

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-122906

(P2017-122906A)

(43) 公開日 平成29年7月13日(2017.7.13)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 6 / 4 4 (2006.01) G 0 2 B 6 / 4 4 3 0 1 B 2 H 1 5 0

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2016-3105 (P2016-3105)
 (22) 出願日 平成28年1月10日 (2016.1.10)

(71) 出願人 592032430
 HOYA CANDEO OPTRON I
 C S株式会社
 埼玉県戸田市氷川町三丁目5番24号
 (74) 代理人 100148895
 弁理士 荒木 佳幸
 (72) 発明者 紫藤 和孝
 埼玉県戸田市氷川町三丁目5番24号 H
 OYA CANDEO OPTRON I C
 S株式会社内
 Fターム(参考) 2H150 BA03 BA18 BA25 BB33

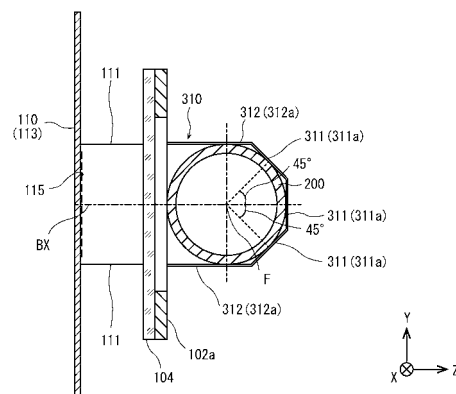
(54) 【発明の名称】 光照射装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 小型でありながらも、光ファイバ等の照射対象物の外周に略均一な光を照射可能な光照射装置を提供する。

【解決手段】 第1の方向Xに沿って相対的に移動可能な照射対象物Fに対して光を照射する光照射装置であって、照射対象物に対して第1の方向と直交する第2の方向Zに光を照射する複数の固体素子115を有する光源と、第1の方向から見たときに、照射対象物よりも第2の方向下流側に配置された少なくとも一つの第1反射面311aを有し、光源から第1反射面に入射する光の一部を照射対象物に対して反射する第1反射部311と、光源から第1反射面に向かって起立する一対の第2反射面312aを有し、光源から第1反射面に対して光を導光する第2反射部312と、を備える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の方向に沿って相対的に移動可能な照射対象物に対して光を照射する光照射装置であって、

前記照射対象物に対して前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向に前記光を照射する複数の固体素子を有する光源と、

前記第 1 の方向から見たときに、前記照射対象物よりも前記第 2 の方向下流側に配置された少なくとも 1 つの第 1 反射面を有し、前記光源から前記第 1 反射面に入射する光の一部を前記照射対象物に対して反射する第 1 反射部と、

前記光源から前記第 1 反射面に向って起立する一对の第 2 反射面を有し、前記光源から前記第 1 反射面に対して前記光を導光する第 2 反射部と、
を備えることを特徴とする光照射装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 反射面は、前記第 1 の方向から見たときに、前記光源の中央を通る垂線に対して線対称に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の光照射装置。

【請求項 3】

前記第 1 反射面は、平面で、かつ少なくとも 2 つ以上あり、前記第 1 の方向から見たときに、少なくとも 2 つの第 1 反射面の垂線が前記光源の中央を通る垂線上の一点を通るように配置されることを特徴とする請求項 2 に記載の光照射装置。

【請求項 4】

前記第 1 反射面が、前記第 1 の方向から見たときに、前記光源の中央を通る垂線上の一点に内心を有する多角形の一辺に相当することを特徴とする請求項 3 に記載の光照射装置。

20

【請求項 5】

前記多角形が、3 角形以上 18 角形以下の多角形であることを特徴とする請求項 4 に記載の光照射装置。

【請求項 6】

前記照射対象物が前記内心と前記第 1 反射面との間の空間に配置されることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の光照射装置。

【請求項 7】

前記第 1 反射面が、前記第 1 の方向から見たときに、前記光源の中央を通る垂線上に中心が位置する半円形状であり、前記照射対象物が前記半円の中心と前記第 1 反射面との間の空間に配置されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光照射装置。

30

【請求項 8】

前記一对の第 2 反射面が、前記第 1 の方向から見たときに、前記第 2 の方向に対してそれぞれ平行であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の光照射装置。

【請求項 9】

前記一对の第 2 反射面が、前記第 1 の方向から見たときに、前記第 2 の方向に対して傾いており、前記一对の第 2 反射面の間隔が、前記光源から離れるに従って狭くなることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の光照射装置。

40

【請求項 10】

前記照射対象物の外周面における前記光の最大強度を MAX とし、最小強度を MIN としたときに、以下の数式 (1) を満たすことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の光照射装置。

$$MIN / MAX \quad 30 \% \quad \cdots (1)$$

【請求項 11】

前記第 1 反射部及び前記第 2 反射部に熱的に接合され、前記第 1 反射部及び前記第 2 反射部を放熱する放熱部材を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載の光照射装置。

50

【請求項 1 2】

前記放熱部材は、板状であり、前記放熱部材の一方面に前記第 1 反射部及び前記第 2 反射部を収容する収容部が形成されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の光照射装置。

【請求項 1 3】

前記放熱部材は、前記一方面と対向する他方面に複数の放熱フィンを有することを特徴とする請求項 1 2 に記載の光照射装置。

【請求項 1 4】

前記放熱フィンにエアを吹き付ける冷却ファンを備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の光照射装置。

【請求項 1 5】

前記照射対象物を覆うように前記第 1 の方向に延設され、前記光源からの前記光が透過する透光性パイプを更に備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の光照射装置。

【請求項 1 6】

前記光は、紫外線波長域の光であることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の光照射装置。

【請求項 1 7】

前記照射対象物は、線状、球状又は粒状の形状を呈し、前記紫外線波長域の光が前記照射対象物の外周面上に塗布されたコーティング剤を硬化させることを特徴とする請求項 1 6 に記載の光照射装置。

【請求項 1 8】

前記照射対象物は、液状であり、前記紫外線波長域の光が前記照射対象物を殺菌することを特徴とする請求項 1 6 に記載の光照射装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、例えば、光ファイバに塗布されたコーティング剤の硬化装置等、所定の方向に沿って相対的に移動可能な照射対象物に対して光を照射する光照射装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、光ファイバの製造工程においては、線引きされた光ファイバの表面を保護し、光ファイバの強度を保つために、紫外線硬化型のコーティング剤を光ファイバの表面に塗布している。このようなコーティング剤は、コーティング装置によって未硬化の状態に塗布され、紫外光を照射する光照射装置によって硬化される（例えば、特許文献 1）。

【0003】

特許文献 1 には、被覆材料（コーティング剤）が塗布された線引き光ファイバを、楕円型ハウジングを有する硬化室に通し、被覆材料を硬化させる装置が記載されている。楕円型ハウジング内には、楕円形ミラーと、光ファイバの経路に平行に延びた石英ハロゲンランプが設けられており、石英ハロゲンランプ及び光ファイバを、それぞれ楕円形ミラーの第 1 焦点位置及び第 2 焦点位置に配置することにより、石英ハロゲンランプから照射される紫外光が光ファイバの外周に確実にあたるように構成されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開平 7 - 7 2 3 5 8 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

10

20

30

40

50

特許文献 1 に記載の装置によれば、楕円形ミラーの第 1 焦点位置に配置された石英ハロゲンランプ、放電ランプからの紫外光が楕円形ミラーによって反射され、楕円形ミラーの第 2 焦点位置に配置された光ファイバに確実に導光される。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献 1 に記載の装置においては、放電ランプの輝点から 3 6 0 ° に放射される光を光ファイバに集光する必要上、放電ランプ及び光ファイバを取り囲むように楕円形ミラーを設ける必要があり、また、楕円形ミラーの第 1 焦点位置と第 2 焦点位置との間には所定の距離を設ける必要があるため、装置全体が大型になるといった問題がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、楕円形ミラーを用いず、小型でありながらも、光ファイバ等の照射対象物の外周に略均一な光を照射可能な光照射装置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】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するため、本発明の光照射装置は、第 1 の方向に沿って相対的に移動可能な照射対象物に対して光を照射する光照射装置であって、照射対象物に対して第 1 の方向と直交する第 2 の方向に光を照射する複数の固体素子を有する光源と、第 1 の方向から見たときに、照射対象物よりも第 2 の方向下流側に配置された少なくとも 1 つの第 1 反射面を有し、光源から第 1 反射面に入射する光の一部を照射対象物に対して反射する第 1 反射部と、光源から第 1 反射面に向かって起立する一対の第 2 反射面を有し、光源から第 1 反射面に対して光を導光する第 2 反射部と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

このような構成によれば、照射対象物の光源に面する側には光源からの光が直接照射され、照射対象物の光源に面しない側には第 1 反射部からの反射光が照射されるため、照射対象物の外周に確実に光を照射することができる。また、光源として、1 8 0 ° に拡がる光を出射する固体素子を適用したため、従来のような楕円形ミラーが不要となり、かつ従来よりも光源と照射対象物との間隔を狭めて配置することができるため、光照射装置を小型化することが可能となる。また、光源として、熱線を含まない固体素子を適用できるため、従来のような放電ランプを用いる構成と比較して、照射対象物の温度上昇を抑えることができる。また光照射装置自体の温度上昇も抑えられるため、光照射装置を冷却するためのファンも小型化でき、更には光照射装置自体を小型化することが可能となる。

【 0 0 1 0 】

また、第 1 反射面は、第 1 の方向から見たときに、光源の中央を通る垂線に対して線対称に配置されることが望ましい。また、この場合、第 1 反射面は、平面で、かつ少なくとも 2 つ以上あり、第 1 の方向から見たときに、少なくとも 2 つの第 1 反射面の垂線が光源の中央を通る垂線上の一点を通るように配置されることが望ましい。また、この場合、第 1 反射面が、第 1 の方向から見たときに、光源の中央を通る垂線上の一点に内心を有する多角形の一辺に相当するように構成することが望ましい。また、多角形が、3 角形以上 1 8 角形以下の多角形であることが望ましい。また、照射対象物が内心と第 1 反射面との間の空間に配置されるように構成することができる。

【 0 0 1 1 】

また、第 1 反射面が、第 1 の方向から見たときに、光源の中央を通る垂線上に中心が位置する半円形状であり、照射対象物が半円の中心と第 1 反射面との間の空間に配置されるように構成することができる。

【 0 0 1 2 】

また、一対の第 2 反射面が、第 1 の方向から見たときに、第 2 の方向に対してそれぞれ平行となるように構成することができる。

【 0 0 1 3 】

また、一対の第 2 反射面が、第 1 の方向から見たときに、第 2 の方向に対して傾いてお

10

20

30

40

50

り、一对の第2反射面の間隔が、光源から離れるに従って狭くなるように構成することができる。

【0014】

また、照射対象物の外周面における光の最大強度をMAXとし、最小強度をMINとしたときに、以下の数式(1)を満たすことが望ましい。

$$\text{MIN} / \text{MAX} \quad 30\% \quad \dots (1)$$

【0015】

また、第1反射部及び第2反射部に熱的に接合され、第1反射部及び第2反射部を放熱する放熱部材を有することができる。また、この場合、放熱部材は、板状であり、放熱部材の一方面に第1反射部及び第2反射部を収容する収容部が形成されていることが望ましい。また、この場合、放熱部材は、一方面と対向する他方面に複数の放熱フィンを有することが望ましい。また、この場合、放熱フィンにエアを吹き付ける冷却ファンを備えることが望ましい。

10

【0016】

また、照射対象物を覆うように第1の方向に延設され、光源からの光が透過する透光性パイプを更に備えることができる。

【0017】

また、光は、紫外線波長域の光であることが望ましい。

【0018】

また、照射対象物は、線状、球状又は粒状の形状を呈し、紫外線波長域の光が照射対象物の外周面上に塗布されたコーティング剤を硬化させる構成とすることができる。

20

【0019】

また、照射対象物は、液状であり、紫外線波長域の光が照射対象物を殺菌するように構成することができる。

【発明の効果】

【0020】

以上のように、本発明によれば、楕円形ミラーを用いず、小型でありながらも、光ファイバ等の照射対象物の外周に略均一な光を照射可能な光照射装置が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0021】

30

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の構成を説明する外観斜視図である。

【図2】図2は、図1の光照射装置の分解斜視図である。

【図3】図3は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置に備わるLEDモジュールの構成を示す正面図である。

【図4】図4は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置に備わるLEDモジュールと、窓部と、透光性パイプと、反射ミラーの位置関係を説明するY-Z平面の断面図である。

【図5】図5は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の光源ユニットから出射される紫外光の光線図である。

40

【図6】図6は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置によって照射される光ファイバの、外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図7】図7は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第1の変形例を示す断面図である。

【図8】図8は、図7の第1の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図9】図9は、図7の第1の変形例を用いた場合の、光ファイバの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図10】図10は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第2の変形例を示す断面図である。

【図11】図11は、図10の第2の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

50

【図12】図12は、図10の第2の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図13】図13は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第3の変形例を示す断面図である。

【図14】図14は、図13の第3の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図15】図15は、図13の第3の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図16】図16は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第4の変形例を示す断面図である。

【図17】図17は、図16の第4の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

10

【図18】図18は、図16の第4の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図19】図19は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第5の変形例を示す断面図である。

【図20】図20は、図19の第5の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図21】図21は、図19の第5の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図22】図22は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第6の変形例を示す断面図である。

【図23】図23は、第6の変形例の比較例を示す断面図である。

20

【図24】図24は、第6の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図25】図25は、第6の変形例の比較例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図26】図26は、第6の変形例を用いた場合、及び第6の変形例の比較例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図27】図27は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第7の変形例を示す断面図である。

【図28】図28は、図27の第7の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図29】図29は、図27の第7の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

30

【図30】図30は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置の第8の変形例を示す断面図である。

【図31】図31は、図30の第8の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図32】図32は、図30の第8の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図33】図33は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置に備わる反射ミラー周辺の構成を説明する断面図である。

【図34】図34は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置の光源ユニットから出射される紫外光の光線図である。

【図35】図35は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置によって照射される光ファイバFの、外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

40

【図36】図36は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置の第9の変形例を示す断面図である。

【図37】図37は、図36の第9の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図38】図38は、図36の第9の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図39】図39は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置の第10の変形例を示す断面図である。

【図40】図40は、図39の第10の変形例を用いた場合の紫外光の光線図である。

【図41】図41は、図39の第10の変形例を用いた場合の、光ファイバFの外周面上

50

における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、図中同一又は相当部分には同一の符号を付してその説明は繰り返さない。

【0023】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る光照射装置1の構成を説明する外観斜視図である。また、図2は、光照射装置1の分解斜視図である。本実施形態の光照射装置1は、線引きされた光ファイバFに塗布されたコーティング剤を硬化させる光源装置であり、一方向に移動する(走行する)光ファイバFに沿ってライン状の紫外光を出射する。なお、本明細書においては、図1の座標に示すように、光ファイバFの移動方向をX軸方向、後述するLED(Light Emitting Diode)素子115(固体素子)が紫外光を出射する方向をZ軸方向、ならびにX軸方向及びZ軸方向に直交する方向をY軸方向と定義して説明する。

10

【0024】

図1及び図2に示すように、本実施形態の光照射装置1は、光源ユニット100と、透光性パイプ200と、ミラーモジュール300とを備えている。

【0025】

光源ユニット100は、箱形のケース102を有し、その内部に複数のLEDモジュール110等を収容している。また、ケース102の前面パネル102a(Z軸方向の端面)には矩形の開口102bが形成されており、その内側に紫外光が出射されるガラス製の窓部104を備えている。

20

【0026】

図3は、本実施形態のLEDモジュール110の構成を示す正面図である。また、図4は、LEDモジュール110と、窓部104と、透光性パイプ200と、ミラーモジュール300の反射ミラー310の位置関係を説明するY-Z平面の断面図である。図3に示すように、LEDモジュール110は、X軸方向及びY軸方向に平行な矩形形状の基板113と、該基板113上に10列(Y軸方向)×20個(X軸方向)の態様で配置された200個のLED素子115と、を備えている。

30

【0027】

LEDモジュール110の200個のLED素子115は、Z軸方向に光軸が揃えられた状態で、基板113の表面に配置されている。基板113上には、各LED素子115に電力を供給するためのアノードパターン(不図示)及びカソードパターン(不図示)が形成されており、各LED素子115は、アノードパターン及びカソードパターンにそれぞれハンダ付けされ、電氣的に接続されている。また、基板113は、不図示の配線ケーブルによって不図示のドライバ回路と電氣的に接続されており、各LED素子115には、アノードパターン及びカソードパターンを介して、ドライバ回路から駆動電流が供給されるようになっている。各LED素子115に駆動電流が供給されると、各LED素子115からは駆動電流に応じた光量の紫外光(例えば、波長385nm)が出射され、LEDモジュール110からはX軸方向に平行なライン状の紫外光が出射される。図2に示すように、本実施形態においては、10個のLEDモジュール110がX軸方向に並べられており、各LEDモジュール110からのライン状の紫外光がX軸方向に連続するように構成されている。なお、本実施形態の各LED素子115は、略一様な光量の紫外光を出射するように各LED素子115に供給される駆動電流が調整されており、光源ユニット100から出射されるライン状の紫外光は、X軸方向及びY軸方向において略均一な光量分布を有している。また、図4に示すように、本実施形態の光源ユニット100においては、LEDモジュール110と窓部104との間に、X軸方向に長く延び、LEDモジュール110からのライン状の紫外光をZ軸方向に導光する、Z軸方向に平行な一対の内部反射ミラー111が配置されている。なお、本明細書においては、説明の便宜のため、図

40

50

3に示すように、200個のLED素子115が配置されている領域をY軸方向に二分する直線を直線AXと定義し、直線AXに垂直で、かつZ軸方向に平行な直線を直線BX（光源の中央を通る垂線）と定義する（図4）。

【0028】

透光性パイプ200は、光源ユニット100からの紫外光が透過可能な、例えば、外径20mm、内径17mmの石英ガラス製のパイプであり、X軸方向に延びるように、窓部104とミラーモジュール300との間に配置され、X軸方向両端において不図示の支持部材によって固定される（図1、図2、図4）。そして、透光性パイプ200の内部には、X軸方向に移動する光ファイバFが挿通されている。なお、本実施形態の光ファイバFは、例えば、外径0.25mmであり、透光性パイプ200の中心軸に沿って配置され、X軸方向に200～1200m/minの速度で移動するようになっている。

10

【0029】

図1及び図2に示すように、ミラーモジュール300は、反射ミラー310と、ミラーフレーム320と、冷却ファン330とで構成されている。

【0030】

反射ミラー310は、透光性パイプ200を覆うようにX軸方向に延び、ケース102の前面に配置される部材である（図4）。反射ミラー310は、例えば、アルミニウムの細長い板材をX軸方向に沿って折り曲げて形成され、透光性パイプ200と対向する側に複数の反射面（後述する第1反射部311の第1反射面311a及び第2反射部312の第2反射面312a）が形成されている。

20

【0031】

図4に示すように、本実施形態の反射ミラー310は、光源ユニット100から出射される紫外光を光ファイバFに対して反射する部材であり、断面が略U字状となるようにX軸方向に沿って4箇所折り曲げられ、第1反射部311と、第2反射部312とで構成されている。

【0032】

第2反射部312は、光源ユニット100の窓部104からZ軸方向に起立し、窓部104から出射される紫外光を第1反射部311の第1反射面311aに導光する、Z軸方向に平行な一对の第2反射面312aから構成されている。なお、図4に示すように、本実施形態においては、一对の第2反射面312aの間隔は、例えば、20mmであり、一对の内部反射ミラー111の間隔と略等しくなるように設定されている。

30

【0033】

第1反射部311は、光ファイバFよりもZ軸方向下流側に配置された、3つの第1反射面311aから構成され、各第1反射面311aに入射した紫外光の一部が光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に対して反射されるようになっている。なお、図4に示すように、本実施形態の各第1反射面311aは、各第1反射面311aの中央を通る垂線が、透光性パイプ200の中心軸（つまり、光ファイバF）を通り、光ファイバFを中心に45°の角度間隔となるように設けられている。つまり、本実施形態の各第1反射部311は、光ファイバFを内心とする正8角形の一辺に相当し、直線BXに対して線対称となっている。

40

【0034】

図5は、本実施形態の光源ユニット100から出射される紫外光の光線図であり、図5（a）は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図5（b）は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。

【0035】

図5（a）に示すように、光源ユニット100のLED素子115から出射された紫外光は、一对の内部反射ミラー111によって導光され、窓部104から出射される。そして、窓部104から出射された紫外光は、直接、又は一对の第2反射面312aによって

50

導光されて、透光性パイプ200の内部に入り、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。また、図5（b）に示すように、窓部104から出射された紫外光の一部は、一对の第2反射面312aによって導光されて、透光性パイプ200の外部に出た後、さらに第1反射面311aによって反射されて、透光性パイプ200の内部に入り、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。このように、本実施形態の構成によれば、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる（詳細は後述）。

【0036】

図1及び図2に戻り、ミラーモジュール300のミラーフレーム320は、反射ミラー310を支持すると共に、反射ミラー310の熱を放熱させる金属製の板状の部材である。ミラーフレーム320の一端面（光源ユニット100と対向する側の面）には、反射ミラー310及び透光性パイプ200を収容する凹部322（収容部）が形成されており、ミラーモジュール300がケース102の前面パネル102aに取付けられたときに、反射ミラー310及び透光性パイプ200が凹部322に収容されて固定されるようになっている。そして、反射ミラー310が凹部322に収容されて固定されると、ミラーフレーム320が反射ミラー310の第1反射部311及び第2反射部312と密着し、熱的に接合される。ミラーフレーム320の他端面には、ミラーフレーム320の熱を効率的に放熱する複数の放熱フィン324が形成されている。従って、反射ミラー310からミラーフレーム320に伝導された熱は、放熱フィン324を介して効率よく空気中に放熱される。

10

20

【0037】

冷却ファン330は、ミラーフレーム320の放熱フィン324を冷却する装置である。冷却ファン330によって、外部のエアが放熱フィン324に吹き付けられるため、放熱フィン324は自然空冷と比較して、より一層効率よく冷却される。

【0038】

次に、本実施形態の光照射装置1によって照射される光ファイバFの、外周面上における紫外線強度について説明する。図6は、本実施形態の光照射装置1によって照射される光ファイバFの、外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図であり、図6（a）は、窓部104のX軸方向中央部における紫外線強度分布のグラフであり、図6（b）は、図6（a）の横軸を説明する図である。図6（b）に示すように、図6（a）の横軸は、光ファイバFの外周面と直線BX（図4）とが交わる位置を0°としたときの外周面の位置であり、時計回りの角度を0～180°（つまり、+）で示し、反時計回りの角度を0～-180°（つまり、-）で示している。なお、図6（a）の縦軸は、紫外線強度（mW/cm²）である。

30

【0039】

図6に示すように、光ファイバFの外周面の表面（0°～-90°、0°～90°）に照射される紫外線強度の方が、光ファイバFの外周面の裏面（-180°～-90°、-180°～90°）に照射される紫外線強度に比較してやや高いものの、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、4000（mW/cm²））が得られていることが分かる。なお、本実施形態において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は9532（mW/cm²）であり、最小値は4243（mW/cm²）であり、最大値に対する最小値は、44.5%であった。

40

【0040】

このように、本実施形態の構成によれば、光ファイバFの外周面に略均一の強度の紫外光を照射することができる。この結果、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤が一様に硬化される。また、本実施形態の構成によれば、光源ユニット100と光ファイバFとの距離（約10mm）を、従来の楕円形ミラーを用いた構成と比較して格段に短く設定できるため、従来に比較して小型の光照射装置1が実現される。

50

【 0 0 4 1 】

以上が本実施形態の説明であるが、本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内において様々な変形が可能である。

【 0 0 4 2 】

例えば、本実施形態の光照射装置 1 は、線引きされた光ファイバ F に塗布されたコーティング剤を硬化させるものとして説明したが、光照射装置 1 の用途はこれに限定されるものではない。例えば、照射対象物が、線状、球状又は粒状の形状を呈したものであってもよく、この場合にも照射対象物の外周面上に塗布されたコーティング剤を硬化させることができる。また、例えば、照射対象物が液状のものであってもよく、この場合には照射対象物に紫外光を照射することにより照射対象物を殺菌することができる。

10

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態においては、一方向に移動する（走行する）光ファイバ F を照射対象物としたが、照射対象物は必ずしも移動している必要はなく、停止した照射対象物に紫外光を照射する構成とすることもできる。

【 0 0 4 4 】

（第 1 の変形例）

図 7 は、本発明の第 1 の実施形態の第 1 の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー 3 1 0 A は、5 つの第 1 反射面 3 1 1 A a を有し、各第 1 反射面 3 1 1 A a の中央を通る垂線が、透光性パイプ 2 0 0 の中心軸（つまり、光ファイバ F）を通り、光ファイバ F を中心に 3 0 ° の角度間隔となるように設けられている点で、第 1 の実施形態に係る反射ミラー 3 1 0 とは異なる。つまり、本変形例の各第 1 反射面 3 1 1 A a は、光ファイバ F を内心とする正 1 2 角形の一辺に相当し、直線 B X に対して線対称となっている。

20

【 0 0 4 5 】

図 8 は、本変形例の反射ミラー 3 1 0 A を用いた場合の紫外光の光線図であり、図 8 (a) は、光ファイバ F の外周面の表面（Z 軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図 8 (b) は、光ファイバ F の外周面の裏面（Z 軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図 9 は、本変形例の反射ミラー 3 1 0 A を用いた場合の、光ファイバ F の外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

30

【 0 0 4 6 】

図 8 (a) に示すように、本変形例の反射ミラー 3 1 0 A を用いた場合においても、第 1 の実施形態と同様、光源ユニット 1 0 0 の LED 素子 1 1 5 から出射された紫外光は、一对の内部反射ミラー 1 1 1 によって導光され、窓部 1 0 4 から出射される。そして、窓部 1 0 4 から出射された紫外光は、直接、又は一对の第 2 反射面 3 1 2 a によって導光されて、透光性パイプ 2 0 0 の内部に入り、光ファイバ F の外周面の表面（Z 軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。また、図 8 (b) に示すように、窓部 1 0 4 から出射された紫外光の一部は、一对の第 2 反射面 3 1 2 a によって導光されて、透光性パイプ 2 0 0 の外部に出た後、さらに第 1 反射面 3 1 1 A a によって反射されて、透光性パイプ 2 0 0 の内部に入り、光ファイバ F の外周面の裏面（Z 軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。このように、本変形例の反射ミラー 3 1 0 A を用いた場合においても、光ファイバ F の外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図 9 に示すように、光ファイバ F の外周面の表面（0 ° ~ - 9 0 °、0 ° ~ 9 0 °）に照射される紫外線強度の方が、光ファイバ F の外周面の裏面（- 1 8 0 ° ~ - 9 0 °、- 1 8 0 ° ~ 9 0 °）に照射される紫外線強度に比較してやや高くなるものの、全体として、光ファイバ F の外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、4 0 0 0 (m W / c m ²)）が得られる。なお、本変形例において、光ファイバ F の外周面の紫外線強度の最大値は 9 5 4 1 (m W / c m ²) であり、最小値は 4 5 6 1 (m W / c m ²) であり、最大値に対する最小値は、4 7 . 8 % であった。

40

50

【 0 0 4 7 】

(第2の変形例)

図10は、本発明の第1の実施形態の第2の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Bは、7つの第1反射面311Baを有し、各第1反射面311Baの中央を通る垂線が、透光性パイプ200の中心軸（つまり、光ファイバF）を通り、光ファイバFを中心に20°の角度間隔となるように設けられている点で、第1の実施形態に係る反射ミラー310とは異なる。つまり、本変形例の各第1反射面311Baは、光ファイバFを内心とする正18角形の一辺に相当し、直線BXに対して線対称となっている。

【 0 0 4 8 】

図11は、本変形例の反射ミラー310Bを用いた場合の紫外光の光線図であり、図11(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図11(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図12は、本変形例の反射ミラー310Bを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

10

【 0 0 4 9 】

図11(a)及び図11(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Bを用いた場合においても、第1の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図12に示すように、光ファイバFの外周面の表面（0°～-90°、0°～90°）に照射される紫外線強度の方が、光ファイバFの外周面の裏面（-180°～-90°、-180°～90°）に照射される紫外線強度に比較してやや高くなるものの、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、3500(mW/cm²))が得られる。なお、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は9531(mW/cm²)であり、最小値は3681(mW/cm²)であり、最大値に対する最小値は、38.6%であった。

20

【 0 0 5 0 】

(第3の変形例)

図13は、本発明の第1の実施形態の第3の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Cは、1つの第1反射面311Caを有し、第1反射面311Caの中央を通る垂線が、透光性パイプ200の中心軸（つまり、光ファイバF）を通り、直線BXと重なるように設けられている点で、第1の実施形態に係る反射ミラー310とは異なる。つまり、本変形例の第1反射面311Caは、光ファイバFを内心とする正4角形の一辺に相当し、直線BXに対して線対称となっている。

30

【 0 0 5 1 】

図14は、本変形例の反射ミラー310Cを用いた場合の紫外光の光線図であり、図14(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図14(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図15は、本変形例の反射ミラー310Cを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

40

【 0 0 5 2 】

図14(a)及び図14(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Cを用いた場合においても、第1の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図15に示すように、光ファイバFの外周面の表面（0°～-90°、0°～90°）に照射される紫外線強度の方が、光ファイバFの外周面の裏面（-180°～-90°、-180°～90°）に照射される紫外線強度に比較してやや高くなるものの、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティン

50

グ剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、 $3000 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ ）が得られる。なお、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は $9537 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最小値は $3070 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最大値に対する最小値は、 32.1% であった。

【0053】

（第4の変形例）

図16は、本発明の第1の実施形態の第4の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Dは、2つの第1反射面311Daを有する点で第1の実施形態に係る反射ミラー310とは異なっている。本変形例においては、2つの第1反射面311Daが光ファイバFを内心とする直角二等辺三角形の斜辺（図16の破線）の一部に相当し、直線BXに対して線対称となっている。なお、透光性パイプ200の中心軸（つまり、光ファイバF）を通る、第1反射面311Daの垂線は、直線BXに対して 45° の角度で傾いている。

10

【0054】

図17は、本変形例の反射ミラー310Dを用いた場合の紫外光の光線図であり、図17(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図17(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図18は、本変形例の反射ミラー310Dを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

20

【0055】

図17(a)及び図17(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Dを用いた場合においても、第1の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図18に示すように、光ファイバFの外周面の表面（ $0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$ ）に照射される紫外線強度の方が、光ファイバFの外周面の裏面（ $-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$ ）に照射される紫外線強度に比較してやや高くなるものの、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、 $4000 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ ）が得られる。なお、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は $9537 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最小値は $4577 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最大値に対する最小値は、 48.0% であった。

30

【0056】

（第5の変形例）

図19は、本発明の第1の実施形態の第5の変形例を示す断面図である。本変形例は、第2の変形例に係る反射ミラー310Bを有し、光ファイバFが透光性パイプ200の中心軸に対してZ軸方向に約5mmずれて配置されている点で、第2の変形例とは異なる。

【0057】

図20は、本変形例の紫外光の光線図であり、図20(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図20(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図21は、本変形例の光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

40

【0058】

図20(a)及び図20(b)に示すように、本変形例においても、第2の変形例と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となるが、図21に示すように、第2の変形例（図12）と比較して、よりフラット紫外線強度分布となり、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、 $6000 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ ）が得られている。なお、本変形例において、

50

光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は $8889 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最小値は $6052 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最大値に対する最小値は、 68.1% であった。なお、本変形例においては、光ファイバFが透光性パイプ200の中心軸に対してZ軸方向に約 5 mm ずれて配置されているが、必ずしもこのような構成に限定されるものではない。光源ユニット100のLED素子115から出射された紫外光が第1反射面311Baと第2反射面312aによって囲まれた空間内に入射すると、第1反射面311Ba及び第2反射面312aによって繰り返し反射されるため、第1反射面311Baと第2反射面312aによって囲まれた空間内には様々な方向に向う紫外光が存在することとなる。従って、光ファイバFが透光性パイプ200の中心軸に対してY軸方向、Y軸方向に相反する方向、又はZ軸方向に相反する方向にずれて配置されたとしても（つまり、第1反射面311Baと第2反射面312aによって囲まれた空間内に配置されている限り）、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布は、本変形例と略同様のものとなり、例えば、光ファイバFが、透光性パイプ200の中心軸からずれた位置で走行するような場合であっても、光ファイバFの外周面には、塗布されたコーティング剤を硬化させるのに十分な強度の紫外光が照射される。

10

20

30

40

50

【0059】

以上のように、第1～第3の変形例及び第5の変形例においては、第1反射面311Aa、311Ba、311Caを平面とし、各第1反射面311Aa、311Ba、311Caが、それぞれ光ファイバFを内心とする正12角形、正18角形、正4角形の一辺に相当するものとして構成したが、第4の変形例で示したように、各第1反射面は必ずしも正多角形の一辺に相当するものとして構成される必要はなく、3角形以上18角形以下の多角形の一辺に相当するものであればよい。また、全ての第1反射面の中央を通る垂線が、透光性パイプ200の中心軸を向く必要もない。

【0060】

また、第1の実施形態、第1～第5の変形例においては、全ての第1反射面が透光性パイプ200の中心軸を向くものとして説明したが、このような構成に限定されるものではなく、少なくとも第1反射面の1つが透光性パイプ200の中心軸を向くように構成することもでき、また第1反射面が複数ある場合に、それらが連続している必要もない。

【0061】

(第6の変形例)

図22は、本発明の第1の実施形態の第6の変形例を示す断面図である。また、図23は、第6の変形例の比較例を示す断面図である。図22に示すように、本変形例の反射ミラー310Eは、半円形状の第1反射面311Eaを有し、また光ファイバFが透光性パイプ200の中心軸に対してZ軸方向に約 2.5 mm ずれて配置されている点で、第1の実施形態の構成とは異なる。また、図23に示すように、本変形例の比較例は、光ファイバFの位置が透光性パイプ200の中心軸にある点で本変形例の構成とは異なる。

【0062】

図24は、本変形例の反射ミラー310Eを用いた場合の紫外光の光線図であり、図24(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図24(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図25は、本変形例の比較例の紫外光の光線図であり、図25(a)は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図25(b)は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に向かう光線の一例を示す光線図である。また、図26は、本変形例と本変形例の比較例の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【0063】

図24(a)に示すように、本変形例も、第1の実施形態と同様、光源ユニット100

のLED素子115から出射された紫外光は、一对の内部反射ミラー111によって導光され、窓部104から出射される。そして、窓部104から出射された紫外光は、直接、又は一对の第2反射面312aによって導光されて、透光性パイプ200の内部に入り、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。また、図24（b）に示すように、窓部104から出射された紫外光の一部は、一对の第2反射面312aによって導光されて、透光性パイプ200の外部に出た後、さらに第1反射面311Eaによって反射されて、透光性パイプ200の内部に入り、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）を照射する。このように、本変形例の反射ミラー310Eを用いた場合においても、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。

10

【0064】

一方、本変形例の比較例においては、図25（a）に示すように、窓部104から出射された紫外光は、直接、又は一对の第2反射面312aによって導光されて、透光性パイプ200の内部に入り、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）を照射するが、図25（b）に示すように、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に直接入射する光線が少なく、光ファイバFの外周面の裏面を十分に照射することができない。

【0065】

その結果、図26に示すように、本変形例においては、全体として、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、5000（ mW/cm^2 ））が得られるが、本変形例の比較例においては、山型の分布となってしまう（つまり、光ファイバFの外周面において紫外光の強度が大きく異なり）、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度を得ることができない。なお、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は9305（ mW/cm^2 ）であり、最小値は5541（ mW/cm^2 ）であり、最大値に対する最小値は、59.5%であった。

20

【0066】

このように、反射ミラーの第1反射面には、直線BX上に中心が位置する半円形状のものを適用することができ、この場合、光ファイバFの位置を変更し、光ファイバFが半円の中心と第1反射面との間の空間に配置されるように構成すればよい。

30

【0067】

（第7の変形例）

図27は、本発明の第1の実施形態の第7の変形例を示す断面図である。本変形例は、透光性パイプ200よりも外径の細い、透光性パイプ200Mを有し、光ファイバFが透光性パイプ200Mの中心に配設されている点で、第6の変形例とは異なる。このように、光ファイバFが半円形状の第1反射面311Eaの中心に対してZ軸方向にずれて配置されている場合、細い外径の透光性パイプ200Mを使用することができる。

【0068】

図28は、本変形例の紫外光の光線図であり、図28（a）は、光ファイバFの外周面の表面（Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図であり、図28（b）は、光ファイバFの外周面の裏面（Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域）に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図29は、本変形例の光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

40

【0069】

図28（a）及び図28（b）に示すように、本変形例においても、第6の変形例と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図29に示すように、光ファイバFの外周面の表面（ $0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$ ）から裏面（ $-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$ ）にわたって、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度（例えば、5000

50

(mW/cm^2)) が得られる。なお、本変形例において、光ファイバ F の外周面の紫外線強度の最大値は 9767 (mW/cm^2) であり、最小値は 5473 (mW/cm^2) であり、最大値に対する最小値は、 56.0% であった。

【0070】

(第8の変形例)

図30は、本発明の第1の実施形態の第8の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Fは、第6の変形例の半円形状の第1反射面311Eaを、放物面形状に変更したもの(第1反射面311Fa)である。

【0071】

図31は、本変形例の反射ミラー310Fを用いた場合の紫外光の光線図であり、図31(a)は、光ファイバFの外周面の表面(Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図であり、図31(b)は、光ファイバFの外周面の裏面(Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図32は、本変形例の反射ミラー310Fを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

10

【0072】

図31(a)及び図31(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Fを用いた場合においても、第6の変形例と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図32に示すように、光ファイバFの外周面の表面($0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$)から裏面($-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$)にわたって、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度(例えば、 4000 (mW/cm^2))が得られる。なお、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は 9547 (mW/cm^2) であり、最小値は 4515 (mW/cm^2) であり、最大値に対する最小値は、 47.3% であった。

20

【0073】

(第2の実施形態)

図33は、本発明の第2の実施形態に係る光照射装置2の反射ミラー310周辺の構成を説明する断面図である。光照射装置2は、透光性パイプ200を備えていない点でのみ第1の実施形態の光照射装置1と異なるものであるため、図33においては、他の構成の図示を省略している。

30

【0074】

図34は、本実施形態の紫外光の光線図であり、図34(a)は、光ファイバFの外周面の表面(Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図であり、図34(b)は、光ファイバFの外周面の裏面(Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図35は、本実施形態の光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

40

【0075】

図34(a)及び図34(b)に示すように、本実施形態においても(つまり、透光性パイプ200のない構成においても)、第1の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図35に示すように、光ファイバFの外周面の表面($0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$)から裏面($-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$)にわたって、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度(例えば、 6000 (mW/cm^2))が得られる。なお、本実施形態において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は 9973 (mW/cm^2) であり、最小値は 6300 (mW/cm^2) であり、最大値に対する最小値は、 63.2% であった。

【0076】

50

(第9の変形例)

図36は、本発明の第2の実施形態に係る第9の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Gは、一对の第2反射面312Gaが直線BX(Z軸方向)に対して傾いており、一对の第2反射面312Gaの間隔が光源ユニット100の窓部104から離れるに従って狭くなるように構成されている。

【0077】

図37は、本変形例の反射ミラー310Gを用いた場合の紫外光の光線図であり、図37(a)は、光ファイバFの外周面の表面(Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図であり、図37(b)は、光ファイバFの外周面の裏面(Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図38は、本変形例の反射ミラー310Gを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

10

【0078】

図37(a)及び図37(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Gを用いた場合においても、第2の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図38に示すように、光ファイバFの外周面の表面($0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$)から裏面($-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$)にわたって、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度(例えば、 $6000 \text{ (mW/cm}^2\text{)})$ が得られる。なお、本変形例において、第1の実施形態の透光性パイプ200を適用することも可能である。また、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は $11607 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最小値は $7264 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最大値に対する最小値は、62.6%であった。

20

【0079】

(第10の変形例)

図39は、本発明の第2の実施形態に係る第10の変形例を示す断面図である。本変形例の反射ミラー310Hは、一对の第2反射面312Haが直線BX(Z軸方向)に対して傾いており、一对の第2反射面312Haの間隔が光源ユニット100の窓部104から離れるに従って広くなるように構成されている。

30

【0080】

図40は、本変形例の反射ミラー310Hを用いた場合の紫外光の光線図であり、図40(a)は、光ファイバFの外周面の表面(Z軸方向において上流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図であり、図40(b)は、光ファイバFの外周面の裏面(Z軸方向において下流側に位置する外周面の半分の領域)に入射する光線の一例を示す光線図である。また、図41は、本変形例の反射ミラー310Hを用いた場合の、光ファイバFの外周面上における紫外線強度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【0081】

図40(a)及び図40(b)に示すように、本変形例の反射ミラー310Hを用いた場合においても、第2の実施形態と同様、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することが可能となる。そして、その結果、図41に示すように、光ファイバFの外周面の表面($0^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 90^\circ$)から裏面($-180^\circ \sim -90^\circ$ 、 $-180^\circ \sim 90^\circ$)にわたって、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度(例えば、 $7000 \text{ (mW/cm}^2\text{)})$ が得られる。なお、本変形例においても、第1の実施形態の透光性パイプ200を適用することも可能である。また、本変形例において、光ファイバFの外周面の紫外線強度の最大値は $9833 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最小値は $7132 \text{ (mW/cm}^2\text{)}$ であり、最大値に対する最小値は、72.5%であった。

40

【0082】

50

上述のように、本発明の第1の実施形態、第2の実施形態、及び第1～第10の変形例の各構成によれば、光ファイバFの外周面全体に紫外光を照射することができ、光ファイバFの外周面に塗布されたコーティング剤を硬化させるのに必要な所定の強度が得られる。そして、光ファイバFの外周面における紫外光の最大強度をMAXとし、最小強度をMINとすると、以下の数式(1)を満たしていることが分かる。

$$MIN / MAX \quad 30\% \quad \dots (1)$$

【0083】

なお、今回開示された実施の形態は、全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

10

【符号の説明】

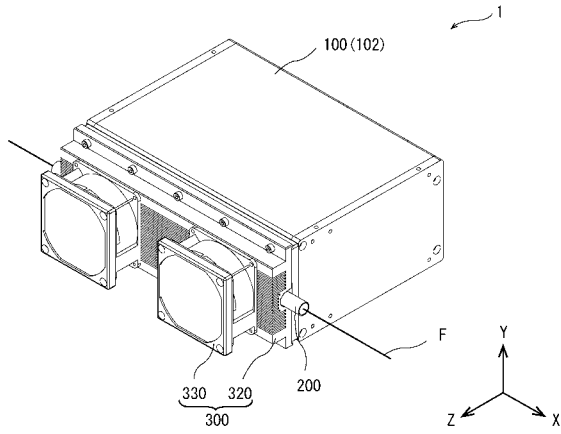
【0084】

- 1、2 光照射装置
- 100 光源ユニット
- 102 ケース
- 102 a 前面パネル
- 102 b 開口
- 104 窓部
- 110 LEDモジュール
- 111 内部反射ミラー
- 113 基板
- 115 LED素子
- 200、200M 透光性パイプ
- 300 ミラーモジュール
- 310、310A、310B、310C、310D、310E、310F、310G、310H 反射ミラー
- 311 第1反射部
- 311 a、311 A a、311 B a、311 C a、311 D a、311 E a、312 F a 第1反射面
- 312 2反射部
- 312 a、312 G a、312 H a 第2反射面
- 320 ミラーフレーム
- 322 凹部
- 324 放熱フィン
- 330 冷却ファン

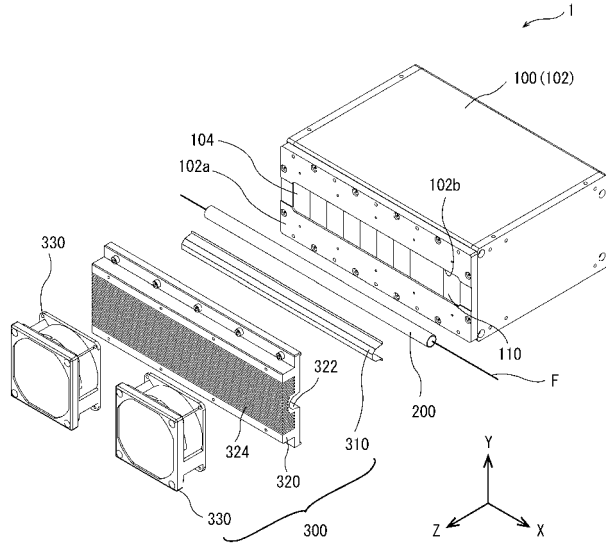
20

30

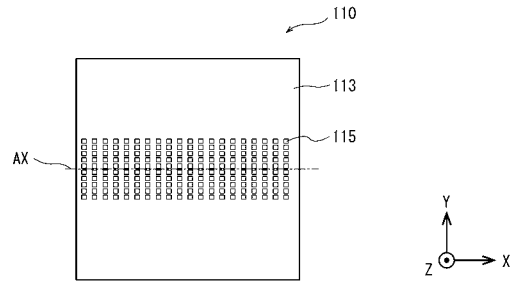
【 図 1 】



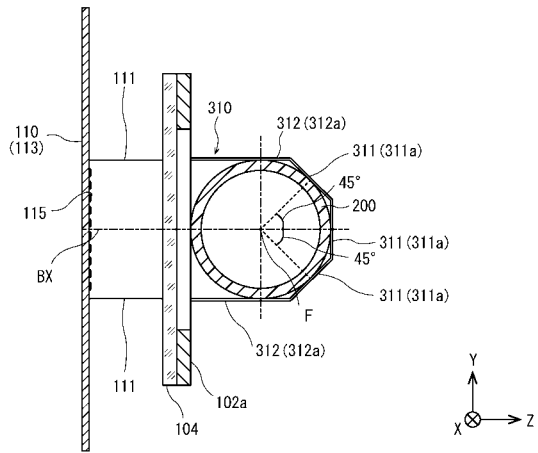
【 図 2 】



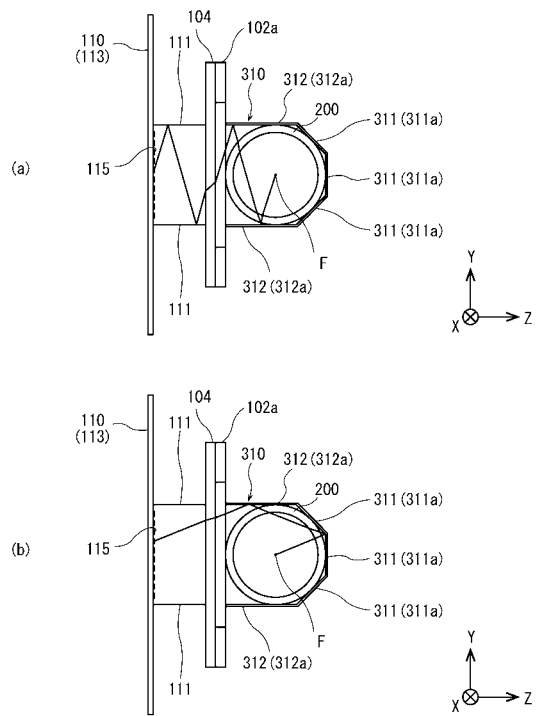
【 図 3 】



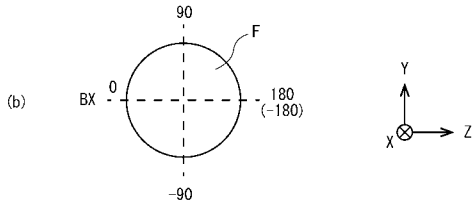
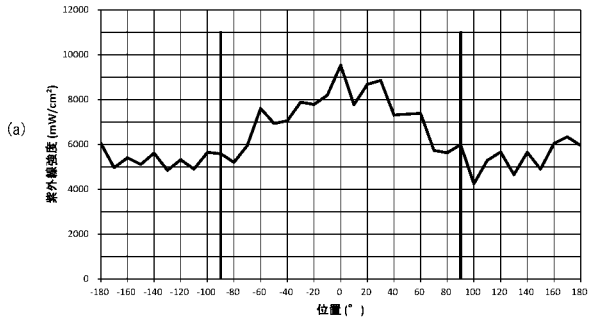
【 図 4 】



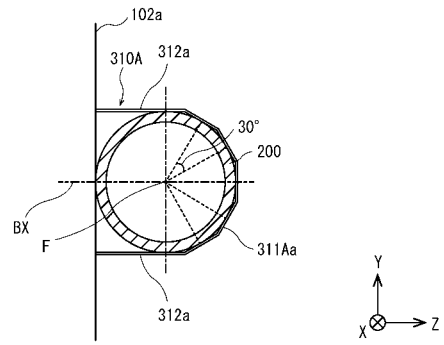
【 図 5 】



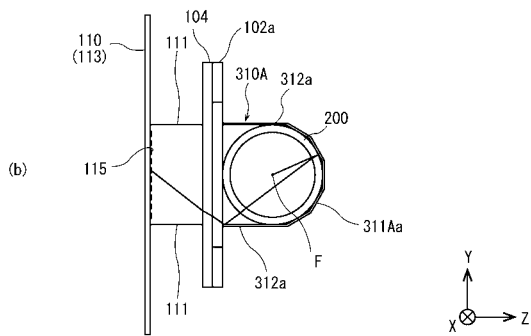
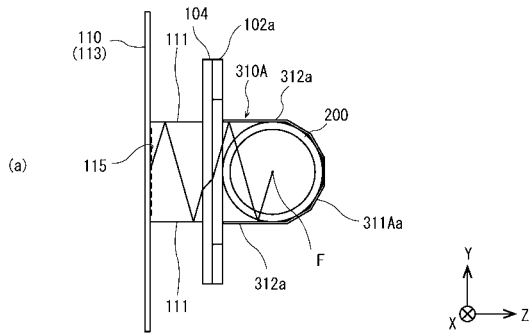
【 図 6 】



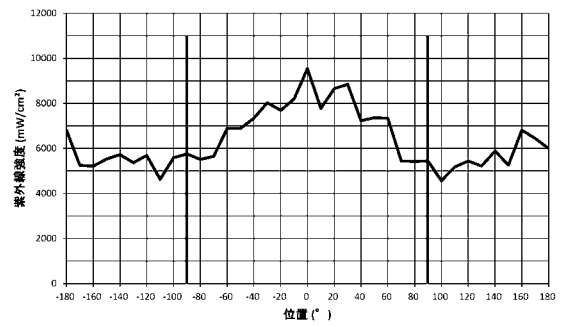
【 図 7 】



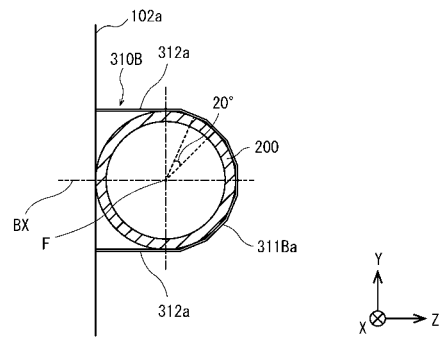
【 図 8 】



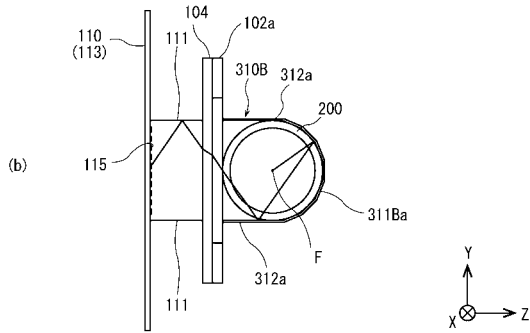
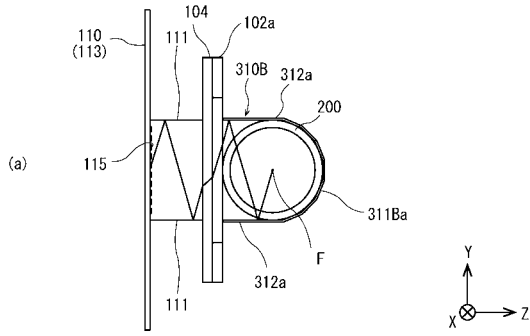
【 図 9 】



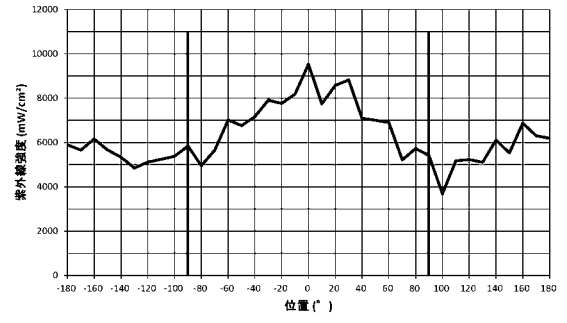
【 図 10 】



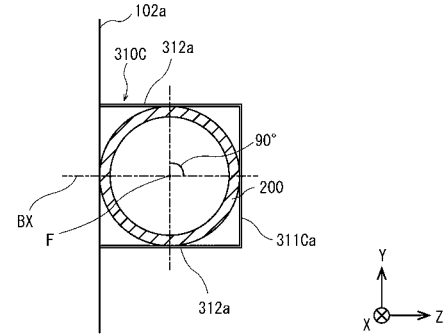
【 図 1 1 】



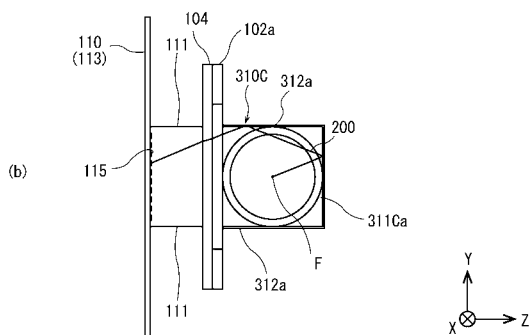
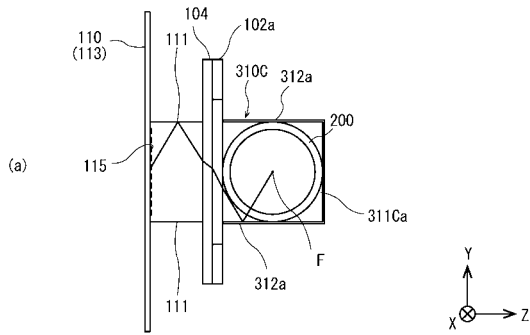
【 図 1 2 】



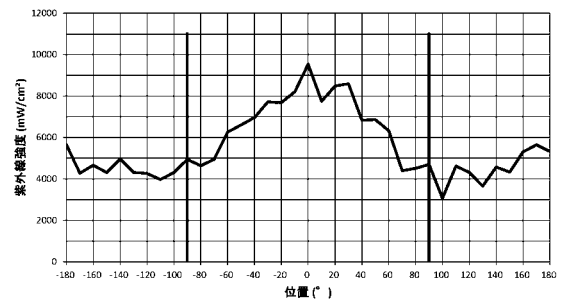
【 図 1 3 】



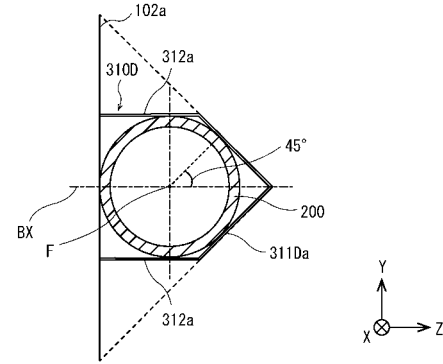
【 図 1 4 】



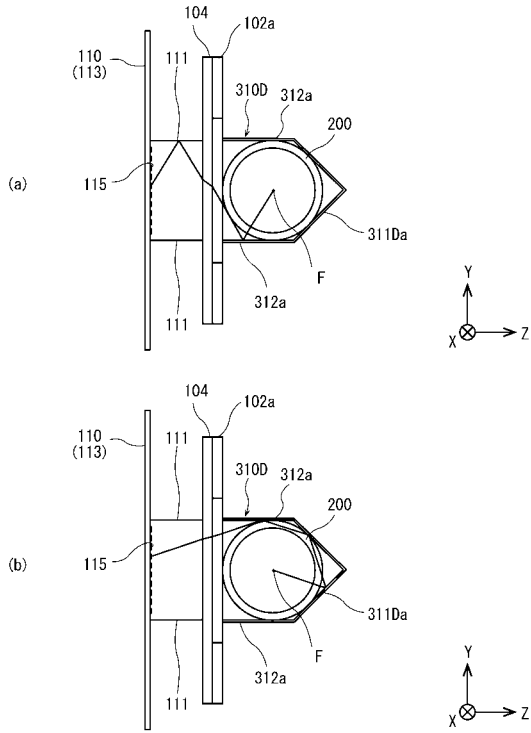
【 図 1 5 】



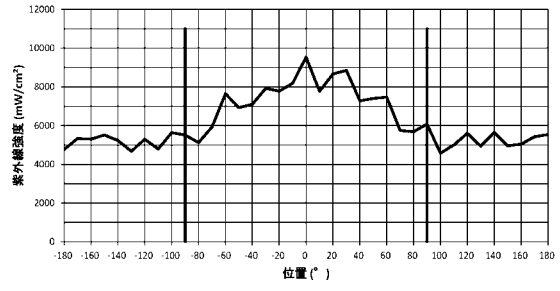
【 図 1 6 】



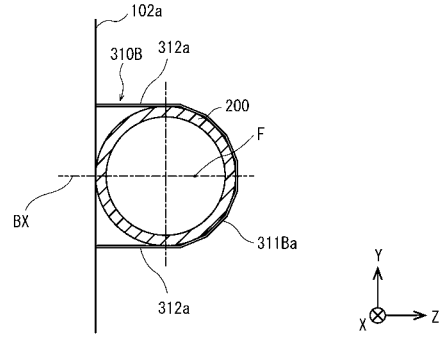
【 図 17 】



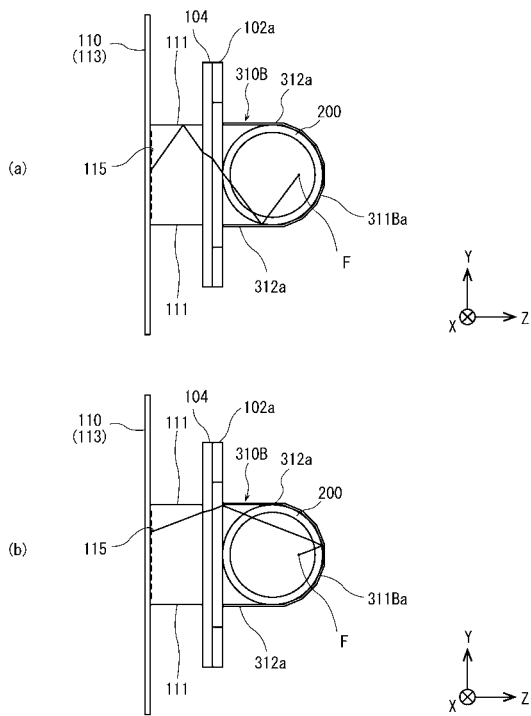
【 図 18 】



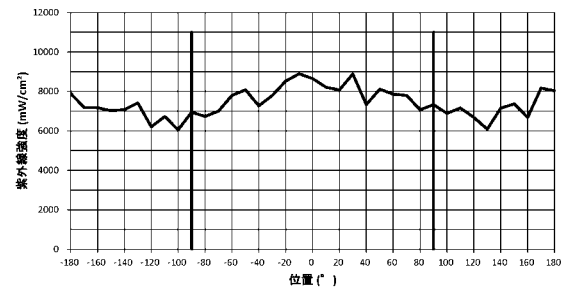
【 図 19 】



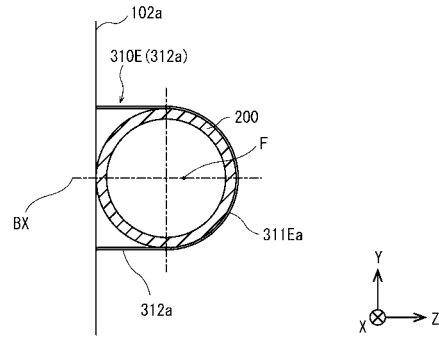
【 図 20 】



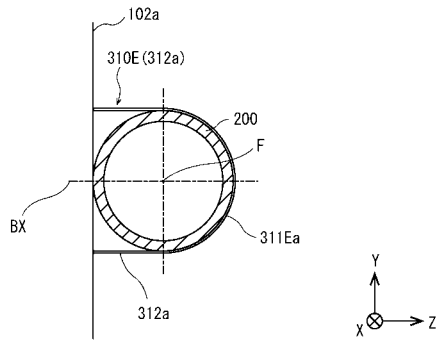
【 図 21 】



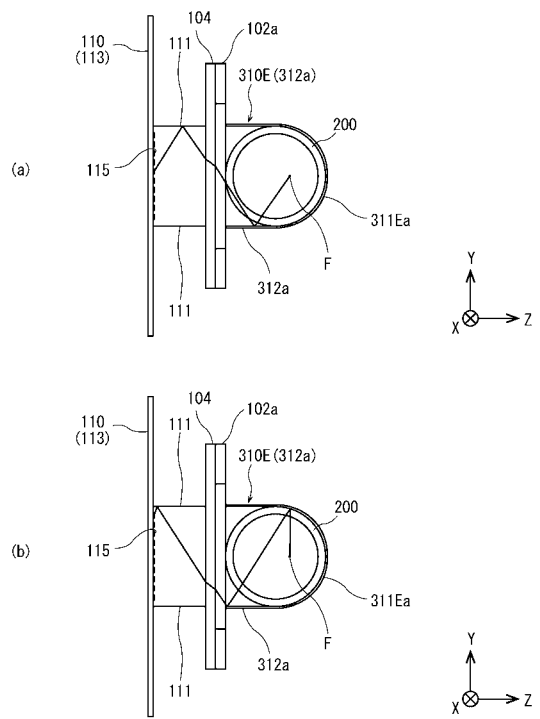
【 図 22 】



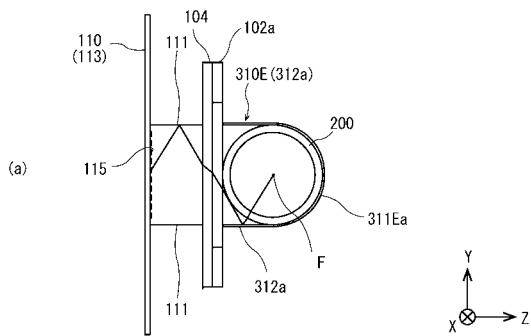
【 図 2 3 】



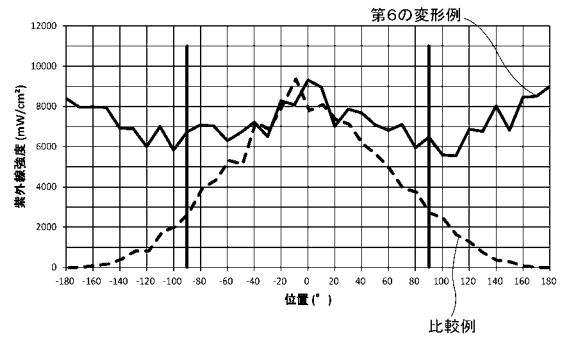
【 図 2 4 】



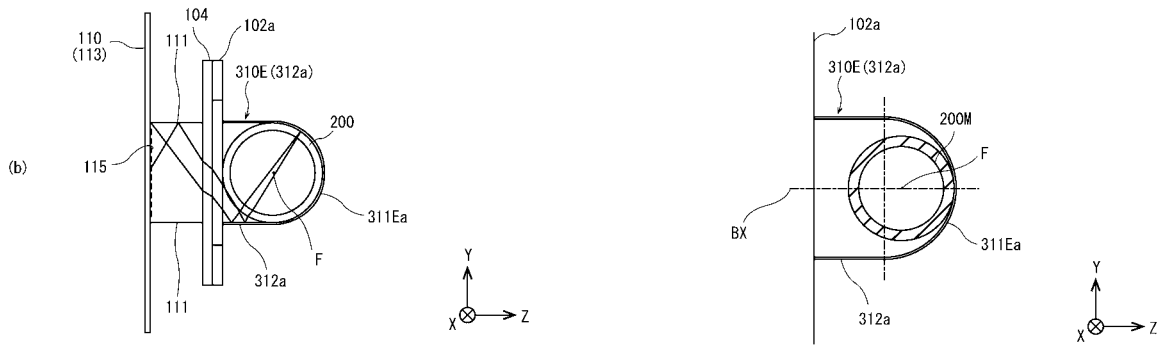
【 図 2 5 】



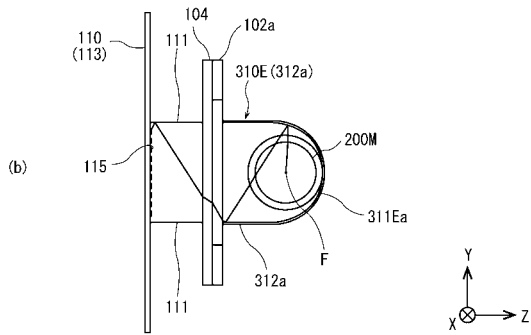
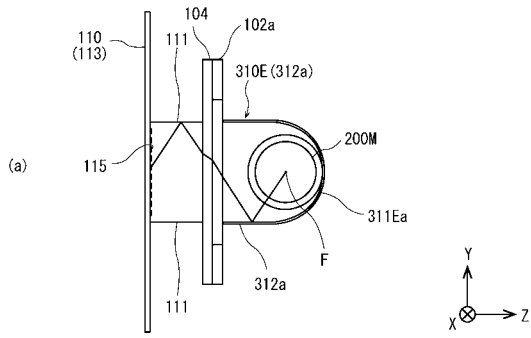
【 図 2 6 】



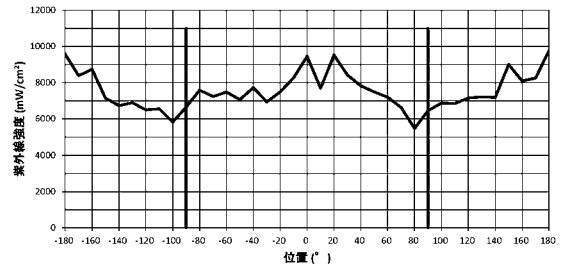
【 図 2 7 】



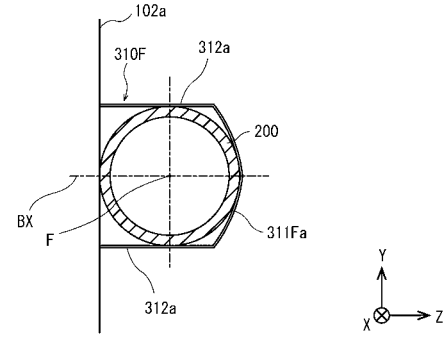
【 図 2 8 】



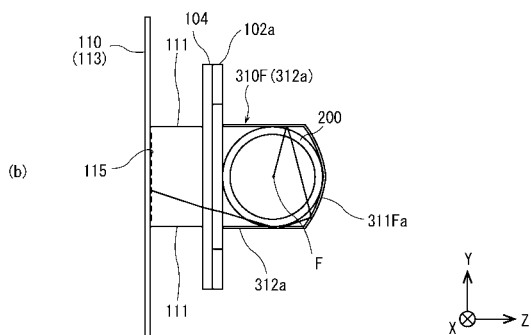
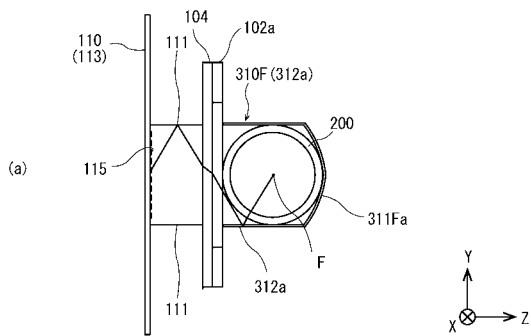
【 図 2 9 】



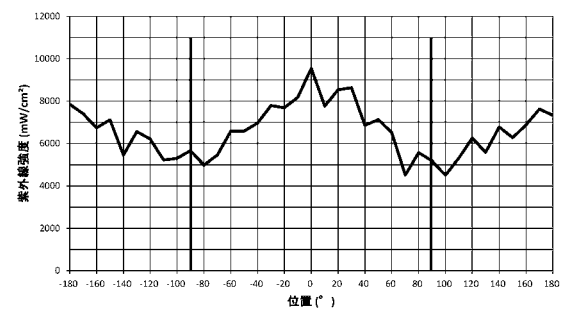
【 図 3 0 】



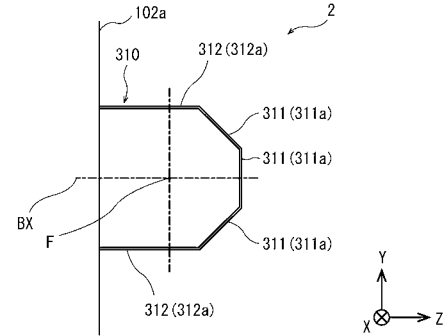
【 図 3 1 】



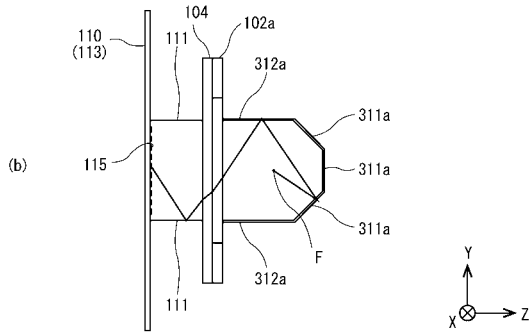
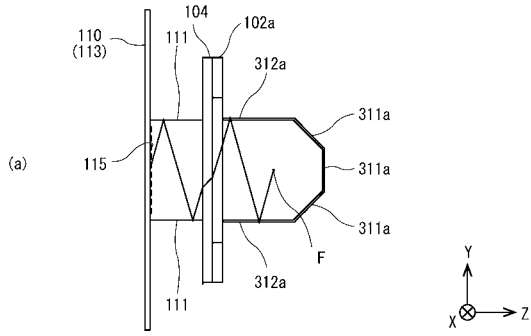
【 図 3 2 】



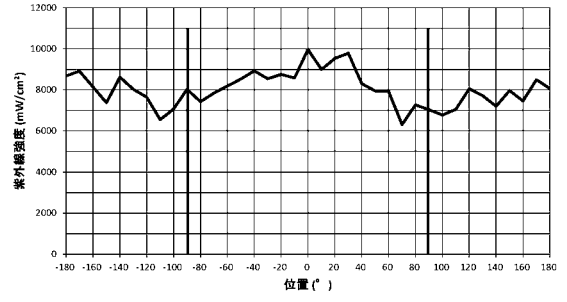
【 図 3 3 】



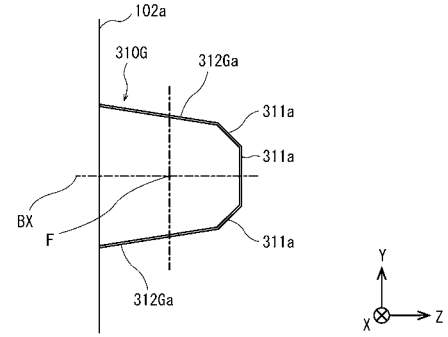
【 図 3 4 】



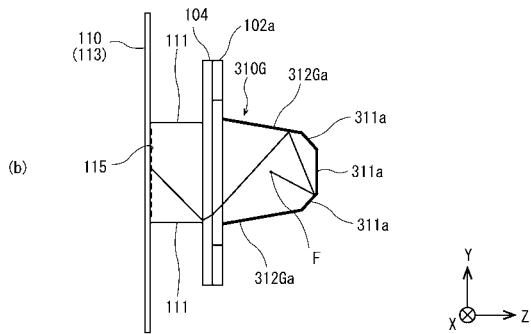
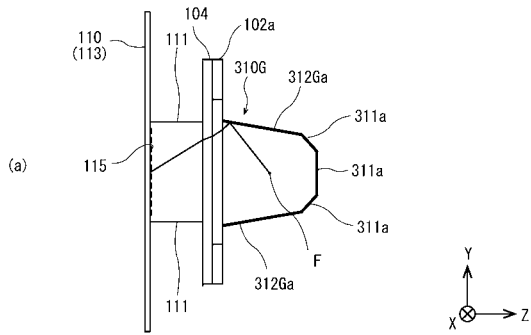
【 図 3 5 】



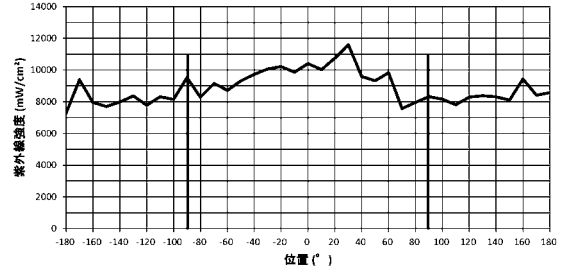
【 図 3 6 】



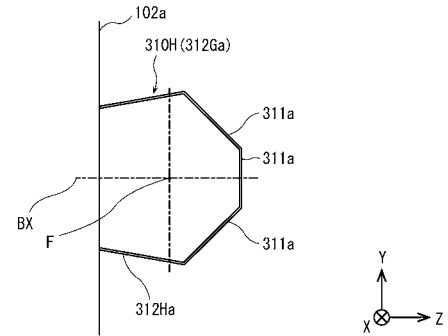
【 図 3 7 】



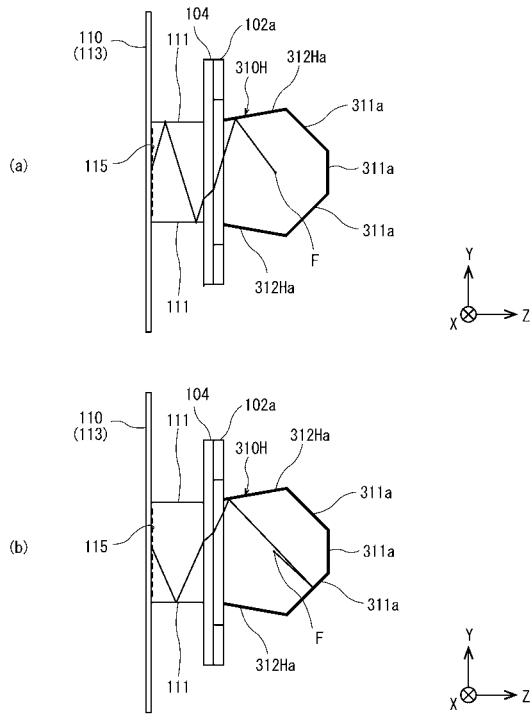
【 図 3 8 】



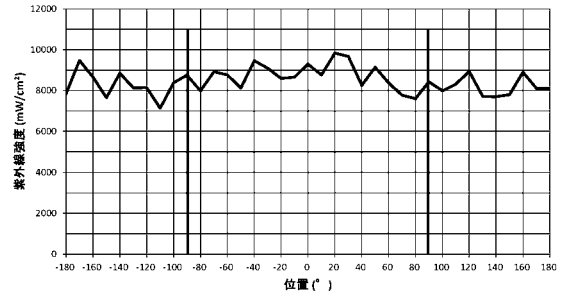
【 図 3 9 】



【 図 4 0 】



【 図 4 1 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成29年2月1日 (2017.2.1)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 3 9

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 図 3 9 】

