

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01394

研究課題名(和文)電気泳動コールター法(ECM)を医療用検査機器として実用化する為の新素材の活用

研究課題名(英文)Utilization of new materials to make practical use of electrophoresis Coulter method (ECM) as medical inspection equipment

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究グループでは、マイクロ流路で微粒子のゼータ電位を測定する電気泳動法とアパーチャーを用いて粒子の大きさと数を測定するコールター法の二つを組合せたECM(Electrophoretic Coulter Method)を独自に提案しており、本研究では、その実用化の為に必要な要素技術の確立を目的とし、さまざまな新素材の面、および流路設計の面から、複数のサブテーマを設定し同時並行的に研究を行い、ヒト生体細胞に対する有用性の検証、ECM実現化の為に新材料の探索とその有用性の検証(イットリウム水素化物やグラフェン酸化物の有用性)およびマイクロ流路の新構造の提案とその有用性の実証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、個々の生体検体のデータ電位が簡便且つ正確に評価できるポータブルECMが実用化されれば、特に臨床医療の現場で、迅速な治療の開始・通院負担の軽減・医療費の抑制などの目的のため、患者の傍らで検体採取し、検査することによって直接的に検査結果が得られる、いわゆる「患者の傍らでの即時検査」POCT(Point of Care Testing)にも貢献する処、非常に大である。

研究成果の概要(英文)：We demonstrated that the ECM can identify whether the present cell state is alive or dead for solutions of IM-9 cells, both before and after dosing using an apoptosis inducer. This approach can be applied to other biological cells and biomaterials, for cases in which their size and/or zeta-potential distributions are influenced by disease. Therefore, the ECM is promising for realization of quick point-of-care diagnostics, such as blood glucose monitoring for diabetic patients and early-stage detection of various diseases in remote healthcare. We also demonstrated that Yttrium hydride (YHx) will be helpful as semiconducting materials for FETs, which would be combined with ECM and graphene oxide(GO) are useful as passivation films of YHx. We also proposed the H-shaped microchannel for suppressing the pressure gradient flow and demonstrated the measurement of the electrophoretic velocity of cells using the proposal microchannel.

研究分野：電子材料工学

キーワード：マイクロチャネル 電気泳動 ゼータ電位 コールター法 ECM POCT

## 1. 研究開始当初の背景

生化学分析分野、医療用検査分野において半導体微細加工技術を駆使した  $\mu$ -TAS (Micro Total Analysis Systems) デバイスの研究・開発が世界中で行われ、溶液の混合、分離、生成、検出などの様々なプロセスを効率的にかつ低サンプルの分析が可能になり、臨床診断やバイオ計測分野で大きく期待されている。

ここで、マイクロ粒子や生体細胞の表面状態を表す指標の1つにゼータ電位がある。ゼータ電位によって例えばマラリア感染した赤血球や、がん細胞の検出、アルツハイマー病の診断などを行うことができる。ゼータ電位測定は蛍光色素および放射性同位体などの標識剤を必要とせず、電気浸透法、流動電位法および電気泳動法など数多くのゼータ電位測定法が提案され検証されてきた。しかしながら、従来法は、個々の粒子のゼータ電位や粒径あるいはそれらの同時測定が原理的に不可能である、もしくは光学系検出システムの為、将来的にポータブル化に不適である。

これらの問題点を解決すべく、顕微鏡電気泳動法について個々の検体のゼータ電位測定に関して一定の成果を上げてきたが、それを更に改善・発展させる形でマイクロチャネルを使用した独自の電気泳動法にコールター法を併用した電気泳動コールター法 (Electrophoretic Coulter Method; ECM) を提案してきた。

本手法は電気信号の解析で評価するため、高価な測定装置を必要としない。また個々の検体のゼータ電位も解析できる。今までに、ECMを用いて、個々の検体の粒径の評価、個々の検体のゼータ電位の評価、抗原抗体反応の検出や異種生体検体の分別などが可能であることを実験的に検証している。

しかしながら、本申請グループでの経験から、ECM デバイスを研究室内試作レベルから実用化レベルにまで発展させるには、以下の問題点が考えられる。(1)ゼータ電位の精度 (precision) : 既存の測定法によって得られたゼータ電位の値との差異。(2)ゼータ電位の確度 (accuracy) : ECMにより得られたゼータ電位のばらつきが大きい。(3)測定の信頼性 (certainty) : 血球等の生体検体が流路内で詰まり動作不良になることが頻発。(4)前処理の簡素化: 測定前に、マイクロ流路に対してウェットな表面処理が必要。(5)測定システムの小型化: 電気信号印加・検出・処理系システムが小型化されていない。

## 2. 研究の目的

上記の ECM の問題点に関しては、従来型電気泳動法にも共通し、本質的な解決をみていない。しかしながら、ECM の着想以来、本申請グループでは  $\mu$ -TAS のプラットフォームとしてガラス基板やシリコン基板に替わり SOQ 基板 (Silicon On Quartz) を用いる提案もしており、特に研究代表者はこの分野における先駆者である。さらに、一方において、本申請グループにおいては、グラフェンおよびその関連物質 (酸化グラフェン (GO)、還元酸化グラフェン (rGO)) 先端カーボン材料を用いた新規バイオセンサーの研究に着手しているが、これらの新規材料について得られた知見、技術を最大限に活用することにより、ECM の実用化に突破口が得られるのではないかと考え、これらの問題解決の為に、本研究グループにおいて充分に実績を有するグラフェンやその関連部物質および SOQ 基板等の新素材の活用を図るのが本研究の目的である。

## 3. 研究の方法

新素材の活用に関しては、複数の材料の可能性に着目し、それぞれのサブテーマを設定し、同時並行的に進める方法を取った。

材料面に関しては、研究計画においては ECM の透明電極用材料としてグラフェンおよびその酸化物を検討していたが、膜の大面积化、均一性などにどうしても克服し難い問題点があることを鑑み、新たな候補材料として、水素化率により金属-半導体転移が生じるイットリウム水素化物や、青色発光デバイス材料や車載半導体材料として注目されている窒化ガリウム (GaN) など、所謂ワイドギャップの半導体材料が適すると考え、それらの新素材の基礎物性評価も同時並行的に行う。構造面に関しては、ECM を用いての細胞表面の電気特性を測定する際に、1. 細胞の電気泳動速度が頗る小さく、流路内の圧力勾配などに起因した液体の流れに隠れ、電気泳動速度のみを測定することが困難である。2. 粒子だけではなく、流路の内壁にも帯電するので、その流れを取り除く必要がある。の2点が実用化を阻む問題点であると考え、その問題解決を図る。

#### 4. 研究成果

本研究グループでは、マイクロ流路で微粒子のゼータ電位を測定する電気泳動法とアパーチャーを用いて粒子の大きさと数を測定するコールター法の二つを組合せた ECM(Electrophoretic Coulter Method)を独自に提案しており、本研究では、その実用化の為に必要な要素技術の確立を目的とし、さまざまな新素材の面、および流路設計の面から、複数のサブテーマを設定し同時並行的に研究を進めてきた。主な成果を以下に記す。

(1) ヒト生体細胞に対する有用性の検証：医療検査等において極めて重要な生体細胞であるヒト多発性骨髄腫・Bリンパ球様(IM-9)に着目し、走査電子顕微鏡(SEM)観察や蛍光顕微鏡観察によりIM-9の生死判定をし、ECMを使用することで単一分析することを目標とし、まず、SEM観察により、IM-9の生細胞の特徴である仮足やアポトーシス細胞の特徴であるアポトーシス小体を確認できた。次に、細胞接着分子の検討を行った。Lリジン(PLL)とフィブロネクチン(FN)の接着の様子の違いについて観察した。ECMに関しては、トリパンプルーの濃度を3種類に分けて、IM-9と混ぜて測定した。トリパンプルーの濃度が濃くなるほど生細胞と死細胞のゼータ電位の差が大きくなり、IM-9を生細胞と死細胞に分ける事が可能となった。本研究グループにおいても、予備実験段階においては、IM-9を浮遊した状態の集団でしか分析できていなかったものが、本研究でのトリパンプルーでの高濃度染色によりそれが初めて可能となった。本研究グループのECM(電気泳動コールター法)に限らず、医療検査のためのマイクロ流路デバイス全般において、生体細胞、特に赤血球と比較して白血球に関しては扱いや正確な測定が非常に難しいが、本研究においては、医療検査等において極めて重要な生体細胞であるヒト多発性骨髄腫・Bリンパ球様(IM-9)に関して、細胞死(ネクローシス・アポトーシス)や接着・増殖している様子を確認することに成功し、非常に大きな進展があった。特に、トリパンプルー染色の濃度により、生細胞と死細胞のゼータ電位の差が大きくなることを見出し、更にその現象を利用して、高濃度トリパンプルー染色をすることにより、従来、浮遊した状態では集団でしか分析できていなかったIM-9に関して、ECMでゼータ電位と細胞の大きさを測定することで単一分析が初めて可能となったのは、予期しない非常に大きな成果である。従来、がんの病態の経過は、診察と画像診断による腫瘍の大きさの評価か、血清腫瘍マーカーと呼ばれる血清中に存在する特定の蛋白質や糖の濃度を測定することで診断されている。しかし、CT検査による画像診断では腫瘍の大きさを測定することは可能だが、その腫瘍が活発に増殖しているのか、もしくは休眠状態にあるのかを知ることは出来ない。また、PET検査では、がんの早期発見は難しく、一部検出できない臓器がある。このような状況の下で、がんの病態の経過観察の実用的な方法が提供できる可能性を、本研究において示すことができたのは予期しない成果である。

(2) ECM実現化の為に新材料の探索とその有用性の検証：ECM実現化の為に新材料に関しては、ECMをチップ上でシステム化する際に、その基盤としてはSOI(Silicon On Insulator)基板やSOQ(Silicon On Quartz)基板が有望であると考えているが、シリコン系材料の他にも、電氣的に耐雑音性が高いためカーエレクトロニクス分野で非常に期待されているワイドギャップ半導体が、光学的にも可視光との相性が良いため、ECMのシステム化に関しても有用性が高いと考え、計画段階では想定していなかった希土類水素化合物に着目し、その基礎物性評価に着手した。イットリウム水素化合物に関して、水素化、脱水素化により金属-半導体転移が再現性良く発現することを確認できた。また、半導体的なイットリウム3水素化合物は、大気中に放置した場合、数時間単位で容易に脱水素化が生じ、半導体的な性質が保持されなくなってしまうが、水素化触媒としてのPt超薄膜の上に更に金属薄膜(Fe, Au, Ti)を成膜することにより、大気中及び室温で半導体的な性質が数日単位で保持され得ること、また、更に加熱することにより水素化率を制御できる可能性があることが実験的に実証できた。一方、金属的なイットリウムについては、ホール測定とその解析によりスピンの拡散長が数十マイクロンにも及ぶことを初めて明らかにし、スピンエレクトロニクスデバイスにおけるスピン注入電極として有望であることを示した。イットリウム水素化合物について、さらに、金属-半導体転移のメカニズムの解明やその制御の可能性について明らかにしAu, Ti, Al, Fe等の金属薄膜が、半導体的な性質を維持するためのパッシベーション膜として有効であることを示した。更に、Pt微粒子含有の窒化アルミニウム(AlN(Pt))に

着目し、これが、室温においては数十日のオーダーで脱水素化を完全に防ぎ、半導体的イットリウム水素化物を維持する効果があり、脱水素化のためのパッシベーション膜としては金属膜より遥かに有効であること、その一方で、本研究グループが2年前に見出したPtの触媒作用による低温での水素化についてこの膜でも十分な効果が得られること、また、電気絶縁性も極めて良好であることを実験的に示した。これは、ゲート絶縁膜を有する半導体的イットリウム水素化物の電子デバイスが作製可能であることを示している。また上記の金属薄膜や絶縁膜とは別に、パッシベーション膜としてグラフェンにも着目した。マイクロ流路と、水素雰囲気により特性が変化するセンサーとの融合により、状態（生か死か）（正常細胞かガン細胞か）により周囲の水素雰囲気に変化する一部の細胞に対して、その状態評価を行える新機能バイオセンサーが作製できることが期待される。これらの新素材の薄膜形成方法として、比較的安価な設備で大面積、低ダメージ、低温での成膜が可能なミスト蒸着法についてもその有効性について実験的検証を行った。

(3) マイクロ流路の新構造の提案とその有用性の実証：新規形状を有するマイクロ流路の設計および試作にも新たに着手した。本研究で行っているECMを用いて細胞表面の電気特性を測定する際には、(1)流路両端をマイクロピペットにより手作業で流量を調整している。そのためこの作業は手間と時間がかかる。(2)細胞の電気泳動速度は非常に小さいために流路内の圧力勾配などに起因した液体の流れに隠れて、電気泳動速度のみを測定することが困難な場合がある。(3)粒子だけではなく、流路の内壁も帯電するために、それによる流れ（これを電気浸透流という。電気浸透流については、本研究グループにおいても、流路のサイズやMPCコーティング濃度等の最適化を行い、かなり抑制することが確認できている。）も除去する必要がある、などの問題点が挙げられる。これらの問題点を解決するため、流路の形状を工夫することで圧力勾配による液体の流れも抑制し、粒子の電気泳動速度を簡便に測定する装置を開発することを検討した。新規にH形マイクロ流路を提案し、他にも $\theta$ 形・Y $\theta$ 形・Y形マイクロ流路の3種類を設計・作製した。予備実験として各流路にインクと純水を流し、おおむねどの新規構造も圧力勾配流れの影響が抑制に対して効果があることを確認すると共に、以下に示すような課題を明らかにしそれに対する改善策を示した。1. 排水部に発生する液だまりにより圧力勾配が流れに影響を与えているので、これを抑えることである。圧力勾配を抑えるためには、排水部にチューブなどを用いてマイクロ流路の排水部に装着し、排液をビーカーなどに排水することで液だまりも発生せずに圧力勾配も抑えられると予想している。2. 次に、シリンジポンプの脈動によりマイクロ流路内部での流れの変化を抑える必要がある。これにはチューブを介せずにシリンジポンプをマイクロ流路に直接、接続することが有効であると考えている。3. 最後に、マイクロ流路個体差による性能のばらつき。実用化に際しては最大の課題であるが、プロセスの再現性、材料の安定性の検証、注入口の穴開け作業の自動化（手作業の排除）など考えられ得ることを地道に根気よく行っていくしかない。

(4) システム・オン・チップ化の為の基礎的検討：この他に、将来的にECMを組み込んだシステム・オン・チップ化の為の基礎的検討を行った。実用的なECMのための新規材料としては、本研究グループでは早くからSOI(Silicon On Insulator)基板にも着目しているが、本研究においても、通常のマイクロ流路デバイスと異なり粒子の検出や粒子のサイズ、ゼータ電位の評価を電氣的に行えることが最大の長特であるECMの電気出力についてFETを用いた信号検出回路を用いてその信号処理を行う1つのシステムを構築し、それをチップ化することがいづれ必要になると考え、将来的なデバイス試作を視野に入れて、SOI基板上に作成するFET、特にFinFETと呼ばれる先端MOSFETに関して、そのデバイスシミュレーションも行い、リーク電流が少ない微小サイズのFETの設計指針を明らかにした。また、本研究で着目したワイドギャップ半導体として(2)で述べた希土類水素化物の他に、カーエレクトロニクス分野で最有望材料として研究されているワイドギャップ化合物半導体GaNにも着目し、GaNの細線を用いた新規構造の微小FETを提案し、その試作と動作確認も行った。システムのポータブル化のためにはチップ上の電源として太陽電池の組み込みも必要になると考え、バイオ材料との適合性が高い有機半導体の一部に用いた太陽電池を提案し、その有用性についても実験的実証も行った。更に、将来的なデバイス特性評価（電氣的測定）も視野に入れて、化合物半導体を用いた多層薄膜構造について、その電氣的特性を非破壊で評価する方法を提案し、その実験的実証も行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 T. Sakai, M. Sakai, T. Kobayashi, M. Yasutake, S. Akisato, R. Mikami, N. Suganuma, Y. Takahashi, Y. Nakajima, M. Tokuda, Y. Fujii, T. Hanajiri	4. 巻 669
2. 論文標題 Low-temperature synthesis of hydride semiconductor YH <sub>3</sub> -delta using Pt capped Y films and its chemical thermodynamics analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 288-293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2018.10.054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 K. Hirata, T. Uchida, Y. Nakajima, T. Maekawa, T. Mizuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Chemical synthesis and cytotoxicity of neo-glycolipids; rare sugar-glycerol-lipid compounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 HELIYON	6. 最初と最後の頁 e00861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2018.e00861	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 M. Kumar, AC. Poulouse, Y. Nakajima, D. Sakthi Kumar, V. Kumar, R. Singh,	4. 巻 104
2. 論文標題 Anomalous emission from oxygen incorporated GaN nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICA E-LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS & NANOSTRUCTURES	6. 最初と最後の頁 187-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physe.2018.07.031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 NS. Abd Aziz, Y. Nakajima, H. Sato, T. Maekawa, T. Maekawa, AM. Hashim	4. 巻 53
2. 論文標題 One-pot green synthesis of Ag nanoparticle-decorated reduced graphene oxide composites: effect of Ag/graphene oxide volume ratio and its demonstration as low-voltage on-chip photodetector	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE	6. 最初と最後の頁 11620-11632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-018-2403-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Shimizu, K. Ogata, S. Iwai, N.Takahashi, A. Aki, T. Mizuki, T. Maekawa and T. Hanajiri	4. 巻 89
2. 論文標題 Detection and analysis of targeted biological cells by electrophoretic Coulter method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Anal. Chem	6. 最初と最後の頁 12450-12457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.7b03533	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 J. Hossain, K. Kasahara, D. Harada, A.T.M.Saiful Islam, R. Ishikawa, K. Ueno, T. Hanajiri, Y. Nakajima, Y. Fujii, M. Tokuda, H. Shirai	4. 巻 122
2. 論文標題 Barium hydroxide hole blocking layer for front- and back-organic/crystalline Si heterojunction solar cells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 055101-055101-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4985812	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 ATMS. Islam, ME. Karim, A. Rajib, Y. Nasuno, T. Ukai, S. Kurosu, M. Tokuda, Y. Fujii, Y. Nanajima, T. Hanajiri, H. Shirai	4. 巻 114
2. 論文標題 Chemical mist deposition of organic for efficient front- and back-PEDOT:PSS/crystalline Si heterojunction solar cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 APPLIED PHYSICS LETTERS	6. 最初と最後の頁 193901-193901-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1063/1.5096579	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 N. Keswani, Y. Nakajima, N. Chauhan, T.Uka, H. Chakraborti, K. D. Gupta, T.Hanajiri, S.Kumar,Y.Ohno, H.Ohono P.Das	4. 巻 116
2. 論文標題 Complex switching behavior of magnetostatically coupled single-domain nanomagnets probed by micro-Hall magnetometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 APPLIED PHYSICS LETTER	6. 最初と最後の頁 102401-102401-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1063/1.5144841	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 P. Muniyandi, V. Palaninathan, T. Miziki, T.Maekawa, T.Hanajiri, S. Mohamed	4. 巻 3
2. 論文標題 Poly(lactic-co-glycolic acid)/Polyethylenimine Nanocarriers for Direct Genetic Reprogramming of MicroRNA Targeting Cardiac Fibroblasts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS APPLIED NANO MATERIALS	6. 最初と最後の頁 2491-2505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1021/acsanm.9b02586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 P. Muniyandi, V. Palaninathan, S. Veerananarayanan, T.Ukai,T.Maekawa, T.Hanajiri, S. Mohamed	4. 巻 12
2. 論文標題 ECM Mimetic Electrospun Porous Poly (L-lactic acid) (PLLA) Scaffolds as Potential Substrates for Cardiac Tissue Engineering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 POLYMERS	6. 最初と最後の頁 451-1-451-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.3390/polym12020451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Mizuki, S. Mohamed, and T.Hanajiri,
2. 発表標題 Characterization of Biological Cell Viability by Electrophoretic Coulter Method
3. 学会等名 IEEE Nanomed 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 E. Karim, T. Ukai, D. Harada, A.T.M. Islam <sup>1</sup> , S. Kurosu, Y. Nakajima, Y. Fujii, M. Tokuda,, T. Hanajiri, R. Ishikawa, K. Ueno, H. Shirai
2. 発表標題 PEDOT:PSS/n-Si heterojunction solar cells with ALD-AI2O3/n-Si field effect inversion layer
3. 学会等名 6th Korea-Japan Joint Symposium on Advanced Solar Cells 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Mizuki, T. Hanajiri
2 . 発表標題 Detection and analysis of targeted biological cells by electrophoretic Coulter method
3 . 学会等名 The 9th International conference on materials for advanced technologies ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Tanaka, S. Yamakawa, Y. Fujii, Y. Nakajima, M. Sakai, T. Hanajiri
2 . 発表標題 Analysis of thin multi-layer structures by using Hall effect measurement
3 . 学会等名 The 12th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT2017) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Yamakawa, Y. Tanaka, Y. Osawa, T. Kawakita, H. Shimazu, Y. Nakajima, T. Yamada, T. Hanajiri
2 . 発表標題 A New Scaling Parameter of FinFETs
3 . 学会等名 The 12th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT2017) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Mizuki, T. Hanajiri
2 . 発表標題 Electrophoretic Coulter method for identification of normal cells or dead cells
3 . 学会等名 5th European Conference on MicroFluidics 2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年



1. 発表者名 J. Kaneko, Y. Tanaka, S. Yamakawa, K. Sasaki, N. Takahashi, T. Hanajiri
2. 発表標題 Scaling Rules for Multi-gate MOSFETs and Their Veri-fication by 3D Device Simulation
3. 学会等名 ICMAT 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Matsudo, J. Kaneko, Y. Tachalert, T. Fujino, Y. Nakajima, M. Tokuda, Y. Fujii, O. Nakamura, M. Sakai, T. Hanajiri
2. 発表標題 Stabilization and Control of the Ratio of YH3 to YH2 in Yttrium Hydride
3. 学会等名 ICMAT 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋里 宗次郎、佐藤 枢、菅沼 奈央、三上 亮太、高橋 侑太郎、芦沢 優吾、酒井 政道、花尻 達郎、中島 義賢、徳田 正秀、藤井 泰彦、粟野 博之
2. 発表標題 フェリ磁性体TbFeを電極に用いたイットリウムホール効果
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Mizuki, T. Hanajiri
2. 発表標題 Detection and analysis of targeted biological cells by electrophoretic Coulter method
3. 学会等名 The 9th International conference on materials for advanced technologies, Suntec international convention & exhibition centre (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Nakajima, T. Ukai, T. Mizuki, T. Hanajiri
2. 発表標題 Electrophoretic Coulter method for identification of normal cells or dead cells
3. 学会等名 5th European Conference on MicroFluidics 2018, University of Strasbourg (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Tanaka, S. Yamakawa, Y. Fujii, Y. Nakajima, M. Sakai, T. Hanajiri
2. 発表標題 Analysis of thin multi-layer structures by using Hall effect measurement
3. 学会等名 The 12th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Yamakawa, Y. Tanaka, Y. Osawa, T. Kawakita, H. Shimazu, Y. Nakajima, T. Yamada, T. Hanajiri
2. 発表標題 A New Scaling Parameter of FinFETs
3. 学会等名 The 12th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅沼 奈央, 佐藤 枢, 秋里 宗次郎, 三上 亮太, 高橋 侑太郎, 芦沢 優吾, 酒井 政道, 中村 修, 花尻 達郎, 中島 義賢, 徳田 正秀, 藤井 泰彦
2. 発表標題 Pt触媒を用いて作製した半導体相YH3のホール効果
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂井 琢磨, 佐藤 枢, 三上 亮太, 菅沼 奈央, 秋里 宗次郎, 酒井 政道, 花尻 達郎, 中島 義賢, 徳田 正秀, 藤井 泰彦, 中村 修
2. 発表標題 Pt触媒を用いた低濃度水素によるYの完全水素化
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 拓也, 三上 亮太, 菅沼 奈央, 秋里 宗次郎, 酒井 政道, 花尻 達郎, 中島 義賢, 徳田 正秀, 藤井 泰彦, 中村 修
2. 発表標題 Pt/Ni二層触媒を用いた低濃度水素によるYの三水素化
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 侑太郎, 秋里 宗次郎, 菅沼 奈央, 三上 亮太, 芦澤 優吾, 川口 颯天, 酒井 政道, 花尻 達郎, 中島 義賢, 徳田 正秀, 藤井 泰彦, 栗野 博之
2. 発表標題 Tb33Fe67電極からYH <sub>2</sub> へのスピン注入及び電極 - チャネル間Ti膜の影響
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上 亮太, 秋里 宗次郎, 菅沼 奈央, 芦澤 優吾, 高橋 侑太郎, 川口 颯天, 酒井 政道, 花尻 達郎, 中島 義賢, 徳田 正秀, 藤井 泰彦, 栗野 博之
2. 発表標題 Tb33Fe67を電極に用いたYのホール効果における電極 - チャネル間Ti膜厚依存性
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒木宇紀, 今井滉貴, 原田大輔, 黒須俊治, 中島義賢, 藤井康彦, 徳田正秀, 花尻達郎, 石川良, 白井肇
2. 発表標題 トライオード電極構造による帯電ミスト輸送過程の診断
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 枢、芦沢 優吾、高橋 侑太郎、川口 颯天、Aktar Mst. Sanjida、三上 亮太、秋里 宗次郎、菅沼 奈央、吉住 年弘、酒井 政道、花尻 達郎、中島 義賢、徳田 正秀、藤井 泰彦、長谷川 繁彦、中村 修、Thach Pham Van、栗野 博之
2. 発表標題 Hall-bar法を用いた電子および正孔スピンの対向注入下におけるYH <sub>2</sub> の共鳴ホール効果
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芦澤 優吾、高橋 侑太郎、川口 颯天、山崎 郁生、Sanjida Aktar、酒井 政道、吉住 年弘、花尻 達郎、徳田 正秀、藤井 泰彦、Pham Van Thach、栗野 博之、長谷川 繁彦、中村 修
2. 発表標題 Gd <sub>25</sub> Fe <sub>66</sub> Co <sub>9</sub> 電極を用いたY単層のホール効果測定
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口 颯天、芦澤 優吾、高橋 侑太郎、山崎 郁生、Aktar Mst. Sanjida、酒井 政道、吉住 年弘、花尻 達郎、徳田 正秀、藤井 泰彦、中村 修、Thach Pham Van、栗野 博之、長谷川 繁彦
2. 発表標題 両極性伝導体YH <sub>2</sub> におけるスピン拡散長の評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 那須野 勇樹、Karim Enamul、黒須 俊治、鷓飼 智文、徳田 正秀、藤井 泰彦、花尻 達郎、石川 良、上野 啓司、白井 肇
2. 発表標題 溶液プロセスによる極薄TiO <sub>x</sub> 層の形とPEDOT:PSS/n-Si系太陽電池の正孔ブロッキング層への応用
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中島 義賢 (Nakajima Yoshikata)  (40408993)	大阪大学・ナノサイエンスデザイン教育研究センター・特任准教授(常勤)  (14401)	
研究分担者	水木 徹 (Mizuki Toru)  (80408997)	東洋大学・バイオ・ナノエレクトロニクス研究センター・研究助手  (32663)	