

(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

(43) 国際公開日
2022年4月7日(07.04.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/071002 A1

(51) 国際特許分類:
B01D 35/06 (2006.01)

奈川県川崎市川崎区大川町2番1号 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/034434

(72) 発明者: 大森 一樹 (OOMORI, Kazuki);
〒2108560 神奈川県川崎市川崎区大川町2番1号 三菱化工機株式会社内 Kanagawa (JP).

(22) 国際出願日: 2021年9月17日(17.09.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
PCT/JP2020/037014 2020年9月29日(29.09.2020) JP
PCT/JP2020/037015 2020年9月29日(29.09.2020) JP
PCT/JP2020/040886 2020年10月30日(30.10.2020) JP
PCT/JP2020/040888 2020年10月30日(30.10.2020) JP

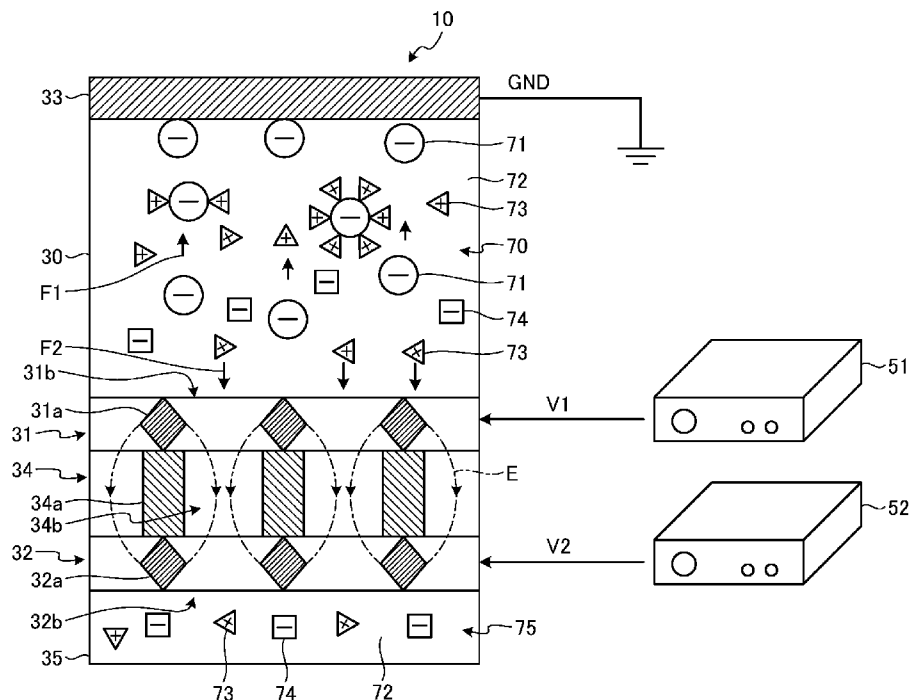
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(71) 出願人: 三菱化工機株式会社 (MITSUBISHI KAKOKI KAISHA, LTD.) [JP/JP]; 〒2108560 神

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: FILTRATION DEVICE, AND FILTRATION SYSTEM

(54) 発明の名称: ろ過装置及びろ過システム



(57) Abstract: This filtration device includes: a first electrode provided with a plurality of first openings; a second electrode which is provided with a plurality of second openings, and which is provided facing one surface of the first electrode; a filtration material in which a plurality of apertures are provided, and which is provided between the first electrode and the second electrode; a filter chamber which is provided in contact with the other surface of the first electrode, and which is supplied with a liquid to be treated, including particles to be separated and a liquid; and a third electrode facing the

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

first electrode across the filter chamber.

(57) 要約: ろ過装置は、複数の第1開口が設けられた第1電極と、複数の第2開口が設けられ、第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、複数の目開きが設けられ、第1電極と第2電極との間に設けられたろ材と、第1電極の他方の面と接して設けられ、分離対象の粒子と液体とを含む対象処理液が供給されるろ室と、ろ室を挟んで第1電極と対向する第3電極とを含む。

明 細 書

発明の名称：ろ過装置及びろ過システム

技術分野

[0001] 本開示は、ろ過装置及びろ過システムに関する。

背景技術

[0002] 粒子流体系スラリーのろ過による固液分離において、電気浸透や電気泳動を利用して分離対象の粒子と液体とを分離する方法が知られている（例えば特許文献1、2参照）。電気浸透を利用した固液分離は、電極間に挟んだケーキ層に電圧と圧力を加え、ケーキ層中の水分を電気浸透作用によりろ材を通して追い出す方法である。また、電気泳動を利用した固液分離は、スラリー中の粒子を電気泳動により移動させてろ材に直接接触させて、スラリー中の粒子を分離する方法である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭61-018410号公報

特許文献2：国際公開第2004/045748号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] スラリー中の粒子をろ材に直接接触させて固液分離する方法では、ろ材の目詰まりによるろ過速度の低下が生じる可能性がある。

[0005] 本開示は、ろ過速度を向上させることが可能な、ろ過装置及びろ過システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の第1側面のろ過装置は、複数の第1開口が設けられた第1電極と、複数の第2開口が設けられ、前記第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、複数の目開きが設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられたろ材と、前記第1電極の他方の面と接して設けられ、分離対

象の粒子と液体とを含む対象処理液が供給されるろ室と、前記ろ室を挟んで前記第 1 電極と対向する第 3 電極とを含む。

[0007] 本開示の第 2 側面のろ過システムは、第 1 ろ過装置と、第 2 ろ過装置とを備え、前記第 1 ろ過装置及び前記第 2 ろ過装置は、それぞれ、複数の第 1 開口が設けられた第 1 電極と、複数の第 2 開口が設けられ、前記第 1 電極の一方の面と対向して設けられた第 2 電極と、複数の目開きが設けられ、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に設けられたろ材と、前記第 1 電極の他方の面と接して設けられる第 1 ろ室と、前記第 1 ろ室に設けられ、前記第 1 電極と対向する第 3 電極と、前記第 2 電極の他方の面と接して設けられる第 2 ろ室と、を有し、前記第 1 ろ過装置の第 2 ろ室の中間処理液が、前記第 2 ろ過装置の第 1 ろ室へ供給される。

[0008] 本開示の第 3 側面のろ過装置は、複数のろ過ユニットを有し、前記ろ過ユニットは、複数の第 1 開口が設けられた第 1 電極と、複数の第 2 開口が設けられ、かつ前記第 1 電極の一方の面と対向して設けられた第 2 電極と、複数の目開きが設けられ、かつ前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に設けられたろ材と、前記第 1 電極の他方の面と接して設けられる第 1 ろ室と、前記第 1 ろ室に設けられ、かつ前記第 1 電極と対向する第 3 電極と、を含み、2つの、前記ろ過ユニットが一方向に並んで配置され、2つの前記第 2 電極の間に設けられる第 2 ろ室を備える。

発明の効果

[0009] 本開示の、ろ過装置及びろ過システムによれば、ろ過速度が向上する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図 1 は、実施形態 1 に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。

[図2]図 2 は、実施形態 1 に係るろ過装置の動作を説明するための説明図である。

[図3]図 3 は、第 1 電極、ろ材及び第 2 電極の構成を模式的に示す断面図である。

[図4]図4は、実施形態1に係るろ過装置を示す電氣的等価回路図である。

[図5]図5は、クロレラの固液分離における、ろ室内濃縮濃度とろ過速度との関係を示すグラフである。

[図6]図6は、下水活性汚泥の固液分離における、ろ室内濃縮濃度とろ過速度との関係を示すグラフである。

[図7]図7は、実施形態2に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。

[図8]図8は、実施形態2に係るろ過装置の動作を説明するための説明図である。

[図9]図9は、実施形態2に係るろ過装置を示す電氣的等価回路図である。

[図10]図10は、実施形態3に係るろ過装置の模式図である。

[図11]図11は、実施形態3の変形例に係るろ過装置の模式図である。

[図12A]図12Aは、実施形態4に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。

[図12B]図12Bは、実施形態4に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。

[図13]図13は、実施形態4に係る第1ろ過装置、第2ろ過装置及び第3ろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。

[図14]図14は、実施形態4に係る第1ろ過装置の模式図である。

[図15]図15は、実施形態4に係る第2ろ過装置の模式図である。

[図16]図16は、実施形態4に係る第3ろ過装置の模式図である。

[図17]図17は、実施形態4の第1変形例に係るろ過システムの構成例を模式的に示す模式図である。

[図18]図18は、実施形態4の第1変形例に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。

[図19]図19は、実施形態4の第2変形例に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。

[図20]図20は、実施形態4の第3変形例に係る第1ろ過装置、第2ろ過装

置及び第３ろ過装置の模式図である。

[図21]図２１は、実施形態５に係るろ過装置の模式図である。

[図22]図２２は、実施形態６に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。

[図23]図２３は、実施形態６に係る第３電極の構成例を模式的に示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の発明を実施するための形態（以下、実施形態という）により本開示が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0012] （実施形態１）

図１は、実施形態１に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。実施形態１に係るろ過装置１０は、極性溶媒７２中に第１粒子（分離対象の粒子）７１が分散されたスラリー（原液）７０（対象処理液）から、第１粒子７１を分離する装置である。具体的には、ろ過装置１０は、ライフサイエンス分野や、下水処理、排水処理分野等に適用できる。ライフサイエンス分野では、培養細胞、微細藻類、細菌、バクテリア、ウイルス等の微生物体培養を行うバイオ産業や、培養微生物体が体外、体内に生産する酵素、タンパク質、多糖類、脂質等の利用、応用分野であるバイオ創薬や化粧品業界、又は、醸造、発酵、搾汁、飲料等を扱うビバレッジ産業に適用できる。下水処理、排水処理分野では、難ろ過性の微細バイオマス水系スラリーで、バイオマス粒子の分離に適用できる。あるいは、ろ過装置１０は、表面帯電した微粒子が電氣的反発作用で高分散したコロイド粒子系スラリーで、コロイド微粒子の濃縮回収用途に適用できる。

[0013] 図１に示すように、実施形態１に係るろ過装置１０は、上部筐体１１と、

蓋部 1 2 と、側部筐体 1 3 と、下部筐体 1 4 と、導体 1 5 と、を有する。ろ過装置 1 0 は、さらに、上部筐体 1 1、側部筐体 1 3 及び下部筐体 1 4 で囲まれた内部空間に、第 1 ろ室 3 0 と、第 1 電極 3 1 と、第 2 電極 3 2 と、第 3 電極 3 3 と、ろ材 3 4（図 2 参照）と、を有する。ろ過装置 1 0 は、さらに、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 2 に電氣的に接続された、第 1 電源 5 1 と、第 2 電源 5 2 と、を有する。

[0014] 具体的には、上部筐体 1 1 は、絶縁材料で形成された円柱状の部材である。側部筐体 1 3 は、絶縁材料で形成され、貫通孔を有する環状の部材である。上部筐体 1 1 の下端側の一部が側部筐体 1 3 の貫通孔に挿入される。下部筐体 1 4 は、絶縁材料で形成され、側部筐体 1 3 を支持する。蓋部 1 2 は、上部筐体 1 1 の上面を覆って設けられる。

[0015] 第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2 及びろ材 3 4（図 2 参照）の外縁は、側部筐体 1 3 と下部筐体 1 4 との間に挟まれて固定される。第 3 電極 3 3 は、上部筐体 1 1 の下面（下部筐体 1 4 と対向する面）に、ボルト等の接続部材（図示しない）により固定され、側部筐体 1 3 の貫通孔の内部に位置する。また、導体 1 5 は、側部筐体 1 3 の周囲を囲むように設けられた環状の部材であり、側部筐体 1 3 と下部筐体 1 4 との間に設けられる。導体 1 5 の下端側は、第 1 電極 3 1 の外縁と接続される。なお、上部筐体 1 1 及び導体 1 5 は、環状の部材としているが、これに限定されるものではなく、多角形状等他の形状としてもよい。

[0016] 上部筐体 1 1 と側部筐体 1 3 とは、ガイド部 2 1 a により固定される。また、側部筐体 1 3 と下部筐体 1 4 と導体 1 5 とは、ボルト 2 1 b、2 1 c により固定される。これにより、各筐体の位置が固定され、第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2 及びろ材 3 4 と、側部筐体 1 3 の内壁と、第 3 電極 3 3 とで囲まれた空間に第 1 ろ室 3 0 が形成される。また、各筐体間及び各電極間の接続部分には、それぞれ O リング等の封止部材が設けられ、第 1 ろ室 3 0 が密閉して設けられる。また、上部筐体 1 1 は、下部筐体 1 4 との距離が調整可能に設けられている。これにより、ろ過装置 1 0 は、スラリー（原液）7 0（

以下、対象処理液ということもある）の種類や量に応じて、第１ろ室３０の体積を適切に設定できる。

[0017] 上部筐体１１には、スラリー供給通路１１ａと、排気通路１１ｂと、貫通孔１１ｃとが設けられる。スラリー供給通路１１ａの一端側は、上部筐体１１の側面に開口し、スラリー供給部１６に接続される。スラリー供給通路１１ａの他端側は、上部筐体１１の下面に開口し、第３電極３３の貫通孔３３ａと繋がって設けられる。スラリー供給バルブ１７は、スラリー供給通路１１ａの内部に設けられた棒状部材１７ａを有し、棒状部材１７ａがスラリー供給通路１１ａ内を上下方向に移動することで、貫通孔３３ａの開閉状態を切り替えることができる。

[0018] これにより、例えば、スラリー供給バルブ１７の動作により貫通孔３３ａが開放状態の場合に、スラリー（原液）７０は、スラリー供給部１６、スラリー供給通路１１ａ、第３電極３３の貫通孔３３ａを介して第１ろ室３０に供給される。また、スラリー供給バルブ１７により貫通孔３３ａが閉じられた状態の場合には、スラリー（原液）７０の第１ろ室３０への供給が停止される。

[0019] 排気通路１１ｂの一端側は、上部筐体１１の側面に開口し、エア排出部１８に接続される。排気通路１１ｂの他端側は、上部筐体１１の下面に開口し、第３電極３３の貫通孔３３ｂと繋がって設けられる。エア排出用のバルブ１９は、排気通路１１ｂの内部に設けられた棒状部材１９ａを有し、棒状部材１９ａが排気通路１１ｂ内を上下方向に移動し、貫通孔３３ｂにその先端が挿抜されることで、貫通孔３３ｂの開閉状態を切り替えることができる。

[0020] 第１ろ室３０にスラリー（原液）７０が供給される際に、エア排出用のバルブ１９は、貫通孔３３ｂを開放状態にする。これにより、第１ろ室３０内の空気は、貫通孔３３ｂ、排気通路１１ｂ及びエア排出部１８を介して外部に排気される。エア排出部１８にはエア排出弁１８ａが接続されている。エア排出弁１８ａは、例えばフロート弁であり、第１ろ室３０内の所定量の空気が排気されるとエア排出弁１８ａが閉じられるように設けられている。第

1ろ室30内の排気が完了した後、エア排出用のバルブ19は貫通孔33bを閉じる。これにより、第1ろ室30内に充填されたスラリー（原液）70には、外部の加圧ポンプ等により、スラリー供給部16を介して所定の圧力（P）が加えられる。ここで、所定の圧力とは、内部の加圧が、例えば0.005MPaから0.5MPa、好適には0.01MPaから0.2MPa、より好ましくは0.05MPaから0.2MPaとするのがよい。

[0021] 貫通孔11cの一端側は上部筐体11の上面に開口する。貫通孔11cの他端側は上部筐体11の下面に開口し、第3電極33の凹部33cと繋がって設けられる。貫通孔11cには、接続導体56が挿入され、凹部33cで接続導体56と第3電極33とが接続される。これにより、第3電極33は、接続導体56を介して基準電位GNDと電氣的に接続される。基準電位GNDは、例えばグラウンド電位である。ただし、これに限定されず、基準電位GNDは、グラウンド電位とは異なる所定の固定された電位であってもよい。

[0022] 第1電極31は、導体15及び接続導体54を介して第1電源51の第2端子51bと電氣的に接続される。また、第1電極31は、導体15及び接続導体55aを介して第2電源52の第1端子52aと電氣的に接続される。

[0023] 下部筐体14には、凹状の第2ろ室35と、貫通孔14a、14bと、接続孔14cとが設けられている。第2ろ室35は、下部筐体14の上面で、第1ろ室30と重なる位置に設けられる。貫通孔14aは、第2ろ室35と排出部22とを繋ぐ。第1ろ室30に供給されたスラリー（原液）70は、各電極の駆動により第1粒子71が分離され、第1粒子71が分離された極性溶媒72（ろ液75）は、第1電極31、ろ材34（図2参照）及び第2電極32を通過して、第2ろ室35に流れる。第1粒子71が分離された極性溶媒72を含むろ液75は、第2ろ室35の排出部22から貫通孔14bを介して外部の貯留タンクに溜められる。

[0024] 接続孔14cの一端側は、下部筐体14の上面に開口し、第2電極32の外縁は、接続孔14cの開口部14dを覆って設けられる。また、接続孔1

4 c の他端側は、下部筐体 1 4 の側面に開口する。接続孔 1 4 c には接続導体 5 5 b が挿入され、接続導体 5 5 b と第 2 電極 3 2 とが接続される。これにより、第 2 電極 3 2 は、第 2 電源 5 2 の第 2 端子 5 2 b と電氣的に接続される。

[0025] なお、図 1 に示すろ過装置 1 0 の構成は、あくまで一例であり、第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2 及びろ材 3 4（図 2 参照）と、第 3 電極 3 3 とで挟まれた第 1 ろ室 3 0 を形成できればどのような構成であってもよい。第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2 及び第 3 電極 3 3 は、例えば、チタン合金やアルマイト処理されたアルミニウム合金等が用いられるが、これらに限定されるものではない。

[0026] 次に、図 2 から図 4 を参照して、ろ過装置 1 0 の動作について説明する。図 2 は、実施形態 1 に係るろ過装置の動作を説明するための説明図である。図 2 では、説明を分かりやすくするために、第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2、第 3 電極 3 3 及びろ材 3 4 と、第 1 ろ室 3 0 及び第 2 ろ室 3 5 との配置関係を模式的に示している。

[0027] 図 2 に示すように、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 2 は、例えば開口を有するメッシュ状の電極である。具体的には、第 1 電極 3 1 は、複数の導電細線 3 1 a を有し、複数の導電細線 3 1 a の間に複数の第 1 開口 3 1 b が設けられる。第 2 電極 3 2 は、複数の導電細線 3 2 a を有し、複数の導電細線 3 2 a の間に複数の第 2 開口 3 2 b が設けられる。第 2 電極 3 2 は、ろ材 3 4 を介して第 1 電極 3 1 の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、ろ材 3 4 は、第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間に設けられる。第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 2 は、ろ材 3 4 と直接、接して設けられる。複数の導電細線 3 1 a 及び複数の導電細線 3 2 a は、金属でもよいし炭素繊維でもよい。なお、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 2 は、ろ材 3 4 と直接、接する構成に限定されず、ろ材 3 4 との間に隙間を有して配置されていてもよい。

[0028] ろ材 3 4 は、ろ過膜 3 4 a に複数の目開き 3 4 b が設けられて形成される。ろ材 3 4 は、例えば、精密ろ過膜（MF 膜（Microfiltration

on Membrane))、限外ろ過膜(UF膜(Ultrafiltration Membrane))等が用いられる。実施形態1では、ろ材34は、樹脂材料等の絶縁材料で形成されている。なお、図2では、第1電極31の第1開口31b、第2電極32の第2開口32b及びろ材34の目開き34bは同じ大きさで示しているが、あくまで説明のために模式的に示したものであり、第1開口31b、第2開口32b及び目開き34bの大きさは異なってもよい。

[0029] 図3は、第1電極、ろ材及び第2電極の構成を模式的に示す断面図である。図3に示すように、ろ材34に設けられた目開き34bの径D3は、第1電極31の第1開口31bの径D1よりも小さく、かつ、第2電極32の第2開口32bの径D2よりも小さい。言い換えると、複数の導電細線31aの配置ピッチと、複数の導電細線32aの配置ピッチと、ろ過膜34aの配置ピッチは、互いに異なって設けられる。例えば、第1電極31の第1開口31bの径D1は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下、例えば $70\mu\text{m}$ 程度である。第2電極32の第2開口32bの径D2は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下、例えば $100\mu\text{m}$ 程度である。ろ材34に設けられた複数の目開き34bの径D3は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $7\mu\text{m}$ 以下程度である。

[0030] また、第1電極31の第1開口31bの径D1は、第2電極32の第2開口32bの径D2よりも小さい。ただしこれに限定されず、第1電極31の第1開口31bの径D1は、第2電極32の第2開口32bの径D2と同じ大きさに形成されてもよい。このような構成により、少なくとも第1開口31b及び第2開口32bと重なる領域で、ろ材34の目開き34bは、複数の導電細線31a及び複数の導電細線32aと非重畳に設けられる。また、第1電極31と第2電極32との間の距離は、ろ材34の厚さで規定される。

[0031] 図2に戻って、第3電極33は、板状の部材であり、第1ろ室30を挟んで第1電極31の他方の面(上面)と対向して設けられる。なお、図2では

、第3電極33の貫通孔33a、33b及び凹部33c（図1参照）は図示を省略している。

[0032] 第1ろ室30は、第1電極31の他方の面（上面）と接して設けられる。第1ろ室30には、上述したように、分離対象の第1粒子71と極性溶媒72とを含むスラリー（原液）70が供給される。第1粒子71は、例えば、バイオマス粒子やコロイド粒子であり、粒子表面がマイナスに帯電している。具体的には、第1粒子71は、クロレラ、微細藻類スピルリナ、コロイダルシリカ、大腸菌、下水活性汚泥等である。第1粒子71の径は、適用される技術分野、分離対象の種類に応じて異なるが、5nm以上2000 μ m以下、例えば20nm以上500 μ m以下程度である。

[0033] 第1粒子71が分散される極性溶媒72は、水であり、水分子73はプラスに帯電している。これにより、スラリー（原液）70は全体として電氣的に平衡状態となっている。極性溶媒72は、水に限られず、例えばアルコール等でもよい。つまり、極性溶媒72は、極性溶媒であればよい。

[0034] また、図2に示すように、スラリー（原液）70は、例えば色素タンパク質等の第2粒子74を含む。第2粒子74は、第1粒子71と同じ極性（マイナス）に帯電しており、第1粒子71よりも小さい粒径を有する。第2粒子74は、例えば10nm以上300nm以下、例えば、30nm程度である。なお、第2粒子74は、スラリー70中には存在しない場合もある。

[0035] 第1電源51は、第1電極31に、第1粒子71の極性と同じ極性の第1電位V1を供給する。第1電位V1は、例えば-60Vである。第2電源52は、第2電極32に、第1粒子71の極性と同じ極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい絶対値の第2電位V2を供給する。第2電位V2は、例えば-70Vである。第3電極33は、基準電位GNDに接続される。基準電位GNDは、上述したようにグラウンド電位であり、理想的には0Vである。なお、第3電極33に供給される基準電位GNDは、0Vに限定されず、所定の固定された電位であってもよい。第1電位V1及び第2電位V2は、絶対値で1mV以上1000V以下の範囲で設定することができる。

[0036] 図4は、実施形態1に係るろ過装置を示す電氣的等価回路図である。図4に示すように、第1電源51は定電圧源であり、第2電源52は定電流源である。第1電極31と第2電極32との間に抵抗成分R1と容量成分Cとが並列に接続される。抵抗成分R1及び容量成分Cは、多数の目開き34bが設けられたろ材34により等価的に表される成分である。また、第1電極31と第3電極33との間に抵抗成分R2が接続される。抵抗成分R2は、第1ろ室30のスラリー（原液）70により等価的に表される抵抗成分である。

[0037] 第2電源52は、定電圧電源であっても、定電流電源であってもよい。本実施形態1では、第2電源52は、定電流源であるので、ろ過装置10のろ過の状態に応じて、すなわち、ろ材34の抵抗成分R1及び第1ろ室30の抵抗成分R2の変動に応じて、第2電位V2は変化する。ただし、第2電位V2は第1粒子71の極性と同じ極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい値を維持している。

[0038] 図2に戻って、第1ろ室30にスラリー（原液）70が供給されると、クーロンの法則に基づいて、マイナスに帯電した第1粒子71と第1電極31との間には斥力が発生する。

[0039] ここで、クーロンの法則は、下記の式（1）で示される。

$$F = k \times (q_1 \times q_2 / s^2) \quad \cdots \quad (1)$$

[0040] ここで、kは定数であり、 $k = 4\pi\epsilon$ で表される。q1及びq2は、電荷であり、sは電荷間の距離である。すなわち、距離sが小さいほど第1粒子71には大きいクーロン力Fが作用する。具体的には、マイナスに帯電した第1電極31に近い位置の第1粒子71には、より強力な斥力が発生する。マイナスに帯電した第1粒子71に発生する斥力F1は、矢印に示す方向、すなわち第1電極31から離れ第3電極33に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第1粒子71は、電気泳動により第3電極33側に移動する。

[0041] これにより、ろ過装置10は、第1粒子71が第1電極31の表面及びろ

材 3 4 の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材 3 4 の目開き 3 4 b のろ過抵抗が増大することを抑制することができる。

[0042] また、プラスに帯電した水分子 7 3 は、第 1 電極 3 1 との間に引力が発生する。プラスに帯電した水分子 7 3 に作用する引力 F_2 は、矢印に示す方向、すなわち第 3 電極 3 3 から第 1 電極 3 1 に向かう方向に作用する。プラスに帯電した水分子 7 3 は、第 1 電極 3 1 側に移動する。この際、第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間の電位差により、ろ材 3 4 を厚さ方向に貫通するように、第 1 電極 3 1 から第 2 電極 3 2 に向かうバリアの電界（電界バリアの電界 E ）（図 2 中、一点鎖線）が形成されている。

[0043] 第 1 電極 3 1 側に移動した水分子 7 3 は、電界により力を受けて、第 2 電極 3 2 側に引っ張られてろ材 3 4 を通過する。水分子 7 3 の移動に伴って、周囲の水分子 7 3 も第 2 電極 3 2 側に引きずられて、電気浸透流が形成される。これにより、プラスに帯電した水分子 7 3 を含む極性溶媒 7 2（ろ液 7 5）は、第 2 ろ室 3 5 に流れる。上述したように、第 1 粒子 7 1 は、電気泳動により第 1 電極 3 1 から引き離されており、第 1 粒子 7 1 が分離された極性溶媒 7 2（ろ液 7 5）が排出されることで、第 1 ろ室 3 0 内のスラリー（原液）7 0 の第 1 粒子 7 1 の濃度を高めることができる。

[0044] このように、ろ過装置 1 0 は、第 1 電極 3 1 と第 3 電極 3 3 との間で、第 1 粒子 7 1 をクーロン力 F （第 1 粒子 7 1 と第 1 電極 3 1 との間に発生する斥力）により移動させる電気泳動と、第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間の電界により水分子 7 3 を移動させてろ材 3 4 を通過させる電気浸透とを組み合わせることで、スラリー（原液）7 0 の第 1 粒子 7 1 を分離できる。また、第 1 電極 3 1 は、電気泳動の電極と、電気浸透の電極とを兼用する。これにより、単純にスラリー（原液）7 0 に圧力を加え、ろ材 3 4 の目開き 3 4 b よりも大きい粒径の第 1 粒子 7 1 を分離する方法に比べて、第 1 電極 3 1 の表面及びろ材 3 4 の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる、ろ過速度を数倍から 1 0 倍以上に向上させることができる。

- [0045] 結果的に、本電界ろ過分離技術によれば、単純にスラリー（原液）70に圧力を加えた方法に比べて、第1ろ室30内でのスラリー（原液）70のプラスに帯電した第1粒子71の濃縮度を高めることができる。また、第1電極31の表面及びろ材34の表面にケーキ層が形成されることが抑制されるので、ろ材34の清掃、交換の頻度を少なくすることができ、効率よくスラリー（原液）70のろ過を行うことができる。あるいは、単純にスラリー（原液）70に圧力を加えてろ過を行う場合に比べて、第1ろ室30の体積を小さくし、ろ材34の面積を小さくしても、単純にスラリー（原液）70に圧力を加える場合と同程度のろ過速度を実現できる。すなわち、ろ過装置10は、小型化を図ることができる。
- [0046] なお、第1ろ室30内で第1粒子71の濃度が高められた濃縮スラリーは、第1ろ室30より別途適宜排出される。
- [0047] また、第1電極31と第2電極32との間に形成される電界を制御することで、ろ材34を通過する粒子レベル（粒子径）も制御することができる。例えば、第1電極31に第1電位 $V_1 = -60\text{ V}$ を印加し、第2電極32に第2電位 $V_2 = -70\text{ V}$ を印加することで、第1電極31と第2電極32との間にバリアの電界E（図2参照）が形成され、ろ材34の目開き34bよりも小さい粒径の第2粒子74が、ろ材34を通過することを抑制できる。
- [0048] つまり、精密ろ過膜（MF膜（Microfiltration Membrane））相当のろ材34を用いた場合であっても、第1電源51、第2電源52及び基準電位GNDでの各電極間の電界制御により、限外ろ過膜（UF膜）、あるいはナノろ過膜（NF膜）相当まで、分離対象の粒子径を変更することができる。限外ろ過膜（UF膜）は、開口の径が 10 nm 以上 100 nm 以下程度のろ過膜である。ナノろ過膜（NF膜）は、開口の径が 1 nm 以上 10 nm 以下程度のろ過膜である。
- [0049] なお、上述したろ過装置10の構成はあくまで一例であり、適宜変更することができる。例えば、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、平行平板状に対向配置され

る。これに限定されず、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、それぞれ曲面を有して形成されていてもよい。負極ろ板及び第3電極33の形状や配置は、ろ過装置10の形状、構造に応じて適宜変更できる。また、第1ろ室30に供給される対象処理液であるスラリー（原液）70の濃度は、特に限定されず、ろ過装置10が適用される分野に応じて変更できる。

[0050] 実施形態1では、第1ろ室30の内部圧力は、加圧されており、第2ろ室35の内部圧力よりも大きい。他の態様としては、第2ろ室35の内部圧力を真空引きする等により陰圧することで、第1ろ室30の内部圧力が、第2ろ室35の内部圧力よりも相対的に大きくするようにしてもよい。

[0051] また、第1電位V1及び第2電位V2は、分離対象の第1粒子71の種類や、要求されるろ過特性に応じて適宜変更することが好ましい。

[0052] 図5は、クロレラの固液分離における、ろ室内濃縮濃度とろ過速度との関係を示すグラフである。図5中、符号黒丸は実施例1、符号黒四角は実施例2、符号白三角は比較例1、符号白四角は比較例2を示す。

[0053] 図5に示すグラフ1では、横軸がろ室内濃縮濃度（wt%）であり、縦軸がろ過速度（a.u.）である。ろ過速度は、時間単位あたりのろ材34を通過させることができる極性溶媒72（ろ液75）の量（重さ）であり、図5では、比較例1のろ過速度A3で規格化した値を示している。ろ室内濃縮濃度は、第1ろ室30でのスラリー（原液）70であるクロレラ培養液に対する第1粒子71の質量パーセント濃度を示している。

[0054] 図5に示すグラフ1では、分離対象の第1粒子71がクロレラでありマイナスに帯電しており、粒子径は例えば2 μ m以上10 μ m以下程度である。実施例1、2は、上述したように、第1電極31に第1電位V1＝－60Vを印加し、第2電極32に第2電位V2＝－70Vを印加し、第3電極33を基準電位GNDとした場合を示す。実施例1では、第1ろ室30内のスラリー（原液）70に、0.1MPaの圧力を加えている。実施例2では、第1ろ室30内のスラリー（原液）70に、0.02MPaの圧力を加えてい

る。すなわち、実施例2では、実施例1よりも小さい加圧でスラリー（原液）70のろ過を実施している。

[0055] 比較例1は、第1電極31及び第2電極32にそれぞれ第1電位V1及び第2電位V2を供給せず、0.1MPaの加圧のみでスラリー（原液）70のろ過を実施している。比較例2は、第1電極31に第1電位V1=-60Vを印加し、第2電極32に第2電位V2を印加していない。

[0056] また、比較例2は、0.1MPaの加圧を行っている。すなわち、比較例2は、第1電極31と第3電極33との間での電気泳動を行い、第1電極31と第2電極32との間での電気浸透は行っていない。

[0057] 図5に示すように、実施例1、2及び比較例1、2のいずれも、ろ室内濃縮濃度が大きくなるにしたがって、ろ過速度が小さくなる傾向を示す。例えば、ろ室内濃縮濃度を7wt%までスラリー（原液）70を濃縮する場合、実施例1でのろ過速度A1は、比較例1のろ過速度A3に比べて、13.6倍となることが示された。同様に実施例2でのろ過速度A2は、比較例1のろ過速度A3に比べて、3.9倍となることが示された。

[0058] 一方、比較例2でのろ過速度A4は、比較例1のろ過速度A3に比べて0.16倍に小さくなる。すなわち、比較例2のように、第1電極31に第1電位V1を供給して電気泳動のみを行い、第1電極31と第2電極32との間で電気浸透を行わない場合には、良好にろ過できないことが示された。

[0059] また、図5に示すように、実施例1、2では、比較例1、2に比べて、ろ室内濃縮濃度をより大きくすることができる。比較例1では、ろ室内濃縮濃度は最大で11wt%程度であるのに対し、実施例1では、ろ室内濃縮濃度は16wt%以上まで濃縮できることが示された。以上のように、電気泳動と電気浸透とを組み合わせることで第1粒子71の分離を行った実施例1、2では、比較例1、2に比べ、ろ過速度を向上させることができ、かつ、最大ろ室内濃縮濃度を向上させることが可能であることが示された。

[0060] 図6は、下水活性汚泥の固液分離における、ろ室内濃縮濃度とろ過速度との関係を示すグラフである。図6に示すグラフ2では、分離対象のマイナス

に帯電している第1粒子71が下水活性汚泥に含まれる微細バイオマス粒子である。また、図6に示すグラフ2の縦軸は、比較例3のろ過速度B4で規格化したろ過速度を示している。図6中、符号黒丸は実施例3、符号黒四角は実施例4、符号白三角は実施例5、符号白四角は比較例3を示す。

[0061] 実施例3では、第1電極31に第1電位 $V_1 = -60\text{ V}$ を印加し、第1電極31と第2電極32との間に定電流 0.3 A を流している。

[0062] 実施例4では、第1電極31に第1電位 $V_1 = -60\text{ V}$ を印加し、第1電極31と第2電極32との間に定電流 0.225 A を流している。

[0063] 実施例5では、第1電極31に第1電位 $V_1 = -60\text{ V}$ を印加し、第1電極31と第2電極32との間に定電流 0.15 A を流している。つまり、第2電極32に印加される第2電位 V_2 の絶対値は、実施例3、実施例4、実施例5の順に小さくなる。

[0064] 比較例3は、第1電極31及び第2電極32に第1電位 V_1 及び第2電位 V_2 を供給せず、 0.1 MPa の加圧のみでスラリー（原液）70のろ過を実施している。また、図6のグラフ2において、二点鎖線C1は、比較としての膜分離活性汚泥法でろ過した場合の最大濃縮濃度である $1\text{ wt}\%$ を示している。また、二点鎖線C2は、比較としての遠心分離機等による機械濃縮法でろ過した場合の最大濃縮濃度である $3.5\text{ wt}\%$ を示している。

[0065] 例えば、ろ室内の第1粒子（微細バイオマス粒子）71の濃縮濃度を $2.5\text{ wt}\%$ となるまでスラリー（原液）70である活性汚泥を濃縮する場合、実施例3でのろ過速度B1は、比較例3のろ過速度B4に比べて、 15.7 倍となることが示された。同様に、実施例4でのろ過速度B2は、比較例3のろ過速度B4に比べて、 9.6 倍となることが示された。実施例5でのろ過速度B3は、比較例3のろ過速度B4に比べて、 5.9 倍となることが示された。

[0066] また、図6に示すように、実施例3から実施例5では、いずれも膜分離活性汚泥法でろ過した場合の最大濃縮濃度 $1\text{ wt}\%$ 及び機械濃縮法でろ過した場合の最大濃縮濃度 $3.5\text{ wt}\%$ を大きく超えてスラリー（原液）70であ

る活性汚泥を濃縮することができる。実施例 3 では、ろ室内濃縮濃度 6.5 wt % 以上まで濃縮でき、実施例 4、5 では、ろ室内濃縮濃度 5 wt % 程度まで濃縮できることが示された。

[0067] 以上説明したように、本実施形態 1 のろ過装置 10 は、複数の第 1 開口 31b が設けられた第 1 電極 31 と、複数の第 2 開口 32b が設けられ、第 1 電極 31 の一方の面と対向して設けられた第 2 電極 32 と、複数の目開き 34b が設けられ、第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との間に設けられたろ材 34 と、第 1 電極 31 の他方の面と接して設けられ、分離対象の第 1 粒子 71 と極性溶媒 72 とを含むスラリー（原液）70（対象処理液）が供給される第 1 ろ室 30 と、第 1 ろ室 30 を挟んで第 1 電極 31 と対向する第 3 電極 33 と、第 1 電極 31 に、第 1 粒子 71 の極性と同じ極性の第 1 電位 V1 を供給する第 1 電源 51 と、第 2 電極 32 に、第 1 粒子 71 の極性と同じ極性の第 2 電位 V2 を供給する第 2 電源 52 と、を有する。第 3 電極 33 は、基準電位 GND に接続される。

[0068] これによれば、ろ過装置 10 では、第 1 電極 31 と第 1 粒子 71 との間で発生する斥力（クーロン力 F）により第 1 粒子 71 が第 1 電極 31 から離れる方向に電気泳動流により移動する。このような電気泳動により、第 1 電極 31 の表面及びろ材 34 の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる。また、第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との間の電界により水分子 73 を移動させてろ材 34 を通過させる電気浸透により、第 1 粒子 71 を分離でき、第 1 ろ室 30 内でのスラリー（原液）70 の第 1 粒子 71 の濃縮度を高めることができる。これにより、単純にスラリー（原液）70 に圧力を加え、ろ材 34 の目開き 34b よりも大きい粒径の第 1 粒子 71 を分離する方法に比べて、ろ過速度を数倍から 10 倍以上に向上させることができる。また、第 3 電極 33 は、基準電位 GND に接続されるので、第 1 電極 31、第 2 電極 32、第 3 電極 33 のそれぞれに電源を設ける場合に比べろ過装置 10 の小型化を図ることができる。

[0069] また、ろ過装置 10 において、第 2 電位 V2 の絶対値は第 1 電位 V1 の絶

対値よりも大きく、第1電位 V_1 と基準電位 GND との電位差は、第1電位 V_1 と第2電位 V_2 との電位差よりも大きい。

[0070] これによれば、第1電極31と第2電極32との距離に比べ、ろ材34を挟んで対向する第1電極31と第3電極33との距離が大きい場合でも、電気泳動により、良好に第1粒子71を第1電極31から離れる方向に移動させることができる。

[0071] また、ろ過装置10において、第1電極31の表面に垂直な方向で、第2電極32、ろ材34、第1電極31、第1ろ室30、第3電極33の順に積層され、第1電極31と第2電極32との間の距離は、第1電極31と第3電極33との間の距離よりも小さい。

[0072] これによれば、第1電極31と第2電極32との間で形成される電界強度を高めることができ、電気浸透により水分子73を移動させて、第1電極31と第2電極32との間のろ材34を良好に通過させることができる。

[0073] また、ろ過装置10において、第1電源51は、定電圧源であり、第2電源52は、定電流源である。

[0074] これによれば、第1電源51により供給される第1電位 V_1 により、第1電極31と第1粒子71との間に発生するクーロン力 F を規定することができる。また、第1電源51により供給される第1電位 V_1 及び第2電源52により供給される電流により、第1電極31と第2電極32との間で形成される電界強度が規定され、良好に電気浸透を行うことができる。

[0075] また、ろ過装置10において、目開き34bの大きさ（径 D_3 ）は、第1開口31bの径 D_1 及び第2開口32bの径 D_2 よりも小さい。

[0076] これによれば、ろ材34の目開き34bは、少なくとも第1開口31b及び第2開口32bと重畳する領域で、第1電極31及び第2電極32の導電細線31a、32aと非重畳となるように設けられる。これにより、水分子73は、電気浸透により良好にろ材34の目開き34bを通過することができる。

[0077] （実施形態2）

図 7 は、実施形態 2 に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。図 8 は、実施形態 2 に係るろ過装置の動作を説明するための説明図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0078] 図 7 に示すように、実施形態 2 に係るろ過装置 10 は、上部筐体 11 と、蓋部 12 と、側部筐体 13 と、下部筐体 14 と、導体 15 と、を有する。ろ過装置 10 は、さらに、上部筐体 11、側部筐体 13 及び下部筐体 14 で囲まれた内部空間に、第 1 ろ室 30 と、第 1 電極 31 と、第 2 電極 32 と、第 3 電極 33 と、ろ材 34（図 8 参照）と、を有する。ろ過装置 10 は、さらに、第 1 電極 31、第 2 電極 32 及び第 3 電極 33 に電氣的に接続された、第 1 電源 51 と、第 2 電源 52 と、第 3 電源 53 と、を有する。

[0079] 貫通孔 11c の一端側は上部筐体 11 の上面に開口する。貫通孔 11c の他端側は上部筐体 11 の下面に開口し、第 3 電極 33 の凹部 33c と繋がって設けられる。貫通孔 11c には、接続導体 56 が挿入され、凹部 33c で接続導体 56 と第 3 電極 33 とが接続される。これにより、第 3 電極 33 は、接続導体 56 を介して第 3 電源 53 の第 1 端子 53a と電氣的に接続される。

[0080] 第 1 電極 31 は、導体 15 及び接続導体 54 を介して第 1 電源 51 の第 2 端子 51b と電氣的に接続される。また、第 1 電極 31 は、導体 15 及び接続導体 55a を介して第 2 電源 52 の第 1 端子 52a と電氣的に接続される。第 3 電源 53 の第 2 端子 53b 及び第 1 電源 51 の第 1 端子 51a は、基準電位 GND に接続される。基準電位 GND は、例えばグラウンド電位である。ただし、これに限定されず、基準電位 GND は、所定の固定された電位であってもよい。

[0081] 図 9 は、実施形態 2 に係るろ過装置を示す電氣的等価回路図である。図 9 に示すように、第 1 電源 51 及び第 3 電源 53 は定電圧源であり、第 2 電源 52 は定電流源である。第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との間に抵抗成分 R1 と容量成分 C とが並列に接続される。抵抗成分 R1 及び容量成分 C は、多数

の目開き 34 b が設けられたろ材 34 により等価的に表される成分である。

また、第 1 電極 31 と第 3 電極 33 との間に抵抗成分 R2 が接続される。抵抗成分 R2 は、第 1 ろ室 30 のスラリー（原液）70 により等価的に表される抵抗成分である。

[0082] 第 2 電源 52 は、定電圧電源であっても、定電流電源であってもよい。実施形態 2 では、第 2 電源 52 は、定電流源であるので、ろ過装置 10 のろ過の状態に応じて、すなわち、ろ材 34 の抵抗成分 R1 及び第 1 ろ室 30 の抵抗成分 R2 の変動に応じて、第 2 電位 V2 は変化する。ただし、第 2 電位 V2 は第 1 粒子 71 の極性と同一極性であって、第 1 電位 V1 の絶対値よりも大きい値を維持している。

[0083] 図 8 に戻って、第 1 ろ室 30 にスラリー（原液）70 が供給されると、上述した式（1）で示される、クーロンの法則に基づいて、マイナスに帯電した第 1 粒子 71 と第 1 電極 31 との間には斥力が発生する。また、マイナスに帯電した第 1 粒子 71 と第 3 電極 33 との間には引力が発生する。

[0084] 具体的には、第 1 電極 31 に近い位置の第 1 粒子 71 には、より強力な斥力（ f_1 ）が発生し、第 3 電極 33 に近い位置の第 1 粒子 71 には、より強力な引力（ f_2 ）が発生する。マイナスに帯電した第 1 粒子 71 に発生する斥力（ f_1 ）及び引力（ f_2 ）のベクトルの総和 F_3 は、矢印に示す方向、すなわち第 1 電極 31 から離れ第 3 電極 33 に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第 1 粒子 71 は、電気泳動により第 3 電極 33 側に移動する。

[0085] これにより、ろ過装置 10 は、第 1 粒子 71 が第 1 電極 31 の表面及びろ材 34 の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材 34 の目開き 34 b のろ過抵抗が増大することを抑制することができる。

[0086] また、プラスに帯電した水分子 73 は、第 1 電極 31 との間に引力が発生する。プラスに帯電した水分子 73 に作用する引力 F_2 は、矢印に示す方向、すなわち第 3 電極 33 から第 1 電極 31 に向かう方向に作用する。プラス

に帯電した水分子 7 3 は、第 1 電極 3 1 側に移動する。この際、第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間の電位差により、ろ材 3 4 を厚さ方向に貫通するように、第 1 電極 3 1 から第 2 電極 3 2 に向かう電界が形成されている。

[0087] 第 1 電極 3 1 側に移動した水分子 7 3 は、電界により力を受けて、第 2 電極 3 2 側に引っ張られてろ材 3 4 を通過する。プラスに帯電した水分子 7 3 の移動に伴って、帯電していない水分子も第 2 電極 3 2 側に引きずられて、電気浸透流が形成される。これにより、プラスに帯電した水分子 7 3 を含む極性溶媒 7 2 (ろ液 7 5) は、第 2 ろ室 3 5 に流れる。上述したように、第 1 粒子 7 1 は、電気泳動により第 1 電極 3 1 から引き離され、第 3 電極 3 3 側に移動しており、第 1 粒子 7 1 が分離された極性溶媒 7 2 (ろ液 7 5) が第 2 ろ室 3 5 側に排出されることで、第 1 ろ室 3 0 内のスラリー (原液) 7 0 の第 1 粒子 7 1 の濃度を高めることができる。

[0088] このように、ろ過装置 1 0 は、第 1 電極 3 1 と第 3 電極 3 3 との間で、第 1 粒子 7 1 をクーロン力 F (第 1 粒子 7 1 と第 1 電極 3 1 との間に発生する斥力) により移動させる電気泳動と、第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間の電界により水分子 7 3 を移動させてろ材 3 4 を通過させる電気浸透とを組み合わせることで、第 1 粒子 7 1 を分離できる。また、第 1 電極 3 1 は、電気泳動の電極と、電気浸透の電極とを兼用する。これにより、単純にスラリー (原液) 7 0 に圧力を加え、ろ材 3 4 の目開き 3 4 b よりも大きい粒径の第 1 粒子 7 1 を分離する方法に比べて、第 1 電極 3 1 の表面及びろ材 3 4 の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができ、ろ過速度を数倍から 1 0 倍以上に向上させることができる。

[0089] 結果的に、単純にスラリー (原液) 7 0 に圧力を加えた方法に比べて、第 1 ろ室 3 0 内でのスラリー (原液) 7 0 の第 1 粒子 7 1 の濃縮度を高めることができる。また、第 1 電極 3 1 の表面及びろ材 3 4 の表面に第 1 粒子 7 1 のケーキ層が形成されることが抑制されるので、ろ材 3 4 の清掃、交換の頻度を少なくすることができ、効率よくスラリー (原液) 7 0 のろ過を行うことができる。あるいは、単純にスラリー (原液) 7 0 に圧力を加えてろ過を

行う場合に比べて、第1ろ室30の体積を小さくし、ろ材34の面積を小さくしても、単純にスラリー（原液）70に圧力を加える場合と同程度のろ過速度を実現できる。すなわち、ろ過装置10は、小型化を図ることができる。

[0090] また、第1電極31と第2電極32との間に形成される電界Eを制御することで、ろ材34を通過する粒子レベル（粒子径）も制御することができる。例えば、第1電極31に第1電位 $V_1 = -30\text{ V}$ を印加し、第2電極32に第2電位 $V_2 = -40\text{ V}$ を印加することで、第1電極31と第2電極32との間にバリアの電界が形成され、ろ材34の目開き（ $0.1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $100\text{ }\mu\text{ m}$ 以下）34bよりも小さい粒径（ 5 nm 以上 $2000\text{ }\mu\text{ m}$ 以下）の第2粒子74が、ろ材34を通過することを抑制できる。

[0091] つまり、精密ろ過膜（MF膜）相当のろ材34を用いた場合であっても、第1電源51、第2電源52及び第3電源53での各電極間の電界制御により、限外ろ過膜（UF膜）、あるいはナノろ過膜（NF膜）相当まで、分離対象の粒子径を変更することができる。限外ろ過膜（UF膜）は、開口の径が 10 nm 以上 100 nm 以下程度のろ過膜である。ナノろ過膜（NF膜）は、開口の径が 1 nm 以上 10 nm 以下程度のろ過膜である。

[0092] なお、上述したろ過装置10の構成はあくまで一例であり、適宜変更することができる。例えば、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、平行平板状に対向配置される。これに限定されず、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、それぞれ曲面を有して形成されていてもよい。負極ろ板及び第3電極33の形状や配置は、ろ過装置10の形状、構造に応じて適宜変更できる。また、第1ろ室30に供給される対象処理液であるスラリー（原液）70の濃度は、特に限定されず、ろ過装置10が適用される分野に応じて変更できる。

[0093] 実施形態2では、第1ろ室30の内部圧力は、加圧されており、第2ろ室35の内部圧力よりも大きい。他の態様としては、第2ろ室35の内部圧力

を真空引きする等により陰圧することで、第1ろ室30の内部圧力が、第2ろ室35の内部圧力よりも相対的に大きくするようにしてもよい。

[0094] また、第1電位V1、第2電位V2及び第3電位V3は、分離対象の第1粒子71の種類や、要求されるろ過特性に応じて適宜変更することが好ましい。

[0095] 以上説明したように、実施形態2のろ過装置10は、複数の第1開口31bが設けられた第1電極31と、複数の第2開口32bが設けられ、第1電極31の一方の面と対向して設けられた第2電極32と、複数の目開き34bが設けられ、第1電極31と第2電極32との間に設けられたろ材34と、第1電極31の他方の面と接して設けられ、分離対象の第1粒子71と極性溶媒72とを含むスラリー（原液）70（対象処理液）が供給される第1ろ室30と、第1ろ室30を挟んで第1電極31と対向する第3電極33と、第1電極31に、第1粒子71の極性と同じ極性の第1電位V1を供給する第1電源51と、第2電極32に、第1粒子71の極性と同じ極性の第2電位V2を供給する第2電源52と、第3電極33に、第1粒子71の極性と異なる極性の第3電位V3を供給する第3電源53と、を有する。

[0096] これによれば、ろ過装置10では、第1電極31と第3電極33との間で第1粒子71に発生するクーロン力F（第1粒子71と第1電極31との間に発生する斥力）により第1粒子71が第1電極31から第3電極33に向かう方向に移動する。このような電気泳動により、第1電極31の表面及びろ材34の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる。また、第1電極31と第2電極32との間の電界により水分子73を移動させてろ材34を通過させる電気浸透により、第1粒子71を分離でき、第1ろ室30内でのスラリー（原液）70の第1粒子71の濃縮度を高めることができる。これにより、単純にスラリー（原液）70に圧力を加え、ろ材34の目開き34bよりも大きい粒径の第1粒子71を分離する方法に比べて、ろ過速度を数倍から10倍以上に向上させることができる。

[0097] また、ろ過装置10において、第2電位V2の絶対値は第1電位V1の絶

対値よりも大きく、第1電位 V_1 と第3電位 V_3 との電位差は、第1電位 V_1 と第2電位 V_2 との電位差よりも大きい。

[0098] これによれば、第1電極31と第2電極32との距離に比べ、ろ材34を挟んで対向する第1電極31と第3電極33との距離が大きい場合でも、電気泳動により、良好に第1粒子71を第3電極33側に移動させることができる。

[0099] また、ろ過装置10において、第1電極31の表面に垂直な方向で、第2電極32、ろ材34、第1電極31、第1ろ室30、第3電極33の順に積層され、第1電極31と第2電極32との間の距離は、第1電極31と第3電極33との間の距離よりも小さい。

[0100] これによれば、第1電極31と第2電極32との間で形成される電界強度を高めることができ、電気浸透により水分子73を移動させて、第1電極31と第2電極32との間のろ材34を良好に通過させることができる。

[0101] また、ろ過装置10において、第1電源51及び第3電源53は、定電圧源であり、第2電源52は、定電流源である。

[0102] これによれば、第1電源51により供給される第1電位 V_1 及び第3電源53により供給される第3電位 V_3 により、第1電極31と第3電極33との間で、第1粒子71に発生するクーロン力 F を規定することができる。また、第1電源51により供給される第1電位 V_1 及び第2電源52により供給される電流により、第1電極31と第2電極32との間で形成される電界強度が規定され、良好に電気浸透を行うことができる。

[0103] また、ろ過装置10において、目開き34bの大きさ（径 D_3 ）は、第1開口31bの径 D_1 及び第2開口32bの径 D_2 よりも小さい。

[0104] これによれば、ろ材34の目開き34bは、少なくとも第1開口31b及び第2開口32bと重畳する領域で、第1電極31及び第2電極32の導電細線31a、32aと非重畳となるように設けられる。これにより、水分子73は、電気浸透により良好にろ材34の目開き34bを通過することができる。

[0105] 以上説明したように実施形態2のろ過装置10は、マイナスに帯電した第1粒子71が、電気泳動と電界バリアEの複合的效果により、第1電極31から数nm以上数 μ m以下の範囲で第1電極31から離隔している。また、第1粒子71が分離された極性溶媒72（ろ液75）が排出されることで、第1ろ室30内のスラリー（原液）70の第1粒子71の濃度が高まり、第1ろ室30内には、濃縮スラリーができる。

[0106] よって、第1ろ室30内において、マイナスに帯電した第1粒子71が濃縮された濃縮スラリーは、第1ろ室30に設けた濃縮液排出口（図示せず）から排出することができる。

[0107] 実施形態2のろ過装置10では、第1電極31に近い位置の第1粒子71には、実施形態1のろ過装置10と比較して、より強力な斥力が発生している。これにより、実施形態1のろ過装置10と比較して、第3電極33に近い位置の第1粒子71には、より強力な引力が発生する。マイナスに帯電した第1粒子71に発生する斥力（図2のF1参照）及び引力（f2）のベクトルの総和F3は、実施形態1のろ過装置10での第1粒子に発生する斥力F1との力関係を比較すると、 $F1 < F3$ の関係にあり、マイナスに帯電した第1粒子71に発生する斥力及び引力のベクトルの総和F3、電気泳動により第3電極33側に移動する力が大きい。

[0108] このように、実施形態1のろ過装置10よりも、実施形態2のろ過装置10は第3電極33を備え、第3電極33に所定の電位を印加していることにより、第1電極31との間に働く斥力及び引力のベクトルの総和F3により、数nm～数 μ mの範囲で第1電極31から離隔する効果が増大している。この結果、ろ材34のろ過抵抗が増大する時期が遅れる。よって、ろ材34のろ過抵抗が小さい状態が長期間継続し、ろ過速度がより向上する。

[0109] （実施形態3）

図10は、実施形態3に係るろ過装置の模式図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。実施形態3に係るろ過装置10は、極性溶媒72中に第1粒子

71が分散されたスラリー（原液）70（対象処理液）から、第1粒子71を分離する装置である。

[0110] 図10に示すように、実施形態3に係るろ過装置10は、筐体20と、筐体20の内部に配置される4つのろ過ユニット100と、第2ろ室35と、2つの第1電源51と、2つの第2電源52と、2つの第3電源53と、を備える。4つのろ過ユニット100は、ろ過ユニット101と、ろ過ユニット102と、ろ過ユニット105と、ろ過ユニット106と、を含む。ろ過ユニット101及びろ過ユニット102は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット105及びろ過ユニット106は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット101及びろ過ユニット105は、一方向Xに対して直交する他方向Yに並んで配置される。ろ過ユニット102及びろ過ユニット106は、他方向Yに並んで配置される。それぞれのろ過ユニット100は、第1ろ室30と、第1電極31と、第2電極32と、第3電極33と、ろ材34と、を有する。

[0111] 第1ろ室30は、筐体20の内壁、第1電極31、及び第3電極33で囲まれた空間である。第1電極31及び第2電極32は、メッシュ状の電極である。具体的には、第1電極31は、複数の導電細線31aを有し、複数の導電細線31aの間に複数の第1開口31bが設けられる。第2電極32は、複数の導電細線32aを有し、複数の導電細線32aの間に複数の第2開口32bが設けられる。第2電極32は、ろ材34を介して第1電極31の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、ろ材34は、第1電極31と第2電極32との間に設けられる。第1電極31及び第2電極32は、ろ材34と直接、接して設けられる。複数の導電細線31a及び複数の導電細線32aは、導電性素材であれば特に限定されず、例えば金属でもよいし炭素繊維でもよい。なお、第1電極31及び第2電極32は、ろ材34と直接、接する構成に限定されず、ろ材34との間に隙間を有して配置されていてもよい。

[0112] 図10に示すように、第3電極33は、板状の部材であり、第1ろ室30

を挟んで第1電極31の他方の面（上面）と対向して設けられる。1つのろ過ユニット100が備える第1電極31、第2電極32、第3電極33、及びろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100と共用される。言い換えると、1つの第1電極31、1つの第2電極32、1つの第3電極33及び1つのろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100（ろ過ユニット101及びろ過ユニット105の組、並びにろ過ユニット102及びろ過ユニット106の組）で共用される。

[0113] ろ過ユニット101及びろ過ユニット105では、一方向Xにおいて（図10の上から下に向かって）、複数の電極が、第3電極33、第1電極31、第2電極32の順に並ぶ。ろ過ユニット102及びろ過ユニット106では、一方向Xにおいて（図10の上から下に向かって）、複数の電極が、第2電極32、第1電極31、第3電極33の順に並ぶ。

[0114] 図10では、第1電極31の第1開口31b、第2電極32の第2開口32b及びろ材34の目開き34bは同じ大きさで示しているが、あくまで説明のために模式的に示したものであり、第1開口31b、第2開口32b及び目開き34bの大きさは異なってもよい。

[0115] なお、図10に示すろ過ユニット100の構成は、あくまで一例であり、第1電極31、第2電極32及びろ材34と、第3電極33とで挟まれた第1ろ室30を形成できればどのような構成であってもよい。

[0116] 図10に示すように、第1電極31は、第1電源51の第2端子51bと電氣的に接続される。また、第1電極31は、第2電源52の第1端子52aと電氣的に接続される。第2電極32は、第2電源52の第2端子52bと電氣的に接続される。第3電極33は、第3電源53の第1端子53aと電氣的に接続される。第3電源53の第2端子53b及び第1電源51の第1端子51aは、基準電位GNDに接続される。基準電位GNDは、例えばグラウンド電位である。ただし、これに限定されず、基準電位GNDは、所定の固定された電位であってもよい。

[0117] 図9は、実施形態3に係るろ過ユニットを示す電氣的等価回路図である。

図9に示すように、第1電源51は、第1電極31に、第1粒子71の極性と同じ極性の第1電位V1を供給する。第1電位V1は、例えば−30Vである。第2電源52は、第2電極32に、第1粒子71の極性と同じ極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい絶対値の第2電位V2を供給する。第2電位V2は、例えば−40Vである。第3電源53は、第3電極33に、第1粒子71の極性と異なる極性の第3電位V3を供給する。第3電位V3は、例えば+30Vである。第1電位V1、第2電位V2及び第3電位V3は、絶対値で1mV以上1000V以下の範囲で設定することができる。

[0118] 図9に示すように、第1電源51及び第3電源53は定電圧源であり、第2電源52は定電流源である。第1電極31と第2電極32との間に抵抗成分R1と容量成分Cとが並列に接続される。抵抗成分R1及び容量成分Cは、多数の目開き34bが設けられたろ材34により等価的に表される成分である。また、第1電極31と第3電極33との間に抵抗成分R2が接続される。抵抗成分R2は、第1ろ室30のスラリー（原液）70により等価的に表される抵抗成分である。

[0119] 第2電源52は、定電圧電源であっても、定電流電源であってもよい。本実施形態では、第2電源52は、定電流源であるので、ろ過装置10のろ過の状態に応じて、すなわち、ろ材34の抵抗成分R1及び第1ろ室30の抵抗成分R2の変動に応じて、第2電位V2は変化する。ただし、第2電位V2は第1粒子71の極性と同じ極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい値を維持している。

[0120] 筐体20には、スラリー供給部81と、第1排出部83と、第2排出部85とが接続されている。スラリー供給部81は、スラリー（原液）70が貯留されたタンク80に加圧装置316を介して接続される配管である。スラリー供給部81は、第1ろ室30と接続される。加圧装置316は、例えば加圧ポンプである。スラリー供給部81は、加圧装置316によって、分離対象の第1粒子71と極性溶媒72とを含むスラリー（原液）70を第1ろ

室30に供給する。第1排出部83は、スラリー（原液）70の一部を第1ろ室30から排出するための配管である。第1排出部83は、第1ろ室30と接続される。第1排出部83は、スラリー供給部81とは異なる位置に設けられる。第1排出部83は、バルブ19を備える。バルブ19が開放された場合に、第1排出部83は、第1ろ室30に導入されたスラリー（原液）70が濃縮された濃縮スラリー70Aの一部を排出する。第2排出部85は、第2ろ室35にあるろ液75を第2ろ室35から排出するための配管である。第2排出部85は、減圧装置317と接続される。減圧装置317は、例えば真空ポンプである。減圧装置317によって生じる差圧によって、第2ろ室35のろ液75が外部に排出される。第2ろ室35は、筐体20の内壁、及び2つの第2電極32で囲まれた空間である。第2ろ室35は、一方方向Xに並んだ2つのろ過ユニット100の間に配置される。

[0121] 第1ろ室30において、各電極の駆動によりスラリー（原液）70の第1粒子71に斥力及び引力のベクトルの総和F3が働くので、第1粒子71の分散状況に濃度勾配が生じる。第1粒子71が分離されたスラリー（原液）70は、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に流れる。第2ろ室35に排出されたるろ液75は、第2排出部85を介して外部の貯留タンクに溜められる。

[0122] 実施形態3においては、スラリー中の分離対象物の第1粒子71は、例えば、バイオマス粒子やコロイド粒子であり、粒子表面がマイナスに帯電している。具体的には、第1粒子71は、クロレラ、微細藻類スピルリナ、コロイダルシリカ、大腸菌、下水活性汚泥等である。第1粒子71の径は、適用される技術分野、分離対象の種類に応じて異なるが、5nm以上2000 μ m以下、例えば20nm以上500 μ m以下程度である。

[0123] 第1粒子71が分散される極性溶媒72は、本実施形態では水であり、水分子73はプラスに帯電している。これにより、スラリー（原液）70は全体として電氣的に平衡状態となっている。極性溶媒72は、水に限られず、アルコール等でもよい。つまり、極性溶媒72は、極性溶媒であればよい。

- [0124] また、スラリー（原液）70は、さらに色素タンパク質等の第2粒子74を含む。第2粒子74は、第1粒子71と同じ極性（マイナス）に帯電しており、第1粒子71よりも小さい粒径を有する。第2粒子74は、10nm以上300nm以下、例えば、30nm程度である。なお、第2粒子74はスラリー中には存在しない場合もある。
- [0125] 第1ろ室30にスラリー（原液）70が供給されると、上述した式（1）で示される、クーロンの法則に基づいて、マイナスに帯電した第1粒子71と第1電極31との間には斥力が発生する。また、マイナスに帯電した第1粒子71と第3電極33との間には引力が発生する。
- [0126] 具体的には、第1電極31に近い位置の第1粒子71には、より強力な斥力が発生し、これに対して第3電極33に近い位置の第1粒子71には、より強力な引力が発生する。第1粒子71に発生する斥力及び引力のベクトルの総和F3は、矢印に示す方向、すなわち第1電極31から離れ第3電極33に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第1粒子71は、電気泳動により第3電極33側に移動する。
- [0127] これにより、ろ過装置10は、第1粒子71が第1電極31の表面及びろ材34の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材34の目開き34bのろ過抵抗が増大することを抑制することができる。
- [0128] また、プラスに帯電した水分子73は、第1電極31との間に引力が発生する。プラスに帯電した水分子73に作用する引力F2は、矢印に示す方向、すなわち第3電極33から第1電極31に向かう方向に作用する。プラスに帯電した水分子73は、第1電極31側に移動する。この際、第1電極31と第2電極32との間の電位差により、ろ材34を厚さ方向に貫通するように、第1電極31から第2電極32に向かう電界Eが形成されている。
- [0129] 第1電極31側に移動したプラスに帯電した水分子73は、電界により力を受けて、水分子73に作用する引力F2により、第2電極32側に引っ張られてろ材34を通過する。プラスに帯電した水分子73の移動に伴って、

帯電していない水分子も第2電極32側に引きずられて、電気浸透流が形成される。これにより、プラスに帯電した水分子73を含む極性溶媒72は、第2ろ室35に流れる。上述したように、第1粒子71は、電気泳動により第1電極31から引き離され、第3電極33側に移動しており、第1粒子71が分離されたろ液75が第2ろ室35側に排出されることで、第1ろ室30内のスラリー（原液）70の第1粒子71の濃度を高めることができる。

[0130] このように、ろ過装置10は、第1電極31と第3電極33との間で、第1粒子71をクーロン力F（第1粒子71と第1電極31との間に発生する斥力）により移動させる電気泳動と、第1電極31と第2電極32との間の電界により水分子73を移動させてろ材34を通過させる電気浸透とを組み合わせることで、第1粒子71を分離できる。また、第1電極31は、電気泳動の電極と、電気浸透の電極とを兼用する。これにより、単純にスラリー（原液）70に圧力を加え、ろ材34の目開き34bよりも大きい粒径の第1粒子71を分離する方法に比べて、第1電極31の表面及びろ材34の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができ、ろ過速度を数倍から10倍以上に向上させることができる。

[0131] 結果的に、単純にスラリー（原液）70に圧力を加えた方法に比べて、第1ろ室30内でのスラリー（原液）70の第1粒子71の濃縮度を高めることができる。また、ろ材34の清掃、交換の頻度を少なくすることができ、効率よくスラリー（原液）70のろ過を行うことができる。あるいは、単純にスラリー（原液）70に圧力を加えてろ過を行う場合に比べて、第1ろ室30の体積を小さくし、ろ材34の面積を小さくしても、従来と同程度のろ過速度を実現できる。すなわち、ろ過装置10は、小型化を図ることができる。

[0132] また、第1電極31と第2電極32との間に形成される電界を制御することで、ろ材34を通過する粒子レベル（粒子径）も制御することができる。例えば、第1電極31に第1電位 $V_1 = -30V$ を印加し、第2電極32に第2電位 $V_2 = -40V$ を印加することで、第1電極31と第2電極32と

の間にバリアの電界が形成され、ろ材34の目開き34bよりも小さい粒径の第2粒子74が、ろ材34を通過することを抑制できる。

[0133] つまり、精密ろ過膜（MF膜）相当のろ材34を用いた場合であっても、第1電源51、第2電源52及び第3電源53での各電極間の電界制御により、限外ろ過膜（UF膜）、あるいはナノろ過膜（NF膜）相当まで、分離対象の粒子径を変更することができる。限外ろ過膜（UF膜）は、開口の径が10nm以上100nm以下程度のろ過膜である。ナノろ過膜（NF膜）は、開口の径が1nm以上10nm以下程度のろ過膜である。

[0134] なお、上述したろ過装置10の構成はあくまで一例であり、適宜変更することができる。例えば、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、平行平板状に対向配置される。これに限定されず、第1電極31、ろ材34及び第2電極32が積層されて形成される負極ろ板と、第3電極33とは、それぞれ曲面を有して形成されていてもよい。負極ろ板及び第3電極33の形状や配置は、ろ過装置10の形状、構造に応じて適宜変更できる。また、第1ろ室30に供給される対象処理液であるスラリー（原液）70の濃度は、特に限定されず、ろ過装置10が適用される分野に応じて変更できる。

[0135] 実施形態3では、第1ろ室30の内部圧力は、加圧されており、第2ろ室35の内部圧力よりも大きい。他の態様としては、第2ろ室35の内部圧力を真空引きする等により陰圧することで、第1ろ室30の内部圧力が、第2ろ室35の内部圧力よりも相対的に大きくするようにしてもよい。

[0136] 実施形態3の複数のろ過ユニット100は、一方向X及び他方向Yの両方に対して直交する方向（図10における紙面の奥行き方向）に並んで配置されてもよい。すなわち、複数のろ過ユニット100は、3次元的に並んで配置されてもよい。

[0137] なお、各ろ過ユニット100は、ユニット間において、隔壁で仕切られていても良いし、仮想の隔壁であってもよい。隔壁で仕切られている場合には、各ユニットを連通する部材（例えば開口、連結通路等）により内部のスラ

リーを移動させるようにしてもよい。

[0138] ろ過装置 10 は、必ずしも第 1 電源 5 1、第 2 電源 5 2、及び第 3 電源 5 3 を 2 つずつ備えていなくてもよい。第 1 電源 5 1、第 2 電源 5 2、及び第 3 電源 5 3 のうち定電圧電源である電源の数は、1 つであってもよい。例えば、第 1 電源 5 1 及び第 3 電源 5 3 が定電圧電源である場合、第 1 電源 5 1 及び第 3 電源 5 3 の数が 1 つであってもよい。この場合、1 つの第 1 電源 5 1 が複数の第 1 電極 3 1 に接続され、1 つの第 3 電源 5 3 が複数の第 3 電極 3 3 に接続される。

[0139] また、第 1 電位 V_1 、第 2 電位 V_2 及び第 3 電位 V_3 は、分離対象の第 1 粒子 7 1 の種類や、要求されるろ過特性に応じて適宜変更することが好ましい。

[0140] ろ過装置 10 は、第 3 電源 5 3 を備えていなくてもよい。この場合、第 3 電極 3 3 は、例えば基準電位 GND に接続される。第 3 電極 3 3 を基準電位 GND に接続する場合、第 1 電極 3 1、第 2 電極 3 2、第 3 電極 3 3 のそれぞれに電源を設ける場合に比べ、ろ過装置 10 の小型化を図ることができる。

[0141] ろ過装置 10 は、必ずしも加圧装置 3 1 6 及び減圧装置 3 1 7 の両方を備えていなくてもよい。ろ過装置 10 は、加圧装置 3 1 6 及び減圧装置 3 1 7 の一方のみを備えていてもよい。

[0142] 以上説明したように、本実施形態のろ過装置 10 は、複数のろ過ユニット 100 を有する。ろ過ユニット 100 は、第 1 電極 3 1 と、第 2 電極 3 2 と、ろ材 3 4 と、第 1 ろ室 3 0 と、第 3 電極 3 3 と、を含む。第 1 電極 3 1 は、複数の第 1 開口 3 1 b が設けられる。第 2 電極 3 2 は、複数の第 2 開口 3 2 b が設けられ、かつ第 1 電極 3 1 の一方の面と対向して設けられる。ろ材 3 4 は、複数の目開き 3 4 b が設けられ、かつ第 1 電極 3 1 と第 2 電極 3 2 との間に設けられる。第 1 ろ室 3 0 は、第 1 電極 3 1 の他方の面と接して設けられる。第 3 電極 3 3 は、第 1 ろ室 3 0 に設けられ、かつ第 1 電極 3 1 と対向する。2 つのろ過ユニット 100 が一方向 X に並んで配置される。ろ過

装置 10 は、2つの第2電極 32 の間に設けられる第2ろ室 35 を備える。

[0143] これによれば、2つのろ過ユニット 100 のそれぞれにおいて、第1電極 31 と第3電極 33 との間で第1粒子 71 に発生するクーロン力 F （第1粒子 71 と第1電極 31 との間に発生する斥力）により第1粒子 71 が第1電極 31 から第3電極 33 に向かう方向に移動する。このような電気泳動により、第1電極 31 の表面及びろ材 34 の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる。また、第1電極 31 と第2電極 32 との間の電界により水分子 73 を移動させてろ材 34 を透過させる電気浸透により、第1粒子 71 を分離でき、第1ろ室 30 内でのスラリー（原液）70 の第1粒子 71 の濃縮度を高めることができる。これにより、単純にスラリー（原液）70 に圧力を加え、ろ材 34 の目開き 34b よりも大きい粒径の第1粒子 71 を分離する方法に比べて、ろ過速度を数倍から10倍以上に向上させることができる。また、このように複数のろ過ユニット 100 を配置することで、ろ過装置 10 は、第1ろ室 30 にあるスラリー（原液）70 の量を容易に調節することができる。

[0144] また、ろ過装置 10 において、一方のろ過ユニット 100（ろ過ユニット 101）では、一方向 X において、複数の電極が、第3電極 33、第1電極 31、第2電極 32 の順に並ぶ。他方のろ過ユニット（ろ過ユニット 102）では、一方向 X において、複数の電極が、第2電極 32、第1電極 31、第3電極 33 の順に並ぶ。

[0145] これによれば、一方のろ過ユニット 100（ろ過ユニット 101）と他方のろ過ユニット 100（ろ過ユニット 102）とが、1つの第2ろ室 35 を共用することができる。このため、1つのろ過ユニット 100 に1つの第2ろ室 35 を設ける場合と比較して、ろ過装置 10 は、小型化を図ることができる。

[0146] また、ろ過装置 10 において、第1ろ室 30 には、対象処理液（スラリー（原液）70）を供給するためのスラリー供給部 81 と、スラリー供給部 81 とは異なる位置に設けられ、対象処理液（スラリー（原液）70 の一部又

は濃縮スラリー 70A)の一部を排出するための第1排出部83とが接続されている。

[0147] これによれば、ろ過装置10は、第1ろ室30にある対象処理液（スラリー（原液）70）の量を容易に調節することができる。

[0148] また、ろ過装置10において、一方向Xに対して直交する他方向Yに2つのろ過ユニット100（ろ過ユニット101及びろ過ユニット105）が並んで配置される。

[0149] これによれば、ろ過装置10は、単位時間あたりにろ過できるスラリー（原液）70の量を多くすることができる。また、1つのろ過ユニット100を大型化する場合と比較して、ろ過ユニット100の交換が容易である。

[0150] また、ろ過装置10において、第2ろ室35には、第2ろ室35にあるろ液75を排出するための第2排出部85が接続されている。

[0151] これによれば、ろ過装置10は、ろ液75を、第2ろ室35の外部の貯留タンク等に容易に搬送することができる。

[0152] また、ろ過装置10において、1つのろ過ユニット100において、第2電極32の第2電位V2の絶対値は、第1電極31の第1電位V1の絶対値よりも大きい。第1電位V1と第3電極33の第3電位V3との電位差は、第1電位V1と第2電位V2との電位差よりも大きい。

[0153] これによれば、第1電極31と第2電極32との距離に比べ、第1ろ室30を挟んで対向する第1電極31と第3電極33との距離が大きい場合でも、電気泳動により、良好に第1粒子71を第3電極33側に移動させることができる。

[0154] また、ろ過装置10は、定電圧電源である第1電源51を含み、1つの第1電源51が、複数の第1電極31に第1電位V1を供給してもよい。ろ過装置10の第2電源52を定電圧電源とした場合、1つの第2電源52から複数の第2電極32に第2電位V2を供給してもよい。ろ過装置10は、定電圧電源である第3電源53を含み、1つの第3電源53が、複数の第3電極33に第3電位V3を供給してもよい。

[0155] これによれば、ろ過装置 10 は、電源装置を簡素化でき、製造コストを低減させることができる。

[0156] (実施形態 3 の変形例)

図 11 は、実施形態 3 の変形例に係るろ過装置の模式図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0157] 図 11 に示すように、変形例に係るろ過装置 10A は、8 つのろ過ユニット 100 と、2 つの第 2 ろ室 35 と、を備える。図 10 と同様であるので、図示は省略するが、変形例に係るろ過装置 10A は、4 つの第 1 電源 51 と、4 つの第 2 電源 52 と、4 つの第 3 電源 53 と、を備える。

[0158] 8 つのろ過ユニット 100 は、ろ過ユニット 101 と、ろ過ユニット 102 と、ろ過ユニット 103 と、ろ過ユニット 104 と、ろ過ユニット 105 と、ろ過ユニット 106 と、ろ過ユニット 107 と、ろ過ユニット 108 と、を含む。

[0159] ろ過ユニット 101、ろ過ユニット 102、ろ過ユニット 103、及びろ過ユニット 104 は、一方向 X に並んで配置される。ろ過ユニット 105 及びろ過ユニット 106、ろ過ユニット 107、及びろ過ユニット 108 は、一方向 X に並んで配置される。ろ過ユニット 103 及びろ過ユニット 107 は、他方向 Y に並んで配置される。ろ過ユニット 104 及びろ過ユニット 108 は、他方向 Y に並んで配置される。

[0160] 1 つのろ過ユニット 100 が備える第 1 電極 31、第 2 電極 32、第 3 電極 33、及びろ材 34 は、他方向 Y で隣り合うろ過ユニット 100 と共用される。言い換えると、1 つの第 1 電極 31、1 つの第 2 電極 32、1 つの第 3 電極 33 及び 1 つのろ材 34 は、他方向 Y で隣り合うろ過ユニット 100 (ろ過ユニット 103 及びろ過ユニット 107 の組、並びにろ過ユニット 104 及びろ過ユニット 108 の組) で共用される。

[0161] ろ過ユニット 103 及びろ過ユニット 107 では、一方向 X において (図 11 の上から下に向かって)、複数の電極が、第 3 電極 33、第 1 電極 31

、第2電極32の順に並ぶ。ろ過ユニット104及びろ過ユニット108では、一方向Xにおいて（図11の上から下に向かって）、複数の電極が、第2電極32、第1電極31、第3電極33の順に並ぶ。

[0162] ろ過ユニット102が備える第3電極33は、一方向Xで隣り合うろ過ユニット103と共用される。ろ過ユニット106が備える第3電極33は、一方向Xで隣り合うろ過ユニット107と共用される。言い換えると、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室30の間は、一方向Xに隣り合うろ過ユニット100（ろ過ユニット102及びろ過ユニット103の組、並びにろ過ユニット106及びろ過ユニット107の組）で共用される第3電極33で区画されている。なお、本実施形態のろ過ユニットでは、図11に示すように、第3電極33を共用することにより、装置構成のコンパクト化を図ることができる。

[0163] なお、ろ過装置10Aにおいては、必ずしも4つのろ過ユニット100が一方向Xに並んでいなくてもよい。一方向Xに並ぶろ過ユニット100の数は、3つであってもよいし、5つ以上であってもよい。また、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室30の間に配置される第3電極33は、必ずしも2つのろ過ユニット100で共用されなくてもよい。すなわち、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室30の間に、互いに絶縁された2つの第3電極33が配置されてもよい。

[0164] 複数のろ過ユニット100は、一方向X及び他方向Yの両方に対して直交する方向（図11における紙面の奥行き方向）に並んで配置されてもよい。すなわち、複数のろ過ユニット100は、3次元的に並んで配置されてもよい。

[0165] ろ過装置10Aは、必ずしも第1電源51、第2電源52、及び第3電源53を4つずつ備えていなくてもよい。第1電源51、第2電源52、及び第3電源53のうち定電圧電源である電源の数は、1つであってもよい。例えば、第1電源51及び第3電源53が定電圧電源である場合、第1電源51及び第3電源53の数が1つであってもよい。この場合、1つの第1電源

5 1 が複数の第 1 電極 3 1 に接続され、1 つの第 3 電源 5 3 が複数の第 3 電極 3 3 に接続される。

[0166] 以上説明したように、変形例のろ過装置 1 0 A においては、3 つ以上のろ過ユニット 1 0 0 が並んで配置される。2 つの並んだ第 1 ろ室 3 0 の間は、隣り合うろ過ユニット 1 0 0 で共用される第 3 電極 3 3 で区画されている。

[0167] これによれば、2 つの並んだ第 1 ろ室 3 0 を隔てる壁が薄くなる。また、必要な第 3 電源の数を減らすことができる。したがって、第 3 電極 3 3 を共用しない場合と比較して、ろ過装置 1 0 A は、小型化を図ることができる。

[0168] (実施形態 4)

図 1 2 A 及び 1 2 B は、実施形態 4 に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。図 1 3 は、実施形態 4 に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。図 1 4 は、実施形態 4 に係る第 1 ろ過装置の模式図である。図 1 5 は、実施形態 4 に係る第 2 ろ過装置の模式図である。図 1 6 は、実施形態 4 に係る第 3 ろ過装置の模式図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0169] 図 1 2 A、図 1 4、図 1 5 及び図 1 6 に示すように、ろ過システム 3 0 0 A は、極性溶媒 7 2 中に第 3 粒子 7 6 が分散されたスラリー（原液）7 0（対象処理液）から、三種類の分離対象物を分離する装置である。

[0170] 図 1 2 B、図 1 4、及び図 1 5 に示すように、ろ過システム 3 0 0 B は、極性溶媒 7 2 中に第 3 粒子 7 6 が分散されたスラリー（原液）7 0（対象処理液）から、二種類の分離対象物を分離する装置である。

[0171] 図 1 2 A、図 1 4、図 1 5 及び図 1 6 に示すように、実施形態 4 に係るろ過システム 3 0 0 A は、極性溶媒 7 2 中に第 3 粒子 7 6、第 4 粒子 7 7 及び第 5 粒子 7 8 が分散されたスラリー（原液）7 0 から、第 3 粒子 7 6、第 4 粒子 7 7 及び第 5 粒子 7 8 を分離する装置である。図 1 2 A に示すように、実施形態 4 に係るろ過システム 3 0 0 A は、第 1 ろ過装置 9 1 と、第 2 ろ過装置 9 2 と、第 3 ろ過装置 9 3 と、第 1 加圧装置 9 5 と、第 2 加圧装置 9 6

と、第3加圧装置97と、第4加圧装置98と、を備える。

[0172] 図13に示すように、実施形態4に係る第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93は、直列に接続される。第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のそれぞれは、上部筐体11と、蓋部12と、側部筐体13と、下部筐体14と、導体15と、を有する。第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のそれぞれは、さらに、上部筐体11、側部筐体13及び下部筐体14で囲まれた内部空間に、第1ろ室30と、第1電極31と、第2電極32と、第3電極33と、ろ材34（図14から図16参照）と、を有する。第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のそれぞれは、さらに、第1電極31、第2電極32及び第3電極33に電氣的に接続された、第1電源51と、第2電源52と、第3電源53と、を有する。

[0173] 具体的には、上部筐体11は、絶縁材料で形成された円柱状の部材である。側部筐体13は、絶縁材料で形成され、貫通孔13aを有する環状の部材である。上部筐体11の下端側の一部が側部筐体13の貫通孔13aに挿入される。下部筐体14は、絶縁材料で形成され、側部筐体13を支持する。蓋部12は、上部筐体11の上面を覆って設けられる。

[0174] 第1電極31、第2電極32及びろ材34（図14から図16参照）の外縁は、側部筐体13と下部筐体14との間に挟まれて固定される。第3電極33は、上部筐体11の下面（下部筐体14と対向する面）に、ボルト等の接続部材（図示しない）により固定され、側部筐体13の貫通孔13aの内部に位置する。また、導体15は、側部筐体13の周囲を囲むように設けられた環状の部材であり、側部筐体13と下部筐体14との間に設けられる。導体15の下端側は、第1電極31の外縁と接続される。

[0175] 上部筐体11と側部筐体13とは、ガイド部21aにより固定される。また、側部筐体13と下部筐体14と導体15とは、ボルト21b、21cにより固定される。これにより、各筐体の位置が固定され、第1電極31、第2電極32及びろ材34と、側部筐体13の内壁と、第3電極33とで囲ま

れた空間に第１ろ室３０が形成される。また、各筐体間及び各電極間の接続部分には、それぞれＯリング等の封止部材が設けられ、第１ろ室３０が密閉して設けられる。また、上部筐体１１は、下部筐体１４との距離が調整可能に設けられている。これにより、第１ろ過装置９１、第２ろ過装置９２及び第３ろ過装置９３は、スラリー（原液）７０の種類や量に応じて、第１ろ室３０の体積を適切に設定できる。

[0176] 上部筐体１１には、スラリー供給通路１１ａと、排気通路１１ｂと、貫通孔１１ｃとが設けられる。スラリー供給通路１１ａの一端側は、上部筐体１１の側面に開口し、スラリー供給部１６に接続される。スラリー供給通路１１ａの他端側は、上部筐体１１の下面に開口し、第３電極３３の貫通孔３３ａと繋がって設けられる。スラリー供給バルブ１７は、スラリー供給通路１１ａの内部に設けられた棒状部材を有し、棒状部材がスラリー供給通路１１ａ内を上下方向に移動することで、貫通孔３３ａの開閉状態を切り替えることができる。

[0177] これにより、例えば、スラリー供給バルブ１７の動作により貫通孔３３ａが開放状態の場合に、スラリー（原液）７０は、スラリー供給部１６、スラリー供給通路１１ａ、第３電極３３の貫通孔３３ａを介して第１ろ過装置９１の第１ろ室３０に供給される。また、スラリー供給バルブ１７により貫通孔３３ａが閉じられた状態の場合には、スラリー（原液）７０の第１ろ過装置９１の第１ろ室３０への供給が停止される。

[0178] 排気通路１１ｂの一端側は、上部筐体１１の側面に開口し、エア排出部１８に接続される。排気通路１１ｂの他端側は、上部筐体１１の下面に開口し、第３電極３３の貫通孔３３ｂと繋がって設けられる。エア排出用のバルブ１９は、排気通路１１ｂの内部に設けられた棒状部材を有し、棒状部材が排気通路１１ｂ内を上下方向に移動することで、貫通孔３３ｂの開閉状態を切り替えることができる。

[0179] 第１ろ過装置９１において、第１ろ室３０にスラリー（原液）７０がタンク８０から供給される際に、エア排出用のバルブ１９は、貫通孔３３ｂを開

放状態にする。これにより、第1ろ室30内の空気は、貫通孔33b、排気通路11b及びエア排出部18を介して外部に排気される。エア排出部18にはエア排出弁18aが接続されている。エア排出弁18aは、例えばフロート弁であり、第1ろ室30内の所定量の空気が排気されるとエア排出弁18aが閉じられるように設けられている。第1ろ室30内の排気が完了した後、エア排出用のバルブ19は貫通孔33bを閉じる。これにより、第1ろ室30内に充填されたスラリー（原液）70には、第1加圧装置95により、スラリー供給部16を介して所定の圧力が加えられる。

[0180] 貫通孔11cの一端側は上部筐体11の上面に開口する。貫通孔11cの他端側は上部筐体11の下面に開口し、第3電極33の凹部33cと繋がって設けられる。貫通孔11cには、接続導体56が挿入され、凹部33cで接続導体56と第3電極33とが接続される。これにより、第3電極33は、接続導体56を介して第3電源53の第1端子53aと電氣的に接続される。

[0181] 第1電極31は、導体15及び接続導体54を介して第1電源51の第2端子51bと電氣的に接続される。また、第1電極31は、導体15及び接続導体55aを介して第2電源52の第1端子52aと電氣的に接続される。第3電源53の第2端子53b及び第1電源51の第1端子51aは、基準電位GNDに接続される。基準電位GNDは、例えばグランド電位である。ただし、これに限定されず、基準電位GNDは、所定の固定された電位であってもよい。

[0182] 下部筐体14には、凹状の第2ろ室35と、貫通孔14a、14bと、接続孔14cとが設けられている。第2ろ室35は、下部筐体14の上面で、第1ろ室30と重なる位置に設けられる。貫通孔14aは、第2ろ室35と排出部22とを繋ぐ。

[0183] 図14に示すように、第1ろ過装置91において、各電極の駆動によりスラリー（原液）70のマイナスに帯電した第3粒子76に斥力及び引力のベクトルの総和F4が働くので、第3粒子76の分散状況に濃度勾配が生じる

。マイナスに帯電した第3粒子76が分離されたスラリー（原液）70は、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を通過して、第2ろ室35に第1中間処理液79aとして流れる。図12Aに示すように、第1ろ過装置91の第2ろ室35にある第4粒子77と第5粒子78とを含む第1中間処理液79aは、排出部22に導かれる。第1ろ過装置91の排出部22は、第2加圧装置96を介して、第1ろ過装置91の後流側に直列に配置される第2ろ過装置92の第1ろ室30と接続される。第4粒子77と第5粒子78とを含む第1中間処理液79aは、第2ろ過装置92の第1ろ室30へ供給される。

[0184] 図15に示すように、第2ろ過装置92において、各電極の駆動により第1中間処理液79aのマイナスに帯電した第4粒子77に斥力及び引力のベクトルの総和F5が働くので、第5粒子78の分散状況に濃度勾配が生じる。第4粒子77が分離された第5粒子78を含む第1中間処理液79aは、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に流れる。図12Aに示すように、第2ろ過装置92の第2ろ室35にある第5粒子78を含む第2中間処理液79bは、排出部22に導かれる。第2ろ過装置92の排出部22は、第3加圧装置97を介して、第3ろ過装置93の第1ろ室30と接続される。第5粒子78を含む第2中間処理液79bは、第2ろ過装置92の後流側に直列に配置される第3ろ過装置93の第1ろ室30へ供給される。

[0185] 図16に示すように、第3ろ過装置93において、各電極の駆動により第2中間処理液79bのマイナスに帯電した第5粒子78に斥力及び引力のベクトルの総和F6が働くので、マイナスに帯電した第5粒子78の分散状況に濃度勾配が生じる。マイナスに帯電した第5粒子78が分離された第2中間処理液79bは、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に流れる。図12Aに示すように、第3ろ過装置93の第2ろ室35にある第3中間処理液79c（ろ液）は、排出部22に導かれる。第3ろ過装置93の排出部22は、第4加圧装置98を介してタンク80

と接続される。第3中間処理液79cは、タンク80へ供給される。第3中間処理液79cであるろ液は、水分子73からなる清澄な極性溶媒72である。

[0186] 以上説明したように、第1加圧装置95は、タンク80に貯留された分離対象物を含むスラリー（原液）70を加圧し、第1ろ過装置91の第1ろ室30に供給する。第2加圧装置96は、第1ろ過装置91の第2ろ室35から排出された第1中間処理液79aを加圧し、第2ろ過装置92の第1ろ室30に供給する。第3加圧装置97は、第2ろ過装置92の第2ろ室35から排出された第2中間処理液79bを加圧し、第3ろ過装置93の第1ろ室30に供給する。第4加圧装置98は、第3ろ過装置93の第2ろ室35から排出された第3中間処理液79c（ろ液）を加圧し、タンク80に戻す。第1加圧装置95、第2加圧装置96、第3加圧装置97及び第4加圧装置98は、例えば加圧ポンプである。第4加圧装置98及び配管を用いて液体を搬送することは、流体コンベアとも呼ばれる。第4加圧装置98は、第3ろ過装置93の第2ろ室35から排出されたるろ液である清澄な極性溶媒72を搬送流体として粒子を系内に循環させる。なお、ろ過システム300Aにおいては、ダイアフィルトレーション（ろ過液量と同量の溶媒をスラリー（原液）70中に加えながらろ過することによってスラリー（原液）70中の分離対象を回収する方法）が用いられてもよい。

[0187] 接続孔14cの一端側は、下部筐体14の上面に開口し、第2電極32の外縁は、接続孔14cを覆って設けられる。また、接続孔14cの他端側は、下部筐体14の側面に開口する。接続孔14cには接続導体55bが挿入され、接続導体55bと第2電極32とが接続される。これにより、第2電極32は、第2電源52の第2端子52bと電氣的に接続される。

[0188] なお、図13に示す第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のそれぞれの構成は、あくまで一例であり、第1電極31、第2電極32及びろ材34と、第3電極33とで挟まれた第1ろ室30を形成できればどのような構成であってもよい。

[0189] 次に、図14から図16を参照して、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93の動作について説明する。図14から図16では、説明を分かりやすくするために、第1電極31、第2電極32、第3電極33及びろ材34と、第1ろ室30及び第2ろ室35との配置関係を模式的に示している。

[0190] 図14から図16に示すように、第1電極31及び第2電極32は、メッシュ状の電極である。具体的には、第1電極31は、複数の導電細線31aを有し、複数の導電細線31aの間に複数の第1開口31bが設けられる。第2電極32は、複数の導電細線32aを有し、複数の導電細線32aの間に複数の第2開口32bが設けられる。第2電極32は、ろ材34を介して第1電極31の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、ろ材34は、第1電極31と第2電極32との間に設けられる。第1電極31及び第2電極32は、ろ材34と直接、接して設けられる。複数の導電細線31a及び複数の導電細線32aは、導電性素材であれば特に限定されず、例えば金属でもよいし炭素繊維でもよい。なお、第1電極31及び第2電極32は、ろ材34と直接、接する構成に限定されず、ろ材34との間に隙間を有して配置されていてもよい。

[0191] ろ材34は、ろ過膜34aと、目開き34bと、を含む。ろ過膜34aに複数の目開き34bが設けられている。ろ過膜34aに対して電界が働く。ろ材34は、例えば、精密ろ過膜（MF膜）、限外ろ過膜（UF膜）等が用いられる。実施形態34では、ろ材34は、樹脂材料等の絶縁材料で形成されている。なお、図14から図16では、第1電極31の第1開口31b、第2電極32の第2開口32b及びろ材34の目開き34bは同じ大きさで示しているが、あくまで説明のために模式的に示したものであり、第1開口31b、第2開口32b及び目開き34bの大きさは異なってもよい。

[0192] 第1ろ室30は、第1電極31の他方の面（上面）と接して設けられる。第1ろ室30には、上述したように、分離対象の第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78、並びに極性溶媒72含むスラリー（原液）70が供

給される。第3粒子76は、例えば、バイオマス粒子やコロイド粒子であり、粒子表面がマイナスに帯電している。実施形態4においては、具体的には、第3粒子76は、例えばクロレラ、微細藻類スピリナ、コロイダルシリカ、大腸菌、下水活性汚泥等である。第3粒子76の径は、適用される技術分野、分離対象の種類に応じて異なるが、例えば100nm以上2000 μ m以下、例えば200nm以上100 μ m以下程度である。第4粒子77は、例えば高分子量の多糖体であり、粒子表面がマイナスに帯電している。第4粒子77の径は、第3粒子76の径よりも小さい。第4粒子77の径は、適用される技術分野、分離対象の種類に応じて異なるが、例えば30nm以上500nm以下、例えば100nm程度である。第5粒子78は、例えば低分子量の多糖体であり、粒子表面がマイナスに帯電している。第5粒子78の径は、第4粒子77の径よりも小さい。第5粒子78の径は、適用される技術分野、分離対象の種類に応じて異なるが、例えば5nm以上100nm以下、例えば20nm程度である。

[0193] 本実施形態で用いるスラリー70中に存在する分離対象物は、マイナスに帯電した第3粒子76がその培養中にその細胞外に多糖類を生産する微細藻類を用いているが本実施形態はこれに限定されるものではない。なお、この第3粒子76がその培養中に生産する多糖類としては高分子量多糖類をマイナスに帯電した第4粒子77、低分子量多糖類をマイナスに帯電した第5粒子78とした場合の電界ろ過操作について、以下説明する。

[0194] 第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78が分散される極性溶媒72は、水であり、水分子73はプラスに帯電している。これにより、スラリー（原液）70は全体として電氣的に平衡状態となっている。極性溶媒72は、水に限られず、アルコール等でもよい。

[0195] 第1電源51は、第1電極31に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性の第1電位V1を供給する。第1ろ過装置91における第1電位V1は、例えば-20Vである。第2ろ過装置92における第1電位V1は、例えば-40Vである。第3ろ過装置93における第1

電位 V_1 は、例えば -60 V である。

[0196] 第2電源52は、第2電極32に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性であって、第1電位 V_1 の絶対値よりも大きい絶対値の第2電位 V_2 を供給する。第1ろ過装置91における第2電位 V_2 は、例えば -30 V である。第2ろ過装置92における第2電位 V_2 は、例えば -50 V である。第3ろ過装置93における第2電位 V_2 は、例えば -70 V である。

[0197] 第3電源53は、第3電極33に、第3粒子76の極性と異なる極性の第3電位 V_3 を供給する。第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93における第3電位 V_3 は、例えば $+30\text{ V}$ である。第1電位 V_1 、第2電位 V_2 及び第3電位 V_3 は、絶対値で 1 mV 以上 1000 V 以下の範囲で設定することができる。

[0198] 第1ろ過装置91において、第1電極31の第1電位 V_1 (-20 V) と第3電極33の第3電位 V_3 ($+30\text{ V}$) との第1電位差 (50 V) は、第1電位 V_1 (-20 V) と第2電極32の第2電位 V_2 (-30 V) との第2電位差 (10 V) よりも大きい。

[0199] 第2ろ過装置92において、第1電極31の第1電位 V_1 (-40 V) と第3電極33の第3電位 V_3 ($+30\text{ V}$) との第1電位差 (70 V) は、第1電位 V_1 (-40 V) と第2電極32の第2電位 V_2 (-50 V) との第2電位差 (10 V) よりも大きい。

[0200] 第3ろ過装置93において、第1電極31の第1電位 V_1 (-60 V) と第3電極33の第3電位 V_3 ($+30\text{ V}$) との第1電位差 (90 V) は、第1電位 V_1 (-60 V) と第2電極32の第2電位 V_2 (-70 V) との第2電位差 (10 V) よりも大きい。

[0201] 第2ろ過装置92における第1電位差 (70 V) は、第1ろ過装置91における第1電位差 (50 V) よりも大きい。第3ろ過装置93における第1電位差 (90 V) は、第1ろ過装置91における第1電位差 (50 V)、及び第2ろ過装置92における第1電位差 (70 V) よりも大きい。

[0202] 図9は、実施形態4に係る第1ろ過装置、第2ろ過装置及び第3ろ過装置を示す電氣的等価回路図である。図9に示すように、第1電源51及び第3電源53は定電圧源であり、第2電源52は定電流源である。第1電極31と第2電極32との間に抵抗成分R1と容量成分Cとが並列に接続される。抵抗成分R1及び容量成分Cは、多数の目開き34bが設けられたろ材34により等価的に表される成分である。また、第1電極31と第3電極33との間に抵抗成分R2が接続される。抵抗成分R2は、第1ろ室30のスラリー（原液）70、第1中間処理液79a、又は第2中間処理液79bにより等価的に表される抵抗成分である。

[0203] 第2電源52は、定電圧電源であっても、定電流電源であってもよい。本実施形態では、第2電源52は、定電流源であるので、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のろ過の状態に応じて、すなわち、ろ材34の抵抗成分R1及び第1ろ室30の抵抗成分R2の変動に応じて、第2電位V2は変化する。ただし、第2電位V2は第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同一極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい値を維持している。

[0204] 図14に示すように、第1ろ過装置91において、第1ろ室30に、分離対象の三種類の粒子（第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78）、並びに極性溶媒72を含むスラリー（原液）70が供給されると、上述した式（1）で示される、クーロンの法則に基づいて、マイナスに帯電した第3粒子76と第1電極31との間には斥力（f1）が発生する。また、マイナスに帯電した第3粒子76と第3電極33との間には引力（f2）が発生する。

[0205] 具体的には、第1ろ過装置91において、第1電極31に近い位置のマイナスに帯電した第3粒子76には、より強力な斥力（f1）が発生し、第3電極33に近い位置の第3粒子76には、より強力な引力（f2）が発生する。第3粒子76に発生する斥力（f1）及び引力（f2）のベクトルの総和F4は、矢印に示す方向、すなわち第1電極31から離れ第3電極33に

近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第3粒子76は、電気泳動により第3電極33側に移動する。

[0206] これにより、第1ろ過装置91は、第3粒子76が第1電極31の表面及びろ材34の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材34の目開き34bのろ過抵抗が増大することを抑制することができる。

[0207] また、プラスに帯電した水分子73は、第1電極31との間に引力が発生する。プラスに帯電した水分子73に作用する引力F2は、矢印に示す方向、すなわち第3電極33から第1電極31に向かう方向に作用する。プラスに帯電した水分子73は、第1電極31側に移動する。この際、第1電極31と第2電極32との間の電位差により、ろ材34を厚さ方向に貫通するように、第1電極31から第2電極32に向かう電界Eが形成されている。

[0208] 第1電極31側に移動した水分子73は、電界により力を受けて、第2電極32側に引っ張られてろ材34を通過する。プラスに帯電した水分子73の移動に伴って、帯電していない水分子も第2電極32側に引きずられて、電気浸透流が形成される。これにより、プラスに帯電した水分子73を含む極性溶媒72は、第2ろ室35に流れる。上述したように、第3粒子76は、電気泳動により第1電極31から引き離され、第3電極33側に移動しており、第3粒子76が分離された極性溶媒72が排出されることで、第1ろ過装置91の第1ろ室30内のスラリー（原液）70の第3粒子76の濃度を高めることができる。また、第1ろ過装置91の第2ろ室35には第4粒子77、第5粒子78を含む第1中間処理液79aが、ろ液として排出される。

[0209] また、第1電極31と第2電極32との間に形成される電界を制御することで、ろ材34を通過する粒子レベル（粒子径）も制御することができる。例えば、第1ろ過装置91において、第1電極31に第1電位 $V1 = -20$ Vを印加し、第2電極32に第2電位 $V2 = -30$ Vを印加することで、第1電極31と第2電極32との間にバリアの電界Eが形成される。これによ

り、第1ろ過装置91は、第3粒子76がろ材34を通過することを抑制し、第4粒子77及び第5粒子78がろ材34を通過することを許容する。このため、第1ろ室30内のスラリー（原液）70の第3粒子76の濃度を高めることができる。

[0210] つまり、精密ろ過膜（MF膜）相当のろ材34を用いた場合であっても、第1電源51、第2電源52及び第3電源53での各電極間の電界制御により、限外ろ過膜（UF膜）、あるいはナノろ過膜（NF膜）相当まで、分離対象の粒子径を変更することができる。限外ろ過膜（UF膜）は、開口の径が10nm以上100nm以下程度のろ過膜である。ナノろ過膜（NF膜）は、開口の径が1nm以上10nm以下程度のろ過膜である。

[0211] 図15に示すように、第2ろ過装置92では、第1ろ過装置91の第2ろ室35からの第4粒子77、第5粒子78を含む第1中間処理液79aが第1ろ室30に導入される。図15に示すように、第2ろ過装置92において、第1電極31に近い位置のマイナスに帯電している第4粒子77には、より強力な斥力（ f_1 ）が発生し、第3電極33に近い位置の第4粒子77には、より強力な引力（ f_2 ）が発生する。第4粒子77に発生する斥力（ f_1 ）及び引力（ f_2 ）のベクトルの総和 F_5 は、矢印に示す方向、すなわち第1電極31から離れ第3電極33に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第4粒子77は、電気泳動により第3電極33側に移動する。

[0212] これにより、第2ろ過装置92は、第4粒子77が第1電極31の表面及びろ材34の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材34の目開き34bのろ過抵抗が増大することを抑制することができる。

[0213] 例えば、第2ろ過装置92において、第1電極31に第1電位 $V_1 = -40V$ を印加し、第2電極32に第2電位 $V_2 = -50V$ を印加することで、第1電極31と第2電極32との間にバリアの電界 E が形成される。これにより、第2ろ過装置92は、マイナスに帯電している第4粒子77がろ材34を通過することを抑制し、第4粒子77の径よりも小さい第5粒子78が

ろ材 34 を通過することを許容する。このため、第 2 ろ過装置 92 における第 1 ろ室 30 内の第 1 中間処理液 79a の第 4 粒子 77 の濃度を高めることができる。また、第 2 ろ過装置 92 の第 2 ろ室 35 には第 5 粒子 78 を含む第 2 中間処理液 79b がろ液として排出される。

[0214] 図 16 に示すように、第 3 ろ過装置 93 では、第 2 ろ過装置 92 の第 2 ろ室 35 からの第 5 粒子 78 を含む第 2 中間処理液 79b が第 1 ろ室 30 に導入される。図 16 に示すように、第 1 電極 31 に近い位置のマイナスに帯電している第 5 粒子 78 には、より強力な斥力 (f_1) が発生し、第 3 電極 33 に近い位置の第 5 粒子 78 には、より強力な引力 (f_2) が発生する。第 5 粒子 78 に発生する斥力 (f_1) 及び引力 (f_2) のベクトルの総和 F_6 は、矢印に示す方向、すなわち第 1 電極 31 から離れ第 3 電極 33 に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第 5 粒子 78 は、電気泳動により第 3 電極 33 側に移動する。

[0215] これにより、第 3 ろ過装置 93 は、第 5 粒子 78 が第 1 電極 31 の表面及びろ材 34 の表面に堆積してケーキ層が形成されることを抑制することができる。つまり、ろ材 34 の目開き 34b のろ過抵抗が増大することを抑制することができる。また、第 3 ろ過装置 93 の第 2 ろ室 35 には第 3 中間処理液 79c が清澄ろ液として排出される。

[0216] 例えば、第 3 ろ過装置 93 において、第 1 電極 31 に第 1 電位 $V_1 = -60\text{ V}$ を印加し、第 2 電極 32 に第 2 電位 $V_2 = -70\text{ V}$ を印加することで、第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との間にバリアの電界 E が形成される。これにより、第 3 ろ過装置 93 は、第 5 粒子 78 がろ材 34 を通過することを抑制する。このため、第 1 ろ室 30 内の第 2 中間処理液 79b の第 5 粒子 78 の濃度を高めることができる。

[0217] このように、第 1 ろ過装置 91、第 2 ろ過装置 92 及び第 3 ろ過装置 93 は、第 1 電極 31 と第 3 電極 33 との間で、第 3 粒子 76、第 4 粒子 77 及び第 5 粒子 78 をクーロン力 F (第 3 粒子 76 と第 1 電極 31 との間に発生する斥力) により移動させる電気泳動と、第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との

間の電界により水分子 73 を移動させてろ材 34 を通過させる電気浸透とを組み合わせることで、第 3 粒子 76、第 4 粒子 77 及び第 5 粒子 78 を各々分離できる。また、第 1 電極 31 は、電気泳動の電極と、電気浸透の電極とを兼用する。これにより、単純にスラリー（原液）70、第 1 中間処理液 79 a、及び第 2 中間処理液 79 b に圧力を加え、ろ材 34 の目開き 34 b よりも大きい粒径の第 3 粒子 76、第 4 粒子 77 及び第 5 粒子 78 を分離する方法に比べて、第 1 電極 31 の表面及びろ材 34 の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができ、ろ過速度を数倍から 10 倍以上に向上させることができる。

[0218] 結果的に、単純にスラリー（原液）70、第 1 中間処理液 79 a、及び第 2 中間処理液 79 b に圧力を加えた方法に比べて、それぞれの第 1 ろ室 30 内での第 3 粒子 76、第 4 粒子 77 及び第 5 粒子 78 の濃縮度を高めることができる。また、ろ材 34 の清掃、交換の頻度を少なくすることができ、効率よくスラリー（原液）70、第 1 中間処理液 79 a、又は第 2 中間処理液 79 b のろ過を行うことができる。あるいは、単純にスラリー（原液）70、第 1 中間処理液 79 a、又は第 2 中間処理液 79 b に圧力を加えてろ過を行う場合に比べて、第 1 ろ室 30 の体積を小さくし、ろ材 34 の面積を小さくしても、従来と同程度のろ過速度を実現できる。すなわち、第 1 ろ過装置 91、第 2 ろ過装置 92 及び第 3 ろ過装置 93 は、小型化を図ることができる。

[0219] なお、上述した第 1 ろ過装置 91、第 2 ろ過装置 92 及び第 3 ろ過装置 93 の構成はあくまで一例であり、適宜変更することができる。例えば、第 1 電極 31、ろ材 34 及び第 2 電極 32 が積層されて形成される負極ろ板と、第 3 電極 33 とは、平行平板状に対向配置される。これに限定されず、第 1 電極 31、ろ材 34 及び第 2 電極 32 が積層されて形成される負極ろ板と、第 3 電極 33 とは、それぞれ曲面を有して形成されていてもよい。負極ろ板及び第 3 電極 33 の形状や配置は、第 1 ろ過装置 91、第 2 ろ過装置 92 及び第 3 ろ過装置 93 の形状、構造に応じて適宜変更できる。また、第 1 ろ室

30に供給されるスラリー（原液）70、第1中間処理液79a、及び第2中間処理液79bの濃度は、特に限定されず、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93が適用される分野に応じて変更できる。

[0220] 実施形態4では、第1ろ室30の内部圧力は、加圧されており、第2ろ室35の内部圧力よりも大きい。他の態様としては、第2ろ室35の内部圧力を真空引きする等により陰圧することで、第1ろ室30の内部圧力が、第2ろ室35の内部圧力よりも相対的に大きくするようにしてもよい。

[0221] また、第1電位V1、第2電位V2及び第3電位V3は、分離対象の第3粒子76、第4粒子77及び第5粒子78の種類や、要求されるろ過特性に応じて適宜変更することが好ましい。

[0222] 第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93は、第3電源53を備えていなくてもよい。この場合、第3電極33は、例えば基準電位GNDに接続される。第3電極33を基準電位GNDに接続する場合、第1電極31、第2電極32、第3電極33のそれぞれに電源を設ける場合に比べ、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93の小型化を図ることができる。

[0223] 第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93から排出された第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、及び第3中間処理液（ろ液）79cは、必ずしも加圧装置によって搬送されなくてもよく、例えば作業者によって手動で搬送されてもよい。すなわち、ろ過システム300Aを用いるろ過方法が、第1ろ過装置91の第2ろ室35の第1中間処理液79aを、第2ろ過装置92の第1ろ室30へ供給するステップと、第2ろ過装置92の第2ろ室35の第2中間処理液79bを、第3ろ過装置93の第1ろ室30へ供給するステップと、第3ろ過装置93の第2ろ室35の第3中間処理液（ろ液）79cを、タンク80に戻すステップと、を有していてもよい。

[0224] ここで、図12Aのろ過システム300Aでは、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93を直列に配置している実施形態について

説明している。本実施形態のろ過システムは、これに限定されるものではなく、さらに複数のろ過装置を直列に配置するようにしてもよい。なお、本実施形態のろ過システムが、さらに複数のろ過装置を直列に複数配置する場合は、スラリー中に粒径の異なる4成分以上の分離対象物を含むスラリー（原液）70を分離できる。

[0225] また、スラリー中に粒径の異なる2成分を含むような場合には図12Bに示すように、ろ過システム300Bとして、第1ろ過装置91と、第2ろ過装置92とを備えるのが好ましい。

[0226] 以上説明したように、図12A及び図12Bに示すように、実施形態4のろ過システム300A、300Bは、少なくとも第1ろ過装置91と、第2ろ過装置92とを備える。第1ろ過装置91及び第2ろ過装置92は、それぞれ、複数の第1開口31bが設けられた第1電極31と、複数の第2開口32bが設けられ、第1電極31の一方の面と対向して設けられた第2電極32と、複数の目開き34bが設けられ、第1電極31と第2電極32との間に設けられたろ材34と、第1電極31の他方の面と接して設けられる第1ろ室30と、第1ろ室30に設けられ、第1電極31と対向する第3電極33と、第2電極32の他方の面と接して設けられる第2ろ室35と、を有する。第1ろ過装置91の第2ろ室35の中間処理液（第1中間処理液79a）が、第2ろ過装置92の第1ろ室30へ供給される。

[0227] これによれば、第1ろ過装置91及び第2ろ過装置92では、第1電極31と第3電極33との間で粒子に発生するクーロン力F（第3粒子76と第1電極31との間に発生する斥力）により粒子が第1電極31から第3電極33に向かう方向に移動する。このような電気泳動により、第1電極31の表面及びろ材34の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる。また、第1電極31と第2電極32との間の電界により水分子73を移動させてろ材34を透過させる電気浸透により、粒子を分離でき、第1ろ室30内でのスラリー（原液）70の粒子の濃縮度を高めることができる。これにより、単純にスラリー（原液）70に圧力を加え、ろ材34の目開き3

4 b よりも大きい粒径の粒子を分離する方法に比べて、ろ過速度を数倍から 10 倍以上に向上させることができる。

[0228] また、ろ過システム 300 B において、第 2 電極 32 の第 2 電位 V_2 の絶対値は、第 1 電極 31 の第 1 電位 V_1 の絶対値よりも大きい。第 1 電位 V_1 と第 3 電極 33 の第 3 電位 V_3 との第 1 電位差は、第 1 電位 V_1 と第 2 電位 V_2 との第 2 電位差よりも大きい。第 2 ろ過装置 92 における第 1 電位差は、第 1 ろ過装置 91 における第 1 電位差よりも大きい。

[0229] これによれば、第 1 電極 31 と第 2 電極 32 との距離に比べ、ろ材 34 を挟んで対向する第 1 電極 31 と第 3 電極 33 との距離が大きい場合でも、電気泳動により、良好に第 3 粒子 76 を第 3 電極 33 側に移動させることができる。また、第 1 ろ過装置 91 及び第 2 ろ過装置 92 のそれぞれにおいて、異なる粒子が分離される。ろ過システム 300 B は、2 種類の粒子を含むスラリー（原液）70 から、第 3 粒子 76 及び第 4 粒子 77 を別々に分離することができる。

[0230] また、図 12 B に示すように、ろ過システム 300 B は、第 2 ろ過装置 92 における第 1 ろ室 30 へ、第 1 ろ過装置 91 における、第 2 ろ室 35 の中間処理液（第 1 中間処理液 79 a）を供給するための第 2 加圧装置 96 をさらに備える。

[0231] これによれば、第 2 ろ過装置 92 における第 1 ろ室 30 の圧力を高めることができる。このため、ろ過システム 300 B は、第 2 ろ過装置 92 のろ過速度をより向上させることができる。

[0232] また、図 12 A に示すように、ろ過システム 300 A は、第 3 ろ過装置 93 をさらに備える。第 3 ろ過装置 93 は、複数の第 1 開口 31 b が設けられた第 1 電極 31 と、複数の第 2 開口 32 b が設けられ、当該第 1 電極 31 の一方の面と対向して設けられた第 2 電極 32 と、複数の目開き 34 b が設けられ、当該第 1 電極 31 と当該第 2 電極 32 との間に設けられたろ材 34 と、当該第 1 電極 31 の他方の面と接して設けられる第 1 ろ室 30 と、当該第 1 ろ室 30 に設けられ、当該第 1 電極 31 と対向する第 3 電極 33 と、当該

第2電極32の他方の面と接して設けられる第2ろ室35と、を有する。第3ろ過装置93において、第1電極31の第1電位V1と第3電極33の第3電位V3との第1電位差は、第1電位V1と第2電極32の第2電位V2との第2電位差よりも大きい。第2ろ過装置92における、第2ろ室35の中間処理液（第2中間処理液79b）が、第3ろ過装置93における第1ろ室30へ供給される。第3ろ過装置93における第1電位差は、第2ろ過装置92における第1電位差よりも大きい。

[0233] これによれば、第1ろ過装置91、第2ろ過装置92及び第3ろ過装置93のそれぞれにおいて、異なる粒子が分離される。ろ過システム300Aは、3種類の粒子を含むスラリー（原液）70から、第3粒子76、第4粒子77及び第5粒子78を別々に分離することができる。

[0234] （実施形態4の第1変形例）

図17は、実施形態4の第1変形例に係るろ過システムの構成例を模式的に示す模式図である。図18は、実施形態4の第1変形例に係るろ過システムの構成例を模式的に示す断面図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0235] 図17に示すように、実施形態4の第1変形例に係るろ過システム200Aは、直列に接続された第1ろ過装置91Aと、第2ろ過装置92Aと、第3ろ過装置93Aと、を備える。図18に示すように、第1ろ過装置91A、第2ろ過装置92A及び第3ろ過装置93Aのそれぞれは、筐体20と、筐体20の内部に配置される4つのろ過ユニット100と、第2ろ室35と、2つの第1電源51と、2つの第2電源52と、2つの第3電源53と、を備える。4つのろ過ユニット100は、ろ過ユニット101と、ろ過ユニット102と、ろ過ユニット105と、ろ過ユニット106と、を含む。ろ過ユニット101及びろ過ユニット102は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット105及びろ過ユニット106は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット101及びろ過ユニット105は、一方向Xに対して直交する他方向Yに並んで配置される。ろ過ユニット102及びろ過ユニット

106は、他方向Yに並んで配置される。それぞれのろ過ユニット100は、第1ろ室30と、第1電極31と、第2電極32と、第3電極33と、ろ材34と、を有する。

[0236] 1つのろ過ユニット100が備える第1電極31、第2電極32、第3電極33、及びろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100と共用される。言い換えると、1つの第1電極31、1つの第2電極32、1つの第3電極33及び1つのろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100（ろ過ユニット101及びろ過ユニット105の組、並びにろ過ユニット102及びろ過ユニット106の組）で共用される。

[0237] ろ過ユニット101及びろ過ユニット105では、一方向Xにおいて（図18の上から下に向かって）、複数の電極が、第3電極33、第1電極31、第2電極32の順に並ぶ。ろ過ユニット102及びろ過ユニット106では、一方向Xにおいて（図18の上から下に向かって）、複数の電極が、第2電極32、第1電極31、第3電極33の順に並ぶ。

[0238] 筐体20には、スラリー供給部81と、第1排出部83と、第2排出部85とが接続されている。スラリー供給部81は、スラリー（原液）70、第1中間処理液79a、又は第2中間処理液79bを第1ろ室30に供給する配管である。第1排出部83は、濃縮スラリー70Aの一部を第1ろ室30から排出するための配管である。第1排出部83は、スラリー供給部81とは異なる位置に設けられる。第1排出部83は、バルブ84を備える。バルブ84が開放された場合に、第1排出部83は、第1ろ室30の濃縮スラリー70Aの一部を排出する。濃縮スラリー70Aは、分離対象物が分離された濃縮されたスラリー（原液）70である。第2排出部85は、第2ろ室35にある第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、又は第3中間処理液79cを第2ろ室35から排出するための配管である。第2ろ室35は、筐体20の内壁、及び2つの第2電極32で囲まれる。第2ろ室35は、一方向Xに並んだ2つのろ過ユニット100の間に配置される。

[0239] 第1ろ過装置91Aにおいて、各電極の駆動によりスラリー（原液）70

の第3粒子76（図14参照）に発生する斥力及び引力のベクトルの総和F4が働くので、第3粒子76の分散状況に濃度勾配が生じる。第3粒子76が分離されたスラリー（原液）70は、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に第1中間処理液79aとして流れる。第1ろ過装置91Aの第2ろ室35にある第1中間処理液79aは、第2排出部85を介して第2ろ過装置92Aに供給される。

[0240] 第2ろ過装置92Aにおいて、各電極の駆動により第1中間処理液79aの第4粒子77（図15参照）に発生する斥力及び引力のベクトルの総和F5が働くので、第4粒子77の分散状況に濃度勾配が生じる。第4粒子77が分離された第1中間処理液79aは、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に第2中間処理液79bとして流れる。第2ろ過装置92Aの第2ろ室35にある第2中間処理液79bは、第2排出部85を介して第3ろ過装置93Aに供給される。

[0241] 第3ろ過装置93Aにおいて、各電極の駆動により第2中間処理液79bの第5粒子78（図16参照）に発生する斥力及び引力のベクトルの総和F6が働くので、第5粒子78の分散状況に濃度勾配が生じる。第5粒子78が分離された第2中間処理液79bは、第1電極31、ろ材34及び第2電極32を順次通過して、第2ろ室35に第3中間処理液（ろ液）79cとして流れる。第3ろ過装置93Aの第2ろ室35にある第3中間処理液（ろ液）79cは、第2排出部85を介してスラリー（原液）70が貯留されたタンク80に戻される（図17参照）。第3中間処理液（ろ液）79cは、清澄ろ液の極性溶媒72である。

[0242] なお、ろ過システム200Aにおいて、複数のろ過ユニット100は、一方向X及び他方向Yの両方に対して直交する方向（図18における紙面の奥行き方向）に並んで配置されてもよい。すなわち、複数のろ過ユニット100は、3次元的に並んで配置されてもよい。

[0243] 第1ろ過装置91A、第2ろ過装置92A及び第3ろ過装置93Aのそれぞれは、必ずしも第1電源51、第2電源52、及び第3電源53を2つず

つ備えていなくてもよい。第1電源51、第2電源52、及び第3電源53のうち定電圧電源である電源の数は、1つであってもよい。例えば、第1電源51及び第3電源53が定電圧電源である場合、第1電源51及び第3電源53の数が1つであってもよい。この場合、1つの第1電源51が複数の第1電極31に接続され、1つの第3電源53が複数の第3電極33に接続される。

[0244] (実施形態4の第2変形例)

図19は、実施形態4の第2変形例に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。上述したように、図18に示す、4つのろ過ユニット100は、ろ過ユニット101と、ろ過ユニット102と、ろ過ユニット105と、ろ過ユニット106と、を含む。図18に示すろ過ユニット101と、ろ過ユニット102と、第2ろ室35で構成されるろ過ユニットが、図19に示すろ過ユニット110に相当する。同様に、図18に示すろ過ユニット105と、ろ過ユニット106と、第2ろ室35で構成されるろ過ユニットが、図19に示すろ過ユニット110に相当する。図18では、図19に示すろ過ユニット110が方向Yに2つ直列に配置されている。図19に示す、ろ過装置94では、ろ過ユニット110が方向Yに4つ直列に配置されている。

[0245] 図19には、ろ過装置94のY方向距離に応じた、第1ろ室30内のマイナスに帯電した粒子の濃度の関係を模式的に示すグラフが併記されている。ろ過装置94において、スラリー供給部81からスラリー70を第1ろ室30に導入する。第1ろ室30内のマイナスに帯電した粒子の濃度は、スラリー供給部81から濃縮スラリー70Aを排出する第1排出部83側にスラリーが移動するにつれて、増加する。

[0246] なお、ろ過装置94において、隣り合うろ過ユニット110の第1ろ室30の境界には、隔壁を備え、ろ過ユニット110間を移動する流量を制限してもよい。

[0247] (実施形態4の第3変形例)

図20は、実施形態4の第3変形例に係る第1ろ過装置、第2ろ過装置及び第3ろ過装置の模式図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0248] 図20に示すように、実施形態4の第3変形例に係るろ過システム200Bは、直列に接続された第1ろ過装置91Bと、第2ろ過装置92Bと、第3ろ過装置93Bと、を備える。第1ろ過装置91B、第2ろ過装置92B、及び第3ろ過装置93Bのそれぞれは、8つのろ過ユニット100と、2つの第2ろ室35と、を備える。図10と同様であるので、図示は省略するが、実施形態4の第3変形例に係るろ過システム200Bは、4つの第1電源51と、4つの第2電源52と、4つの第3電源53と、を備える。

[0249] 8つのろ過ユニット100は、ろ過ユニット101と、ろ過ユニット102と、ろ過ユニット103と、ろ過ユニット104と、ろ過ユニット105と、ろ過ユニット106と、ろ過ユニット107と、ろ過ユニット108と、を含む。ろ過ユニット101、ろ過ユニット102、ろ過ユニット103と、及びろ過ユニット104は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット105及びろ過ユニット106、ろ過ユニット107、及びろ過ユニット108は、一方向Xに並んで配置される。ろ過ユニット103及びろ過ユニット107は、他方向Yに並んで配置される。ろ過ユニット104及びろ過ユニット108は、他方向Yに並んで配置される。

[0250] 1つのろ過ユニット100が備える第1電極31、第2電極32、第3電極33、及びろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100と共用される。言い換えると、1つの第1電極31、1つの第2電極32、1つの第3電極33及び1つのろ材34は、他方向Yで隣り合うろ過ユニット100（ろ過ユニット103及びろ過ユニット107の組、並びにろ過ユニット104及びろ過ユニット108の組）で共用される。

[0251] ろ過ユニット103及びろ過ユニット107では、一方向Xにおいて（図20の上から下に向かって）、複数の電極が、第3電極33、第1電極31、第2電極32の順に並ぶ。ろ過ユニット104及びろ過ユニット108で

は、一方向Xにおいて（図20の上から下に向かって）、複数の電極が、第2電極32、第1電極31、第3電極33の順に並ぶ。

[0252] ろ過ユニット102が備える第3電極33は、一方向Xで隣り合うろ過ユニット103と共用される。ろ過ユニット106が備える第3電極33は、一方向Xで隣り合うろ過ユニット107と共用される。言い換えると、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室30の間は、一方向Xに隣り合うろ過ユニット100（ろ過ユニット102及びろ過ユニット103の組、並びにろ過ユニット106及びろ過ユニット107の組）で共用される第3電極33で区画されている。

[0253] スラリー（原液）70は、第1ろ過装置91Bのろ過ユニットに設けた供給部16Aに導入され、第1ろ過装置91Bのろ過ユニット101、102の第1ろ室30内に供給される。

[0254] 第1ろ室30に設けた第1排出部831は、ろ過ユニット105及びろ過ユニット106の第1ろ室30の濃縮スラリー（原液）70Aの一部を排出する。第2排出部851は、ろ過ユニット105及びろ過ユニット106の間の第2ろ室35にある。第2排出部851は、第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、又は第3中間処理液79cを第2ろ室35から排出するための配管である。第2排出部851からの排出液は、ろ過ユニット103及びろ過ユニット104の第1ろ室30に接続される。

[0255] 第3排出部832は、ろ過ユニット107及びろ過ユニット108の第1ろ室30の濃縮スラリー70Aを排出する。第4排出部852は、ろ過ユニット107及びろ過ユニット108の間の第2ろ室35にある第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、又は第3中間処理液（ろ液）79cを第2ろ室35から排出するための配管である。

[0256] なお、第1ろ過装置91Bと、第2ろ過装置92Bと、第3ろ過装置93Bにおいては、必ずしも4つのろ過ユニット100が一方向Xに並んでいなくてもよい。一方向Xに並ぶろ過ユニット100の数は、3つであってもよいし、5つ以上であってもよい。また、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室3

0の間に配置される第3電極33は、必ずしも2つのろ過ユニット100で共用されなくてもよい。すなわち、一方向Xに2つの並んだ第1ろ室30の間に、互いに絶縁された2つの第3電極33が配置されてもよい。

[0257] なお、ろ過システム200Bにおいて、複数のろ過ユニット100は、一方向X及び他方向Yの両方に対して直交する方向（図20における紙面の奥行き方向）に並んで配置されてもよい。すなわち、複数のろ過ユニット100は、3次的に並んで配置されてもよい。

[0258] 第1ろ過装置91B、第2ろ過装置92B及び第3ろ過装置93Bのそれぞれは、必ずしも第1電源51、第2電源52、及び第3電源53を4つずつ備えていなくてもよい。第1電源51、第2電源52、及び第3電源53のうち定電圧電源である電源の数は、1つであってもよい。例えば、第1電源51及び第3電源53が定電圧電源である場合、第1電源51及び第3電源53の数が1つであってもよい。この場合、1つの第1電源51が複数の第1電極31に接続され、1つの第3電源53が複数の第3電極33に接続される。

[0259] 図20において、第1ろ過装置91Bのろ過ユニット105、106に設けた第2排出部851から排出された符号A（ろ液（第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、第3中間処理液79c））は、下段のろ過ユニット103のスラリー供給部16Bから導入され、ろ過ユニット103、104の第1ろ室30内に供給される。

[0260] さらに、第1ろ過装置91Bのろ過ユニット107、108の第4排出部852から排出される符号B（ろ液（第1中間処理液79a、第2中間処理液79b、第3中間処理液79c））は、直列に配置された第2ろ過装置92Bのろ過ユニットに設けた供給部16Aに導入され、第2ろ過装置92Bのろ過ユニット101、102の第1ろ室30内に供給される。

[0261] （実施形態5）

図21は、実施形態5に係るろ過装置の模式図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明

は省略する。

[0262] 図21に示すように、実施形態5のろ過装置10は、筐体40と、第1ろ室400と、第1電極401と、第2電極402と、第3電極403と、第1ろ材404と、第2ろ室405と、第4電極411と、第5電極412と、第2ろ材414と、第3ろ室415と、第6電極421と、第7電極422と、第3ろ材424と、第4ろ室425と、第1電源61と、第2電源62と、第4電源64と、第5電源65と、第6電源66と、第7電源67と、を有する。

[0263] 第1ろ室400は、筐体40の内壁、第1電極401、及び第3電極403で囲まれた空間である。第1電極401及び第2電極402は、メッシュ状の電極である。具体的には、第1電極401は、複数の導電細線401aを有し、複数の導電細線401aの間に複数の第1開口401bが設けられる。第2電極402は、複数の導電細線402aを有し、複数の導電細線402aの間に複数の第2開口402bが設けられる。第2電極402は、第1ろ材404を介して第1電極401の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、第1ろ材404は、第1電極401と第2電極402との間に設けられる。第1電極401及び第2電極402は、第1ろ材404と直接、接して設けられる。第3電極403は、板状の部材であり、第1ろ室400を挟んで第1電極401の他方の面（上面）と対向して設けられる。

[0264] 第1ろ材404は、ろ過膜404aと、第1目開き404bと、を含む。ろ過膜404aに複数の第1目開き404bが設けられている。ろ過膜404aに対して電界が働く。第1ろ材404は、例えば、精密ろ過膜（MF膜（Microfiltration Membrane））が用いられる。実施形態5では、第1ろ材404は、樹脂材料等の絶縁材料で形成されている。第2ろ室405は、第2電極402を挟んで第1電極401とは反対側に配置される。第2ろ室405は、第2電極402と接して設けられる。

[0265] 第1電極401は、第1電源61の第2端子61bと電氣的に接続される

。また、第1電極401は、第2電源62の第1端子62aと電氣的に接続される。第2電極402は、第2電源62の第2端子62bと電氣的に接続される。第3電極403及び第1電源61の第1端子61aは、基準電位GNDに接続される。

[0266] 第1電源61は、第1電極401に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性の第1電位V1を供給する。第1電位V1は、例えば−20Vである。第2電源62は、第2電極402に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性であって、第1電位V1の絶対値よりも大きい絶対値の第2電位V2を供給する。第2電位V2は、例えば−30Vである。第1電極401の第1電位V1（−20V）と第3電極403の第3電位（0V）との電位差（20V）は、第1電位V1（−20V）と第2電極402の第2電位V2（−30V）との電位差（10V）よりも大きい。なお、ろ過装置10がさらに第3電源を備えており、第3電源が第3電極403に第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と異なる極性の第3電位V3（例えば+30V）を供給してもよい。第1電位V1、第2電位V2及び第3電位V3は、絶対値で1mV以上1000V以下の範囲で設定することができる。

[0267] 第4電極411及び第5電極412は、メッシュ状の電極である。具体的には、第4電極411は、複数の導電細線411aを有し、複数の導電細線411aの間に複数の第4開口411bが設けられる。第4電極411は、第2電極402との間に第2ろ室405を挟んで配置される。第5電極412は、複数の導電細線412aを有し、複数の導電細線412aの間に複数の第5開口412bが設けられる。第5電極412は、第2ろ材414を介して第4電極411の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、第2ろ材414は、第4電極411と第5電極412との間に設けられる。第4電極411及び第5電極412は、第2ろ材414と直接、接して設けられる。第4電極411及び第5電極412は、例えば、チタン合金やアルマイト処理されたアルミニウム合金が用いられる。

- [0268] 第2ろ材414は、ろ過膜414aと、第2目開き414bと、を含む。ろ過膜414aに複数の第2目開き414bが設けられている。ろ過膜414aに対して電界が働く。第2目開き414bの大きさは、第1ろ材404の第1目開き404bと同じである。第2ろ材414は、例えば、精密ろ過膜（MF膜（Microfiltration Membrane））、限外ろ過膜（UF膜（Ultrafiltration Membrane））等が用いられる。第2ろ材414は、樹脂材料等の絶縁材料で形成されている。第3ろ室415は、第5電極412を挟んで第4電極411とは反対側に配置される。第3ろ室415は、第5電極412と接して設けられる。
- [0269] 第4電極411は、第4電源64の第2端子64bと電氣的に接続される。また、第4電極411は、第5電源65の第1端子65aと電氣的に接続される。第5電極412は、第5電源65の第2端子65bと電氣的に接続される。第4電源64の第1端子64aは、基準電位GNDに接続される。
- [0270] 第4電源64は、第4電極411に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性の第4電位V4を供給する。第4電位V4は、例えば−40Vである。第5電源65は、第5電極412に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性であって、第4電位V4の絶対値よりも大きい絶対値の第5電位V5を供給する。第5電位V5は、例えば−50Vである。第4電極411の第4電位V4（−40V）と第3電位V3（0V）との電位差（40V）は、第4電位V4（−40V）と第5電極412の第5電位（−50V）との電位差（10V）よりも大きい。第4電位V4（−40V）と第3電位V3（0V）との電位差（40V）は、第1電位V1（−20）と第3電位V3（0V）との電位差（20V）よりも大きい。第4電位V4及び第5電位V5は、絶対値で1mV以上1000V以下の範囲で設定することができる。
- [0271] 第6電極421及び第7電極422は、メッシュ状の電極である。具体的には、第6電極421は、複数の導電細線421aを有し、複数の導電細線421aの間に複数の第6開口421bが設けられる。第6電極421は、

第5電極412との間に第3ろ室415を挟んで配置される。第7電極422は、複数の導電細線422aを有し、複数の導電細線422aの間に複数の第7開口422bが設けられる。第7電極422は、第3ろ材424を介して第6電極421の一方の面（下面）と対向して設けられる。言い換えると、第3ろ材424は、第6電極421と第7電極422との間に設けられる。第6電極421及び第7電極422は、第3ろ材424と直接、接して設けられる。第6電極421及び第7電極422は、例えば、チタン合金やアルマイト処理されたアルミニウム合金が用いられる。

[0272] 第3ろ材424は、ろ過膜424aと、第3目開き424bと、を含む。ろ過膜424aに複数の第3目開き424bが設けられている。ろ過膜424aに対して電界が働く。第3目開き424bの大きさは、第2ろ材414の第2目開き414bと同じである。第3ろ材424は、例えば、精密ろ過膜（MF膜（Microfiltration Membrane））が用いられる。第3ろ材424は、樹脂材料等の絶縁材料で形成されている。第4ろ室425は、第7電極422を挟んで第6電極421とは反対側に配置される。第4ろ室425は、第7電極422と接して設けられる。

[0273] 第6電極421は、第6電源66の第2端子66bと電氣的に接続される。また、第6電極421は、第7電源67の第1端子67aと電氣的に接続される。第7電極422は、第7電源67の第2端子67bと電氣的に接続される。第6電源66の第1端子66aは、基準電位GNDに接続される。

[0274] 第6電源66は、第6電極421に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性の第6電位V6を供給する。第6電位V6は、例えば−60Vである。第7電源67は、第7電極422に、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78の極性と同じ極性であって、第6電位V6の絶対値よりも大きい絶対値の第7電位V7を供給する。第7電位V7は、例えば−70Vである。第6電極421の第6電位V6（−60V）と第3電位V3（0V）との電位差（60V）は、第6電位V6（−60V）と第7電極422の第7電位V7（−70V）との電位差（10V）よりも

大きい。第6電位 V_6 (-60 V)と第3電位 V_3 (0 V)との電位差 (60 V)は、第4電位 V_4 (-40 V)と第3電位 (0 V)との電位差 (40 V)よりも大きい。第6電位 V_6 及び第7電位 V_7 は、絶対値で 1 mV 以上 1000 V 以下の範囲で設定することができる。

[0275] 加圧装置99は、第4ろ室425のろ液79cを第1ろ室400に戻す。加圧装置99は、例えば加圧ポンプである。加圧装置99及び配管を用いて液体を搬送することは、流体コンベアとも呼ばれる。加圧装置99は、第1ろ室400、第2ろ室405及び第3ろ室415のろ過抵抗(圧力損失)の合計よりも大きな圧力を第1ろ室400に与えることができる。加圧装置99の循環流量は、第1ろ室400、第2ろ室405及び第3ろ室415のうち最もろ過速度(取得ろ液量)の少ないろ室の容量以下である。

[0276] 第1ろ室400において、第1電極401に近い位置の第3粒子76には、より強力な斥力が発生し、第3電極403に近い位置の第3粒子76には、より強力な引力が発生する。マイナスに帯電した第3粒子76に発生する斥力及び引力のベクトルの総和 F_4 は、矢印に示す方向、すなわち第1電極401から離れ第3電極403に近づく方向に作用する。マイナスに帯電した第3粒子76は、電気泳動により第3電極403側に移動する。

[0277] これにより、第1ろ室400において、第3粒子76が第1電極401の表面及び第1ろ材404の表面に堆積してケーキ層が形成されることが抑制される。つまり、第1ろ材404の第1目開き404bのろ過抵抗が増大することを抑制することができる。

[0278] また、プラスに帯電した水分子73は、第1電極401との間に引力が発生する。プラスに帯電した水分子73に作用する引力 F_2 は、矢印に示す方向、すなわち第3電極403から第1電極401に向かう方向に作用する。プラスに帯電した水分子73は、第1電極401側に移動する。この際、第1電極401と第2電極402との間の電位差により、第1ろ材404を厚さ方向に貫通するように、第1電極401から第2電極402に向かう電界が形成されている。

[0279] 第1電極401側に移動した水分子73は、電界Eにより力を受けて、第2電極402側に引っ張られて第1ろ材404を通過する。プラスに帯電した水分子73の移動に伴って、帯電していない水分子も第2電極402側に引きずられて、電気浸透流が形成される。これにより、プラスに帯電した水分子73を含む極性溶媒72は、第2ろ室405に流れる。上述したように、第3粒子76は、電気泳動により第1電極401から引き離され、第3電極403側に移動しており、第3粒子76が分離された極性溶媒72が排出されることで、第1ろ室400内のスラリー（原液）70の第3粒子76の濃度を高めることができる。

[0280] また、第1電極401と第2電極402との間に形成される電界Eを制御することで、第1ろ材404を通過する粒子レベル（粒子径）も制御することができる。例えば、第1電極401に第1電位 $V_1 = -20V$ を印加し、第2電極402に第2電位 $V_2 = -30V$ を印加することで、第1電極401と第2電極402との間にバリアの電界Eが形成される。これにより、ろ過装置10は、第3粒子76が第1ろ材404を通過することを抑制し、第4粒子77及び第5粒子78が第1ろ材404を通過することを許容する。このため、第1ろ室400内のスラリー（原液）70の第3粒子76の濃度を高めることができる。

[0281] 例えば、第4電極411に第4電位 $V_4 = -40V$ を印加し、第5電極412に第5電位 $V_5 = -50V$ を印加することで、第4電極411と第5電極412との間にバリアの電界Eが形成される。これにより、ろ過装置10は、第4粒子77が第2ろ材414を通過することを抑制し、第5粒子78が第2ろ材414を通過することを許容する。このため、第2ろ室405内の第1中間処理液79aの第4粒子77の濃度を高めることができる。

[0282] 例えば、第6電極421に第6電位 $V_6 = -60V$ を印加し、第7電極422に第7電位 $V_7 = -70V$ を印加することで、第6電極421と第7電極422との間にバリアの電界が形成される。これにより、ろ過装置10は、第5粒子78が第3ろ材424を通過することを抑制する。このため、第

3ろ室415内の第2中間処理液79bの第5粒子78の濃度を高めることができる。

[0283] 以上説明したように、実施形態5のろ過装置10は、複数の第1開口401bが設けられた第1電極401と、複数の第2開口402bが設けられ、第1電極401の一方の面と対向して設けられた第2電極402と、複数の第1目開き404bが設けられ、第1電極401と第2電極402との間に設けられた第1ろ材404と、第1電極401の他方の面と接して設けられる第1ろ室400と、第1ろ室400に設けられ、第1電極401と対向する第3電極403と、第2電極402の他方の面と接して設けられる第2ろ室405と、を有する。さらに、ろ過装置10は、第2電極402との間に第2ろ室405を挟み、複数の第4開口411bが設けられた第4電極411と、複数の第5開口412bが設けられ、第4電極411の一方の面と対向して設けられた第5電極412と、複数の第2目開き414bが設けられ、第4電極411と第5電極412との間に設けられた第2ろ材414と、第5電極412の他方の面と接して設けられる第3ろ室415と、を有する。第1電極401の第1電位V1と第3電極403の第3電位V3との電位差は、第1電位V1と第2電極402の第2電位V2との電位差よりも大きい。第4電極411の第4電位V4と第3電位V3との電位差は、第4電位V4と第5電極412の第5電位V5との電位差よりも大きい。第4電位V4と第3電位V3との電位差は、第1電位V1と第3電位V3との電位差よりも大きい。

[0284] これによれば、ろ過装置10では、第1電極401と第3電極403との間で粒子に発生するクーロン力Fにより粒子が第1電極401から第3電極403に向かう方向に移動する。このような電気泳動により、第1電極401の表面及び第1ろ材404の表面にケーキ層が形成されることを抑制することができる。また、第1電極401と第2電極402との間の電界により水分子73を移動させて第1ろ材404を透過させる電気浸透により、粒子を分離でき、第1ろ室400内でのスラリー（原液）70の粒子の濃縮度を

高めることができる。これにより、単純にスラリー（原液）70に圧力を加え、第1ろ材404の第1目開き404bよりも大きい粒径の粒子を分離する方法に比べて、ろ過速度を数倍から10倍以上に向上させることができる。また、第1ろ室400及び第2ろ室405のそれぞれにおいて、異なる粒子が分離される。ろ過装置10は、2種類の粒子を含むスラリー（原液）70から、第3粒子76及び第4粒子77を別々に分離することができる。

[0285] また、実施形態5のろ過装置10は、第5電極412との間に第3ろ室415を挟み、複数の第6開口421bが設けられた第6電極421と、複数の第7開口422bが設けられ、第6電極421の一方の面と対向して設けられた第7電極422と、複数の第3目開き424bが設けられ、第6電極421と第7電極422との間に設けられた第3ろ材424と、第7電極422の他方の面と接して設けられる第4ろ室425と、を有する。第6電極421の第6電位V6と第3電位V3との電位差は、第6電位V6と第7電極422の第7電位V7との電位差よりも大きい。第6電位V6と第3電位V3との電位差は、第4電位V4と第3電位V3との電位差よりも大きい。

[0286] これによれば、第1ろ室400、第2ろ室405、及び第3ろ室415のそれぞれにおいて、異なる粒子が分離される。ろ過装置10は、3種類の粒子を含むスラリー（原液）70から、第3粒子76、第4粒子77、及び第5粒子78を別々に分離することができる。

[0287] なお、分離された第3粒子76、第4粒子77及び第5粒子78の各分離物は別途精製され、その成分の性質に応じて、例えば健康食品の添加物、保湿化粧品、育毛剤成分等適宜、有価物として回収される。

[0288] （実施形態6）

図22は、実施形態6に係るろ過装置の構成例を模式的に示す断面図である。図23は、実施形態6に係る第3電極の構成例を模式的に示す平面図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0289] 図22に示すように、実施形態6のろ過装置10は、実施形態2の第3電

極 3 3 を回転可能としている。実施形態 6 のろ過装置 1 0 は、実施形態 1 の構成に加え、モータ M と、接続導体 5 6 が回転しても電位を供給可能な電極 ブラシ B E とを備える。モータ M は、接続導体 5 6 を回転し、第 3 電極 3 3 を回転する。

[0290] 図 2 3 に示すように、第 3 電極 3 3 は、樹脂製の基材 3 3 B の表面に露出する、厚みが例えば 1 mm から 2 mm 程度の羽根付き電極 3 3 A を有する。羽根付き電極 3 3 A は、複数の羽根部 3 3 p と、複数の羽根部 3 3 p を電気的に接続する中央部 3 3 C とを備える。中央部 3 3 C の裏面には、接続導体 5 6 が当接しており、第 3 電極 3 3 には、第 3 電位 V 3 が供給される。

[0291] 第 3 電極 3 3 の周囲には、第 1 粒子 7 1 が滞留する。第 1 粒子 7 1 の滞留時間が長いと、第 1 粒子 7 1 が変性する可能性がある。実施形態 6 のろ過装置 1 0 は、第 3 電極 3 3 を回転させるので、第 3 電極 3 3 の回りの極性溶媒 7 2 を攪拌することができる。その結果、第 1 粒子 7 1 が移動して、第 3 電極 3 3 の表面近傍に存在し続けることを抑制できる。その結果、第 1 粒子 7 1 の変性を抑制し、第 1 電極 3 1 と第 3 電極 3 3 との間の電界分布を均一にすることができる。

[0292] 実施形態 6 のろ過装置 1 0 は、実施形態 2 以外の上述した実施形態の第 3 電極 3 3 を回転可能としてもよい。また、実施形態 6 では、第 3 電極 3 3 が回転するが、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 2 が回転してもよい。

[0293] (変形例)

なお、実施形態 1 から実施形態 6 のスラリー（原液）7 0 の溶媒は、極性溶媒であるプラスに帯電している水分子 7 3 を例示しているが、本実施形態はこれに限定されるものではなく、非極性溶媒（例えばトルエン、ジオキサン、EG（エチレングリコール）、THF（テトラヒドロフラン）、油（植物油、鉱物油）等）であってもよい。

[0294] なお、上記した実施の形態は、本開示の理解を容易にするためのものであり、本開示を限定して解釈するためのものではない。本開示は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るとともに、本開示にはその等価物も

含まれる。

[0295] (付記)

本実施形態は、以下の構成を含む。

(1)

複数の第1開口が設けられた第1電極と、

複数の第2開口が設けられ、前記第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、

複数の目開きが設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられたろ材と、

前記第1電極の他方の面と接して設けられ、分離対象の粒子と液体とを含む対象処理液が供給されるろ室と、

前記ろ室を挟んで前記第1電極と対向する第3電極と、を含む、ろ過装置。

(2)

前記第1電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第1電位が供給され、

前記第2電極に、前記粒子の極性と同じ極性であって、前記第1電位の絶対値よりも異なる絶対値の第2電位が供給される、

上記(1)に記載のろ過装置。

(3)

前記第1電極に、前記粒子の極性と同じ極性の前記第1電位を供給する第1電源と、

前記第2電極に、前記粒子の極性と同じ極性の前記第2電位を供給する第2電源と、をさらに有し、

前記第3電極は、基準電位に接続される

上記(2)に記載のろ過装置。

(4)

前記第2電位の絶対値は前記第1電位の絶対値よりも大きく、

前記第1電位と前記基準電位との電位差は、前記第1電位と前記第2電位

との電位差よりも大きい

上記（３）に記載のろ過装置。

（５）

前記第１電源は、定電圧源であり、

前記第２電源は、定電流源である

上記（３）又は上記（４）に記載のろ過装置。

（６）

前記第１電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第１電位を供給する第１電源と、

前記第２電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第２電位を供給する第２電源と、

前記第３電極に、前記粒子の極性と異なる極性の第３電位を供給する第３電源と、をさらに有する

上記（１）に記載のろ過装置。

（７）

前記第２電位の絶対値は前記第１電位の絶対値よりも大きく、

前記第１電位と前記第３電位との電位差は、前記第１電位と前記第２電位との電位差よりも大きい

上記（６）に記載のろ過装置。

（８）

前記第１電源及び前記第３電源は、定電圧源であり、

前記第２電源は、定電流源である

上記（６）又は上記（７）に記載のろ過装置。

（９）

前記第１電極の表面に垂直な方向で、

前記第２電極、前記ろ材、前記第１電極、前記ろ室、前記第３電極の順に積層され、前記第１電極と前記第２電極との間の距離は、前記第１電極と前記第３電極との間の距離よりも小さい

上記（１）から上記（８）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（１０）

前記目開きの大きさは、前記第１開口及び前記第２開口よりも小さい

上記（１）から上記（９）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（１１）

さらに、貫通孔を有する側部筐体と、前記側部筐体を支持する下部筐体と、前記側部筐体の前記貫通孔に挿入される上部筐体と、を有し、

前記第１電極、前記第２電極及び前記ろ材の外縁は、前記側部筐体と前記下部筐体との間に挟まれて固定され、

前記第３電極は、前記上部筐体の前記下部筐体と対向する面に固定され、

前記第１電極、前記第２電極及び前記ろ材と、前記側部筐体の内壁と、前記第３電極とで囲まれた空間に前記ろ室が形成される

上記（１）から上記（１０）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（１２）

前記第３電極は、回転する、

上記（１）から上記（１１）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（１３）

複数のろ過ユニットを有するろ過装置であって、

前記ろ過ユニットは、

複数の第１開口が設けられた第１電極と、

複数の第２開口が設けられ、かつ前記第１電極の一方の面と対向して設けられた第２電極と、

複数の目開きが設けられ、かつ前記第１電極と前記第２電極との間に設けられたろ材と、

前記第１電極の他方の面と接して設けられる第１ろ室と、

前記第１ろ室に設けられ、かつ前記第１電極と対向する第３電極と、を含み、

２つの、前記ろ過ユニットが一方向に並んで配置され、２つの前記第２電

極の間に設けられる第2ろ室を備える、ろ過装置。

(14)

一方の前記ろ過ユニットでは、前記一方向において、複数の電極が、前記第3電極、前記第1電極、前記第2電極の順に並び、

他方の前記ろ過ユニットでは、前記一方向において、複数の電極が、前記第2電極、前記第1電極、前記第3電極の順に並び、上記(13)に記載のろ過装置。

(15)

前記第1ろ室には、対象処理液を供給するための供給部と、前記供給部とは異なる位置に設けられ、前記対象処理液の一部を排出するための第1排出部とが接続されている上記(13)又は上記(14)に記載のろ過装置。

(16)

前記一方向に対して直交する他方向に2つの前記ろ過ユニットが並んで配置される

上記(13)から上記(15)のいずれか1つに記載のろ過装置。

(17)

前記第2ろ室には、前記第2ろ室にあるろ液を排出するための第2排出部が接続されている、上記(13)から上記(16)のいずれか1つに記載のろ過装置。

(18)

3つ以上の前記ろ過ユニットが並んで配置され、

2つの並んだ前記第1ろ室の間は、隣り合う前記ろ過ユニットで共用される前記第3電極で区画されている、上記(13)から上記(17)のいずれか1つに記載のろ過装置。

(19)

1つの前記ろ過ユニットにおいて、前記第2電極の第2電位の絶対値は、前記第1電極の第1電位の絶対値よりも大きく、前記第1電位と前記第3電極の第3電位との電位差は、前記第1電位と前記第2電位との電位差よりも

大きい、

上記（１３）から上記（１８）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（２０）

定電圧電源である第１電源を含み、

１つの前記第１電源が、複数の前記第１電極に第１電位を供給する

上記（１３）から上記（１９）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（２１）

第２電源を定電圧電源とした場合、

１つの前記第２電源が、複数の前記第２電極に第２電位を供給する

上記（１３）から上記（２０）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（２２）

定電圧電源である第３電源を含み、

１つの前記第３電源が、複数の前記第３電極に第３電位を供給する

上記（１３）から上記（２１）のいずれか１つに記載のろ過装置。

（２３）

第１ろ過装置と、第２ろ過装置とを備え、

前記第１ろ過装置及び前記第２ろ過装置は、それぞれ、

複数の第１開口が設けられた第１電極と、

複数の第２開口が設けられ、前記第１電極の一方の面と対向して設けられた第２電極と、

複数の目開きが設けられ、前記第１電極と前記第２電極との間に設けられたろ材と、

前記第１電極の他方の面と接して設けられる第１ろ室と、

前記第１ろ室に設けられ、前記第１電極と対向する第３電極と、

前記第２電極の他方の面と接して設けられる第２ろ室と、

を有し、

前記第１ろ過装置の第２ろ室の中間処理液が、前記第２ろ過装置の第１ろ室へ供給される、

ろ過システム。

(24)

前記第2電極の第2電位の絶対値は、前記第1電極の第1電位の絶対値よりも大きく、

前記第1電位と前記第3電極の第3電位との第1電位差は、前記第1電位と前記第2電位との第2電位差よりも大きく、

前記第2ろ過装置における第1電位差は、前記第1ろ過装置における第1電位差よりも大きい、

上記(23)に記載のろ過システム。

(25)

前記第2ろ過装置における第1ろ室へ、前記第1ろ過装置における、第2ろ室の中間処理液を供給するための加圧装置をさらに備える、

上記(23)又は上記(24)に記載のろ過システム。

(26)

第3ろ過装置をさらに備え、

前記第3ろ過装置は、

複数の第1開口が設けられた第1電極と、

複数の第2開口が設けられ、当該第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、

複数の目開きが設けられ、当該第1電極と当該第2電極との間に設けられたろ材と、

当該第1電極の他方の面と接して設けられる第1ろ室と、

当該第1ろ室に設けられ、当該第1電極と対向する第3電極と、

当該第2電極の他方の面と接して設けられる第2ろ室と、

を有し、

前記第3ろ過装置において、前記第1電極の第1電位と前記第3電極の第3電位との第1電位差は、前記第1電位と前記第2電極の第2電位との第2電位差よりも大きく、

前記第2ろ過装置における、第2ろ室の中間処理液が、前記第3ろ過装置における第1ろ室へ供給され、

前記第3ろ過装置における第1電位差は、前記第2ろ過装置における第1電位差よりも大きい、

上記(23)から上記(25)のいずれか1つに記載のろ過システム。

(27)

複数の第1開口が設けられた第1電極と、

複数の第2開口が設けられ、前記第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、

複数の第1目開きが設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられた第1ろ材と、

前記第1電極の他方の面と接して設けられる第1ろ室と、

前記第1ろ室に設けられ、前記第1電極と対向する第3電極と、

前記第2電極の他方の面と接して設けられる第2ろ室と、

前記第2電極との間に前記第2ろ室を挟み、複数の第4開口が設けられた第4電極と、

複数の第5開口が設けられ、前記第4電極の一方の面と対向して設けられた第5電極と、

複数の第2目開きが設けられ、前記第4電極と前記第5電極との間に設けられた第2ろ材と、

前記第5電極の他方の面と接して設けられる第3ろ室と、

を有し、

前記第1電極の第1電位と前記第3電極の第3電位との電位差は、前記第1電位と前記第2電極の第2電位との電位差よりも大きく、

前記第4電極の第4電位と前記第3電位との電位差は、前記第4電位と前記第5電極の第5電位との電位差よりも大きく、

前記第4電位と前記第3電位との電位差は、前記第1電位と前記第3電位との電位差よりも大きい、

ろ過装置。

(28)

前記第5電極との間に第3ろ室を挟み、複数の第6開口が設けられた第6電極と、

複数の第7開口が設けられ、前記第6電極の一方の面と対向して設けられた第7電極と、

複数の第3目開きが設けられ、前記第6電極と前記第7電極との間に設けられた第3ろ材と、

前記第7電極の他方の面と接して設けられる第4ろ室と、

を有し、

前記第6電極の第6電位と前記第3電位との電位差は、前記第6電位と前記第7電極の第7電位との電位差よりも大きく、

前記第6電位と前記第3電位との電位差は、前記第4電位と前記第3電位との電位差よりも大きい、

上記(27)に記載のろ過装置。

符号の説明

- [0296]
- 10 ろ過装置
 - 11 上部筐体
 - 12 蓋部
 - 13 側部筐体
 - 14 下部筐体
 - 15 導体
 - 16 スラリー供給部
 - 17 スラリー供給バルブ
 - 18 エア排出部
 - 19 エア排出バルブ
 - 22 排出部
 - 30 第1ろ室

3 1 第 1 電極

3 1 a、3 2 a 導電細線

3 1 b 第 1 開口

3 2 第 2 電極

3 2 b 第 2 開口

3 3 第 3 電極

3 4 ろ材

3 4 a ろ過膜

3 4 b 目開き

3 5 第 2 ろ室

5 1 第 1 電源

5 2 第 2 電源

5 3 第 3 電源

7 0 スラリー（原液）

7 0 A 濃縮スラリー

7 1 第 1 粒子（分離対象の粒子）

7 2 極性溶媒

7 3 水分子

7 4 第 2 粒子

7 5 ろ液

7 6 第 3 粒子

7 7 第 4 粒子

7 8 第 5 粒子

1 0 0、1 0 1～1 0 8、1 1 0 ろ過ユニット

2 0 0 A、2 0 0 B、3 0 0 A、3 0 0 B ろ過システム

F 1 第 1 粒子に発生する斥力

F 2 水分子に作用する引力

F 3 第 1 粒子に発生する斥力及び引力

F 4 第3粒子に発生する斥力及び引力

F 5 第4粒子に発生する斥力及び引力

F 6 第5粒子に発生する斥力及び引力

請求の範囲

- [請求項1] 複数の第1開口が設けられた第1電極と、
複数の第2開口が設けられ、前記第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、
複数の目開きが設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられたろ材と、
前記第1電極の他方の面と接して設けられ、分離対象の粒子と液体とを含む対象処理液が供給されるろ室と、
前記ろ室を挟んで前記第1電極と対向する第3電極と、を含む、ろ過装置。
- [請求項2] 前記第1電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第1電位が供給され、
前記第2電極に、前記粒子の極性と同じ極性であって、前記第1電位の絶対値よりも異なる絶対値の第2電位が供給される、
請求項1に記載のろ過装置。
- [請求項3] 前記第1電極に、前記粒子の極性と同じ極性の前記第1電位を供給する第1電源と、
前記第2電極に、前記粒子の極性と同じ極性の前記第2電位を供給する第2電源と、をさらに有し、
前記第3電極は、基準電位に接続される
請求項2に記載のろ過装置。
- [請求項4] 前記第1電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第1電位を供給する第1電源と、
前記第2電極に、前記粒子の極性と同じ極性の第2電位を供給する第2電源と、
前記第3電極に、前記粒子の極性と異なる極性の第3電位を供給する第3電源と、をさらに有する
請求項1に記載のろ過装置。

[請求項5] 前記目開きの大きさは、前記第1開口及び前記第2開口よりも小さい

請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のろ過装置。

[請求項6] さらに、貫通孔を有する側部筐体と、前記側部筐体を支持する下部筐体と、前記側部筐体の前記貫通孔に挿入される上部筐体と、を有し、

前記第1電極、前記第2電極及び前記ろ材の外縁は、前記側部筐体と前記下部筐体との間に挟まれて固定され、

前記第3電極は、前記上部筐体の前記下部筐体と対向する面に固定され、

前記第1電極、前記第2電極及び前記ろ材と、前記側部筐体の内壁と、前記第3電極とで囲まれた空間に前記ろ室が形成される

請求項1から請求項5のいずれか1項に記載のろ過装置。

[請求項7] 前記第3電極は、回転する、

請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のろ過装置。

[請求項8] 前記ろ材を第1ろ材とし、前記ろ室を第1ろ室とし、

さらに、前記第2電極の他方の面と接して設けられる第2ろ室と、
前記第2電極との間に前記第2ろ室を挟み、複数の第4開口が設けられた第4電極と、

複数の第5開口が設けられ、前記第4電極の一方の面と対向して設けられた第5電極と、

複数の第2目開きが設けられ、前記第4電極と前記第5電極との間に設けられた第2ろ材と、

前記第5電極の他方の面と接して設けられる第3ろ室と、
を有し、

前記第1電極の第1電位と前記第3電極の第3電位との電位差は、
前記第1電位と前記第2電極の第2電位との電位差よりも大きく、

前記第4電極の第4電位と前記第3電位との電位差は、前記第4電

位と前記第5電極の第5電位との電位差よりも大きく、

前記第4電位と前記第3電位との電位差は、前記第1電位と前記第3電位との電位差よりも大きい、

請求項1から7のいずれか1項に記載のろ過装置。

[請求項9]

前記第5電極との間に第3ろ室を挟み、複数の第6開口が設けられた第6電極と、

複数の第7開口が設けられ、前記第6電極の一方の面と対向して設けられた第7電極と、

複数の第3目開きが設けられ、前記第6電極と前記第7電極との間に設けられた第3ろ材と、

前記第7電極の他方の面と接して設けられる第4ろ室と、
を有し、

前記第6電極の第6電位と前記第3電位との電位差は、前記第6電位と前記第7電極の第7電位との電位差よりも大きく、

前記第6電位と前記第3電位との電位差は、前記第4電位と前記第3電位との電位差よりも大きい、

請求項8に記載のろ過装置。

[請求項10]

請求項1から8のいずれか1項に記載のろ過装置を第1ろ過装置として備え、さらに、第2ろ過装置を含む、ろ過システムであって、
前記第2ろ過装置は、

複数の第1開口が設けられた第1電極と、

複数の第2開口が設けられ、前記第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、

複数の目開きが設けられ、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられたろ材と、

前記第1電極の他方の面と接して設けられる第1ろ室と、

前記第1ろ室に設けられ、前記第1電極と対向する第3電極と、

前記第2電極の他方の面と接して設けられる第2ろ室と、

を有し、

前記第1ろ過装置の第2ろ室の中間処理液が、前記第2ろ過装置の第1ろ室へ供給される、

ろ過システム。

[請求項11] 前記第2ろ過装置における第1ろ室へ、前記第1ろ過装置における、第2ろ室の中間処理液を供給するための加圧装置をさらに備える、請求項10に記載のろ過システム。

[請求項12] 第3ろ過装置をさらに備え、

前記第3ろ過装置は、

複数の第1開口が設けられた第1電極と、

複数の第2開口が設けられ、当該第1電極の一方の面と対向して設けられた第2電極と、

複数の目開きが設けられ、当該第1電極と当該第2電極との間に設けられたろ材と、

当該第1電極の他方の面と接して設けられる第1ろ室と、

当該第1ろ室に設けられ、当該第1電極と対向する第3電極と、

当該第2電極の他方の面と接して設けられる第2ろ室と、

を有し、

前記第3ろ過装置において、前記第1電極の第1電位と前記第3電極の第3電位との第1電位差は、前記第1電位と前記第2電極の第2電位との第2電位差よりも大きく、

前記第2ろ過装置における、第2ろ室の中間処理液が、前記第3ろ過装置における第1ろ室へ供給され、

前記第3ろ過装置における第1電位差は、前記第2ろ過装置における第1電位差よりも大きい、

請求項10又は請求項11に記載のろ過システム。

[請求項13] 複数のろ過ユニットを有するろ過装置であって、

前記ろ過ユニットは、

複数の第 1 開口が設けられた第 1 電極と、

複数の第 2 開口が設けられ、かつ前記第 1 電極の一方の面と対向して設けられた第 2 電極と、

複数の目開きが設けられ、かつ前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に設けられたろ材と、

前記第 1 電極の他方の面と接して設けられる第 1 ろ室と、

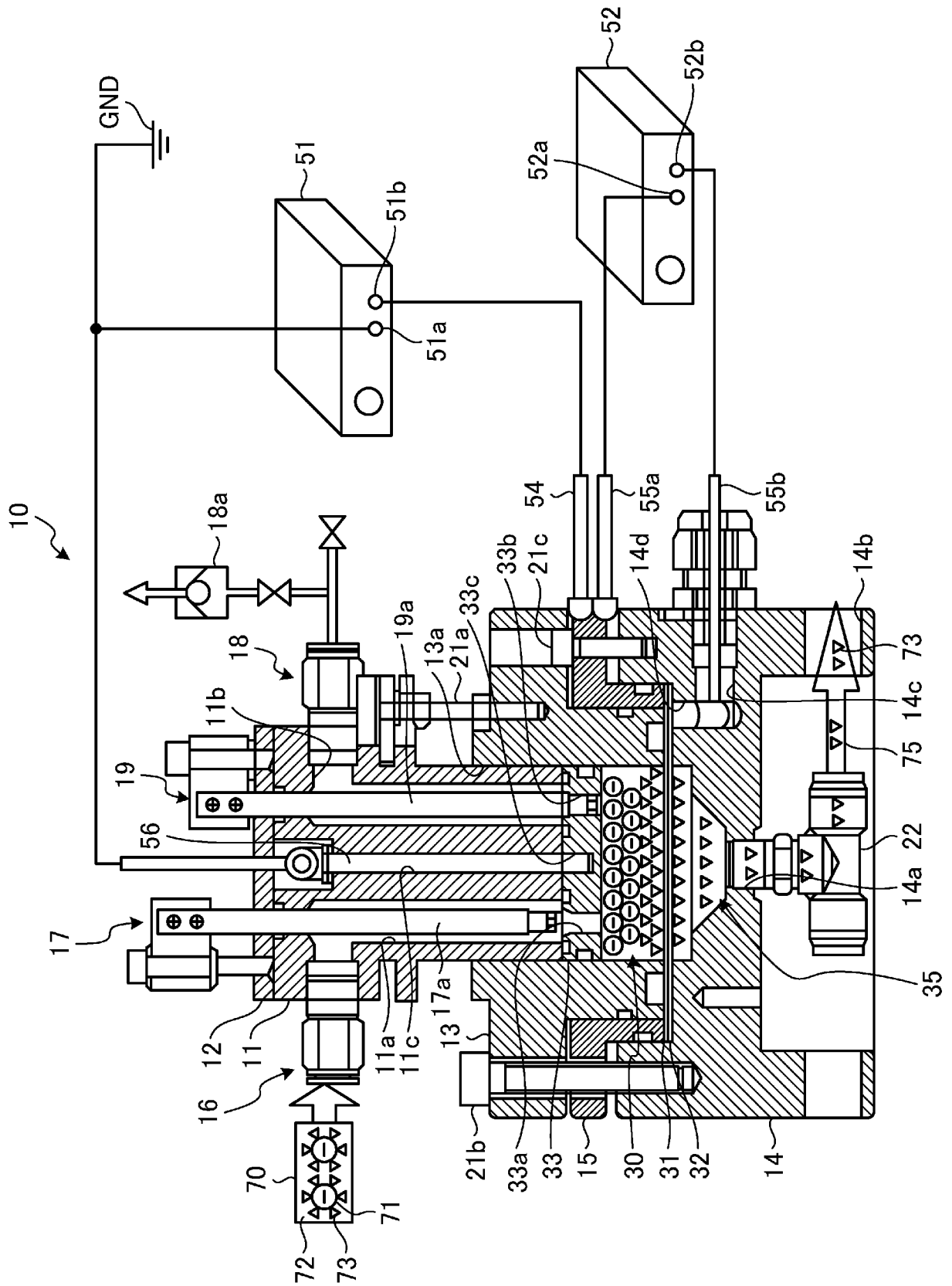
前記第 1 ろ室に設けられ、かつ前記第 1 電極と対向する第 3 電極と、
、を含み、

2 つの、前記ろ過ユニットが一方向に並んで配置され、2 つの前記第 2 電極の間に設けられる第 2 ろ室を備える、ろ過装置。

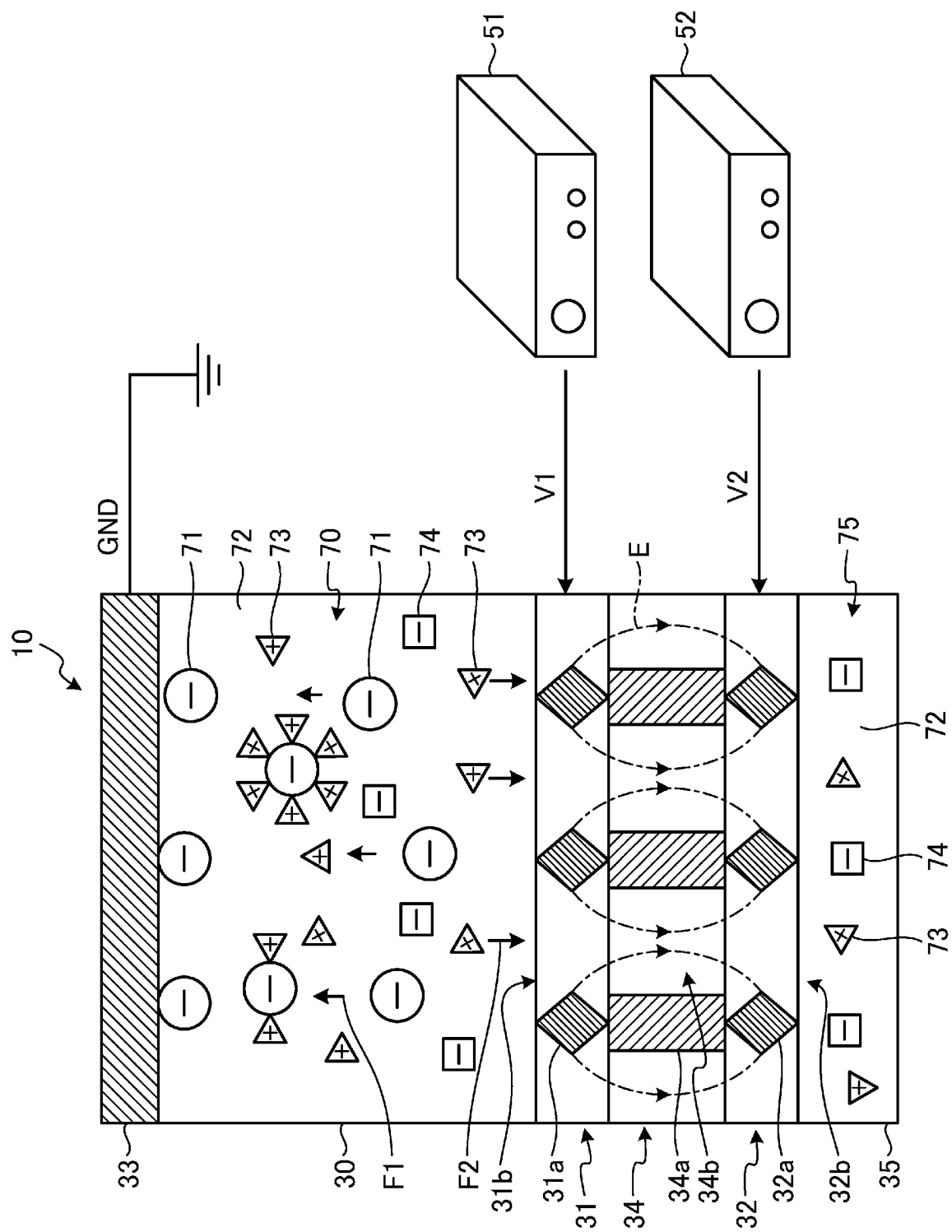
[請求項14] 前記第 1 ろ室には、対象処理液を供給するための供給部と、前記供給部とは異なる位置に設けられ、前記対象処理液の一部を排出するための第 1 排出部とが接続されている請求項 1 3 に記載のろ過装置。

[請求項15] 前記第 2 ろ室には、前記第 2 ろ室にあるろ液を排出するための第 2 排出部が接続されている、請求項 1 3 又は請求項 1 4 に記載のろ過装置。

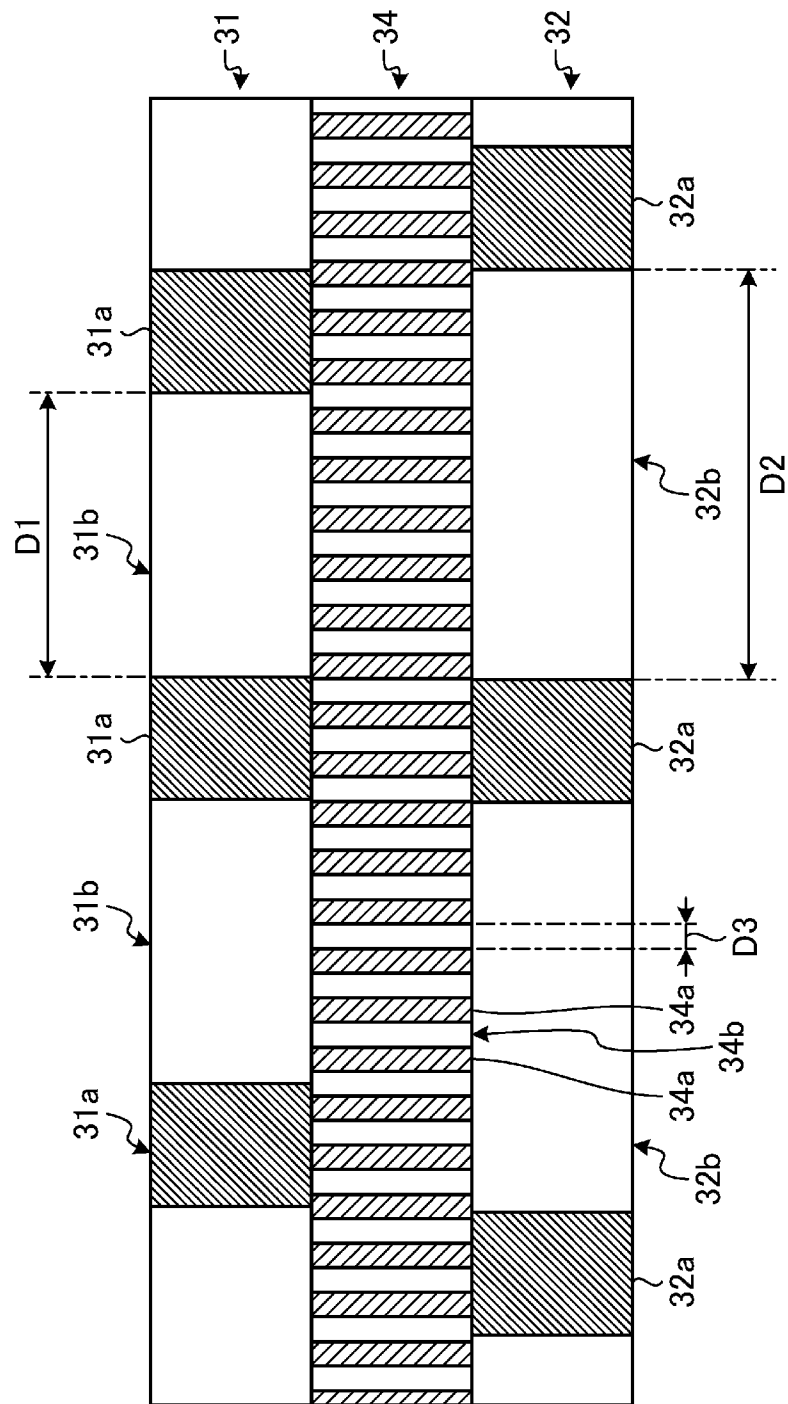
[図1]



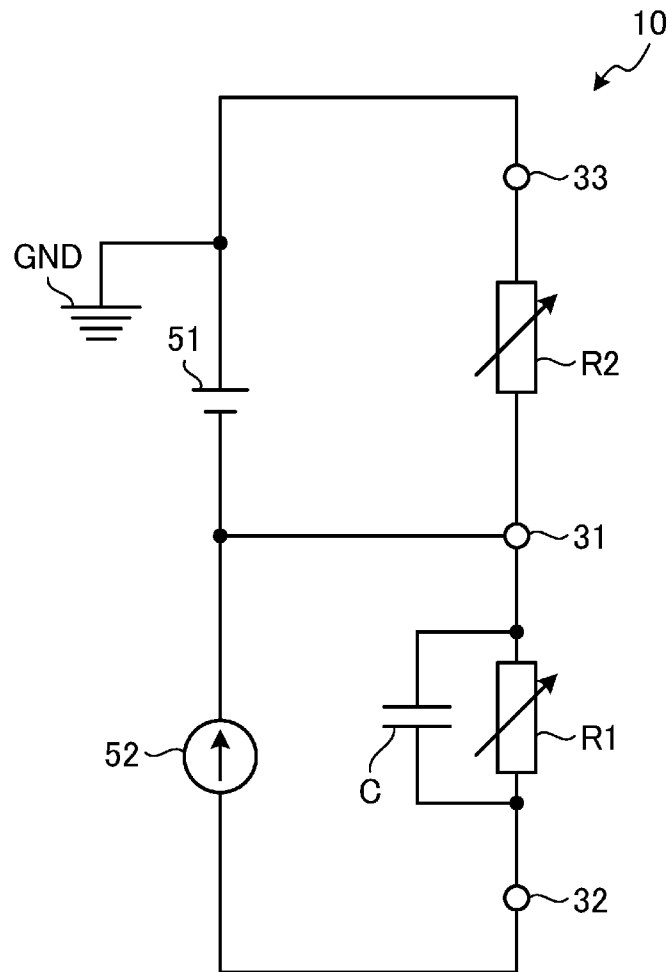
[図2]



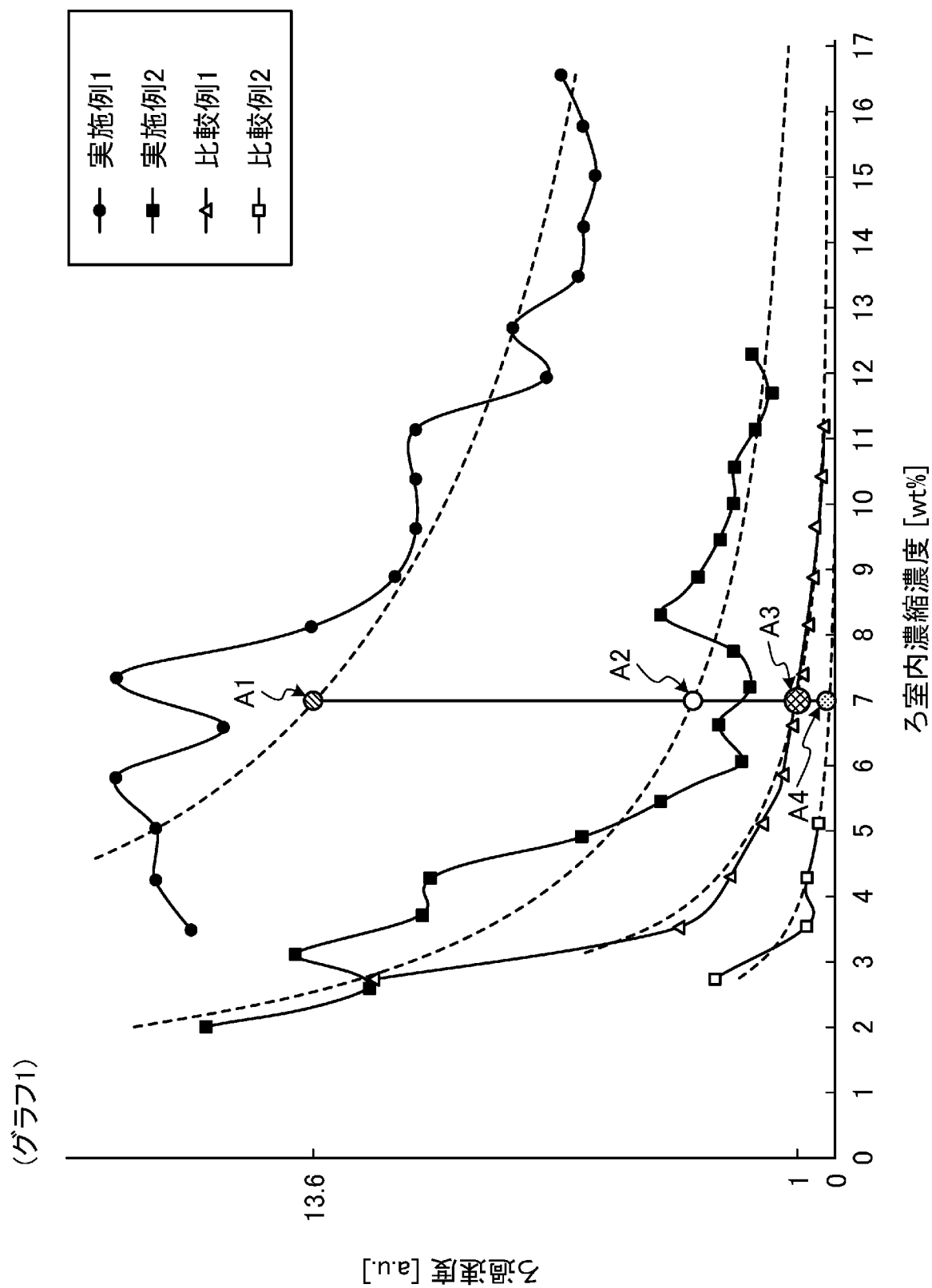
[図3]



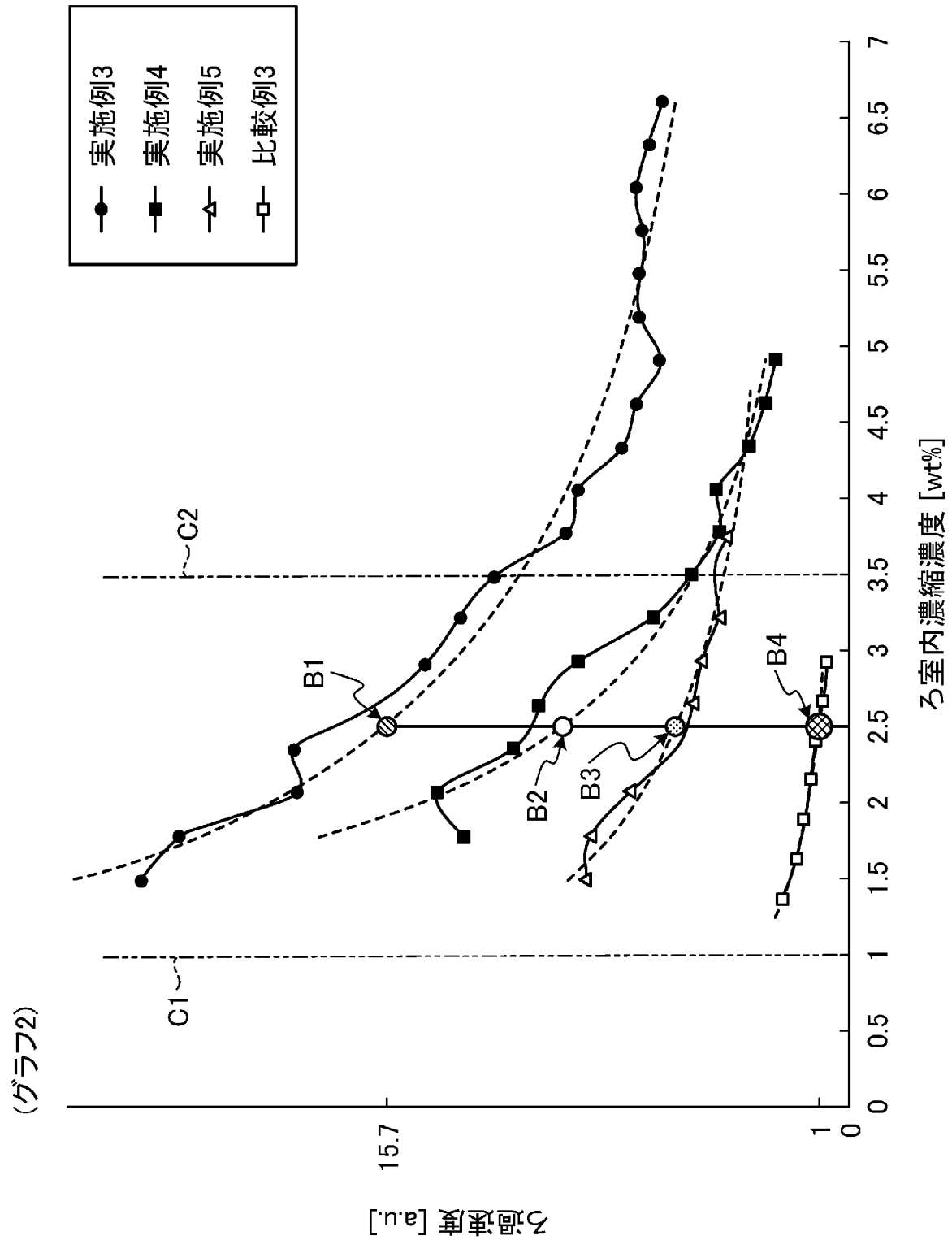
[図4]



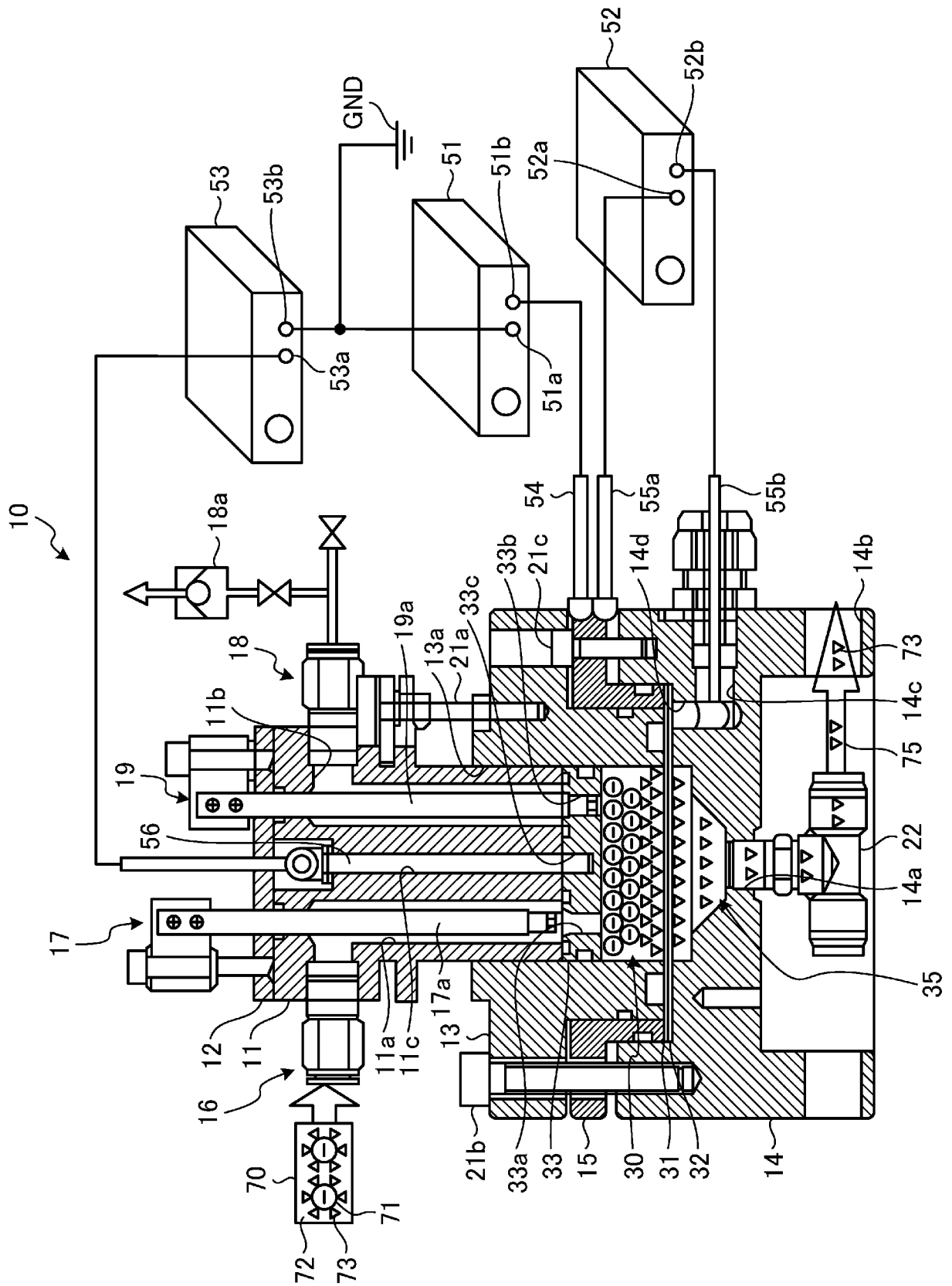
[図5]



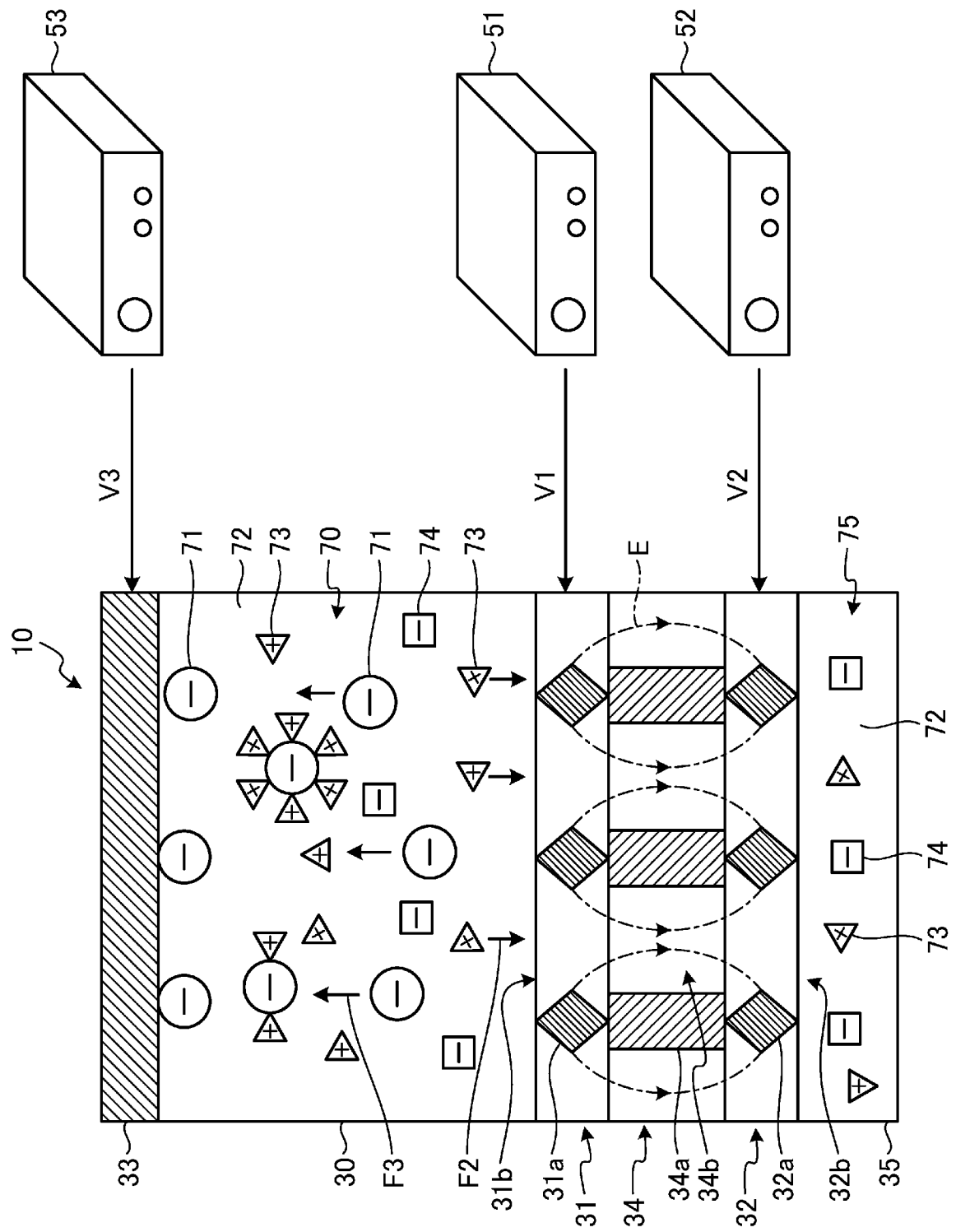
[図6]



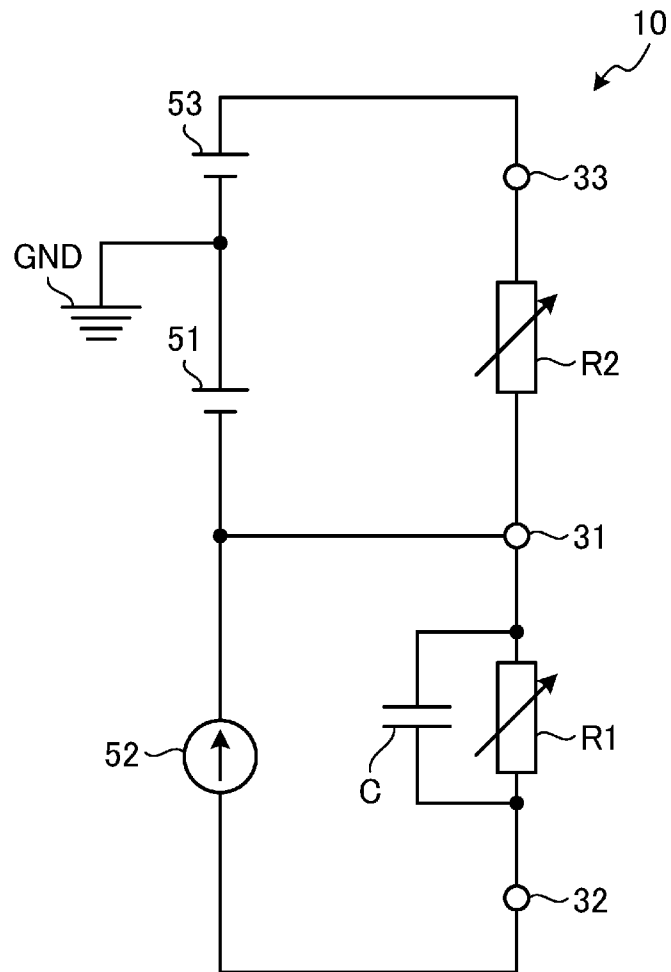
[図7]



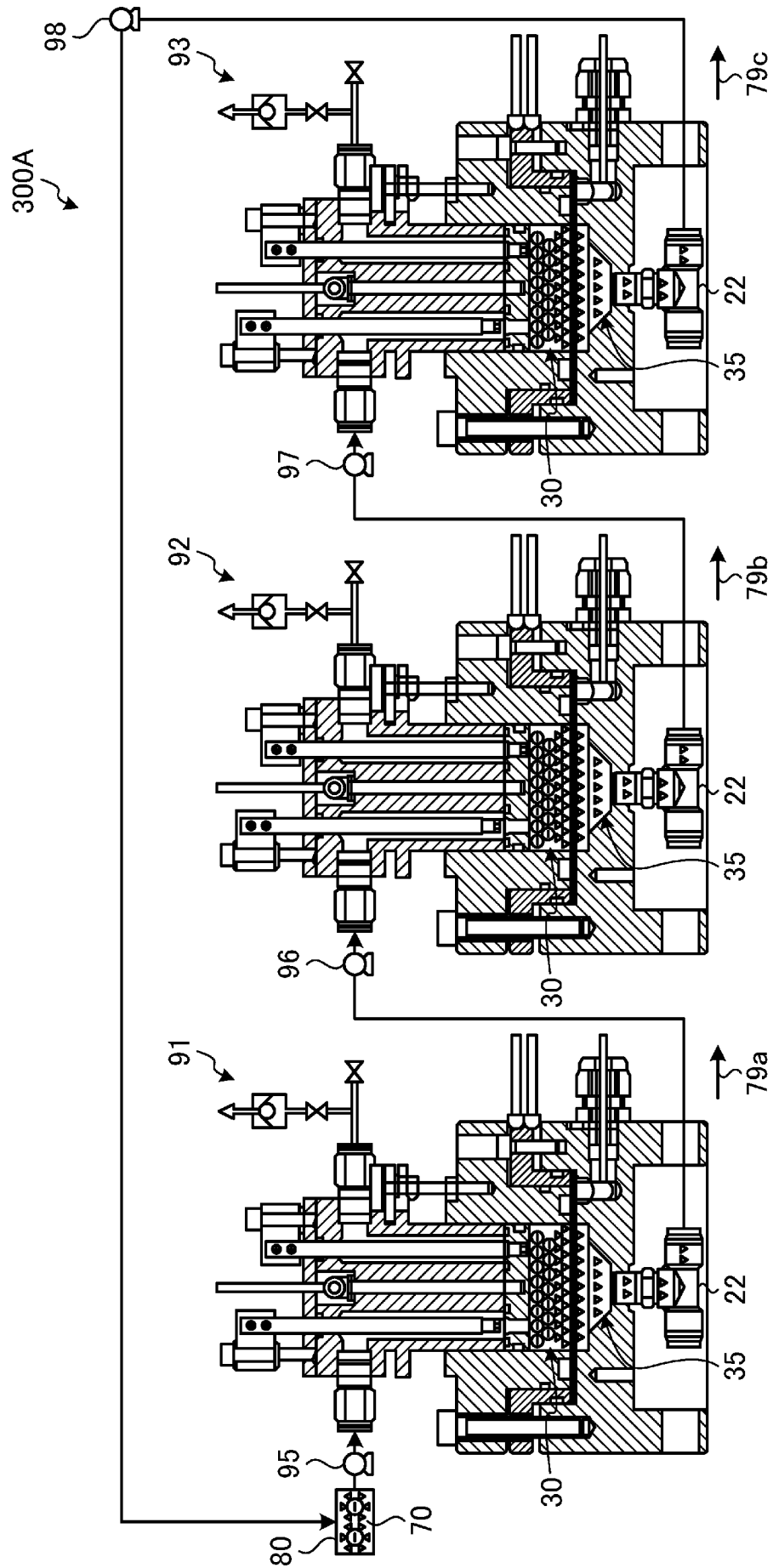
[図8]



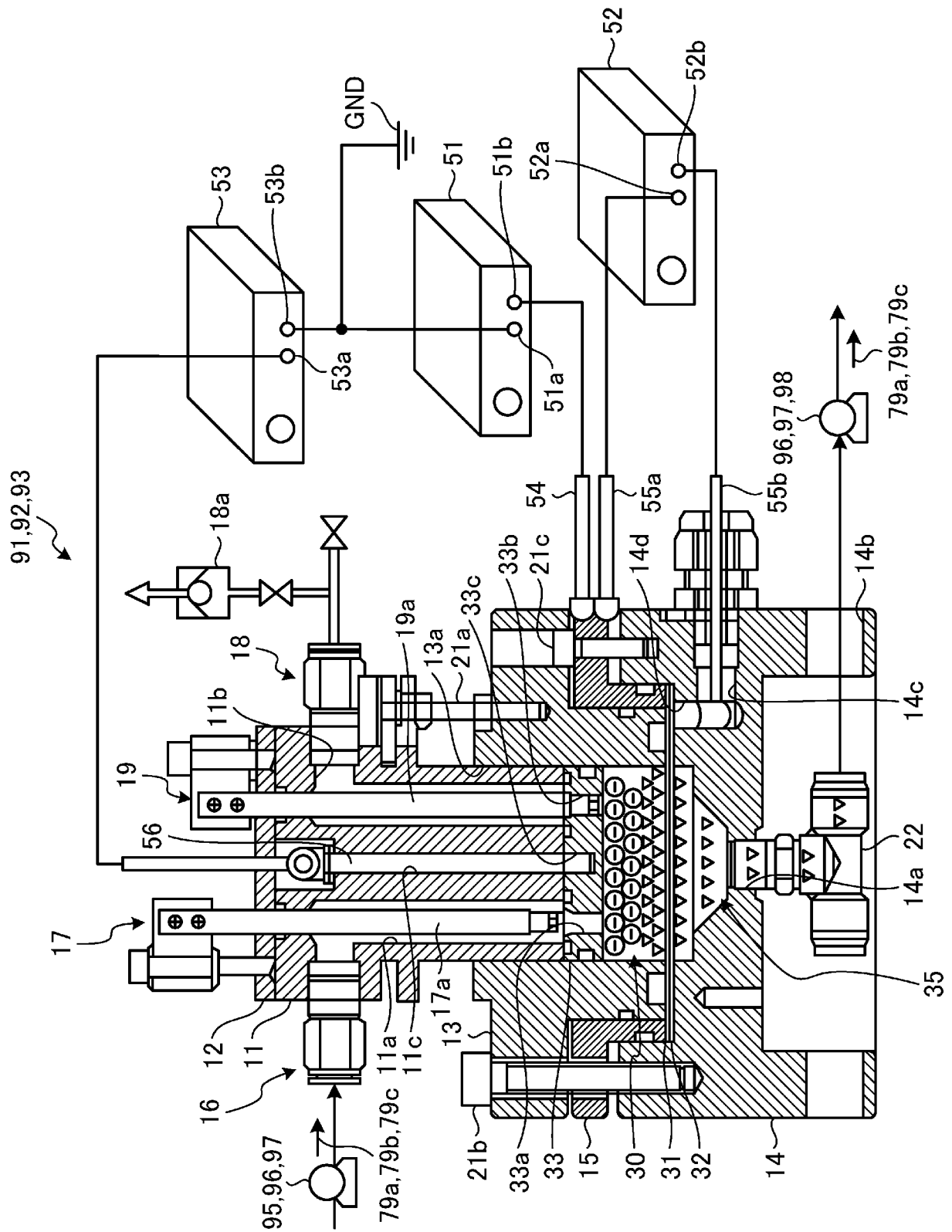
[図9]



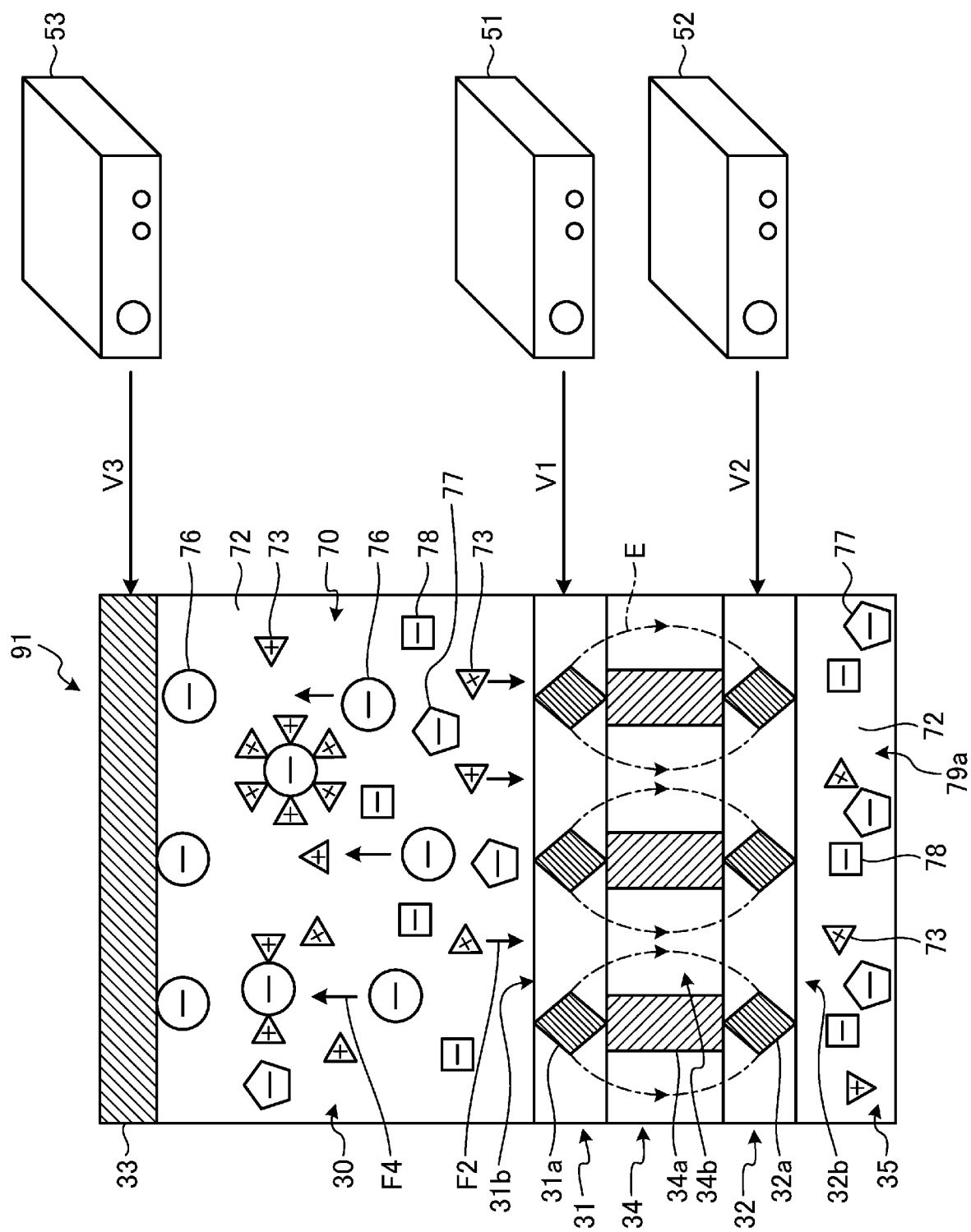
[図12A]



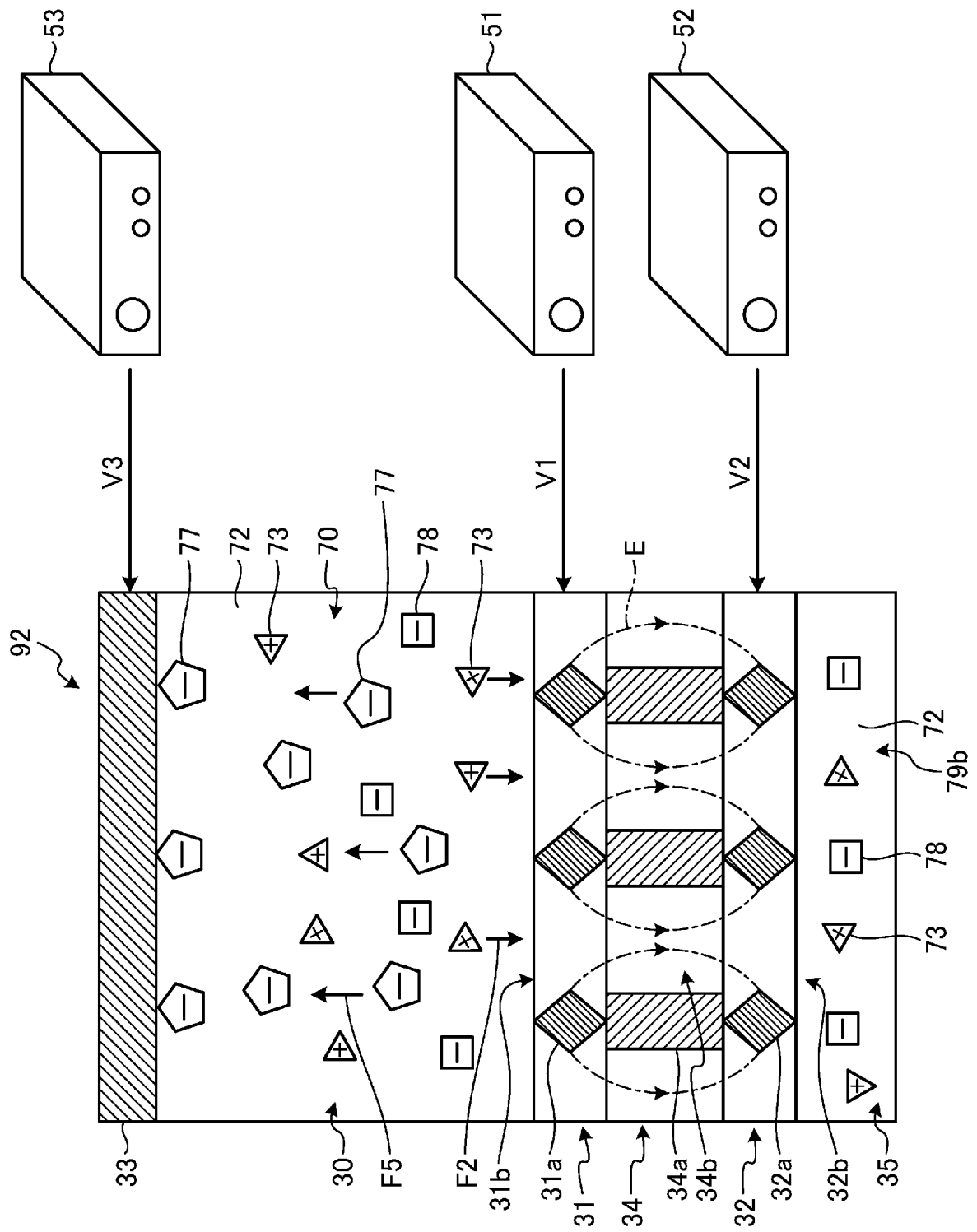
[図13]



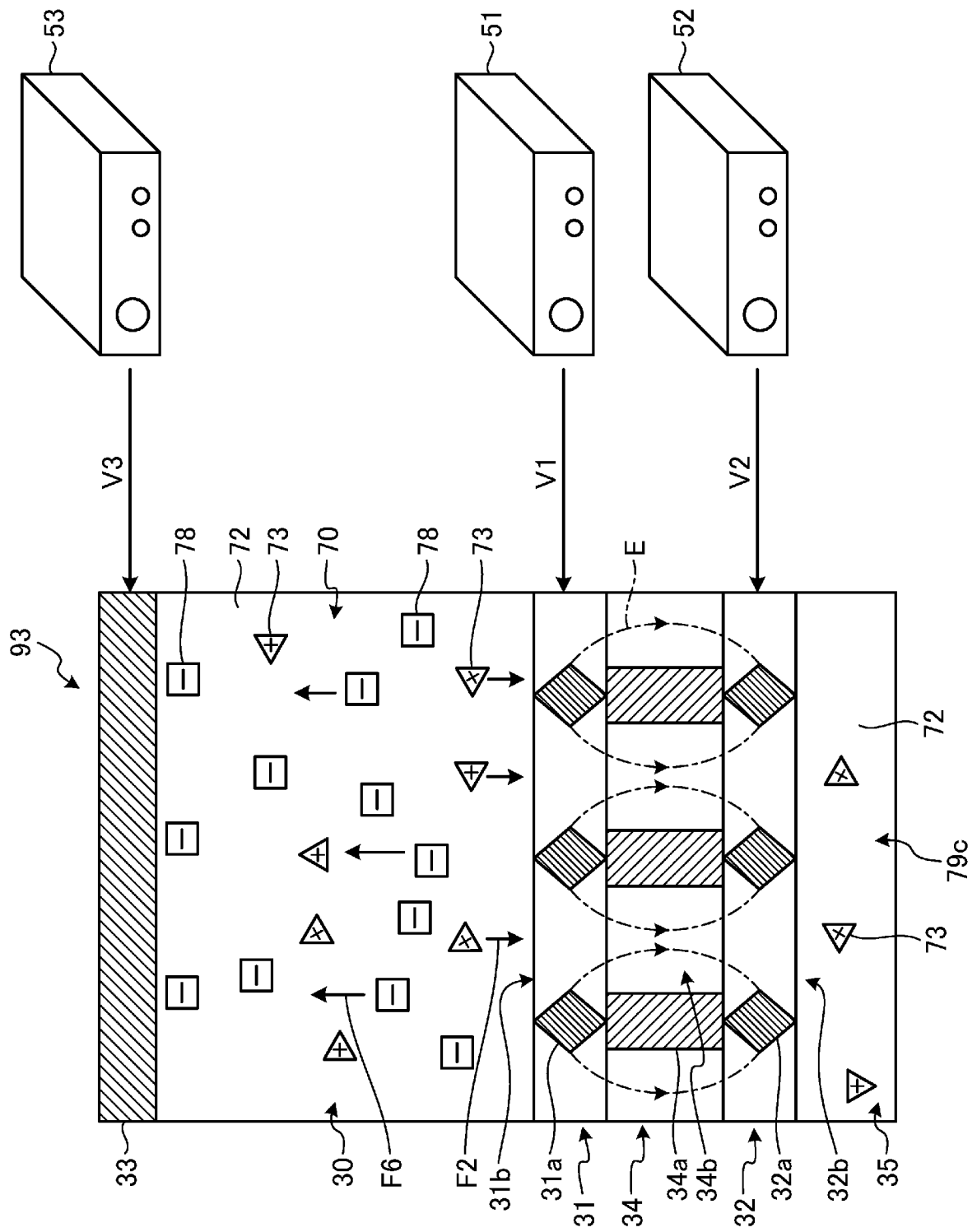
[図14]



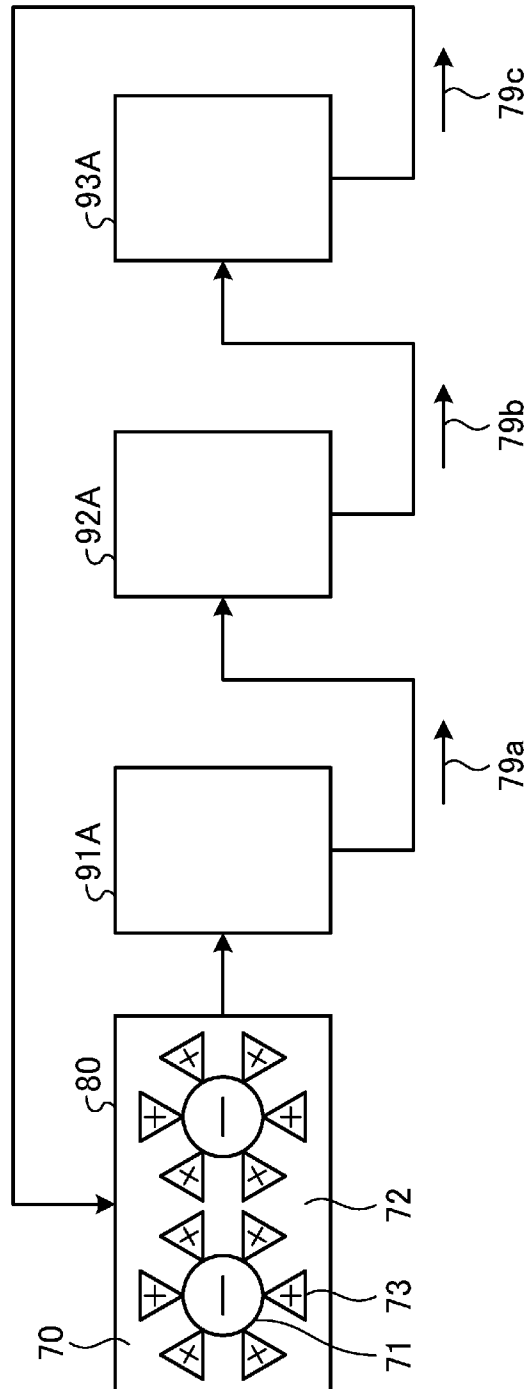
[図15]



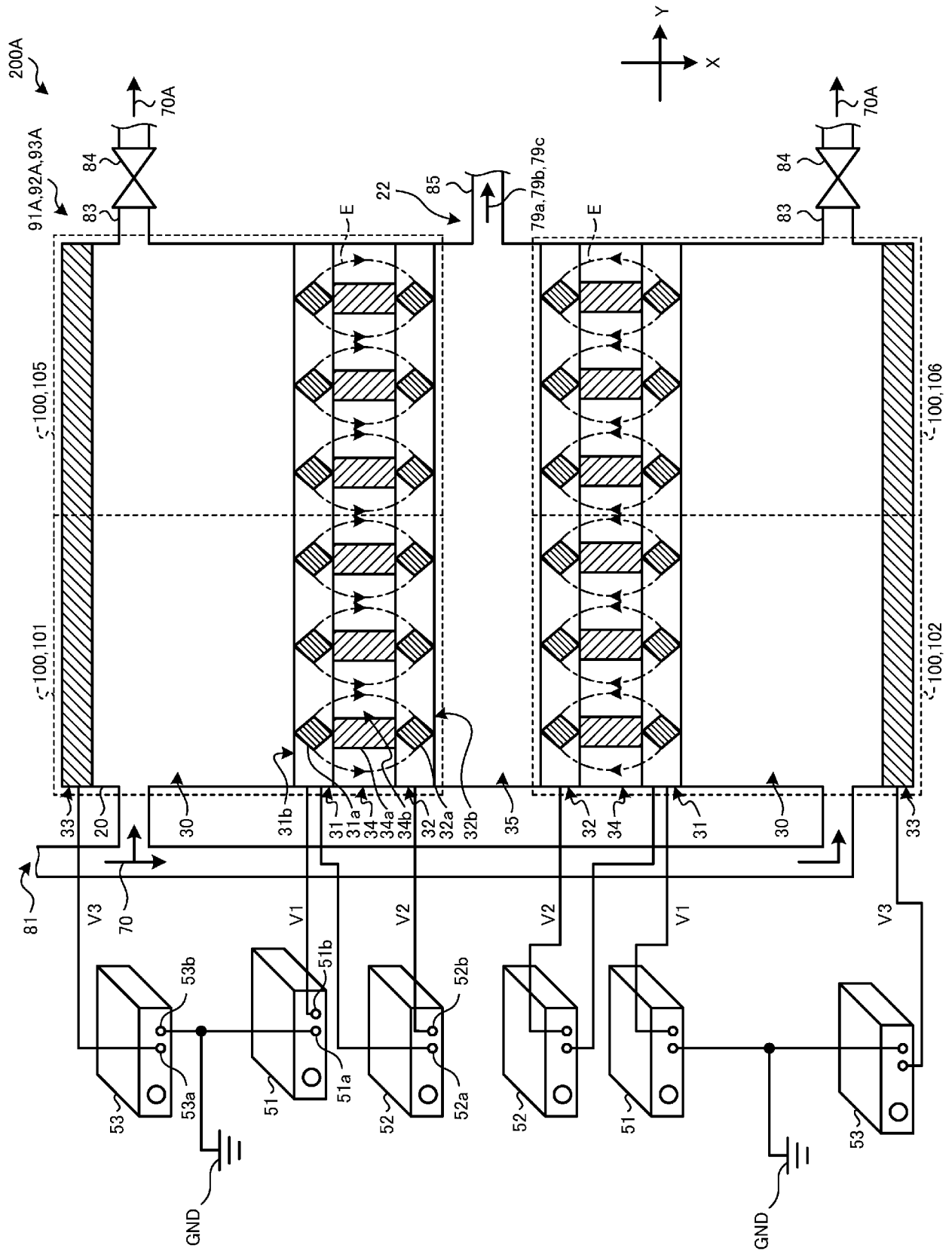
[図16]



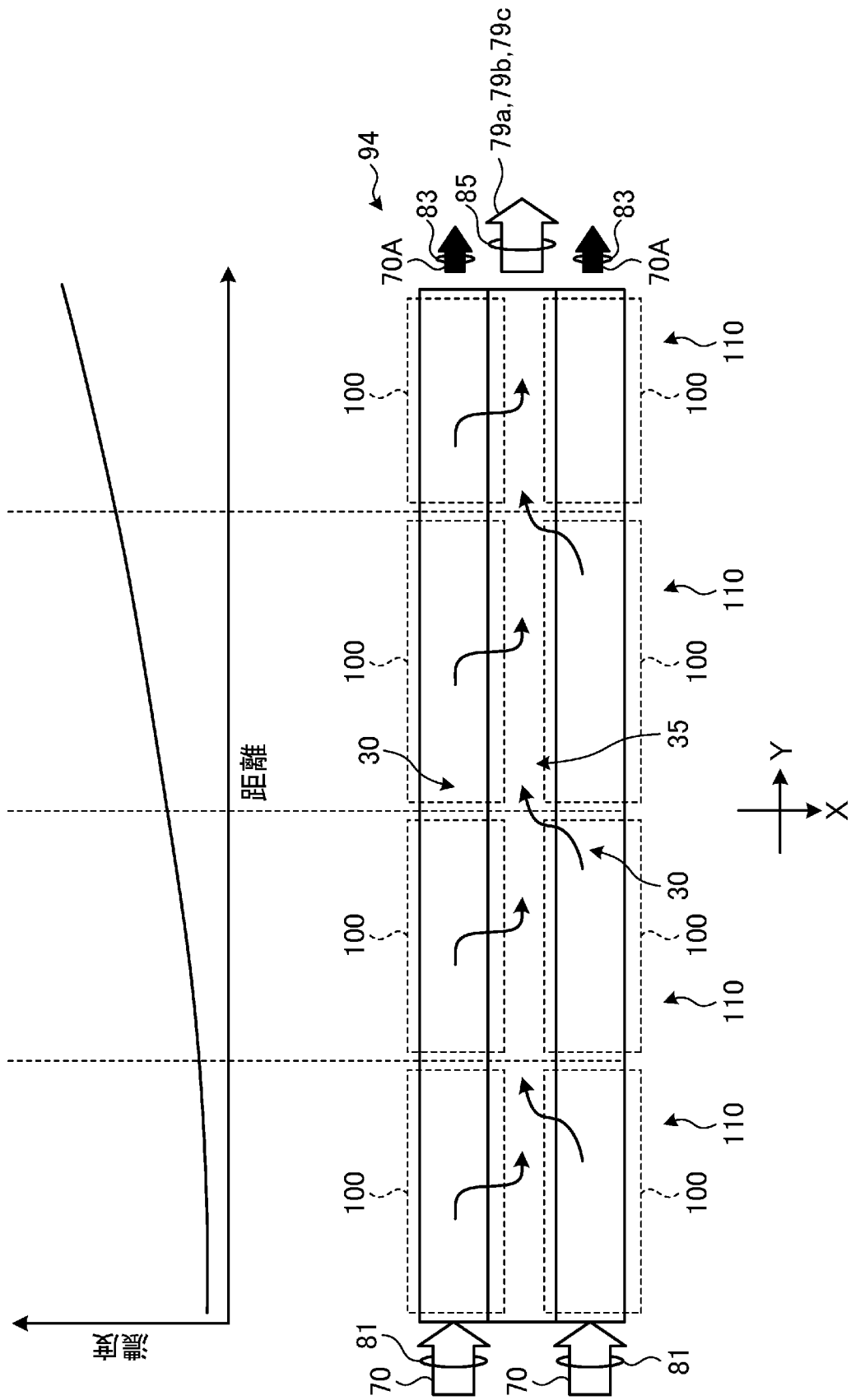
[図17]



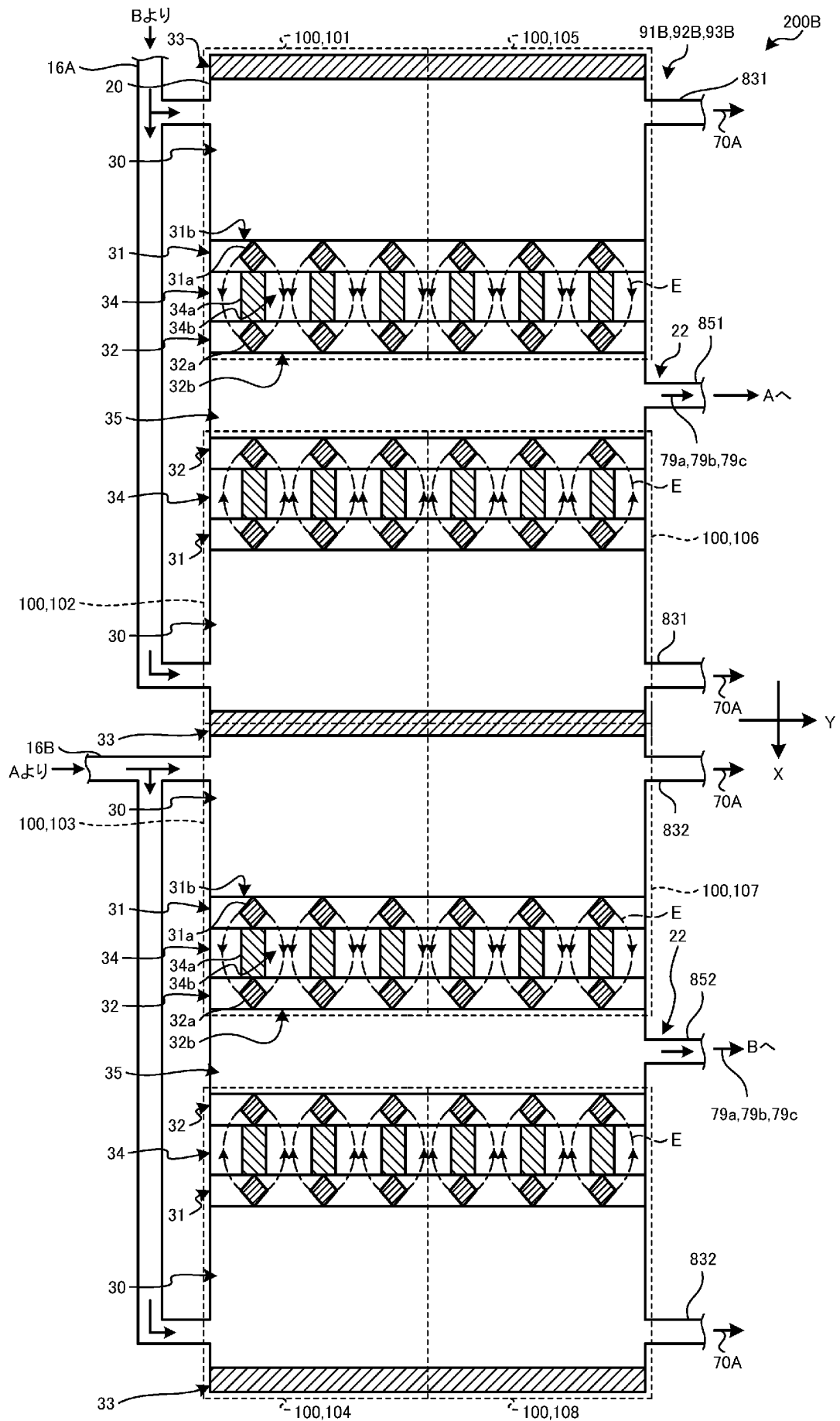
[図18]



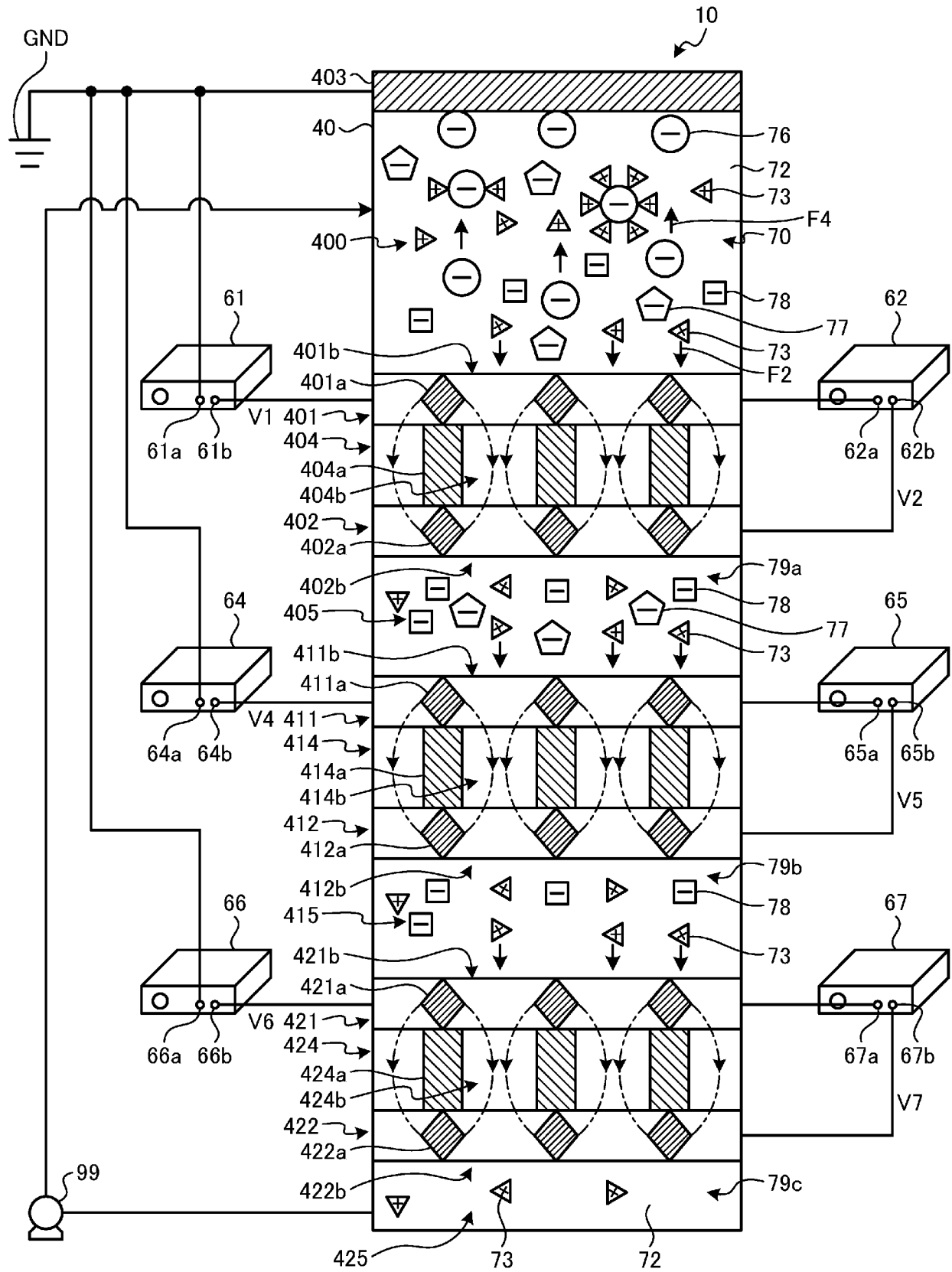
[図19]



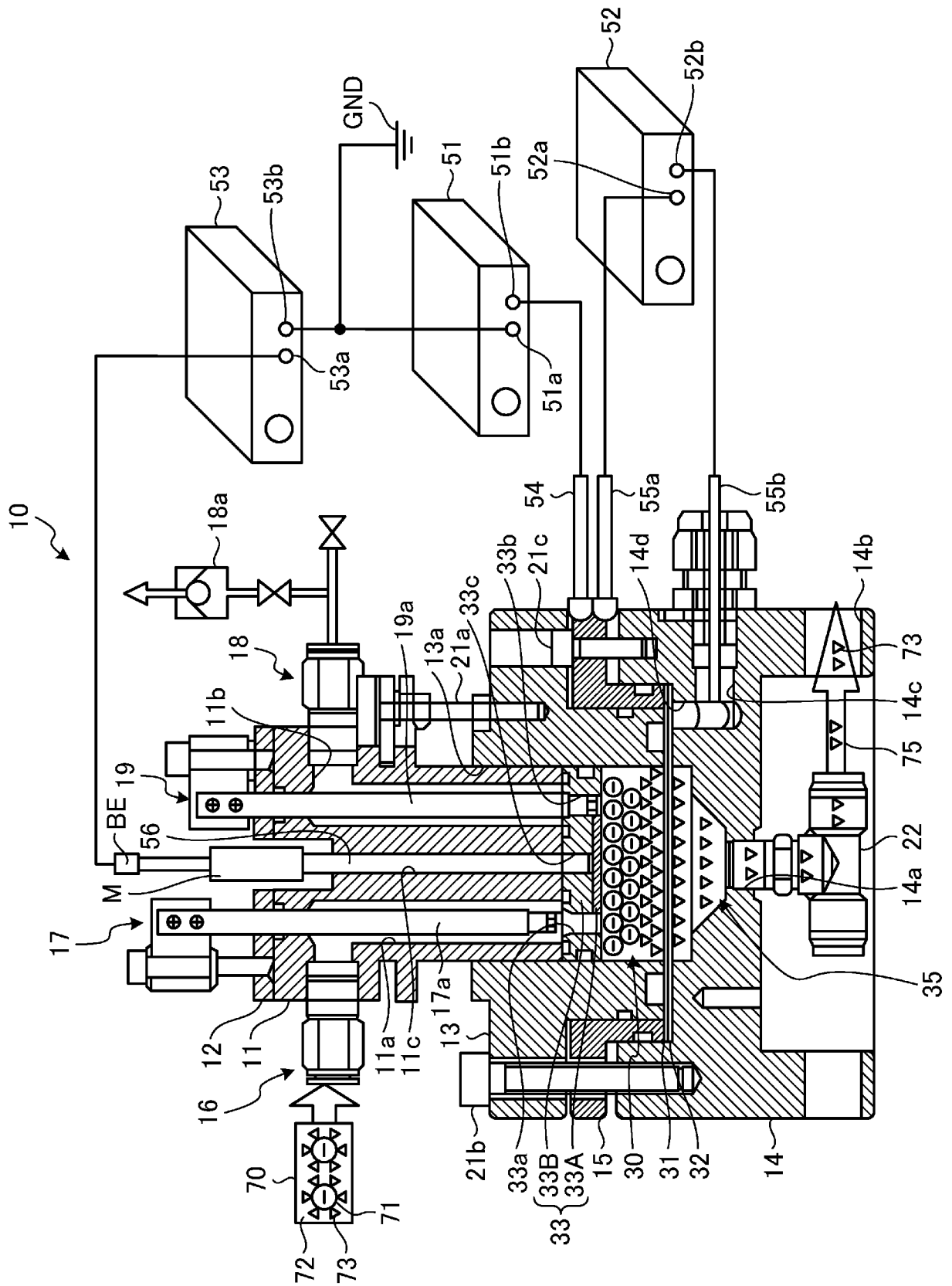
[図20]



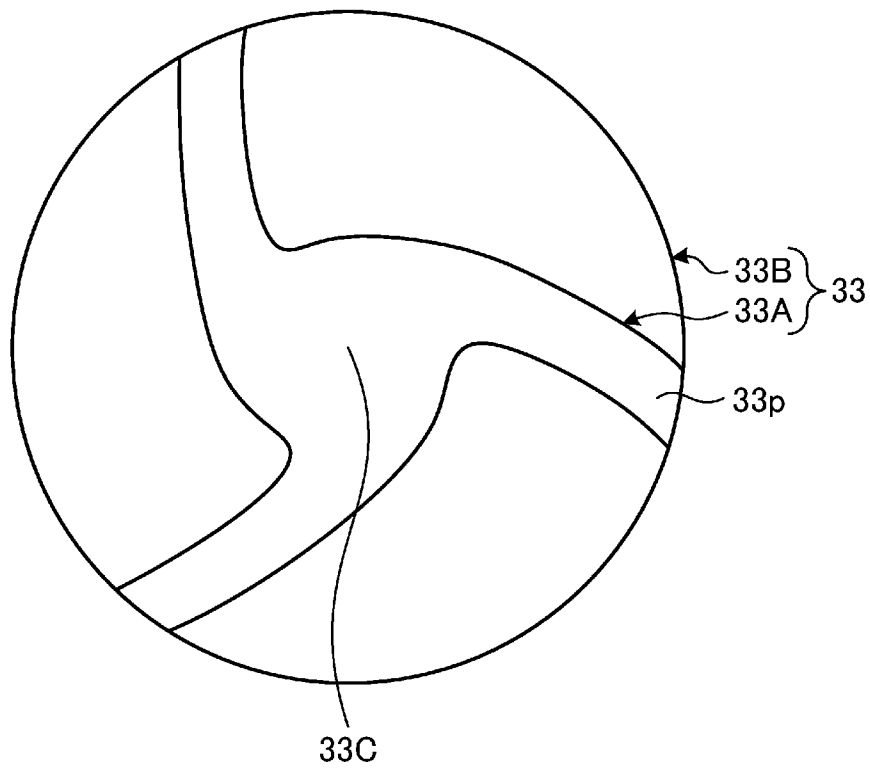
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/034434

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B01D 35/06 (2006.01)i FI: B01D35/06 T; B01D35/06 S 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) B01D35/06, B01D29/00-29/96, B01D57/00-57/02, B01D61/00-71/82, C02F1/44-1/48, C02F11/00-11/20, B03C5/00-5/02, C12M1/00-3/10 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021 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.
X A	JP 62-071509 A (ZEOTECH LRC CO., LTD.) 02 April 1987 (1987-04-02) claims, pp. 1, 2, lower right column, line 18 to page 4, lower left column, line 10, fig. 1	1, 5, 10-11 2-4, 6-9, 12-15
X A	JP 62-216616 A (OKANOE, Kimihiko) 24 September 1987 (1987-09-24) claims, pp. 1-4, 3, upper left column, line 18 to same page, lower left column, line 2, fig. 3	1, 5, 10-11 2-4, 6-9, 12-15
A	JP 48-004161 B1 (HITACHI, LTD.) 06 February 1973 (1973-02-06)	1-15
A	WO 2008/142868 A1 (BASIC CO., LTD.) 27 November 2008 (2008-11-27)	1-15
A	JP 2005-254118 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 22 September 2005 (2005-09-22)	1-15
A	US 2004/0129654 A1 (POSTEN, Clements) 08 July 2004 (2004-07-08)	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 26 October 2021		Date of mailing of the international search report 09 November 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/034434

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	62-071509	A	02 April 1987	US 4778584 A claims, page 7, column 4, line 3 to column 5, line 28, fig. 3 CN 86104025 A DE 3629102 A1 KR 10-1987-0001856 A	
JP	62-216616	A	24 September 1987	(Family: none)	
JP	48-004161	B1	06 February 1973	(Family: none)	
WO	2008/142868	A1	27 November 2008	JP 2008-290008 A	
JP	2005-254118	A	22 September 2005	(Family: none)	
US	2004/0129654	A1	08 July 2004	AT 325820 T DE 10064298 A1 DK 1351994 T3 EP 1351994 A1 ES 2261337 T3 PT 1351994 E WO 2002/051874 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 35/06(2006.01)i FI: B01D35/06 T; B01D35/06 S		
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（IPC）） B01D35/06, B01D29/00-29/96, B01D57/00-57/02, B01D61/00-71/82, C02F1/44-1/48, C02F11/00-11/20, B03C5/00-5/02, C12M1/00-3/10		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
X	JP 62-071509 A (ゼオテック・エル・アール・シー株式会社) 02.04.1987 (1987 - 04 - 02) 特許請求の範囲第1項, 2頁右下欄18行-4頁左下欄10行, 図1	1, 5, 10-11
A		2-4, 6-9, 12-15
X	JP 62-216616 A (岡上 公彦) 24.09.1987 (1987 - 09 - 24) 特許請求の範囲第1-4項, 3頁左上欄18行-同頁左下欄2行, 図3	1, 5, 10-11
A		2-4, 6-9, 12-15
A	JP 48-004161 B1 (株式会社日立製作所) 06.02.1973 (1973 - 02 - 06)	1-15
A	WO 2008/142868 A1 (ベシック株式会社) 27.11.2008 (2008 - 11 - 27)	1-15
A	JP 2005-254118 A (三洋電機株式会社) 22.09.2005 (2005 - 09 - 22)	1-15
A	US 2004/0129654 A1 (POSTEN, Clements) 08.07.2004 (2004 - 07 - 08)	1-15
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 26.10.2021		国際調査報告の発送日 09.11.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 目代 博茂 4Q 9630 電話番号 03-3581-1101 内線 3468

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/034434

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	62-071509	A	02.04.1987	US 4778584 A 請求の範囲第7項, 4欄3行-5 欄28行, 図3 CN 86104025 A DE 3629102 A1 KR 10-1987-0001856 A	
JP	62-216616	A	24.09.1987	(ファミリーなし)	
JP	48-004161	B1	06.02.1973	(ファミリーなし)	
WO	2008/142868	A1	27.11.2008	JP 2008-290008 A	
JP	2005-254118	A	22.09.2005	(ファミリーなし)	
US	2004/0129654	A1	08.07.2004	AT 325820 T DE 10064298 A1 DK 1351994 T3 EP 1351994 A1 ES 2261337 T3 PT 1351994 E WO 2002/051874 A1	