

(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



(10) 国際公開番号

WO 2012/053083 A1

(43) 国際公開日

2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

PCT

(51) 国際特許分類:

A61L 2/14 (2006.01)

G01N 21/68 (2006.01)

A61L 9/22 (2006.01)

H05H 1/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2010/068550

(22) 国際出願日:

2010 年 10 月 21 日(21.10.2010)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 丹藤 匠(TANDO, Takumi) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 根岸 伸幸(NEGISHI, Nobuyuki) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 板橋 直志(ITABASHI, Naoshi) [JP/JP]; 〒1858601 東京都

国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 筒井 大和(TSUTSUI, Yamato); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号 新宿御苑ビル 3 階 筒井国際特許事務所 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

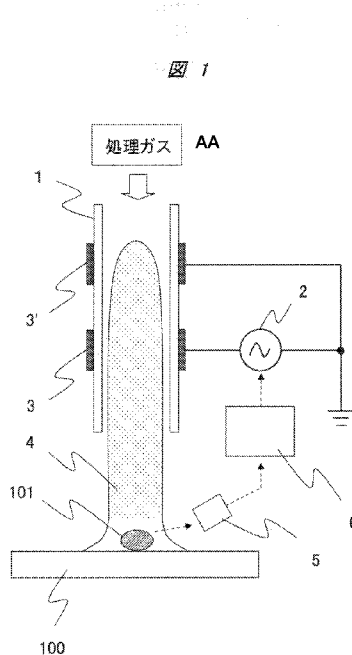
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA STERILIZATION APPARATUS, PLASMA STERILIZATION SYSTEM AND PLASMA STERILIZATION METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ滅菌装置、プラズマ滅菌システムおよびプラズマ滅菌方法

[図1]



AA - PROCESS GAS

(57) Abstract: The purpose is to provide an apparatus that, when performing sterilization using plasma, performs sterilization very efficiently by measuring a specific light emission spectrum and assessing microbe activity/inactivity in real time. The solution is to apply plasma to an object to be treated from a plasma source connected to an AC power supply and detect light emission from the object being treated that arises from the plasma application with an emission intensity-detecting unit. By detecting the wavelength intensity of hydrogen or hydroxyl groups in particular, microbe activity/inactivity can be assessed at an early stage. Consequently, output of the power supply can be controlled as appropriate for the sterilization.

(57) 要約: プラズマを用いて滅菌を行なう際、特定の発光スペクトルを計測することで、菌の活性/不活性をリアルタイムに判定し、高効率に滅菌する装置を提供する。解決手段として、交流電源に接続されたプラズマ源から、処理対象物にプラズマを当て、プラズマを当てられたことに起因する処理対象物の発光を発光強度検出部で検出する。特に、水素又は水酸基の波長強度を検出することで、菌の活性/不活性を早期に判定できる。したがって滅菌のための適切な電源の出力を制御することができ



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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

プラズマ滅菌装置、プラズマ滅菌システムおよびプラズマ滅菌方法

技術分野

[0001] 本発明はバイオクリーンルーム（以下、BCR）など微生物除去を必要とする施設や空間において付着菌や浮遊菌を不活性化させるプラズマ滅菌装置にかかり、特に、菌の活性もしくは不活性をリアルタイムに検出可能なモニタ技術に関する。

背景技術

[0002] 人工的に培養した細胞や組織を使用して、損傷した皮膚、角膜、臓器などを再生し、患者の機能回復を図る再生医療の実現に期待が高まっている。対象疾患の患者数は角膜再生だけを取り上げても年間2万人と予想されており、技術の実用化が待ち望まれている。今後製薬企業の参画も顕在化し、再生医療は新たな医療産業に成長することが予想される。

[0003] 再生医療の臨床研究には、無菌操作が行えるBCRが必須であり、BCR内の室内環境を維持するために表面付着菌の滅菌技術の確立が重要課題となっている。従来の滅菌法はホルマリンを室内に薫蒸させて滅菌を行ってきたが、発がん性が指摘されるなど人体に有害であることから使用が禁止される傾向にある。このため、ホルマリンに代わる付着菌滅菌技術が求められている。

[0004] BCR内の表面付着菌の新しい滅菌方法を検討するため、医療現場または医療関連メーカーにおいて一般的に用いられている表面付着菌の滅菌方法を調査すると下記に大別される。

- 1) 乾熱滅菌法、高圧蒸気滅菌法、煮沸滅菌法などの加熱による滅菌法
- 2) 放射線（ γ 線など）、紫外線（波長254nm付近）、電子線などによる照射滅菌法
- 3) エチレンオキシドガス、過酸化水素などによるガス滅菌法

[0005] 例示したように滅菌対象物の材質、形状などにより様々な滅菌方法が存在するが、上記滅菌方法をBCR内に適用することは困難と考えられる。例えば、BCR内の床面は一般的に樹脂系材料であることから、120℃程度まで高温化する加熱殺菌法は使用できない。また、照射滅菌法は滅菌力が弱く、滅菌箇所数十分～数時間の照射が必要であることから処理時間が問題となる。

[0006] ガス滅菌に関しては、ホルマリンと同様に人体に有害であることや、ガス脱気に数時間～1日が必要となることから、使用を避ける傾向にある。このような背景のもと、有害な物質を用いず、低温かつ高速に処理が可能な新しい滅菌法としてプラズマを用いた滅菌法が注目されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特表2009-545673号公報

特許文献2：特表2008-525750号公報

特許文献3：特開2007-117254号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] BCR内の滅菌処理を行なう際、菌の存在、および活性/不活性を判断するための手法として、培地を用いた培養検査が一般的であるが、判定に数日単位の時間が必要となる。このためBCR内において菌による汚染がいつ、どの場所で発生しているかをリアルタイムに知ることができず、現在ではホルマリンによる室内全体の滅菌処理が数週間に一度の周期で経験的に実施されている。

[0009] 前述の通り、ホルマリンによる室内の燻蒸が人体への有害性から禁止される傾向にあり、プラズマ等の代替手段が検討されている。しかしながら、プラズマを一度にBCR室内全体に照射することは不可能であり、菌の存在箇所を検知して照射し、照射時間も不活性化を判断して決定できれば、BCR

室内全体を効率的に滅菌することができる。

[0010] このような滅菌が可能となれば、BCR内の菌が多くなった特定箇所でのみ滅菌作業を行なえばよいことになり、滅菌処理のためにBCRの稼動を数日に亘って完全停止（作業員を全員退避）させる必要もなくなる。また、菌の存在箇所でのみプラズマ生成のための電力を増加させることも可能となり、低消費電力でBCR全体の滅菌を行なうことができる。

[0011] 菌の不活性化をリアルタイムに判断する方法として、特許文献1には光学検出器を用いてプラズマ処理中の酸素ラジカルを測定する方法が示されている。プラズマによって菌から脱離する酸素ラジカルの変化を観察し、菌が完全に消滅して酸素ラジカルの変化が一定になったところで菌が死滅したと判定している（菌はプラズマで生成された各種ラジカルによって分解される。分解されて菌の径が小さくなるにつれて脱離する酸素ラジカルの量も減少していくため、発生する酸素ラジカルの量が一定となるのは、菌が完全に消滅した時になる）。

[0012] しかし、上記の方法では菌の消滅は判定可能であるが、それ以前に生じている菌の不活性化を判定することはできない。したがって、菌が完全に消滅するまでプラズマを照射することは処理時間の増大を招く。また、上記方法をBCR内の滅菌に適用することを考えると、BCR内の床や壁は有機物（主成分：C、O、N）であり、プラズマの照射によって床や壁から酸素ラジカルが脱離してくる可能性もあり、菌の消滅時間を判断することが困難であることが予想される。

[0013] 特許文献2には、凍結乾燥処理中の脱水運転を監視するための装置として、チャンバ内でプラズマを生成し、その発光スペクトルの水素ラジカルに注目することで、チャンバ内の水分が完全に脱水されたかを判定するシステムが示されている。チャンバ内に水が存在する状態でプラズマを生成することにより、OHラジカルが発生して滅菌効果があることも述べられている。

[0014] しかし、上記方法は、チャンバ内の脱水状態を監視するために、元々チャンバ内に存在する水分量（＝湿度）を測定するシステムであり、菌から発生

する反応生成物を測定して不活性を判定するシステムではない。また、プラズマの生成によってOHラジカルが発生し、菌の滅菌効果は期待できるが、プラズマ生成用ガスに多量の水分が含まれている場合には水分を検出してしまい、菌から脱離した水素スペクトルを測定することが困難となる。

[0015] 特許文献3には、プラズマ放電と相関のある発光現象に着目して、プラズマ放電現象により発生する発光の強度に基づいて正負イオンの発生量を見積もり、効果的にイオンの発生量を制御可能な空気清浄装置が示されている。イオン発生電極（プラズマ生成部）表面での発光強度をモニタし、その発光検出情報を基にイオン発生電極の出力（イオン発生量）を制御することができる。

[0016] しかし、上記方法はプラズマからの発光量を検出して電極の経時変化や放電空間の湿度の変化などに対応するものであり、特定の発光スペクトルに着目し、菌の不活性を判定することはできない。

[0017] 図9は、処理対象生物の不活性化を早期に判別するために、本願の発明者が先立って検討した図面である。当分野の滅菌装置には炭素（ C_2 ）の発光強度を検出する装置があったが、プラズマの照射時間を抑え、短時間で滅菌処理を行いたいとする要望が強く存在した。

[0018] 発明者が行った実験の一例としてイースト菌の場合を説明する。イースト菌は細胞質の外側に殻状の組織を形成しており、熱や紫外線による滅菌に高い耐性を示す。枯草菌にプラズマを照射するとまずこの外殻が変質し、次に内部の細胞が変質する。発明者は図9のようにHの発光が減衰する頃に C_2 の発光強度が増加する現象に着目した。これは変質の初期段階においては水素が先立って離脱し、次段階において炭素が離脱してくることを示している。そして水素の発光強度が強まるタイミングで滅菌処理を終了し、対象物を培養シートにて培養する方法を用いたところ菌の不活性を確認した。この結果から、菌の不活性化を早期に判断するためには、炭素よりも不活性化を早期に検出できる、特定の発光スペクトル（＝発光強度）のモニタを行うことが好適であるとの結論を得た。

[0019] したがって、本発明の目的は、プラズマを用いて滅菌を行なう際、生物に由来する成分の特定の発光スペクトルを計測することで、菌の存在、および活性/不活性をリアルタイムに判定し、高効率に滅菌することが可能なプラズマ滅菌装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0020] 上記課題を解決するために、本発明のプラズマ滅菌装置は、交流電圧を出力する電源と、前記電源により駆動されるプラズマ源と、前記プラズマ源によりラジカル化された気体が存在する領域からの水素又は水酸基の発光強度を検出する発光強度検出部と、前記発光強度に基づいて前記電源の出力を制御する制御部と、を有する。

[0021] また、上記課題を解決するために、本発明のプラズマ滅菌システムは、交流電圧を出力する電源と、前記電源で駆動されるプラズマ源と、前記プラズマ源によりラジカル化された気体が存在する領域からの水素又は水酸基の発光強度を検出する発光強度検出部と、前記発光強度の検出時間を定めるクロックと、前記クロックが測定する一定期間内における前記発光強度に基づいて、前記電源の出力を制御する制御部と、を有する。

[0022] また、上記課題を解決するために、本発明のプラズマ滅菌方法は、交流電圧を出力する電源と、前記電源により駆動されるプラズマ源と、発光強度を検出する発光強度検出部と、前記電源の出力を変化させる制御を行う制御部とを有し、前記電源の出力を前記プラズマ源に印加する第1ステップと、前記プラズマ源によりラジカル化された気体を発生させる第2ステップと、前記気体の存在領域から発光される、水素又は水酸基の発光強度を検出する第3ステップと、前記発光強度に基づいて前記電源の出力を制御する第4ステップと、を有する。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、プラズマを用いた滅菌処理時において、高効率に滅菌することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明のプラズマ滅菌装置の構成を示す模式図である。

[図2]本発明の処理対象生物の検知方法の説明図である。

[図3]本発明のプラズマ滅菌装置の構成のその他の例を示す模式図である。

[図4]本発明のプラズマ滅菌装置の構成の、更なるその他の例となる模式図である。

[図5]本発明のプラズマ滅菌装置および処理対象面の構成を示す模式図である。

[図6]本発明の自走式のプラズマ滅菌装置を示す模式図である。

[図7]本発明のプラズマ滅菌装置をBCR全体システムに組込んだ模式図である。

[図8]本発明の浮遊菌用のプラズマ滅菌装置を示す模式図である。

[図9]本発明の水素と炭素との発光強度の時間推移を比較した模式図である。

発明を実施するための形態

[0025]

実施例 1

[0026] 図1は、本発明のプラズマ滅菌装置の構成を示す模式図である。大気圧下において、処理ガスが供給されたプラズマ源がある。プラズマ源には、絶縁体1（例えばガラス管）の外周に、高周波電源2から電力が印加された高周波電極3とアース電極3'が設置され、絶縁体1の管内でプラズマ4を生成し、処理対象面100上の処理対象生物101にプラズマを照射する。

[0027] ちなみに、ここでいうプラズマの照射とは放電した時にできる気体のことであり、自由に運動する荷電粒子が存在して電氣的に中性になっている状態を指す。つまり、放電部分が直接菌に作用するだけでなく、放電によって生成したラジカルが菌に滅菌作用を及ぼす現象を含む。したがって、放電領域ではなくラジカルの発生領域が処理対象面100に存在していれば滅菌処理ができる。

[0028] BCR内の滅菌を行なう場合には、処理対象面100はBCRの床や壁であり、処理対象生物101は例えば枯草菌である。

- [0029] プラズマ 4 生成用のガスとして酸素を使用、または添加することにより、プラズマ 4 中において酸素ラジカルが生成される。プラズマ 4 を処理対象生物 101 に照射した際、酸素ラジカルにより処理対象生物 101 の細胞壁の表面から水素の脱離が開始する。これにより処理対象生物 101 は表面のたんぱく質が変質することで不活性化される。
- [0030] 脱離を開始する際、分光器 5 によりプラズマ 4 中の水素の発光スペクトル（例えば 655 nm）を測定することにより、水素が脱離する開始時期および終了時期を検出することができる。水素の脱離が終了、つまり水素の発光量が減衰し、発光量が一定になった時には、処理対象生物 101 は不活性化しており、水素の脱離を検知できれば、処理対象生物 101 の不活性化を判定できる。
- [0031] 分光器 5 からの水素の発光強度の検出情報は、高周波電源 2 の制御基板 6 に送られる。処理対象生物 101 の存在を判定する場合は高周波電源 2 の出力電力を低めに設定し省電力化を図ってもよい。そして、処理対象生物 101 の存在を認めた場合は処理対象生物 101 の不活性化が確認されるまでは高周波電源 2 の出力電力を高める。これによりプラズマ中の酸素ラジカルの生成量を増加させ、高速に処理対象生物 101 を不活性化させる。
- [0032] なお、水素の発光スペクトルを検知して処理対象生物 101 をモニタする場合、例えば BCR 内の処理対象面 100 に水などが付着していた場合、水を検知する場合がある。
- [0033] この場合には、水素の発光スペクトルと共に生体に由来する物質（例えばリン）の発光スペクトルも検知すればよい。リンは生物の脂質に含まれる成分であり、水や他の有機物には含まれない。つまり、リンの発光スペクトルを検知して処理対象生物 101 の存在を判定し、水素の発光スペクトルから処理対象生物 101 の不活性化を判定すればよい。
- [0034] 図 2 は本発明の処理対象生物の検知方法の説明図である。
- [0035] (a) は処理ガスとして空気、処理対象生物としてイースト (*Saccharomyces cerevisiae*) を使用した場合の発光スペクトルの測定結果である。横軸に

波長、縦軸に発光強度差を示している。発光強度差とはイーストが存在する場合の波形からイーストが存在しない場合の波形を差し引いたことを意味している。処理ガスである空気には酸素が約20%含まれており、プラズマ中の酸素ラジカルによってイースト表面の水素が脱離することで、水素の発光ピークが検出できている。一方、酸素ラジカルはマイナスの値を示すが、これは水素等を脱離させる際に、酸素ラジカルを消費しているためである。なお、ここでのイーストの設置面積はプラズマを照射している面積の2%程度であるが、水素の発光強度を十分に検出できている。

[0036] (b) は (a) で発光ピークが検出された水素の発光強度が時間でどのように変化するかを示している。処理開始（プラズマ照射開始）後、酸素プラズマによって水素の脱離が開始し、処理時間30秒程度で水素の脱離が減衰して、水素の発光スペクトル（例えば655nm）の強度が一定になることがわかる。これは、水素の脱離による発光が弱まり、装置稼動に起因するプラズマの発光のみが検出されている状態である。すなわち、発光強度が一定となった状態である。また、(b) の80（秒）時は交流電源を停止した状態である。このように経時的に発光強度が変化することから、状態が変化したと判断される一定値をしきい値として定めて制御を行うとよい。

[0037] 更に、ここでは図示していないが、イーストの最表面の水素が脱離すると、次に炭素などが脱離してくる。この時点においてイーストはすでに不活性になっており、滅菌処理は行わなくて良い。

[0038] 本発明では、表面の水素が脱離する時点で菌が不活性化になることに着目し、水素もしくは水酸基（OH）の発光スペクトルを測定している。したがって、炭素の脱離をモニタするよりも早く生存菌の不活性化が判定でき、処理時間の短縮および処理効率を高めることを実現している。

[0039] (c) はプラズマの照射時間と生存菌個数の関係を示している。各処理時間後のイーストを培地上で培養し、コロニーカウント法によって生存菌個数を測定した。結果、プラズマ中の酸素ラジカルによって水素が脱離すると同時に、イーストの不活性化も確認できる。

- [0040] なお、（a）、（b）は真空中での発光スペクトルの測定結果であるが、大気中においても同様のスペクトル測定は可能である。
- [0041] なお、図 1 及び図 2 において一連の説明を行ったが、各構成についてさらに説明する。
- [0042] 絶縁体 1 は、発生させるプラズマの性質に関係する。電極から空中放電を行いプラズマを発生させる場合、大電流のアーク放電が行われる。ただし、絶縁体 1 を用いることで小電流のグロー放電を行うことができ、省電力化を図ることができる。したがって、絶縁体 1 は放電の省電力化を図るために設けられたものであり、本発明を実施するにあたり必ずしも絶縁体 1 は必要とはならない。また、グロー放電は他の放電方式より放電空間の体積を減少させることができ、本発明のように、小型化された装置に適している。
- [0043] 高周波電源 2 は放電に必要な電位・周波数を制御している。基本的な動作としては、電位の振幅や周波数の増加によって処理対象生物 101 の不活性化の速度を早めることができる。また、処理対象生物 101 の存在が認められない場合は電位の振幅や周波数を減少させても良い。さらに、絶縁体 1 がなくても小電流のグロー放電を発生させることができる電位・周波数で制御してもよい。たとえば、高周波電圧を不連続のパルス状に制御し、プラズマ中を流れる電流量を抑制する。このように、高周波電源 2 によって装置の省電力化を図ることができる場合もあるので、省電力化のための絶縁体 1 を省略できる。
- [0044] 高周波電極 3 とアース電極 3' は、形状を変えることにより発生させるプラズマの性質を変えることができる。電極形状を変えることで、前述した絶縁体 1 および高周波電源 2 と同様に装置の省電力化を図ることができる。
- [0045] なお、プラズマは高周波電極 3 とアース電極 3' が形成する電界に応じて生成される。従って、高周波電極 3 とアース電極 3' を処理対象面 100 に近づけるように配置すれば、より高密度のプラズマを処理対象面 100 に当てることができる。ただし、プラズマは高温の場合もあるため、処理対象面 100 に対して温度劣化を生じさせない程度の距離を取っても良い。

- [0046] 処理対象面 100 は BCR の床である例示をした。ただし、滅菌処理を行う部位を壁面に這わせることで壁面の滅菌にも対応できる。装置自体を磁力・吸着力により壁面移動させる以外にも、滅菌処理を行う部位を壁面に這わせながら、壁面に沿って移動する装置でもよい。
- [0047] 処理対象生物 101 は例えば枯草菌である例示をした。枯草菌を例示した理由は熱や紫外線による滅菌に高い耐性を示し、当分野のバイオリジカル・インジゲータ（BI）に採用されているためである。したがって、熱や紫外線による滅菌に高い耐性を持つ菌に対しても本発明は有効であり、処理できる菌は枯草菌やイースト菌以外の広範囲にわたる。
- [0048] プラズマ 4 生成用のガスは例えば酸素である例示をした。ただし、有機物を脱離させるためのガスならば特に限定しない。ここで酸素を選んだ理由は、大気中に存在しかつ、有機物を脱離させる効果が高いためである。大気中から酸素を供給されることで、プラズマ滅菌装置は脱離ガスを封入したポンペを携帯する必要がなくなり、小型化が実現できる。また、ガスポンベの交換の必要もなくランニングコスト低減の効果もある。
- [0049] さらに、プラズマ 4 生成用のガスを処理面 100 に対して強制対流させるため、送風用のファン等を取り付けてもよい。強制対流の装置の有無および対流の強さによって、より多くのラジカル化された気体が処理面 100 に存在するようになり、処理効率を高めることができる。また、自然対流を採用した場合、強制対流の装置がある場合より処理効率は下がるものの、強制対流の装置を省略することができる。
- [0050] 波長の強度変化の検出対象は、水素以外に水酸基（OH）の発光スペクトルを測定しても不活性化を判定可能である。図 2（b）の水酸基（OH）の検出結果で示したとおり、水酸基（OH）の発光スペクトルは水素の発光スペクトルより強度が低いものの、活性または不活性の菌の存在を判定するには十分な検出感度がある。
- [0051] 各物質の発光スペクトルとは、水素や水酸基、リンなど各物質の発光強度が良好に得られる波長の範囲をいう。各物質において一般的に知られている

波長の領域は、水素ならば410nm～490nm付近、もしくは656nmをピークとした650nm～660nm付近などがある。また、水酸基ならば302.1nm～308.9nm付近、リンならば215.4nm～255.5nmもしくは919.4nm～1058.2nm付近などが代表的である。このように各物質の発光強度が良好に得られる波長の範囲から選んで検出を行えばよい。

[0052] 分光器5は各物質の発光強度が良好に得られる波長の発光強度の検出をカラーフィルタや受光素子を用いて行うものであり、必ずしも可視光領域全体を検出するものでなくてよい。特定の波長の強度を検出できればよいので、装置の小型化、コストの低下が可能となる。また、分光器5の入光部を直接処理対象面100に向ける以外にも、集光レンズや光ファイバを用いることにより、さらに良好な検出感度を得ることができる。特に、処理対象面100と分光器5の入光部とを光ファイバにより介すると、分光器5を処理対象面100の近傍に設置する必要がなくなり、機器配置の自由度を上げることができる。

[0053] 図1には図示していないが、不活性にさせた菌や埃を吸い取る吸引部をさらに取り付けても良い。菌を不活性にさせると同時に、不活性化された菌やその周囲にある埃を吸い取ることで室内の清浄度を上げることができ、菌の増殖を防止できる相乗効果がある。

実施例 2

[0054] 本発明の第二の実施例を下記に示す。第一の実施例以外のプラズマ生成方法であっても、本発明の発光スペクトルによる処理対象生物101の存在および不活性判定は可能である。

[0055] 例えば、図3は本発明のプラズマ滅菌装置の構成のその他の例を示す模式図である。高周波電極3とアース電極3'が対向した構造となっており、上記電極の少なくともどちらか一方が絶縁体1で保護されている。対向した電極間の空間が一番狭い位置においてプラズマ4が発生し、処理ガスの流れに沿って処理対象面100上の処理対象生物101に照射される。

- [0056] 第一の実施例と同様に分光器 5 および制御基板 6 が設置され、水素の発光スペクトルの強度情報を基に、高周波電源 2 の出力を制御する。なお、高周波電源 2 から供給される高周波電圧を不連続のパルス状に制御し、プラズマ中を流れる電流量を抑制することが可能であれば、電極を保護する絶縁体は無くても、BCR内の処理対象面 100 を劣化させるほどプラズマは高温化しない。
- [0057] 図 3 の構成を採用することで、プラズマ放電部と処理対象生物 101 とを、図 1 の構成より接近させることができる。ゆえに、プラズマ中のラジカルの失活をより減少させて、省電力な滅菌処理ができる。
- [0058] また、図 4 に本発明のプラズマ滅菌装置の構成の、更なるその他の例となる模式図を示す。絶縁体 1 の内部に高周波電極 3 およびアース電極 3' を設置することにより、絶縁体 1 の表面近傍にプラズマを生成する。
- [0059] 本構造では、絶縁体 1 の表面に張り付いた形でプラズマが生成されるため、絶縁体 1 を直接、処理対象面 100 に近づける構成をとる。これにより、プラズマを大面積で生成することができ、処理対象面 100 の広い範囲を一括で処理できる。発光スペクトルの測定方法は図 1 と同様である。

実施例 3

- [0060] 本発明の第三の実施例を下記に示す。
- [0061] 図 5 は、本発明のプラズマ滅菌装置および処理対象面の構成を示す模式図である。処理対象面 100 の最表面に処理対象面用アース電極 7 を設置することにより、高周波電極 4 と処理対象面用アース電極 7 の間に電界を形成する。これにより、プラズマが電界で加速されて処理対象生物 101 に衝突することになり、酸素ラジカルによる処理対象生物 101 の水素脱離が早まる。
- [0062] この結果、単位時間あたりに生成される水素ラジカルが増加し、水素の発光検知が容易になる。また、不活性化に要する時間も短縮できる。

実施例 4

- [0063] 本発明の第四の実施例を下記に示す。

- [0064] 図6に自走式のプラズマ滅菌装置を示す。付着菌滅菌のための代表的なシステムとしては、(a)に示すように本発明の図1、または図3から図5のいずれかのプラズマ滅菌装置を移動部を有するロボットに搭載し、BCR内を移動させればよい。
- [0065] 図6(a)では、図4のプラズマ滅菌装置を自走式ロボットに搭載した例を示している。自律走行とは、(b)に示すように、対象の屋内を障害物8を避けながら隈なく移動することである。この際、低電力でプラズマを生成しながら処理対象生物101を探し、処理対象生物101を検知した際には、移動を停止して、かつプラズマ生成の出力を高める動作をプログラミングしておけばよい。
- [0066] また、処理対象生物101にプラズマ4を照射している間は、上記装置102に設置されたLED等の表示手段9により、滅菌処理中であることを外部に表示させればよい。更に、上記装置102は自律走行により、BCR内を一通り移動した後、BCR内に設置された充電スペースに戻るようになればよい。上記装置102を稼働させるタイミングは、BCRに求められるクリーン度によって数時間に一度、または一日一回程度稼働させればよい。
- [0067] 作業者が作業中であっても上記装置102を稼働させることは可能であるが、夜間に作業者がBCR内からいなくなった時に稼働させてもよい。これにより、滅菌処理のためにBCRの稼働を数日間に亘って完全停止させる必要もなく、また室内を常にクリーンに保つことができる。
- [0068] 図7はプラズマ滅菌装置は光強度の検出情報を記憶するロガー機能を装置内部もしくは装置本体とは異なる外部に設けBCR全体システムに組み込んだ模式図である。光強度の検出情報と、クロック回路などにより別に用意する時間情報を組み合わせることで、一定時間内にどの程度の光強度の検出情報が得られたか記憶できる。したがって、フィールド上で一定時間稼働させたときの汚染程度を判別することができ、高周波電源2の出力電力や装置の稼働サイクルを適切に設定することができる。
- [0069] そして、上述したロガー機能に、移動部モーターの回転情報などを組み合

わせることで、フィールド上のどこに汚染箇所があるかマッピングすることもできる。マッピングのためには適宜位置情報を得るためのセンサを設けても良い。こうして得られたマッピング情報と、BCR内の作業台や人員の配置図との結果との比較を行うことで、配置に依存して汚染されやすい場所104または汚染されやすい時間を特定することができる。この特定した場所や時間に対して重み付けを行った滅菌作業を行うことで、さらにBCRを低汚染度で運用することができる。

[0070] また、この特定した場所や時間に対して、床面に存在する菌を舞い上げる要因を抑止する制御を行うことにより、BCR内の試料に菌が付着する可能性を下げるることができる。具体的には、BCR内の空気対流装置（例えば空調装置）105に対して、特定した場所や時間において空気の対流を生じさせないような制御を行う。もしくは、ディスプレイモニタ等をシステム内に組み込み、特定した場所や時間を表示し、BCR内の測定機器や人などの移動を抑止するアラート機能を設けてもよい。

実施例 5

[0071] 本発明の第五の実施例を下記に示す。

[0072] 図8は、本発明における浮遊菌用のプラズマ滅菌装置を示す模式図である。BCR内のクリーン化においては、床や壁に付着する処理対象生物以外に、空中を浮遊している処理対象生物101の不活性化も重要となる。

[0073] 例えば、図4と同様のプラズマ滅菌装置を処理ボックス103内に設置し、処理ボックス103内のプラズマの発光スペクトルを分光器5で検出し、その信号を基に制御基板6で高周波電源2の出力をフィードバック制御すればよい。

[0074] これにより、空中を浮遊する処理対象生物101を不活性化させることができる。なお、浮遊する処理対象生物101の場合、処理ボックスを一度通過する間に完全に不活性化せずに通過してしまうこともあるが、処理ボックスをBCR内の空調設備の送風口などに設置することで、室内の空気は処理ボックス103内を必ず通過することになり、処理対象生物101は何度も

処理ボックス 103 を通過するうちに、すべて不活性化される。

[0075] 更に、BCR内を浮遊する処理対象生物 101 の発光情報を分光器 5 から出力し、BCR内の空気対流装置の送風量を制御できればなおよい。例えば、処理対象生物 101 が増加した際には、高周波電源 2 または空気対流装置の送風量を増加させることで、BCR内の処理対象生物 101 を更に高速に死滅させることができる。

[0076] なお、上記図 1、図 3 から図 8 のプラズマ滅菌装置において、プラズマを生成した際には酸素ラジカルの他にオゾン、窒素酸化物、炭化水素など、人体に有害な物質が微量に生成されることも考えられる。そのため、処理対象生物に照射した後のプラズマ流は、前記有害物資用のフィルタなどの除害手段を通した後に、大気中に排出することで人体に対する負荷を低減することができる。

[0077] 以上、本発明によれば、プラズマを用いた滅菌処理時において、菌の存在箇所を検知して必要な箇所にのみプラズマを照射することが可能である。また、照射時間も不活性化を判断して決定することができ、BCR室内全体を高効率に滅菌することができる。これにより、BCR内において活性状態の菌を対象に滅菌作業を行えばよいことになり、滅菌処理のためにBCRの稼動を数日間に亘って完全停止させる必要もなくなる。また、活性状態の菌の存在箇所においてプラズマ生成のために電源の出力電力を増加させることができ、低消費電力でBCR内の滅菌を行なうことができる。

[0078] また、本研究が提案するプラズマを用いた表面付着菌の滅菌技術は、主に再生医療用BCRの室内滅菌を対象としているが、医療品や食品の製造施設、病院施設など微生物除去を必要とする様々な施設への転用が可能である。また、表面付着菌のみならず空中浮遊菌の滅菌にも転用が可能であり、住宅内や冷蔵庫内の滅菌など生活家電品等にも応用が可能である。

符号の説明

[0079] 1…絶縁体
2…高周波電源

- 3…高周波電極
- 3' …アース電極
- 4…プラズマ
- 5…分光器
- 6…制御基板
- 7…処理対象面用アース電極
- 8…障害物
- 9…表示手段
- 100…処理対象面
- 101…処理対象生物
- 102…自走式プラズマ滅菌装置
- 103…処理ボックス
- 104…汚染されやすい場所
- 105…空気対流装置
- 106…空気の対流の強度

請求の範囲

- [請求項1] 交流電圧を出力する電源と、
前記電源により駆動されるプラズマ源と、
前記プラズマ源によりラジカル化された気体が存在する領域からの水素又は水酸基の発光強度を検出する発光強度検出部と、
前記発光強度に基づいて前記電源の出力を制御する制御部と、
を有するプラズマ滅菌装置。
- [請求項2] 請求項1において、
前記制御部は前記発光強度が一定値より低い時は、前記発光強度が一定値より高い時よりも前記電源の出力を減少させる制御を行うこと、
を特徴とするプラズマ滅菌装置。
- [請求項3] 請求項1において、前記プラズマ源はさらに
前記交流電圧が印加されプラズマを生成する高周波電極及びアース電極と、
を有するプラズマ滅菌装置。
- [請求項4] 請求項3において、前記プラズマ源はさらに
前記高周波電極または前記アース電極のうち少なくとも一方に形成された絶縁膜と、
を有するプラズマ滅菌装置。
- [請求項5] 請求項1において、
前記電源は、前記制御部からの信号の入力によって電位または周波数の出力を変化させること、
を特徴とするプラズマ滅菌装置。
- [請求項6] 請求項1において、
前記プラズマ源は、グロー放電を行うこと
を特徴とするプラズマ滅菌装置。
- [請求項7] 請求項1において、

前記プラズマ源は、大気中で放電し酸素ラジカルを生成することを特徴とするプラズマ滅菌装置。

[請求項8] 請求項7において、前記プラズマ源はさらに前記プラズマ源へ酸素を送り込む対流部と、を有するプラズマ滅菌装置。

[請求項9] 請求項1において、前記発光強度検出部はさらに可視光領域の分光スペクトルを検出できる分光光度計と、を有するプラズマ滅菌装置。

[請求項10] 請求項1において、前記発光強度検出部は、リンの発光強度を検出することを特徴とするプラズマ滅菌装置。

[請求項11] 請求項1において、前記プラズマ源はさらに菌や埃を吸引する吸引部と、を有するプラズマ滅菌装置。

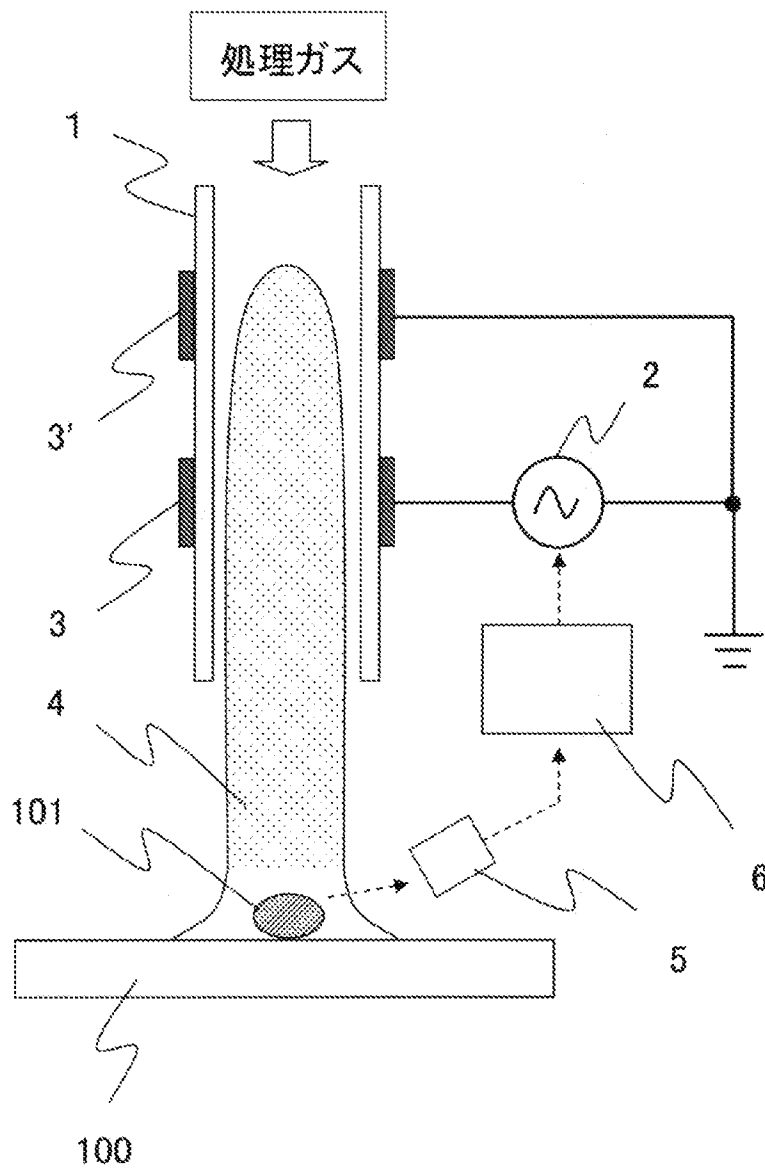
[請求項12] 交流電圧を出力する電源と、前記電源で駆動されるプラズマ源と、前記プラズマ源によりラジカル化された気体が存在する領域からの水素又は水酸基の発光強度を検出する発光強度検出部と、前記発光強度の検出時間を定めるクロックと、前記クロックが測定する一定期間内における前記発光強度に基づいて、前記電源の出力を制御する制御部と、を有するプラズマ滅菌システム。

[請求項13] 請求項12において、前記プラズマ滅菌システムはさらにバイオクリーンルーム内の空気を対流させる空気対流装置と、前記クロックが測定する一定期間内において前記発光強度が一定値より低い時は、前記発光強度が一定値より高い時よりも前記空気対流装置の送風量を減少させる制御を行う制御部と、を有するプラズマ滅菌システム。

- [請求項14] 交流電圧を出力する電源と、前記電源により駆動されるプラズマ源と、発光強度を検出する発光強度検出部と、前記電源の出力を変化させる制御を行う制御部とを有し、
- 前記電源の出力を前記プラズマ源に印加する第1ステップと、
- 前記プラズマ源によりラジカル化された気体を発生させる第2ステップと、
- 前記気体の存在領域から発光される、水素又は水酸基の発光強度を検出する第3ステップと、
- 前記発光強度に基づいて前記電源の出力を制御する第4ステップと、
- 、
- を有するプラズマ滅菌方法。
- [請求項15] 請求項14において、前記プラズマ滅菌方法はさらに
- 前記気体の存在領域から発光される、リンの発光強度を検出する第5ステップと、
- を有するプラズマ滅菌方法。

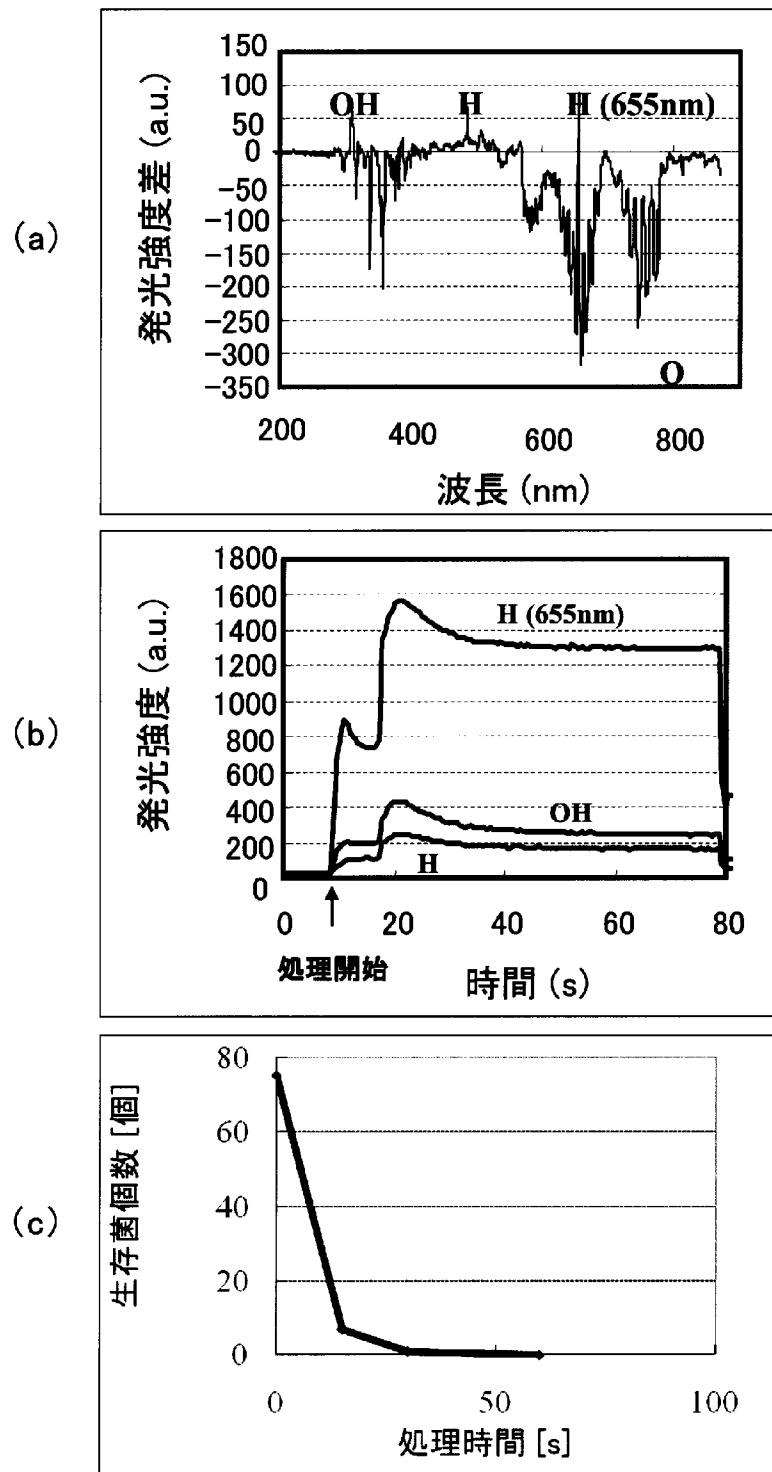
[図1]

図 1



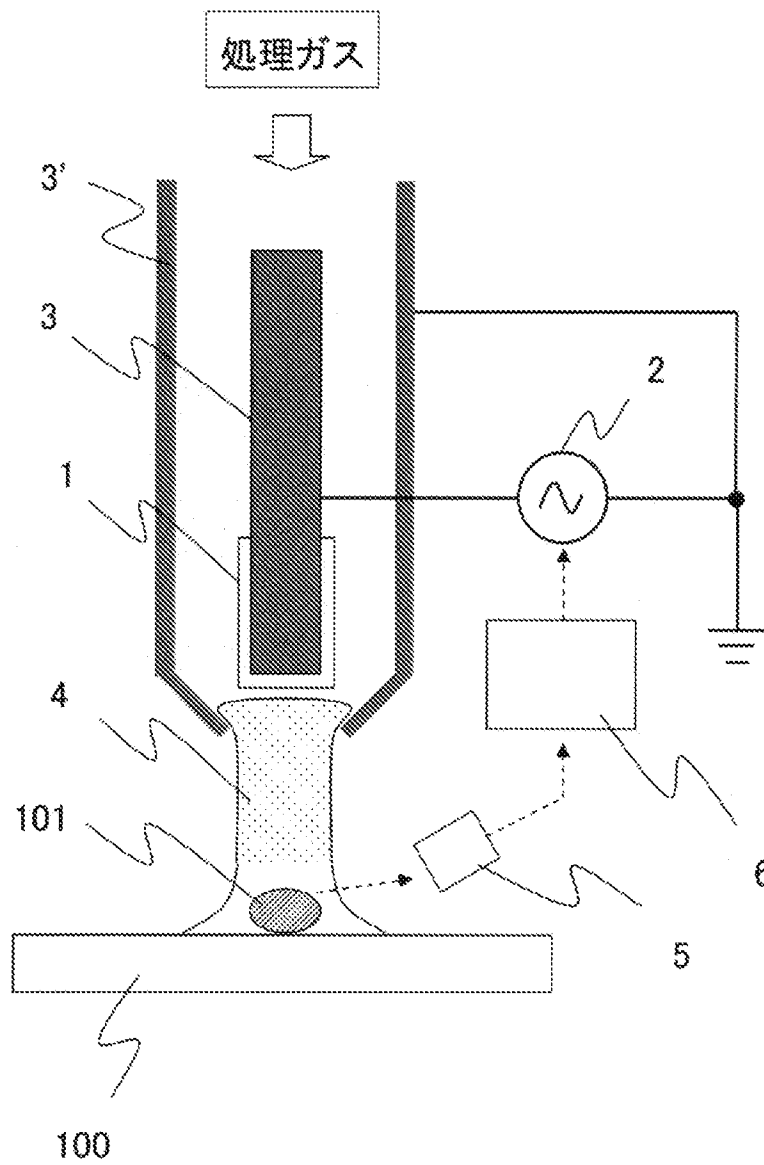
[図2]

図 2

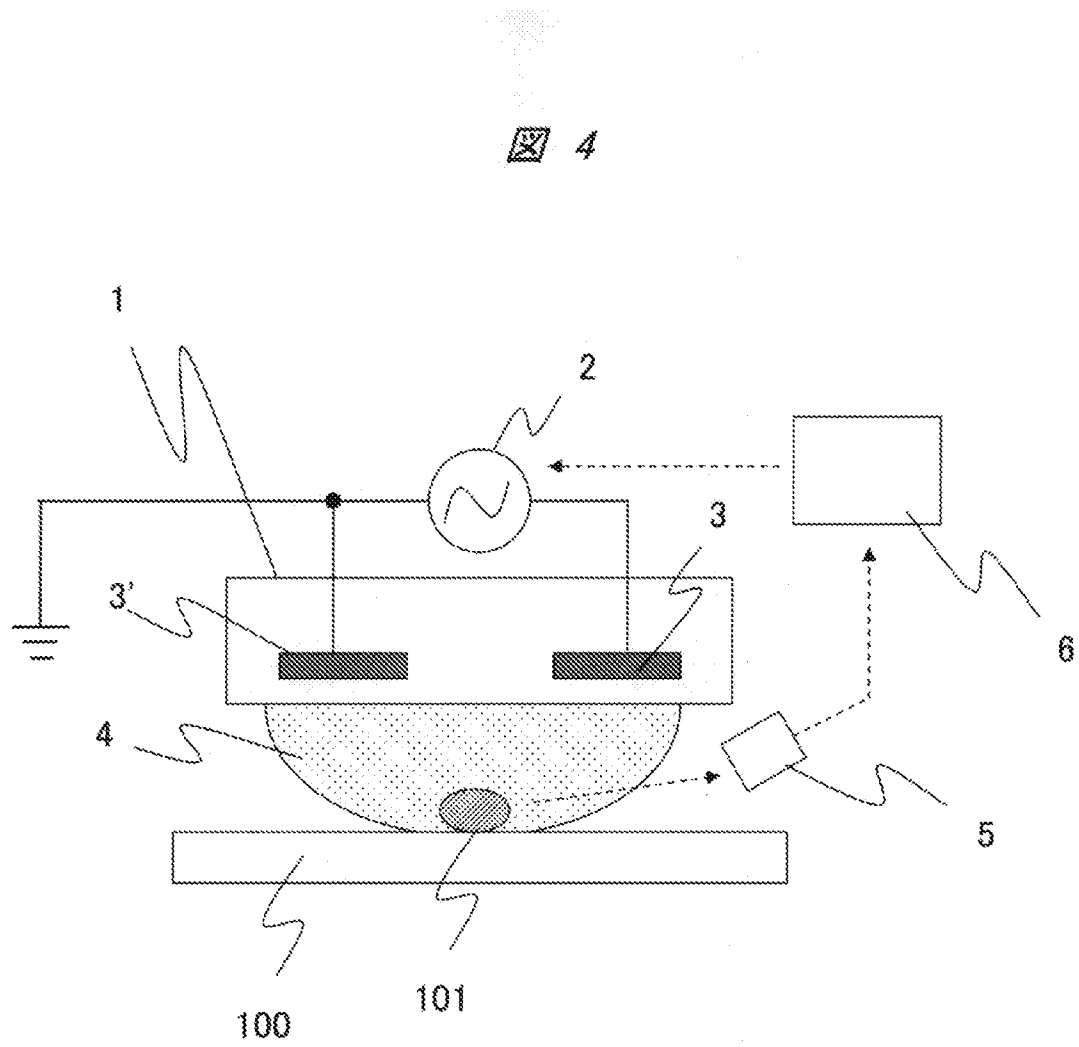


[図3]

図 3

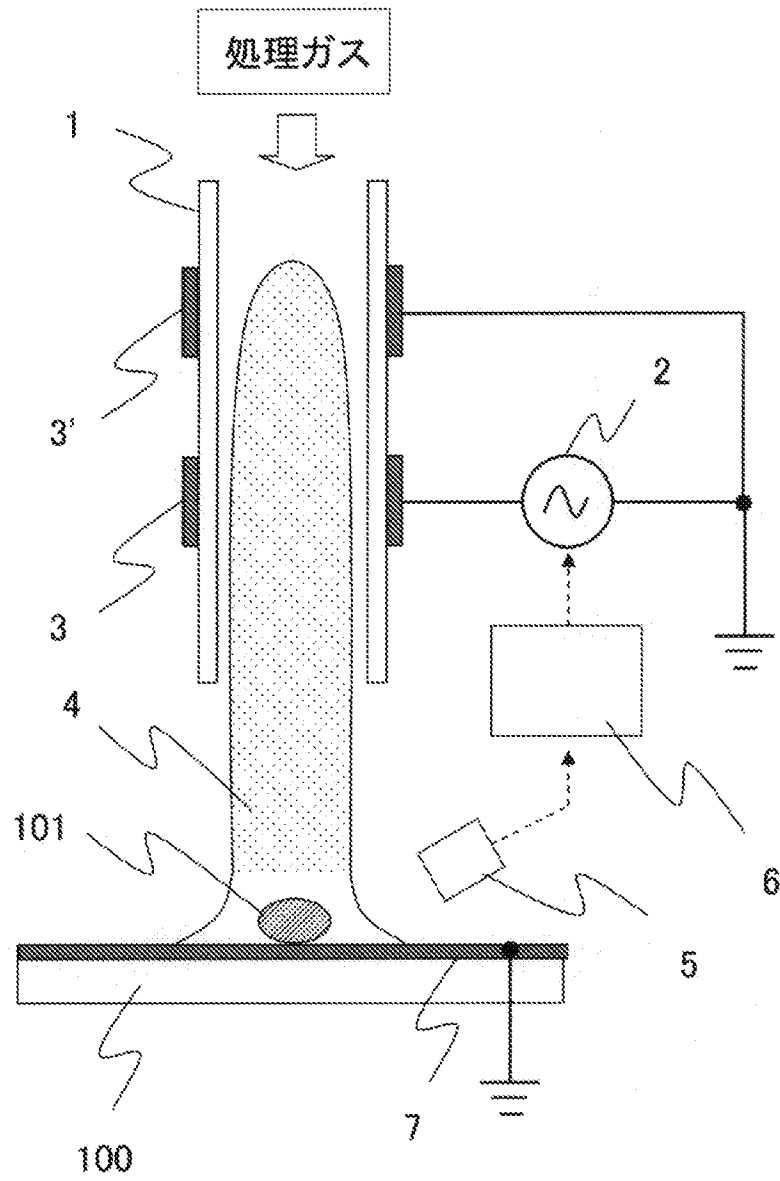


[図4]



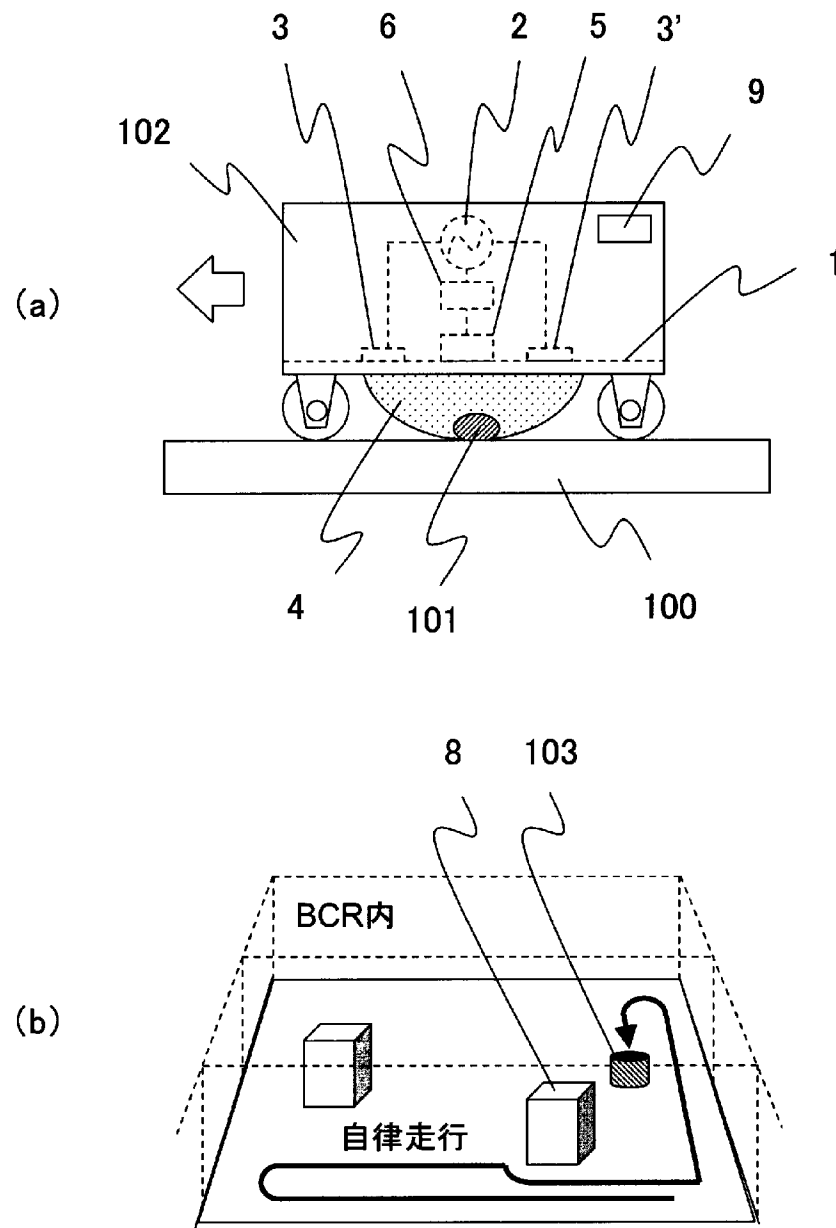
[図5]

図 5



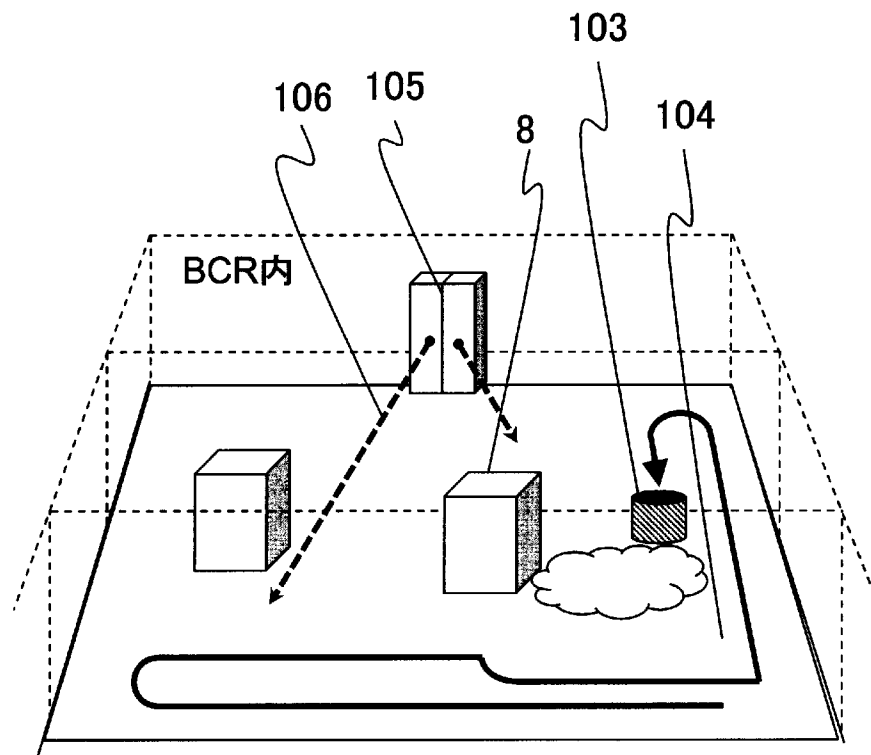
[図6]

図 6

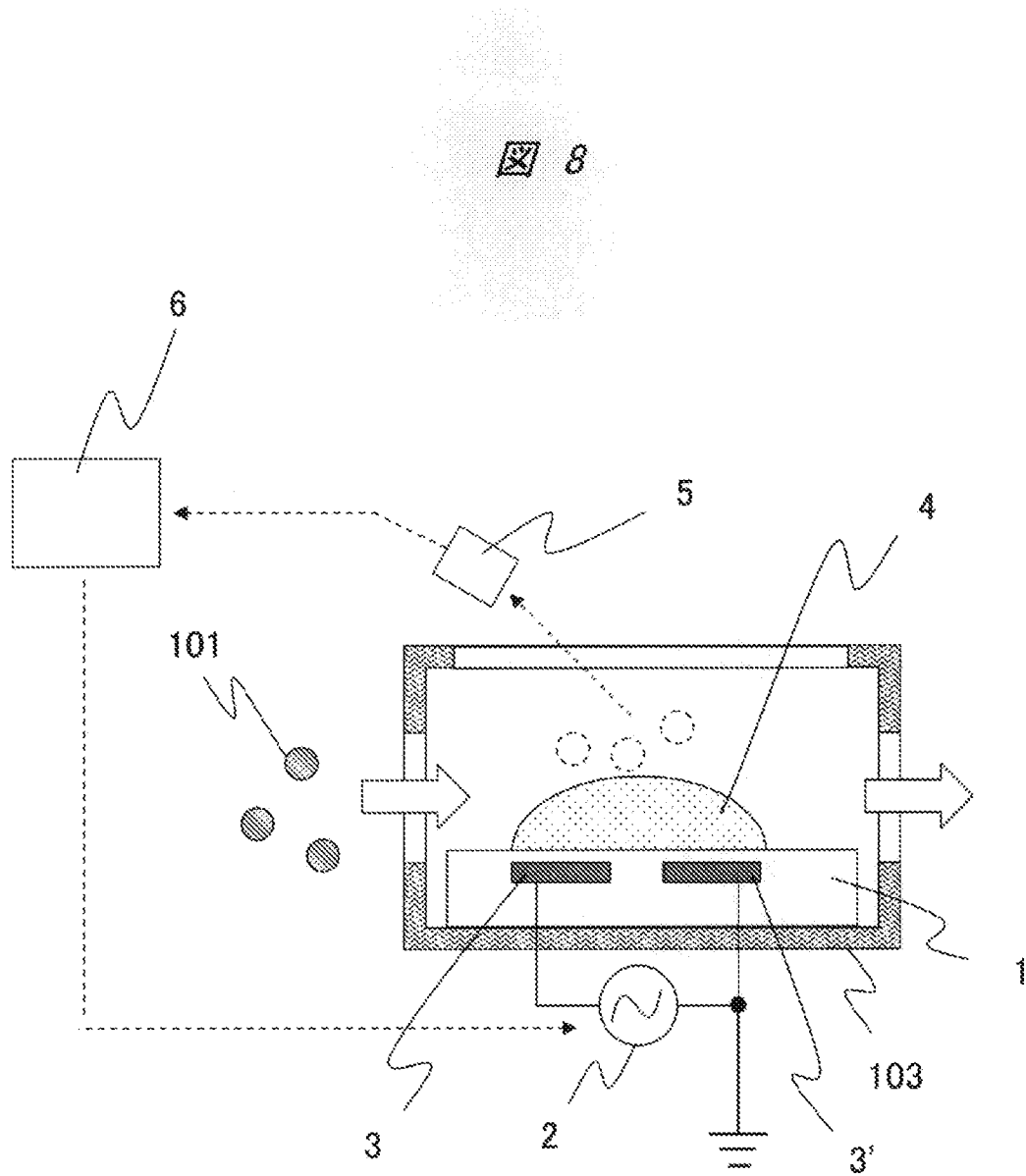


[図7]

図 7

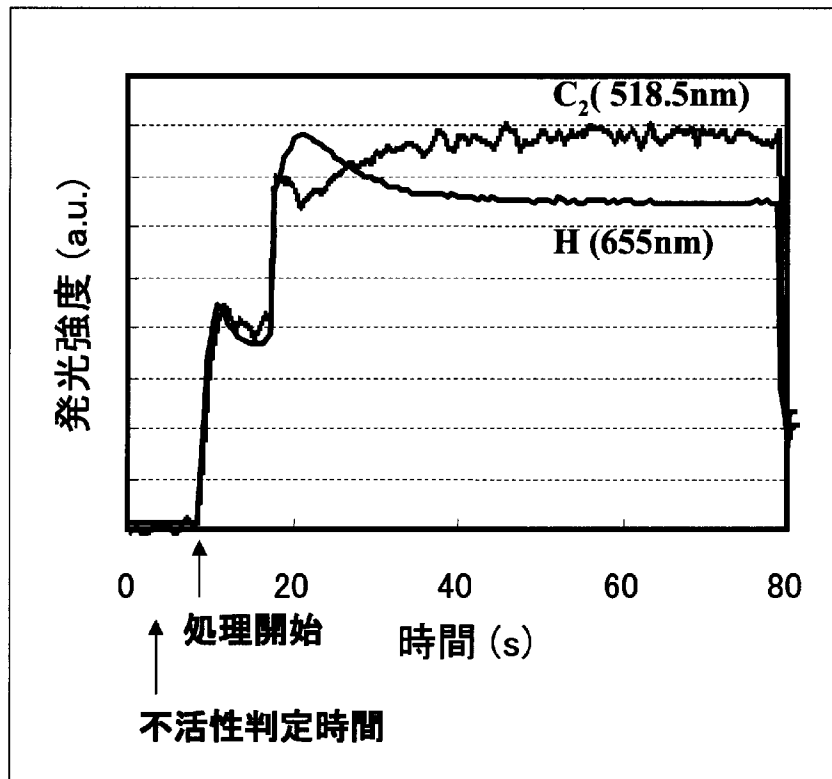


[図8]



[図9]

図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61L2/14(2006.01)i, A61L9/22(2006.01)i, G01N21/68(2006.01)i, H05H1/24(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)

A61L2/14, A61L9/22, G01N21/68, H05H1/24

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-75285 A (Sharp Corp.), 23 March 2006 (23.03.2006), claims; paragraphs [0026] to [0059]; drawings & US 2010/0028967 A1 & GB 2431877 A & WO 2006/027877 A1 & CN 101022837 A	1-15
A	JP 2006-176211 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 06 July 2006 (06.07.2006), claims; paragraphs [0122] to [0123], [0144] to [0146]; drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2007-117254 A (Sharp Corp.), 17 May 2007 (17.05.2007), claims; paragraphs [0026] to [0038]; drawings (Family: none)	1-15



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
16 November, 2010 (16.11.10)Date of mailing of the international search report
22 November, 2010 (22.11.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/068550

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-135286 A (Osaka University), 12 June 2008 (12.06.2008), claims; paragraphs [0127] to [0129]; drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-173521 A (Honda Electronics Co., Ltd.), 31 July 2008 (31.07.2008), claims; paragraphs [0032] to [0043]; drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-286784 A (Panasonic Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), claims; paragraphs [0072] to [0081]; drawings & US 2008/0257014 A1 & KR 10-2008-0093926 A & CN 101289736 A	1-15
A	JP 2009-545673 A (L'Air Liquide, Societe Anonyme pour L'Etude et L'Exploitation des Procedes Georges Claude), 24 December 2009 (24.12.2009), claims; paragraphs [0120] to [0128]; drawings & US 2009/0304950 A1 & EP 1884249 A1 & EP 2049161 A2 & WO 2008/015358 A2 & CA 2659608 A1 & KR 10-2009-0037494 A & CN 101522224 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. A61L2/14(2006.01)i, A61L9/22(2006.01)i, G01N21/68(2006.01)i, H05H1/24(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 (I P C))

Int.Cl. A61L2/14, A61L9/22, G01N21/68, H05H1/24

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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)

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
A	JP 2006-75285 A (シャープ株式会社) 2006.03.23, 特許請求の範囲、段落【0026】～【0059】、図面 & US 2010/0028967 A1 & GB 2431877 A & WO 2006/027877 A1 & CN 101022837 A	1 - 1 5
A	JP 2006-176211 A (大日本印刷株式会社) 2006.07.06, 特許請求の範囲、段落【0122】～【0123】、【0144】～【0146】、図面 (ファミリーなし)	1 - 1 5

☒ 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

1 6 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

金 公彦

4 D

8 9 2 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 1

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
A	JP 2007-117254 A (シャープ株式会社) 2007.05.17, 特許請求の範囲、段落【0026】～【0038】、図面 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-135286 A (国立大学法人大阪大学) 2008.06.12, 特許請求の範囲、段落【0127】～【0129】、図面 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-173521 A (本多電子株式会社) 2008.07.31, 特許請求の範囲、段落【0032】～【0043】、図面 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-286784 A (パナソニック株式会社) 2008.11.27, 特許請求の範囲、段落【0072】～【0081】、図面 & US 2008/0257014 A1 & KR 10-2008-0093926 A & CN 101289736 A	1-15
A	JP 2009-545673 A (レール・リキード・ソシエテ・アノニム・プー ル・レテュード・エ・レクスプロワタシオン・デ・プロセデ・ジョ ルジュ・クロード) 2009.12.24, 特許請求の範囲、段落【0120】 ～【0128】、図面 & US 2009/0304950 A1 & EP 1884249 A1 & EP 2049161 A2 & WO 2008/015358 A2 & CA 2659608 A1 & KR 10-2009-0037494 A & CN 101522224 A	1-15