

明 細 書

発明の名称：

微生物数測定用セルおよびこれを備えた微生物数測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、検体中に含まれる微生物の数を測定する微生物数測定用セルおよびこれを備えた微生物数測定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の微生物数測定用セル、およびこれを用いた微生物数測定装置は、以下のような構成となっていた。

すなわち、微生物数測定用セルは、試料液に含まれる微生物を測定する測定室と、この測定室に設けられ試料液が流入する流入口と、測定室に設けられ試料液が流出する流出口と、測定室の底部に設けられた測定電極と、を有していた。

[0003] また、この微生物数測定用セルを用いる微生物数測定装置は、上記微生物数測定セルの測定電極に接続した測定部および交流電源部を備えている。そして、交流電源部が、集菌用の交流電圧を測定電極に印加して微生物をトラップし、次に交流電圧を測定電極に印加してトラップした微生物を破壊する。その後、測定用の交流電圧を測定電極に印加して、破壊された微生物からの細胞質の流出によるコンダクタンスの上昇を測定し、微生物数を算出する（例えば、下記特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平11-127846号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、上記従来の微生物数測定用セルでは、以下に示すような問題点を有している。

すなわち、上記公報に開示された微生物数測定用セルでは、検体中に含ま

れる微生物数を測定することができるという点で、非常に有益なものであった。一方、測定においては、さらなる高感度化、つまり検体中に含まれる微生物数が少ない場合でも正確に測定したいという要望が高まっているが、従来の構成では、測定時間が長いという課題を有していた。

[0006] すなわち、従来の微生物の測定では、微生物を破壊し、この破壊された微生物の細胞質の流出によるコンダクタンスの上昇を測定して微生物数を算出する。

この時、十分なコンダクタンス上昇を得るためには、適切な微生物数を集める必要があるが、試料液に含まれる微生物数が少ない時には、この収集に多大な時間がかかってしまう。この結果、従来の構成では、全体の測定時間が長くなってしまう。

本発明の課題は、測定感度を向上させ、かつ測定時間の短縮化を図ることが可能な微生物数測定用セルおよびこれを備えた微生物数測定装置を提供することにある。

[0007] 第1の発明に係る微生物数測定用セルは、測定室と、流入口と、流出口と、測定電極と、濃縮電極と、絶縁体と、を備えている。測定室は、試料液に含まれる微生物数を測定するために設けられている。流入口は、測定室に試料液を流入させる。流出口は、測定室から試料液を流出させる。測定電極は、測定室内における流出口寄りの位置に設けられ、測定室内において流入口から流出口に向かって流れる試料液に含まれる微生物を捕獲して微生物数を測定するための測定用交流電圧が印加される。濃縮電極は、測定室内における流入口寄りの位置に設けられ、試料液に含まれる微生物を測定電極側へ導く斥力を付与するための濃縮用交流電圧が印加される。絶縁体は、濃縮電極上に設けられており、濃縮電極に対して濃縮用交流電圧が印加されると、その一部に斥力を生じさせる電界集中部が形成される。

[0008] ここでは、測定室内において流入口から流出口に向かって流れる試料液中に含まれる細菌等の微生物の数を測定する微生物数測定装置において、微生物を捕獲して微生物数を測定するための測定電極に向かって微生物を誘導す

るための斥力を生じさせる所定の電圧が印加される濃縮電極を設けている。
そして、濃縮電極に所定の電圧が印加されると、濃縮電極上に設けられた絶縁体の一部に上記斥力を生じさせる電界集中部が形成される。

[0009] ここで、上記斥力を生じさせる電界集中部は、例えば、濃縮電極上に設けられた絶縁体のエッジ部分等に形成される。また、絶縁体は、濃縮電極全体を覆うように設けられていてもよいし、濃縮電極の一部を覆うように設けられていてもよい。

これにより、測定室内を流れる試料液中に含まれる微生物を、濃縮電極に所定の電圧が印加されると生じる斥力によって、測定電極の方へ誘導することができる。この結果、従来は測定電極に捕獲されることなく通過していた細菌を効率よく測定電極において捕獲することができるため、測定感度を向上させ、かつ測定時間を短縮することができる。

[0010] 第2の発明に係る微生物数測定用セルは、第1の発明に係る微生物数測定用セルであって、測定電極は、測定室内における試料液の流れる方向に平行な測定室の第1の面上に配置されている。濃縮電極は、測定室内における試料液の流れる方向に平行であって、第1の面に対向する測定室の第2の面上に設けられている。

ここでは、測定室内における試料液の流れる方向に対して平行な第1の面上に測定電極を、第1の面に対向する第2の面上に濃縮電極を、それぞれ設けている。

これにより、濃縮電極は、斥力を生じさせることで、対向する面に配置された測定電極に対して微生物を誘導することができる。

[0011] 第3の発明に係る微生物数測定用セルは、第2の発明に係る微生物数測定用セルであって、電界集中部は、第1・第2の面に対して略垂直な方向に向けて斥力を生じさせる。

ここでは、測定電極の方へ微生物を誘導するための斥力を、第1・第2の面に対して略垂直な方向に生じさせる。

[0012] これにより、測定室内において、第1・第2の面に平行に流れる試料液中

に含まれる微生物は、第１・第２の面に略垂直な方向に斥力を受けることで、第１の面上に設けられた測定電極に向かって斜めに誘導される。この結果、測定電極において、従来よりも効率よく微生物を捕獲して微生物数の測定を実施することができる。

[0013] 第４の発明に係る微生物数測定用セルは、第２または第３の発明に係る微生物数測定用セルであって、電界集中部は、濃縮電極に対して濃縮用交流電圧が印加されると、測定室内において試料液に含まれる微生物が測定電極に集まるように、第１の面に平行な方向においても斥力を生じさせる。

[0014] ここでは、第１の面に平行な平面方向においても斥力を生じさせるように、電界集中部（濃縮電極および絶縁体）が第２の面上に配置されている。

これにより、第１の面上における試料液の流れる方向に垂直な方向における一部に測定電極が配置されている場合でも、微生物は第１の面に平行な平面方向においても斥力を受けて誘導される。この結果、第１・第２の面に略垂直な方向だけでなく、第１の面に平行な方向においても、微生物に対して斥力を生じさせることができるため、より効率よく測定電極において微生物を捕獲することができる。

[0015] 第５の発明に係る微生物数測定用セルは、第４の発明に係る微生物数測定用セルであって、電界集中部は、測定電極の平面視において測定電極に向かって微生物が導かれるように、測定室内における試料液が流れる方向に対して斜め方向に沿って配置されている。

ここでは、上述した第１の面に平行な平面方向においても測定電極へ微生物を誘導する斥力を生じさせるために、測定電極の平面視において、電界集中部（濃縮電極および絶縁体）を、測定室内における試料液が流れる方向に対して斜めに配置している。

[0016] これにより、測定室内を流れる微生物は、第１の面に平行な平面方向においても、測定電極の方へ誘導されるように斥力を受ける。この結果、従来よりも効率よく測定電極において微生物を捕獲することができる。

[0017] 第６の発明に係る微生物数測定用セルは、第１から第５の発明のいずれか

1つに係る微生物数測定用セルであって、絶縁体は、濃縮電極の一部が試料液に接触するように、濃縮電極上に設けられている。

[0018] ここでは、濃縮電極上に設けられた絶縁体が濃縮電極全体を覆うのではなく、濃縮電極の一部が試料液に対して露出するように形成されている。

これにより、濃縮電極と試料液とを接触させることで、電界集中効果を高め、より低い電圧によって試料液中の微生物に斥力を付与することができる。

[0019] 第7の発明に係る微生物数測定用セルは、第1から第5の発明のいずれか1つに係る微生物数測定用セルであって、絶縁体は、濃縮電極を構成する少なくとも一極の電極を覆うように、濃縮電極上に設けられている。

[0020] ここでは、濃縮電極を構成する電極のうち少なくとも一方の電極全体を覆うように、絶縁体を設けている。

これにより、濃縮電極に比較的高い電圧を印加した場合でも、試料液に対してジュール熱の発生による試料液流れの乱れや電極破損などの悪影響が及ぶことを防止することができる。

[0021] 第8の発明に係る微生物数測定装置は、第1から第7の発明のいずれか1つに係る微生物数測定用セルと、検体リザーバと、検体リザーバへの帰還路と、測定部および測定交流電源部と、制御演算部と、濃縮交流電源部と、を備えている。検体リザーバは、微生物数測定用セルの流入口に接続されている。検体リザーバへの帰還路は、微生物数測定用セルの流出口に接続されている。測定部および測定交流電源部は、微生物数測定用セルの測定電極に接続されている。制御演算部は、測定部および測定交流電源部に接続されている。濃縮交流電源部は、微生物数測定用セルの濃縮電極に接続されている。

[0022] ここでは、上述した微生物数測定用セルを備えた微生物数測定装置を構成する。

これにより、上述した微生物数測定用セルの濃縮電極および測定電極に所定の電圧を印加することで、微生物数測定における測定感度を向上させ、かつ測定時間を短縮することができる。

[0023] (発明の効果)

本発明に係る微生物数測定用セルによれば、測定に必要な微生物の数を集めるための時間を短くすることができるため、従来よりも測定感度を向上させるとともに測定時間を短縮することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の一実施形態に係る測定セルを含む細菌数測定装置の構成を示すブロック図。

[図2]図1の測定セルに含まれる電極部分の模式的な構成を示す斜視図。

[図3]図1の細菌数測定装置の動作時における要部断面図。

[図4](a)～(c)は、図1の細菌数測定装置の動作時における測定電極付近の様子を示す要部拡大図。

[図5]図1の細菌数測定装置の測定セルの測定室内における動作概念図。

[図6]図5の測定室の底面側の構成を示す平面図。

[図7]図5の測定室の天井面側の構成を示す平面図。

[図8]本発明の他の実施形態に係る測定セルの測定室内における動作概念図。

[図9]図8の測定室の底面側の構成を示す平面図。

[図10]図8の測定室の天井面側の構成を示す平面図。

[図11]本発明のさらに他の実施形態に係る測定セルの測定室内における動作概念図。

[図12]図11の測定室の天井面側の構成を示す平面図。

[図13](a)，(b)は、本発明のさらに他の実施形態に係る測定セルの測定室内における概念的な動作を示す平面図および側面図。

[図14](a)，(b)は、本発明のさらに他の実施形態に係る測定セルの測定室内における概念的な動作を示す平面図および側面図。

[図15](a)，(b)は、本発明のさらに他の実施形態に係る測定セルの測定室内における概念的な動作を示す平面図および側面図。

発明を実施するための形態

[0025] (実施形態1)

本発明の一実施形態に係る細菌数測定装置（微生物数測定装置）30および測定セル（微生物数測定用セル）1について、図1～図7を用いて説明すれば以下の通りである。

[細菌数測定装置30の構成]

本実施形態に係る細菌数測定装置30は、試料液中に存在する微生物（例えば、細菌等）の数を測定するための装置であって、図1に示すように、細菌数を測定する測定セル1と、検体リザーバ9と、送水チューブ（帰還路）10と、ポンプ11と、測定部14と、測定交流電源部15と、制御・演算部16と、表示部17と、操作部18と、濃縮交流電源部26と、を備えている。

[0026] 測定セル1は、図1に示すように、長方形の基板2と、薄板状のスぺーサ4と、長方形の蓋体5と、を有している。スぺーサ4は、基板2の上部に積層されており中央に長方形の貫通孔3を有する。蓋体5は、基板2に対して略平行に配置されており、スぺーサ4の上部に積層されている。（図1中の上下方向）に薄い長方形形状の測定室6が形成される。

[0027] 測定室6の天井部分における第1端側（図1中の左側）には、細菌を含む試料液を測定室6内に流入させるための流入口7が設けられている。また、測定室6の天井部分における第2端側（図1中の右側）には、試料液を流出させるための流出口8が設けられている。流入口7および流出口8は、それぞれ蓋体5の上面から上方に突き出すように形成されている。

[0028] 流入口7には、送水チューブ10を介して、試料液が貯留された検体リザーバ9が接続されている。流出口8には、ポンプ11および送水チューブ10を介して、検体リザーバ9が接続されている。これにより、測定室6内へ流入させた試料液を、検体リザーバ9に戻すための帰還路が形成される。

ここで、ポンプ11を動作させると、検体リザーバ9に収納された試料液は、送水チューブ10を通して、蓋体5の上部の流入口7から測定室6内に流入する。そして試料液は、測定室6内において、図1中の左から右へと流

れていく。その後、試料液は、流出口 8 を通って測定室 6 から流出した後、ポンプ 11 を介して検体リザーバ 9 へと帰還する。

[0029] 測定室 6 の底面（基板 2 の上面、第 1 の面）には、測定液中に含まれる細菌数を計測するための測定電極 12 が設けられている。測定電極 12 は、所定の交流電圧が印加されることで、測定液中の細菌を集菌して破壊し、細菌数を測定する。

また、測定電極 12 は、基板 2 の基材として用いた PET 上に銀等の金属を蒸着させ、例えば、レーザーによって加工形成される。なお、測定電極 12 は、図 2 に示すように、櫛歯状の電極 12a, 12b によって構成されている。櫛歯状の電極 12a, 12b は、長い経路に渡って、両者が極めて接近して対向するように形成されている。そして、櫛歯状の電極 12a, 12b に所定の交流電圧が印加されると、電極 12a, 12b 間に正の誘電泳動を発生させる電界が形成される。これにより、電極 12a, 12b が対向するギャップ部分に、誘電泳動現象によって測定液中の細菌を引きつけて集菌することができる。

[0030] また、櫛歯状の電極 12a, 12b は、図 1 に示すように、基板 2 の第 2 端側の端部に設けられた接続部 13 に接続されている。櫛歯状の電極 12a, 12b は、接続部 13 を介して、測定部 14 および測定交流電源部 15 に接続されている。

測定交流電源部 15 から測定セル 1 の測定電極 12 に交流電圧が印加されると、測定部 14 において、測定電極 12 のコンダクタンスが測定される。次に、この測定データが測定部 14 から制御・演算部 16 に送られ、制御・演算部 16 において細菌数が演算算出される。そして、その算出結果は、表示部 17 に表示される。

[0031] なお、これらの測定の指示は、制御・演算部 16 に接続された操作部 18 によって行われる。そして、この制御・演算部 16 には、測定交流電源部 15 が接続されている。

図 3 は、測定室 6 内において、測定液が流れる様子を示した概念図である

。

本実施形態では、図1のスペーサ4の厚さを、例えば、約 $200\mu\text{m}$ としている。このため、測定室6の高さは約 $200\mu\text{m}$ となっている。この上下方向に薄い測定室6内では、図1の流入口7側（上流側（図3の左側））から流出口8側（下流側（図3の右側））に向けて、測定液が流れていく。

[0032] なお、測定室6の底面（基板2の上面）には、測定電極12が設けられている。測定電極12に対して、測定交流電源部15が所定の交流電圧を印加すると、正の誘電泳動を発生させる電界が形成される。これにより、測定室6内における基板2の上面から所定の高さ領域に、細菌をトラップするためのトラップ領域19が形成される。本実施形態では、このトラップ領域19に進入してきた細菌を、誘電泳動現象によって引きつけて集菌していく。

[0033] 図4（a）～図4（c）は、この集菌から測定までの流れを説明するための測定室6内の様子を示す動作概念図である。図4（a）は、測定電極12に細菌をトラップした時の様子を示している。図4（b）は、このトラップした細菌を破壊する時の様子を示している。図4（c）は、測定部14において細菌数を測定している時の様子を表している。

この測定方法に関しては、公知のものであり、先行技術文献として挙げた特許文献に記載されているものであるので、以下で簡単に説明する。

[0034] 細菌数の測定に際しては、まず、制御・演算部16からの指令によって測定交流電源部15が測定電極12に対して集菌用の交流電圧を印加する。そして、この集菌用の交流電圧の印加によって発生した電界により、図4（a）に示すように、測定電極12上に細菌をトラップする。

[0035] 次に、測定交流電源部15から測定電極12に対して、集菌用の交流電圧よりもエネルギーの大きい細菌破壊用の交流電圧が印加されたことにより、図4（b）に示すように、細菌の外側を覆う細胞膜が破壊されて細胞膜に多数の小孔が形成される。

[0036] 次に、図4（c）に示すように、細菌の中身の細胞質が、この小孔を通じて外部へと溶出していく。

この溶出した細菌の細胞質は、そのほとんどが高導電率の細胞質であるため、測定電極 1 2 の近傍では一時的に電解質濃度、つまりコンダクタンスが上昇する。このとき、測定交流電源部 1 5 から測定電極 1 2 に対して測定用の交流電圧を印加し、この上昇したコンダクタンスを測定部 1 4 において測定する。その後、この上昇したコンダクタンス値が制御・演算部 1 6 に送られ、その最大値に基づいて細菌数が推定される。

[0037] ここで、本実施形態に係る細菌数測定装置 3 0 では、図 5 に示すように、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面、第 2 の面）に、測定液中に含まれる細菌に対して斥力を付与するブロック電界を生じさせる濃縮電極 2 1 a（図 5 等参照）が設けられている。また、濃縮電極 2 1 a に対向する基板 2 の上面における位置には、濃縮電極 2 1 a の対極 2 1 b（図 5 等参照）が設けられている。

[0038] 濃縮電極 2 1 a および対極 2 1 b は、所定の交流電圧が印加されることで、測定液中の細菌に対して、基板 2 の面方向（試料液の流れる方向）に略垂直な方向に、斥力を付与するブロック電界を生成する。

さらに、濃縮電極 2 1 a は、絶縁体 2 0 a、2 0 b によって覆われている。

絶縁体 2 0 a は、濃縮電極 2 1 a の全体を覆うように形成されており、濃縮電極 2 1 a に所定の交流電圧が印加されると、そのエッジ部分に電界集中部 2 2 が形成される。

[0039] 絶縁体 2 0 b は、蓋体 5 の下面における試料液の流れる方向に垂直な方向に沿って絶縁体 2 0 a 上に細長く設けられている。そして、絶縁体 2 0 b は、絶縁体 2 0 a と同様に、濃縮電極 2 1 a に所定の交流電圧が印加されると、そのエッジ部分に電界集中部 2 2 が形成される。

なお、絶縁体 2 0 a、2 0 b は、例えば、絶縁性の薄いテープを切り取って貼り付けたものや、蓋体 5 の下面上に全面塗布されたレジストを露光処理することで形成したもの等を用いることができる。

[0040] ここで、絶縁体 2 0 a、2 0 b のエッジ部分に形成される電界集中部 2 2

は、濃縮電極 2 1 a に所定の交流電圧が印加されると生じるブロック電界が集中的に生じた部分である。この電界集中部 2 2 の近傍を試料液の流れる方向に沿って通過する細菌は、基板 2 や蓋体 5 の面に対して略垂直な方向に斥力を受けることで、図 5 に示すように、試料液が流れる方向における下流側の面（基板 2 の上面）上に配置された測定電極 1 2 の方向へ誘導される。

[0041] つまり、本実施形態の細菌数測定装置 3 0 では、制御・演算部 1 6 からの指令によって濃縮交流電源部 2 6 から濃縮電極 2 1 a および対極 2 1 b に対して所定の交流電圧が印加されることで、濃縮電極 2 1 a 付近に負の誘電泳動を発生させるブロック電界を生成させる。そして、このブロック電界は、濃縮電極 2 1 a 上に形成された絶縁体 2 0 a, 2 0 b のエッジ部分に集中し、電界集中部 2 2 を形成する。

[0042] これにより、流入口 7 から流入した試料液に含まれる細菌に対して、電界集中部 2 2 に集中した電界によって、蓋体 5 の下面から基板 2 の上面方向に向かって斥力を付与しながら、測定室 6 の底面方向（測定電極 1 2 の方向）に向けて細菌を誘導することができる。この結果、測定室 6 の底面に設けられた測定電極 1 2 において、従来よりも多くの細菌をトラップすることができる。

[0043] 図 6 は、測定室 6 の底面（基板 2 の上面）を、測定室 6 内部から見た平面図である。

基板 2 の上面には、上述したように、測定室 6 内における試料液の流れる方向における上流側の位置に、対極 2 1 b が設けられている。また、基板 2 の上面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における下流側の位置に、接続端子 2 3, 2 4 と接続された測定電極 1 2 が設けられている。

[0044] 接続端子 2 3 は、測定交流電源部 1 5 を介して、測定電極 1 2 を構成する電極 1 2 a とグランドとを接続している。接続端子 2 4 は、測定電極 1 2 を構成する電極 1 2 b とグランドとを接続している。なお、濃縮電極 2 1 a の対極 2 1 b もグランドに接続されている。

図 7 は、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）を、測定室 6 内部から見上げ

た平面図である。

[0045] 蓋体 5 の下面には、上述したように、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最上流側の位置に、流入口 7 が設けられている。また、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における上流側の位置であって、流入口 7 の近傍位置に、接続端子 2 5 に接続された濃縮電極 2 1 a および濃縮電極 2 1 a を覆う絶縁体 2 0 a, 2 0 b が設けられている。

[0046] 接続端子 2 5 は、濃縮交流電源部 2 6 を介して、濃縮電極 2 1 a とグラウンドとを接続している。

さらに、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最下流側の位置に、流出口 8 が設けられている。

[0047] <細菌数測定装置 3 0 の動作説明>

本実施形態の細菌数測定装置 3 0 では、細菌の測定を開始する際に、まず、図 1 に示すポンプ 1 1 を起動し、検体リザーバ 9 に貯留された試料液を、流入口 7 を介して測定室 6 内へ流入させる。すると、図 3 に示すように、測定室 6 内において試料液の流れが形成され、測定室 6 の底面（基板 2 の上面）に設けられた測定電極 1 2 上において測定液が流動する。

[0048] このとき、図 1 に示す制御・演算部 1 6 は、測定交流電源部 1 5 から測定電極 1 2 に対して集菌用の交流電圧を印加する。すると、測定電極 1 2 には、交流電圧の印加によって、正の誘電泳動を発生させる電界が作られ、図 3 に示すように、トラップ領域 1 9 が形成される。これにより、このトラップ領域 1 9 に進入してきた細菌をトラップして集菌することができる。

[0049] このとき、制御・演算部 1 6 は、濃縮交流電源部 2 6 から濃縮電極 2 1 に対しても、負の誘電泳動を発生させるための交流電圧を印加する。

すると、図 5 に示すように、濃縮電極 2 1 a を覆う絶縁体 2 0 a, 2 0 b のエッジ部分には、測定室 6 の天井面（濃縮電極 2 1 が設けられた蓋体 5 の下面）から底面（測定電極 1 2 が設けられた基板 2 の上面）に向かって負の誘電泳動を発生させる電界、つまり細菌を蓋体 5 の下面から遠ざけようとするブロック電界を集中的に生じさせる電界集中部 2 2 が形成される。

[0050] このブロック電界は、負の誘電泳動を発生させているので、測定電極 1 2 が発生させる正の誘電泳動とは反対の性質を持つ。

つまり、測定電極 1 2 では、測定電極 1 2 に細菌をひきつけようとする方向に力を付与する電界を生じさせるが、濃縮電極 2 1 では、これとは逆に、細菌を濃縮電極 2 1 a から遠ざける方向に力を付与する電界を生じさせる。その結果、細菌はブロック電界によって斥力を受けるため、蓋体 5 の下面付近に沿ってそのまま下流側へ流れることなく、図 5 に示すように、測定室 6 内を斜めに移動する。

[0051] これにより、電界集中部 2 2 によって誘導された先、つまり測定室 6 の底面に設けられた測定電極 1 2 では、従来よりも多くの細菌がトラップ領域 1 9 に進入していくため、トラップ領域 1 9 に進入してくる細菌を、効率よく引きつけてトラップすることができる。

その結果、細菌数の測定に必要な細菌の数を集めるための時間を短縮することができる。よって、試料液中の細菌数が少ない場合でも、測定感度を向上させることで、全体の測定時間を短縮することができる。

[0052] さらに、図 5 に示すように、濃縮電極 2 1 上に形成された絶縁体 2 0 a, 2 0 b は、電界集中部 2 2 が形成されるエッジ部分を多く設けるために、絶縁体の層を 2 段階で重ねるように形成されている。

このため、濃縮電極 2 1 a 付近を流れる試料液に含まれる細菌は、電界集中部 2 2 に集中して現れるブロック電界によって測定電極 1 2 側へ誘導され、確実にトラップ領域 1 9 内へと進入していき、測定電極 1 2 において効率よくトラップされる。

[0053] その結果、さらに効果的に、従来よりも測定感度を向上させ、細菌数の測定に必要な細菌の数を集めるための時間を短くして、全体の測定時間を短縮することができる。

さらに、本実施形態では、濃縮電極 2 1 a の全体を絶縁体 2 0 a によって覆っている。

これにより、測定室 6 内において、試料液と濃縮電極 2 1 a とが直接的に

接触することがないため、濃縮電極 2 1 a により高い電圧を印加して、電界集中部 2 2 において、より大きなブロック電界を生じさせることができる。

[0054] (実施形態 2)

本発明の他の実施形態に係る細菌数測定装置（微生物数測定装置） 1 3 0 および測定セル（微生物数測定用セル） 1 0 1 について、図 8～図 1 0 を用いて説明すれば以下の通りである。

ここで、本実施形態の細菌数測定装置 1 3 0 では、測定セル 1 0 1 に含まれる濃縮電極 1 2 1 a および対極 1 2 1 b の双方を、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）側に、互いに近接するように設けており、濃縮電極 1 2 1 a と対極 1 2 1 b との間に電界集中部 1 2 2 を形成する点で、上記実施形態 1 と異なっている。なお、ここでは、上記実施形態 1 と同様の機能を有する構成については、同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0055] 本実施形態の細菌数測定装置 1 3 0 は、図 8 に示すように、測定室 6 の天井面を構成する蓋体 5 の下面側に、濃縮電極 1 2 1 a とその対極 1 2 1 b とを設けている。そして、蓋体 5 の下面側において、濃縮電極 1 2 1 a および対極 1 2 1 b の全体を覆うように、絶縁体 1 2 0 が設けられている。

図 9 は、測定室 6 の底面（基板 2 の上面）を、測定室 6 内部から見た平面図である。

[0056] 基板 2 の上面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における下流側の位置に、接続端子 2 3, 2 4 と接続された測定電極 1 2 が設けられている。

図 1 0 は、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）を、測定室 6 内部から見上げた平面図である。

蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最上流側の位置に、流入口 7 が設けられている。また、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における上流側の位置であって、流入口 7 の近傍位置に、接続端子 1 2 5 a, 1 2 5 b に接続された濃縮電極 1 2 1 a およびその対極 1 2 1 b、これらを覆う絶縁体 1 2 0 が設けられている。

[0057] 接続端子 1 2 5 a は、濃縮交流電源部 2 6 を介して、濃縮電極 1 2 1 a とグラウンドとを接続している。接続端子 1 2 5 b は、対極 1 2 1 b とグラウンドとを接続している。

さらに、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最下流側の位置に、流出口 8 が設けられている。

本実施形態の細菌数測定装置 1 3 0 では、図 8 に示すように、濃縮交流電源部 2 6 から所定の交流電圧が印加された濃縮電極 1 2 1 a と対極 1 2 1 b との間に形成される電界集中部 1 2 2 においてブロック電界を生じさせることで、基板 2 の上面に形成された測定電極 1 2 に向かって、試料液に含まれる細菌を誘導することができる。

これにより、上記実施形態 1 によって得られた効果と同様の効果を得ることができる。

[0058] (実施形態 3)

本発明のさらに他の実施形態に係る細菌数測定装置（微生物数測定装置）2 3 0 および測定セル（微生物数測定用セル）2 0 1 について、図 1 1 および図 1 2 を用いて説明すれば以下の通りである。

[0059] ここで、本実施形態の細菌数測定装置 2 3 0 は、測定セル 2 0 1 に含まれる櫛歯状の濃縮電極 2 2 1 a と櫛歯状の対極 2 2 1 b とを、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）側に、互いに近接するように設けており、濃縮電極 2 2 1 a と対極 2 2 1 b とを覆う絶縁体 2 2 0 a 上に形成された絶縁体 2 2 0 b のエッジ部分に電界集中部 2 2 2 を形成する点で、上記実施形態 1、2 と異なっている。なお、ここでは、上記実施形態 1 と同様の機能を有する構成については、同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0060] 本実施形態の細菌数測定装置 2 3 0 は、図 1 1 に示すように、濃縮交流電源部 2 6 に接続された櫛歯状の濃縮電極 2 2 1 a と対極 2 2 1 b とに所定の交流電圧を印加することで、濃縮電極 2 2 1 a と対極 2 2 1 b とを覆う絶縁体 2 2 0 a 上に、細長い直方体形状に形成された複数の絶縁体 2 2 0 b のエッジ部分に電界集中部 2 2 2 を形成する。

櫛歯状の濃縮電極 221 a と櫛歯状の対極 221 b とは、互いに近接するように交互に配置されている。

[0061] 絶縁体 220 a は、櫛歯状の濃縮電極 221 a および対極 221 b の全体を覆うように、測定室 6 の天井面における上流側の位置に形成されている。

絶縁体 220 b は、絶縁体 220 a 上における櫛歯状の濃縮電極 221 a および対極 221 b に対応する位置に、濃縮電極 221 a および対極 221 b とほぼ同じ幅で形成されている。

[0062] 本実施形態の細菌数測定装置 230 は、測定室 6 の底面（基板 2 の上面）側に構成は、上述した実施形態 2 で説明した図 9 の構成と同様である。

また、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）側の構成は、図 12 に示すように、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最上流側の位置に、流入口 7 が設けられている。また、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における上流側の位置であって、流入口 7 の近傍位置に、接続端子 125 a, 125 b に接続された櫛歯状の濃縮電極 221 a およびその対極 221 b、これらを覆う絶縁体 220 a が設けられている。

[0063] さらに、蓋体 5 の下面には、測定室 6 内における試料液の流れる方向における最下流側の位置に、流出口 8 が設けられている。

本実施形態の細菌数測定装置 230 では、図 11 に示すように、濃縮交流電源部 26 から所定の交流電圧が濃縮電極 221 a と対極 221 b とに印加されると、濃縮電極 221 a と対極 221 b とを覆う絶縁体 220 a 上に形成された複数の絶縁体 220 b のエッジ部分に形成される電界集中部 222 においてブロック電界を生じさせることで、基板 2 の上面に形成された測定電極 12 に向かって、試料液に含まれる細菌を誘導することができる。

これにより、本実施形態の細菌数測定装置 230 においても、上記実施形態 1, 2 によって得られた効果と同様の効果を得ることができる。

[0064] （実施形態 4）

本発明のさらに他の実施形態に係る細菌数測定装置（微生物数測定装置）330 および測定セル（微生物数測定用セル）301 について、図 13（a

）および図 1 3 （b）を用いて説明すれば以下の通りである。

[0065] ここで、本実施形態の細菌数測定装置 3 3 0 は、測定セル 3 0 1 に含まれる複数の V 字状の濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b とを、測定室 6 の天井面（蓋体 5 の下面）側に互いに近接するように設けており、濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b との間に電界集中部 3 2 2 を形成する点で、上記実施形態 1 ～ 3 と異なっている。なお、ここでは、上記実施形態 1 と同様の機能を有する構成については、同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0066] 本実施形態の細菌数測定装置 3 3 0 は、図 1 3 （a）に示すように、平面視において略 V 字状の濃縮電極 3 2 1 a および対極 3 2 1 b を、互いに近接するように複数配置している。そして、略 V 字状の濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b とは、平面視において、略 V 字の中心部の角部分が、測定室 6 内を流れる試料液の流れる方向における下流側に配置された測定電極 1 2 を向くように配置されている。つまり、略 V 字状の濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b とは、測定室 6 内を流れる試料液の流れる方向に対して斜め方向に沿って、第 1 直線部 3 2 1 a a, 3 2 1 b a と第 2 直線部 3 2 1 a b, 3 2 1 b b とが配置されている。

[0067] 本実施形態の細菌数測定装置 3 3 0 では、濃縮交流電源部 2 6 から所定の交流電圧が濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b とに印加されると、濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b との間に形成される電界集中部 3 2 2 においてブロック電界を生じさせることで、図 1 3 （b）に示すように、基板 2 の上面に形成された測定電極 1 2 に向かって、試料液に含まれる細菌を誘導することができる。

[0068] さらに、本実施形態では、濃縮電極 3 2 1 a と対極 3 2 1 b とが、平面視において試料液の流れる方向に対して斜めに配置された第 1 直線部 3 2 1 a a, 3 2 1 b a と第 2 直線部 3 2 1 a b, 3 2 1 b b とを有する略 V 字状に形成されている。

これにより、図 1 3 （b）に示すように、蓋体 5 の面から基板 2 の面に向かう方向に細菌を誘導するように、基板 2 等に略垂直な方向に斥力を生じさ

せるだけでなく、図13(a)に示すように、蓋体5および基板2の面に平行な面に沿った方向においても、細菌が測定電極12に向かうように斥力を生じさせることができる。

[0069] この結果、基板2に平行な面および垂直な面の3次元方向において、細菌に対する斥力を生じさせることで、上述した実施形態1～3よりも測定電極12における細菌のトラップの効率をさらに向上させて、上記実施形態1～3によって得られた効果以上の効果を得ることができる。

[0070] (実施形態5)

本発明のさらに他の実施形態に係る細菌数測定装置(微生物数測定装置)430および測定セル(微生物数測定用セル)401について、図14(a)および図14(b)を用いて説明すれば以下の通りである。

[0071] ここで、本実施形態の細菌数測定装置430は、測定セル401に含まれる濃縮電極421aと対極421bとを、測定室6の天井面(蓋体5の下面)側、底面(基板2の上面)側にそれぞれ設けており、濃縮電極421aと対極421bとを覆うように形成された絶縁体420a上に、略V字状の絶縁体420bを複数設けており、その絶縁体420bのエッジ部分に電界集中部422を形成する点で、上記実施形態1～4とは異なっている。なお、ここでは、上記実施形態1と同様の機能を有する構成については、同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0072] 本実施形態の細菌数測定装置430は、図14(a)および図14(b)に示すように、測定室6の天井面(蓋体5の下面)に形成された濃縮電極421a上に、濃縮電極421a全体を覆う絶縁体420aを形成している。そして、その絶縁体420aの上に、さらに略V字状の絶縁体420bを複数設けている。

略V字状の絶縁体420bは、平面視において、略V字の中心部の角部分が、測定室6内を流れる試料液の流れる方向における下流側に配置された測定電極12を向くように配置されている。つまり、略V字状の絶縁体420bは、上述した実施形態4の略V字状の濃縮電極321aおよび対極321

bの形状と同様の形状、配置を有している。

[0073] 本実施形態の細菌数測定装置430では、濃縮交流電源部26から所定の交流電圧が濃縮電極421aと対極421bとに印加されると、濃縮電極421a上に形成された絶縁体420bのエッジ部分に形成される電界集中部422においてブロック電界を生じさせることで、図14(b)に示すように、基板2の上面に形成された測定電極12に向かって、試料液に含まれる細菌を誘導することができる。

[0074] さらに、本実施形態では、電界集中部422を形成する絶縁体420bの一部が、平面視において試料液の流れる方向に対して斜めに配置されている。

これにより、図14(b)に示すように、蓋体5の面から基板2の面に向かう方向に細菌を誘導するように、基板2等に略垂直な方向に斥力を生じさせるだけでなく、図14(a)に示すように、蓋体5および基板2の面に平行な面に沿った方向においても、細菌が測定電極12に向かうように斥力を生じさせることができる。

この結果、基板2に平行な面および垂直な面の3次元方向において、細菌に対する斥力を生じさせることで、上述した実施形態4と同様の効果を得ることができる。

[0075] (実施形態6)

本発明のさらに他の実施形態に係る細菌数測定装置(微生物数測定装置)530および測定セル(微生物数測定用セル)501について、図15(a)および図15(b)を用いて説明すれば以下の通りである。

ここで、本実施形態の細菌数測定装置530は、測定セル501に含まれる濃縮電極521aと対極521bとを、測定室6の天井面(蓋体5の下面)側、底面(基板2の上面)側にそれぞれ設けており、濃縮電極521aの一部を覆うように形成された略二等辺三角形の絶縁体520のエッジ部分に電界集中部522を形成する点で、上記実施形態1～5とは異なっている。なお、ここでは、上記実施形態1と同様の機能を有する構成については、同

じ符号を付し、その説明を省略する。

[0076] 本実施形態の細菌数測定装置 530 は、図 15 (a) および図 15 (b) に示すように、測定室 6 の天井面 (蓋体 5 の下面) に形成された濃縮電極 5 21 a 上に、濃縮電極 4 21 a の一部を覆う略二等辺三角形の絶縁体 5 20 を形成している。

略二等辺三角形の絶縁体 5 20 は、平面視において、略二等辺三角形の頂点部分が、測定室 6 内を流れる試料液の流れる方向における下流側に配置された測定電極 1 2 を向くように配置されている。

[0077] 本実施形態の細菌数測定装置 530 では、濃縮交流電源部 26 から所定の交流電圧が濃縮電極 5 21 a と対極 5 21 b とに印加されると、濃縮電極 5 21 a 上に形成された略二等辺三角形の絶縁体 5 20 のエッジ部分に形成される電界集中部 5 22 においてプロック電界を生じさせることで、図 15 (b) に示すように、基板 2 の上面に形成された測定電極 1 2 に向かって、試料液に含まれる細菌を誘導することができる。

[0078] さらに、本実施形態では、電界集中部 5 22 を形成する絶縁体 5 20 の一部が、図 15 (a) に示すように、平面視において試料液の流れる方向に対して斜めに配置されている。

これにより、図 15 (b) に示すように、蓋体 5 の面から基板 2 の面に向かう方向に細菌を誘導するように、基板 2 等に略垂直な方向に斥力を生じさせるだけでなく、図 15 (a) に示すように、蓋体 5 および基板 2 の面に平行な面に沿った方向においても、細菌が測定電極 1 2 に向かって斥力を生じさせることができる。

[0079] [他の実施形態]

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能

である。

(A)

上記実施形態 1 では、測定電極 1 2 において細菌を捕獲した後、測定交流電源部 1 5 から測定電極 1 2 に対して、集菌用の交流電圧よりもエネルギーの大きい細菌破壊用の交流電圧を印加して細菌の外側を覆う細胞膜を破壊し、細菌数の測定を行う例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

[0080] 例えば、測定電極 1 2 において細菌を捕獲しながら、測定用の交流電圧を印加してコンダクタンスやキャパシタンスなどを計測することで、そのまま細菌数の測定を実施してもよい。つまり、細菌を破壊するための交流電圧の印加は、本発明では必須ではない。

ただし、破壊された細菌から流出した細胞質が高導電率を有していることで測定電極 1 2 の近傍において一時的に電解質濃度、つまり、コンダクタンスが上昇するために、測定精度が上昇するという点では、上記実施形態のように、測定電極 1 2 において細菌を捕獲した後、細菌破壊用の交流電圧を印加して細菌数の測定を実施することが好ましい。

[0081] (B)

上記実施形態 1 ～ 6 では、濃縮電極およびその対極、濃縮電極を覆う絶縁体等の構成の配置、形状、大きさ等について種々の例を挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。

これらの配置や形状、大きさ等については、上記実施形態で説明したものに限らず、目的に応じて変更可能である。

産業上の利用可能性

[0082] 本発明の微生物数測定用セルは、測定に必要な微生物の数を集めるための時間を短くすることができるため、従来よりも測定感度を向上させるとともに測定時間を短縮することができるという効果を奏することから、微生物数測定用セルおよびこれを用いた微生物数測定装置として広く活用が期待される。

符号の説明

[0083]	1	測定セル（微生物数測定用セル）
	2	基板
	2 a	底面（第 1 の面）
	3	貫通孔
	4	スペーサ
	5	蓋体
	5 a	天井面（第 2 の面）
	6	測定室
	7	流入口
	8	流出口
	9	検体リザーバ
	1 0	送水チューブ
	1 1	ポンプ
	1 2	測定電極
	1 2 a, 1 2 b	櫛歯状の電極
	1 3	接続部
	1 4	測定部
	1 5	測定交流電源部
	1 6	制御・演算部
	1 7	表示部
	1 8	操作部
	1 9	トラップ領域
	2 0 a, 2 0 b	絶縁体
	2 1 a	濃縮電極
	2 1 b	対極
	2 2	電界集中部
	2 3	接続端子

- 2 4 接続端子
- 2 5 接続端子
- 2 6 濃縮交流電源部
- 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）
- 1 0 1 測定セル（微生物数測定用セル）
- 1 2 0 絶縁体
- 1 2 1 a 濃縮電極
- 1 2 1 b 対極
- 1 2 2 電界集中部
- 1 2 5 a, 1 2 5 b 接続端子
- 1 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）
- 2 0 1 測定セル（微生物数測定用セル）
- 2 2 0 a, 2 2 0 b 絶縁体
- 2 2 1 a 濃縮電極
- 2 2 1 b 対極
- 2 2 2 電界集中部
- 2 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）
- 3 0 1 測定セル（微生物数測定用セル）
- 3 2 0 絶縁体
- 3 2 1 a 濃縮電極
- 3 2 1 a a 第1直線部
- 3 2 1 a b 第2直線部
- 3 2 1 b 対極
- 3 2 1 b a 第1直線部
- 3 2 1 b b 第2直線部
- 3 2 2 電界集中部
- 3 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）
- 4 0 1 測定セル（微生物数測定用セル）

- 4 2 0 a, 4 2 0 b 絶縁体
- 4 2 1 a 濃縮電極
- 4 2 1 b 対極
- 4 2 2 電界集中部
- 4 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）
- 5 0 1 測定セル（微生物数測定用セル）
- 5 2 0 絶縁体
- 5 2 1 a 濃縮電極
- 5 2 1 b 対極
- 5 2 2 電界集中部
- 5 3 0 細菌数測定装置（微生物数測定装置）

請求の範囲

- [請求項1] 試料液に含まれる微生物数を測定するための測定室と、
 前記測定室に前記試料液を流入させる流入口と、
 前記測定室から前記試料液を流出させる流出口と、
 前記測定室内における前記流出口寄りの位置に設けられ、前記測定室内において前記流入口から前記流出口に向かって流れる前記試料液に含まれる前記微生物を捕獲して前記微生物数を測定するための測定用交流電圧が印加される測定電極と、
 前記測定室における前記流入口寄りの位置に設けられ、前記試料液に含まれる前記微生物を前記測定電極側へ導く斥力を付与するための濃縮用交流電圧が印加される濃縮電極と、
 前記濃縮電極上に設けられており、前記濃縮電極に対して前記濃縮用交流電圧が印加されると、その一部に前記斥力を生じさせる電界集中部が形成される絶縁体と、
 を備えている微生物数測定用セル。
- [請求項2] 前記測定電極は、前記測定室内における前記試料液の流れる方向に平行な前記測定室の第1の面上に配置されており、
 前記濃縮電極は、前記測定室内における前記試料液の流れる方向に平行であって、前記第1の面に対向する前記測定室の第2の面上に設けられている、
 請求項1に記載の微生物数測定用セル。
- [請求項3] 前記電界集中部は、前記第1・第2の面に対して略垂直な方向に向けて前記斥力を生じさせる、
 請求項2に記載の微生物数測定用セル。
- [請求項4] 前記電界集中部は、前記濃縮電極に対して前記濃縮用交流電圧が印加されると、前記測定室内において前記試料液に含まれる前記微生物が前記測定電極に集まるように、前記第1の面に平行な方向においても前記斥力を生じさせる、

請求項 2 または 3 に記載の微生物数測定用セル。

[請求項5] 前記電界集中部は、前記測定電極の平面視において前記測定電極に向かって前記微生物が導かれるように、前記測定室内における前記試料液が流れる方向に対して斜め方向に沿って配置されている、
請求項 4 に記載の微生物数測定用セル。

[請求項6] 前記絶縁体は、前記濃縮電極の一部が前記試料液に接触するように、前記濃縮電極上に設けられている、
請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の微生物数測定用セル。

[請求項7] 前記絶縁体は、前記濃縮電極を構成する少なくとも一極の電極を覆うように、前記濃縮電極上に設けられている、
請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の微生物数測定用セル。

[請求項8] 請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載の微生物数測定用セルと、
前記微生物数測定用セルの前記流入口に接続された検体リザーバと、
、
前記微生物数測定用セルの流出口に接続された前記検体リザーバへの帰還路と、
前記微生物数測定用セルの前記測定電極に接続された測定部および測定交流電源部と、
前記測定部および前記測定交流電源部に接続された制御演算部と、
前記微生物数測定用セルの前記濃縮電極に接続された濃縮交流電源部と、
を備えている微生物数測定装置。