

(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2017-136145

(P2017-136145A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 L 2/10 (2006.01)	A 6 1 L 2/10	2 H 1 4 8
G 0 2 B 5/28 (2006.01)	G 0 2 B 5/28	4 C 0 5 8
A 6 1 N 5/06 (2006.01)	A 6 1 N 5/06	B 4 C 0 8 2

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-17843 (P2016-17843)
 (22) 出願日 平成28年2月2日(2016.2.2)

(71) 出願人 000102212
 ウシオ電機株式会社
 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号
 (74) 代理人 100078754
 弁理士 大井 正彦
 (72) 発明者 五十嵐 龍志
 東京都千代田区大手町2丁目6番1号 ウシオ電機株式会社内
 (72) 発明者 亀井 宏市
 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内
 Fターム(参考) 2H148 GA04 GA19 GA33 GA61
 4C058 AA28 BB06 KK02 KK21 KK50
 4C082 PA03 PC10 PE10 PJ04

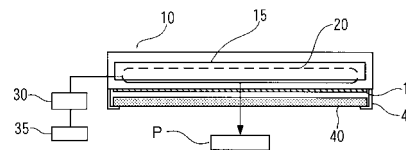
(54) 【発明の名称】 殺菌装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 身体上または身体内に存在する殺菌対象生物を、ヒト細胞に対する危害を抑制しながら殺菌・消毒することができ、しかも、エネルギー効率が高い殺菌装置の提供。

【解決手段】 身体上または身体内の殺菌対象生物に光照射することにより、殺菌対象生物を殺菌・消毒する殺菌装置であって、放出光の波長が、190nm～230nmの波長域、及び230～300nmの波長域に存在する光源20と、光源に電力を供給する電力供給部30と、電力供給部を制御する制御部35と、光学フィルタ40とを備えてなり、制御部によって、1回の光照射において、波長が230～300nmの波長域にある光の照射量が9mJ/cm²以下となるように電力供給部が制御される殺菌装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

身体上または体内の殺菌対象生物に光照射することにより、前記殺菌対象生物を殺菌・消毒する殺菌装置であって、

放出光の波長が、190 nm ~ 230 nmの波長域、および230 ~ 300 nmの波長域に存在する光源と、

前記光源に電力を供給する電力供給部と、

前記電力供給部を制御する制御部と、

光学フィルタとを備えてなり、

前記制御部によって、1回の光照射において、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の照射量が $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されることを特徴とする殺菌装置。

10

【請求項 2】

前記光源から放出される光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、

前記光学フィルタは、下記式(1)を満足する性能を有することを特徴とする請求項1に記載の殺菌装置。

20

式(1)： $0 < f b / f a < 0.09 \times (a_0 / b_0)$

【請求項 3】

前記制御部によって、1回の光照射において、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の照射量が $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されることを特徴とする請求項1に記載の殺菌装置。

【請求項 4】

前記光源から放出される光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、

30

前記光学フィルタは、下記式(2)を満足する性能を有することを特徴とする請求項3に記載の殺菌装置。

式(2)： $0 < f b / f a < 0.04 \times (a_0 / b_0)$

【請求項 5】

前記光源がKrClエキシマランプであり、

前記光源から放出される光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、

40

前記光学フィルタは、下記式(3)を満足する性能を有することを特徴とする請求項1に記載の殺菌装置。

式(3)： $0 < f b / f a < 0.577$

【請求項 6】

前記光源がKrClエキシマランプであり、

前記光源から放出される光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230 ~ 300 nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190 ~ 230 nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230 ~ 300 nmの

50

波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式 (4) を満足する性能を有することを特徴とする請求項 3 に記載の殺菌装置。

$$\text{式 (4)} : 0 < f b / f a < 0.256$$

【請求項 7】

前記光源が K r B r エキシマランプであり、

前記光源から放出される光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式 (5) を満足する性能を有することを特徴とする請求項 1 に記載の殺菌装置。

$$\text{式 (5)} : 0 < f b / f a < 0.336$$

【請求項 8】

前記光源が K r B r エキシマランプであり、

前記光源から放出される光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式 (6) を満足する性能を有することを特徴とする請求項 3 に記載の殺菌装置。

$$\text{式 (6)} : 0 < f b / f a < 0.149$$

【請求項 9】

前記光源から放出される光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ とし、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を x としたとき、

前記光学フィルタは、下記式 (7) を満足する性能を有することを特徴とする請求項 1 または請求項 3 に記載の殺菌装置。

$$\text{式 (7)} : 0 < f b / f a < (x / 100) \times (a_0 / b_0)$$

【請求項 10】

前記光源が窒化物半導体を用いた L E D であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 および請求項 9 のいずれかに記載の殺菌装置。

【請求項 11】

前記光学フィルタは、S i O₂ 膜および M g F₂ 膜による誘電体多層膜を有することを特徴する請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかに記載の殺菌装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、紫外線を利用した殺菌装置に関し、更に詳しくは人体に存在する有害な生物に対する殺菌に適用することができる殺菌装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、紫外線による殺菌・消毒等（以下、単に「UV殺菌」ともいう。）は、食品分野や医療関係分野等、様々な分野で活用されている。UV殺菌は、殺菌対象生物（例えばバクテリアなど）の細胞内のDNAに紫外線を作用させることにより行われる。具体的には

10

20

30

40

50

、細胞内のDNAに紫外線を吸収させて、DNAの遺伝コードを破壊して、当該細胞の増殖・代謝が正常に行われなようにすることにより、当該細胞を有する殺菌対象生物を不活化する。

【0003】

UV殺菌においては、上述したように、細胞のDNAの遺伝コードを破壊するので、薬剤による対象生物の不活化（殺菌・消毒など）の場合とは異なり、殺菌対象生物は紫外線照射に対する耐性を獲得することがない。また、薬剤による殺菌・消毒等と異なり、UV殺菌は、殺菌対象生物の存在するエリアに薬剤などが残留しないという利点を有する。

【0004】

ここで、UV殺菌は、人体以外に存在する人体に有害な生物（殺菌対象生物）に対して施されることが一般的である。例えば、人体と接触する医療機器（例えば、メス、歯科治療器）等の表面殺菌、水や溶液中の細菌を対象として液体殺菌、空気中に存在する菌を殺菌する空気殺菌などである。

10

【0005】

UV殺菌は非常に効果的であるので、人体表面等に存在する有害な生物に対するUV殺菌の要請は強い。例えば、再入院率、死亡率の悪化に繋がる手術部位感染（SSI：surgical site infection）の防止には、手術が施された人体部位へのUV照射が有効と考えられる。また、創傷、やけど、褥瘡等が発生した部位や皮膚移植部位における感染症の防止、および健常皮膚の除菌等においても、UV殺菌への期待は大きい。

20

【0006】

しかしながら、上述したように、UV殺菌は生物の細胞のDNAの遺伝コードを破壊することにより行われるものであるため、人体に紫外線が照射されると、当然ながら、人体の正常細胞もダメージを受ける。その結果、人体には、例えば、光老化、皮膚癌の発生といった重大な不具合が発生する。

このような理由から、人体に存在する有害な生物の殺菌を行う手法として、UV殺菌は普及していなかった。

【0007】

このような状況を鑑み、近年、紫外線照射によって、ヒト細胞を害することなく、殺菌対象部位に存在する殺菌対象生物であるバクテリアを選択的に殺菌する殺菌装置が提案されている（特許文献1参照。）。

30

この殺菌装置は、少なくとも波長が約190～230nmの波長域にある光を放射する光源と、この光源からの光のうち、約190～230nmの波長域以外の波長の光を遮断する光学フィルタとを有する。

このような殺菌装置によれば、約190～230nmの波長域の光のみを選択的に照射することができるため、ヒト細胞に対する危害を実質的に回避しつつ、身体における殺菌対象部位に存在する殺菌対象生物の殺菌・消毒が可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

40

【特許文献1】特表2014-508612号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記の殺菌装置においては、以下のような問題があることが判明した。

上記の殺菌装置において、光源例えばKrc1エキシマランプからの放出光のうち、190～230nm以外の波長域にある光を、光学フィルタによって完全に遮断する場合、すなわち、透過光のうち、波長が190～230nm以外の波長域にある光の強度が0となる光学フィルタを用いる場合には、波長が190～230nmの波長域にある光の強度も相当に減衰してしまう。このため、殺菌対象部位に対して、波長が190～230nm

50

の波長域にある光を、所定の照射量例えば $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上の照射量で照射するためには、KrClエキシマランプに相当に大きな電力を供給することが必要となる。従って、エネルギー効率の高い殺菌装置を構成することが困難である。また、KrClエキシマランプに大きい電力を供給するために、大型の電力供給部が必要となるため、装置全体が大型化するという問題がある。

【0010】

本発明は、以上のような事情に基づいてなれたものであって、その目的は、身体上または身体内に存在する殺菌対象生物を、ヒト細胞に対する危害を抑制しながら殺菌・消毒することができ、しかも、エネルギー効率が高い殺菌装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題を解決するため、発明者らは、鋭意研究した結果、照射する紫外線に $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域以外の光、具体的には、 $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域の光が含まれていても、 $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域の光によるドーズ量を制御することにより、ヒト細胞を害することなしに、殺菌対象生物を殺菌・消毒することが可能であることを見だし、この知見に基づいて、本発明を完成するに至った。

【0012】

本発明の殺菌装置は、身体上または身体内の殺菌対象生物に光照射することにより、前記殺菌対象生物を殺菌・消毒する殺菌装置であって、

放出光の波長が、 $190 \text{ nm} \sim 230 \text{ nm}$ の波長域、および $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域に存在する光源と、

前記光源に電力を供給する電力供給部と、

前記電力供給部を制御する制御部と、

光学フィルタとを備えてなり、

前記制御部によって、1回の光照射において、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量が $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されることを特徴とする。

【0013】

本発明の殺菌装置においては、前記光源から放出される光のうち、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、

前記光学フィルタは、下記式(1)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(1)}: 0 < f b / f a < 0.09 \times (a_0 / b_0)$$

【0014】

本発明の殺菌装置においては、前記制御部によって、1回の光照射において、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量が $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されることが好ましい。

【0015】

このような殺菌装置においては、前記光源から放出される光のうち、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、

前記光学フィルタは、下記式(2)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(2)}: 0 < f b / f a < 0.04 \times (a_0 / b_0)$$

【0016】

10

20

30

40

50

本発明の殺菌装置においては、前記光源がKrClエキシマランプである場合には、前記光源から放出される光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f_a = a / a_0$ 、 $f_b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式(3)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(3)} : 0 < f_b / f_a < 0.577$$

【0017】

本発明の殺菌装置においては、前記光源がKrClエキシマランプである場合であって、前記制御部によって、1回の光照射において、波長が230～300nmの波長域にある光の照射量が $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されるときには、前記光源から放出される光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f_a = a / a_0$ 、 $f_b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式(4)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(4)} : 0 < f_b / f_a < 0.256$$

【0018】

本発明の殺菌装置においては、前記光源がKrBrエキシマランプである場合には、前記光源から放出される光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f_a = a / a_0$ 、 $f_b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式(5)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(5)} : 0 < f_b / f_a < 0.336$$

【0019】

本発明の殺菌装置においては、前記光源がKrBrエキシマランプである場合であって、前記制御部によって、1回の光照射において、波長が230～300nmの波長域にある光の照射量が $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように前記電力供給部が制御されるときには、前記光源から放出される光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f_a = a / a_0$ 、 $f_b = b / b_0$ としたとき、前記光学フィルタは、下記式(6)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(6)} : 0 < f_b / f_a < 0.149$$

【0020】

本発明の殺菌装置においては、前記光源から放出される光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、前記光源から放出される光が前記光学フィルタを透過したときの透過光のうち、波長が190～230nmの波長域にある光の積算分光強度を a 、波長が230～300nmの波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f_a = a / a_0$ 、 $f_b = b / b_0$ とし、波長が230～300nmの波長域にある光の照射量を x としたとき、

前記光学フィルタは、下記式(7)を満足する性能を有することが好ましい。

$$\text{式(7)} : 0 < f_b / f_a < (x / 100) \times (a_0 / b_0)$$

【0021】

10

20

30

40

50

本発明の殺菌装置においては、前記光源が窒化物半導体を用いたLEDであってもよい。

また、前記光学フィルタは、 SiO_2 膜および MgF_2 膜による誘電体多層膜を有することが好ましい。

【発明の効果】

【0022】

本発明の殺菌装置によれば、制御部によって、1回の光照射において、波長が230～300nmの波長域にある光の照射量が $9\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以下となるように電力供給部が制御されることにより、身体上または身体内に存在する殺菌対象生物を、ヒト細胞に対する危害を抑制しながら殺菌・消毒することができる。

また、光学フィルタによって、波長が230～300nmの波長域にある光を完全に遮断することが不要であるため、波長が190～230nmの波長域にある光について透過性の高い光学フィルタを用いることが可能となる。従って、光源に大きい電力を供給することが不要であるため、高いエネルギー効率が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の殺菌装置の一例における構成を示す説明図である。

【図2】エキシマランプの一例における構成を示す説明用断面図である。

【図3】KrClエキシマランプから放出されるエキシマ光の分光分布曲線を示すグラフである。

【図4】KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布と、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(1)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示すグラフである。

【図5】KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布と、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(2)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示すグラフである。

【図6】KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布と、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(3)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1は、本発明の殺菌装置の一例における構成を示す説明図である。

この殺菌装置は、外形が直方体状の筐体10を有する。この筐体10の一面(図1において下面)には、紫外線を透過する、例えば合成石英ガラスよりなる矩形の板状の紫外線透過窓部11が設けられている。

【0025】

筐体10内には、光源として、棒状のエキシマランプ20が紫外線透過窓部11に対向するよう配置されている。筐体10内におけるエキシマランプ20の背後には、エキシマランプ20からの光を紫外線透過窓部11に向かって反射する樋状の反射ミラー15が、当該エキシマランプ20を取り囲むよう配置されている。

また、大気中の酸素は波長200nm以下の光を吸収するため、エキシマランプ20からの光の強度が減衰することを防止することを目的として、必要に応じて、筐体10の内部は、窒素(N_2)ガスなどの不活性ガスでパージされる。

【0026】

エキシマランプ20には、当該エキシマランプ20に電力を供給する電力供給部30が接続されている。この電力供給部30には、当該電力供給部30を制御する制御部35が接続されている。

筐体10の外部において、紫外線透過窓部11に対向する位置には、矩形の板状の光学フィルタ40が配置されている。この光学フィルタ40は、固定部材41によって、筐体10に固定されている。

10

20

30

40

50

【0027】

上記の殺菌装置においては、エキシマランプ20からの光が、紫外線透過窓部11を介して筐体10の外部に放射され、更に、光学フィルタ40を介して殺菌対象部位Pに照射される。これにより、殺菌対象部位Pに存在するバクテリアなどの殺菌対象生物に対する殺菌・消毒が行われる。

【0028】

エキシマランプ20としては、放出光の中心波長が190~230nmであるものを用いることができる。

このようなエキシマランプ20の具体例としては、放出光の中心波長が222nmであるKrClエキシマランプ、放出光の中心波長が207nmであるKrBrエキシマランプが挙げられる。

10

【0029】

図2は、エキシマランプ20の一例における構成を示す説明用断面図である。このエキシマランプ20においては、誘電体よりなる円筒状の一方の壁材22と、この一方の壁材22内にその筒軸に沿って配置された、当該一方の壁材22の内径より小さい外径を有する誘電体よりなる円筒状の他方の壁材23とを有する密閉型の放電容器21が設けられている。この放電容器21においては、一方の壁材22および他方の壁材23の各々の両端部が封止壁部24, 25によって接合され、一方の壁材22と他方の壁材23との間に円筒状の放電空間Sが形成されている。放電容器21を構成する誘電体としては、例えば石英ガラスを用いることができる。

20

【0030】

放電容器21における一方の壁材22には、その外周面22aに密接して、例えば金網などの導電性材料よりなる網状の一方の電極26が設けられている。放電容器21における他方の壁材23には、その外面23aを覆うようアルミニウムよりなる膜状の他方の電極27が設けられている。一方の電極26および他方の電極27は、それぞれ電力供給部30に接続されている。

放電容器21内には、クリプトンと塩素または臭素との混合物よりなる放電用ガスが充填されている。また、放電容器21内には、金属塩化物または金属臭化物よりなる発光用元素補給用物質28が配置されている。

【0031】

このエキシマランプ20においては、一方の電極26と他方の電極27との間に高周波電圧が印加されると、放電容器21内の放電空間Sにおいて誘電体バリア放電が発生する。これにより、放電容器21内においては、クリプトン元素と塩素元素または臭素元素とによるエキシマが生成され、このエキシマから放出されるエキシマ光が、一方の壁材22を介して一方の電極26の網目から外部に放出される。

30

エキシマランプ20がKrClエキシマランプである場合には、エキシマランプ20から放出されるエキシマ光は、中心波長が例えば222nmであって、波長が230~300nmの波長域にある光を含むものである。図3に、エキシマランプ20から放出されるエキシマ光の分光分布曲線を示す。

また、エキシマランプ20がKrBrエキシマランプである場合には、エキシマランプ20から放出されるエキシマ光は、中心波長が例えば207nmであって、波長が230~300nmの波長域にある光を含むものである。

40

【0032】

本発明の殺菌装置においては、制御部35によって、1回の光照射において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量が $9\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以下、好ましくは $4\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以下となるように電力供給部30が制御される。

【0033】

以下に、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を上記の値に規定する理由について説明する。

ヒトの皮膚に紫外線を照射した際に発生する皮膚がんは、紫外線によって皮膚細胞のD

50

NAがダメージを受ける結果として生じるものである。例えば、波長260nmを含む波長域の紫外線が皮膚に照射されると、皮膚細胞中のDNAを構成する塩基が励起され、基底状態に戻る過程において塩基同士が反応を起こし、例えば、シクロブタン型ピリミジンダイマー(Cyclobutane Pyrimidine Dimer, CPD)や、6-4PPなどの二量体分子が生成する。このようなDNAの損傷は、DNA構造の変化を引き起こすため、DNAの複製やRNAの転写が阻害され、その結果、皮膚がん発生の原因となる。

このような紫外線による皮膚がん発生においては、紫外線の波長に依存した紫外線の照射量(ドーズ量)に閾値があることが知られている。

【0034】

一方、太陽光に含まれる紫外線を継続的に浴びると、皮膚に紅斑が生じるなどの変化が起きる。すなわち、皮膚に紫外線が照射されると、紫外線の照射量に応じて紅斑が発生する。近年、皮膚に生じる白斑などの自己免疫疾患の治療に、皮膚への紫外線照射が利用されている。その際、紫外線照射による皮膚疾患発生のリスクを回避するために、紫外線照射量は、通常、皮膚に紅斑が発生する最低の紫外線照射量である最小紅斑量(Minimal Erythema Dose: MED)の値未満に設定されている。

また、皮膚に紅斑を発生させる波長は、発がんを誘導する波長と近似であることが知られている(F.R.de Gruijl, : Health Phys.67(4):319-325;199424 (2001).参照。)。

【0035】

従って、波長が230~300nmの波長域にある光については、MEDを考慮して照射量を設定することにより、ヒト細胞に対する危害を実質的に回避することが可能である。具体的には、波長が250~300nmの波長域にある光において、MEDが9mJ/cm²より大きい値であることから(Aesthetic Dermatol, No3,35(1991)参照)、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を9mJ/cm²以下にすることにより、ヒト細胞に対する危害が実質的に回避されることになる。

【0036】

また、波長が250~300nmの波長域にある光について、上記のMEDは、日本人の平均値を示すものである。日本人は、世界保健機構(WHO)が分類する紫外線に対する皮膚の感受性の度合いであるPhoto Skin Typeにおいて、Type II~Type IVに該当する。従って、Type Iに属する人を考慮すると、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量は、4mJ/cm²以下にすることが好ましい。

【0037】

また、UV殺菌においては、1回の光照射における波長が190~230nmの波長域にある光の照射量は100mJ/cm²以上であることが好ましい。

【0038】

光学フィルタ40は、合成石英ガラスよりなる基板の両面に、SiO₂膜およびMgF₂膜による誘電体多層膜が形成されて構成されている。

このような光学フィルタ40としては、光源から放出される光のうち、波長が190~230nmの波長域にある光の積算分光強度をa₀、波長が230~300nmの波長域にある光の積算分光強度をb₀とし、光源から放出される光が光学フィルタ40を透過したときの透過光のうち、波長が190~230nmの波長域にある光の積算分光強度をa、波長が230~300nmの波長域にある光の積算分光強度をbとし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ としたとき、下記式(1)を満足する性能を有するものを用いることが好ましい。

$$\text{式(1)} : 0 < f b / f a < 0.09 \times (a_0 / b_0)$$

【0039】

また、1回の光照射において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量が4mJ/cm²以下となるように電力供給部30が制御される場合には、光学フィルタ40としては、下記式(2)を満足する性能を有するものを用いることが好ましい。

$$\text{式(2)} : 0 < f b / f a < 0.04 \times (a_0 / b_0)$$

10

20

30

40

50

【0040】

光源であるエキシマランプ20として、KrClエキシマランプを用いる場合には、光学フィルタ40としては、下記式(3)を満足する性能を有するものを用いることが好ましく、1回の光照射において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量が 4 mJ/cm^2 以下となるように電力供給部30が制御されるときには、下記式(4)を満足する性能を有するものを用いることが好ましい。

$$\text{式(3)}: 0 < f_b / f_a < 0.577$$

$$\text{式(4)}: 0 < f_b / f_a < 0.256$$

【0041】

光源であるエキシマランプ20として、KrBrエキシマランプを用いる場合には、光学フィルタ40としては、下記式(5)を満足する性能を有するものを用いることが好ましく、1回の光照射において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量が 4 mJ/cm^2 以下となるように電力供給部30が制御されるときには、下記式(6)を満足する性能を有するものを用いることが好ましい。

$$\text{式(5)}: 0 < f_b / f_a < 0.336$$

$$\text{式(6)}: 0 < f_b / f_a < 0.149$$

【0042】

このような性能を満たす光学フィルタ40を用いることにより、波長が190~230nmの波長域にある光の照射量を 100 mJ/cm^2 以上とすることが可能となる。以下、光学フィルタ40に要求される上記性能について、具体的な例を挙げて説明する。

【0043】

光源としてKrClエキシマランプを用意した。このKrClエキシマランプから放出される光のうち、波長が190~230nmの波長域にある光の積算分光強度(a_0)と、波長が230~300nmの波長域にある光の積算分光強度(b_0)との比(a_0/b_0)は、6.41である。

そして、上記KrClエキシマランプに係る比(a_0/b_0)の値を上記式(1)に代入すると、右辺の値が0.577となり、上記式(3)が導かれる。

また、上記KrClエキシマランプに係る比(a_0/b_0)の値を上記式(2)に代入すると、右辺の値が0.256となり、上記式(4)が導かれる。

【0044】

上記のKrClエキシマランプに対して、下記の性能を有する光学フィルタ(1)および光学フィルタ(2)を作製した。

光学フィルタ(1):

$$f_a = 0.447, f_b = 0.145 (f_b / f_a = 0.324)$$

光学フィルタ(2):

$$f_a = 0.229, f_b = 0.030 (f_b / f_a = 0.131)$$

【0045】

上記光学フィルタ(1)および上記光学フィルタ(2)はいずれも、合成石英ガラスよりなる基板の両面に、 SiO_2 膜および MgF_2 膜による誘電体多層膜が形成されてなるものである。基板の一面に形成された誘電体多層膜の層数は84層であり、基板の他面に形成された誘電体多層膜の層数は86層である。

上記光学フィルタ(1)は、上記の式(1)および式(3)を満たすものである。また、上記光学フィルタ(2)は、上記の式(2)および式(4)を満たすものである。

【0046】

そして、KrClエキシマランプから放出される光が光学フィルタ(1)を透過したときの透過光のうち、波長が190~230nmの波長域にある光の積算分光強度(a)と、波長が230~300nmの波長域にある光の積算分光強度(b)との比(a/b)を求めると、

$$a_0 / b_0 = 6.41$$

$$f_b / f_a = 0.324$$

10

20

30

40

50

$$a = a_0 \times f a$$

$$b = b_0 \times f b$$

よって、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f a) / (b_0 \times f b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f b / f a) \\ &= 6.41 / 0.324 \\ &= 19.8 \end{aligned}$$

となる。

【0047】

また、KrClエキシマランプから放出される光が光学フィルタ(2)を透過したときの透過光のうち、波長が190~230nmの波長域にある光の積算分光強度(a)と、波長が230~300nmの波長域にある光の積算分光強度(b)との比(a/b)を求めると、

$$a_0 / b_0 = 6.41$$

$$f b / f a = 0.131$$

$$a = a_0 \times f a$$

$$b = b_0 \times f b$$

よって、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f a) / (b_0 \times f b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f b / f a) \\ &= 6.41 / 0.131 \\ &= 48.9 \end{aligned}$$

となる。

【0048】

図4に、KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布と、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(1)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示す。また、図5に、KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布と、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(2)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示す。図4および図5において、横軸は波長であり、縦軸は波長222nmにおける分光強度を100としたときの分光強度の相対値である。また、sは、KrClエキシマランプからの放出光の分光強度分布を示し、s1は、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(1)を透過したときの透過光の分光強度分布を示し、s2は、KrClエキシマランプからの放出光が光学フィルタ(2)を透過したときの透過光の分光強度分布を示す。

【0049】

そして、光学フィルタ(1)を使用した場合において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 19.8 \\ &= 178 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

【0050】

また、光学フィルタ(2)を使用した場合において、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が230~300nmの波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 48.9 \\ &= 196 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

【0051】

仮に、 $f b / f a$ の値が0.577の光学フィルタを使用した場合には、波長が230

10

20

30

40

50

～ 300 nm の波長域にある光の照射量を $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が 230 ～ 300 nm の波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f a) / (b_0 \times f b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f b / f a) \\ &= 6.41 / 0.577 \\ &= 11.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 11.1 \\ &= 100 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

【0052】

10

また、 $f b / f a$ の値が 0.256 の光学フィルタを使用した場合には、波長が 230 ～ 300 nm の波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が 230 ～ 300 nm の波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f a) / (b_0 \times f b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f b / f a) \\ &= 6.41 / 0.256 \\ &= 25.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 25.0 \\ &= 100 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

20

【0053】

以上のように、波長が 230 ～ 300 nm の波長域にある光の照射量を $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下とする場合には、式(3)を満たす性能を有する光学フィルタ40を用いることにより、波長が 190 ～ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とすることができる。

また、波長が 230 ～ 300 nm の波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下とする場合には、式(4)を満たす性能を有する光学フィルタ40を用いることにより、波長が 190 ～ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とすることができる。

【0054】

30

参考例として、 $f b$ の値が 0 である光学フィルタ(3)を作製したところ、この光学フィルタ(3)の $f a$ の値は 0.123 であった。

図6に、K r C l エキシマランプからの放出光の分光強度分布と、K r C l エキシマランプからの放出光が光学フィルタ(3)を透過したときの透過光の分光強度分布とを示す。図6において、横軸は波長であり、縦軸は波長 222 nm における分光強度を 100 としたときの分光強度の相対値である。また、 s は、K r C l エキシマランプからの放出光の分光強度分布を示し、 s_3 は、K r C l エキシマランプからの放出光が光学フィルタ(3)を透過したときの透過光の分光強度分布を示す。

【0055】

40

光学フィルタ(1)を使用した場合において、波長が 190 ～ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とするためには、光学フィルタを使用しなかったときの照射量が、 $100 / f a = 100 / 0.447 = 224 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上となるよう、電力供給部30から供給される電力を制御すればよい。

また、光学フィルタ(2)を使用した場合において、波長が 190 ～ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とするためには、光学フィルタを使用しなかったときの照射量が、 $100 / f a = 100 / 0.229 = 437 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上となるよう、電力供給部30から供給される電力を制御すればよい。

一方、光学フィルタ(3)を使用した場合において、波長が 190 ～ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とするためには、光学フィルタを使用しなかったときの照射量が、 $100 / f a = 100 / 0.123 = 813 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上と

50

なるよう、電力供給部 30 から電力を供給することが必要である。

【0056】

このように、光学フィルタ 40 として、光学フィルタ (1) または光学フィルタ (2) を用いる場合には、光学フィルタ (3) を用いる場合に比較して、電力供給部 30 からエキシマランプ 20 に供給する電力量を低減することができる。

【0057】

次に、エキシマランプ 20 として KrBr エキシマランプを用いる場合について説明する。

KrBr エキシマランプから放出される光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度 (a_0) と、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度 (b_0) との比 (a_0 / b_0) は、3.73 である。

そして、 f_b / f_a の値が 0.336 の光学フィルタを使用した場合には、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f_a) / (b_0 \times f_b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f_b / f_a) \\ &= 3.73 / 0.336 \\ &= 11.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 9 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 11.1 \\ &= 100 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

【0058】

また、 f_b / f_a の値が 0.149 の光学フィルタを使用した場合には、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ としたとき、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を求めると、

$$\begin{aligned} a / b &= (a_0 \times f_a) / (b_0 \times f_b) \\ &= (a_0 / b_0) / (f_b / f_a) \\ &= 3.73 / 0.149 \\ &= 25.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times (a / b) &= 4 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \times 25.0 \\ &= 100 \text{ mJ} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

となる。

【0059】

以上のように、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下とする場合には、式 (5) を満たす性能を有する光学フィルタ 40 を用いることにより、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とすることができる。

また、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の照射量を $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下とする場合には、式 (6) を満たす性能を有する光学フィルタ 40 を用いることにより、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とすることができる。

なお、これまでの記載において、波長域 190 ~ 230 nm は、 λ を波長とするとき、 $190 \text{ nm} < \lambda < 230 \text{ nm}$ の波長域を示すものである。

また、波長域 230 ~ 300 nm は、 λ を波長とするとき、 $230 \text{ nm} < \lambda < 300 \text{ nm}$ を示すものである。

【0060】

本発明の殺菌装置において、光学フィルタ 40 としては、光源から放出される光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の積算分光強度を a_0 、波長が 230 ~ 300 nm の波長域にある光の積算分光強度を b_0 とし、光源から放出される光が光学フィルタ 40 を透過したときの透過光のうち、波長が 190 ~ 230 nm の波長域にある光の

積算分光強度を a 、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の積算分光強度を b とし、 $f a = a / a_0$ 、 $f b = b / b_0$ とし、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量を x としたとき、下記式 (7) を満足する性能を有するものを用いることが好ましい。

$$\text{式 (7)} : 0 < f b / f a < (x / 100) \times (a_0 / b_0)$$

【0061】

上記式 (7) 中の x の値については、1回の光照射において、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量が $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように電力供給部 30 が制御される場合には、 $0 < x \leq 9$ であり、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量が $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように電力供給部 30 が制御される場合には、 $0 < x \leq 4$ である。

10

【0062】

このような条件を満足する光学フィルタ 40 を用いることにより、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量を $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下または $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下に抑えながら、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量を $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上とすることができる。

【0063】

以上のように、本発明の殺菌装置によれば、制御部 35 によって、1回の光照射において、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光の照射量が $9 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下となるように電力供給部 30 が制御されることにより、身体上または身体内に存在する殺菌対象生物を、ヒト細胞に対する危害を抑制しながら殺菌・消毒することができる。

20

また、光学フィルタ 40 によって、波長が $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域にある光を完全に遮断することが不要であるため、波長が $190 \sim 230 \text{ nm}$ の波長域にある光について透過性の高い光学フィルタ 40 を用いることが可能となる。従って、エキシマランプ 20 に大きい電力を供給することが不要であるため、高いエネルギー効率を得られる。

【0064】

以上、本発明の殺菌装置の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されず、種々の変更を加えることが可能である。

例えば光源としては、放出光の波長が、 $190 \text{ nm} \sim 230 \text{ nm}$ の波長域、および $230 \sim 300 \text{ nm}$ の波長域に存在するものであれば、エキシマランプに限定されず、AlGaN、AlN などの窒化物半導体を用いた LED を用いることができる。

30

また、光学フィルタとしては、 SiO_2 膜および MgF_2 膜による誘電体多層膜を有するものに限定されず、その他の誘電体多層膜を有するものを用いることができる。

【符号の説明】

【0065】

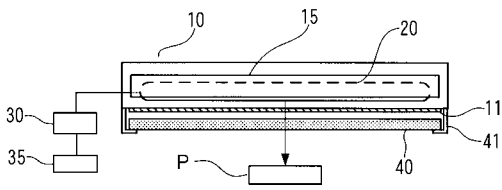
- 10 筐体
- 11 紫外線透過窓部
- 15 反射ミラー
- 20 エキシマランプ
- 21 放電容器
- 22 一方の壁材
- 22a 外周面
- 23 他方の壁材
- 23a 外面
- 24, 25 封止壁部
- 26 一方の電極
- 27 他方の電極
- 28 発光用元素補給用物質
- 30 電力供給部
- 35 制御部

40

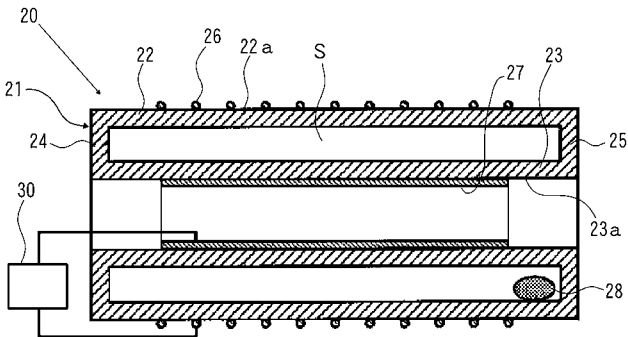
50

- 4 0 光学フィルタ
- 4 1 固定部材
- P 殺菌対象部位
- S 放電空間

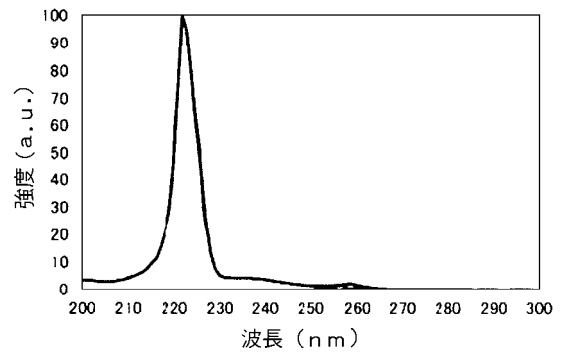
【 図 1 】



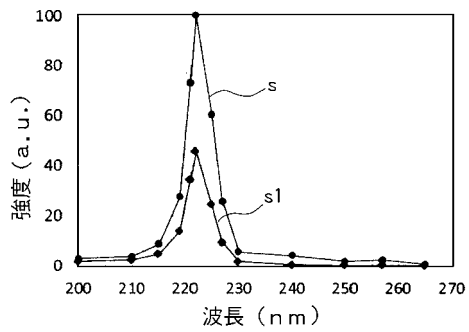
【 図 2 】



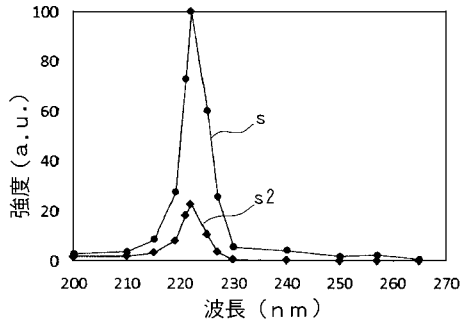
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

