

(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
2012 年 9 月 20 日(20.09.2012)



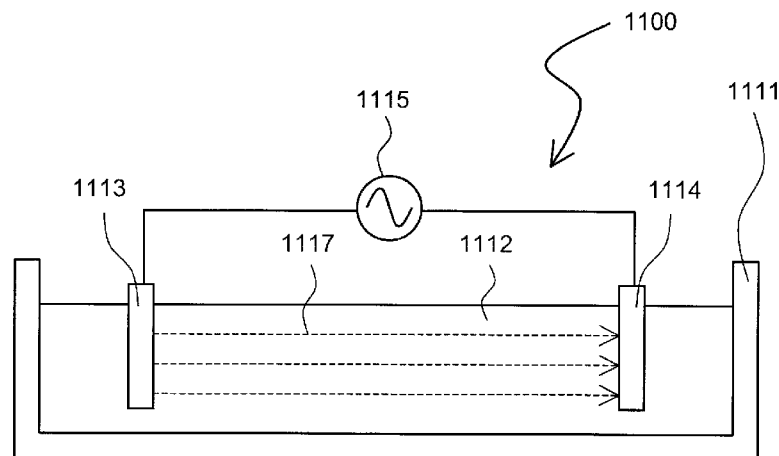
(10) 国際公開番号
WO 2012/124415 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052989
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 9 日(09.02.2012)
- (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:
特願 2011-054362 2011 年 3 月 11 日(11.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴田 晃秀
(SHIBATA, Akihide). 小宮 健治(KOMIYA, Kenji).
根岸 哲(NEGISHI, Tetsu). 岩田 浩(IWATA,
Hiroshi).
- (74) 代理人: 野河 信太郎, 外(NOGAWA, Shintaro et
al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満 5 丁目 1
6-3 西天満ファイブビル 野河特許事務所
Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTRIC FIELD GENERATOR AND ELECTRIC FIELD GENERATION METHOD

(54) 発明の名称: 電界発生装置および電界発生方法

【図5】



(57) Abstract: An electric field generator comprising: a container containing a liquid; a first electrode and a second electrode, said electrodes being placed at a preset interval in a state where at least a part of each electrode is soaked in the liquid contained in said container; and an alternating current generator, which is connected to the first and second electrodes, for applying an unsymmetrical alternating current between the electrodes. This electric field generator is characterized in that said alternating current generator generates in said liquid either an electric field that flows substantially from the first electrode toward the second electrode or an electric field that flows substantially from the second electrode toward the first electrode.

(57) 要約: 液体が注入された容器と、前記容器に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、前記交流発生器が、前記液体中に実質的に前記第1の電極から第2の電極へ向かう電界、または実質的に前記第2の電極から第1の電極へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させることを特徴とする電界発生装置。



WO 2012/124415 A1

明 細 書

発明の名称：電界発生装置および電界発生方法

技術分野

[0001] この発明は、液体中に電界を発生させる電界発生装置および電界発生方法に関する。また、液体中に浮遊する固体を移動させる浮遊体移動装置および浮遊体移動方法、電気泳動装置および電気泳動方法、電気浸透流ポンプおよびその動作方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、荷電粒子やタンパク質などの分子の分離・分析をするために、分子等を含む溶液中に一对の電極を浸してその電極間に直流電圧を印加する電気泳動法が用いられてきた。このように、一对の電極間に直流電圧を印加すると、溶液中に一方向の電界が生じるので、荷電粒子等を一方の電極の方向へ移動させることができる。

[0003] たとえば、特許文献1には、DNAの塩基配列を決定するのに用いられる電気泳動装置が記載されている。

この特許文献1の電気泳動装置では、溶液に相当するスラブ状泳動ゲルの両端に、電解液に収容された電極層を配置し、この電極層には泳動電圧を印加する泳動電源が接続される。泳動電源は直流電源であり、電極層間に一方向の直流電圧（電界）が印加されると、一方向に直流電流が流れ、泳動ゲル中に注入された分析対象のDNA断片試料が、泳動ゲル中を泳動して分離される。

また、液体中に一对の電極を配置して、この電極間に直流電圧を印加して液体中に一方向の電界を発生させる装置は、電気浸透流ポンプや、帯電した微細な粒子を移動させる装置など、種々の分野で利用されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平7-151687号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、電極間に直流電流を流すことにより液体内に電界を発生させた場合、長時間一方向への電流が流れることにより、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題があった。

さらに、これらの反応により、液体中に気泡が発生し、又は液体が汚染されるという問題も発生する。また、これらの問題は、電気泳動装置においては、試料の汚染につながり、電気浸透流ポンプにおいては、気泡による動作不良を招いていた。

[0006] そこで、この発明は、以上のような事情を考慮してなされたものであり、液体の電気分解や電気化学反応等を起こすことなく、液体中の一方向に電界を発生させることが可能な電界発生装置および電界発生方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] この発明は、液体が注入された容器と、前記容器に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、前記交流発生器が、前記液体中に実質的に前記第1の電極から第2の電極へ向かう電界、または実質的に前記第2の電極から第1の電極へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させることを特徴とする電界発生装置を提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加しているので、液体内に実質的に一方向の電界を発生することができ、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを抑制することができる。

[0008] ここで、前記の電界発生装置において、前記第1の電極と第2の電極は、前記容器に注入された前記液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を

交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に 0 となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第 1 の電極と第 2 の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体の電気分解や電気化学反応が起こりにくくなり、電極が腐食することを確実に防止できる。

[0009] また、電界発生装置において、前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

これによれば、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるので、2 つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを更に確実に防止できる。

[0010] また、この発明は、物体が浮遊する液体が注入された容器と、前記容器に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第 1 の電極および第 2 の電極と、前記第 1 の電極および第 2 の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、前記交流発生器が印加した非対称交流によって、前記液体中に浮遊する物体に対し、前記第 1 の電極から第 2 の電極への移動、または前記第 2 の電極から第 1 の電極への移動のうちいずれか一方の移動をさせることを特徴とする浮遊体移動装置を提供するものである。

これによれば、第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称な交流を印加しているので、液体内に浮遊する物体を一方向に移動することができ、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを抑制することができる。

[0011] ここで、前記の浮遊体移動装置において、前記第 1 の電極と第 2 の電極は、いずれも液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体の電気分解や電気化学反応が起こりにくくなり、電極が腐食することを確実に防止できる。

[0012] また、浮遊体移動装置において、前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

上記実施の形態では、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるので、2つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを更に確実に防止できる。

[0013] また、この発明は、試料を含む液体が注入された泳動槽と、前記泳動槽に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、前記交流発生器が印加した非対称な交流によって、液体中に含まれた試料を、液体中の第1の電極と第2の電極との間を泳動させ、前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電気泳動装置を提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加しているので、試料を電気泳動させることができ、電気泳動を行なう際に、液体が電気分解して気泡が発生することを防止でき、電気化学反応により電極が腐食して液体が汚染することを防止できる。したがって、電気泳動により、試料に対するより精確な解析が可能となる。

[0014] また、この発明は、所定の間隔を空けて対向配置された第1の電極および第2の電極と、前記第1の電極と第2の電極とに挟まれた空間に配置され、電気泳動粒子と分散液とを内包した複数のカプセルからなる電気泳動素子と、前記第1の電極と第2の電極とに接続され、両電極間に非対称な交流を印

加させる交流発生器とを備え、前記非対称な交流によって、各カプセル内の電気泳動粒子を一方の電極の方向へ移動させることを特徴とする電気泳動表示装置を提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加しているので、各カプセル内の電気泳動粒子を一方の電極の方向に移動させ続けることができ、各カプセルの位置を画素とした場合に、電気泳動に基づく表示をさせることができる。

[0015] また、この発明は、液体を流す流路と、前記流路の上流部と下流部にそれぞれ離間して配置され、複数の孔を有する第1の電極と第2の電極と、前記第1の電極および第2の電極とに接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、前記非対称交流を印加することにより、前記流路内に流入された液体を、流路内の上流部にある第1の電極から下流部にある第2の電極の方向へと輸送することを特徴とする電気浸透流ポンプを提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加しているので、流路内の液体を一方向に搬送することができ、液体が電気分解して気泡が生じることを防止でき、電気化学反応により電極が腐食することを防止できる。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、電気浸透流ポンプの構造を単純化することができ、電気浸透流ポンプの信頼性を高くすることができる。

[0016] ここで、前記の電気浸透流ポンプにおいて、前記第1の電極と第2の電極は、前記流路に流入された前記液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の1周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体の電気分解や電気化学反応が起こりにくくなり、電極が腐食す

ることを確実に防止できる。

[0017] また、電気浸透流ポンプにおいて、前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

これによれば、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるので、2 つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解して気泡が生じることはなく、電気化学反応により電極が腐食することも更に確実に防止できる。

さらに、電気浸透流ポンプにおいて、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の前記流路内に、多孔質からなる電気浸透材を設けてもよい。

[0018] また、この発明の電気浸透流ポンプは、燃料電池に設けることができる。

さらに、この発明の電気浸透流ポンプは、冷却ポンプや薬液供給装置を駆動させる装置として使用してもよい。

[0019] また、この発明は、容器に液体を注入する準備ステップと、第 1 の電極と第 2 の電極とをそれぞれ少なくとも一部が前記液体に浸されるように所定の間隔を空けて配置する配置ステップと、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称交流を印加し、前記液体中に実質的に前記第 1 の電極から第 2 の電極へ向かう電界、または実質的に前記第 2 の電極から第 1 の電極へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させる電界発生ステップとを含むことを特徴とする電界発生方法を提供するものである。

[0020] この発明によれば、第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称な交流を印加するので、液体内に実質的に一方向の電界を発生することができ、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを抑制することができる。

[0021] また、この発明は、前記の電界発生方法であって、前記第 1 の電極と第 2 の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体の電気分解や電気化学反応が起こりにくくなり、電極が腐食することを確実に防止できる。

[0022] また、前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われているので、2つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを更に確実に防止することができる。

[0023] また、前記非対称交流としては、高電位持続時間と低電位持続時間が異なる矩形波を用いることが好ましい。

これによれば、非対称交流を発生させるための回路が比較的単純であり、効率よく液体中に実質的に一方向の電界を発生することができる。

[0024] また、前記非対称交流としては、立ち上り時間と立ち下り時間が異なる三角波またはのこぎり波を用いることが好ましい。

これによれば、非対称交流を発生させるための回路が比較的単純であり、効率よく液体中に実質的に一方向の電界を発生することができる。

[0025] また、この発明は、物体が浮遊する液体を容器に注入する準備ステップと、第1の電極と第2の電極とを、それぞれ少なくとも一部が前記液体に浸されるように所定の間隔を空けて配置する配置ステップと、前記第1の電極と第2の電極との間に非対称交流を印加し、前記液体中に浮遊する物体に対し、前記第1の電極から第2の電極への移動、または前記第2の電極から第1の電極への移動のうちいずれか一方の移動をさせる移動ステップを含むことを特徴とする浮遊体移動方法を提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加するので、液体内に浮遊する物体を一方向に移動することができ、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食す

ることを抑制することができる。

- [0026] ここで、前記の浮遊体移動方法において、前記第 1 の電極と第 2 の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に 0 となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第 1 の電極と第 2 の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体の電気分解や電気化学反応が起こりにくくなり、電極が腐食することを確実に防止できる。

- [0027] また、浮遊体移動方法において、前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

これによれば、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるので、2 つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解を起こすことや電気化学反応を起こすことはほとんどなく、電極が腐食することを更に確実に防止できる。

- [0028] また、この発明は、電気泳動によって移動させる試料を含む液体を、泳動槽に注入する準備ステップと、第 1 の電極と第 2 の電極とを、それぞれ少なくとも一部が前記液体に浸されるように所定の間隔を空けて配置させる配置ステップと、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称交流を印加して、前記試料を液体中の第 1 の電極と第 2 の電極との間を泳動させる泳動ステップとを含み、前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電気泳動方法を提供するものである。

これによれば、第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称な交流を印加しているので、試料を電気泳動させることができ、電気泳動を行なう際に、液体が電気分解して気泡が発生することを防止でき、電気化学反応により電極が腐食して液体が汚染することを防止できる。したがって、電気泳動により、

試料に対するより精確な解析が可能となる。

[0029] また、この発明は、電気浸透流ポンプの流路内の上流部と下流部に、第1の電極と第2の電極とをそれぞれ離間して配置し、前記第1の電極と第2の電極との間に非対称交流を印加し、前記流路内に流入された液体を、前記流路内の上流部にある第1の電極から下流部にある第2の電極の方向へ輸送することを特徴とした電気浸透流ポンプの動作方法を提供するものである。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に非対称な交流を印加しているので、流路内の液体を一方向に搬送することができ、液体が電気分解して気泡が生じることを防止でき、電気化学反応により電極が腐食することを防止できる。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、電気浸透流ポンプの構造を単純化することができ、電気浸透流ポンプの信頼性を高くすることができる。

[0030] ここで、前記の電気浸透流ポンプの動作方法において、前記第1の電極と第2の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の1周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極と第2の電極との間に正味の直流電流が流れないので、液体が電気分解して気泡が生じることを防止でき、電気化学反応により電極が腐食することをより確実に防止できる。

[0031] また、電気浸透流ポンプの動作方法において、前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする。

これによれば、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるので、2つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解して気泡が生じることなく、電気化学反応により電極が腐食することも更に確実に防止できる。

発明の効果

[0032] この発明によれば、液体中の一対の電極である第1および第2の電極間に非対称な交流を印加するので、液体中に実質的に一方向の電界を発生させることができ、電極間に直流電流による一方向の電界を印加しつづけることはなく、液体に電気分解および電気化学反応が生じることを抑制でき、電極の腐食を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]対称な交流の波形の一実施例の説明図である。

[図2]この発明の非対称な交流の波形の一実施例の説明図である。

[図3]この発明の非対称な交流の波形の一実施例の説明図である。

[図4]非対称交流であることの判定方法の一実施例の説明図である。

[図5]この発明の電界発生装置の一実施例の概略構成図である。

[図6]この発明の実施の形態2の電界発生装置の概略構成図である。

[図7]この発明の非対称な交流の波形の一実施例の説明図である。

[図8]液体中の電極間に直流電圧を印加した場合の電界発生現象の説明図である。

[図9]この発明の非対称交流のシミュレーションモデルの説明図である。

[図10]この発明の非対称交流のシミュレーションモデルの説明図である。

[図11]この発明の第1のシミュレーションで用いる非対称な矩形波の一実施例の波形図である。

[図12]この発明の第1のシミュレーションで誘起される電荷量のグラフである。

[図13]この発明の第1のシミュレーションで誘起される電荷量のグラフである。

[図14]この発明の第1のシミュレーションにおける液体中の電界の強さのグラフである。

[図15]この発明の第1のシミュレーションにおいて、平均電界と定数 n との関係を示すグラフである。

[図16]この発明の第1のシミュレーションにおいて、液体中の物体の位置の時間変化のグラフである。

[図17]この発明の第2のシミュレーションで用いる非対称な矩形波の一実施例の波形図である。

[図18]この発明の第2のシミュレーションにおいて、液体中の物体の位置の時間変化のグラフである。

[図19]この発明の第3のシミュレーションで用いる対称な矩形波の一実施例の波形図である。

[図20]この発明の第3のシミュレーションにおいて、液体中の物体の位置の時間変化のグラフである。

[図21]この発明の第4のシミュレーションで用いる非対称な三角波の一実施例の波形図である。

[図22]この発明の第4のシミュレーションで誘起される電荷量のグラフである。

[図23]この発明の第4のシミュレーションで誘起される電荷量のグラフである。

[図24]この発明の第4のシミュレーションにおける液体中の電界の強さのグラフである。

[図25]この発明の第4のシミュレーションにおいて、平均電界と定数 n との関係を示すグラフである。

[図26]この発明の第4のシミュレーションにおいて、液体中の物体の位置の時間変化のグラフである。

[図27]この発明の実施の形態3の浮遊体移動装置の概略構成図である。

[図28]この発明の実施の形態4の浮遊体移動装置の概略構成図である。

[図29]この発明の実施の形態5の浮遊体移動装置の概略構成図である。

[図30]この発明の実施の形態6の電気泳動装置の概略構成図である。

[図31]この発明の実施の形態7の電気泳動表示装置の概略構成図である。

[図32]この発明の実施の形態8の電気浸透流ポンプの概略構成図である。

[図33]この発明の実施の形態 9 の電気浸透流ポンプの概略構成図である。

[図34]この発明の実施の形態 10 の電気浸透流ポンプの概略構成図である。

[図35]この発明の実施の形態 11 の燃料電池の概略構成図である。

[図36]この発明の実施の形態 12 の冷却ポンプの概略構成図である。

[図37]この発明の実施の形態 13 の薬液供給装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0034] <用語の定義>

まず、この発明で用いる「非対称交流」の定義を、図 1～図 4 を用いて説明する。

図 1 は、非対称でない、すなわち対称な交流の波形を例示したものである。図 2 および図 3 は、非対称な交流の波形を例示したものである。図 4 は、非対称であるか否かを判定する具体的な方法を説明する図である。

[0035] 図 1 は、非対称でない、すなわち対称な交流の波形（電圧 V と時間 t の関係を示すグラフ）を 4 つ例示している。

図 1 (a) は、対称な正弦波である。グラフ上で 111 は電圧が最小値をとる点であり、112 は電圧が最大値をとる点であり、113 は再び電圧が最小値をとる点である。波形の一部分 114 (111 から 112 の区間) は昇圧過程であり、波形の他の一部分 115 (112 から 113 の区間) は降圧過程である。点 111 から点 113 までは交流の 1 周期となっている。

[0036] ここで、図 1 (a) の正弦波を対称と判断する基準を図 4 (a) および (b) で説明する。

図 4 (a) は図 1 (a) を再掲したものである。図 4 (b) では、図 4 (a) の波形の昇圧過程 114 を抜き出して、電圧軸を反転している (114 r)。当然、この 114 r は、波形の降圧過程 115 と正確に重なる。すなわち、昇圧過程と降圧過程とが完全に重なる交流を、非対称でない交流あるいは対称交流と呼ぶ。

[0037] 図 1 (b) は対称な矩形波である。この場合、電圧が最小となる点は 1 つではなく、121 a としても 121 c としてもよく、あるいはそれら 2 点の

間である 1 2 1 b としてもよい。同様に、電圧が最大となる点も 1 つではなく、1 2 2 a としても 1 2 2 c としてもよく、あるいはそれら 2 点の間である 1 2 2 b としてもよい。

しかしながら、前述のように非対称か否かの判定を行なうためには、波形の昇圧過程 1 2 4 と降圧過程 1 2 5 の範囲を確定する必要がある。今後は、電圧が最小（最大）となる点が複数ある場合は、その最終の点を採用することとする。すなわち、昇圧過程 1 2 4 は 1 2 1 a と 1 2 2 a の間、降圧過程は 1 2 2 a と 1 2 3 a の間であるとする。昇圧過程 1 2 4（1 2 1 a から 1 2 2 a の区間）と降圧過程 1 2 5（1 2 2 a から 1 2 3 a の区間）は、電圧軸を反転することにより完全に重なるから、明らかに図 1（b）の矩形波の交流も対称である。

[0038] 図 1（c）は対称な三角波である。昇圧過程 1 3 4（1 3 1 から 1 3 2 の区間）と降圧過程 1 3 5（1 3 2 から 1 3 3 の区間）は、電圧軸を反転することにより完全に重なる。図 1（d）の波形は複雑であるが、やはり対称な交流である。昇圧過程 1 4 4（1 4 1 から 1 4 2 の区間）と降圧過程 1 4 5（1 4 2 から 1 4 3 の区間）は、電圧軸を反転することにより完全に重なるからである。

[0039] 一方、図 2 は、非対称な交流の波形を 4 つ例示している。

図 2（a）は、波形が正弦的に変化するが、非対称な交流である。なぜならば、図 4（c）および（d）に示すように、昇圧過程 2 1 4（2 1 1 から 2 1 2 の区間）を電圧軸で反転しても（2 1 4 r）、降圧過程 2 1 5（2 1 2 から 2 1 3 の区間）とは重ならないからである。

図 2（b）は、高電位にある時間（高電位持続時間）と低電位にある時間（低電位持続時間）が異なる、非対称な矩形波である。昇圧過程 2 2 4（2 2 1 から 2 2 2 の区間）を電圧軸で反転しても、降圧過程 2 2 5（2 2 2 から 2 2 3 の区間）とは重ならないからである。

[0040] 図 2（c）は、非対称な三角波である。昇圧過程 2 3 4（2 3 1 から 2 3 2 の区間）を電圧軸で反転しても、降圧過程 2 3 5（2 3 2 から 2 3 3 の区

間)とは重ならないからである。非対称な三角波は、立ち上がり時間と立ち下がり時間が異なる三角波である。

図2(d)の波形は複雑であるが、やはり非対称な交流である。昇圧過程244(241から242の区間)を電圧軸で反転しても、降圧過程245(242から243の区間)とは重ならないからである。

この他にも、図示しないが、非対称な交流としては、立ち上がり時間と立ち下がり時間が異なるのこぎり波を用いてもよい。

[0041] 図3は、周期または振幅が時間と共に変化する、非対称な交流の例である。

図3(a)は、時間と共に周期が増加する。昇圧過程314(311から312の区間)を電圧軸で反転しても、降圧過程315(312から313の区間)とは重ならないから、非対称な交流である。

図3(b)は、時間と共に振幅が増加する。昇圧過程324(321から322の区間)を電圧軸で反転しても、降圧過程325(322から323の区間)とは重ならないから、非対称な交流である。

[0042] 以上をまとめると、図2と図3に例示したように、非対称な交流とは、交流の昇圧過程と降圧過程とが、その一方の電圧軸を反転しても重なることのない交流と定義し、非対称交流とも呼ぶ。

以下、非対称な交流を用いて液体中に実質的に一方向に電界を発生させる装置および方法について、具体例を用いて説明する。

[0043] <実施の形態1>

本発明の第1の実施の形態である、液体中に一方向の電界を発生させる電界発生装置および電界発生方法を、図5を用いて説明する。

図5に、液体中に一方向の電界を発生させる装置(電界発生装置)1100の概略断面図を示す。

容器1111は、液体1112で満たされている。第1の電極1113と第2の電極1114は、その少なくとも一部が液体1112に浸されている。第1の電極1113と第2の電極1114には、非対称な交流を発生する

交流電源 1 1 1 5（交流発生器とも呼ぶ）が接続されている。

[0044] ここで、容器 1 1 1 1 は、液体 1 1 1 2 を保持できるものであればよい。

液体 1 1 1 2 は、効果よく一方向電界を発生するために、イオン濃度が小さなものが好ましい。例えば、エタノール、メタノール、IPA（Isopropyl Alcohol）などのアルコール類、ベンジン、アセトンなどの有機溶媒などが好ましい。水を用いる場合は、純水、無イオン水などを用いるのが好ましい。

[0045] 第 1 の電極 1 1 1 3 および第 2 の電極 1 1 1 4 は、十分な導電性を有していればよい。

なお、第 1 の電極 1 1 1 3 と第 2 の電極 1 1 1 4 は、互いに対向するように配置することにより、2 つの電極間の電界の向きと強さを均一にすることができる。したがって、後述する実施例で示されるように、液体中の帯電した物体を一方向に移動させ、または、電気泳動を行う際には、物体や電気泳動の対象物を正確にコントロールすることができる。

また、電極材料としては、たとえば、銅、金、タングステン、アルミニウムなどの金属や導電性を与える不純物を添加したシリコンなどの半導体を用いることができる。

[0046] 電極の形状は、たとえば平板状とし、電極のサイズ、面積は $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 程度とする。1 対の電極は所定の距離だけ離して対向配置させ、その電極間の距離はたとえば 10 cm 程度とする。ただし、電極の形状や配置はこれに限るものではなく、網状、リング状、塊状の形状の電極を、電界を発生させたい領域を挟むように配置してもよい。また、電極間の距離は、電界を発生させたい領域の大きさに応じて決めればよく、数 μm ～数十 cm とする場合もある。

[0047] 交流電源 1 1 1 5 で発生させて、第 1 の電極 1 1 1 3 と第 2 の電極 1 1 1 4 に印加する非対称交流は、例えば、図 2 や図 3 に示したものをを用いることができる。図 2 および図 3 における交流電圧値 V を、第 2 の電極 1 1 1 4 を基準電圧として、第 1 の電極 1 1 1 3 に加える電圧とする。このとき、例え

ば図2に示す非対称交流を印加したとき、液体1112内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図5の矢印1117の向き）となる。

[0048] 非対称交流の好ましい周波数は、液体の種類によって異なる。一般的に、液体はイオンを含み、液体中のイオン濃度が高いほど、電極の電位変化に対応して液体中に発生した電界が速やかに消失する。非対称交流の電圧変化（周波数に比例）が、液体中に発生した電界が消失する時間より長い場合には、液体中にほとんど電界を発生させることができない。そのため、イオン濃度が低い液体では周波数を低く、イオン濃度が高い液体では周波数を高くする。

例として、液体としてIPAを用いた場合は、好ましくは5Hz～50kHzであり、液体として純水を用いた場合は500Hz～5MHzである。しかしながら、液体の汚染によりイオン濃度が高い場合には、周波数を高くする必要がある。

[0049] 液体1112のイオン濃度が高い場合、第1の電極1113および第2の電極1114に非対称交流を印加した際に、液体1112中に一方向に電界が発生するのを阻害する効果がより強くなる。

これは、第1の電極1113および第2の電極1114の表面付近にも多くのイオンが存在するため、第1の電極1113および第2の電極1114の電位の変化に対して、第1の電極1113および第2の電極1114の表面付近の電荷数の変化が速やかに追従するからである。

したがって、液体1112のイオン濃度が高い場合、非対称交流の周波数を高くする必要が生じる。液体1112のイオン濃度が高い場合の液体1112のイオンの挙動は、後ほどシミュレーション結果の最後でも説明する。

[0050] 非対称交流の好ましい電圧は、必要な電界の強さにより適宜決定する。例えば、電極間の距離が1cmのときは、1V以上500V以下の電圧を用いることができる。

このように、非対称な交流を第1の電極1113と第2の電極1114に印加することによって、液体1112内に実質的に一方向に電界が発生する

。その理由は、後述するシミュレーション結果を元に、説明する。

[0051] ところで、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題は、専ら電極間を流れる直流電流成分で決定され、交流では、ほとんど問題とならない。

電気化学反応（電食）においては、直流電流が流れる場合は、陽極では酸化反応が起こって腐食が進行するが、陰極では還元反応が起こって腐食は起こらない。

[0052] 一方、交流電流が流れる場合は、それぞれ同じ程度の酸化反応と還元反応が交互に起こるため、2つの電極ともほとんど腐食が起こらない。電気分解も同様である。

実際は、反応生成物質が拡散により移動するため、低周波数では酸化反応と還元反応が完全に相殺するとは限らないが、一般的には交流での電気化学反応や電気分解は直流の場合よりも遥かに小さい。

それゆえ、交流により液体中に一方向に電界が発生できるということは、電気化学反応や電気分解をほとんど起こさずに液体中に一方向に電界を発生できることを意味する。

[0053] このように、直流電流を流す場合は、陽極の腐食が起こるのに対して、交流電流を流す場合は、電気化学反応や電気分解は起こりにくいので、電極の腐食はほとんど起こらない。

また、交流の場合、対称交流と非対称交流のいずれの場合も、酸化反応と還元反応が交互に起こるので、電極の腐食はほとんど起こらない。

[0054] 液体 1 1 1 2 中に、実質的に一方向に電界を発生させるステップは、主として、以下のステップからなる。

（１）容器 1 1 1 1 に、液体 1 1 1 2 を注入する準備ステップ、

（２）第 1 の電極 1 1 1 3 と第 2 の電極 1 1 1 4 を、それぞれ少なくとも一部が液体 1 1 1 2 に浸されるように、所定の間隔を空けて配置する配置ステップ、

（３）第 1 の電極 1 1 1 3 と第 2 の電極 1 1 1 4 との間に非対称交流を印

加し、液体 1 1 1 2 中に実質的に第 1 の電極 1 1 1 3 から第 2 の電極 1 1 1 4 へ向かう電界、または第 2 の電極 1 1 1 4 から第 1 の電極 1 1 1 3 へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させる電界発生ステップ。

[0055] 上述のような方法または装置を用い、2つの電極 1 1 1 3、1 1 1 4 間に非対称な交流を印加することにより、液体 1 1 1 2 内に実質的に一方向の電界を発生することができる。

また、非対称交流では、瞬間的に電界の方向が交互に反転するが、上記したように、昇圧と降圧の過程が重ならないので、実質的に一方向の電界となる。実質的に一方向とは、液体中に発生した電界ベクトルを非対称交流の 1 周期分、整数周期分または十分に長い時間積分したときに、電界ベクトルが 0 にならずに有限の大きさで一方向を向くということを意味する。したがって、電界ベクトルの向きが常に一方向を向いているということを意味するものではない。実際、非対称交流が印加された場合は、電界ベクトルの向きは非対称交流の周期で反転している。

[0056] このように実質的に一方向の電界を発生した場合、上記したように酸化と還元が交互に起こるので、液体が電気分解されることはほとんどなく、また、電気化学反応もほとんど生じない。ただし、対称交流を印加した場合は、同様に電極の腐食は起こりにくいが、一方向の電界を発生させることはできない。

したがって、非対称交流を印加した場合は、直流電流と同様に、液体内に一方向の電界を発生させることができ、対称交流と同様に、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するのを抑えることができる。

[0057] 本実施の形態では、第 1 の電極 1 1 1 3 と第 2 の電極 1 1 1 4 はいずれも液体 1 1 1 2 と直接接触しているため、もし 2 つの電極間に直流を印加すると直流電流が流れる。それゆえ、非対称交流が実質的な直流成分を持たないこと、すなわち上記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ を交流の 1 周期に渡って積分した V_{eff} が実質的に 0 であることが好ましい。なぜならば、このようにすることにより 2 つの電極間に正味の直流電流が流れない

ので、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題をより確実に回避できるからである。

[0058] 非対称交流として好ましい例は、図2（b）に示すような非対称な矩形波（高電位持続時間と低電位持続時間が異なる矩形波）である。このような矩形波は、発生させるための回路が比較的単純であり、効率よく液体中に実質的に一方向の電界を発生できるからである。なお、図2（b）の例では高電位持続時間が短く低電位持続時間が長いが、高電位持続時間を長く低電位持続時間を短くした場合は、液体中に発生する実質的に一方向の電界の向きを反対にすることができる。

[0059] 非対称交流としては、図2（c）に示すような非対称な三角波（立ち上り時間と立ち下り時間が異なる三角波またはのこぎり波）を用いてもよい。このような三角波も、同様に発生させるための回路が比較的単純であり、効率よく液体中に実質的に一方向の電界を発生しうる。なお、この例では立ち上り時間が短く立ち下り時間が長い、立ち上り時間が長く立ち下り時間を短くすると、液体中に発生する実質的に一方向の電界の向きを反対にすることができる。

図2（b）や図2（c）の波形が好ましい理由は、後述するシミュレーション結果の解釈と共に詳しく述べる。

[0060] <実施の形態2>

本発明の第2の実施の形態である、液体中の一方向に電界を発生させる電界発生装置および電界発生方法を、図6を用いて説明する。

本実施の形態が、実施の形態1と異なるのは、第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われることである。

[0061] 図6は、本実施の形態の液体中の一方向に電界を発生させる装置1200の概略断面図である。

容器1211は、液体1212で満たされている。第1の電極1213と第2の電極1214は、その少なくとも一部が液体1212に浸されている。第1の電極1213と第2の電極1214は絶縁膜1216で覆われてお

り、非対称な交流を発生する交流電源 1 2 1 5 が接続されている。

[0062] ここで、容器 1 2 1 1 は、液体 1 2 1 2 を保持できるものであればよい。液体 1 2 1 2 は、イオン濃度が小さなものが好ましい。例えば、エタノール、メタノール、IPA などのアルコール類、ベンジン、アセトンなどの有機溶媒などが好ましい。水を用いる場合は、純水、無イオン水などを用いるのが好ましい。第 1 の電極 1 2 1 3 および第 2 の電極 1 2 1 4 は、十分な導電性を有していればよい。

また、この場合も、実施の形態 1 と同様に、2 つの電極間の電界の向きと強さを均一にするために、第 1 の電極 1 2 1 3 と第 2 の電極 1 2 1 4 は、互いに対向するように配置することが好ましい。これにより、液体中の帯電した物体の一方向への移動や、電気泳動の対象物の移動を、正確にコントロールすることができるようになる。

[0063] 絶縁膜 1 2 1 6 は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、樹脂薄膜などを用いることができる。

また絶縁膜 1 2 1 6 は、電極全体を覆うように形成し、たとえば電極が銅、金、タングステン、アルミニウムなどの金属や導電性を与える不純物を添加したシリコンなどの半導体材料で形成されている場合、10 nm ~ 2 μ m 程度の膜厚のシリコン酸化膜を形成すればよい。絶縁膜は、公知の従来技術、たとえば、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法によって形成すればよい。

[0064] 交流電源 1 2 1 5 で発生させて、第 1 の電極 1 2 1 3 と第 2 の電極 1 2 1 4 に印加する非対称交流は、例えば、図 2 や図 3 に示したものをを用いることができる。図 2 および図 3 における V を、第 2 の電極 1 2 1 4 を基準電圧として、第 1 の電極 1 2 1 3 に加える電圧とする。このとき、例えば図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体 1 2 1 2 内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図 6 の矢印 1 2 1 7 の向き）となる。

[0065] また、非対称交流は、例えば、図 7 に示した波形の交流を用いてもよい。図 7 (a)、(b)、(c) および (d) に示す波形は、図 2 (a)、(b)

）、（c）および（d）に示す波形に、それぞれ直流成分 V_{sa} 、 V_{sb} 、 V_{sc} および V_{sd} を加えたものである。

図2に示す波形は、交流の一周期にわたって電圧を平均したものが0となるが、図7に示す波形では0にならない。しかしながら、第1の電極1213および第2の電極1214は絶縁膜1216で覆われているため、2つの電極間に直流電流は流れない。したがって、図7に示すような波形であっても特に悪影響なく、液体1212中に、実質的に一方向の電界を発生することができる。

[0066] 図6に示す本実施の形態では、第1の電極1213および第2の電極1214は共に絶縁膜1216で覆われているが、どちらか一方の電極が絶縁膜1216で覆われていれば良い。この場合でも、2つの電極間に直流電流が流れることを防ぐことができるからである。

[0067] 非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態1と同様に設定すればよい。

実施の形態2では、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、2つの電極間に直流電流が流れない。すなわち、電極と液体間で直接電子の移動が起こるので、酸化反応や還元反応が起こることがない。

したがって、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題を確実に防ぐことができる。

[0068] また、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、第1の電極から第2の電極へ直接電子が到達して電流が流れることがない。そのため、この系で消費される電力は、電極を覆う絶縁膜が構成するキャパシタンスの充放電によるもののみである。したがって、消費電力を著しく小さくし、ジュール熱の発生も著しく減らすことが可能となる。

この実施の形態2の場合も、図2（b）や図2（c）の波形が好ましい。

[0069] <シミュレーション>

以下、このような非対称交流を液体中の2つの電極に印加した場合に、液

体中に発生する電界、および帯電した物体の運動をシミュレーションした結果を述べる。

(1) シミュレーションモデル

非対称交流を液体中に浸した2つの電極に印加した場合に発生する電界および、帯電した物体の運動のシミュレーション結果を、図8～図26を用いて説明する。

[0070] 図8は、液体中に浸した2つの電極に、時間 $T=0$ より一定の直流電圧を印加した場合に起こる現象を説明する図である。

第1の電極1213と第2の電極1214の間には、液体1212が満たされているものとする。第1の電極1213および第2の電極1214はそれぞれ絶縁膜1216で覆われているものとする。この場合、2つの電極間には電流は流れない。第1の電極1213と第2の電極1214には、電源1215が接続されている。

$T=0$ で、電源1215から第1の電極1213および第2の電極1214に電圧を印加し始めると、図8(a)に示すように、液体1212中には、矢印1217で示した向きに電界が発生する。

[0071] 液体中には、液体の種類に依存する濃度の正イオンと負イオンが存在する。そのため、電圧印加開始から時間 T_1 が経過した後、図8(b)に示すように、第1および第2の電極を覆う絶縁膜1216上には、それぞれの電極に誘起された電荷と反対符号の電荷が集まり始める。絶縁膜1216上に誘起された電荷は、それぞれの電極に誘起された電荷から発生する電気力線を終端するため、液体1212中の電界の強さは時間が経るにつれて次第に弱くなる。

[0072] 電圧印加開始から十分な時間 T_2 が経過した後は、図8(c)に示すように、それぞれの電極に誘起された電荷から発生する電気力線は、絶縁膜1216上に誘起された電荷によって完全に終端されるため、液体1212中の電界の強さは0になる。

液体中の電界がほぼ0になるまでに要する時間(時定数)は、液体中に存

在するイオンの濃度に依存し、イオン濃度が小さいほど長時間を要する。例えば、IPAでは10秒以内であり、純水では0.1秒以内である。塩類が溶解した水では、更に短くなる。

[0073] このように、液体中には可動イオンが存在して電極の絶縁膜上に集まることができるために、従来は、液体中に浸された電極に電圧を印加しても、溶液中には一方向の電界を持続して発生させることは困難とされていた。

また、絶縁膜で覆われない裸の電極を用いて直流電圧を印加すれば、液体中に一方向の電界を持続して発生させることができるが、一方向電界が持続すると、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題があった。

なお、絶縁膜で覆われた2つの電極間に交流電圧を印加すれば、液体中に交流電界を発生させることは可能である。2つの電極間に交流を印加した場合は、その周波数の逆数が上記時定数より小さい時、電極の電位の変化に対して電極に誘起される電荷が追従できないため、液体中に電界が侵入する。しかしながら、液体中の電界の時間平均は0であり、液体中で一方向の電界を発生させることはできないとされていた。

[0074] 図9および図10に、シミュレーションのモデルの説明図を示す。

図9に示すように、第1の電極1313および第2の電極1314は、それぞれ絶縁膜1316で覆われている。絶縁膜1316で覆われた2つの電極1313、1314間は、液体1312で満たされている。第1の電極1313および第2の電極1314には、任意の波形が発生できる電源1315が接続されている。液体1312中には、帯電した物体1318が浮遊している。このようなモデルを用いて、以下のようなシミュレーションを考える。

[0075] 第2の電極1314には接地電位（GND）を印加し、第1の電極1313には時間 t に電圧 $V(t)$ を印加する。もともと系が帯電していない場合、第1の電極1313表面に誘起される電荷量を $q_s(t)$ とし、第1の電極1313を覆う絶縁膜1316上に誘起される電荷量を $q_i(t)$ とすると、第2の電極1

3 1 4 上に誘起される電荷量は $-q_e(t)$ 、第 2 の電極 1 3 1 4 を覆う絶縁膜 1 3 1 6 上に誘起される電荷量は $-q_s(t)$ となる。

絶縁膜 1 3 1 6 の誘電率は $\varepsilon_d \varepsilon_0$ 、液体 1 3 1 2 の誘電率は $\varepsilon_s \varepsilon_0$ とする。
ここで、 ε_d および ε_s はそれぞれ絶縁膜 1 3 1 6 および液体 1 3 1 2 の比誘電率、 ε_0 は真空中の誘電率である。また、液体中の電界の強さを $E(t)$ とする。

[0076] 第 1 の電極 1 3 1 3 上の絶縁膜 1 3 1 6 の両端の容量を C_{d1} 、第 2 の電極 1 3 1 4 上の絶縁膜 1 3 1 6 の両端の容量を C_{d2} 、液体 1 3 1 2 の両端の容量を C_s とすると、

[数1]

$$C_{d1} = \varepsilon_d \varepsilon_0 \frac{1}{d_{d1}} \quad (1)$$

$$C_{d2} = \varepsilon_d \varepsilon_0 \frac{1}{d_{d2}} \quad (2)$$

$$C_s = \varepsilon_s \varepsilon_0 \frac{1}{d_s} \quad (3)$$

である。

ただし、 d_{d1} 、 d_{d2} および d_s は、それぞれ第 1 の電極 1 3 1 3 を覆う絶縁膜 1 3 1 6 の厚さ、第 2 の電極 1 3 1 4 を覆う絶縁膜 1 3 1 6 の厚さ、および液体 1 3 1 2 の厚さである。電極の面積は 1 とした。

[0077] このとき、 C_{d1} 、 C_s および C_{d2} の 3 つの容量を直列に接続したモデル全体の容量 C_A は、

[数2]

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{d1}} + \frac{1}{C_s} + \frac{1}{C_{d2}} \quad (4)$$

であらわされる。

一方、液体 1 3 1 2 を導電体と考えて、 C_{d1} と C_{d2} の 2 つの容量を直列に接続した場合の全体容量 C_B は、

[数3]

$$\frac{1}{C_B} = \frac{1}{C_{d1}} + \frac{1}{C_{d2}} \quad (5)$$

であらわされる。

[0078] ここで、電源 1 3 1 5 が任意の波形を発生した場合のシミュレーションの指針を、図 10 を用いて述べる。

まず、波形を短い時間 Δt ごとに分割して考える。この時間 Δt ごとに、瞬時に電圧を変化させる電圧変化ステップと、電圧を変化させない電圧一定ステップの 2 段階を考えることにより、任意の波形を階段状のステップで近似する。

[0079] (a) 電圧変化ステップ

この電圧変化ステップでは、瞬時に電圧が $\Delta V(t)$ 変化するものとする。このとき、電圧の変化により液体中のイオンが追従して移動することはできない。すなわち、 $q_s(t)$ および $-q_s(t)$ は変化しない。ただし、電極の電荷は液体中のイオンに比べて十分に早く動けるため、 $q_e(t)$ および $-q_e(t)$ は電圧変化 $\Delta V(t)$ にただちに追従して変化することとする。このとき、2 つの電極間の容量は、 C_A であるかのように振舞う。

以上のことより、電圧変化ステップでは以下の式が成立する。

$$\Delta q_e(t) = C_A \Delta V(t) \quad (6)$$

$$\Delta q_s(t) = 0 \quad (7)$$

ここで、 $\Delta q_e(t)$ および $\Delta q_s(t)$ は、時刻 t における電圧変化 $\Delta V(t)$ によって、それぞれ $q_e(t)$ および $q_s(t)$ が変化する量をあらわしている。

[0080] (b) 電圧一定ステップ

この電圧変化ステップでは、電圧が変化することなく時間 Δt が経過するものとする。

電圧が変化しない場合は、図 8 で説明したように、液体中の電界を弱めるように、すなわち平衡状態に近づくように液体中のイオンが移動し、 $q_s(t)$ が変化する。平衡状態とは、液体中の電界が 0 の状態であり、液体は導電体とみ

なしてよい。ゆえに、2つの電極間の容量は C_B とみなすことができる。また、 $q_s(t)$ が変化することにより、 $\Delta q_e(t)$ も変化する。

[0081] 以上のことから、 $q_s(t)$ の変化は次式であらわすことができる。

[数4]

$$\frac{q_s(t+\Delta t)-q_s(t)}{\Delta t} = -a\{q_s(t)-q_{eq}(t)\}^n \quad (8)$$

[0082] ここで、 $q_{eq}(t)$ は時間 t における、 $q_s(t)$ の平衡状態の値であって、

$$q_{eq}(t) = C_B V(t) \quad (9)$$

の関係を満たす。

[0083] n は、 $q_s(t)$ の変化率と、 $q_s(t)$ の平衡状態とのずれ $\{q_s(t)-q_{eq}(t)\}$ との関係を規定する量である。 $n=1$ の場合は、 $q_s(t)$ の変化率は $q_s(t)$ の平衡状態とのずれが大きいほど大きくなり、かつ、変化率が平衡状態とのずれに比例する（線形関係にある）。

一方、 $0 < n < 1$ の場合は、変化率が平衡状態とのずれに依存する（すなわち、平衡状態のずれが大きいほど変化率が大きくなる）ものの、変化率は平衡状態とのずれに比例しない（線形関係にない）。 a は、 $q_s(t)$ が $q_{eq}(t)$ に近づく速さを示す量である。

液体中のイオン濃度が高いほど速やかに $q_s(t)$ が変化できるから、 a が大きくなる。

[0084] 一方、 $q_e(t)$ の変化率は、 $q_s(t)$ の変化率から、以下のように求めることができる。まず、時間において、2つの電極間に印加される電圧 $V(t)$ は、 C_{d1} 、 C_s および C_{d2} の両端に印加される電圧の和として、

[数5]

$$V(t) = \frac{q_e(t)}{C_{d1}} + \frac{q_e(t) + q_s(t)}{C_s} + \frac{q_e(t)}{C_{d2}} \quad (10)$$

としてあらわされる。

[0085] 両辺の変化率をとると、

[数6]

$$\frac{V(t+\Delta t)-V(t)}{\Delta t} = \frac{1}{C_{d1}} \cdot \frac{q_e(t+\Delta t)-q_e(t)}{\Delta t} + \frac{1}{C_s} \cdot \frac{q_e(t+\Delta t)-q_e(t)+q_s(t+\Delta t)-q_s(t)}{C_s} + \frac{1}{C_{d2}} \cdot \frac{q_e(t+\Delta t)-q_e(t)}{\Delta t} \quad (11)$$

となる。

[0086] 一方、電圧一定ステップでは、

[数7]

$$\frac{V(t+\Delta t)-V(t)}{\Delta t} = 0 \quad (12)$$

であるから、(11)式と(12)式から、

[数8]

$$\frac{q_e(t+\Delta t)-q_e(t)}{\Delta t} = \frac{C_{d1}C_{d2}}{C_{d1}C_s + C_sC_{d2} + C_{d2}C_{d1}} \times \frac{q_s(t+\Delta t)-q_s(t)}{\Delta t} \quad (13)$$

となり、 $q_e(t)$ の変化率と $q_s(t)$ の変化率の関係を得ることができる。

[0087] 時刻 t における、液体中の電界の強さ $E(t)$ は、

[数9]

$$E(t) = \frac{q_e(t) + q_s(t)}{\epsilon_s \epsilon_0} \quad (14)$$

とあらわされる。

[0088] (c) 液体中での帯電した物体の運動

液体中の帯電した物体が受ける力 $F(t)$ は、物体が持つ実質的な電荷量を q_0 、粘性抵抗係数を c 、物体の速度を $v(t)$ 、物体の質量を m 、物体の加速度を $a(t)$ とすると、

$$F(t) = q_0 E(t) - c v(t) = m a(t) \quad (15)$$

であり、この運動方程式を解くことにより、液体中での物体の運動を記述することができる。

なお、粘度 η の液体中にある、半径 r の球状物体を考えると、レイノルズ

数が小さなときは、ストークスの定理により粘性抵抗係数 c は $6 \pi \eta r$ とあらわされる。

[0089] (2) シミュレーション結果

以下、いくつかの交流波形を例にとって、シミュレーションの結果を説明する。

このシミュレーションで用いた定数は、以下の通りである。

物体の質量 m は 1.57×10^{-14} [kg]、物体の半径 r は 1×10^{-7} [m]、物体の実質的な電荷量 q_{ob} は 3.72×10^{-14} [C]、液体の粘度は 8×10^{-4} [Pa·s]、電極上の絶縁膜の比誘電率 ϵ_d は 4、電極上の絶縁膜の厚さ d_{d1} および d_{d2} は 4×10^{-8} [m]、液体の比誘電率 ϵ_s は 20、液体の厚さ d_s は 1×10^{-2} [m]、定数 a は 10 である。

また、特に断わりのない場合は、定数 n は 0.8 であり、 $q_s(t)$ の変化率と、 $q_s(t)$ の平衡状態とのずれ $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ との関係は非線形であるとした。

[0090] [第 1 実施例の結果]

第 1 実施例では、図 11 に示すように、振幅 200 V で周波数 5 Hz の非対称な矩形波（高電位持続時間と低電位持続時間が異なる矩形波）を、第 1 の電極 1313 と第 2 の電極 1314 との間に印加する。 $V(t)$ は第 2 の電極 1314 を基準とした第 1 の電極の電位である。時刻 0 以前は、電圧は印加されていないこととする。

[0091] このとき、 $q_s(t)$ および $q_e(t)$ は、それぞれ図 12 および図 13 のように変化する。電圧の印加を開始した時刻 0 付近を除いて、それぞれ周期的に変化する。液体中の電界の強さ $E(t)$ は、図 14 のように、電圧の印加を開始した時刻 0 付近を除いて周期的に変化する。

[0092] ここで、図 15 に、電圧印加開始から十分時間が経過して定常状態となったときの平均電界 E_{av} と、非線形性をあらわす定数 n との関係を示す。

平均電界 E_{av} は、電圧印加開始から十分時間が経過したとき、交流の 1 周期に渡って電界 $E(t)$ を平均して求めた。平均電界 E_{av} が 0 でないということは

、液体中に実質的に一方向の電界が存在することを示している。

[0093] 非線形性をあらわす定数 n が 1 のとき（非線形性が存在しない）は、 E_{av} は 0 であり、液体中には純粹に交流電界が存在するのみである。

一方、 n が 1 より小さくなるにつれて、すなわち非線形性が強くなるにつれて、 E_{av} は大きくなり、液体中の実質的に一方向の電界が強くなる。このことは、本発明の本質である、液体中での実質的に一方向の電界発生は、 $q_s(t)$ の変化率と、 $q_s(t)$ の平衡状態とのずれ $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ と間の非線形性にあることを示唆している。なお、 E_{av} が正とは、図 10 において実質的に一方向の電界は下向きであることを示している。

[0094] 図 16 に、液体中に置かれた帯電した物体の位置 $x(t)$ （図 10 における上下方向）の時間変化を示す。

物体は、時刻 0 で負方向（図 10 における上方向）に動いた後、振動しながら正方向（図 10 における下方向）に動いていく。これは、電界 $E(t)$ の時間平均 E_{av} が正であることによる。このことから、2 つの電極間に非対称交流を印加することにより、帯電した物体を一方向に移動させることがわかる。

[0095] 以上のことから明らかなように、電極が絶縁膜で覆われており、液体中で電流が流れない場合であっても、電極間に非対称交流を印加することにより、液体中の一方向に実質的な電界を発生させ、物体を移動させることが可能となる。

非対称な矩形波により、液体中の物体が一方向に動くことは実験でも確かめられ、その方向はシミュレーションが予測する方向と一致した。

[0096] [第 2 実施例の結果]

第 2 実施例では、図 17 に示すように、振幅 200 V で周波数 5 Hz の非対称な矩形波（高電位持続時間と低電位持続時間が異なる矩形波）を、第 1 の電極 1313 と第 2 の電極 1314 との間に印加する。第 1 の場合と異なるのは、図 17 の $V(t)$ を一周期に渡って平均すると 0 になるように、図 11 に示す波形に直流バイアスを加えていることである。

[0097] 図 18 に、液体中に置かれた帯電した物体の位置 $x(t)$ の時間変化を示す。

電圧印加直後の挙動は第1の例の場合（図16）と異なるものの、やはり物体は振動しながら正方向に動いていく。また、正方向に動いていく速度は、第1の例の場合と全く同じである。

このことは、電極が絶縁膜で覆われている場合は、非対称交流に対して直流成分を加えても、液体内部に発生する電界や液体内部に浮遊する帯電した物体の運動には影響を与えないことを示している。このことは、実際の実験でも確認された。

[0098] [第3実施例の結果]

この第3実施例は、対称な交流を印加するものであり、第1および第2実施例と比較するために示した実施例である。

第3実施例では、図19に示すように、振幅200Vで周波数5Hzの対称な矩形波を、第1の電極1313と第2の電極1314との間に印加する。

図20に、液体中に置かれた帯電した物体の位置 $x(t)$ の時間変化を示す。

物体は振動するが、一方向に動いていくことはない。すなわち、対称な交流では、液体中の一方向に実質的な電界を発生させることはできず、また、物体を実質的に移動させることもできない。

[0099] [第4実施例の結果]

第4実施例は、図21に示すように、振幅200Vで周波数5Hzの非対称な三角波（立ち上り時間と立ち下り時間が異なる三角波またはのこぎり波）である。

この例では、昇圧過程では急激に電圧が変化し、降圧過程では緩やかに電圧が変化する。

このとき、 $q_s(t)$ および $q_e(t)$ は、それぞれ図22および図23のように変化する。電圧の印加を開始した時刻0付近を除いて、それぞれ周期的に変化する。液体中の電界の強さ $E(t)$ は、図24のように、電圧の印加を開始した時刻0付近を除いて周期的に変化する。

[0100] ここで、電圧印加開始から十分時間が経過して定常状態となったときの平均電界 E_{av} と、非線形性をあらわす定数 n との関係を、図 2 5 に示す。

非線形性をあらわす定数 n が 1 のとき（非線形性が存在しない）は、 E_{av} は 0 であり、液体中には純粹に交流電界が存在するのみである。

一方、 n が 1 より小さくなるにつれて、すなわち、非線形性が強くなるにつれて、 E_{av} は大きくなり、液体中の実質的に一方向の電界が強くなる。このことは、第 1 の例の場合（図 1 5）と同様であるが、グラフの曲線の形は異なる。

[0101] 図 2 6 に、液体中に置かれた帯電した物体の位置 $x(t)$ の時間変化を示す。

物体は、振動しながら正方向に動いていく。これは、電界 $E(t)$ の時間平均 E_{av} が正であることによる。

なお、図 2 1 の波形を変形し、昇圧過程では緩やかに電圧が変化し、降圧過程では急激に電圧が変化するような非対称交流を印加した場合は、物体の運動方向は反対方向となることが、シミュレーションから予想されるが、実際の実験でも確かめられている。

[0102] 以上まとめると、シミュレーション結果によって、次のことが予想できる。

（1）2つの電極に非対称交流を印加すると、液体中に実質的に一方向の電界を発生させることができるが、対称な交流ではできない。

（2）2つの電極に非対称交流を印加すると、液体中に浮遊する帯電した物体を一方向に移動させることができるが、対称な交流ではできない。

（3）これらの効果は、電極上の絶縁膜上の電荷誘起速度が、平衡状態からのずれの大きさに比例していないことに由来する。

[0103] このシミュレーションモデルとシミュレーション結果によると、非対称な交流が液体中に実質的に一方向の電界を発生させる理由は、以下のように解釈できる。

非対称な交流とは、既に定義したように、交流の昇圧過程と降圧過程とが、その一方の電圧軸を反転しても、重なることのない交流である。

このような非対称な交流が電極に印加されると、昇圧過程と降圧過程とで、 $q_s(t)$ の平衡状態とのずれ $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ が異なる。このシミュレーションのモデルでは、 $q_s(t)$ の変化率と、 $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ との間に非線形性を導入した。そのため、 $q_s(t)$ の変化率と (13) 式および (14) 式で結びつく $E(t)$ を、交流1周期に渡って平均しても0でなくなり、液体中に実質的に一方向の電界が発生するのである。

[0104] また、以上のことから、好ましい非対称な交流は、昇圧過程または降圧過程において電圧が急激に変化する交流であることがわかる。電圧が急激に変化した瞬間に、 $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ が大きくなり、 $q_s(t)$ の変化率と、 $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ との間の非線形性が大きくなるからである。このことから、図2(b)や図2(c)のような、非対称な矩形波や三角波が好ましく、実験でも効果が大きいことが確かめられている。

[0105] なお、電極上に絶縁膜がない場合であっても、非対称交流を2つの電極間に印加することによって、液体中に実質的に一方向の電界を発生させ、また、帯電した物体を一方向に移動させることが可能となる。

しかしながら、この場合は、電極の腐食を抑制するために、非対称交流が実質的な直流成分を持たないことが好ましい。すなわち上記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ を交流の1周期に渡って積分した V_{eff} が

$$V_{eff} = \int V(t)dt = 0 \quad (16)$$

であることが好ましい。

このように積分値を0にすることにより、2つの電極間に正味の直流電流が流れないので、液体が電気分解することも、電気化学反応が生じることもほとんどない。したがって、電極が腐食することを抑制できる。

[0106]ところで、 $q_s(t)$ が平衡状態に達する時間 (a の逆数に比例する時定数)が、非対称交流の周波数の逆数よりも短い場合は、電界が液体中に侵入できないため、一方向の電界も発生しない。また、 $q_s(t)$ が変化するためには液体中に散在するイオンが液体中を移動して電極上に集まる必要があるため、上記時定数は、液体のイオン濃度が高いほど短くなる。

そのため、液体中のイオン濃度が高い場合は、電界を液体中に侵入させて一方向の電界を発生させるために、より電極の電位を速く変化させる必要がある。非対称交流の周波数を高くする必要がある。

一方、液体中のイオン濃度が低い場合は、上記時定数が大きく容易に $q_s(t)$ を平衡状態から大きく遠ざける（すなわち $\{q_s(t) - q_{eq}(t)\}$ を大きくする）ことができるため、一方向の電界が発生しやすい。

以上の理由により、液体中のイオン濃度が低いほど効率よく液体中に一方向の電界を発生することが可能であり、また、非対称交流の周波数を下げることができるので好ましい。

[0107] <実施の形態 3>

本発明の第 3 の実施の形態である、液体中に浮遊する物体を移動させる浮遊体移動装置および浮遊体移動方法を、図 27 を用いて説明する。

図 27 に、本実施の形態の液体中に浮遊する物体を移動させる装置 2100 の概略断面図を示す。

容器 2111 は、液体 2112 で満たされている。第 1 の電極 2113 と第 2 の電極 2114 は、その少なくとも一部が液体 2112 に浸されている。第 1 の電極 2113 と第 2 の電極 2114 には、非対称な交流を発生する交流電源 2115 が接続されている。

[0108] ここで、容器 2111 は、実施の形態 1 と同様に、液体 2112 を保持できるものであればよい。液体 2112 は、実施の形態 1 と同様に、イオン濃度が小さなものが好ましい。

第 1 の電極 2113 と第 2 の電極 2114 に印加する非対称交流も、同様に、図 2 や図 3 に示したものをいれればよい。例えば、第 2 の電極 2114 を基準電圧として、図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体 2112 内に実質的に発生する電界の向きは、右向き（図 27 の矢印 2117 の向き）となる。

したがって、液体中に浮遊する物体 2118 が負に帯電している場合は、図 27 に示すように、左向き（図 27 の矢印 2119 の向き）に移動する。

物体 2 1 1 8 が正に帯電している場合は、反対向き（右向き）に移動する。

[0109] 非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態 1 と同様に設定すればよい。

液体中に浮遊する物体 2 1 1 8 は、実質的に帯電していれば良い。

実質的に帯電しているとは、物体に発生する電荷を、物体 2 1 1 8 と液体 2 1 1 2 の界面に誘起された電荷と、その電荷により物体付近の液体中に誘起され、固体と共に移動する電荷の総和とすることができることを意味する。言い換えれば、液体中のゼータポテンシャルが 0 でないということもできる。

実質的に帯電していない物体を用いる場合は、非イオン系の界面活性剤を用いて物体のゼータポテンシャルを変えることができる。

物体の具体例は、例えば、ナノメートルサイズから 1 mm 以下のサイズの、誘電体微粒子、半導体微粒子、金属微粒子、微細な半導体デバイス、細胞、DNA、RNA、蛋白質などである。

[0110] このように、非対称な交流を第 1 の電極 2 1 1 3 と第 2 の電極 2 1 1 4 に印加することによって、液体 2 1 1 2 内に実質的に一方向に電界が発生し、液体 2 1 1 2 中に浮遊する物体 2 1 1 8 を一方向に移動させることができる。その移動原理は、上記したシミュレーションと同様である。

[0111] 液体 1 1 1 2 中に、実質的に一方向に電界を発生させるステップは、主として、以下のステップからなる。

（1）物体 2 1 1 8 が浮遊する液体 2 1 1 2 を、容器 2 1 1 1 に注入する準備ステップ、

（2）第 1 の電極 2 1 1 3 と第 2 の電極 2 1 1 4 をそれぞれ少なくとも一部が液体 2 1 1 2 に浸されるように所定の間隔を空けて配置する配置ステップ、

（3）第 1 の電極 2 1 1 3 と第 2 の電極 2 1 1 4 との間に非対称交流を印加し、液体 2 1 1 2 中に浮遊する物体 2 1 1 8 を第 1 の電極 2 1 1 3 から第 2 の電極 2 1 1 4 へ移動させるか、または上記物体を第 2 の電極 2 1 1 4 か

ら第1の電極2113へ移動させる移動ステップ。

[0112] 上述のような方法または装置を用い、2つの電極2113、2114間に非対称な交流を印加することにより、液体2112内に浮遊する物体2118を一方向に移動させることができる。

したがって、液体内に浮遊する物体を一方向に移動するために、非対称交流により実質的に一方向の電界を印加しているので、液体が電気分解することを抑制し、電気化学反応により電極が腐食することを抑制することができる。

[0113] 本実施の形態でも、第1の電極2113と第2の電極2114はいずれも液体2112と直接接触しているため、2つの電極間に直流を印加したとすると直流電流が流れる。したがって、上記実施の形態1と同様に、腐食の発生を回避するために、非対称交流が実質的な直流成分を持たないこと、すなわち上記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ を交流の1周期に渡って積分した V_{eff} が実質的に0であることが好ましい。

また、実施の形態1と同様の理由により、液体中に浮遊する物体を効率よく一方向に移動させるためには、非対称交流としては、図2(b)や図2(c)の波形が好ましい。

[0114] <実施の形態4>

本発明の第4の実施の形態である、液体中に浮遊する物体を移動させる浮遊体移動装置および浮遊体移動方法を、図28を用いて説明する。

本実施の形態が、実施の形態3と異なるのは、第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われることである。

[0115] 図28に、本実施の形態の液体中に浮遊する物体を移動させる装置2200の概略断面図を示す。

容器2211は、液体2212で満たされている。第1の電極2213と第2の電極2214は、その少なくとも一部が液体2212に浸されている。第1の電極2213と第2の電極2214は絶縁膜2216で覆われており、非対称な交流を発生する交流電源2215が接続されている。

[0116] ここで、容器 2 2 1 1 は、実施の形態 1 と同様に、液体 2 2 1 2 を保持できるものであればよい。液体 2 2 1 2 は、イオン濃度が小さなものが好ましい。絶縁膜 2 2 1 6 は、実施の形態 2 と同様に、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、樹脂薄膜などを用いることができる。

第 1 の電極 2 2 1 3 と第 2 の電極 2 2 1 4 に印加する非対称交流も、同様に、図 2 や図 3 に示したものをいれればよい。例えば、第 2 の電極 2 2 1 4 を基準電圧として、図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体 2 2 1 2 内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図 2 8 の矢印 2 2 1 7 の向き）となる。

したがって、液体中に浮遊する物体 2 2 1 8 が負に帯電している場合は、図 2 8 に示すように、左向き（図 2 8 の矢印 2 2 1 9 の向き）に移動する。物体 2 2 1 8 が正に帯電している場合は、反対向き（右向き）に移動する。

[0117] また、非対称交流は、実施の形態 2 と同様に、図 7 に示した波形の交流を用いてもよい。第 1 の電極 2 2 1 3 および第 2 の電極 2 2 1 4 は絶縁膜 2 2 1 6 で覆われているため、2 つの電極間に直流電流は流れないので、図 7 に示すような波形であっても特に悪影響なく、液体 2 2 1 2 中に浮遊する物体 2 2 1 8 を一方向に移動することができる。また、本実施の形態でも、どちらか一方の電極が絶縁膜 2 2 1 6 で覆われていれば良い。

[0118] 非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態 1 と同様に設定すればよい。

また、液体中に浮遊する物体 2 2 1 8 は、実質的に帯電していれば良い。物体の具体例は、実施の形態 3 に示したものと同様のものを用いればよい。

このように、電極の少なくとも一方を絶縁膜で覆った場合においても、非対称な交流を第 1 の電極 2 2 1 3 と第 2 の電極 2 2 1 4 に印加することによって、液体 2 2 1 2 内に実質的に一方向に電界が発生し、液体 2 2 1 2 中に浮遊する物体 2 2 1 8 を一方向に移動させることができる。

[0119] 実施の形態 4 では、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、2 つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体

が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題を確実に防ぐことができる。また、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、第1の電極から第2の電極へ直接電子が到達して電流が流れることがない。そのため、この系で消費される電力は、電極を覆う絶縁膜が構成するキャパシタンスの充放電によるもののみである。したがって、消費電力を著しく小さくし、ジュール熱の発生も著しく減らすことが可能となる。

この実施の形態4の場合も、図2（b）や図2（c）の波形が好ましい。

[0120] <実施の形態5>

本発明の第5の実施の形態である、液体中に浮遊する物体を移動させる浮遊体移動装置および浮遊体移動方法を、図29を用いて説明する。

本実施の形態が、実施の形態4と異なるのは、第1の電極および第2の電極が、対向する2つの基板上に形成されており、液体中に浮遊する物体はこの2つの電極間を一方向に移動することである。

[0121] 図29に、本実施の形態の液体中に浮遊する物体を移動させる装置2300の概略断面図を示す。

第1の基板2321と第2の基板2322が対向しており、その間を液体2312が満たしている。第1の基板2321の液体2312に接する側の表面には、第1の電極2313が形成されている。第2の基板2322の液体2312に接する側には、第2の電極2314が形成されている。

第1の電極2313および第2の電極2314の表面には絶縁膜2316が形成されており、第1の電極2313と第2の電極2314の間に直流電流が流れるのを防いでいる。また、第1の電極2313と第2の電極2314には、絶縁膜2316で覆われていない側には、非対称な交流を発生する交流電源2315が接続されている。

[0122] ここで、第1の基板2321および第2の基板2322としては、ガラス、樹脂、セラミック等の絶縁体を用いることができる。

液体2312は、実施の形態1と同様に、イオン濃度が小さなものが好ま

しい。

第1の電極2313と第2の電極2314に印加する非対称交流も、同様に、図2や図3に示したものをいれればよい。例えば、第2の電極2314を基準電圧として、図2に示す非対称交流を印加したとき、液体2312内に実質的に発生する電界の向きは下向き（図29の矢印2317の向き）となる。

したがって、液体中に浮遊する物体2318が負に帯電している場合は、図29に示すように、上向き（図29の矢印2319の向き）に移動する。物体2318が正に帯電している場合は、反対向き（下向き）に移動する。

[0123] 図29において、第1の電極2313は第2の電極2314よりも鉛直方向において上方に配置している。この場合でも、図29のように電界の向きが鉛直方向下向きであったとしても、物体は、重力とは逆方向である上方向に移動する。

なお、対向する一对の電極の配置は、図29に示すものに限ることではなく、たとえば、第1の電極および第2の電極がそれぞれ1枚の電極ではなく、それぞれ複数の電極に分割されて隙間を設けて配置されていてもよい。あるいは2つの電極が網状であってもよい。このような場合は、透明な基板と組合せることによって、液体中に浮遊する物体を外部から観察することができる。

[0124] また、非対称交流は、上記した実施の形態2と同様に、図7に示した波形の交流を用いてもよい。図7に示すような波形であっても特に悪影響なく、液体2312中に浮遊する物体2318を一方向に移動することができる。どちらか一方の電極が絶縁膜2316で覆われていれば良く、この場合でも、2つの電極間に直流電流が流れることを防ぐことができる。

非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態1と同様に設定すればよい。

また、液体中に浮遊する物体2318は、実質的に帯電していれば良い。物体の具体例は、実施の形態と同様のものをいれればよい。

[0125] なお、本実施の形態のように、2つの電極が2つの対向する基板上に形成されており、2つの基板の間に物体が浮遊する液体が満たされている場合は、物体の移動を以下のように利用することもできる。

物体2318は、液体2312中に多数浮遊しており、図29の下向きに重力が働いているとする。すなわち、第2の基板2322を下向きに設置したとする。この場合、2つの電極2313、2314に一方向電界が上向きの非対称交流を印加すれば、重力が付加されるので、物体2318を速やかに第2の基板2322の側に移動させることができる。すなわち、物体2318を速やかに沈殿させることができる。

また、一方向電界が下向きの図29のような非対称交流を2つの電極2313、2314に印加して物体2318を上向きに移動させれば、物体2318が重力により沈降するのを防ぐこともできる。

[0126] 上述のような方法または装置を用い、2つの電極2313、2314間に非対称な交流を印加することにより、液体2312内に浮遊する物体2318を一方向に移動させることができる。

また、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、2つの電極間に直流電流が流れない。したがって、液体が電気分解し、または電気化学反応により電極が腐食するといった問題を確実に防ぐことができる。また、第1の電極および第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、第1の電極から第2の電極へ直接電子が到達して電流が流れることがない。そのため、この系で消費される電力は、電極を覆う絶縁膜が構成するキャパシタンスの充放電によるもののみである。したがって、消費電力を著しく小さくし、ジュール熱の発生も著しく減らすことが可能となる。

この実施の形態5の場合も、図2(b)や図2(c)の波形が好ましい。

[0127] <実施の形態6>

本発明の第6の実施の形態である、電気泳動装置および電気泳動方法を、図30を用いて説明する。

図30に、本実施の形態の電気泳動装置3100の概略図を示す。

容器 3 1 2 3 の両側には、第 1 の電極 3 1 1 3 および第 2 の電極 3 1 1 4 が設置されている。第 1 の電極 3 1 1 3 と第 2 の電極 3 1 1 4 には、非対称な交流を発生する交流電源 3 2 1 5 が接続されている。第 1 の電極 3 1 1 3 および第 2 の電極 3 1 1 4 上には絶縁膜 3 1 1 6 が形成されている。

[0128] 電気泳動を行なう際には、容器 3 1 2 3 を所定の液体で満たすとともに、容器 3 1 2 3 内にウェル 3 1 2 5 を形成したアガロースゲル 3 1 2 4 を設置する。ウェル 3 1 2 5 は、試料を注入するための穴である。

次に、DNA などの試料を、ウェル 3 1 2 5 に注入し、第 1 の電極 3 1 1 3 と第 2 の電極 3 1 1 4 に非対称な交流を印加する。これにより試料を一定の方向に移動させる電気泳動を行なうことができる。

[0129] 上記液体としては、従来の電気泳動においては、2つの電極間に直流電流を流すので、導電性のものを用いる。しかしながら、本実施の形態では、液体のイオン濃度が小さい方が液体中に一方向の電界を発生させて試料を泳動させやすいので、純水など、イオン濃度が小さく、かつ試料を変性させないものを用いるのが好ましい。

[0130] 第 1 の電極 3 1 1 3 と第 2 の電極 3 1 1 4 に印加する非対称交流は、例えば、図 2 や図 3 に示したものをいれればよい。例えば、第 2 の電極 3 1 1 4 を基準電圧として、図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図 3 0 の矢印 3 1 1 7 の向き）となる。それゆえ、液体中の試料が負に帯電している場合は、図 3 0 に示すように、左向き（図 3 0 の矢印 3 1 1 9 の向き）に移動する。試料の分子量によりアガロースゲル 3 1 2 4 を進む距離が異なるため、試料に含まれる分子などを分離でき、試料の分子量を可視化することができる。

また、非対称交流は、実施の形態 2 と同様に、図 7 に示した波形の交流を用いてもよい。図 7 に示すような波形であっても特に悪影響なく、電気泳動を行なうことができる。なお、どちらか一方の電極が絶縁膜 3 1 1 6 で覆われていれば良く、2つの電極間に直流電流が流れることを防ぐことができる。

非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態１と同様に設定すればよい。

[0131] このように、非対称な交流を第１の電極３１１３と第２の電極３１１４に印加することによって、液体内に実質的に一方向に電界が発生し、液体中の試料を一方向に移動させることができる。

[0132] 電気泳動を行なうステップは、主として、以下のステップからなる。

（１）それぞれ少なくとも一部が液体で浸された第１の電極３１１３と第２の電極３１１４および測定されるべき試料を備えた泳動槽を準備するステップ、

（２）第１の電極３１１３と第２の電極３１１４との間に非対称交流を印加して試料を泳動させるステップ。

[0133] 上述のような方法または装置を用い、２つの電極３１１３、３１１４間に非対称な交流を印加することにより、電気泳動ができる。また、非対称交流による実質的な一方向電界を印加しているので、電気泳動を行なう際に、液体が電気分解して気泡が発生することなく、電気化学反応を起こすこともなく、電極が腐食して液体が汚染することなく、ジュール熱が発生するといった問題も回避することができる。したがって、より精確に分子の大きさの違いを検出することが可能となる。

この実施の形態６の場合も、図２（ｂ）や図２（ｃ）の波形が好ましい。

[0134] ＜実施の形態７＞

本発明の第７の実施の形態である、電気泳動表示装置を、図３１を用いて説明する。

図３１は、本実施の形態の電気泳動表示装置４１００の概略断面図である。

第１の基板４１３１と第２の基板４１３２が対向して配置されている。第１の基板４１３１上には、第１の電極（対向電極）４１１３が形成されている。第２の基板４１３２上には、画素毎に第２の電極（画素電極）４１１４が形成されている。

第1の電極4113と第2の電極4114の間には、電気泳動素子4134が配置されている。電気泳動素子4134は、円形のカプセル4135、分散媒4136、白色の電気泳動粒子4137および黒色の電気泳動粒子4138よりなる。

第1の電極4113と第2の電極4114には、選択トランジスタ4139を介して非対称交流を発生する電源4115が接続されている。

第2の電極4114と電気泳動素子4134の間には、接着層4133が設けられている。また、第2の電極4114は画素ごとに分離され、選択トランジスタ4139が接続されている。

[0135] 電気泳動表示装置4100の第1の基板4131側が表示面となる。第1の基板4131には、例えばガラスや透明フィルムなどの透明な基板を用いればよい。第2の基板4132は、必ずしも透明である必要はなく、ガラス、樹脂フィルム、表面に絶縁膜を形成した金属板を用いればよい。

第1の電極4113には、ITOなどの透明電極を用いることができ、全画素に対して共通するものでよい。第2の電極は、Al、Cu、Auなどの金属電極を用いることができる。

[0136] 電気泳動素子4134を構成する円形のカプセル4135は、例えば、直径が20～100 μ mの透明樹脂からなる。分散媒4136は、イオン濃度が小さい方が分散媒中に一方向の電界を発生させて電気泳動粒子を泳動させやすいので、イオン濃度が小さなものが好ましい。例えば、エタノール、メタノール、IPAなどのアルコール類、ベンジン、アセトンなどの有機溶媒などが好ましい。水を用いる場合は、純水、無イオン水などを用いるのが好ましい。

[0137] 2種類の電気泳動粒子4137、4138は、カーボンブラック等の黒色顔料、二酸化チタン等の白色顔料を用いることができる。ただし、2種類の電気泳動粒子は分散媒中に発生した実質的に一方向の電界に対して互いに反対方向に移動する必要があるため、2種類の電気泳動粒子は実質的に互いに反対極性に帯電している必要がある。

[0138] 電気泳動表示装置 4 1 0 0 の動作は、まず、選択トランジスタ 4 1 3 9 によって白色（または黒色）表示させるべき画素を選択し、次に選択された画素における第 2 の電極 4 1 1 4 と第 1 の電極 4 1 1 3 との間に非対称な交流を印加する。

これにより、選択された画素において、白色（黒色）の電気泳動粒子 4 1 3 7（4 1 3 8）がたとえば上側に移動し、黒色（白色）の電気泳動粒子 4 1 3 8（4 1 3 7）が下側に移動して、白色（黒色）が表示される。

[0139] 逆に反転表示をする場合は、選択トランジスタ 4 3 1 9 によって黒色（白色）表示させるべき画素を選択し、各電気泳動粒子 4 1 3 7、4 1 3 8 が反対向きに移動するような非対称な交流を、選択された画素における第 2 の電極 4 1 1 4 と第 1 の電極 4 1 1 3 との間に印加する。以上の動作により、電気泳動表示装置 4 1 0 0 に画像を表示することができる。

[0140] また、非対称交流は、実施の形態 2 と同様に、図 2 や図 3 に示した波形の交流や、図 7 に示した波形の交流を用いてもよい。

非対称交流の好ましい周波数は、分散媒 4 1 3 6 の種類によって異なり、一般的にイオン濃度が低い分散媒では周波数を低く、イオン濃度が高い分散媒では周波数を高くする。たとえば、分散媒 4 1 3 6 として純水を用いた場合は 5 0 0 H z ～ 5 M H z とすればよい。しかしながら、分散媒の汚染によりイオン濃度が高い場合には、適宜周波数を高くする必要がある。

[0141] このように、非対称な交流を第 1 の電極 4 1 1 3 と第 2 の電極 4 1 1 4 との間に印加することによって、分散媒内に実質的に一方向に電界が発生し、分散媒中の電気泳動粒子が一方向に移動させることができ、電気泳動表示装置として駆動させることができる。

[0142] 従来の電気泳動表示装置は、画素電極と共通電極間に直流電圧を印加する。直流電圧を印加した瞬間は、カプセルの内側に内部の電界を打ち消すに十分な電荷が誘起されないため、カプセルの内部に電界が侵入する。そのために、電気泳動粒子を短い距離（カプセルの直径程度）移動させることができた。また、一旦カプセル内側に到達した電気泳動粒子は静電力によりカプセ

ルの内壁に吸着するため、電圧の印加を停止した後も画像は保存された。しかし、従来の装置では、電気泳動粒子に対する駆動力は時間とともに急速に減衰してしまい、減衰するまでに移動を完了する必要があったので、カプセルの直径、分散媒の種類および電気泳動粒子の種類などに制約があるという問題があった。また、より大きな電気泳動粒子に対する駆動力が必要な場合は、より高い電圧が必要になるという問題もあった。

[0143] 一方、本実施の形態の電気泳動表示装置は、画素電極（第２電極）と共通電極（第１電極）間に、非対称な交流を印加することにより、電気泳動粒子を一方向に移動させ続けることができる。したがって、たとえば、白黒の２色による表示をさせる場合、電極に印加する電圧を大きくすることなく、使用したカプセル、分散媒および電気泳動粒子に応じて、十分な時間、電極間に非対称交流を印加することにより、画素の白黒の変換を、より確実にこなうことができる。また、電気泳動粒子を駆動する時間を自由に変えられるので、画素の大きさ、分散媒の種類および電気泳動粒子の種類など、設計の自由度を広げることができる。

この実施の形態７の場合も、非対称交流としては、図２（ｂ）や図２（ｃ）の波形が好ましい。

[0144] ＜実施の形態８＞

本発明の第８の実施の形態である、電気浸透流ポンプとその動作方法を、図３２を用いて説明する。

図３２は、本実施の形態の電気浸透流ポンプ５１００の概略断面図である。

チューブ５１４１の内部は流路となっており、搬送される液体５１１２で満たされている。チューブ５１４１の上流部と下流部には、複数の孔を設けた第１の電極５１１３および第２の電極５１１４が離間して配置されている。第１の電極５１１３と第２の電極５１１４には、非対称な交流を発生する交流電源５１１５が接続されている。

[0145] チューブ５１４１は、樹脂、ガラスなどを用いることができる。

搬送される液体 5 1 1 2 は、液体のイオン濃度が小さい方が液体中に一方の電界を発生させて液体を搬送させやすいので、イオン濃度が小さなものが好ましい。例えば、エタノール、メタノール、IPA などのアルコール類、ベンジン、アセトンなどの有機溶媒などが好ましい。水を用いる場合は、純水、無イオン水などを用いるのが好ましい。

イオン濃度が高い液体を搬送する場合は、この電気浸透流ポンプを動力として間接的に搬送することができる。

第 1 の電極 5 1 1 3 および第 2 の電極 5 1 1 4 には、液体が通過できるように、0.1 mm ～ 1 mm 程度の大きさの孔を設ける。

[0146] 第 1 の電極 5 1 1 3 と第 2 の電極 5 1 1 4 に印加する非対称交流は、上記実施の形態と同様に、図 2 や図 3 に示したものをいれればよい。例えば、第 2 の電極 5 1 1 4 を基準電圧として、図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体 5 1 1 2 内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図 3 2 の矢印 5 1 1 7 の向き）となる。

このとき、チューブ 5 1 4 1 の内壁が負に帯電する場合は、図 3 2 に示すように、チューブ 5 1 4 1 の内壁付近の液体 5 1 1 2 中には正電荷が誘起される。

内壁に固着する液体と流動する液体の境界面であるすべり面 5 1 4 2 よりも内壁から離れた領域では、液体 5 1 1 2 はチューブ 5 1 4 1 の内壁に固着することなく自由に移動できる。

また、液体 5 1 1 2 内には実質的に一方向（矢印 5 1 1 7 の向き）の電界が存在するため、正電荷に帯電した液体分子は第 2 電極の方へ進行し、液体 5 1 1 2 は右方向へ搬送される。

非対称交流の好ましい周波数と電圧は、実施の形態 1 と同様に設定すればよい。

[0147] このように、非対称な交流を第 1 の電極 5 1 1 3 と第 2 の電極 5 1 1 4 に印加することによって、液体 5 1 1 2 内に実質的に一方向に電界を発生させることができる。

また、流路内の上流部と下流部にそれぞれ離間して配置された第１の電極と第２の電極との間に、図３２に示すように非対称交流を印加することにより、該流路内を満たした液体５１１２を前記流路内の上流部から下流部へと輸送することができる。

[0148] また、実質的に一方向の電界を発生させる非対称交流を印加しているので、液体を一方向に搬送しても、液体が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応を起こすこともなく、電極が腐食することを防止できる。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、電気浸透流ポンプの構造を単純化することができ、さらに、電気浸透流ポンプの信頼性を高くすることができる。

[0149] 本実施の形態では、第１の電極５１１３と第２の電極５１１４はいずれも液体５１１２と直接接触しているため、２つの電極間に直流を印加したとすると直流電流が流れる。それゆえ、非対称交流が実質的な直流成分を持たないこと、すなわち上記第１の電極と第２の電極との間の電圧 $V(t)$ を交流の１周期に渡って積分した V_{eff} が実質的に０であることが好ましい。

これにより、２つの電極間に正味の直流電流が流れないので、液体が電気分解して気泡が生じることはなく、または電気化学反応を起こすこともなく電極が腐食することもより確実に防止できる。

この実施の形態８の場合も、液体を効率よく搬送するためには、非対称交流は、図２（ｂ）や図２（ｃ）の波形が好ましい。

[0150] ＜実施の形態９＞

本発明の第９の実施の形態である、電気浸透流ポンプとその動作方法を、図３３を用いて説明する。

本実施の形態が、実施の形態８と異なるのは、第１の電極と第２の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われることである。

[0151] 図３３は、本実施の形態の電気浸透流ポンプ５２００の概略断面図である。

チューブ５２４１の内部は流路となっており、搬送される液体５２１２で

満たされている。チューブ 5 2 4 1 の上流部と下流部には、複数の孔を設けた第 1 の電極 5 2 1 3 および第 2 の電極 5 2 1 4 が離間して配置されている。

第 1 の電極 5 2 1 3 と第 2 の電極 5 2 1 4 は絶縁膜 5 2 1 6 で覆われており、非対称な交流を発生する交流電源 5 2 1 5 に接続される。

チューブ 5 2 4 1 は、実施形態 8 と同様に、樹脂、ガラスなどを用い、搬送される液体 5 2 1 2 は、イオン濃度が小さなものが好ましい。

[0152] 第 1 の電極 5 2 1 3 と第 2 の電極 5 2 1 4 に印加する非対称交流は、上記実施の形態と同様に、図 2 や図 3 に示したものをいれればよい。例えば、第 2 の電極 5 2 1 4 を基準電圧として、図 2 に示す非対称交流を印加したとき、液体 5 2 1 2 内に実質的に発生する電界の向きは右向き（図 3 の矢印 5 2 1 7 の向き）となる。

このとき、チューブ 5 2 4 1 の内壁が負に帯電する場合は、チューブ 5 2 4 1 の内壁付近の液体 5 2 1 2 中には正電荷が誘起される。すべり面よりも内壁から離れた領域では液体 5 2 1 2 はチューブ 5 2 4 1 の内壁に固着することなく自由に移動できる。

また、液体 5 2 1 2 内には実質的に一方向（矢印 5 2 1 7 の向き）の電界が存在するため、液体 5 2 1 2 は右方向へ搬送される。以上の動作は、実施の形態 8 と同様である。

[0153] また、非対称交流は、上記実施の形態と同様に、図 7 に示したものをいってもよい。第 1 の電極 5 2 1 3 および第 2 の電極 5 2 1 4 は絶縁膜 5 2 1 6 で覆われているため、2つの電極間に直流電流は流れない。したがって、図 7 に示すような波形であっても特に悪影響なく、液体 5 2 1 2 を一方向に搬送することができる。なお、どちらか一方の電極が絶縁膜 5 2 1 6 で覆われていれば良く、2つの電極間に直流電流が流れることを防ぐことができる。

非対称交流の好ましい周波数および電圧は、実施の形態と同様に設定すればよい。

[0154] このように、非対称な交流を第 1 の電極 5 2 1 3 と第 2 の電極 5 2 1 4 に

印加することによって、液体 5 2 1 2 内に実質的に一方向に電界を発生させることができる。

また、上述のような方法または装置を用い、2つの電極 5 2 1 3、5 2 1 4 間に非対称な交流を印加することにより、液体 5 2 1 2 を一方向に搬送することができる。また、実質的に一方向の電界を発生させる非対称交流を印加しているので、液体を一方向に搬送しても、液体が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応を起こすこともなく、電極が腐食するといった問題を回避することが可能となる。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、電気浸透流ポンプの構造を単純化することができる、さらに、電気浸透流ポンプの信頼性を高くすることができる。

[0155] 更に、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方を絶縁膜で覆うことにより、2つの電極間に直流電流が流れないので、電極が腐食することをより確実に防ぐことができる。また、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、第 1 の電極から第 2 の電極へ直接電子が到達して電流が流れることがない。そのため、この系で消費される電力は、電極を覆う絶縁膜が構成するキャパシタンスの充放電によるもののみである。したがって、消費電力を著しく小さくし、ジュール熱の発生も著しく減らすことが可能となる。

この実施の形態 9 の場合も、液体を効率よく搬送するためには、非対称交流は、図 2 (b) や図 2 (c) の波形が好ましい。

[0156] <実施の形態 10>

本発明の第 10 の実施の形態である、電気浸透流ポンプの他の実施例を、図 3 4 を用いて説明する。

本実施の形態が、実施の形態 9 と異なるのは、第 1 の電極と第 2 の電極の間の流路に、多孔質からなる電気浸透材を設けたことである。

[0157] 図 3 4 は、本実施の形態の電気浸透流ポンプ 5 3 0 0 の概略断面図である。

チューブ 5 3 4 1 の内部は流路となっており、搬送される液体 5 3 1 2 で

満たされている。チューブ 5341 の上流部と下流部には、複数の孔を設けた第 1 の電極 5313 および第 2 の電極 5314 が離間して配置されている。第 1 の電極 5313 と第 2 の電極 5314 は絶縁膜 5316 で覆われており、非対称な交流を発生する交流電源 5315 が接続されている。

[0158] 流路内であって、第 1 の電極 5313 と第 2 の電極 5314 の間には、多孔質からなる電気浸透材 5343 が配置されている。

電気浸透材 5343 とは、たとえば、シリカ繊維材料、多孔質セラミックからなる部材であり、液体を通過させるとともに流路の内壁の面積を実質的に増大する役割を果たすものである。

この電気浸透材 5343 を、図 34 に示すように配置することにより、電気浸透材内部に設けられた微細な孔において電気浸透材と液体が触れ、非対称交流により発生する一方向電界の作用により液体が搬送される。電気浸透材内部の多孔質は電気浸透材と液体の接触面積を増大させるため、液体の搬送能力も増大する。

[0159] 本実施の形態の電気浸透ポンプによれば、実施の形態 9 と同様に、液体が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応を起こすこともなく、電極が腐食することを防止できる。

したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、電気浸透流ポンプの構造を単純化することができ、電気浸透流ポンプの信頼性を高くすることができる。

また、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われるため、電極の腐食をより確実に防ぐことができる。また、消費電力を著しく小さくし、ジュール熱の発生も著しく減らすことが可能となる。

更に、第 1 の電極 5313 と第 2 の電極 5314 の間に、多孔質からなる電気浸透材を配置することにより、電気浸透効果を高めることができるので、ポンプの能力を飛躍的に高めることができる。

[0160] <実施の形態 11>

本発明の第 11 の実施の形態である、燃料電池を、図 35 を用いて説明す

る。

燃料電池 6100 は、本発明の実施の形態 8, 9 または 10 のいずれかの電気浸透ポンプ 6151 を備える。また、燃料タンク 6153 から燃料電池セル 6152 へ、燃料輸送管 6154 を通じて燃料を輸送する。

燃料電池セル 6152 には、燃料電池状態センサ 6156 が接続されており、燃料電池の状態を検出する。

燃料電池状態センサ 6156 から燃料電池の状態が燃料供給制御回路 6157 に伝えられ、燃料供給制御回路 6157 が燃料電池 6151 による燃料供給量を制御する。

燃料電池状態センサ 6156 および燃料供給制御回路 6157 に必要な電力は、燃料電池セル 6152 に接続された DC/DC コンバータ 6155 により供給される。DC/DC コンバータ 6155 には、外部に電力を供給するための端子 6158 が接続される。

[0161] 本実施の形態の燃料電池は、本発明の電気浸透流ポンプを備えているので、電気浸透流ポンプによって輸送する燃料が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応が起こることもなく、電極が腐食することがない。したがって、気泡を除去するための機構が不要となって、燃料電池の構造を単純化することができ、燃料電池の信頼性を高くすることができる。

[0162] <実施の形態 12>

本発明の第 12 の実施の形態である、冷却ポンプを、図 36 を用いて説明する。

冷却ポンプ 6200 は、本発明の実施の形態 8, 9 または 10 のいずれかの電気浸透ポンプ 6251 を備える。また、受熱部 6259 と熱交換器 6260 に、冷媒輸送管 6263 を通じて冷媒を循環させる。

受熱部 6259 には、温度センサ 6261 が設けられており、受熱部 6259 の温度をポンプ制御回路 6262 に伝達する。ポンプ制御回路 6262 は温度センサ 6261 からの情報に基づいて電気浸透ポンプ 6251 を制御し、冷媒を移動させ、受熱部 6259 の温度を適正に保つ。

[0163] 本実施の形態の冷却ポンプは、本発明の電気浸透流ポンプを備えているので、電気浸透流ポンプによって移動させる冷媒が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応が起こることもなく、電極が腐食することもない。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、冷却ポンプの構造を単純化することができ、冷却ポンプの信頼性を高くすることができる。

[0164] <実施の形態 13>

本発明の第 13 の実施の形態である、薬液供給装置 6300 を、図 37 を用いて説明する。

薬液供給装置 6300 は、本発明の実施の形態 8, 9 または 10 のいずれかの電気浸透ポンプ 6351 を備える。また、薬液タンク 6364 から薬液供給先へ、薬液輸送管 6368 を通じて薬液を輸送する。

薬液輸送管 6368 の途中には、流量センサ 6365 が設けられており、流量情報が薬液供給制御回路 6366 に伝えられる。薬液供給制御回路 6366 は、薬液供給プログラム入力装置 6367 からあらかじめ伝達された指示と、流量センサ 6365 から伝えられた流量情報とに基づき、電気浸透ポンプ 6351 を制御し、輸送する薬液の流量を調節する。

[0165] 本実施の形態の薬液供給装置は、本発明の電気浸透流ポンプを備えているので、電気浸透流ポンプによって輸送する薬液が電気分解して気泡が生じることはなく、また電気化学反応が起こることもなく、電極が腐食することもない。したがって、気泡を除去するための機構が不要となるので、薬液供給装置の構造を単純化することができ、薬液供給装置の信頼性を高くすることができる。

符号の説明

- [0166] 1110 電界発生装置
1111 容器
1112 液体
1113 第 1 の電極

- 1 1 1 4 第2の電極
- 1 1 1 5 交流電源
- 1 2 1 6 絶縁膜
- 2 1 0 0 浮遊体移動装置
- 2 1 1 1 容器
- 2 1 1 2 液体
- 2 1 1 3 第1の電極
- 2 1 1 4 第2の電極
- 2 1 1 5 交流電源
- 2 1 1 8 物体
- 2 2 1 6 絶縁膜
- 3 1 0 0 電気泳動装置
- 3 1 2 4 アガロースゲル
- 3 1 2 5 ウェル
- 4 1 0 0 電気泳動表示装置
- 4 1 3 1 第1の基板
- 4 1 3 2 第2の基板
- 4 1 3 4 電気泳動素子
- 4 1 3 5 カプセル
- 4 1 3 6 分散媒
- 4 1 3 7 電気泳動粒子
- 4 1 3 8 電気泳動粒子
- 4 1 3 9 選択トランジスタ
- 5 1 0 0 電気浸透流ポンプ
- 5 1 4 1 チューブ
- 5 1 4 2 すべり面
- 5 2 1 6 絶縁膜
- 5 3 4 3 電気浸透材

- 6 1 0 0 燃料電池
- 6 1 5 1 電気浸透流ポンプ
- 6 1 5 2 燃料電池セル
- 6 1 5 3 燃料タンク
- 6 1 5 4 燃料輸送管
- 6 1 5 5 D C / D C コンバータ
- 6 1 5 6 燃料電池状態センサ
- 6 1 5 7 燃料供給制御回路
- 6 1 5 8 電力供給端子
- 6 2 0 0 冷却ポンプ
- 6 2 5 1 電気浸透流ポンプ
- 6 2 6 3 冷媒輸送管
- 6 3 0 0 薬液供給装置
- 6 3 5 1 電気浸透流ポンプ
- 6 3 6 8 薬液輸送管

請求の範囲

[請求項1]

液体が注入された容器と、

前記容器に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、

前記交流発生器が、前記液体中に実質的に前記第1の電極から第2の電極へ向かう電界、または実質的に前記第2の電極から第1の電極へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させることを特徴とする電界発生装置。

[請求項2]

請求項1に記載の電界発生装置であって、

前記第1の電極と第2の電極は、前記容器に注入された前記液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の1周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする電界発生装置。

[請求項3]

請求項1に記載の電界発生装置であって、

前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電界発生装置。

[請求項4]

物体が浮遊する液体が注入された容器と、

前記容器に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、

前記交流発生器が印加した非対称交流によって、前記液体中に浮遊する物体に対し、前記第1の電極から第2の電極への移動、または前記第2の電極から第1の電極への移動のうちいずれか一方の移動をさせることを特徴とする浮遊体移動装置。

[請求項5]

請求項4に記載の浮遊体移動装置であって、

前記第1の電極と第2の電極は、いずれも液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の1周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする浮遊体移動装置。

[請求項6]

請求項4に記載の浮遊体移動装置であって、

前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする浮遊体移動装置。

[請求項7]

試料を含む液体が注入された泳動槽と、

前記泳動槽に注入された液体に、それぞれ少なくとも一部が浸されるように所定の間隔を空けて配置された第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極および第2の電極に接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、

前記交流発生器が印加した非対称な交流によって、液体中に含まれた試料を、液体中の第1の電極と第2の電極との間を泳動させ、

前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電気泳動装置。

[請求項8]

所定の間隔を空けて対向配置された第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極と第2の電極とに挟まれた空間に配置され、電気泳

動粒子と分散液とを内包した複数のカプセルからなる電気泳動素子と、

前記第 1 の電極と第 2 の電極とに接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、

前記非対称な交流によって、各カプセル内の電気泳動粒子を一方の電極の方向へ移動させることを特徴とする電気泳動表示装置。

[請求項 9]

液体を流す流路と、

前記流路の上流部と下流部にそれぞれ離間して配置され、複数の孔を有する第 1 の電極と第 2 の電極と、

前記第 1 の電極および第 2 の電極とに接続され、両電極間に非対称な交流を印加させる交流発生器とを備え、

前記非対称交流を印加することにより、前記流路内に流入された液体を、流路内の上流部にある第 1 の電極から下流部にある第 2 の電極の方向へと輸送する

ことを特徴とする電気浸透流ポンプ。

[請求項 10]

請求項 9 に記載の電気浸透流ポンプであって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極は、前記流路に流入された前記液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に 0 となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする電気浸透流ポンプ。

[請求項 11]

請求項 9 または 10 に記載の電気浸透流ポンプであって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電気浸透流ポンプ。

[請求項 12]

請求項 9、10 または 11 のいずれかに記載の電気浸透流ポンプであって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の前記流路内に、多孔質からなる電気浸透材が設けられていることを特徴とする電気浸透流ポンプ。

[請求項13] 請求項 9 ないし 12 のいずれかに記載の電気浸透流ポンプを備えたことを特徴とする燃料電池。

[請求項14] 請求項 9 ないし 12 のいずれかに記載の電気浸透流ポンプにより駆動されることを特徴とする冷却ポンプ。

[請求項15] 請求項 9 ないし 12 のいずれかに記載の電気浸透流ポンプにより駆動されることを特徴とする薬液供給装置。

[請求項16] 容器に液体を注入する準備ステップと、

第 1 の電極と第 2 の電極とをそれぞれ少なくとも一部が前記液体に浸されるように所定の間隔を空けて配置する配置ステップと、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称交流を印加し、前記液体中に実質的に前記第 1 の電極から第 2 の電極へ向かう電界、または実質的に前記第 2 の電極から第 1 の電極へ向かう電界のいずれか一方の電界を発生させる電界発生ステップとを含むことを特徴とする電界発生方法。

[請求項17] 請求項 16 に記載の電界発生方法であって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に 0 となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする電界発生方法。

[請求項18] 請求項 16 に記載の電界発生方法であって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電界発生方法。

[請求項19] 請求項 16 に記載の電界発生方法であって、

前記非対称交流は、高電位持続時間と低電位持続時間が異なる矩形波である

ことを特徴とする電界発生方法。

[請求項20] 請求項16に記載の電界発生方法であって、

前記非対称交流は、立ち上り時間と立ち下り時間が異なる三角波またはのこぎり波であることを特徴とする電界発生方法。

[請求項21] 物体が浮遊する液体を容器に注入する準備ステップと、

第1の電極と第2の電極とを、それぞれ少なくとも一部が前記液体に浸されるように所定の間隔を空けて配置する配置ステップと、

前記第1の電極と第2の電極との間に非対称交流を印加し、前記液体中に浮遊する物体に対し、前記第1の電極から第2の電極への移動、または前記第2の電極から第1の電極への移動のうちいずれか一方の移動をさせる移動ステップを含む

ことを特徴とする浮遊体移動方法。

[請求項22] 請求項21に記載の浮遊体移動方法であって、

前記第1の電極と第2の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第1の電極と第2の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の1周期に渡って積分した次式の値

$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に0となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする浮遊体移動方法。

[請求項23] 請求項21に記載の浮遊体移動方法であって、

前記第1の電極と第2の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする浮遊体移動方法。

[請求項24] 電気泳動によって移動させる試料を含む液体を、泳動槽に注入する準備ステップと、

第1の電極と第2の電極とを、それぞれ少なくとも一部が前記液体

に浸されるように所定の間隔を空けて配置させる配置ステップと、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称交流を印加して、前記試料を液体中の第 1 の電極と第 2 の電極との間を泳動させる泳動ステップとを含み、

前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて前記液体と直接接触しないことを特徴とする電気泳動方法。

[請求項25] 電気浸透流ポンプの流路内の上流部と下流部に、第 1 の電極と第 2 の電極とをそれぞれ離間して配置し、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に非対称交流を印加し、

前記流路内に流入された液体を、前記流路内の上流部にある第 1 の電極から下流部にある第 2 の電極の方向へ輸送することを特徴とした電気浸透流ポンプの動作方法。

[請求項26] 請求項 25 に記載の電気浸透流ポンプの動作方法であって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極はいずれも液体と直接接触するように配置され、

前記非対称交流は、前記第 1 の電極と第 2 の電極との間の電圧 $V(t)$ (t は時間) を交流の 1 周期に渡って積分した次式の値

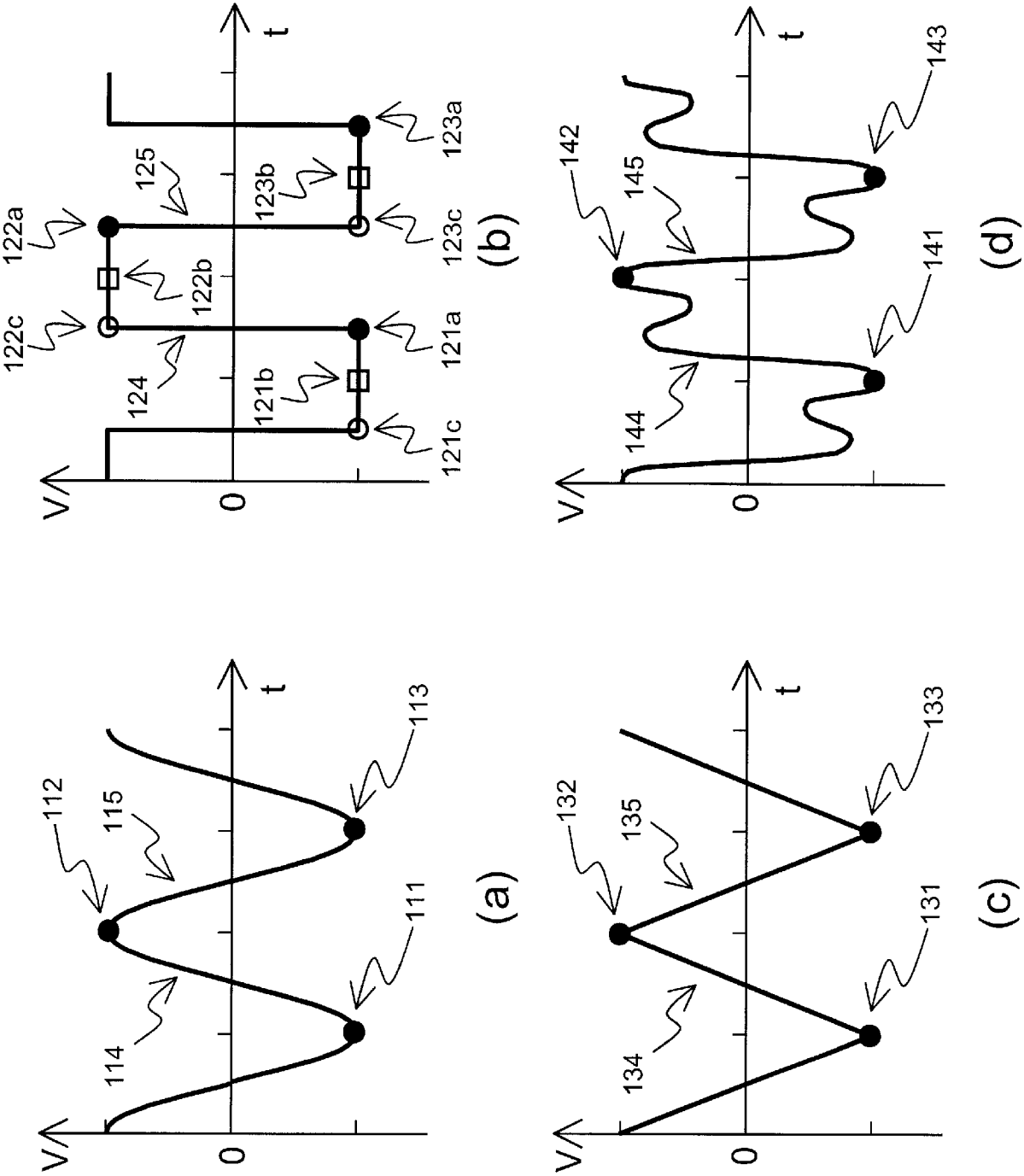
$$V_{eff} = \int V(t) dt$$

が実質的に 0 となり、実質的な直流成分を持たないことを特徴とする電気浸透流ポンプの動作方法。

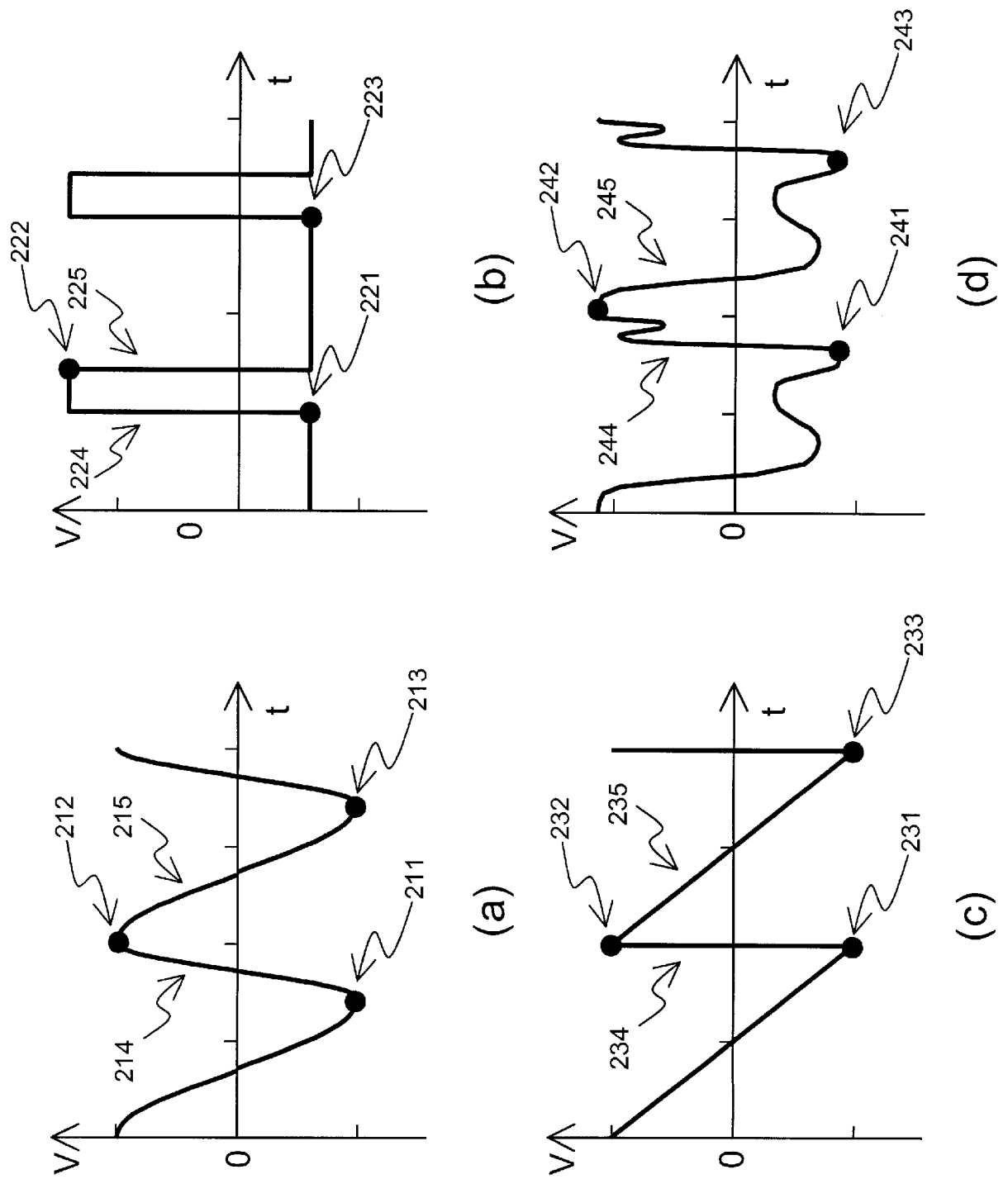
[請求項27] 請求項 25 に記載の電気浸透流ポンプの動作方法であって、

前記第 1 の電極と第 2 の電極の少なくとも一方が絶縁膜で覆われて液体と直接接触しないことを特徴とする電気浸透流ポンプの動作方法。

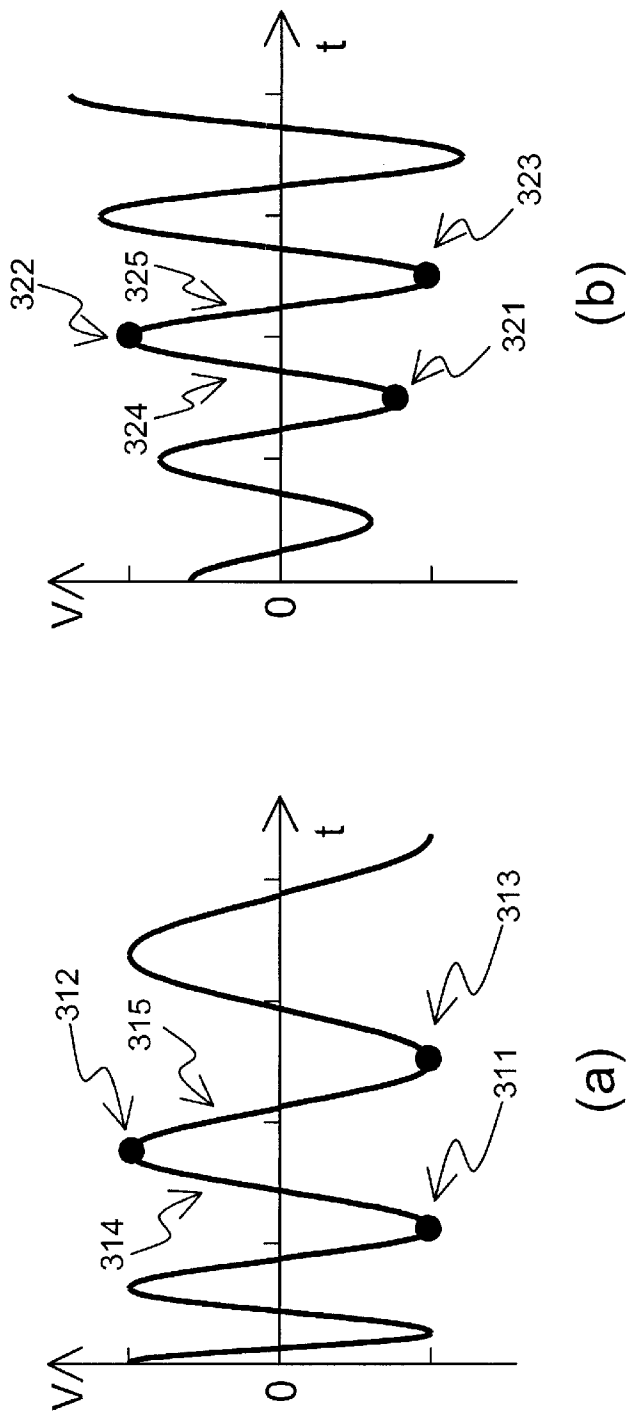
[図1]



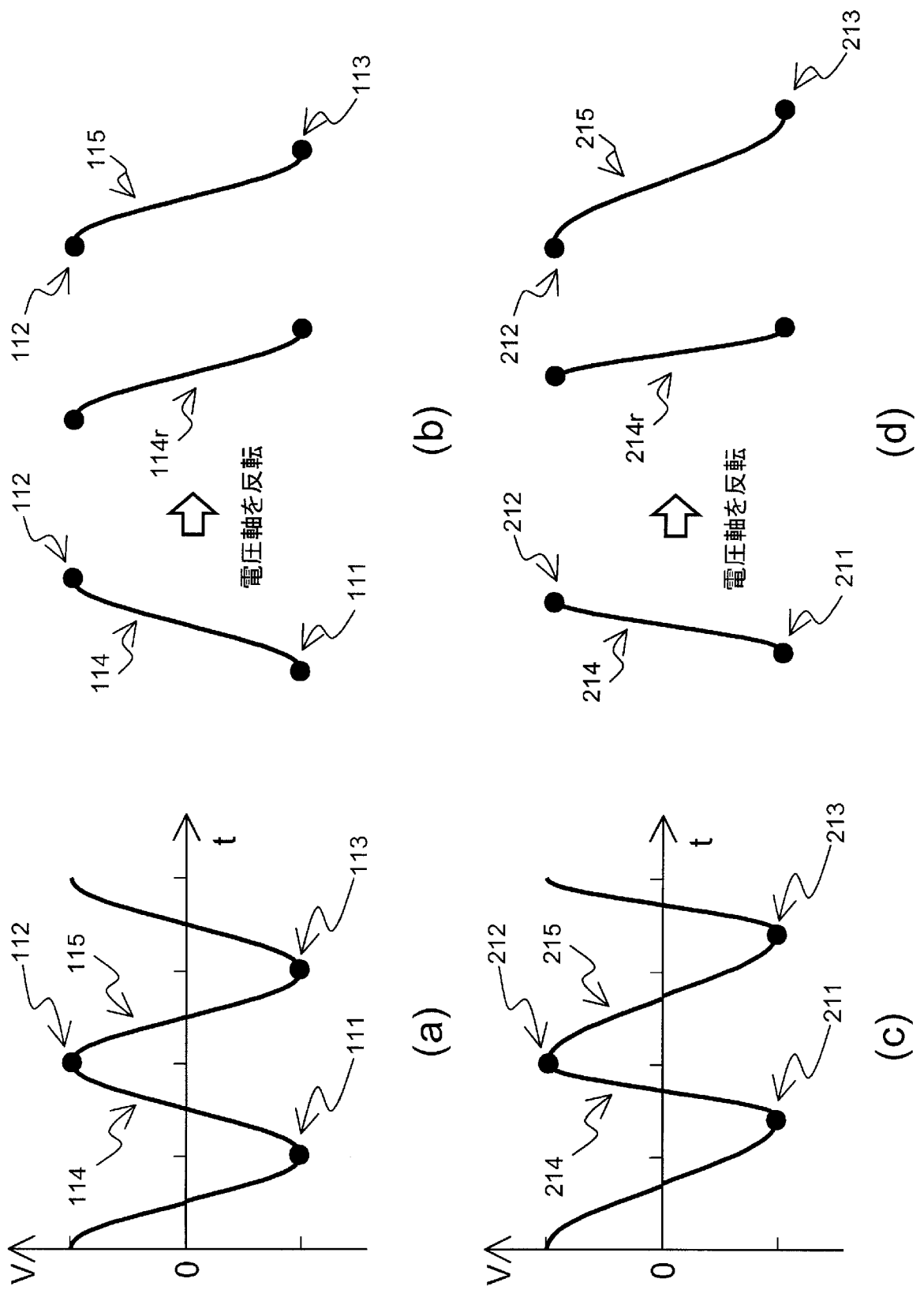
[図2]



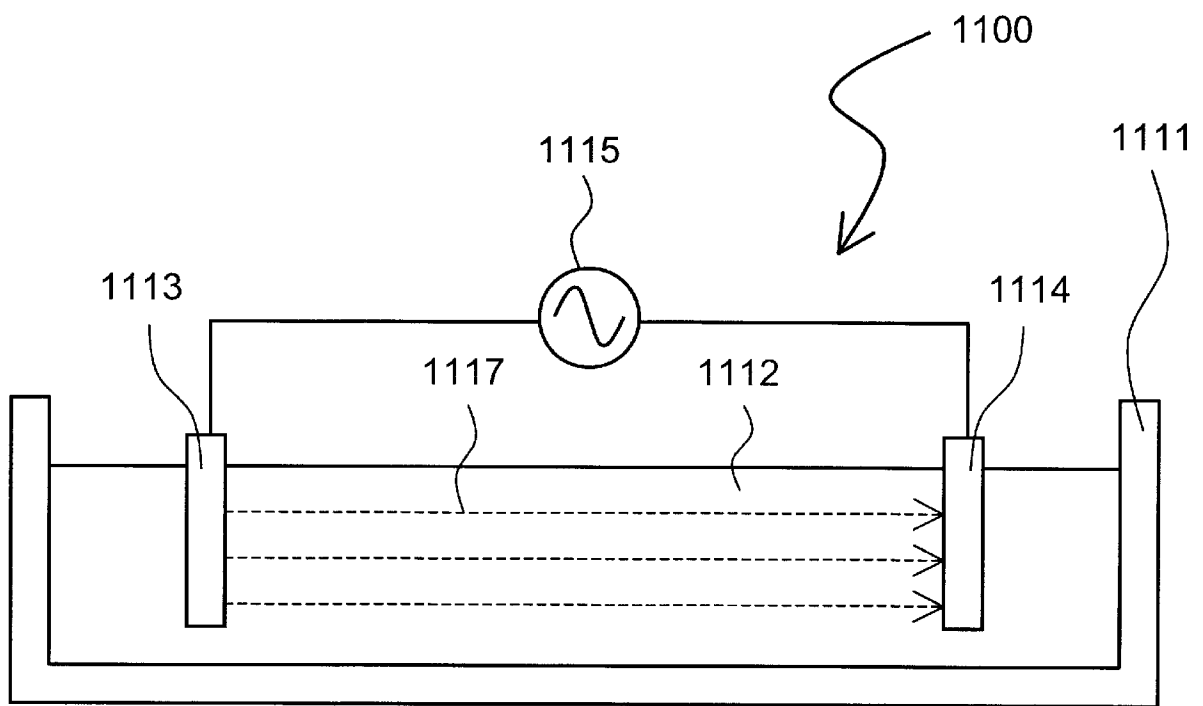
[図3]



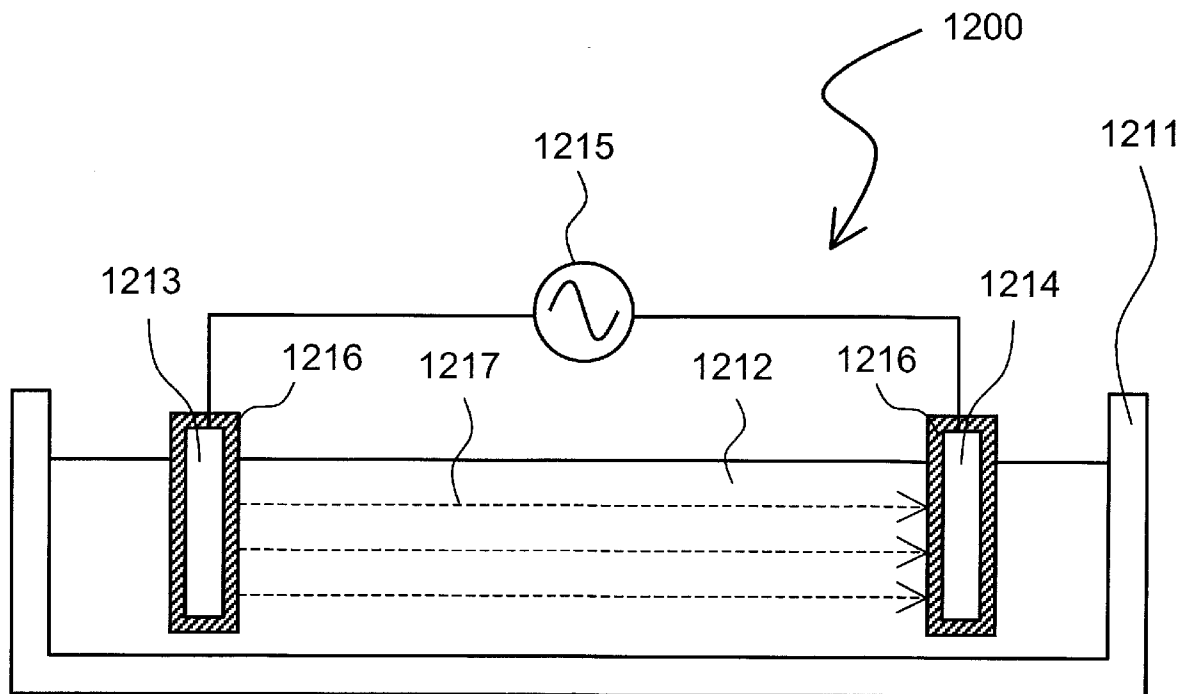
[図4]



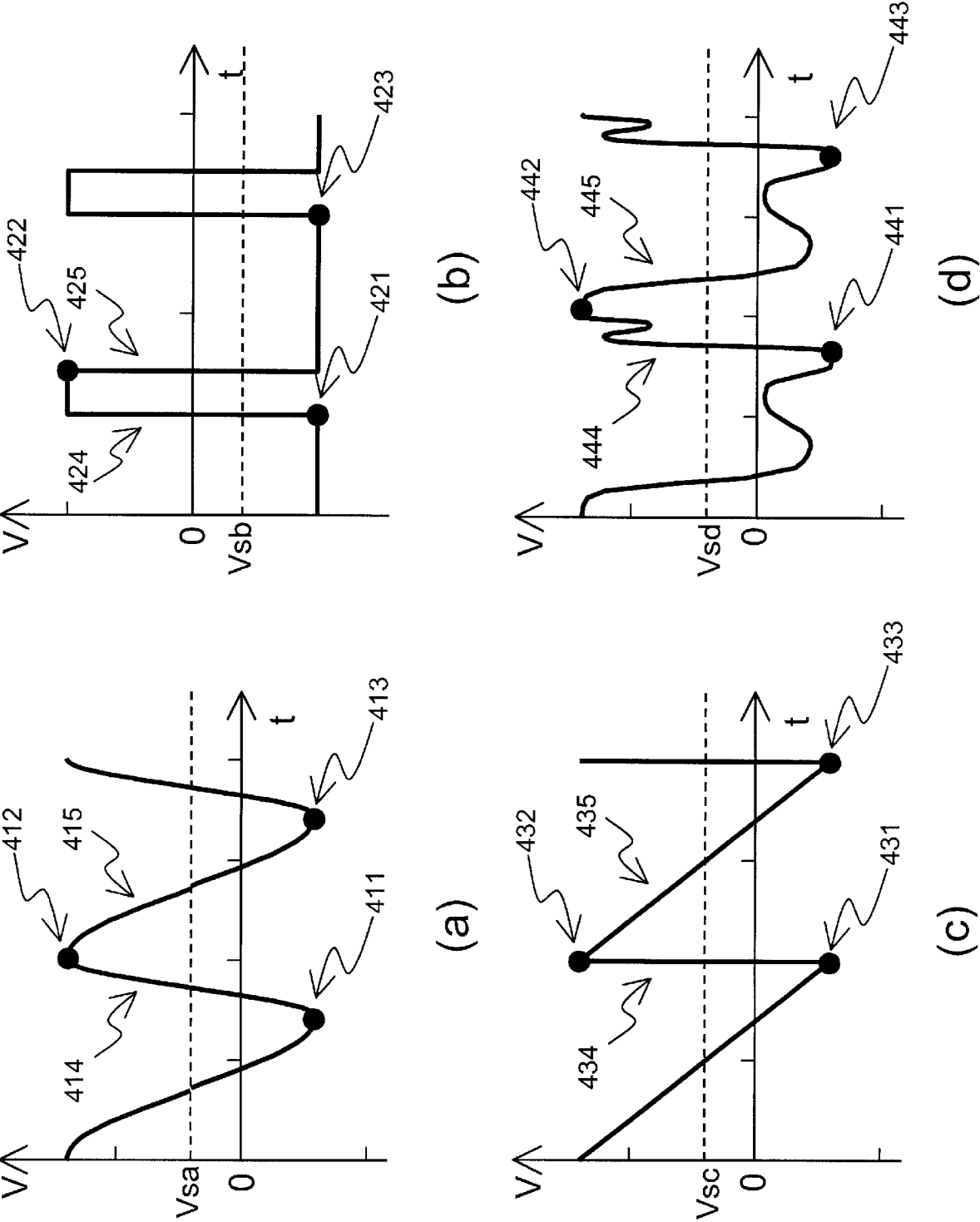
[図5]



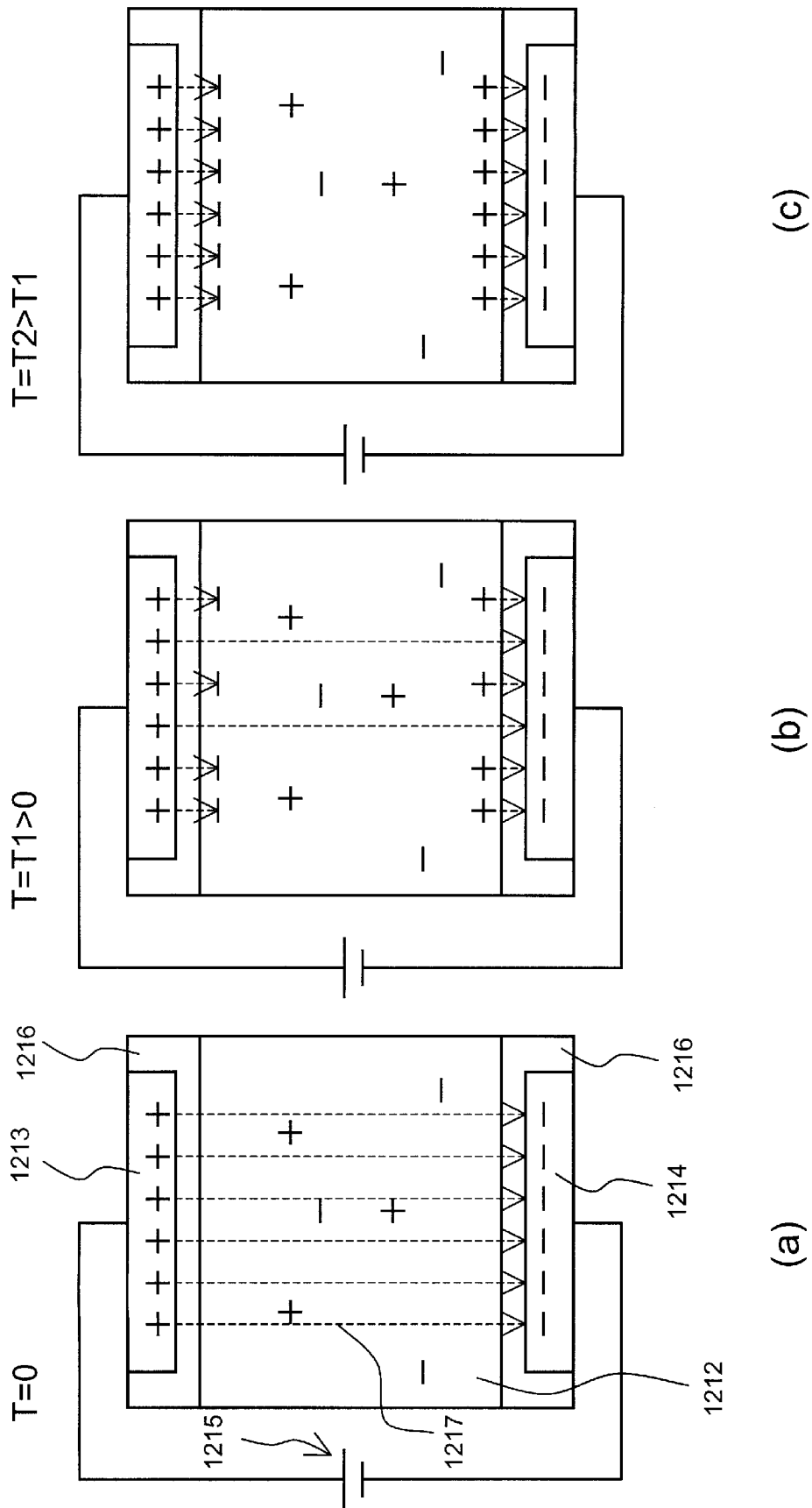
[図6]



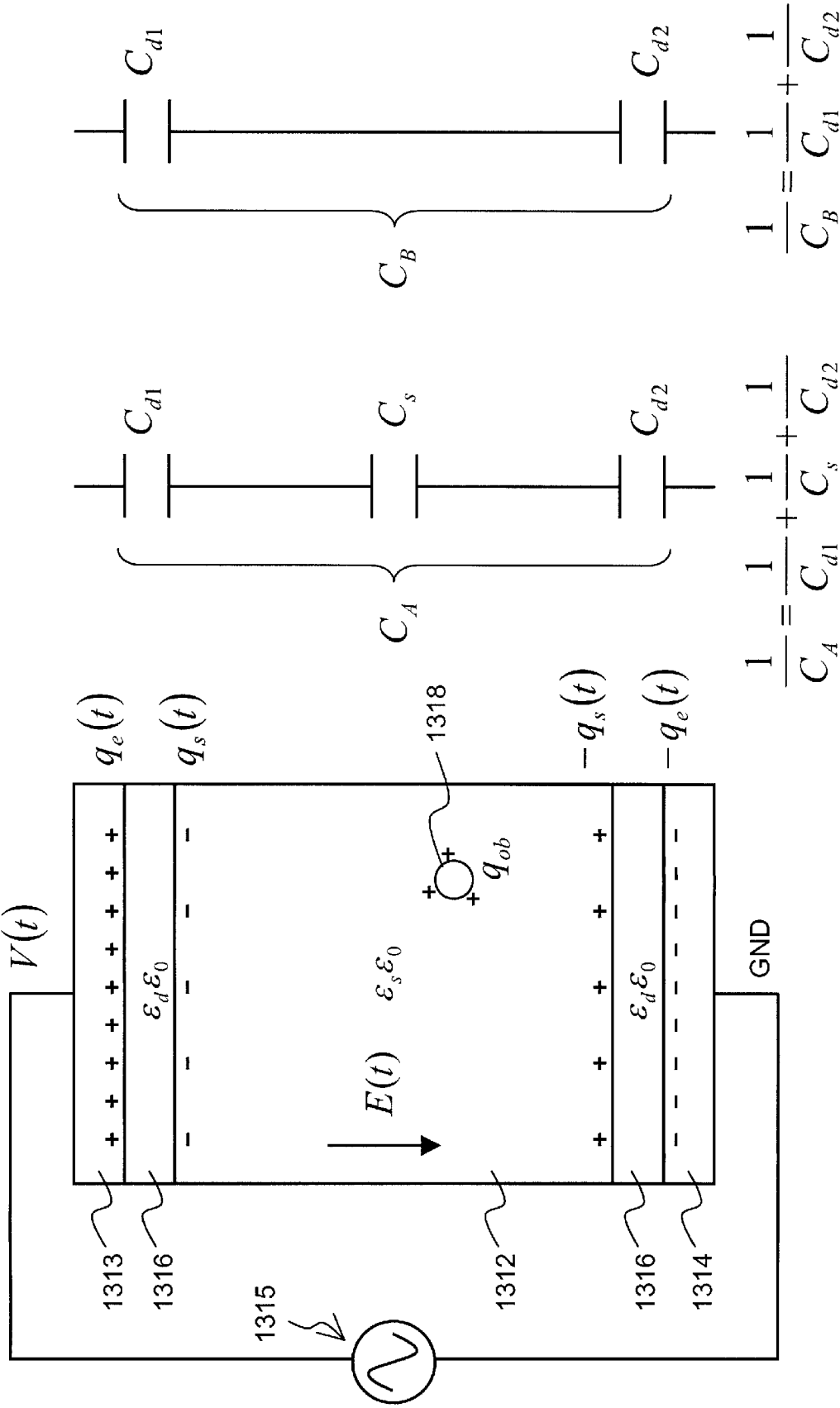
[図7]



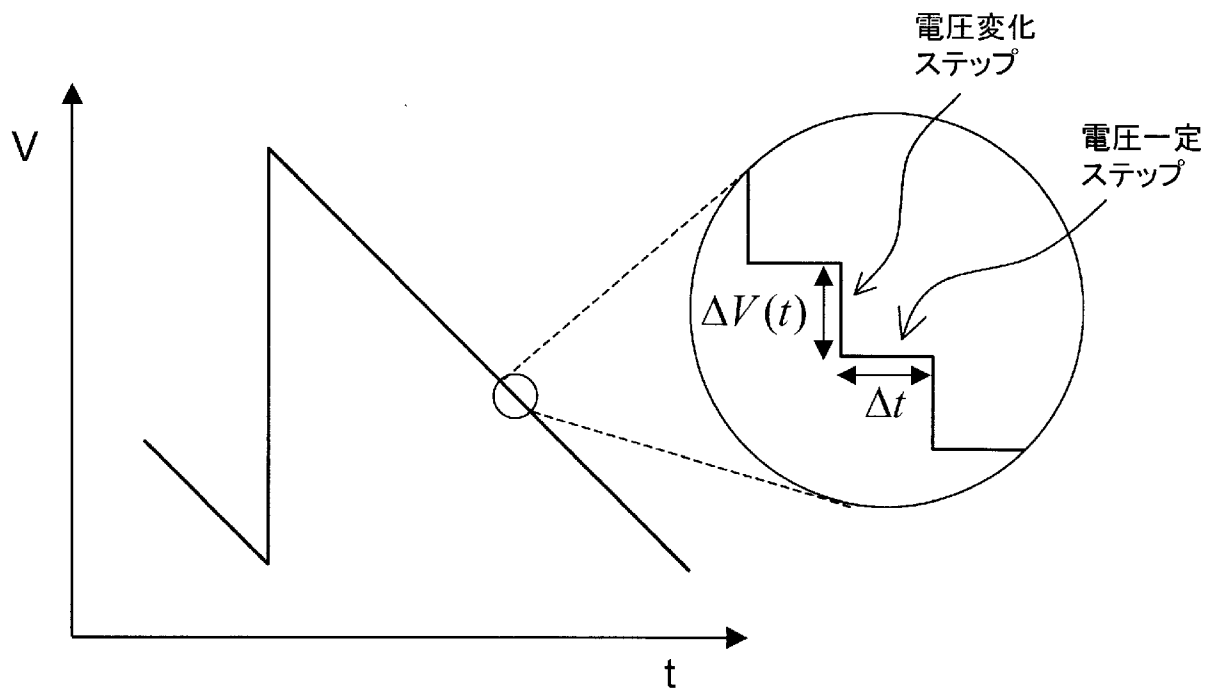
[図8]



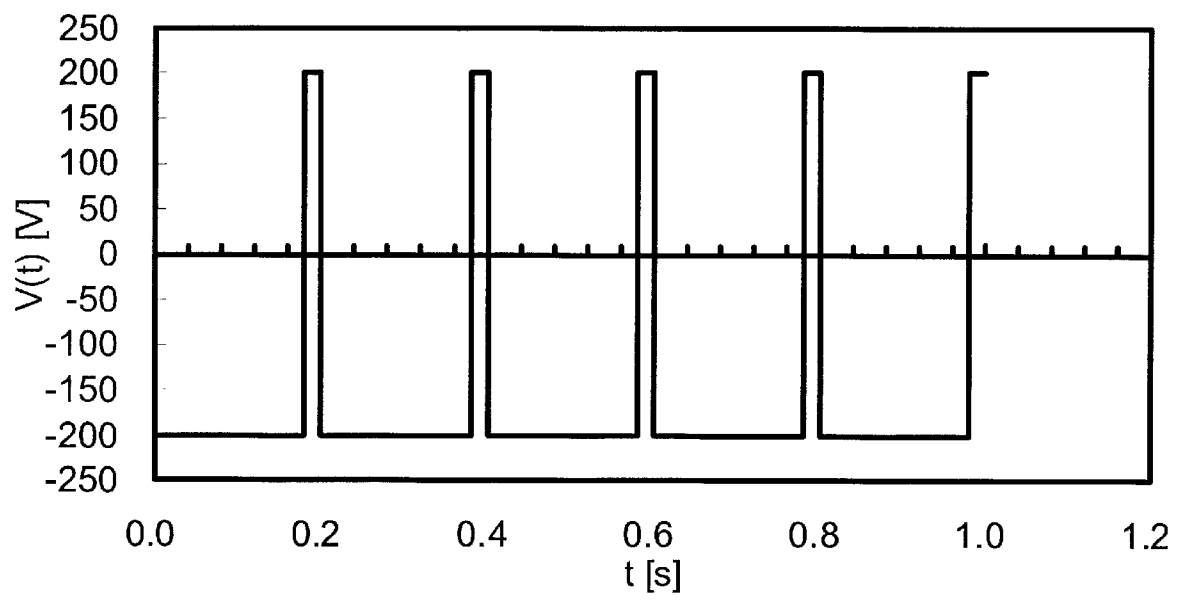
[図9]



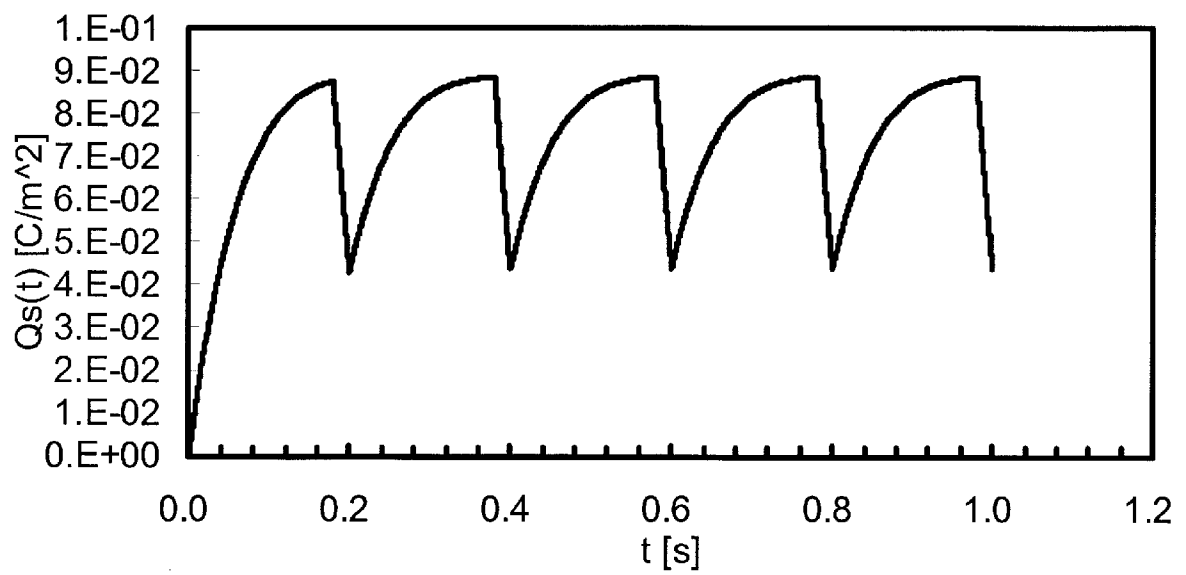
[図10]



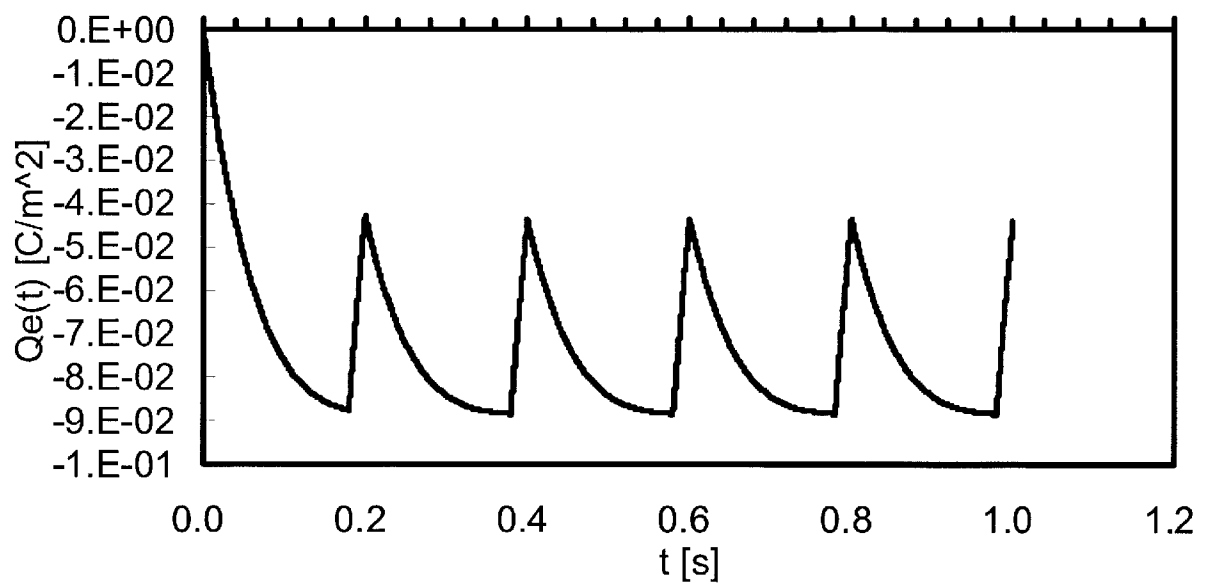
[図11]



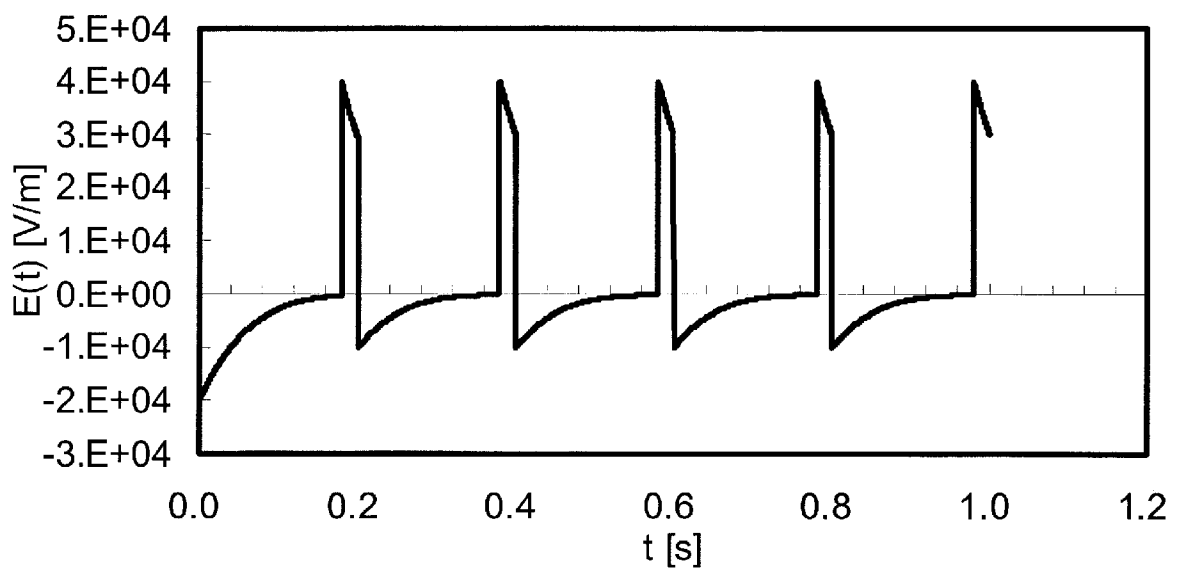
[図12]



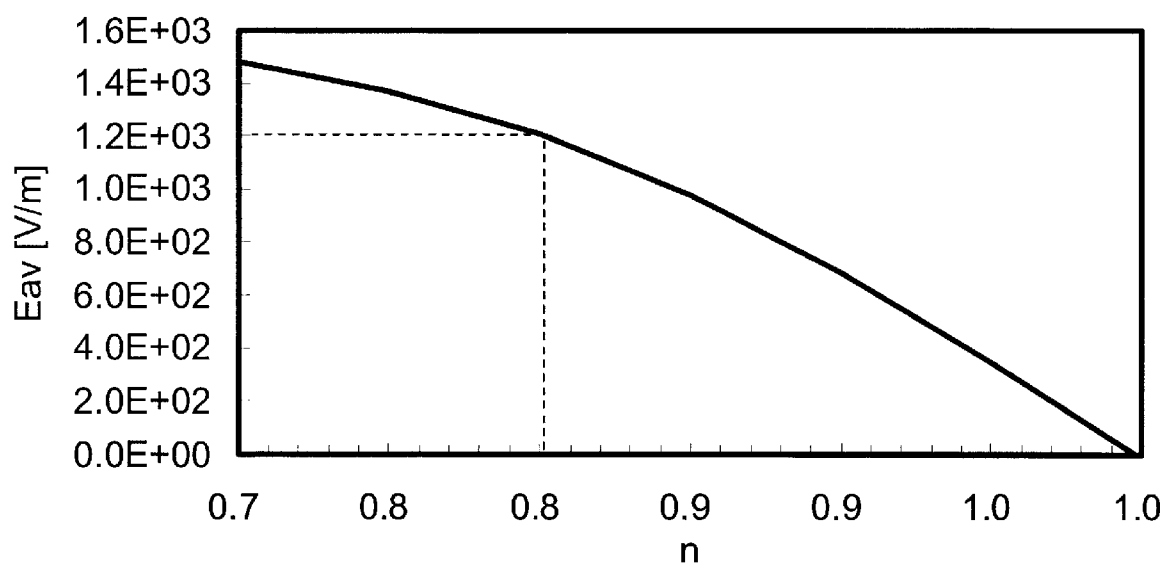
[図13]



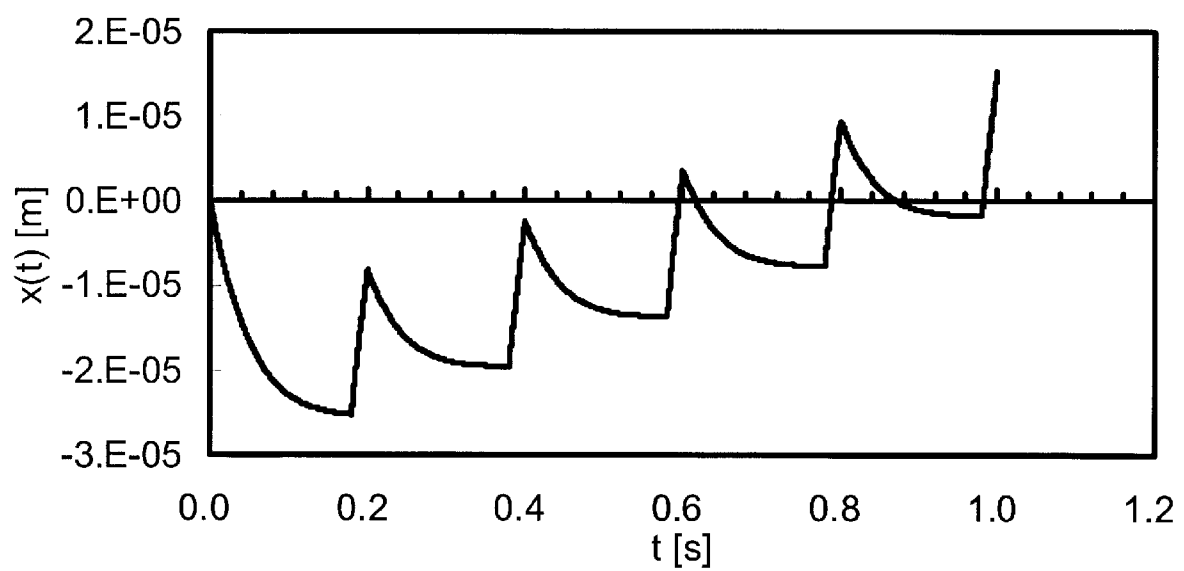
[図14]



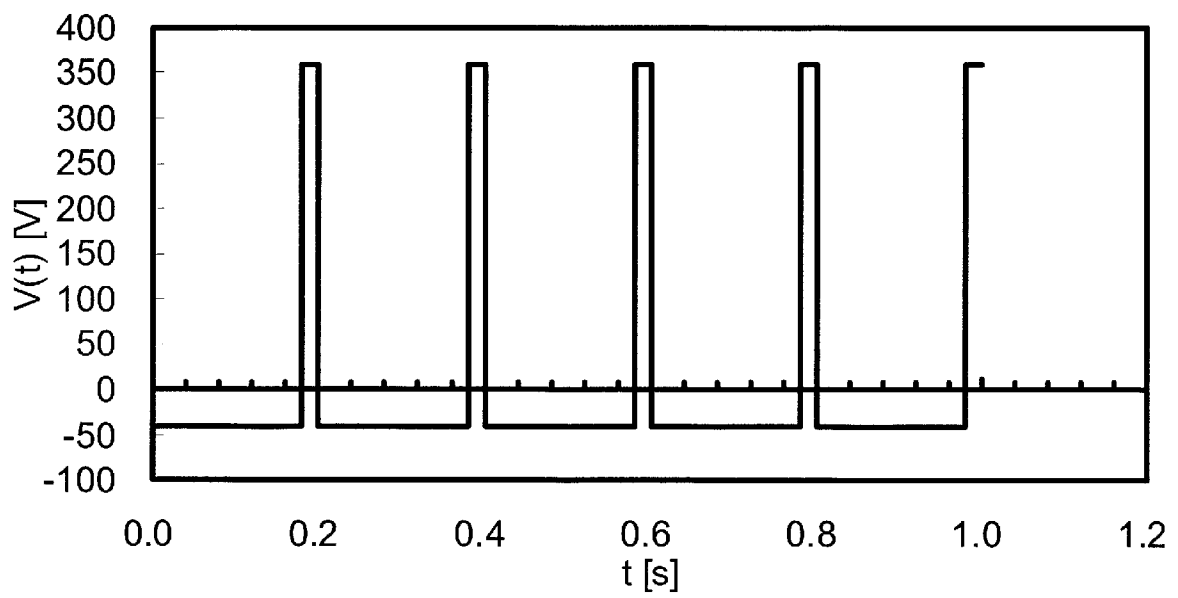
[図15]



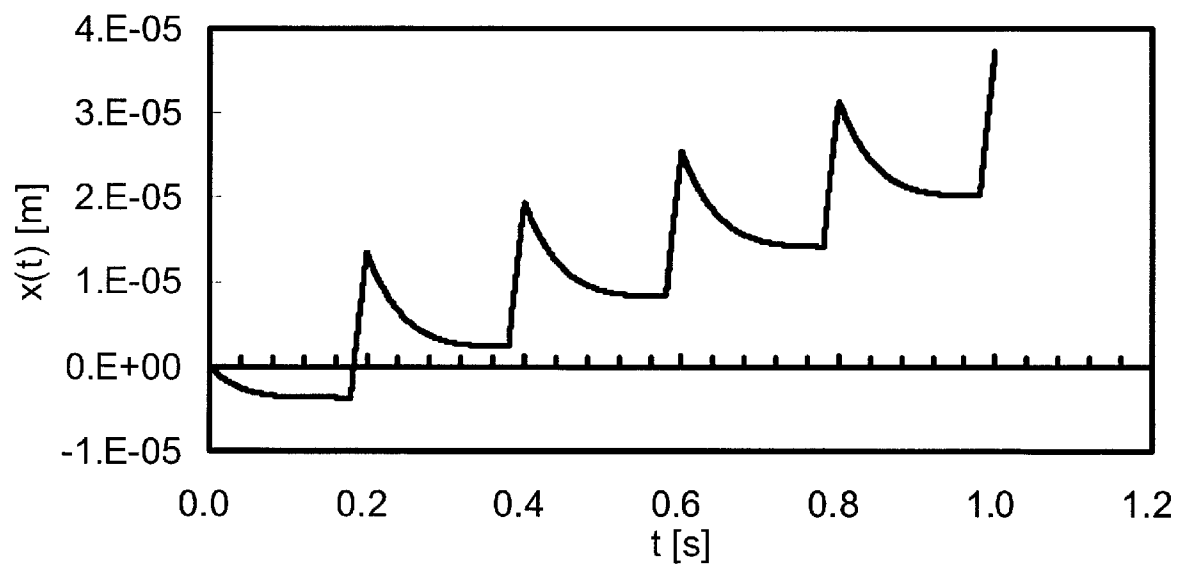
[図16]



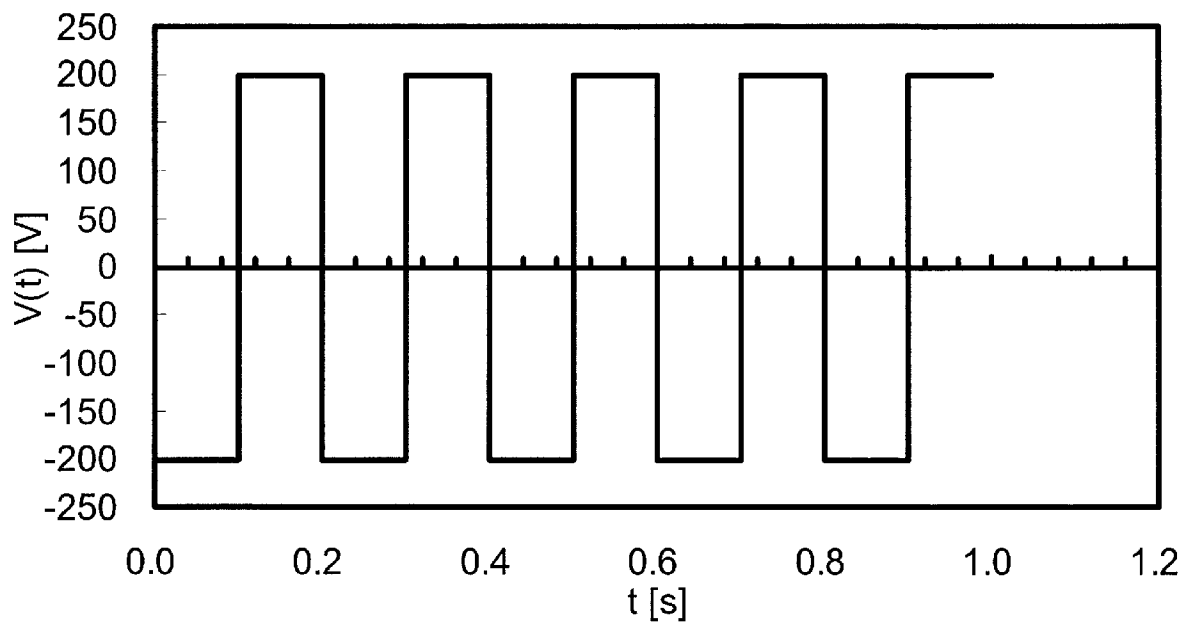
[図17]



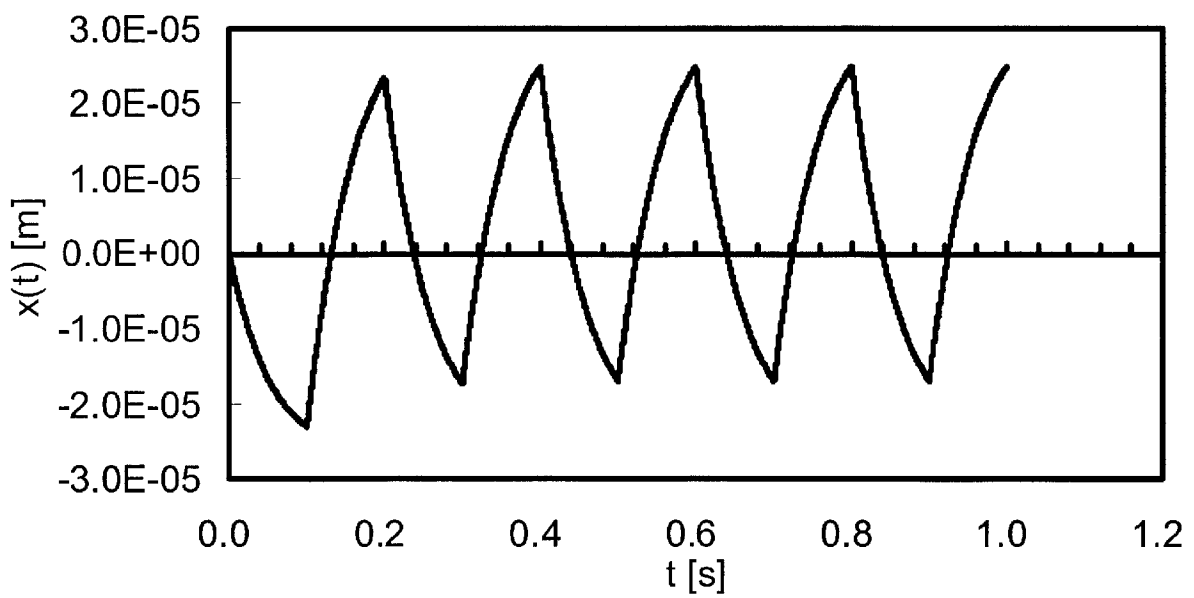
[図18]



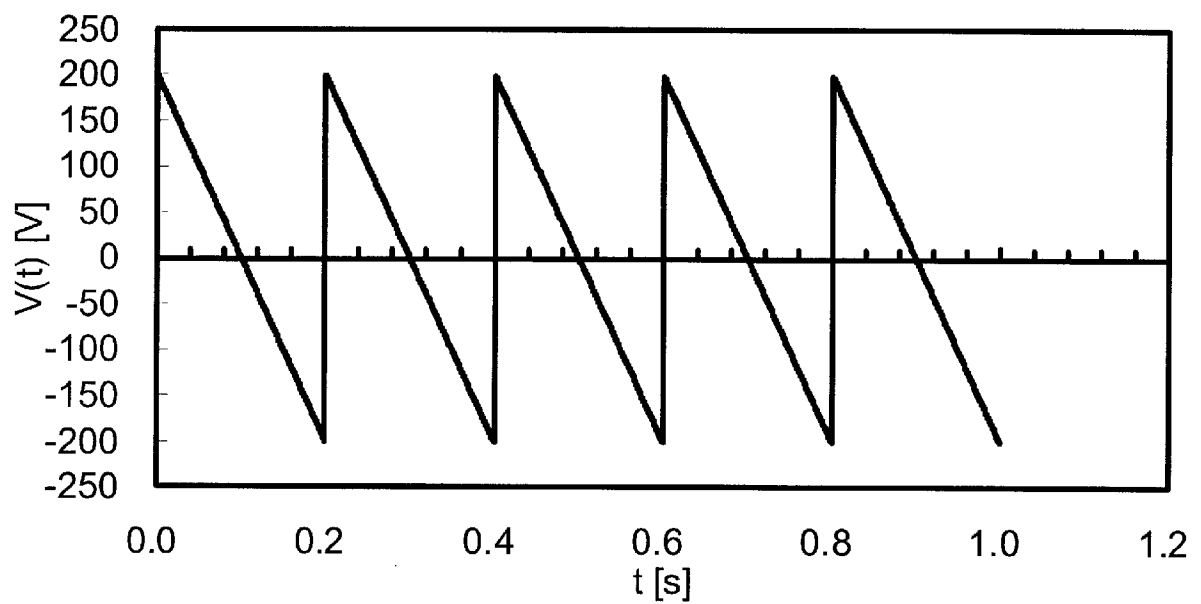
[図19]



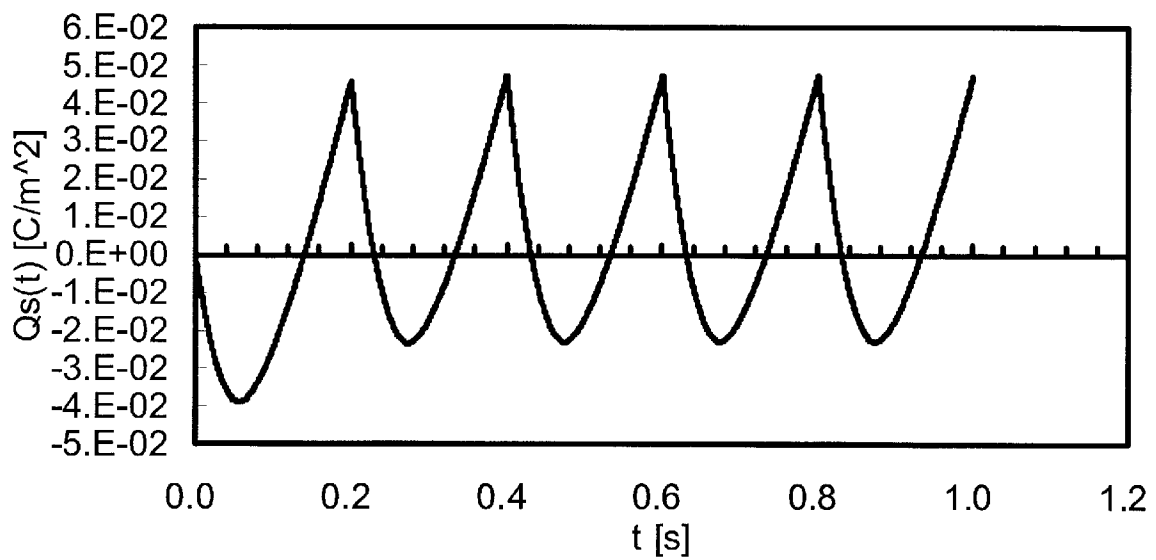
[図20]



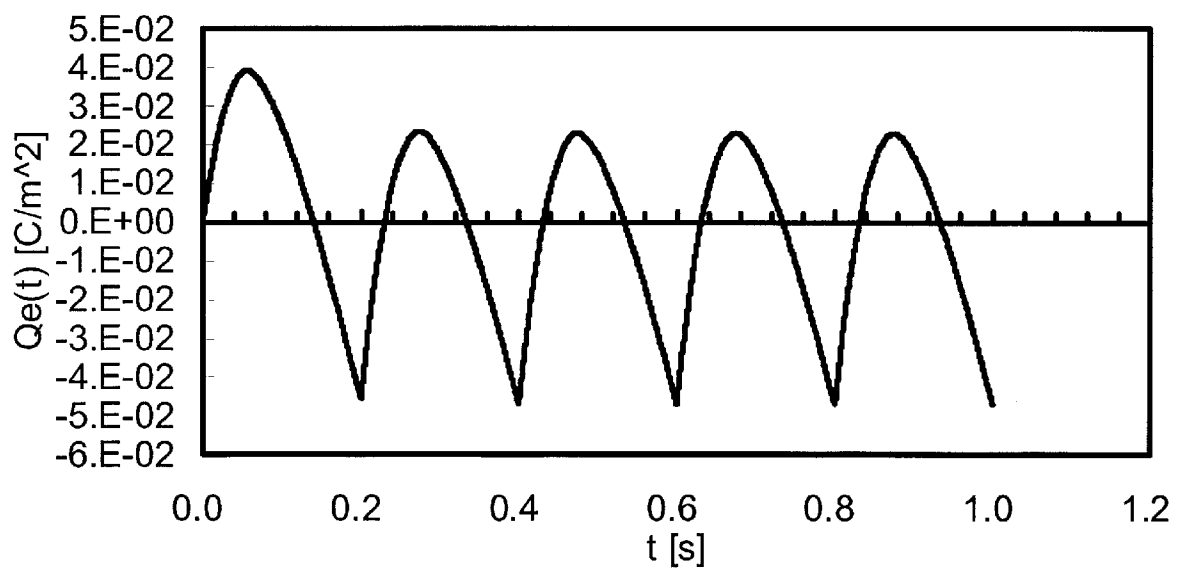
[図21]



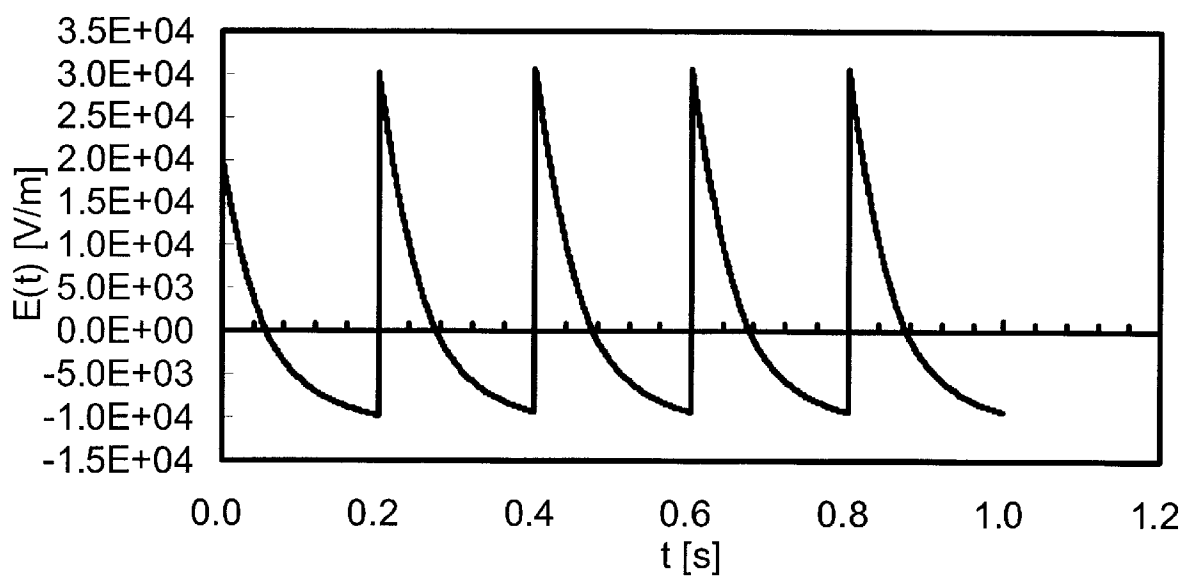
[図22]



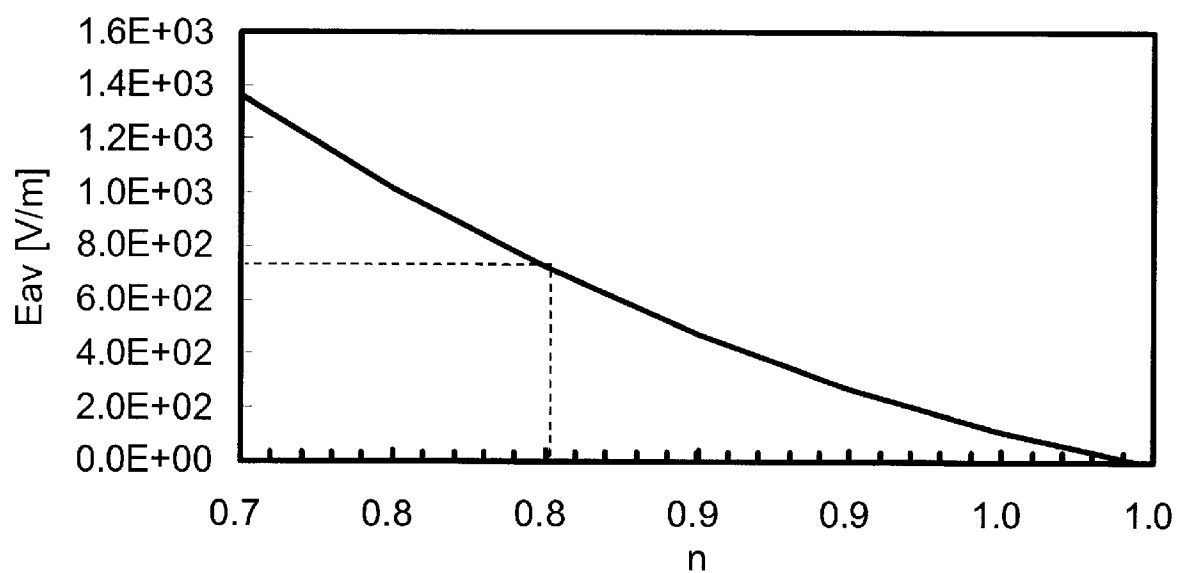
[図23]



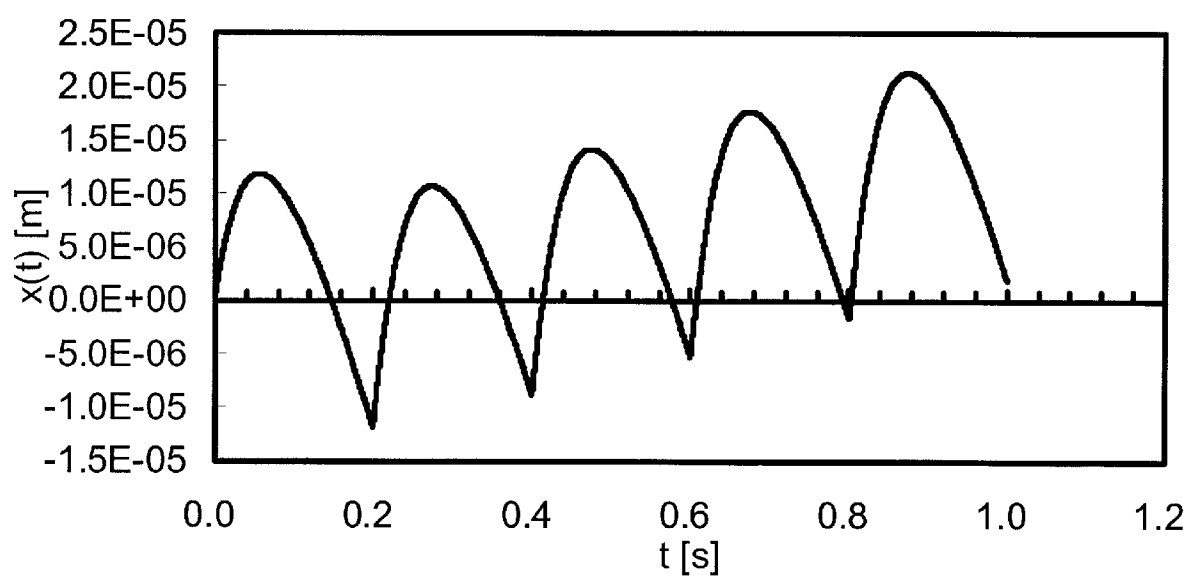
[図24]



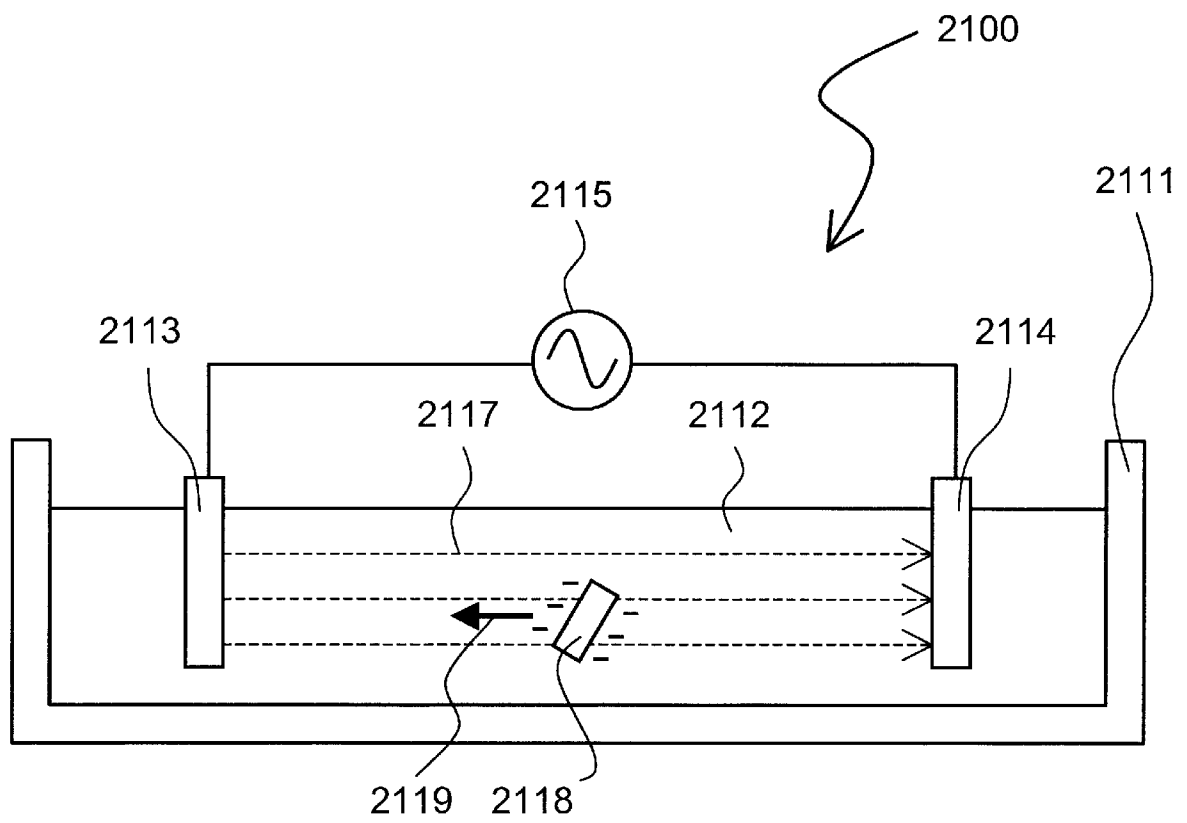
[図25]



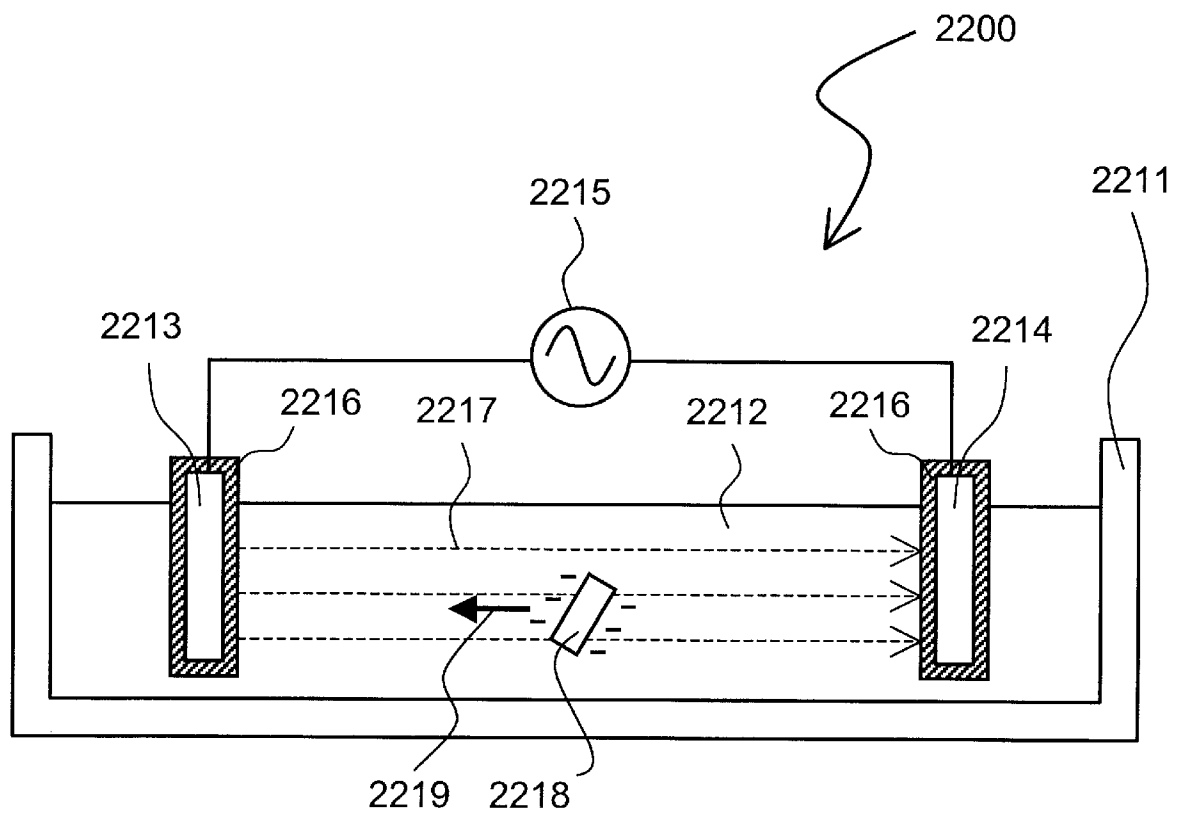
[図26]



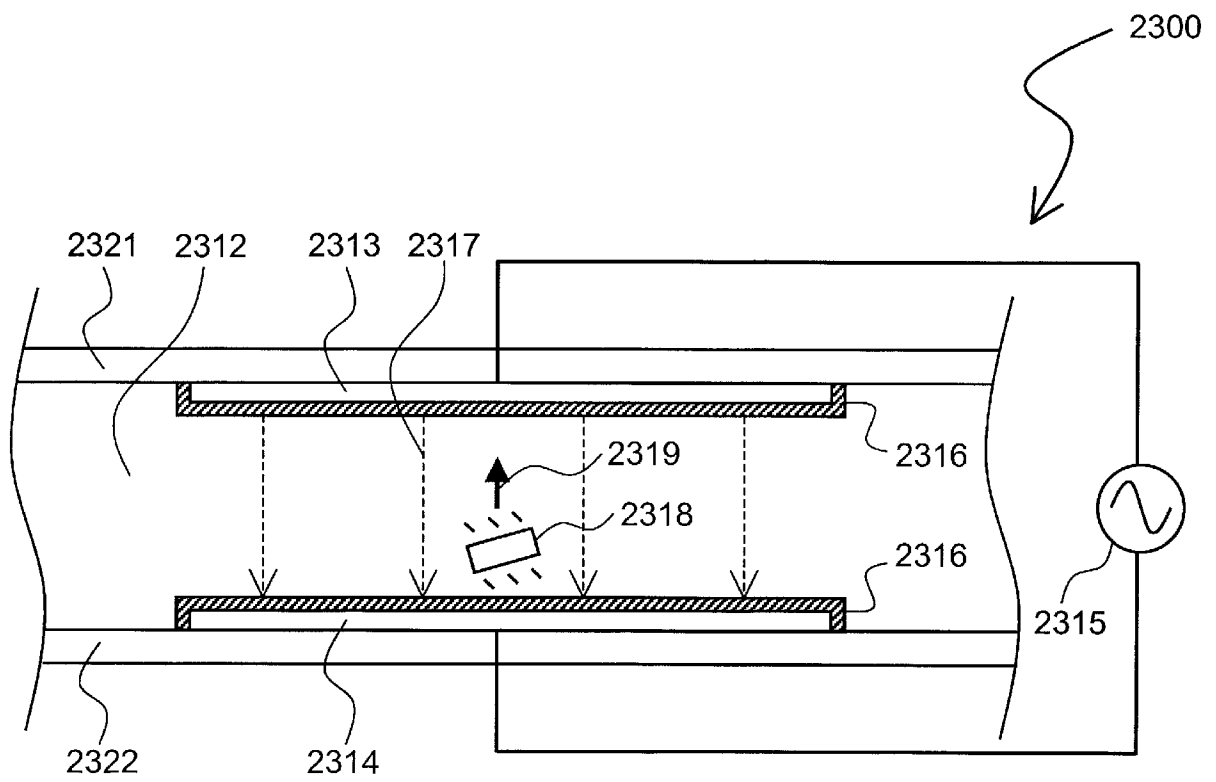
[図27]



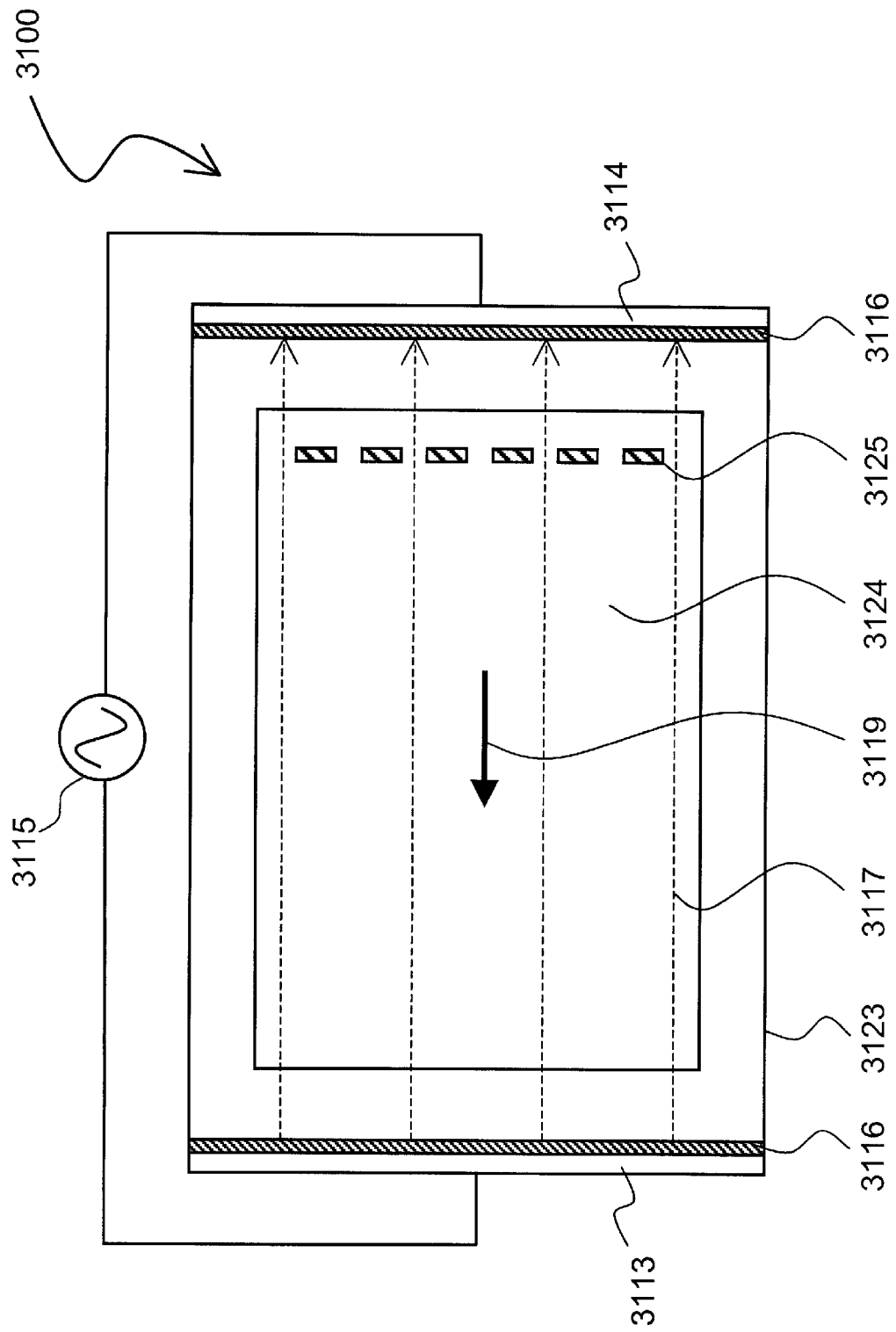
[図28]



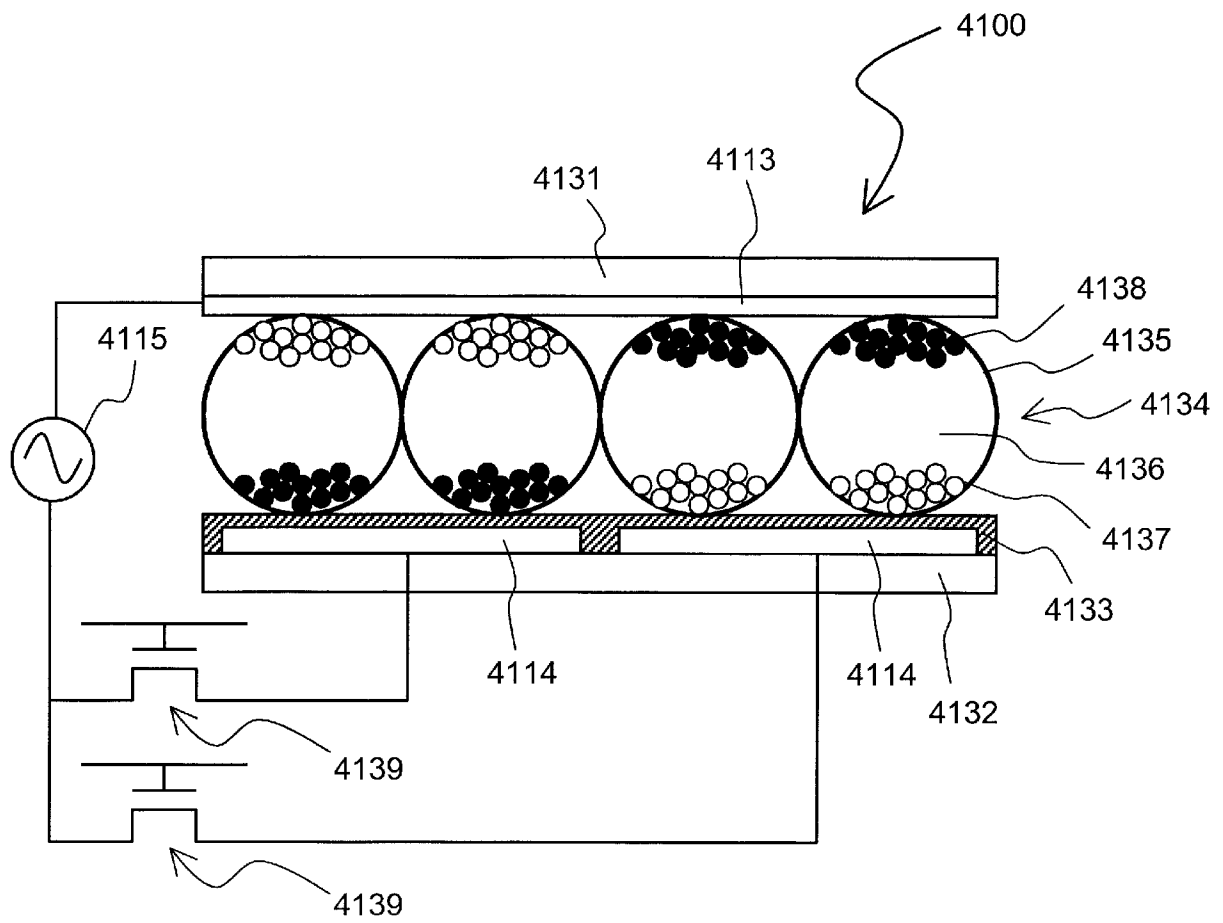
[図29]



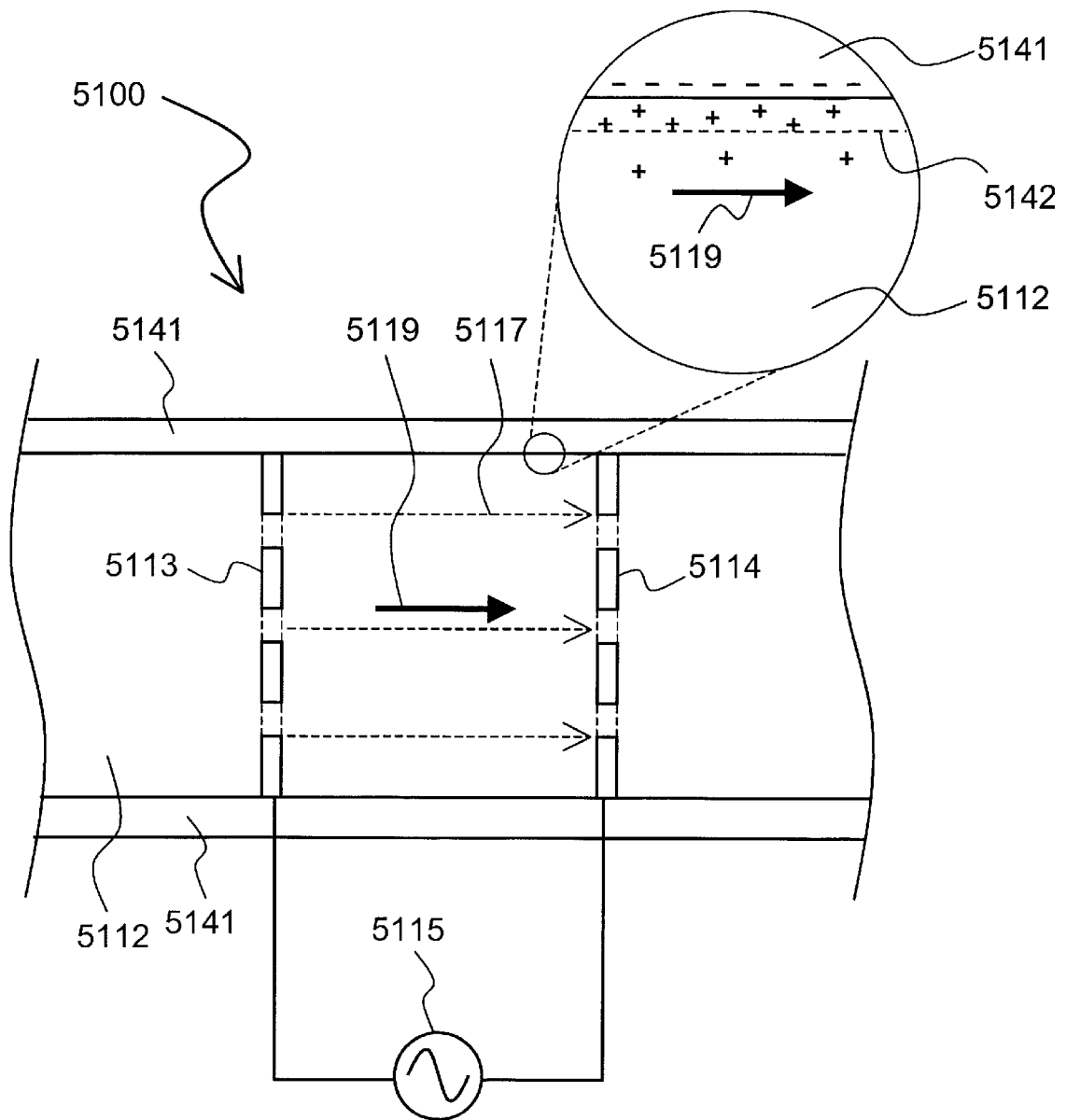
[図30]



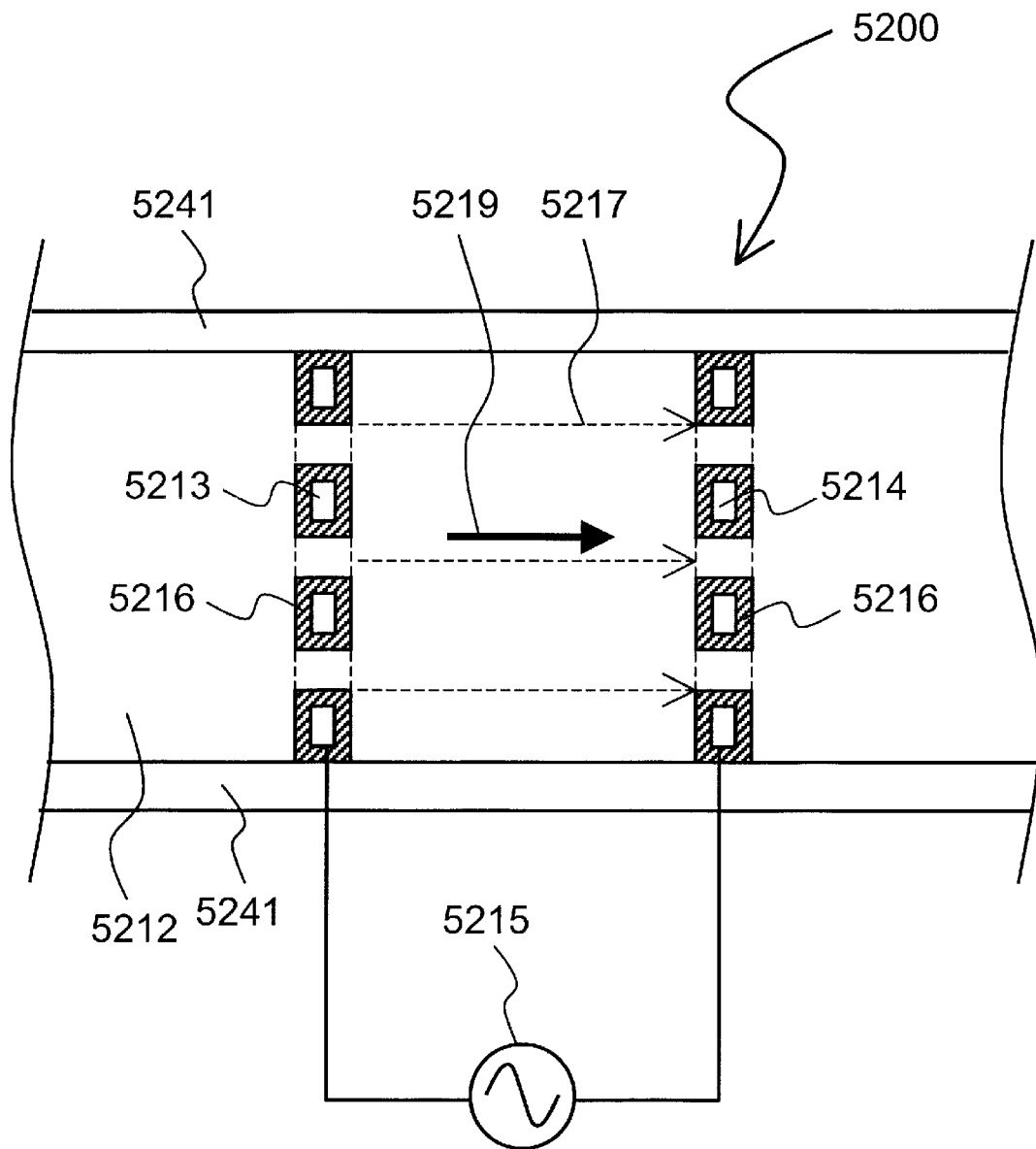
[図31]



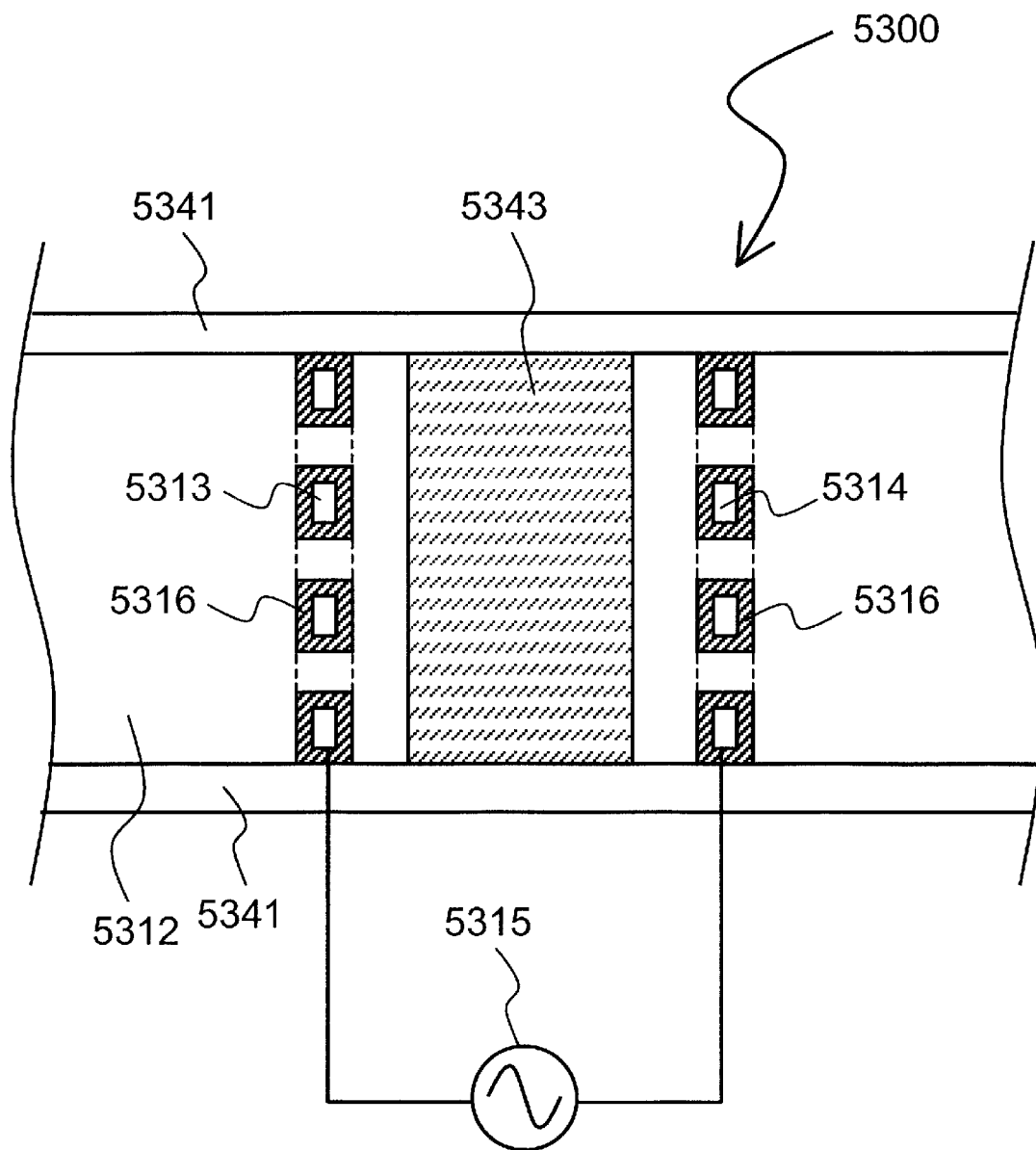
[図32]



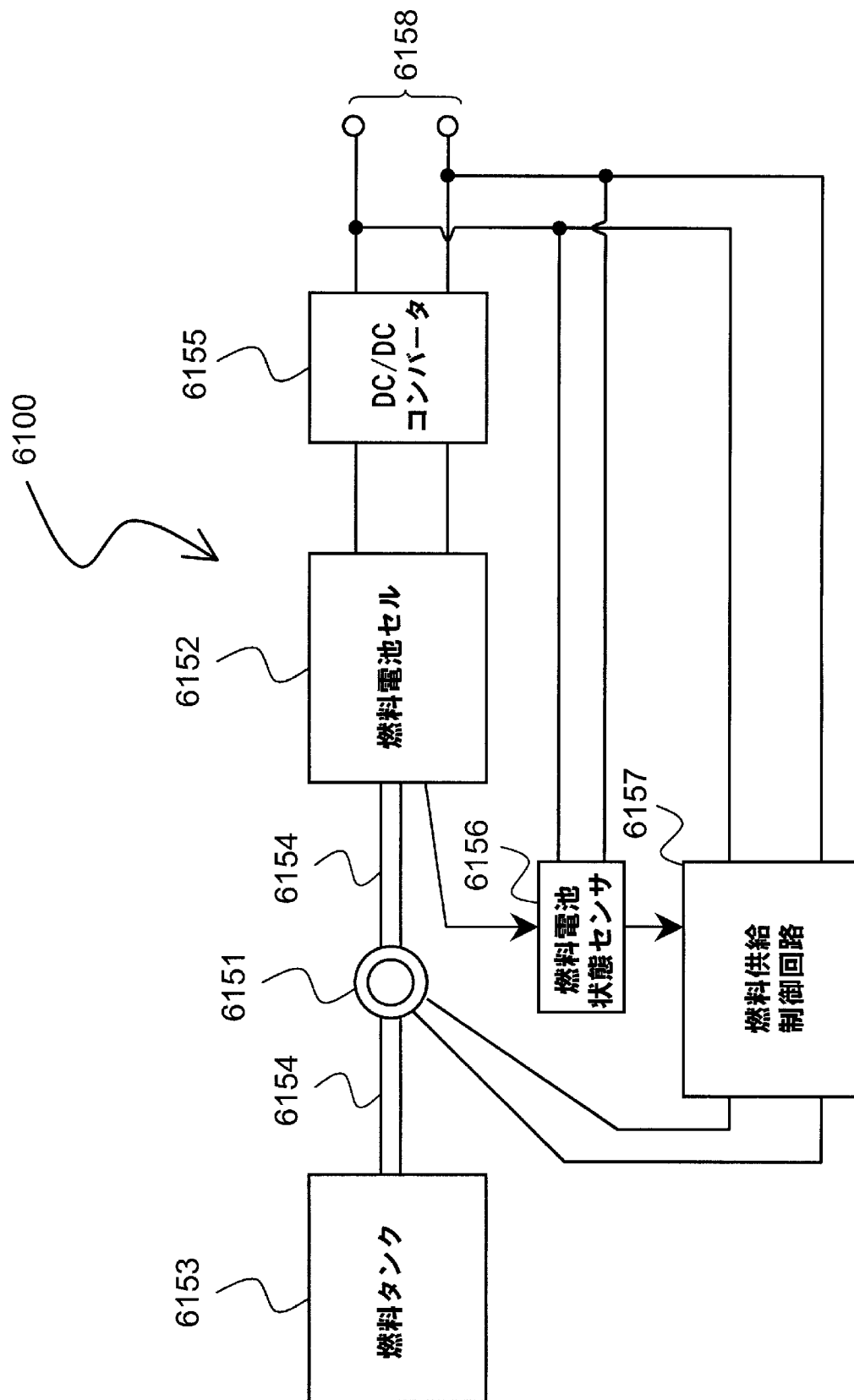
[図33]



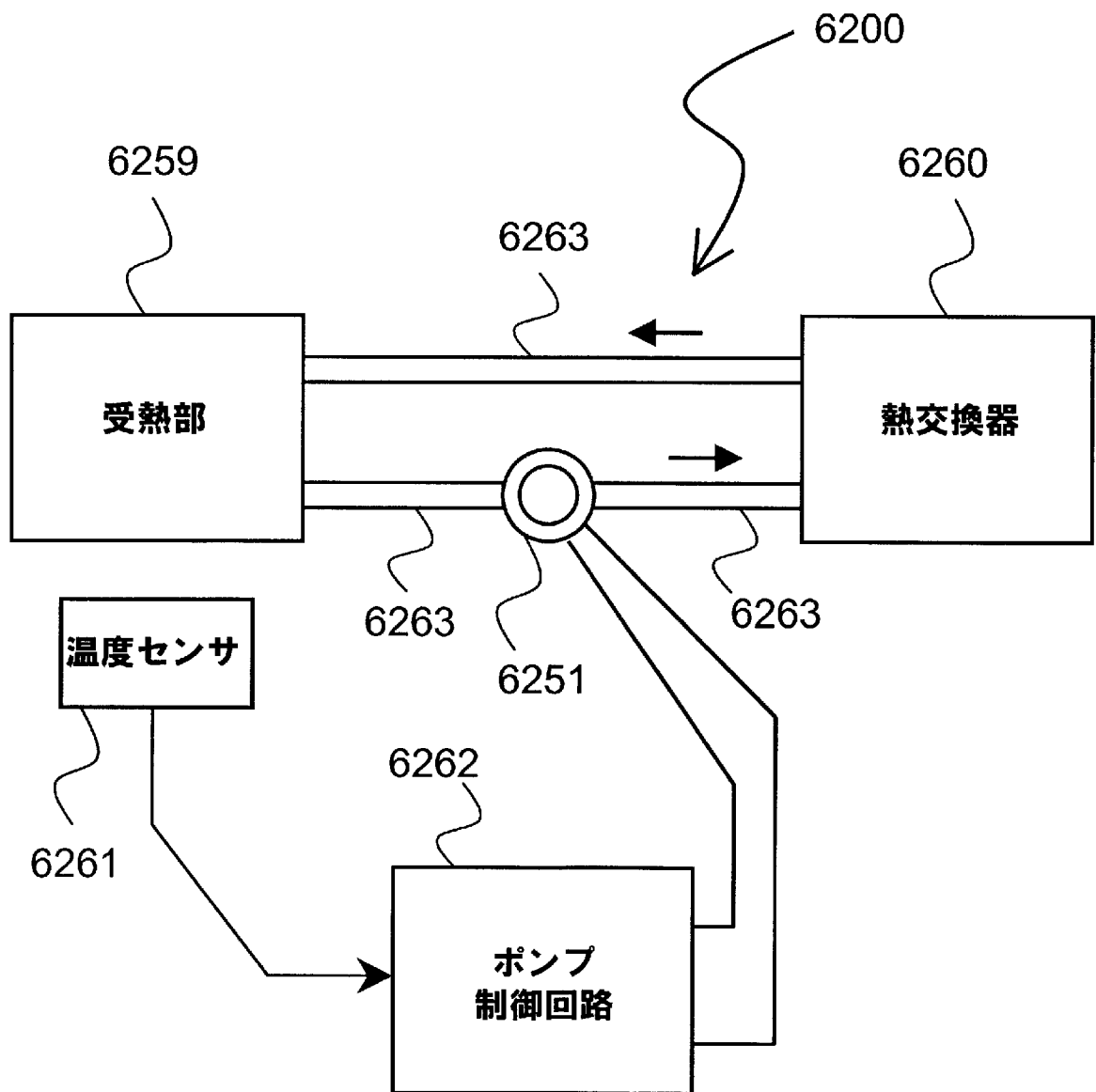
[図34]



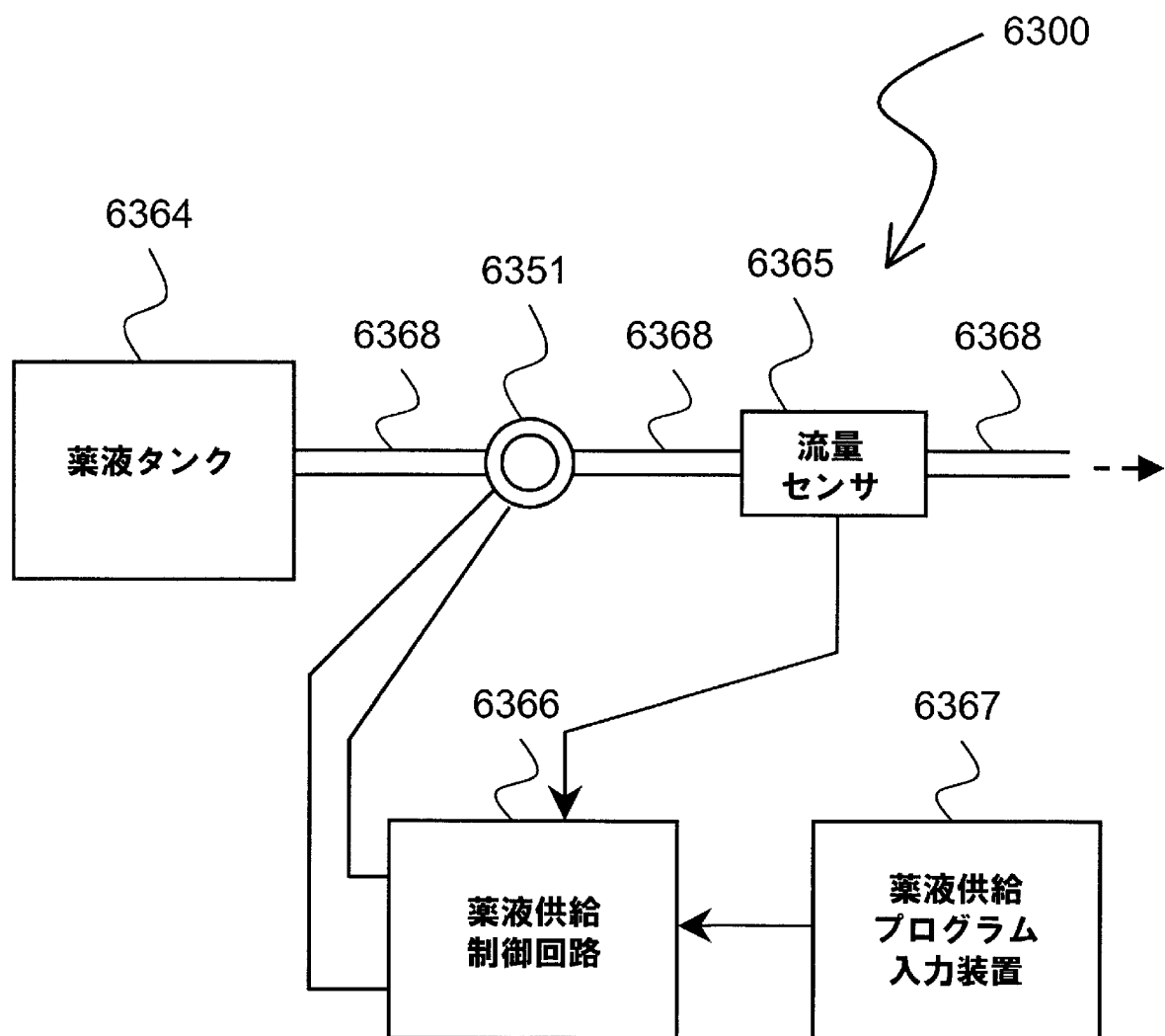
[図35]



[図36]



[図37]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052989

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N27/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N27/00-27/49

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-526823 A (The University of British Columbia),	1, 2, 4, 5, 16,
Y	20 September 2007 (20.09.2007), paragraphs [0037], [0038], [0127] to [0148]; fig. 11 to 13 & US 2009/0139867 A1 & EP 1720636 A & WO 2005/072854 A1 & CA 2552262 A	17, 19, 21, 22 3, 6-15, 18, 20, 23-27
Y	JP 2006-284262 A (Sony Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), paragraphs [0009] to [0012] & US 2006/0226028 A1	3, 6, 7, 11, 18, 23, 24, 27

☒ 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
14 May, 2012 (14.05.12)Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052989

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-139025 A (Seiko Epson Corp.), 13 May 2004 (13.05.2004), claim 8 & US 2005/0094247 A1 & US 2008/0037107 A1 & KR 10-2004-0018186 A & CN 1485669 A	8
Y	JP 2007-513482 A (Societe Bic), 24 May 2007 (24.05.2007), paragraphs [0002], [0039], [0040] & US 2005/0115637 A1 & US 2007/0065706 A1 & EP 1699700 A & EP 2236423 A2 & WO 2005/055339 A2 & CA 2544408 A & KR 10-2006-0111538 A & CN 1890150 A & AR 46730 A & BRA PI0416465 & ZA 200604457 A & RU 2006122332 A & AU 2004296033 A	9-15, 25-27
Y	JP 2007-504952 A (Aura Biosystems, Inc.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraphs [0026], [0027] & US 2004/0226819 A1 & EP 1623014 A & WO 2005/007807 A2	20
A	JP 2002-511149 A (Sarnoff Corp.), 09 April 2002 (09.04.2002), entire text; all drawings & EP 1064538 A & WO 1999/049306 A1 & AU 6473298 A & CA 2284268 A	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052989

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

JP 2007-526823 A (hereinafter Document 1) discloses an invention relating to interface zero integrated field electrophoresis wherein an unsymmetrical electric field, said unsymmetrical electric field being designed such that time-average electric field is zero, is applied between electrodes (130A, 130B) in a gel medium and a buffer medium containing DNA molecules (which corresponds to "a substance" in claim 2) in a gel board (120) (which corresponds to "a container" in claim 1) so that the DNA molecules are drifted in one direction in the media, thereby extracting the DNA molecules from the media (paragraphs [0127]-[0148], [Fig. 11]-[Fig. 13]). (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052989

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Thus, there is no structural difference between the inventions of claims 1, 2, 4, 5, 16, 17, 19, 21 and 22 and the invention described in Document 1. Therefore, the inventions of the aforesaid claims cannot be considered to be novel in the light of the invention disclosed in Document 1 and do not have a special technical feature.

Thus, this international application, the main inventions of which are the inventions of claims 1, 2, 4, 5, 16, 17, 19, 21 and 22, contains at least two invention groups, namely, the inventions of claims 3, 6, 7, 18, 23 and 24 relating to a constitution wherein an electrode is covered with an insulating film, and the inventions of claims 9-15 and 25-27 relating to a constitution of an electro-osmotic pump.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N27/00 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N27/00 - 27/49

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

JSTPlus (JDreamII)

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 2007-526823 A (ザ ユニバーシティ オブ ブリティッシュ コ ロンビア) 2007.09.20, 【0037】, 【0038】, 【0127】 - 【0148】段落, 【図11】 - 【図13】 & US 2009/0139867 A1 & Y	1, 2, 4, 5, 16, 17, 19, 21, 22
Y	EP 1720636 A & WO 2005/072854 A1 & CA 2552262 A	3, 6-15, 18, 20, 23-27
Y	JP 2006-284262 A (ソニー株式会社) 2006.10.19, 【0009】 - 【0012】段落 & US 2006/0226028 A1	3, 6, 7, 11, 18, 23, 24, 27

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 4 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中村 祐一

2 W

4 4 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-139025 A (セイコーエプソン株式会社) 2004.05.13, 【請求項8】 & US 2005/0094247 A1 & US 2008/0037107 A1 & KR 10-2004-0018186 A & CN 1485669 A	8
Y	JP 2007-513482 A (ソシエテ ビック) 2007.05.24, 【0002】, 【0039】, 【0040】段落 & US 2005/0115637 A1 & US 2007/0065706 A1 & EP 1699700 A & EP 2236423 A2 & WO 2005/055339 A2 & CA 2544408 A & KR 10-2006-0111538 A & CN 1890150 A & AR 46730 A & BRA PI0416465 & ZA 200604457 A & RU 2006122332 A & AU 2004296033 A	9-15, 25-27
Y	JP 2007-504952 A (オーラ バイオシステムズ インコーポレイテッド) 2007.03.08, 【0026】, 【0027】段落 & US 2004/0226819 A1 & EP 1623014 A & WO 2005/007807 A2	20
A	JP 2002-511149 A (サーノッフ コーポレイション) 2002.04.09, 全文、全図 & EP 1064538 A & WO 1999/049306 A1 & AU 6473298 A & CA 2284268 A	1-27

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

JP 2007-526823 A（以下、「文献1」という。）の【0127】－【0148】段落、【図11】－【図13】には、ゲルボード120（請求項1の「容器」に相当。）内の、DNA分子（請求項2の「物体」に相当。）を含有するゲル媒体及び緩衝液媒体中の電極130A、130B間に、時間平均電場がゼロとなる非対称電場を印加することにより、DNA分子を媒体中で一方向にドリフトさせ、前記媒体中からDNA分子を抽出する、界面ゼロ積分フィールド電気泳動の発明が記載されている。してみると、請求項1、2、4、5、16、17、19、21、22に係る発明と、文献1に記載された発明との間に、構成上の差異はないので、上記請求項に係る発明は、文献1に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有するものではない。

したがって、請求項1、2、4、5、16、17、19、21、22に係る一群の発明を主発明とし、少なくとも2個の発明（電極を絶縁膜で覆う構成を有する、請求項3、6、7、18、23、24に係る一群の発明、及び、電気浸透流ポンプの構成を有する、請求項9-15、25-27に係る一群の発明）が含まれている。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。