

# ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol. 6

April 2013 - March 2014

## 研究成果報告書

第6巻

平成25年4月—平成26年3月



RESEARCH INSTITUTE FOR NANODEVICE AND BIO SYSTEMS  
HIROSHIMA UNIVERSITY

広島大学 ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

# Preface

The Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS) was founded on May 1, 2008 with the faculty members of the Department of Semiconductor Electronics and Integration Science and the Department of Molecular Biotechnology at the Graduate School of Advanced Sciences of Matter as well as the Graduate School of Biomedical Sciences. RNBS consists of four research divisions; (1) Nanointegration Research Division, (2) Integrated Systems Research Division, (3) Molecular Bioinformation Research Division, and (4) Nanomedicine Research Division.

The forerunner of this institute was The Research Center for Integrated Systems (RCIS) which was founded in 1986 as a ministerial ordinance. The first center was reorganized after 10 years and The Research Center for Nanodevices and Systems (RCNS) was established in May, 1996.

It has been 28 years since the first RCIS was established by the first Director Dr. Masataka Hirose, Emeritus Advisor of National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Professor Emeritus of Hiroshima University. We also would like to thank the first Associate Director, Prof. Mitsumasa Koyanagi, Tohoku University, and Dr. Yasuhiro Horiike, Fellow, National Institute for Materials Science.

The research at RNBS has been focused on silicon integrated circuits, devices, processes and materials so that the significant research results have been achieved as one of the prominent research institute among the national universities. The RNBS plays important roles not only as a research laboratory but also as an education institute, where graduate students and under graduate students as well as postdoctoral researchers have been studying on the most advanced leading-edge technologies to become independent leading researchers who conduct their researches by themselves in future semiconductor industries. The reputations of the graduates from the RNBS have been extremely high in the semiconductor industries.

The RNBS has achieved numerous projects supported by Japanese and local governments such as Nanotechnology Platform, Ministry of Education, Culture, Sports and Science and Technology (2012-2022), Development of Systems and Technology for Advanced Measurement and Analysis, Japan Science and Technology Agency (2013-2016), Grant-in-Aid for Scientific Research (A) (2013-2017) by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The RNBS has also been selected as one of the members of the National University Research Institute and Research Center Council.

This annual report offers comprehensive information about the recent research activities and achievements at the RNBS to those who are engaged in the fields of advanced technologies. We hope this report will contribute to the mutual exchange of ideas and future progress of the researches on advanced integration of nanodevice and bio systems.

December 1, 2014

Takamaro Kikkawa  
Director  
Research Institute for Nanodevice and Bio Systems  
Hiroshima University



## 巻頭言

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は2008年5月1日に大学院先端物質科学研究科半導体集積科学専攻の研究グループと分子生命機能科学専攻の研究グループおよび大学院医歯薬学総合研究科、歯学部の研究グループの協力を得て学内措置で設立されました。これまでの半導体研究の実績に加えて、バイオテクノロジーとの融合をめざし、さらには医学・医療との融合をめざした基盤技術の研究を推進するため、研究領域はナノ集積科学、集積システム科学、分子生命情報科学、集積医科学の4つからなっています。

本研究所の前身は文部科学省の省令センターとして1986年に設立された集積化システム研究センターです。1996年5月にはナノデバイス・システム研究センターとして新たに改組設立されました。最初のセンター設立から22年目に研究所を設立いたしました。

28年以上の実績を有するセンターは初代センター長の廣瀬全孝先生(現産業技術総合研究所研究顧問、広島大学名誉教授)をリーダーに、初代センター主任の小柳光正先生(元広島大学教授、現東北大学客員教授)、クリーンルーム立ち上げにご尽力いただいた堀池靖浩先生(元広島大学教授、現物質材料研究機構フェロー)をはじめとする諸先輩の努力の賜です。

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は我が国の大学の中でもユニークな存在です。28年間一貫して、シリコン集積回路、デバイス、プロセス、材料の研究を続けており、この分野では国内でも有数の研究機関としてその研究成果を着実にあげてきました。さらに、我が国の半導体産業の将来を担う、学部学生、大学院生、博士研究員らの人材育成にも力を入れてきました。最先端技術の研究を通して、世界に発信できる研究者を育成すべく、学生、研究員が自ら研究を企画し、自立して研究開発を進める能力を持つことができるよう教育指導しており、その実績は産業界から高く評価されております。

これまでの研究実績として、文部科学省ナノテクノロジープラットフォームプロジェクト(2012-2022)、科学技術振興機構研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)(2013-2016)、科学研究費助成基盤研究費(A)などの大型プロジェクトに採択されて、研究を加速推進しております。

アニュアルリサーチレポートはナノデバイス・バイオ融合科学研究所の最近1年間の研究活動と研究成果の一端をまとめて、先端技術の研究・教育に携わる方々に最新情報を共有していただくために発行しています。このレポートが今後ともこの分野での研究交流の一助になれば幸いです。

2014年12月1日

広島大学  
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所  
所長 吉川公麿

# CONTENTS

Preface

1	Organization of Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS)	.....
2	Staff of RNBS	.....
3	Executive Committee Members of RNBS	.....
4	Research Divisions of RNBS	.....
4.1	Nanointegration Research Division	.....
4.1.1	Research projects in nanointegration research division	.....
4.1.2	Research highlights in nanointegration research division	.....
I.	Biomedical electronics: UWB-based breast cancer detection	.....
II.	Biomedical electronics: IR-UWB-CMOS switching matrix	.....
III.	Ring-resonator biosensor using multi-slot waveguide	.....
IV.	Sucrose detection using differential Si ring optical resonators with flow channel	.....
V.	Grain growth control by micro-thermal plasma jet irradiation on amorphous silicon strips and high speed operation of CMOS circuit	.....
VI.	Synthesis of a new donor-acceptor polymer and application as a high-voltage polymer solar cell material	.....
VII.	Coating of carbon nanotubes in gas phase	.....
VIII.	Biomolecule detection based on Si single-electron transistors for practical use	.....
IX.	Silicon carbide (SiC) devices: SiC power devices and SiC integrated circuits for harsh environments	.....
X.	Bi-axially oriented poly-Si thin films by continuous-wave laser crystallization with multi-line beams and thin film transistor with high electron mobility	.....
XI.	MISFET-type silicon optical modulator based on surface plasmon resonance	.....
4.2	Integrated Systems Research Division	.....
4.2.1	Research projects in integrated systems research division	.....
4.2.2	Research highlights in integrated systems research division	.....
I.	Die-to-die and within-die MOSFET-variation extraction of 65nm CMOS technology for circuit-variation simulation	.....
II.	Digital associative memory for word-parallel manhattan-distance-based vector quantization	.....

III.	Pipeline scanning architecture for traffic sign detection with computation reduction .....	
IV.	A hardware-oriented number recognition algorithm for speed traffic-sign recognition system .....	
V.	High speed feature extraction architecture in CAD system for colorectal endoscopic images with NBI magnification .....	
VI.	Real-time type classification architecture based on support vector machine for colorectal endoscopic images with NBI magnification .....	
4.3	Molecular Bioinformation Research Division .....	
4.3.1	Research projects in molecular bioinformation research division .....	
4.3.2	Research highlights in molecular bioinformation research division .....	
I.	Selective detection of anti-allergen antibody in serum using Si ring optical resonators and Si-binding allergen molecules .....	
II.	Oriented immobilization of functional proteins on a Si wafer using the Si-binding protein “Si-tag”: application to biosensing devices .....	
4.4	Nanomedicine Research Division .....	
4.4.1	Research projects in nanomedicine research division .....	
4.4.2	Research highlights in nanomedicine research division .....	
I.	Development of novel therapy against hepatitis viruses using human hepatocyte chimeric mice .....	
II.	Development of anti-hepatitis virus therapy based on analysis of human genomes .....	
III.	Measurement of complex impedance of affected or unaffected skin .....	
IV.	Titanium immobilized with an antimicrobial peptide derived from histatin accelerates the differentiation of osteoblast .....	
5	Activities related to RNBS .....	
5.1	Nanotechnology Network Japan .....	
6	Research Facilities of RNBS .....	
6.1	Super clean rooms .....	
6.2	Equipment for advanced devices and LSI fabrication .....	
6.3	Characterization and diagnostics equipment .....	
6.4	VLSI CAD environment .....	

7 List of Publications .....  
7.1 Advanced device, process, and material technologies for ULSI .....  
7.2 Self-assembling technologies and quantum structure .....  
7.3 Technologies for intelligent systems .....  
7.4 Technologies for sensing devices and systems .....  
7.5 Medical science and technology .....  
8 List of Forthcoming or Published Papers after April 2014 .....

# 1. Organization of Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS)

## ナノデバイス・バイオ融合科学研究所組織



## 2. Staff of Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS)

---

### ナノデバイス・バイオ融合科学研究所構成員

#### Nanointegration Research Division

---

#### ナノ集積科学研究部門

Takamaro Kikkawa 吉川 公麿	Director of RNBS and Professor 研究所長, 教授
Shin Yokoyama 横山 新	Associate Director and Professor 副研究所長, 教授
Mitiko Miura-Mattausch 三浦 道子	Professor 教授
Seiichirou Higashi 東 清一郎	Professor 教授
Johji Ohshita 大下 浄治	Professor 教授
Kazuo Takimiya 瀧宮 和男	Professor 教授
Manabu Shimada 島田 学	Professor 教授
Anri Nakajima 中島 安理	Associate Professor 准教授
Shin-Ichiro Kuroki 黒木 伸一郎	Associate Professor 准教授
Shuhei Amakawa 天川 修平	Associate Professor 准教授
Hideki Murakami 村上 秀樹	Assistant Professor 助教
Hiroaki Hanafusa 花房 宏明	Assistant Professor 助教
Tetsuo Tabei 田部井 哲夫	Assistant Professor (Special Appointment) 特任助教
Yoshiteru Amemiya 雨宮 嘉照	Assistant Professor (Special Appointment) 特任助教



## **Integrated Systems Research Division**

---

### **集積システム科学研究部門**

Hans Jürgen Mattausch マタウシュ ハンス ユルゲン	Professor 教授
Minoru Fujishima 藤島実	Professor 教授
Idaku Ishii 石井 抱	Professor 教授
Kazufumi Kaneda 金田 和文	Professor 教授
Tetsushi Koide 小出 哲士	Associate Professor 准教授
Mamoru Sasaki 佐々木 守	Associate Professor 准教授
Tsuyoshi Yoshida 吉田 毅	Associate Professor 准教授
Toru Tamaki 玉木 徹	Associate Professor 准教授
Takeshi Takaki 高木 健	Associate Professor 准教授
Tadayoshi Aoyama 青山 忠義	Assistant Professor 助教

## **Molecular Bio-information Research Division**

---

### **分子生命情報科学研究部門**

Masakazu Iwasaka 岩坂 正和	Professor 教授
Akio Kuroda 黒田 章夫	Professor 教授
Takashi Yamada 山田 隆	Professor 教授

Seiji Kawamoto Associate Professor  
河本 正次 准教授

Takeshi Ikeda Assistant Professor  
池田 丈 助教

## Nanomedicine Research Division

---

### 集積医科学研究部門

Kazuaki Chayama Professor  
茶山 一彰 教授

Michihiro Hide Associate Director and Professor  
秀 道広 副研究所長, 教授

Hiroki Nikawa Professor  
二川 浩樹 教授

Koichi Kato Professor  
加藤 功一 教授

Kazuhiro Tsuga Associate Professor  
津賀 一弘 准教授

Yuhki Yanase Assistant Professor  
柳瀬 雄輝 助教

Shigeto Yoshida Researcher  
吉田 成人 研究員

## Nanotechnology Platform

---

### ナノテクノロジープラットフォーム

Masataka Fukuyama Chief and Visiting Professor  
福山 正隆 主任, 客員教授

## Visiting Professor

---

### 客員教授

Yuji Miyahara 宮原 裕二	Visiting Professor 客員教授
Takashi Ito 伊藤 隆司	Visiting Professor 客員教授
Hiroshi Ohki 大木 博	Visiting Professor 客員教授
Seiichi Miyazaki 宮崎 誠一	Visiting Professor 客員教授

## Researchers

---

### 研究員

Azhari Afreen アズハリ アフリーン	Post Doctoral Researcher 機関研究員 (2010.5～)
Hoang Anh Tuan ホアン アイン トゥワン	Post Doctoral Researcher 機関研究員 (2012.11～)
Jin Matsugaki 松垣 仁	Researcher, Nanotechnology Platform ナノテクノロジープラットフォーム研究員 (2010.6～2014.3)
Tadashi Sato 佐藤 旦	Researcher, Nanotechnology Platform ナノテクノロジープラットフォーム研究員 (2011.7～)
Katsuhiro Aritome 有留 克洋	Researcher, CREST CREST研究員 (2012.4～)

## Overseas Researchers

---

### 外国人研究員

Qing Liu 劉 晴	Overseas Special Researcher 外国人特別研究員 (2011.6.2～2013.6.1)
-----------------	--

## Advisory Board

---

### 顧問

Masataka Hirose 廣瀬 全孝	Professor Emeritus, Hiroshima University 広島大学名誉教授
Hisatsune Watanabe 渡辺 久恒	Counselor, EUVL Infrastructure Development Center, Inc. 株式会社EUVL基盤開発センター 相談役

## Visiting Staff

---

### 客員スタッフ

Hirofumi Fukumoto 福本 博文	Visiting Scientist, Asahi Kasei Corporation 客員研究員, 旭化成(株) (2007.12～)
Tomonori Maeda 前田 知徳	Visiting Scientist, Phenitec Semiconductor Corporation 客員研究員, フェニテックセミコンダクター(株) (2009.11～)
Seiji Ishikawa 石川 誠治	Visiting Scientist, Phenitec Semiconductor Corporation 客員研究員, フェニテックセミコンダクター(株) (2011.4～)
Hiroshi Sezaki 瀬崎 洋	Visiting Scientist, Phenitec Semiconductor Corporation 客員研究員, フェニテックセミコンダクター(株) (2012.7～)
Shinji Nagata 長田 眞司	Visiting Scientist, Tazmo Corporation 客員研究員, タツモ(株)
Nguyen Viet Hung グウェン ヴィエット フン	Visiting Scientist, Tazmo Corporation 客員研究員, タツモ(株)
Toshiaki Hirota 廣田 俊明	Visiting Scientist, Tazmo Corporation 客員研究員, タツモ(株)
Hirofumi Tanaka 田中 博文	Visiting Scientist, Mitsui Chemicals Incorporated 客員研究員, 三井化学(株)
Shoko Ono 小野 昇子	Visiting Scientist, Mitsui Chemicals Incorporated 客員研究員, 三井化学(株)

Yasuhisa Kayaba 茅場 靖剛	Visiting Scientist, Mitsui Chemicals Incorporated 客員研究員, 三井化学(株)
Takeshi Kumaki 熊木 武志	Visiting Scientist, Department of VLSI System Design, College of Science & Engineering, Ritsumeikan University 客員研究員, 立命館大学理工学部電子情報デザイン学科
Syozo Takada 高田 省三	Visiting Scientist, Asahi Kasei E-materials Corporation 客員研究員, 旭化成イーマテリアルズ株式会社
Kenji Sakamoto 坂本 憲児	Visiting Scientist, Center for Microelectronic System, Kyusyu Institute of Technology 客員研究員, 九州工業大学マイクロ化総合技術センター
Akihiro Toya 外谷 昭洋	Visiting Scientist, Kure National College of Technology 客員研究員, 呉工業高等専門学校
Naonori Fujiwara 藤原 直憲	Visiting Scientist, Micron Technology, Inc. 客員研究員, マイクロン

## Supporting Staff

---

### 補佐員

Fumitaka Nishiyama 西山 文隆	Technical Assistant 技術補佐員
Chiaki Ashihara 葦原 千秋	Office Assistant 事務補佐員
Naoko Nakatani 中谷 尚子	Office Assistant 事務補佐員
Mayumi Fujioka 藤岡 真由美	Office Assistant 事務補佐員
Uemiya Akinori 上宮 昭紀	Office Assistant 事務補佐員
Naofumi Yamamoto 山本 尚史	Manager 専門員
Ken Kuwahara 桑原 健	Manager 主査

### 3. Executive Committee Members of Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS)

---

#### ナノデバイス・バイオ融合科学研究所運営委員会委員

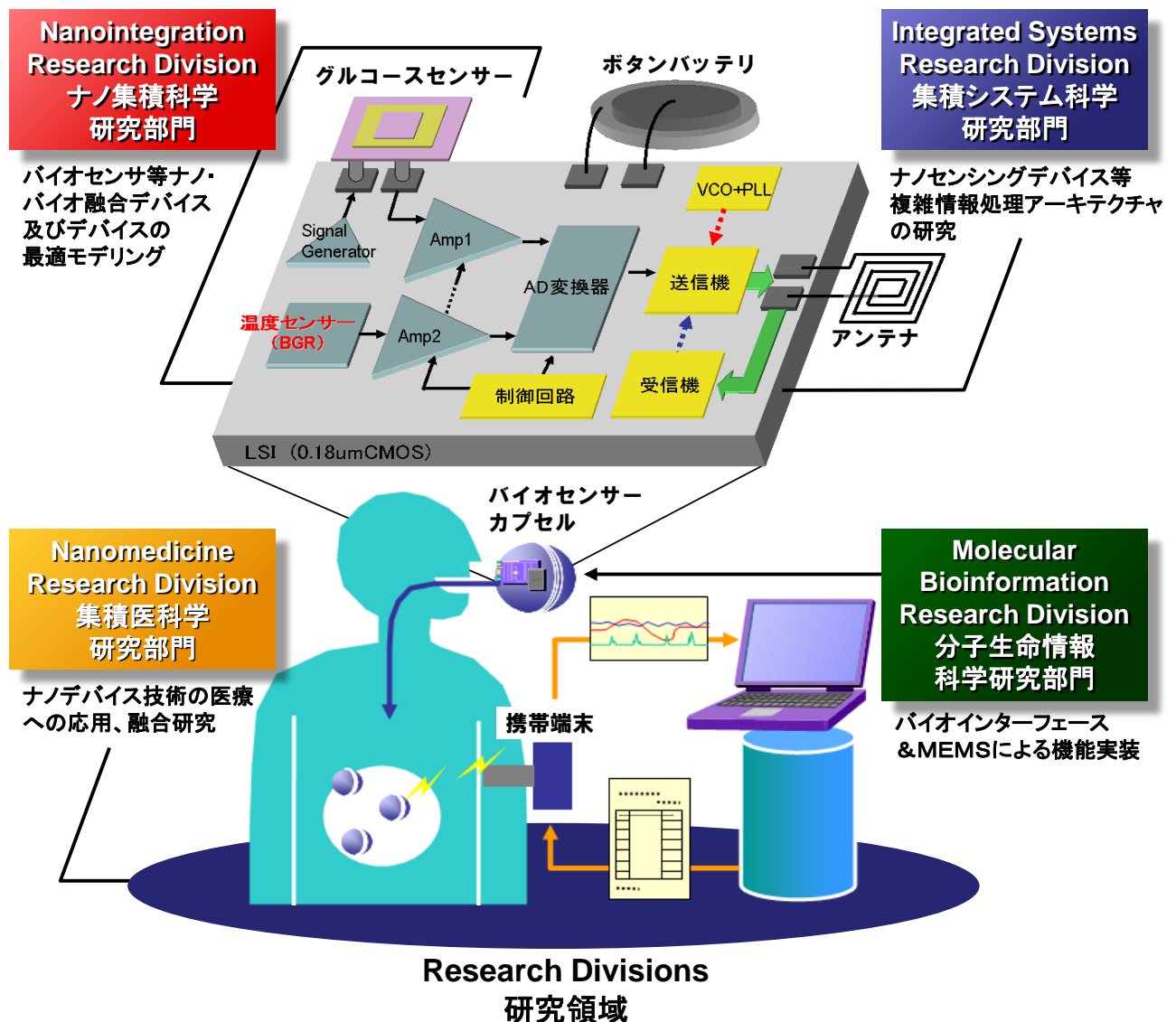
Takamaro Kikkawa 吉川 公麿	Director and Professor 研究所長・教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Shin Yokoyama 横山 新	Associate Director and Professor 副研究所長・教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Michihiro Hide 秀 道広	Associate Director and Professor 副研究所長・教授	Graduate School of Biomedical Sciences 医歯薬学総合研究科
Hans Jürgen Mattausch マタウシュ ハンス ユルゲン	Professor 教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Akio Kuroda 黒田 章夫	Professor 教授	Graduate School of Advanced Sciences of Matter 先端物質科学研究科
Seichirou Higashi 東 清一郎	Professor 教授	Graduate School of Advanced Sciences of Matter 先端物質科学研究科
Toshikazu Ekino 浴野 稔一	Professor 教授	Graduate School of Integrated Arts and Sciences 総合科学研究科
Toshihiro Kuroiwa 黒岩 芳弘	Professor 教授	Graduate School of Science 理学研究科
Toshio Tsuji 辻 敏夫	Professor 教授	Institute of Engineering 工学研究院
Yoshihiro Sanbongi 三本木 至宏	Professor 教授	Graduate School of Biosphere Sciences 生物圏科学研究科
Hiroki Nikawa 二川 浩樹	Professor 教授	Graduate School of Biomedical Sciences 医歯薬学総合研究科(歯)
Anri Nakajima 中島 安理	Associate Professor 准教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Tetsushi Koide 小出 哲士	Associate Professor 准教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
Shin-Ichiro Kuroki 黒木 伸一郎	Associate Professor 准教授	RNBS ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

## 4. Research Divisions of Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS)

### ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の研究領域

The Research Institute for Nanodevice and Bio Systems was founded on May 1, 2008, aiming to develop the fundamental technologies necessary to achieve global excellence in electronic and bio integrated sciences for preventive medicine and ubiquitous diagnoses on early stages of illnesses in the future advanced medical-care society beyond the present information society. The research field includes Nanointegration, Integrated Systems, Molecular Bioinformation and Nanomedicine.

ナノデバイス・バイオ融合科学研究所は情報化社会の先にある高度医療保障社会に向けた、予防医学やユビキタス病気早期診断を実現するためのエレクトロニクスとバイオテクノロジーの集積科学基盤技術を開発するグローバルな教育研究拠点を構築することを目的として設立された。研究領域はナノ集積科学、集積システム科学、分子生命情報科学、集積医科学の4つからなる。



## 4.1 Nanointegration Research Division

---

### ナノ集積科学研究部門

At the Nanointegration Research Division we focus the research on nanodevices, fabrication processes, nanointegration, nano-bio integration devices, photonic devices, nano-quantum devices, thin film devices, nanodevice modeling and functional materials.

ナノ集積科学研究部門では、ナノデバイス、プロセス、ナノインテグレーション、ナノバイオ融合デバイス、フォトニックデバイス、ナノ量子デバイス、薄膜デバイス、ナノデバイスモデリング、機能性材料等に関する研究を行っている。

#### 4.1.1 Research projects in nanointegration research division

---

##### ナノ集積科学研究部門における研究プロジェクト

The outlines of research projects at the Nanointegration Research Division are as follows.

ナノ集積科学研究部門における研究プロジェクトの主なものの概要を紹介する。

#### 1. Biomedical electronics: UWB-based breast cancer detection (Prof. T. Kikkawa)

##### バイオメディカルエレクトロニクス: インパルス無線による乳がん検出

A compact 4x4 planar ultrawideband (UWB) antenna array with the total size of 44x52.4 mm was developed for radar-based breast cancer detection system. The center frequency and the bandwidth of the antenna were 6 and 12.5 GHz, respectively. The three-dimensional confocal imaging was carried out for both homogeneous and inhomogeneous breast phantom structures including a glandular phantom. The SCRs for a 5x5x5-mm<sup>3</sup> target in the homogeneous phantom and the inhomogeneous phantom with the glandular layer were 4.08 and 2.94 dB, respectively. Two separate tumor phantom targets having the size of 10x10x1 mm<sup>2</sup> with the separation distance of 10 mm in the homogeneous phantom were resolved.

UWB レーダー技術をベースにした乳がん検出システムのためにコンパクトな 4 行 4 列のサイズ 44 mm x 52.4 mm の超広帯域アンテナアレイを開発した。(図 1)。中心周波数および帯域幅はそれぞれ 6 GHz と 12.5GHz である。3 次元共焦点画像処理アルゴリズムにより均一な構造と乳腺を模擬した不均一な構造のファントムについてイメージングを行った。ターゲットサイズ 5x5x5 mm<sup>3</sup> の均一なファントムと乳腺を含む不均一なファントムの信号/乱雑音の比 SCR がそれぞれ、4.08 dB、2.94 dB、であった。また、サイズ 10x10x1 mm<sup>3</sup> の 2 個のファントムターゲットが 10 mm の距離離れておかれたとき、これを分離できた。

#### 2. Biomedical electronics: IR-UWB-CMOS switching matrix (Prof. T. Kikkawa)

##### バイオメディカルエレクトロニクス: CMOS スイッチングマトリクス回路

A single-ended single-pole double-throw (SPDT) transmitter/receiver (Tx/Rx) switching matrix was developed for an ultrawideband (UWB) radar-based breast cancer detection in 65 nm CMOS technology. It shows highest bandwidth of 0 Hz (DC) to 27 GHz compared to other works by use of on-chip inductors at each port. Insertion losses are 1.7 to 6.5 dB from 0-27 GHz. The isolation becomes below -60 to -30 dB which is better than other wideband switches. A Gaussian monocycle pulse (GMP) with the center frequency of 15 GHz and the bandwidth of 15 GHz was passed through the switch without any significant ringing because of the large bandwidth of the switch. Consequently a conventional switching matrix equipment with the weight greater than 10 kg could be replaced by a CMOS chip with the weight of less than 1 g.

超広帯域(UWB) レーダー技術による乳がん検出システム実現のために、非平衡終端 1 入力2出力 (SPDT) 送信 (Tx/Rx) スイッチングマトリクスを 65 nm CMOS テクノロジーで開発した。オンチップインダクタを使うことで帯域は直



流 (DC) から 27 GHz のこれまでで最大の値を得た。挿入損失も 0-27 GHz の周波数範囲において 1.7-6.5 dB と最小の値を得た。中心周波数 15 GHz、帯域 15 GHz のガウシアンモノサイクルパルス (GMP) がリング無しで通過できる性能を有している。これによって、既存の重さ 10 kg 以上の大型のスイッチングマトリクス装置を重さ 1 g 以下の CMOS チップで置き換えることに成功した。

### 3. Nano-bio integration devices (Prof. S. Yokoyama)

#### ナノバイオ融合デバイスの研究

Bio-sensors using Si ring optical resonator are under investigation. Arranged silicon binding protein and sharp resonance characteristics result in high sensitivity. Electro-optic effect of Si with ring resonator is applicable to the optical modulator for on-chip optical interconnection in high performance Si LSI.

シリコン光リング共振器を用いたバイオセンサーの研究を行っている。配向したシリコン結合プロテインと急峻な共振特性により高い検出感度が得られる。シリコンの電気光学効果を用いれば、光配線LSI用の光変調器にも応用できる。

### 4. On-chip optical interconnection (Prof. S. Yokoyama)

#### チップ上光配線の研究

On-chip optical interconnection technologies using silicon photonics are under investigation. The variety elemental devices such as optical switch, grating couplers and Ge photodetectors are studied and also their integration technology is developed.

シリコンフォトニクスによる光配線 LSI の研究を行っている。Si を用いた光スイッチ、グレーティングカップラ、Ge フォトディテクタなどチップ上光配線に必要な要素技術の開発と集積化技術の研究を行っている。

### 5. High-Performance CMOS Circuit with High Crystallinity Channel by Micro-Thermal-Plasma-Jet Crystallization (Prof. S. Higashi)

#### マイクロ熱プラズマジェット結晶化による高結晶性チャネルを用いたCMOS回路の高性能化

By applying micro-thermal plasma jet ( $\mu$ -TPJ) induced zone melting recrystallization (ZMR) to narrow strips of amorphous silicon (a-Si), we can eliminate grain boundaries by filtering effect and form high-crystallinity silicon with defect density less than  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . By applying this strip pattern to channel, we can demonstrate TFT characteristics with high on/off ratio over 107, field effect mobility ( $\mu_{FE}$ ) of  $426 \pm 54 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  and threshold voltage ( $V_{th}$ ) of  $1.7 \pm 0.06 \text{ V}$ . In addition, by evaluation of dynamic characteristics of CMO circuit using 9-stage ring oscillator, strip pattern was operated by supply voltage of 5 V at oscillating frequency of 108 MHz, which is approximately twice as high-speed as the case without strip pattern.

高密度マイクロ熱プラズマジェット( $\mu$ -TPJ)を用いた急速熱処理技術を用いてアモルファスシリコン細線のゾーンメルティング結晶化によりフィルタリング効果で結晶粒界が排除され、結晶欠陥密度 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下の高結晶性シリコンが形成された。これをチャネルに用いたTFT特性は、オン・オフ比107以上、電界効果移動度( $\mu_{FE}$ ) $426 \pm 54 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、しきい値電圧( $V_{th}$ ) $1.7 \pm 0.06 \text{ V}$ を示した。さらにCMOSの9段リングオシレータを用いて動特性を評価した結果、細線構造を用いた場合は電源電圧5Vにおいて108MHzで発振し、細線化しない場合と比べておよそ2倍の速度で動作した。

## **6. Design and synthesis of materials based on group 14 elements for organic electronic devices (Prof. J. Ohshita)**

### **14族元素をベースとした有機電子デバイス材料の設計と合成**

Aiming at developing materials for organic electronic devices, such as organic light emitting diodes, organic thin film transistors, organic chemical sensors, and organic solar cells, novel organic compounds with group 14 elements, such as Si and Ge, which are designed on the basis of the theoretical calculations at high level are prepared and their properties are studied with respect to UV-vis absorption and emission spectra, cyclic voltammograms, etc. Applications of the compounds as the device materials are investigated in collaboration with the research group of Prof. Harima at Graduate School of Engineering, Hiroshima Univ.

有機発光ダイオード、有機薄膜トランジスタ、有機化学センサー、有機太陽電池などの有機電子デバイスの材料の開発を目指して、高いレベルでの理論計算を基に設計された14族元素を有する新規な有機化合物を合成し、その特性を紫外可視吸収・発光スペクトル、サイクリックヴォルタモグラムで検討している。化合物のデバイス材料としての応用を工学研究科播磨研究室と共同で検討している。

## **7. Biomolecule and ion detection based on Si single-electron transistors for highly sensitive integrated sensors on a single chip (Assoc. Prof. A. Nakajima)**

### **シングルチップ上の高感度集積化センサーのためのSi単一電子トランジスタを用いたイオン・バイオ分子検出**

Biomolecule and ion detection is performed using a Si single-electron transistor (SET) for highly-sensitive detection. Owing to the difficulties in room temperature (RT) operation of SETs, there had been no reports of an SET-based biosensor. A Si multiple-island channel-structure was used for the SET to enable room-temperature operation and to increase sensitivity. Coulomb oscillation has a possibility to increase transconductance ( $g_m$ ), and a higher  $g_m$  leads to greater detection sensitivity to a charged target. Also, the probability of a target molecule meeting a receptor molecule is larger in a multiple-island channel structure than in a single-island channel structure.

高感度検出のために、Si単一電子トランジスタ(SET)を用いたバイオ分子やイオンの検出を行っている。SETの室温動作は極めて難しいために、それまでSETを利用したバイオセンサーの報告は無かった。今回、Si多重ドットチャネル構造を用いてSETの室温動作を実現した。クーロン振動はトランスコンダクタンス( $g_m$ )を増加させ、高い $g_m$ は荷電標的分子より高い検出感度につながる可能性がある。また、多重ドットチャネル構造は、単一ドットチャネル構造に比べて標的分子が受容体分子に結合する確率が大きくなる利点がある。

## **8. Silicon Carbide (SiC) devices: SiC power devices and SiC integrated circuits for harsh environments (Assoc. Prof. S-I. Kuroki)**

### **シリコンカーバイド(SiC)デバイス：4H-SiCパワー半導体デバイスの研究と極限環境応用のための4H-SiC集積回路研究**

Research and development on 4H-SiC power devices had been carried out. Research on nickel silicide ohmic contact for 4H-SiC bottom electrode with partial amorphization, and research on gate oxide for SiC MOSFETs were carried out. We began a research on SiC power module for automobile. We also began a research on SiC integrated circuits for harsh environments, especially radiation-hard SiC logic circuits.

シリコンカーバイド・パワー半導体デバイスの研究を進めた。要素研究として、Niシリサイド・オーミック抵抗電極の低抵抗化、SiC MOSFETのためのゲート絶縁膜の研究などを進めた。自動車用パワーモジュールの研究を開始した。極限環境応用のためのSiC集積回路の研究を開始した。

## 9. Bi-axially oriented poly-Si thin films by continuous-wave laser crystallization with multi-line beams and thin film transistor with high electron mobility

(Assoc. Prof. S-I. Kuroki)

### 連続発振レーザ結晶化による結晶面方位3軸制御した多結晶シリコン薄膜と高性能薄膜トランジスタ

Poly-Si thin films with large crystal grains of over 100  $\mu\text{m}$  were fabricated by continuous-wave laser lateral crystallization with double-line beam, and its high-performance TFT was also fabricated. The newly-developed technique achieved highly-oriented silicon grains having {110}, {111} and {211} crystal orientations in the laser lateral crystallized plane, the transverse side plane and the surface plane, respectively. All the silicon grains were elongated in the laser-scanning direction and linearly arranged with a length of over 100  $\mu\text{m}$  and a width of 0.7  $\mu\text{m}$ . TFTs with this well-crystal oriented poly-Si thin films were also fabricated. And this TFT show high electron mobility of  $\mu = 560 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ .

ダブルラインビームによる連続発振レーザ結晶化を提案し、このレーザを非晶質シリコン薄膜に照射することで、3軸方向に結晶面方位制御した多結晶シリコン薄膜を作製した。この多結晶シリコン薄膜は、レーザスキャン方向に(110)、その垂直方向に(111)、表面方向に(211)の面方位をもち、長さ100  $\mu\text{m}$ 以上、幅0.7  $\mu\text{m}$ の線状巨大結晶グレインがレーザスキャン方向に整列している。更にこの多結晶シリコンを用いて poly-Si TFT を低温プロセス ( $\leq 550^\circ \text{C}$ ), メタルゲートセルフアラインプロセスで作製した。その結果、線形領域において電子移動度  $\mu = 560 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の高電流駆動力化を示した。

## 4.1.2 Research highlights in nanointegration research division

### 研究ハイライト

#### I. Biomedical electronics: UWB-based breast cancer detection

##### バイオメディカルエレクトロニクス：インパルス無線による乳がん検出

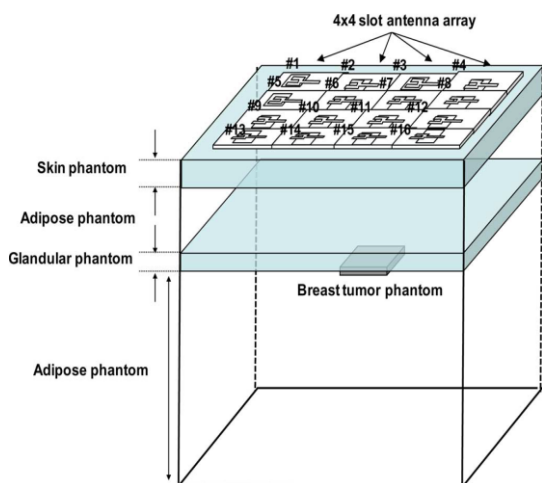
Prof. Takamaro Kikkawa  
教授 吉川公磨



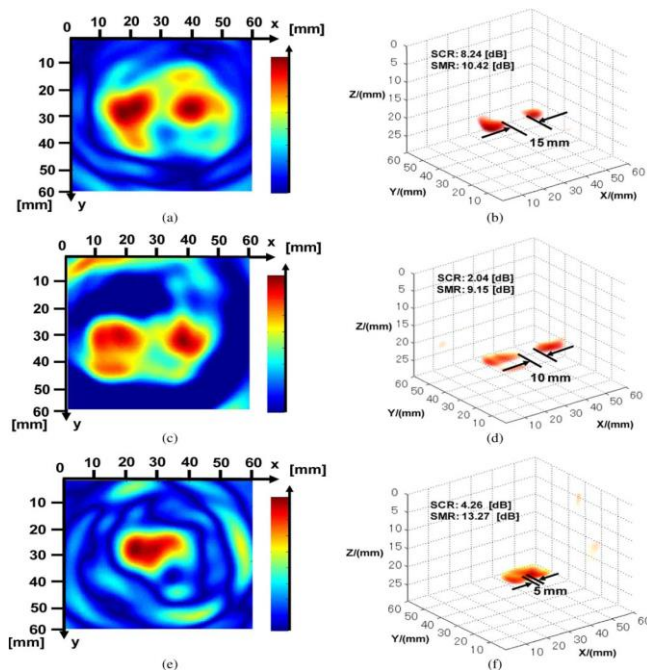
A compact 4x4 planar ultrawideband (UWB) antenna array with the total size of 44x52.4 mm was developed for radar-based breast cancer detection system. The center frequency and the bandwidth of the antenna were 6 and 12.5 GHz, respectively. The three-dimensional confocal imaging was carried out for both homogeneous and inhomogeneous breast phantom structures including a glandular phantom. The SCRs for a 5x5x5-mm<sup>3</sup> target in the homogeneous phantom and the inhomogeneous phantom with the glandular layer were 4.08 and 2.94 dB, respectively. Two separate tumor phantom targets having the size of 10x10x1 mm<sup>2</sup> with the separation distance of 10 mm in the homogeneous phantom were resolved.

UWB レーダー技術をベースにした乳がん検出システムのためにコンパクトな 4 行 4 列のサイズ 44 mm x 52.4 mm の超広帯域アンテナアレイを開発した。(図 1)。中心周波数および帯域幅はそれぞれ 6 GHz と 12.5 GHz である。3 次元共焦点画像処理アルゴリズムにより均一な構造と乳腺を模擬した不均一な構造のファントムについてイメージングを行った。ターゲットサイズ 5x5x5 mm<sup>3</sup> の均一なファントムと乳腺を含む不均一なファントムの信号/乱雑音の比 SCR がそれぞれ、4.08 dB、2.94 dB、であった。また、サイズ 10x10x1 mm<sup>3</sup> の 2 個のファントムターゲットが 10 mm の距離離れておかれたとき、これを分離できた。

- [1] T. Sugitani, S. Kubota, A. Toya, X. Xiao, and T. Kikkawa, "A Compact 4x4 Planar UWB Antenna Array for 3-D Breast Cancer Detection," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE* **12**, pp. 733-736, 2013.
- [2] T. Kikkawa and T. Sugitani, "Planar UWB antenna array for breast cancer detection," 2013 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Gothenburg, April 8-12, 2013, pp. 339-343.
- [3] T. Sugitani, S. Kubota, M. Hafiz, A. Toya, and T. Kikkawa, "A breast cancer detection system using 198 ps Gaussian monocycle pulse CMOS transmitter and UWB antenna array," *Proceedings of 2013 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS)*, Hiroshima, Japan, May 20-24, 2013, pp. 372-375.
- [4] T. Sugitani, S. Kubota, X. Xiao, and T. Kikkawa, "Improvement of Spatial Resolution of Breast Cancer Detection Using 4x4 UWB Antenna Array with Impedance Matching Layer," *Ext. Abst. of 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials, G-1-2*, Fukuoka, September 24-27, 2013.



**Fig. 1** Schematic configuration of 4x4 antenna array with breast phantom of skin / adipose / glandular / tumor / adipose for three dimensional imaging.



**Fig. 2** Spatial resolution of confocal images of -mm breast tumor phantoms. (a) 2-D distribution for 15-mm spacing. (b) 3-D distribution for 15-mm spacing. (c) 2-D distribution for 10-mm spacing. (d) 3-D distribution for 10-mm spacing. (e) 2-D distribution for 5-mm spacing. (f) 3-D distribution for 5-mm spacing.

## II. Biomedical electronics: IR-UWB-CMOS switching matrix

### バイオメディカルエレクトロニクス: CMOSスイッチングマトリクス回路

Prof. Takamaro Kikkawa  
教授 吉川公磨

A single-ended single-pole double-throw (SPDT) transmitter/receiver (Tx/Rx) switching matrix was developed for an ultrawideband (UWB) radar-based breast cancer detection in 65 nm CMOS technology. It shows highest bandwidth of 0 Hz (DC) to 27 GHz compared to other works by use of on-chip inductors at each port. Insertion losses are 1.7 to 6.5 dB from 0-27 GHz. The isolation becomes below -60 to -30 dB which is better than other wideband switches. A Gaussian monocycle pulse (GMP) with the center frequency of 15 GHz and the bandwidth of 15 GHz was passed through the switch without any significant ringing because of the large bandwidth of the switch. Consequently a conventional switching matrix equipment with the weight greater than 10kg could be replaced by a CMOS chip with the weight of less than 1 g.

超広帯域 (UWB) レーダー技術による乳がん検出システム実現のために、非平衡終端 1 入力 2 出力 (SPDT) 送受信 (Tx/Rx) スwitchingマトリクスを 65 nm CMOS テクノロジーで開発した。オンチップインダクタを使うことで帯域は直流 (DC) から 27 GHz のこれまでで最大の値を得た。挿入損失も 0-27 GHz の周波数範囲において 1.7-6.5dB と最小の値を得た。中心周波数 15 GHz、帯域 15 GHz のガウシアンモノサイクルパルス (GMP) がリングング無しで通過できる性能を有している。これによって、既存の重さ 10 kg 以上の大型のスイッチングマトリクス装置を重さ 1 g 以下の CMOS チップで置き換えることに成功した。

[1] A. Azhari, K. Sogo, M. Wang, A. Toya and T. Kikkawa, "A 0-27 GHz -30 dB Isolation Tx/Rx Single Pole Double Throw (SPDT) Switch for Gaussian Monocycle Pulse Transmission," Ext. Abst. of the 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), Fukuoka, Japan, Sept. 24-27, 2013, pp. 882-883.

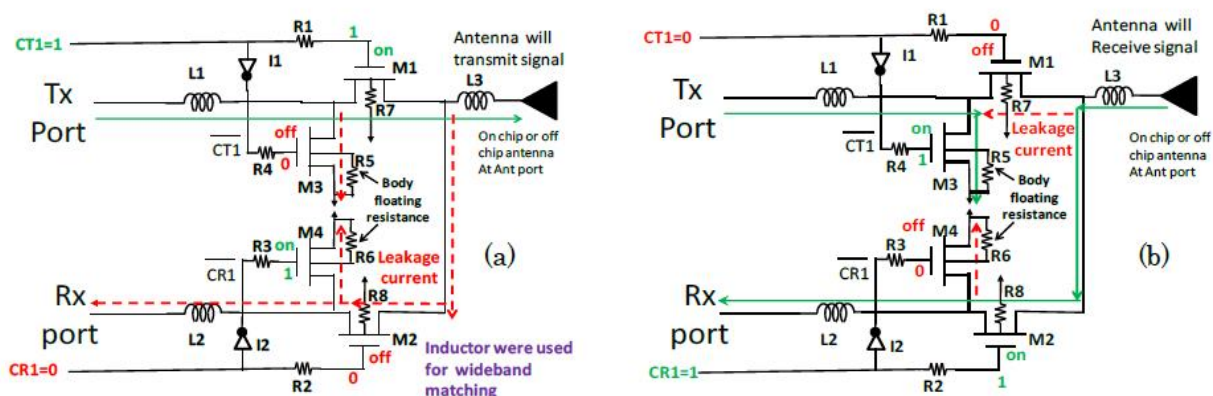


Fig. 1 Schematic diagram of SPDT switch. (a) Transmitting mode. (b) Receiving mode.

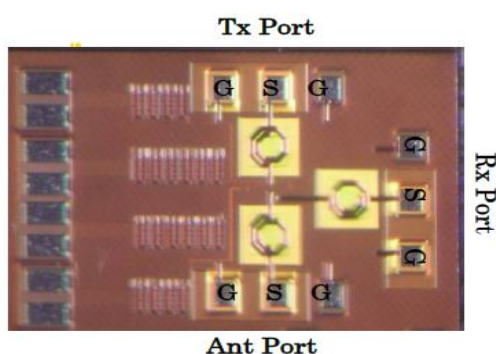


Fig. 2 Die photograph of SPDT (Area: 0.8 mm<sup>2</sup>).

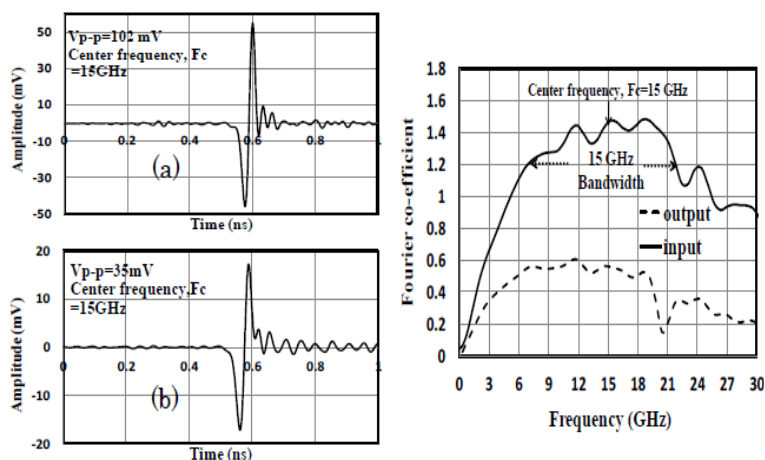


Fig. 3 Gaussian monocycle pulse transmission characteristics. (a) Time domain waveform of generated GMP given to the Tx port of the switch. (b) Output GMP at the Ant port. (c) Fourier transform of input and output GMP signals.

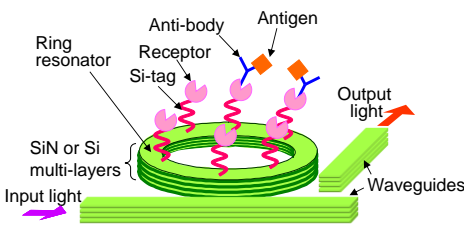
### III. Ring-resonator biosensor using multi-slot waveguide

#### 多重スロット導波路を用いたリング共振器バイオセンサー

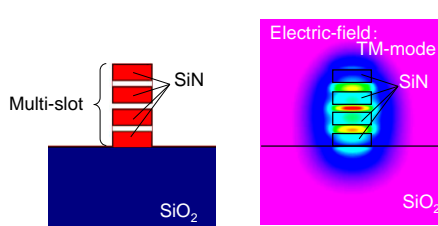
We are studying Si ring optical-resonator biosensors in order to develop compact biosensors with low price and easily handled at home. Bio-sensing has been demonstrated using antigen-antibody reaction as shown in Fig. 1. While the detection sensitivity of a few ng/ml is necessary for practical cancer diagnosis, the detection sensitivity of  $\sim 10^{-8}$  g/ml was succeeded by last year using slot waveguides where slots are arranged at the center of the waveguides [1]. For the further improvement, the ring resonator is used, where the multi-waveguides are arranged vertically as shown in Fig. 2 [2]. For the vertical-type, slot width is controlled by the layer thicknesses and narrow slot width is easily formed, while it is difficult for the lateral-type because slot width depends on the resolution of lithography. Figure 3 shows the simulation result of slot height dependence of the effective refractive-index change as a parameter of the slot number  $k$ . More than 3 times improvement is estimated, compared with previous single slot device. Figure 4 shows the height dependence of slot waveguide itself and  $\sim 150$  nm is found to be the optimal value. In fact, the multi-slot waveguide with slot height of 150nm and slot width of 15-30 nm can be fabricated as shown in Fig. 5. Figure 6 shows detection result of biotin-streptavidin binding and 2-3 times improvement has been succeeded.

我々は、家庭で手軽に測定できる安価なバイオセンサーの開発を目指して、Si リング光共振器バイオセンサーの研究を行っている。図1に示すような抗原抗体反応を用いた検出方法でバイオセンシングを実証してきた。がん診断のための実用的な感度としては数 ng/ml が必要であり、昨年までに導波路の中央に溝を設けたスロット導波路構造のリング共振器を用いて、約  $10^{-8}$  g/ml の感度の検出には成功している[1]。さらなる感度向上のために、図2に示すようなスロット導波路を縦方向に多重に配置した構造のリング共振器を利用した[2]。横方向に配置された構造では、スロット幅の制御はレジスト描画による解像度に依存してしまい、狭小のスロット幅の形成は困難だが、縦方向の場合にはスロット幅は膜厚により制御でき、狭小のスロット幅でも容易に作製できる。図3にスロットの層数  $k$  をパラメータとした、屈折率差のスロット幅の依存性のシミュレーション結果を示す。以前の構造と比較して3倍以上の感度向上が見込まれる。図4はスロット導波路自体の高さ依存性で、150nm 付近が最適値であることが分かった。実際、図5示すようにスロット導波路高さ150nm、スロット幅が15-30nmの狭小の多重スロット導波路が作製できた。図6はビオチン-ストレプトアビジン結合を用いた検出結果を示しており、2~3倍の感度向上に成功した。

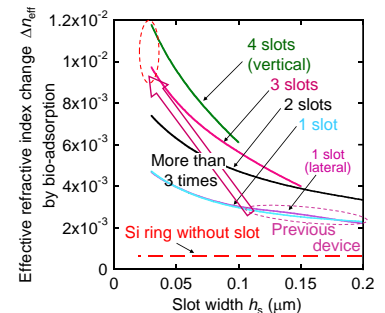
- [1] A. Hirowatari *et al.*: Proceedings of SPI E, Silicon Photonics and Photonic Integrated Circuits III (2012) 8431 1S.  
 [2] Y. Amemiya *et al.*: Proceedings of the 10th Int. Conf. on Group IV Photonics 2013 (2013) WA5.



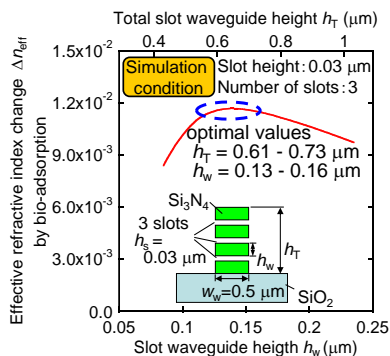
**Fig. 1** Schematic image of ring-resonator biosensor using antigen-antibody reaction.



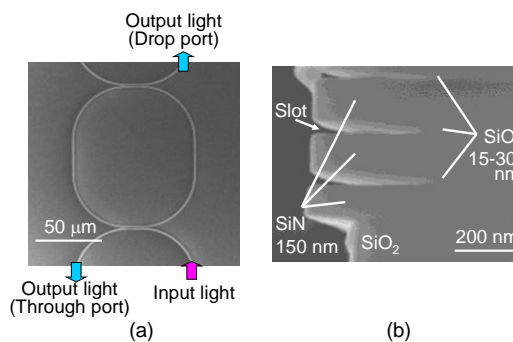
**Fig. 2** Proposal device structure of multi-slot waveguide and electric field distribution.



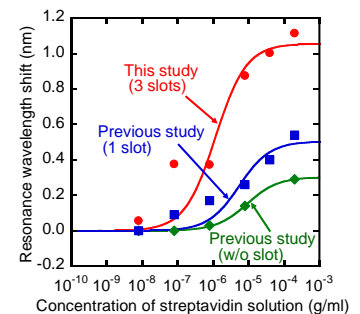
**Fig. 3** Simulated slot-width dependence of effective refractive index change.



**Fig. 4** Simulated slot-waveguide-height dependence of refractive index change.



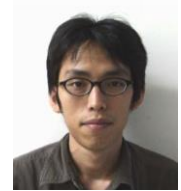
**Fig. 5** (a) Plan view and (b) cross-sectional view of the SEM pictures of multi-slot ring resonator.



**Fig. 6** Detection sensitivity as a function of streptavidin concentration.



Prof. Shin Yokoyama  
教授 横山 新



Assistant Prof.  
Yoshiteru Amemiya  
特任助教 雨宮嘉照

## IV. Sucrose detection using differential Si ring optical resonators with flow channel

### 流路付加差動 Si リング光共振器を用いたショ糖検出

We have been studying biosensors available at home utilizing the mature Si semiconductor technologies. The sensitivity of 10 ng/ml has been achieved for prostate specific antigen (PSA) [1], however it does not reach the practical level. In this report we have succeeded in detecting sucrose concentration with high sensitivity by using differential Si ring biosensor. In the differential sensing the input light is incident to two rings and one of the output is merged after  $\pi$  phase difference (Fig. 1). Not only the common mode noise is canceled and resulting in high sensitivity but also the temperature stability is much improved by this detection method. The fluid channel is fabricated by using thick resist, SU-8, and polydimethylsiloxane (PDMS) which is one of the silicone rubber to flow the detecting liquid (Fig. 2(a), (b)). After covering the rings with  $\text{SiO}_2$ , the windows are opened to contact to the liquid. The measurement result for sucrose is shown in Fig. 3. The detection ring is exposed to the sucrose with various concentrations and the reference is exposed to the pure water. The output intensity is changed for the sucrose concentration between  $10^{-3}$  % and  $10^{-2}$  %. These sucrose concentrations correspond to 0.5 ng/ml and 1 ng/ml for PSA in terms of the refractive index change. The sensitivity of the practical use has been achieved. The simulation result of the differential output is in good agreement with the experimental data (Fig. 4). The large output at 0 % sucrose concentration is due to the initial difference in the resonance wavelengths between two rings because of unbalance in the area of two windows *etc* (Fig. 5).

我々は家庭で手軽に利用できるバイオセンサーを、Si 半導体技術を利用して作製する研究を行っている。これまでに、前立腺特異抗原 PSA を 10ng/ml の感度で検出しているが[1]、実用的な感度 1ng/ml に達していない。今回、差動式 Si リングバイオセンサーを作製しショ糖を高感度で検出できた。差動式 Si リングでは 2 つのリングに光を入力して片側だけ  $\pi$  位相差をつけた後合波させる(図 1)。差動にすることで同相ノイズがキャンセルされるため感度が向上するだけでなく温度安定性も向上する。液体を流す必要があるため厚膜レジスト SU-8 とシリコン樹脂の一種である polydimethylsiloxane(PDMS)を用いて流路を作製した(図 2)。リングを  $\text{SiO}_2$  で覆った後、液体が接触する部分にのみ窓を開けた。ショ糖の検出結果を図 3 に示す。片方のリングにはショ糖溶液を流し、もう一方のリングには純水を流した。ショ糖濃度  $10^{-3}$  % から  $10^{-2}$  % で出力が変化した。PSA 濃度に換算すると 0.5ng/ml から 1ng/ml に相当し、実用的な感度を達成できた。また、差動のシミュレーション結果と実測値は良い一致を示した(図 4)。ショ糖濃度 0 % でも差動出力が大きい理由は、窓の大きさのアンバランスなどにより 2 つのリングの共振波長がずれていたためと考えられる(図 5)。

[1] A. Hirowatari *et al.*: Proceedings of SPIE, Silicon Photonics and Photonic Integrated Circuits III (2012) 8431 1S.



Prof. Shin Yokoyama  
教授 横山 新



Researcher  
Tomoya Taniguchi  
研究員 谷口 智哉

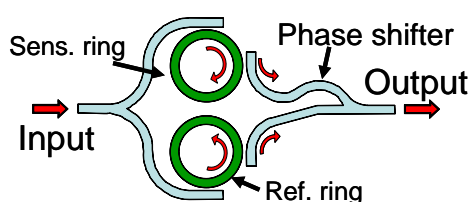
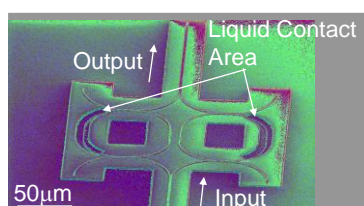
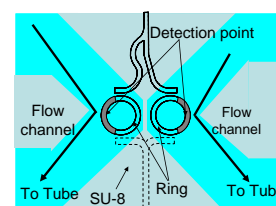


Fig. 1 Schematic of differential Si ring optical-resonator biosensor.



(a)



(b)

Fig. 2 (a) Bird's eye view of the SEM pictures of differential Si ring resonator. (b) Schematic of fluid channel.

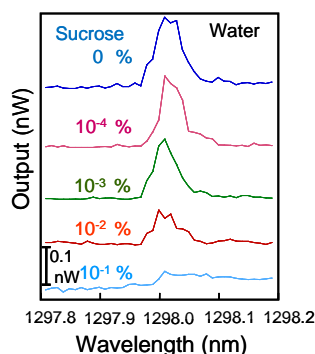


Fig. 3 Measurement result of sucrose concentration by using differential Si ring.

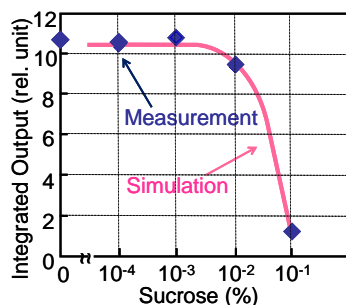


Fig. 4 Plot of integrated output versus sucrose concentration with the simulation result.

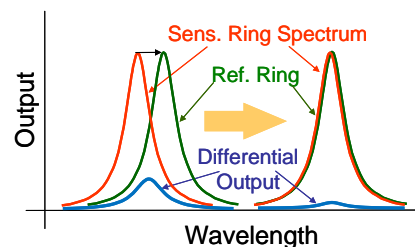


Fig. 5 Principle of the wavelength shift in sucrose concentration detection

## V. Grain growth control by micro-thermal plasma jet irradiation on amorphous silicon strips and high speed operation of CMOS circuit

### アモルファスシリコン細線のマイクロ熱プラズマジェット照射による結晶成長制御と CMOS 回路の高速駆動

Prof. S. Higashi  
教授 東 清一郎

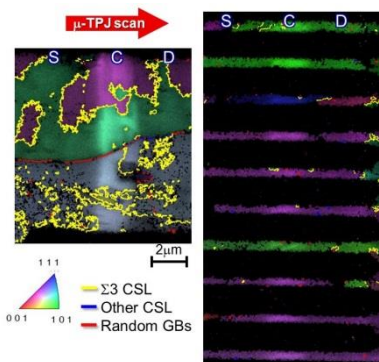


Formation of high crystallinity silicon films under limited thermal budget is a crucial issue for high-performance thin film transistor (TFT) fabrication. Multi-function and low power consumption by CMOS fabrication on glass substrate is required for next generation displays. We have proposed atmospheric pressure micro-thermal-plasma jet ( $\mu$ -TPJ) technique for crystallization of amorphous silicon (a-Si) and large grain growth larger than  $60\mu\text{m}$  was induced by zone melting recrystallization.[1] We have also attempted to control the location of grain growth by  $\mu$ -TPJ irradiation on a-Si patterns and reported that strip pattern significantly suppressed random grain boundaries.[2] High-field effect mobility ( $\mu_{FE}$ ) higher than  $300\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  and uniform characteristics were achieved by applying this strip pattern to channel area of TFTs. In addition, we have attempted to operate CMOS circuit by low supply voltage at a high clock frequency using this strip pattern TFTs. We have achieved shift-register operation with high-integration of a bit pitch of  $68\mu\text{m}$  by  $5\text{V}$  at  $50\text{ MHz}$ . We demonstrated that  $\mu$ -TPJ crystallization is quite promising for next generation displays.

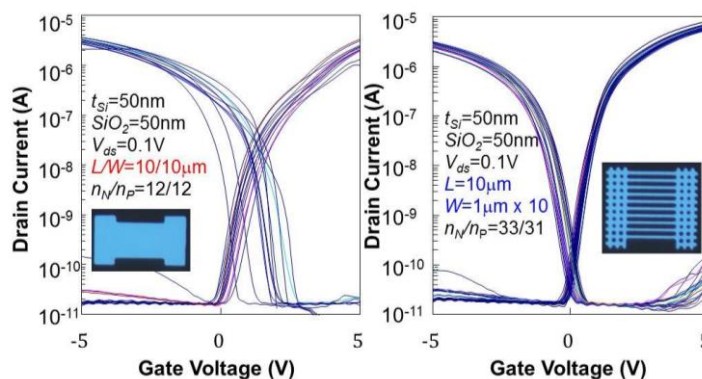
薄膜トランジスタ(TFT)作製プロセスに於いては、低温プロセスで良質の結晶シリコン薄膜を形成することが高性能化における最も重要な技術の一つである。また、次世代ディスプレイにおいてはガラス上に CMOS 形成による高機能、低消費電力化が要求される。我々は大気圧マイクロ熱プラズマジェット( $\mu$ -TPJ)を用いたアモルファスシリコン(a-Si)の結晶化技術を提案し、ゾーンメルティング再結晶化による  $60\mu\text{m}$ 以上の大粒径結晶化を誘起できる事を報告した。[1] さらに a-Si パターンに  $\mu$ -TPJ 照射することで、結晶成長の位置制御を試み、細線パターンではランダムな粒界を抑制できることを報告した。[2] この細線構造をチャンネルに適応した TFT では移動度  $300\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  以上の高性能かつ均一な特性を示した。また、これを用いた CMOS 回路の低電圧、高速駆動を試みた。  $68\mu\text{m}$ ピッチに高密度集積化したシフトレジスタ回路を  $5\text{V}$ 、 $50\text{MHz}$  で駆動させることができた。 $\mu$ -TPJ 結晶化により次世代ディスプレイに実用可能な性能を実証した。

[1] S. Hayashi et al., Appl. Phys. Express **3**, 061401, 2010.

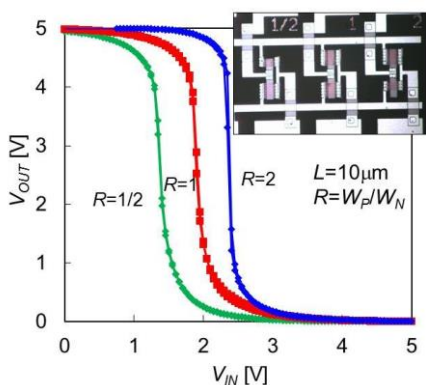
[2] S. Morisaki et al., J. Display Technol. **10**, pp. 950-955, 2014.



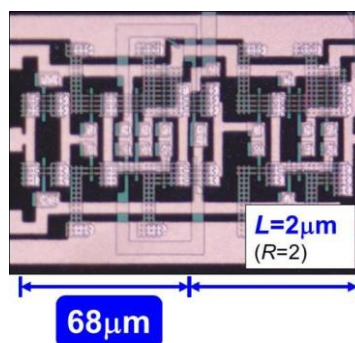
**Fig. 1** Maps of grain boundaries and crystallographic orientations of surface direction with (a) conventional and (b) strip patterns.



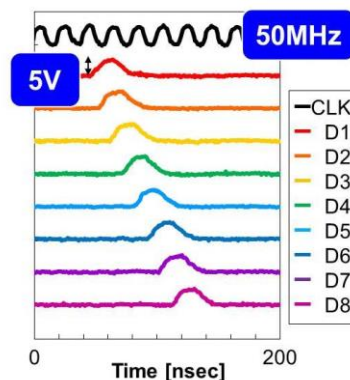
**Fig. 2** Transfer characteristics of TFTs with (a) conventional and (b) strip patterns.



**Fig. 3** Output characteristics of CMOS inverter with different size ratio ( $R = W_p/W_n$ ).



**Fig. 4** Optical microscope image of shift register with strip pattern TFTs.



**Fig. 5** Output characteristics of 8-bit shift register.



## VI. Synthesis of a new donor-acceptor polymer and application as a high-voltage polymer solar cell material

### 新規 D-A ポリマーの合成と高電圧高分子太陽電池材料としての応用

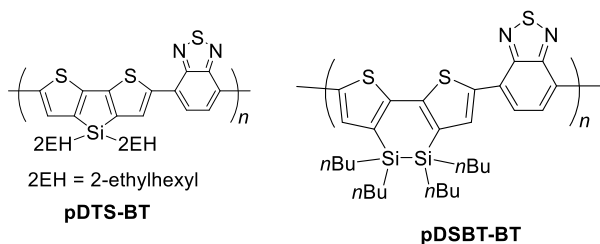
Prof. Joji Ohshita  
教授 大下 浄治



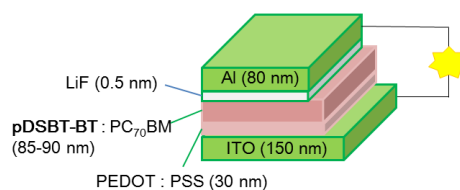
The bulk heterojunction type polymer solar cell (BHJ-PSC) is of current interest because of its potential applications to low-cost, lightweight, and flexible modules. In this system, composite organic layers consisting of an electron-donating host polymer like polythiophene and an electron-accepting guest compound, such as PCBM, operate as the active components. Donor-acceptor (D-A) type conjugated polymers are often employed as the host polymer. To obtain efficient host polymers for BHJ-PSCs, a variety of donor and acceptor components have been developed. In this study, we prepared for the first time a D-A polymer (**pDSBT-BT** in Figure 1) containing disilanobithiophene (DSBT) as the donor and investigated its applications to BHJ-PSCs. A bulk heterojunction polymer solar cell (ITO (150 nm)/PEDOT:PSS (30 nm)/**pDSBT-BT**: PC<sub>70</sub>BM (85-90 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (80 nm)) was fabricated using the present polymer. The device showed a high power conversion efficiency (PCE) of 6.38% ( $V_{oc} = 0.82$  V,  $J_{sc} = 12.69$  mAcm<sup>-2</sup>, and FF = 0.60) [1], higher than those reported for the cell based on a similar polymer with dithienosilole as the donor unit (**pDTS-BT** in Figure 1). To understand the differences of electronic properties between **pDSBT-BT** and **pDTS-BT**, we carried out crystal orbital (CO) calculations on the polymer models simplified by the use of methyl groups as the substituents on the silicon atoms (Figure 3). It was found that the lower-lying HOCO of **pDSBT-BT** than that of **pDTS-BT** leading to a high  $V_{oc}$  is responsible for the higher PCE.

BHJ (バルクヘテロ接合) 型の高分子太陽電池は、低価格・軽量で、フレキシブルデバイスへの応用が可能のため、注目されている。この系では、ポリチオフェンなどのポリマー系のホストポリマーとPCBMなどのフラーレン誘導体を代表例とするゲスト材料を複合化した有機薄膜が活性層として機能する。ホストポリマーとしては、ドナー-アクセプター型の共役ポリマーが用いられ、様々なドナーおよびアクセプターが開発されている。本研究では、初めて、ジラノビチオフェンをドナーとする D-A ポリマー **pDSBT-BT** (Figure 1) を合成し、BHJ-PSC への応用を検討した。ITO (150 nm)/PEDOT:PSS (30 nm)/**pDSBT-BT**: PC<sub>70</sub>BM (85-90 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (80 nm) の構造を持つ高分子太陽電池を実際に作製したところ、高い光電変換効率 6.38% が示された ( $V_{oc} = 0.82$  V,  $J_{sc} = 12.69$  mAcm<sup>-2</sup>, and FF = 0.60) (Figure 2)。これらのデータは、既に報告されている類似のポリマー **DTS-BT** (Figure 1) をベースとした PSC よりも良好なものであった。この違いを理解するために、ケイ素上の置換基をメチル基に変えたモデルポリマーの結晶軌道計算を行った。**pDSBT-BT** の方が低い HOCO を持つことが分かり、これが高い  $V_{oc}$  と PCE につながったものと考えられる。

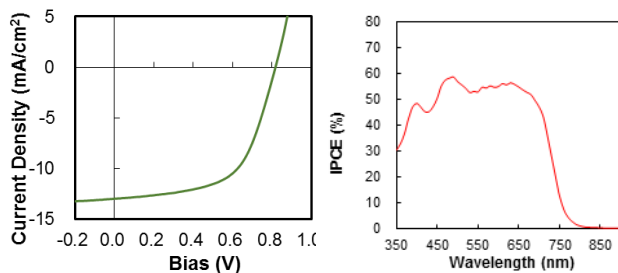
[1] Ohshita, M. Nakashima, D. Tanaka, Y. Morihara, H. Fueno, K. Tanaka, *Polym. Chem.*, **2014**, 5, 346–349.



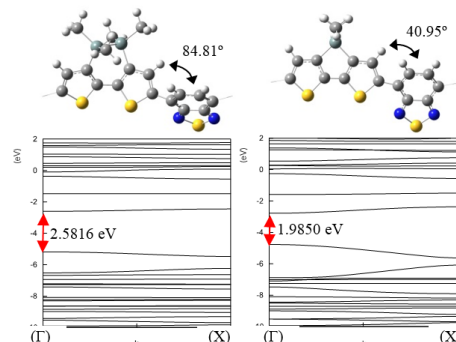
**Fig. 1** Chemical structure of **pDSBT-BT** (left) and **pDTS-BT** (right).



**Fig. 2** Device structure of BHJ-PSC based on **pDSBT-BT**.



**Fig. 3**  $J$ - $V$  curve (left) and IPCE spectrum (right) of **pDSBT-BT**-based cell.



**Fig. 4** Optimized geometries of repeating units of polymer models with S-C-C=C dihedral angles showing twisting between DSBT/DTS and BT rings and band structures (bottom).

## VII. Coating of carbon nanotubes in gas phase

### カーボンナノチューブの気相コーティング

Prof. Manabu Shimada  
教授 島田 学



Coating of foreign substances on carbon nanotubes (CNTs) has recently attracted attention. CNTs coated properly on their surface will have improved resistance to chemicals and oxidation, or favorable affinity for other substances. A catalyst substance supported on CNTs is expected to exhibit an enhanced activity due to an interaction between the substance and the CNTs. From the viewpoint of product purity and environmental burden, coating processes via gas phase has become of great interest. However, it is difficult to achieve uniform coating with existing gas-phase processes. In this study, a process is proposed in which coating substance is deposited on the surfaces of aerosolized CNTs by gas-phase chemical reaction.

A schematic illustration of the experimental apparatus is shown in Fig. 1. CNTs are aerosolized by spray-drying of an aqueous suspension of the CNTs. Titanium tetraisopropoxide (TTIP) is used as the raw material of the coating substance,  $\text{TiO}_2$ . The CNT aerosol and TTIP vapor are fed simultaneously into a microwave plasma field [1] together with He and  $\text{O}_2$  gas. The composites thus synthesized are collected with a porous filter or on a substrate placed downstream of the plasma field.

Fig. 2 shows scanning electron microscope images of synthesized composites. An enhancement of the gas-phase reaction by increasing the plasma input power tends to result in a more uniform coating on the CNT surfaces. Additional experiments in which the synthesizing time and collecting position of the composites were changed confirmed that the CNTs had been coated during suspended in the gas phase. Fig. 3(a) shows a transmission electron microscope image of a composite. The CNT in the image is covered with many particles of nanometers to a few tens of nanometers in size. The elemental analysis in Fig. 3(b) revealed that the coating substance was composed of Ti and O.

カーボンナノチューブ (CNT) に別物質をコーティングすることへの関心が高まっている。適切に表面被覆された CNT は、耐薬品性・耐酸化性、および他の物質との親和性が向上する。触媒で CNT を被覆すると、両物質の相互作用による触媒活性の向上が期待される。純度と環境負荷の観点から、気相を経由するコーティングプロセスが注目されている。しかしながら、既存の気相法では均一なコーティングが難しい。そこで本研究では、エアロゾル化させた CNT 表面で被覆材料を化学反応で析出させるプロセスを提案する。

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。CNT は、その水系懸濁液を噴霧乾燥させてエアロゾル化した。被覆物質とする  $\text{TiO}_2$  の原料には、チタニウムテトライソプロポキシド (TTIP) を用いた。これらのエアロゾルと TTIP 蒸気を、He と  $\text{O}_2$  ガスとともにマイクロ波プラズマ場に同時に供給した。合成した複合物はプラズマ場の下流側に設置した多孔質フィルターまたは基板によって捕集した。

合成した複合物の SEM 像を Fig. 2 に示す。プラズマ投入電力を高めて気相反応を促進すると、CNT 表面に均一な析出が生じた。複合物の合成時間と捕集位置を変化させた実験により、CNT が浮遊状態でコーティングされていることが証明された。Fig. 3(a)に複合物の TEM 像を示す。CNT は多数の数 nm～数十 nm の粒子状物質で覆われている。被覆物質は Fig. 3(b)の元素分析から、Ti と O で構成されていることが分かった。

[1] M. Shimada, et al., Chem. Vap. Deposition, vol. 16, pp. 151-156, 2010.

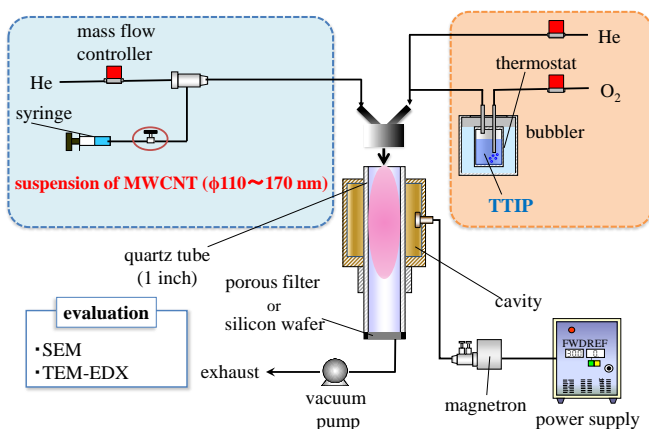


Fig. 1 Experimental setup for coating carbon nanotubes in gas phase.

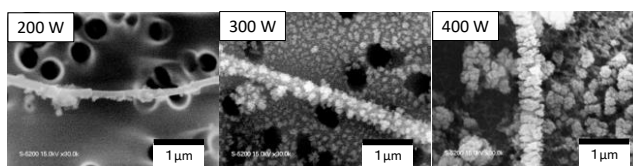


Fig. 2 Scanning electron microscope images of composites synthesized at different plasma input powers.

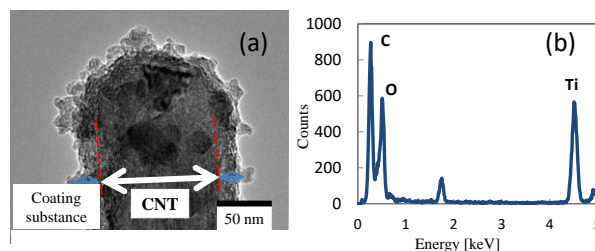


Fig. 3 Transmission electron microscope image of composite (a) and a result of energy dispersive X-ray analysis for the coating substance (b).

## VIII. Biomolecule detection based on Si single-electron transistors for practical use

### 実用化に向けた Si 単一電子トランジスタを用いた バイオ分子検出

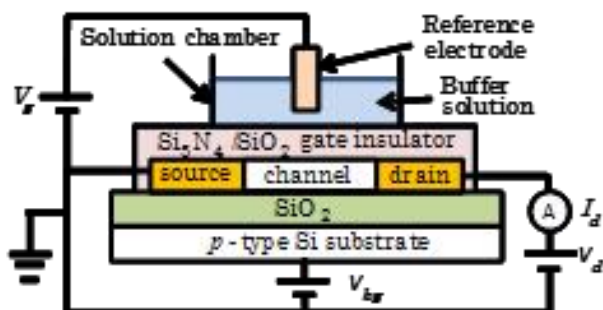
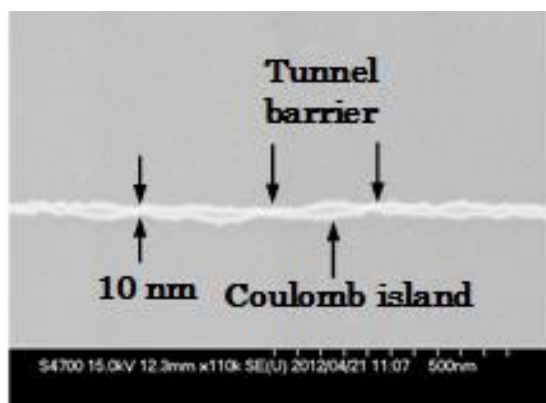
Assoc. Prof.  
Anri Nakajima  
准教授 中島安理



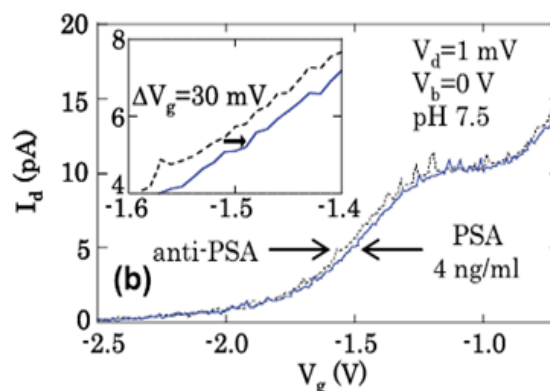
Experimental and theoretical analyses demonstrated that ultra-sensitive biomolecule detection can be achieved using a Si single-electron transistor (SET). A multi-island channel structure was used to enable room-temperature operation. Coulomb oscillation increases transconductance without increasing channel width, which increases detection sensitivity to a charged target. A biotin-modified SET biosensor was used to detect streptavidin at a dilute concentration. In addition, an antibody-functionalized SET biosensor was used for immunodetection of prostate-specific antigen, demonstrating its suitability for practical use. The feasibility of ultra-sensitive detection of biomolecules for practical use by using a SET biosensor was clearly proven through this systematic study.

Si 単一電子トランジスタ(SET)を用いたバイオセンサーによって、前立腺特異抗原(PSA)の検出に成功した。今回の検出は PSA のカットオフ濃度 4ng/ml においてであり、SET バイオセンサーの実用化の可能性を開いた。SET を用いたバイオセンサーの実現は、SET の室温動作及びアルカリ金属イオン等を含む緩衝液を用いるプロセスと ULSI 作製プロセスとの整合性の両方を実現する必要があり、現在まで本研究所からのみ報告されている。容量を減らし、室温動作を容易にしました。SET ではクーロン振動を利用でき、原理的にナノワイヤトランジスタに比べてバイオ物質やイオンの検出感度を大きくできる。

[1] Anri Nakajima, Takashi Kudo, and Sadaharu Furuse, Appl. Phys. Lett. **103**, No. 4, 043702, 2013.



**Fig. 1** Device structures. (a) Scanning electron micrograph of fabricated Si single-electron transistor (SET) with 11 islands after dry and wet etching. (b) Schematic diagram of measurement system.



**Fig. 2** Drain current ( $I_d$ )–gate voltage ( $V_g$ ) characteristics of SET biosensor. (a) Streptavidin concentration of 1 ng/ml. (b) Prostate-specific antigen (PSA) concentration of 4 ng/ml. The inset shows curves in  $V_g$  region from -1.6 to -1.4 V. Problem of Debye screening was avoided by setting ion concentrations in buffer solutions such that Debye screening length was sufficient for detection. Back-gate voltage ( $V_b$ ) was fixed at 0 V.

## IX. Silicon carbide (SiC) devices: SiC power devices and SiC integrated circuits for harsh environments

### シリコンカーバイド(SiC)デバイス: 4H-SiC パワー半導体デバイスの研究と極限環境応用のための4H-SiC集積回路研究

Assoc. Prof.

Shin-Ichiro Kuroki

准教授 黒木 伸一郎



Silicon carbide (SiC) has a high breakdown voltage which is almost 10 times as large as silicon, and is one of candidate material for next generation of power semiconductor devices. In 2013, we carried out the research and development on 4H-SiC power devices and power module: SiC Schottky barrier diode and MOS capacitor, and power module. And also research on nickel silicide ohmic contact for 4H-SiC bottom electrode with partial amorphization, leakage current reduction of 4H-SiC Schottky Barrier Diode by using sacrificial oxidation, and oxygen radical curing for reducing defects in thermal oxide on SiC were carried out.

We also began a research on SiC integrated circuits for harsh environments, especially radiation-hard SiC logic circuits.

シリコンカーバイド (SiC) パワー半導体デバイスは、次世代デバイスとして研究が進められている。2013年度はSiCによるショットキーバリアダイオードの研究を進め、またSiC MOSの研究を進めた。またパワーモジュールに関する研究を開始した。要素研究として、部分的アモルファス化によるNiSiオーミック抵抗電極の低抵抗化、犠牲酸化による逆方向リーク電流の低減、オゾンラジカルによるSiC上の熱酸化膜の膜中欠陥低減の研究を進めた。またイオンビームを用いたSiC中の不純物研究を開始した。

SiCデバイスへのNiSiオーミックコンタクト形成においては、シリサイド化の後にNiSiとSiCとの間にカーボン凝集が発生し、そのためコンタクト抵抗が増大する。この問題を回避するために、シリサイド化前にSiC表面をイオン注入により部分的にアモルファス化し、その上でNiシリサイドを形成することを提案した。これにより $1.9 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}^2$ の低抵抗NiSiオーミック電極を形成した。

高温や高放射線下などの極限環境でも駆動可能なSiCによる集積回路のための研究を開始した。この研究を推進するために、黒木が2013年10月-2014年1月の間スウェーデン王立工科大学で滞在研究を行った。

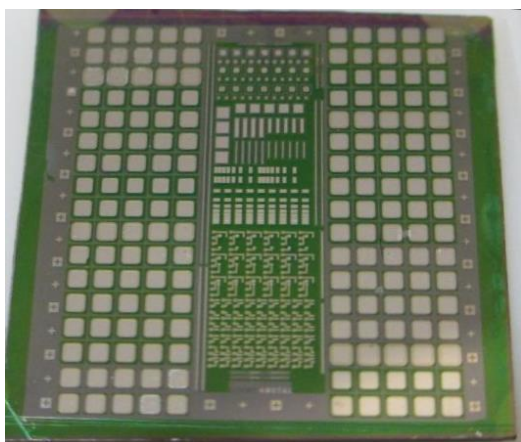


Fig. 1 SiC Semiconductor Chip.

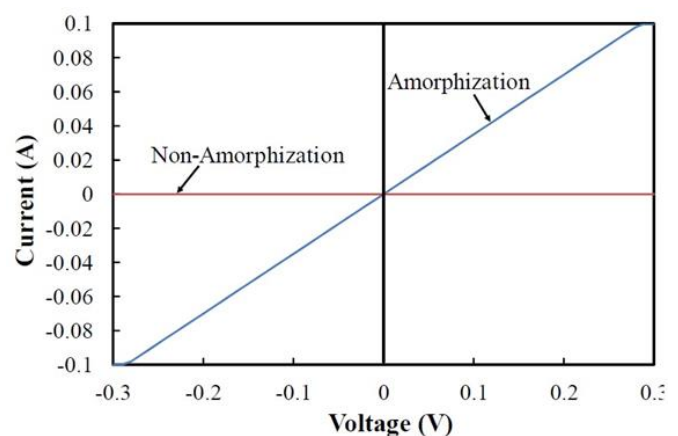


Fig. 2 Research on SiC/Silicide ohmic contact: effect of SiC amorphization.

## X. Bi-axially oriented poly-Si thin films by continuous-wave laser crystallization with multi-line beams and thin film transistor with high electron mobility

連続発振レーザ結晶化による結晶面方位 3 軸制御した多結晶シリコン薄膜と高性能薄膜トランジスタ

Assoc. Prof.

Shin-Ichiro Kuroki

准教授 黒木 伸一郎

Poly-Si thin films with large crystal grains of over 100  $\mu\text{m}$  were fabricated by continuous-wave laser lateral crystallization with double-line beam, and its high-performance TFT was also fabricated. The newly-developed technique achieved highly-oriented silicon grains having {110}, {111} and {211} crystal orientations in the laser lateral crystallized plane, the transverse side plane and the surface plane, respectively. All the silicon grains were elongated in the laser-scanning direction and linearly arranged with a length of over 100  $\mu\text{m}$  and a width of 0.7  $\mu\text{m}$ . TFTs with this well-crystal oriented poly-Si thin films were also fabricated. And this TFT show high electron mobility of  $\mu = 560 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ .

多結晶シリコン薄膜トランジスタは、その高い電子移動度からモバイル用ディスプレイに使われている。しかし、いろいろな面方位をもつ多結晶のため、素子ばらつき増加などの問題が発生する。本研究では連続発振レーザを用い、巨大結晶グレイン形成と面方位制御を行い、低ばらつきな TFT 素子形成とその応用研究を進めている。

ダブルラインビーム連続発振レーザ結晶化を提案し、この方法により 3 軸方向に結晶面方位を制御した多結晶シリコン薄膜を作製した。このシリコン薄膜は、表面に(211)、膜側面方向に(110)、(111)の面方位をもち、更に巨大結晶グレインが得られ、長さ100 $\mu\text{m}$ 以上、幅0.7 $\mu\text{m}$ という巨大結晶グレインを形成可能である。更にこの多結晶シリコンを用いて poly-Si TFT を低温プロセス ( $\leq 550 \text{ }^\circ\text{C}$ )、メタルゲート自己整合プロセスで作製し、電子移動度  $\mu = 560 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の高電流駆動力化を示した。

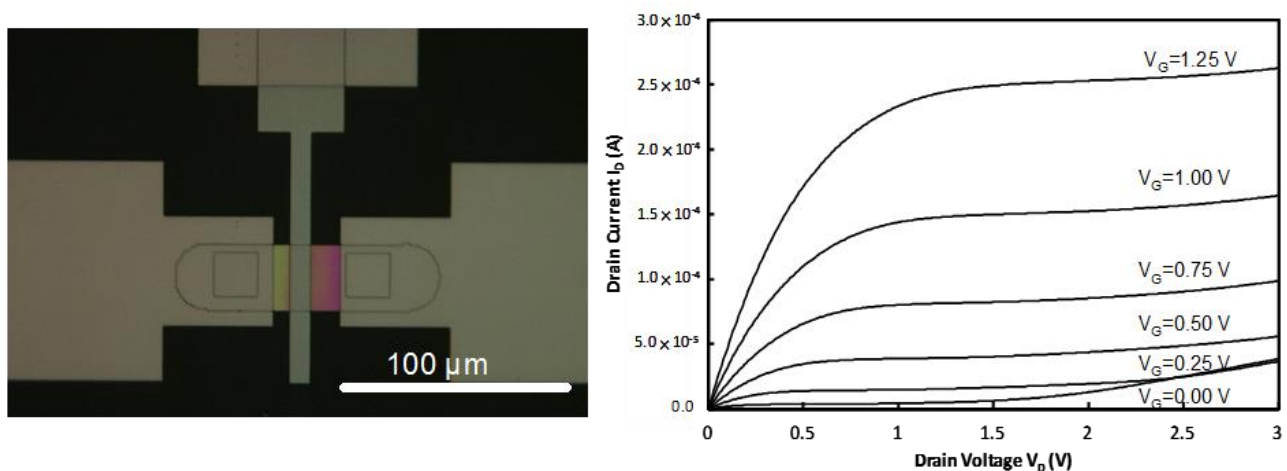


Fig. 1 Fabricated laser-crystallized poly-Si TFT and its ID-VD characteristics.

# XI. MISFET-type silicon optical modulator based on surface plasmon resonance

## 表面プラズモン共鳴をベースとしたMISFET型シリコン光変調器

Assistant Prof.  
Tetsuo Tabei  
特任助教 田部井哲夫



Silicon optical modulator for on-chip optical interconnects has to meet various requirements such as high-speed modulation, low power consumption, small footprint, and so on. But it is difficult to meet simultaneously these all requirements. With the goal of meeting these all requirements, we propose a novel optical modulator based on surface plasmon resonance [1]. This device has a metal-insulator-semiconductor (MIS) structure as shown in Fig. 1. Intensity of the propagation light in the device is controlled by surface plasmon polaritons generated by the applied gate voltage (Fig. 2). In this study, the conventional proposed modulator is improved to MIS field-effect transistor (FET) structure by adding  $n^+$  diffusion region (source and drain) as shown in Fig.3, and investigated the light modulation characteristics of it when changing drain current.

Figure 4 shows a cross sectional SEM image of the fabricated optical modulator having the core of 533 nm in thickness and 767 nm in width. The gate insulating film is  $Si_3N_4$  of 10 nm in thickness. Figure 5 shows the characteristics of drain current vs. drain voltage. Figure 6 show the gate voltage dependence of the output light intensity from the fabricated transistor-type optical modulator when TM polarized waves are input. The modulator length is 100  $\mu m$ , and the wavelength of input light is 1.54  $\mu m$ . The output light intensity decreases significantly when the gate voltage is about 1.3 V and the drain voltage is 0 V. The obtained maximum extinction ratio is about 1.6 dB. As the drain voltage increases, the extinction ratio is reduced. This reason is considered that a pinch-off point appears and the length of effective channel (inversion layer) reduces when a large drain voltage is applied.

チップ上光配線用のシリコン光変調器には高速変調、低消費電力、小設置面積等の多くの要求が課せられるが、これらの要求全てを同時に満足することは困難である。我々はこれらの要求を同時に満足する光変調器の開発を目標として、表面プラズモン共鳴をベースとするシリコン光変調器を提案した[1]。この変調器は図1のように金属-絶縁膜-半導体(MIS)構造をもち、電圧印加によって生成される表面プラズモンポラリトンによって伝播光の強度を制御する。本研究では、従来提案した光変調器の構造に $n^+$ 拡散層(ソース及びドレイン)を付け加えてMIS電界効果トランジスタ(FET)構造とし(図3)、ドレイン電流を制御した場合の光変調特性を調べた。

図4に作製した光変調器の断面SEM像を示す。導波路コアは高さ533 nm、幅767 nmである。ゲート絶縁膜は $Si_3N_4$ であり、厚さは10 nmである。図5にドレイン電流-ドレイン電圧特性を示す。図6にゲート長100  $\mu m$ の光変調器に波長1.54  $\mu m$ のTM偏光波を入射した際の出力光強度の変化を示す。横軸はゲート電圧であり、ドレイン電圧を0 Vから4 Vまで1 Vずつ変化させて測定した。ドレイン電圧が0 Vのとき、ゲート電圧1.3 V付近で出力光強度の大きな低下が確認された。この時の消光比は約1.6 dBである。一方、ドレイン電圧を大きくすると出力光強度の低下が見られなくなる。この理由は、大きなドレイン電圧をかけた場合ピンチオフ点が現れ、実効的チャンネル長(反転層)が縮小するためと考えられる。

[1] T. Tabei and S. Yokoyama, Proc. SPIE 8431, 84311K, 2012.

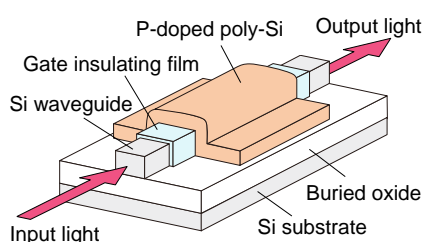


Fig. 1 Schematic structure of the proposed MIS-capacitor type optical modulator.

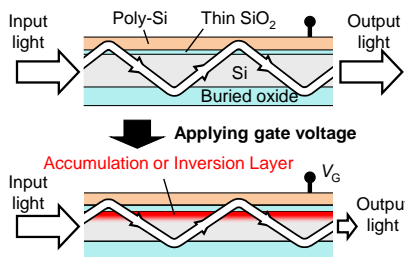


Fig. 2 Modulation mechanism of the proposed modulator. Inversion or accumulation layer behaves like a metal film, the propagation light interact with surface plasmons at a particular bias voltage.

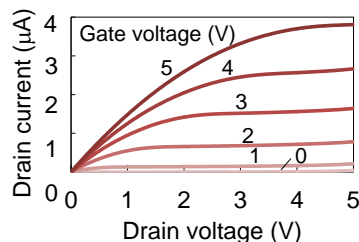


Fig. 5 Cross sectional SEM image of the fabricated optical modulator.

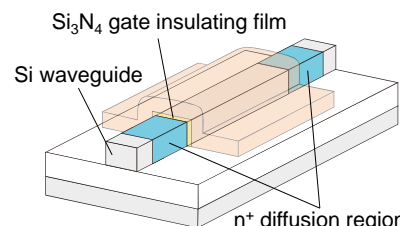


Fig. 3 Schematic structure of the MIS-FET type optical modulator.

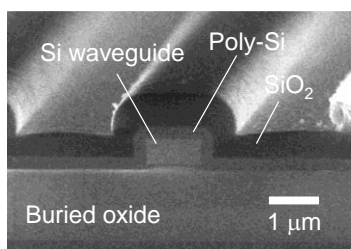


Fig. 4 Cross sectional SEM image of the fabricated transistor-type optical modulator.

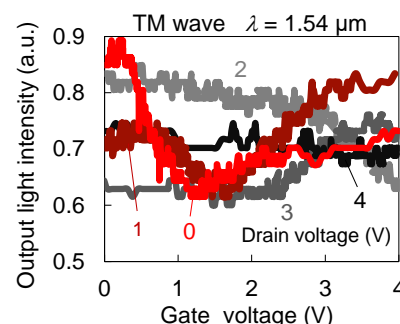


Fig. 6 Output light intensity of fabricated transistor-type optical modulator when TM polarized waves are input.

## 4.2 Integrated Systems Research Division

---

### 集積システム科学研究部門

The Integrated Systems Research Division focuses on basic research for terabit-capacity highly-functional memories, super-parallel processing, bio-sensing, wireless interconnection and 3-dimensional integration. With the obtained results we aim at the realization of artificial-brain technology exceeding humans in intelligent-processing speed, storage capacity and adaptive learning.

集積システム科学部門では、テラビット容量と高機能メモリ、超並列演算、バイオセンシング、無線インタフェース、3次元集積に関する基盤研究を推進している。そして、これらの基盤技術を用いて、人間の脳より速い認知処理、大規模な記憶容量、環境に適応する学習機能を有する集積ブレインの実現を目指す。

#### 4.2.1 Research projects in integrated systems research division

---

##### 集積システム科学研究部門における研究プロジェクト

The current research projects in the Integrated Systems Research Division are outlined. 現在行っている主な研究プロジェクトの概要を紹介する。

#### 1. Area-efficient N-port memories with large access bandwidth

(Prof. H. J. Mattausch)

##### 広帯域幅対応の小面積Nポートメモリ

N-port memories with simultaneous read/write access from all ports offer large latency-free access-bandwidth even at low clock frequencies. We are therefore developing new N-port-memory architectures, which offer an optimum trade-off between the opposing requirements of (i) small area-consumption for each of the N ports and (ii) low access-conflict probability. The area-efficient N-port memories with large access bandwidth will be used as basic building blocks for memory-based, flexible systems with humanlike capabilities.

全てのポートから同時に書き込み/読み込みを行うことができるNポート(多ポート)メモリでは、低い周波数であってもレイテンシを伴うことなく高周波領域の帯域幅を得られる利点がある。そこで相反する2つの要求、(i)1ポート当たりの占める回路面積の削減と(ii)低アクセス衝突確率、のトレードオフを最適化できる新しいNポートメモリアーキテクチャの開発を行っている。広い帯域幅を持ち、面積効率の高いNポートメモリは、人間的要素を備えたメモリベースコンピュータのための新しいアーキテクチャの基本構成要素となり得るものと考えられる。

#### 2. Associative memories and their application for intelligent system integration

(Prof. H. J. Mattausch)

##### 連想メモリ及びその知能情報処理システムの集積化ための応用

An important basic component for intelligent data processing is an associative memory with nearest-match capability between input-data words and a stored basis of reference-data words. Especially for real-time recognition and learning it will be necessary to implement fast pattern matching up to large absolute minimum distances. Depending on the application, Hamming, Manhattan, or Euclidean distance measures are used. This project aims at integrating the complete matching function for all these distance measures in an area-efficient way and with low

power consumption into the memory, where the reference-data words are stored. Various new concepts for realizing the pattern-matching function, utilizing mixed analog-digital circuitry, mapping of the distance into time domain or complete digital concepts, are investigated. Additionally, concepts for including a learning function into this associative-memory architecture for building complete intelligent systems are also studied.

知的データ処理のための重要な基本構成要素として、入力データワードとメモリに記憶された複数の参照用データワードとの最小距離を検索する機能を持つ連想メモリがある。特にリアルタイム認識や学習システムのためには、非常に大きな値の最小距離のパターンマッチングを高速に実行することが必要となる。アプリケーションに応じて、ハミング、マンハッタンまたはユークリッド距離尺度が使用される。本プロジェクトでは、面積効率の良いと消費電力の低い方法で、参照用データが記憶されているメモリ内に、全てのこれらの距離尺度を実現するマッチング機能の集積化を目的とする。パターンマッチングの機能を実現するためにアナログ・デジタル融合回路や距離を時間領域にマッピングする回路を検討する。または完全デジタル方法などの様々な新しいコンセプトを探索している。更に、完全な知能情報処理システムを構築するための連想メモリベースの学習機能に関する研究も行っている。

### **3. Digital real-time moving-picture segmentation and feature extraction (Assoc. Prof. T. Koide)**

#### **デジタルリアルタイム動画像分割**

Image segmentation is the extraction process of all objects from natural input images and is the necessary first step of object-oriented intelligent image processing such as object recognition or object tracking. The aim of our project is to develop high-speed, high-density image segmentation/extraction algorithms and architectures for gray-scale/color image segmentation of real-time moving-pictures. In this way we will enable vision-based intelligent processing.

画像分割処理は、入力として取り込んだ複雑な自然画像から個々の対象物を抽出する処理であり、オブジェクトベースの処理である画像認識や動体検出等において重要な前処理である。これまでにいくつかの画像分割アルゴリズムが提案されているが通常ソフトウェアでの処理を前提としているため、リアルタイム処理や小面積での実装が困難である。本プロジェクトでは、ビジョンベースの知的情報処理を達成するために、リアルタイムのカラー・グレースケール動画像のための、高速かつ小面積で実装可能な画像分割/抽出アルゴリズム及びアーキテクチャを提案することを目的としている。

### **4. Massive-parallel memory-embedded SIMD matrix processing (Assoc. Prof. T. Koide)**

#### **超並列メモリエンベディッドSIMD型マトリックスプロセッシング**

In this project, we investigate a novel concept of massive-parallel, memory-embedded SIMD (Single Instruction Multi Data Stream) multimedia processors for achieving highly-parallel processing with low power consumption. The novel SIMD concept relies on many small processing elements with a bit-serial and word-parallel mode of operation, which are directly connected to SRAM arrays. Embedding of Content Addressable Memory (CAM) in the SIMD matrix is also studied to further improve the overall processing performance.

本プロジェクトでは、高い並列処理を低い消費電力で成し遂げるために、新しいコンセプトの超並列メモリエンベディッド SIMD (Single Instruction Multi Data Stream)型マルチメディアプロセッサに関する研究を行っている。開発している新しい SIMD 型アーキテクチャは、ビットシリアルモードやビットパラレルモードのオペレーションの



機能を持つたくさんの小さな面積のプロセッシングエレメントを、SRAM アレイと直接接続した形で敷き詰めるというコンセプトである。また、SIMD マトリックスコアに連想メモリ(CAM)を埋め込むことにより、全体の処理性能を更に改善することに関しても研究を行っている。

## **5. Influence of fabrication variability on circuit performance and reliability (Prof. H. J. Mattausch)**

### **回路性能と信頼性における製造ばらつきの影響**

Nanometer-scale design rules are a challenge for performance and reliability of integrated circuits because the control of variation effects in fabrication processes becomes more difficult. Therefore, we are investigating the influence of these fabrication variations on the performance variation of MOSFETs and integrated circuits. This project aims in particular at the development of a simulation method for predicting the performance and reliability variations of integrated circuits based on the surface-potential model HiSIM for circuit simulation. The developed simulation method will be applied to the reliable design of our novel integrated circuits for intelligent system with capabilities exceeding those of humans.

ばらつき現象を製造過程において抑制することはますます難しくなっているため、ナノレベルでの設計基準は、集積回路の性能と信頼性が重要視されている。このことから我々は、製造過程において発生する MOSFET と集積回路における性能ばらつきの影響について研究した。特筆すべきことは、このプロジェクトでは、集積回路での性能と確実性におけるばらつきを予測するシミュレーション方法の成果である回路シミュレーションにおける表面ポテンシャルコンパクトモデル HiSIM に基づいて成されているという点である。この新しい集積回路シミュレーション手法を用いることで、人間の能力を超えたインテリジェントシステムを確立するための正確な設計ができるようになる。

## **6. Study on real time computer aided diagnosis imaging system for colorectal and gastric cancer (Assoc. Prof. T. Koide)**

### **大腸癌と胃癌のためのリアルタイム計算機援用診断支援画像システムに関する研究**

Colorectal and Gastric cancer was reported as the second-leading causes of cancer deaths worldwide. It is very important to detect colorectal and gastric cancers at an early stage. Magnifying colorectal and gastric endoscopies with flexible spectral imaging color enhancement (FICE) is clinically useful in diagnosing colorectal and gastric cancers and determining treatment options. There is a learning curve, however. Accurate FICE-based diagnosis requires training and experience. We are developing a computer aided diagnosis (CAD) system for predicting colorectal and gastric cancers on images obtained by magnifying endoscopy with FICE. We are developing a custom software program that can represent features and classify the region according to corresponding features on training images. We are using bag-of-features representation. Dense scale-invariant feature transform (SIFT) descriptors are used for local features. A support vector machine (SVM) with a linear kernel is used as classifier. The accuracy of these software based diagnosis system is very good from the experimental results real cancer images. However, the processing time is very large and we are developing the hardware system for real time HD image diagnosis.

大腸および胃癌は、癌死亡の第 2 の主要原因として世界的に報告されている。初期段階で大腸および胃癌を検知することは非常に重要である。柔軟なスペクトル色増強画像の解析 (FICE)を備えた大腸・胃の拡大内視鏡検査は、大腸および胃癌を分析し、治療のオプションを決定するのに臨床的に役立つ。しかしながら、学習曲線があるため、正確な FICE に基づいた診断はトレーニングと経験が必要となる。私たちは、FICE を備えた拡大

内視鏡検査により得られた画像上の大腸および胃癌を予測するためのコンピューター支援の診断(CAD)システムを開発している。私たちは、特徴を表わすことができ、画像によるトレーニングによって、対応する特徴によって領域(部位)を分類することができるカスタム・ソフトウェア・プログラムを開発している。このシステムでは bag-of-features を使用している。Dense scale-invariant feature transform (DSIFT)により、局所的な特徴を抽出する。また、線形カーネルを用いたサポートベクタマシン(SVM)は、識別器として使用している。実際の癌の画像データに対する実験結果から、上述の方法に基づくソフトウェア診断支援システムの精度は非常に良いことを示した。しかしながら、処理時間は非常に大きいため、リアルタイム High-Definition(HD)画像の診断のために、提案システムのハードウェアシステムの開発を行っている。

## **7. Study on real-time speed traffic-sign recognition embedded system using global and local features (Assoc. Prof. T. Koide)**

### **大域・局所特徴量を用いたリアルタイム速度道路標識認識組み込みシステムに関する研究**

The traffic sign recognition would be very important in the future vehicle active safety system. The most important information is provided in the drivers' visual field by the road signs, which are designed to assist the drivers in terms of destination navigation and safe. The most important of a car assistant system is to improve the drivers' safety and comfort. Detecting the traffic signs can be used in warning the drivers about current traffic situation, dangerous crossing, and children path.

In this study, we aim to solve this challenge and perform real-time speed limit signs recognition on a low resources embedded platform. In order to get the goal, the fine and coarse grain pipeline together with parallel processing architecture is used. The recognition processing of each frame is coarsely divided into two pipeline stages. One is used for traffic signs and size detection and the other is used for number recognition. The traffic signs and size detection scan each frame by various scan windows sizes in parallel. Each scan windows in one position is finely processed in fine grain pipeline in order to increase the general throughput with small penalty in hardware size. We have already developed hardware-oriented algorithms for the traffic signs and size detection with global feature and for the traffic speed number recognition with local features so as to implement a real-time speed traffic-sign recognition embedded system with ARM processor core and FPGA.

道路標識の認識は未来の車のアクティブセーフティシステムにおいては非常に重要である。最も重要な道路の情報は道路標識からドライバーに伝えられる。また、道路標識はドライバーが目的地に誘導してくれるだけでなく、安全に関する情報が認識できるように設計されている。車のアシスタントシステムに最も重要なことは、ドライバーの運転に関する安全性の向上と快適性の向上になる。道路標識を検出して認識することにより、ドライバーに、現在の道路状況、危険な交差点、子供の横断などに関して注意を促すことができる。

本研究では、最初の取り組みとして、低コストのリソースから構成される組み込みシステム上に、リアルタイムで速度標識を認識するシステムを構築することを目指している。現在開発中のシステムでは、2段階のパイプラインステージ処理を並列処理できるアーキテクチャを用いる。各動画のフレームの認識処理は、大きく2つのパイプラインステージに分かれている。1つ目は、フレーム内における道路標識の位置と大きさ、すなわち、道路標識の候補領域を検出する処理で、2つ目の処理は検出された道路標識候補領域から道路標識を認識する処理になる。道路標識候補領域検出は、各フレームにおいて様々なスキャンウィンドウサイズを用いて並列に処理を行う。最終的に検出された道路標識候補領域は、スループットとシステムのコスト(回路規模)のトレードオフを考慮して、更に細かなパイプライン処理にて認識処理が行われる。現在、大域特徴量を用いた道路標識の候補領域の検出のためのハードウェアアルゴリズムと、局所特徴量を用いた速度標識認識ハードウェアアルゴリズムを開発しており、現在、ARMコアとFPGAが搭載された組み込みシステム上に実装を行っている。

## 4.2.2 Research highlights in integrated systems research division

### 研究ハイライト

#### I. Die-to-die and within-die MOSFET-variation extraction of 65nm CMOS technology for circuit-variation simulation

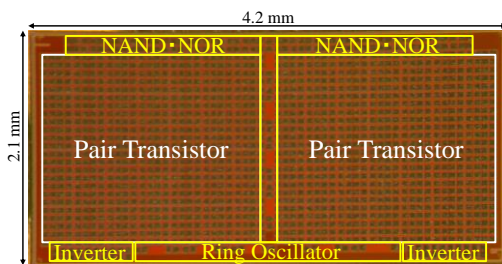
##### 回路ばらつきシミュレーションのための 65nm CMOS 技術のダイ間及びダイ内 MOSFET ばらつきの抽出

Prof. Hans Jürgen  
Mattausch  
教授 マタウシュ  
ハンス・ユルゲン



The development of a TEG for die-to-die (DTD) and within-die (WID) variation analysis (Fig. 1) is reported. Microscopic parameter variations for reproducing macroscopic DTD and WID variations are extracted from  $V_{th}$  and  $I_{on}$  measurements of transistor pairs in 65 nm CMOS technology. Both DTD and WID variations for PMOSFETs can be reproduced by changing the values of only four microscopic parameters in the surface-potential MOSFET model HiSIM (Table 1). However, measured DTD and WID variations of NMOSFETs reveal that a 5<sup>th</sup> microscopic parameter MUECB0 (Table 2), representing the influence of Coulomb scattering on mobility variation, becomes necessary to reproduce the experimental data (Figs 3-6). Detailed DTD and WID variation effects for NMOSFETs and PMOSFETs are different in many ways. However, the largest microscopic impact on the macroscopic  $V_{th}$  and  $I_{on}$  variation comes for this 65 nm CMOS technology in all cases from the impurity-concentration variation of the pocket implantation.

ダイ間 (DTD) 及びダイ内 (WID) のばらつき解析のための TEG 開発を報告する (図 1)。巨視的な DTD 及び WID のばらつきを再現するための微視的パラメータのばらつきは 65nm の CMOS 技術においてトランジスタ対の  $V_{th}$  及び  $I_{on}$  測定値から抽出される。PMOSFET の場合、DTD 及び WID のばらつきともに、表面電位 MOSFET モデル HiSIM の 4 つの微視的パラメータの値のみを変更することによって再現することができる (表 1)。但し、測定された NMOSFET の DTD 及び WID のばらつき (図 3-6) を再現するためには、移動度ばらつきにクーロン散乱の影響を表すパラメータ MUECB0 が第 5 の微視的パラメータとして必要となる (表 2)。NMOSFET と PMOSFET の詳細な DTD および WID ばらつきは多くの点で異なっているが、 $V_{th}$  及び  $I_{on}$  の巨視的なばらつきは、すべての場合において、ポケット注入の不純物濃度のばらつきから発生している。



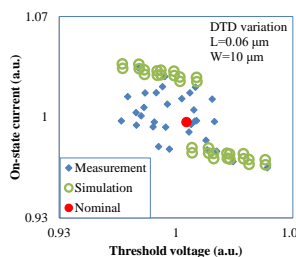
**Fig. 1** TEG in 65nm CMOS for die-to-die (DTD) and within-die (WID) variation extraction, as well as verification circuits for circuit-variation prediction.

**Table I** Extraction results of PMOSFET variation boundaries for the relevant microscopic HISIM2 parameters.

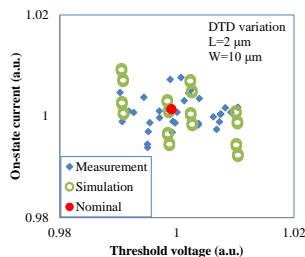
Variation type	NSUBC [%]	MUESR1 [%]	NSUBP [%]	XL [nm]
Die-to-Die	-0.00/+0.19	-0.51/+0.61	-14.7/+23.7	-0.54/+0.58
Within-Die	-0.00/+0.10	-0.38/+0.39	-6.67/+11.2	-0.13/+0.31

**Table II** Extraction results of NMOSFET variation boundaries for the relevant microscopic HISIM2 parameters.

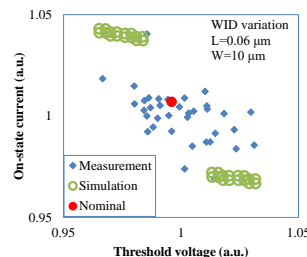
Variation type	NSUBC [%]	MUECB0 [%]	MUESR1 [%]	NSUBP [%]	XL [nm]
Die-to-Die	-0.43/+0.48	-9.58/+6.87	-1.75/+1.10	-14.4/+1.10	-0.75/+1.30
Within-Die	-0.14/+0.19	-1.54/+3.21	-1.55/+0.10	-8.12/+2.34	-1.28/+1.21



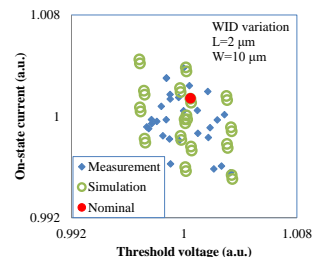
**Fig. 2** Extraction results of die-to-die (DTD) variation from fabricated pair transistors (NMOSFETs) on the TEG ( $L=0.06\mu\text{m}$ ,  $W=10\mu\text{m}$ ).



**Fig. 3** Extraction results of die-to-die (DTD) variation from fabricated pair transistors (NMOSFETs) on the TEG ( $L=2\mu\text{m}$ ,  $W=10\mu\text{m}$ ).



**Fig. 4** Extraction results of within-die (WID) variation from fabricated pair transistors (NMOSFETs) on the TEG ( $L=0.06\mu\text{m}$ ,  $W=10\mu\text{m}$ ).



**Fig. 5** Extraction results of within-die (WID) variation from fabricated pair transistors (NMOSFETs) on the TEG ( $L=2\mu\text{m}$ ,  $W=10\mu\text{m}$ ).

## II. Digital associative memory for word-parallel manhattan-distance-based vector quantization

### ワード並列マンハッタン距離ベースのベクトル量子化のためのデジタル連想メモリ

Prof. Hans Jürgen Mattausch

教授 マタウシュ ハンス・ユルゲン

Digital Word-parallel associative-memory architecture capable of Manhattan-distance-based vector quantization (Fig. 1) is reported, which applies frequency dividers (Fig. 2) and clock counting (Fig. 3) to realize nearest Manhattan-distance (MD) search. Experimental verification was done with a 65 nm CMOS design implementing 128 reference vectors, each having 16 components and 16 bit per component (Fig 4). For the fabricated test chips 926 ps minimum search time and 2.13 mW power dissipation were measured at 120 MHz and  $V_{dd} = 1.2$  V. At lower supply voltage of  $V_{dd} = 0.9$  V and lower frequency of 20 MHz the power-dissipation reduces to 130  $\mu$ W. In comparison to previous digital architecture a factor 100 smaller power delay product (estimated factor 16 when scaled to 65 nm CMOS) is achieved (Fig. 5).

マンハッタン距離ベースのベクトル量子化を有するデジタルかつワード並列連想メモリアーキテクチャ(図1)を報告する。最小マンハッタン距離(MD)検索を実現するためには、周波数分周器回路(図2)及びクロックカウント回路(図3)を利用する。アーキテクチャの実験検証を、それぞれが16のコンポーネントで、コンポーネントあたり16ビットの参照ベクトル128個に関して、65nmのCMOS技術での設計及び試作を用いて行った(図4)。120MHz及び $V_{dd}=1.2V$ において、測定されたテストチップの性能結果は最小探索時間926ps及び消費電力2.13mWであった。低電源電圧 $V_{dd}=0.9V$ と低周波数20MHzにおいて、消費電力が130 $\mu$ Wに減少した。以前のデジタルアーキテクチャと比較して100倍小さい電力遅延積(65nmのCMOS技術に以前のアーキテクチャ実装をスケーリングする場合の推計は16倍小さいに減少するである)を達成している(図5)。

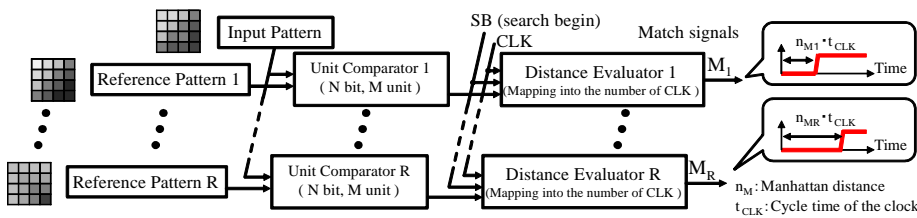


Fig. 1 Architecture overview of the digital word-parallel Manhattan distance search associative memory.

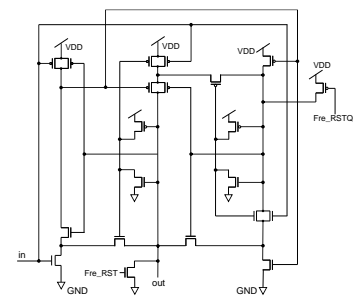


Fig. 2 Used 1/2 frequency division circuit with reset function. Only 21 transistors are needed per bit.

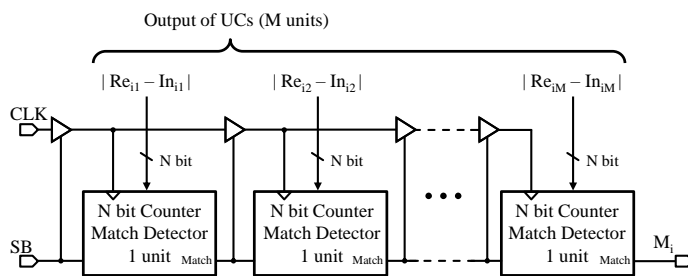


Fig. 3 Distance counter for 1 reference vector of M dimensions with N bit per vector component.

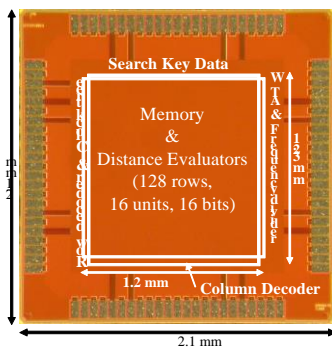


Fig. 4 Die photograph and specifications of the fabricated associative memory in 65 nm CMOS.

Technology	65 nm CMOS (11Cu, Al)
Supply voltage	0.9V - 1.2V
Function	Min. Manhattan-distance search
Organization	128-word, 16-unit, 16-bit
Max operation speed (1.2 V)	220 MHz (Using 8bit)
	120 MHz (Using 16bit)
Power consumption (Worst case, 1.2V)	2.13 mW (@120 MHz, 16bit)
	3.65 mW (@220 MHz, 8bit)
Low power mode (Worst case, 0.9V)	0.13 mW (@20 MHz, 16bit)
	0.54 mW (@40 MHz, 8bit)
Area	1.48 mm <sup>2</sup>
Memory	0.12 mm <sup>2</sup> (7.97%)
Unit comparators	0.35 mm <sup>2</sup> (23.7%)
Distance counters	0.92 mm <sup>2</sup> (62.3%)

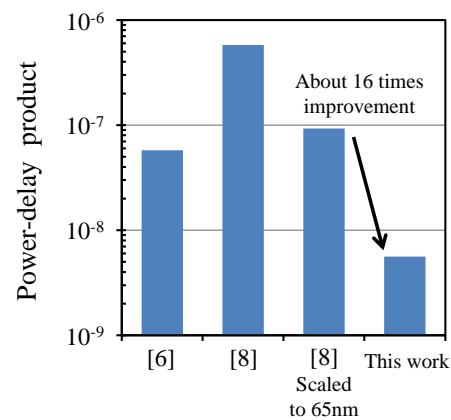


Fig. 5 Comparison of the power-delay product to previous work.

[1] Y. Yano et al., SSDM'2002, pp. 254-255, 2002.

[2] Y. Oike et al., CICC'2004, pp. 295-298, 2004.

### III. Pipeline scanning architecture for traffic sign detection with computation reduction

#### 速度道路標識検出のための計算量の削減を可能とする パイプラインスキャンアーキテクチャ

Assoc. Prof.  
Tetsushi Koide  
准教授 小出 哲士



The traffic sign recognition would be very important in the future vehicle active safety system. Fig. 1 shows the overviews of the proposed speed limit recognition system. Fig. 2 shows the pipeline architecture of the speed limit recognition system. The system is able to scan for the traffic signs up to 50x50 pixels in size. It contains two main modules of Rectangle Pattern Matching (RPM) and the Number Recognition (NR). Other modules are Noise Reduction Filter (NRF), Sign Enhancement Filter (SEF), and Circle Recognition (CR). Supported for the NRF and the RPM are a number of 8-bit FIFOs. The SEF is independent with the RPM processing, and so could be processed in parallel with the RPM. Different from the software implementation, in which the CR is used to reduce the number of sign candidates, in the hardware implementation, the CR result is used to strengthen the judgment of the speed limit recognition. Hence, the CR and NR can be executed in parallel before the final judgment. The NRF, the RPM, and the SEF work with 8-bit grayscale data while the NR and the CR work with 1-bit black-and-white data. These 8-bit processing modules and 1 bit processing modules are connected with the other through two memories. The first one, the Location and Scan Windows flags FIFO, is used to store the position of the sign candidates in a frame and the detected scan window sizes at that position. The second one, a general memory called Binary image memory with the size of 249,600 bits, is used to store the black-and-white bit value of each frame. Two independent memories and a memory swapping mechanism are necessary. It allows the 8-bit and 1-bit processing parts access the binary image memories for read and write in parallel. Fig. 3 shows the two pipeline stages, named RPM and NR, of the speed signs recognition system. The combination of coarse and fine grain pipeline architectures with parallel processing allows our implementation meets the demand of real time system. The two computation re-use mechanisms in scanning process also significantly reduce the hardware size in our implementation to 1/50 compared with the straight forward scanning method and allow compact hardware size implementation. It achieves 100% in precision rate in normal daylight situation.

道路標識の認識は未来の車のアクティブセーフティシステムにおいては非常に重要である。Fig. 1 は提案する速度道路標識認識システムの概要である。Fig. 2 に本研究で提案するパイプラインアーキテクチャを示す。提案システムは 50 x 50 画素までの道路標識をスキャンすることができ、大きく 2 つの Rectangle Pattern Matching (RPM) と Number Recognition (NR) モジュールから構成される。他には Noise Reduction Filter (NRF)、Sign Enhancement Filter (SEF)、 and Circle Recognition (CR) のモジュールがある。NRF と RPM は 8-bit FIFO を介して接続されており、SEF は RPM の処理と独立に並列に実行される。ソフトウェア実装と異なり、ハードウェア実装では CR は道路標識候補を削減するために使用される。このため、CR と NR は最終認識の前に並列して実行される。NRF、RPM、SEF は 8-bit グレースケールデータを処理するが、NR と CR は 1-bit のモノクロデータに対して処理を行う。8-bit 処理モジュールと 1-bit 処理モジュールは 2 つのメモリを介して接続されている。1 つ目は Location and Scan Windows flags FIFO でフレーム内の道路標識候補のサイズと位置情報を保持している。2 つ目は 2 値画像(249,600 bits)メモリで、各フレームの SEF 処理された 2 値画像を保持する。2 つの独立したメモリはスワッピングのメカニズムを有しており、書込と読込は同時に行うことができる。Fig. 3 に RPM と NR の 2 つのパイプラインステージを示す。これらの粗密のパイプラインアーキテクチャをうまく組み合わせることにより、リアルタイム処理を実現することが可能となる。また、スキャン処理の再利用の 2 つの処理により、一般的な方法に比べてハードウェアサイズを約 1/50 に削減することができ、コンパクトなサイズの実装を実現することが可能となる。提案システムは日中のシーンに対して 100% の検出結果を得ることができる。

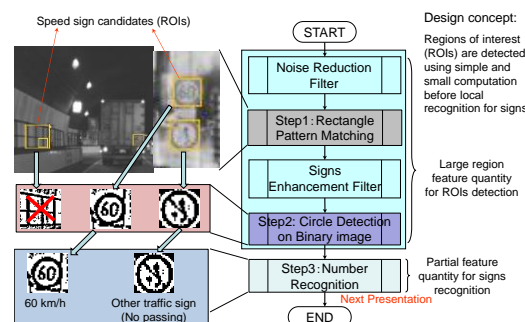


Fig. 1 Speed limit recognition system.

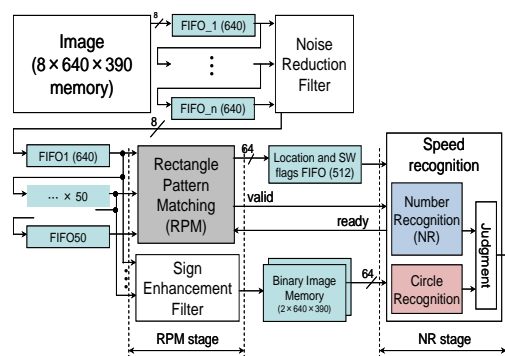


Fig. 2 Speed limit recognition system with scan windows sized up to 50x50 pixels.

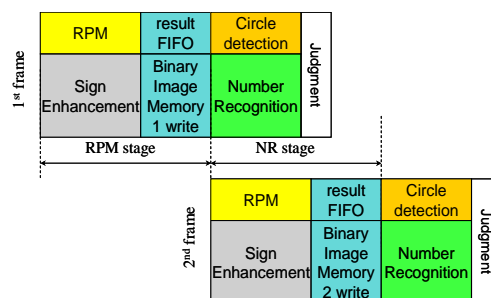


Fig. 3 Pipeline stages of limit speed recognition system.

## IV. A hardware-oriented number recognition algorithm for speed traffic-sign recognition system

### 速度標識認識システムのためのハードウェア向け数字認識アルゴリズム

Assoc. Prof. Tetsushi Koide  
准教授 小出 哲士

The traffic sign recognition would be very important in the future vehicle active safety system. We have developed a novel compact hardware oriented algorithm for real time speed traffic-signs detection system. We introduce a simple and effective rectangle pattern matching together with a simple circle detection algorithm, and architecture for speed limit sign candidates detection with small hardware size and computation time. The algorithm is shape based segmentation with 8-bit grayscale input images. Due to the simplicity of the algorithm, it supports for real-time driving assistant system. Fig. 1 shows the overviews of the proposed speed limit recognition system. In this research the number recognition module analysis features of the region of interests (ROIs) and compares with the features of the numbers for number recognition. The number recognition process extracts the local feature quantity of the scan window (SW) and compares it with the standard quantity of various numbers “0 ~ 8” to find the match for recognition. It has 3 steps. In the first step, the SW (detected sign area) is narrowed down to search area, where the numbers are located, before analyzing to detect the features of numbers inside. In the second step, the feature quantity from the number is extracted (Fig. 2). Finally, limited-speed number is determined. By comparing the feature quantity extracted from the search area with the standard features of numbers, limited-speed is determined. In terms of detection accuracy, the simulation achieves 100% of accuracy in 54 real life scenes in day light on highways (31 scenes) and local roads (23 scenes) (Fig. 3). The proposed hardware-oriented algorithm can be implemented a low cost embedded SoC system with ARM core and FPGA.

道路標識の認識は未来の車のアクティブセーフティシステムにおいては非常に重要である。本研究では、低コストのリソースから構成される組み込みシステム上に、リアルタイムで速度標識を認識するシステムを構築することを目指してハードウェア向けアルゴリズムを開発した。シンプルかつ効果的な矩形パターンマッチングと円検出アルゴリズムを組み合わせることで、速度標識の候補領域の検出を低コストのハードウェア量と計算コストで実現する。提案アルゴリズムでは、8bitのグレースケール画像に対してシェイプベースの画像分割を行う。リアルタイムの運転支援システムをサポートするためにアルゴリズムをできるだけ単純化した。Fig. 1は提案する速度標識認識システムの概要である。本研究では速度標識の候補領域 (ROI) に対して、新しく開発した数字の局所的な特徴量を用いた数字認識を行うことで、速度数字を認識する方法を開発した。数字認識部分は、SW (標識候補領域) から局所特徴量を抽出して、その局所特徴量をあらかじめ決めた判定基準とマッチングさせることで、0~8の数字を判定する。アルゴリズムは3つのステップから構成される。ステップ1では、数字部分の特徴量を抽出するために SW (標識候補領域) から数字が存在する領域である Search Area を絞り込む。次にステップ2では、Search Area から数字部分の特徴量を抽出する (Fig. 2)。最後にステップ3では、あらかじめ決めた数字の判定基準と、抽出した特徴量とを比較することで、数字の判定を行う。提案したハードウェアアルゴリズムを用いてシミュレーションを行った。54個の実際の昼間のシーン (高速道路 31 シーン・市街地 23 シーン) (Fig. 3) に対して 100% の速度標識の検出を実現した。これにより、ARM コアと FPGA が搭載された低コストの SoC 組み込みシステムに実装すること可能となる。

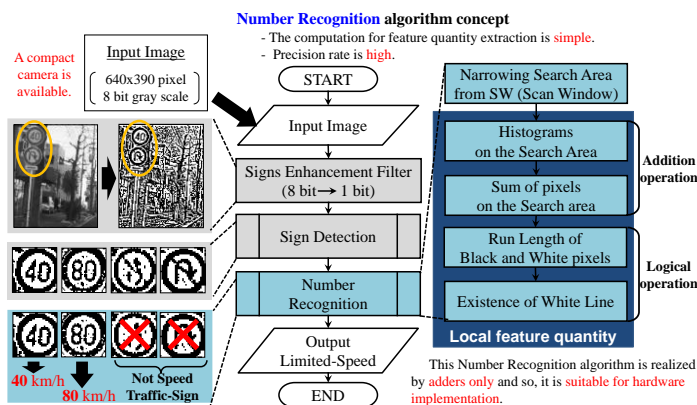


Fig. 1 Speed limit recognition system.

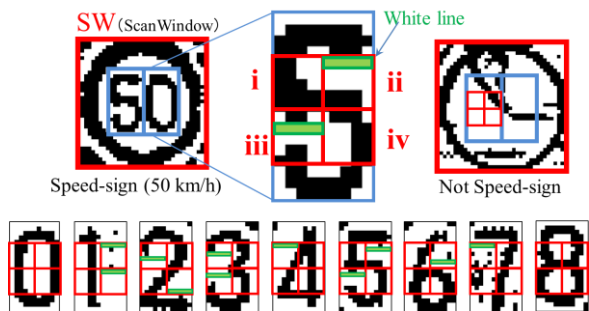


Fig. 2 Vertical white line feature of numbers.

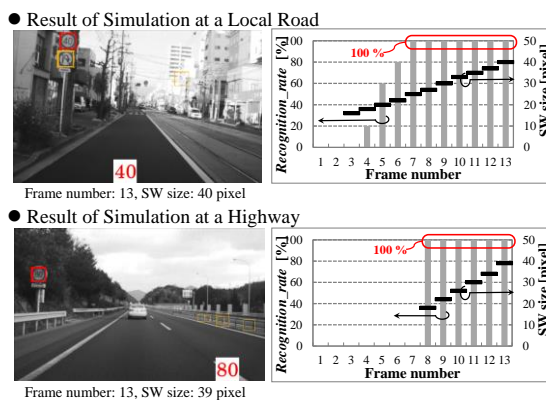


Fig. 3 Recognition results per frame of scene at a local and a highway roads in Japan.

## V. High speed feature extraction architecture in CAD system for colorectal endoscopic images with NBI magnification

### 大腸NBI拡大内視鏡画像診断支援(CAD)のための高速な特徴量抽出アーキテクチャ

Increment in number of colorectal cancer patient increases the requirement for a more efficient diagnosis system. In this study, we have proposed an improvement for feature extraction in computer-aided diagnosis (CAD) system for colorectal endoscopic images with narrow-band imaging (NBI) magnification. The algorithm with a bag-of-features (BoF) representation of local features and Dense Scale-Invariant Feature Transform (D-SIFT) is used in the feature extraction. It is necessary to consider a trade-off of the precision of the feature extraction and speedup by the FPGA implementation for processing of real time full high definition (1920 x 1080) image. We simplify the original algorithm and reduced the number of computation for feature representation in hardware implementation purpose. The simulation results compared with the software implementation of the original algorithm, we can achieve about 1,000 times speed up of the feature extraction algorithm without the degradation of the detection accuracy. In the feature extraction, the features obtained from the images of each type are clustered and the center of each cluster is saved as Visual-Word (VW). Then, the features extracted from the input image are compared with the VWs of each type and a histogram is made from voting for the nearest VW. The proposal hardware oriented feature extraction algorithm is shown in Fig. 1. Figure 2 shows an architecture of the proposed algorithm. The pipeline processing is realized by using FIFO. Moreover, by reducing the number of dimension of the visual words from 128 to 64, the amount of memories is reduced by about 95% compared with software implementation. In addition, pipeline processing is realized by performing block line gradient computation. Each pixel will get to the system for block line gradient computation before storing into block buffer. When the pixel in the next line of the same block comes, the corresponding intermediate block line gradient is read from the block buffer to continue the gradient computation for that block. The two block sizes of 5 pixel and 7 pixel are necessary in our system. Hence, the Direction and Intensity of Gradient Calculation unit (c) and the Directions Convolution unit (d) in Fig. 2 are duplicated for Block Size = 5 pixel and Block Size = 7 pixel processing in parallel.

近年の大腸癌患者の増加に伴い、効果的な診断支援システムが求められている。本研究では、大腸 NBI (Narrow Band Imaging) 拡大内視鏡画像診断支援 Computer-Aided Diagnosis (CAD) システムの特徴量抽出部のハードウェア向けアルゴリズムを提案する。提案手法は Bag-of-Features (BoF) に基づき、特徴量抽出部に Dense Scale-Invariant Feature Transform (D-SIFT) を採用する。リアルタイム Full HD の高解像度画像の処理には FPGA 実装による高速化と特徴量抽出の精度のトレードオフを考える必要がある。そこでハードウェア向け特徴量抽出アルゴリズムを開発するとともに、シミュレーションを行い提案ハードウェアアルゴリズムの有効性を確認した。その結果約 1,000 倍の特徴量抽出処理の高速化を認識精度の劣化なく実現することができた。特徴量抽出では、識別すべき画像を取得し、入力画像から特徴量を抽出する (Fig. 1)。提案ハードウェア向け D-SIFT アルゴリズムのアーキテクチャブロック図を Fig. 2 に示す。提案アーキテクチャでは、Simple Gaussian Filter 処理部、輝度勾配算出部および畳込処理部に FIFO を複数行用いることでパイプライン処理を実現している。また、次元数を 128 次元から 64 次元に削減したこと、特徴量のブロックごとの値を重み付け処理の省略でキーポイントに依らず共有させたことにより、必要なメモリ量をソフトウェア実装と比較して約 95% 削減した。Fig. 2 (d) の畳込処理部は、Fig. 2 (c) 勾配方向算出部からの信号によりセレクタを制御することで、各 pixel の勾配強度を方向毎に加算している。その際カウンタを用いてブロックサイズの足し合わせを行った後、途中結果をブロックバッファに保存して次の行の値が入力された際に再び呼び出すことで、ブロックごと、方向ごとの畳込み込みを実現している。本システムではブロックサイズを 5 pixel と 7 pixel の 2 種類に設定部を 2 つ並列に用意している。

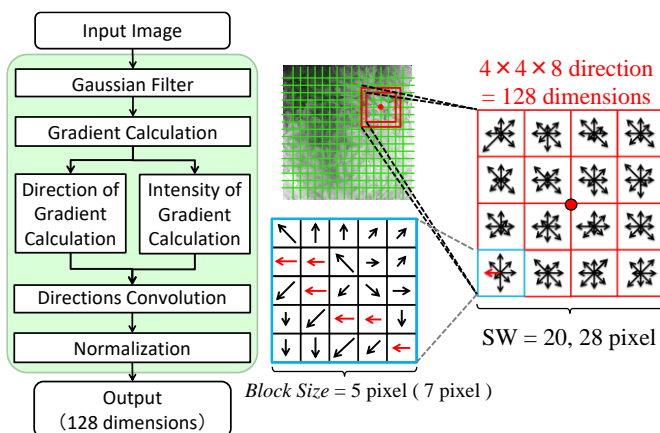


Fig. 1 The outline of the D-SIFT algorithms.

Assoc. Prof. Tetsushi Koide  
准教授 小出哲士

Medical lecturer Shigeto Yoshida  
診療講師 吉田成人

Assoc. Prof. Toru Tamaki  
准教授 玉木徹

Prof. Kazufumi Kaneda  
教授 金田和文

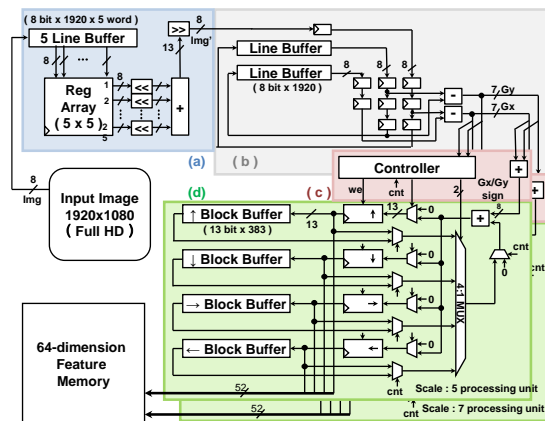


Fig. 2 The proposed D-SIFT architecture. (a) Simple GF Processing unit. (b) Gradient Calculation unit. (c) Direction and Intensity of Gradient Calculation unit. (d) Directions Convolution units (scale : 5, scale : 7).

## VI. Real-time type classification architecture based on support vector machine for colorectal endoscopic images with NBI magnification

### 大腸 NBI 拡大内視鏡画像診断支援のためのサポートベクタマシンに基づくリアルタイムタイプ識別アーキテクチャ

Increment in number of colorectal cancer patient increases the requirement for a more efficient diagnosis system. In this study, we have proposed an improvement for feature extraction in computer-aided diagnosis (CAD) system for colorectal endoscopic images with narrow-band imaging (NBI) magnification. The proposed CAD system classifies colorectal endoscopic images obtained by endoscopic diagnosis into three types (Type A, B, C3) based on the NBI magnification findings. The overview of processing flow of the system is as shown in Fig. 1. First, the feature quantities for each type are extracted from all pre-learned images for each type by Dense Scale-Invariant Feature Transform (DSIFT). Then, those feature quantities are clustered and a Visual-Word (VW), which is effective in differentiation of each type image, is elected. In our system, 768-dimension VWs are used for each type. Next, for each type image, a histogram is created by voting all the feature quantities for similar VWs. Then, a learning step by Support Vector Machine (SVM) is performed using the histograms generated above. Finally a histogram is created from an input test image, and is identified by the learned SVM identifiers.

Support Vector Machine (SVM) is a classifier for 2-class identification. Therefore, in order to realize 3-class identification, the one-versus-one technique is taken. Fig. 2 shows a block diagram of a 3-class SVM identification module. The SVM generates an identification hyper-plane that maximizes a margin between a class Y and a class Z. Therefore, the SVM achieves high identification performance to an unlearned image.

In order to implement the SVM identifier in FPGA, floating-point number arithmetics are changed into fixed-point number arithmetics. The Linear kernel (Inner product) is used as a kernel of SVM, and the number of Visual-Word is set to 768. The our Simple Gaussian Filter (GF) which is simplified for hardware implementation is used for feature extraction. 960 real images, which are taken by Hiroshima University Hospital department of endoscopy, are used for the data set. These images are classified based on the NBI magnification findings by a professional doctor. The results with 10-fold Cross Validation 10 times are shown in Fig. 3. From the simulation results, in order to obtain similar identification accuracy to a floating-point number (software, 64-bit), only 13-bit decimal fraction data are necessary in the hardware implementation.

近年の大腸癌患者の増加に伴い、効果的な診断支援システムが求められている。本研究では、大腸 NBI (Narrow Band Imaging) 拡大内視鏡画像診断支援 Computer-Aided Diagnosis (CAD)システムの特徴量抽出部のハードウェア向けアルゴリズムを提案する。診断支援システムの概要を Fig.1 に示す。分類には Bag-of-Features (BoF) と呼ばれる手法を用いている。BoF とは文書検索を画像に応用したもので、特徴量抽出によって得られる特徴量ベクトルを 1 つの単語と見做し、その出現頻度により識別を行うものである。まず前処理として、学習用画像から得られる特徴量群をクラスタリングし、各クラスターの中心を Visual-Word (VW) として保存しておく。そして、識別すべき画像を取得し、入力画像から特徴量を抽出、得られた特徴量群を VW と照合して出現頻度によるヒストグラムを作成し、学習用画像でのヒストグラムと比較することで識別を行い、結果を表示する。本研究では、特徴量抽出と VW の作成に Dense Scale-Invariant Feature Transform (D-SIFT) と階層的 K-means 法を用い、タイプ識別器に Support Vector Machine (SVM) を使用している。本研究ではタイプ識別部のアーキテクチャに関する考察を行った。Fig.2 に SVM を用いた 3 クラス識別アーキテクチャのブロック図を示す。One-versus-One アプローチを採用し、3 つの 2 クラス識別器で構成される。各 2 クラス識別器は 1 つの乗算器で 768 次元の内積及び係数の乗算を行う。ハードウェア (FPGA) 実装するためには、浮動小数点を固定小数点に変更する必要がある。そこで、ビット数と識別精度のトレードオフの検証を行った。データセットには、広島大学病院内視鏡診療科で撮影された、NBI 拡大所見分類の各 Type の構造が観測される領域をトリミングした大腸 NBI 拡大内視鏡画像 960 枚を使用した。シミュレーションは 10-fold Cross Validation (10foldCV) を用いた。この結果から、固定小数点演算における小数部の bit 長は 16 bit 程度以上で浮動小数点 (ソフトウェアの 64bit) と同等の精度が得られることがわかった。これらより整数部は符号を含めて 2 bit と小数部は 16 bit の 18bit で FPGA の乗算器を効率よく使用して実装できることを示した。

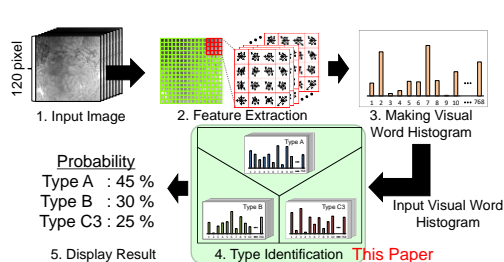


Fig. 1 Computer-aided diagnosis system for colorectal endoscopic images with NBI magnification.

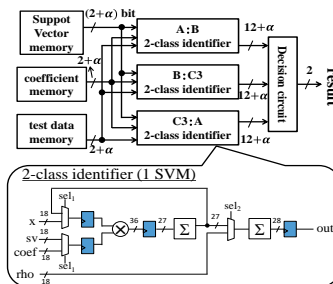


Fig. 2 A block diagram of a 3-class identifier based on 3 SVMs.

Assoc. Prof. Tetsushi Koide  
准教授 小出哲士

Medical lecturer Shigeto Yoshida  
診療講師 吉田成人

Assoc. Prof. Toru Tamaki  
准教授 玉木徹

Prof. Kazufumi Kaneda  
教授 金田和文

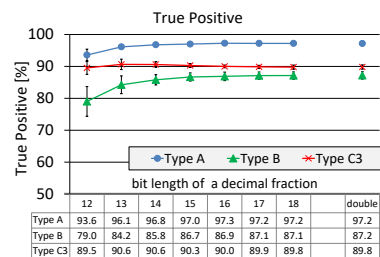


Fig. 3 True Positive of types A, B, and C3 in 3-class classification.



## 4.3 Molecular Bioinformation Research Division

---

### 分子生命情報科学研究部門

Molecular Bioinformation Research Division is specialized in the research for MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), immobilization of bio molecule, bio-sensing technology, and environmental monitoring.

分子生命情報科学研究部門は、MEMS、バイオ分子固定、バイオセンシング、環境情報センシングに関する研究を行っている。

#### 4.3.1 Research projects in molecular bioinformation research division

---

##### 分子生命情報科学研究部門における研究プロジェクト

The outlines of research projects at the Molecular Bio-information Research Division are as follows.

分子生命情報科学研究部門における研究プロジェクトの主なものの概要を紹介する。

#### 1. Achievement of solar energy transformation by utilizing micro-mirrors in aquatics (Prof. M. Iwasaka)

##### 水圏生物のマイクロミラーによるエネルギー変換伝達機能の獲得

The aim of this study is to develop a new solar energy transformation technique by utilizing micro-mirrors in aquatics. The micro-mirror, which is a biological photonic crystal in the structural-color-indicating tissue, such as guanine crystals of fish scales and lorica of algae, is investigated to explore a key mechanism for an effective transfer of mechanical and solar energy. The goal of this study is the attainment of magnetic modulation of micro-mirror alignments in the presence of Brownian motion that will bring new concepts for solar energy exchange and transfer technologies.

本研究は水圏生物に特有の水中“マイクロミラー”を利用し、太陽光エネルギーを回収する新技術の創成を目指す。水圏微生物体内のフォトニック結晶や魚類ウロコの色素胞に含まれるグアニン結晶板などの構造色系組織が、低摩擦・低エネルギーのロスによってブラウン運動を起こすメカニズムを解明し、このマイクロミラーの配向を磁氣的に制御することで、微細な光制御機構による光エネルギー変換伝達の効率化を水圏生物から獲得する。

#### 2. Oriented immobilization of functional proteins on a Si wafer using a SiO<sub>2</sub>-binding protein, Si-tag: application to biosensing devices

(Assist. Prof. T. Ikeda and Prof. A. Kuroda)

##### SiO<sub>2</sub>結合タンパク質「Si-tag」を利用した基板上へのタンパク質固定化法の開発とバイオセンシング技術への応用

We recently developed a method for immobilization of proteins on Si wafers using a SiO<sub>2</sub>-binding protein, Si-tag. The Si-tag is a 273-amino acid fusion tag that binds strongly to unmodified SiO<sub>2</sub> surfaces. Si-tagged fusion proteins can be bound to a SiO<sub>2</sub> surface by simply mixing them with or spotting them onto a target. We are currently developing Si-based biosensors that make use of the immobilized biomolecules as highly specific recognition elements (in collaboration with Nanointegration Research Division).

Siデバイスとバイオ分子を統合した融合デバイス開発のためには、異種材料間の接合技術が必要となる。我々が自然界より発見したSiO<sub>2</sub>結合タンパク質「Si-tag」を目的タンパク質と遺伝子工学的に融合させることで、任意のタンパク質をSiデバイス上に固定化することができる。本手法は、Si基板表面の化学的前処理などを必要とせず、迅速かつ簡便なバイオ分子固定化法として有効であり、ナノ集積科学研究部門と共同でバイオセンシングデバイスへの応用を進めている。

### 3. Protein immobilization using a novel SiO<sub>2</sub>-binding peptide (Assist. Prof. T. Ikeda and Prof. A. Kuroda)

#### 新規SiO<sub>2</sub>結合ペプチドの発見とタンパク質固定化への利用

We previously reported that SiO<sub>2</sub> is deposited on the coat of *Bacillus cereus* spores as a layer of nanometer-sized particles (Hirota et al., *J. Bacteriol.* **192**, pp. 111-116, 2010). Gene disruption analysis revealed that the spore coat protein CotB1 mediates the accumulation of silica. We found that *B. cereus* CotB1 (171 amino acids [aa]) and its C-terminal 14-aa region (designated CotB1p) show strong affinity for a SiO<sub>2</sub> surface. Because of its small size and high affinity for SiO<sub>2</sub>, the CotB1p peptide should be a powerful tool for developing Si-based biomaterials,

これまでに当グループでは、納豆菌に近縁な土壌細菌*Bacillus cereus*が環境中からケイ酸(Si[OH]<sub>4</sub>)を取り込み、細胞内でSiO<sub>2</sub>を重合して蓄積することを発見した。本菌のSiO<sub>2</sub>重合メカニズムを解析したところ、CotB1タンパク質がSiO<sub>2</sub>重合に関与するとともに、SiO<sub>2</sub>表面に強く結合することを発見した。SiO<sub>2</sub>結合に関与する領域を詳しく解析したところ、C末端14アミノ酸残基に相当するペプチドがSiO<sub>2</sub>に強く結合することを見出した。本ペプチドを接着分子として利用することで新たな半導体バイオ融合デバイスの開発が可能となると期待される。

## 4.3.2 Research highlights in molecular bioinformation research division

### 研究ハイライト

#### I. Selective detection of anti-allergen antibody in serum using Si ring optical resonators and Si-binding allergen molecules

##### Siリング光共振器とSi結合アレルゲン分子を用いた血清中の抗アレルゲン抗体の検出

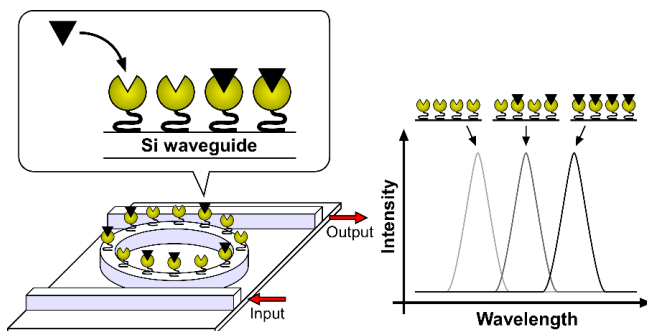
In collaboration with Nanointegration Research Division, we have been developing a new Si-based biosensing method using Si ring optical resonators in combination with the Si-binding protein (Si-tag). Si ring optical resonators act as a biosensor when functionalized by proteins using Si-tag (Fig. 1). In this proof-of-principle study, we used a major mite allergen (Der f 2) as a model antigen to detect anti-allergen antibody in serum of an allergenic rabbit. We constructed the fusion protein of Si-tag and Der f 2 by gene engineering techniques. When we injected the solution containing the Si-tagged allergen into a PDMS microfluidic channel on the resonators, resonance peaks of the resonator shifted toward longer wavelength (Fig. 2, arrow 1). This observation indicated that the Si-tagged allergen bound onto the ring surface as expected. Next, the resonator was immersed with the serum of the allergenic rabbit. The resonance peaks were further shifted (Fig. 2, arrow 2), indicating some substance in the serum, most likely allergen-specific antibody (anti-Der f 2 IgG), bound to the allergen immobilized on the ring. In order to specify what was adsorbed, the resonator was immersed with a solution containing a secondary antibody (anti-rabbit IgG antibody). The third shift of the resonance peak (arrow 3) clearly indicated the substance adsorbed from the serum was indeed anti-Der f 2 IgG. This study demonstrate that the combination of Si-tag and Si ring optical resonators act as a functional label-free biosensor and can detect specific antigen-antibody binding. We are currently improving our biosensing systems for high-throughput detection of biomarkers [3].

半導体バイオ融合によるアレルギーの分子診断法の確立に向けて、ナノ集積科学研究部門と共同で Si 光共振器を用いたバイオセンシング法の開発を行った[1,2]。Si 結合タンパク質(Si-tag)を介して、特異的物質認識能を有するタンパク質をリング光共振器上に固定化することで、ラベルフリーのバイオセンサとして機能する(図 1)。遺伝子工学的手法により構築した Si-tag 融合ダニアレルゲン(Der f 2)溶液を共振器上に送液したところ、速やかに共振波長のシフト(図 2, 矢印 1)が観察されたことから、Si-tag 融合アレルゲンがリング上に結合したことが確認された。次に、アレルゲン感作したウサギの血清を送液したところ、さらなる共振波長のシフト(矢印 2)が観察された。このシフトが血清中の抗アレルゲン抗体の結合によるものであることを確認するため、ウサギ抗体に結合する二次抗体を送液したところ、三度目のシフト(矢印 3)が観察された。一方、アレルゲン感作していない正常ウサギ血清を用いた場合は、三度目のシフトは観察されなかった。これらの結果から、アレルゲン感作ウサギの血清中に存在する抗ダニアレルゲン抗体が、リング上に固定化された Si-tag 融合アレルゲンに結合したため、共振波長のシフトが生じたことが確認された。本研究により、シリコンバイオ法とリング光共振器の組み合わせがバイオセンサとして有効であることが示された。現在、高感度化や多項目同時測定を目指し、さらなる改良を進めている[3]。

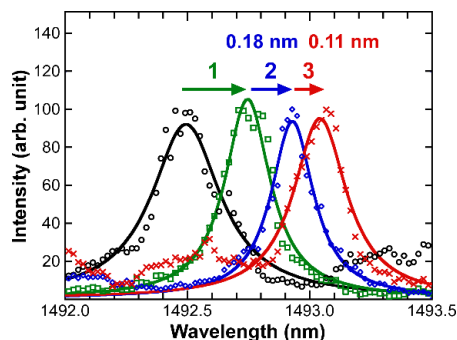
[1] S. Yamatogi, Y. Amemiya, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **48**, 04C188, 2009.

[2] M. Fukuyama, S. Yamatogi, H. Ding, M. Nishida, C. Kawamoto, Y. Amemiya, T. Ikeda, T. Noda, S. Kawamoto, K. Ono, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **49**, 04DL09, 2010.

[3] M. Fukuyama, Y. Amemiya, Y. Abe, Y. Onishi, A. Hirowatari, K. Terao, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **50**, 04DL11, 2011.



**Fig. 1** Schematic representation of label-free biosensing using Si ring optical resonators and Si-binding protein Si-tag. When some substrate binds to the protein immobilized on the ring via Si-tag, resonance peaks of the resonator shifts toward longer wavelength.



**Fig. 2** Shifts of the resonance peak of the resonator by the binding of Si-tagged allergen onto the ring (arrow 1), binding of anti-allergen antibody to the allergen (arrow 2), and binding of anti-rabbit IgG antibody to the anti-allergen antibody (arrow 3).

Assist. Prof.  
Takeshi Ikeda  
助教 池田丈



Assoc. Prof.  
Seiji Kawamoto  
准教授 河本正次



Prof.  
Akio Kuroda  
教授 黒田章夫



## II. Oriented immobilization of functional proteins on a Si wafer using the Si-binding protein “Si-tag”: application to biosensing devices

### Si 結合タンパク質「Si-tag」を利用した基板上へのタンパク質固定化法の開発とバイオセンシング技術への応用

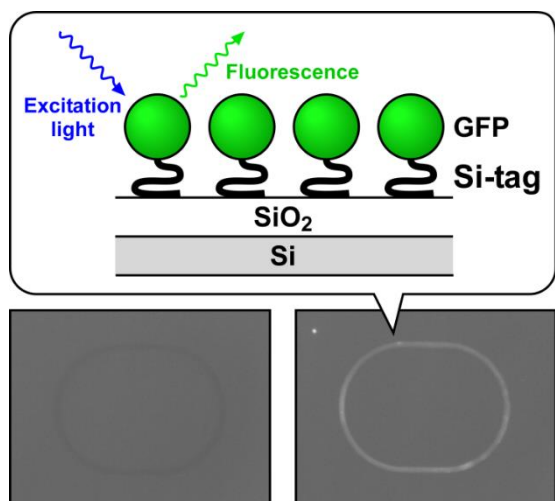
Assist. Prof. Takeshi Ikeda  
助教 池田 丈

Prof. Akio Kuroda  
教授 黒田章夫

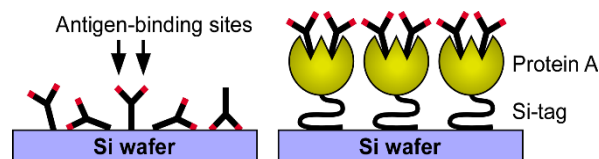
Immobilizing functional proteins to specific sites on a Si device is essential for the development of new Si-based biodevices. We found that bacterial ribosomal protein L2 binds strongly to a Si dioxide (SiO<sub>2</sub>) surface. We designated this Si-binding protein as Si-tag, which can be used as an adhesive molecule to immobilize functional proteins on Si devices [1]. The fusion protein of Si-tag and protein of interest is functionally immobilized on Si materials (Fig. 1). The binding of Si-tagged fusion proteins to a SiO<sub>2</sub> surface does not require chemical modification, pretreatment, or any specific conditions, allowing rapid immobilization of biomolecules. Time-of-flight secondary ion mass spectrometry analysis demonstrated well-ordered molecular orientation of the immobilized protein molecules. We constructed a fusion protein of Si-tag and antibody-binding staphylococcal protein A for oriented immobilization of antibodies on a Si wafer (Fig. 2) [2]. The antigen-binding activity of the antibody immobilized via Si-tagged protein A was about 4- to 5-fold higher than that of the physically adsorbed antibody (Fig. 3), because well-ordered molecular orientation of the former enhances the interaction between the immobilized antibodies and soluble target antigens. We are currently developing highly sensitive Si-based biosensors that make use of the immobilized biomolecules as specific recognition elements (in collaboration with Nanointegration Research Division) [3-5]. We also developed a single-step purification method for Si-tagged fusion proteins [6-7], and are currently improving the functionality of Si-tag by protein engineering techniques.

Si デバイスとバイオ分子を統合した融合デバイス開発のためには、異種材料間を接合する技術が必要となる。我々は、大腸菌より Si 酸化膜上に強く結合するタンパク質「Si-tag」を発見した[1]。本タンパク質を目的タンパク質と遺伝子工学的に融合させることで、任意のタンパク質を Si デバイス上に固定化することができる(シリコンバイオ法; 図 1)。本手法は、Si 基板表面の化学的前処理などを必要とせず、迅速かつ簡便なバイオ分子固定化法として有効である。シリコンバイオ法によるタンパク質固定化では、固定化されたタンパク質の配向性が揃うことを二次イオン質量分析法により確認した。また、抗体結合タンパク質である Protein A と Si-tag の融合タンパク質を介して、様々な抗体分子を基板表面上に固定化する方法を開発した(図 2) [2]。固定化された抗体分子の配向性の向上により、既存の手法に比べ単位量あたり 4-5 倍程度の抗原結合量の増加が観察された(図 3)。現在、ナノ集積科学研究部門と共同でバイオセンシングデバイスへの応用を進めている[3-6]。また、Si-tag 融合タンパク質の簡便な精製法を開発するとともに[7, 8]、タンパク質工学的手法による Si-tag の高機能化を進めている。

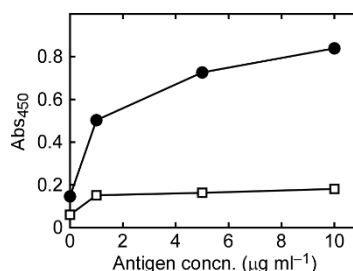
- [1] K. Taniguchi, K. Nomura, Y. Hata, T. Nishimura, Y. Asami, and A. Kuroda, *Biotechnol. Bioeng.*, 96, 1023-1029, 2007.  
 [2] T. Ikeda, Y. Hata, K. Ninomiya, Y. Ikura, K. Takeguchi, S. Aoyagi, R. Hirota, and A. Kuroda, *Anal. Biochem.*, 385, 132-137, 2009.  
 [3] S. Yamatogi, Y. Amemiya, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 48, 04C188, 2009.  
 [4] M. Fukuyama, S. Yamatogi, H. Ding, M. Nishida, C. Kawamoto, Y. Amemiya, T. Ikeda, T. Noda, S. Kawamoto, K. Ono, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 49, 04DL09, 2010.  
 [5] M. Fukuyama, M. Nishida, Y. Abe, Y. Amemiya, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 50, 04DL07, 2011.  
 [6] A. Hirowatari, T. Taniguchi, T. Ikeda, M. Fukuyama, Y. Amemiya, A. Kuroda, and S. Yokoyama, *Proc. SPIE*, 8431, 84311S, 2012.  
 [7] T. Ikeda, K. Ninomiya, R. Hirota, and A. Kuroda *Protein Expr. Purif.*, 71, 91-95, 2010  
 [8] T. Ikeda, K. Motomura, Y. Agou, T. Ishida, R. Hirota, and A. Kuroda, *Protein Expr. Purif.*, 77, 173-177, 2011.



**Fig. 1** Selective immobilization of Si-tagged green fluorescent protein (GFP) on the ring-shaped SiO<sub>2</sub> pattern fabricated on a Si substrate. Left: before immobilization; Right: after immobilization.



**Fig. 2** Schematic representation of the oriented immobilization of antibody molecules via Si-tagged protein A.



**Fig. 3** Antigen-binding activity of an antibody immobilized on the Si wafer via Si-tagged protein A (circles) or conventional adsorption (squares).

## 4.4 Nanomedicine Research Division

---

### 集積医科学研究部門

Research projects in Nanomedicine Research Division can be categorized into five research activities. 1) Investigations of pathogenesis of virus induced hepatitis and its treatments. 2) Developments of new diagnostic means with devices, such as surface plasmon resonance, for tumors and allergy, etc. 3) Development of a device for sucking test for dementia elderly persons. 4) Development of regenerative medical technologies, by producing bio-materials with high affinities for bones, tissues and cells, so as to construct a superior scaffold for cell growth. 5) Development of a cleanser or disinfectant containing immobilizing aseptic substance.

集積医科学研究部門では、主として 1)ヒト肝細胞を持つヒト型キメラマウスと網羅的遺伝子解析によるウイルス肝炎の病態解明と治療、2)表面プラズモン共鳴細胞センサーなどを利用したがん、アレルギー、などの新しい診断技術開発、3) 認知高齢者の口腔機能定量デバイスの開発、4)生体親和性の高い材料と構造により骨や細胞の増殖に適したスカフォールドを開発、利用することなどによる再生医療技術開発、5)固定化抗菌剤の洗剤および消毒薬への応用という5つの領域の研究に取り組んでいる。

#### 4.4.1 Research projects in nanomedicine research division

---

##### 集積医科学研究部門における研究プロジェクト

The outlines of research projects at the Nanomedicine Research Division are as follows.

現在行われている集積医科学研究部門における研究プロジェクトの主なものの概要を紹介する。

#### 1. Development of novel therapy against hepatitis viruses using human hepatocyte chimeric mice (Prof. K. Chayama)

##### ヒト肝細胞キメラマウスを応用した肝炎ウイルスに関する治療の開発

We established the reverse genetics system of both hepatitis B virus and hepatitis C virus using human hepatocyte chimeric mice. We are currently investigating mechanisms of drug resistance using this mice system. We are also trying to develop new therapeutic drugs that overcome such resistance in corporation with pharmaceutical companies.

我々は人肝細胞キメラマウスを用いた肝炎ウイルスの感染実験系を用いて、世界に先駆けてB型肝炎ウイルス、C型肝炎ウイルスのリバーシジェネティックスの系を確立した。このリバーシジェネティックスの手法を応用して各種治療薬に対するウイルスの耐性変異のメカニズムを解明するとともに、製薬企業とも連携して耐性株に対する新規治療薬の開発を行っていく。

#### 2. Analysis of hepatitis virus replication and development of anti-viral therapy (Prof. K. Chayama)

##### 肝炎ウイルス増殖機構の解明と治療への応用

Hepatitis viruses escape from innate anti-viral immunity by developing multiple anti-interferon machineries. Understanding of such mechanism is important for the development of anti-viral therapy. We analyze change in mRNA expression and micro-RNA expression using cDNA micro array. We attempt to develop anti-viral therapy based on these understandings.

B型肝炎ウイルスやC型肝炎ウイルスの感染によって引き起こされる自然免疫系の賦活と、それを克服して持続感染を成立させるウイルスのinteractionのメカニズムを解明する。マイクロアレイなどを用いてウイルス感染やインターフェロン投与によって起こる遺伝子の発現、micro RNAの発現の変化などを網羅的に解析し、インターフェロンの作用機序やウイルスの抗インターフェロン機構を明らかにすることにより、より効果の高い抗ウイルス治療の開発を行う。

### **3. Establishment of small animal model of viral hepatitis (Prof. K. Chayama)** **免疫再構築による小動物肝炎モデルの作製**

Immune reaction is important for the development of viral hepatitis. We try to develop small animal model using human hepatocyte chimeric mice and cytotoxic T-cell clone and helper T cell clone. Such models are important for the development of anti-inflammatory drug development.

肝炎ウイルスの感染により肝疾患が発症するためには宿主の免疫反応が必須である。また、インターフェロンなどの治療効果も炎症の程度により異なることから、肝臓に浸潤している免疫担当細胞が治療効果を左右する何らかの役割を果たしていることが想定される。ヒト肝細胞キメラマウスと細胞障害性T細胞、ヘルパーT細胞などのクローンを樹立し、ヒトの肝臓で起こっている炎症と同じ状態のモデルを作製し、慢性肝炎、肝硬変、肝細胞癌に至る病態の解明を行う。

### **4. Development of cell culture system of hepatitis virus replication** **(Prof. K. Chayama)** **培養細胞を用いた肝炎ウイルスの増殖、培養系の確立**

Emergence of drug resistant virus strain is a serious problem in the treatment of chronic hepatitis B patients. We will establish cell lines which stably produce nucleotide analogue (lamivudine, adefovir, entecavir) resistant hepatitis B virus. Using these cell lines, we will try to find out novel substances effectively suppress the replication of the virus. We also try to clone hepatitis C virus strains those are resistant against anti-viral drugs such as protease inhibitor and polymerase inhibitor.

ラミブジン、アデフォビル、エンテカビル、テノフォビルなどの種々の核酸アナログ耐性ウイルスを産生する細胞を樹立し、これらの対する新規抗ウイルス薬の効果判定が解析できる系を確立する。これらの細胞のウイルス産生能を向上させ、高度のウイルス産生が可能な細胞株を樹立する。Genotype 1b型のC型急性肝炎患者よりHCV全長をクロニングし、HepG2, Huh7などの肝癌細胞株あるいは不死化肝細胞に遺伝子導入し、細胞内で感染・複製するHCVクローンを同定する。

### **5. Development of novel anti-hepatitis virus therapy based on analysis of human genomes (Prof. K. Chayama)** **ヒトゲノム解析による新規肝炎治療薬の創生**

Effect of anti-viral therapy is different from patient to patient. We analyzed SNPs of human genome and found that type of HLA-DP is related with chronic infection of hepatitis B virus (Nature Genetics 2009). We also found that the effect of interferon therapy depends on the SNP of MAPKAPK3 gene (Gastroenterology 2009), IL28B (J Gen Virol 2011), and GALNT8 (J Gen Virol 2013). We further identified an ITPA variant relating to ribavirin-induced anemia (Gastroenterology 2010), a DEDPC5 variant associated with development of hepatocellular carcinoma, and

a HLA-DQB1 variant involved in persistent HCV infection (PLoS One 2014) by GWAS. We will analyze SNPs to identify genes related to progression of viral hepatitis and efficacy and side-effect of anti-viral therapy to develop novel strategy to treat patients with chronic hepatitis virus infection.

我々はいくつかのB型肝炎ウイルスの持続感染に関連する遺伝子としてHLA-DP (Nature Genetics 2009)、C型肝炎ウイルスに対するインターフェロンの治療効果と関連する遺伝子としてMAPKAPK3 (Gastroenterology 2009), IL28B (J Gen Virol 2011), ACK1 (J Hepatol 2011), GALNT8 (J Gen Virol 2013), ペグインターフェロン/リバビリン併用療法における貧血と関連する遺伝子としてITPA (Gastroenterology 2010), 肝癌発症に関する遺伝子としてDEPDC5 (Nat Genet 2011), C型肝炎ウイルスの持続感染に関連する遺伝子としてHLA-DQB1 (PLoS One 2014)を同定してきた。ヒトゲノムに存在するSNPを網羅的に解析し、B型肝炎ウイルス、C型肝炎ウイルスの病態進展に関連する遺伝子や治療応答や副作用に関連する遺伝子を同定する。これらの遺伝子の機能を解析し、ウイルスを排除する治療の開発に結びつける。

## 6. Modeling for photonic and electronic circuit simulation

### 胆道系悪性腫瘍に対する個別化治療の開発 (Prof. K. Chayama)

Prognosis of hepatobiliary malignancy is very poor. We previously identified MRP2 which plays important role in the drug resistance. We will establish cell lines which is resistant against anti-cancer chemotherapy to establish new treatment regimen to cope with drug resistant malignancies.

胆膵系腫瘍は、新規抗癌剤の導入によって治療法の選択肢が広がったが、依然として予後が悪い疾患である。抗癌剤耐性の獲得は予後の悪化に係る重要な因子の一つである。我々はいくつかの研究において、抗癌剤耐性に関わるtransporterとしてMRP2を報告してきた(International Journal of Oncology)。術前の組織検体を用いて、抗癌剤の取り込み、代謝等に係る各因子を検討し、治療反応性との関連を検討している。これらの遺伝子の解析により、抗癌剤選択や投与方法における個別化治療を目指している。

## 7. Combining molecular target drugs to inhibit cancer-stromal cell interaction in gastric cancer (Prof. K. Chayama)

### 分子標的薬併用による胃癌細胞と間質細胞の相互作用の抑制

We examined the effects of PDGF-R tyrosine kinase inhibitor (nilotinib) and mTOR inhibitor (everolimus) on tumor stroma in an orthotopic nude mice model of human gastric and colon carcinomas. Treatment with PDGF-R tyrosine kinase inhibitors did not inhibit tumor growth but did significantly decrease the stromal reaction, lymphatic invasion, lymphatic vessel area, and pericyte coverage of tumor microvessels. In contrast, treatment with mTOR inhibitor reduced tumor growth and microvessel density but did not decrease the stromal reaction. Combination of PDGF-R inhibitor and mTOR inhibitor reduced both growth rate, stromal reaction, and distant metastasis. Target molecule-based inhibition of cancer-stromal cell interaction may hold promise as an effective anti-tumor therapy.

我々はいくつか、消化器癌の間質に存在するcarcinoma-associated fibroblast (CAF)がplatelet-derived growth factor receptor (PDGFR)を過剰発現しており、PDGFRリン酸化阻害薬で間質反応を抑えることにより、癌の増殖・転移を抑制することを報告してきた(Am J Pathol 2006)。一方、mTOR阻害薬は細胞増殖期にある癌細胞や血管内皮細胞を阻害する。標的細胞が異なる薬剤を併用することにより、癌と正常細胞との相互作用を抑制する新しい治療法の可能性を胃癌と大腸癌の同所性移植モデルを用いて証明した(Neoplasia 2013)。

## 8. Pharmacogenetics of inflammatory bowel diseases (Prof. K. Chayama)

### 炎症性腸疾患治療薬における薬理遺伝学的研究

Recently, the number of patients with inflammatory bowel diseases, i.e., ulcerative colitis and Crohn's disease, has increased rapidly. Although the cause(s) of the diseases is still unknown, treatments including immunosuppressive therapy using anti-TNF $\alpha$  reagents, and leukocytapheresis are effective. However, some patients are resistant to these treatments. Factors associated with the effects are unclear so far. In this research, we analyze single nucleotide polymorphisms (SNPs) in all around the genome to identify genes that associated with the effects. Our final goal is to establish the strategy to treat such patients more effectively.

炎症性腸疾患(潰瘍性大腸炎やクローン病)患者数は急激に増加している。これら疾患の原因は未だ不明であるが、抗TNF- $\alpha$ 製剤を用いた免疫抑制療法や白血球除去療法といった治療法が有効である。しかし、これら治療に抵抗性の患者もいる。現在のところ、これら治療法の効果を予測する因子は明らかになっていない。本研究ではゲノム上に存在するSNPを網羅的に解析し、炎症性腸疾患の治療効果に関連する遺伝子を同定するとともに、治療感受性に即した治療法の確立を目的とする。

## 9. Quantitative analysis for gastrointestinal lesion under magnifying endoscopy

### 消化管疾患における拡大内視鏡画像の定量化に関する研究 (Prof. K. Chayama)

We have previously reported studies of image analysis of gastrointestinal lesion under magnifying endoscopy. We applied a bag-of-features framework with densely sampled scale-invariant feature transform (SIFT) descriptors to magnifying endoscopy images for quantitative analysis (Gastrointest Endosc, J Gastroenterol, J Gastroenterol Hepatol, J Clin Gastroenterol). These technologies will allow endoscopist to use the computer-aided system without the need to identify the discriminatory features of lesions.

我々はこれまでに消化管内視鏡画像解析の研究を行ってきた。具体的にはBag-of-featuresの枠組みを基にdense Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) を用いて特徴抽出を行い、Support vector machine (SVM)を使用した識別器で消化管内視鏡画像の定量化を行い、病理組織診断との間に関連の強い定量的な数値を提示できる画像認識システムの開発を行っている(Gastrointest Endosc, J Gastroenterol, J Gastroenterol Hepatol, J Clin Gastroenterol)。本研究成果である画像認識システムを用いたリアルタイム診断支援システムを用いる事により、付加価値の高い内視鏡システムの開発が可能となる。

## 10. Measurement of complex impedance of affected or unaffected skin (Prof. M. Hide)

### 皮疹部および無疹部皮膚の複素インピーダンス測定

We investigated the complex impedance of skin of healthy controls with or without moisturizer, skin of atopic dermatitis and psoriasis, by the use of a vector network analyzer. The complex impedance of skin reflects the condition of skin and could be applied to the evaluation of skin diseases.

健常人の保湿剤外用前後、および表皮に主病変のある皮膚疾患であるアトピー性皮膚炎、尋常性乾癬について皮膚の複素インピーダンス(ベクトルネットワークアナライザ: Anritsu MS2028C VNAMasterを用いて測定)へ及ぼす影響について検討した。複素インピーダンスは皮膚の状態を反映しており、皮膚疾患の評価に応用出来る可能性がある。



## 11. A disinfectant containing immobilizing aseptic substance (Prof. H. Nikawa)

### 固定化抗菌剤の消毒薬への応用

We developed the organosilicon quaternary ammonium salts [3-(triethoxysilyl) - propyldimethyl- octadecyl ammonium chloride (Etak), a coupling agent with disinfectant. It has broad spectrum antimicrobial activity against both Gram-positive and -negative bacteria, fungi and yeasts. This compound binds chemically to a variety substrates, making it a nonleachable antibacterial agent. Its bounded antimicrobial activity has had a variety of applications by binding to fibers, fabric, carpet, sock manufactures (to control odor-causing bacteria), and metal surfaces.

我々の新しく開発した固定化抗菌剤であるオクタデシルジメチル3 - トリエトキシシリルプロピルアンモニウムクロライド (Etak) は、一部のカビ類、グラム陽性菌、グラム陰性菌、エンベロープを持つウイルスに対して抗菌スペクトルを持っている。このEtakを消毒薬に配合することで、消毒薬を噴霧することで、Etakが非処理表面に固定化される。これにより衣服などの布類、ガラス・陶器などの食器類・テーブル類、木製品、金属類を室温で簡単に抗菌・防臭加工および抗ウイルス加工が可能になる。

## 4.4.2 Research highlights in nanomedicine research division

### 研究ハイライト

#### I. Development of novel therapy against hepatitis viruses using human hepatocyte chimeric mice

##### ヒト肝細胞キメラマウスを応用した肝炎ウイルスに関する治療の開発

Prof. Kazuaki Chayama  
教授 茶山一彰



We established hepatitis viruses-infected animal models using human hepatocyte chimeric mice to investigate the mechanisms of drug resistance and to develop new therapies for viral hepatitis. We also established the reverse genetics system of both hepatitis B (HBV) and hepatitis C virus (HCV). Using this animal model, we found that 1) combination with HCV NS5A inhibitor and either NS3 protease or NS5B polymerase inhibitors could eliminate HCV; 2) the efficacy of combination treatment is different between HCV genotypes; 3) multidrug-resistant variants easily develop by sequential use of anti-HCV drugs. We also established human hepatocyte chimeric TK-NOG mouse as a hepatitis viruses-infected mouse model.

われわれは肝炎ウイルスの治療抵抗性要因の解明および新規治療法の開発のため、ヒト肝細胞キメラマウスを用いて肝炎ウイルス感染モデルを開発した。さらにリバースジェネティクス的手法により、野生型さらには種々の変異ウイルス感染マウスの作成にも世界にさきがけ成功している。これらの系を用いて、HCV NS3 阻害剤、NS5A 阻害剤、NS5B ポリメラーゼ阻害剤を組み合わせることにより、HCV の排除が可能であること、耐性変異を有する場合はこれらの効果は HCV 遺伝子型によって異なっていること、耐性変異を有する場合は薬剤を sequential に用いることにより多剤耐性変異が出現する危険が高まることを見出した (Shi, et al., *Gut* **62**, pp.1055-1061, 2013, Abe, et al., *Am. J. Gastroenterol.* **108**, pp.1464-1472, 2013)。また新規のヒト肝細胞キメラマウスとして TK-NOG マウスが肝炎ウイルス感染モデルとなり得ることを見いだした (Kosaka, et al., *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **441**, pp.230-235, 2013)。

#### II. Development of anti-hepatitis virus therapy based on analysis of human genomes

##### ヒトゲノム解析による新規肝炎治療薬の創生

Prof. Kazuaki Chayama  
教授 茶山一彰

Recently a frame-shift variant in IFNL4 gene, newly discovered nearby IL28B, has been reported to strongly associate with treatment response in chronic hepatitis C patients as compared to IL-28B variants, and the functional role of IFNL4 in the innate immune response to HCV have received a lot of attention. We analyzed IFNL4/IL-28B haplotype structure in Japanese chronic hepatitis C patients. IFNL4 variant showed strong linkage with rs12979860 as well as comparable predictability. On the other hand, rs809917 was not strongly linked with these SNPs, suggesting its lesser predictability. By a large scale genome-wide association study using Japanese chronic hepatitis C patients and healthy subjects, a HLA-DQB1 SNP, causing an amino acid substitution, was found to be associated with persistent infection. We further found that IFNL4 polymorphism might confound the effect of the HLA-DQB1 variant on HCV persistence.

C 型慢性肝炎に対する抗ウイルス療法への応答性について rs8099917 や rs12979860 等の IL28B 遺伝子多型よりもその近傍の新規遺伝子 IFNL4 内にあるフレームシフト多型のほうがより強く関連していることが最近報告され、IFNL4 分子発現による調節メカニズムについても注目されている。われわれは IL28B-IFNL4 領域のハプロタイプ構造を解析し、日本人においては IFNL4 遺伝子多型は rs12979860 と連鎖が強く従って予測能は同等であり、一方 rs8099917 は連鎖がやや弱く予測能力も劣る可能性が示された (Ochi, et al. *J. Gen. Virol.* **95**, pp.1297-1306, 2014)。また、われわれは C 型慢性肝炎患者と一般集団による大規模 GWAS によって HLA-DQB1 遺伝子のアミノ酸置換を伴う SNP が C 型肝炎ウイルスの持続感染と関連していることを同定し、その効果は IL28B 遺伝子多型の影響を受けている可能性を示した (Miki, et al., *PLoS One* **8**, e84226, 2013)。

### III. Measurement of complex impedance of affected or unaffected skin

#### 皮疹部および無疹部皮膚の複素インピーダンス測定

Prof. Michihiro Hide  
教授 秀 道広



We investigated the complex impedance of skin of healthy controls with or without moisturizer, skin of atopic dermatitis and psoriasis, by the use of a vector network analyzer (Anritsu MS2028C VNAMaster). The treatment with a moisturizer increased stratum corneum hydration of all healthy controls. It lowered resistance of skin except younger cases. The skin of patients with atopic dermatitis showed lower stratum corneum hydration and higher resistance when compared with healthy controls. The lesional skin of psoriasis showed lower stratum corneum hydration and higher resistance than non-lesional skin. These results indicated that changes of stratum corneum hydration by a moisturizer and skin diseases affect complex impedance of skin.

健常人の保湿剤外用前後、および表皮に主病変のある皮膚疾患であるアトピー性皮膚炎、尋常性乾癬について皮膚の複素インピーダンス(ベクトルネットワークアナライザ: Anritsu MS2028C VNAMaster を用いて測定)へ及ぼす影響について検討した。健常人では、保湿剤外用によって角質水分量の増加し、皮膚の複素インピーダンスにも影響を与えるが、若年者の場合はその影響が少ない(Fig. 1)。一方、アトピー性皮膚炎患者においては、角質水分量は健常人のそれよりも明らかに低く、健常人と比べスミチャート上で高抵抗の傾向があった。乾癬の皮疹部では無疹部よりも角質水分量が明らかに低く、スミチャート上で皮疹部は無疹部に比べて高抵抗の傾向がみられた。以上より、保湿剤外用による角質水分量の変化や、表皮に病変の主体がある皮膚疾患(アトピー性皮膚炎、乾癬)も複素インピーダンスに影響を与える可能性が示唆された。

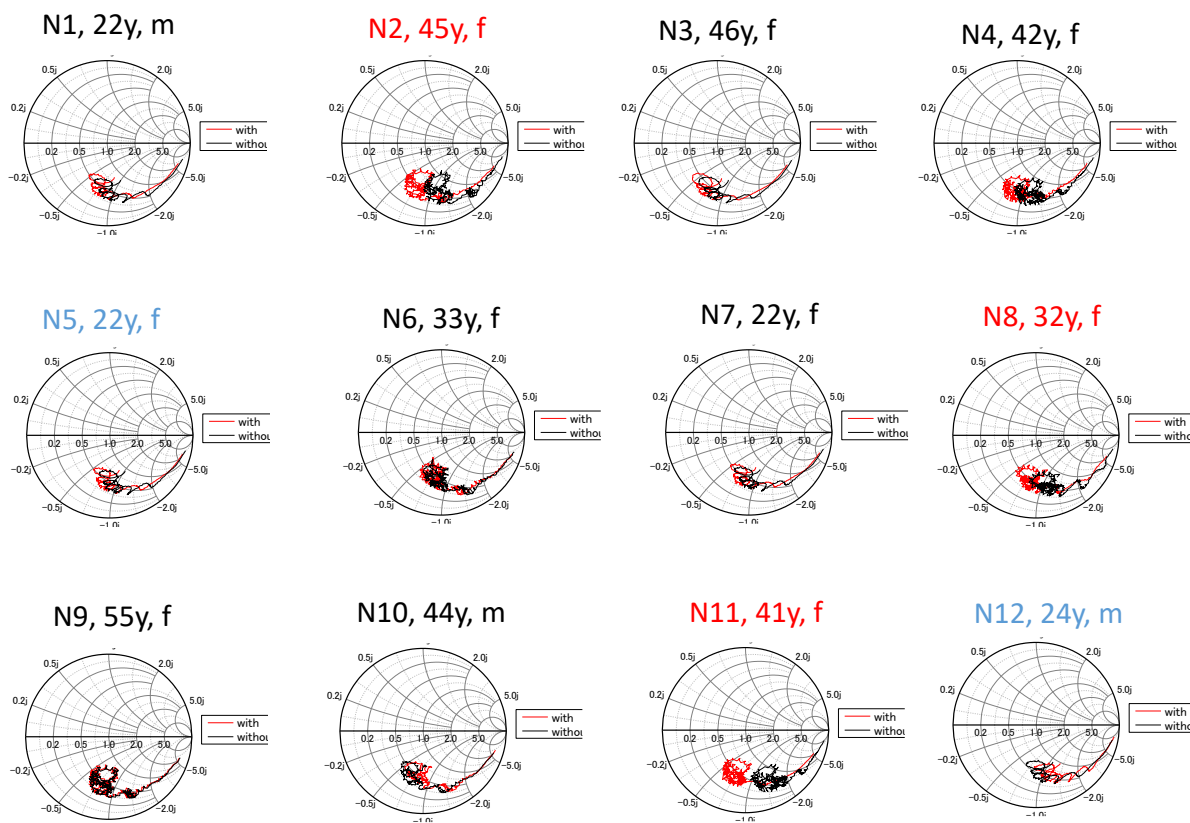


Fig. 1 Complex impedance of healthy skin with (red line) or without (black line) a moisturizer. Data are expressed by Smith chart.

#### IV. Titanium immobilized with an antimicrobial peptide derived from histatin accelerates the differentiation of osteoblast

##### 塩基性抗菌性ペプチドのチタン表面への固定化による骨芽細胞の分化促進

Prof. Hiroki Nikawa  
教授 二川浩樹



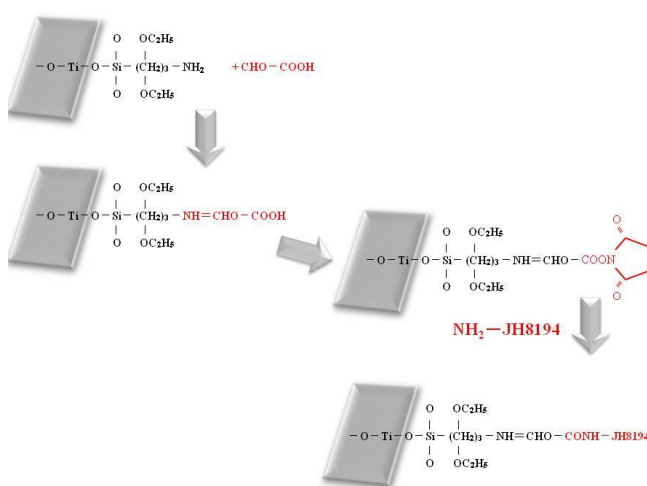
The rate of success of dental implant treatments in controlled patients is very high, over 90%, although, the number of reports on failures of implants resulting from microbial infection, *i.e.* periimplantitis, have been increasing in the last decade. Thus the surface modification to facilitate the bone healing and to suppress the microbial infection should be ideal for dental implants.

We have shown that the cationic synthetic peptide; JH8194, that was designed based upon a histatin analog and a lactoferricin fragment, has excellent anti-microbial activity. Furthermore, the JH-peptide facilitated the proliferation of mesenchymal stem cells, and differentiation of osteoblastic cells. These reports suggested that antimicrobial peptides or synthetic. Hence we tried to immobilize the JH-peptide on titanium surface and evaluated the antimicrobial activity against *P. gingivalis*, which is known as the periodontal pathogen, and the differentiation of osteoblastic cells, *in vitro* and *in vivo*.

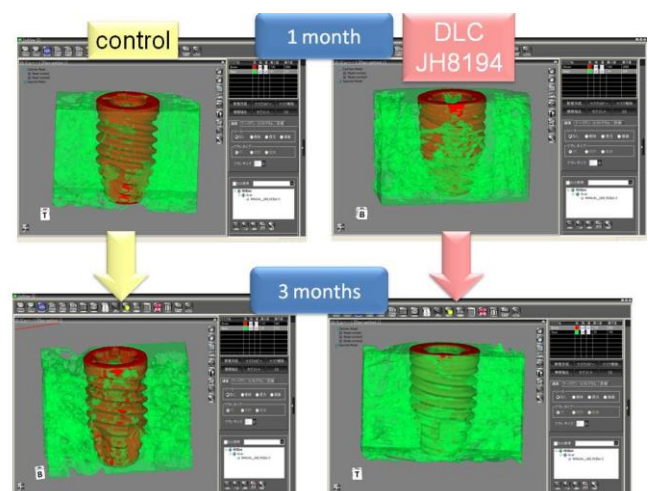
The titanium immobilized with JH-peptide has shown the excellent antimicrobial activity against *P. gingivalis*, together with the promotion of differentiation of osteoblast cells.

我々は塩基性抗菌性ペプチド JH8194 を再生医療分野において応用し、平成 16 年から 18 年にかけて科学技術振興機構の権利化試験 A によって、無血清培地によって間葉系の幹細胞を大量増殖する上で核となる技術開発してきた。その中で、JH ペプチドを用いる事で間葉系幹細胞の骨分化が促進される現象を見つけた。したがって、このような JH8194 をチタン表面に固定化することで、口腔内に対しては抗菌効果を期待でき、組織内では骨治癒の促進を期待できる新たな表面処理を開発できると考えて、研究を行っている。

[1] Int. J. Mol. Sci. **11**, pp. 1458-1470, 2010.



**Fig. 1** Immobilization of cationic antimicrobial peptide, JH8194 on titanium surface.



**Fig. 2** JH-peptide immobilized titanium implant clearly facilitated the osseointegration *in vivo*.

## 5. Activities related to RNBS

---

### ナノデバイス・バイオ融合科学研究所に関連する活動

#### 5.1 Nanotechnology Platform

---

##### ナノテクノロジー・プラットフォーム支援

“Nanotechnology platform” was started by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) in 2012 for 10 years (2012-2021). Hiroshima University is the Core Institute for Supporting in Chugoku and Shikoku Regions. Hiroshima University (responsible for nano-foundry support for silicon nanostructures), Yamaguchi University (responsible for high quality vacuum technology), and Kagawa University (responsible for MEMS)

cooperate to support the project as one of the 16 support institutions in Japan. The special features of Hiroshima University support program are special technologies to fabricate ultra-small Si MOS transistors with a gate length of a few tens of nano-meters using electron-beam lithography machine, ion implanter, CVD apparatus, sputtering machine, oxidation and diffusion furnaces, ICP and ECR etchers, etc. and MEMS technology. We supported 48 items in 2013 which was the largest supports since our project started. Let us introduce the example of our supports in 2013 as DNA memory FET (Fig. 1) and Driver Circuits for spatial light modulator (Fig. 2)

We offer outside researchers to use our support and provide technical support for the nano-level foundry. On the details, please look at the URL and download the application form. It is available to see our activity by WEB in English (<http://www.nanofab.hiroshima-u.ac.jp>).

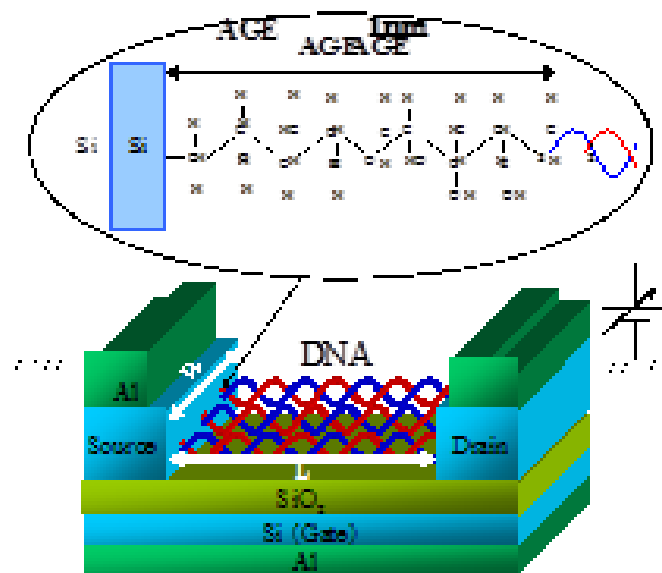


Visiting Professor  
Masataka Fukuyama  
客員教授 福山正隆

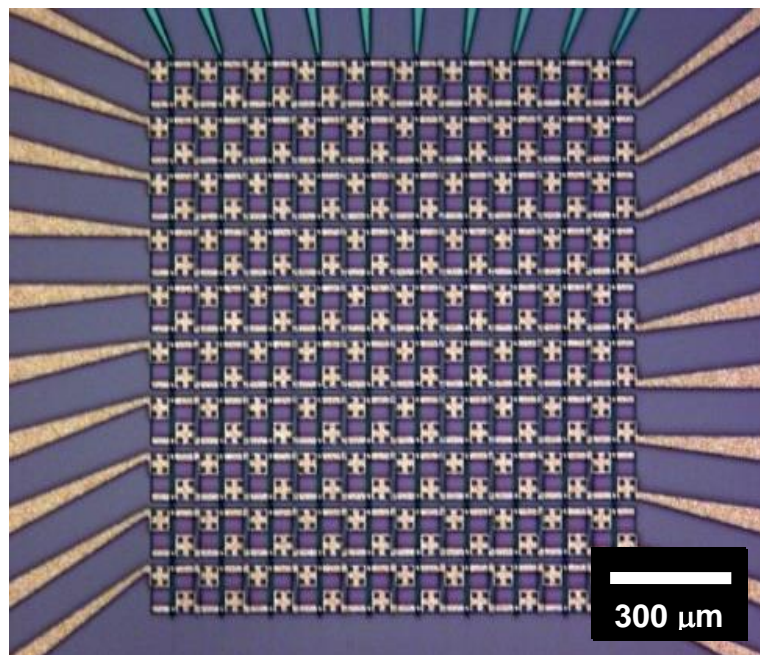
文部科学省のナノテクノロジー・プラットフォームは、平成 24 年度から 10 年間の計画で開始した。広島大学は中四国領域の中核機関である。広島大学(Si 系ナノ微細加工微細)は山口大学(高品質真空技術)および香川大学(MEMS 技術)と連携して全国 16 機関のひとつとして支援する。広島大学は保有する装置(EB 描画装置、イオン注入装置、CVD、スパッタ、酸化炉、ドライエッチャー等)を駆使して 30nm 以下のシリコンベース微細加工技術、超微細デバイス技術、MEMS 技術、新規加工技術と先端デバイス開発・評価を支援する。

2013 年度の支援は 48 件と過去最大であった。図 1、2 はその支援例を示す。支援については、下記の通り公募いたしますので、関連研究者に周知くださるようお願いいたします。

なお、ホームページ (<http://www.nanofab.hiroshima-u.ac.jp/>) には本要項記載の内容及び申請書式が掲載されておりますので、ダウンロードしてご利用ください。



**Fig. 1** Schematic configuration of DNA Memory FET (Hyogo Univ).



**Fig. 2** Fabricated Driver Circuits for spatial light modulator (NHK).

## 6. Research Facilities of RNBS

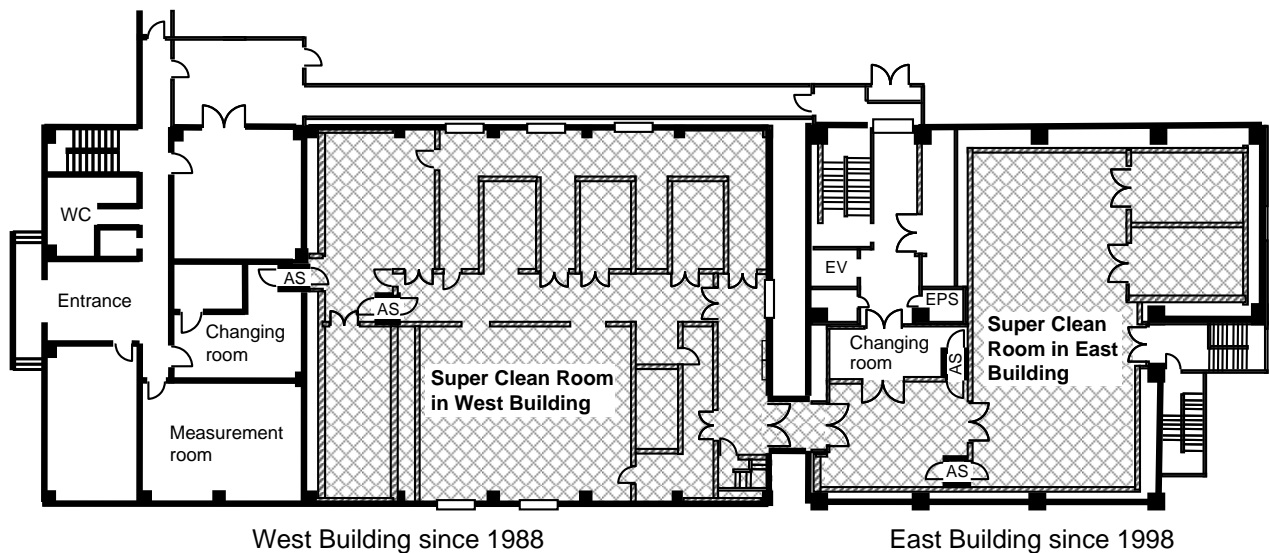
### 研究設備

#### 6.1 Super clean rooms

##### スーパークリーンルーム

Super clean rooms, partly class 10 at 0.1- $\mu\text{m}$  particles, are used for fabrication of advanced devices and LSI's.

先端デバイス及びLSIの製作はスーパークリーンルームで行われる。最も清浄度の高いセクションはクラス10（1立方フィート内に0.1 $\mu\text{m}$ 以上の粒径の粒子が10個以下）である。



Plan of clean rooms in west and east buildings. The total clean room area measures 830 m<sup>2</sup>. Chemical filters are set in the east clean room to avoid hazardous gases.

西棟及び東棟クリーンルーム平面図。クリーンルーム総面積は830m<sup>2</sup>。東棟クリーンルームには危険ガス除去用のケミカルフィルターが設置されている。



Super clean room in west building.  
西棟スーパークリーンルーム



Super clean room in east building.  
東棟スーパークリーンルーム

## 6.2 Equipment for advanced devices and LSI fabrication

### 先端デバイス及びLSI作製のための設備

#### 6.2.1 Lithography

##### リソグラフィ

- ◆ Variable rectangular-shaped electron beam lithography system (Hitachi HL700DII)

可変成形型電子ビーム描画装置  
(日立 HL700DII)



- ◆ Point-beam type electron beam lithography system (JEOL JBX-5DII)

ポイントビーム型電子ビーム描画装置  
(日本電子 JBX-5DII)



- ◆ Point-beam type electron beam lithography system (ELIONIX ELS-G100)

ポイントビーム型電子ビーム描画装置  
(エリオニクス ELS-G100)



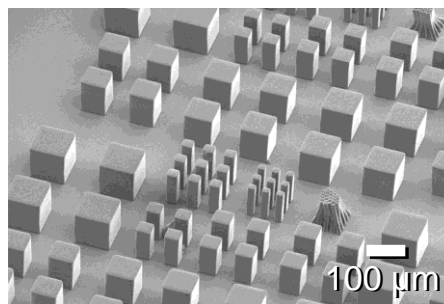
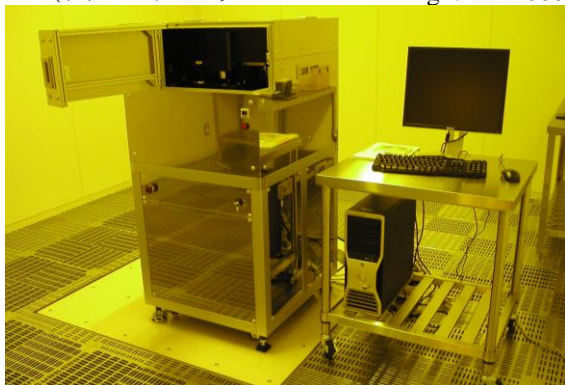
- ◆ i-line optical stepper (Nikon NSR i8a)

i-線ステッパー  
(ニコン NSR i8a)



- ◆ Maskless photolithography system (Nanosystem Solutions D-light DL-1000)

マスクレス露光装置  
(ナノシステムソリューションズ D-light DL-1000)



Photoresist patterns by D-light DL-1000.  
D-light DL-1000によるレジストパターン



## 6.2.2 Dry etching

### ドライエッチング

- ◆ ICP (Inductively Coupled Plasma) etcher for Si (YOUTEC)

Si用ICP(誘導結合プラズマ)エッチング装置  
(ユーテック)



- ◆ ECR (Electron Cyclotron Resonance) etchers for Si (KOBELCO)

Si用ECR(電子サイクロトロン共鳴)エッチング装置  
(神戸製鋼)



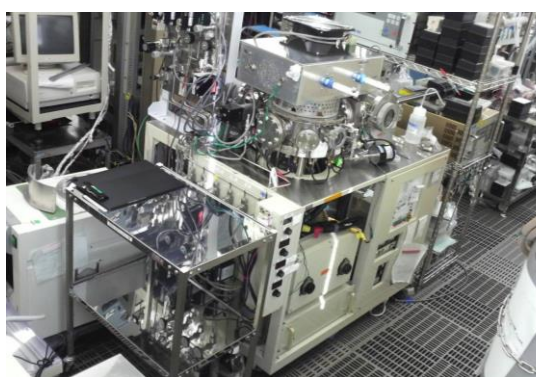
- ◆ Si deep etching system (Sumitomo Precision Products)

Si用深掘りエッチング装置  
(住友精密工業)



- ◆ ICP etcher for highly selective etching of SiO<sub>2</sub> (AYUMI INDUSTRY)

SiO<sub>2</sub>用ICPエッチング装置  
(アユミ工業)



- ◆ ICP etcher for SiO<sub>2</sub> (SAMCO)

SiO<sub>2</sub>用ICPエッチング装置  
(サムコ)



- ◆ RIE (Reactive Ion Etching) system for SiO<sub>2</sub> (KOBELCO)

SiO<sub>2</sub>用RIE(反応性イオンエッチング)装置  
(神戸製鋼)



◆ ICP etcher for Al  
(YOUTEC)

Al用ICPエッチング装置  
(ユーテック)



◆ Magnetron RIE system for Al  
(KOBELCO)

Al用マグネトロンRIE装置  
(神戸製鋼)



◆ Chemical dry etching system for  
 $\text{Si}_3\text{N}_4$  and poly-Si (KOBELCO)

$\text{Si}_3\text{N}_4$ 及び $\text{SiO}_2$ 用ケミカルドライ  
エッチング装置 (神戸製鋼)



◆ Plasma asher for removing  
photoresist (KOBELCO)

レジスト除去用プラズマ  
アッシング装置(神戸製鋼)



## 6.2.3 Oxidation, annealing, and doping

### 酸化、アニール、不純物注入

- ◆ Oxidation and diffusion furnaces  
(Tokyo Electron)

酸化・拡散炉  
(東京エレクトロン)



- ◆ Ion implanter  
(ULVAC)

イオン注入装置  
(アルバック)



- ◆ RTA (Rapid Thermal Annealing) system  
(Samco HT-1000)

高速熱処理装置  
(サムコ HT-1000)



- ◆ Phosphorus diffusion furnaces  
(SHINKO SEIKI)

リン拡散炉  
(神港精機)



- ◆ Annealing furnaces for general purpose  
(Koyo Thermo System)

汎用熱処理装置  
(光洋サーモシステム)



## 6.2.4 Dielectric film deposition and epitaxial growth

### 絶縁膜堆積・エピタキシャル成長

- ◆ Low-pressure chemical vapor deposition (CVD) reactors for SiO<sub>2</sub>, SiN and poly-Si deposition (Tokyo Electron)

SiO<sub>2</sub>, SiN, poly-Si堆積用減圧CVD(化学気相成長)炉 (東京エレクトロン)



- ◆ Atmospheric pressure CVD reactor for SiO<sub>2</sub> (AMAYA)

SiO<sub>2</sub>堆積用常圧CVD装置 (天谷製作所)



- ◆ Parallel plate type clean plasma CVD reactor for SiN and amorphous Si (ULVAC)

SiN及びアモルファスSi堆積用平行平板型プラズマCVD装置 (アルバック)



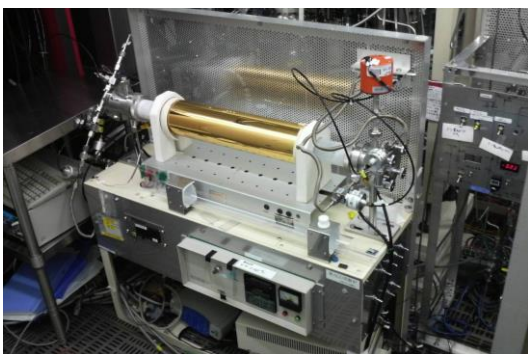
- ◆ Molecular beam epitaxial growth system (EIKO)

分子線エピタキシャル成長装置 (エイコー)



- ◆ Atomic layer CVD (ALCVD) reactor (Thermo Riko)

原子層CVD炉 (サーモ理工)



## 6.2.5 Metal deposition

### 金属薄膜堆積

- ◆ Metal/dielectrics sputtering system (ULVAC)

金属/絶縁膜スパッタリング装置 (アルバック)



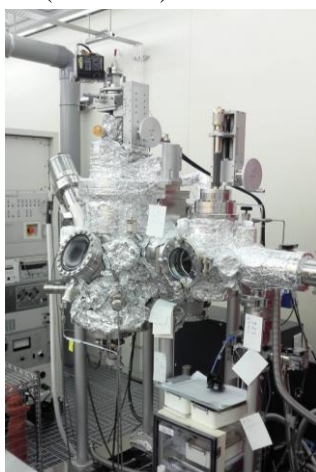
- ◆ Sputtering machine for metal interconnects (EIKO)

金属配線用スパッタリング装置 (エイコー)



- ◆ Electron beam evaporation system (EIKO)

電子ビーム蒸着装置 (エイコー)



- ◆ Sputtering system for general purpose (EIKO)

汎用スパッタ装置 (エイコー)



- ◆ Vacuum evaporation system (Donated: Homemade)

真空蒸着装置 (寄贈: 自作)

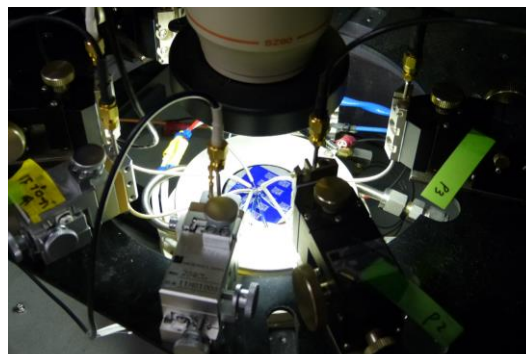


## 6.2.6 Others

### その他

- ◆ Surface-activated bonding system (EIKO)

表面活性化接合装置 (エイコー)

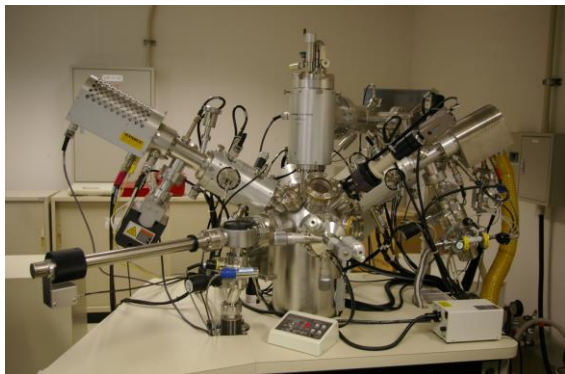


## 6.3 Characterization and diagnostics equipment

### 評価・分析装置

- ◆ Secondary ion mass spectroscopy (SIMS) system (ULVAC-PHI PHI-6650)

2次イオン質量分析装置  
(アルバック-ファイ PHI-6650)



- ◆ Total reflection of X-ray fluorescence spectrometer (Technos TREX-610)

全反射蛍光X線分析装置  
(Technos TREX-610)



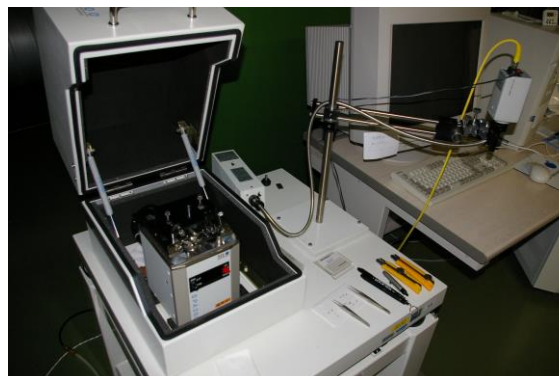
- ◆ Fourier-transform infrared spectrometer (FTIR) (JEOL)

フーリエ変換赤外分光光度計  
(日本電子)



- ◆ Atomic force microscope (AFM) (Seiko Instruments Inc. SPI3800)

原子間力顕微鏡  
(セイコーインスツルメンツ SPI3800)



- ◆ High resolution X-ray diffractometer (Rigaku ATX-E)

高解像度X線回折装置  
(リガク ATX-E)



- ◆ X-ray diffractometer (Rigaku RINT2100)

X線回折装置  
(リガク RINT2100)



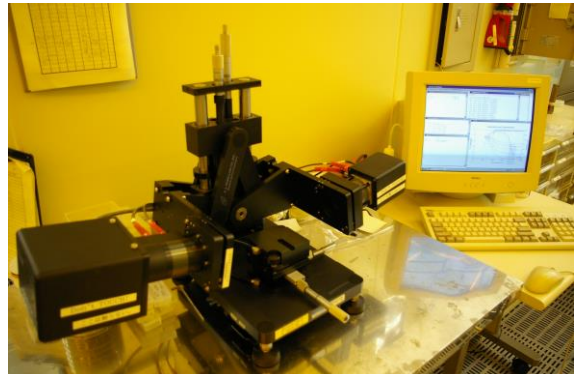
◆ Ellipsometer  
(Rudolph Research Auto EL)

エリプソメーター  
(ルドルフリサーチ Auto EL)



◆ Spectroscopic ellipsometer  
(J.A.Woollam JAPAN M-2000D)

分光エリプソメーター  
(ジェー・エー・ウーラム・ジャパン M-2000D)



◆ Hall effect measurement system  
(ACCENT HL5500PC)

ホール効果測定装置  
(ACCENT HL5500PC)



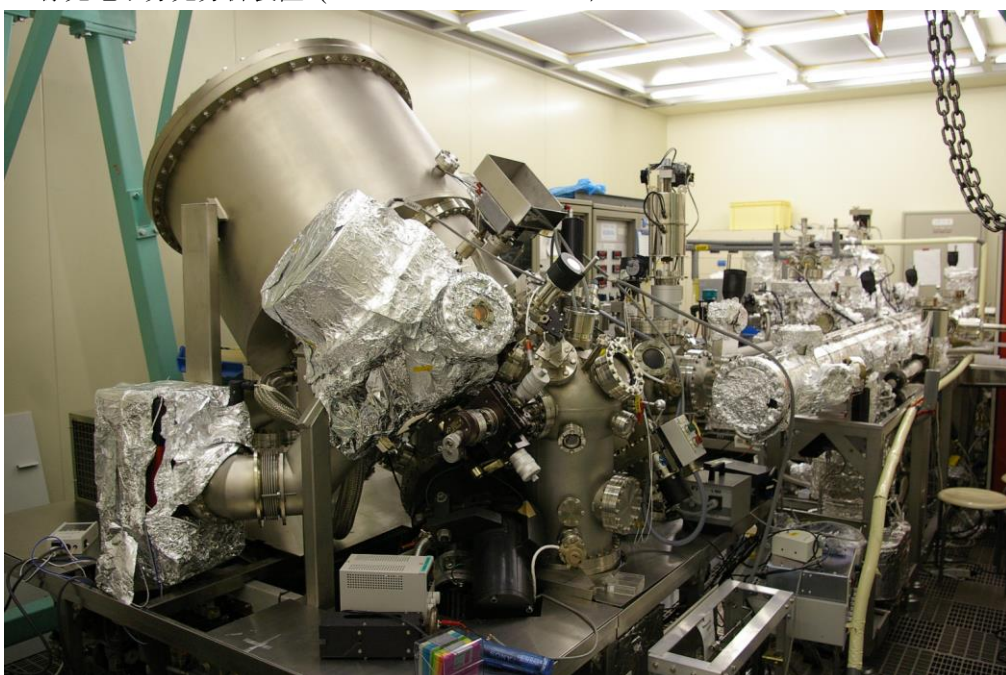
◆ High-resolution X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) system (KRATOS ESCA-3400)

X線光電子分光分析装置  
(KRATOS ESCA-3400)



◆ High-resolution X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) system (VG Scienta ESCA-300)

X線光電子分光分析装置 (VGシエンタ ESCA-300)



- ◆ 200-kV field emission-transmission electron microscopy (FE-TEM) (Hitachi HF-2100)

透過電子顕微鏡  
(日立 HF-2100)



- ◆ Field emission scanning electron microscope (FE-SEM) (Hitachi S4700)

電界放出型走査電子顕微鏡  
(日立 S4700)



- ◆ Focused Ion Beam (FIB) system (Hitachi FB-2000)

集束イオンビーム加工装置  
(日立 FB-2000)



- ◆ Manual wafer prober (Vector Semiconductor) and semiconductor parameter analyzer (Keithley)

マニュアルプローバー(ベクターセミコン)及び  
半導体パラメーターアナライザー(ケースレー)



- ◆ Semi-automatic wafer prober (Vector Semiconductor AX-2000)

セミオートプローバー  
(ベクターセミコンAX-2000)





## 6.4 VLSI CAD Environment

---

### VLSI設計用CAD環境

#### 6.4.1 Hardware

##### ハードウェア

##### Workstations

- ◆ SUN: 11 machines (SunFire X4600×1, SunFire V440×2, SunBlade2500×2, SunBlade2000×3, SunBlade1000×3)
- ◆ HP: 9 machines (ProLiant DL580G5×3, xw9300×1, xw8600×1, j6750×1, c8000×2, b2000×1)



Workstations for TCAD and LSI design  
TCAD及びLSIデザイン用ワークステーション

#### 6.4.2 Software

##### ソフトウェア

##### TCAD tools

- ◆ Process/Device Simulators: SYNOPSIS TSUPREM4/MEDICI, ISE TCAD, SYNOPSIS Sentaurus, Selete ENEXSS

##### Other simulators

- ◆ Electromagnetic Field Simulators: ANSOFT HFSS, CST Microwave Studio
- ◆ Optical Wave-guide Simulator: Apollo Photonics APSS

##### LSI design tools

- ◆ Layout Design: CADENCE Virtuoso\*, JEDAT alpha-SX(ISMO), Silvaco Expert\*

- ◆ Schematic Design: CADENCE Composer\*, JEDAT alpha-SX(ASCA), Silvaco Gateway
- ◆ Functional Simulators: CADENCE SPW\*, Mathworks MATLAB
- ◆ Circuit Simulators: CADENCE Artist\*, Spectre\*, Silvaco SmartSpice\*, SYNOPSIS Star-HSPICE\*, HSIM\*, TimeMill/PowerMill\*, NanoSim\*
- ◆ Logic Simulators: CADENCE NC-Verilog\*, VerilogXL\*, MENTOR ModelSim\*, SYNOPSIS VSS\*
- ◆ Logic Synthesis: ALTERA QuartusII, CADENCE HDL Compiler\*, SYNOPSIS Design Compiler\*, FPGA Compiler\*, XILINX ISE Foundation
- ◆ Automatic P&R: SYNOPSIS Milkyway\*, Astro\*, IC-Compiler\*, CADENCE SoC-Encounter\*
- ◆ Verification: CADENCE Diva\*, Dracula\*, Assura\*, JEDAT Layver, MENTOR Calibre\*, SYNOPSIS Hercules\*

Notice that various kinds of popular CAD software (marked with “\*\*”) which support Verilog HDL/VHDL simulation, synthesis, layout design and verification for digital/analog VLSIs are provided by VLSI Design and Education Center (VDEC), the University of Tokyo.

## 7. List of Publications

---

### 7.1 Advanced device, process, and material technologies for ULSI

---

#### 7.1.1 Fabrication techniques for scaled MOS devices and TFTs

- [1] A. Nakajima, "Si Single-Electron Transistor based on Multiple Islands and Its Applications," 2013 Energy Materials Nanotechnology Fall Meeting (Orlando, December 7-10, 2013), pp. 214-215 (Invited).
- [2] M. Yamano, S. Kuroki, T. Sato and K. Kotani, "High performance Poly-Si TFTs with Highly Bi-axially Oriented Poly-Si Thin Films Using DLB Continuous-wave Laser Lateral Crystallization," *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, pp. 03CC02-1 - 03CC02-4, 2014.
- [3] M. de Silva, T. Sato, S. Kuroki and T. Kikkawa. "Low resistance Ohmic Contact Formation of Ni Silicide on Partially Si Ion Implanted  $n^+$  4H-SiC," *Material Science Forum* **778-780**, pp. 689-692, 2014.
- [4] M. Yamano, S. Kuroki, T. Sato, and K. Kotani, "High performance poly-Si Thin Film Transistor with One-dimensionally Long Si Grains Using DLB Continuous-wave Laser Lateral Crystallization," *The proceedings of The Twentieth International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD13)*, pp. 199-202, 2013.
- [5] T. Sato, S. Kuroki, Y. Kayaba, and T. Kikkawa, "Low-k Mesoporous Pure Silica Zeolite Synthesis with Centrifugation Process of Zeolite Precursor," *Ext. Abst. 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials*, pp. 858-859, 2013.
- [6] M. de Silva, T. Sato, S. Kuroki and T. Kikkawa, "Low Ohmic Contact Formation of Ni Silicide on Partially Si Ion Implanted  $n^+$  4H-SiC," *Technical digest of The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013(ICSCRM2013)*, Mo-P40, p. 62, 2013.
- [7] Y. Minoura, T. Hosoi, J. Matsugaki, S. Kuroki, T. Shimura, H. Watanabe, "Phosphorous Ion Implantation into NiGe Layer for Ohmic Contact Formation on n-Ge," *2013 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES: SCIENCE AND TECHNOLOGY (IWDTF13)*, pp. 101-102, 2013.
- [8] 山野真幸, 黒木伸一郎, 佐藤旦, 小谷光司, "3軸結晶配向巨大線状Si結晶グレインを用いた高性能poly-Si薄膜トランジスタ," *薄膜材料デバイス研究会第10回研究集会アブストラクト集*, pp. 236-239, 2013.
- [9] 澁谷和也, 佐藤旦, 森脇光太郎, 嶋田智文, 黒木伸一郎, 福山正隆, 北原邦紀, "ナノスケールで加工したシリコン表面に見られるラマン散乱増強効果," *薄膜材料デバイス研究会第10回研究集会アブストラクト集*, pp. 187-190, 2013.
- [10] S. Hayashi, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, K. Sakaike, M. Akazawa, and S. Higashi, "Investigation of silicon grain structure and electrical characteristics of TFTs fabricated using different crystallized silicon

films by atmospheric pressure micro-thermal-plasma-jet irradiation,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, pp. 03DG02-1 - 03DG02-6, 2014.

- [11] K. Sakaike, M. Akazawa, S. Nakamura and S. Higashi, “Fabricating metal-oxide-semiconductor field-effect transistors on a polyethyleneterephthalate substrate by applying low-temperature layer transfer of a single-crystalline silicon layer by meniscus force,” *Appl. Phys. Lett.* **103**, pp. 233510-1 - 233510-4, 2013.
- [12] S. Morisaki, S. Hayashi, T. Kamikura, S. Yamamoto, and S. Higashi, “Fabrication of Short Channel Thin Film Transistors by Channel Doping and Micro Thermal Plasma Jet Crystallization and Their Application to High Frequency Operation of CMOS Circuits,” *Abs.10th International Thin-Film Transistor Conference (ITC2014)*, Delft, Netherlands, Jan. 23-24, 2014, p. 15.
- [13] S. Higashi, S. Hayashi, S. Morisaki, and Y. Fujita, “Growth Control of Crystalline Silicon during Microsecond Phase Transformation and Its Application to Thin-Film Transistor Fabrication,” *2013 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD2013)*, Seoul, Korea, Jun. 26 - 28, 2013, pp. 265-269 (Invited).
- [14] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, S. Hayashi, M. Akazawa, S. Morisaki, and S. Higashi, “Development of Silicon Layer Transfer Technique Using Mid-air Structure for Thin Film Transistor Fabrication,” *Abs. 2013 Mat. Res. Soc. Spring Meeting*, San Francisco, U.S.A. April 1-5, 2013, A19.05.

### **7.1.2 On chip optical interconnects**

- [15] T. Tabei and S. Yokoyama, “Optical Modulation Based on Surface Plasmon Resonance Using Metal-Insulator-Semiconductor Structure,” *Ext. Abst. Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2013)*, K-3-4, pp. 1008-1009, 2013.
- [16] A. K. Sana, R. Furutani, Y. Amemiya, and S. Yokoyama, “Mach-Zehnder Interferometer Optical Modulator with Cascade P/N Junctions,” *Ext. Abst. Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2013)*, K-3-2, pp. 1004-1005, 2013.

### **7.1.3 Low-k dielectrics**

- [17] T. Kikkawa, “Self-Assembled Porous Silica Low-k Films for Cu Damascene,” *Materials for Advanced Metallization Conference*, Leuven, Belgium, March 10-13, 2013 (Invited).

#### 7.1.4 Wireless interconnects

- [18] A. Toya, K. Sogo, N. Sasaki, and T. Kikkawa, "125 mW 102.4 GS/s Ultra-High-Speed Sampling Circuit for Complementary Metal–Oxide–Semiconductor Breast Cancer Detection System," *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, pp. 04CE07-1 - 04CE07-6, 2013.
- [19] T. Sugitani, S. Kubota, A. Toya, X. Xiao, T. Kikkawa, "A Compact 4 x 4 Planar UWB Antenna Array for 3-D Breast Cancer Detection," *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE* **12**, pp. 733-736, 2013.
- [20] S. Aritome and T. Kikkawa, "Scaling Challenge of Self-Aligned STI cell (SA-STI cell) for NAND Flash Memories," *Solid-State Electronics* **82**, pp. 54-62, 2013.
- [21] S. Aritome, Y. Noh, H. Yoo, E. S. Choi, H. S. Joo, Y. Ahn, B. Han, S. Chung, K. Shim, K. Lee, S. Kwak, S. Shin, I. Choi, S. Nam, G. Cho, D. Sheen, S. Pyi, J. Choi, S. Park, J. Kim, S. Lee, S. Hong, S. Park and T. Kikkawa, "Advanced DC-SF Cell Technology for 3-D NAND Flash," *IEEE Transactions on Electron Devices* **60**, pp. 1327-1333, 2013.
- [22] X. Xiao, X. Shan, Y. Tao, Y. Sun, T. Kikkawa, "Finite Element Model of Surface Acoustic Wave Method for Mechanical Characterization of Patterned Thin Films of the Ultra-Large Scaled Integrated Interconnect," *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* **13**, pp. 1602-1606, 2013.
- [23] T. Sato, T. Yamamoto, Y. Hata, Y. Seino, Y. Kayaba, S. Kuroki and T. Kikkawa, "Low-k Mesoporous Pure Silica Zeolite with High Elastic Modulus Using 1,3,5,7 Tetra- Methyl- Cyclo- Tetra- Siloxane and Ultraviolet Treatments," *ECS Journal of Solid State Science and Technology* **2** (4) pp. N89-N92, 2013.
- [24] L. Xua, X. Xiao, T. Kikkawa, "Ultra-wide band microwave image reconstruction for early breast cancer detection by norm constrained capon beamforming," *Mathematical and Computer Modelling* **58** pp. 403-408, 2013.
- [25] L. Xu, X. Xiao, and T. Kikkawa, "IMPROVED BEAMFORMING ALGORITHM FOR IMAGING RECONSTRUCTION FOR EARLY BREAST CANCER DETECTION BY UWB," *Journal of Circuits, Systems and Computers* **22**, Issue 10, p. 1340027, 2013.
- [26] T. Kikkawa, T. Sugitani, "Planar UWB antenna array for breast cancer detection," 2013 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Gothenburg, April 8-12, 2013, pp. 339-343.
- [27] T. Sugitani, S. Kubota, M. Hafiz, A. Toya, T. Kikkawa, "A breast cancer detection system using 198 ps Gaussian monocycle pulse CMOS transmitter and UWB antenna array," *Proceedings of 2013 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS)*, Hiroshima, Japan, May 20-24, 2013, pp. 372-

- [28] T. Sugitani, S. Kubota, X. Xiao and T. Kikkawa, "Improvement of Spatial Resolution of Breast Cancer Detection Using 4x4 UWB Antenna Array with Impedance Matching Layer," Proc. of 2013 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, G-1-2, Fukuoka, September 24-27, 2013.
- [29] T. Sato, S. Kuroki, Y. Kayaba and T. Kikkawa, "Low-k Mesoporous Pure Silica Zeolite Synthesis with Centrifugation Process of Zeolite Precursor," Ext. Abst. of 2013 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), G-6-5, Fukuoka, September 24-27, 2013.
- [30] K. Hashimoto, T. Sugitani, S. Kubota and T. Kikkawa, "On-Chip Folded Dipole Antennas for Inter-Chip UWB Signal Transmission," Ext. Abst. of 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), PS-2-9, Fukuoka, September 24-27, 2013.
- [31] A. Azhari, K. Sogo, M. Wang, A. Toya and T. Kikkawa, "A 0-27 GHz -30 dB Isolation Tx/Rx Single Pole Double Throw (SPDT) Switch for Gaussian Monocycle Pulse Transmission," Ext. Abst. of 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), pp. 882-883, Fukuoka, Japan, Sept. 24-27, 2013.
- [32] X. Xiao, X. Shan, Y. Tao, Y. Sun, T. Kikkawa, "Finite Element Model of Surface Acoustic Wave Method for Mechanical Characterization of Patterned Thin Films of the Ultra-Large Scaled Integrated Interconnect," Journal of Nanoscience and Nanotechnology **13**, pp. 1602-1606, 2013.
- [33] K. Sogo, A. Toya, T. Kikkawa, "A ring-VCO-based sub-sampling PLL CMOS circuit with 0.73 ps jitter and 20.4 mW power consumption," 2013 IEEE 18th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), Yokohama, Jan. 22-25, 2013, pp. 101-102.

### **7.1.5 CVD and contamination/particle control**

- [34] M. Kubo, Y. Ishihara, Y. Mantani, and M. Shimada, "Evaluation of the Factors that Influence the Fabrication of Porous Thin Films by Deposition of Aerosol Nanoparticles," Chem. Eng. J. **232**, pp. 221-227, 2013.

### **7.1.6 Organic electronic devices**

- [35] J. Ohshita, M. Nakashima, D. Tanaka, Y. Morihara, H. Fueno and K. Tanaka, "Preparation of D-A Polymer with Disilanobithiophene as New Donor Component and Application to High-voltage Bulk Heterojunction Polymer Solar Cell," Polym. Chem. **5**, pp. 346-349, 2014.

- [36] J. Ohshita, F. Kaneko, D. Tanaka and Y. Ooyama, "Preparation and photo-induced energy and electron transfer of new donor-silicon-acceptor polymers," *Asian J. Org. Chem.* **71**, pp. 24-30, 2014.
- [37] J. Ohshita, T. Kajihara, D. Tanaka and Y. Ooyama, "Preparation of poly (disilanylenetetra-cyanobutadienyleneoligothienylene)s as new donor-acceptor type organosilicon polymers," *J. Organomet. Chem.* **749**, pp. 255-260, 2014.
- [38] J. Ohshita, Y. Tominaga, D. Tanaka, T. Mizumo, Y. Fujita and Y. Kunugi, "Synthesis and optical properties of organosilicon oligothiophene branched polymers," *J. Organomet. Chem.* **736**, pp. 50-54, 2013.
- [39] J. Ohshita, K. Murakami, D. Tanaka, Y. Ooyama, T. Mizumo, N. Kobayashi, H. Higashimura, T. Nakanishi and Y. Hasegawa, "Synthesis of Group 14 Dipyrindinometalloles with Enhanced Electron-Deficient Properties and Solid-State Phosphorescence," *Organometallics* **33**, pp. 517-521, 2014.
- [40] Z. Lu, J. Ohshita, D. Tanaka, T. Mizumo, Y. Fujita and Y. Kunugi, "Synthesis of oligo(dimethylsiloxane)-oligothiophene alternate polymers from  $\alpha,\omega$ -dibromooligo(dimethylsiloxane)," *J. Organomet. Chem.* **731**, pp. 73-77, 2013.
- [41] D. Tanaka, J. Ohshita, Y. Ooyama and Y. Morihara, "Synthesis and Optical and Photovoltaic Properties of Dithienosilole-Dithienylpyridine and Dithienosilole-Pyridine Alternate Polymers and Polymer-B(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub> Complexes," *Polymer J.* **45**, pp. 1153-1158, 2013.
- [42] J. Ohshita, M. Miyazaki, F.-B. Zhang, D. Tanaka and Y. Morihara, "Synthesis and Properties of Dithienometallole-Pyridinochalcogenadiazole Alternate Polymers," *Polymer J.* **45**, pp. 979-984, 2013.
- [43] D. Tanaka, J. Ohshita, Y. Ooyama, N. Kobayashi, H. Higashimura, T. Nakanishi and Y. Hasegawa, "Synthesis, Optical Properties, and Crystal Structures of Dithienostannoies," *Organometallics* **32**, pp. 4136-4141, 2013.
- [44] D. Tanaka, J. Ohshita, T. Mizumo, Y. Ooyama and Y. Harima, "Synthesis of donor-acceptor type new organosilicon polymers and their applications to dye-sensitized solar cells," *J. Organomet. Chem.* **741-742**, pp. 97-101, 2013.
- [45] A. Nakajima, D. Fujii, and M. Uchino "Excellent retention characteristics of nanocomposite gate insulator consisting of fullerene-containing polystyrene," *Appl. Phys. Lett.* **103**, pp. 013302-1 - 013302-4, 2013.

## 7.2 Self-assembling technologies and quantum structure

---

- [46] H. Hanafusa, A. Ohta, R. Ashihara, K. Maruyama, T. Mizuno, S. Hayashi, H. Murakami, and S. Higashi,

“Properties of Al Ohmic contacts to n-type 4H-SiC employing a Phosphorus-Doped and Crystallized Amorphous-Silicon Interlayer,” *Materials Science Forum* **778-780**, pp. 649-652, 2014.

- [47] K. Makihara, J. Gao, K. Sakaike, S. Hayashi, H. Deki, M. Ikeda, S. Higashi, and S. Miyazaki, “Highly-Crystallized Ge:H Film Growth from GeH<sub>4</sub> Very High Frequency Inductively-Coupled Plasma: Crystalline Nucleation Initiated by Ni Nanodots,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, pp. 11NA04-1 - 11NJ04-3, 2013.
- [48] A. Ohta, M. Fukusima, K. Makihara, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “Characterization of Resistive Switching Behaviors of RF Sputtered Si Oxide ReRAMs with Ti-based Electrodes,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, pp. 11NJ06-1 - 11NJ06-5, 2013.
- [49] A. Ohta, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “XPS Study of Energy Band Alignment between Hf-La Oxides and Si (100),” *Trans. Mat. Res. Soc. Jpn.* **38**, pp. 353-357, 2013.
- [50] A. Ohta, K. Makihara, M. Fukusima, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “Resistive Switching Properties of SiO<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> Multi-Stack in Ti-electrode MIM Diodes,” *ECS Trans.* **58**, pp. 293-300, 2013.
- [51] K. Hashimoto, A. Ohta, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “Control of Interfacial Reaction of HfO<sub>2</sub>/Ge Structure by Insertion of Ta Oxide Layer,” *IEICE Trans. on Electronics* **E96-C**, pp. 674-679, 2013.
- [52] A. Ohta, K. Makihara, M. Ikeda, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “Evaluation of Chemical Composition and Bonding Features of Pt/SiO<sub>x</sub>/Pt MIM Diodes and Its Impact on Resistance Switching Behavior,” *IEICE Trans. on Electronics*, **E96-C**, pp. 702-707, 2013.
- [53] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, S. Hayashi, M. Akazawa, S. Morisaki, M. Ikeda, and S. Higashi, “Layer Transfer and Simultaneous Crystallization Technique for Amorphous Si Films with Midair Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation and Its Application to Thin-Film Transistor Fabrication,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, pp. 05EC01-1-05EC01-6, 2013.
- [54] S. Hayashi, Y. Fujita, T. Kamikura, K. Sakaike, M. Akazawa, M. Ikeda, and S. Higashi, “Leading Wave Crystallization Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation of Amorphous Silicon Films,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, pp. 05EE02-1-05EE02-6, 2013.
- [55] K. Tanaka, S. Hayashi, T. Kamikura, T. Mizuno, and S. Higashi, “Investigation on Crack Generation Mechanism and Reduction of Cracks Using Buffer Layer in Thermal-Plasma-Jet Crystallization of Amorphous Silicon Films on Glass Substrate,” 8th International Conference on Reactive Plasmas 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), Fukuoka, Japan, Feb. 4-7, 2014, 7A-AM-O3, p. 51.



- [56] M. Akazawa, K. Sakaike, S. Nakamura, T. Fukunaga, S. Hayashi, S. Morisaki, and S. Higashi, "Local Transfer of Single-Crystalline Silicon (100) Layer by Meniscus Force and Its Application to High-Performance MOSFET Fabrication on Glass Substrate," 2013 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM2013), Washington, U.S.A. Dec. 9-11, 2013, P. 39.
- [57] S. Higashi, K. Sakaike, S. Hayashi, S. Morisaki, M. Akazawa, S. Nakamura, T. Fukunaga, "Low-Temperature Formation of Single-Crystalline Silicon on Glass and Plastic Substrates and Its Application to MOSFET Fabrication," Proc. 20th Int. Display Workshops (IDW'13), Sapporo, Japan, Dec. 4-6, 2013, AMD1-3, pp. 258-261 (Invited).
- [58] S. Nakamura, K. Sakaike, M. Akazawa, T. Fukunaga, S. Hayashi, and S. Higashi, "Large Area Transfer of Silicon Films with Midair Cavity Using Meniscus Force," Tech. Dig. 23rd Int. Photovoltaic Sci. Eng. Conf. (PVSEC-23), Taipei, Taiwan, Oct. 28-Nov. 1, 2013, 1-O-33.
- [59] S. Hayashi, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, K. Sakaike, M. Akazawa, and S. Higashi, "Grain Growth Control during Leading Wave Crystallization Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Films," Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2013), Jeju, Korea, Aug. 29-30, 2013, pp. 43-44.
- [60] K. Maruyama, H. Hanafusa, R. Ashihara, S. Koyanagi, S. Hayashi, H. Murakami, and S. Higashi, "Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet annealing for 4H-SiC and Aluminium Activation," Proc. Int. Symp. Dry Process (DPS2013), Jeju, Korea, Aug. 29-30, 2013, pp. 109-110.
- [61] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, S. Hayashi, S. Morisaki, M. Ikeda, and S. Higashi, "Local Area Transfer and Simultaneous Crystallization of Amorphous Si Films with Midair Structure Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation," Abs. The 25th International Conference on Amorphous and Nano-crystalline Semiconductors (ICANS25), Toronto, Canada, Aug.18-23, 2013, p. 40.
- [62] S. Hayashi, Y. Fujita, S. Morisaki, T. Kamikura, S. Yamamoto, M. Akazawa, and S. Higashi, "Grain Growth Control by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Amorphous Silicon Strips through Slit Masks and Its Application to High-Performance Thin-Film Transistors," Proc. AM-FPD 13, Kyoto, Japan, Jul. 2-5, 2013, P-6, pp. 113-116.
- [63] T. Kamikura, S. Hayashi, S. Morisaki, Y. Fujita, M. Akazawa, and S. Higashi, "Explosive Crystallization of Amorphous Germanium Films Induced by Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation," The 8th International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ICSI-8) and the 6th International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-VI) (ICSI-8/ISCSI-VI), Fukuoka, Japan, June 2-6, 2013, P1-6, pp. 157-158.

## 7.3 Technologies for intelligent systems

---

### 7.3.1 Associative memories with fast nearest-match capability

- [64] F. An, and H.J. Mattausch, “K-means Clustering Algorithm for Multimedia Applications with Flexible HW/SW Co-design,” *Journal of Systems Architecture* **59**, pp. 155-164, 2013.
- [65] I. B. Wicaksono, F. An, and H.J. Mattausch, “Memory Based Hardware-Accelerated System for High-Speed Human Detection,” *Advanced Robotics* **28**, pp. 317-327, 2014.
- [66] T. Akazawa, S. Sasaki, and H.J. Mattausch, “Word-Parallel Coprocessor Architecture for Digital Nearest Euclidean Distance Search,” *Proceedings of the 39th European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC’2013)*, Bucharest, Romania, September 16-20, pp. 267-270.
- [67] T. Akazawa, S. Sasaki, and H.J. Mattausch, “Digital Word-Parallel Associative Memory in 180nm CMOS for Nearest Euclidean Distance Search Based on Distance Mapping into Clock-Number Domain,” *Extended Abstracts of the 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM’2013)*, pp. 892-893.
- [68] I. B. Wicaksono, F. An, and H.J. Mattausch, “A Hardware-Accelerated Reduced Dimensionality Multi-Prototype Learning and Recognition System with Complementary Classifiers,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems & Robotics, Automation and Mechatronics (CIS-RAM’2013)*, Philippines, Manila, Nov. 12-15, ID: c012\_TuB2.1, pp. 1-6.

### 7.3.2 Digital real-time moving-picture segmentation

- [69] A.-T. Hoang, M. Omori, M. Yamamoto and T. Koide, “Compact pipeline hardware architecture for pattern matching on real-time traffic signs detection,” *Proceeding of the 18th Workshop on Synthesis and System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2013)*, pp. 100-105, October 21-22, 2013.
- [70] M. Yamamoto, A.-T. Hoang, M. Omori, and T. Koide, “Speed traffic-sign recognition algorithm for real-time driving assistant system,” *Proceeding of the 18th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2013)*, pp. 195-200, October 21-22, 2013.
- [71] A.-T. Hoang, M. Yamamoto, M. Omori, and T. Koide, “Pipeline architecture for real-time speed traffic-sign detection on FPGA,” *Proc. of the 15th IEEE Hiroshima Student Symposium (HISS15th)*, Nov. 16 - 17, 2013, Tottori Japan, pp. B86-1 - B86-4.

- [72] M. Yamamoto, A.-T. Hoang, M. Omori, and T. Koide, "Number recognition algorithm using the local feature quantity for real-time speed traffic-sign recognition," Proc. of the 15th IEEE Hiroshima Student Symposium (HISS15th), Nov. 16 - 17, 2013, Tottori Japan, pp. B84-1 - B84-4.

### **7.3.3 Influence of fabrication variability on circuit performance and reliability**

- [73] K. Konishi, T. Tanaka, and T. Koide, "Power electronics education using the integrated circuit consistent education system and TCAD," Proc. of IEEE the Frontiers in Education Conference (FIE2013), pp. 1456-1458, October, 2013.

### **7.3.4 Computer aided diagnosis system**

- [74] R. Miyaki, S. Yoshida, S. Tanaka, Y. Kominami, Y. Sanomura, T. Matsuo, S. Oka, B. Raytchev, T. Tamaki, T. Koide, K. Kaneda, M. Yoshihara and K. Chayama, "Quantitative identification of mucosal gastric cancer under magnifying endoscopy with flexible spectral imaging color enhancement," Journal of Gastroenterology and Hepatology **28**, pp. 841-847, 2013.
- [75] T. Mishima, S. Shigemi, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, S. Tanaka, "A simple and effective hardware oriented feature extraction algorithm for colorectal endoscopic images with nbi magnification," Proc. of the 28th International Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2013), pp. 567-570, Yeosu, Korea, June 30-July 3, 2013.
- [76] S. Shigemi, Y. Sakashita, T. Mishima, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Yoko Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, "An fpga implementation of support vector machine identifier for colorectal endoscopic images with nbi magnification," Proc. of the 28th International Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2013), pp. 571-572, Yeosu, Korea, June 30-July 3, 2013.
- [77] T. Mishima, S. Shigemi, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, "High speed approximation feature extraction in cad system for colorectal endoscopic images with nbi magnification," Proceeding of the 18th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2013), pp. 209-213, October 21-22, 2013.
- [78] S. Shigemi, T. Mishima, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, "Customizable hardware architecture of support vector machine in cad

system for colorectal endoscopic images with nbi magnification,” Proceeding of the 18th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2013), pp. 298-303, October 21-22, 2013.

- [79] T. Hirakawa, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, T. Koide, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, “Smoothing Posterior Probabilities with a Particle Filter of Dirichlet Distribution for Stabilizing Colorectal NBI Endoscopy Recognition,” IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2013), September 15-18, 2013.
- [80] R. Miyaki, S. Yoshida, S. Tanaka, Y. Kominami, Y. Sanomura, T. Matsuo, S. Oka, T. Hirakawa, B. Raytchev, T. Tamaki, T. Mishima, S. Shigemi, T. Koide, K. Kaneda, M. Yoshihara, and K. Chayama, “Usefulness of magnifying endoscopy with Blue LASER Imaging for diagnosis of early gastric cancer,” American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE), October 29-30, 2013.
- [81] Y. Kominami, S. Yoshida, S. Tanaka, R. Miyaki, Y. Sanomura, T. Matsuo, H. Kanao, S. Oka, T. Hirakawa, T. Mishima, S. Shigemi, B. Raytchev, T. Tamaki, T. Koide, K. Kaneda, and K. Chayama, “Quantitative analysis of NBI magnifying colonoscopy images based on Bag-of-Features for diagnosis of colorectal tumors,” American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE) 2013, May 18-21 2013, Orlando.
- [82] T. Hirakawa, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, T. Koide, S. Yoshida, Y. Kominami, T. Matsuo, R. Miyaki, and S. Tanaka, “Labeling Colorectal NBI Zoom-Videoendoscope Image Sequences with MRF and SVM,” Proc. of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2013), July 3-7, 2013.
- [83] T. Mishima, S. Shigemi, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, “Development of feature extraction architecture for computer-aided diagnosis system for colorectal endoscopic images with NBI Magnification,” Proc. of the 15th IEEE Hiroshima Student Symposium (HISS15th), Nov. 16 - 17, 2013, Tottori Japan, pp. B82-1 - B82-4.
- [84] S. Shigemi, T. Mishima, A.-T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, “Development of type identification architecture for computer-aided diagnosis system for colorectal endoscopic images with NBI Magnification,” Proc. of the 15th IEEE Hiroshima Student Symposium (HISS15th), Nov. 16 - 17, 2013, Tottori Japan, pp. B79-1 - B79-4.

## 7.4 Technologies for sensing devices and systems

---

- [85] T. Taniguchi, Y. Amemiya, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, “Fabrication and Evaluation of Differ-

ential Si Ring Optical Resonator for Biosensors,” *Extend. Abst. Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2013)*, G-2-3, pp. 826-827, 2013.

- [86] Y. Amemiya, T. Taniguchi, T. Ikeda, M. Fukuyama, A. Kuroda and S. Yokoyama, “Multi-Slot Stack-Type Ring Resonator for High Sensitivity Biosensor and Low Voltage Optical Modulator,” *10th Int. Conf. on Group IV Photonics*, WA5, pp. 9-10, 2013.
- [87] A. Nakajima, T. Kudo, and S. Furuse, “Biomolecule detection based on Si single-electron transistors for practical use,” *Appl. Phys. Lett.* **103**, 043702, 2013.

## 7.5 Medical science and technology

---

### 7.5.1 Research for digestive and liver diseases

- [88] N. Shi, N. Hiraga, M. Imamura, C. N. Hayes, Y. Zhang, K. Kosaka, A. Okazaki, E. Murakami, M. Tsuge, H. Abe, H. Aikata, S. Takahashi, H. Ochi, C. Tateno-Mukaidani, K. Yoshizato, H. Matsui, A. Kanai, T. Inaba, F. McPhee, M. Gao, and K. Chayama, “Combination therapies with NS5A, NS3 and NS5B inhibitors on different genotypes of hepatitis C virus in human hepatocyte chimeric mice,” *Gut*. **62**, pp. 1055-1061, 2013.
- [89] H. Abe, C. N. Hayes, N. Hiraga, M. Imamura, M. Tsuge, D. Miki, S. Takahashi, H. Ochi, and K. Chayama, “A Translational Study of Resistance Emergence Using Sequential Direct-Acting Antiviral Agents for Hepatitis C Using Ultra-Deep Sequencing,” *Am. J. Gastroenterol.* **108**, pp. 1464-1472, 2013.
- [90] K. Kosaka, N. Hiraga, M. Imamura, S. Yoshimi, E. Murakami, T. Nakahara, Y. Honda, A. Ono, T. Kawaoka, M. Tsuge, H. Abe, C. N. Hayes, D. Miki, H. Aikata, H. Ochi, Y. Ishida, C. Tateno, K. Yoshizato, T. Sasaki, and K. Chayama, “A novel TK-NOG based humanized mouse model for the study of HBV and HCV infections,” *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **441**, pp. 230-235, 2013.
- [91] Y. Abe, H. H. Aly, N. Hiraga, M. Imamura, T. Wakita, K. Shimotohno, K. Chayama, and M. Hijikata, “Thromboxane A2 Synthase Inhibitors Prevent Production of Infectious Hepatitis C Virus in Mice with Humanized Livers,” *Gastroenterology* **145**, pp. 658-667, 2013.
- [92] K. Shinagawa, Y. Kitadai, M. Tanaka, T. Sumida, M. Onoyama, M. Ohnishi, E. Ohara, Y. Higashi, S. Tanaka, W. Yasui, and K. Chayama, “Stroma-directed imatinib therapy impairs the tumor-promoting effect of bone marrow-derived mesenchymal stem cells in an orthotopic transplantation model of colon cancer,” *Int. J. Cancer* **132**, pp. 813-823, 2013.
- [93] M. Onoyama, Y. Kitadai, K. Shinagawa, Y. Tanaka, R. Yuge, S. Tanaka, W. Yasui, and K. Chayama, “Combining Molecular targeted drugs to inhibit both cancer cells and activated stromal cells in gastric cancer,” *Neoplasia* **15**, pp. 1391-1399, 2013.
- [94] D. Miki, H. Ochi, A. Takahashi, C. N. Hayes, Y. Urabe, H. Abe, T. Kawaoka, M. Tsuge, N. Hiraga, M. Imamura, Y. Kawakami, H. Aikata, S. Takahashi, N. Akuta, F. Suzuki, K. Ikeda, H. Kumada, Y. Karino, J. Toyota, T. Tsunoda, M. Kubo, N. Kamatani, Y. Nakamura, and K. Chayama, “HLA-DQB1\*03 confers susceptibility to chronic hepatitis C in Japanese: a genome-wide association study,” *PLoS One* **8**, e84226, 2013.

## 7.5.2 Diagnosis and regenerative medical technologies

- [95] Y. Yanase, T. Hiragun, T. Yanase, T. Kawaguchi, K. Ishii, and M. Hide, "Application of SPR imaging sensor for detection of individual living cell reactions and clinical diagnosis of type I allergy," *Allergol. Int.* **62** (2), pp. 163-169, 2013.
- [96] T. Hiragun, K. Ishii, M. Hiragun, H. Suzuki, T. Kan, S. Mihara, Y. Yanase, J. Bartels, J. M. Schröder, and M. Hide, "Fungal protein MGL\_1304 in sweat is an allergen for atopic dermatitis patients," *J. Allergy Clin. Immunol.* **132** (3), pp. 608-615, 2013.
- [97] M. Hiragun, K. Ishii, T. Hiragun, H. Shindo, S. Mihara, H. Matsuo, and M. Hide, "The sensitivity and clinical course of patients with wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis sensitized to hydrolyzed wheat protein in facial soap - secondary publication," *Allergol. Int.* **62**, pp. 351-358, 2013.
- [98] T. Yokooji, S. Kurihara, T. Murakami, Y. Chinuki, H. Takahashi, E. Morita, S. Harada, K. Ishii, M. Hiragun, M. Hide, and H. Matsuo, "Characterization of causative allergens for wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis sensitized with hydrolyzed wheat proteins in facial soap," *Allergol. Int.* **62**, pp. 435-445, 2013.
- [99] H. Choi, M. Tanaka, T. Hiragun, M. Hide, and K. Sugimoto, "Non-tumor mast cells cultured in vitro on a honeycomb-like structured film proliferate with multinucleated formation," *Nanomedicine* **10**, pp. 313-319, 2014.
- [100] H. Matsuo, T. Yokooji, H. Morita, M. Ooi, K. Urata, K. Ishii, S. Takahagi, Y. Yanase, T. Hiragun, S. Mihara, and M. Hide, "Aspirin augments IgE-mediated histamine release from human peripheral basophils via Syk kinase activation," *Allergol. Int.* **62**, pp. 503-511, 2013.
- [101] R. Segawa, S. Yamashita, N. Mizuno, M. Shiraki, T. Hatayama, N. Satou, M. Hiratsuka, M. Hide, and N. Hirasawa, "Identification of a cell line producing high levels of TSLP: advantages for screening of anti-allergic drugs," *J. Immunol. Methods* **402**, pp. 9-14, 2014.
- [102] M. Hide, M. Hiragun, and T. Hiragun, "Diagnostic tests for urticaria," *Immunol. Allergy Clin. North Am.* **34**, pp. 53-72, 2014.
- [103] J. W. Leiding, D. Beakes, S. C. Dreskin, A. Grumach, M. Hide, A. Reshef, M. Triggiani, and M. A. Kaliner, "Case Title: 45 year-old male with recurrent angioedema: WAO international case-based discussions," *World Allergy Organ. J.* **7**, p. 2, 2014.
- [104] M. Hiragun, T. Hiragun, K. Ishii, H. Suzuki, A. Tanaka, Y. Yanase, S. Mihara, Y. Haruta, N. Kohno, and M. Hide, "Elevated serum IgE against MGL\_1304 in patients with atopic dermatitis and cholinergic urticaria," *Allergol. Int.* **63**, pp. 83-93, 2014.
- [105] Y. Yanase, T. Hiragun, K. Ishii, T. Kawaguchi, T. Yanase, M. Kawai, K. Sakamoto, and M. Hide, "Surface plasmon resonance for cell-based clinical diagnosis," *Sensors (Basel)* **14**, pp. 4948-4959, 2014.
- [106] T. Kihara, Y. Shigeta, R. Hirabayashi, T. Ikawa, E. Ando, S. Hirai, H. Nikawa, and T. Ogawa, "Influence of filler on bite impression material in transillumination method for occlusal examination," *Dental Materials*

Journal **32**, pp. 144-149, 2013.

- [107] Y. Shigeta, R. Hirabayashi, T. Ikawa, T. Kihara, E. Ando, S. Hirai, S. Fukushima, and T. Ogawa, "Application of photogrammetry for analysis of occlusal contacts," *Journal of Prosthodontic Research* **57**, pp.122-128, 2013.
- [108] Y. Kaihara, T. Kihara, A. Kakayama, Y. Katabuchi, H. Amano, H. Nikawa, and K. Kozai, "Accuracy and precision of a non-contact 3D measuring system for dental model analysis," *Pediatric Dental Journal* **23**, pp. 71-78, 2013.

## 8. List of Forthcoming or Published Papers after April 2014

---

- [1] T. Sugitani, S. Kubota, S. Kuroki, K. Sogo, K. Arihiro, M. Okada, T. Kadoya, M. Hide, M. Oda and T. Kikkawa, "Complex permittivities of breast tumor tissues obtained from cancer surgeries," *Appl. Phys. Lett.* **104**, pp. 253702-1 - 253702-5, 2014.
- [2] Y. Minoura, H. Oka, T. Hosoi, J. Matsugaki, S. Kuroki, T. Shimura and H. Watanabe, "Phosphorous ion implantation into NiGe layer for Ohmic contact formation on n-type Ge," *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, pp. 08LD01-1 - 08LD01-5, 2014.
- [3] M. Yamano, S. I. Kuroki, T. Hirata, T. Sato, K. Kotani, and T. Kikkawa, "Characteristics of Poly-Si Thin Film Transistors with Highly Biaxially Oriented Linearly Arranged Poly-Si Thin Films Using Double Line Beam Continuous-Wave Laser Lateral Crystallization," *ECS Transaction* **64**, pp. 39-44, 2014.
- [4] S. I. Kuroki, M. Yamano, T. Sato, N. Hata, K. Kotani, and T. Kikkawa, "Characterization of Poly-Si TFTs with Highly Bi-Axially Oriented Poly-Si Thin Films Using DLB Continuous-Wave Laser Lateral Crystallization," 2014 MRS Spring Meeting, A17.06, San Francisco, April 25, 2014.
- [5] S. I. Kuroki, S. Ishikawa, T. Maeda, H. Sezaki, and T. Kikkawa, "Leakage Current Reduction of 4H-SiC Schottky Barrier Diode by Using Sacrificial Oxidation," 2014 MRS Spring Meeting, DD6.05, San Francisco, April 23, 2014.
- [6] T. Hirata, S. I. Kuroki, M. Yamano, T. Sato, K. Kotani, and T. Kikkawa, "Effect of ozone radical treatment for high-performance poly-Si TFTs," The proceedings of The 21st International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD14), pp. 189-192, 2014.
- [7] 山野真幸, 黒木伸一郎, 佐藤旦, 小谷光司, 吉川公麿, "ダブルラインビーム連続発振レーザーラテラル結晶化による高性能 poly-Si TFT," 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会 (SDM) (2014 年 4 月 11 日、那覇), 信学技報, vol. 114, SDM2014-11, pp. 45-49, 2014 年 4 月.
- [8] Y. Amemiya, A. K. Sana, K. Okada, K. Honzawa, M. Fukuyama, and S. Yokoyama, "Proposal of MEMS Optical Device Using Slot-Ring Resonator with Low-Voltage Operation," 11th Int. Conf. on Group IV Photonics, WP15, 2014.
- [9] T. Taniguchi, Y. Amemiya, T. Ikeda, A. Kuroda, and S. Yokoyama, "Differential Si Ring-Resonator Biosensors Robust to Process Variations," 11th Int. Conf. on Group IV Photonics, FB1, 2014.
- [10] S. Nakamura, N. Matsuo, K. Yamana, A. Heya, T. Takada, M. Fukuyama, and S. Yokoyama, "Charge Retention and Conduction Mechanism of DNA Memory Transistor," *Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD)*, pp. 173-175, 2014.
- [11] S. Maeno, N. Matsuo, S. Nakamura, A. Heya, T. Takada, K. Yamana, M. Fukuyama, and S. Yokoyama, "Study of Charge Retention Mechanism for DNA Memory FET," *IEICE Electronics Express* **11**, pp. 1-6,



2014.

- [12] K. Sakaike, Y. Kobayashi, S. Nakamura, M. Akazawa, and S. Higashi, "A technique for local area transfer and simultaneous crystallization of amorphous silicon layer with midair cavity by irradiation with near-infrared semiconductor diode laser," *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, pp. 040303-1 - 040303-4, 2014.
- [13] M. Akazawa, K. Sakaike, S. Nakamura, and S. Higashi, "Fabrication of High-Performance N-Channel Silicon MOSFET on Glass Substrate Using Meniscus Force," *Abs.2014 Mat. Res. Soc. Spring Meeting, San Francisco, U.S.A. April 21-25, 2014*, A5.04.
- [14] S. Higashi, "Atmospheric Pressure Plasma Processing and Layer Transfer Technique for Thin-Film Device Fabrication on Glass and Plastic Substrates," *Ext. Abs. 2014 Int. Workshop Junction Tech. (IWJT-2014), Shanghai, China, May 18 - 20, 2014*, pp. 169-173 (Invited).
- [15] S. Hayashi, S. Morisaki, S. Yamamoto, T. Nakatani, S. Higashi, "Grain Growth Induced by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Narrow Amorphous Silicon Strips," *Proc. AM-FPD14, Kyoto, Japan, July 2-4, 2014*, pp. 181-184.
- [16] S. Yamamoto, S. Morisaki, S. Hayashi, T. Nakatani, and S. Higashi, "Grain Growth Control by Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation to Very Narrow Amorphous Silicon Strips and Its Application to Thin Film Transistors," *Ext. Abs. 2014 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2014), Ibaraki, Japan, Sep. 8-11, 2014*, pp. 562-563.
- [17] K. Sakaike, M. Akazawa, A. Nakagawa and S. Higashi, "Fabrication of High Performance Single-Crystalline Silicon Thin Film Transistors on a Polyethylene Terephthalate Substrate," *Ext. Abs. 2014 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM2014), Ibaraki, Japan, Sep. 8-11, 2014*, pp. 28-29.
- [18] K. Sakaike, M. Akazawa, A. Nakagawa, and S. Higashi, "Fabricating High-Performance Silicon Thin-Film Transistor by Meniscus Force Mediated Layer Transfer Technique," *ECS Trans.* **64**, pp. 17-22, 2014.
- [19] S. Morisaki, S. Hayashi, S. Yamamoto, T. Nakatani, and S. Higashi, "Effect of Grain Growth Control by Atmospheric Micro-Thermal- Plasma-Jet Crystallization of Amorphous Silicon Strips on TFT Characteristics," *ECS Trans.* **64**, pp. 23-29, 2014.
- [20] S. Morisaki, S. Hayashi, Y. Fujita, and S. Higashi, "Improvement in Characteristic Variability of TFTs Using Grain Growth Control by Micro Thermal Plasma Jet Irradiation on a-Si Strips," *J. Display Technol.* **10**, pp. 950-955, 2014.
- [21] F.-B. Zhang, J. Ohshita, M. Miyazaki, D. Tanaka, Y. Morihara, "Effects of Substituents and Molecular

Weight on the Optical, Thermal, and Photovoltaic Properties of Alternating Dithienogermole-Dithienylbenzothiadiazole Polymers,” *Polym. J.*, in press.

- [22] K. Yamamoto, J. Ohshita, T. Mizumo, T. Tsuru; Polymerization Behavior and Gel Properties of Ethane, Ethylene and Acetylene-Bridged Polysilsesquioxanes,” *J. Sol-Gel Tech. Sci.* **71**, pp. 24-30, 2014.
- [23] M. Kubo, A. Nakaoka, K. Morimoto, M. Shimada, M. Horie, Y. Morimoto, and T. Sasaki, “Aerosol Generation by a Spray-Drying Technique under Coulomb Explosion and Rapid Evaporation for the Preparation of Aerosol Particles for Inhalation Tests,” *Aerosol Sci. Technol.* **48**, pp. 698-705, 2014.
- [24] T. Akazawa, S. Sasaki, and H.J. Mattausch, “Associative Memory Architecture for Word-Parallel Smallest Euclidean Distance Search Using Distance Mapping into Clock-Number Domain,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, pp. 04EE16-1 - 04EE16-7, 2014.
- [25] H.J. Mattausch, T. Umeda, H. Kikuchihara, and M. Miura-Mattausch, “Accurate Physical Compact Models of High-Voltage/Power Semiconductor Devices for Efficient Design of Performance-Optimized Circuits and Systems,” Extended Abstracts of the 2014 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM’2014), Tsukuba, Japan, Sept. 8-11, pp. 1026-1027 (Invited).
- [26] F. An, T. Akazawa, S. Yamazaki, L. Chen, and H.J. Mattausch, “A Coprocessor for Clock-Mapping-Based Nearest Euclidean Distance Search with Feature Vector Dimension Adaptability,” Proceedings of the IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC’2014), USA, San Jose, Sept. 15-17, 2014.
- [27] F. An, T. Akazawa, S. Yamazaki, L. Chen, and H.J. Mattausch, “SoC Realization of LVQ Neural Network with On-chip Learning and Recognition,” Extended Abstracts of the 2014 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM’2014), Tsukuba, Japan, Sept. 8-11, 2014, pp. 102-103.
- [28] S. Yamasaki, T. Akazawa, F. An, and H.J. Mattausch, “Digital Word-Parallel Low-Power Recognition SoC for Mobile Equipment Based on Nearest Euclidean Distance Search and KNN Classification,” Extended Abstracts of the 2014 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM’2014), Tsukuba, Japan, Sept. 8-11, 2014, pp.104-105.
- [29] H.J. Mattausch, T. Umeda, H. Kikuchihara, and M. Miura-Mattausch, “The HiSIM Compact Models of High-Voltage/Power Semiconductor Devices for Circuit Simulation,” Proceedings of the International Conference on Solid-State and Integrated-Circuit Technology (ICSICT’2014), Guilin, China, Oct. 28-31, 2014, pp. 1415-1418 (Invited).

- [30] F. An, T. Akazawa, S. Yamazaki, L. Chen, and H.J. Mattausch, "LVQ Neural Network SoC Adaptable to Different on-Chip Learning and Recognition Applications," Proceedings of the 2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS'2014), Ishigaki, Okinawa, Japan, Nov. 15-21, 2014, in press.
- [31] F. An, L. Chen, and H.J. Mattausch, "A SoPC architecture for nearest-neighbor based learning and recognition," Proceedings of the 2014 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing & Communication Systems (ISPACS'2014), Kuching, Sarawak, Malaysia, Dec. 1-4, 2014, in press.
- [32] R. Miyaki, S. Yoshida, S. Tanaka, Y. Kominami, Y. Sanomura, T. Matsuo, S. Oka, B. Raytchev, T. Tamaki, T. Koide, K. Kaneda, M. Yoshihara, and C. Chayama, "A Computer System To Be Used With Laser-Based Endoscopy For Quantitative Diagnosis of Early Gastric Cancer," Journal of Clinical Gastroenterology, in press.
- [33] S. Yoshida, R. Miyaki, Y. Kominami, Y. Sanomura, T. Matsuo, S. Oka, S. Tanaka, B. Raytchev, T. Tamaki, K. Kaneda, T. Mishima, S. Shigemi, A. T. Hoang, T. Koide, and K. Chayama, "A Computer-Based System for Quantitative Diagnosis of Early Gastric Cancer Under Blue LASER Imaging-Magnifying Endoscopy," Gastrointestinal Endoscopy **79**, p.AB471, American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE) 2014 (DDW), May 3-6, 2014, Chicago.
- [34] A. T. Hoang, M. Yamamoto, M. Omori, and T. Koide, "Pipeline scanning architecture with computation reduction for rectangle pattern matching in real-time traffic sign detection," Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp.1532-1535, June 1-5, 2014.
- [35] M. Yamamoto, A. T. Hoang, M. Omori and T. Koide, "Compact hardware oriented number recognition algorithm for real-time speed traffic-sign recognition," Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 2535-2538, June 1-5, 2014.
- [36] T. Mishima, S. Shigemi, A. T. Hoang, T. Koide, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida and S. Tanaka, "Fpga implementation of feature extraction for colorectal endoscopic images with nbi magnification," Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 2515-2518, June 1-5 2014.
- [37] T. Hirakawa T, T. Tamaki, N. Raytchev, K. Kaneda, T. Koide, Y. Kominami, S. Yoshida, S. Tanaka, "SVM-MRF Segmentation of Colorectal NBI Endoscopic Images," The proceeding of 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2014), pp. 4739-4742, 2014.
- [38] T. Koide, A. T. Hoang, T. Okamoto, S. Shigemi, T. Mishima, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, R. Miyaki, T. Matsuo, S. Yoshida, and S. Tanaka, "FPGA Implementation of Type Identifier for Colorectal Endoscopic Images with NBIM agnification," Proceedings of the 12th IEEE Asia Pacific

Conference on Circuits and Systems (APCCAS 2014), pp. 651-654, Ishigaki Island, Okinawa, Japan, Nov 17-20, 2014.

- [39] T. Kumaki, T. Fujino, T. Koide, "Interleaved-bitslice AES Encryption and Decryption with Massive-Parallel Mobile Embedded Processor," Proceedings of the 12th IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS 2014), pp. 359-362, Ishigaki Island, Okinawa, Japan, Nov. 17 - 20, 2014.
- [40] A. T. Hoang, T. Koide, and M. Yamamoto, "Low Cost Hardware Implementation for Traffic Sign Detection System," Proceedings of the 12th IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS 2014), pp. 363-366, Ishigaki Island, Okinawa, Japan, Nov. 17-20, 2014.
- [41] A. T. Hoang, M. Yamamoto, and T. Koide, "High Accuracy and Simple Real-Time Circle Detection on Low-Cost FPGA for Traffic-Sign Recognition on Advanced Driver Assistance System," The 19th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2015), to appear (2015.03).
- [42] M. Yamamoto, A. T. Hoang, and T. Koide, "Speed Traffic-Sign Number Recognition on Low Cost FPGA for Robust Sign Distortion and Illumination Conditions," The 19th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2015), to appear (2015.03).
- [43] K. Sugi, T. Koide, A. T. Hoang, T. Okamoto, T. Shimizu, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, S. Yoshida, and S. Tanaka, "High Performance Feature Transformation Architecture based on Bag-of-Features in CAD system for Colorectal Endoscopic Images," The 19th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2015), to appear (2015.03).
- [44] T. Okamoto, T. Koide, A. T. Hoang, K. Sugi, T. Shimizu, T. Tamaki, B. Raytchev, K. Kaneda, Y. Kominami, S. Yoshida, and S. Tanaka, "A Hierarchical Type Segmentation Algorithm based on Support Vector Machine for Colorectal Endoscopic Images with NBI Magnification," The 19th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2015), to appear (2015.03).
- [45] Mohamed A. A. Abdelhamid, K. Motomura, T. Ikeda, T. Ishida, R. Hirota, and A. Kuroda, "Affinity purification of recombinant proteins using a novel silica-binding peptide as a fusion tag," *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **98**, pp. 5677-5684, 2014.
- [46] T. Ikeda, T. Ueda, H. Tajima, K. Sekiguchi, and A. Kuroda, "Automated enzyme-linked immunosorbent assay using beads in a single tip (BIST) technology coupled with a novel anchor protein for oriented antibody immobilization," *Anal. Methods* **6**, pp. 6232-6235, 2014.
- [47] M. Iwasaka, Y. Mizukawa, and Y. Miyashita, "Rapid magnetic wiper featuring biogenic guanine particles - Magnetic non-contact switching of opto-fluidic mirrors featuring biogenic guanine crystals-, *Appl. Phys. Lett.* **104**, pp. 024108-1 - 024108-4, 2014.

- [48] Y. Takeuchi, Y. Miyashita, Y. Mizukawa, and M. Iwasaka, "Two-stage magnetic orientation of uric acid crystals as gout initiators," *Appl. Phys. Lett.* **104**, pp. 024109-1 - 024109-4, 2014.
- [49] M. Iwasaka, and Y. Mizukawa, "Magneto-optical properties of biogenic photonic crystals in algae," *J. Appl. Phys.* **115**, pp. 17B501-1 - 17B501-3, 2014.
- [50] Y. Miyashita, M. Iwasaka and T. Kimura, "Microcrystal-like cellulose fibrils as the diamagnetic director for micro fluidic systems," *J. Appl. Phys.* **115** (17), pp. 17B519-1 - 17B519-3, 2014.
- [51] 岩坂正和, 水圏生物のキラキラ光反射のメカニズム ~バイオリフレクターの構造と機能~, 雑誌『化学』(化学同人), Vol. 69, 最新のトピックス, pp.68-69, 2014/7月号.
- [52] M. Iwasaka, "Diamagnetic responses in biogenic micro crystals and possible application for micromirror device," 日本磁気学会第38回学術講演会 S-3. Creation of novel materials and new analytical system using external magnetic field, 2014 (invited).
- [53] Y. Miyashita, and M. Iwasaka, "FDTD analyses of light control by magnetically oriented guanine crystal plates," *IEEE Transactions on Magnetics*, 2014 (in press).
- [54] Y. Mizukawa, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, T. Kinoshita, F. Kimura, T. Kimura, and M. Iwasaka, "Synchrotron Microscopic FTIR Analyses of Biogenic Guanine Crystals along Axes of Easy Magnetization," *IEEE Transactions on Magnetics*, 2014 (in press).
- [55] Y. Mizukawa, K. Suzuki, S. Yamamura, Y. Sugawara, T. Sugawara, and M. Iwasaka, "Magnetic Manipulation of Nucleic Acid Base Micro-Crystals for DNA Sensing," *IEEE Transactions on Magnetics*, 2014 (in press).
- [56] Y. Takeuchi, Y. Sugawara, T. Sugawara, M. Iwasaka, "Magnetic Rotation of MSU and Urinary Tract Stones for Clinical Treatment Applications," *IEEE Transactions on Magnetics*, 2014 (in press).
- [57] Y. Miyashita, Y. Mizukawa, H. Endo, and M. Iwasaka, "Magnetically Controlled Biogenic Crystals as Photo-Bioreactors for Algae," *IEEE Transactions on Magnetics*, 2014 (in press).
- [58] H. Ochi, D. Miki, C. N. Hayes, H. Abe, Y. Hayashida, M. Kubo, and K. Chayama, "IFNL4/IL-28B haplotype structure and its impact on susceptibility to hepatitis C virus and treatment response in the Japanese population," *J. Gen. Virol.* **95**, pp. 1297-306, 2014.
- [59] Y. Takahashi, M. Ando, M. Nishikawa, N. Hiraga, M. Imamura, K. Chayama, and Y. Takakura, "Long-term elimination of hepatitis C virus from human hepatocyte chimeric mice after interferon- $\gamma$  gene transfer," *Hum. Gene Ther. Clin. Dev.* **25**, pp. 28-39, 2014.
- [60] T. Zuberbier, W. Aberer, R. Asero, C. Bindslev-Jensen, Z. Brzoza, G. W. Canonica, M. K. Church, L. F. Ensina, A. Giménez-Arnau, K. Godse, M. Gonçalo, C. Grattan, J. Hebert, M. Hide, A. Kaplan, A. Kapp, A. H. Abdul Latiff, P. Mathelier-Fusade, M. Metz, A. Nast, S. S. Saini, M. Sánchez-Borges, P. Schmid-Grendelmeier, F. E. Simons, P. Staubach, G. Sussman, E. Toubi, G. A. Vena, B. Wedi, X. J. Zhu, and M. Maurer, "The EAACI/GA2LEN/EDF/WAO Guideline for the definition, classification, diagnosis, and

management of urticaria: the 2013 revision and update,” *Allergy* **69**, pp. 868-887, 2014.

- [61] T. Zuberbier, W. Aberer, R. Asero, C. Bindslev-Jensen, Z. Brzoza, G. W. Canonica, M. K. Church, L. F. Ensinas, A. Giménez-Arnau, K. Godse, M. Gonçalo, C. Grattan, J. Hebert, M. Hide, A. Kaplan, A. Kapp, A. H. Abdul Latiff, P. Mathelier-Fusade, M. Metz, S. S. Saini, M. Sánchez-Borges, P. Schmid-Grendelmeier, F. E. Simons, P. Staubach, G. Sussman, E. Toubi, G. A. Vena, B. Wedi, X. J. Zhu, A. Nast, M. Maurer, “Methods report on the development of the 2013 revision and update of the EAACI/GA2LEN/EDF/WAO guideline for the definition, classification, diagnosis, and management of urticaria,” *Allergy*. **69**, pp. e1-e29, 2014.
- [62] M. Nakamura, A. Yagami, K. Hara, A. Sano, T. Kobayashi, M. Aihara, M. Hide, Y. Chinuki, E. Morita, R. Teshima, and K. Matsunaga, “A new reliable method for detecting specific IgE antibodies in the patients with immediate type wheat allergy due to hydrolyzed wheat protein: correlation of its titer and clinical severity,” *Allergol. Int.* **63**, pp. 243-249, 2014.
- [63] T. Hiragun, Y. Yanase, T. Okabe, M. Hiragun, M. Kawai, and M. Hide, “Establishment of a mast cell line, NCL-2, without Kit mutation, derived from NC mouse bone marrow,” *FEBS Open Bio* **4**, pp. 342-346, 2014.
- [64] M. Shibuya, N. Takahashi, M. Yabe, K. Iwamoto, and M. Hide, “Hereditary angioedema as the cause of death from asphyxia: postmortem computed tomography study,” *Allergol. Int.* **63**, pp. 493-494, 2014.
- [65] K. Iwamoto, S. Morioke, Y. Yanase, K. Uchida, and M. Hide, “Tissue factor expression on the surface of monocytes from a patient with hereditary angioedema,” *J. Dermatol.* 2014 [Epub ahead of print].

## Telephone, Facsimile, and e-mail

### 常任スタッフ連絡先 (2014年12月1日現在)

	Telephone International Domestic ／国内	Facsimile International Domestic ／国内	e-mail address
<b>Director／所長</b>			
Prof. Takamaro Kikkawa 吉川 公麿 教授	+81-82-424-6265 082-424-6265	+81-82-424-3499 082-424-3499	kikkawat@hiroshima-u.ac.jp
<b>Nanointegration Research Division／ナノ集積科学研究部門</b>			
Prof. Takamaro Kikkawa 吉川 公麿 教授	+81-82-424-7879 082-424-7879	+81-82-424-3499 082-424-3499	kikkawat@hiroshima-u.ac.jp
Prof. Shin Yokoyama 横山 新 教授	+81-82-424-6266 082-424-6266	+81-82-424-3499 082-424-3499	yokoyama-shin@hiroshima-u.ac.jp
Assoc. Prof. Anri Nakajima 中島 安理 准教授	+81-82-424-6274 082-424-6274	+81-82-424-3499 082-424-3499	anakajima@hiroshima-u.ac.jp
Assoc. Prof. Shin-Ichiro Kuroki 黒木 伸一郎 准教授	+81-82-424-6267 082-424-6267	+81-82-424-3499 082-424-3499	skuroki@hiroshima-u.ac.jp
Assist. Prof. Tetsuo Tabei 田部井 哲夫 特任助教	+81-82-424-6265 082-424-6265	+81-82-424-3499 082-424-3499	tabei@hiroshima-u.ac.jp
Assist. Prof. Yoshiteru Amemiya 雨宮 嘉照 特任助教	+81-82-424-6265 082-424-6265	+81-82-424-3499 082-424-3499	amemiya@hiroshima-u.ac.jp
<b>Integrated Systems Research Division／集積システム科学研究部門</b>			
Prof. Hans Jürgen Mattausch マタウシュ ハンス ユルゲン 教授	+81-82-424-6268 082-424-6268	+81-82-424-3499 082-424-3499	hjm@hiroshima-u.ac.jp
Assoc. Prof. Tetsushi Koide 小出 哲士 准教授	+81-82-424-6971 082-424-6971	+81-82-424-3499 082-424-3499	koide@hiroshima-u.ac.jp
<b>Molecular Bioinformation Research Division／分子生命情報科学研究部門</b>			
Prof. Masakazu Iwasaka 岩坂 正和 教授	+81-82-424-4372 082-424-4372	+81-82-424-3499 082-424-3499	iwasaka@hiroshima-u.ac.jp
<b>Nanotechnology Platform／ナノテクノロジー・プラットフォーム</b>			
Prof. Masataka Fukuyama 福山 正隆 客員教授	+81-82-424-6287 082-424-6287	+81-82-424-3499 082-424-3499	fukuyama-m@hiroshima-u.ac.jp

Research Institute for Nanodevice and Bio Systems (RNBS), Hiroshima University  
 1-4-2 Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima 739-8527, JAPAN  
 広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所  
 〒739-8527 広島県 東広島市 鏡山1丁目 4-2

Tel 082-424-6265, Fax 082-424-3499  
 e-mail RNBS@hiroshima-u.ac.jp  
 URL <http://www.RNBS.hiroshima-u.ac.jp/>



e-mail [RNBS@hiroshima-u.ac.jp](mailto:RNBS@hiroshima-u.ac.jp)

URL <http://www.RNBS.hiroshima-u.ac.jp/>

Research Institute for Nanodevice and  
Bio Systems  
Hiroshima University

1-4-2 Kagamiyama, Higashihiroshima,  
Hiroshima 739-8527, JAPAN  
Telephone : +81-82-424-6265 (direct)  
Facsimile : +81-82-424-3499

広島大学  
ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

〒739-8527  
広島県 東広島市 鏡山1丁目 4-2  
電話 : 082-424-6265  
ファクシミリ : 082-424-3499