

明 細 書

発明の名称： 水処理装置

技術分野

[0001] 本願は、放電を用いて、被処理水の浄化を行う水処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 工業排水および再利用水等には、オゾン（ O_3 ）または塩素では分解されない難分解性物質が含まれることがある。特にダイオキシン類、ジオキサン等の除去が大きな課題となっている。一部では、オゾンと過酸化水素（ H_2O_2 ）または紫外線を組み合わせることで、オゾンおよび塩素よりも活性の高いヒドロキシル（OH）ラジカルを被処理水中で発生させ、難分解性物質の除去を行う方法が実用化されているが、装置コスト、運転コストとも非常に高く、あまり普及していない。そこで、放電で発生させたOHラジカルを被処理水に直接作用させることで、高効率に難分解性物質を除去する方法が検討されている。

[0003] このような水処理を行う水処理装置として、被処理水をミスト状にして放電空間で処理を行う水処理装置が知られている（例えば、特許文献1および特許文献2）。

特許文献1には、筒状の容器内に上方より一定間隔を保って吊り下げられた線状電極と、この線状電極と一定間隔を保って平行に配置された板状電極とを配置し、両電極間に高圧直流電圧を印加するとともに容器上方より処理水を散水して、発生したオゾンにより水処理を行うことが開示されている。

[0004] また、特許文献2には、処理槽内に円筒状の接地電極を設けるとともに、この接地電極の両端に設けられた絶縁碍子を介して、接地電極の中心軸に沿って線状の高圧電極を設けるとともに、被処理水をミスト状にして円状の接地電極の内部に供給する水処理装置が開示されている。この水処理装置によれば、接地電極と高圧電極との間に高圧パルスを印加して放電を発生させ、

放電によって発生するラジカル等の活性種を被処理水に効率よく作用させることで、処理速度を向上し大量の被処理水を短時間で分解処理するとともに、コンパクトでメンテナンスが容易な水処理装置を提供することが可能になる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭51-122950号公報（特許請求の範囲、図面）

特許文献2：特開2011-16118号公報（図3～図5参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 一般に水処理の対象となる被処理水にはアルカリイオンなどが含まれるため、電圧が印加されると電流が流れ（漏電）、電力の消費および電圧の低下が生じる。電力の消費および電圧の低下が発生すると、水処理に寄与しないエネルギー損失あるいは放電の不均一化によって水処理効率が低下する。

特許文献2の水処理装置では、水処理中に絶縁碍子に被処理水がかかり、接地電極と高圧電極を接続する絶縁碍子の表面が被処理水で濡れる。そのため、従来の水処理装置では、水処理中に接地電極と高圧電極の間に漏電が発生してしまい、水処理効率が低下する虞がある。

[0007] 特許文献1の水処理装置では、線状電極を吊り下げる支持枠は容器の頂部で絶縁体を介して固定されており、この絶縁部は処理水に濡れにくい。しかし、本構造では、処理水の散水により、特に処理効率を上げるために流量を増加させると、吊り下げられた線状電極が揺れ動く虞がある。そのため、線状電極間、もしくは線状電極と板状電極との間の間隔が変動し、安定な放電を維持できず、水処理効率が低下することが懸念されていた。

[0008] 本願は、上記の課題を解決するための技術を開示するものであり、接地電極と高圧電極との間の漏電を抑制して、被処理水を高効率に処理することができる水処理装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本願に開示される水処理装置は、水平方向に等間隔で配置された平板状の接地電極と、隣り合う前記接地電極の間に前記接地電極と対向するように配置された高圧電極部と、隣り合う前記接地電極の間に被処理水を供給する給水部とを備え、前記接地電極と前記高圧電極部との間に形成された放電により被処理水の処理を行う水処理装置であって、前記接地電極を支持しかつ前記高圧電極部に接続された絶縁部材を支持する支持構造体を有し、前記給水部よりも前記絶縁部材の上端部が上方に配置されたものである。

発明の効果

[0010] 以上のように構成されたので、接地電極と高圧電極との間隔を維持できるとともに、接地電極と高圧電極との間に給水部よりも高い箇所を設けることができ、接地電極と高圧電極との間の漏電が抑制され、被処理水を高効率に処理可能な水処理装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態1に係る水処理装置の構成を示す断面図である。
[図2]図2は図1のA-A線方向から見た断面図である。
[図3]図1のB-B線方向から見た断面図である。
[図4]実施の形態1に係る別の水処理装置の構成を示す断面図である。
[図5]実施の形態1に係るさらに別の水処理装置の構成を示す断面図である。
[図6A]実施の形態2に係る水処理装置の構成を示す断面図である。
[図6B]図6Aの循環配管の一部を変更した水処理装置の構成を示す断面図である。
[図6C]図6Aの循環配管の一部を変更した別の水処理装置の構成を示す断面図である。
[図6D]図6Aの循環配管の一部を変更したさらに別の水処理装置の構成を示す断面図である。
[図7]実施の形態2に係る別の水処理装置の構成を示す断面図である。
[図8]実施の形態2に係るさらに別の水処理装置の構成を示す断面図である。

[図9]実施の形態3に係る水処理装置の構成を示す断面図である。

[図10]図9のC－C線方向から見た断面図である。

[図11]図9のD－D線方向から見た断面図である。

[図12]実施の形態3に係る別の水処理装置の構成を示す一部断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本実施の形態について図を参照して説明する。なお、各図中、同一符号は、同一または相当部分を示すものとする。

[0013] 実施の形態1.

実施の形態1について、図1から図3を参照して説明する。

図1は実施の形態1に係る水処理装置の構成を示す断面図、図2は図1のA－A線方向から見た断面図、図3は図1のB－B線方向から見た断面図である。

図において、水処理装置は、支持構造体4に鉛直方向に支持された複数の接地電極1と、接地電極1との間で放電を形成する高圧電極部2と、接地電極1と高圧電極部2との間に被処理水を供給する給水部3と、高圧電極部2を支持する絶縁部材5と、上部に支持構造体4が固定され処理水を貯留する処理水槽6とを備えている。

[0014] 接地電極1は、図1および図3に示すように、平板状の導電性部材であり、水平方向に互いに平行に所定の間隔を隔てて配列し、支持構造体4により鉛直方向の下端を固定され支持されている。

高圧電極部2は、図1および図2に示すようにパルス電源7より高電圧を受電する受電圧部21と、受電圧部21に接続され接地電極1に対向する対向電極部23の両端を支持する支持部22とから構成される。対向電極部23は薄板状の導電性の部材であり、隣接する接地電極1の間に水平となるように配置されている。また、対向電極部23は鉛直方向に互いに平行に所定の間隔を隔てて複数設けられるとともに、隣り合う接地電極1の間に設けられ、隣り合う接地電極1と等距離になるように設けられている。パルス電源7よりパルス電圧が高圧電極部2に印加されると接地電極1と対向する対向

電極部 2 3 の辺との間に面状に放電 D が形成される。パルス電源 7 は、一方の端子が高圧電極部 2 に接続線 7 1 にて接続され、他方の端子が支持構造体 4 を介して接地電極 1 に接続されるとともに共通に接地されている。

なお、後述するが、被処理水は面状に形成された放電 D を通過する。

[0015] また、高圧電極部 2 の受電圧部 2 1 は絶縁部材 5 の鉛直方向の上端部に固定されており、支持部 2 2 の下端部は、接地電極 1 を支持する支持構造体 4 よりも上方になるように配置されている。

絶縁部材 5 は例えば柱状あるいは棒状の形状からなり、絶縁部材 5 の鉛直方向の下端部は支持構造体 4 に固定されている。絶縁部材の上端部は給水部 3 よりも上方に伸びてその上端部で高圧電極部 2 の受電圧部 2 1 を固定する。

接地電極 1 と絶縁部材 5 は支持構造体 4 に固定して設けられ、高圧電極部 2 は支持構造体 4 に固定された絶縁部材 5 の上端に固定されているので、接地電極 1 と高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 との間隔は精度よく維持される。

[0016] 給水部 3 は、接地電極 1 の鉛直方向の上方に設けられており、被処理水 3 0 が供給される給水配管 3 2 に連結された散水装置である。給水部 3 の接地電極 1 と対向する面に散水孔 3 1 が設けられており、被処理水 3 0 は散水孔 3 1 から鉛直方向の下方にある隣り合う接地電極 1 の間に供給される。給水部 3 は、高圧電極部 2 の受電圧部 2 1 と絶縁部材 5 との固定位置よりも下方に位置するように配置されている。

[0017] 支持構造体 4 は、処理水槽 6 の上部に固定され、開口部 4 1 を有する導電性部材から構成される。給水部 3 から、接地電極 1 の間に供給された被処理水 3 0 は、放電 D に曝された後支持構造体 4 の開口部 4 1 を通過して、処理水槽 6 に落下し、回収される。処理水槽 6 に回収された被処理水 3 0 は、一定時間処理水槽 6 内に滞留した後、排水配管 6 1 から処理水 6 0 として排出される。

[0018] 次に、本実施の形態 1 に係る水処理装置の基本動作について説明する。外部から給水配管 3 2 を介して給水部 3 に供給された被処理水 3 0 は散水孔 3

1 から下方にある隣り合う接地電極 1 の間に、液滴状または液膜状で供給される。このとき、パルス電源 7 を動作させ、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間にパルス状の高電圧を印加し、接地電極 1 と対向電極部 2 3 との間に放電 D を形成させる。放電 D は、接地電極 1 と対向電極部 2 3 との間で水平方向に面をなすように分布して形成される。被処理水 3 0 は、隣接する接地電極 1 の間を通過する過程で、形成された放電 D と接触する。このとき、放電 D によって形成された活性種が被処理水 3 0 に溶解し、その結果、被処理水 3 0 に対して難分解性物質の除去などの水処理が行われる。

対向電極部 2 3 は図 1 で紙面の奥行方向に伸びる薄板状の導電性の部材であり、隣接する接地電極 1 の間に水平となるようにかつ多段に配置されている。そのため、面状に形成された放電 D の空間も多段に形成され、給水部 3 から接地電極 1 の間に供給された被処理水 3 0 は、接地電極 1 の間を通過する際に必ず放電 D と接触することになる。従って、被処理水 3 0 を高効率に処理することができる。

[0019] 次に、本実施の形態 1 に係る水処理装置によって、被処理水 3 0 の処理が行われる原理を説明する。なお、ここでは有機物の分解を例にとって説明するが、放電で生じる O_3 および OH ラジカルなどの活性種が、除菌、脱色または脱臭にも有効であることは周知である。

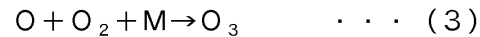
隣接する接地電極 1 の間に供給される気体としては、空気、酸素、希ガス（アルゴン、ネオン）などが用いられる。接地電極 1 と高圧電極部 2 との間に高電圧パルスを印加することで、接地電極 1 と対向電極部 2 3 との間の気体層、あるいは隣接する接地電極 1 の間を通過する被処理水 3 0 との界面で放電が生じる。このとき、酸素分子 (O_2)、水分子 (H_2O) が高エネルギーの電子と衝突し、(1) 式、(2) 式の解離反応が生じる。ここで e は電子、 O は原子状酸素、 H は原子状水素、 OH は OH ラジカルである。

[0020]
$$e + O_2 \rightarrow 2 O \quad \cdots (1)$$

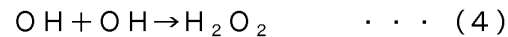
$$e + H_2O \rightarrow H + OH \quad \cdots (2)$$

(1) 式で発生した原子状酸素の一部は、(3) 式によりオゾン (O_3) と

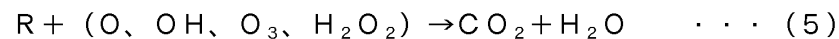
なる。ここで、Mは反応の第三体であり、気体中のあらゆる分子又は原子を表わす。



また、(2)式で生じたOHラジカルの一部は、次の(4)式の反応により過酸化水素(H_2O_2)となる。



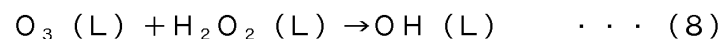
そして、(1)から(4)式の反応で生成されたO、OH、 O_3 、 H_2O_2 などの酸化性の活性種は、(5)式の反応により、被処理水30中の有機物を二酸化炭素(CO_2)と水に酸化分解する。ここで、Rは処理対象となる有機物である。



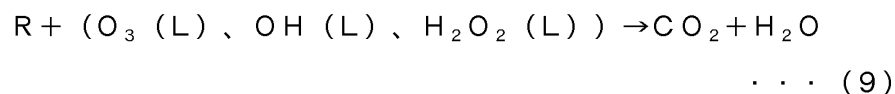
[0021] 一方、(3)式と(4)式とで生じた O_3 および H_2O_2 の一部は、(6)式および(7)式により、被処理水30の表面から被処理水30に溶解する。ここで(L)は液相を意味する。



さらに、 $\text{O}_3(\text{L})$ と $\text{H}_2\text{O}_2(\text{L})$ との反応により、(8)式の通り水中でOHラジカルが生成される。



(6)から(8)式で生成された $\text{O}_3(\text{L})$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2(\text{L})$ 、およびOH(L)は、(9)式により、水中反応で有機物を分解する。



[0022] 以上に述べたように、本実施の形態1による被処理水30中の有機物の分解は、(5)式の反応による被処理水30の表面の有機物の分解と、(9)式の反応による被処理水30の水中での有機物の分解の双方によって進行する。

処理水槽6に回収された被処理水30は、(9)式の反応によって有機物

を分解するために、一定時間処理水槽 6 内に滞留し、その後排水配管 6 1 から処理水 6 0 として排出される。

[0023] 高効率な水処理を行うには、放電回路中に漏電等なく、安定な放電が形成できることが重要となる。本実施の形態 1 に係る水処理装置によって、高効率な水処理が実現することについて以下に説明する。

接地電極 1 と高圧電極部 2 を固定する絶縁部材 5 とは同じ支持構造体 4 に支持されている。給水部 3 は、高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置よりも下方に位置し、被処理水 3 0 は給水部 3 の散水孔 3 1 から高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置の方向とは反対の鉛直方向の下方にある接地電極 1 の間に供給される。すなわち、高圧電極部 2 と絶縁部材 5 の固定位置は散水孔 3 1 からの被処理水 3 0 に被水しない位置に配置されるため、被処理水 3 0 の被水による漏電の虞がない。

また、高圧電極部 2 の支持部 2 2 の下端部は支持構造体 4 に接することなく、空間すなわち気体層を介して支持構造体 4 の上方に位置する。給水部 3 よりも下方において高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 は放電 D を除くと気体層を介して絶縁されている。従って、被処理水 3 0 を接地電極 1 の間に供給し水処理を行う場合においても、高圧電極部 2 は給水部 3 よりも鉛直方向の下方においても絶縁されている。すなわち、高圧電極部 2 と接地電極 1 とは放電 D を介して閉回路を形成するとともに、漏電部がないため、安定な放電が実現できる。

[0024] 一方、高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置が下方にあり、被処理水 3 0 の散水方向に位置している場合、高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置が被処理水 3 0 によって被水し、絶縁部材 5 の表面を介して漏電が発生してしまう虞がある。また、高圧電極部 2 の支持部 2 2 の下端部が、振動等により直接的にあるいはある部材を介して間接的に接地電極 1 または支持構造体 4 またはその他の部材に接触するような場合、被処理水 3 0 によってその部材の表面が濡れてしまうとその部材の表面を介した漏電が発生してしまう。

本実施の形態の高圧電極部 2 と絶縁部材 5 の固定位置は散水孔 3 1 からの

被処理水 30 に被水しない位置に配置されるため、被処理水 30 の被水による漏電の虞がない。

また、接地電極 1 と絶縁部材 5 は支持構造体 4 に固定して設けられ、高圧電極部 2 は支持構造体 4 に固定された絶縁部材 5 の上端に固定されているので、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間隔は精度よく維持される。高圧電極部 2 の支持部 22 も、受電圧部 21 に固定されて接地電極 1 または支持構造体 4 とは所定の間隔で保持されるので、部材を介して間接的に接地電極 1 または支持構造体 4 に接触する可能性が低く、漏電の虞もない。

[0025] なお、接地電極 1 は支持構造体 4 に下端が固定されているが、接地電極 1 はパルス電源 7 の他方の端子が支持構造体 4 を介して接地電極 1 に接続されており、接地電極 1 と支持構造体 4 とは共通の電位に設置されているため、接地電極 1 と支持構造体 4 との固定部が被処理水 30 で濡れたとしても、被処理水 30 には電位差が生じないため、漏電しない。

以上のように、本実施の形態の構成によれば、漏電発生の虞がなく、安定な放電が実現可能となる。

[0026] さらに、実施の形態 1 においては、高圧電極部 2 の支持部 22 の下端が接地電極 1 の鉛直方向の下端よりも上方に設けられている。このような配置とすることで、高圧電極部 2 の対向電極部 23 が周囲から接地電極 1 によって遮蔽されるため、対向電極部 23 と接地電極 1 の間で安定的に電界が形成され、安定的に放電 D を形成することが可能になる。

[0027] 以上のように、本実施の形態 1 によれば、接地電極 1 と絶縁部材 5 は支持構造体 4 に固定して設けられ、高圧電極部 2 は支持構造体 4 に固定された絶縁部材 5 の上端で固定するようにしたので、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間隔は精度よく維持される。また、高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との接続部も給水部 3 より上方であって、散水方向と逆方向に配設可能となった。従って、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間の漏電が抑制され、安定な放電により被処理水を高効率に処理することが可能となる。

また、接地電極 1 に対向する高圧電極部 2 の対向電極部 23 を被処理水の

通過する方向に多段に設置し、接地電極 1 との間で面状の放電を多段に形成するようにしたので、被処理水 30 の高効率処理に寄与する。

[0028] なお、放電形成にパルス電源 7 を用いた例について説明したが、本実施の形態に適用される電源は、安定して放電が形成できれば、必ずしもパルス電源である必要はなく、例えば、交流電源または直流電源であってもよい。

また、パルス電源 7 から出力される電圧の極性、電圧波高値、繰り返し周波数、パルス幅などは、接地電極 1 および高圧電極部 2 の構造、気体層のガス種等の諸条件に応じて、適宜決定することができる。一般に、電圧波高値は 1 kV ~ 50 kV が望ましい。1 kV 未満では安定した放電が形成されず、また、50 kV 超とするには、電源の大型化および電気絶縁の高度化が必要になり、製造コストおよび保守コストが著しく増加する。

また、繰り返し周波数は、10 pps (pulse-per-second) 以上、100 kpps 以下とすることが望ましい。これは、10 pps 未満では、十分な放電電力を投入するために非常に高い電圧が必要となり、逆に、100 kpps よりも大きくすると、水処理の効果が飽和し、電力効率が低下する。また、被処理水 30 の流量または被処理水 30 に含まれる成分または濃度に応じて、電圧波高値、繰り返し周波数、パルス幅を調整するようにしても良い。

[0029] 上述において、平板状の給水部 3 に設けられた散水孔 31 から液滴状または液膜状で被処理水 30 を供給した例について説明した。しかしながら、本実施の形態に適用される給水部 3 は、液滴状または液膜状に接地電極 1 の間に被処理水 30 を供給できれば、必ずしも平板状の給水部 3 に散水孔 31 を有している必要はない。例えば、噴霧ノズルまたはディスペンサーなどを用いることができる。散水孔 31 を有する平板状の給水部 3 を用いることで、接地電極 1 の数または被処理水の状態が異なる場合においても、給水部 3 の面積、散水孔 31 の穴径、穴数を変更することで容易に拡張できるため、設計費を抑制し水処理装置のコストを低下させることができる。また、噴霧ノズルまたはディスペンサーを用いる場合には、被処理水 30 の液滴の径を制御

し、水処理効率を向上することができる。

また、給水部 3 から接地電極 1 の間に供給される被処理水 30 の流量、液滴の形成数、液滴の径などは被処理水 30 の水質または含有される物資の種類に応じて適宜調整することができる。液滴の径が小さい方が、被処理水 30 の比表面積が増加し、被処理水 30 中への活性種の輸送効率および水処理効率が増加するため好ましい。水処理効率を向上するためには、水滴の径を 1 mm 以下とすることが好適である。

[0030] 本実施の形態 1 に係る水処理装置が図示しない密閉あるいは半密閉の収容容器に収容されていてもよい。水処理装置を収容容器に収容することで、容器内の気体の種類を制御することができ、放電 D の安定性向上および気相から被処理水 30 への不純物の侵入を防ぐことができる。また、水処理装置を密閉あるいは半密閉の収容容器に収容し、収容容器の外にパルス電源 7 を設けることで、被処理水 30 の飛沫または蒸気、また放電によって生じた活性種によってパルス電源 7 が劣化することを防ぐことができる。

[0031] 本実施の形態において、接地電極 1 は導電性材料で構成され、特にステンレス鋼またはチタンなどの耐腐食性に優れた金属材料を用いることが望ましい。接地電極 1 は、その機械強度が維持できる範囲で薄くしたり、メッシュまたはパンチングメタルなどの構造を適用したりすることもできる。接地電極 1 を薄くすることで接地電極 1 の重量を減らすことができるため、支持構造体 4 の機械強度の低減および水処理装置のコストを低下させることができる。また、接地電極 1 は、高圧電極部 2 の対向電極部 23 と同様に、複数の接地電極 1 の配列方向に直行する方向に水平に伸長された電極部を有する構造とすることができる。接地電極 1 も高圧電極部 2 の対向電極部 23 の電極構造と同様にし、高圧電極部 2 の対向電極部 23 と対向させることで、電界が集中して放電 D の形成位置を精度よく決めることができ、流下する被処理水 30 の処理効率が向上する。

[0032] また、高圧電極部 2 は導電性材料で構成され、特にステンレス鋼またはチタンなどの耐腐食性に優れた金属材料を用いることが望ましい。本実施の形

態 1 では、薄板状の対向電極部 2 3 を用いたが、高電圧パルスによって対向電極部 2 3 に強い電界が形成されればよく、必ずしも薄板状である必要はない。対向電極部 2 3 としては、例えば、ワイヤ、板材に多数の針またはねじを櫛の歯状に固定したもの、メッシュ状の板材、パンチングメタルなどを適宜用いることができる。なお、薄板形状は、他の形状と比較して機械強度を確保することができ、高圧電極部 2 の耐久性を向上できるため好ましい。また、ワイヤ形状は、接地電極 1 の間の鉛直方向から見た開口率を増やすことができるため、他の形状の場合と比較して隣り合う接地電極 1 の間隔を小さくすることができ、水処理装置を小型化することができる。

また、実施の形態 1 において、対向電極部 2 3 は高圧電極部 2 の鉛直方向の下端部より上方に設けられている。このようにすることで、高圧電極部 2 の鉛直方向の下端部で被処理水 3 0 が溜まることを抑制し、また溜まった被処理水 3 0 によって高圧電極部 2 の下端部の電界が歪み放電 D が不安定化することを抑制できる。例えば対向電極部 2 3 を上述のメッシュ状の板材にすれば、被処理水 3 0 が対向電極部 2 3 に溜まることはない。

[0033] また、支持構造体 4 は導電性材料で構成され、特にステンレス鋼またはチタンなどの耐腐食性に優れた金属材料を用いることが望ましい。本実施の形態 1 では、断面が直方体の支持構造体 4 を用いたが、支持構造体 4 は接地電極 1 と高圧電極部 2 と絶縁部材 5 とを保持できる機械強度を有していればよい。例えば、支持構造体 4 を構成する枠材の断面が円形、H 型、I 型、T 型などの断面を有する部材、あるいは中空の部材などを適宜用いることができる。H 型等は機械的強度を維持しつつ軽量化を図ることが可能であり、支持構造体 4 および水処理装置が製造コストを抑制することができる。

[0034] 上述において、支持構造体 4 が処理水槽 6 の上部に固定されている例を示したが、処理水槽 6 の底部で固定した支持脚（図示せず）の上方に支持構造体 4 を配置して処理水槽 6 の上方に保持することもできる。支持構造体 4 を処理水槽 6 に取り付ける場合は、支持脚を用いる場合より水処理装置の構成部材が少なくなるため、水処理装置のコストを低下し、小型化することができる。

きる。支持構造体 4 を支持脚により処理水槽 6 の上方に保持する場合は、支持構造体 4 を強固に支持できるため、接地電極 1 および高圧電極部 2 の大型化した場合も安定して固定することができ、また、支持脚が処理水槽 6 の底部で固定されているので、被処理水 30 の輸送またはポンプ 34 の振動などによって支持構造体 4 が振動するのを抑制することができる。

[0035] また、処理水槽 6 は被処理水 30 を貯留できる任意の材料を用いて構成することができる。特に、ステンレス鋼またはチタン、石英およびアルミナなどのセラミックス材料、フッ素樹脂などの耐腐食性を有する耐腐食性に優れた材料を用いることが望ましい。また、(9) 式の反応は水中で進行するため、被処理水 30 の滞留時間を延長したり、被処理水 30 を攪拌したりすることで、放電 D を通過して流下した被処理水 30 中に残存する有機物の分解を促進するようにしてもよい。そのために、処理水槽 6 中に邪魔板、攪拌機構、あるいはガスを被処理水 30 に導入して反応を促進させる散気手段を備えるようにすることもできる。

[0036] また、絶縁部材 5 は電気抵抗が高い電気絶縁材料を用いて構成することができる。例えば、絶縁部材 5 の材料として、石英およびホウ珪酸ガラスなどのガラス材料、アルミナおよびジルコニアなどのエンジニアリングセラミックス材料、フッ素樹脂などのエンジニアリングプラスチック、またはそれらを組み合わせた材料等を用いることができる。また、絶縁部材 5 は、少なくとも高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置が電気絶縁材料で構成されていれば良く、絶縁部材 5 の高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との固定位置を除く部分および絶縁部材 5 の内部に導電性材料を用いてもよい。絶縁部材 5 の構造を内部に導電性材料、外部絶縁材料の二層構造とすることで材料設計の裕度が高まり、絶縁部材 5 の機械強度の向上が可能となり、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間隔をさらに精度よく保つことができるようになる。

[0037] また、図 4 に示すように、柱状からなる絶縁部材 5 の表面の少なくとも一部に撥水加工された撥水部 52 を備えていてもよい。さらに、給水部 3 の周囲に被処理水 30 の飛散を防止する遮蔽板 36 を設けてもよい。

図４は、本実施の形態１に係る別の水処理装置の構成を示す断面図である。図４は、図１の構成に絶縁部材５の表面の一部を覆う撥水部５２と給水部３の周囲に遮蔽板３６とを備えたものである。

絶縁部材５の表面に設けられた撥水部５２の表面では被処理水３０が弾かれるため、撥水部５２の設けられた絶縁部材５の位置では絶縁が保たれる。従って、漏電抑制効果を向上することができる。撥水部５２は絶縁部材５の表面全体に亘って設けてもよいが、撥水部５２が設けられている箇所では絶縁が保たれるので、少なくとも一部であればよい。

また、給水部３の周囲に設けられた遮蔽板３６により、絶縁部材５の方向、特に絶縁部材５と高圧電極部２との接続部への飛散が抑制される。従って、被処理水３０の飛散によって絶縁部材５および絶縁部材５と高圧電極部２との接続部が被処理水３０で濡れるのを抑制し、漏電抑制効果を向上することができる。遮蔽板３６は給水部３の周囲全体に亘って設ける必要はなく、少なくとも絶縁部材５方向、特に絶縁部材５と高圧電極部２との接続部への飛散が抑制されるような位置に設けられればよい。

[0038] さらに、柱状からなる絶縁部材５は上端部の高圧電極部２との接続部および下端部の支持構造体４との固定部を他の部分より細くして、絶縁距離を大きくしてもよい。

図５は、本実施の形態１に係るさらに別の水処理装置の構成を示す断面図である。図５は、図１の構成の絶縁部材５の上端部５ａと下端部５ｂとを他の部分より細くしたものである。このように、上端部の高圧電極部２との接続部で直接的に絶縁距離を確保するだけでなく、絶縁部材５の表面全体あるいは少なくとも一部に凹凸を設ける、すなわち、絶縁部材５の下端部から上端部の間で断面積を変化させることで、絶縁距離を大きくすることもできる。

[0039] 実施の形態２．

実施の形態１では、放電Ｄを通過後の被処理水３０に対し、処理水槽６での滞留時間を延長したり、被処理水３０を攪拌したりすることで、放電Ｄを通過して落下した被処理水３０中に残存する有機物の分解を促進するように

した。本実施の形態２では処理水槽６に滞留する被処理水３０を再度放電Ｄに接触させるように給水部３の給水配管３２に戻す循環配管を設けた。

図６は、本実施の形態２に係る水処理装置の構成を示す断面図である。図において、循環配管３５は一端が処理水槽６の排水配管６１に対向する壁面に連結され、他端が給水部３の給水配管３２に連結されている。循環配管３５に設けられたポンプ３４により、処理水槽６に滞留する被処理水３０を再度給水部３へ送水し、被処理水として繰り返し放電Ｄと接触させることで有機物の分解を促進することができる。

[0040] なお、図６Ｂ、図６Ｃおよび図６Ｄに図６Ａの循環配管の一部を変更した水処理装置の構成を示す。

図６Ａでは循環配管３５の一端を処理水槽６の排水配管６１に対向する壁面に連結するようにしたが、図６Ｂに示すように、排水配管６１に連結するようにしてもよい。その場合、例えばバルブ３７を設け、循環するか、排水するかあるいは滞留させるかバルブ３７で選択するようにすればよい。

また、図６Ａでは循環配管３５の他端を上方の給水部３の給水配管３２に連結するようにしたが、図６Ｃに示すように、ポンプ３４と処理水槽６との間に外部からの給水配管を接続し、ポンプ３４で給水部３へ供給される被処理水の流量または外部から供給する被処理水と循環させる被処理水の比率をコントロールするようにしてもよい。

[0041] さらに、図６Ｄでは、被処理水３０を外部から供給する給水配管３３を処理水槽６に設け、循環配管３５にバルブ３７を介して排水配管６１に連結し、循環するか、排水するかあるいは滞留させるかバルブ３７で選択するようにした。また、循環配管３５にはポンプ３４を設け、流量を調整可能とした。

この構成では、外部から給水配管３３を介して供給された被処理水３０は処理水槽６内で、まず（９）式の反応により、有機物が分解される。その後、バルブ３７により給水部３への循環が選択され、ポンプ３４により所定流量供給される。処理水槽６にセンサを設け、被処理水３０中の有機物の濃度

を測定し、有機物の濃度に応じて循環させる被処理水の流量を設定すれば、また放電の強度を制御すれば、ポンプ34およびパルス電源7の負荷を低減することができる。センサにより有機物の濃度が所定値以下になれば、バルブ37により処理水60として排水配管61より排出される。

また、循環と排水とを同時に行い、処理水槽6内の有機物濃度が一定となるように循環と排水の流量の比を制御することもできる。このように循環と排水を同時に行うことで、連続的に水処理を行うことが可能になり、既存の水処理設備への組み込みが容易になる。

さらに、有機物濃度と他のパラメータ、例えば、pHまたは色度、溶存オゾン濃度、過酸化水素濃度、との間に相関がある場合は、これらのパラメータを有機物濃度の指標とすることもできる。

[0042] 実施の形態2は、循環配管35以外の他の構成は実施の形態1と同様であり、同様に接地電極1、高圧電極部2、支持構造体4、絶縁部材5および処理水槽6の材料または構成を選択することができ、変更することが可能である。

[0043] 以上のように、実施の形態2の構成によれば、実施の形態と同様の効果を奏する。すなわち、接地電極1と高圧電極部2との間隔が精度よく維持されるとともに、接地電極1と高圧電極部2との間の漏電が抑制され、安定な放電により被処理水を高効率に処理することが可能となる。

さらに、循環配管35により、被処理水を繰り返し放電と接触させるようにしたので、被処理水の高効率処理に寄与する。

[0044] なお、図6A、図6B、図6Cおよび図6Dにおいても、絶縁部材5の表面の一部を覆う撥水部52と給水部3の周囲に遮蔽板36とを備えたり、絶縁部材5の上端部5aと下端部5bとを他の部分より細くしたりすることができる。

図7は、本実施の形態2に係る別の水処理装置の構成を示す断面図である。図7は、図6Aの構成に絶縁部材5の表面の一部を覆う撥水部52と給水部3の周囲に遮蔽板36とを備えたものである。

図 8 は、本実施の形態 2 に係るさらに別の水処理装置の構成を示す断面図である。図 8 は、図 6 A の構成の絶縁部材 5 の上端部 5 a と下端部 5 b とを他の部分より細くしたものである。

図 7 および図 8 の構成は、実施の形態 1 で説明したように、図 6 A よりもさらに漏電を抑制することができる。

[0045] 実施の形態 3.

実施の形態 1 では支持構造体 4 に対し、接地電極 1 および絶縁部材 5 のそれぞれ下端を固定していたが、本実施の形態 3 では、支持構造体 4 に対し、接地電極 1 および絶縁部材 5 のそれぞれ上端を固定するように構成した。

実施の形態 3 について、図 9 から図 11 を参照して説明する。

図 9 は実施の形態 3 に係る水処理装置の構成を示す構成図、図 10 は図 9 の C-C 線方向から見た断面図、図 11 は図 9 の D-D 線方向から見た断面図である。

本実施の形態 3 の水処理装置は、基本的な構成は実施の形態 1 と同様であり、すなわち接地電極 1、高圧電極部 2、給水部 3、支持構造体 4、絶縁部材 5 および処理水槽 6 を備えている。以下に、実施の形態 1 と異なる部分を説明する。

[0046] 複数の接地電極 1 は、平板状の導電性部材であり、水平方向に互いに平行に所定の間隔を隔てて配列して支持構造体 4 に鉛直方向の上端を固定されている。1 つの接地電極は、給水部 3 と給水配管 32 と高圧電極部 2 とを通過させるための凹状にくりぬかれた部分 1 a とその両端部の支持構造体 4 に固定される部分 1 b とを有する形状となっている。

絶縁部材 5 は例えば柱状の部材であり、上端部は給水部よりも上方に位置し、その上端部に支持構造体 4 が固定され、下端部に高圧電極部 2 の受電圧部 21 が固定されている。

高圧電極部 2 の受電圧部 21 は開口部 21 a を有する例えば方形の枠状の形状をしており、枠の角部が絶縁部材 5 を介して支持構造体 4 に固定されている。隣接する接地電極 1 の間に配置され、接地電極 1 と対向する高圧電極

部 2 の対向電極部 2 3 a はワイヤ状の電極で構成され、その両端部が高压電極部 2 の支持部 2 2 で支持されている。図ではワイヤが 3 本の例を示しているが、複数のワイヤが鉛直方向に互いに平行に所定の間隔を隔てて設けられる。複数の対向電極部 2 3 a は隣接する接地電極 1 と等距離に配置されている。支持部 2 2 の下端は、接地電極 1 の鉛直方向の下端部よりも上方になるように保持されている。

[0047] 支持構造体 4 は実施の形態 1 と同様に処理水槽 6 の上部に固定されているが、処理水槽 6 は実施の形態 1 よりも深く、滞留させる被処理水 3 0 の水面を考慮しても接地電極 1 の下端部および高压電極部 2 の支持部 2 2 の下端部のいずれもが水面より高い位置で保持される。

[0048] 給水部 3 は、高压電極部 2 の上方に設けられた散水装置である。給水部 3 の高压電極部 2 と対向する面すなわち下面に散水孔 3 1 が設けられており、被処理水 3 0 は散水孔 3 1 から下方にある隣り合う接地電極 1 の間に供給される。給水部 3 から供給された被処理水 3 0 は、高压電極部 2 の開口部 2 1 a および接地電極 1 の間を通過して、処理水槽 6 に落下し、回収される。処理水槽 6 に回収された被処理水 3 0 は、一定時間処理水槽 6 内に滞留した後、処理水 6 0 として排水配管 6 1 から排出される。給水部 3 は、接地電極 1 と絶縁部材 5 の固定位置よりも下方に位置するように配置されている。支持構造体 4 は、接地電極 1 の鉛直方向の上方に固定されている。

[0049] 接地電極 1 と高压電極部 2 との間には、パルス電源 7 から高電圧パルスが印加され、接地電極 1 と対向電極部 2 3 a との間に放電 D が生成される。パルス電源 7 は、一方の端子が高压電極部 2 の受電部 2 1 に接続線 7 1 にて接続され、他方の端子が支持構造体 4 を介して接地電極 1 に接続されるとともに共通に接地されている。接続線 7 1 は給水部 3 の鉛直方向の上方から高压電極部 2 に接続される。

[0050] 次に、本実施の形態 3 に係る水処理装置の動作について説明する。外部から給水配管 3 2 を介して給水部 3 に供給された被処理水 3 0 は散水孔 3 1 から下方にある隣り合う接地電極 1 の間に、液滴状または液膜状で供給される

。このとき、パルス電源 7 を動作させ、接地電極 1 と高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 a との間にパルス状の高電圧を印加し、接地電極 1 と対向電極部 2 3 a との間に放電 D を発生させる。放電 D は、接地電極 1 と対向電極部 2 3 a との間で水平方向に面をなすように分布して形成される。被処理水 3 0 は、接地電極 1 の間を通過する過程で、放電 D と接触する。このとき、放電 D によって形成された活性種が被処理水 3 0 に溶解し、その結果、被処理水 3 0 に対して難分解性物資の除去などの水処理が行われる。なお、対向電極部 2 3 a が鉛直方向に複数段あるので、被処理水 3 0 は多段の放電 D を通過することになる。

[0051] 高効率な水処理を行うには、放電回路中に漏電等なく、安定な放電が形成できることが重要となる。本実施の形態 3 に係る水処理装置によって、高効率な水処理が実現することについて以下に説明する。

接地電極 1 と高圧電極部 2 を固定する絶縁部材 5 とは同じ支持構造体 4 に支持されている。給水部 3 は、支持構造体 4 と絶縁部材 5 との固定位置よりも下方に位置して配置される。この支持構造体 4 と絶縁部材 5 との固定位置は被処理水 3 0 の散水方向と反対の方向の下方にある接地電極 1 の間に供給される。すなわち、支持構造体 4 と絶縁部材 5 との固定位置は散水孔 3 1 からの被処理水 3 0 に被水しない位置に配置されるため、被処理水 3 0 による漏電の虞がない。

また、高圧電極部 2 の支持部 2 2 の下端部は隣り合う接地電極 1 の間で保持され、給水部 3 よりも鉛直方向の下方において高圧電極部 2 は放電 D を除くと気体層を介して絶縁されていることになる。

従って、被処理水 3 0 を接地電極 1 の間に供給し水処理を行う場合においても、高圧電極部 2 は給水部 3 よりも鉛直方向の下方で絶縁されており、また、支持構造体 4 と絶縁部材 5 との固定位置も被処理水 3 0 の被水による漏電の虞がない。すなわち、高圧電極部 2 と接地電極 1 とは放電 D を介して閉回路を形成するとともに漏電部がないため、安定な放電が実現できる。

[0052] また、接続線 7 1 を給水部 3 の鉛直方向の上方から高圧電極部 2 に接続し

ている。従って、給水部 3 よりも鉛直方向の上方では接続線 7 1 は被処理水 3 0 との接触が抑制されるため、接続線 7 1 を経由した漏電も抑制することができる。

[0053] 接地電極 1 と絶縁部材 5 と高圧電極部 2 の位置関係は支持構造体 4 に設けられた固定位置によって決定されるため、接地電極 1 と高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 a との間隔を精度よく維持することができる。特に、本実施の形態 3 では、接地電極 1 と絶縁部材 5 とは支持構造体 4 の同一の鉛直方向の上面に固定されているため、支持構造体 4 が振動または変形した場合も接地電極 1 と高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 a との間隔を精度よく維持することができる。

[0054] 以上のように、本実施の形態 3 によれば、実施の形態 1 と同様の効果を奏する。すなわち、接地電極 1 と絶縁部材 5 は支持構造体 4 に固定して設けられ、高圧電極部 2 は支持構造体 4 に固定された絶縁部材 5 の下端で固定するようにしたので、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間隔は精度よく維持され、支持構造体 4 と絶縁部材 5 との接続部も給水部 3 より上方であって、散水方向と逆方向に配設可能となった。従って、接地電極 1 と高圧電極部 2 との間の漏電が抑制され、安定な放電により被処理水を高効率に処理することが可能となる。

また、接地電極 1 に対向する高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 a を被処理水の通過する方向に多段に設置し、接地電極 1 との間で面状の放電 D を多段に形成するようにしたので、被処理水の高効率処理に寄与する。

[0055] 何れの実施の形態においても、絶縁部材 5 の上端部は給水部 3 よりも上方に位置する。実施の形態 1 および 2 では接地電極 1 と高圧電極部 2 との間の高圧電極部 2 と絶縁部材 5 との接続部が給水部 3 よりも上方にあることで漏電を抑制し、実施の形態 3 では支持構造体 4 と絶縁部材 5 との接続部が給水部 3 よりも上方にあることで漏電を抑制し、放電回路における接地電極 1 と高圧電極部 2 との間の漏電を抑制した。

[0056] 上記構成においては、接地電極 1 の凹状のくりぬき部 1 a に給水配管 3 2

と高圧電極部 2 とを配置している。このような配置とすることで、水処理装置を小型化することができる。また、図 1 2 は実施の形態 3 に係る別の水処理装置における図 1 1 と同じ箇所の断面図を示すが、給水配管 3 2 と高圧電極部 2 とは接地電極の外周を通過させることもできる。このような配置とすることで、端部の接地電極 1 は凹状のくりぬき部 1 a が不要となり、給水配管 3 2 および高圧電極部 2 の取り付けおよびメンテナンスを容易にすることができる。

[0057] 本実施の形態 3 においても、実施の形態 1 と同様に給水部 3 に遮蔽板 3 6 を設けることおよび絶縁部材 5 の少なくとも一部に撥水部 5 2 を設けることもできる。また、絶縁部材 5 の一部を細くすること、および凹凸形状を設けることもできる。

さらに、実施の形態 2 のように、放電 D を通過後の被処理水 3 0 を循環させて水処理効率を上げる構成にすることもできる。

高圧電極部 2 の対向電極部 2 3 a をワイヤでなく、実施の形態 1 のように薄板状の導電性部材を用いることもできる。

[0058] 本開示は、様々な例示的な実施の形態および実施例が記載されているが、1 つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも 1 つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも 1 つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0059] 1 : 接地電極、 1 a : くりぬき部、 1 b : 固定部、 2 : 高圧電極部、
2 1 : 受電圧部、 2 1 a : 開口部、 2 2 : 支持部、 2 3、2 3 a :
対向電極部、 3 : 給水部、 3 0 : 被処理水、 3 1 : 散水孔、 3 2、

33 : 給水配管、 34 : ポンプ、 35 : 循環配管、 36 : 遮蔽板、
37 : バルブ、 4 : 支持構造体、 41 : 開口部、 5 : 絶縁部材、 5
2 : 撥水部、 6 : 処理水槽、 60 : 処理水、 61 : 排水配管、 7 : パ
ルス電源、 71 : 接続線、 D : 放電。