

(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2007-7083

(P2007-7083A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.

A61L 2/10 (2006.01)

F I

A61L 2/10

テーマコード(参考)

4C058

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-190625 (P2005-190625)
 (22) 出願日 平成17年6月29日(2005.6.29)

(71) 出願人 304020292
 国立大学法人徳島大学
 徳島県徳島市新蔵町2丁目24番地
 (71) 出願人 504428027
 株式会社トサトヨー
 高知県高知市一宮南町1丁目11番50号
 (71) 出願人 599132096
 シルバーメイキング株式会社
 徳島県徳島市東沖洲2丁目1番地11
 (74) 代理人 100074354
 弁理士 豊栖 康弘
 (74) 代理人 100104949
 弁理士 豊栖 康司

最終頁に続く

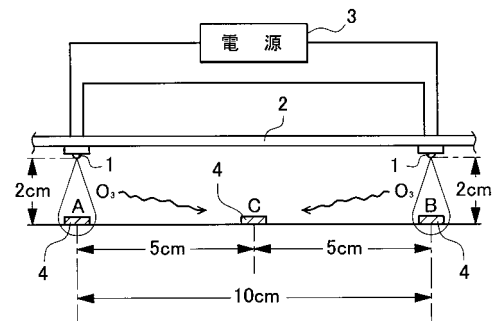
(54) 【発明の名称】 紫外線殺菌装置

(57) 【要約】

【課題】紫外線を均一に照射するのが難しい用途において、紫外線が十分に照射されない部分の殺菌効果を飛躍的に向上する。小型、軽量で形状の設計に自由度があり、さらに省エネで、安全性が高く、携帯可能な紫外線殺菌装置を提供する。光触媒を用いた紫外LEDの欠点である材料面の影響を受けず、かつ低コストに製造する。

【解決手段】紫外線殺菌装置は、殺菌作用を奏する光源としてLEDを備える。LEDは、360ないし380nmの波長域に主発光ピークを有する発光チップと、この発光チップの発光を集束する集光レンズとを備え、LEDが発光チップの発光を集光レンズで集束して放射する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

殺菌作用を奏する光源としてLEDを備える紫外線殺菌装置であって、LEDは、360ないし380nmの波長域に主発光ピークを有する発光チップと、この発光チップの発光を集束する集光レンズとを備え、LEDが発光チップの発光を集光レンズで集束して放射するようにしてなる紫外線殺菌装置。

【請求項 2】

LEDの集光レンズでもって集束して放射される発光出力の指向特性が、中心線上の放射強度の50%となる角度を、中心線から60度以内としている請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

10

【請求項 3】

LEDの集光レンズでもって集束して放射される発光出力の指向特性が、中心線上の放射強度の75%となる角度を、中心線から35度以内としている請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 4】

LEDの集光レンズが、発光チップから放射される発光エネルギーの80%以上を、中心線から60度の範囲に集束して放射する請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 5】

LEDから1cm離れた中心線上の放射強度が300mW/cm²以上である請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

20

【請求項 6】

LEDから1cm離れた中心線上の放射強度が500mW/cm²以上である請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 7】

LEDの主発光ピークが365ないし370nmの波長域にあることを特徴とする請求項1に記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 8】

LEDの主発光ピーク波長における発光スペクトルの半値幅が5nm以上であって15nm以下である請求項1ないし3のいずれかに記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 9】

LEDが窒化ガリウム系化合物半導体発光素子からなることを特徴とする請求項1または7に記載される紫外線殺菌装置。

30

【請求項 10】

LEDの発光のすべて又は一部が殺菌作用を奏する光源として、LEDの近傍における光触媒もしくは波長変換材料の有無に関わらず、殺菌対象物に直接照射されることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載される紫外線殺菌装置。

【請求項 11】

LEDを、棒状、筒状、箱状、平面状、球状もしくは任意の形状の取り付け部材の表面及び/又は裏面に並べて取り付けることにより、LEDの発光が、取り付け部材の形状に応じて周囲に発散されるようにしたことを特徴とする請求項1ないし10のいずれかに記載される紫外線殺菌装置。

40

【請求項 12】

水に対する密閉性と防水性を備え、かつ紫外線を透過する透明性のある容器またはカプセルにLEDを内蔵したことを特徴とする、請求項1ないし11のいずれかに記載される紫外線殺菌装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、LEDを使用する殺菌装置に関し、特にLEDが近紫外域と可視光線との境界に発光する紫外線殺菌装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

殺菌は、我々の日常生活のみならず産業上でも必要不可欠である。一般に殺菌方法としては塩素などによる薬剤殺菌、加熱殺菌、紫外線殺菌、オゾン殺菌などが知られているが、薬剤による弊害や環境意識の高まりから、殺菌する対象物が変質しないこと、不要な残留物が無いこと、環境に優しいことなどの観点から、より質の高い殺菌技術が求められている。このような背景から、紫外線（UV）を用いた殺菌方法、すなわち紫外線殺菌が広く用いられるようになってきている。

【0003】

UVによる殺菌は、薬剤による殺菌と異なり残留するものがなく、安全性において優れている。また、細菌のDNAを破壊すると言われ、薬剤殺菌と違い耐性菌を作らないという利点もある。UVによる殺菌機構については、一般に次の説明がされている。細菌をはじめ、生物の細胞内には遺伝情報をつかさどる核酸（DNA）が存在し、UVが照射されると核酸はその光を吸収し、一部のピリミジン（主にチミン）がピリミジン二量体を形成するため、遺伝子からの転写制御が滞り新陳代謝に支障をきたし死に至るとされる。

【0004】

図1は現在、国際的に標準のものとして認められている紫外線殺菌作用の波長特性を示している（非特許文献）。図1から明らかな通り、殺菌作用の最大値を示す波長は260nm付近にあり、この波長に近い253.7nmのUV（殺菌線または殺菌放射と呼ばれる）を効率的に放射するランプが殺菌灯（又は殺菌ランプ）として常用されている。しかし、殺菌灯は殺菌線を透過させる特殊ガラス管で作られており、小型化や軽量化が難しく、また、形状にも制約があり、LEDに比べ消費電力が大きい等の問題がある。また、管内にはアルゴンガスと環境汚染物質である水銀が封入されており、廃棄時に特別な制約があり、煩雑であるなどの問題点がある。

【0005】

この様に問題点のある殺菌灯に代わって、近年、酸化チタンの光触媒作用が注目され、これと紫外発光のLEDを組み合わせた紫外線殺菌装置の提案がなされている（特許文献1ないし4参照）。しかし、これらは光触媒を活性化して殺菌作用を発生させることを目的としているものであって、効果的な殺菌のためには光触媒に直接に接触させる必要があるので使用状態に制限を受け、また、光触媒を必須としているため材料費や光触媒を固着させるための加工が余分に必要であり、また光触媒の性能のばらつきや劣化に左右されるため殺菌効果が不安定であるなどの問題がある。

【0006】

一方、光触媒を用いない紫外線のみの殺菌においては、図1に示すように、波長が300nm以上になると、殺菌作用が1/100以下と急激に低下して殺菌効果が期待されず、殺菌用としては不要なものとして排除されている。

【0007】

さらに、波長を260nm付近とする紫外線は、優れた殺菌効果があるが、この波長の紫外線が優れた殺菌作用を実現するには、殺菌する部分に紫外線を照射する必要がある。紫外線が直接に照射されない陰の部分、あるいは紫外線の照射強度が著しく弱くなる部分では、紫外線による殺菌効果が著しく低下する。このため、紫外線を均一に照射するのが難しい用途、たとえばイチゴ等の植物栽培等においては、紫外線が照射されない部分を殺菌できない欠点があった。

【特許文献1】特開平9-940号公報

【特許文献2】特開平9-8361号公報

【特許文献3】特開平9-38190号公報

【特許文献4】特開2004-663号公報

【非特許文献1】[Applications of Germicidal, Erythema and Infrared Energy 1st ed. 1946]、111頁、著者[Matthew Luckiesh]、出版社[D. Van Nostr

10

20

30

40

50

and Company, Inc.] 東芝レビュー(11巻9号)昭和31年 論文名
「殺菌とその応用」1020頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、近紫外線と可視光線との境界にある紫外線であって、従来の紫外線殺菌からの常識からは殺菌効果がほとんど期待されないとされている特定波長領域の紫外線を使用し、さらに、LEDから放射される特定波長領域の紫外線を均一に放射するのではなくて、その反対に集光レンズで集束して局部的に極めて強い紫外線強度として、紫外線による均一な殺菌効果、とくに紫外線を集束して紫外線強度を極めて強くする領域に加えて、紫外線強度の極めて弱い領域においても実用的な殺菌効果を実現することに成功したものである。すなわち、従来の紫外線殺菌の常識からは殺菌効果がほとんど期待できない特定波長領域の紫外線を使用し、さらに、均一に紫外線を照射して均一に殺菌しようとする通常の技術思想とは反対に、紫外線を集光レンズで集束して特定の領域には極めて強い紫外線を放射することで、紫外線強度の極めて強い領域のみでなく、紫外線強度の極めて弱い領域においても、従来の紫外線殺菌からは想像もできない優れた殺菌効果を実現するという、従来の技術からは想像もできない優れた特徴を実現するもので、本発明の第1の大切な目的は、従来の常識では殺菌効果が期待されない近紫外線を集光することで殺菌効果を高めて殺菌線として使用し、さらに紫外線を均一に照射するのが難しい用途においては、紫外線が十分に照射されない部分の殺菌効果を飛躍的に向上できる紫外線殺菌装置を提供することにある。

【0009】

また、本発明の他の大切な目的は、従来では不可能であった、小型、軽量で形状の設計に自由度があり、さらに省エネで、安全性が高く、携帯可能な紫外線殺菌装置を提供することであり、また、光触媒を用いた紫外LEDの欠点である材料面の影響を受けず、かつ低コストの紫外線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】

【0010】

本発明の紫外線殺菌装置は、前述の目的を達成するために以下の構成を備える。

紫外線殺菌装置は、殺菌作用を奏する光源としてLEDを備える。LEDは、360ないし380nmの波長域に主発光ピークを有する発光チップと、この発光チップの発光を集束する集光レンズとを備え、LEDが発光チップの発光を集光レンズで集束して放射する。

【0011】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDの集光レンズでもって集束して放射される発光出力の指向特性が、中心線上の放射強度の50%となる角度を、中心線から60度以内とすることができる。さらに、LEDの集光レンズでもって集束して放射される発光出力の指向特性は、中心線上の放射強度の75%となる角度を、中心線から35度以内とすることができる。

【0012】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDの集光レンズが、発光チップから放射される発光エネルギーの80%以上を、中心線から60度の範囲に集束して放射することができる。

【0013】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDから1cm離れた中心線上の放射強度を300mW/cm²以上、好ましくは、500mW/cm²以上とすることができる。

【0014】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDの主発光ピークを、365ないし370nmの波長域とすることができる。

【0015】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDの主発光ピーク波長における発光スペクトルの半値

幅を、5 nm以上であって15 nm以下とすることができる。

【0016】

本発明の紫外線殺菌装置は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子からなるLEDを使用することができる。

【0017】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDの発光のすべて又は一部が殺菌作用を奏する光源として、LEDの近傍における光触媒もしくは波長変換材料の有無に関わらず、殺菌対象物に直接照射することができる。

【0018】

本発明の紫外線殺菌装置は、LEDを、棒状、筒状、箱状、平面状、球状もしくは任意の形状の取り付け部材の表面及び/又は裏面に並べて取り付け、LEDの発光を、取り付け部材の形状に応じて周囲に発散されるようにすることができる。

【0019】

本発明の紫外線殺菌装置は、水に対する密閉性と防水性を備え、かつ紫外線を透過する透明性のある容器またはカプセルにLEDを内蔵することができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明の紫外線殺菌装置は、殺菌効果が極めて低いと考えられている波長領域にある360ないし380 nmの紫外線を使用し、さらに、この紫外線の照射強度が極めて弱くなる部分の殺菌効果を飛躍的に向上できる。ちなみに、主発光ピークを365 nm、半値幅を10 nm、放射強度が50%となる角度が中心線に対して50度となる指向特性のLEDを使用し、LEDから2 cm離れた紫外線の直接照射部分であって紫外線強度を250 mW/cm²とする直接照射部分の大腸菌の殺菌率を図6に示す。この図から明かなように、直接照射部分の殺菌率は、5分後、15分後、30分後、60分後において、順番に約50%、80%、100%、100%と極めて優れた殺菌効果が実現される。また、直接照射部分と間接照射部分の5分後の殺菌率を比較すると、図7に示すようになる。ただし、間接照射部分は、LEDの中心線に対して80度の方向にあって、直接照射部分から5 cm離れた部分であって、紫外線強度が直接照射部分の1/100以下となる部分である。この図から明かなように、間接照射部分の5分後における大腸菌の殺菌率は約50%となっており、直接照射部分に勝とも劣らない殺菌率を示す。このことは、紫外線照射強度が1/100以下とほとんど照射されない間接照射部分においても、大腸菌は直接照射部分と同じように殺菌されることを意味している。間接照射部分は、図1の殺菌効果を示す特性からは、殺菌力から極めて弱い波長領域の紫外線を使用し、さらに紫外線強度を直接照射部分の1/100以下と極めて弱くしながら、直接照射部分に匹敵する殺菌効果を実現する。

【0021】

ちなみに、図1に示す殺菌特性からすると、365 nmの紫外線は、260 nmの紫外線と比較して、殺菌効果が1/5000と著しく低下する。さらに、間接照射部分の紫外線強度は直接照射部分の1/100以下に低下する。このことからすると、理論的には、間接照射部分の殺菌効果はほとんど記載されない。にもかかわらず、本発明の紫外線殺菌装置は、殺菌効果の少ない365 nmの紫外線を照射し、さらに紫外線強度を1/100以下と極めて弱くしても、直接照射部分と同じように5分間の照射で50%もの大腸菌を死滅できる優れた効果を実現する。このことから、365 nm紫外線を集光レンズで集束して照射する装置は、殺菌線量が極めて弱い間接照射部分においては、飛躍的に殺菌力を向上できる。すなわち、本発明の紫外線殺菌装置は、紫外線を直接に照射しない部分においては飛躍的に向上された殺菌効果が期待される。このように、紫外線を照射しない部分に極めて優れた殺菌効果を実現するのは、本発明の紫外線殺菌装置が、LEDから放射される360ないし380 nmを主発光ピークとする紫外線を、集束して局部的に強い紫外線を照射することで、空気が優れた殺菌力を有する状態となり、この空気が流動して、紫外線の照射されない部分においても殺菌効果を実現するからである。すなわち、集束して強

10

20

30

40

50

くなった紫外線を局部的に照射することで空気を殺菌力のある状態に変化し、この空気が紫外線の直接照射されない部分を殺菌する。このため、本発明の紫外線殺菌装置は、紫外線を照射しない部分をも効果的に殺菌できるという、従来の装置では実現できない極めて優れた特徴を実現する。このことは、紫外線殺菌装置にとって極めて大切な特性である。それは、紫外線殺菌装置は、殺菌しようとする全面に均一に紫外線を照射することが、現実にはほとんど不可能な用途が多々あるからである。たとえばイチゴ等の植物栽培の殺菌に使用する場合、葉や果実の全面に均一に紫外線を照射することは現実には不可能である。葉や果実等が不規則な状態で立体的に方向性なく集合しているために、葉や果実の陰となる部分には紫外線を照射できない。本発明の紫外線殺菌装置は、紫外線を照射できない葉や果実の陰や裏面であって、紫外線を直接に照射できない部分をも均一に殺菌できる極めて優れた特徴を実現する。 10

【0022】

また、本発明の紫外線殺菌装置は、小型、軽量、省エネの殺菌装置となるので、従来の殺菌灯では設置が困難な狭隘な場所、大電力の供給が難しい場所に設置でき、また普段でも人が携帯して便利に使用できる。また光触媒を必須としないので、経済的であり、触媒性能の低下の心配がなく、長期間殺菌効果を維持できる。

【0023】

さらに、本発明の紫外線殺菌装置は、主発光ピーク波長を360nm~380nmとする紫外線LEDを使用するので、LEDの発光を淡い紫色として目で見ることができる。人の目に見える可視光線の最短波長が380nmであるからである。このため、本発明の紫外線殺菌装置は、どの部分に紫外線を照射して殺菌しているかを目で確認できる特徴がある。また、紫外線で殺菌している状態にあるかどうかにも簡単に判別できる。このため、あらゆる使用状態において均一にむらなく、あるいは必要な部分をより効果的に殺菌できる特徴がある。 20

【0024】

さらに、主発光ピークを360~380nmとする紫外線であって、従来は殺菌効果がないとされていた、紫外線としては可視光線に近い波長領域に発光するLEDを使用するので、人の目に与える悪影響を防止しながら効果的に殺菌できるという理想的な特徴を実現する。従来の殺菌灯は、見えない紫外線を使用するにもかかわらず、人がエリア内に居る場合には消灯して紫外線照射を停止する必要であったが、本発明の紫外線殺菌装置は、目で殺菌状態を確認しながら、人が居る場合もオン・オフの必要がなく、24時間連続点灯して殺菌効果を発揮することができる。また、壁などの人の目に付く場所でも、特別な遮蔽材を設けることなく設置することができる。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための紫外線殺菌装置を例示するものであって、本発明は紫外線殺菌装置を以下のものに特定しない。さらに、この明細書は、特許請求の範囲に示される部材を、実施例の部材に特定するものでは決していない。

【0026】

図2に示す紫外線殺菌装置は、殺菌作用を奏する光源としてLED1を備える。このLED1は、360ないし380nmの波長域に主発光ピークを有する紫外線を放射する発光チップを備える。より好ましくは、発光チップが放射する紫外線の主発光ピークは365ないし370nmとさらに狭い波長域とする。主発光ピークをこれ等の波長領域とするLED1は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子で実現する。本発明は、主発光ピークを極めて限られた波長領域とするLED1を備える。このLED1は、主発光ピークの波長領域を、可視光線と近紫外線の境界領域とする。可視光線が380nm以上、近紫外線が300nm以上の波長領域にあるからである。さらに、LED1は、好ましくは、発光スペクトルの半値幅を5nm以上とし、かつ15nm以下とする。半値幅は、LED1の発光スペクトルを特定する。 40

【0027】

半値幅が15nm以上のLEDは、狭い波長領域のみの紫外線を放射できなくなって、殺菌効果の少ない波長域に分散する。反対に半値幅が5nmよりも狭いLEDは、可視光線の強度が低下して放射される紫外線を目で見ることができなくなる。したがって、LEDから放射される紫外線を目で確認しながら、効果的に殺菌できるように、LEDの半値幅は前述の範囲に特定される。

【0028】

また、LED1は、発光チップの発光を集束する集光レンズを備える。このLED1は、発光チップの発光を集光レンズで集束して外部に放射する。したがって、LED1から外部に放射される発光は、局部的に集束されて放射強度が著しく強くなる。とくに、集光レンズで発光を集束するLED1は、中心線の放射強度が強く、中心線からずれるにしたがって放射強度は低下する。

10

【0029】

集光レンズで発光チップの光を集束して放射するLEDの指向特性を、図3と図4に示す。図3のLEDは、中心線に対して約8度の範囲内に紫外線を照射する。中心線に対して8度の方向に放射される放射強度は、中心線上の50%となる。図4のLEDは、中心線に対して約47度の範囲内に紫外線を照射する。中心線に対して47度の方向に放射される放射強度は、中心線上の50%となる。LEDは、中心線の方角により強く紫外線を照射する指向特性、いいかえると指向特性をシャープにして、紫外線をより狭い領域に集束して、照射部の紫外線強度を強くできる。したがって、本発明の紫外線殺菌装置に使用するLEDは、好ましくは、中心線上の放射強度の50%の放射強度となる角度を、中心線から60度以内とする。また、LEDは、好ましくは、中心線上の放射強度の75%に低下する角度を、中心線から35度以内とする。さらに、LEDは、好ましくは、発光チップから放射される発光エネルギーの80%以上を、中心線から60度の範囲に集束して放射する。

20

【0030】

さらにまた、LEDの出力と指向特性は、LEDの先端から1cm離れた中心線上の放射強度を、たとえば300mW/cm²以上、好ましくは500mW/cm²以上とするようにして、強い紫外線を集束して放射させて、空気を殺菌効果の強い状態に変化させる。

30

【0031】

また、LEDは、放射する殺菌作用のある紫外線を直接に殺菌対象物に向かって照射することなく、反射させて間接的に殺菌対象物に向かって照射することもできる。また、LEDから放射される紫外線の一部で光触媒を照射し、光触媒との相乗効果で殺菌することもできる。さらに、紫外線の一部で蛍光体等の波長変換材料を照射し、波長変換材料で紫外線を波長変換することもできる。本発明の紫外線殺菌装置は、LEDから放射される紫外線で光触媒を活性化する効果も強く、光触媒を併用すると紫外線と活性酸素の相乗効果を利用できる。ただ、光触媒を併用すると、触媒性能のばらつきや劣化、さらには材料費、加工費が増大する。したがって、光触媒や波長変換材料を使用することなく、LEDから放射される特定波長の紫外線をできる限り効率よく殺菌対象物に照射して、効果的な殺菌が実現できる。

40

【0032】

さらに、紫外線殺菌装置は、複数のLEDを、平面状、棒状、筒状、箱状、球状もしくは任意の形状の取り付け部材の表面及び/又は裏面に並べて取り付けることにより、LEDから放射される紫外線を、取り付け部材の形状に応じて周囲に放射して、殺菌対象物に特定の照射パターンで照射することができる。

【0033】

また、紫外線殺菌装置は、水に対する密閉性と防水性を備え、かつLEDから放射される紫外線を透過させる透明性のある容器、またはカプセルにLEDを内蔵することができる。この紫外線殺菌装置は、水滴が付着し、あるいは空気中の水分が結露する用途に便利

50

に使用できる。この構造の紫外線殺菌装置は、水密構造の容器にLEDと一緒に、電池等の電源装置を内蔵させて、さらに便利に使用できる。また、紫外線殺菌装置は、複数のLEDを、発光素子の発光面を外側とする姿勢で、基板側を内側にして集めて組み立てることにより、LEDから放射される紫外線を四方八方に発散する構造として、小型でかつ広範囲に殺菌効果を実現できる。

【実施例】

【0034】

(紫外線殺菌装置の作製)

図5に示すように、紫外線殺菌装置は、平面状の基盤2に、2列のLED1を10cmの間隔に離して配置する。LED1は真下に向く姿勢で、基盤2の下面に固定される。LED1(日亜化学工業株式会社製)は、主発光ピーク波長を365nm、発光スペクトルの半値幅を10nm、光出力を100mW、指向特性を図4に示すものである。2個のLED1は直列に接続して電源3(菊水電子工業株式会社製PAS40-9)に接続される。電源3は、出力を安定化している直流安定化電源である。この電源3は、LED1の光出力を100mWとする定格電流の500mAで通電する定電流モードで使用する。図に示すように、LED1の下端から2cm離れた真下の直接照射部分と、2個のLED1の中間の間接照射部分とに殺菌対象物4を配置する。直接照射部分における紫外線の放射強度は250mW/cm²である。間接照射部分における紫外線の放射強度は、図4に示すLEDの指向特性から紫外線がほとんど放射されない方向に配置されて、直接照射部分の1/100以下である。

10

20

【0035】

以上の紫外線殺菌装置が優れた殺菌効果を有することは、以下の試験で確認される。

(培養液の作成法)

殺菌対象物として使用する細菌の培養には、LB培地を用いる。液体培地と寒天培地(LBプレート)の作成方法を次に述べる。

・LB培地の組成;

tryptone 1% 10g/l、

yeast extract 0.5% 5g/l、

NaCl 1% 10g/l

寒天培地の場合は、これに

agar を1.5% (W/V) になるように加える。

30

【0036】

LB培地は、脱イオン水に溶解後、オートクレーブにて滅菌(121、20分)する。寒天培地は、スターラーを入れておき、オートクレーブ後、スターラーで均一に攪拌し、65程度に冷めたら、10cmのディスポーザブルプラスチックシャーレ(栄研器材株式会社)に適量を分注し、水平な所に置いて固化させる。

【0037】

(本実験の指標菌)

殺菌対象物の指標菌として、非病原性大腸菌DH5株を使用する。実験で作製した殺菌装置の大腸菌に対する殺菌効果の検討を行うために、大腸菌はLB培地5mlを用いて、37の振盪培養器で16時間培養したものを使用する。

40

【0038】

(菌数の調整法)

実験では、菌数の測定に、平板培養法を用いる。これは、寒天培地上に一定量の菌液を塗抹し培養して生成したコロニー数を数えるというものである。コロニーとは同一の細菌から成る集団のことで、1個の菌体は肉眼では見えないが、コロニーは肉眼で確認できる。菌数の調整には、まず分光光度計でおよその菌数を測定し、その後、段階希釈を行う。

【0039】

・分光光度計

ある波長の光がある物質の溶液層を通過する間に、その強さがI0(入射光の強さ)か

50

ら I (透過光の強さ) に変化したとする。このとき、 I_0 に対する I の比 (I / I_0) を透過度 (t ; transmittance) と言い、透過度を百分率で表したものを透過率 (T ; percent transmittance) と言う。光学密度 ($O.D.$; optical density) は、透過度の逆数の常用対数である。

【0040】

$$T = (I / I_0) \times 100, A = -\log t = \log (I / I_0) = O.D.$$

大腸菌の数を測定するためには波長 600 nm の光を用いて計測する。その結果を OD_{600} と書く。

実験には、菌液を試料として、PBS [phosphate-buffered saline (リン酸緩衝液) 以下 PBS という] を対照に OD_{600} を計測する。菌液に希釈液 (PBS) を混合し、 OD_{600} の値が 1.0 となるように調整する。 $OD_{600} = 1.0$ に調整した菌液を原液とし、これを PBS により 10^6 倍まで段階希釈する。試料原液 $100 \mu\text{l}$ を PBS $900 \mu\text{l}$ に混合し、 10 倍希釈液とし、さらに 10 倍希釈液 $100 \mu\text{l}$ を PBS $900 \mu\text{l}$ に混合し 100 倍希釈液とする。同様に順次希釈し 6 段階まで調整した。

【0041】

(紫外線殺菌装置が紫外線を照射する前の菌数の測定)

予備実験により、 10^5 倍、 10^6 倍に希釈した菌液が紫外線照射前の菌数の測定に適しているので、それぞれを $100 \mu\text{l}$ ずつ LB プレートに滴下し、コンラージ棒でまんべんなく塗抹し、 37°C 、 16 時間培養する。その後、LB 寒天培地上に出現したコロニー数の測定を行う。コロニー数を数えるには、シャーレの裏側から全てのコロニーを肉眼で数える。菌数は、各希釈倍数のプレートのコロニー数にその希釈倍数を乗じ、平均して求める。

【0042】

(紫外線殺菌装置から紫外線を照射)

前述した調整法にて調整した菌液を、滅菌済ウエルプレート (Becton Dickinson Labware) に $150 \mu\text{l}$ 入れ、直接照射部分と間接照射部分とに配置して、 5 分間紫外線を照射する。紫外線はポリスチレンのフタを透過して照射される。統計的な有意差を示すために、各条件とも日を変えて 3 回ずつ実験を行う。

【0043】

(紫外線殺菌装置で紫外線を照射した後の菌数の測定)

紫外線照射後の菌数の測定は、紫外線照射後の菌液を取り出し PBS により 10 倍、 100 倍に希釈する。そして、希釈なし (原液)、 10 倍希釈、 100 倍希釈した菌液をそれぞれ $100 \mu\text{l}$ ずつ LB プレートに滴下しコンラージ棒でまんべんなく塗抹する。これを 37°C 、 16 時間培養した後、LB 寒天培地上に出現したコロニー数の測定を行い、各条件下における紫外線照射後の残存している菌数を算定する。

【0044】

LED 1 による紫外線照射における殺菌効果を評価するために、紫外線照射後の菌数を紫外線照射前の菌数で割り、菌の生存率 P 、菌の致死率 Q (殺菌率) を以下の式で計算する。

$$P = (N / N_0) \times 100, Q = 100 - P$$

P : 菌の生存率、 Q : 菌の致死率、

N_0 : 紫外線照射前の菌数、 N : 紫外線照射後の菌の生存数

【0045】

(紫外線照射時間と殺菌率の関係)

紫外線照射時間と大腸菌の殺菌率を図 6 と図 7 に示す。ただし、図 6 は図 5 において直接照射部分である A 点の殺菌率を示し、図 7 は図 5 において間接照射部分である C 点と、直接照射部分である A 点と B 点の殺菌率を示している。図 6 から直接照射部分の殺菌率が時間と共に大きくなるのがわかる。図 7 は直接照射部分と間接照射部分の殺菌率を比較値を示している。ただし、図 6 は、横軸を紫外線の照射時間、縦軸を殺菌率とし、 5 分、 15 分、 30 分、 60 分後の殺菌率を示している。図 7 は、横軸で直接照射部分と間接照

10

20

30

40

50

射部分を示し、縦軸を殺菌率としている。この図は、紫外線照射時間を5分として、直接照射部分と間接照射部分の殺菌率の差を示している。これ等の図において、縦軸の殺菌率は、前述の式より求めた直接照射部分と間接照射部分における殺菌率を示している。

【0046】

紫外線照射前の菌数は約4000個(SD 800)である。実験後の紫外線照射器の放熱板の温度は約36℃、また、実験終了時の菌液の温度は約35℃である。図7より、5分間の紫外線照射で、直接照射部分と間接照射部分のいずれも殺菌率は40～50%となる。

【0047】

図6に示すように、直接照射部分は、紫外線の照射時間を5分として約50%の大腸菌が死滅し、30分の照射で大腸菌はほぼ100%死滅する。また、間接照射部分と間接照射部分の殺菌率を比較すると、図7に示すように、紫外線照射5分後において、間接照射部分は直接照射部分に匹敵する殺菌率を示す。

10

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】紫外線殺菌作用の波長特性を示すグラフである。

【図2】本発明の一実施例にかかる紫外線殺菌装置の概略構成図である。

【図3】LEDの指向特性の一例を示す図である。

【図4】LEDの指向特性の他の一例を示す図である。

【図5】本発明の実施例に使用する紫外線殺菌装置の概略構成図である。

20

【図6】本発明の実施例における直接照射部分の殺菌率を示すグラフである。

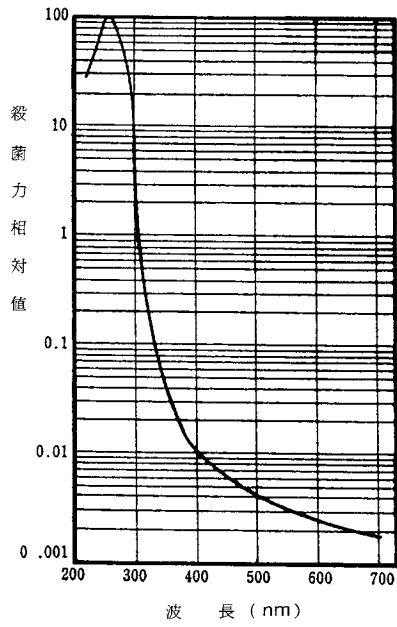
【図7】本発明の実施例における間接照射部分と直接照射部分の殺菌率の差を示すグラフである。

【符号の説明】

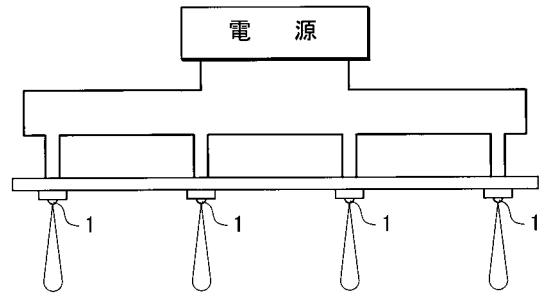
【0049】

- 1 ... LED
- 2 ... 基盤
- 3 ... 電源
- 4 ... 殺菌対象物

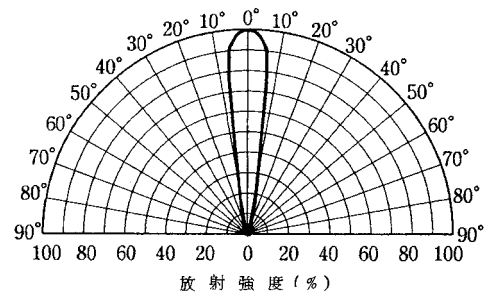
【 図 1 】



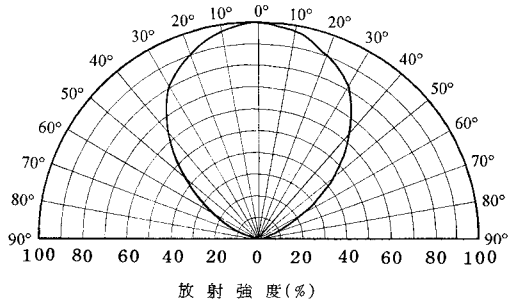
【 図 2 】



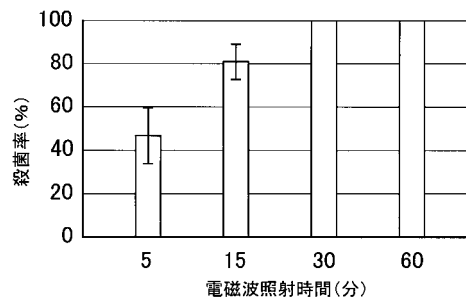
【 図 3 】



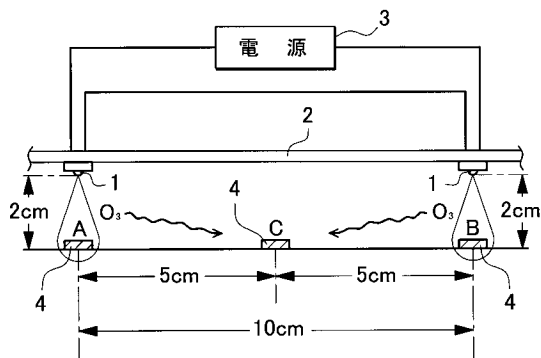
【 図 4 】



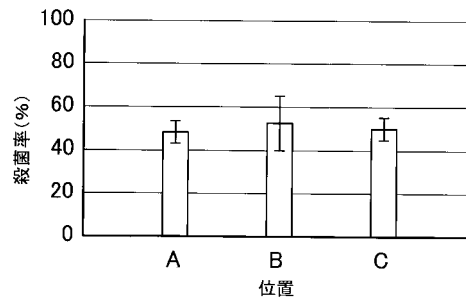
【 図 6 】



【 図 5 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 木内 陽介
徳島県徳島市南常三島町2丁目1番地 国立大学法人徳島大学工学部電気電子工学科内
- (72)発明者 池原 敏孝
徳島県徳島市蔵本町3丁目18番地の15 国立大学法人徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部内
- (72)発明者 高橋 章
徳島県徳島市蔵本町3丁目18番地の15 国立大学法人徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部内
- (72)発明者 芥川 正武
徳島県徳島市南常三島町2丁目1番地 国立大学法人徳島大学工学部電気電子工学科内
- (72)発明者 中野 政之
徳島県徳島市蔵本町3丁目18番地の15 国立大学法人徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部内
- (72)発明者 森 美怜
徳島県徳島市南常三島町2丁目1番地 国立大学法人徳島大学工学部電気電子工学科内
- (72)発明者 有田 憲一
高知県高知市一宮南町1丁目11番50号 株式会社トサトヨー内

Fターム(参考) 4C058 AA01 BB06 KK02 KK13