

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月18日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500415

研究課題名（和文） セルソーターをトータルシステムとして本気でチップ化するには  
何が必要か？研究課題名（英文） What should we do to integrate total systems of cell sorters  
into one chip ?

研究代表者

花尻 達郎 (HANAJIRI TATSURO)

東洋大学・理工学部・教授

研究者番号：30266994

研究成果の概要（和文）：ゼータ電位測定法に関しては過去数十年において数多く提案され検証されてきたが大型な装置が多く安価かつ簡易な測定はできない。また、個々の粒子のゼータ電位を測定できない。そこで本研究では、その問題の解決を図るべく電気泳動コールター法(Electrophoretic Coulter Method; ECM)を独自に提案し、標準粒子としてポリスチレン微粒子を使用し、その有用性を確認した。更に、臨床医療応用への第一歩として、赤血球を用いることにより異種の生体細胞に対する ECM の有用性の検証を行った。その結果、ゼータ電位の分布からも、サイズの分布からも、同一液中における異種の赤血球の判別が可能であることを実証することに成功した。これは赤血球だけでなく異種の生体細胞にも容易に敷衍できる原理であり、ECM の臨床医療検査機器としての有用性を充分に実証することができた。更に、この ECM と電氣的検出回路あるいは光学的電氣的検出回路とをソーティング部と併せて集積化させるにはガラス基板に替わり、SOI(Silicon On Insulator)基板あるいはSOQ(Silicon On Quartz) 基板をプラットフォームとして活用することが非常に有効であると考え、その実用化の為の基礎的な検討として、SOI 基板や SOQ 基板の基礎物性評価を精力的に行った。

研究成果の概要（英文）：By combining the electrophoresis method and the conventional Coulter method, we previously proposed the Electrophoretic Coulter Method (ECM) - a technique that enables simultaneous analysis of the size and  $\zeta$  values of individual specimens. In this study, we validate ECM in  $\zeta$  measurement of biological cells by a conventional Dynamic Light Scattering (DLS) to apply ECM to the field of clinical medicine. We use sheep's red blood cells (RBCs) as biological cells. The  $\zeta$  of RBC is varied by adsorption of Immunoglobulin G (IgG) to RBC. We are able to obtain the difference between  $\zeta$ s of RBCs and those of RBCs-IgG by using ECM. In addition, we demonstrate that  $\zeta$ s obtained using ECM show a good agreement with those obtained by the conventional DLS and our ECM can distinguish biological cells using the difference of  $\zeta$ s. Furthermore, we propose that SOI(Silicon On Insulator) wafers or SOQ(Silicon On Quartz) wafers should be utilized as platforms for integration of ECM systems combined with electric detectors or optical detectors and sorting systems, and we characterize fundamental characteristics of SOI wafers and SOQ wafers in detail.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：生体・情報計測、オンチップセルソーター、SOI、SOQ

## 1. 研究開始当初の背景

マイクロ粒子や生体細胞の表面特性は分析化学、薬学および医学上非常に重要な役割を担う。マイクロ粒子や生体細胞の表面電荷特性を解析するもっとも簡単な方法の1つはゼータ電位測定である[1]。過去数十年において数多くのゼータ電位測定法が提案され検証されてきた。現在では電気泳動レーザードップラー法が主流となっている。しかしながら、レーザー光源や電子増管などの高価な測定装置を必要とする。また、セル内にある多数の粒子にレーザー光を照射しているため、個々の粒子のゼータ電位を測定できず、特定の粒子のゼータ電位がわからない。[1]A. Aki et al., Sens. Actuators, B, **131** (2008) 285-289.

## 2. 研究の目的

本研究では、電気泳動法にコールター法[2]を併用する新規ゼータ電位測定法“電気泳動コールター法(Electrophoretic Coulter Method; ECM)”を提案し、電気信号解析のみで検体の数、サイズおよびゼータ電位の同時測定が可能にする。また本手法はその利点を最大限生かせる場所として臨床医療分野を考えており、そのためにはECMにおいて生体細胞を用いた実験的検証が必要不可欠である。更に、このECMと電気的検出回路あるいは光学的電気的検出回路とをソーティング部と併せて集積化させるにはガラス基板に替わり、SOI(Silicon On Insulator)基板あるいはSOQ(Silicon On Quartz)基板をプラットフォームとして活用することが非常に有効であると考え、その実用化の為の基礎的な検討として、SOI基板やSOQ基板の基礎物性評価を行う。

[2] W. H. Coulter, US Patent No. 2656508 (1953).

## 3. 研究の方法

Figure 1 に測定系の概略図を示す。マイクロチャンネル両端に設置した電極を使いマイクロチャンネル内の溶媒に一定電圧を印加し、マイクロ粒子や細胞などの検体を電気泳動させ、同時にイオン電流を測定する。検体がアパーチャーを通過している間、アパーチャー内の溶媒の電気抵抗は増加し、イオン電流は減少する。その結果、イオン電流のパルスが発生する。パルスの数はアパーチャーを通過した検体の数に、振幅は検体のサイズに相当する。更に、パルスの幅は検体のアパーチャー通過時間を示し、電気泳動移動度( $\mu$ )が求まる。これにより、検体のゼー

タ電位( $\zeta$ )を次に示すモルコフスキーの式から近似することができる。

$$\zeta = \mu \eta / \epsilon_0 \epsilon_r$$

ここで、 $\eta$ 、 $\epsilon_0$ および $\epsilon_r$ は各々、溶媒の粘性、真空の誘電率および溶媒の比誘電率を示す。

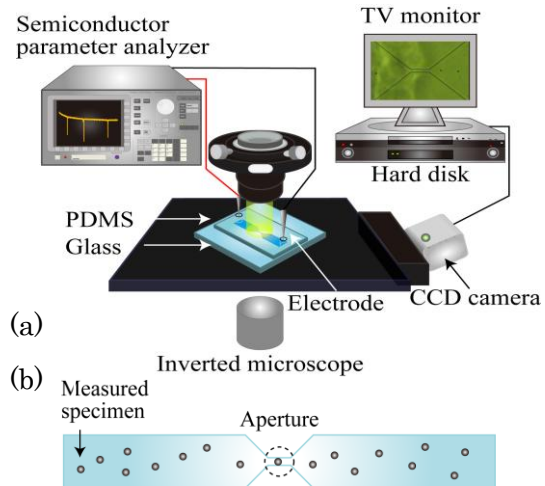


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental system. (a) Configuration of measurement instruments. (b) Shape of the microchannel.

ソフトリソグラフィ技術にて poly dimethyl siloxane (PDMS)基板上にマイクロチャネルを製作し、2-methacryloyloxyethylphosphorylcholine (MPC)でコーティング処理した。このマイクロチャネルを使い、ポリスチレン(PSL)微粒子のサイズ測定、ポリスチレン微粒子のゼータ電位測定および羊赤血球(RBC)のサイズとゼータ電位の同時測定の3つの実験を通して電気泳動コールター法(ECM)の実験的検証を行った。

## 4. 研究成果

### (1) ポリスチレン微粒子のサイズ測定

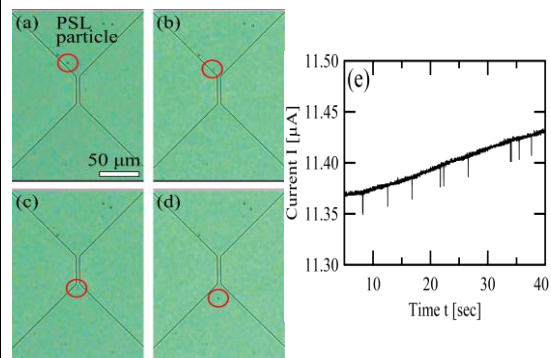


Fig. 2 Snapshots of the PSL particles in the microchannel and ion current modulations caused by the PSL particles. The time interval between each photograph is 33.3 msec.

Figure 2 に直流電圧 30V 印加時のポリスチレン微粒子(3  $\mu\text{m}$ )電気泳動のスナップショットとイオン電流変調を示す。径 2, 3 および 4  $\mu\text{m}$  の粒子を使いイオン電流変調( $\Delta I$ )からマイクロ粒子のサイズの違いを検出できることを確認した。

Figure 3 より、実験値と計算値がよく対応していることが確認できた。

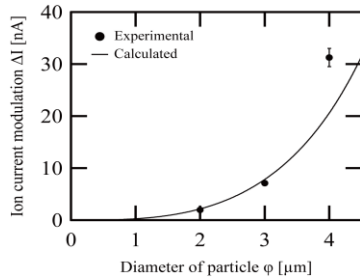


Fig. 3 Dependence of ion current modulations  $\Delta I$  on the diameter of the particles.

### (2) ポリスチレン微粒子のゼータ電位測定

Figure 4 にポリスチレン微粒子によるイオン電流変調とその拡大図を示す。パルス幅がアパーチャー通過時間( $\Delta t$ )を示すことを動画解析から確認した。 $\Delta t$  から粒子のゼータ電位を解析した結果、 $\zeta = -29.47 \pm 3.89 \text{ mV}$  となった。この値はレーザードップラー法(ELS-6000; Otsuka Electronics, Japan)で測定した結果の  $\zeta = -33.35 \pm 2.42 \text{ mV}$  とほぼ一致した。

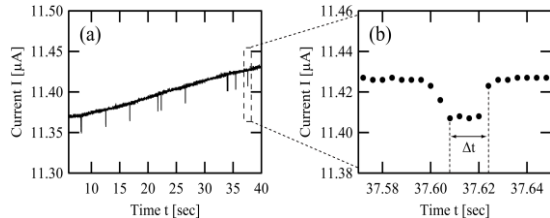


Fig.4 Ion current modulations caused by PSL particles of 3  $\mu\text{m}$  in diameter. (a) Series of current pulses. (b) An enlarged current pulse.

### (3) 羊赤血球のサイズおよびゼータ電位の同時測定

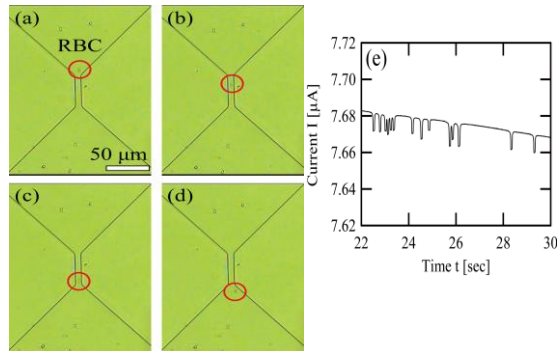


Fig.5 Snapshots of the RBC in the microchannel and ion current modulations caused by the RBCs. The time interval between each photograph is 33.3 msec.

Figure 5 に羊赤血球電気泳動のスナップショットとイオン電流変調を示す。 $\Delta I$  と  $\Delta t$  から赤血球のサイズとゼータ電位を解析し既存の測定法(顕微鏡法とレーザードップラー法)で得られた結果と比較した。更に、抗羊赤血球の血清との反応後のゼータ電位の測定も行った。Table 1 に比較結果をまとめる。

Table 1 Comparison of the RBC's size and zeta potential measured by conventional method and ECM.

	Size distribution [ $\mu\text{m}$ ]	Zeta potential [mV]	
		Before	After
Conventional	$4.20 \pm 0.47$	$-16.90 \pm 1.77$	$-9.10 \pm 1.45$
ECM	$4.67 \pm 0.26$	$-11.42 \pm 3.38$	$-7.55 \pm 0.22$

### (4) 電気浸透流の解析

電気浸透流を反映する壁面のゼータ電位の算出のため、印加電圧を 20-40[mV]に変化させ、実験を行った。マイクロチャンネル内を泳動している粒子速度は式(1)のように4成分に分けられ、式(2)にまとめられる[3]。[3] R. R. Henriquez *et al.*, *Analyst*, **129** (2004) 478-482.

$$v = v_{EP} + v_{EO} + v_{PD} + v_D \quad \dots(1)$$

$$= (\zeta_p + \zeta_w) \frac{\epsilon}{\eta} \cdot \frac{V}{l} + v_{PD} + v_D \quad \dots(2)$$

$v_{EP}$ ; electrophoretic velocity  $v_{PD}$ ; pressure gradient flow

$v_{EO}$ ; electroosmotic flow  $v_D$ ; the diffusion rate

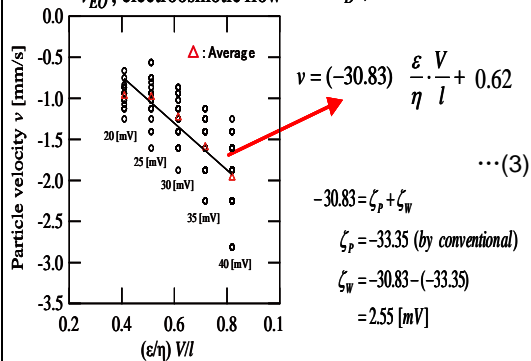


Fig.6 Electric field dependence of particles velocity.

その結果を Fig.6 に示す。壁面のゼータ電位  $\zeta_w$  は、2.55 mV であることが分かった。この値はチャンネル内のコーティングによりさらに低減できる可能性はあるが ECM の精度には本質的な影響を与えるものではない。

### (5) 異種検体の同時測定

羊と兎の赤血球の混合溶液に、ECM を用いた。Fig. 7 より、ゼータ電位の分布からも、サイズの分布からも、赤血球は 2 つの集団(図中(a), (b))に明確に分離されていることが分かる。既存のゼータ電位計との比較により (a), (b)は、各々羊と兎の赤血球の集団であることが同定される。

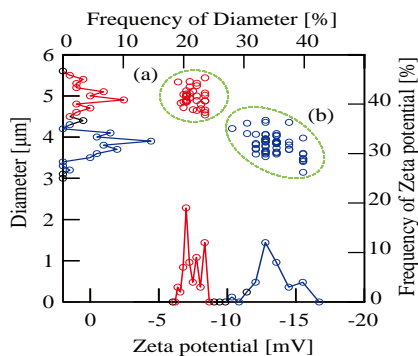


Fig.7 Zeta potential and diameters of (a)sheep's RBCs and (b) rabbit's RBCs estimated simultaneously using ECM.

(6) 羊の赤血球の抗原抗多反応前後の混合羊の赤血球(RBC)およびそれに抗原抗体反応させた RBC-IgG を単体で測定した結果と混合体を同時に測定した結果を Fig. 8 に示す。

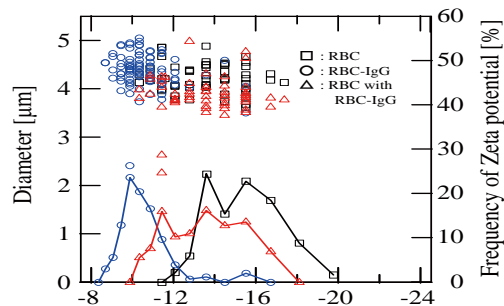


Fig.8 The zeta potential and size of individual RBC and RBC-IgG were measured using ECM.

Fig. 8 よりから、個別に測定した場合と同じようにゼータ電位が分布していることが分かる。同種の生体細胞でもゼータ電位さえ異なれば、本手法によって判別がつかうことが確認された。

#### (7) まとめ

本研究では、新規ゼータ電位測定法「電気泳動コールター法」(ECM; Electrophoretic Coulter Method)を提案し、臨床医療応用への第一歩として、赤血球に対するECMの有用性を検証した。その結果、ゼータ電位の分布からも、サイズの分布からも、同一液中における異種の赤血球の判別が可能であることを実証することに成功した。これは異種の生体細胞にも容易に敷衍できる原理であり、ECM のポータブルなオンチップの臨床医療検査機器としての可能性を示せた。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

(英文原著論文) (審査付き) (8 件)

① M. Kojima, T. Chiba, J. Niiishima, H. Higashi,

F. Fukuda, Y. Nakajima, S. Kurosu, T. Hanajiri, K. Ishii, T. Maekawa, A. Inoue, "Dispersion of single-walled carbon nanotubes modified with poly-L-tyrosine in water," Nano Scale Research Letters **6** pp. 128-134(2011).

② T. Higashi, Y. Nakajima, M. Kojima, K. Ishii, A. Inoue, T. Maekawa, and T. Hanajiri, "Effects of poly-L-tyrosine molecules decoration on the surface properties and electron transport of SWCNTs compared to the effects of DNA molecules," Chem. Phys. Lett., **501**, pp.451-454 (2011).

③ Y. Nakajima, Y. Watanabe, T. Hanajiri, T. Toyabe, and T. Sugano, "Local-stress induced trap states in SOI layers with different levels of roughness at SOI/BOX interfaces," IEEE Electron Device Lett., **32**, pp. 4451-7 (2011).

④ T. Higashi, Y. Nagaoka, H. Minegishi, A. Echigo, R. Usami, T. Maekawa, T. Hanajiri, "Regulation of PCR efficiency with magnetic nanoparticles in a rotating magnetic field," Chem. Phys. Lett., **506** pp. 239- 242 (2011) .

⑤ N. Takahashi, A. Aki, T. Ukai, Y. Nakajima, T. Maekawa, and T. Hanajiri, "Proposal and Experimental Validation of the Electrophoretic Coulter Method for Analyzing Microparticles and Biological Cells," Sensors and Actuators B: Chemical, **151**, pp.401-415 (2011).

⑥ Y. Nakajima, T. Toda, T. Hanajiri, T. Toyabe, and T. Sugano, "In-depth profiling of electron trap states in SOI layers and local mechanical stress near the SOI/BOX interface in SIMOX wafers," J. Appl. Phys., **108**, Article Number: 124505 (2010).

⑦ DS. Kumar, BG. Nair, SH. Varghese, R. Nair, T. Hanajiri, T. Maekawa, Y. Yoshida, "Blood Compatibility of Surface Modified Poly(ethylene terephthalate) (PET) by Plasma Polymerized Acetobromo- $\alpha$ -D-glucose", Journal of Bio-materials Applications, **24**, pp.527-544 (2010).

⑧ SH. Varghese, R. Nair, BG. Nair, T. Hanajiri, T. Maekawa, Y. Yoshida, DS. Kumar, "Sensors Based On Carbon Nanotubes and Their Applications: A Review", Current NanoScience, **4**, pp.331-346 (2010).

[学会発表] (計 2 2 件)

(国際会議) (審査付き) (7 件)

① H.Miyazawa, Y.Nakajima, T.Hanajiri, and T. Sugano, "In-depth profiling of hole traps and defects in SOI wafers", 6<sup>th</sup> Int. Conference on

Materials for Advanced Technologies, **H** (2011) p.78 (26 June - 1 July 2011, Singapore).

② K. Ogata, N. Takahashi, A. Aki, Y. Nakajima, T. Hanajiri, “*Improvement of Accuracy and Reliability of Electrophoretic Coulter Method*”, 6<sup>th</sup> Int. Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), **G**, p.37 (26 June - 1 July 2011, Singapore).

③ Y. Nakajima, Y. Watanabe, T. Hanajiri, T. Toyabe, and T. Sugano, “*Impact of Local Stress Near SOI/BOX interface on high-density trap states in SIMOX wafers*”, Ultimate Integration on Silicon (17-19 March 2010, Glasgow, Scotland) P31.

④ N. Takahashi, A. Aki, T. Ukai, Y. Nakajima, T. Maekawa and T. Hanajiri, “*Electrophoretic mobility and resultant zeta potential of an individual cell analyzed by electrophoretic Coulter method*”, 2009 Int. Semiconductor Device Research Symposium (ISDRS 2009) (9-11 Dec. 2009, Washington D.C., U.S.A.). DOI: 10.1109/ISDRS.2009.5378234.

⑤ Y. Nakajima, Y. Watanabe, T. Hanajiri, T. Toyabe, and T. Sugano, “*Correlation between high-density trap states and local stress near SOI/BOX interface in SIMOX wafers*”, 2009 Int. Semiconductor Device Research Symposium (ISDRS2009)(9-11Dec.2009,Washington D.C., U.S.A.).DOI:10.1109/ISDRS.2009.5378232.

⑥ T. Yamada, T. Miyazawa, Y. Nakajima, T. Hanajiri, T. Toyabe, and T. Sugano, “*Proposal of heavily doped silicon between insulators MOSFETs and confirmation of their advantages by device simulation*”, 2009 Int. Semiconductor Device Research Symposium (ISDRS 2009) (9-11 Dec. 2009, Washington D.C., U.S.A.). DOI: 10.1109/ISDRS.2009.5378234.

⑦ N. Takahashi, A. Aki, T. Ukai, Y. Nakajima, T. Hanajiri, T. Maekawa, “*Electrophoretic Coulter Method for Analyzing Surface Properties of Particles Using a Micro-fluidic Device*”, 5<sup>th</sup> International Conference on Materials for Advanced Technologies, L (2009) pp. 10-11 (28 June - 3 July 2009, Singapore).

(国内学会)(審査なし)(15件)

① 趙謙, 宮澤元, 中島義賢, 花尻達郎, 「SOI 基板の SOI/BOX 界面近傍における欠陥の評価 (II)」, 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17 p-GP16-6 東京都、早稲田大学 (2012 年 3 月 17 日)

② 宮澤元, 中島義賢, 花尻達郎, 「SOQ 基板

の光・電子融合デバイスへの応用の検討」、第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-A1-13 東京都、早稲田大学 (2012 年 3 月 17 日)

③ 尾形和平, 高橋直寛, 中島義賢, 花尻達郎, 「電気泳動コールター法を用いた生体細胞のゼータ電位の評価」、第 59 回応用物理学関係連合講演会, 16p-F8-13 東京都、早稲田大学 (2012 年 3 月 16 日)

④ 宮澤元, 趙謙, 中島義賢, 花尻達郎, 菅野卓雄, 「SOI 基板の SOI/BOX 界面近傍における欠陥の評価」、第 72 回応用物理学学会学術講演会, 2a-M-2 山形市、山形大学(2011 年 9 月 2 日)

⑤ 尾形和平, 安喜敦士, 中島義賢, 花尻達郎, 「電気泳動コールター法におけるゼータ電位の pH 依存性」、第 23 回化学とマイクロナノシステム研究会, p.23 千葉市、千葉大学西千葉キャンパス けやき会館 (2011 年 6 月 11 日).

⑥ 渡邊幸俊, 中島義賢, 鳥谷部達, 花尻達郎, 菅野卓雄, 「SOI/BOX 界面凹凸が SOI 層中の局所応力および捕獲中心に与える影響」、第 58 回応用物理学関係連合講演会, 25a-P3-22、厚木市、神奈川工科大学 (2011 年 3 月 25 日).

⑦ 宮澤元, 中島義賢, 花尻達郎, 菅野卓雄, 「SIMOX 基板の SOI 層における正孔捕獲中心の評価」、第 58 回応用物理学関係連合講演会, 25a-P3-21、厚木市、神奈川工科大学(2011 年 3 月 25 日).

⑧ 尾形和平, 高橋直寛, 安喜敦士, 中島義賢, 花尻達郎, 「電気泳動コールター法におけるチャネル壁面のゼータ電位測定」、第 22 回化学とマイクロナノシステム研究会, p.46, 名古屋市、名古屋大学医学部附属病院 中央診療棟 3 階講堂 (2010 年 11 月 18 日).

⑨ 宮澤元, 中島義賢, 花尻達郎, 「SIMOX 基板上の GOX 層における捕獲中心の評価」、第 71 回応用物理学学会学術講演会, 16p-ZD-13 長崎市、長崎大学 (2010 年 9 月 16 日).

⑩ 渡邊幸俊, 中島義賢, 鳥谷部達, 花尻達郎, 菅野卓雄, 「SIMOX 基板において SOI 層中の局所応力が捕獲中心に与える影響」、第 71 回応用物理学学会学術講演会, 16p-ZD-12 長崎市、長崎大学 (2010 年 9 月 16 日).

⑪ 谷村貴行, 中島義賢, 花尻達郎, 「極薄膜 SOQ pin ダイオードの発光特性」、第 57 回応用物理学関係連合講演会, 20a-TE-3, 平塚市、東海大学湘南キャンパス (2010 年 3 月 20 日).

⑫ 沼田慎吉, 中島義賢, 安喜敦士, 前川透, 花尻達郎, 「電気的非標識免疫測定法のための生体物質の電気的検出」、第 57 回応用物理学関係連合講演会, 17a-ZD-9 平塚市、東海大学湘南キャンパス (2010 年 3 月 17 日).

⑬ 渡邊幸俊, 中島義賢, 鳥谷部達, 花尻達郎, 菅野卓雄, 「SOI 基板の SOI/BOX 界面における

トラップ準位の起源」、第 57 回応用物理学関係  
連合講演会, 17a-D-3 平塚市、東海大学湘南キ  
ャンパス (2010 年 3 月 17 日)。

⑭ 渡邊幸俊、中島義賢、鳥谷部達、花尻達郎、  
菅野卓雄、「SIMOX 基板特有の高密度トラップ  
と SOI/BOX 界面凹凸との相関」、第 70 回応用  
物理学学会学術講演会, 10a-TG-4, 富山市、富  
山大学 (2009 年 9 月 10 日)。

⑮ 高橋直寛、安喜敦士、鵜飼智文、中島義賢、  
前川透、花尻達郎、「コールター法を用いたマイ  
クロチャネル電気泳動法の提案および実験的検  
証」、第 70 回応用物理学学会学術講演会,  
9p-ZL-7, 富山市、富山大学 (2009 年 9 月 9 日)。

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: ゼータ電位測定装置及びゼータ電位測  
定方法

発明者: 安喜敦士、高橋直寛、前川透、花尻達  
郎、鵜飼智文

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 出願番号: 特願 2009-260937、公開番号:  
特開 2011-106915

出願年月日: 2009 年 11 月 16 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

(国際シンポジウム (審査なし))

① Y. Nakajima, K. Ogata, H. Miyazawa, N.  
Takahashi, A. Aki, T. Hanajiri, and T. Sugano,  
“*Development of high-resolution bio-nano  
analytical systems embedded in SOI wafers*”,  
9<sup>th</sup> Int. Symp. on Bioscience and Nanotechnology  
(2011), p.15 (10 Dec.2011, Toyo Univ., Japan).

② K. Ogata, N. Takahashi, A. Aki, Y. Nakajima,  
and T.Hanajiri, “*The Validation of Zeta Potential  
of Biological Cells Estimated by Electrophoresis  
Coulter Method*”, 9<sup>th</sup> Int. Symp. on Bioscience  
and Nanotechnology (2011), p.38 (10 Dec.  
2011, Toyo Univ., Japan).

③ Q. Zhao, H. Miyazawa, Y. Nakajima, T.  
Hanajiri, and T. Sugano, “*Characterization of  
defects near SOI/BOX interface of SOI  
wafere*”, 9<sup>th</sup> Int. Symp. on Bio - science and  
Nanotechnology (2011) p.39 (10 Dec. 2011,  
Toyo Univ., Japan).

④ Y. Watanabe, Y. Nakajima, T. Toyabe,  
T.Hanajiri, and T. Sugano, “*Influence of local  
stress on traps in SOI layers of SOI wafers*”, 8<sup>th</sup>  
Int. Symp. on Bioscience and Nanotechnology.,

p.64(2010)(17-18 Nov.2010,Toyo Univ., Japan).

⑤ K. Ogata, N. Takahashi, A. Aki, Y.  
Nakajima, and T. Hanajiri, “*Extraction of Zeta  
Potential on Channel Walls for Electrophoretic  
Coulter Method Accuracy Improvement*”, 8<sup>th</sup> Int.  
Symp. on Bioscience and Nanotechnology (2010),  
p.65 (17 - 18 Nov. 2010, Toyo Univ., Japan).

⑥ H. Miyazawa, Y. Nakajima, T. Sugano, and T.  
Hanajiri, “*Characterization of distribution of  
traps in SOI layers of SIMOX wafers*”, 8<sup>th</sup> Int.  
Symp. on Bioscience and Nanotechnology (2010)  
p.66 (17 -18 Dec. 2010, Toyo Univ., Japan).

⑦ Y. Watanabe, Y. Nakajima, T. Toyabe, T.  
Hanajiri, and T. Sugano, “*Correlation between  
high-density trap stated and roughness at  
SOI/BOX interface in SIMOX wafers*”, 7<sup>th</sup> Int.  
Symp. on Bioscience and Nanotechnology (2009)  
P. 45 (20 - 21 Nov. 2009, Toyo Univ., Japan).

⑧ T. Tanimura, Y. Nakajima, and T. Hanajiri,  
“*Photoluminescence study of Silicon-On-  
Quartz wafers for high performance Light-  
Emitting Transistors*”, 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Bio-  
science and Nanotechnology (2009) P. 48 (20 -  
21 Nov. 2009, Toyo Univ., Japan).

⑨ N. Takahashi, A. Aki, T. Ukai, Y. Nakajima,  
T. Maekawa and T. Hanajiri, “*Electrophretic  
Coulter Method for Simultaneous Measurement  
of Zeta Potential and distribution of Micro-  
particles Including Biological Cells in a Micro-  
channel*”, 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Bioscience and  
Nanotechnology (2009) P. 48 (20 - 21 Nov. 2009,  
Toyo Univ., Japan).

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

花尻 達郎(HANAJIRI TATSURO)  
東洋大学・理工学部・教授  
研究者番号:30266994

### (2)研究分担者

吉本 智巳(YOSHIMORO TOMOMI)  
東洋大学・理工学部・教授  
研究者番号:60230819

水木 徹(MIZUKI TORU)  
東洋大学・理工学部・助教  
研究者番号:80408997

### (3)連携研究者

柏木 邦宏(KASHIWAGI KUNIHIRO)  
東洋大学・工学部・名誉教授  
研究者番号:30058094  
(平成 23 年 3 月 31 日まで)