

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7270371号
(P7270371)

(45)発行日 令和5年5月10日(2023.5.10)

(24)登録日 令和5年4月27日(2023.4.27)

(51)国際特許分類		F I	
A 6 1 L	2/10 (2006.01)	A 6 1 L	2/10
C 0 2 F	1/32 (2023.01)	C 0 2 F	1/32

請求項の数 11 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-233082(P2018-233082)	(73)特許権者	000002303 スタンレー電気株式会社 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号
(22)出願日	平成30年12月13日(2018.12.13)	(74)代理人	110000800 弁理士法人創成国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-92856(P2020-92856A)	(72)発明者	加藤 裕幸 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 スタンレー電気株式会社内
(43)公開日	令和2年6月18日(2020.6.18)	(72)発明者	田中 英明 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 スタンレー電気株式会社内
審査請求日	令和3年11月5日(2021.11.5)	審査官	堀 洋樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体殺菌装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

殺菌対象の流体が軸方向に流れる流路を有する筐体と、
前記流体が前記軸方向に沿って前記流路に流入するように、前記筐体の一端側に設けられた流入口と、
前記筐体の他端側に設けられて、前記流体が流出する流出口と、
紫外光透過材料を介して前記流体に紫外光を照射するように構成された光源と、
前記筐体の一端側の前記流路内に前記軸方向に垂直に設けられて、複数の円柱状の貫通孔を有する整流板と、を備え、
前記整流板は、その中心から前記流路の径方向に延在する内周領域と、当該内周領域の外側に延在する外周領域とからなり、
前記外周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{out}$ は、前記内周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{in}$ よりも大きく、
前記外周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{out}$ 及び前記内周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{in}$ は共に 0.65 未満であることを特徴とする流体殺菌装置。

10

【請求項2】

前記整流板の前記板厚 t は一定で、前記内周領域に設けられた前記貫通孔の直径 d_{in} は、前記外周領域に設けられた前記貫通孔の直径 d_{out} よりも大きいことを特徴とする請求項

20

1 に記載の流体殺菌装置。

【請求項 3】

前記整流板の前記貫通孔の直径 d は一定で、前記外周領域の前記板厚 t_{out} は、前記内周領域の前記板厚 t_{in} よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の流体殺菌装置。

【請求項 4】

前記整流板は、その中心に近づくにつれて、前記板厚 t が小さくなる凹形状を有していることを特徴とする請求項 3 に記載の流体殺菌装置。

【請求項 5】

前記流入口は、前記流路と共軸の円柱形状を有し、
前記整流板の前記内周領域は円形状を有し、その直径が前記流入口の直径 D_{in} と等しいことを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の流体殺菌装置。

10

【請求項 6】

前記流入口及び前記流路は、円柱形状を有し、
前記流入口の直径 D_{in} の前記流路の直径 D に対する比 (D_{in}/D) は、 0.46 以上 1 未満であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載の流体殺菌装置。

【請求項 7】

前記光源は、前記流体の流れる方向に対して垂直方向から紫外光を照射することを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の流体殺菌装置。

【請求項 8】

前記光源は、前記流体の流れる方向に対して平行方向から紫外光を照射することを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の流体殺菌装置。

20

【請求項 9】

前記光源は、軸方向が前記流路の前記軸方向に沿った冷陰極管であることを特徴とする請求項 7 に記載の流体殺菌装置。

【請求項 10】

前記整流板は、その中心から離れるにつれて、前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 (t/d) が大きくなることを特徴とする請求項 1 に記載の流体殺菌装置。

【請求項 11】

前記流入口は、前記流路と共軸の円柱形状を有し、
前記整流板の円形状の内周領域は、前記流入口の直径 D_{in} と等しいことを特徴とする請求項 10 に記載の流体殺菌装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流路を流れる流体を紫外光により殺菌する流体殺菌装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、紫外線（波長 $240 \sim 380 \text{ nm}$ ）の殺菌作用が、食品庫の殺菌灯や医療用装置に利用されている。また、流路を流れる流体に対して、紫外 LED により紫外光を照射して流体を殺菌し、洗浄用水等に用いる装置もよく知られている。

40

【0003】

例えば、下記の特許文献 1 の殺菌装置は、複数の発光素子と、基板と、ロッドレンズと、窓部と、筐体と、整流板とを備えている。筐体は箱形形状を有し、その内部は、処理室と、光源室と、冷却流路と、第 1 排出路と、第 2 排出路とで区画されている。

【0004】

また、筐体の入口には整流板が設けられ、入口から流入する流体の流れを整える。これにより、処理室に流入する流体が層流化され、処理室の内部において流体が乱流状態となる場合よりも紫外光をより遠くまで伝搬させることができるので、紫外光が流体に作用する時間を長くして、紫外光の積算照射量を高めることができる（特許文献 1 / 段落 0028 ~ 0030、図 1）。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2017-051290号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の殺菌装置は、入口と処理室の上流壁が同じ径であるので、単純な整流板により流体が層流化されるが、入口の直径が処理室の直径と異なる筐体では、より複雑な流れが生じる。このため、整流板の効果が低くなるという問題があった。

10

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、流体の速度分布を均一化して紫外光の照射時間のばらつきを低減し、殺菌効率を高めることができる流体殺菌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】

【0008】

第1発明の流体殺菌装置は、殺菌対象の流体が軸方向に流れる流路を有する筐体と、前記流体が前記軸方向に沿って前記流路に流入するように、前記筐体の一端側に設けられた流入口と、前記筐体の他端側に設けられて、前記流体が流出する流出口と、紫外光透過材料を介して前記流体に紫外光を照射するように構成された光源と、前記筐体の一端側の前記流路内に前記軸に垂直に設けられて、複数の円柱状の貫通孔を有する整流板と、を備え、前記整流板は、その中心から前記流路の径方向に延在する内周領域と、当該内周領域の外側に延在する外周領域とからなり、前記外周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{out}$ は、前記内周領域における前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 $(t/d)_{in}$ よりも大きいことを特徴とする。

20

【0009】

本発明では、殺菌対象の流体が流入口から流路を有する筐体に流入して、流出口から流出する。光源は、流路を流れる流体に紫外光透過材料を介して紫外光を照射するので、流体が殺菌される。

【0010】

このとき、筐体の一端側の流路内に設けられた整流板により流体が整流されるが、整流板の内周領域と外周領域とで、板厚 t の貫通孔 d に対する比 (t/d) を異ならせる。特に、外周領域における比 $(t/d)_{out}$ を内周領域における比 $(t/d)_{in}$ よりも大きくすることで、内周領域の貫通孔から流出する流体が流路の管壁部側へ進む流れが生じる。これにより、管壁部と管中央部（軸周辺）とで流体の速度分布が均一化されるので、紫外光の照射時間のばらつきを低減して、殺菌効率を高めることができる。

30

【0011】

第1発明の流体殺菌装置において、前記整流板の前記板厚 t は一定で、前記内周領域に設けられた前記貫通孔の直径 d_{in} は、前記外周領域に設けられた前記貫通孔の直径 d_{out} よりも大きいことが好ましい。

40

【0012】

この構成によれば、整流板の板厚 t を一定とした場合には、内周領域に設けられた貫通孔の直径 d_{in} を外周領域に設けられた貫通孔の直径 d_{out} よりも大きくしたとき、外周領域の比 $(t/d)_{out}$ が内周領域の比 $(t/d)_{in}$ よりも大きくなる。このように、整流板の内周領域と外周領域とでの貫通孔の直径 d の大きさを変えることで、容易に流体の速度分布を均一化することができる。

【0013】

また、第1発明の流体殺菌装置において、前記整流板の前記貫通孔の直径 d は一定で、前記外周領域の前記板厚 t_{out} は、前記内周領域の前記板厚 t_{in} よりも大きくなるようにしてもよい。

50

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、貫通孔の直径 d を一定とした場合には、外周領域の板厚 t_{out} を内周領域の板厚 t_{in} よりも大きくしたとき、外周領域の比 $(t/d)_{out}$ が内周領域の比 $(t/d)_{in}$ よりも大きくなる。このように、整流板の内周領域と外周領域とで板厚 t を変えることによって、流体の速度分布を均一化することができる。

【 0 0 1 5 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記整流板は、その中心に近づくにつれて、前記板厚 t が小さくなる凹形状を有していることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

貫通孔の直径 d を一定とした場合、整流板の内周領域と外周領域とで板厚 t を変える必要があるが、整流板を、その中心に近づくにつれて板厚 t が小さくなるような凹形状に加工する。これにより、外周領域の比 $(t/d)_{out}$ を内周領域の比 $(t/d)_{in}$ よりも大きくすることができる。

10

【 0 0 1 7 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記流入口は、前記流路と共軸の円柱形状を有し、前記整流板の前記内周領域は円形状を有し、その直径が前記流入口の直径 D_{in} と等しいことが好ましい。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、整流板の内周領域（円形状）の直径を、流路と共軸の流入口（円柱形状）の直径 D_{in} と等しくする（ほぼ等しいことを含む）。これにより、流入口から整流板に直進する流体の成分については、整流板の内周領域の比 (t/d) を変化させて、流体の速度分布を均一化することができる。

20

【 0 0 1 9 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記整流板の前記板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 (t/d) は、 0.65 未満であることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

比 (t/d) は、流体の（整流板への）流入角に対する流出角の比である流出角係数と関係がある。そして、特に比 (t/d) が 0.65 未満のとき、整流板の中央（内周領域）を通過する流体が流路の管壁部側へ進む流れが生じる。これにより、流体の速度分布が均一化する効果が高まる。

30

【 0 0 2 1 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記流入口及び前記流路は、円柱形状を有し、前記流入口の直径 D_{in} の前記流路の直径 D に対する比 (D_{in}/D) は、 0.46 以上 1 未満であることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

流体の速度分布は、流入口（円柱形状）の直径 D_{in} の流路（円柱形状）の直径 D に対する比 (D_{in}/D) にも依存する。整流板を用いる場合、比 (D_{in}/D) を 0.46 以上 1 未満の値とすることで、安定した乱流の速度分布となり、流体の速度分布が均一化される。

【 0 0 2 3 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記光源は、前記流体の流れる方向に対して垂直方向から紫外光を照射することが好ましい。

40

【 0 0 2 4 】

例えば、流路の外周部に光源を配置することで、流体の流れる方向に対して垂直方向から紫外光を照射することができる。これにより、直管形状の長い流路を流れる流体を効率良く殺菌することができる。

【 0 0 2 5 】

また、第 1 発明の流体殺菌装置において、前記光源は、前記流体の流れる方向に対して平行方向から紫外光を照射するようにしてもよい。

【 0 0 2 6 】

例えば、流路の端部に光源を配置することで、流体の流れる方向に対して平行方向から

50

紫外光を照射することができる。これにより、流路の端部に接近した流体を効率良く殺菌することができる。

【0027】

また、第1発明の流体殺菌装置において、前記光源は、軸方向が前記流路の前記軸方向に沿った冷陰極管であることが好ましい。

【0028】

光源を、軸方向が流路の軸方向に沿った冷陰極管とすることで、直管形状又はL字形状の流路を流れる流体を効率良く殺菌することができる。

【0029】

第2発明の流体殺菌装置は、殺菌対象の流体が軸方向に流れる流路を有する筐体と、前記流体が前記軸方向に沿って前記流路に流入するように、前記筐体の一端側に設けられた流入口と、前記筐体の他端側に設けられて、前記流体が流出する流出口と、紫外光透過材料を介して前記流体に紫外光を照射するように構成された光源と、前記筐体の一端側の前記流路内に前記軸に垂直に設けられて、複数の円柱状の貫通孔を有する整流板と、を備え、前記整流板は、その中心から離れるにつれて、前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 (t/d) が大きくなることを特徴とする。

10

【0030】

本発明では、筐体の一端側の流路内に設けられた整流板により流体が整流されるが、整流板の中心から離れるにつれて、板厚 t の貫通孔 d に対する比 (t/d) が大きくなるようにする。これにより、特に、整流板の中央(内周領域)の貫通孔から流出する流体が流路の管壁部側へ進む流れが生じる。従って、管壁部と管中央部(軸周辺)とで流体の速度分布が均一化されるので、紫外光の照射時間のばらつきを低減して、殺菌効率を高めることができる。

20

【0031】

第3発明の流体殺菌装置は、殺菌対象の流体が軸方向に流れる流路を有する筐体と、前記流体が前記軸方向に沿って前記流路に流入するように、前記筐体の一端側に設けられた流入口と、前記筐体の他端側に設けられて、前記流体が流出する流出口と、紫外光透過材料を介して前記流体に紫外光を照射するように構成された光源と、前記筐体の一端側の前記流路内に前記軸に垂直に設けられて、複数の円柱状の貫通孔を有する整流板と、を備え、前記整流板の板厚 t の前記貫通孔の直径 d に対する比 (t/d) が0.65未満という条件を満たすことを特徴とする。

30

【0032】

本発明では、筐体の一端側の流路内に設けられた整流板により流体が整流されるが、板厚 t の貫通孔 d に対する比 (t/d) が0.65未満という条件を満たすようにする。これにより、特に、整流板の中央の貫通孔から流出する流体が流路の管壁部側へ進む流れが生じる。従って、管壁部と管中央部(軸周辺)とで流体の速度分布が均一化されるので、紫外光の照射時間のばらつきを低減して、殺菌効率を高めることができる。

【0033】

第3発明の流体殺菌装置において、前記流入口は、前記流路と共軸の円柱形状を有し、前記整流板の円形状の内周領域は、前記流入口の直径 D_{in} と等しく、前記内周領域内に設けられた前記貫通孔は、前記条件を満たすことが好ましい。

40

【0034】

この構成によれば、整流板の内周領域(円形状)の直径を、流路と共軸の流入口(円柱形状)の直径 D_{in} と等しくし(ほぼ等しいことを含む)、さらに、整流板の内周領域の比 (t/d) を0.65未満とする。これにより、流入口から整流板に直進する流体の成分について、貫通孔から流出する流体が流路の管壁部側へ進む流れが生じ、流体の速度分布を均一化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の流体殺菌装置の全体斜視図(第1実施形態)。

50

【図 2】図 1 の流体殺菌装置のII-II断面図。

【図 3】整流板の正面図及び側面図（ 1 ）。

【図 4】整流板の種類と厚比を説明する図。

【図 5】流速分布のシミュレーション結果を示す図。

【図 6】流入角係数を説明する図。

【図 7】厚比と流入角係数との関係を説明する図。

【図 8 A】整流板の正面図及び側面図（ 2 ）。

【図 8 B】整流板の正面図及び側面図（ 3 ）。

【図 8 C】整流板の正面図及び側面図（ 4 ）。

【図 9】厚比と紫外線照射量との関係を説明する図。

10

【図 10】流入口径 / 流路径比と平均流速 / 最大流速比の関係を説明する図。

【図 11】本発明の流体殺菌装置の全体斜視図（第 2 実施形態）。

【図 12】本発明の流体殺菌装置の全体斜視図（第 2 実施形態の変更例）。

【図 13】本発明の流体殺菌装置の全体斜視図（第 3 実施形態）。

【図 14】図 13 の流体殺菌装置のX-X断面図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 6 】

以下、本発明の流体殺菌装置の実施形態について説明する。

【 0 0 3 7 】

[第 1 実施形態]

20

図 1 は、本発明の流体殺菌装置の第 1 実施形態の全体斜視図である。流体殺菌装置 1 は、流路を流れる流体に対して紫外光を照射して、殺菌する装置であり、浄水器や工業用循環装置に利用される。

【 0 0 3 8 】

流体殺菌装置 1 は、光源（図示省略）が実装された基板 4 と、流路を有し、流体の殺菌部となる筒体 5 と、流体の流入口 6 a を有するレジューサ 6 と、流体の流出口 7 a を有するレジューサ 7 と、筒体 5 の周囲を取り囲むように配設されたリフレクタ 8 等で構成されている。

【 0 0 3 9 】

詳細は後述するが、基板 4 をリフレクタ 8 に取り付けられたとき、光源は、リフレクタ 8 の開口部に嵌入された状態となる。ここで、筒体 5 は紫外光透過材料である石英で作られているため、光源から出射された紫外光は筒体 5 を透過し、流体を殺菌する。

30

【 0 0 4 0 】

図示するように、基板 4 の裏面側（光源の発光面がない側）には、金属製のヒートシンク 11 が設けられている。また、コネクタ 9 は、配線 9 a と光源とを接続している。

【 0 0 4 1 】

次に、図 2 に、図 1 の流体殺菌装置 1 のII-II断面図を示す。

【 0 0 4 2 】

光源 3 は LED 3 a と LED 3 b とで構成され、基板 4 の前面側（光源の発光面側）に実装されている。光源 3 から出射される紫外光は、殺菌効果を有する波長又は化学物質を分解する波長を有しており、例えば、波長 240 ~ 380 nm の範囲である。

40

【 0 0 4 3 】

基板 4 は、放熱性に優れた銅、アルミニウム等の金属製のものが望ましい。そして、配線 9 a、コネクタ 9、基板 4 を通じて光源 3 に給電が行われる。なお、基板 4 は、その前面側でリフレクタ 8 と当接して、ネジで固定されている。

【 0 0 4 4 】

基板 4 の背面側には、放熱のためのヒートシンク 11 が配設されている。これにより、光源 3 で生じた熱を効率的に放熱することができる。

【 0 0 4 5 】

筒体 5（本発明の「筐体」に相当）は、直径が 48 mm（内径 D は 44 mm）、流路（

50

殺菌部)の長さが200mmの円柱型の直管形状を有し、殺菌対象の流体が筒体5の長軸方向を流通するようになっている。筒体5は石英管であるため、光源3から出射される紫外光が筒体5を透過する。

【0046】

リフレクタ8の軸方向の一端部(図の右側)にはフランジ8aがあり、ネジによりレギュレーサ6(広がり角65°)が取り付けられる(図1参照)。そして、円柱形状の流入口6a(内径 D_{in} は27mm)から流体が流入する。レギュレーサ6と筒体5との間にはOリング13Aが配設されているため、この部分を封止して、リフレクタ8への流体の侵入を防止している。

【0047】

また、リフレクタ8の軸方向の他端部(図の左側)にはフランジ8bがあり、ネジによりレギュレーサ7(広がり角65°)が取り付けられる。そして、円柱形状の流出口7a(内径は27mm)から流体が流出する。図示するように、流入口6a、筒体5の流路、流出口7aは、その中心軸が一致(共軸)しており、流量は、例えば、約10(L/min)である。

【0048】

同様に、レギュレーサ7と筒体5との間にはOリング13Bが配設されている。このため、この部分を封止して、リフレクタ8への流体の侵入を防止している。なお、Oリング13A, 13Bはフッ素系材料で形成されるが、紫外光に晒されて劣化することがある。しかしながら、Oリング13A, 13Bは、紫外光がほとんど照射されない位置にあり、Oリング13A, 13Bの劣化を防止することができる。

【0049】

流入口6aから流入した流体は、レギュレーサ6の流入口6aと反対側の端部に設けられた整流板12を通過して、筒体5の流路に到達する。整流板12は金属製又はフッ素樹脂製の板材であり、筒体5の軸方向に貫通する複数の円柱状の貫通孔を有している。流体は、整流板12を通過することにより、筒体5の流路に流入する際に流速が平均化される。

【0050】

筒体5の流路に到達した流体は、リフレクタ8の開口部に嵌入された光源3から出射されて、リフレクタ8で拡散された紫外光に晒される。これにより、紫外光が流体に万遍なく照射されるようになり、殺菌性能が向上する。

【0051】

次に、図3~図5を参照して、整流板の種類を変更して流体の流速分布を調べるシミュレーションの結果について説明する。ここで、流速分布とは、流路に垂直な面内における流速分布をいう。

【0052】

流体殺菌装置1(図1参照)において、流体の流量を10(L/min)とすると、平均流速は0.11(m/s)となる(このときのレイノルズ数 Re は約4,800で、4,000以上であるので乱流となる)。今回、光源は深紫外LED(265nm,50mW)をリフレクタ8の周囲に90°間隔で配置し、流路の軸方向の略中央(整流板の位置を $z=0$ としたとき、 $z=110$ mm)から ± 20 mmの位置にそれぞれ1個、合計8個を設置した。

【0053】

まず、図3に、今回用いた整流板の1つである整流板12Aの正面図及び側面図を示す。整流板12Aは、貫通孔の孔径(直径) d が2.0mm、ピッチ p が3.0mm、開孔率が0.403、板厚 t が1.0mm、1.3mm、3.0mmの60°千鳥型である。整流板12Aは、筒体5の右端部($z=0$)に配設した(図2参照)。

【0054】

図4は、整流板12Aの3種類の板厚 t と、板厚 t の孔径 d に対する比である厚比(t/d)を示している。また、整流板12A以外の整流板として、貫通孔の孔径 d が3.0mm、孔のピッチ p が4.5mm、開孔率が0.403の整流板12Bと、貫通孔の孔

10

20

30

40

50

径 d が 4.0 mm、ピッチ p が 6.0 mm、開孔率が 0.403 の整流板 12C を用意した。整流板 12B 及び整流板 12C についても、板厚 t が 3 種類ある。

【0055】

図 5 に、流速分布のシミュレーション結果を示す。本シミュレーションには、汎用流体解析ソフト ANSYS FLUENT (Ver. 16.2) を用い、乱流モデルは $k\text{-}\epsilon$ を採用した。また、計算格子には、ヘキサメッシュを使用し、照度分布については、汎用光学シミュレーションソフト ASAP を使用した。

【0056】

紫外線照射量は、水の紫外線透過率 $UVT = 95\%$ 、リフレクタ 8 の反射率 $R = 90\%$ とし、粒子追跡（粒子数：約 8,000 個）によるシミュレーションと MS2（ファージ）の紫外線感受性から算出した。

【0057】

流速分布は、上から厚比の大きな順に並んでおり、(a) 厚比 (t/d) = 1.5 (最大厚比)、(b) 厚比 (t/d) = 0.75、(c) 厚比 (t/d) = 0.65、(d) 厚比 (t/d) = 0.5、(e) 厚比 (t/d) = 0.43、(f) 厚比 (t/d) = 0.33、(g) が厚比 (t/d) = 0.25 (最少厚比) である。

【0058】

(a) の例において、流速は、筒体 5 の管壁部で 0.05 ~ 0.15 (m/s)、筒体 5 の管中央部（管壁部の内側、軸周辺）で 0.50 ~ 0.60 (m/s)、整流板 12A の流入直前の位置や流出口 7a への流入直後の位置で 0.80 ~ 0.90 (m/s) であった。

【0059】

図示するように、厚比 (t/d) が大きいほど、流速の速い部分が筒体 5 の軸方向奥側（流出口 7a）の方向まで伸びている。流速が速いとき、紫外線照射量が不十分となる可能性があるため、好ましい状態ではない。従って、厚比 (t/d) は小さいほど管壁部と管中央部とで流速分布の均一性が高く、好ましい状態であることが分かった。

【0060】

次に、図 6、図 7 を参照して、流体が整流板に流入する現象について説明する。

【0061】

図 6 に示すように、一般的に、流入角 θ_1 で整流板 12 へ流入した流体は、流出角 θ_2 で整流板 12 から流出する。このとき、流入角 θ_1 と流出角 θ_2 との間には、比例関係が成立し、次の式 (1) で与えられる。

$$\theta_2 = \theta_1 \cdot \dots \cdot (1)$$

ここで、 θ_2 は流出角係数と呼ばれる。

【0062】

流出角係数 θ_2 は、整流板 12 の厚比 (t/d) の値によって変化する。図 7 に示すように、流出角係数 θ_2 は厚比の増加とともに減少し、厚比 (t/d) が 0.65 付近で流出角係数 θ_2 が 0 となる。式 (1) から、 $\theta_1 = 0$ で $\theta_2 = 0$ となり、流出角係数 $\theta_2 = 0$ のとき、流入角 θ_1 の値に依存せず、整流板 12 に対して直角に流体が流出することが分かる。

【0063】

さらに、厚比が増加すると流出角係数 θ_2 は負値となる。すなわち、流出角係数 θ_2 が正值の領域では整流板 12 を通過した流体は筒体 5 の管壁部側へ広がり、流出角係数 θ_2 が負値の領域では流体が筒体 5 の中央部に集中ようになる。

【0064】

その結果、図 5 に示したように、厚比の大きな（例えば、(a) $t/d = 1.5$ ）整流板を通過した流体は、筒体 5 の管中央部へ集まり、流速の速い部分が遠くまで伸びていく。一方、厚比の小さな（例えば、(g) $t/d = 0.25$ ）整流板を通過した流体は管壁部側へ広がるので、整流板の通過直後で流速の分散が進む。以上の結果から、整流板の厚比 (t/d) は、0.65 未満の値が好ましいことが分かった。

【0065】

10

20

30

40

50

次に、図 8 A ~ 図 8 C を参照して、上述のシミュレーション結果を考慮した整流板の構成について説明する。

【 0 0 6 6 】

図 8 A に示す整流板 1 2 D は、板厚が t で一定であるが、整流板 1 2 D の中心から流路の径方向に延在する内周領域 R_{in} と、その外側に延在する外周領域 R_{out} とを有している。なお、内周領域 R_{in} は、流入口の直径 D_{in} の大きさとほぼ等しい。

【 0 0 6 7 】

図示するように、内周領域 R_{in} に設けられた貫通孔の孔径 d_{in} と外周領域 R_{out} に設けられた貫通孔の孔径 d_{out} との間に、 $d_{in} > d_{out}$ の関係がある。このため、厚比については、 $(t / d_{in}) < (t / d_{out})$ の関係が成立する。

10

【 0 0 6 8 】

厚比 (t / d_{in}) 、 (t / d_{out}) は共に 0 . 6 5 未満の値であるが、厚比 (t / d_{in}) の方が小さい値となるので、整流板 1 2 D の中央付近に流入した流体が筒体の管壁部側に進み易くなり、流速分布が均一化される。

【 0 0 6 9 】

また、図 8 B に示す整流板 1 2 E は、板厚が t で一定であるが、整流板 1 2 E の中心から離れるにつれて、貫通孔の孔径 d が小さくなっている。図示するように、整流板 1 2 E の内周領域 R_{in} には孔径 d_{in1} と孔径 d_{in2} ($d_{in1} > d_{in2}$) の貫通孔が存在し、外周領域 R_{out} には孔径 d_{out} ($d_{in2} > d_{out}$) の貫通孔が存在する。

【 0 0 7 0 】

これにより、厚比については、 $(t / d_{in1}) < (t / d_{in2}) < (t / d_{out})$ の関係が成立する。厚比 (t / d_{in1}) 、 (t / d_{in2}) 、 (t / d_{out}) は共に 0 . 6 5 未満の値であるが、整流板 1 2 E の中心に近づくにつれて厚比が小さい値となるので、整流板 1 2 E の中央付近に流入した流体が筒体の管壁部側に進み易くなり、やはり流速分布が均一化される。

20

【 0 0 7 1 】

なお、孔径 d は 3 種類に限られず、4 種類以上を設けてもよい。また、内周領域 R_{in} のみならず、外周領域 R_{out} に複数の孔径 d の貫通孔を形成するようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

図 8 A、図 8 B に示すように、板厚が t が一定の整流板に内周領域 R_{in} と外周領域 R_{out} とを設けて、それぞれの領域で貫通孔の孔径 d を異ならせる場合、少なくとも内周領域 R_{in} に設けられた貫通孔の孔径 d_{in} について、厚比 (t / d_{in}) が 0 . 6 5 未満の条件を満たすようにしてもよい。

30

【 0 0 7 3 】

さらに、整流板の内周領域 R_{in} は、流入口の直径 D_{in} の大きさと等しいという条件が加われば、少なくとも整流板の中央付近に流入した流体は筒体の管壁部側に進み易くなる。このため、仮に外周領域 R_{out} に設けられた貫通孔の孔径 d_{out} について、厚比 (t / d_{out}) が 0 . 6 5 未満の条件を満たさない場合にも、流速分布を均一化する一定の効果がある。

【 0 0 7 4 】

また、図 8 C に示す整流板 1 2 F は、貫通孔の孔径が d で一定であるが、整流板 1 2 F の中心から流路の径方向に延在する内周領域 R_{in} と、その外側に延在する外周領域 R_{out} とを有している。

40

【 0 0 7 5 】

そして、整流板 1 2 F の外周領域 R_{out} では、最大の板厚 t_1 となっており、整流板 1 2 F の内周領域 R_{in} では整流板 1 2 F の中心に近づくほど、板厚が小さくなっている。すなわち、板厚 t_2 、板厚 t_3 、板厚 t_4 の順に小さい値となる。

【 0 0 7 6 】

これにより、厚比について、 $(t_1 / d) < (t_2 / d) < (t_3 / d) < (t_4 / d)$ の関係が成立する。厚比 (t_1 / d) 、 (t_2 / d) 、 (t_3 / d) 、 (t_4 / d) は共に 0 . 6 5 未満の値であるが、整流板 1 2 F の中心に近づくにつれて厚比が小さい値となるので

50

、整流板 1 2 F の中央付近に流入した流体が筒体の管壁部側に進み易くなり、やはり流速分布が均一化される。

【 0 0 7 7 】

ここでも、整流板 1 2 F の内周領域 R_{in} は、流入口の直径 D_{in} の大きさとほぼ等しくなる。なお、整流板 1 2 F のような凹形状とすると、1 つの貫通孔の端部側と中央部側で板厚 t が異なってしまうので、整流板 1 2 F の中心に向かって掘り下る階段構造としてもよい。

【 0 0 7 8 】

次に、図 9、図 1 0 を参照して、上述のシミュレーション結果を考慮した流路の構成について説明する。

【 0 0 7 9 】

図 9 は、上述の厚比と紫外線照射量との関係を示す図である。厚比に伴う流速分布の変化は、紫外線照射量の変化に現れる。特に、厚比 (t/d) を 0.25 から 0.75 に変化させたとき、紫外線照射量は 14.3 (mJ/cm^2) から 11.9 (mJ/cm^2) に減少した。

【 0 0 8 0 】

また、さらに厚比を増加させ、厚比 (t/d) を 1.5 としたときには、紫外線照射量は 11.9 (mJ/cm^2) で一定という結果が得られた。これにより、紫外線照射量の観点からも、厚比 (t/d) は 0.65 未満でよいことが分かった。

【 0 0 8 1 】

また、図 4 の整流板 1 2 C (厚比 $t/d = 0.25$) を用いて、流入口 6 a の直径 D_{in} を変化させた場合の平均流速 (V) / 最大流速比 (U_{max}) を調べた。直径 D_{in} が 14.7 mm、20.2 mm、27.0 mm と大きくなるに従って V/U_{max} の値が大きくなり、20.2 mm 以上のとき V/U_{max} が 0.8 以上となり、1 枚の整流板 1 2 C によって流速分布が均一化されることが分かった。なお、乱流の速度分布は層流の速度分布と比較して平均化され、一様な流れに近い分布となり、層流の状態では V/U_{max} が 0.5、乱流の状態では V/U_{max} が 0.8 以上となることが実験的に確かめられている。従って、 V/U_{max} が 0.8 以上で、ほぼ均一な流速分布ということができる。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 は、筒体 5 (紫外線照射可能領域: $Z = 10 \sim 210 \text{ mm}$) における V/U_{max} (平均値) の流入口径 (D_{in}) / 流路径比 (D) 依存性を示している。図示するように、整流板無しの場合、 V/U_{max} は変化しないという結果が得られた。一方で、整流板 ($t/d = 0.25$) 有りの場合、 D_{in}/D が 0.46 以上のとき、 V/U_{max} が 0.8 以上の流速分布が得られた。

【 0 0 8 3 】

以上により、 D_{in}/D は、0.46 以上 1 未満の値が好ましく、この条件の流体殺菌装置においては、厚比 (t/d) が 0.65 未満の整流板を流入口側へ 1 枚配設することにより、均一な流速分布が形成されることが分かった。

【 0 0 8 4 】

[第 2 実施形態]

次に、図 1 1、図 1 2 を参照して、本発明の流体殺菌装置の第 2 実施形態について説明する。以下では、上述の実施形態と同じ構成については同じ符号を付し、説明を省略する。

【 0 0 8 5 】

図 1 1 に示す流体殺菌装置 1 0 は、流路を有し、流体の殺菌部となる筒体 1 5 と、流体の流入口 6 a を有するレジューサ 6 と、流体の流出口 1 7 a を有する流出装置 1 7 と、筒体 5 の周囲を取り囲むように配設されたリフレクタ 8 等で構成されている。ここでは図を簡略化しているが、光源 3 は、基板に実装された状態でリフレクタ 8 に取り付けられている (図 1 参照)。

【 0 0 8 6 】

筒体 1 5 は、直径が 48 mm (内径 D は 44 mm)、流路の長さが 200 mm の円柱型

10

20

30

40

50

の直管形状を有し、殺菌対象の流体が筒体 15 の長軸方向を流通するようになっている。また、筒体 15 が紫外光透過材料である石英で作られているため、光源 3 から出射された紫外光が筒体 15 を透過し、流体に紫外光が照射され、殺菌が進む。

【 0 0 8 7 】

筒体 15 の軸方向の一端部（図の右側）には、レジューサ 6 が取り付けられている。そして、円柱形状の流入口 6 a（内径 D_{in} は 20 . 2 mm）から流体が流入する。なお、流入口 6 a の広がり角は 54 ° となっている。

【 0 0 8 8 】

また、筒体 15 の軸方向の他端部（図の左側）には、流出装置 17 が取り付けられている。そして、円柱形状の流出口 7 a（内径は 20 . 2 mm）から流体が流出する。流量は、例えば、約 10（L/min）である。このように、流路は L 字型の構造を有していてもよい。

10

【 0 0 8 9 】

流入口 6 a から流入した流体は、レジューサ 6 の流入口 6 a と反対側の端部に設けられた整流板 12 を通過して、筒体 15 の流路に到達する。流体は、整流板 12 を通過することにより、筒体 15 の管壁部と管中央部（軸周辺）とで流速分布の均一化が図られる。

【 0 0 9 0 】

筒体 15 の流路に到達した流体は、リフレクタ 8 の開口部に嵌入された光源 3（LED 3 a、LED 3 b）から出射されて、リフレクタ 8 で拡散された紫外光に晒される。これにより、紫外光が流体に万遍なく照射されるようになり、殺菌性能が向上する。

20

【 0 0 9 1 】

また、図 12 に示す流体殺菌装置 20 ように、光源やリフレクタの位置を変更して、流出装置 17 の左側（筒体 15 の他端部であって、流入口 6 a の反対側）に光源モジュール装置 18 を配設してもよい。ここで、光源モジュール装置 18 の内部には、光源 3'、光源 3' 用の基板 4'、リフレクタ 8' が収められている。また、流出装置 17 と光源モジュール装置 18 の間には、石英窓 14 が設けられている。

【 0 0 9 2 】

光源 3' は、基板 4' の前面側に 1 つ実装されている。基板 4' は、放熱性に優れた銅、アルミニウム等の金属製のものが望ましく、基板 4' を通じて光源 3' に給電が行われる。基板 4' の背面側（光源 3' の発光面と反対側）に、放熱のためのヒートシンクを配設してもよい。

30

【 0 0 9 3 】

基板 4' の前面側には、光源 3' を囲むようにリフレクタ 8' が配設されている。リフレクタ 8' は回転楕円面又は回転放物面の反射鏡であり、光源 3' から出射された紫外光がリフレクタ 8' の内面で反射して、石英窓 14 を通過して筒体 15 の流路の方向に進む。これにより、流出装置 17 の流出口 17 a 付近に到達した流体に紫外光が照射される。

【 0 0 9 4 】

流体殺菌装置 20 の光源 3' は、流体の流通する方向に対して平行方向から紫外光を照射するため（端面照射式）、筒体 15 は紫外光透過材料でなくてもよい。例えば、筒体 15 をステンレスで構成し、筒体 15 の内壁を紫外光反射材料でコーティングしてもよい。これにより、光源 3' から出射された紫外光が光源 3' から遠い位置まで到達し、殺菌効率が向上する。

40

【 0 0 9 5 】

また、流体殺菌装置 10、流体殺菌装置 20 の流路は L 字型であったが、流入口と流出口とが何れも流路に対して垂直方向（筒体の周方向）に配設された U 字型の構造としてもよい。

【 0 0 9 6 】

[第 3 実施形態]

最後に、図 13、図 14 を参照して、本発明の第 3 実施形態である外照式の流体殺菌装置について説明する。

50

【 0 0 9 7 】

図 1 3 に示すように、流体殺菌装置 3 0 は、筒体 2 5 の内部に、光源となる U V 冷陰極管 2 3 と、流体が流通する通水管 2 4 が格納されている。U V 冷陰極管 2 3 は紫外光を出射する柱状又は U 字状のランプであり、コネクタ 1 9、配線 1 9 a を通じて給電され、軸方向が通水管 2 4 に沿うように配設される。

【 0 0 9 8 】

流体は、通水管 2 4 の流入口 2 4 a から流路に流入し、流出口 2 4 b から流出する。また、流路の途中（流入口 2 4 a 付近）に整流板 2 2 を設けており、整流板 2 2 により流速分布の均一化が図られる。

【 0 0 9 9 】

次に、図 1 4 に、図 1 3 の流体殺菌装置 3 0 の X-X 断面図を示す。

【 0 1 0 0 】

図示するように、筒体 2 5 の内部に U V 冷陰極管 2 3 と通水管 2 4 とが隣接して配設されている。流体は通水管 2 4 の内部を流通するが、通水管 2 4 が紫外光透過材料で作られているため、U V 冷陰極管 2 3 から出射された紫外光が通水管 2 4 を透過し、流体に紫外光が照射され、殺菌が進む。

【 0 1 0 1 】

筒体 2 5 の内部かつ通水管 2 4 の外側部分は空洞となっているが、筒体 2 5 の内壁に紫外光反射材料が施されているため、リフレクタの役割を果たす。これにより、U V 冷陰極管 2 3 から出射された紫外光は、通水管 2 4 のあらゆる方向から流体に照射される。

【 0 1 0 2 】

流体殺菌装置 3 0 は、1 本の U V 冷陰極管 2 3 が格納された 1 灯式であったが、通水管 2 4 を挟むように U V 冷陰極管が配設された 2 灯式、又は通水管 2 4 を 3 方向以上から挟むように冷陰極管が配設された多灯式としてもよい。また、筒体 2 5 は直管形状であったが、L 字型とすることも可能である。

【 0 1 0 3 】

上記実施形態は一例に過ぎず、用途に応じて適宜変更することができる。流体殺菌装置の筒体は、用途により流量が異なるため、サイズや形状を変更することができる。

【 0 1 0 4 】

上記実施形態では、筒体が円柱形状を有する場合を例に説明したが、これに限られない。例えば、筒体は、断面形状が円形状、オーバル形状又は多角形状等の柱形状を有していてもよい。

【 0 1 0 5 】

流体殺菌装置 2 0 のように、流路の片側に光源が配設される形態では、流体の流通する方向は、一般的に紫外光の照射方向と逆向きであるが、照射方向と一致させてもよい。流入口、流出口の数や方向、紫外 L E D の数等も適宜変更可能である。

【 0 1 0 6 】

流体殺菌装置の筒体の内壁がポリ塩化ビニルで構成される場合、ポリ塩化ビニルの紫外光による劣化を防止するため、紫外光反射材料や紫外光吸収材料でコーティングするようにしてもよい。紫外光反射材料としては、P T F E 等のフッ素系樹脂、アルミニウム等を用いることができる。また、紫外光吸収材料としては、ステンレス鋼等を用いることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 7 】

1, 1 0, 2 0, 3 0 ... 流体殺菌装置、3, 3', 3 a, 3 b ... 光源、3 A, 3 B ... L E D、4, 4' ... 基板、5, 1 5, 2 5 ... 筒体、6, 7 ... レジューサ、6 a ... 流入口、7 a ... 流出口、8, 8' ... リフレクタ、8 a, 8 b ... フランジ、9, 1 9 ... コネクタ、9 a, 1 9 a ... 配線、1 1 ... ヒートシンク、1 2, 1 2 A ~ 1 2 F, 2 2 ... 整流板、1 3 A, 1 3 B ... リング、1 4 ... 石英窓、1 7 ... 流出装置、1 7 a ... 流出口、1 8 ... 光源モジュール装置、2 3 ... U V 冷陰極管、2 4 ... 通水管、2 4 a ... 流入口、2 4 b ... 流出口。

10

20

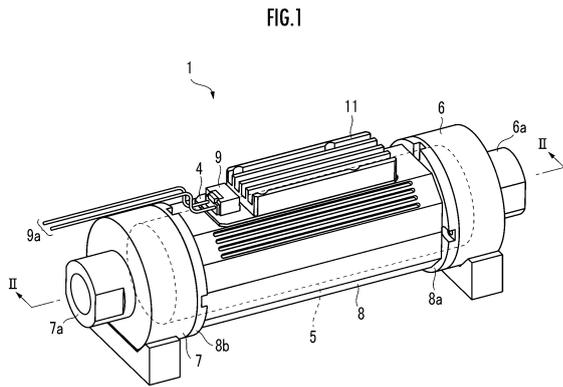
30

40

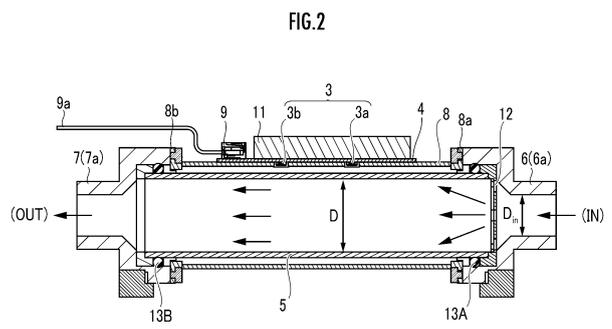
50

【図面】

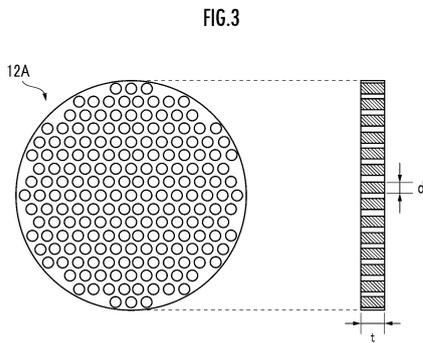
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

FIG.4

整流板	孔径 d (mm)	ピッチ p (mm)	開孔率 β	板厚 t (mm)	厚比 t/d
12A	2.0	3.0	0.403	1.0	0.50
				1.3	0.65
				3.0	1.50
12B	3.0	4.5	0.403	1.0	0.33
				1.3	0.43
				3.0	1.00
12C	4.0	6.0	0.403	1.0	0.25
				1.3	0.33
				3.0	0.75

10

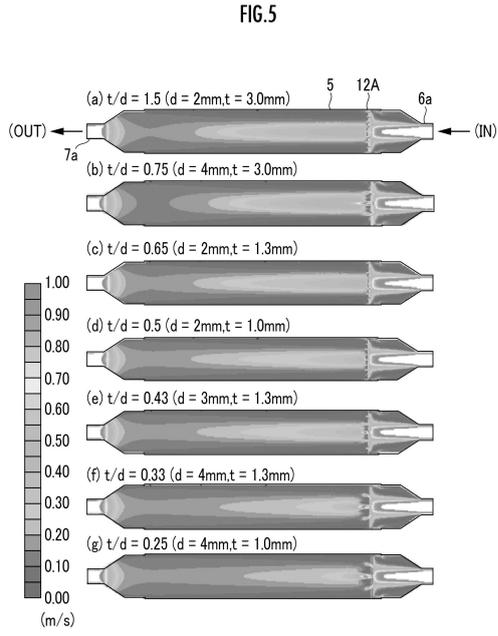
20

30

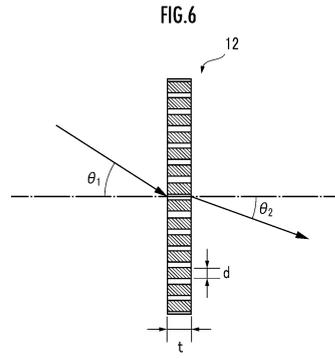
40

50

【 図 5 】



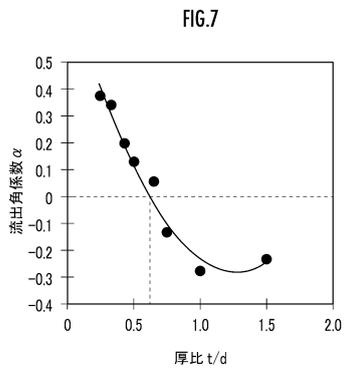
【 図 6 】



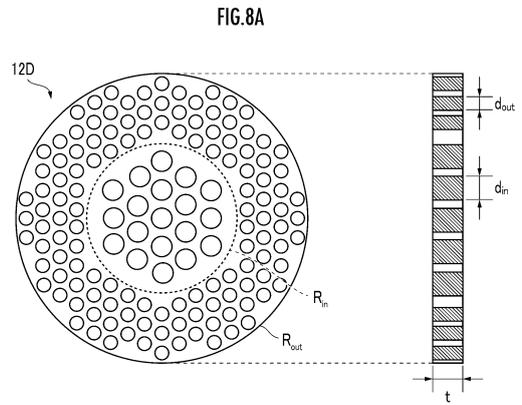
10

20

【 図 7 】



【 図 8 A 】

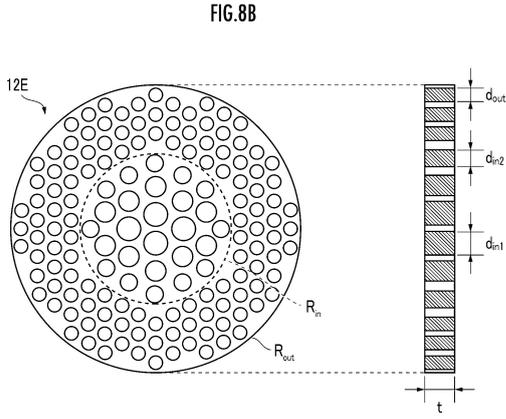


30

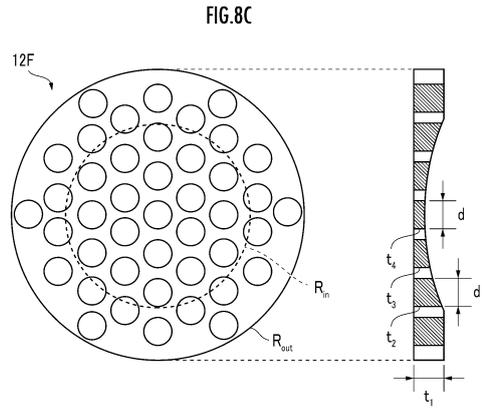
40

50

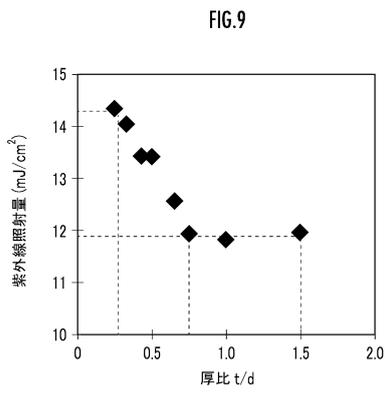
【 図 8 B 】



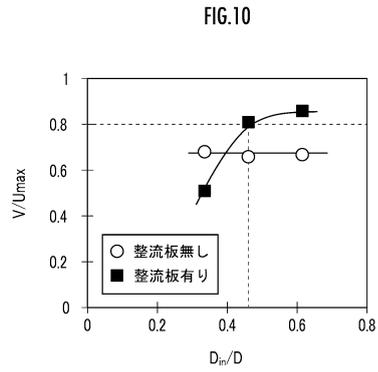
【 図 8 C 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



10

20

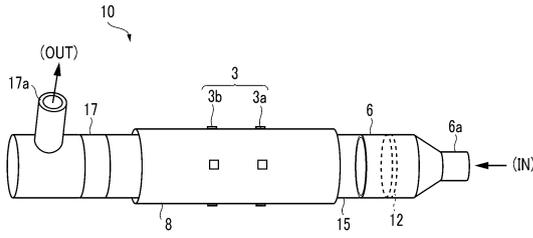
30

40

50

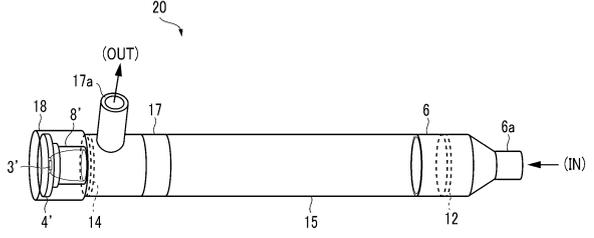
【 図 1 1 】

FIG.11



【 図 1 2 】

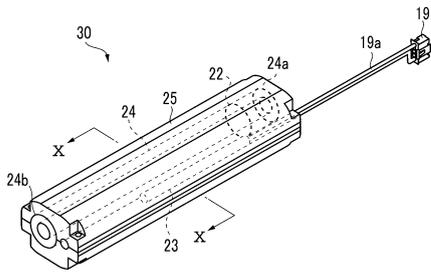
FIG.12



10

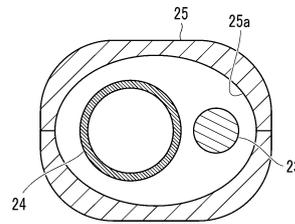
【 図 1 3 】

FIG.13



【 図 1 4 】

FIG.14



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-104230(JP,A)
特開昭49-120131(JP,A)
特開昭49-120132(JP,A)
実開昭51-133832(JP,U)
特表2007-502200(JP,A)
特開2019-188127(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61L 2/00 - 12/14
C02F 1/20 - 1/38