

(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
2016 年 10 月 27 日(27.10.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/171071 A1

- (51) 国際特許分類:
A61L 2/10 (2006.01) B01J 19/12 (2006.01)
A23L 3/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062039
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 14 日(14.04.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-088585 2015 年 4 月 23 日(23.04.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社トクヤマ(TOKUYAMA CORPORATION) [JP/JP]; 〒7458648 山口県周南市御影町 1 番 1 号 Yamaguchi (JP).
- (72) 発明者: 堀井 ゆり子(HORII, Yuriko); 〒7458648 山口県周南市御影町 1 番 1 号 株式会社トクヤマ内 Yamaguchi (JP). 松井 新吾(MATSUI, Shingo); 〒7458648 山口県周南市御影町 1 番 1 号 株式会社トクヤマ内 Yamaguchi (JP). 濱 康孝(HAMA, Yasutaka); 〒7458648 山口県周南市御影町 1 番 1 号 株式会社トクヤマ内 Yamaguchi (JP).
- (74) 代理人: 山本 典輝, 外(YAMAMOTO, Noriaki et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 1 6 番 1

0 号 オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

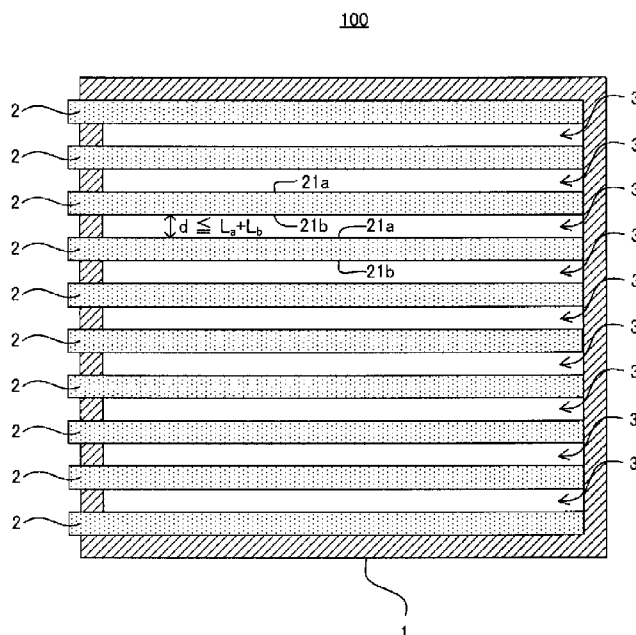
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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), ユーロッパ (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: LIQUID STERILIZATION METHOD AND STERILIZATION DEVICE

(54) 発明の名称: 液体の殺菌方法及び殺菌装置



(57) Abstract: This liquid sterilization method comprises: (1) a step for circulating a liquid to be sterilized, which is a solution or a suspension, through a flow path formed between a pair of parallelly arranged partition walls having therebetween a gap with a predetermined width; and (2) a step for irradiating the liquid to be sterilized that passes through the flow path with ultraviolet light from one or two ultraviolet light emitting surfaces provided on either one or both of the two opposing faces of the pair of partition walls, wherein the width, in the direction perpendicular to the ultraviolet light emitting surface, of the gap is less than or equal to the sum total of an effective optical path length of the one or two ultraviolet light emitting surfaces, and the effective optical path length of the ultraviolet light emitting surfaces is defined as the thickness of a layer of the liquid to be sterilized for causing the irradiance of penetrating ultraviolet light to be 0.001 mW/cm² when the ultraviolet light emitted from the ultraviolet light emitting surface penetrates the layer of the liquid to be sterilized.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/171071 A1



(1) 所定の幅の間隙を設けて平行に配置された一対の隔壁の間に形成された流路に、溶液又は懸濁液である被殺菌液体を流通させる工程と、(2) 該流路を通過する被殺菌液体に、該一対の隔壁の向かい合う2面の一方または両方に設けられた1又は2の紫外線発光面から紫外線を照射する工程とを含み、上記間隙の、紫外線発光面に垂直な方向の幅は、上記1又は2の紫外線発光面の有効光路長の総和以下であり、紫外線発光面の有効光路長は、該紫外線発光面から照射される紫外線が被殺菌液体の層を透過したときの透過紫外線の放射照度が 0.001 mW/cm^2 となる前記被殺菌液体の層の厚さとして定義される、液体殺菌方法。

明 細 書

発明の名称：液体の殺菌方法及び殺菌装置

技術分野

[0001] 本発明は、紫外線を用いた液体の殺菌方法及び殺菌装置に関する。

背景技術

[0002] 紫外線殺菌は、薬剤による殺菌とは異なり残留する物がなく、安全性が高く、被照射物にはほとんど変化を与えない。そのため、安心と安全性を求められる飲料水などの液体に対する殺菌方法として適している。そして、紫外線殺菌を様々な場面での液体の殺菌に用いることが提案されている。

[0003] 例えば特許文献1には、紫外線等の殺菌作用を有する波長の光を射出する光源と、粘性液体状、固形状あるいはゲル状のコアと、このコアよりも屈折率が小さく、かつ柔軟性を有しそのコアを封入した筒状のクラッドとからなり、光源から出射する光を水中に導光する光伝送ホースと、この光伝送ホースで導光された光を水中で照射する殺菌光照射手段とを備えたことを特徴とする水中用殺菌装置が記載されている。

[0004] 特許文献2には、透明材料で形成された導光体と、該導光体の表面に形成された光触媒となる二酸化チタンの薄膜と、該導光体に近接して設けられ該導光体に波長360～400nmの紫外線を放射する発光ダイオードと、を具備することを特徴とする光触媒装置が記載されている。

[0005] 特許文献3には、排水中の有機物を処理する排水処理装置であって、排水を貯留する排水処理槽と、紫外光を照射する光源と、排水処理槽内に少なくとも一つ設けられ、光源から照射された紫外光を導光する導光部及び光の屈折率が導光部と同じかそれ以上であり導光部から紫外光を漏洩させる漏洩部を有する漏洩導光体の表面を、光触媒を含む光触媒層で被覆してなる光触媒被覆漏洩導光体と、光源から照射された紫外光を光触媒被覆漏洩導光体に導光させる導光体と、排水処理槽内に設けられ、光触媒被覆漏洩導光体に向けて酸素を供給する酸素供給部とを有し、排水中の有機物を光触媒及び酸素供

給部から供給された酸素によって発生したオゾン（ O_3 ）により分解除去することを特徴とする排水処理装置が記載されている。

[0006] また特許文献4には、光源と、この光源を側面に配置した導光板とを有し、この導光板の表面または裏面の少なくとも一方が光源からの光を放射する発光面であって、導光板の発光面及び光源が配置された側面以外の面が遮光面として形成され、ピーク波長が388nm以下の光を放射することを特徴とする面発光デバイスが記載されている。

また、特許文献5には、表面に複数の紫外線LEDを配置するとともに該紫外線LEDを水密状態で覆う保護カバーをそれぞれ備えた第1伝熱板及び第2伝熱板の裏面同士を、第1伝熱板の紫外線LEDと第2伝熱板の紫外線LEDとが背中合わせに重なり合わない状態で組み合わせたLEDモジュールを処置層の内部に配置した紫外線照射水処理装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開平06-063106号公報
特許文献2：特開平09-038503号公報
特許文献3：特許第5566801号公報
特許文献4：特開2006-237563号公報
特許文献5：特開2012-115715号公報
特許文献6：特許第5591305号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、特許文献1乃至3に記載の発明においては、殺菌対象物に光が十分に届いていないことがあり、光の当たらない箇所の殺菌ができていないという問題があった。この現象は、特に光源を紫外線発光ダイオード（UV-LED）とした場合に顕著である。特許文献4の発明においても、被殺菌対象に光が十分届かないために殺菌効果が十分でなく、また発光面に担

持した光触媒に深紫外光が吸収されるという問題があった。

[0009] 特に現在は、制御の容易さや消費電力の低さからUV-LEDが注目を集めているが、UV-LEDには発光出力が小さいという欠点がある。特許文献1乃至4に記載の技術においてUV-LEDを紫外線光源として使用した場合には、殺菌対象物を十分に殺菌できないことが懸念される。

[0010] また紫外線の透過率は、液体の種類に応じて変動する。すなわち、純水の紫外線透過率は比較的高いものの、紫外線を吸収する溶質が溶解した水溶液や紫外線を吸収又は散乱する懸濁物質を含む懸濁液では、紫外線透過率は低下し、その低下率は溶質や懸濁物質の種類や含有量によって著しく変化する。たとえば、蒸留水において253.7nmの紫外線に対する透過率が10%となるときの厚さ（光路長：光が試料内を透過する長さ）は300mmであるのに対し、牛乳およびジュースの同厚さは夫々0.07mmおよび0.5～1mmであることが知られている。そのため、溶液や懸濁液に対して、特許文献5に記載された技術を含む従来の技術で紫外線殺菌を試みた場合には、殺菌が不十分となる可能性がさらに高くなることが懸念される。

[0011] そこで本発明は、例えばジュースや牛乳などの溶液や懸濁液に対してもUV-LEDによる紫外線殺菌が可能な液体殺菌方法、および、該液体殺菌方法に用いることができる液体殺菌装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0012] [1] 一の実施形態において、本発明の液体殺菌方法は、
（1）所定の幅の間隙を設けて平行に配置された一对の隔壁の間に形成された流路に、溶液又は懸濁液である被殺菌液体を流通させる工程と、
（2）上記流路を通過する被殺菌液体に、上記一对の隔壁の向かい合う2面の一方または両方に設けられた1又は2の紫外線発光面から紫外線を照射する工程とを含み、
上記間隙の、上記紫外線発光面に垂直な方向の幅は、上記1又は2の紫外線発光面の有効光路長の総和以下であり、
上記紫外線発光面の有効光路長は、該紫外線発光面から照射される紫外線が

上記被殺菌液体の層を透過したときの透過紫外線の放射照度が 0.001 mW/cm^2 ($= 1 \mu\text{W/cm}^2$) となる上記被殺菌液体の層の厚さとして定義される

ことを特徴とする。

[0013] なお、上記有効光路長を規定する放射照度の値： 0.001 mW/cm^2 ($1 \mu\text{W/cm}^2$) は、実用的な処理時間（紫外線照射時間）において、有効な殺菌効果を得ることができるという観点から決定された指標である。例えば、99.9%不活性化に必要な紫外線照射量（積算照射量）が約10 ($\text{mJ/cm}^2 = \text{mW} \cdot \text{sec/cm}^2$) である大腸菌の殺菌を考えた場合、 $1 \mu\text{W/cm}^2$ の放射照度では10,000秒（約2.8時間）の照射で99.9%の不活性化が可能であるが、 $0.1 \mu\text{W/cm}^2$ の放射照度ではその10倍の約28時間を要し、現実的ではない。上記本発明の方法の基本的な技術思想は、紫外線透過性の低い被殺菌液体の殺菌を行うに際し、流路内を流れる被殺菌液体層において、実用的な時間の紫外線照射を行っても殺菌に必要な積算照射量を得ることができないような領域を作らないために、流路幅及び／又は紫外線発光面から照射される紫外線強度を制御するという点にある。

本発明の方法においては、その効果が顕著であるという理由から、被殺菌液体としては、253.7 nmの紫外線に対する透過率が10%となるときの厚さ（光路長：光が試料内を透過する長さ）が50 mm以下5 μm 以上である溶液又は懸濁液、特に該厚さが10 mm以下10 μm 以上である溶液又は懸濁液であることが好ましい。

[0014] [2] 上記[1]の形態において、上記流路を通過する被殺菌液体に照射される紫外線は、200 nm以上300 nm未満の波長領域に主ピークを有することが好ましい。

本出願において、紫外線が或る一の波長領域に「主ピークを有する」とは、当該紫外線のパワースペクトルが1つ以上のピークを有し、ピーク高さが最大であるピークのピーク波長が当該波長領域に存在することを意味する。

[0015] [3] 上記[1]～[2]の形態において、本発明の液体殺菌方法は、

(a) 所定の光路長を有する紫外線透過性光学測定用セルの内部に上記被殺菌液体を充填する工程と、

(b) 上記紫外線発光面を上記光学測定用セルに密着させて、該紫外線発光面から殺菌処理時と同一の発光条件で発光させた紫外線を該光学測定用セル内に向けて照射する工程と、

(c) 上記セルを通過した透過紫外線の放射照度（単位： mW/cm^2 ）を測定する工程と、

(d) 上記工程（a）乃至（c）を、異なる光路長を有する複数の上記光学測定用セルについて行うことにより、上記透過紫外線の放射照度と光路長との関係を求める工程と

をさらに有することが好ましい。

[0016] [4] 上記[3]の形態において、本発明の液体殺菌方法は、

(e) 上記工程（d）において求めた関係に基づいて、上記紫外線発光面の有効光路長を決定する工程をさらに有することが好ましい。

[0017] [5] 上記[3]の形態において、本発明の液体殺菌方法は、

(f) 上記紫外線発光面における透過紫外線の放射照度と光路長との関係、および、上記流路の紫外線発光面に垂直な方向の幅に基づいて、上記流路の紫外線発光面に垂直な方向における紫外線の放射照度分布、及び、該放射照度分布における最低放射照度（単位： mW/cm^2 ）を決定する工程と、

(g) 上記被殺菌液体の殺菌に必要な紫外線の積算照射量（単位： mJ/cm^2 ）を決定する工程と、

(h) 積算照射量を最低放射照度で除した値で定義される最低照射時間（単位：秒）を決定する工程と、

(i) 上記被殺菌液体が上記流路内に滞在する滞在時間が最低照射時間以上となるように、上記流路の長さ及び／又は該流路を流れる上記被殺菌液体の流速を調整する工程と

をさらに有することが好ましい。

[0018] [6] 上記[1]～[5]の形態において、

工程（１）において、２以上の上記流路に上記被殺菌液体を流通させ、
工程（２）において、該２以上の流路を通過する被殺菌液体に紫外線を照射し、
該２以上の流路のそれぞれは、平行に配置された３以上の隔壁の、各一对の隣接する隔壁の間に形成された流路であり、
該３以上の隔壁のそれぞれの両面に、紫外線発光面が設けられていることが好ましい。

[0019] [７] 上記[１]～[５]の形態において、
工程（１）において、２以上の上記流路に上記被殺菌液体を流通させ、
工程（２）において、該２以上の流路を通過する被殺菌液体に紫外線を照射し、
該２以上の流路のそれぞれは、平行に配置された３以上の隔壁の、各一对の隣接する隔壁の間に形成された流路であり、
該３以上の隔壁のそれぞれの片面のみに紫外線発光面が設けられており、
該３以上の隔壁は、紫外線発光面が設けられた面を同じ方向に向けて配置されている形態とすることも可能である。

[0020] [８] 上記[１]～[５]の形態において、
上記一对の隔壁は、第１の隔壁と第２の隔壁とからなり、
第１の隔壁は、少なくとも第２の隔壁と向かい合う面に、紫外線発光面を有し、
第２の隔壁は、少なくとも第１の隔壁と向かい合う面に、光触媒作用を有する面を有し、
工程（２）において、上記流路を通過する被殺菌液体に、 200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域及び 300 nm 以上 400 nm 以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を、第１の隔壁の紫外線発光面から照射し、
上記流路の紫外線発光面に垂直な方向の幅は、上記 200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線が当該被殺菌液体の層を透過し得る最大厚さ以下であることが好ましい。

本出願において、紫外線が「200nm以上300nm未満の波長領域及び300nm以上400nm以下の波長領域に夫々主ピークを有する」とは、その紫外線のパワースペクトルが2つ以上のピークを有し、最も大きなピーク高さを有するピークのピーク波長が、200nm以上300nm未満の波長領域及び300nm以上400nm以下の波長領域のうち一方の波長領域に存在し、かつ、2番目に大きなピーク高さを有するピークのピーク波長が、他方の波長領域に存在することを意味する。

[0021] [9] 一の実施形態において、本発明の液体殺菌装置は、上記[1]の形態の液体殺菌方法により液体の殺菌を行うための装置であって、紫外線を発する一对の紫外線発光面を有する面光源を複数有し、該複数の面光源が相互に対向するように平行に配列されていることにより、隣接する二つの面光源に挟まれた、スリット状の流路を複数有し、該スリット状の流路の、紫外線発光面に垂直な方向の幅が、該流路を挟む紫外線発光面の有効光路長の総和以下であり、該スリット状の流路に液体を流通させることにより、当該液体を殺菌することを特徴とする。

[0022] [10] 上記[9]の形態において、上記面光源は、一对の紫外線発光面を有する導光板と、該導光板の一方の端部に配列された、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオードとを有することが好ましい。

[0023] [11] 上記[9]の形態において、上記面光源は、一对の紫外線発光面を有する導光板と、該導光板から離隔して配置され、上記紫外線を発生する、紫外線発生装置と、該紫外線発生装置から導光板の一方の端部へ紫外線を導く、紫外線導波手段とを有し、紫外線発生装置は、紫外線を出射する棒状光源と、該棒状光源から出射された紫外線を集光する集光装置とを有し、棒状光源は、円筒状または多角柱状の基体と、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイ

オードとを有し、

該複数の深紫外線発光ダイオードは、各紫外線発光ダイオードの光軸が基体の中心軸を通るように上記基体の側面に配置されており、前記中心軸に対して放射状に深紫外線を出射することが好ましい。

[0024] [12] 一の実施形態において、本発明の液体殺菌装置は、上記[8]の形態の液体殺菌方法により液体の殺菌を行うための装置であって、
200nm以上300nm未満の波長領域及び300nm以上400nm以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を発する一对の紫外線発光面を有する面光源を複数有し、
複数の光触媒担持板を有し、
それぞれの光触媒担持板の表面には光触媒材料が担持されており、
上記複数の面光源および上記複数の光触媒担持板は平行に配列されており、
複数の光触媒担持板のそれぞれが、隣り合う一对の面光源の間に配置されることにより、隣接する面光源と光触媒担持板との間にスリット状の流路が形成されており、
スリット状の流路の、該流路の側面を構成する紫外線発光面に垂直な方向の幅が、該紫外線発光面の有効光路長以下であり、
スリット状の流路に液体を流通させることにより前記液体を殺菌することを特徴とする。

[0025] [13] 上記[12]の形態において、上記面光源は、一对の紫外線発光面を有する導光板と、該導光板の一方の端部に配列された、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード及び300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオードとを有することが好ましい。

[0026] [14] 上記[12]の形態において、上記面光源は、一对の紫外線発光面を有する導光板と、導光板から離隔して配置され、上記紫外線を発生する、紫外線発生装置と、紫外線発生装置から導光板の一方の端部へ紫外線を導

く、紫外線導波手段とを有し、

紫外線発生装置は、上記紫外線を出射する棒状光源と、該棒状光源から出射された紫外線を集光する集光装置とを有し、

該光源は、円筒状または多角柱状の基体と、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオードと、300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオードとを有し、

該複数の深紫外線発光ダイオードおよび該複数の紫外線発光ダイオードは、各深紫外線発光ダイオードおよび各紫外線発光ダイオードの光軸が上記基体の中心軸を通るように上記基体の側面に配置されており、上記中心軸に対して放射状に前記紫外線を出射することが好ましい。

発明の効果

[0027] 本発明の液体殺菌方法によれば、例えばジュースや牛乳などの溶液や懸濁液に対しても、UV-LEDによる紫外線殺菌が可能である。

[0028] 本発明の液体殺菌装置は、本発明の液体殺菌方法による液体の殺菌に好ましく用いることができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]一の実施形態に係る液体殺菌装置100を模式的に説明する図である。

[図2]図1のA-A断面図である。

[図3](a)面光源2を模式的に説明する平面図である。(b)面光源2を模式的に説明する側面図である。(c)面光源2の他の一例を模式的に説明する側面図である。

[図4]隣接する面光源(隔壁)2、2を紫外線発光面21a、21bに平行な方向から見た模式断面図、及び、透過紫外線の放射照度 I_1 の座標依存性を説明するグラフを含む図である。

[図5]液体殺菌装置1100を模式的に説明する断面図である。

[図6]棒状光源(棒状紫外線発光モジュール)110の(X-X'面で切断したときの)横断面図および縦断面図である。

[図7]棒状光源 1 1 0 を有する紫外線発生装置 2 4 の横断面図である。

[図8]棒状光源 1 1 0 を有する紫外線発生装置 2 4 の側面図である。

[図9]他の一の実施形態に係る液体殺菌装置 2 1 0 0 を模式的に説明する図である。

[図10]図 9 の A - A 断面図である。

[図11] (a) 面光源 2 0 0 2 を模式的に説明する平面図である。(b) 面光源 2 0 0 2 を模式的に説明する側面図である。(c) 面光源 2 0 0 2 の他の一例を模式的に説明する側面図である。

[図12] (a) 光触媒担持板 4 を模式的に説明する平面図である。(b) 光触媒担持板 4 を模式的に説明する側面図である。

[図13]液体殺菌装置 3 1 0 0 を模式的に説明する断面図である。

[図14]紫外線発生装置 3 0 2 4 が有する棒状光源 3 1 1 0 を説明する図であって、図 6 に対応する図である。

発明を実施するための形態

[0030] 本発明の上記した作用および利得は、以下に説明する発明を実施するための形態から明らかにされる。以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。ただし、本発明はこれらの形態に限定されるものではない。なお、図では、一部の符号を省略することがある。

[0031] 図 1 は、本発明の一の実施形態に係る液体殺菌装置 1 0 0 を模式的に説明する図である。液体殺菌装置 1 0 0 は、本発明の一の実施形態に係る液体殺菌方法 S 1 に用いられる装置である。図 1 に示すように、液体殺菌装置 1 0 0 は、胴部の横断面が矩形である筒状のケーシング 1 を有しており、ケーシング 1 の一方の端部には流入口 1 a が、ケーシング 1 の他方の端部には流出口 1 b が、それぞれ設けられている。流入口 1 a からケーシング 1 の内部に流入した液体は、ケーシング 1 の内部で紫外線による殺菌を受けた後、流出口 1 b からケーシング 1 の外部に流出する。

[0032] 図 2 は、図 1 の A - A 断面図である。図 2 に示すように、液体殺菌装置 1 0 0 は、ケーシング 1 の内部に複数の面光源 2、2、…（以下において単に

「面光源 2」ということがある。)を有している。後述するようにそれぞれの面光源 2 は一对の紫外線発光面を有している。ケーシング 1 の内部には、複数の面光源 2、2、…が、その紫外線発光面を相互に対向させるように配列されており、隣接する面光源 2 同士に挟まれた複数の並列に並んだスリット状の流路 3、3、…(以下において単に「流路 3」ということがある。)を有している。流入口 1 a からケーシング 1 内部に流入した液体は、スリット状の流路 3、3、…を通過する間に、面光源 2 からの紫外線の照射を受けて殺菌される。流路 3、3、…を通過した殺菌済みの液体は、流出口 1 b からケーシング 1 の外部に流出する。

[0033] 図 3 (a) は、面光源 2 を説明する平面図であり、図 3 (b) は面光源 2 を説明する側面図である。図 3 (a)、(b) に示すように、面光源 2 は、一对の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b を有する導光板 2 1 と、導光板 2 1 の一方の端部に配列された複数の深紫外線発光ダイオード 2 2、2 2、…(以下において単に「深紫外線発光ダイオード 2 2」ということがある。)と、一对の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b の表面に設けられた光拡散ドット 2 3、2 3、…(以下において単に「光拡散ドット 2 3」ということがある。)を有している。図 2 に示すように、面光源 2 (より具体的には導光板 2 1) の一方の端部はケーシング 1 の胴部の外側に延出しており、該端部において深紫外線発光ダイオード 2 2、2 2、…(図 2 においては不図示。図 3 参照。)と接続されると共に、深紫外線発光ダイオード 2 2、2 2、…は不図示の電源に接続されており、紫外線を発する。紫外線は、200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域に主ピークを有する。紫外線発光面 2 1 a、2 1 b から発せられる紫外線は、同一の主ピーク波長を有している。紫外線光拡散ドット 2 3 は、一方の表面が紫外線発光面 2 1 a または 2 1 b に接するように設けられた、紫外線を反射する反射膜 2 3 c と、反射膜 2 3 c の他方の表面に設けられた光拡散ドット基材 2 3 a と、光拡散ドット基材 2 3 a の内部に分散保持された光触媒粒子 2 3 b、2 3 b、…(以下において単に「光触媒粒子 2 3 b」ということがある。)とを有している。図 3 (b) の矢印 B に示す

ように、深紫外線発光ダイオード 2 2 から発せられた紫外線は、導光板 2 1 の一方の端部 2 1 c から導光板 2 1 内部に入射し、反射膜 2 3 c、2 3 c、…によって反射されながら導光板 2 1 の内部を伝播し、反射膜 2 3 c のない紫外線発光面 2 1 a 若しくは 2 1 b 又は導光板 2 1 の他方の端部 2 1 d から導光板 2 1 の外部に出射される。

[0034] 光拡散ドット 2 3、2 3、…が導光板 2 1 の表面に配置されていることにより、液体がスリット状の流路 3 を流通する際に液体が光拡散ドット 2 3 にぶつかり、乱流が発生する。乱流が発生することによって液体が攪拌されるので、紫外線による殺菌効率が向上する。

[0035] 光拡散ドット基材 2 3 a の内部に光触媒粒子 2 3 b が分散保持されていることにより、紫外線の拡散効果を向上させることが可能になり、また、紫外線による殺菌作用に加えて、光触媒による殺菌作用を利用することも可能になる。

[0036] 図 3 (a) 及び (b) においては、反射膜 2 3 c の導光板 2 1 と接していない表面に光拡散ドット基材 2 3 a が設けられ、その結果光拡散ドット 2 3 が導光板 2 1 の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b の表面から突出している形態の面光源 2 を説明したが、面光源 2 は当該形態に限定されるものではなく、例えば、光拡散ドット 2 3 が導光板 2 1 の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b から突出していない形態の面光源を採用することも可能である。図 3 (c) は、そのような面光源の他の一例を説明する側面図であって、図 3 (b) に対応する図である。図 3 (c) に示すように、光拡散ドット 2 3 を、紫外線発光面 2 1 a 又は 2 1 b に埋没するように設けてもよい。図 3 (c) において、反射膜 2 3 c は、光拡散ドット基材 2 3 a と導光板 2 1 との界面に設けられている。このように光拡散ドットを導光板表面に埋没させた形態によれば、光拡散ドットの脱落を防ぐことが容易になる。なお、図 3 (b) に示したように導光板表面から突出するように設けた光拡散ドットと、図 3 (c) に示すように導光板表面に埋没するように設けた光拡散ドットとの両方を有する形態の面光源を採用することも可能である。

[0037] 再び図2を参照する。液体殺菌装置100においては、一对の紫外線発光面21a、21bを有する面光源2、2、…が、相互に対向するように、すなわち隣接する面光源の紫外線発光面どうしが相互に対向するように、平行に配列されているので、スリット状の流路3の両側から液体に紫外線を照射することができ、効率よく液体を殺菌することができる。後述するように、各スリット状の流路3の、紫外線発光面21a、21bに垂直な方向の幅dは、該流路3を挟む紫外線発光面21a、21bの有効光路長の総和以下となっている。

[0038] 本発明の一の実施形態に係る液体殺菌方法S1について、図1～図3を参照しつつ説明する。液体殺菌方法S1は、(1)所定の幅の間隙を設けて平行に配置された一对の隔壁2、2（すなわち隣接する面光源2、2。）の間に形成された流路3に、溶液又は懸濁液である被殺菌液体5を流通させる工程S11と、(2)流路3を通過する被殺菌液体5に、一对の隔壁2、2の向かい合う2面の両方に設けられた紫外線発光面21a、21bから紫外線を照射する工程S12とを含む。そして、上記間隙（すなわち隣接する面光源2、2の間の距離。）の、紫外線発光面21a、21bに垂直な方向の幅dは、紫外線発光面21a、21bの有効光路長 L_a 、 L_b の総和 $L_a + L_b$ 以下とされる。ここで、各紫外線発光面21a、21bの有効光路長 L_a 、 L_b は、該紫外線発光面21a／21bから照射される紫外線が被殺菌液体5の層を透過したときの透過紫外線の放射照度が $0.001 \text{ mW/cm}^2 (= 1 \mu \text{ W/cm}^2)$ となる被殺菌液体5の層の厚さとして定義される。紫外線発光面21a、21bの有効光路長 L_a 、 L_b は別途測定される。

[0039] 紫外線発光面21a、21bの有効光路長 L_a 、 L_b の決定は、例えば次の工程(a)～(e)(S101～S105)により行うことができる：

(a) 所定の光路長を有する紫外線透過性光学測定用セル（以下において単に「セル」ということがある。）の内部に、被殺菌液体5を充填する工程S101；

(b) 紫外線発光面21a（又は21b）をセルに密着させて、紫外線発光

面 2 1 a (又は 2 1 b) から、殺菌処理時と同一の発光条件で発光させた紫外線を、セル内に向けて照射する工程 S 1 0 2 ;

(c) セルを通過した透過紫外線の放射照度 (単位 : mW/cm^2) を測定する工程 S 1 0 3 ;

(d) 上記工程 (a) 乃至 (c) (S 1 0 1 ~ S 1 0 3) を、異なる光路長を有する複数のセルについて行うことにより、透過紫外線の放射照度と光路長との関係を求める工程 S 1 0 4 ; および、

(e) 上記工程 (d) (S 1 0 4) において求めた、透過紫外線の放射照度と光路長との関係に基づいて、紫外線発光面 2 1 a (又は 2 1 b) の有効光路長 L_a (又は L_b) を決定する工程 S 1 0 5。

[0040] 上記工程 (d) ~ (e) (S 1 0 4 ~ S 1 0 5) において、透過紫外線の放射照度と光路長との関係は、L a m b e r t - B e e r の法則に従う。すなわち、透過紫外線の放射照度 I_1 は、光路長 L に対して、次の式 (1) の関係にある。

$$\log(I_1/I_0) = -\alpha L \quad \dots (1)$$

式 (1) 中、 I_0 は媒質に入射する前の波長 λ の紫外線の放射照度であり、 α は非殺菌液体 5 と波長 λ_{peak} に対応して定まる比例定数 (吸光係数) である。一般に、発光ダイオードの発光スペクトルのピーク幅は極めて狭いので、透過紫外線の放射照度の光路長依存性を議論するにあたっては、深紫外線発光ダイオード 2 2 の発光ピーク波長 λ_{peak} における吸光係数 $\alpha(\lambda_{peak})$ のみを考えれば十分である。式 (1) は次の式 (2) のように変形できる。

$$\log I_1 = -\alpha L + \log I_0 \quad \dots (2)$$

したがって主ピーク波長 λ_{peak} における透過紫外線の放射照度 I_1 の対数と、セルの光路長 L との組を複数得ることにより、主ピーク波長 λ_{peak} における透過紫外線の放射照度 I_1 と光路長 L とを関係付ける回帰直線を求めることができる (上記 (d) 工程 S 1 0 4)。回帰直線の算出には例えば最小二乗法等の公知の方法を用いることができる。そして紫外線発光面 2 1 a (又は 2 1 b) の有効光路長 L_a (又は L_b) は、該回帰直線において $I_1 = 0.001$

mW/cm^2 ($=1\text{ }\mu\text{W}/\text{cm}^2$) を与える光路長 L として求めることができる（上記（e）工程S105）。紫外線発光面21a、21bの発光強度が同一であれば $L_a = L_b$ である。

上記工程（a）～（e）（S101～S105）は、上記工程S11及びS12の前に別途行うことができる。

[0041] 上記したように、液体殺菌方法S1において、紫外線発光面21a、21bに垂直な方向の幅 d は、紫外線発光面21a、21bの有効光路長 L_a 、 L_b の総和 $L_a + L_b$ 以下とする。このとき、 d の下限値は、使用する面光源の紫外線発光面から照射される紫外線強度の制御可能範囲（特に最高強度）や被殺菌液体の流速の制御可能範囲（特に最低流速）を考慮して、想定する処理時間（紫外線照射時間内）で殺菌に必要な積算照射量を得るという観点から決定される。 d の下限値は、有効光路長 L_a 、 L_b の総和 $L_a + L_b$ の10～90%であることが好ましく、20～80%であることがより好ましく、30～70%であることが最も好ましい。

流路3の長さ及び／又は被殺菌液体5の流速（流路3の長さが調整可能でない場合には、被殺菌液体5の流速）は、被殺菌液体5の殺菌に必要な紫外線の積算照射量 I_{int} (mJ/cm^2) が確実に達成されるように定めることが好ましい。これは例えば、上記工程（a）～（d）（S101～S104）および、次の工程（f）～（i）（S106～S109）により行うことができる：

（f）紫外線発光面21a、21bにおける透過紫外線の放射照度 I_1 と光路長 L との関係、および、流路3の紫外線発光面21a、21bに垂直な方向の幅 d に基づいて、流路3の紫外線発光面21a、21bに垂直な方向における紫外線の放射照度分布、及び、該放射照度分布における最低放射照度 I_{min} （単位： mW/cm^2 ）を決定する工程S106；

（g）被殺菌液体5の殺菌に必要な紫外線の積算照射量 I_{int} （単位： mJ/cm^2 ）を決定する工程S107；

（h）積算照射量 I_{int} を最低放射照度 I_{min} で除した値で定義される最低

照射時間 t_{min} (単位: 秒) を決定する工程 S 1 0 8 ; および、

(i) 被殺菌液体 5 が流路 3 内に滞在する滞在時間 T が最低照射時間 t_{min} 以上となるように、流路 3 の長さ l 及び／又は流路 3 を流れる被殺菌液体 5 の流速 (線速度) v を調整する工程 S 1 0 9。

[0042] 上記工程 (f) (S 1 0 6) において、紫外線発光面 2 1 a、2 1 b に係る透過紫外線の放射照度 I_1 と光路長 L との関係は、上記工程 (a) ~ (d) (S 1 0 1 ~ S 1 0 4) により求められる。図 4 を参照する。図 4 には、隣接する面光源 (隔壁) 2、2 を紫外線発光面 2 1 a、2 1 b に平行な方向から見た模式断面図、及び、透過紫外線の放射照度 I_1 の座標依存性を説明するグラフが表れている。紫外線発光面 2 1 a、2 1 b に垂直な方向に x 軸をとり、紫外線発光面 2 1 a の位置を x 軸の原点とする。座標 x における透過紫外線の放射照度 $I(x)$ に対する、紫外線発光面 2 1 a、2 1 b から発せられた紫外線の寄与 $I_a(x)$ 、 $I_b(x)$ は、次の式 (3 a) 及び (3 b) で表される。

$$I_a(x) = I_{0,a} \cdot 10^{-\alpha x} \quad \dots (3 a)$$

$$I_b(x) = I_{0,b} \cdot 10^{-\alpha (d-x)} \quad \dots (3 b)$$

ただし d は流路 3 の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b に垂直な方向の幅である。

したがって座標 x における透過紫外線の放射照度 $I(x)$ は、

$$\begin{aligned} I(x) &= I_a(x) + I_b(x) \\ &= I_{0,a} \cdot 10^{-\alpha x} + I_{0,b} \cdot 10^{-\alpha (d-x)} \quad \dots (4) \end{aligned}$$

で表される。 $I(x)$ は流路 3 の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b における紫外線の放射照度分布である。 $d I(x) / dx = 0$ を与える座標 x_1 は

$$x_1 = (I_{0,a} / I_{0,b} + \alpha d) / 2 \alpha \quad \dots (6)$$

である。紫外線発光面 2 1 a、2 1 b の発光強度が同一である場合には $I_{0,a} = I_{0,b}$ なので、この場合には式 (6) は α の値に関わらず

$$x_1 = d / 2 \quad \dots (7)$$

となる。 $0 \leq x \leq d$ において常に

$$d^2 I(x) / dx^2 > 0 \quad \dots (8)$$

であるので、式（６）の座標 x_1 において透過紫外線の放射照度 $I(x)$ は極小値（最小値） $I(x_1)$ をとる。 $I(x_1)$ は放射照度分布 $I(x)$ における最低放射照度 I_{min} である。

[0043] 上記工程（ｇ）（Ｓ１０７）において、被殺菌液体５の殺菌に必要な紫外線の積算照射量 I_{int} （単位： mJ/cm^2 ）は、紫外線発光面２１ａ、２１ｂから照射される紫外線の主ピーク波長（すなわち深紫外線発光ダイオード２２の発光ピーク波長 λ_{peak} ）と、被殺菌液体５に含まれることが想定される、殺菌すべき微生物とに基づいて定めることができる。 I_{int} としては例えば、波長 λ_{peak} の深紫外線を照射したときに、殺菌すべき微生物の９９．９％が死滅する積算照射量を選択することができる。そのような積算照射量は、予備実験または文献により知ることができる。

[0044] 上記工程（ｈ）（Ｓ１０８）において、最低照射時間 t_{min} は、上記（ｆ）工程Ｓ１０６において決定された最低放射照度 I_{min} と、上記（ｇ）工程Ｓ１０７において決定された積算照射量 I_{int} とから、次の式（９）によって決定することができる。

$$t_{min} = I_{int} / I_{min} \quad \dots (9)$$

[0045] 上記工程（ｉ）（Ｓ１０９）において、被殺菌液体５が流路３内に滞在する滞在時間 T は、流路３の長さ l 及び流路３を流れる被殺菌液体５の流速（線速度） v から、

$$T = l / v \quad \dots (10)$$

によって定まる。上記（ｈ）工程Ｓ１０８において求めた最低照射時間 t_{min} に対して

$$T = l / v \geq t_{min} \quad \dots (11)$$

となるように、 l 及び v を調整する。複数の流路３、３、…が存在し、流路によって被殺菌液体５の流速が異なる場合には、最も流速の大きな流路について式（１１）が満たされるべきである。流路３の長さ l が調整可能でない場合には、被殺菌液体５の流速 v を調整する。被殺菌液体５の流速 v は、液体殺菌装置１００の上流側および／または下流側に配置される送液ポ

ンプ（不図示）の送液速度を変更することにより容易に調整できる。

[0046] 本発明に関する上記説明では、上記（１）工程Ｓ１１において、２以上の流路３、３、…に被殺菌液体５を流通させ、上記（２）工程Ｓ１２において、該２以上の流路３、３、…を通過する被殺菌液体５に紫外線を照射し、該２以上の流路３、３、…のそれぞれは、平行に配置された３以上の隔壁２、２、…の、各一对の隣接する隔壁２、２の間に形成された流路３であり、上記３以上の隔壁２、２、…のそれぞれの両面に、紫外線発光面２１ａ、２１ｂが設けられている形態の液体殺菌方法を例示したが、本発明の液体殺菌方法は当該形態に限定されない。例えば、上記３以上の隔壁２、２、…のそれぞれの片面のみに紫外線発光面２１ａが設けられており（紫外線発光面２１ｂが存在せず）、上記３以上の隔壁２、２、…は、該紫外線発光面２１ａが設けられた面を同じ方向に向けて（図２参照。）配置される形態の液体殺菌方法とすることも可能である。そのような形態としては例えば、図３（ａ）～（ｃ）において、紫外線発光面２１ｂが全て紫外線反射膜で覆われている形態を例示できる。かかる形態においては、上記工程（２）は、流路３を通過する被殺菌液体５に、一对の隔壁２、２の向かい合う２面の一方に設けられた１の紫外線発光面２１ａから紫外線を照射する工程となる。

また、上記工程（１）において、単一の流路３に被殺菌液体５を流通させ、上記工程（２）において、該単一の流路３を通過する被殺菌液体５に紫外線を照射する形態の液体殺菌方法とすることも可能である。

[0047] 本発明に関する上記説明では、各面光源２が、一对の紫外線発光面２１ａ、２１ｂを有する導光板２１と、該導光板２１の一方の端部２１ｃに配列された、２００ｎｍ以上３００ｎｍ未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード２２、２２、…とを有する形態の液体殺菌装置１００を例示したが、本発明の液体殺菌装置は当該形態に限定されない。例えば、面光源に関しては、他の形態の導光板の他、特許文献５に記載されたＬＥＤモジュールのように、深紫外線発光ダイオード２２を多数平面上に整列配置したものを使用することも可能である。しかし、このよ

うな面光源では必然的に面光源の厚さが厚くなり装置のコンパクト化が困難となるばかりでなく、深紫外線発光ダイオード 2 2 自体をケーシング 1 内部に配置しなければならないことから装置のメンテナンスが煩雑となる。このような理由から面光源としては導光板を利用したものが好ましい。

液体殺菌装置 1 0 0 以外の装置で好適な装置を例示すれば、各面光源が、一对の紫外線発光面を有する導光板と、該導光板から離隔して配置され、紫外線を発生する、紫外線発生装置と、該紫外線発生装置から導光板の一方の端部へ紫外線を導く、紫外線導波手段とを有する形態の液体殺菌装置を挙げることができる。図 5 は、そのような他の一の実施形態に係る液体殺菌装置 1 1 0 0 を説明する図である。図 5 は、液体殺菌装置 1 1 0 0 を模式的に説明する断面図であって、図 5 の紙面に垂直な方向が被殺菌液体 5 の流通する方向である。図 5 において、図 1 ～ 4 に表れた要素と同一の要素には図 1 ～ 4 における符号と同一の符号を付し、説明を省略する。

[0048] 液体殺菌装置 1 1 0 0 は、面光源 2、2、…に代えて面光源 1 0 0 2、1 0 0 2、…を有する点において、上記説明した液体殺菌装置 1 0 0 と異なっている。各面光源 1 0 0 2 は、一对の紫外線発光面 2 1 a、2 1 b を有する導光板 2 1 と、該導光板 2 1 から離隔して配置され、紫外線を発生する、紫外線発生装置 2 4 と、該紫外線発生装置 2 4 から導光板 2 1 の一方の端部 2 1 c へ紫外線を導く、紫外線導波手段 2 5 とを有している。図 5 においては、図面を簡単にするため、導光板 2 1 の表面に設けられる光拡散ドット 2 3、2 3、…は省略している。紫外線導波手段 2 5 としては例えば、折り曲げられた導光板、可撓性の導光フィルムの張り合わせ、内壁が紫外線反射材で構成された導波管等、帯状の平行光を伝送可能な導波路を特に制限なく採用できる。液体殺菌装置 1 1 0 0 において、導光板 2 1 の端部 2 1 c と紫外線導波手段 2 5 との接続を容易にするため、導光板 2 1 の一部は、ケーシング 1 の一の側壁に設けられた貫通孔を通じてケーシング 1 の内部からケーシング 1 の外部に延在しており、ケーシング 1 の外部に存在する導光板 2 1 の端部 2 1 c に紫外線導波手段 2 5 の一方の端部が接続されている。紫外線導波

手段 25 の他方の端部は紫外線発生装置 24 に接続されている。

[0049] 紫外線発生装置 24 について、図 6～8 を参照しつつ説明する。紫外線発生装置 24 は、紫外線を出射する棒状光源 110 と、棒状光源 110 から出射された紫外線を集光する集光装置とを有し、棒状光源 110 は、円筒状または多角柱状の基体 111 と、200nm 以上 300nm 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード 112、112、…とを有し、該複数の深紫外線発光ダイオード 112、112、…は、各深紫外線発光ダイオード 112 の光軸が基体 111 の中心軸 114 を通るように基体 11 の側面に配置されており、中心軸 114 に対して放射状に深紫外線を出射する。このような紫外線発生装置は、特許第 5591305 号公報（特許文献 6）に記載されており、その内容はここに参照をもって組み入れられる。

[0050] 図 6 には、棒状光源（棒状紫外線発光モジュール）110 の（X-X' 面で切断したときの）横断面図および縦断面図を示している。図 6 に示されるように、棒状光源 110 においては円筒状基体 111 の表面上に複数の深紫外線発光ダイオード 112、112、…（以下において単に「深紫外 LED 112」ということがある。）が整列配置されており、該円筒状基体 111 の内部には冷却媒体用流路 113 が形成されている。また、深紫外 LED 112 が搭載された円筒状基体 111 は、石英などの紫外線透過性材料から形成されるカバー 116 で覆われている。該カバー 116 は封止剤やパッキン、O リング等のシール部材 117 を用いて気密又は水密に円筒状基体 111 に装着され、その内部には深紫外 LED 112 の耐久性を高めるために不活性ガスまたは乾燥空気が封入されている。

[0051] 深紫外 LED 112、112、…は、素子がサブマウントに搭載された状態またはパッケージに収容された状態で配置され、一定方向に向かって紫外線を出射する。なお、図示しないが、サブマウント又はパッケージには、外部から深紫外 LED 112 に電力を供給するための配線や深紫外 LED 112 を正常に作動させるための回路等が形成されており、該配線や回路への電

力の供給は円筒状基体 111 の表面又は内部に形成された配線を介して行われる。

[0052] 円筒状基体 111 は、深紫外 LED 112 を固定および保持するための支持体として機能するほか、ヒートシンクとしての機能も有し、内部の冷却媒体用流路 113 に冷却水や冷却用エアなどの冷却媒体 118 を流通することにより深紫外 LED 112 が発する熱による温度上昇を防止して、素子の安定作動を助け、素子寿命を延ばすことが可能となる。

[0053] 深紫外 LED 112 で発生した熱を効率よく除去するため、円筒状基体 111 は、主として銅、アルミニウムなどの熱導電性の高い金属やセラミックスなどで構成されていることが好ましく、また、冷却媒体 118 の熱交換面積を増大させるために冷却媒体用流路 113 の内壁面には溝加工を施すことが好ましい。さらに、円筒状基体 111 を金属材料で構成する場合には、外部電源から深紫外 LED 112 に電力を供給するための銅線または回路との絶縁を図るための絶縁層が形成されていることが好ましい。

[0054] 円筒状基体 111 の側面には、その周方向に沿って、複数の深紫外 LED 112、112、…が、各深紫外 LED 112 の光軸 115 が基体 111 の中心軸 114 を通るように配置されている。その結果、深紫外 LED 112 から出射される深紫外線は、基体 111 の中心軸 114 に対して放射状に出射されることになる。なお、深紫外 LED 112 の光軸 115 とは、深紫外 LED 112 から出射される光芒の中心軸を意味し、該光芒の進行方向とほぼ同義である。また、ここで、「光軸 115 が基体 111 の中心軸 114 を通るように配置する」とは、なるべくこのような状態を実現するように配置するという意味であり、その状態から僅かに傾いていても問題はない。

[0055] 図 6 には、基体 111 の周方向に 4 個の深紫外 LED を配置した例を示しているが、当該形態に限定されるものではなく、深紫外 LED 112 の配置数は円筒状基体 111 の外径に応じて適宜変更できる。周方向に配置する深紫外 LED 112 の数は、通常 3～20 個、好ましくは 4～12 個の範囲であるが、周方向に配置する深紫外 LED 112 の数が多いほど深紫外光照射

手段44'から出射される深紫外線の強度（光量子束密度）は高くなるので、より高強度の深紫外光が必要な場合には、円筒状基体111の径を大きくし、周方向に配置する紫外線発光素子の数を、上記範囲を超えて多くすることができる。

[0056] 深紫外LED112、112、…は、図6の縦断面図に示すように円筒状基体111の長手方向に列を形成するように配置することが好ましい。このとき、深紫外LED112、112、…は、棒状光源110の軸方向における発光強度が均一になるように、円筒状基体111側面に密に規則正しく配列するように配置することが好ましい。

[0057] 図7及び図8には、棒状光源110を有する紫外線発生装置24の横断面図及び側面図を示した。紫外線発生装置24は、内面が長楕円反射ミラーからなる出射側反射ミラー120となっている出射側筐体125と、内面が長楕円反射ミラーからなる集光側反射ミラー123となっていると共に紫外線出射用開口部130が形成されている集光側筐体126と、紫外線出射用開口部130に配置されたコリメート光学系140からなる本体150を有し、該本体150の内部に棒状光源110が配置されている。本体150において出射側筐体125と集光側筐体126とは互いに着脱可能に又はヒンジ等を用いて開閉可能とされていることが好ましい。また、本体150の図7及び図8における上下両端開口部には、紫外線が外部に漏れ出ることを防止するためのカバー（不図示）が設けられている。

[0058] 図7及び図8に示す態様では、出射側反射ミラー120と集光側反射ミラー123とは実質的に同形状の長楕円反射ミラーであるので、本体150において、出射側筐体125と集光側筐体126とが結合されて形成される内部空間の形状は、出射側反射ミラーの焦点軸121及び出射側反射ミラーの集光軸122の2軸をそれぞれ焦点軸とする楕円形の断面（ただし、開口部130に相当する部分が欠損している。）を有する柱状体となる。出射側反射ミラー120および集光側反射ミラー123の表面は、深紫外線に対する反射率が大きい材質、たとえばRu、Rh、Pd、Os、Ir、Pt等の白

金族金属、Al、Ag、Ti、これらの金属の少なくとも一種を含む合金、又は酸化マグネシウムで構成されることが好ましく、反射率が特に高いという理由から、Al、白金族金属又は白金族金属を含む合金、又は酸化マグネシウムで形成されていることが特に好ましい。

[0059] 集光側反射ミラー123及び集光側筐体126には、スリット状に紫外線出射用開口部130が設けられ、該開口部130には、集光された紫外線を平行若しくは略平行な光束に変換するコリメート光学系140が配置されている。コリメート光学系140は合成又は天然石英、サファイア、紫外線透過性樹脂等の紫外線透過性の高い材質で構成されることが好ましい。該コリメート光学系140は紫外線出射用開口部130に脱着可能に取り付けられていることが好ましい。

[0060] 紫外線発生装置24において、棒状光源110は、その中心軸114が出射側反射ミラーの焦点軸121と一致するように配置される。このような位置に棒状光源110が配置されるので、該棒状光源110から放射状に出射される深紫外光は出射側反射ミラー120および集光側反射ミラー123で反射されて集光側反射ミラーの焦点軸124（すなわち出射側反射ミラーの集光軸122）上に収斂するように集光され、集光された深紫外光は紫外線出射用開口部130から紫外線導波手段25の一方の（導波板21に接続されている端部とは反対側の）端部に入射する。

[0061] このように、紫外線発生装置24では、原理的には、棒状光源110から放射状に出射される深紫外線の全てを集光側反射ミラー123の焦点軸124上に集光でき、深紫外線出射用開口部130方向に向かわない方向（たとえば反対方向や横方向）に出射された深紫外線をも有効に利用することができる。すなわち、棒状光源110において、光軸115が紫外線出射用開口部130方向に向かうように深紫外LED112、112、…の全てを同一平面上に配置する必要はなく、横方向や反対方向に向けて配置することも可能となる。したがって、棒状光源110は、単位空間あたりに配置される深紫外線発光ダイオードの数を大幅に増やすことができ、紫外線発生装置24

は、より高い強度の紫外線を導光板 21 に供給することができる。

[0062] 本発明に関する上記説明では、それぞれのスリット状の流路 3 が隣接する面光源 2、2 によって画定される形態の液体殺菌装置 100 を例示したが、本発明は当該形態に限定されない。例えば、スリット状の流路が光触媒を担持した板と面光源とによって画定され、光触媒の殺菌作用をさらに利用する形態の液体殺菌装置とすることも可能である。図 9 は、そのような他の一の実施形態に係る液体殺菌装置 2100 を模式的に説明する図であり、図 10 は図 9 の A' - A' 断面図である。また図 11 は、液体殺菌装置 2100 が備える面光源 2002 を模式的に説明する図である。図 9 ~ 12 において、図 1 ~ 8 に既に表れた要素と同一の要素には図 1 ~ 8 における符号と同一の符号を付し、説明を省略する。

[0063] 図 10 に示すように、液体殺菌装置 2100 は、200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域及び 300 nm 以上 400 nm 以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を発する一对の紫外線発光面 2021a、2021b（後述）を有する面光源 2002、2002、…（以下において単に「面光源 2002」ということがある。）に加えて、複数の光触媒担持板 4、4、…（以下において単に「光触媒担持板 4」ということがある。）をさらに有しており、複数の面光源 2002、2002、…および複数の光触媒担持板 4、4、…は平行に配列されており、光触媒担持板 4 のそれぞれが、隣り合う一对の面光源 2002、2002 の間に配置されることにより、隣接する面光源 2002 と光触媒担持板 4 との間にスリット状の流路 2003 が形成されている。各スリット状の流路 2003 の、該流路 2003 の側面を構成する紫外線発光面 2021a（又は 2021b）に垂直な方向の幅 d' が、該紫外線発光面 2021a（又は 2021b）の有効光路長以下となっている。液体殺菌装置 2100 においては、スリット状の流路 2003、2003、…に液体を流通させることによって液体の殺菌が行われる。

[0064] 図 11（a）は面光源 2002 を模式的に説明する平面図であって、図 3（a）に対応する図である。図 11（b）は面光源 2002 を模式的に説明

する側面図であって、図 3 (b) に対応する図である。図 11 (a) に示すように、面光源 2002 は、一対の紫外線発光面 2021 a、2021 b を有する導光板 2021 と、導光板 2021 の一方の端部 2021 c に配列された、200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード 22、22、…、及び、300 nm 以上 400 nm 以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオード 26、26、…と、一対の紫外線発光面 2021 a、2021 b の表面に設けられた光拡散ドット 2023、2023、…（以下において単に「光拡散ドット 2023」ということがある。）を有している。図 10 に示すように、面光源 2002（より具体的には導光板 2021）の一方の端部 2021 c はケーシング 1 の胴部の外側に延出し、該端部において深紫外線発光ダイオード 22、22、…及び紫外線発光ダイオード 26、26、…（図 10 において不図示。図 11 参照。）と接続されるとともに、深紫外線発光ダイオード 22、22、…及び紫外線発光ダイオード 26、26、…は不図示の電源に接続されており、波長 200 nm 以上 300 nm 未満の深紫外線および波長 300 nm 以上 400 nm 以下の深紫外線をそれぞれ発する。光拡散ドット 2023 は、一方の表面が紫外線発光面 2021 a または 2021 b に接するように設けられた、紫外線を反射する反射膜 2023 c と、反射膜 2023 c の他方の表面に設けられた光拡散ドット基材 2023 a とを有している。図 11 (b) の矢印 B' に示すように、深紫外線発光ダイオード 22 又は紫外線発光ダイオード 26 から発せられた紫外線は、導光板 2021 の一方の端部 2021 c から導光板 2021 内部に入射し、反射膜 2023 c、2023 c、…によって反射されながら導光板 2021 の内部を伝播し、反射膜 2023 c のない紫外線発光面 2021 a 若しくは 2021 b 又は導光板 2021 の他方の端部 2021 d から導光板 2021 の外部に出射される。図 11 (b) に示すように、光拡散ドット 2023、2023、…が導光板 2021 の表面に配置されていることにより、液体がスリット状の流路 2003 を流通する際に液体が光拡散ドット 2023

にぶつかり、乱流が発生する。乱流が発生することによって液体が攪拌されるので、殺菌効率が向上する。

[0065] 図11(a)及び(b)においては、反射膜2023cの導光板2021と接していない表面に光拡散ドット基材2023aが設けられ、その結果光拡散ドット2023が導光板2021の紫外線発光面2021a、2021bの表面から突出している形態の面光源2002を説明したが、面光源2002は当該形態に限定されるものではなく、例えば、光拡散ドット2023が導光板2021の紫外線発光面2021a、2021bから突出していない形態の面光源を採用することも可能である。図11(c)は、そのような面光源の他の一例を説明する側面図であって、図11(b)に対応する図である。図11(c)に示すように、光拡散ドット2023を、紫外線発光面2021a又は2021bに埋没するように設けてもよい。図11(c)において、反射膜2023cは、光拡散ドット基材2023aと導光板2021との界面に設けられている。このように光拡散ドットを導光板表面に埋没させた形態によれば、光拡散ドットの脱落を防ぐことが容易になる。なお、図11(b)に示したように導光板表面から突出するように設けた光拡散ドットと、図11(c)に示すように導光板表面に埋没するように設けた光拡散ドットとの両方を有する形態の面光源を採用することも可能である。

[0066] なお、液体殺菌装置2100は光触媒担持板4、4、…を備えているので、面光源2002の光拡散ドット2023内部に光触媒粒子を分散保持させる必要はない。光拡散ドット内部に光触媒を分散保持させないことにより、光触媒の作用による面光源2002の劣化を防止することが容易になる。

[0067] 図12(a)は光触媒担持板4を模式的に説明する平面図であり、図12(b)は光触媒担持板4を模式的に説明する側面図である。図12(b)に示すように、光触媒担持板4は、基材4aと、基材4aの表面を被覆するバリアコート層4bと、バリアコート層4bの表面を被覆する光触媒層4cとを有する。光触媒担持板の基材4aと光触媒層4cの間にバリアコート層4bを設けることによって、光触媒担持板の基材4aが光触媒層4cの光触媒

作用によって劣化する事態を抑制できる。光触媒担持板の基材 4 a は、光触媒担持板 4 の形状を維持する十分な強度を有する材料によって形成されている。そのような材料としては、各種金属、セラミックス、ガラス、各種樹脂等を例示できる。バリアコート層 4 b は、光触媒層 4 c の酸化作用から光触媒担持板の基材 4 a を保護する層であり、例えば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、ポリフッ化ビニル、4 フッ化エチレン-6 フッ化プロピレン共重合体、パーフルオロアルコキシフッ素樹脂等のフッ素樹脂により形成されている。光触媒層 4 c は、光触媒を含有する被膜層であって、光照射を受けることにより有機物を酸化分解する機能を有する。光触媒層 4 c に含有させる光触媒としては、安全性の観点から酸化チタンを好ましく用いることができる。なお、光触媒担持板の基材 4 a に光触媒層 4 c を形成する手段は特に制限されるものではなく、例えば、光触媒酸化チタン及びバインダーを含むコーティング剤をバリアコート層 4 b の表面に塗布した後、該コーティング剤を硬化させることにより形成することができる。バインダーとしては、例えばケイ酸塩系バインダー、リン酸塩系バインダー、無機コロイド、金属アルコキシド、フッ素樹脂などの、光触媒担持板の基材 4 a を劣化させない温度での硬化が可能な公知のバインダーを特に制限なく用いることができる。液体殺菌装置 2100 が殺菌すべき液体が食品（例えば牛乳や清涼飲料水、酒類等。）である場合には、硬化後にその成分が当該液体に溶出しない硬化剤を用いることが好ましく、このような観点からは、フッ素樹脂系バインダーを好ましく採用できる。

[0068] 再び図 10 を参照する。液体殺菌装置 2100 においては、各光触媒担持板 4 が、隣り合う一対の面光源 2002、2002 の間に配置されることにより、隣接する面光源 2002 と光触媒担持板 4 との間にスリット状の流路 2003 が形成されている。流路 2003 に液体を流通させると、流路 2003 のうち面光源 2002 に近い領域においては深紫外線による殺菌が主に行われ、流路 2003 のうち光触媒担持板 4 に近い領域においては光触媒作

用による殺菌が主に行われる。液体殺菌装置 2100 によれば、このようにして、効率よく液体を殺菌することが可能である。

[0069] 本発明の他の一の実施形態に係る液体殺菌方法 S2 について、図 9～12 を参照しつつ説明する。液体殺菌方法 S2 は、(1) 所定の幅の間隙を設けて平行に配置された一对の隔壁 2002、4 (すなわち隣接する面光源 2002 及び光触媒担持板 4。) の間に形成された流路 2003 に、溶液又は懸濁液である被殺菌液体 5 を流通させる工程 S21 と、(2) 流路 2003 を通過する被殺菌液体 5 に、一对の隔壁 2002、4 の向かい合う 2 面の一方に設けられた紫外線発光面 2021a (又は 2021b) から紫外線を照射する工程 S22 とを含む。そして、上記間隙 (すなわち隣接する面光源 2002 と光触媒担持板 4 との間の距離。) の、紫外線発光面 2021a (又は 2021b) に垂直な方向の幅 d' は、該間隙の一方の側面を構成する紫外線面光源 2002 の紫外線発光面 2021a (又は 2021b) の有効光路長 L_a (又は L_b) 以下である。ここで、紫外線発光面 2021a、2021b の有効光路長 L_a 、 L_b の定義は上記説明した液体殺菌方法 S1 と同様であり、別途測定される。

[0070] 液体殺菌方法 S2 において、一对の隔壁 2002、4 は、第 1 の隔壁 2002 (すなわち面光源 2002) と、第 2 の隔壁 4 (すなわち光触媒担持板 4) とからなる。第 1 の隔壁 2002 は、少なくとも第 2 の隔壁 4 と向かい合う面に、紫外線発光面 2021a (又は 2021b) を有し、第 2 の隔壁 4 は、少なくとも第 1 の隔壁 2002 と向かい合う面に、光触媒作用を有する面を有する。上記 (2) の工程 S22 において、流路 2003 を通過する被殺菌液体 5 に、200nm 以上 300nm 未満の波長領域及び 300nm 以上 400nm 以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を、第 1 の隔壁 2002 の紫外線発光面 2021a (又は 2021b) から照射する。流路 2003 の紫外線発光面 2021a (又は 2021b) に垂直な方向の幅 d' は、200nm 以上 300nm 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線に基づいて決定された有効光路長 L_a (又は L_b) 以下とされている。光源

として200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する深紫外線発光ダイオード22と300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する紫外線発光ダイオード26とを併用した場合、一般に紫外線発光ダイオード26の発光強度の方が深紫外線発光ダイオード22の発光強度より高いので、幅 d' が深紫外線発光ダイオード22から発せられる波長200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する深紫外線に基づいて決定された有効光路長 L_a （又は L_b ）以下である限り、光触媒の励起光となる300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線は第2の隔壁4（すなわち光触媒担持板4）に到達することができる。

なお、幅 d' の下限値は、液体殺菌方法S1と同様にして決定すればよい。

[0071] 紫外線発光面2021a、2021bの有効光路長 L_a 、 L_b の決定は、上記液体殺菌方法S1と同様の工程（a）～（e）（S101～S105）により行うことができる。

[0072] 流路2003の長さ及び／又は被殺菌液体5の流速（流路2003の長さが調整可能でない場合には、被殺菌液体5の流速）は、被殺菌液体5の殺菌に必要な紫外線の積算照射量 I_{int} （ mJ/cm^2 ）が確実に達成されるように定めることが好ましい。これは上記工程（a）～（d）（S101～S104）および上記工程（f）～（i）（S106～S109）により同様に行うことができる。ただし上記（f）の工程S106において、向かい合う一对の隔壁の一方は紫外線発光面を有しない光触媒担持板4であるので、当該流路2003に接する紫外線発光面2021a（又は2021b）に垂直な方向に x 軸をとり、該紫外線発光面2021a（又は2021b）の位置を x 軸の原点として、座標 x における透過紫外線の放射照度 $I(x)$ は、

$$I(x) = I_0 \cdot 10^{-\alpha x} \quad \dots (4')$$

として表される。ただし $0 \leq x \leq d'$ である。これは座標 $x = d'$ において最小値 $I(d')$ をとる。これが放射照度分布 $I(x)$ における最低放射照

度 I_{min} である。

[0073] 本発明に関する上記説明では、上記（１）工程 $S21$ において、２以上の流路 2003 、 2003 、…に被殺菌液体 5 を流通させ、上記（２）工程 $S22$ において、該２以上の流路 2003 、 2003 、…を通過する被殺菌液体 5 に紫外線を照射する形態の液体殺菌方法 $S2$ を例示したが、本発明は当該形態に限定されない。例えば、上記工程（１）において、単一の流路 2003 に被殺菌液体 5 を流通させ、上記工程（２）において、該単一の流路 2003 を通過する被殺菌液体 5 に紫外線を照射する形態の液体殺菌方法とすることも可能である。

[0074] 本発明に関する上記説明では、各面光源 2002 が、一对の紫外線発光面 $2021a$ 、 $2021b$ を有する導光板 2021 と、該導光板 2021 の一方の端部 $2021c$ に配列された、 $200nm$ 以上 $300nm$ 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード 22 、 22 、…及び $300nm$ 以上 $400nm$ 以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオード 26 、 26 、…とを有する形態の液体殺菌装置 100 を例示したが、本発明の液体殺菌装置は当該形態に限定されない。例えば、各面光源が、一对の紫外線発光面を有する導光板と、該導光板から離隔して配置され、紫外線を発生する、紫外線発生装置と、該紫外線発生装置から導光板の一方の端部へ紫外線を導く、紫外線導波手段とを有する形態の液体殺菌装置とすることも可能である。図 13 は、そのような他の一の実施形態に係る液体殺菌装置 3100 を説明する図である。図 13 は、液体殺菌装置 3100 を模式的に説明する断面図であって、図 13 の紙面に垂直な方向が被殺菌液体 5 の流通する方向である。図 13 において、図 $1 \sim 12$ において既に表れた要素と同一の要素には図 $1 \sim 12$ における符号と同一の符号を付し、説明を省略する。

[0075] 液体殺菌装置 3100 は、面光源 2002 、 2002 、…に代えて面光源 3002 、 3002 、…を有する点において、上記説明した液体殺菌装置 2100 と異なっている。各面光源 3002 は、一对の紫外線発光面 2021

a、2021bを有する導光板2021と、該導光板2021から離隔して配置され、紫外線を発生する、紫外線発生装置3024と、該紫外線発生装置3024から導光板2021の一方の端部2021cへ紫外線を導く、紫外線導波手段25とを有している。図13においては、図面を簡単にするため、導光板2021の表面に設けられる光拡散ドットは省略している。液体殺菌装置3100において、導光板2021の端部2021cと紫外線導波手段25との接続を容易にするため、導光板2021の一部は、ケーシング1の一の側壁に設けられた貫通孔を通じてケーシング1の内部からケーシング1の外部に延在しており、ケーシング1の外部に存在する導光板2021の端部2021cに紫外線導波手段25の一方の端部が接続されている。紫外線導波手段25の他方の端部は紫外線発生装置3024に接続されている。

[0076] 紫外線発生装置3024は、棒状光源110に代えて、棒状光源3110を有する点において、図6～8を参照しつつ上記説明した紫外線発生装置24と異なっている。図14は、紫外線発生装置3024が有する棒状光源3110を説明する図であり、図6に対応する図である。図14において、図6～8に既に表れた要素と同一の要素には図6～8と同一の符号を付し、説明を省略する。棒状光源3110は、円筒状または多角柱状の基体111と、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード112、112、…と、300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオード3026、3026、…とを有している。該複数の深紫外線発光ダイオード112、112、…及び該複数の紫外線発光ダイオード3026、3026、…は、各深紫外線発光ダイオード112および紫外線発光ダイオード3026の光軸が基体111の中心軸114を通るように基体111の側面に配置されており、中心軸114に対して放射状に深紫外線および紫外線を出射する。すなわち、棒状光源3110は、棒状光源110における深紫外線発光ダイオード112、112、…の一部が、300nm

以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオード3026、3026、…に置き換えられている点において、上記説明した棒状光源110と異なっている。

[0077] 深紫外線発光ダイオード112、112、…及び紫外線発光ダイオード3026、3026、…は、図6の縦断面図に示すように、円筒状基体111の長手方向に深紫外線発光ダイオード112、112、…の列と紫外線発光ダイオード3026、3026、…の列とが形成されるように配置することが好ましい。このように配置することにより、紫外線発生装置3024から出射される紫外線の、棒状光源3110の軸方向における強度のむらを低減することができる。

[0078] 紫外線発生装置3024では、原理的には、棒状光源3110から放射状に出射される深紫外線の全てを集光側反射ミラー123の焦点軸124上に集光でき、深紫外線出射用開口部130方向に向かわない方向（たとえば反対方向や横方向）に出射された紫外線をも有効に利用することができる。すなわち、棒状光源3110において、光軸115が紫外線出射用開口部130方向に向かうように深紫外線発光ダイオード112、112、…及び紫外線発光ダイオード3026、3026、…の全てを同一平面上に配置する必要はなく、横方向や反対方向に向けて配置することも可能となる。したがって、棒状光源3110は、単位空間あたりに配置される深紫外線発光ダイオードおよび紫外線発光ダイオードの数を大幅に増やすことができ、深紫外線発生装置3024は、より高い強度の紫外線を導光板2021に供給することができる。

[0079] 本発明に関する上記説明では、光拡散ドットを有する面光源を備える形態の液体殺菌装置100、1100、2100、3100を例示したが、本発明の液体殺菌装置は当該形態に限定されるものではない。例えば、光拡散ドットを有しない面光源を備える形態の液体殺菌装置とすることも可能である。

符号の説明

[0080] 1 ケーシング

1 a 流入口

1 b 流出口

2、1002、2002、3002 面光源

21、2021 導光板

21a、21b (一对の) 紫外線発光面

2021a、2021b (一对の) 紫外線発光面

21c、21d、2021c、2021d (導光板の) 端部

22、112 深紫外線発光ダイオード

23、2023 光拡散ドット

23a、2023a 光拡散ドット基材

23b 光触媒粒子

23c、2023c 反射膜

24、3024 紫外線発生装置

25 紫外線導波手段

26、3026 紫外線発光ダイオード

3、2003 (スリット状の) 流路

4 光触媒担持板

4a (光触媒担持板の) 基材

4b バリアコート層

4c 光触媒層

5 被殺菌液体

110、3110 棒状光源

111 (円筒状または多角柱状の) 基体

120 出射側反射ミラー

121 出射側反射ミラーの焦点軸

122 出射側反射ミラーの集光軸

125 出射側筐体

1 2 3 集光側反射ミラー

1 2 4 集光側反射ミラーの焦点軸

1 2 6 集光側筐体

1 3 0 深紫外光出射用開口部

1 4 0 コリメート光学系

1 5 0 本体

1 0 0、1 1 0 0、2 1 0 0、3 1 0 0 液体殺菌装置

請求の範囲

- [請求項1] (1) 所定の幅の間隙を設けて平行に配置された一対の隔壁の間に形成された流路に、溶液又は懸濁液である被殺菌液体を流通させる工程と、
- (2) 前記流路を通過する前記被殺菌液体に、前記一対の隔壁の向かい合う2面の一方または両方に設けられた1又は2の紫外線発光面から紫外線を照射する工程と
- を含み、
- 前記間隙の、前記紫外線発光面に垂直な方向の幅は、前記1又は2の紫外線発光面の有効光路長の総和以下であり、
- 前記紫外線発光面の有効光路長は、該紫外線発光面から照射される紫外線が前記被殺菌液体の層を透過したときの透過紫外線の放射照度が 0.001 mW/cm^2 となる前記被殺菌液体の層の厚さとして定義される
- ことを特徴とする、液体殺菌方法。
- [請求項2] 前記流路を通過する前記被殺菌液体に照射される前記紫外線は、 200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域に主ピークを有することを特徴とする、請求項1に記載の方法。
- [請求項3] (a) 所定の光路長を有する紫外線透過性光学測定用セルの内部に前記被殺菌液体を充填する工程と、
- (b) 前記紫外線発光面を前記光学測定用セルに密着させて、該紫外線発光面から殺菌処理時と同一の発光条件で発光させた紫外線を該光学測定用セル内に向けて照射する工程と、
- (c) 前記セルを通過した透過紫外線の放射照度 (単位: mW/cm^2) を測定する工程と、
- (d) 前記工程 (a) 乃至 (c) を、異なる光路長を有する複数の前記光学測定用セルについて行うことにより、前記透過紫外線の放射照度と光路長との関係を求める工程と

をさらに有することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

[請求項4] (e) 前記工程 (d) において求めた前記関係に基づいて、前記紫外線発光面の有効光路長を決定する工程をさらに有することを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

[請求項5] (f) 前記紫外線発光面における前記透過紫外線の放射照度と光路長との関係、および、前記流路の前記紫外線発光面に垂直な方向の幅に基づいて、前記流路の前記紫外線発光面に垂直な方向における紫外線の放射照度分布、及び、該放射照度分布における最低放射照度（単位： mW/cm^2 ）を決定する工程と、

(g) 前記被殺菌液体の殺菌に必要な紫外線の積算照射量（単位： mJ/cm^2 ）を決定する工程と、

(h) 前記積算照射量を前記最低放射照度で除した値で定義される最低照射時間（単位：秒）を決定する工程と、

(i) 前記被殺菌液体が前記流路内に滞在する滞在時間が前記最低照射時間以上となるように、前記流路の長さ及び／又は該流路を流れる前記被殺菌液体の流速を調整する工程と

をさらに有することを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載の方法。

[請求項6] 前記工程 (1) において、2 以上の前記流路に前記被殺菌液体を流通させ、

前記工程 (2) において、前記 2 以上の流路を通過する前記被殺菌液体に紫外線を照射し、

前記 2 以上の流路のそれぞれは、平行に配置された 3 以上の隔壁の、各一对の隣接する隔壁の間に形成された流路であり、

前記 3 以上の隔壁のそれぞれの両面に、紫外線発光面が設けられていることを特徴とする、

請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の方法。

[請求項7] 前記工程 (1) において、2 以上の前記流路に前記被殺菌液体を流通させ、

前記工程（２）において、前記２以上の流路を通過する前記被殺菌液体に紫外線を照射し、

前記２以上の流路のそれぞれは、平行に配置された３以上の隔壁の、各一对の隣接する隔壁の間に形成された流路であり、

前記３以上の隔壁のそれぞれの片面のみに紫外線発光面が設けられており、

前記３以上の隔壁は、前記紫外線発光面が設けられた面を同じ方向に向けて配置されていることを特徴とする、

請求項１～５のいずれかに記載の方法。

[請求項８]

前記一对の隔壁は、第１の隔壁と第２の隔壁とからなり、

前記第１の隔壁は、少なくとも前記第２の隔壁と向かい合う面に、前記紫外線発光面を有し、

前記第２の隔壁は、少なくとも前記第１の隔壁と向かい合う面に、光触媒作用を有する面を有し、

前記工程（２）において、前記流路を通過する前記被殺菌液体に、 200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域及び 300 nm 以上 400 nm 以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を、前記第１の隔壁の紫外線発光面から照射し、

前記流路の前記紫外線発光面に垂直な方向の幅は、前記 200 nm 以上 300 nm 未満の波長領域に主ピークを有する紫外線が前記被殺菌液体の層を透過し得る最大厚さ以下であることを特徴とする、

請求項１～５のいずれかに記載の方法。

[請求項９]

請求項１に記載の方法により液体の殺菌を行うための装置であって、

紫外線を発する一对の紫外線発光面を有する面光源を複数有し、

前記複数の面光源が相互に対向するように平行に配列されていることにより、隣接する二つの前記面光源に挟まれた、スリット状の流路を複数有し、

前記スリット状の流路の、前記紫外線発光面に垂直な方向の幅が、
該流路を挟む前記紫外線発光面の有効光路長の総和以下であり、

前記スリット状の流路に液体を流通させることにより、前記液体を
殺菌することを特徴とする、液体殺菌装置。

[請求項10]

前記面光源は、

一対の紫外線発光面を有する導光板と、

該導光板の一方の端部に配列された、200nm以上300nm
未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線
発光ダイオードとを有する、

請求項9に記載の液体殺菌装置。

[請求項11]

前記面光源は、

一対の紫外線発光面を有する導光板と、

前記導光板から離隔して配置され、前記紫外線を発生する、紫外
線発生装置と、

前記紫外線発生装置から前記導光板の一方の端部へ前記紫外線を
導く、紫外線導波手段とを有し、

前記紫外線発生装置は、前記紫外線を出射する棒状光源と、該棒状
光源から出射された前記紫外線を集光する集光装置とを有し、

前記棒状光源は、円筒状または多角柱状の基体と、200nm以上
300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の
深紫外線発光ダイオードとを有し、

該複数の深紫外線発光ダイオードは、各深紫外線発光ダイオードの
光軸が前記基体の中心軸を通るように前記基体の側面に配置されてお
り、前記中心軸に対して放射状に深紫外線を出射する、

請求項9に記載の液体殺菌装置。

[請求項12]

請求項8に記載の方法により液体の殺菌を行うための装置であって
、

200nm以上300nm未満の波長領域及び300nm以上400

0 nm以下の波長領域に夫々主ピークを有する紫外線を発する一対の紫外線発光面を有する面光源を複数有し、

複数の光触媒担持板を有し、

それぞれの前記光触媒担持板の表面には光触媒材料が担持されており、

前記複数の面光源および前記複数の光触媒担持板は平行に配列されており、

前記複数の光触媒担持板のそれぞれが、隣り合う一対の前記面光源の間に配置されることにより、隣接する面光源と光触媒担持板との間にスリット状の流路が形成されており、

前記スリット状の流路の、該流路の側面を構成する前記紫外線発光面に垂直な方向の幅が、該紫外線発光面の有効光路長以下であり、

前記スリット状の流路に液体を流通させることにより前記液体を殺菌する、
液体殺菌装置。

[請求項13] 前記面光源は、

一対の紫外線発光面を有する導光板と、

該導光板の一方の端部に配列された、200 nm以上300 nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオード及び300 nm以上400 nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオードとを有する、

請求項12に記載の液体殺菌装置。

[請求項14] 前記面光源は、

一対の紫外線発光面を有する導光板と、

前記導光板から離隔して配置され、前記紫外線を発生する、紫外線発生装置と、

前記紫外線発生装置から前記導光板の一方の端部へ前記紫外線を

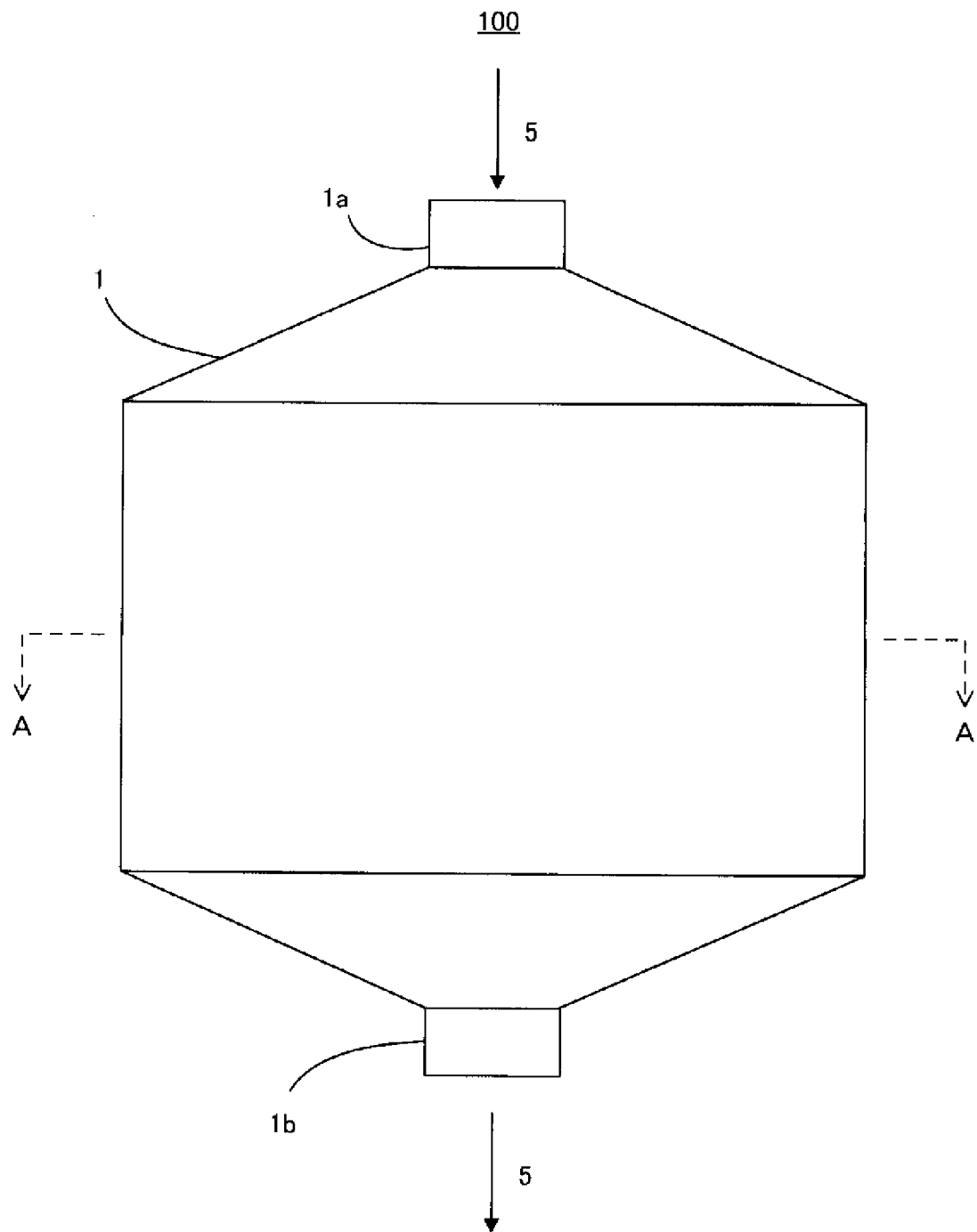
導く、紫外線導波手段とを有し、

前記紫外線発生装置は、前記紫外線を出射する棒状光源と、該棒状光源から出射された前記紫外線を集光する集光装置とを有し、

前記棒状光源は、円筒状または多角柱状の基体と、200nm以上300nm未満の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の深紫外線発光ダイオードと、300nm以上400nm以下の波長領域に主ピークを有する紫外線を発光する複数の紫外線発光ダイオードとを有し、

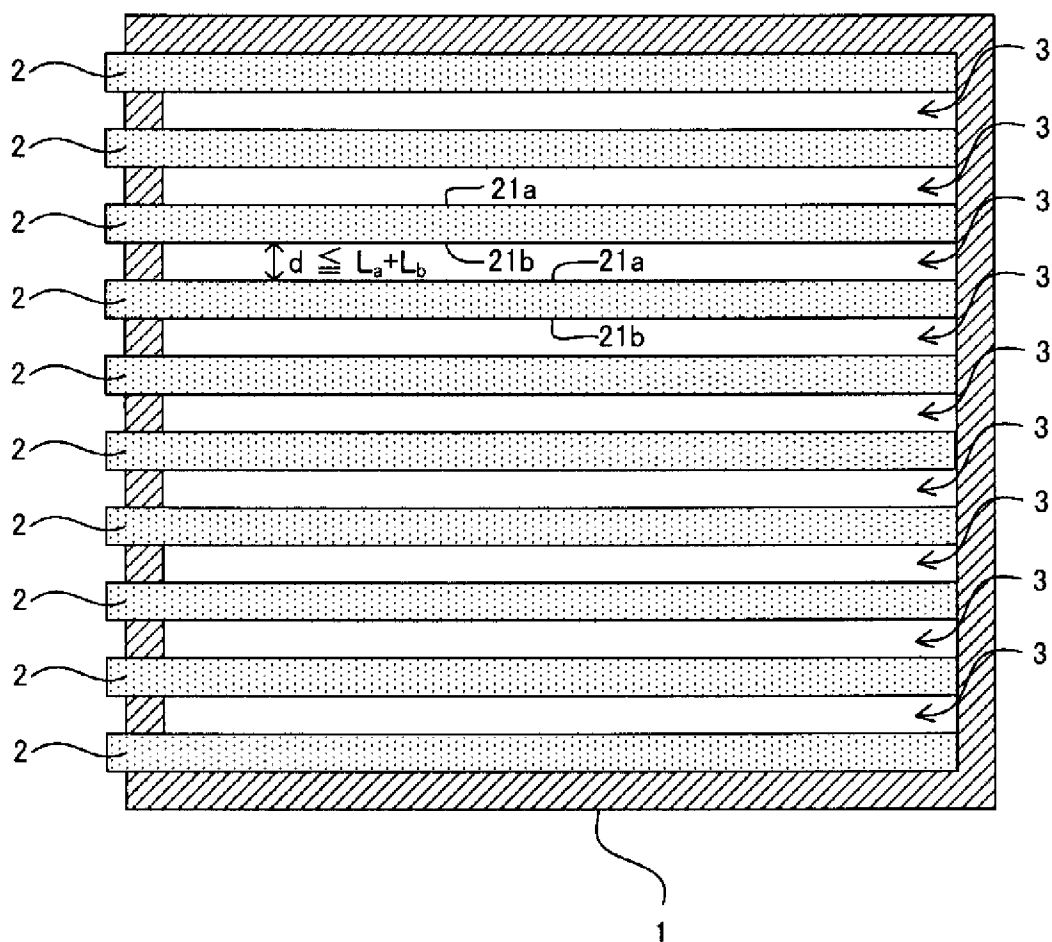
前記複数の深紫外線発光ダイオードおよび前記複数の紫外線発光ダイオードは、各深紫外線発光ダイオードおよび各紫外線発光ダイオードの光軸が前記基体の中心軸を通るように前記基体の側面に配置されており、前記中心軸に対して放射状に前記紫外線を出射する、請求項12に記載の液体殺菌装置。

[図1]



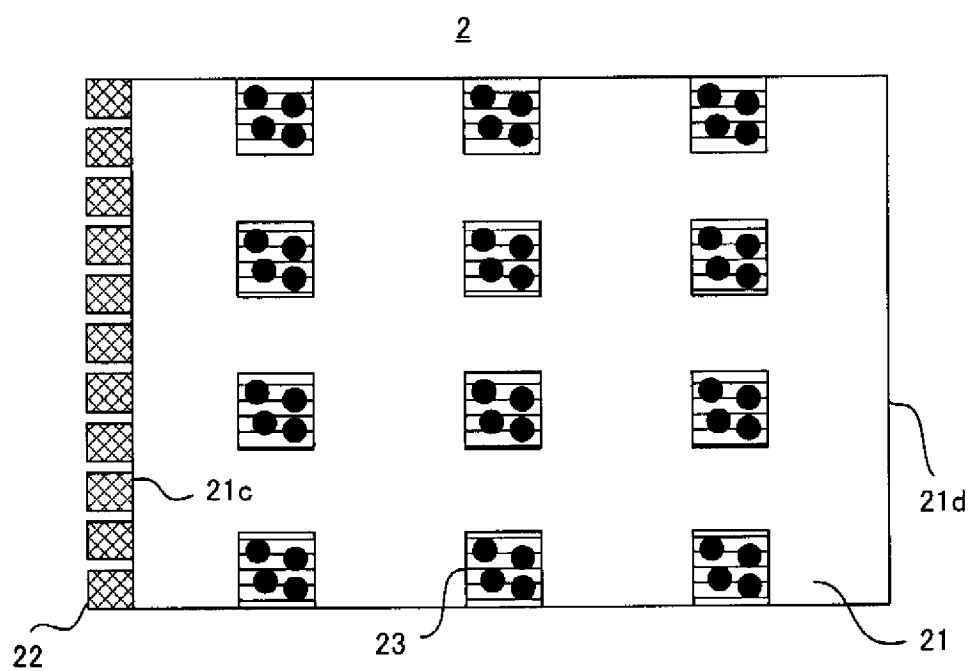
[図2]

100

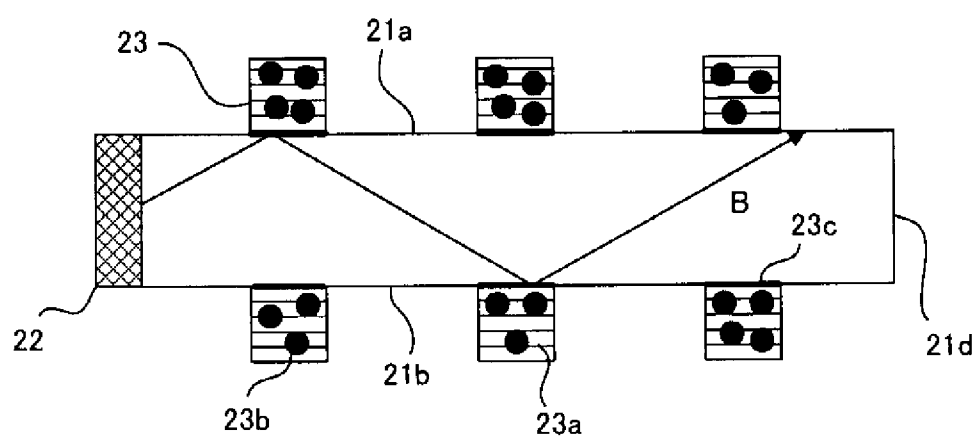


[図3]

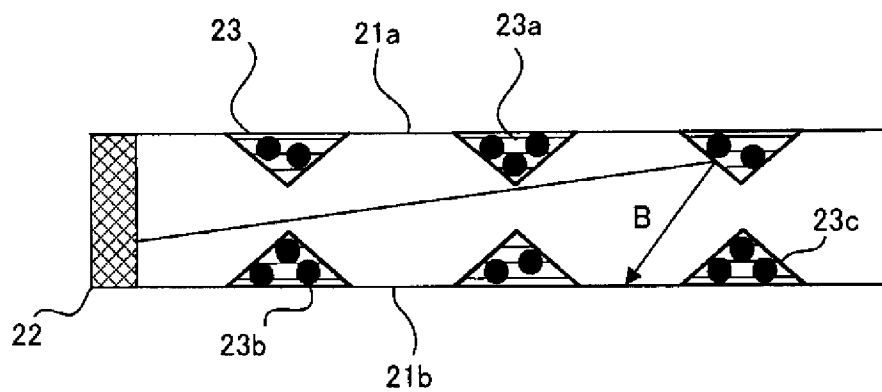
(a)



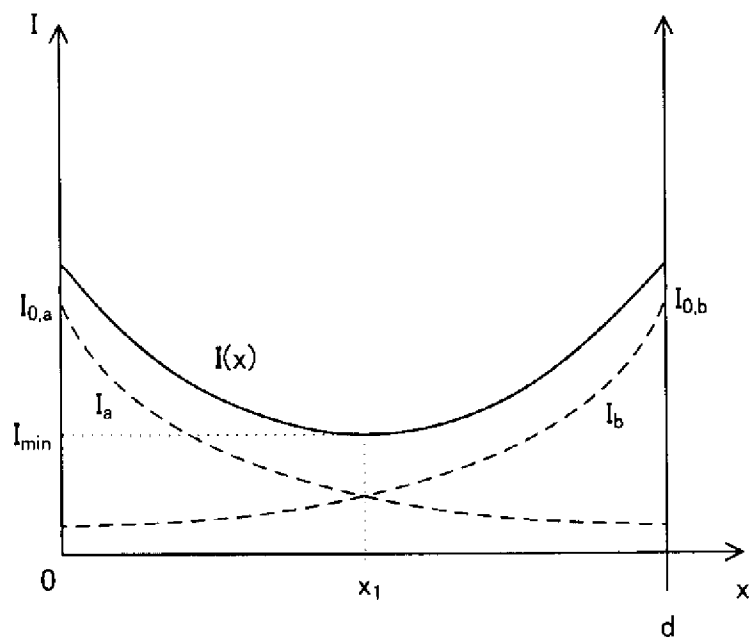
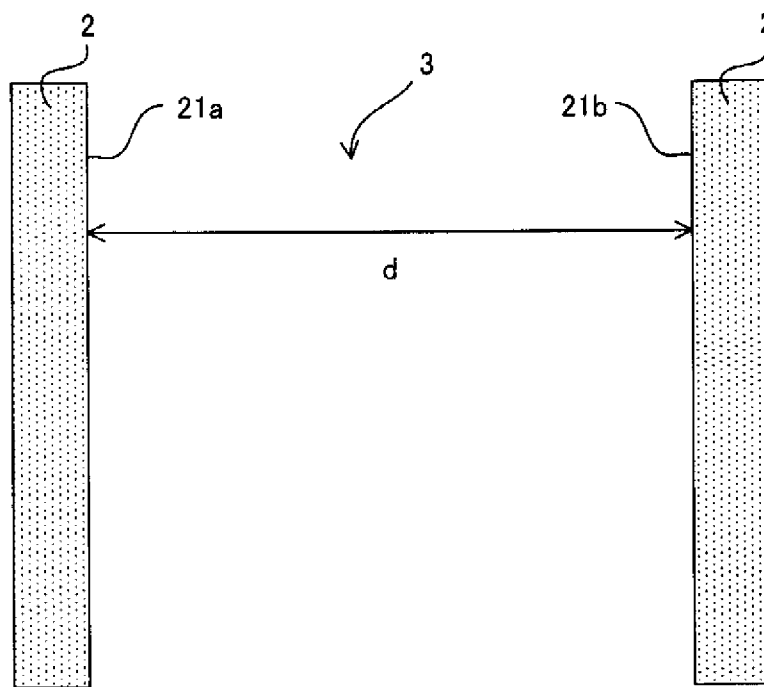
(b)



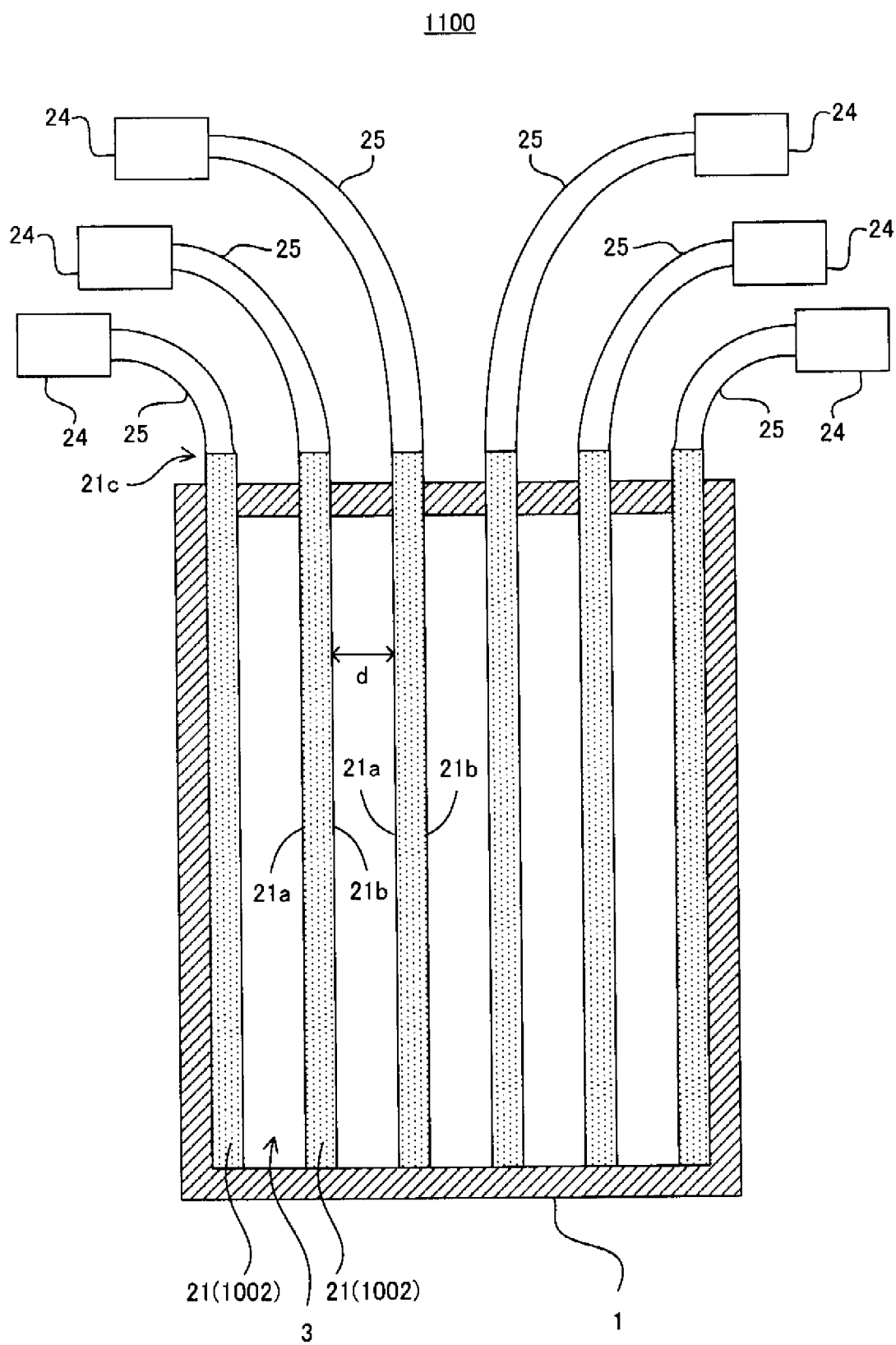
(c)



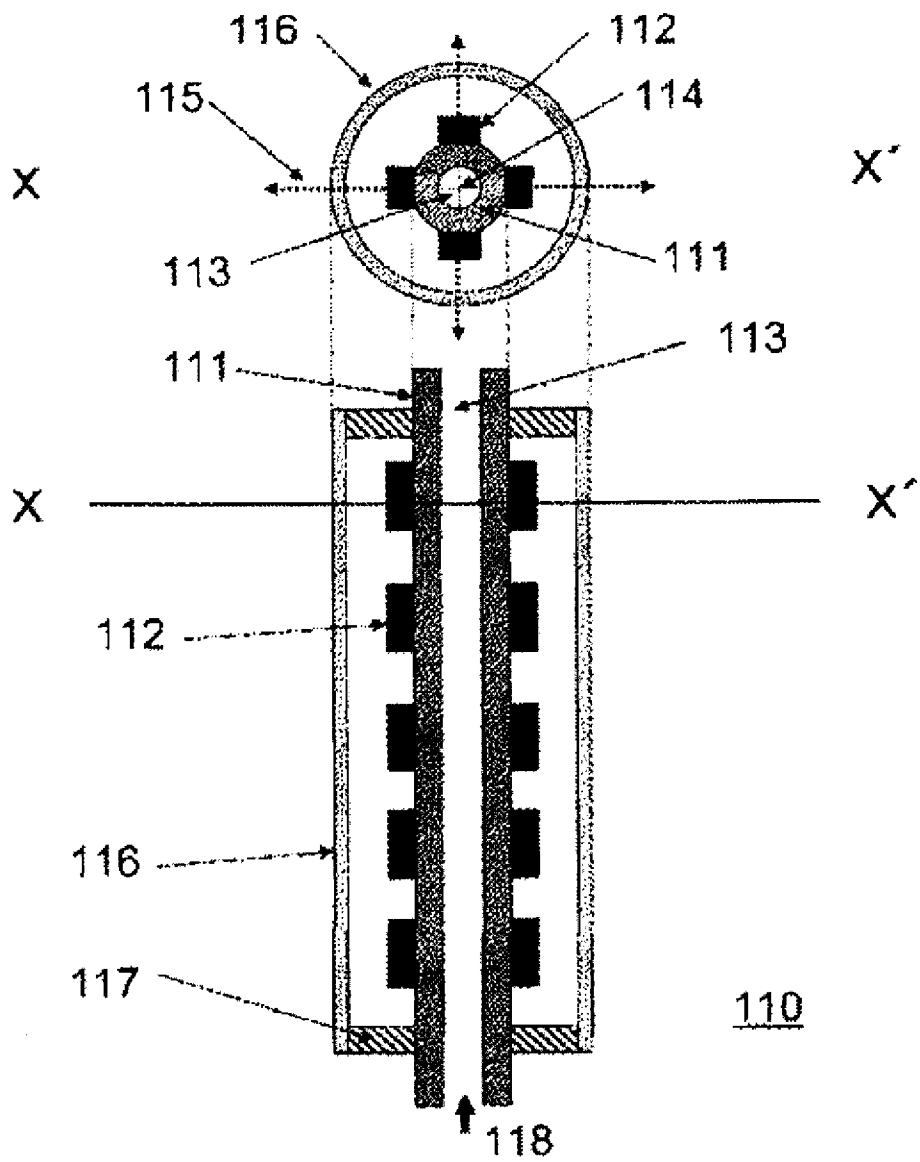
[図4]



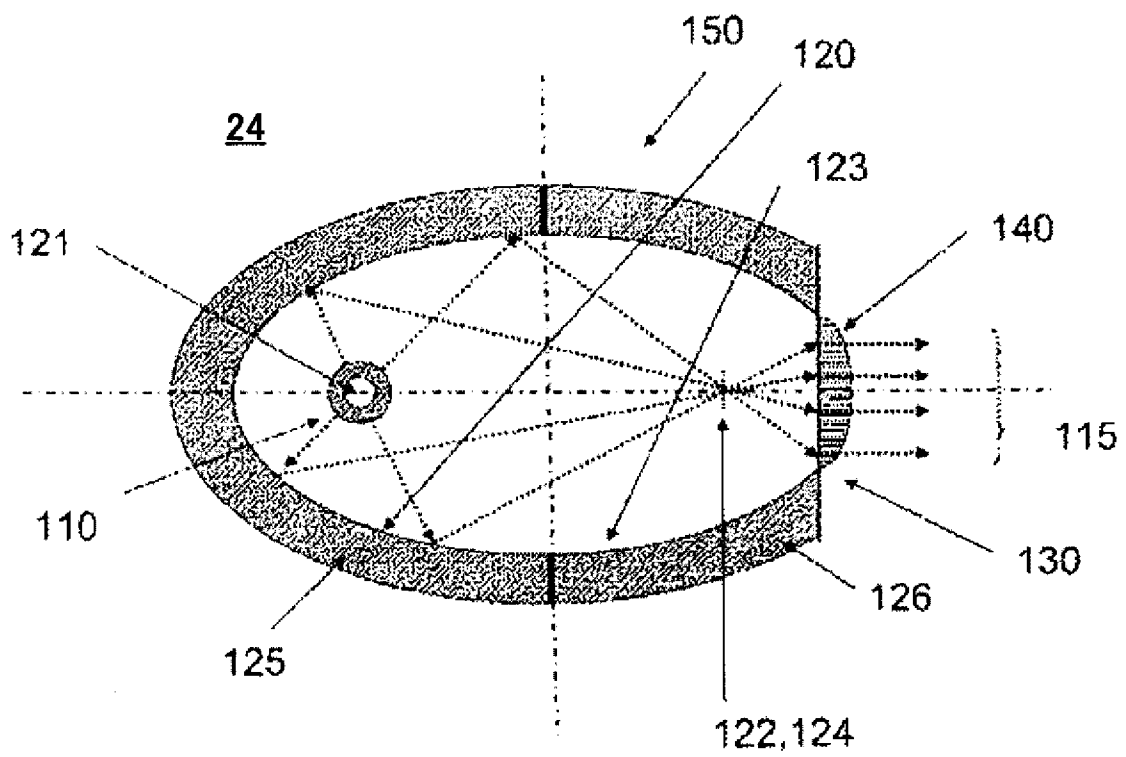
[図5]



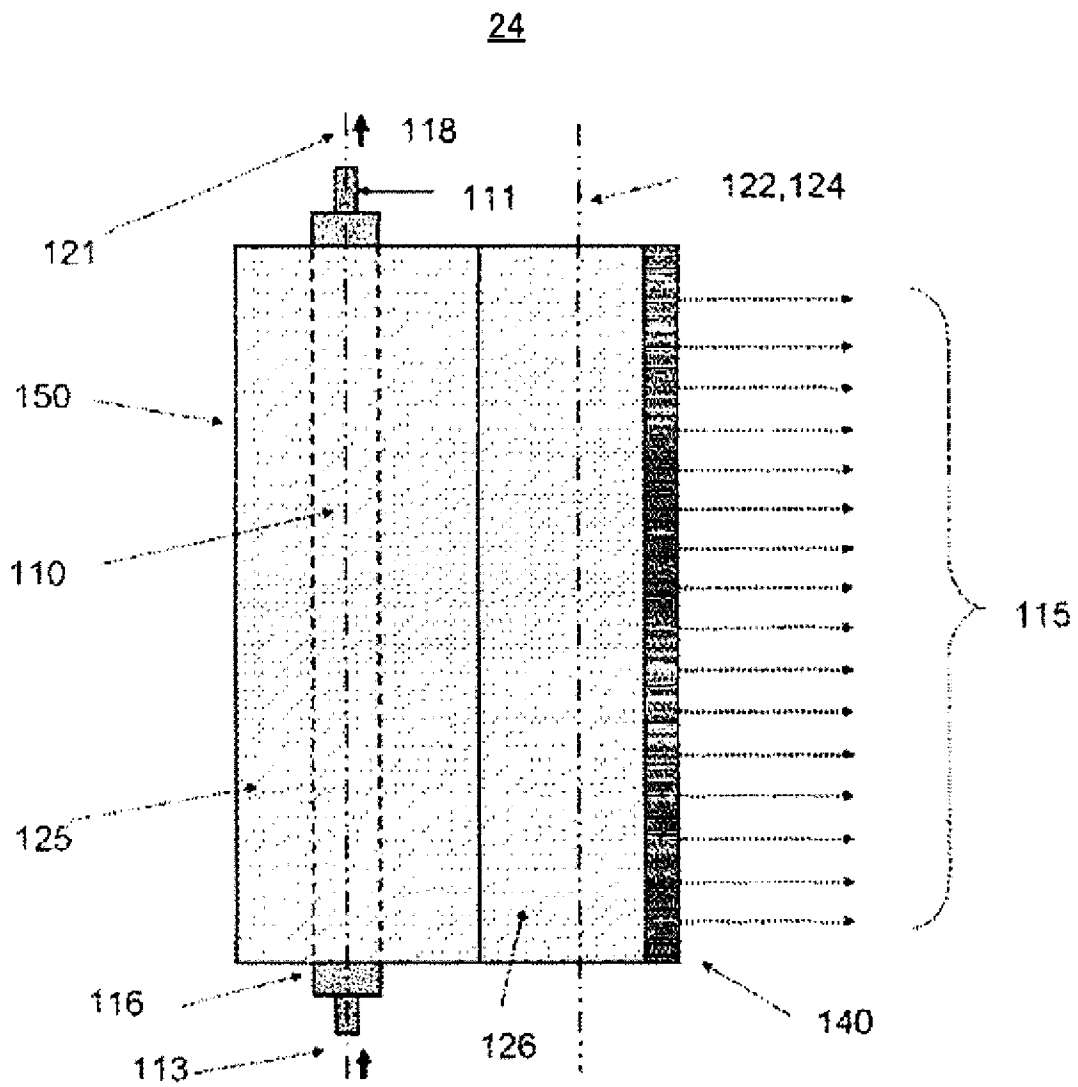
[図6]



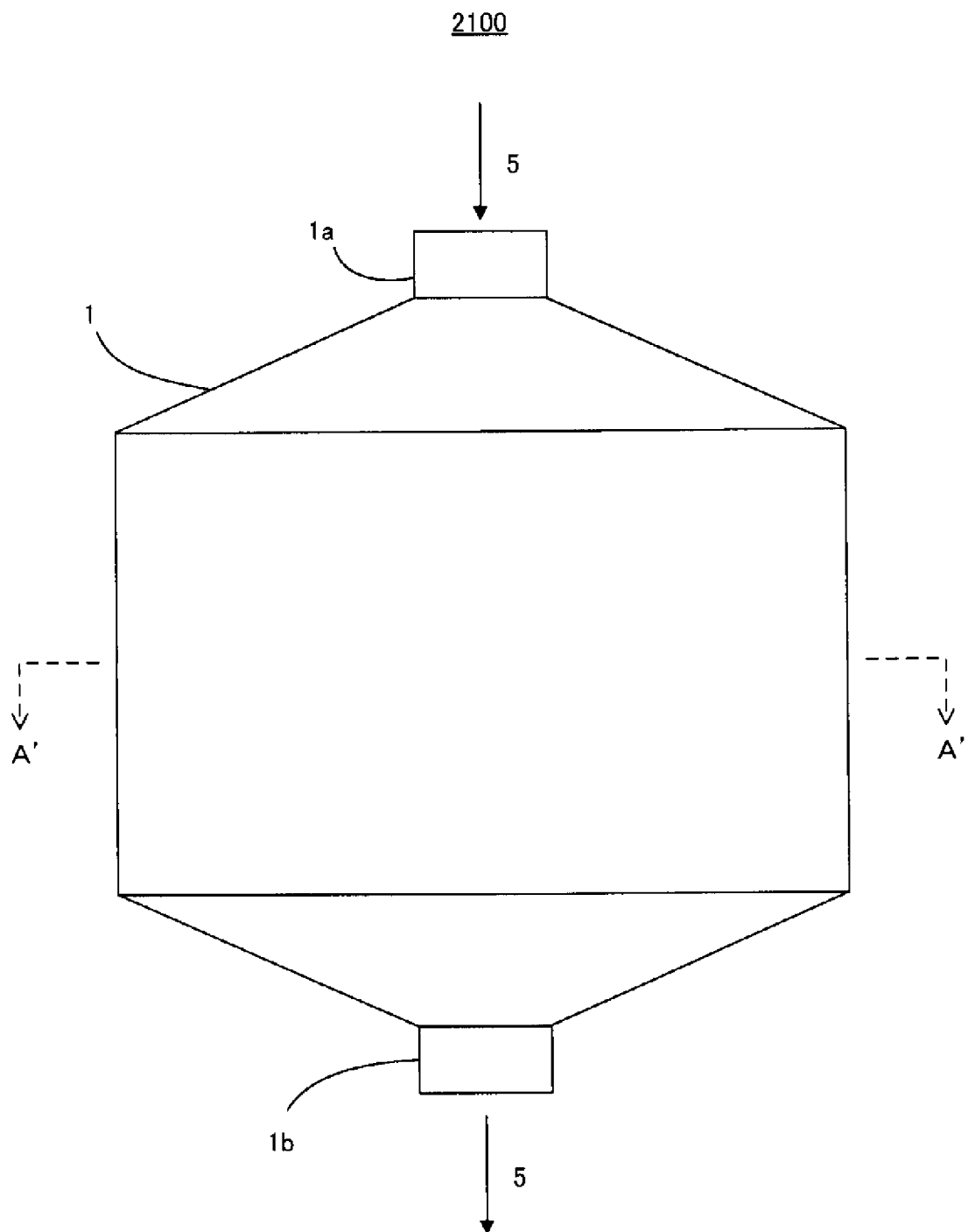
[図7]



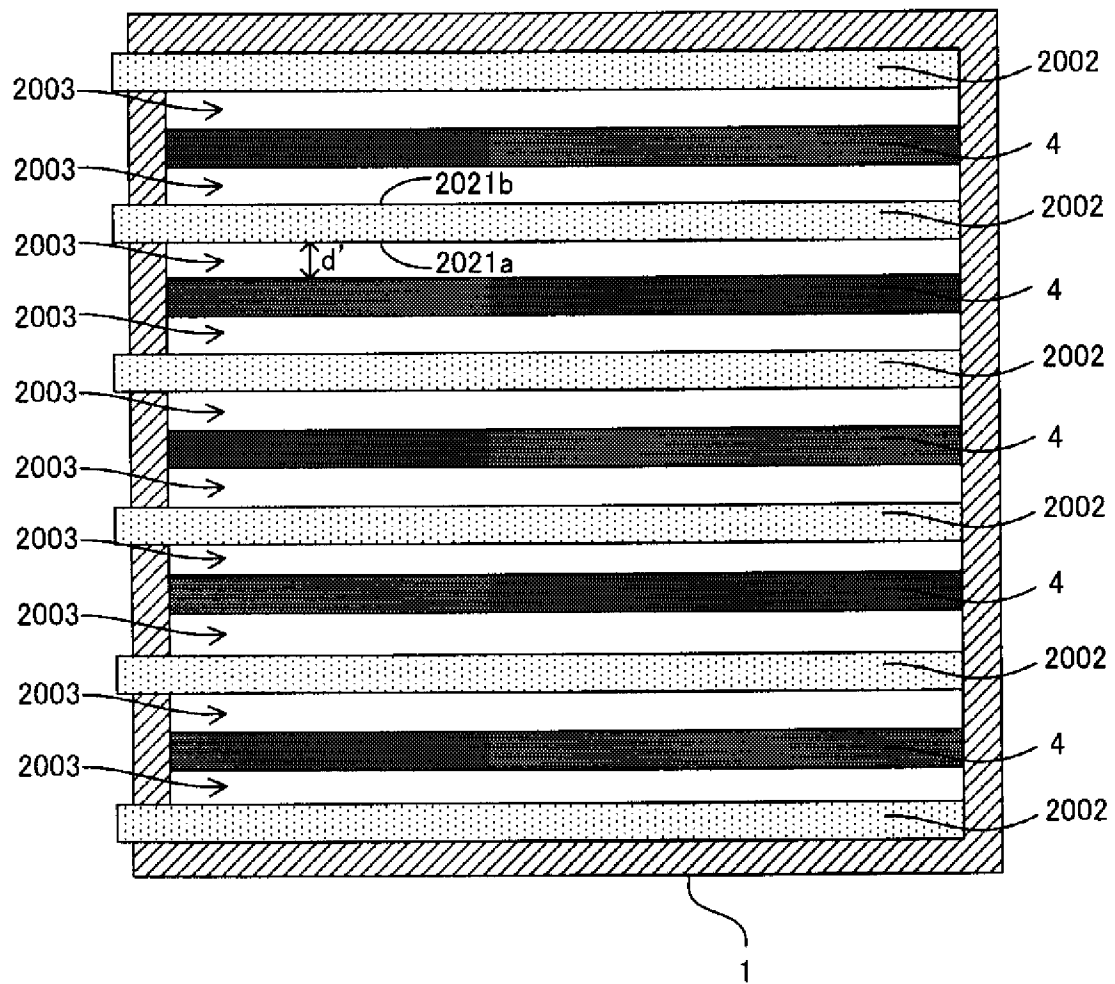
[図8]



[図9]

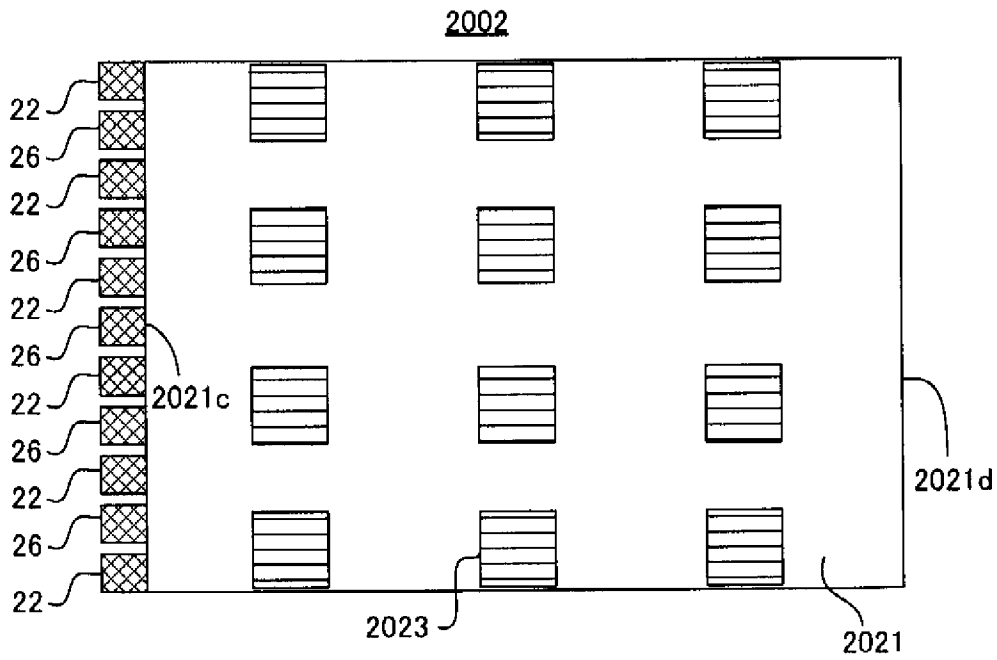


2100

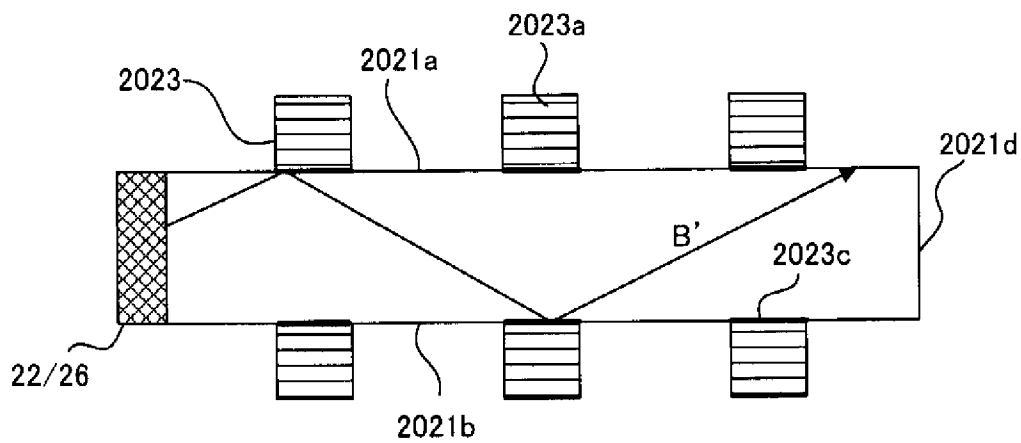


[図11]

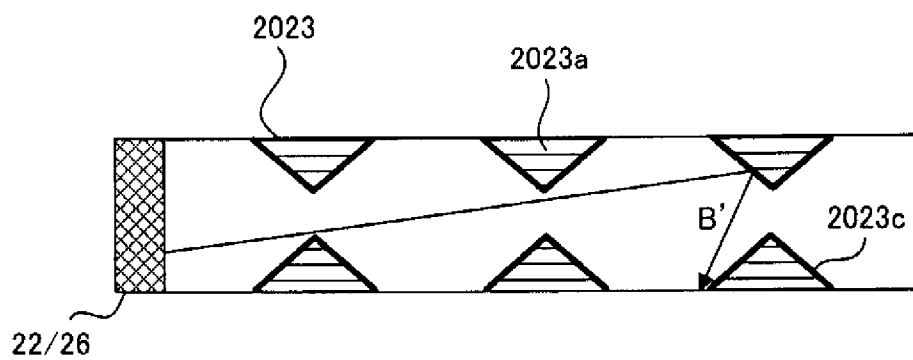
(a)



(b)



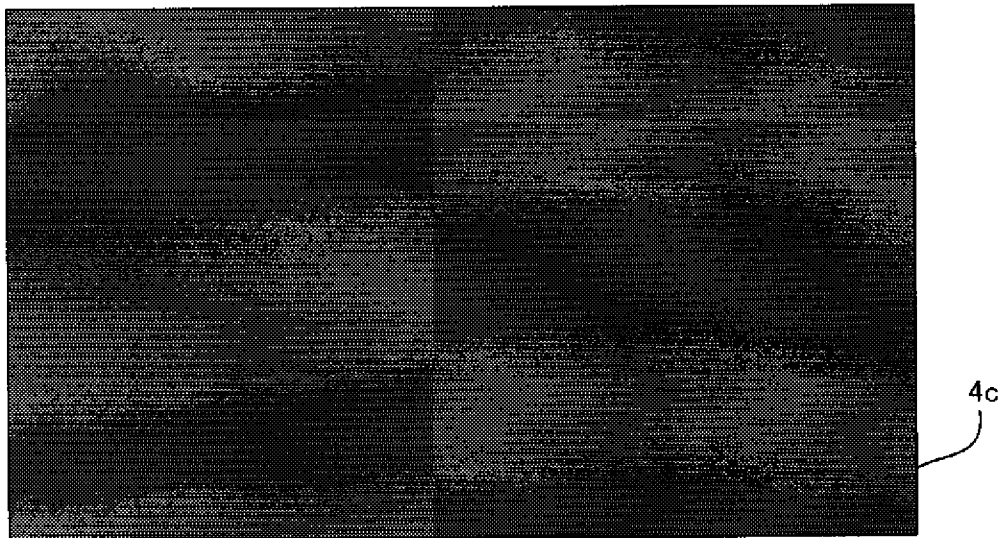
(c)



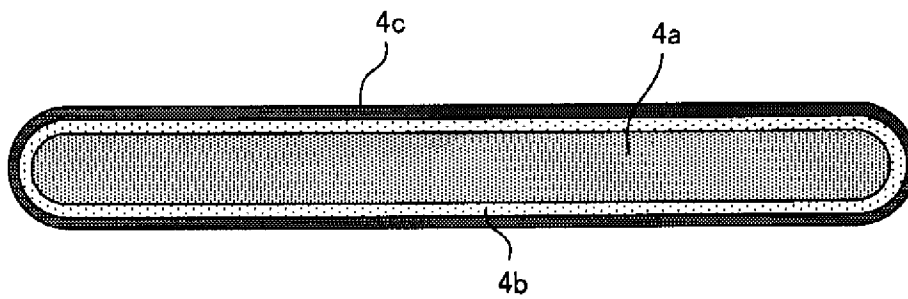
[図12]

(a)

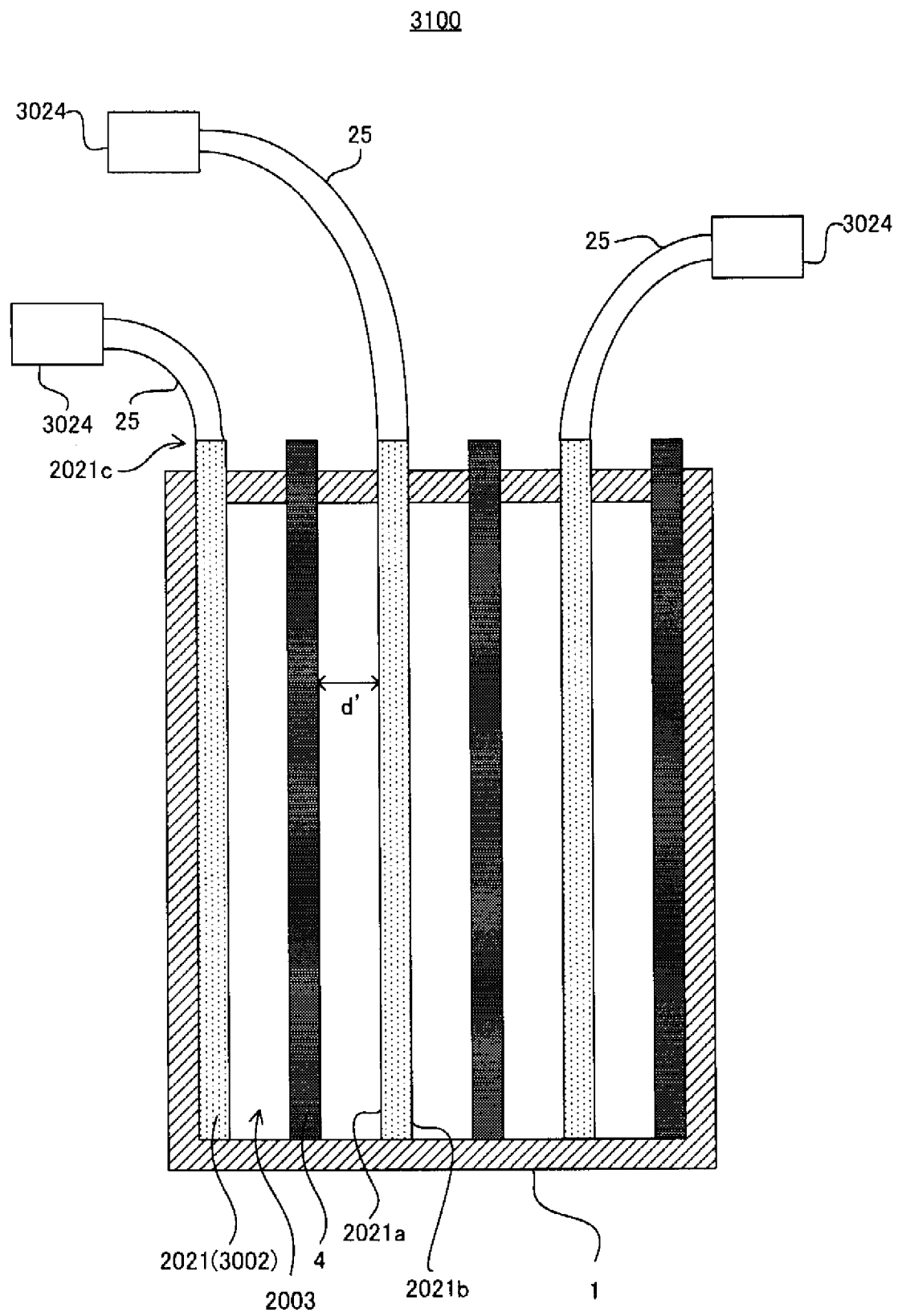
4



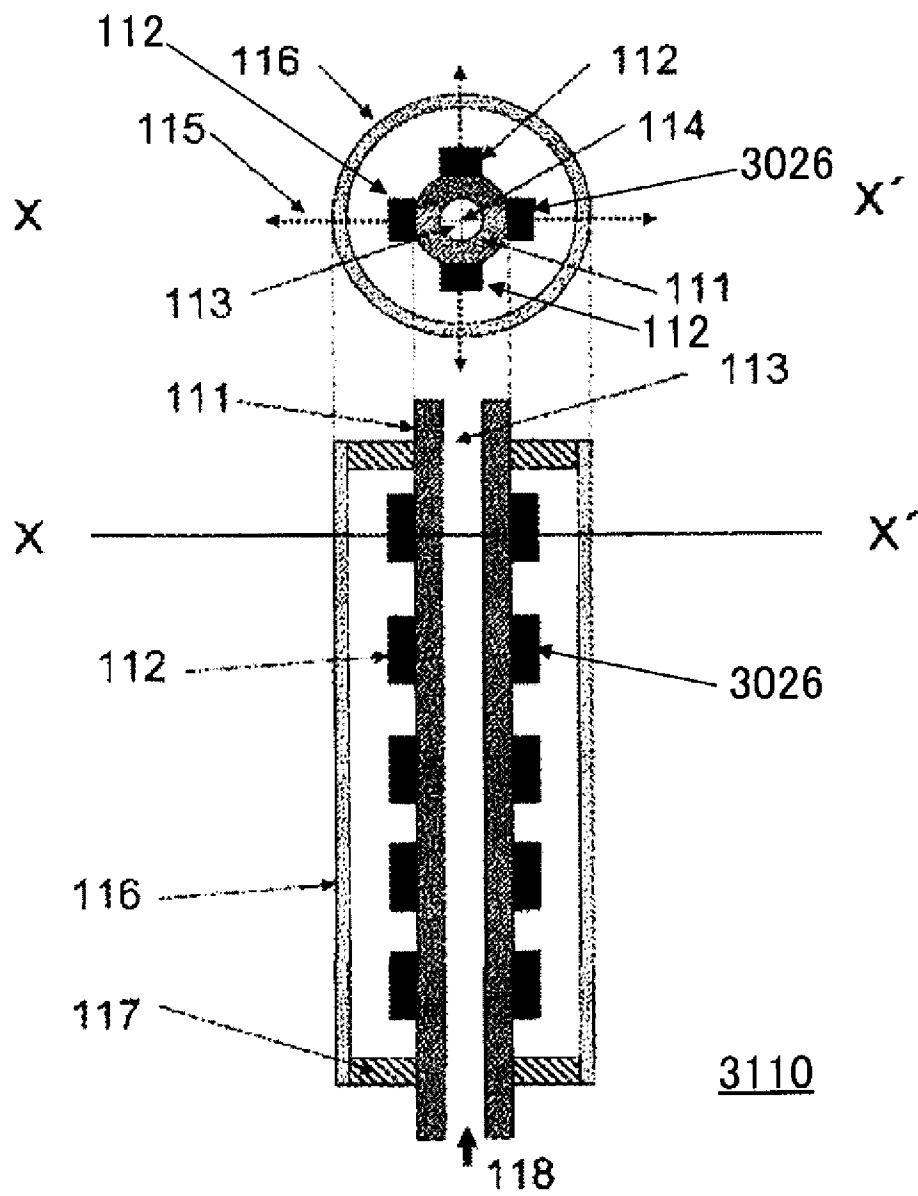
(b)



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062039

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61L2/10(2006.01)i, A23L3/28(2006.01)i, B01J19/12(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)

A61L2/10, A23L3/28, B01J19/12

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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII), DWPI(Thomson Innovation),
Nikkei Telecom, MEDLINE(STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-212573 A (Iwasaki Electric Co., Ltd.), 27 October 2011 (27.10.2011), entire text; particularly, abstract; paragraphs [0015] to [0036]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-14
Y	JP 2012-223670 A (Sharp Corp.), 15 November 2012 (15.11.2012), entire text; particularly, claims; fig. 1 to 11; paragraphs [0029] to [0035] & WO 2012/141046 A1	1-14
Y	JP 2013-220126 A (Panasonic Corp.), 28 October 2013 (28.10.2013), entire text; particularly, abstract; paragraphs [0039], [0066] & WO 2013/153728 A1	8, 11-14

☒ 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
03 June 2016 (03.06.16)

Date of mailing of the international search report
12 July 2016 (12.07.16)

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/JP2016/062039

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-089898 A (Tokuyama Corp.), 15 May 2014 (15.05.2014), abstract; claims; fig. 1 to 3 & US 2015/0247615 A1 abstract; claims; fig. 1 to 3 & WO 2014/068912 A1 & EP 2916061 A1	8, 11-14
A	JP 2014-087544 A (Tokuyama Corp.), 15 May 2014 (15.05.2014), & US 2015/0284266 A1 & WO 2014/068913 A1 & EP 2915546 A1	1-14
A	JP 2003-305463 A (Iida Kensetsu Co., Ltd.), 28 October 2003 (28.10.2003), & US 2005/0023223 A1 & WO 2003/053868 A1 & EP 1457464 A1	1-14
A	WO 2015/046014 A1 (Asahi Organic Chemicals Industry Co., Ltd.), 02 April 2015 (02.04.2015), (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61L2/10(2006.01)i, A23L3/28(2006.01)i, B01J19/12(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. A61L2/10, A23L3/28, B01J19/12

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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)、DWPI (Thomson Innovation)、日経テレコン (Nikkei Telecom)、MEDLINE (STN)

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
Y	JP 2011-212573 A (岩崎電気株式会社) 2011.10.27 全文、特に、要約、【0015】 - 【0036】、図1 - 図10 ファミリーなし	1-14
Y	JP 2012-223670 A (シャープ株式会社) 2012.11.15 全文、特に、請求項、図1 - 図11、【0029】 - 【0035】 & WO 2012/141046 A1	1-14

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

03.06.2016

国際調査報告の発送日

12.07.2016

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)

伊達 利奈

4 B

3960

電話番号 03-3581-1101 内線 3448

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
Y	JP 2013-220126 A (パナソニック株式会社) 2013.10.28 全文、特に、要約、【0039】、【0066】 & WO 2013/153728 A1	8, 11-14
Y	JP 2014-089898 A (株式会社トクヤマ) 2014.05.15 要約、請求項、図1-3 & US 2015/0247615 A1 要約、請求項、図1-3 & WO 2014/068912 A1 & EP 2916061 A1	8, 11-14
A	JP 2014-087544 A (株式会社トクヤマ) 2014.05.15 & US 2015/0284266 A1 & WO 2014/068913 A1 & EP 2915546 A1	1-14
A	JP 2003-305463 A (株式会社 飯田建設) 2003.10.28 & US 2005/0023223 A1 & WO 2003/053868 A1 & EP 1457464 A1	1-14
A	WO 2015/046014 A1 (旭有機材工業株式会社) 2015.04.02 ファミリーなし	1-14