

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7405469号

(P7405469)

(45)発行日 令和5年12月26日(2023.12.26)

(24)登録日 令和5年12月18日(2023.12.18)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 6/26 (2006.01)

G 0 2 B 6/26

G 0 2 B 6/02 (2006.01)

G 0 2 B 6/02 4 1 1

G 0 2 B 6/42 (2006.01)

G 0 2 B 6/42

請求項の数 19 (全15頁)

(21)出願番号 特願2022-535153(P2022-535153)
 (86)(22)出願日 令和2年12月9日(2020.12.9)
 (65)公表番号 特表2023-509840(P2023-509840 A)
 (43)公表日 令和5年3月10日(2023.3.10)
 (86)国際出願番号 PCT/US2020/064053
 (87)国際公開番号 WO2021/119153
 (87)国際公開日 令和3年6月17日(2021.6.17)
 審査請求日 令和4年6月8日(2022.6.8)
 (31)優先権主張番号 62/945,584
 (32)優先日 令和1年12月9日(2019.12.9)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 522228735
 エガロン, クラウディオ, オリヴェイラ
 EGALON, CLAUDIO, OLIVEIRA
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90
 066 ロサンゼルス ティヴォリ・アベ
 ニュー 4117
 4117 TIVOLI AVENUE,
 LOS ANGELES, CA 900
 66, UNITED STATES OF
 AMERICA
 (74)代理人 110001818
 弁理士法人 R & C
 (72)発明者 エガロン, クラウディオ, オリヴェイラ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導波路の側面照射のシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1末端面と第2末端面との間に側面を有する集光導波路の前記側面を照射する、異なる入射角度を試験する方法であって、
 異なる入射角度で、ビームを前記集光導波路の前記側面に照射する照射装置を提供するステップ；および
 前記集光導波路を照射することに対応して、前記集光導波路の前記第1末端面又は前記第2末端面の一方で発せられる前記ビームの強度から、所望の入射角度を決定するステップ、を含む、方法。

【請求項 2】

前記ビームが、電磁波を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記集光導波路が、円筒形光ファイバまたはテーパ形光ファイバである、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記照射装置が、平行光源を備えたゴニオメーターである、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記照射装置が、前記集光導波路の支持体であり、前記支持体は異なる角度で配置された少なくとも1つの孔を有し、前記孔が光源から光を前記集光導波路に向けて導く、請求項1に記載の方法。

10

20

【請求項 6】

第 1 末端面と第 2 末端面との間に配置された側面を有する集光導波路中に、光のビームをカップリングさせるためのシステムであって、前記システムが、

前記ビームを生成するように構成された光源と、

前記ビームを、前記集光導波路の前記側面に向けて、直角ではない複数の異なる角度で配向するように構成された照射装置と、

前記集光導波路の前記第 1 末端面及び / 又は前記第 2 末端面にある検出器と、を備える、システム。

【請求項 7】

前記集光導波路は、前記ビームが支持体内の孔に沿って前記集光導波路の前記側面に向かって伝播するように前記支持体の上部に取り付けられている、請求項 6 に記載のシステム。

10

【請求項 8】

前記孔が、前記支持体の前記上部から前記支持体の底部に向かって角度がつけられている、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

法線から外れた複数の異なる角度で前記集光導波路の前記側面に向かって前記ビームを配向するように構成されたゴニオメーターをさらに備える、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記照射装置の少なくとも 1 つの前記孔の各々は、照射導波路で満たされている、請求項 7 に記載のシステム。

20

【請求項 11】

前記照射装置の少なくとも 1 つの前記孔の各々は、照射導波路で満たされている、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 12】

前記孔が、円筒形状または円錐形状のうちの 1 つである、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 13】

前記孔が、円筒形状または円錐形状のうちの 1 つである照射導波路で満たされている、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記照射導波路は、前記照射導波路の軸に対して垂直または角度をなす端面を有する、請求項 13 に記載の方法。

30

【請求項 15】

前記孔は、前記集光導波路に対して垂直であり、前記孔は、照射導波路で満たされ、前記照射導波路は法線から外れた角度に向かって前記光を屈折させるような角度の遠位端面を有する、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 16】

前記孔が、円筒形状または円錐形状のうちの 1 つである、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記孔が、円筒形状または円錐形状のうちの 1 つである照射導波路で満たされている、請求項 16 に記載のシステム。

40

【請求項 18】

前記照射導波路は、前記照射導波路の軸に対して垂直または角度をなす端面を有する、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記孔は、前記集光導波路に対して垂直であり、前記孔は、照射導波路で満たされ、前記照射導波路は法線から外れた角度に向かって前記光を屈折させるような角度の遠位端面を有する、請求項 16 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本出願は、2019年12月9日に出願された米国仮出願第62/945,584号に対する優先権を主張する。本明細書で特定されるすべての外部資料は、その全体が参照により援用される。

【 0 0 0 2 】

本発明の分野は、一般に、導波路の側面カップリング、側面照射、または側面注入（軸方向カップリング、軸方向照射または軸方向注入とは対照的）に関する。より詳細には、本発明の分野は、側面カップリング、側面照射、または側面注入によって、導波路に沿って任意の波のカップリングを増加させ、その結果、伝送を増加させることに関する。さらに、本発明は、以下の波の、それぞれの導波路に沿った、側面カップリングによる、シグナル伝送の増加に関する：

10

a . 電波、マイクロ波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、およびガンマ線などの電磁波、

b . 音響、低周波、および超音波などの音響波、

c . 物質波、ならびに

d . その他あらゆる種類の波。

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

背景の説明には、本発明を理解する上で有用であり得る情報が含まれている。本明細書で提供される情報のいずれかが先行技術であるかまたは現在請求されている発明に関連していること、あるいは具体的または暗黙的に参照される刊行物が先行技術であること、を認めるものではない。

20

【 0 0 0 4 】

現在、光ファイバなどの導波路の横からの（側面）照射は、導波路側面の法線に対して0度の角度で行われるのが一般的である。しかし、このようなタイプの照射では、導波路に沿って入射および伝送される光はごく一部となり、（1）短い伝播長（例えば、最大2メートル）、（2）低シグナルの光ファイバセンサ、その結果としての低感度および低分解能、ならびに（3）低効率カプラーなど、の原因となる可能性がある。

【 0 0 0 5 】

側面照射型光ファイバおよび側面照射型導波路については、一般にほとんど研究されていない。Egalon（米国特許第8,463,083号、第8,909,004号、および第10,088,410号）は、側面照射型光ファイバを開示している。Pulido and Esteban（C. Pulido, O. Esteban, "Multiple fluorescence sensing with lateral tapered polymer fiber", Sensors and Actuators B, 157 (2011), pp. 560 - 564）は、側面照射型蛍光クラッド光ファイバを開示している。カップリング蛍光がより高くなる照射角度を測定するために、ゴニオメーターが使用されている。最後に、Grimesら（米国特許第4,898,444号）は、フレネル反射による損失を最小化するために、接続媒体を用いて第2ファイバを横から照射するために使用される第1ファイバ、を開示している。

30

40

【 0 0 0 6 】

これらおよび本書で論じる他のすべての外部資料は、参照することによりその全体が援用される。援用される参考文献における用語の定義または使用が、本明細書に規定されるその用語の定義と矛盾するかまたは反対である場合、本明細書に規定されるその用語の定義が適用され、参考文献におけるその用語の定義は適用されない。

【 0 0 0 7 】

これらの参考文献は、側面照射導波路の分野に貢献しているが、側面照射によって導波路にカップリングする改良されたシステムおよび方法に対する必要性が依然として存在する。

【 0 0 0 8 】

50

本発明の主題の様々な目的、特徴、態様および利点は、同様の番号が同様の構成要素を表す添付の図面図とともに、以下の実施形態の詳細な説明から、より明らかになるであろう。

【発明の概要】

【0009】

本発明の主題は、側面照射によって導波路（例えば、光ファイバ）中にカップリングされる光量を数倍に増加させる装置、システム、および方法を提供することである。また、導波路の側面の法線に対する側面照射角度が非常に急な（*steep*）場合、この量を最大100倍まで増加させることが可能であることが、側面照射の実験により測定されている。以下の利点が認識されている：

- a. カップリング効率が高くなると、前記ファイバに沿った伝播長が長くなる；
- b. より高い感度と優れた分解能を有する光ファイバセンサ；
- c. より高効率の側面照射型カプラー；および
- d. 光を注入するレンズが不要な、よりシンプルな構成。

【0010】

さらに、カップリング効率を向上させることにより、以下の利点が得られる：

- i. 強度の低い安価な光源を、ファイバセンサやカプラーなどの一般的な導波路デバイスと組み合わせて使用することが可能になる。
- ii. 導波路に沿って光の長距離伝播を必要とするアプリケーションなど、側面照射型導波路のより広い範囲のアプリケーションが、利用可能になる。
- iii. カップリング効率の向上により、より大きなシグナルが得られるため、感度がより低く、低コストの検出システムが必要となる。

【0011】

したがって、本発明の実施形態は、先行技術よりも、よりシンプルであり、より多くの光を運ぶ側面照射型導波路を提供する。1つまたは複数の態様の、これらおよびその他の利点は、確実なものにするための説明および添付の図面の考察から、明らかになる。

【0012】

簡潔にするため、本明細書では、以下の用語が、それぞれの広い意味で使用される：

- a. 光は、電磁波、音響波、物質波など、あらゆるタイプの波として定義される。
- b. ファイバオプティックスは、波を導くことができる任意のタイプの導波路構造体として定義される。物質波の場合、レーザービームは、その長さにそって物質波を捕捉して導くことができるので、導波路とみなすこともできる。
- c. 導波路の側面は、導波路内の波の伝播全体に対して平行な面を指す。
- d. 導波路の末端は、導波路内の波の伝播全体に対して垂直な導波路の面を指す。
- e. 「側面照射」という用語は、任意のタイプの導波路への任意のタイプの波の側面照射、側面カップリング、および側面注入と同義語として用いられる。また、側面照射は、導波路の側面の照射と呼ばれる。側面照射は、導波路の末端を照射する軸方向照射と対照的である。

【0013】

以下は、本明細書に記載され示される実施形態の概要である：

- a. 図1に示される第1の実施形態は、非接続媒体（空気、真空、水など）を通して集光導波路に向かって伝播する、レーザーなどの光源からの平行光を説明するものである。光は、導波路表面の法線に対して85度という高角度で集光導波路の側面に入射するが、より低い角度でも許容可能な結果が得られる。
- b. 第2の実施形態は、必ずしも平行化されて（*collimated*）いない光源を使用し、この光源は、光源から集光導波路の表面に向かって、ストリップを貫通して開けた孔またはトンネルを通して伝播する光を放射する。この孔は光を導き、導波路表面の法線に対して最大85度の角度を成すことができるが、これより低い角度でも許容できる結果を得ることができる。孔の断面は、その長さに沿って均一なものとテーパ状のものがあ

10

20

30

40

50

る断面など、任意の形状を有してもよい。テーパ孔は、その名が示すように、好ましくは、光源から集光導波路（側面照射される導波路）の側面に向かって、断面寸法が大きくなっている。図 7 に示すようなストリップに開けられた円錐形孔は、このテーパ形状の一例で、小さい方の直径が光源に面し、大きい方の直径が集光導波路の側面に面している。他の断面形状も、許容される。孔またはトンネルの内壁は、側面照射される集光導波路に向かって導かれる光量を増やすために、研磨されるか、または反射材料でコーティングされ得る。これらのすべての場合において、前記孔またはトンネルは、集光導波路の側面の法線に対して最大 85 度の角度を成す。

c. 第 3 の実施形態は、図 9 ~ 図 10 に示すように、光源からの光を集光導波路に向けて導くために、第 2 導波路である照射導波路を用いる。この照射導波路は、集光導波路の側面の法線に対して急角度となるように斜め方向に配置される。前記照射導波路は、前項目の孔と同様の断面（円筒ファイバのように均一な断面、または円錐ファイバのように光源から集光導波路の表面に向かって断面寸法が大きくなるような断面）を有し得る。光源から、照射される集光導波路の側面へ導かれる光の量を増やすために、前記照射導波路の表面は、反射材料でコーティングされ得る。光源に面する照射導波路の近位端は、好ましくは、光源の表面に接して（*tangent to*）おり、一方、前記集光導波路に面する末端は、好ましくは、前記照射導波路の軸に対して垂直である。

d. 第 4 の実施形態は、図 12 ~ 13 に示すように、光を光源から集光導波路に向けて導くために、直立照射導波路を用いる。この照射導波路は、光源からの光を、より急な角度で集光導波路に向けるために、水平線に対して角度を成す末端を有する。この構成は、斜め導波路と孔の構成（上記 b、c の項目）に比べて、長手方向の占有スペースが少ないという利点がある。

e. 第 5 の実施形態は、第 3 および第 4 の構成の特徴を統合する、図 15 ~ 16 に示されるような角度で末端を有する斜め照射導波路である。

【0014】

本発明の主題の様々な目的、特徴、態様、および利点は、同様の番号が同様の構成要素を表す添付の図面図と共に、好ましい実施形態の以下の詳細な説明から、より明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】平行光ビームにより集光導波路を照射する、レーザーポインタなどの光源の 1 つの実施形態の斜視図である。前記光源はゴニオメーター上に取り付けられ、異なる角度 θ 、位置 x で前記集光導波路を照射し得る。

【図 2】図 1 の設定に従って、前記集光導波路に沿った 3 つの異なる位置 x に関して、集光導波路表面の法線に対する照射角度 θ についての光強度のプロットであり、前記集光導波路はテーパ形状を有している。位置 x は、光検出器に最も近い導波路の先端（端部）を基準として測定されている。すべての場合において、ある角度まで、照射点での導波路のテーパ角度にも依存し得る角度に対する、指数関数的な強度の増加が見られる。

【図 3】図 2 に示されたプロットを、対数スケールでプロットしたものである。

【図 4】集光導波路がテーパ形状を有する、図 1 の設定に従った、照射角度と、集光導波路に沿った位置とに対する強度のプロットである。

【図 5】所与の位置 x に対する、最大強度 $I_{\text{最大}}$ と、照射のゼロ度角における強度 I_0 との間の比、すなわち $I_{\text{最大}} / I_0$ のプロットである。

【図 6】集光導波路を照射するために特定の角度でそれぞれ円筒形孔を有する、ストリップの斜視図である。

【図 7】集光導波路を照射するための円錐形孔を有するストリップの 1 つの実施形態の斜視図である。

【図 8 A】斜め円筒形照射導波路の 1 つの実施形態を示す説明図である。

【図 8 B】斜め円錐形照射導波路の 1 つの実施形態を示す説明図である。

【図 9】斜め円筒形照射導波路を有する支持体の斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 1 0】斜め円錐形照射導波路を有する支持体の斜視図である。

【図 1 1 A】直立円筒形照射導波路を示す説明図である。

【図 1 1 B】直立円錐形照射導波路を示す。

【図 1 2】いくつかの直立円筒形照射導波路を有する、支持体の斜視図である。

【図 1 3】いくつかの直立円錐形照射導波路を有する、支持体の斜視図である。

【図 1 4 A】円筒形照射光導波路を示す説明図である。

【図 1 4 B】円錐形照射光導波路を示す。

【図 1 5】図 1 4 A の円筒形照射光導波路を有する支持体の斜視図である。

【図 1 6】図 1 4 B の円錐形照射光導波路を有する支持体の斜視図である。

【図 1 7】予め決められた角度で集光導波路を照射するために固定角度で取り付けられた光源の配列を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下の説明は、本発明の主題の例示的な実施形態を提供する。各実施形態は、発明要素の単一の組み合わせを示すが、本発明主題は、開示された要素のすべての可能な組み合わせを含むと見なされる。したがって、ある実施形態が要素 A、B、および C を含み、第 2 の実施形態が要素 B および D を含む場合、本発明の主題はまた、たとえ明示的に開示されていなくても、A、B、C、または D の、他の残りの組み合わせも含むものと見なされる。

【0017】

図 1 は、本発明課題の一実施形態を示している。光源 100 は、平行光ビーム 120 で集光導波路 110 の側面を照射する。平行光ビーム 120 の一部分は、集光された光ビーム 130 として集光導波路 110 中にカップリングされ、かかる集光された光ビーム 130 は、集光導波路 110 の先端に向かって導かれ、光検出器 140 が、集光された光ビーム 130 の光強度を測定する。

20

【0018】

図 1 に示されるように、集光導波路 10 は円筒形であり得る。しかし、集光導波路 110 がテーパ形状（例えば、その長さに沿って減少する直径を有する円筒体）を有し得ることが企図される。集光導波路 110 は、波（例えば、電磁波、音響波、または粒子波）を受信および誘導することができる任意の材料の、光ファイバまたは任意の他の構造体であり得ることが企図されている。同様に、前記光源は、電磁波、音響波、または粒子波など任意のタイプの波の、発生源であり得る。さらに、図 1 には光ビーム 120 が示されているが、任意のタイプの波（例えば、電磁波；音響波；物質波または他の任意のタイプ）が企図される。

30

【0019】

光源 100 は、異なる角度 θ で導波路 110 を照射するように光源 100 を位置決めすることができるゴニオメーター 150 上に取り付けられている。ゴニオメーター 150 は、最も多くの光量を集光導波路 110 中にカップリングする照射角度を測定するために、使用され得る。図 1 に示すように、集光導波路 110 の照射点 160 は、ゴニオメーター 150 の軸と一致する。光ビーム 120 は、50 度の照射角度 θ で集光導波路を照射するものとして示されているが、照射角度は 1 ~ 89 度、より好ましくは 40 ~ 60 度であることが企図される。テーパ状である集光導波路 110 を有する実施形態では、正確な角度は、(1) 照射点における集光導波路のテーパ角度、および (2) 急角度で集光導波路を照射することの実用性、によって異なることを理解されたい。

40

【0020】

図 2 は、図 1 のゴニオメーターで得られた一連の実験結果である。テーパ状の集光導波路、このケースでは光ファイバを、いくつかの異なる角度で、かつ $x = 12 \text{ cm}$ 、 $x = 16 \text{ cm}$ 、 $x = 18 \text{ cm}$ の 3 つの異なる位置で、照射した。図 1 に示すように、位置 x は、光検出器 140 に最も近い集光導波路 110 の端部から、集光導波路 100 の長さに沿った位置（例えば、12 cm、16 cm、18 cm など）まで測定される。収集されたデータは、集光導波路中への最大カップリングの角度 $\theta_{\text{最大}}$ が約 83 度であることを示す。こ

50

の構成を理論的にモデル化すると、この最大カップリング角は、側面照射型集光導波路のテーパ角の違いによって異なる、言い換えれば、照射点における集光導波路の側面の法線に対する角度の関数である、ことがわかる。また、図 2 は、シグナルにおける増加が、最大カップリングの角度まで、指数関数的であることを示している。

【 0 0 2 1 】

図 3 は、対数スケールの強度軸を有する、図 2 の同じデータを示し、角度とともに強度の指数関数的増加が確認される、このスケールにおける、強度の明らかな直線的増加が示されている。

【 0 0 2 2 】

図 4 は、位置 x と照射角度とに対する強度を示している。最も高い強度 $I_{\text{最大}}$ は 1 3 9 , 3 2 0 H z で、位置 $x = 1 8 \text{ cm}$ 、照射角度 $\theta_{\text{最大}} = 8 3$ 度で発生している。

10

【 0 0 2 3 】

図 5 は、各照射位置 x における最大強度 $I_{\text{最大}}$ と、0 度角度の強度（または法線照度） I_0 との比である $I_{\text{最大}} / I_0$ をプロットしたもので、このデータによると、1 7 cm、2 0 cm、および 1 3 cm の位置で 3 つの大きな比が生じ、それぞれの値は 9 2 . 5 6、8 9 . 0 6、および 8 2 . 1 1 とほぼ 1 0 0 倍である。これらの明確な変化は、集光導波路に沿って見られる、異なるテーパ角によるものである。

【 0 0 2 4 】

図 6 は、予め決められた角度で集光導波路 2 1 0 を側面照射するために使用され得るストリップ 2 7 0 の斜視図である。ストリップ 2 7 0 は、特定の角度でいくつかの円筒形孔 2 8 0 を有する。円筒形孔 2 8 0 の各々は、それぞれの光源 2 0 0 から第 1 端部 2 8 2 を通って第 2 端部 2 8 3（そこから光 2 8 5 は、集光導波路 2 1 0 に伝送される）に光 2 8 5 を運ぶように設計されている。光源 2 0 0 は、光源 2 0 0 の配列を形成する支持体 2 0 1 に、取り付けられる。円筒形孔 2 8 0 のそれぞれの内壁 2 8 1 は、好ましくは、それぞれの光源 2 0 0 からの光 2 8 5 を集光導波路 2 1 0 へより良好に導くために、研磨されるかまたは反射面でコーティングされることが、企図される。

20

【 0 0 2 5 】

図 2、図 3、図 4 に示すように、一般に、集光導波路軸の法線に対する照射角度 θ が急であるほど、前記集光導波路中へのカップリング度は高くなる。この場合、円筒形孔 2 8 0 の各々の角度は同じであるように図示されているが、異なる角度を設定することができることが企図される。さらに、または代替的に、円筒形孔 2 8 0 によって提供される照射角度 θ は、1 ~ 8 9 度の間であり、より好ましくは、4 0 ~ 6 0 度の間であることが企図される。

30

【 0 0 2 6 】

図 7 は、それぞれの光源 3 0 0 から集光導波路 3 1 0 に向かって広がる円錐形孔 3 9 0、を有するストリップ 3 7 0 の 1 つの実施形態を示す。前記円錐形孔 3 9 0 は、光源 3 0 0 からの光 3 8 5 のコリメーションを増加させる能力を有するため、円筒形孔 2 8 0 のより良い代替であることを理解されたい。図 7 に示すように、円錐形孔 3 9 0 の直径は、第 1 端部 3 8 2 から第 2 端部 3 8 3 まで増加する。光源 3 0 0 は、光源 3 0 0 の配列を形成する支持体 3 0 1 に、取り付けられている。円錐形孔 3 9 0 のそれぞれの内壁 3 8 1 は、好ましくは、それぞれの光源 3 0 0 から光 3 8 5 を集光導波路 3 1 0 へ、より良好に導くために、研磨されるかまたは反射面でコーティングされることが企図される。

40

【 0 0 2 7 】

図 8 A は、斜め円筒形照射導波路（例えば、光ファイバ）4 1 0 を示し、図 8 B は、斜め円錐形照射導波路（例えば、光ファイバ）5 5 0 を示す。これらの近位端 4 2 0 および 5 2 0 は、光源に面し、一方、それらの末端 4 3 0 および 5 3 0 は、集光導波路に面する。いずれの場合も、近位端 4 2 0 および 5 2 0 は、光源からの集光を増加させるために、研磨され、光源の表面に対して平行であるかまたは接している（*tangent to*）：言い換えると、近位端は必ずしも平坦である必要はない。一方、末端 4 3 0 および 5 3 0 は、集光導波路への照射導波路の出力を減少させるフレネル反射の量を少なくするために

50

、照射導波路の軸に対して垂直である。

【 0 0 2 8 】

図 9 は、集光導波路 6 1 0 を照射するために支持体 6 4 0 の内部に配置される、図 8 A の斜め円筒形照射導波路 4 1 0 を示す。円筒形照射導波路 4 1 0 は、集光導波路 6 1 0 中にカップリングされる光 6 8 5 の量を増加させるために、集光導波路 6 1 0 の側面に対して、予め決められた角度で配置される。前記予め決められた角度は、1 ~ 89 度の間であり、より好ましくは 40 ~ 60 度の間であることが企図される。光 6 8 5 は光源 6 0 0 から、円筒形照射導波路 4 1 0 を通って、最終的に集光導波路 6 1 0 に到達するように伝播することが、示されている。照射角度 θ は、1 ~ 89 度の間であり、より好ましくは、40 ~ 60 度の間であることが企図される。

10

【 0 0 2 9 】

図 10 は、支持体 7 4 0 に設置された図 8 B の斜め円錐形照射導波路 5 5 0 を示す。円錐形照射導波路 5 5 0 は、集光導波路 7 1 0 中にカップリングされる光 7 8 5 の量を増加させるために、集光導波路 7 1 0 の側面に対して予め決められた角度で、配置される。前記予め決められた角度は、1 ~ 89 度の間であり、より好ましくは 40 ~ 60 度の間であることが企図される。円錐形照射導波路 5 5 0 は、好ましい照射角度 θ で集光導波路 7 1 0 を照射するために使用され、前記照射角度 θ は、1 度から 89 度の間であり、より好ましくは、40 度から 60 度の間であることが企図されている。前述したように、円錐形照射導波路 5 5 0 の円錐形状は、光源 7 0 0 からの光 7 8 5 を平行化させるのに有用である。

【 0 0 3 0 】

20

図 11 A は、直立円筒形照射導波路（例えば、光ファイバ）8 6 0 を示し、図 11 B は、直立円錐形導波路（例えば、光ファイバ）9 8 0 を示す。これらの導波路は、水平面に対して角度を成すそれぞれの末端 8 3 0 および末端 9 3 0 を有する。この特徴は、集光導波路の表面の法線に対して予め決められた角度に照射光を屈折させるように、設計されている。この角度である参照符号 8 7 0 および参照符号 9 7 0 は、集光導波路の表面の法線に対して高入射角度を成すのに十分なほど急であり、かつ、それぞれの末端 8 3 0 および末端 9 3 0 の界面で照射光の全内反射を防止するのに十分なほど浅いことが好ましい。参照符号 8 7 0 および参照符号 9 7 0 の最大角度は、(1) 照射導波路 8 6 0 および照射導波路 9 8 0 の屈折率、および (2) 末端 8 3 0 および末端 9 3 0 での照射光の入射角度、によって異なる。1 . 5 の屈折率、および照射導波路 8 6 0 と照射導波路 9 8 0 の軸に平行な照射光の入射角度の場合、参照符号 8 7 0 および参照符号 9 7 0 の角度は 41 . 8 度を超えないことが企図される。

30

【 0 0 3 1 】

直立照射導波路の直立性により、図 6、7、9、および 10 の対応する支持体と比較して、より小さな支持体を使用することができるので、直立照射導波路が有益であることを理解されたい。

【 0 0 3 2 】

図 12 および図 13 は、照射導波路 8 6 0 および照射導波路 9 8 0 が、それぞれの支持体 1 0 4 0 および支持体 1 1 4 0 に設置された状態を示す。図 12 および 13 に示すように、光 1 0 8 5 および光 1 1 8 5 は、最初に、光源 1 0 0 0 および光源 1 1 0 0 からそれぞれの照射導波路（8 6 0 および 9 8 0）の軸に沿って末端 8 3 0 および末端 9 3 0 まで伝播し、この末端で向きを変え、集光導波路 1 0 1 0 および集光導波路 1 1 1 0 に向かい、予め決められた照射角度 θ での照射が生じる。この照射角度 θ が 1 ~ 89 度、より好ましくは 40 ~ 60 度の間にあることが、企図されている。

40

【 0 0 3 3 】

図 14 A および図 14 B は、図 8 A - B および図 11 A - B の、それぞれの斜めおよび直立光ファイバの特徴を組み合わせた照射導波路（例えば、光ファイバ）の異なる構成 1 2 8 2 および 1 3 8 4 を、図示している。このハイブリッド構成では、集光導波路の照射角度をさらに大きくするために、図 8 A - B の導波路の斜めの構成および近位端 1 2 2 0、近位端 1 3 2 0 と、図 11 A - B の角度のある末端 1 2 3 0、末端 1 3 3 0 とが組み合

50

わされている。

【 0 0 3 4 】

図 1 5 および図 1 6 は、それぞれの支持体 1 4 4 0 および支持体 1 5 4 0 の内部に配置された照射導波路 1 2 8 2 および照射導波路 1 3 8 4 と、それぞれの照射光 1 4 8 5 および照射光 1 5 8 5 の挙動とを示す。これらの図において、光 1 4 8 5 および光 1 5 8 5 は、

- a . 光源 1 4 0 0 および光源 1 5 0 0 から伝播し；
- b . 近位端 1 2 2 0 および近位端 1 3 2 0 に対してそれぞれ 0 ~ 8 9 度の間の角度、より好ましくは 4 0 ~ 6 0 度の間の角度で、照射導波路 1 2 8 2 および照射導波路 1 3 8 4 の近位端 1 2 2 0 および近位端 1 3 2 0 で入射し；
- c . 照射導波路 1 2 8 2 および照射導波路 1 3 8 4 を通って末端 1 2 3 0 および末端 1 3 3 0 へ伝播し；そして、
- d . 集光導波路 1 4 1 0 および集光導波路 1 5 1 0 の表面の法線方向に対して 1 ~ 8 9 度の間の角度で、より好ましくは 4 0 ~ 6 0 度の間の角度で、集光導波路 1 4 1 0 および集光導波路 1 5 1 0 の表面へ、屈折される。

10

【 0 0 3 5 】

図 1 7 は、集光導波路 1 6 1 0 を直接照射する傾斜光源 1 6 0 1 の実施形態を示す。この構成により、他の実施形態における支持体の必要性がなくなることを理解されたい。傾斜光源 1 6 0 1 は、プリント回路基板上に設置され得ることが企図される。傾斜光源 1 6 0 1 は、予め決められた照射角度 θ で、光 1 6 8 5 により集光導波路 1 6 1 0 を照射するために、固定角度で取り付けられている。この照射角度 θ は、1 ~ 8 9 度の間、より好ましくは、4 0 ~ 6 0 度の間であることが企図される。光 1 6 8 5 は、非接続媒体 (u n b o u n d m e d i u m) を通って伝送されることを理解されたい。企図された非接続媒体には、空気、真空、および水が含まれるが、これらに限定されない。

20

【 0 0 3 6 】

すべての図において、光源からの光は平行化されていることが示されているが、これは本発明の要件ではない。

【 0 0 3 7 】

本明細書および以下の特許請求の範囲全体で使用される場合、「1つの (a)」、「1つの (a n)」、および「前記 (t h e)」の意味は、文脈が明らかに他のことを指示しない限り、複数の参照を含む。また、本明細書で使用される場合、「中 (i n)」の意味は、文脈が明らかに他に指示しない限り、「中 (i n)」および「上 (o n)」を含む。

30

【 0 0 3 8 】

当業者には、本明細書の発明概念から逸脱することなく、既に説明したもの以外の多くの変更が可能であることが明らかであろう。したがって、本発明の主題は、本開示の精神を除いて制限されるべきでない。さらに、本開示を解釈する際に、すべての用語は、文脈と一致する最も広い方法で解釈されるべきである。特に、用語「含む」および「備える」は、非排他的な方法で要素、構成要素、またはステップを指すと解釈されるべきであり、参照される要素、構成要素、またはステップが、明示的に参照されていない他の要素、構成要素、またはステップと共に存在し得る、または利用され得る、または組み合わせられることを示す。

40

【図面】

【図 1】

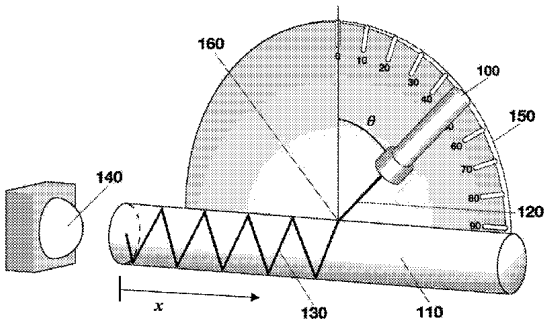
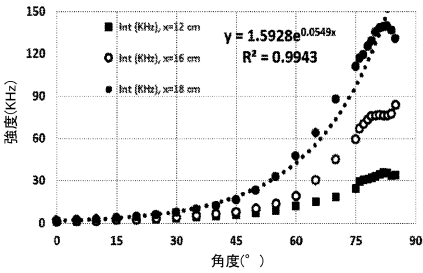


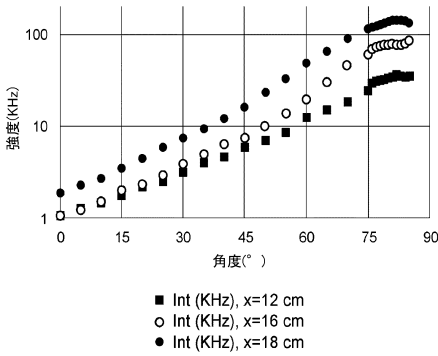
Figure 1

【図 2】

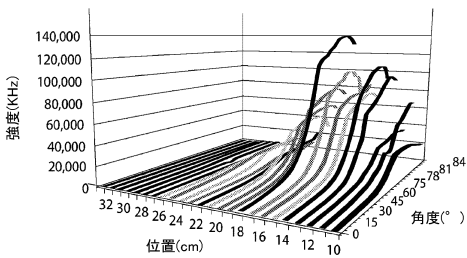


10

【図 3】



【図 4】



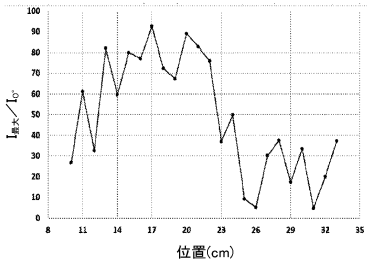
20

30

40

50

【 図 5 】



【 図 6 】

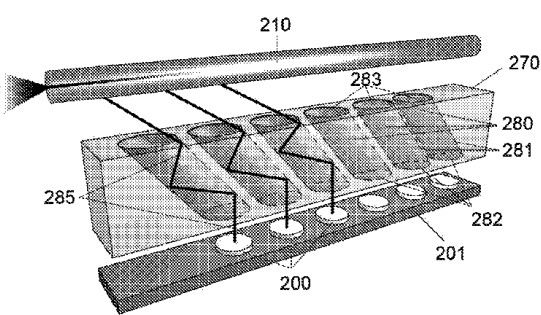


Figure 6

【 図 7 】

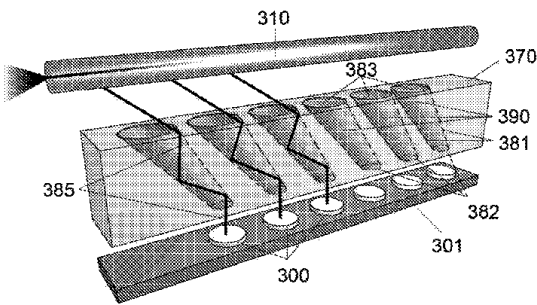


Figure 7

【 図 8 A 】

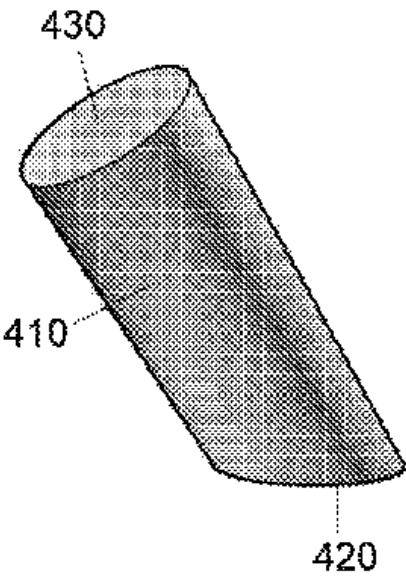


Figure 8A

10

20

30

40

50

【 図 8 B 】

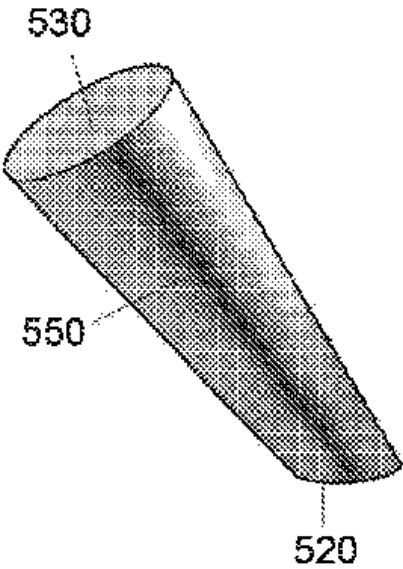


Figure 8B

【 図 9 】

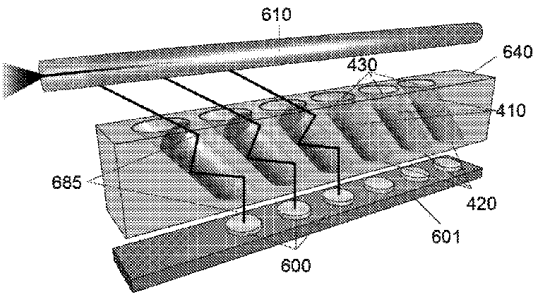


Figure 9

10

20

【 図 1 0 】

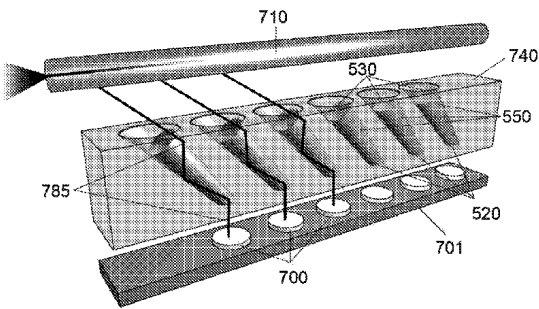


Figure 10

【 図 1 1 A 】

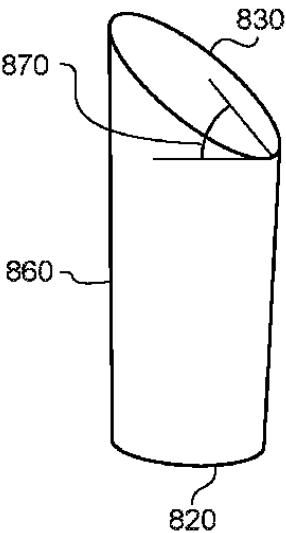


Figure 11A

30

40

50

【図 1 1 B】

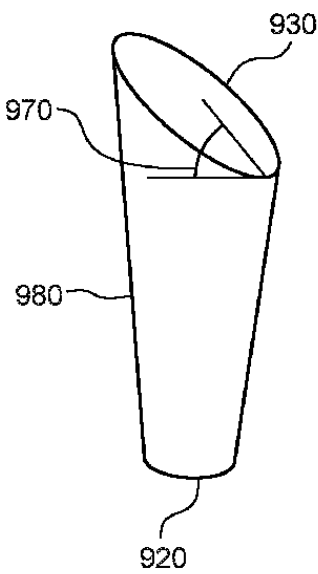


Figure 11B

【図 1 2】

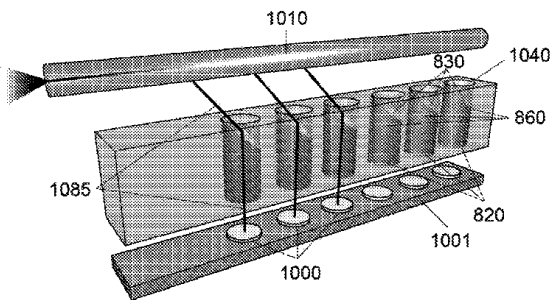


Figure 12

【図 1 3】

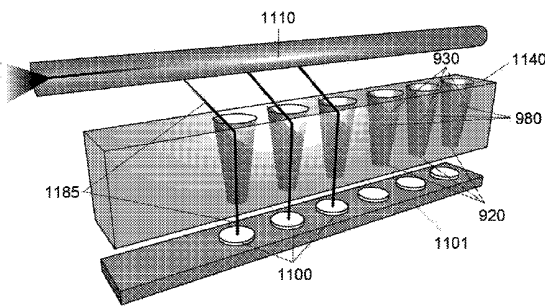


Figure 13

【図 1 4 A】

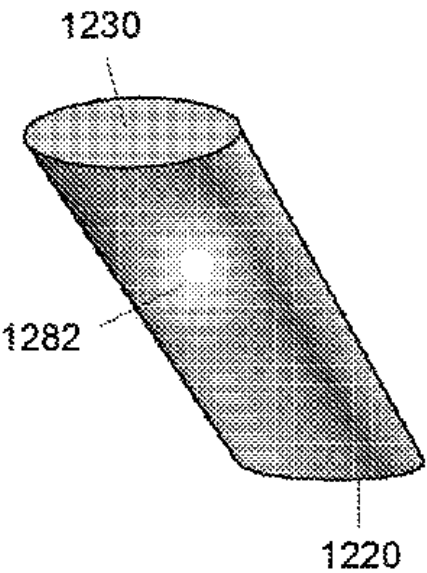


Figure 14A

10

20

30

40

50

【 図 1 4 B 】

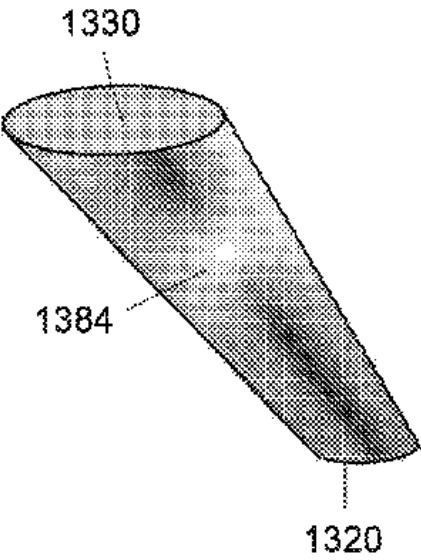


Figure 14B

【 図 1 5 】

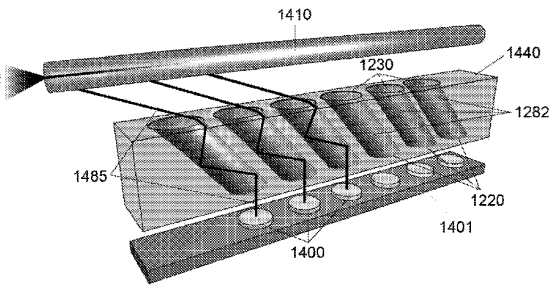


Figure 15

10

20

【 図 1 6 】

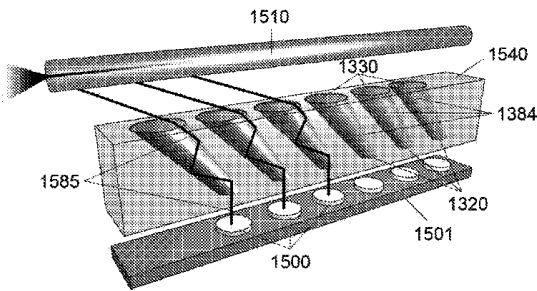


Figure 16

【 図 1 7 】

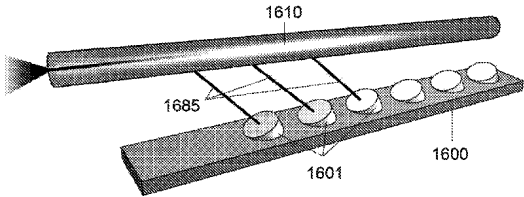


Figure 17

30

40

50

フロントページの続き

0 6 6 ロサンゼルス ティヴォリ・アベニュー 4 1 1 7

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0034457(US, A1)
特開2013-113890(JP, A)
国際公開第2011/119104(WO, A1)
米国特許出願公開第2009/0054263(US, A1)
米国特許第08463083(US, B2)
米国特許第04898444(US, A)
中国特許出願公開第110231714(CN, A)
特開平02-141640(JP, A)
米国特許第05894535(US, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G 0 2 B 6 / 0 2 - 6 / 1 0
6 / 2 6 - 6 / 2 7
6 / 3 0 - 6 / 3 4
6 / 4 2 - 6 / 4 4
G 0 1 M 1 1 / 0 0 - 1 1 / 0 8