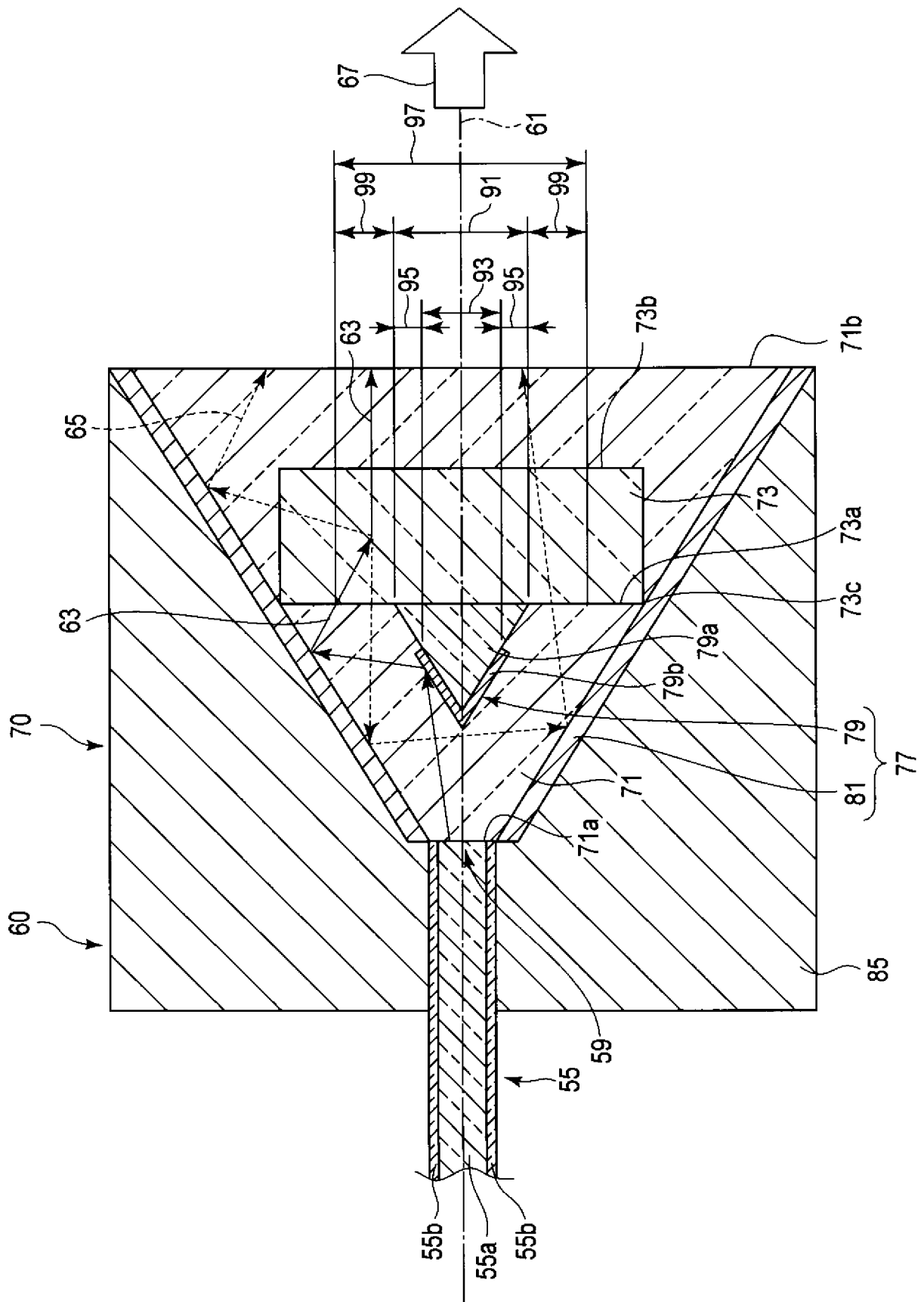
[図3A]



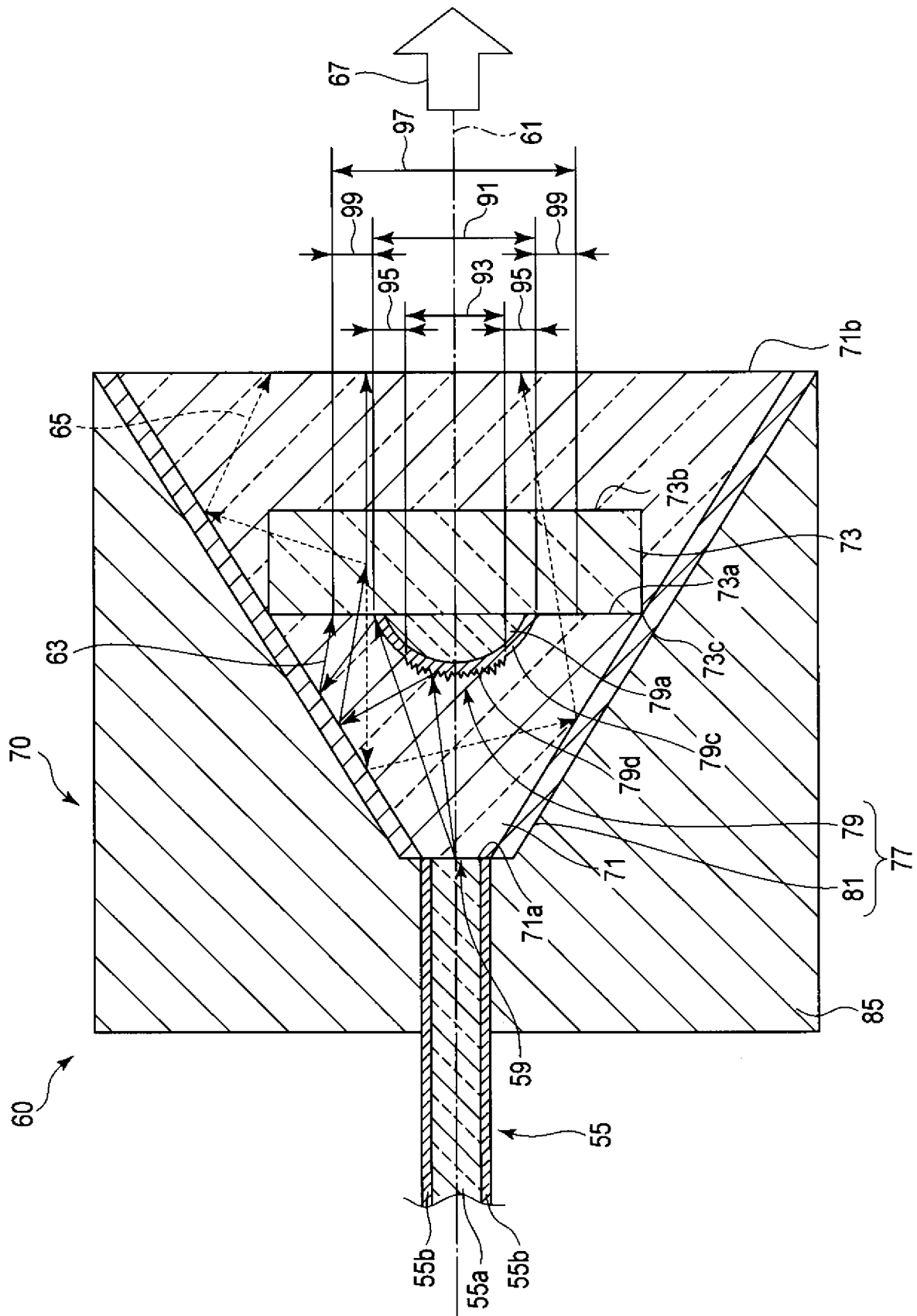
[図3B]



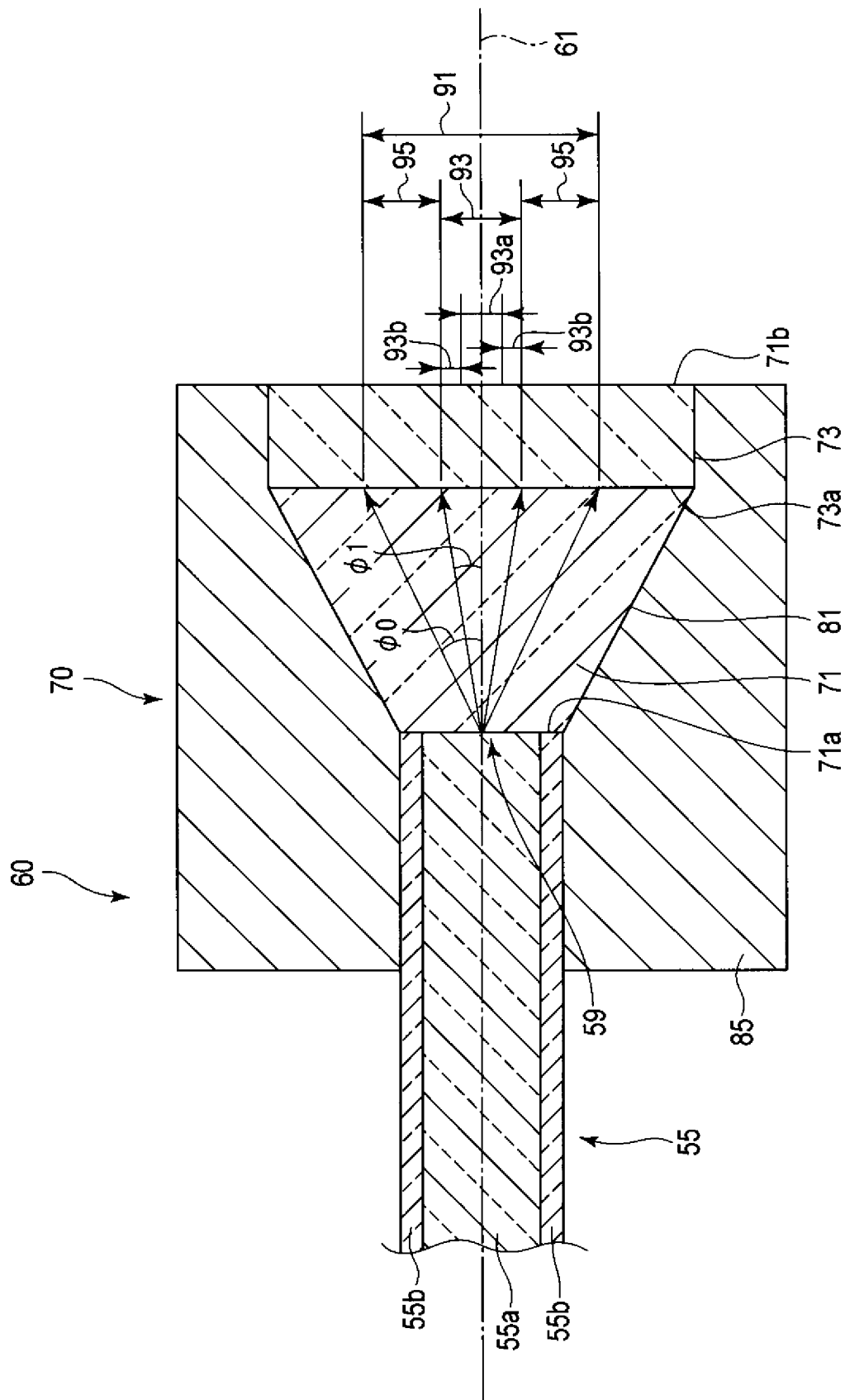
[図3C]



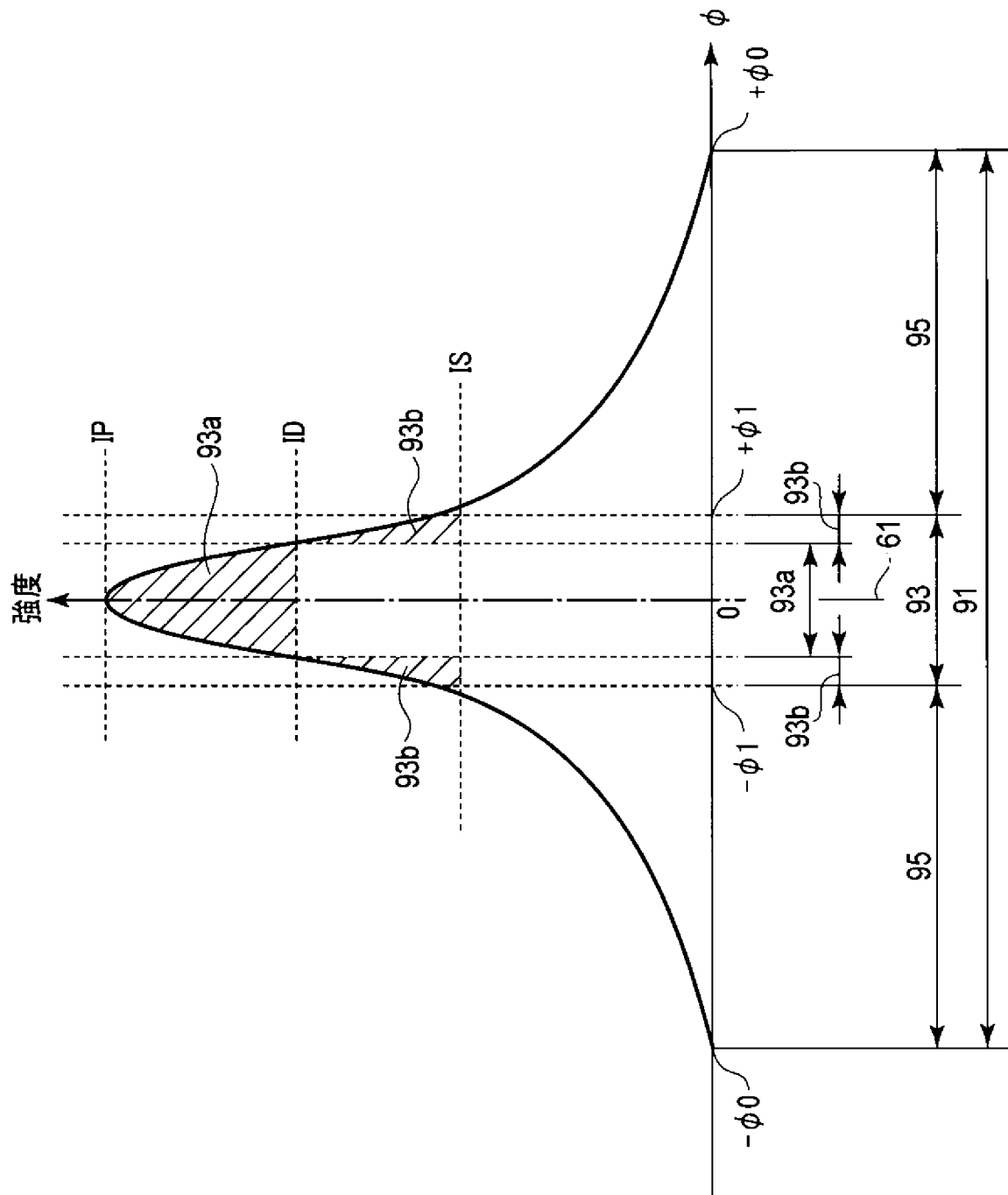
[図3D]



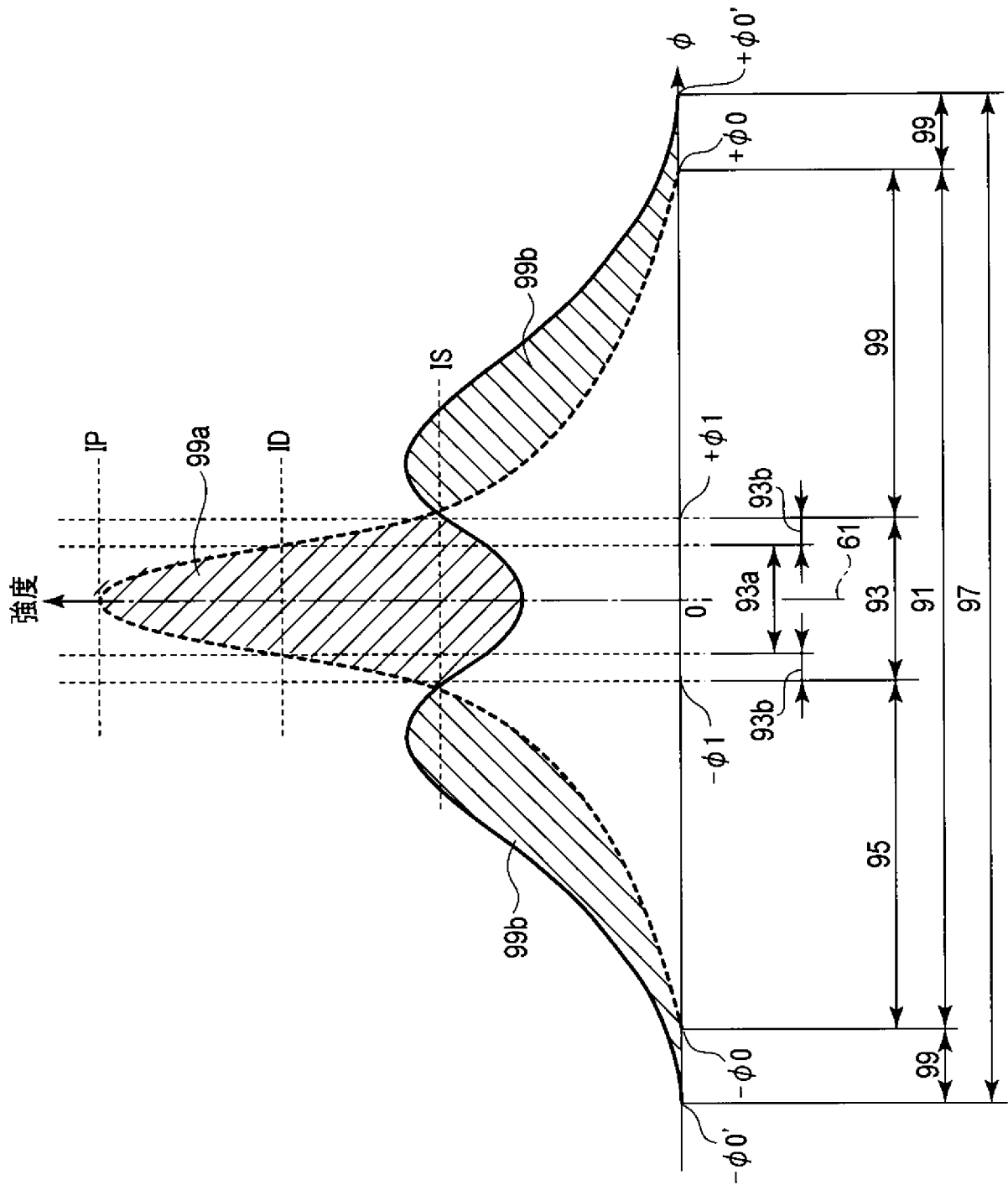
[図4A]



[図4B]



[図4C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085358

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B1/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B1/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2013-90674 A (Fujifilm Corp.), 16 May 2013 (16.05.2013), fig. 6 (Family: none)	1-3, 19-23 17
Y	JP 2009-43668 A (Olympus Corp.), 26 February 2009 (26.02.2009), fig. 6 & US 2009-40598 A1 fig. 6	17
A	JP 2012-120635 A (Fujifilm Corp.), 28 June 2012 (28.06.2012), & CN 202288230 U	1-23

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 March 2016 (08.03.16)

Date of mailing of the international search report
15 March 2016 (15.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085358

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-124490 A (Olympus Corp.), 07 July 2014 (07.07.2014), & US 2015-289764 A1 & EP 2939587 A1 & CN 104883949 A	1-23

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B1/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2013-90674 A（富士フイルム株式会社） 2013.05.16, 【図6】（ファミリーなし）	1-3, 19-23 17
Y	JP 2009-43668 A（オリンパス株式会社） 2009.02.26, 【図6】 & US 2009-40598 A1, FIG6	17
A	JP 2012-120635 A（富士フイルム株式会社） 2012.06.28, & CN 202288230 U	1-23

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.03.2016

国際調査報告の発送日

15.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小田倉 直人

2Q

9163

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-124490 A (オリンパス株式会社) 2014.07.07, & US 2015-289764 A1 & EP 2939587 A1 & CN 104883949 A	1 - 2 3