

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5750661号  
(P5750661)

(45) 発行日 平成27年7月22日 (2015. 7. 22)

(24) 登録日 平成27年5月29日 (2015. 5. 29)

(51) Int. Cl.		F I			
C 1 2 M	1/34	(2006. 01)	C 1 2 M	1/34	A
C 1 2 M	1/42	(2006. 01)	C 1 2 M	1/42	
G O 1 N	27/02	(2006. 01)	G O 1 N	27/02	D

請求項の数 24 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2010-10945 (P2010-10945)	(73) 特許権者	599016431
(22) 出願日	平成22年1月21日 (2010. 1. 21)		学校法人 芝浦工業大学
(65) 公開番号	特開2010-187664 (P2010-187664A)		東京都江東区豊洲3丁目7番5号
(43) 公開日	平成22年9月2日 (2010. 9. 2)	(73) 特許権者	305027401
審査請求日	平成25年1月17日 (2013. 1. 17)		公立大学法人首都大学東京
(31) 優先権主張番号	特願2009-13112 (P2009-13112)		東京都新宿区西新宿二丁目3番1号
(32) 優先日	平成21年1月23日 (2009. 1. 23)	(73) 特許権者	505374783
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
			茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1
		(74) 代理人	100110434
			弁理士 佐藤 勝
		(72) 発明者	西川 宏之
			東京都江東区豊洲3-7-5 学校法人芝浦工業大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元誘電泳動デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、  
前記基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、  
感光性レジスト材料からなる絶縁薄膜を成膜後、ビーム微細加工法による露光、現像を経て前記基板上の前記流路中途に複数立設され、周面に複数の突起部を備えた突出部材と、  
を備え、  
前記突出部材は前記電極間で発生した電界を不均一化させることにより、前記流路を介して流入した前記微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 2】

前記ビーム微細加工法は集束プロトンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項1記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 3】

前記ビーム微細加工法は分子イオンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項1記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 4】

前記突出部材は所定のアスペクト比を持って形成されたピラー形状であると共に、前記基板上に所定の間隔毎に立設されることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の三

次元誘電泳動デバイス。

【請求項 5】

前記突出部材は周面に突条部を備えることを特徴とする請求項 4 記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 6】

前記突出部材は四角柱形状であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 7】

前記微小誘電体は細菌であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

10

【請求項 8】

所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、  
前記基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、  
感光性レジスト材料からなる絶縁薄膜を成膜後、ビーム微細加工法による露光、現像を経て前記基板上の前記流路中途に所定のアスペクト比を持って形成され、周面に複数の突起部を有し、所定の間隔毎に立設された複数のピラー形状部材と、

を備え、

前記ピラー形状部材は前記電極間で発生した電界を不均一化させることにより、前記流路を介して流入した前記微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする三次元誘電泳動デバイス。

20

【請求項 9】

前記ビーム微細加工法は集束プロトンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 8 記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 10】

前記ピラー形状部材は分子イオンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 8 記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 11】

前記ピラー形状部材は周面に突条部を備えることを特徴とする請求項 8 乃至 10 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 12】

前記微小誘電体は細菌であることを特徴とする請求項 8 乃至 11 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

30

【請求項 13】

所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、  
前記基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、  
前記流路形成部材の上面部と一体成型され、前記微小誘電体の前記流路からの漏洩を防止する蓋部材と、

感光性レジスト材料からなる絶縁薄膜を成膜後、ビーム微細加工法による露光、現像を経て前記基板上の前記流路中途に複数立設され、周面に複数の突起部を備えた突出部材と、

を備え、

前記突出部材は前記電極間で発生した電界を不均一化させることにより、前記流路を介して流入した前記微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする三次元誘電泳動デバイス。

40

【請求項 14】

前記ビーム微細加工法は集束プロトンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 14 記載の三次元誘電泳動デバイス。

【請求項 15】

前記ビーム微細加工法は分子イオンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 14 記載の三次元誘電泳動デバイス。

50

## 【請求項 16】

前記突出部材は所定のアスペクト比を持って形成されたピラー形状であると共に、前記基板上に所定の間隔毎に立設されることを特徴とする請求項 13 乃至 15 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 17】

前記突出部材は周面に突条部を備えることを特徴とする請求項 16 記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 18】

前記突出部材は四角柱形状であることを特徴とする請求項 13 乃至 15 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

10

## 【請求項 19】

前記微小誘電体は細菌であることを特徴とする請求項 13 乃至 18 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 20】

所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、  
前記基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、  
前記流路形成部材の上面部と一体成型され、前記微小誘電体の前記流路からの漏洩を防止する蓋部材と、

感光性レジスト材料からなる絶縁薄膜を成膜後、ビーム微細加工法による露光、現像を経て前記基板上の前記流路中途に所定のアスペクト比を持って形成され、周面に複数の突起部を有し、所定の間隔毎に立設された複数のピラー形状部材と、

20

を備え、

前記ピラー形状部材は前記電極間で発生した電界を不均一化させることにより、前記流路を介して流入した前記微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 21】

前記ビーム微細加工法は集束プロトンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 20 記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 22】

前記ビーム微細加工法は分子イオンビーム微細加工法であることを特徴とする請求項 20 記載の三次元誘電泳動デバイス。

30

## 【請求項 23】

前記ピラー形状部材は周面に突条部を備えることを特徴とする請求項 20 乃至 22 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【請求項 24】

前記微小誘電体は細菌であることを特徴とする請求項 20 乃至 23 の何れかに記載の三次元誘電泳動デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

40

本発明は、電極間の電界不均一性に基づいて発生した誘電泳動力により微小誘電体を濃縮する誘電泳動デバイスにおいて、特に電界不均一性を誘起する三次元構造体を導入した三次元誘電泳動デバイスに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、食品に対する安全面・衛生面に対する要求が高まるにつれ、一連の製造工程を経て製造された食品を検査する従来の品質安全管理方式から、食品の製造工程全体の流れの中で重要な管理ポイントを設定し、当該管理ポイントを重点的に管理するシステムである、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) 方式への移行が進められている。

50

## 【 0 0 0 3 】

H A C C P方式によれば、食品の製造工程における各管理ポイント単位で安全面・衛生面にかかる検査を実施する。したがって、例えば、製造工程の第1工程において、病原性大腸菌やサルモレラ菌といった食中毒の原因となる細菌等が混入したとしても、第1工程終了後に管理ポイントを設定しておくことで、当該細菌の混入を早期に発見することが可能であると共に、当該細菌の混入で下流の製造工程が汚染されることを未然に防止することができる。

## 【 0 0 0 4 】

このようなH A C C P方式では、各管理ポイントでの検査・処理回数が飛躍的に増加するため、高速で、且つ、高効率で低コストな細菌の菌体数計測システムが必要とされる。これまでに知られている菌体数計測装置としては、例えば、蛍光染色した細菌の菌体数を計測するフローサイトメトリー法を用い、当該菌体数を計測するための全工程をM E M S (Micro Electro Mechanical System) 技術で形成した微細流路の計測部を備えた自動計測装置が知られている。

10

## 【 0 0 0 5 】

ところで、誘電泳動 (D E P : Dielectrophoresis) とは、空間に高周波数帯域の交流電圧を印加することによって生じる不均一電界中での分極可能な物質または物体の移動である。周知の電気泳動の現象とは異なり、誘電泳動力はクーロン力からの寄与を受けないことから、電荷を帯びない物質または物体の濃縮やマニピュレーションに対しても適用することができる。そして、誘電泳動を利用した力は電界の不均一性と、電界によって誘導された分離対象微小誘電体内での電荷の再分布との間によって生じる。

20

## 【 0 0 0 6 】

このような誘電泳動力を微小誘電体としての細菌を濃縮する駆動力として適用した二次元誘電泳動デバイスは周知の技術であり (例えば、特許文献1参照)、当該二次元誘電泳動デバイスを上記菌体数計測装置に適用した菌体数計測システムも実用化されている。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

【 特許文献1 】 特開 2 0 0 8 - 5 4 5 1 1 号公報

## 【 発明の概要 】

30

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来の二次元誘電泳動デバイスにおいては、微小二次元平面に配置された電極間の電界不均一性に基づく誘電泳動力により、細菌を濃縮するものである。したがって、例えば、当該微小二次元平面において細菌の濃縮が進行しない領域が存在する場合、満足いく細菌の濃縮効果が得られないといった問題があった。

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、本発明の課題は、従来の二次元誘電泳動デバイスと比較して、細菌の濃縮効果を高めることが可能な誘電泳動デバイスを提供することである。

40

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

本願発明者らは、上記問題を解決するために鋭意研究を行った結果、ミクロンからサブミクロンサイズに集束したプロトンビームによる集束プロトンビーム微細加工法、又は分子イオンビーム微細加工法を用いて、微小二次元平面上に電界不均一性を誘発する三次元構造体を導入することにより、細菌の濃縮効果を高めることが可能であることを見出し本発明の完成に至った。

## 【 0 0 1 1 】

すなわち、本願の第1の発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成

50

する流路形成部材と、基板上の流路中途に立設された複数の突出部材と、を備え、突出部材は電極間で発生した電界を不均一化させることにより、流路を介して流入した微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする。

【0012】

第1の発明では、上記三次元誘電泳動デバイスは、基板上の流路中途に立設された複数の突出部材を備える。したがって、微小誘電体に対する突出部材の高さ方向への実効的な濃縮面積を増加させることができると共に、突出部材により不均一化された電界に起因する実効的な濃縮体積を増加させることができる。

【0013】

第2の発明は、第1の発明において、突出部材は集束プロトンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

10

【0014】

第2の発明では、上記突出部材は、集束プロトンビーム微細加工法により形成される。集束プロトンビームは、同じ侵入深さの電子線に比べて横方向散乱が少ない、任意の描画パターンを直接描画可能、イオンの侵入深さを加速エネルギーにより制御可能という特徴を有し、X線やEUV線等で不可欠なマスクを必要とせず、低コスト、且つ、連続的に自由度の高い微細加工を行うことができる。したがって、集束プロトンビーム微細加工法により突出部材を形成することで、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【0015】

20

第3の発明は、第1の発明において、突出部材は分子イオンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

【0016】

第3の発明では、上記突出部材は、分子イオンビーム微細加工法により形成される。例えば、水素分子イオン( $H_2^+$ )、プロトン化水素分子( $H_3^+$ )等の分子イオンを分子イオンビームとして用いると、照射表面において、照射された分子がそれぞれ2個、若しくは3個のプロトン( $H^+$ )に解離し、その加速エネルギーはそれぞれ1/2、若しくは1/3に分割される。すなわち、分子イオンビームによれば、一度の照射動作に伴い、集束プロトンビームの加速エネルギーを1/2、若しくは1/3に変更して照射した場合と同様な効果を得ることができ、イオン加速器の加速電圧を変更することなく、異なる加工深さの構造物を迅速に形成することができる。また、分子イオンビームは、集束プロトンビームと同様に、任意の描画パターンを直接描画可能、イオンの侵入深さを加速エネルギーにより制御可能という特徴を有し、X線やEUV線等で不可欠なマスクを必要とせず、低コスト、且つ、連続的に自由度の高い微細加工を行うことができる。したがって、分子イオンビーム微細加工法により突出部材を形成することで、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

30

【0017】

第4の発明は、第1乃至第3の何れかの発明において、突出部材はピラー形状であることを特徴とする。

【0018】

40

第4の発明では、上記突出部材はピラー形状であり、所定のアスペクト比を持って形成され、これらの突出部材は所定の間隔毎に基板上に立設されている。このような構成とすることで、基板面に対して平行方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

【0019】

第5の発明は、第4の発明において、突出部材は周面に突条部を備えることを特徴とする。また、第6の発明は、第4の発明において、突出部材は周面に突起部を備えることを特徴とする。

【0020】

第5の発明では、上記突出部材は周面に突条部を備える。また、第6の発明では、上記突出部材は周面に突起部を備える。このような構成とすることにより、第4の発明にお

50

る効果に加え、突出部材の表面に形成された突条部は、突出部材の実効的な密度（表面積）を上げることができる。又、突起部によって基板面に対して垂直方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

【0021】

第7の発明は、第1乃至第3の何れかの発明において、突出部材は四角柱形状であることを特徴とする。

【0022】

第7の発明では、上記突出部材は四角柱形状であり、これらの突出部材は所定の間隔毎に基板の上に立設されている。このような構成とすることにより、基板面に対して平行方向、又は垂直方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

10

【0023】

第8の発明は、第1乃至第7の何れかの発明において、微小誘電体は細菌であることを特徴とする。

【0024】

第8の発明では、上記微小誘電体は細菌であるため、例えば、病原性大腸菌やサルモネラ菌といった食中毒の原因となる細菌等を特異的に濃縮することができる。

【0025】

第9の発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、基板上の流路中途に所定のアスペクト比を持って形成され、所定の間隔毎に立設された複数のピラー形状部材と、を備え、ピラー形状部材は電極間で発生した電界を不均一化させることにより、流路を介して流入した微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする。

20

【0026】

第9の発明では、上記三次元誘電泳動デバイスは、基板上の流路中途に所定のアスペクト比を持って形成され、所定の間隔毎に立設された複数のピラー形状部材を備える。このような構成とすることで、基板面に対して平行方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。その結果、微小誘電体に対するピラー形状部材の高さ方向への実効的な濃縮面積を増加させることができると共に、ピラー形状部材により不均一化された電界に起因する実効的な濃縮体積を増加させることができる。

【0027】

第10の発明は、第9の発明において、ピラー形状部材は集束プロトンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

30

【0028】

第10の発明では、上記ピラー形状部材は、集束プロトンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【0029】

第11の発明は、第9の発明において、ピラー形状部材は分子イオンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

【0030】

第11の発明では、上記ピラー形状部材は、分子イオンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

40

【0031】

第12の発明は、第9乃至第11の何れかの発明において、ピラー形状部材は周面に突条部を備えることを特徴とする。また、第13の発明は、第9乃至第11の何れかの発明において、ピラー形状部材は周面に突起部を備えることを特徴とする。

【0032】

第12の発明では、上記ピラー形状部材は周面に突条部を備える。また、第13の発明では、上記ピラー形状部材は周面に突起部を備える。このような構成とすることにより、第9乃至第11の何れかの発明における効果に加え、ピラー形状部材の表面に形成された突条部は、ピラー形状部材の実効的な密度（表面積）を上げることができる。又、突起部

50

によって基板面に対して垂直方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

【 0 0 3 3 】

第 1 4 の発明は、第 9 乃至第 1 3 の何れかの発明において、微小誘電体は細菌であることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

第 1 4 の発明では、上記微小誘電体は細菌であるため、例えば、病原性大腸菌やサルモネラ菌といった食中毒の原因となる細菌等を特異的に濃縮することができる。

【 0 0 3 5 】

第 1 5 の発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、流路形成部材の上面部と一体成型され、微小誘電体の流路からの漏洩を防止する蓋部材と、基板上の流路中途に立設された複数の突出部材と、を備え、突出部材は電極間で発生した電界を不均一化させることにより、流路を介して流入した微小誘電体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする。

10

【 0 0 3 6 】

第 1 5 の発明では、上記三次元誘電泳動デバイスは、基板中の流路中途に立設された複数の突出部材を備える。したがって、微小誘電体に対する突出部材の高さ方向への実効的な濃縮面積を増加させることができると共に、突出部材により不均一化された電界に起因する実効的な濃縮体積を増加させることができる。また、上記三次元誘電泳動デバイスは流路形成部材の上面部と一体成型された蓋部材を備えるため、微小誘電体の流路からの漏洩を防止すると共に、菌体数計測装置の計測部に脱着可能な計測ユニットとして適用することができる。

20

【 0 0 3 7 】

第 1 6 の発明は、第 1 5 の発明において、突出部材は集束プロトンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

第 1 6 の発明では、上記突出部材は、集束プロトンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【 0 0 3 9 】

第 1 7 の発明は、第 1 5 の発明において、突出部材は分子イオンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

30

【 0 0 4 0 】

第 1 7 の発明では、上記突出部材は、分子イオンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【 0 0 4 1 】

第 1 8 の発明は、第 1 5 乃至第 1 7 の何れかの発明において、突出部材はピラー形状であることを特徴とする。

【 0 0 4 2 】

第 1 8 の発明では、上記突出部材はピラー形状であり、所定のアスペクト比を持って形成され、これらの突出部材は所定の間隔毎に基板上に立設されている。このような構成とすることで、基板面に対して平行方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

40

【 0 0 4 3 】

第 1 9 の発明は、第 1 8 の発明において、突出部材は周面に突条部を備えることを特徴とする。また、第 2 0 の発明は、第 1 8 の発明において、突出部材は周面に突起部を備えることを特徴とする。

【 0 0 4 4 】

第 1 9 の発明では、上記突出部材は周面に突条部を備える。また、第 2 0 の発明では、上記突出部材は周面に突起部を備える。このような構成とすることにより、第 1 8 の発明における効果に加え、突出部材の表面に形成された突条部は、突出部材の実効的な密度（表面積）を上げることができる。又、突起部によって基板面に対して垂直方向の誘電泳動

50

力を効果的に誘起させることができる。

【0045】

第21の発明は、第15乃至第17の何れかの発明において、突出部材は四角柱形状であることを特徴とする。

【0046】

第21の発明では、上記突出部材は四角柱形状であり、これらの突出部材は所定の間隔毎に基板上に立設されている。このような構成とすることにより、基板面に対して平行方向、又は垂直方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

【0047】

第22の発明は、第15乃至第21の何れかの発明において、微小誘電体は細菌である

10

ことを特徴とする。

【0048】

第22の発明では、上記微小誘電体は細菌であるため、例えば、病原性大腸菌やサルモ

ネラ菌といった食中毒の原因となる細菌等を特異的に濃縮することができる。

【0049】

第23の発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、所定のギャップ幅を有する電極が形成された基板と、基板上に形成され、導入された微小誘電体の流路を形成する流路形成部材と、流路形成部材の上面部と一体成型され、微小誘電体の流路からの漏洩を防止する蓋部材と、基板上の流路中途に立設された複数のピラー形状部材と、を備え、ピラー形状部材は電極間で発生した電界を不均一化させることにより、流路を介して流入した微小誘電

20

体に誘電泳動力を発生させることを特徴とする。

【0050】

第23の発明では、上記三次元誘電泳動デバイスは、基板上の流路中途に所定のアスペクト比を持って形成され、所定の間隔毎に立設された複数のピラー形状部材を備える。このような構成とすることで、基板面に対して平行方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。その結果、微小誘電体に対するピラー形状部材の高さ方向への実効的な濃縮面積を増加させることができると共に、ピラー形状部材により不均一化された電界に起因する実効的な濃縮体積を増加させることができる。また、上記三次元誘電泳動デバイスは流路形成部材の上面部と一体成型された蓋部材を備えるため、微小誘電体の流路からの漏洩を防止すると共に、菌体数計測装置の計測部に脱着可能な計測ユニットとして適用

30

することができる。

【0051】

第24の発明は、第23の発明において、ピラー形状部材は集束プロトンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

【0052】

第24の発明では、上記ピラー形状部材は、集束プロトンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【0053】

第25の発明は、第23の発明において、ピラー形状部材は分子イオンビーム微細加工法により形成されることを特徴とする。

40

【0054】

第25の発明では、上記ピラー形状部材は、分子イオンビーム微細加工法により形成されるため、微小誘電体の濃縮効果を効果的に高めることが可能となる。

【0055】

第26の発明は、第23乃至第25の何れかの発明において、ピラー形状部材は周面に突条部を備えることを特徴とする。また、第27の発明は、第23乃至第25の何れかの発明において、ピラー形状部材は周面に突起部を備えることを特徴とする。

【0056】

第26の発明では、上記ピラー形状部材は周面に突条部を備える。また、第27の発明では、上記ピラー形状部材は周面に突起部を備える。このような構成とすることにより、

50



第 23 乃至第 25 の何れかの発明における効果に加え、ピラー形状部材の表面に形成された突条部は、ピラー形状部材の実効的な密度（表面積）を上げることができる。又、突起部によって基板面に対して垂直方向の誘電泳動力を効果的に誘起させることができる。

【0057】

第 28 の発明は、第 23 乃至第 27 の何れかの発明において、微小誘電体は細菌であることを特徴とする。

【0058】

第 28 の発明では、上記微小誘電体は細菌であるため、例えば、病原性大腸菌やサルモネラ菌といった食中毒の原因となる細菌等を特異的に濃縮することができる。

【発明の効果】

10

【0059】

本発明によれば、従来の二次元誘電泳動デバイスと比較して、細菌の濃縮効果を高めることが可能な誘電泳動デバイスを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】三次元誘電泳動デバイスの一例を説明するための上面図である。

【図 2】細菌濃縮機構を構成する突出部材の周縁部を説明するための部分拡大図である。

【図 3】ピラーアレイの形成方法を説明する図である。

【図 4 - A】形成したピラーアレイの SEM 像である。

【図 4 - B】形成したピラーアレイの SEM 像である。

20

【図 5】三次元誘電泳動デバイスによる大腸菌の濃縮効果を検討するための実験系を説明する図である。

【図 6】異なる条件下で形成したピラーアレイを適用した三次元誘電泳動デバイスによる大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化を示したものである。

【図 7 - A】突出部材の形状を説明する図である。

【図 7 - B】突出部材の形状を説明する図である。

【図 8 - A】突条部を設けたギア形状の突出部材の SEM 像である。

【図 8 - B】四角形の突出部材の SEM 像である。

【図 8 - C】ひし形の突出部材の SEM 像である。

【図 9】三次元誘電泳動デバイスの一例を説明するための上面図である。

30

【図 10】細菌濃縮機構を構成する突出部材の周縁部を説明するための部分拡大図である。

【図 11】三次元誘電泳動デバイスの一例を説明するための断面図である。

【図 12】分子イオンビーム微細加工法を説明する図である。

【図 13 - A】形成したアレイの SEM 像である。

【図 13 - B】形成したアレイの SEM 像である。

【図 13 - C】形成したアレイの SEM 像である。

【図 14】異なる条件下で形成したアレイを適用した三次元誘電泳動デバイスによる大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化を示したものである。

【図 15】大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化実験に用いたアレイの SEM 像である

40

【図 16】大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化実験に用いたアレイの SEM 像である。

【発明を実施するための形態】

【0061】

本発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、細菌を基板上で濃縮するための装置であって、細菌が濃縮される場である細菌濃縮空間と、当該空間に細菌を濃縮させる細菌濃縮機構と、を備える。当該空間と外部空間とを連通させる流路が形成されており、この流路を通じて細菌の懸濁液、培養液、又は洗浄液等を、例えば、ペリスタポンプ等を用いて細菌濃縮空間に導入、又は排出させることができる。

50

## 【0062】

そして、この流路中途には細菌濃縮機構が形成され、本発明においては、誘電泳動力をその駆動力として用いることが特徴となっている。誘電泳動は、空間に高周波数帯域の交流電圧を印加することによって生じる不均一電界中での分極可能な物質または物体の移動である。周知の電気泳動の現象とは異なり、誘電泳動力はクーロン力からの寄与を受けないことから、電荷を帯びない物質または物体の濃縮やマニピュレーションに対しても適用することができる。そして、誘電泳動を利用した力は電界の不均一性と、電界によって誘導された分離対象微小誘電体（濃縮対象微小誘電体）内での電荷の再分布との間によって生じる。ここで、不均一電場中における電極と微小誘電体との関係を考慮した場合、微小誘電体の性質に関連して2種類の誘電泳動力の発生が考えられる。例えば、微小誘電体が溶媒等の周囲環境よりも分極されやすい場合、微小誘電体がより高電場の領域に引っ張られる誘電泳動力（正の誘電泳動力：ポジティブDEP）が観察される。一方、微小誘電体が周囲環境よりも分極されにくい場合、微小誘電体がより弱い電場領域に向かって押される誘電泳動力（負の誘電泳動力：ネガティブDEP）がそれぞれ観察される。本発明の三次元誘電泳動デバイスでは、その分離対象微小誘電体に応じてポジティブDEP又はネガティブDEPを適宜用いる。

10

## 【0063】

本発明の三次元誘電泳動デバイスにおいては、基板上の流路中途に立設された複数の突出部材を備えており、突出部材は電極間で発生した電界を不均一化させることにより、流路を介して流入した細菌、又は溶剤に誘電泳動力を発生させることで、細菌の濃縮効果を高めることを特徴としている。

20

## 【0064】

そして、当該突出部材は、集束プロトンビーム微細加工法により形成される。集束プロトンビームは、同じ侵入深さの電子線に比べて横方向散乱が少ない、任意の描画パターンを直接描画可能、イオンの侵入深さを加速エネルギーにより制御可能という特徴を有し、X線やEUV線等では不可欠なマスクを必要とせず、低コスト、且つ、連続的に自由度の高い微細加工を行うことができる。

## 【0065】

また、当該突出部材は、分子イオンビーム微細加工法により形成される。分子イオンビームとして、例えば、水素分子イオン（ $H_2^+$ ）、プロトン化水素分子（ $H_3^+$ ）等の分子イオンを分子イオンビームとして用いると、照射表面において、照射された分子がそれぞれ2個、若しくは3個のプロトン（ $H^+$ ）に解離し、その加速エネルギーはそれぞれ1/2、若しくは1/3に分割される。すなわち、分子イオンビームによれば、一度の照射動作に伴い、集束プロトンビームの加速エネルギーを1/2、若しくは1/3に変更して照射した場合と同様な効果を得ることができ、イオン加速器の加速電圧を変更することなく、異なる加工深さの構造物を迅速に形成することができる。また、分子イオンビームは、集束プロトンビームと同様に、任意の描画パターンを直接描画可能、イオンの侵入深さを加速エネルギーにより制御可能という特徴を有し、X線やEUV線等で不可欠なマスクを必要とせず、低コスト、且つ、連続的に自由度の高い微細加工を行うことができる。

30

## 【0066】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本発明は以下の記述に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

40

## 【0067】

[第1の実施形態]

図1は、実施の形態にかかる三次元誘電泳動デバイス1の一例を説明するための上面図であり、図2は、細菌濃縮機構を構成する突出部材の周縁部を説明するための部分拡大図である。

## 【0068】

三次元誘電泳動デバイス1は、基板10と、細菌濃縮機構を構成する電極素子20、及

50

び突出部材 30 と、を備え、当該三次元誘電泳動デバイス 1 はアクリル製のセルホルダー CH にセットされ使用される。また、三次元誘電泳動デバイス 1 には、キャピラリー 40, 41、及び電気導線 50, 51 が接続されている。

#### 【0069】

基板 10 としては、例えば、ガラス、シリコン、石英、またはケイ素をベースとする材料、プラスチック類、又はポリマー等の絶縁性の固体基板を基材として用いることができる。そして、基材の表面改質としては、例えば、酸、プラズマ、オゾン、有機系溶剤、水系溶剤、界面活性剤等から選択されるものを用いる工程が挙げられる。

#### 【0070】

電極素子 20 は、各々電気導線 50, 51 に電氣的に結合されており、図示せぬ交流電源装置から一定の電気シグナルが印加される。電極素子 20 としては、望ましくは金属で構成され、例えば、金、白金、クロム、チタニウム等を用いることができる。そして、電極素子 20 はスパッタリング法、蒸着法、メッキ法のいずれかの方法により基板 10 上に形成することが可能であるが、例えば、フォトリソグラフィ法、リフトオフ法等の一般的に電極を形成させるのに使用される他の方法を使用して形成することも可能である。なお、図 1 に示すように、平板電極として基板 10 上に配置する場合には、電極素子 20 同士が流路内において独立して存在していれば良く、金属等の導電性物質を基板 10 上にコートした後にレジスト等の絶縁薄膜で周囲を区切ること、目的の形状の電極素子 20 を露出させる形態としても構わない。なお、図 2 に示すように、本実施の形態においては、一定幅の電極ギャップ 60 が形成されるように、金を基板 10 上にコートした後に集束プロトンビーム微細加工法で当該電極素子 20 を露出させる形態としている。

#### 【0071】

突出部材 30 は、電極素子 20 としての金電極がコートされた基板 10 上に感光性レジスト材料を成膜後、集束プロトンビーム微細加工法、若しくは分子イオンビーム微細加工法により形成される。本実施の形態においては、レジスト材料として、プロトンビーム、若しくは分子イオンビームにより露光された部分が硬化して残存するネガ型の感光性レジスト材料が用いられる。中でも、化学増幅型のレジスト材料（例えば、化薬マイクロケム社製「SU-8」）を用いることで、微細かつ高アスペクト比の突出部材 30 を形成することができる。

#### 【0072】

キャピラリー 40, 41 としては、例えば、ゴム、テフロン（登録商標）等の材質を用いることができ、細菌濃縮空間と外部空間とを連通させる流路に対して細菌の懸濁液、培養液、又は洗浄液等を導入、又は排出させる。

#### 【0073】

電気導線 50, 51 は、電極素子 20 と図示せぬ交流電源装置とを接続するための導線であり、交流電源装置から出力された一定の電気シグナルを電極素子 20 に印加する。

#### 【0074】

次に、図 3 を参照して、集束プロトンビーム微細加工法による突出部材 30 としてのピラーが形成されたアレイの形成方法について説明する。まず、図 3 (a) において、シリコン (Si) ウエハに  $O_2$  プラズマ表面改質を施した  $SiO_2$  の基板 10 上に、電極ギャップ長が  $200 \mu m$  となるように、Cu ワイヤーマスクでマスクし、金の蒸着を行うことで電極素子 20 を形成した。

#### 【0075】

そして、基板 10 上に感光性レジスト材料としての SU-8 を所定量滴下し、 $2000 \text{ rpm}$  でスピンコート後、 $65 \times 1$  分でソフトベーク、 $95 \times 3$  分でプリベイクを行い、膜厚  $15 \mu m$  の SU-8 薄膜層 70 を得た（図 3 (b)）。

#### 【0076】

次に、図 3 (c) において、 $200 \text{ nm}$  の最小ビームサイズの集束プロトンビームを照射することで、SU-8 薄膜層 70 を突出部材 30 のパターンに応じて露光した。本実施の形態においては、突出部材 30 の形状は所定のアスペクト比を有するピラー形状とした

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 7 】

最後に、現像液（化薬マイクロケム社製「SU-8 developer」）で3分間、攪拌浸漬することで現像した後、イソプロピルアルコールで1分間、浸漬することでリンスして突出部材30としてのピラーアレイを形成した（図3（d））。

## 【 0 0 7 8 】

図3で説明した形成方法に従って形成したピラーアレイの一例を図4 - A、図4 - Bに示す。図4 - Aは、アスペクト比12.4、8 $\mu\text{m}$ のピッチで形成したピラーアレイのSEM像（1400 $\times$ 1400 $\mu\text{m}^2$ ）であり、図4 - Bは、アスペクト比12.7、12 $\mu\text{m}$ のピッチで形成したピラーアレイのSEM像（1400 $\times$ 1400 $\mu\text{m}^2$ ）である。図4 - A、図4 - Bに示すように、集束プロトンビーム微細加工法におけるプロトタイピングを活かし、アスペクト比、及び垂直性の高いピラーアレイを形成することが可能であった。

10

## 【 0 0 7 9 】

なお、図3で説明した形成方法に従って、本実施の形態で形成可能なピラーアレイのピラー高さ、及びピラーピッチの検討を行ったところ、ピラー高さは最大で27.4 $\mu\text{m}$ （アスペクト比20.6）のピラーアレイが形成可能であった。また、ピラーピッチは5 $\mu\text{m}$ よりも広いピラーピッチでのピラーアレイの形成が可能であった。なお、本実施の形態においては、最大でアスペクト比20.6のピラーアレイを形成したが、本実施の形態にかかるピラーアレイのピラー高さはこれに限定されるものではない。一般的な集束プロトンビーム微細加工法（例えば、加速器電圧3MV）によれば、形成可能なピラー高さは100 $\mu\text{m}$ 以上であり、これは三次元誘電デバイスの最大流路高さ（一般に50 $\mu\text{m}$ ～100 $\mu\text{m}$ ）に対応させることが可能である。さらに、ピラーアレイのピラーピッチに関しては、濃縮対象物のサイズ（例えば、大腸菌であれば、約1 $\mu\text{m}$ ）よりも広いピラーピッチであれば特に制限されるものではない。

20

## 【 0 0 8 0 】

次に、形成したピラーアレイを適用した三次元誘電泳動デバイス1による細菌の濃縮効果について検討を行った。図5は検討に用いた実験系の概略構成図である。本実験系は、三次元誘電泳動デバイス1がセットされたセルホルダーCHの他に、細菌懸濁液を三次元誘電泳動デバイス1に導入するための、ペリスタポンプ80と、細菌懸濁液90と、交流電源装置100と、オシロスコープ110と、CCDカメラ120と、CCDカメラ120を制御するためのソフトウェアを備えたパーソナルコンピュータ130と、から構成される。

30

## 【 0 0 8 1 】

このような構成の実験系を用いて、細胞浸透性シアニン核染色剤（Invitrogen社製「SYTO9」）で核染色した大腸菌の濃縮効果について実験を行った。まず、SYTO9で大腸菌を核染色し、当該大腸菌を滅菌済みD-マンニトール溶液に混和後、遠心分離して細菌懸濁液90を調整した。

## 【 0 0 8 2 】

次に、大腸菌の菌密度をコロニーカウンタ法で測定した後、細菌懸濁液90をペリスタポンプ80で任意流速にて送液した。そして、交流電源装置100から発生した特定周波数（50kHz）の交流電圧を電極素子20を介して印加し、蛍光分析法により大腸菌の濃縮効果について検討を行った。なお、大腸菌の濃縮効果は、核染色した大腸菌が濃縮されることにより増加する蛍光強度（PL Intensity）の経時変化を指標にして評価した。

40

## 【 0 0 8 3 】

図6（a）は、15.2 $\mu\text{m}$ のピラー高さを有するピラーアレイの有り、無しに基づく大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化をプロットしたグラフである。図6（a）に示すように、ピラーアレイが無い場合、電圧印加開始から所定の経過時間までは、略一定の増加速度を持って蛍光強度は増加するが、電圧印加開始から約250秒以降になると、蛍光

50

強度の増加は律速に達し、略飽和状態となった。この蛍光強度の飽和は、本実験系（ピラーアレイ無し）における細菌濃縮許容量を表す指標と考えることができ、本実験系（ピラーアレイ無し）によれば、凡そ120～150程度の蛍光強度を示す量の大腸菌が濃縮されることになる。これに対して、ピラーアレイがある場合、蛍光強度は電圧印加開始から略一定の増加速度を持って直線的に増加し、電圧印加開始から600秒後には、凡そ300程度の蛍光強度を示す量の大腸菌を濃縮することが可能であった。これは、ピラーアレイが存在することで、ピラーの高さ方向への実効的な濃縮面積の増大、及び微小平面内における電界の歪みに起因する濃縮体積の実効体積が増大するために、濃縮速度、及び濃縮量が増加したものと考えられる。

#### 【0084】

10

図6(b)は、異なるピラーピッチで形成したピラーアレイに基づく大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化をプロットしたグラフである。本検討に用いたピラーアレイのピラーピッチは8 $\mu$ m、又は12 $\mu$ mであり、それぞれ2回実験を行った。図6(b)に示すように、2回の実験において、ピラーピッチが12 $\mu$ mのピラーアレイよりもピラーピッチが8 $\mu$ mのピラーアレイの方が、電圧印加開始からの蛍光強度の増加速度は速く、最終的に電圧印加開始から600秒後には、凡そ1000程度の蛍光強度を示す量の大腸菌を濃縮することが可能であった(8 $\mu$ m pitch\_1st)。これは、ピラーピッチがより狭くなるにつれ、微小平面内での電界の歪が生じ易くなり、濃縮の実効体積が増大したためだと考えられる。

#### 【0085】

20

図6(c)は、異なるピラー高さで形成したピラーアレイに基づく大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化をプロットしたグラフである。本検討に用いたピラーアレイのピラー高さは8.39 $\mu$ m、又は15.2 $\mu$ mである。図6(c)に示すように、例えば、凡そ200程度の蛍光強度を示す量の大腸菌を濃縮するために要する経過時間について注目すると、ピラー高さが8.39 $\mu$ mのピラーアレイが約600秒程度必要であるのに対して、ピラー高さが15.2 $\mu$ mのピラーアレイによれば、約350秒程度で濃縮することが可能であった。これは、ピラー高さがより高くなるにつれ、ピラーの高さ方向への実効的な濃縮面積が増大したためだと考えられる。

#### 【0086】

30

以上のように、本実施の形態にかかる、よりピラーピッチが狭く、且つ、高さのある高アスペクト比のピラーアレイを細菌濃縮機構に導入することで、大腸菌等に代表される細菌の濃縮効果を高めることが可能となる。

#### 【0087】

なお、本実施の形態で説明した突出部材の形状は単純なピラー形状として説明したが、本発明では、これに限定されず、より好適な形状の突出部材を適用することも無論可能である。突出部材の好適な形状として、例えば、図7-Aの側面図(a)、上面図(b)に示すようなピラー周面に突条部210を設けたギア形状の突出部材200、又は図7-Aの側面図(c)、上面図(d)に示すようなピラー周面に突起部310を設けた傘形状の突出部材300等を挙げることができる。また、図7-Bの側面図(a)、上面図(b)に示すような四角柱形状の突出部材400等も同様に挙げることができる。

40

#### 【0088】

図8-Aは、実際に集束プロトンビーム微細加工法により形成した、周面に突条部210を設けたギア形状の突出部材200のSEM像であり、図8-A(a)はその上面図、図8-A(b)はその側面図である。また、同様に、四角柱形状の突出部材400の例を示したものが図8-B(四角形)、及び図8-C(ひし形)であり、図8-B(a)、図8-C(a)はその上面図、図8-B(b)、図8-C(b)はその側面図である。

#### 【0089】

このように、集束プロトンビーム微細加工法によれば、様々な形状の突出部材の加工が可能であり、当該突出部材を上記のような構成とすることで、単純なピラー形状の突出部材では、基板面に対して平行方向にのみに作用していた誘電泳動力が、基板に対して垂直

50

方向にも作用することになり、細菌の濃縮効果をより向上させることが可能になると見込まれる。

【0090】

また、本発明では、本実施の形態で説明した三次元誘電泳動デバイス1とは異なる構造を有する三次元誘電泳動デバイス1'もその好適な一例として挙げることができる。図9は、他の好適な一例である三次元誘電泳動デバイス1'の上面図、図10は、細菌濃縮機構を構成する突出部材の周縁部を説明するための部分拡大図、図11は、三次元誘電泳動デバイス1'の断面図である。

【0091】

三次元誘電泳動デバイス1'は、UVにより露光された部分が硬化して残存するネガ型の感光性レジスト材料(例えば、SU-8-3025)により形成された流路140, 141を有する。そして、突出部材30'は当該流路中途に形成されており、三次元誘電泳動デバイス1と同様な細菌の濃縮効果を得ることができる。

10

【0092】

なお、基板10'に蒸着することで形成された電極素子20'は流路内においてそれぞれ独立して存在しており、金属等の導電性物質を基板10'上にコートした後にSU-8薄膜層70'で周囲を区切ることで、目的の形状の電極素子20'を露出させている。

【0093】

さらに、三次元誘電泳動デバイス1'は、図10に示すように、SU-8薄膜層70'と一体形成された、例えば、PET等のポリマー製の蓋部材150を備えるため、細菌の流路からの漏洩を防止すると共に、菌体数計測装置の計測部に脱着可能な計測ユニットとして適用することができる。

20

【0094】

このような構成を備える三次元誘電泳動デバイス1'の作成方法について簡単に説明する。まず、SiO<sub>2</sub>基板上にOFPR-5000を成膜後、電極素子パターンをUV露光する。次に、金を蒸着することで電極素子20'を形成する。

【0095】

次に、OFPR-5000をリフトオフ後、SU-8-3025を成膜し、UV照射することで流路パターンを形成する。次いで、SU-8-3025を現像し、細菌濃縮空間としてのディフューザー部分にSU-8-2015を成膜する。そして、集束プロトンビームを照射することにより突出部材30'に相当するパターンを露光後、現像し、最後にPETでSU-8薄膜層70'を封止することで三次元誘電泳動デバイス1'を作成する。

30

【0096】

[第2の実施形態]

次に、第2の実施形態として、分子イオンビーム微細加工法により突出部材が形成されたアレイを適用した三次元誘電泳動デバイスについて説明する。なお、本実施形態にかかる三次元誘電泳動デバイスは、第1の実施形態で説明した方法と略同様に作成することができる。したがって、本実施の形態の説明においては、主に分子イオンビーム微細加工法による突出部材の形成方法について説明する。

40

【0097】

図12に示すように、分子イオンビーム微細加工法は、異なる分子イオン種、すなわち、同じエネルギーのイオンでもその質量が大きいほど進入(加工)深さが浅くなることを利用した加工方法であり、本実施形態においては、水素分子イオン(H<sub>2</sub><sup>+</sup>)、プロトン化水素分子(H<sub>3</sub><sup>+</sup>)の分子イオンを分子イオンビームとして用いた。

【0098】

まず、石英系のガラス基板上に、電極ギャップ長が200μmとなるように、Cuワイヤーマスクでマスクし、クロム蒸着を行うことで電極素子を形成した。

【0099】

そして、基板上に感光性レジスト材料としてのSU-8を所定量滴下し、2000rpm

50

mでスピコート後、65 × 1分でソフトベーク、95 × 3分でプリベイクを行い、膜厚15 - 20 μmのSU-8薄膜層を得た。

【0100】

次に、500 nmの最小ビームサイズの分子イオンビームを照射することで、SU-8薄膜層を所望する突出部材のパターンに応じて露光した。本実施形態においては、用いた分子イオン種に基づき、その周面に1個所の突起（凸起）部が形成された突出部材、2個所の突起（凸起）部が形成された突出部材をそれぞれ形成させた。

【0101】

最後に、現像液（化薬マイクロケム社製「SU-8 developer」）で3分間、攪拌浸漬することで現像した後、イソプロピルアルコールで1分間、浸漬することでリン

10

【0102】

上記形成方法に従って形成した突出部材の一例を図13-A、図13-B、図13-Cに示す。図13-Aは、分子イオン種として、 $H^+$ 、 $H_2^+$ 、 $H_3^+$ を用い、その周面に2個所の突起部が形成された突出部材の一例を示すSEM像であり、図13-A(a)はその全体図、図13-A(b)はその部分拡大図である。また、同様に、分子イオン種として、 $H^+$ 、 $H_2^+$ を用い、その周面に1個所の突起部が形成された突出部材の例を示したものが図13-B（円形）、及び図13-C（四角形）であり、図3-12(a)、図13-C(a)はその全体図、図13-B(b)、図13-C(b)はその部分拡大図である。

20

【0103】

図13-A、図13-Bに示すように、分子イオン種として、 $H^+$ 、 $H_2^+$ 、 $H_3^+$ を用いることで、分子イオン種の質量の大きさに基づき、14.8 μm ( $H^+$ )、6.6 μm ( $H_2^+$ )、3.8 μm ( $H_3^+$ )のそれぞれ加工深さの異なる突起部が形成された突出部材を形成することが可能であった。

【0104】

なお、本実施の形態においては、その周面に1個所の突起部が形成された突出部材、2個所の突起部が形成された突出部材を形成したが、本実施形態にかかる突出部材の形状はこれに限定されるものではなく、分子イオンビームを構成する分子イオンの種類により適宜変更可能である。

30

【0105】

次に、分子イオンビーム微細加工法により突出部材が形成されたアレイを適用した三元誘電泳動デバイスによる細菌の濃縮効果について検討を行った。検討に用いた実験系は、第1の実施形態で説明した実験系と略同じ実験系であり、核染色した大腸菌が濃縮されることにより増加する蛍光強度の経時変化を指標にして評価した。

【0106】

図14(a)は、図15(a)に示す、突起部を有さない単純ピラーアレイ、又は図15(b)に示す、1箇所突起部を有する突出部材が形成されたアレイを用い、大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化をプロットしたグラフである。図14(a)に示すように、両アレイとも、電圧印加開始から所定の経過時間（凡そ120～130秒）までは、略同程度の増加速度を持って蛍光強度が増加した。そして、凡そ130秒以降から、両アレイに蛍光強度の増加速度の違いが現れ始め、単純ピラーアレイが、400秒経過した時点で3500程度の蛍光強度を示す略飽和状態に達したのに対して、1箇所突起部が形成された突出部材を備えるアレイでは、400秒経過した時点で4500程度の蛍光強度を示した。これは、突出部材に突起部が形成されたことにより、基板面に対して垂直方向の誘電泳動力が効果的に誘起され、微小平面内における電界の歪みに起因する濃縮体積の実効体積が増大するために、濃縮速度、及び濃縮量が増加したものと考えられる。

40

【0107】

図14(b)は、図16(a)に示す、1箇所突起部を有する突出部材が形成されたアレイ、又は図16(b)に示す、2箇所突起部を有する突出部材が形成されたアレイ

50

を用い、大腸菌の濃縮による蛍光強度の経時変化をプロットしたグラフである。図14(b)に示すように、電圧印加開始から所定の経過時間(凡そ300秒)までは、1箇所の突起部を有する突出部材が形成されたアレイの蛍光強度の増加初期速度が速いものの、それ以降においては、2箇所の突起部を有する突出部材が形成されたアレイの蛍光強度の増加速度が劇的に速くなるとともに、最終的な蛍光強度も $1.2 \times 10^4$ 程度に至るまで増加した。これは、突出部材に形成される突起部の数が多ければ多いほど、基板面に対して垂直方向の誘電泳動力がより効果的に誘起され、大腸菌を捕集するための実行的な濃縮面積が増大するためだと考えられる。

【0108】

以上のように、本実施の形態にかかる、複数の突起部を有する突出部材を備えたアレイを細菌濃縮機構に導入することで、大腸菌等に代表される細菌の濃縮効果を高めることが可能となる。

10

【産業上の利用可能性】

【0109】

本発明にかかる三次元誘電泳動デバイスは、食品の衛生管理システムの国際標準であるHACCPシステム実施を支援するキーデバイスとなると考えられる。したがって、食の安全のためにHACCPを導入しつつある日本の食品製造業界への波及効果は高いと期待される。

【符号の説明】

【0110】

20

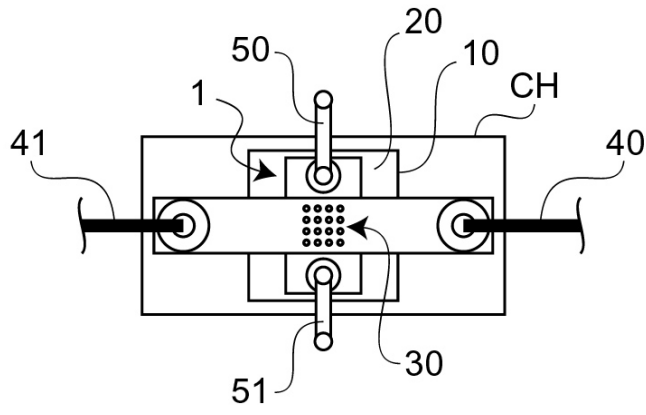
- 1 三次元誘電泳動デバイス
- 10 基板
- 10' 基板
- 20 電極素子
- 20' 電極素子
- 30 突出部材
- 30' 突出部材
- 40, 41 キャピラリー
- 50, 51 電気導線
- 60 電極ギャップ
- 70 SU-8 薄膜層
- 70' SU-8 薄膜層
- 80 ペリスタポンプ
- 90 細菌懸濁液
- 100 交流電源装置
- 110 オシロスコープ
- 120 CCDカメラ
- 130 パーソナルコンピュータ
- 140, 141 流路
- 150 蓋部材
- 200 突出部材
- 210 突条部
- 300 突出部材
- 310 突起部
- 400 突出部材

30

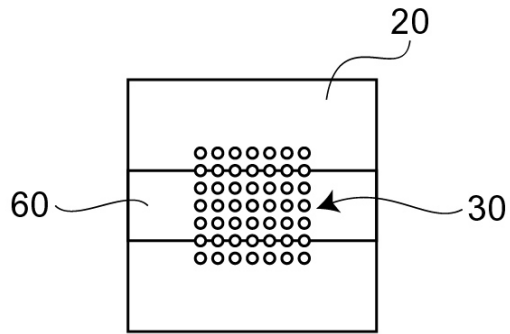
40



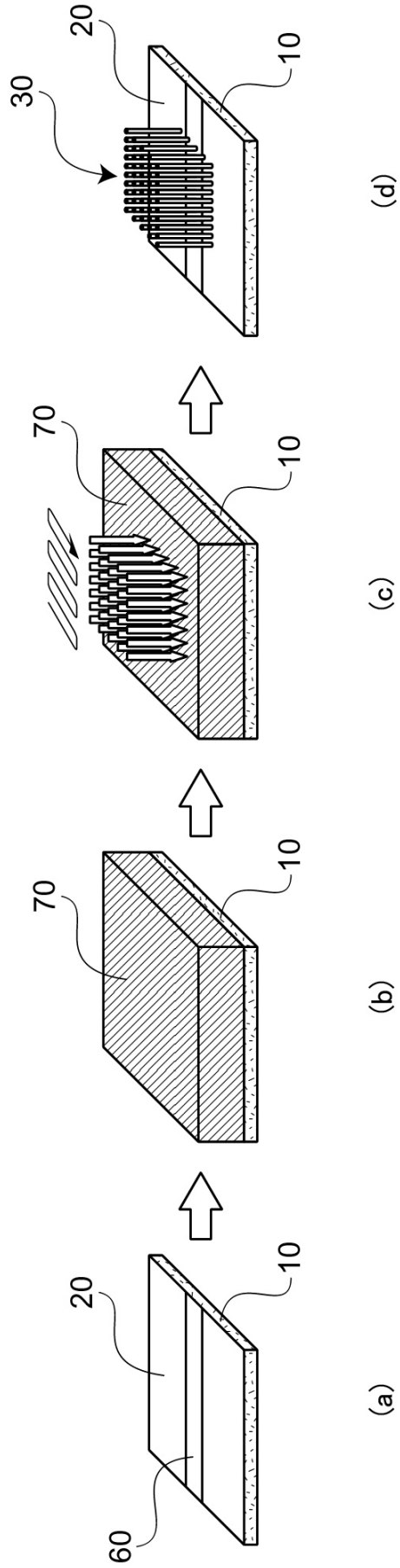
【図1】



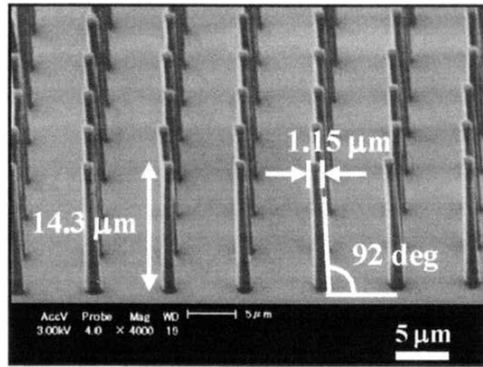
【図2】



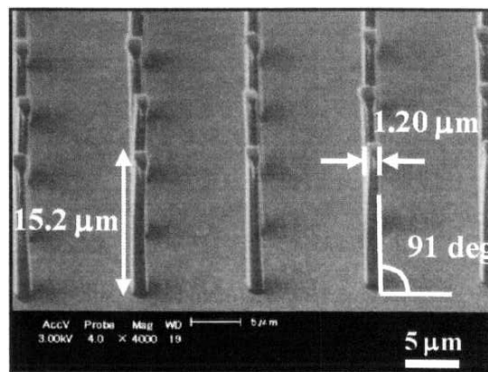
【 図 3 】



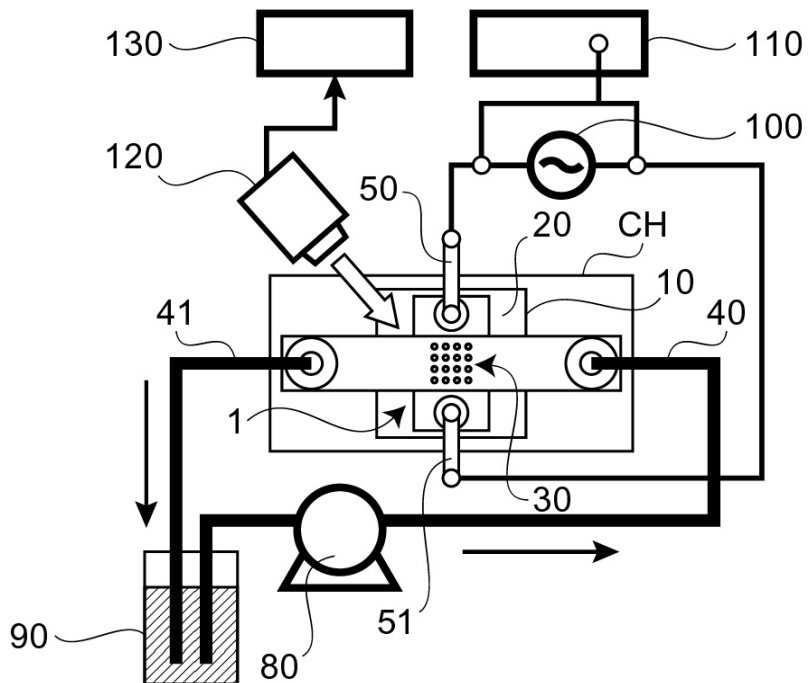
【 図 4 - A 】



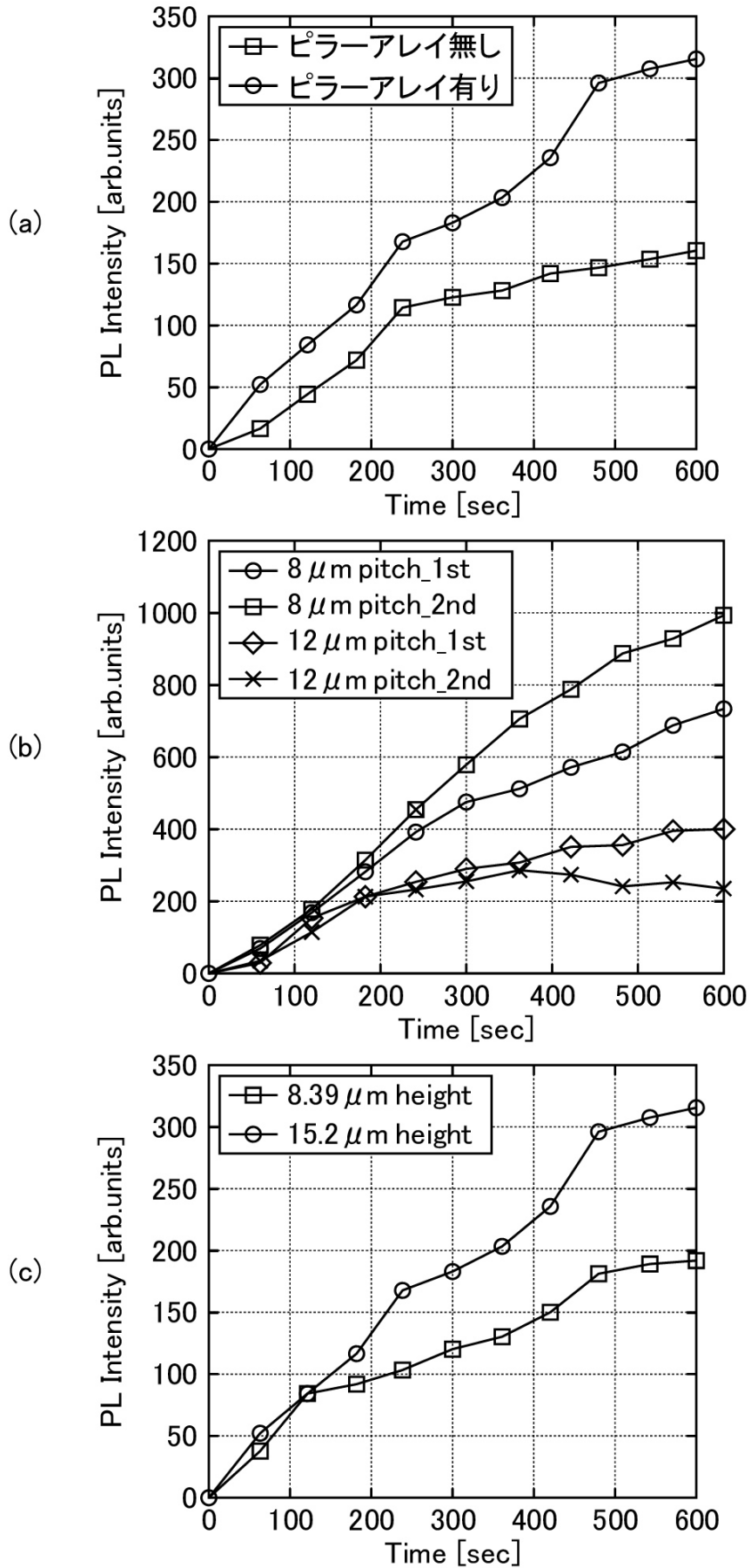
【 図 4 - B 】



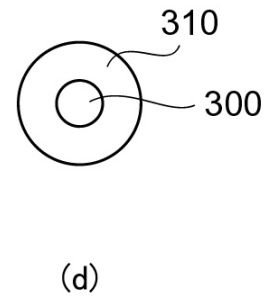
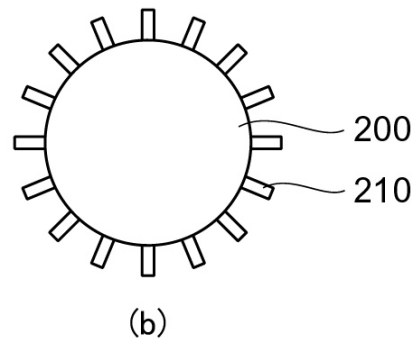
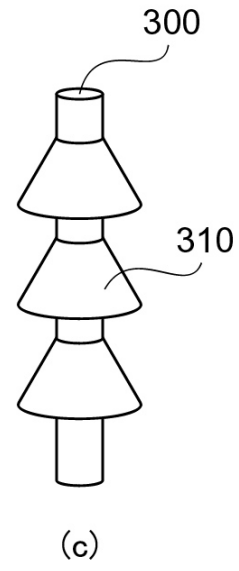
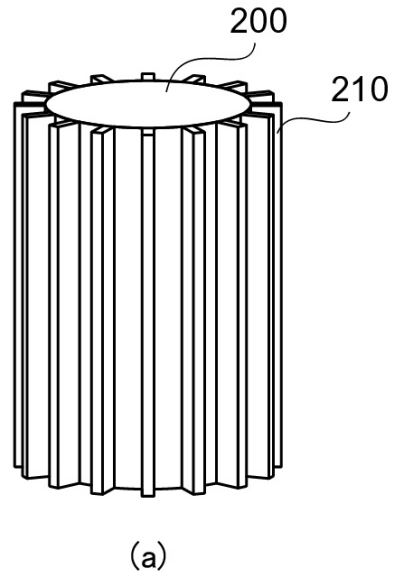
【 図 5 】



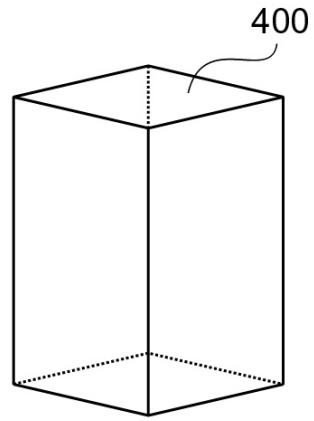
【図6】



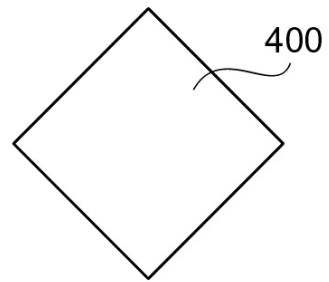
【図7 - A】



【 7 - B】

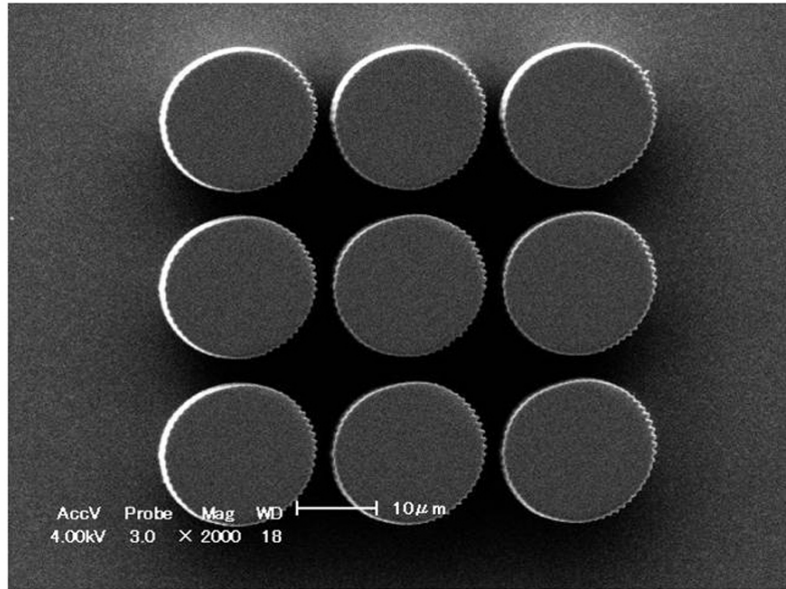


(a)

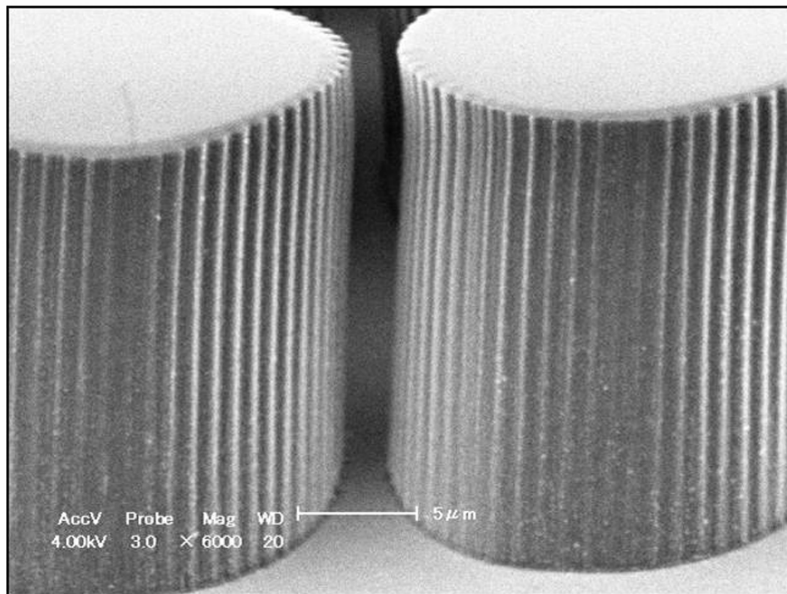


(b)

【 8 - A 】

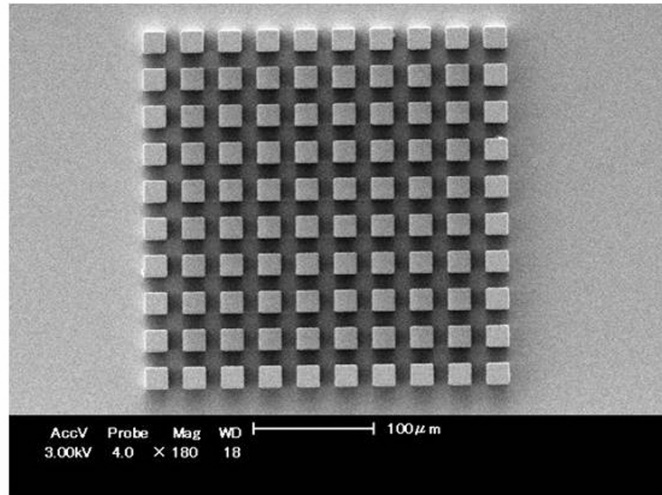


(a)

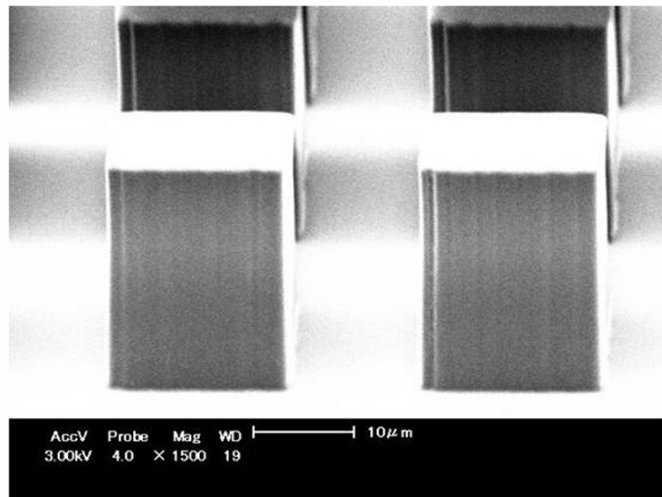


(b)

【 8 - B】



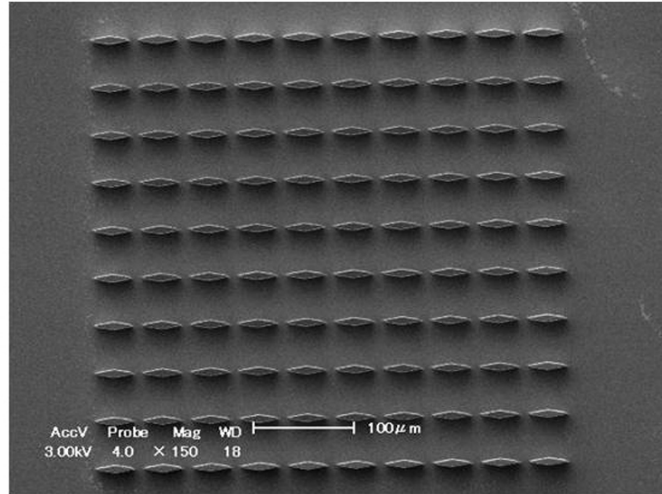
(a)



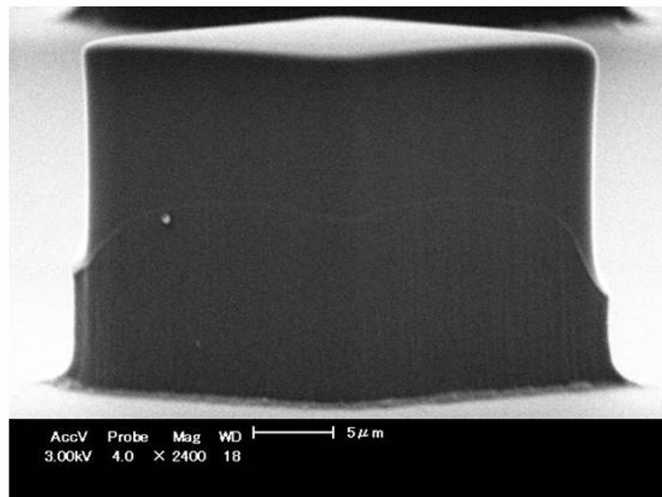
(b)



【 8 - C】

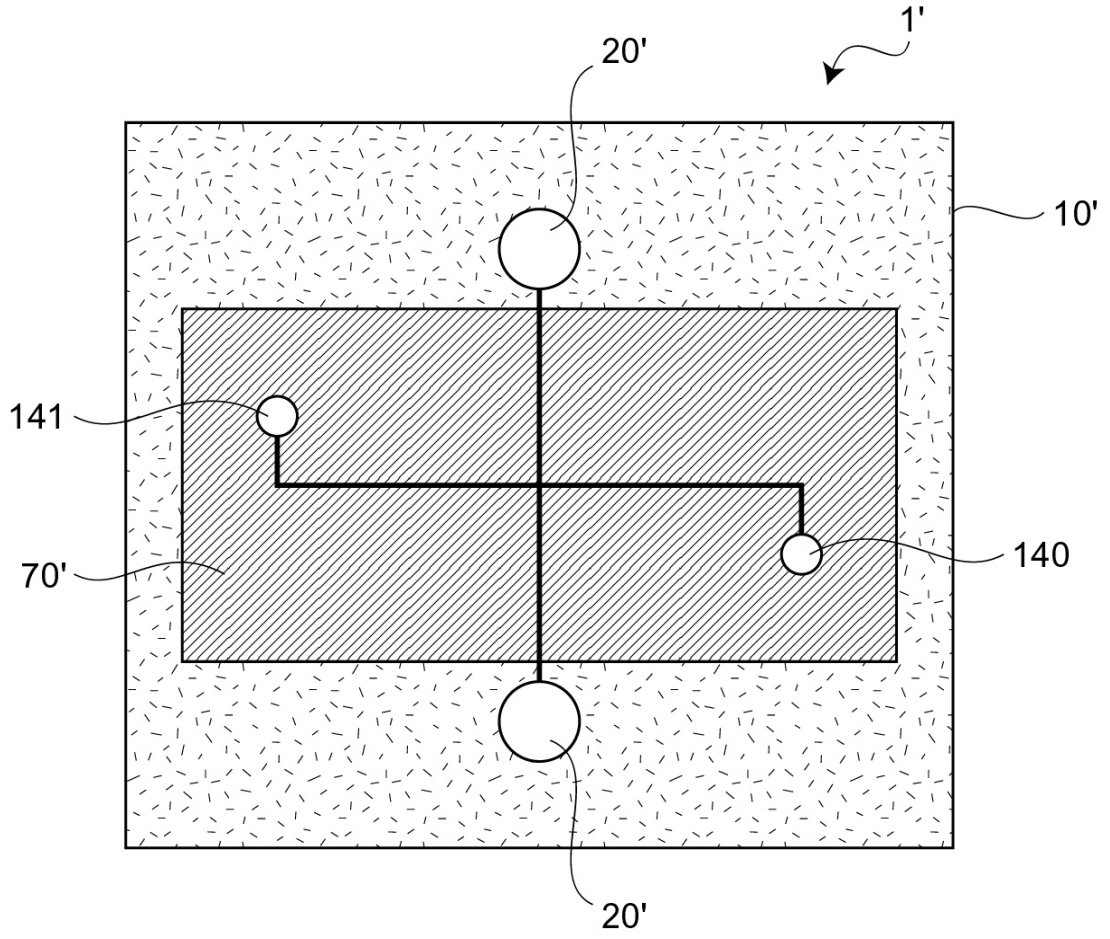


(a)

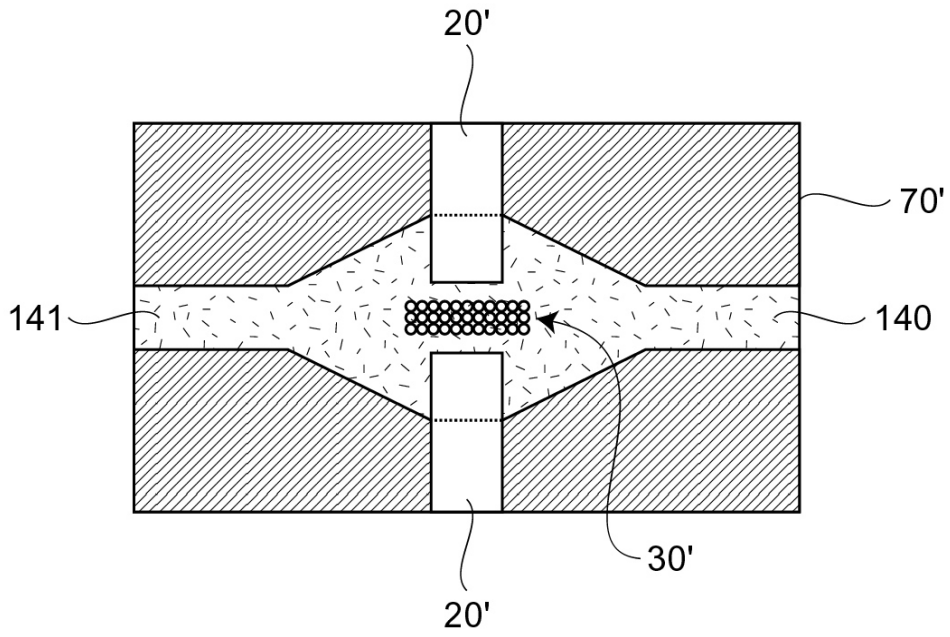


(b)

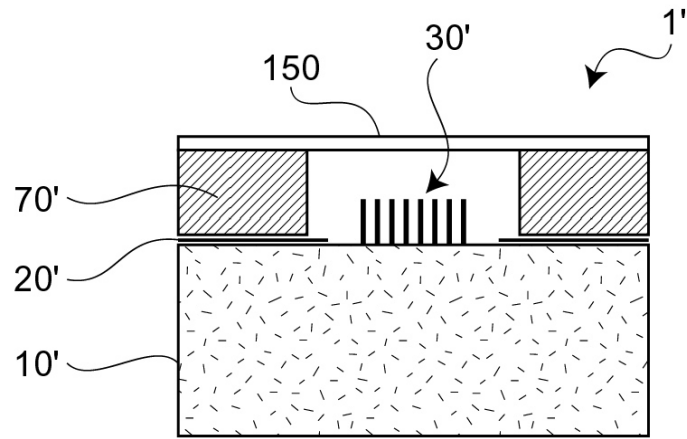
【 図 9 】



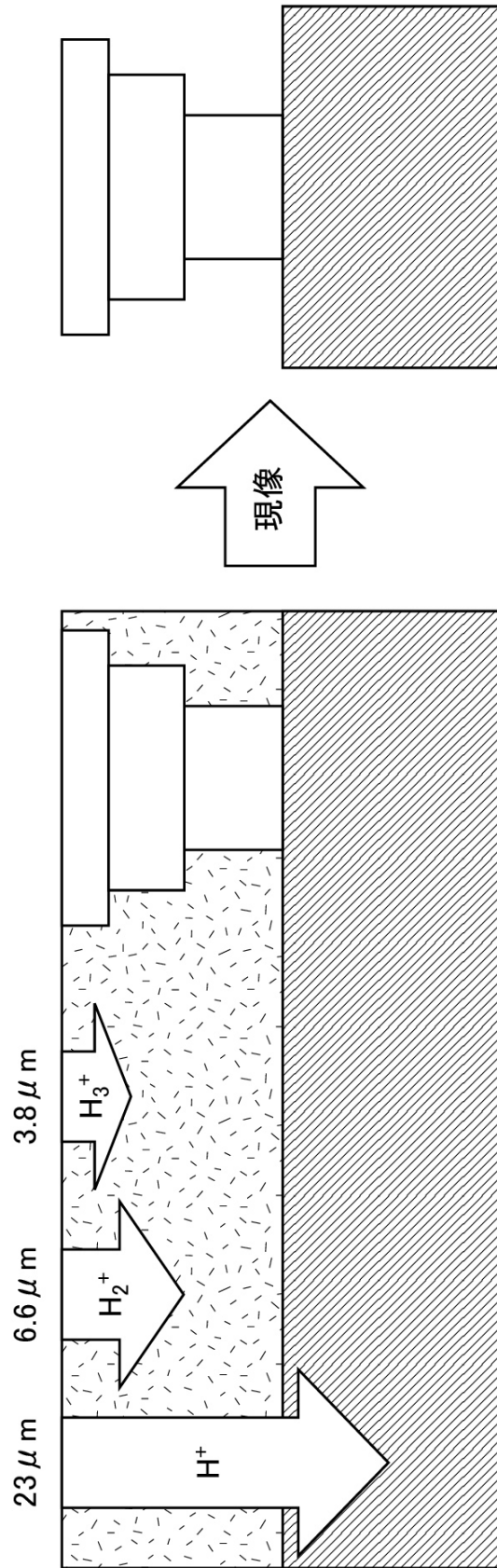
【 図 10 】



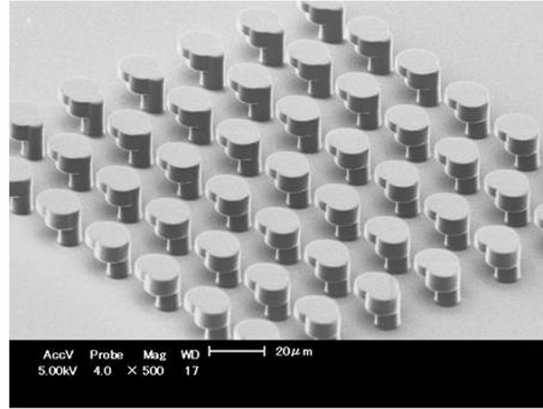
【図 11】



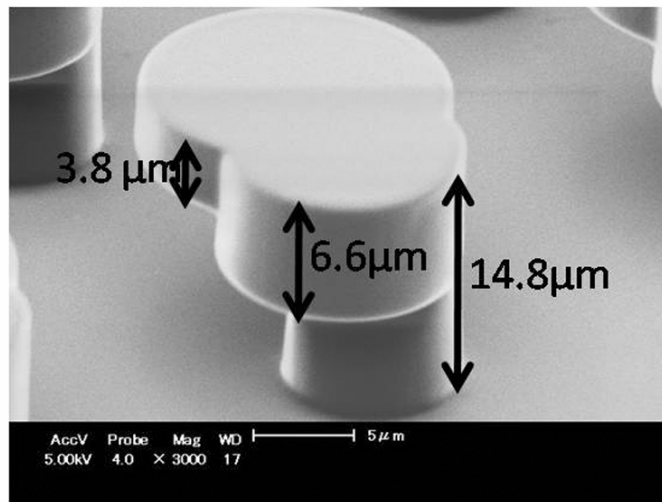
【 図 1 2 】



【 13 - A】

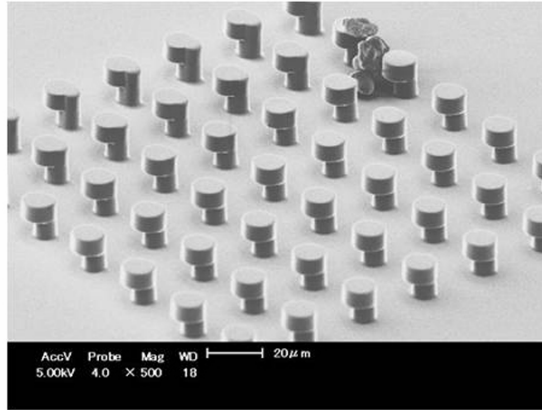


(a)

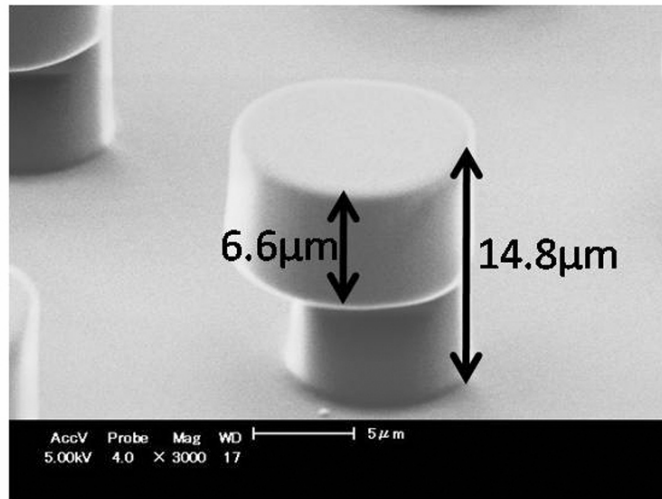


(b)

【 13 - B】

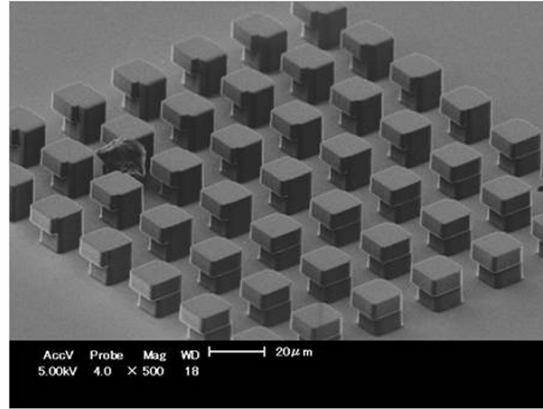


(a)

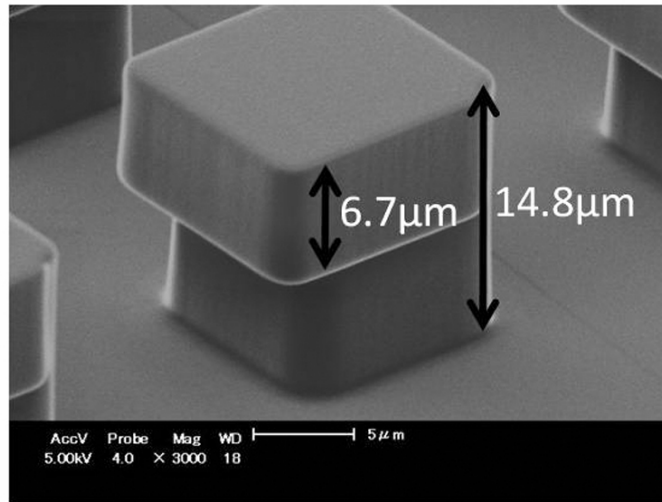


(b)

【 13 - C】

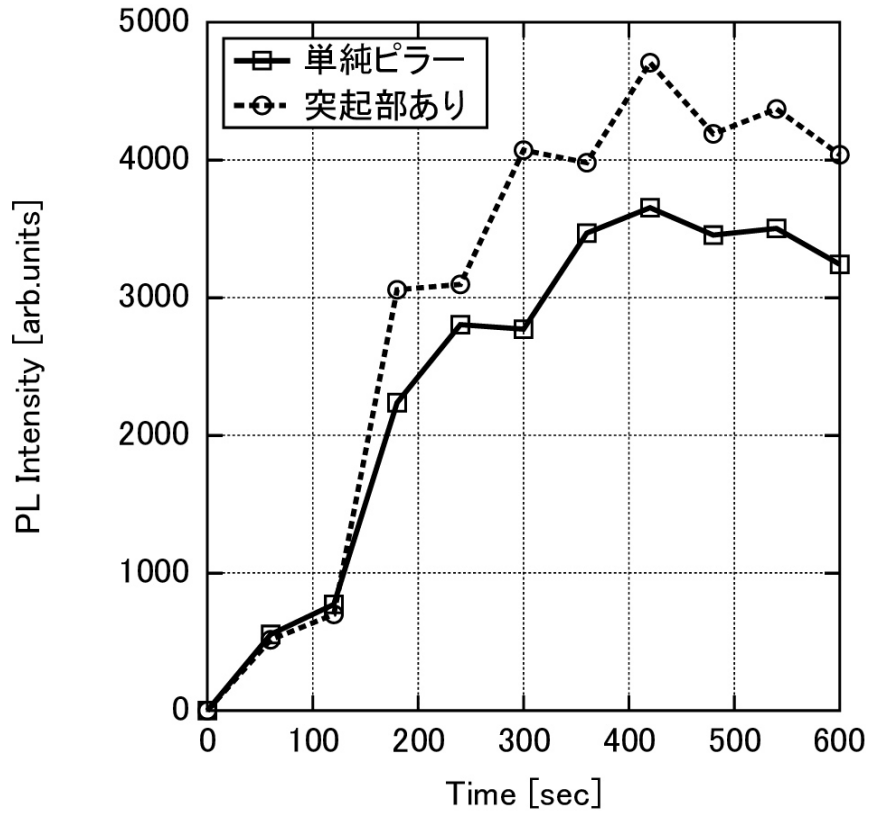


(a)

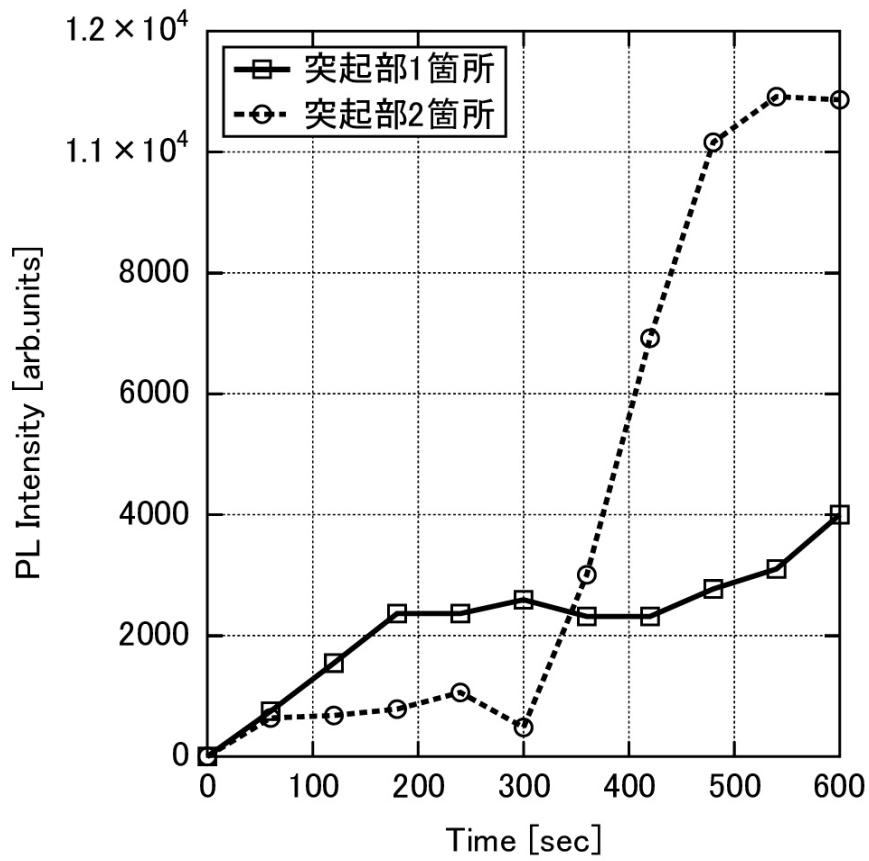


(b)

【図14】



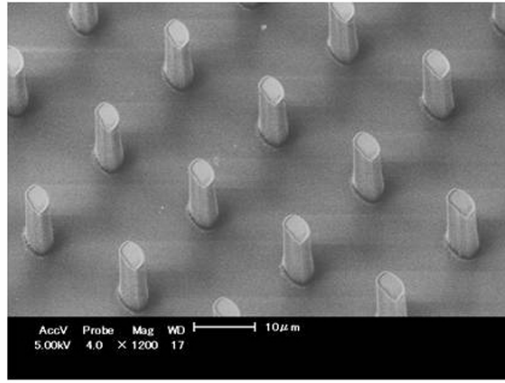
(a)



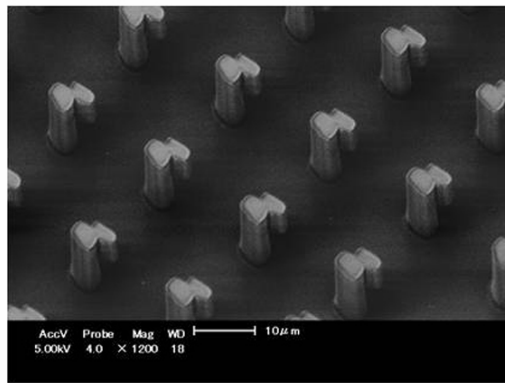
(b)



【 図 15 】

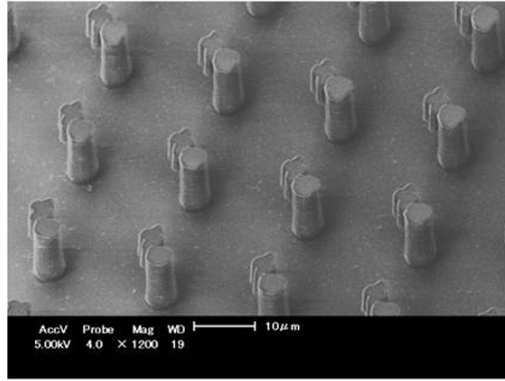


(a)

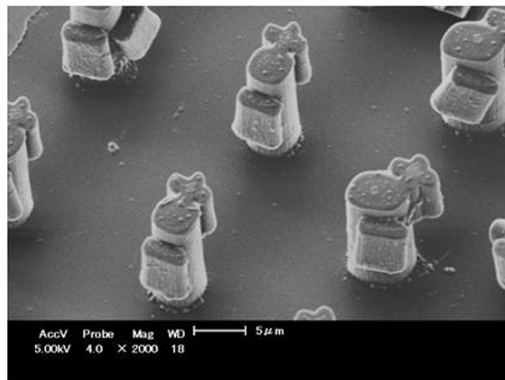


(b)

【 図 16 】



(a)



(b)

## フロントページの続き

- (72)発明者 古田 祐介  
東京都江東区豊洲3-7-5 学校法人芝浦工業大学内
- (72)発明者 椎根 康晴  
東京都江東区豊洲3-7-5 学校法人芝浦工業大学内
- (72)発明者 内田 諭  
東京都八王子市南大沢1-1 公立大学法人首都大学東京 南大沢キャンパス内
- (72)発明者 神谷 富裕  
群馬県高崎市綿貫町1233番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所内
- (72)発明者 石井 保行  
群馬県高崎市綿貫町1233番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所内
- (72)発明者 佐藤 隆博  
群馬県高崎市綿貫町1233番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所内

審査官 伊達 利奈

- (56)参考文献 特開2008-311617(JP,A)  
特開2006-326633(JP,A)  
特開2008-054511(JP,A)  
国際公開第2007/035498(WO,A1)  
特開2002-344038(JP,A)  
特開2007-006858(JP,A)  
特表2008-538283(JP,A)  
電気学会論文誌,2008,Vol.128, No.7, pp.461-466  
成形加工,2007,Vol.19, No.5, pp.276-281

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C12M 1/00-3/10

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)  
PubMed