

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-14342

(P2009-14342A)

(43) 公開日 平成21年1月22日(2009.1.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 35/08 (2006.01)	GO 1 N 35/08 D	2 G 0 5 8
GO 1 N 37/00 (2006.01)	GO 1 N 37/00 1 O 1	4 D 0 5 4
GO 1 N 15/14 (2006.01)	GO 1 N 15/14 A	
BO 3 C 5/00 (2006.01)	BO 3 C 5/00 Z	
BO 1 D 57/02 (2006.01)	BO 1 D 57/02	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2005-305049 (P2005-305049)
 (22) 出願日 平成17年10月19日 (2005.10.19)

(71) 出願人 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
 (71) 出願人 504016732
 藤本 正之
 静岡県浜松市広沢1丁目23番1号 合同
 宿舍広沢住宅2-22
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人原謙三国際特許事務所
 (72) 発明者 寺沼 修
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 坂本 真由子
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
 シャープ株式会社内

最終頁に続く

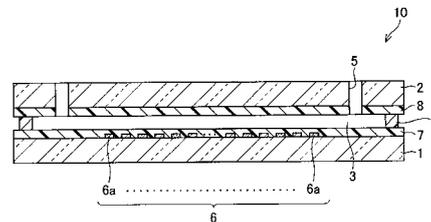
(54) 【発明の名称】 誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システム

(57) 【要約】

【課題】従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動チップを提供する。

【解決手段】誘電泳動パネル10は、誘電性物質を含む試料に交流電圧により形成された電界を印加することにより上記誘電性物質を誘電泳動させる。上記誘電泳動パネル10は、上記誘電性物質を誘電泳動させる泳動レーン3と、上記泳動レーン3と交差する複数の泳動電極6aからなり、上記泳動レーン3に注入された試料に電界を印加するために交流電圧を印加することで上記誘電性物質を誘電泳動させる泳動電極アレイ6とを備えている。上記泳動レーン3は、上記泳動レーン3と上記泳動電極アレイ6とが重畳する領域の少なくとも一部における上記泳動レーン3の上記泳動電極アレイ6との対向面が透明であり、かつ、上記泳動電極アレイ6は、上記泳動レーン3における透明な領域と重畳する部分の泳動電極6aの少なくとも一部が透明電極で形成されている。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

誘電性物質を含む試料に交流電圧により形成された電界を印加することにより上記誘電性物質を誘電泳動させる誘電泳動チップであって、

上記誘電性物質を誘電泳動させる泳動レーンと、

上記泳動レーンと交差する複数の電極からなり、上記泳動レーンに注入された試料に電界を印加するために交流電圧を印加することで上記誘電性物質を誘電泳動させる電極列とを備え、

上記泳動レーンは、上記泳動レーンと電極列とが重畳する領域の少なくとも一部における上記泳動レーンの上記電極列との対向面が透明であり、かつ、上記電極列は、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極の少なくとも一部が透明電極で形成されていることを特徴とする誘電泳動チップ。

10

【請求項 2】

上記電極列は、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分以外の部分に金属電極を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 3】

上記電極列において上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極が、透明電極からなる部分と、金属電極が設けられている部分とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 4】

上記泳動レーンは、一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記電極列における各電極は、上記複数の泳動レーンに跨がって設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

20

【請求項 5】

互いに隣り合う泳動レーン同士で、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件が異なっていることを特徴とする請求項 4 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 6】

上記各泳動レーンは互いに離間して設けられ、上記各泳動レーン内と、各泳動レーン同士の間の領域とでは、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件が異なっていることを特徴とする請求項 4 に記載の誘電泳動チップ。

30

【請求項 7】

上記泳動レーンは、一对の基板と、上記一对の基板間に設けられた泳動レーン壁とで形成されており、

上記泳動レーン壁は、内部に、上記一对の基板間の間隔を保持するスペーサを含有していることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 8】

上記泳動レーンは、基板上に、上記泳動レーンに沿って泳動レーン壁が設けられてなり、上記基板上における上記泳動レーン壁が形成されている領域の少なくとも一部を除く領域に、上記電極列を覆う保護膜が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

40

【請求項 9】

上記泳動レーンは、一对の基板と、上記一对の基板間に設けられた泳動レーン壁とで形成されており、かつ、上記一对の基板間に、上記泳動レーンに上記試料を注入するための注入口を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 10】

上記電極列における各電極の両端部に、各電極に各電極の両端から同一の電圧を入力するための入力端子部を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の誘電泳動チップ。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 の何れか 1 項に記載の誘電泳動チップを備えていることを特徴とする誘電泳動装置。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 1 0 の何れか 1 項に記載の誘電泳動チップを備えていることを特徴とする誘電泳動システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体分子や樹脂ビーズ等の粒子を誘電泳動力によって搬送する誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、化学分析システムとして、ラボ・オン・チップ (Lab-on-a-Chip ; Laboratory on a Chip) や μ -TAS (Micro Total Analysis System) と称される化学分析システムの研究開発が盛んに行われている。これら化学分析システムは、半導体の微細加工技術により、掌にのるサイズのマイクロチップ基板を用いて、この 1 つのマイクロチップ基板 (1 チップ) 上に、ポンプ、バルブ、反応槽、各種センサ等を集積化・小型化したものである。上記マイクロチップ基板としては、例えば、ガラス基板等が挙げられる。

10

【0003】

これら化学分析システムでは、このマイクロチップ基板上に設けられた微細な流路を流れる流体中で粒子を搬送、分離、収集することにより各種分析が行われる。これら化学分析システムは、微量サンプルで測定が可能であり、また、反応時間の短縮、前処理を含めた測定の自動化、装置の小型化、装置のディスポーザブル化、低コスト、人手の削減等の利点があり、特に、医療や環境測定分野においてその利点を最大限に発揮できると考えられている。これら化学分析システムは、医療分野をはじめとして、食品衛生分野、環境モニタリング等に広く応用が可能である。

20

【0004】

これら化学分析システムにおける分析対象は、血液を分離することで得られる赤血球、白血球、リンパ球等の血球成分；大腸菌、リステリア菌等の細菌；DNA (デオキシリボ核酸 : deoxyribonucleic acid ; deoxyribose nucleic acid)、タンパク質等の生体分子；等、幅広い。また、主な用途としては、例えば、これら DNA、タンパク質、細胞等の解析 (反応・検出・分離・搬送)；化学合成 (マイクロプラント)；等が挙げられる。

30

【0005】

このため、これら化学分析システムは、大学病院等の大型の研究機関だけでなく、地域の診療所や一般の家庭での検査や健康管理ができる手段として注目を集めている。このため、このような分析チップには、分析精度の高さに加え、安価で取り扱いが容易であり、かつ、迅速な分析が可能であることが求められており、現在、実用化を目指して研究が行われている。

【0006】

これまで、マイクロチップ基板上で解析を目的とする試料 (例えば、試料溶液 (含有粒子溶液)) を操作する手法としては、流路加工およびマイクロポンプ等による圧力制御や、電気泳動 (electrophoresis)、誘電泳動 (DEP ; dielectrophoresis) 等の電氣的性質を利用した方式が提案されている。

40

【0007】

特に誘電泳動現象は、流体中での粒子 (生体分子含む) の搬送、分離、収集等の駆動力として、粒子それ自身の電荷に関係なくあらゆる粒子に作用しうる不均一交流電場を利用しており、粒子の分離・搬送に適している。このため、誘電泳動現象は、対象物 (粒子状物質) の選択操作に適していることから、この誘電泳動現象を利用した化学分析システムの研究が進められている (例えば特許文献 1 ~ 5、非特許文献 1 ~ 4 参照)。

【0008】

図 1 8 は、誘電泳動現象を利用した従来の粒子搬送装置の概略構成を示す斜視図であり、図 1 8 は、非平行な電極対を複数配列した粒子搬送装置の概略構成を示している。

50

【 0 0 0 9 】

上記誘電泳動現象を利用した化学分析システムの応用例として、例えば、特許文献 1 に、図 1 8 に示すように、血液試料等のサンプル液を流すための流路 1 0 1 の下面に、非平行な電極対 1 1 1・1 1 2 が複数配列された粒子搬送装置 1 0 0 が開示されている。上記粒子搬送装置 1 0 0 においては、非平行な電極対 1 1 1・1 1 2 によって得られる不均一電場によって生じる誘電泳動力により粒子の搬送が行われる。

【 0 0 1 0 】

さらに、上記誘電泳動現象を利用した応用例としては、例えば、電極（泳動電極アレイ）として櫛型電極を使用した誘電泳動による粒子制御の方法が知られている（例えば特許文献 2～4、非特許文献 1～4 参照）。

10

【 0 0 1 1 】

図 1 9 (a) は、櫛型電極を使用して細胞を分離する従来の誘電泳動装置の概略構成を示す側面図であり、図 1 9 (b) は、図 1 9 (a) に示す誘電泳動装置における要部（電極形成部）の構成を示す平面図である。

【 0 0 1 2 】

例えば、非特許文献 1 には、図 1 9 (a)・(b) に示すように、ガラス基板 2 0 1 上に設けられた櫛型電極 2 0 2 に、交流（A C）信号発生器 2 0 3 により高周波を印加することで、電極チャンバ 2 0 4（流路）内の生細胞と死細胞とを、各々の誘電率の差から生じる誘電泳動力を利用して分離する技術が開示されている。

20

【 0 0 1 3 】

また、特許文献 2 には、櫛型電極を利用し、電界集中部分となる電極のギャップ部に、誘電泳動により試料溶液中の微生物（細菌等の生体粒子等）を集中させ、電極間のインピーダンス測定を行うことで該微生物の濃度を測定する技術が開示されている。

【 0 0 1 4 】

また、図 2 0 は、櫛形電極を使用して細胞を搬送する技術を説明する図である。

【 0 0 1 5 】

非特許文献 2 および特許文献 3 には、図 2 0 に示すように、隣接する電極 3 0 1 ... に印加する信号の位相条件によって、泳動媒体中の粒子が、電極 3 0 1 面より上方に浮上、搬送されることが開示されている。

30

【 0 0 1 6 】

このように、粒子（細胞等の生体物質を含む）を含む泳動媒体に対して、適当な周波数および電圧の高周波を印加することで、該粒子を分離、浮上、搬送させる操作技術が知られている。

【 0 0 1 7 】

誘電泳動とは、印加した電界とそれにより誘起される電気双極子との相互作用により粒子に力が働く現象であり、より具体的には、不均一交流電場を印加した際に発生する電気力線場と物質の分極との相互作用により物質が力（誘電泳動力）を受けて移動する現象である。誘電泳動力は、粒子と溶媒の誘電率、印加電圧の周波数等に依存する。誘電泳動（D E P）には、粒子と溶媒の誘電率、さらに印加電圧の周波数により、電界の強い方向へと力が働く「正の誘電泳動」（以下、「p - D E P」と記す）と、弱い方向へ力が働く「負の誘電泳動」（以下、「n - D E P」と記す）とがある。

40

【 0 0 1 8 】

以下に、誘電泳動の原理について説明する。

【 0 0 1 9 】

溶媒中に懸濁した粒子からなる系に電場を加えると、双極子モーメントが誘起される。前記したように電場が例えば交流（A C）である場合、双極子モーメントは同位相および異位相成分を有するベクトルとして定義される。

【 0 0 2 0 】

不均一電界中で誘電粒子に作用する誘電泳動力 $F(t)$ の時間平均値は、例えば非特許文献 3 に記載されているように、下記式（1）で表わされる。

50

【 0 0 2 1 】

【 数 1 】

$$F = 2 \pi \varepsilon_0 \varepsilon_m r^3 \{ \text{Re}[f_{CM}] \nabla E_{rms}^2 + \text{Im}[f_{CM}] (E_{x0}^2 \nabla \phi_x + E_{y0}^2 \nabla \phi_y + E_{z0}^2 \nabla \phi_z) \}$$

$$f_{CM} = (\varepsilon_p^* - \varepsilon_m^*) / (\varepsilon_p^* + 2 \varepsilon_m^*)$$

$$\varepsilon_p^* = \varepsilon_p - j (\sigma_p / \omega)$$

$$\varepsilon_m^* = \varepsilon_m - j (\sigma_m / \omega)$$

… (1)

【 0 0 2 2 】

10

なお、式 (1) 中、各記号は、以下の成分を表す。

F : 不均一電界中で誘電粒子に作用する誘電泳動力 F (t) の時間平均値 [N]、 ε_0 : 真空の誘電率 [F / m]、r : 粒子半径 [m]、 E_{rms} : 電界 [V / m] の 2 乗平均平方根、 E_{x0} 、 E_{y0} 、 E_{z0} : 軸 x、y、z に沿った各々の電界成分 [V / m]、 ϕ_x 、 ϕ_y 、 ϕ_z : 各々の電界成分の位相 [rad]、 f_{CM} : クラジウス - モソッティ係数 (粒子の誘電率の周波数依存性を表す)、 ε_p : 粒子の比誘電率、 ε_m : 溶媒の比誘電率、 ε_p^* : 粒子の複素誘電率 [F / m]、 ε_m^* : 溶媒の複素誘電率 [F / m]、 ω : 角周波数 [rad / s]、 σ_p : 粒子の導電率 [$\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$]、 σ_m : 溶媒の導電率 [$\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$]、j : 虚数単位、Re : 複素数の実数部、Im : 複素数の虚数部、 ∇ : 勾配ベクトル (グラジエント) 。

20

【 0 0 2 3 】

また、各成分の単位は、以下の通りである。

ε : [F / m] (比誘電率は単位無し)、F : [N]、r : [m]、E : [V / m]、 ω : [rad / s]、 σ : [$\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$]、 ϕ : [rad] 。

【 0 0 2 4 】

式 (1) に示されるように、誘電泳動力は、定常 DEP (DEP) および進行波 DEP (Traversing-Wave DEP : 以下、「TWD」と記す) の 2 つの成分を有する。

【 0 0 2 5 】

DEP は電界の大きさの不均一分布に起因して生じる力 (電界により誘導された分極の同位相成分 ; 式 (1) の実数部分) である。一方、TWD は、電界成分の位相の不均一分布に起因して生じる力 (電界により誘導された分極の損失成分 ; 式 (1) の虚数部分) である。このように誘電泳動挙動は、電界の大きさの不均一性及び電界の位相の不均一性により誘起される。

30

【 0 0 2 6 】

電界位相が一定、すなわち TWD 成分がゼロである場合、DEP のみが作用することとなる。この結果、式 (1) は下記式 (2) に示すように簡略化される (定常 DEP) 。

【 0 0 2 7 】

【 数 2 】

$$F = 2 \pi \varepsilon_0 \varepsilon_m r^3 \text{Re}[f_{CM}] \nabla E_{rms}^2$$

$$\text{Re}[f_{CM}] = (\varepsilon_p - \varepsilon_m) / (\varepsilon_p - 2 \varepsilon_m) + \frac{3 (\varepsilon_m \sigma_p - \varepsilon_p \sigma_m)}{T_{MW} (\sigma_p - 2 \sigma_m)^2 (1 + \omega T_{MW}^2)}$$

… (2)

40

【 0 0 2 8 】

ここで、 T_{MW} はマクスウェル・ワグナー (Maxwell Wagner) の荷電緩和時間であり、次式 (3) に示すように表される。

【 0 0 2 9 】

【数 3】

$$T_{MW} = (\varepsilon_p + 2\varepsilon_m) / (\sigma_p + 2\sigma_m) \quad \dots (3)$$

【0030】

DEPのみを考えた場合、 $\rho_p = \rho_p^*$ 、 $\rho_m = \rho_m^*$ であり、粒子の比誘電率(ρ_p)が溶媒の比誘電率(ρ_m)よりも大きい場合($\rho_p > \rho_m$)、すなわち $\text{Re}[f_{CM}] > 0$ の場合、誘電泳動力は、電界強度の強い方向に働く。つまり、正の誘電泳動(ρ -DEP)力が作用する。この結果、粒子は電界勾配の大きい方向へ移動する。

【0031】

一方、粒子の比誘電率(ρ_p)が溶媒の比誘電率(ρ_m)よりも小さい場合($\rho_p < \rho_m$)、すなわち $\text{Re}[f_{CM}] < 0$ の場合、誘電泳動力は、電界強度の弱い方向に働く。つまり、負の誘電泳動(n -DEP)力が作用する。この結果、粒子は電界勾配の小さい方向へ移動する。

【0032】

具体的な挙動としては、前記したように電極として楕型電極を使用する場合、溶媒の比誘電率(ρ_m)よりも大きい比誘電率(ρ_p)を有する粒子は電極上、より詳しくは電極端辺にトラップされる。一方、溶媒の比誘電率(ρ_m)よりも小さい比誘電率(ρ_p)を持つ粒子は、電極上方に浮揚する。なお、電界位相が一定でない場合、式(1)よりDEPおよびTWDの両方が作用し得る。

【0033】

従って、2種の粒子を分離する場合、1種の粒子については $\text{Re}[f_{CM}] > 0$ となり、もう1種の粒子については $\text{Re}[f_{CM}] < 0$ となるような周波数を選択すればよい。

【0034】

一方、TWDの場合は、上記DEPの場合と同様に、 $\text{Im}[f_{CM}] > 0$ の場合に電場の位相の大きい方向、すなわち電場の移動方向に沿って誘電泳動力が働き、 $\text{Im}[f_{CM}] < 0$ の場合に、電場の位相の小さい方向、すなわち電場の移動方向と反対方向に誘電泳動力が働く。

【0035】

楕型電極を用いた場合、TWDは電極配線長方向と垂直な方向へ働く。ここで、TWDは電極平面からの高さにより作用が変化する。すなわち電極平面付近よりは、平面から一定の距離離れている方がTWDの影響を顕著に受ける。このことから、TWDによる目的粒子の搬送の際、最初にDEPのみによる目的粒子の浮揚(DEPモード)を行い、その後、TWDを作用させて目的粒子の搬送(TWDモード)を行うことにより、目的粒子にTWDを効率的に作用させることができる。

【0036】

図20は、従来の誘電泳動装置における印加電圧の位相条件を説明する図である。

【0037】

例えば、図20に示すように、複数の電極301...からなる電極列において、隣接する電極301...に印加する信号の位相条件を、非特許文献2および特許文献3に記載されているように、 0° 、 180° 、 0° 、 180° 、...と設定すると、式(1)は実部のみ(すなわち式(4))となる。この結果、泳動媒体中の粒子は、電極301面より上方に浮揚する力(DEP)を受けて浮上する。そこで、その後、上記電極列において、隣接する電極301...に印加する信号の位相条件を、非特許文献2および特許文献3に記載されているように、 0° 、 90° 、 180° 、 270° 、...と設定すると、式(1)は実数部、虚数部とも持つことになる。この結果、泳動媒体中の粒子は、搬送力(TWD)を受けて搬送される。

【0038】

通常、上記した誘電泳動による試料溶液(泳動媒体)中の粒子の挙動を観察する際には、粒子の蛍光、発光、反射光、透過光等を、撮像装置により検出(撮像)する必要がある

10

20

30

40

50

。このような観察（検出）は、一般的に、半導体チップ基板（マイクロアレイ）に設けられた流路の上部もしくは下部に、CCD等の撮像装置を設置することにより光学的に行われる。このため、流路における少なくとも撮像装置設置側の面、すなわち、上記流路を構成する少なくとも一方の基板は、光学的に透明である必要がある。

【特許文献1】特開平6-174630号公報（公開日：1994年6月24日）

【特許文献2】特表2003-504196号公報（公表日：2003年2月4日）

【特許文献3】特開2000-125846号公報（公開日：2000年5月9日）

【特許文献4】特表2003-504629号公報（公表日：2003年2月4日）

【特許文献5】特許第3453136号公報（登録日：2003年7月18日、公表日：1994年11月2日）

10

【特許文献6】特開2000-298109号公報（公開日：2000年10月24日）

【非特許文献1】Haibo Li et al., "Dielectrophoretic separation and manipulation of live and heat-treated cells *Listeria* on microfabricated devices with interdigitated electrodes", *Sensors and Actuators B* 86, p.215-221, 2002.

【非特許文献2】Ronald Pethig et al., "Enhancing Traveling-Wave Dielectrophoresis with Signal Superposition", *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, p.43-50, Nov./Dec. 2003.

【非特許文献3】Xiao-Bo Wang et al., "Dielectrophoretic Manipulation of Particles", *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol.33, No.3, p.660-669, May./June 1997.

【非特許文献4】R. Kruke et al., "Separation of metallic form semiconducting single-walled carbon nanotubes" *SCIENCE*, vol.301, 18 July 2003, p.344

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0039】

しかしながら、現在、提案、開発されている、誘電泳動現象を利用した化学分析システムにおける半導体チップ基板（誘電泳動チップ）並びにこれを用いた粒子搬送用装置（誘電泳動装置）は、以下に示すような課題を有している。

【0040】

従来、誘電泳動電極には、金（Au）等の金属材料が一般的に使用されている。

【0041】

このため、従来の誘電泳動装置は、このように、流路の片面に、金電極等の光学的に不透明な電極が形成されていることで、CCD等の撮像装置（撮像系）の設置が、流路における電極形成面とは反対側の一面に限られる。

30

【0042】

しかも、従来の誘電泳動装置は、流路の片面に、金電極等の光学的に不透明な電極が形成されていることで、透過光による撮像は不可能であった。

【0043】

本発明は、上記各問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0044】

本発明にかかる誘電泳動チップは、上記課題を解決するために、誘電性物質を含む試料に交流電圧により形成された電界を印加することにより上記誘電性物質を誘電泳動させる誘電泳動チップであって、上記誘電性物質を誘電泳動させる泳動レーンと、上記泳動レーンと交差する複数の電極からなり、上記泳動レーンに注入された試料に電界を印加するために交流電圧を印加することで上記誘電性物質を誘電泳動させる電極列とを備え、上記泳動レーンは、上記泳動レーンと電極列とが重畳する領域の少なくとも一部における上記泳動レーンの上記電極列との対向面が透明であり、かつ、上記電極列は、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極の少なくとも一部が透明電極で形成されているこ

50

とを特徴としている。

【0045】

上記の構成によれば、上記泳動レーンが、上記泳動レーンと電極列とが重畳する領域の少なくとも一部における上記泳動レーンの上記電極列との対向面が透明であり、かつ、上記電極列が、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極の少なくとも一部が透明電極で形成されていること、つまり、上記泳動レーンと電極とが重畳する領域において、その少なくとも一部がともに透明であることで、上記試料を観察する際、上記電極に遮られることなく、上記泳動レーンの上方および下方の何れの方角からも、電極領域、すなわち、上記誘電性物質に誘電泳動力を与える領域における観察が可能となる。このため、上記の構成によれば、観察方向の選択が可能となる。また、上記の構成によれば、透過光による観察、撮影（透過モードによる観察、撮影）が可能となることから、投影による観察システムの構築が可能となる。よって、上記の構成によれば、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動チップを提供することができるという効果を奏する。上記誘電泳動チップは、上記したように透過光による観察、撮影が可能となることから、蛍光観察やフィルタリングを多用する観察に非常に有効である。

10

【0046】

本発明において、上記電極列は、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分以外の部分に金属電極を備えていることが好ましい。

【0047】

同形状の電極を透明導電材料と金属材料とで形成した場合、透明電極材料で形成した電極（透明電極）は、金属材料で形成した電極（金属電極）と比較して相対的に高抵抗である。このため、抵抗率をできるだけ低く抑えるためには、上記電極列は、透明電極と金属電極との二層構造とする等、上記電極列内に金属電極を備えていることが好ましい。そこで、上記金属電極を、上記電極列内における上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳しない部分に設けることで、上記試料を観察する際に、上記電極に遮られることなく、上記泳動レーンの上方向、下方向の何れの方角からも観察が可能であることに加えて、上記電極列全体の抵抗を、該電極列を透明電極のみで形成した場合と比較して、低く抑えることができるとともに、電極間の寄生容量を低減することができる。よって、上記の構成によれば、光学的観察に対する観察条件が制限されることがなく、かつ、入力電圧（泳動制御入力電圧）の減衰・遅延を抑制することが可能な、使い勝手が良く、測定精度の高い誘電泳動チップを提供することができるという効果を奏する。

20

30

【0048】

また、上記電極列において上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極は、透明電極からなる部分と、金属電極が設けられている部分とを備えていることが好ましい。

【0049】

このように、上記電極列において上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極、つまり、上記誘電泳動チップにおける観察領域の電極が、透明電極からなる部分と、金属電極が設けられている部分とを備えていることで、上記電極列全体の抵抗を、該電極列を透明電極のみで形成した場合と比較して、低く抑えることができ、かつ、電極間の寄生容量を低減することができることに加え、透明電極を透過する透過光による観察、撮影（透過モード）および上記金属電極からの反射（落射）光による観察、撮影（落射モード）の何れのモードも使用可能な誘電泳動チップを提供することができるという効果を奏する。

40

【0050】

また、上記泳動レーンは、一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記電極列における各電極は、上記複数の泳動レーンに跨がって設けられていることが好ましい。

【0051】

上記の構成によれば、上記泳動レーンが、一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記電極列における各電極が、上記複数の泳動レーンに跨がって設けられていること、つ

50

まり、上記各電極が、複数の泳動レーンに共通して設けられていることで、上記誘電性物質に誘電泳動力を与える交流電圧（泳動制御電圧）を、上記各泳動レーンにおける各電極に一括して入力することができる。すなわち、上記の構成によれば、上記電極列に一種類の信号を入力すると、複数の泳動レーンに同時に電界を印加することができる。従って、上記の構成によれば、複数の試料の泳動制御を、一括して同時に行うことができる。

【0052】

このため、上記の構成によれば、実験環境の煩雑な設定を伴うことなく、複数種の異なる試料（例えば溶媒の比誘電率や粘度が異なる試料、あるいは、溶媒中の粒子の物性値（比誘電率等）が異なる試料等）を、同一条件で同時に被泳動条件下に置くことが可能であり、試験条件に対する応用範囲が広く、様々な試験条件に適応する誘電泳動チップを提供することが可能である。

10

【0053】

また、上記の構成によれば、上記したように、一つの基板上に複数の泳動レーンを有する誘電泳動チップを使用することで、試料（例えば溶媒等の媒体）の種類を泳動レーン毎に変更し、特定の複数の粒子を同時に選別することや、溶媒等の媒体は同一で、泳動レーン毎に電極形状を変えることで特定の複数の粒子を同時に選別することも可能であり、複数粒子の選別を効率良く行うことが可能になる。従って、上記の構成によれば、幅広い用途に対応した誘電泳動チップを提供することができるという効果を奏する。

【0054】

そして、特に、本発明によれば、透過光による観察、撮影（透過モードによる観察、撮影）が可能であることから、上記観察が容易であり、また、上記したように観察領域に透明電極からなる部分と金属電極を設けた部分とを設ける場合、泳動レーンによって透明電極による透過モードと金属電極による落射モードとを切り換えることで、異なる解析を同時に行うことも可能となる。

20

【0055】

また、上記誘電泳動チップは、このように上記泳動レーンが一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記電極列における各電極が上記複数の泳動レーンに跨がって設けられている場合、互いに隣り合う泳動レーン同士で、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件が異なっていることが好ましい。

【0056】

誘電泳動挙動は、同一の試料を使用し、同一の制御電圧で駆動した場合でも、電極列（電極）の形状により、上記試料中の電界の状態に応じて異なる。

30

【0057】

従って、上記の構成によれば、上記したように互いに隣り合う泳動レーン同士で、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件を異ならしめることで、特定の複数の誘電性物質を同時に選別・同定することが可能となり、複数の誘電性物質の選別を効率よく行うことが可能になるという効果を有している。また、上記の構成によれば、複数の泳動レーンにおける泳動挙動の差異を一括して観察することができるといったメリットもある。

【0058】

さらに、上記誘電泳動チップは、このように上記泳動レーンが一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記電極列における各電極が上記複数の泳動レーンに跨がって設けられている場合、上記各泳動レーンは互いに離間して設けられ、上記各泳動レーン内と、各泳動レーン同士の間領域とは、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件が異なっていることが好ましい。

40

【0059】

上記の構成によれば、例えば、泳動現象の観察に必要である泳動レーン内の電極列のみを要求される狭ピッチ配線とし、それ以外の、泳動現象とは無関係の領域の電極列（上記各泳動レーン同士の間領域）を広ピッチ配線とすることで、上記電極列全体の抵抗を低くし、かつ寄生容量を低減することで、入力AC電圧の減衰や遅延を抑制することが可能

50

となる。

【0060】

また、上記の構成によれば、例えば上記泳動レーン内の電極列における電極形状がストライプ状ではない場合、各泳動レーン同士の間領域における上記電極列の電極形状をストライプ構造にして配線長を短縮する等して配線抵抗の増大を抑えることも可能である。

【0061】

このように、上記の構成によれば、上記各泳動レーン内と、各泳動レーン同士の間領域とで、上記電極列の形状、電極幅、および電極間隔のうち少なくとも一つの条件を異ならしめることで、上記電極列の低抵抗化を図ることができるという効果を奏する。

【0062】

また、上記泳動レーンは、一对の基板と、上記基板間に設けられた泳動レーン壁とで形成されており、上記泳動レーン壁は、内部に、上記一对の基板間の間隔を保持するスペーサを含有していることが好ましい。

【0063】

上記の構成によれば、このように上記泳動レーンが一对の基板間に形成されている場合、上記泳動レーン壁が、内部に、上記一对の基板間の間隔を保持するスペーサを含有していることで、上記泳動レーンのレーン高さを均一に保持することができるという効果を奏する。

【0064】

また、上記誘電泳動チップは、上記泳動レーンが、基板上に、上記泳動レーンに沿って泳動レーン壁が設けられてなり、上記基板上における上記泳動レーン壁が形成されている領域の少なくとも一部を除く領域に、上記電極列を覆う保護膜が設けられていることが好ましい。

【0065】

上記の構成によれば、上記基板上に、上記電極列を覆う保護膜が設けられていることで、泳動する誘電性物質が、上記泳動レーン内において上記電極列に吸着することを防ぐことができる。そして、上記保護膜が、上記基板上における上記泳動レーン壁が形成されている領域の少なくとも一部を除く領域に設けられていることで、上記保護膜と上記泳動レーン壁の材料との密着性が悪い場合でも、十分な接着性を得ることができるという効果を奏する。

【0066】

また、上記泳動レーンは、一对の基板と、上記一对の基板間に設けられた泳動レーン壁とで形成されており、かつ、上記一对の基板間に、上記泳動レーンに上記試料を注入するための注入口を有していることが好ましい。

【0067】

上記の構成によれば、このように泳動レーンが一对の基板間に形成されている場合、該泳動レーンに上記試料を注入するための注入口を、上記基板にドリル等で孔を開ける等して形成する場合と比較して、上記泳動レーン内への不純物の混入を防止し、上記誘電泳動チップの不良発生率を相対的に抑制することができるという効果を奏する。

【0068】

また、上記の構成によれば、上記泳動レーン壁のパターンにより上記一对の基板間に上記注入口が必然的に形成されることから、上記注入口を形成するために別途材料や工程を必要としない。従って、上記の構成によれば、上記誘電泳動チップにドリル等で上記注入口を設ける場合と比較して、より効率的に上記誘電泳動チップを形成することができるという効果を併せて奏する。

【0069】

また、上記誘電泳動チップは、上記電極列における各電極の両端部に、各電極に各電極の両端から同一の電圧を入力するための入力端子部を有していることが好ましい。

【0070】

上記の構成によれば、誘電泳動試験時に、上記電極列における各電極の両端から、各電

10

20

30

40

50

極に、それぞれ、同一の電圧、すなわち、同一の交流電圧が、同時に入力される。

【0071】

従って、上記の構成によれば、上記各電極の両端部から同一の電圧が入力されることで、各電極に、各電極の片側からのみ電圧が入力される場合と比較して、配線抵抗および寄生容量による入力電圧信号の減衰や遅延の影響を抑制することができるという効果を奏する。

【0072】

本発明にかかる誘電泳動装置は、上記課題を解決するために、本発明にかかる上記誘電泳動チップを備えていることを特徴としている。

【0073】

また、本発明にかかる誘電泳動システムは、上記課題を解決するために、本発明にかかる上記誘電泳動チップを備えていることを特徴としている。

【0074】

上記各構成によれば、上記誘電泳動装置並びに誘電泳動システムが、本発明にかかる上記誘電泳動チップを備えていることで、試料を観察する際に、上記誘電泳動チップにおける泳動レーンに設けられている電極に遮られることなく、上記泳動レーンの上方および下方の何れの方角からも、電極領域、すなわち、上記誘電性物質に誘電泳動力を与える領域における観察が可能となる。また、上記の各構成によれば、透過光による観察、撮影（透過モードによる観察、撮影）が可能となることから、投影による観察システムの構築が可能となる。よって、上記各構成によれば、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動装置並びに誘電泳動システムを提供することができるという効果を奏する。

【発明の効果】

【0075】

本発明にかかる誘電泳動チップは、誘電性物質を含む試料に交流電圧により形成された電界を印加することにより上記誘電性物質を誘電泳動させる誘電泳動チップであって、以上のように、上記誘電性物質を誘電泳動させる泳動レーンと、上記泳動レーンと交差する複数の電極からなり、上記泳動レーンに注入された試料に電界を印加するために交流電圧を印加することで上記誘電性物質を誘電泳動させる電極列とを備え、上記泳動レーンは、上記泳動レーンと電極列とが重畳する領域の少なくとも一部における上記泳動レーンの上記電極列との対向面が透明であり、かつ、上記電極列は、上記泳動レーンにおける透明な領域と重畳する部分の電極の少なくとも一部が透明電極で形成されていることで、上記試料を観察する際、上記電極に遮られることなく、上記泳動レーンの上方および下方の何れの方角からも、電極領域、すなわち、上記誘電性物質に誘電泳動力を与える領域における観察が可能となる。また、本発明によれば、透過光による観察、撮影（透過モードによる観察、撮影）が可能となることから、投影による観察システムの構築が可能となる。よって、本発明によれば、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動チップを提供することができるという効果を奏する。

【0076】

また、本発明にかかる誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、本発明にかかる上記誘電泳動チップを備えていることで、試料を観察する際に、上記誘電泳動チップにおける泳動レーンに設けられている電極に遮られることなく、上記泳動レーンの上方および下方の何れの方角からも、電極領域、すなわち、上記誘電性物質に誘電泳動力を与える領域における観察が可能となる。よって、本発明によれば、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動装置並びに誘電泳動システムを提供することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0077】

〔実施の形態1〕

本発明の実施の一形態について図1～図5に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、本実施の形態では、流路として、複数の泳動レーンを備えた誘電泳動チップ（マイクロチップ基板）を例に挙げて説明するものとするが、本実施の形態は、これに限定され

10

20

30

40

50

るものではない。

【0078】

図1は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す斜視図である。また、図2は、図1に示す誘電泳動パネルを上側基板側から見た平面図である。図3は、図2に示す誘電泳動パネルのA-A線矢視断面図であり、図4は、図2に示す誘電泳動パネルのB-B線矢視断面図である。また、図5は、図1に示す誘電泳動パネルを備えた本実施の形態にかかる誘電泳動システムの概略構成図である。なお、図2においては、図示の便宜上、上側基板を二点鎖線にて示す。

【0079】

図1～4に示すように、いわゆるマイクロチップ基板としての本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10（誘電泳動チップ、泳動アレイ）は、対向配置された下側基板1（第1基板）と上側基板2（第2基板）との間に、泳動空間を有する複数の泳動レーン3（流路）が設けられた構成を有している。

10

【0080】

上記泳動レーン3は、上記一对の基板のうち一方の基板、本実施の形態では、上記下側基板1上に、上記泳動レーン3の形成領域に沿って泳動レーン壁4がパターン形成されることで形成されている。

【0081】

また、各泳動レーン3には、試料溶液等の、被観察物（誘電性物質）を含む試料（泳動媒体）を注入および排出するための注入・排出孔5（開口部、注入口）が形成されている。

20

【0082】

上記下側基板1および上側基板2のうち少なくとも一方の基板は、好適には、ガラス、石英、プラスチック等の透明基板（透明絶縁体基板）で形成される。本実施の形態では、上記下側基板1および上側基板2として、例えば、10cm×10cm程度の透明基板を使用している。

【0083】

これら下側基板1および上側基板2のうち、例えば下側基板1における上側基板2との対向面上には、泳動電極アレイ6（泳動電極配線）として、複数の泳動電極6a（誘電泳動用の電極）からなる電極列（櫛型電極）が、各泳動レーン3...を跨ぐように、各泳動レーン3...に対して垂直方向に設けられている。

30

【0084】

上記泳動電極6aは、例えば、ITO（インジウム錫酸化物：Indium Tin Oxide）、ZnO（酸化亜鉛：Zinc Oxide）、IZO（インジウム亜鉛酸化物：Indium Zinc Oxide）等の透明な導電性酸化膜（透明電極）で形成されている。上記泳動電極6aに使用される電極材料としては、透明導電材料であれば特に限定されるものではないが、そのなかでも、ITOが好ましい。本実施の形態では、上記泳動電極アレイ6として、例えば、膜厚約2000、電極長約10cm、電極幅（L：ライン）30μmの泳動電極6aを、電極間隔（S：スペース）が30μm（つまり、L/Sがともに30μm）となるように、1000本形成している。

40

【0085】

但し、これら電極幅、電極間隔、および電極長（配線長）等の条件は、特に限定されるものではなく、分析対象となる粒子（つまり、泳動媒体中の粒子）の大きさ、並びに、目的とする操作（分離、収集、搬送等）等に応じて適宜設定すればよい。また、泳動電極6aの膜厚や電極材料もまた適宜設定可能であり、特に限定されるものではない。

【0086】

上記泳動電極アレイ6（すなわち各泳動電極6a）は、複数の泳動レーン3...に亘って延設されており、各泳動レーン3に共通で作用する。上記泳動電極アレイ6は、上記下側基板1端部に実装・接続部6b（入力端子部）を有している。上記実装・接続部6bには、フレキシブル配線基板（Flexible Print Circuit、以下、「FPC」と記す）17が実装

50

されており、このFPC17を介して、図5に示す制御基板50（制御部；駆動制御部）と接続される。

【0087】

上記下側基板1および上側基板2における互いの対向面には、各々、下面保護膜7および上面保護膜8が形成されている。これら下面保護膜7および上面保護膜8は、各々、上記泳動レーン3内壁における底壁および天壁を構成している。

【0088】

これら下面保護膜7および上面保護膜8の材料としては、例えば、フッ素系樹脂；人工細胞膜；アクリル樹脂、ポリイミド樹脂等の有機膜；等が挙げられるが、これら下面保護膜7および上面保護膜8の材料は、泳動させる粒子の種類に応じて適宜設定すればよく、特に限定されるものでない。また、上記下面保護膜7および上面保護膜8は、上記泳動レーン3内壁、特に、上記各泳動電極6a表面を保護（カバー）することができさえすればよく、その膜厚は、特に限定されるものではない。なお、上記人工細胞膜としては、例えば、日本油脂株式会社製の「リビジュア」（登録商標）、株式会社A Iバイオチップ製の「PCmodifier」（登録商標）等が挙げられる。また、下面保護膜7および上面保護膜8の材料としては、感光性を有する材料を使用することもできる。上記下面保護膜7および上面保護膜8の材料として感光性を有する材料を使用することで、例えば、泳動レーン3以外の保護膜が不要な部分、例えば実装端子部分（実装・接続部6b）を、例えばフォトリソグラフィ等で除去することができ、後工程での手間を省くことができる。

【0089】

また、本実施の形態によれば、上記下面保護膜7が設けられた下側基板1上には、前記したように、上記上側基板2との対向面に、各泳動レーン3...を隔てる泳動レーン壁4が設けられている。

【0090】

上記泳動レーン壁4は、仕切り壁（間仕切）として、内部を複数のレーンに間仕切る複数の隔壁4aを備えた枠体である。各隔壁4aは、上記泳動電極アレイ6（各泳動電極6a）と泳動レーン3...とが交差（本実施の形態では直交）するように、上記泳動電極アレイ6に対して垂直方向に並設されている。

【0091】

上記泳動レーン壁4は、例えば、シール材（接着剤）により形成される。上記シール材としては、特に限定されるものではなく、例えば、シール材として従来公知の樹脂が使用される。このようなシール材としては、例えば、エポキシ樹脂、あるいは、エポキシ樹脂を主成分として含む樹脂組成物からなるエポキシ系接着剤等の接着樹脂（接着剤）が使用される。上記シール材は、球状スペーサまたはファイバ状スペーサ等のいわゆるスペーサ（間隔保持材）を含むことが好ましく、上記シール材がこれら球状スペーサ、ファイバ状スペーサ等のスペーサを含有することで、上記下側基板1と上側基板2とを対向配置させて貼り合わせる際に、上記泳動レーン壁4の厚み、つまり、上記泳動レーン3のレーン高さを均一にすることができる。

【0092】

上記シール材中に混入されるスペーサとしては、例えばポリテトラフルオロエチレン、ガラス等からなる、いわゆるテフロン（登録商標）スペーサや、ガラススペーサ等を使用することができる。

【0093】

本実施の形態では、レーン幅（隔壁4a・4a間の間隔）約1cm、レーン長さ約6cmの泳動レーン3を、並列に4列形成した。また、泳動レーン壁4の幅は約2mmに設定した。また、泳動レーン3の厚み（泳動レーン壁4の高さ）が均一となるように、上記シール材には、粒径40μmのガラススペーサを混入した。

【0094】

また、上記下側基板1および上側基板2における何れか一方の基板には、上記各泳動レーン3に試料（泳動媒体）を注入および排出するための注入・排出孔5が、上記各泳動レ

10

20

30

40

50

ーン3毎に形成されている。本実施の形態では、上記注入・排出孔5として、上記上側基板2における各泳動レーン3の両端部に、それぞれ、約2mmの孔径を有する孔を設けた。

【0095】

なお、上記各泳動レーン3は、上記泳動電極アレイ6の延設方向（長手方向）と、各泳動レーン3における2つの注入・排出孔5を結んだ直線とができる限り垂直となるように設けられていることが望ましい。

【0096】

次に、本実施の形態にかかる上記誘電泳動パネル10の作製方法について以下に説明する。

【0097】

本実施の形態では、上記したように、下側基板1および上側基板2に、例えば10cm×10cmの透明基板を使用し、まず、上記下側基板1上に、泳動電極アレイ6を形成した。

【0098】

本実施の形態では、上記下側基板1上に、スパッタ蒸着等によるITO膜形成後、フォトリソグラフィを用いて電極形状にパターニングすることにより、膜厚約2000、L/Sがともに30μm、電極長約10cmの1000本の電極列からなる泳動電極アレイ6を形成した。また、同時に、泳動電極アレイ6の端部に、実装端子として、実装・接続部6b（入力端子部）をパターン形成した。

【0099】

次に、上記下側基板1と上側基板2とを貼り合わせたときに、上記上側基板2において泳動レーン3と重畳する部分を、例えばドリルで穿孔することにより、各泳動レーン3の両端部に、それぞれ、孔径約2mmの注入・排出孔5を設けた。なお、上記注入・排出孔5の形成方法としては、他に、ブラストや、エッチング等の方法を用いることができる。

【0100】

次に、上記泳動電極アレイ6が形成された下側基板1、および、注入・排出孔5が形成された上側基板2上に、例えば前記した保護膜材料を塗布することにより、それぞれ、下面保護膜7および上面保護膜8を形成した。

【0101】

次に、下面保護膜7を形成した下側基板1上に、反応性接着剤（熱硬化性接着剤）として、粒径40μmのガラススペーサを混入したエポキシ系接着剤（シール材）を塗布することにより、幅約2mm、高さ約40μmの泳動レーン壁4を形成した。シール材の塗布には、例えば、スクリーン版を使用した印刷方法や、ディスペンサーを使用した描画方法を使用した。

【0102】

本実施の形態によれば、上記したように、泳動レーン壁4を、ガラススペーサを含有したシール材で形成していることから、各泳動レーン3のギャップ（レーン高さ）を均一に維持することができる。また、上記したように、シール材を、印刷あるいは描画法を用いてパターン形成することにより、複数の隔壁4aを備えた泳動レーン壁4を簡便に形成することができる。これにより、複数の泳動レーン3を、簡便に形成することができる。

【0103】

その後、上記下側基板1および上側基板2を対向配置させて貼り合わせを行った。これにより、上記下側基板1および上側基板2と、これら下側基板1と上側基板2との間の空間を仕切る、上記泳動レーン壁4とで囲まれた泳動レーン3を形成した。

【0104】

具体的には、下側基板1および上側基板2を対向配置させ、上下両面から熱プレスを行った。熱プレスにより下側基板1上のシール材が一旦軟化した後、硬化し、両基板が接着されることで、両基板間に泳動レーン3が形成される。泳動レーン3のギャップは、泳動レーン壁4を構成する上記シール材中に含まれるスペーサにより維持される。本実施の形

10

20

30

40

50

態では、前記したように、レーン幅（隔壁 4 a・4 a間の間隔）約 1 c m、レーン長さ約 6 c m、厚さ約 4 0 μ mの泳動レーン 3を、並列に 4列形成した。以上の工程により、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 1 0が形成される。

【 0 1 0 5 】

上記誘電泳動パネル 1 0は、図 5に示すように、上記泳動電極アレイ 6 端部に形成された実装・接続部 6 bに実装された F P C 1 7を介して、制御基板 5 0と接続されている。本実施の形態にかかる誘電泳動装置 7 0は、上記誘電泳動パネル 1 0と、制御基板 5 0と、D C 電源 6 0（電源）とを備えている。また、本実施の形態にかかる誘電泳動システム 8 5は、上記誘電泳動装置 7 0と、撮像素 8 0とを備えている。

【 0 1 0 6 】

上記制御基板 5 0は、周波数・タイマー制御部 5 0 a、同期信号制御部 5 0 b、発振回路部 5 0 c、位相選択・増幅部 5 0 dを備えている。

【 0 1 0 7 】

上記誘電泳動装置 7 0において、D C 電源 6 0から出力された電圧（D C（直流）電圧）は、上記制御基板 5 0に入力され、上記制御基板 5 0を駆動する。

【 0 1 0 8 】

上記制御基板 5 0では、上記発振回路部 5 0 cから A C 電圧が出力される。出力される A C 電圧は、上記周波数・タイマー制御部 5 0 a、同期信号制御部 5 0 b、位相選択・増幅部 5 0 dにより周波数、位相、振幅等が制御されることにより、意図する A C 出力に調整され、上記 F P C 1 7を介して上記誘電泳動パネル 1 0に印加（入力）される。

【 0 1 0 9 】

また、上記撮像素 8 0は、上記誘電泳動パネル 1 0の泳動レーン 3における観察領域（測定部）に照射光を与えるためのレーザ等の光源や、光学顕微鏡、C C D（電荷結合素子；charge coupled device）カメラ等の撮像素子等を備えた光学系であり、上記泳動レーン 3の上部または下部に設置されて光学検出を行うようになっている。

【 0 1 1 0 】

本実施の形態において用いられる試料としては、誘電泳動力が誘導され得る、誘電性物質を含有する試料であればよく、より具体的には、誘電性物質からなる媒質が媒体中に分散されてなる試料であれば、特に限定されるものではない。

【 0 1 1 1 】

また、本実施の形態において上記試料（試料溶液）として用いられる「泳動媒体」とは、泳動対象となる「粒子」（泳動粒子）が「溶媒」に分散された分散液を示し、前記試料には、この泳動対象となる粒子が溶媒に分散された泳動媒体が使用される。

【 0 1 1 2 】

上記粒子としては、具体的には、誘電体粒子、すなわち生物学的細胞、細菌、ウイルス、寄生性微生物、D N A、タンパク質、バイオポリマー、植物学的粒子（花粉等）、非生物学的粒子等が挙げられる。

【 0 1 1 3 】

また、上記粒子には、液体中に懸濁させることができ、誘電泳動力が誘導され得る他の粒子も含まれる。

【 0 1 1 4 】

さらに、上記粒子（誘電体粒子）としては、液体中に溶解または懸濁した化合物または気体（いわゆる誘電気体）であってもよい。例えば、非特許文献 4には、誘電泳動でカーボンナノチューブの選別（金属と半導体との分別）を行うことが開示されている。上記非特許文献 4では、嫌水性で水に分散しないカーボンナノチューブを、超臨界水を利用して分散させることにより、カーボンナノチューブのサスペンションを調製し、半導体が泳動可、金属が泳動不可であることを利用して上記カーボンナノチューブの選別を行っている。

【 0 1 1 5 】

誘電泳動では、媒体と媒質との誘電泳動率の差が駆動力のパラメータとなる。このため

10

20

30

40

50

、適当な粘性媒体を使用することで、空気あるいは窒素のような気体の微小バルブを搬送することも可能である。また、嫌水性物質は、窒素等の気体バルブの中に入れて搬送することが可能である。すなわち、嫌水性物質であっても、上記したように気体バルブの中に封入することで溶媒に分散可能であり、本実施の形態にかかる粒子として使用することができる。

【0116】

また、溶媒としては、例えば、水、生理食塩水、エタノール、メタノール、ブタノール、オイル等を適宜用いることができる。また、溶媒の比誘電率を調整するために、複数の溶媒を混合した混合溶媒（例えば、水とエタノールとの混合液）を使用することもできる。さらに、溶媒の粘性抵抗を調整するために、セルローズやポリビニルアルコール等を調整剤として添加することもできる。

10

【0117】

なお、上記粒子として大腸菌を使用する場合等、泳動媒体中の粒子の種類によっては、実験（測定）の直前に、上記泳動レーン3の内壁への非特異性吸着を防ぐために、泳動レーン3の内壁の表面処理（界面活性剤や人工細胞膜の付与）を行うことが望ましい。

【0118】

以下に、本実施の形態における上記誘電泳動システム85を用いた実施例について具体的に説明する。但し、本実施の形態は、これに限定されるものではない。

【0119】

一般的に、生細胞と死細胞とでは誘電率の周波数特性が異なることが知られている。これにより、誘電泳動現象による生死細胞の分離が可能である。

20

【0120】

本実施例では、3つの異なる環境下で培養した大腸菌の差異を定量的に観察する場合を例に挙げて説明する。観察には、並列に4つの泳動レーン3が設けられた、上記誘電泳動パネル10を備えた誘電泳動システム85を用いる。

【0121】

なお、本実験の直前には、泳動レーン3の内壁への大腸菌の非特異性吸着を防ぐために、各泳動レーン3内壁の表面処理（界面活性剤や人工細胞膜の付与）を行うことが望ましい。

【0122】

4つの泳動レーン3のうち1つの泳動レーン3には、比較サンプルとして、一定濃度の特定の大腸菌（培養前）の希釈水溶液（生理食塩水）を、上記泳動レーン3における一方の注入・排出孔5から注入する。残りの3つの泳動レーン3には、3つの異なる環境下で培養したそれぞれの大腸菌をそれぞれ比較サンプルと同様の濃度に希釈した水溶液を、各泳動レーン3における一方の注入・排出孔5から注入する。

30

【0123】

まず最初に、定常DEP（DEP）により、生細胞と死細胞とを分離する。具体的には、印加電圧8V、周波数10MHz、隣接位相差で、隣接する泳動電極6aに交互にAC電圧を印加する。これにより、生細胞は泳動電極6aの端部にトラップされ、死細胞は泳動電極6aの中央付近で浮上する。

40

【0124】

この泳動電極6aの端部にトラップされた生細胞を、上記撮像系80により観察する。この泳動電極6aの端部にトラップされた生細胞を、比較サンプルと比較することにより、各培養環境による差異を確認することができる。例えば、一定領域内の細胞数を、例えば透過撮影によりカウントすることにより、定量的な比較が可能となる。

【0125】

次に、進行波DEP（TWD）により、死細胞のみを移動させる。具体的には、印加電圧8V、周波数10MHz、隣接位相差/2で、隣接する泳動電極6aにAC電圧を印加する。これにより、各培養環境による死細胞発生率の差異が確認できる。例えば、一定時間に一定領域を通過する死細胞数を、例えば光学顕微鏡の観察によりカウントすることで

50

、定量的な比較が可能となる。

【0126】

本実施の形態によれば、上記したように泳動レーン3を並列に複数個設け、さらに、各泳動レーン3に共通で作用する泳動電極6a(泳動電極アレイ6)を設けること、すなわち、上記泳動電極6a(泳動電極アレイ6)を、各泳動レーン3に共通で設けることで、泳動制御電圧を、上記泳動電極アレイ6に一括して入力することができる。このように、本実施の形態によれば、互いに平行に設けられた各泳動レーン3に共通の泳動電極6aを備えた櫛型電極(泳動電極アレイ6)に一種類の信号を入力すると、複数の泳動レーン3に同時に電界を印加することができる。従って、本実施の形態によれば、複数の試料(泳動媒体)の泳動制御を、一括して同時に行うことができる。このため、本実施の形態によれば、複数種の異なる試料(例えば溶媒の比誘電率や粘度が異なる試料、あるいは、溶媒中の粒子の物性値(比誘電率等)が異なる試料等)を、同一条件で同時に被泳動条件下に置くことが可能であり、試験条件に対する応用範囲が広く、様々な試験条件に適應する誘電泳動チップおよび誘電泳動装置、さらには誘電泳動システム85を実現することが可能である。

10

【0127】

また、本実施の形態によれば、このように複数の泳動レーン3を有する誘電泳動パネル10(誘電泳動チップ)を使用することで、溶媒(泳動媒体)の種類を泳動レーン3毎に変更し、特定の複数の粒子を同時に選別することや、溶媒(泳動媒体)は同一で、泳動レーン3毎に電極形状を変えることで特定の複数の粒子を同時に選別することも可能であり、複数粒子の選別を効率良く行うことが可能になる。従って、本実施の形態によれば、幅広い用途に對した誘電泳動チップおよび誘電泳動装置、さらには誘電泳動システム85を実現することが可能である。

20

【0128】

また、本実施の形態によれば、上記したように上記泳動電極6aが、ITO等の透明電極で構成されることにより、試料として泳動媒体を観察する際、泳動電極6aに遮られることなく、上記泳動レーン3の上下(上記下側基板1側および上側基板2側)の何れの方

【0129】

向からも観察が可能である。このため、観察方向の選択が可能である。

なお、本実施の形態では、上記泳動レーン壁4を、下面保護膜7が形成された下側基板1上、つまり、上記下面保護膜7上に形成したが、本発明は、これに限定されるものではなく、上記下面保護膜7および上面保護膜8形成時に、上記下面保護膜7および上面保護膜8における、上記泳動レーン壁4形成領域、すなわち上記泳動レーン壁4(シール材)との重畳領域における一部あるいは全部を除去しておいてもよい。このような構造にすることにより、上記下面保護膜7および上面保護膜8とシール材との密着性が悪い場合でも、十分な接着性を得ることができる。

30

【0130】

また、本実施の形態にかかる上記誘電泳動パネル10では、上記下側基板1および上側基板2における互いの対向面に、各々、下面保護膜7および上面保護膜8が形成されている構成とした。しかしながら、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記下側基板1および上側基板2に上記下面保護膜7および上面保護膜8が形成されている必要は必ずしもない。但し、上記下側基板1および上側基板2における互いの対向面、特に、上記泳動レーン3内における上記泳動電極6a...上に、これら泳動電極6aを覆う保護膜(下面保護膜7および上面保護膜8)が設けられていることで、泳動する粒子が上記泳動電極6aに吸着することを防ぐことができる。よって、上記粒子の種類によっては、上記下側基板1および上側基板2に上記下面保護膜7および上面保護膜8が形成されていることが望ましい。

40

【0131】

また、本実施の形態では、上記泳動レーン壁4を、上記下側基板1上に形成する場合を例に挙げて説明したが、上記泳動レーン壁4は、必ずしも下側基板1上に形成する必要は

50

なく、上側基板 2 上に形成しても構わない。

【0132】

また、本実施の形態では、上記下側基板 1 および上側基板 2 として、例えば、10 cm × 10 cm 程度の透明基板を使用した。本実施の形態は、これに限定されるものではなく、粒子が誘電泳動力を受ける領域、具体的には、上記泳動レーン 3 と各泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) とが重畳する領域 (観察領域) において泳動レーン 3 内の試料 (泳動媒体) が観察可能に設けられていればよい。具体的には、例えば、上記誘電泳動パネル 10 は、上記下側基板 1 および上側基板 2 の何れか一方の基板のみが透明基板で形成され、他方の基板における、上記泳動レーン 3 と泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) とが重畳する領域 (観察領域) に観察窓 (開口部あるいは透明領域) が設けられている構成を有して

10

【0133】

本実施の形態によれば、上記何れの構成においても、透過光による観察、撮影 (透過モードによる観察、撮影) が可能である。

【0134】

本実施の形態によれば、上記したように透過モードを使用することで、投影による観察システムの構築が可能となる。また、透過モードは、蛍光観察やフィルタリングを多用する観察に非常に有効である。

20

【0135】

また、上記下側基板 1 および上側基板 2 の基板サイズは適宜設定すればよく、特に限定されるものではない。さらに、本実施の形態でなした具体的なサイズもまた、実施の形態の一例にすぎず、分析対象に応じて種々変更が可能である。すなわち、上記下側基板 1 および上側基板 2 の基板サイズ、電極サイズ (電極幅、電極間隔、電極厚、電極長等)、下面保護膜 7 および上面保護膜 8 の膜厚、泳動レーン壁 4 の層厚 (高さ)、レーン幅、レーン長さ等の条件は特に限定されるものではなく、分析対象に応じて種々変更が可能である。

【0136】

また、本実施の形態では、泳動レーン 3 を、並列に 4 列形成したが、該泳動レーン 3 のレーン数は、測定サンプル数等に応じて適宜設定すればよく、特に限定されるものではない。

30

【0137】

また、本実施の形態では、上記泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) が、各泳動レーン 3 ... に対して垂直方向に設けられている構成とした。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、同一の泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) が、複数の泳動レーン 3 ... に亘って延設されており、各泳動レーン 3 に対して共通して作用しさえすればよく、必ずしも上記泳動電極 6 a が上記各泳動レーン 3 に対して垂直方向に延設させている必要はない。但し、粒子の比較観察のし易さから、各泳動レーン 3 における観察領域は、互いに隣接して設けられていることが好ましい。このため、上記泳動電極 6 a は、各泳動レーン 3 ... に対して垂直方向に設けられていることが好ましい。

40

【0138】

なお、本実施の形態では、泳動レーン 3 が、一つの基板上に複数設けられており、かつ、上記泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) が、上記複数の泳動レーン 3 に跨がって設けられている誘電泳動パネル 10 を例に挙げて説明したが、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、一つの基板上に泳動レーン 3 が一つだけ設けられている構成を有していてもよい。より具体的には、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、図 1 ~ 5 において、上記下側基板 1 上に、上記泳動レーン 3 が 1 つ設けられている構成を有していてもよい。

50

【0139】

また、本実施の形態では、本実施の形態にかかる誘電泳動チップとして、下側基板1と上側基板2との間に泳動レーン3が設けられた誘電泳動パネル10を例に挙げて説明したが、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記試料（試料溶液）の種類にもよるが、例えば上記泳動レーン3の上面が、上記上側基板2で覆われていない構成を有していても構わない。すなわち、上記泳動レーン3は、必ずしも一對の基板間に形成されている必要はなく、例えば上記下側基板1上（下側基板1表面）に設けられた泳動槽（つまり、上記下側基板1と、該下側基板1上に形成された泳動レーン壁4とからなる泳動槽）であってもよく、上記下側基板1上に形成された泳動セル（つまり、上記下側基板1と上側基板2と泳動レーン壁4とで形成された閉空間）であってもよい。

10

【0140】

本実施の形態にかかる誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、特定細胞の分離、検出等のバイオ研究用マイクロアレイ等の用途、例えば、生体分子や樹脂ビーズ等の誘電性物質を誘電泳動力によって搬送する化学分析システムに好適に使用することができる。これら化学分析システムは、医療分野をはじめとして、食品衛生分野、環境モニタリング等に広く応用が可能であり、血液を分離することで得られる赤血球、白血球、リンパ球等の血球成分；大腸菌、リステリア菌等の細菌；DNA（デオキシリボ核酸：deoxyribonucleic acid；deoxyribose nucleic acid）、タンパク質等の生体分子；等の幅広い範囲の誘電性物質を対象とし、例えば、DNA、タンパク質、細胞等の解析（反応・検出・分離・搬送）；化学合成（マイクロプラント）；等の用途に好適に使用される。

20

【0141】

また、本実施の形態にかかる誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、上記したように透過光による観察、撮影が可能であることから、特に、蛍光観察やフィルタリングを多用する観察に非常に有効である。

【0142】

〔実施の形態2〕

本発明の実施の他の形態について主に図6～図9に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態1との相違点について説明するものとし、前記実施の形態1で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

30

【0143】

前記実施の形態1では、泳動電極6aが、ITO、ZnO、IZO等のいわゆる透明電極で構成されている場合を例に挙げて説明した。しかしながら、一般的に、ITOやZnO、IZO等の透明導電材料の抵抗率は、 $10^2 \mu \cdot \text{cm}$ のオーダーである。これは、アルミニウム（Al、約 $2.7 \mu \cdot \text{cm}$ ）、金（Au、約 $2.5 \mu \cdot \text{cm}$ ）等の金属材料と比較すると2桁大きい。従って、同形状の電極（配線）を透明導電材料と金属材料とで形成した場合、透明電極材料で形成した電極は、金属材料で形成した電極と比較して相対的に1～2桁高抵抗になる。このため、上記泳動電極6aを透明電極材料で形成した場合、結果として、泳動電極6a（泳動電極アレイ6）が高抵抗配線になるという問題を招来する。誘電泳動の駆動電圧はACであるが、駆動条件としては周波数が数MHzから数十MHzにまで至ることもある。このような高周波印加条件では、電極配線の時定数に依存した入力電圧波形の減衰や遅延が生じるおそれがある。電極条件にもよるが、万一、減衰や遅延が顕著になると、入力した駆動電圧との誤差が大きくなり、誘電泳動挙動、延いては実験・解析結果に影響を与える可能性がある。そして、泳動電極6a（配線）に高抵抗である透明導電材料を使用する場合は、上記影響が相対的に大きくなると判断される。

40

【0144】

そこで、本実施の形態では、上記泳動電極6a（泳動電極アレイ6）が、部分的に透明電極で形成されている誘電泳動パネルを例に挙げて説明する。

50

【0145】

図6は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。図7は、図6に示す誘電泳動パネルの一泳動レーンにおける観察領域近傍の概略構成を一部破断にて示す平面図である。より具体的には、図7は、図6に示す誘電泳動パネルにおける領域Cにおける概略構成を一部破断にて示している。図8は、図6に示す誘電泳動パネルのD-D線矢視断面図である。また、図9は、本実施の形態にかかる他の誘電泳動パネルの概略構成を示す断面図である。なお、図6においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0146】

本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10は、図6～図8に示すように、各泳動レーン3と泳動電極アレイ6とが重畳する部分に、各泳動レーン3内の試料(泳動媒体)を観察・撮像(透過撮影)するための観察領域9を設けている。観察領域9における泳動電極6aは透明電極6a₁で構成されている。また観察領域9と重畳しない部分の泳動電極6aには、金属材料(金属電極6a₂)を使用している。

10

【0147】

より具体的には、本実施の形態では、上記泳動電極6aとして、透明電極層上に部分的に金属電極層が形成された、二層構造を有する電極(電極配線)を使用している。すなわち、本実施の形態にかかる泳動電極6aは、泳動電極6aにおける観察領域9と重畳する部分のみが透明電極6a₁の単層電極(単層配線)からなり、それ以外の部分は、透明電極6a₁と金属電極6a₂との二層電極(二層配線)からなっている。

20

【0148】

このように、本実施の形態によれば、各泳動レーン3と泳動電極6a(泳動電極アレイ6)とが重畳する部分、つまり、各泳動レーン3内の泳動電極6a(泳動電極アレイ6)の少なくとも一部を透明電極6a₁のみで構成することで、この透明電極6a₁からなる泳動電極6a...形成領域を、観察領域9として使用している。

【0149】

上記透明電極6a₁の材料としては、例えば、ITO、ZnO、IZO等の透明導電材料を使用することができる。これら透明導電材料のなかでも、ITOが好適に使用される。また、上記金属材料としては、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、白金(Pt)、金(Au)等の金属、あるいはこれら金属を含む合金等の金属材料を使用することができる。

30

【0150】

なお、本実施の形態でも、上記泳動電極アレイ6(透明電極6a₁および金属電極6a₂)の電極幅、電極間隔、および電極長(配線長)等の条件は、特に限定されるものではなく、分析対象となる粒子(つまり、泳動媒体中の粒子)の大きさ、並びに、目的とする操作(分離、収集、搬送等)等に応じて適宜設定すればよい。また、上記泳動電極6a(透明電極6a₁および金属電極6a₂)の膜厚や各電極層における電極材料もまた適宜設定可能であり、特に限定されるものではない。

【0151】

さらに、上記泳動電極アレイ6における上記透明電極6a₁の単層配線部分の電極長も特に限定されるものではなく、泳動レーン3のレーン幅や泳動電極6a(泳動電極アレイ6)の抵抗率等に応じて適宜設定すればよい。但し、上記泳動電極アレイ6における上記透明電極6a₁の単層配線部分の電極長は、前記したように同形状の電極(配線)を透明導電材料と金属材料とで形成した場合、透明電極材料で形成した電極は、金属材料で形成した電極と比較して相対的に高抵抗である。このため、抵抗率をできるだけ低く抑えるためには、少なくとも、上記泳動電極6a(泳動電極アレイ6)における各泳動レーン3・3間に相当する領域、すなわち、上記泳動電極6a(泳動電極アレイ6)における泳動レーン壁4との重畳領域は、上記透明電極6a₁と金属電極6a₂との二層構造を有していることが好ましく、図6～8に示すように、上記泳動電極6aが、上記泳動レーン3内の一部において、透明電極6a₁の単層構造を有していることがより望ましい。

40

50

【0152】

以下に、本実施の形態にかかる上記泳動電極アレイ6の形成方法について説明する。

【0153】

本実施の形態では、まず、実施の形態1と同様に、上記下側基板1上に、スパッタ蒸着等によるITO膜形成後、フォトリソグラフィを用いて電極形状にパターンングすることにより、下側基板1上に、透明電極6a₁...を形成する。

【0154】

次に、この透明電極6a₁...が形成された下側基板1上に、金属材料を使用し、スパッタ蒸着等により金属膜を形成し、この金属膜を、フォトリソグラフィを用いて電極形状にパターンングするとともに、このパターン形成された金属膜における観察領域9と重畳する配線部分(本実施の形態では、泳動レーン3の一部、より具体的には、泳動レーン壁4を構成するシール材の塗布領域間の一部と重畳する配線部分)のパターンを除去する。

10

【0155】

これにより、泳動電極6a(泳動電極アレイ6)が観察領域9と重畳する部分のみがITO単層配線となり、それ以外の部分はAu等の金属電極6a₂/ITO等の透明電極6a₁の二層配線が形成される。

【0156】

なお、泳動電極アレイ6以外の部分の形成方法については、基本的に前記実施の形態1と同様である。また、本実施の形態でも、上記泳動電極6aの形成と同時に、上記泳動電極6aの端部に、実装端子として、実装・接続部6bをパターン形成した。

20

【0157】

本実施の形態によれば、上記泳動電極アレイ6を、上記したように泳動レーン3内に設けた観察領域9と重畳する部分はITO等の透明電極6a₁で構成し、それ以外の部分を、透明電極6a₁より低抵抗のAu等の金属電極6a₂で構成することにより、試料(泳動媒体)を観察する際に泳動電極6a(泳動電極アレイ6)に遮られることなく、上記泳動レーン3の上下(上記下側基板1側および上側基板2側)の何れの方向からも観察が可能であることに加えて、泳動電極アレイ6全体の抵抗を、該泳動電極アレイ6と同一形状(同一パターン)のITO等の透明電極からなる泳動電極アレイを使用した場合と比較して、低く(例えば、数十μ・cm~数μ・cmのオーダー内に)抑えることができる。よって、本実施の形態によれば、光学的観察に対する観察条件が制限されることがなく、かつ、入力電圧(泳動制御入力電圧)の減衰・遅延を抑制することが可能な、使い勝手が良く、測定精度の高い誘電泳動パネル10および誘電泳動装置70、延いては誘電泳動システム85を実現することができる。

30

【0158】

なお、本実施の形態では、上記泳動電極アレイ6を、観察領域9と重畳する部分はITO等の透明電極6a₁で構成し、それ以外の部分は、透明電極6a₁よりも低抵抗のAu等の金属電極6a₂で構成したが、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記泳動電極アレイ6が上記観察領域9と重畳する領域において上記泳動電極アレイ6の少なくとも一部が透明電極で形成されていればよい。

【0159】

例えば、上記泳動電極アレイ6は、上記泳動電極アレイ6が上記観察領域9と重畳する領域において、透明電極6a₁で形成されている部分(つまり、透明電極6a₁のみからなる部分)と、金属電極6a₂が設けられている部分(つまり、さらに金属電極6a₂が設けられている部分)とを有していてもよい。また、上記泳動電極アレイ6は、透明電極6a₁に対し、上記泳動電極アレイ6が上記観察領域9と重畳しない領域の一部に金属電極6a₂が形成(積層)されている構成を有していてもよい。

40

【0160】

さらに、上記泳動電極アレイ6は、上記泳動電極アレイ6が上記観察領域9と重畳する領域において上記泳動電極アレイ6の少なくとも一部が透明電極6a₁で形成(つまり、透明電極6a₁のみで形成)されていれば、上記観察領域9の一部あるいは非観察領域の

50

一部に、金属以外の非透明（半透明もしくは不透明）な導電材料（低抵抗導電材料）からなる第3の電極が設けられている構成を有していてもよい。上記第3の電極は、上記金属電極6a₂に代えて設けられていてもよく、上記金属電極6a₂と併用されていてもよい。この場合、上記第3の電極は、上記金属電極6a₂と同層に設けられていてもよく、上記金属電極6a₂に対し積層構造とすることで、上記泳動電極6aが3層以上の多層構造を有する構成としてもよい。

【0161】

また、本実施の形態でも、前記実施の形態1同様、上記下側基板1および上側基板2として、例えば、10cm×10cm程度の透明基板を使用した。本実施の形態は、これに限定されるものではなく、上記泳動レーン3と各泳動電極6a（泳動電極アレイ6）とが重畳する領域（観察領域9）において泳動レーン3内の試料（泳動媒体）が観察可能に設けられていればよい。すなわち、本実施の形態でも、上記誘電泳動パネル10は、例えば、上記下側基板1および上側基板2の何れか一方の基板のみが透明電極で形成され、他方の基板における、上記泳動レーン3と泳動電極6a（泳動電極アレイ6）とが重畳する領域（観察領域9）に観察窓（開口部あるいは透明領域）が設けられている構成を有していてもよい。また、上記誘電泳動パネル10は、上記下側基板1および上側基板2が、両基板における、上記泳動レーン3と泳動電極6a（泳動電極アレイ6）とが重畳する領域（観察領域9）にそれぞれ透明領域（何れか一方は開口部であってもよい）が設けられた非透明基板（半透明あるいは不透明な基板）からなる構成を有していてもよい。

【0162】

また、本実施の形態では、上記したように観察領域9（上記泳動電極アレイ6が上記観察領域9と重畳する領域）における泳動電極6a（泳動電極アレイ6）を透明電極とし、それ以外の領域における泳動電極6a（泳動電極アレイ6）を、例えば透明電極と、金属電極等の低抵抗非透明電極との積層構造とすることで非透明電極（すなわち平面視で非透明な電極構造）とした。しかしながら、本実施の形態によれば、例えば、図9に示すように、上記観察領域9、すなわち、上記泳動レーン3と泳動電極アレイ6とが重畳する領域において上記泳動電極アレイ6の一部のみを透明電極で形成することにより、透明電極による透過モード（透過光による観察、撮影）あるいは落射モード（被観察物からの反射（落射）光による観察、撮影）に加えて、非透明電極（金属電極）からの反射（落射）光を観察、投影に利用する落射モードの使用が可能誘電泳動パネル10を提供することができる。これにより、観察条件を緩和することができることに加え、より複雑な誘電泳動挙動の観察を行うことも可能となる。この結果、上記したように透明電極による透過モード、および、金属電極等の非透明電極（反射（落射）電極）による落射モードの両モードを使用することで2種類の観察が可能となり、2種類の角度から解析が可能な誘電泳動パネル10を提供することができる。

【0163】

そして、この場合、特に、上記観察領域9において上記泳動電極アレイ6（泳動電極6a）が、透明電極6a₁からなる部分と、金属電極6a₂が設けられている部分とを備えていることで、上記泳動電極アレイ6全体の抵抗を、該泳動電極アレイ6を透明電極6a₁のみで形成した場合と比較して、低く抑えることができ、かつ、電極間の寄生容量を低減することができることに加えて、上記したように、電極面での光の透過/落射を利用した透過モードおよび落射モードの何れのモードも使用可能な誘電泳動パネル10を提供することができる。

【0164】

この場合、上記観察領域9（泳動レーン3と泳動電極アレイ6とが重畳する領域）において、金属電極6a₂が設けられている部分（反射領域9b）に対する、上記透明電極6a₁からなる部分（透明領域9a）の割合（9a/9b）は、特に限定されるものではないが、例えば、トラップした粒子（誘電体粒子）あるいは泳動中の粒子（誘電体粒子）の観察記録のため、その下限値が1/3、つまり、1/3 < 9a/9b（つまり、上記観察領域9における透明領域9aの割合が1/4以上）であることが好ましく、1/3 < 9a

10

20

30

40

50

/ 9 bであることがより好ましく、 $1 < 9 a / 9 b$ (つまり、上記観察領域 9 における透明領域 9 a の割合が $1 / 2$ 以上) であることがさらに好ましい。また、上記割合 ($9 a / 9 b$) は、 $9 a / 9 b < 3$ であることが好ましく、上記した範囲内の中でも、 $9 a / 9 b = 1$ に設定することが特に好ましい。

【0165】

なお、本実施の形態では、上記したように、電極面での光の透過 / 落射を利用した透過モード / 落射モード両用型の誘電泳動パネル 10 として、泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) の一部を透明電極で形成する構成としたが、本実施の形態はこれに限定されるものではない。

【0166】

例えば、前記実施の形態 1 において、上記下側基板 1 および上側基板 2 の何れか一方の基板を、該基板における、上記泳動レーン 3 と泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) とが重畳する領域 (観察領域 9) の一部に透明領域を有する非透明基板にて形成するとともに、他方の基板を、透明基板、もしくは、上記泳動レーン 3 と泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) とが重畳する領域 (観察領域 9) に観察窓 (開口部あるいは透明領域) を有する非透明基板にて形成することによっても、透過モード / 落射モード両用型の誘電泳動パネル 10 を提供することができる。

【0167】

なお、本実施の形態によれば、上記したように一つの基板上に複数の泳動レーン 3 を設ける場合、泳動レーン 3 によって透過モードと落射モードとを切り換えることで、異なる解析を同時に行うことも可能となる。

【0168】

〔実施の形態 3〕

本発明の実施のさらに他の形態について主に図 10 に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態 1、2 との相違点について説明するものとし、前記実施の形態 1、2 で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

【0169】

図 10 は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。なお、図 10 においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0170】

図 1 ~ 4 に示したように、前記実施の形態 1、2 では、泳動電極アレイ 6 における各泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔は、泳動レーン 3 との重畳部であるか否かに拘らず一定 (L / S がともに $30 \mu\text{m}$) であった。すなわち、前記実施の形態 1、2 では、上記泳動電極アレイ 6 は、該泳動電極アレイ 6 を構成する各泳動電極 6 a がストライプ状に互いに並行して設けられた、ストライプ構造を有していた。

【0171】

しかしながら、本実施の形態では、図 10 に示すように、上記泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔は、該泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) が泳動レーン 3 と重畳している領域と、それ以外の領域とで異なっている。このため、本実施の形態では、上記泳動電極 6 a の電極形状は、該泳動電極 6 a (泳動電極アレイ 6) が泳動レーン 3 と重畳している領域と、それ以外の領域とで異なっている。

【0172】

誘電泳動実験において、狭ピッチの泳動電極アレイ 6 を形成すると、泳動電極アレイ 6 全体の配線抵抗が高くなり、なおかつ泳動電極アレイ 6 を構成する各泳動電極 6 a 間の寄生容量も大きくなる。このため、狭ピッチの泳動電極アレイ 6 を形成すると、入力 AC 電圧の減衰、遅延の影響が大きくなることは避けられない。

【0173】

そこで、本実施の形態では、図 10 に示すように、下側基板 1 と上側基板 2 との間に、泳動レーン壁として、互いに独立して設けられた棒状の複数の泳動レーン壁 21 を互いに

10

20

30

40

50

間隔を空けて設けることで、互いに離間して並列に設けられた複数の泳動レーン 3 を設けるとともに、上記泳動レーン 3 内（枠内）と、上記泳動レーン間領域（間隙部 2 2）、つまり、上記泳動レーン 3 外（枠外）とで、泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔が異なるように泳動電極アレイ 6 を設けている。

【0174】

具体的には、上記泳動レーン 3 内の泳動電極 6 a、つまり、観察領域 9 として使用される、上記泳動電極アレイ 6 が泳動レーン 3 と重畳している領域における泳動電極 6 a は電極幅（L） $10\ \mu\text{m}$ 、電極間隔（S） $10\ \mu\text{m}$ （電極ピッチ $20\ \mu\text{m}$ ）で形成されているのに対し、それ以外の領域、すなわち電気泳動とは関係ない領域（つまり、泳動レーン 3 外）の泳動電極 6 a は、電極幅 $30\ \mu\text{m}$ （L）、最大電極間隔 $30\ \mu\text{m}$ （つまり、互いに隣接する泳動レーン 3・3 間の中心部における電極間隔 $30\ \mu\text{m}$ 、該中心部における電極ピッチ $60\ \mu\text{m}$ ）で形成されている。

10

【0175】

このように、本実施の形態によれば、泳動現象の観察に必要である泳動レーン 3 内の泳動電極 6 a 群（つまり、観察領域 9 における泳動電極 6 a 群）のみを要求される狭ピッチ配線とし、それ以外の、泳動現象とは無関係の領域の泳動電極 6 a 群（間隙部 2 2 における泳動電極 6 a 群）を広ピッチ配線とすることで、泳動電極アレイ 6 全体の抵抗を低くし、かつ寄生容量を低減することで、入力 AC 電圧の減衰や遅延を抑制することが可能である。なお、上記した配線形状はほんの一例であり、これに限定されるものではない。

【0176】

なお、本実施の形態においても、上記泳動電極 6 a は、透明電極のみに限定されるものではなく、前記した種々の形態とすることができる。例えば前記実施の形態 2 に示すように、上記泳動電極 6 a を、例えば透明電極 $6a_1$ と金属電極 $6a_2$ との積層構造とすることで、前記したように透過モードでの観察、撮影が可能となるとともに、より一層、泳動電極アレイ 6 全体の抵抗を低くし、かつ寄生容量を低減することができる。

20

【0177】

〔実施の形態 4〕

本発明の実施のさらに他の形態について主に図 1 1 に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態 1 ~ 3 との相違点について説明するものとし、前記実施の形態 1 ~ 3 で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

30

【0178】

図 1 1 は、本実施の形態にかかる泳動パネルの概略構成を示す平面図である。なお、図 1 1 においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0179】

図 1 1 に示す誘電泳動パネル 1 0 は、互いに離間して並列に設けられた 3 つの泳動レーン 3 の各々で、泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔（電極ピッチ）が異なっている点で、図 1 0 に示す誘電泳動パネル 1 0 と相違している。本実施の形態では、図 1 1 に示すように、泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔は、下側基板 1 端部に設けられた実装・接続部 6 b から遠い側の泳動レーン 3 ほど、泳動電極 6 a の電極幅および電極間隔が大きくなるように、上記泳動電極アレイ 6 が設けられている。

40

【0180】

より具体的には、上記泳動電極アレイ 6 は、各泳動レーン 3 と重畳する領域に、上記実装・接続部 6 b 側の泳動レーン 3 から順に、電極幅 $10\ \mu\text{m}$ 、電極間隔 $10\ \mu\text{m}$ （電極ピッチ $20\ \mu\text{m}$ ）の泳動電極 6 a 群からなる電極部 P 1 と、電極幅 $20\ \mu\text{m}$ 、電極間隔 $20\ \mu\text{m}$ （電極ピッチ $40\ \mu\text{m}$ ）の泳動電極 6 a 群からなる電極部 P 2 と、電極幅 $30\ \mu\text{m}$ 、電極間隔 $30\ \mu\text{m}$ （電極ピッチ $60\ \mu\text{m}$ ）の泳動電極 6 a 群からなる電極部 P 3 の計 3 種類の異なる大きさの帯状の電極部 P 1・P 2・P 3 を有している。

【0181】

また、上記電極部 P 1・P 2 間の泳動電極 6 a は、電極幅 $30\ \mu\text{m}$ 、上記電極部 P 1 側

50

端部における電極間隔 $10\ \mu\text{m}$ (電極ピッチ $20\ \mu\text{m}$)、上記電極部 P2 側端部における電極間隔 $20\ \mu\text{m}$ (電極ピッチ $40\ \mu\text{m}$) となるように形成されており、上記電極間隔は、上記泳動電極アレイ 6 のアレイ幅 (上記泳動電極アレイ 6 における両側端部の泳動電極 6a・6a 間の電極幅) に応じて直線的に変化するよう形成されている。さらに、上記電極部 P2・P3 間の泳動電極 6a は、電極幅 $30\ \mu\text{m}$ 、上記電極部 P2 側端部における電極間隔 $20\ \mu\text{m}$ (電極ピッチ $40\ \mu\text{m}$)、上記電極部 P3 側端部における電極間隔 $30\ \mu\text{m}$ (電極ピッチ $60\ \mu\text{m}$) となるように形成されており、上記電極間隔は、上記泳動電極アレイ 6 のアレイ幅 (上記泳動電極アレイ 6 における両側端部の泳動電極 6a・6a 間の電極幅) に応じて直線的に変化するよう形成されている。

【0182】

本実施の形態によれば、上記したように、泳動レーン 3 毎に上記泳動電極アレイ 6 の電極形状 (あるいは電極幅、電極間隔) を変えることで、特定の複数の粒子を同時に選別・同定することが可能となり、複数粒子の選別を効率よく行うことが可能になる。また、複数の泳動レーン 3 の泳動挙動の差異を一括で観察することができるといったメリットもある。

【0183】

〔実施の形態 5〕

本発明の実施の他の形態について主に図 12 (a) ~ (e) に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態 1 ~ 3 との相違点について説明するものとし、前記実施の形態 1 ~ 3 で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

【0184】

図 12 (a) は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 の概略構成を示す平面図であり、図 12 (b) ~ (e) は、図 12 (a) に示す誘電泳動パネル 10 の各泳動レーン 3 における泳動電極 6a の形状を模式的に示す平面図である。なお、図 12 (a) においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0185】

本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、図 12 (a) に示すように、前記実施の形態 1 に示す誘電泳動パネル 10 において、並列に設けられた 4 つの泳動レーン 3 各々で、泳動電極 6a (泳動電極アレイ 6) の形状が異なっている。

【0186】

具体的には、上記 4 つの泳動レーン 3 のうち、最も実装・接続部 6b に近い泳動レーン 3A では、上記泳動電極アレイ 6 は、図 12 (b) に示すように、配線幅 $30\ \mu\text{m}$ の直線状の泳動電極 6a がストライプ状に設けられた構造 (ストライプ型電極構造) を有している。次いで実装・接続部 6b に近い泳動レーン 3B では、上記泳動電極アレイ 6 は、図 12 (c) に示すように、配線幅 $45\ \mu\text{m}$ の直線状の泳動電極 6a がストライプ状に設けられた構造 (ストライプ型電極構造) を有している。そして、上記泳動レーン 3B の次に上記実装・接続部 6b に近い泳動レーン 3C では、上記泳動電極アレイ 6 は、図 12 (d) に示すように、配線幅 $30\ \mu\text{m}$ の山切り型 (鋸状) の泳動電極 6a が等間隔で複数並設された構造を有している。最後に、上記 4 つの泳動レーン 3 のうち最も上記実装・接続部 6b から遠い泳動レーン 3D では、上記泳動電極アレイ 6 は、図 12 (e) に示すように、配線幅 $30\ \mu\text{m}$ の波型の泳動電極 6a が等間隔で複数並設された構造を有している。なお、上記各泳動電極 6a の電極間隔 (電極ピッチ) は、何れも $60\ \mu\text{m}$ である。

【0187】

誘電泳動挙動は、同一の試料 (泳動媒体) を使用し、同一の制御電圧で駆動した場合でも、配線、すなわち、泳動電極 6a (泳動電極アレイ 6) の形状により、上記試料 (泳動媒体) 中の電界の状態に応じて異なる。

【0188】

従って、本実施の形態のように泳動レーン 3 毎に泳動電極 6a (泳動電極アレイ 6) の電極形状、電極幅、電極間隔の少なくとも 1 つを変更することにより、上記泳動媒体中の

10

20

30

40

50

特定の複数の粒子を同時に選別・同定することが可能となる。この結果、例えば複数の粒子の選別を効率良く行うことができる。また、上記の構成によれば、複数の泳動レーン3における上記粒子の泳動挙動の差異を一括して観察することができるといったメリットもある。

【0189】

なお、本実施の形態では、上記したように、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10として、泳動電極6a(泳動電極アレイ6)の形状、電極幅、電極間隔のうち、少なくとも一つの条件が泳動レーン3毎に異なる誘電泳動パネルを例に挙げて説明した。しかしながら、本実施の形態は、これに限定されるものではない。

【0190】

例えば、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10は、前記図10または図11に示すように、互いに隣り合う泳動レーン3・3間に、所定の間隙部22(泳動レーン間領域)を有し、該間隙部22と上記泳動レーン3とで、泳動電極6a(泳動電極アレイ6)の形状、電極幅、電極間隔のうち、少なくとも一つの条件が異なっている構成を有していてもよい。

【0191】

例えば、上記泳動レーン3A・3B・3Cにおける泳動電極アレイ6の電極形状がストライプ状ではない場合、上記間隙部22における泳動電極アレイ6の電極形状をストライプ構造にして配線長を短縮することにより、配線抵抗の増大を抑えることが可能となる。

【0192】

また、前記図10に示すように、泳動レーン3と間隙部22とで、泳動電極6aの配線幅や配線間隔を異ならしめる等して泳動電極アレイ6の電極形状を異ならしめた場合、上記誘電泳動パネル10における泳動電極アレイ6(配線)の低抵抗化を図ることができる。

【0193】

〔実施の形態6〕

本発明の実施の他の形態について主に図13に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態1~5との相違点について説明するものとし、前記実施の形態1~5で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

【0194】

図13は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10の概略構成を示す平面図である。なお、図13においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0195】

本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10は、図13に示すように、上記泳動電極アレイ6の両端部に実装・接続部6bを有し、これら実装・接続部6b・6bの各々にFPC17が各々実装されている構成を有している。これにより、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル10は、上記泳動電極アレイ6の両端部から、それぞれ駆動AC電圧が入力可能となっている。

【0196】

上記FPC17は、各々、前記制御基板50(駆動制御部、制御装置)と接続される。これにより、本実施の形態にかかる上記誘電泳動パネル10は、誘電泳動試験時に、上記泳動電極アレイ6の両端部のFPC17から、各泳動電極6aに、それぞれ、同一の駆動AC電圧が、同時に入力される。

【0197】

このように、本実施の形態によれば、泳動電極6aの両端部から駆動電圧が入力されることで、泳動電極6aの片側からのみ駆動電圧が入力される場合と比較して、配線抵抗および寄生容量による入力電圧信号の減衰や遅延の影響を、より一層抑制することが可能である。

【0198】

10

20

30

40

50

〔実施の形態 7〕

本発明の実施の他の形態について主に図 1 4 および図 1 5 に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態 1 ~ 6 との相違点について説明するものとし、前記実施の形態 1 ~ 6 で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

【0199】

本実施の形態では、上記誘電泳動パネル 1 0 における各泳動レーン 3 に、試料として、試料溶液（泳動媒体）を注入する方法について主に説明する。

【0200】

従来、誘電泳動パネルに試料を注入する方法としては、前記実施の形態 1 にも示したように、上側基板 2 および下側基板 1 の何れか一方に注入・排出孔 5（開口部）を設け、ポンプ等の加圧操作により上記注入・排出孔 5 から試料を注入する方法が一般的である。

10

【0201】

例えば、特許文献 6 には、誘電泳動用のシステムではないものの、流路チップのマイクロチャンネル上部に注入口が形成されたマイクロチップについて記載されている。この構造を上記誘電泳動パネル 1 0 に適用した場合、前記実施の形態 1 に示したように、下側基板 1 と上側基板 2 とを貼り合わせて誘電泳動パネル 1 0 を形成する前段階で、上記上側基板 2 および下側基板 1 の何れか一方における各泳動レーン 3 の天壁あるいは底壁となる部分に、注入口として、注入・排出孔 5 を設ける必要がある。注入・排出孔 5 の形成方法としては、前記実施の形態 1 に示したように、ドリルやブラスト、エッチング等の方法がある。

20

【0202】

ところで、前記実施の形態 1 にも示したように、一般的に、誘電泳動パネル内面には、上下両基板上に保護層を形成している。前記実施の形態 1 では、上記下側基板 1 および上側基板 2 に、下面保護膜 7 および上面保護膜 8 のように、例えば泳動電極アレイ 6 をカバーする保護膜（保護層）を設けている。また、上記下側基板 1 および上側基板 2 には、泳動レーン 3 に注入する試料に応じて親水・撥水処理等の表面処理を施している。

【0203】

しかしながら、このように基板上に保護膜を形成した後で、該基板に注入口を形成すると、開口処理に伴う表面処理材料や基板のダストが基板の表面処理部に付着することが懸念される。表面処理部に付着したダストは洗浄処理を行っても除去し難く、誘電泳動パネルを形成した際に不純物として製品不良の原因となる。

30

【0204】

また、注入口を作製した後に基板の表面処理を行う場合、表面処理剤が注入口に浸入して開口部を汚染するおそれがある。開口部内で表面処理剤が固化すると開口径誤差の原因となり、コネクタ等を挿入した際、接続不良やダストの発生等の問題を生じさせる。

【0205】

さらに、本発明のように、誘電泳動パネル 1 0 が複数の泳動レーン 3 を有する場合、従来のように基板上に注入口を形成する方法では、泳動レーンの数に応じて複数の注入口を形成する必要があり、製造工程が煩雑になると共に、不良発生の確率も高くなる。

40

【0206】

そこで本実施の形態では、試料の注入・排出孔 5（開口部）を、下側基板 1 および上側基板 2 の何れか一方の基板の表面ではなく、上記誘電泳動パネル 1 0 の側面（パネル構造の断面）に設けている。

【0207】

図 1 4 は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 1 0 の概略構成を示す平面図であり、図 1 5 は、図 1 4 に示す誘電泳動パネル 1 0 の E - E 線矢視断面分解図である。なお、図 1 4 においても、図示の便宜上、上側基板は二点鎖線にて示す。

【0208】

本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 1 0 は、図 1 4 に示すように、試料の注入・排出

50

用の開口部として、前記実施の形態 1 にかかる注入・排出孔 5 に代えて、上記下側基板 1 と上側基板 2 との間、つまり、具体的には、上記誘電泳動パネル 10 の側面に、泳動レーン壁 4 により形成された注入・排出口 3 1 (開口部、注入口) が設けられている構成を有している。本実施の形態では、上記泳動レーン 3 の両端部に、それぞれ上記注入・排出口 3 1 が設けられている。

【0209】

上記注入・排出孔 5 の口径は、幅約 2 mm、高さ約 40 μ m (パネル空洞部のギャップと等しい) である。なお、本実施の形態でも、前記実施の形態 1 と同様、上記各泳動レーン 3 のレーン幅 (隔壁 4 a · 4 a 間の間隔) は約 1 cm、レーン長さは約 6 cm であり、泳動レーン壁 4 の幅は約 2 mm に設定した。また、泳動レーン 3 の厚み (泳動レーン壁 4 10 の高さ) が均一となるように、上記泳動レーン壁 4 の形成に使用されるシール材には、粒径 40 μ m のガラススペーサを混入した。なお、上記以外の構成は、前記実施の形態 1 と同様に形成した。

【0210】

すなわち、本実施の形態では、上記泳動レーン壁 4 は、各泳動レーン 3 ... を隔てる隔壁 4 a · 4 a を結ぶ枠体 (外縁部) の一部が、各泳動レーン 3 において開口された開口部 4 b ... を有しているとともに、注入・排出口 3 1 として、上記開口部 4 b から、上記泳動レーン 3 の延長方向に沿って上記誘電泳動パネル 10 端部まで延設された、泳動レーン壁延設部 4 c (泳動レーン壁 4) からなる流路 (通路) が設けられた構成を有している。

【0211】

また、本実施の形態でも、上記下側基板 1 および上側基板 2 には、約 10 cm × 10 cm の透明基板を使用していることから、上記注入・排出口 3 1 の長さ (流路 (延設部) の長さ) は、それぞれ約 2 cm である。

【0212】

また、図 15 に示すように、上記下側基板 1 および上側基板 2 における上記注入・排出口 3 1 の内側端部 1 a · 2 a、すなわち、上記下側基板 1 における上記上側基板 2 との対向面および上側基板 2 における上記下側基板 1 との対向面における、上記注入・排出口 3 1 形成部分の各端辺は、角部が面取りされた面取り処理が施されていることが望ましい。

【0213】

本実施の形態では、上記注入・排出口 3 1 に、上記注入・排出口 3 1 の口径よりも外径 30 が大きな送液チューブ 13 が接続 (押圧接触) されることにより、試料の注入・排出が可能となる。

【0214】

従って、上記したように上記注入・排出口 3 1 の内側端部 1 a · 2 a が面取り処理されていることで、注入・排出口 3 1 と送液チューブ 13 とを接続する際に、両者の接触面積が大きくなり、両者の密着性が向上する。

【0215】

上記送液チューブ 13 は、上記したように、注入・排出口 3 1 と送液チューブ 13 との密着性の観点から、例えばシリコン樹脂等の変形可能な材質 (可撓性を有する材料、好適には弾性を有する材料) で形成されていることが望ましい。本実施の形態では、上記送液 40 チューブ 13 として、外径約 3 mm、内径約 1 mm のシリコン樹脂からなるチューブを使用した。本実施の形態はこれに限定されるものではない。

【0216】

また、図 15 に示すように、上記誘電泳動パネル 10 において、上記下面保護膜 7 および上面保護膜 8 は、上記注入・排出口 3 1 の端部 (つまり、上記面取り処理が施された上記下側基板 1 および上側基板 2 における内側端部 1 a · 2 a) よりも基板内側に形成されていること、つまり、上記注入・排出口 3 1 端部には上記下面保護膜 7 および上面保護膜 8 が形成されていないことが望ましい。

【0217】

このように上記注入・排出口 3 1 端部には上記下面保護膜 7 および上面保護膜 8 が形成 50

されていない構造とすることで、上記注入・排出口 3 1 の口径が大きくなり、上記注入・排出口 3 1 と送液チューブ 1 3 との密着性がより向上する。また、上記の構成によれば、面取り処理の際に、上記下面保護膜 7 および上面保護膜 8 が不要な塵となり泳動レーン 3 内に残留することを防ぐ効果もある。

【 0 2 1 8 】

なお、本実施の形態では、上記注入・排出口 3 1 を介して各泳動レーン 3 内に試料（試料溶液）を注入する方法として、上記したように上記注入・排出口 3 1 に送液チューブ 1 3 を接続することで上記注入・排出口 3 1 に試料溶液を送液する方法について説明したが、本実施の形態にかかる試料の注入方法（試料溶液の送液方法）は、上記の方法に限定されるものではない。

10

【 0 2 1 9 】

また、本実施の形態では、上記注入・排出口 3 1 に、上記注入・排出口 3 1 の口径よりも外径が大きな送液チューブ 1 3 が接続（押圧接触）されることにより、上記注入・排出口 3 1 に試料溶液を送液する方法について説明したが、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記注入・排出口 3 1 に嵌合する送液チューブ 1 3（例えば上記注入・排出口 3 1 の口径よりも小さい外径を有する送液チューブ 1 3）を用いて上記送液を行ってもよい。

【 0 2 2 0 】

また、上記送液チューブ 1 3 は、上記したように上記誘電泳動パネル 1 0 とは別体で設けられ、試料（試料溶液）注入時にのみ上記誘電泳動パネル 1 0 に接続される構成としてもよく、上記誘電泳動パネル 1 0 に予め固定された構成を有していてもよい。

20

【 0 2 2 1 】

すなわち、本実施の形態にかかる上記誘電泳動パネル 1 0 は、該誘電泳動パネル 1 0 に試料を送液（注入）する注入手段として、上記送液チューブ 1 3 を備えている構成を有していてもよいし、上記誘電泳動装置 7 0 あるいは誘電泳動システム 8 5 が、上記誘電泳動パネル 1 0 に試料を送液（注入）する注入手段（注入装置）として、上記送液チューブ 1 3、あるいは、上記送液チューブ 1 3 を備えた試料注入装置を備えている構成を有していても構わない。

【 0 2 2 2 】

本実施の形態によれば、上記したように試料を泳動レーン 3 内外に送液するための開口部（注入・排出口 3 1）を上記誘電泳動パネル 1 0 側面に設けることにより、上記泳動レーン 3 内への不純物の混入を防止し、送液系における不良発生を抑制することが可能である。

30

【 0 2 2 3 】

また、本実施の形態によれば、上記泳動レーン壁 4 のパターンにより上記誘電泳動パネル 1 0 側面に注入・排出口 3 1 が必然的に形成されることから、注入・排出口 3 1 を形成するために別途材料や工程を必要としない。従って、上記の構成によれば、ドリル等で、上記誘電泳動パネル 1 0 上（例えば上側基板 2 上）に、開口部（注入・排出口 5）を設ける方法と比較して上記誘電泳動パネル 1 0 の不良発生率を相対的に抑制することが可能である。なお、この抑制効果は泳動レーン 3 の数が多いほど顕著である。よって、上記の構成によれば、上記誘電泳動パネル 1 0 にドリル等で注入・排出口を設ける場合と比較して、より効率的に上記誘電泳動パネル 1 0 を形成することができるとともに、使用上の観点からもより好ましい。

40

【 0 2 2 4 】

〔実施の形態 8〕

本発明の実施の他の形態について主に図 1 6 および図 1 7 に基づいて説明する。なお、本実施の形態では、主に、前記実施の形態 1 ~ 7 との相違点について説明するものとし、前記実施の形態 1 ~ 7 で用いた構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

【 0 2 2 5 】

50

本実施の形態では、上記誘電泳動パネル 10 における上記注入・排出口 31 に、試料として、試料溶液（泳動媒体）を送液するための他の方法について主に説明する。

【0226】

図 16 は、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 の概略構成を示す平面図であり、図 17 は、図 16 に示す誘電泳動パネル 10 の F - F 線矢視断面図である。

【0227】

本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、図 16 に示すように、前記実施の形態 6 同様、各泳動レーン 3... を隔てる隔壁 4 a・4 a を結ぶ泳動レーン壁 4 の外縁部（枠体）の一部が、各泳動レーン 3 の両端部（各泳動レーン 3 の長手方向両端部）において開口された開口部 4 b... を有しているとともに、注入・排出口 31 として、上記開口部 4 b から、上記泳動レーン 3 の延長方向（各泳動レーン 3 の長手方向）に沿って上記誘電泳動パネル 10 端部（下側基板 1 の端部）まで延設された、泳動レーン壁延設部 4 c（泳動レーン壁 4）からなる流路（通路）が設けられた構成を有している。

10

【0228】

これにより、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 もまた、前記実施の形態 6 同様、泳動レーン 3 の両端部に、上記誘電泳動パネル 10 の側面に面して開口された注入・排出口 31（泳動レーン壁延設部 4 c）が設けられている構成を有している。

【0229】

本実施の形態でも、前記実施の形態 6 同様、上記各泳動レーン 3 のレーン幅（隔壁 4 a・4 a 間の間隔）は約 1 cm、レーン長さは約 6 cm、泳動レーン壁 4 の幅は約 2 mm とし、上記注入・排出口 5 の口径は、幅約 2 mm、高さ約 40 μm（パネル空洞部のギャップと等しい）とした。また、上記注入・排出口 31 の長さ（各泳動レーン壁延設部 4 c の長さ）は、それぞれ約 2 cm とした。

20

【0230】

但し、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、図 16 および図 17 に示すように、上記各泳動レーン 3 の延設方向における上記上側基板 2 の基板長が、上記各泳動レーン 3 の延設方向における上記下側基板 1 の基板長よりも短くなるように形成されている。このため、本実施の形態では、上記注入・排出口 5 の側壁、つまり、上記泳動レーン壁延設部 4 c（泳動レーン壁 4）が、上記上側基板 2 端部より外方に突出して設けられた構成を有している。本実施の形態では、上記各泳動レーン 3 の延設方向における上記上側基板 2 の基板長が、上記各泳動レーン 3 の延設方向における上記下側基板 1 の基板長よりも約 4 mm 短くなるように形成した。すなわち、本実施の形態では、上記下側基板 1 が、上記各泳動レーン 3 の延設方向各端部において、上記上側基板 2 よりも各々約 2 mm ずつ突出している構成とした。

30

【0231】

また、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、図 17 に示すように、上記下側基板 1 および上側基板 2 における上記注入・排出口 31 の内側端部 1 a・2 a のうち上記内側端部 2 a のみが、角部が面取りされた面取り処理が施されている構成を有している。すなわち、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、上記下側基板 1 における上記上側基板 2 との対向面および上側基板 2 における上記下側基板 1 との対向面のうち、上記上側基板 2 における下側基板 1 との対向面のみが、上記注入・排出口 31 形成部分の端部に面取り処理が施されている構成を有している。

40

【0232】

さらに、本実施の形態にかかる誘電泳動パネル 10 は、上記注入・排出口 31 に、送液コネクタ 15 が接続されている構成を有している。

【0233】

上記送液コネクタ 15 は、前記送液チューブ 13 同様、シリコン樹脂等の変形可能な材質により形成されている。上記送液コネクタ 15 は、図 17 に示すように、上記誘電泳動パネル 10 端部、すなわち、上記下側基板 1 および上側基板 2 の端部を挟持することにより、上記注入・排出口 31 と接続される。

50

【0234】

また、上記送液コネクタ15は、一方の側面に、上記注入・排出口31（泳動レーン壁延設部4c）が挿嵌される複数のコの字状の開口部15aを有している。各泳動レーン3は、上記開口部15aに上記注入・排出口31（泳動レーン壁延設部4c）が挿嵌されることで、上記送液コネクタ15内部で構造的に分離されている。

【0235】

また、上記送液コネクタ15の天壁（上壁）には、上記注入・排出口31に対応して、上記開口部15aに連通する注入・排出孔16（注入・排出部、開口部）が設けられている。

【0236】

本実施の形態において、上記注入・排出口31の内径は約2mmに設定されている。上記送液コネクタ15は、上記注入・排出口31における下側基板1端面1bが上記開口部15aの内壁に当接した状態で、上記注入・排出孔16が、平面視で上記下側基板1並びに該下側基板1上の泳動レーン壁延設部4cが露出している部分（すなわち上記上側基板2が設けられていない部分）の上方に位置するように形成されている。

【0237】

これにより、本実施の形態によれば、上記注入・排出孔16に試料を注入することで、上記注入・排出口31を介して各泳動レーン3内に試料を注入（送液）することができるようになっている。

【0238】

上記送液コネクタ15は、泳動レーン3の数に応じて適宜設計される。また、上記送液コネクタ15は、上記誘電泳動パネル10に予め固定されていてもよく、上記誘電泳動パネル10に着脱可能に設けられていてもよい。後者の場合、上記送液コネクタ15は、同一設計の誘電泳動パネル10に対しては使い回しが可能である。

【0239】

すなわち、本実施の形態でも、上記誘電泳動パネル10は、該誘電泳動パネル10に試料を送液（注入）する注入手段として、上記送液コネクタ15を備えている構成を有していてもよいし、上記誘電泳動装置70あるいは誘電泳動システム85が、上記誘電泳動パネル10に試料を送液（注入）する注入手段（注入装置）として、上記送液コネクタ15、あるいは、上記送液コネクタ15を備えた試料注入装置を備えている構成を有していても構わない。

【0240】

本実施の形態においても、上記したように試料を泳動レーン3内外に送液するための開口部（注入・排出口31）を上記誘電泳動パネル10側面に設けることにより、上記泳動レーン3内への不純物の混入を防止し、送液系における不良発生を抑制することが可能である。

【0241】

また、本実施の形態においても泳動レーン壁4のパターンにより上記誘電泳動パネル10側面に注入・排出口31が必然的に形成されることから、注入・排出口31を形成するために別途材料や工程を必要としない。従って、上記の構成によれば、ドリル等で、上記誘電泳動パネル10上（例えば上側基板2上）に、開口部（注入・排出孔5）を設ける方法と比較して上記誘電泳動パネル10の不良発生率を相対的に抑制することが可能である。なお、この抑制効果は泳動レーン3の数が多いほど顕著である。よって、上記の構成によれば、上記誘電泳動パネル10にドリル等で注入・排出口を設ける場合と比較して、より効率的に上記誘電泳動パネル10を形成することができるとともに、使用上の観点からもより好ましい。

【0242】

なお、本実施の形態では、上記下側基板1が、上記各泳動レーン3の延設方向各端部において、上記上側基板2よりも各々約2mmずつ突出している構成とし、上記注入・排出口31の内径を約2mmとすることで、図17に示すように、上記下側基板1端面1bが

10

20

30

40

50

上記開口部 15 a の内壁に当接した状態において、上記注入・排出孔 16 縁部が上記上側基板 2 端部並びに上記下側基板 1 端部に位置する構成とした。しかしながら、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記下側基板 1 端面 1 b が上記開口部 15 a の内壁に当接した状態において、上記注入・排出孔 16 縁部が、何れも上記下側基板 1 の露出領域内に位置するように形成されていれば、上記注入・排出孔 16 の内径が上記下側基板 1 の突出長さと同じである必要はなく、上記注入・排出孔 16 の内径が上記下側基板 1 の突出長さよりも小さくなるように形成されていても構わない。

【0243】

また、上記注入・排出孔 16 の内径並びに上記下側基板 1 の突出長さも上記長さに限定されるものではなく、試料の注入・排出を円滑に行うことができるように適宜設定が可能である。

【0244】

なお、上記誘電泳動パネル 10 側面（泳動アレイ断面）に注入・排出口を有する誘電泳動パネル 10 における試料の注入（送液）方法としては、上記方法に限定されるものではない。上記方法は上記誘電泳動パネル 10 における試料の注入（送液）方法の一例であり、上記誘電泳動パネル 10 の使用方法、試料（泳動媒体）の種類に応じて様々な形態の注入（送液）方法が適応可能である。

【0245】

以上のように、本発明によれば、従来よりも観察条件の制限が緩和された誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムを提供することができる。本発明にかかる上記誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、例えば、特定細胞の分離、検出等のバイオ研究用マイクロアレイ等の用途に好適に適用することができる。

【0246】

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0247】

本発明にかかる誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、特定細胞の分離、検出等のバイオ研究用マイクロアレイ等の用途、例えば、生体分子や樹脂ビーズ等の誘電性物質を誘電泳動力によって搬送する化学分析システムに好適に使用することができる。これら化学分析システムは、医療分野をはじめとして、食品衛生分野、環境モニタリング等に広く応用が可能であり、血液を分離することで得られる赤血球、白血球、リンパ球等の血球成分；大腸菌、リステリア菌等の細菌；DNA（デオキシリボ核酸：deoxyribonucleic acid；deoxyribose nucleic acid）、タンパク質等の生体分子；等の幅広い範囲の誘電性物質を対象とし、例えば、DNA、タンパク質、細胞等の解析（反応・検出・分離・搬送）；化学合成（マイクロプラント）；等の用途に好適に使用される。本発明にかかる誘電泳動チップおよび誘電泳動装置並びに誘電泳動システムは、透過光による観察、撮影が可能であることから、特に、蛍光観察やフィルタリングを多用する観察に非常に有効である。

【図面の簡単な説明】

【0248】

【図 1】本発明の実施の一形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す斜視図である。

【図 2】図 1 に示す誘電泳動パネルを上側基板側から見た平面図である。

【図 3】図 2 に示す誘電泳動パネルの A - A 線矢視断面図である。

【図 4】図 2 に示す誘電泳動パネルの B - B 線矢視断面図である。

【図 5】図 1 に示す誘電泳動パネルを備えた本実施の形態にかかる誘電泳動システムの概略構成図である。

【図 6】本発明の実施の他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

。

10

20

30

40

50

【図 7】図 6 に示す誘電泳動パネルの一泳動レーンにおける観察領域近傍の概略構成を一部破断にて示す平面図である。

【図 8】図 6 に示す誘電泳動パネルの D - D 線矢視断面図である。

【図 9】本発明の実施の他の形態にかかる他の誘電泳動パネルの概略構成を示す断面図である。

【図 10】本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

【図 11】本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

【図 12】(a) は、本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図であり、(b) ~ (e) は、(a) に示す誘電泳動パネルの各泳動レーンにおける泳動電極の形状を模式的に示す平面図である。

【図 13】本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

【図 14】本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

【図 15】図 14 に示す誘電泳動パネルの E - E 線矢視断面分解図である。

【図 16】本発明の実施のさらに他の形態にかかる誘電泳動パネルの概略構成を示す平面図である。

【図 17】図 16 に示す誘電泳動パネルの F - F 線矢視断面図である。

【図 18】誘電泳動現象を利用した従来の粒子搬送装置の概略構成を示す斜視図である。

【図 19】(a) は、櫛型電極を使用して細胞を分離する従来の誘電泳動装置の概略構成を示す側面図であり、(b) は、(a) に示す誘電泳動装置における要部の構成を示す平面図である。

【図 20】櫛形電極を使用して細胞を搬送する技術を説明する図である。

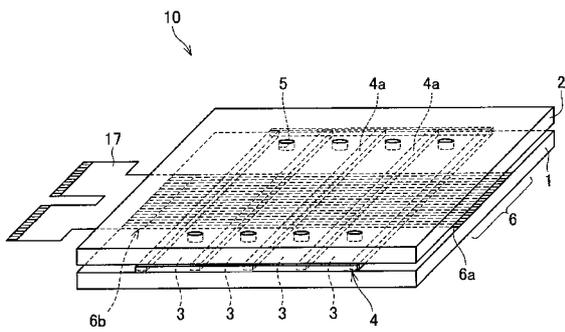
【符号の説明】

【 0 2 4 9 】

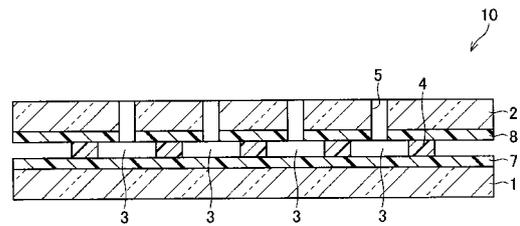
1	下側基板 (基板)	
2	上側基板 (基板)	
3	泳動レーン	30
4	泳動レーン壁	
4 a	隔壁	
4 b	開口部	
4 c	泳動レーン壁延設部	
5	注入・排出孔 (注入口)	
6	泳動電極アレイ (電極列)	
6 a	泳動電極 (電極)	
6 a ₁	透明電極	
6 a ₂	金属電極	
6 b	実装・接続部	40
7	下面保護膜 (保護膜)	
8	上面保護膜 (保護膜)	
9	観察領域	
10	誘電泳動パネル (誘電泳動チップ)	
17	F P C	
21	泳動レーン壁	
22	間隙部	
31	注入・排出口 (注入口)	
50	制御基板 (制御部)	
60	D C 電源	50

- 6 1 AC - DCコンバータ
- 7 0 誘電泳動装置
- 8 0 撮像系
- 8 5 誘電泳動システム
- P 1 電極部
- P 2 電極部
- P 3 電極部

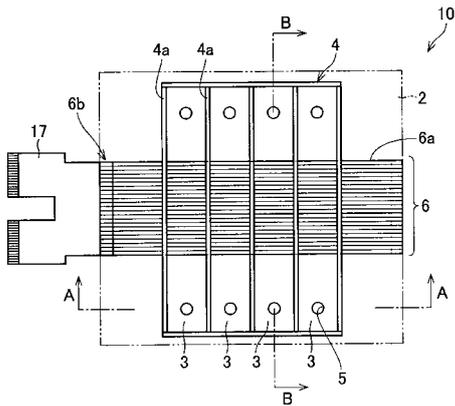
【 図 1 】



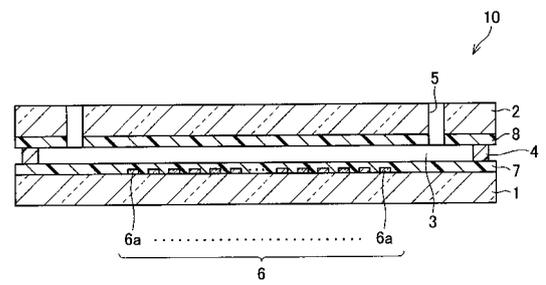
【 図 3 】



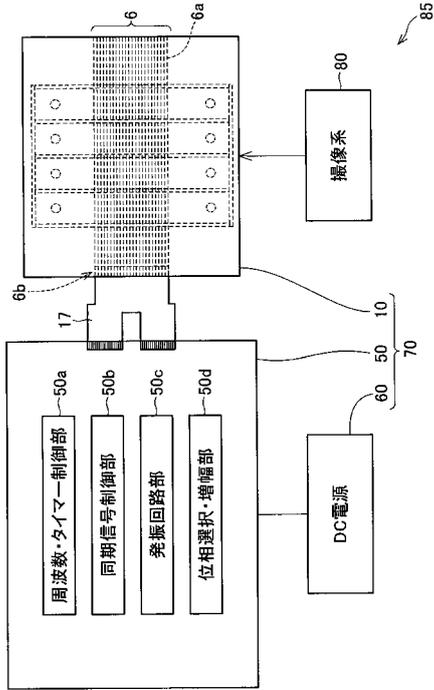
【 図 2 】



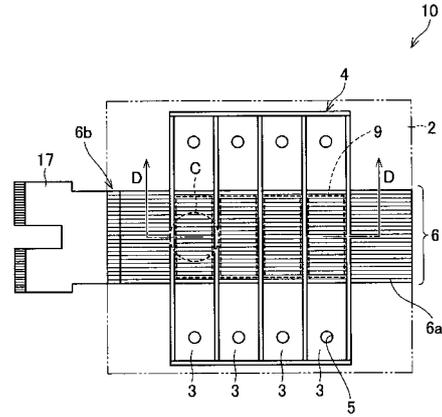
【 図 4 】



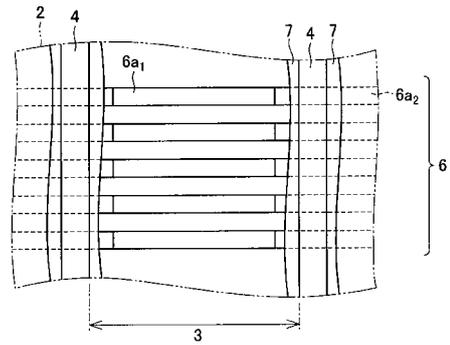
【図5】



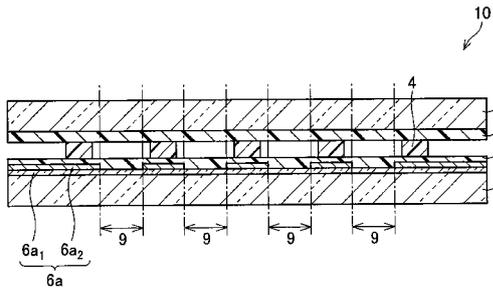
【図6】



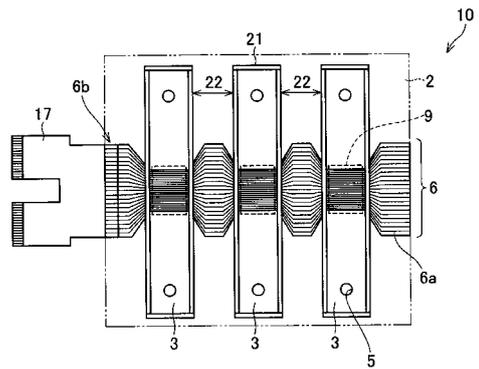
【図7】



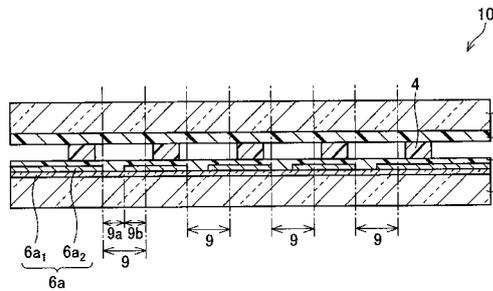
【図8】



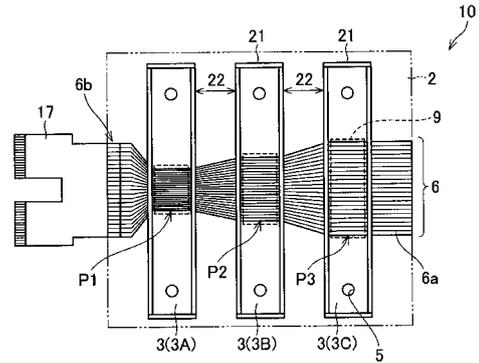
【図10】



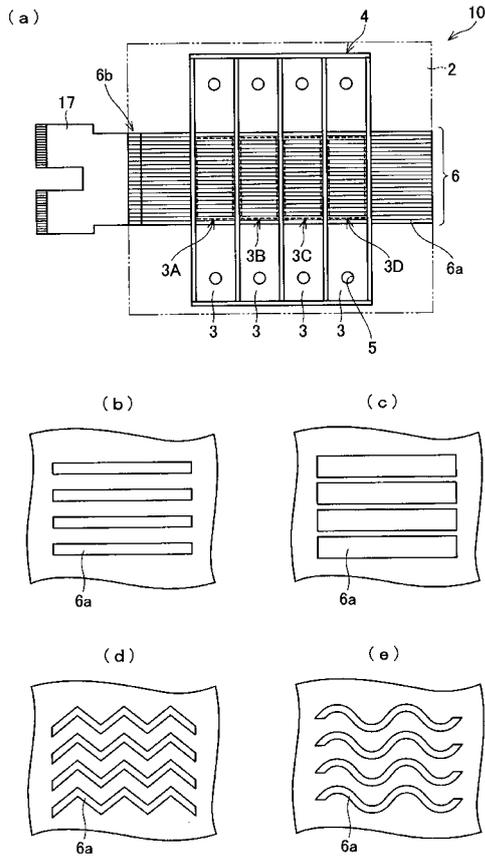
【図9】



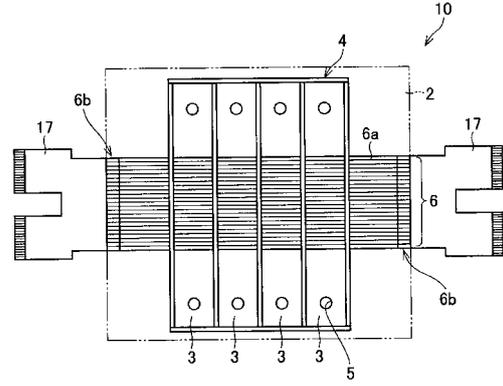
【図11】



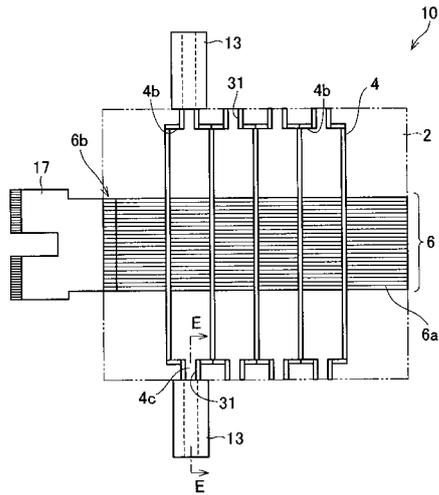
【 図 1 2 】



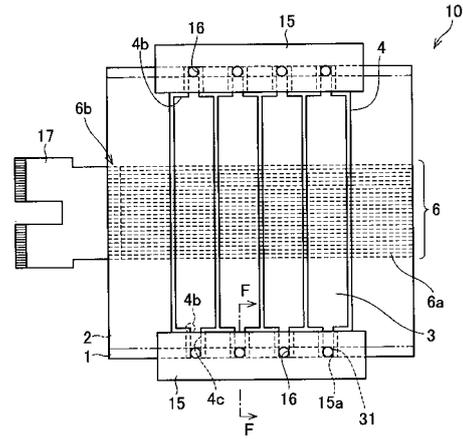
【 図 1 3 】



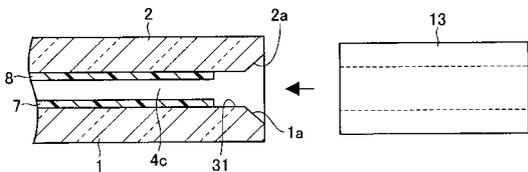
【 図 1 4 】



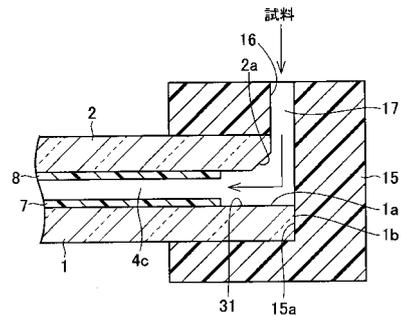
【 図 1 6 】



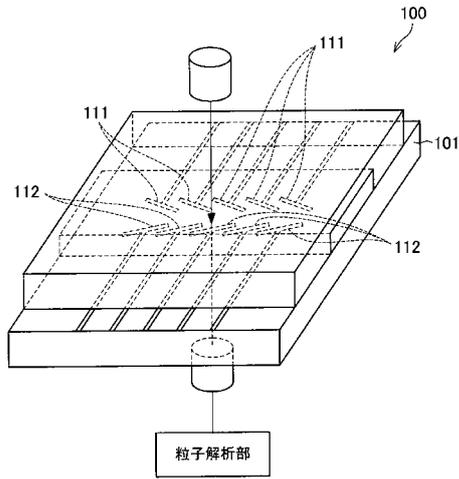
【 図 1 5 】



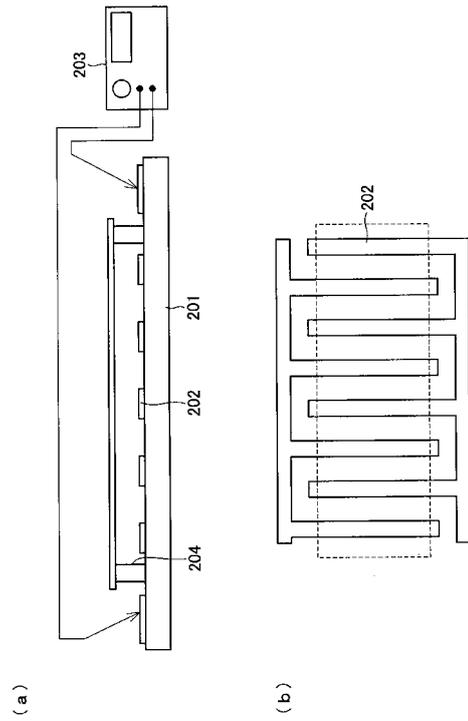
【 図 1 7 】



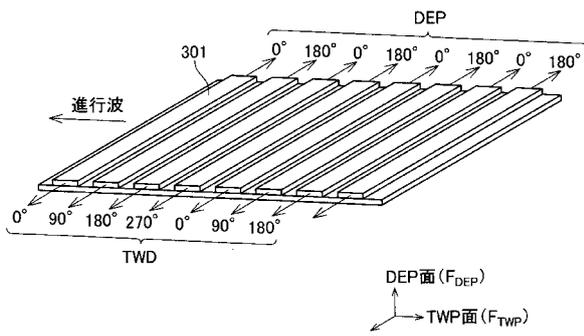
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 和泉 良弘

大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

(72)発明者 藤本 正之

静岡県浜松市佐鳴台2-4-29

Fターム(参考) 2G058 DA07 EA14 GA06

4D054 FA10 FB01 FB09