

研究拠点形成事業 (A. 先端拠点形成型)
最終年度 実施報告書 (平成 24 年度採択課題)

(※本報告書は、前年度までの実施報告書とともに事後評価資料として使用します。)

1. 拠点機関

| | |
|--------------|---------------------------|
| 日本側拠点機関： | 東北大学 電気通信研究所 |
| (ドイツ) 拠点機関： | 高性能マイクロエレクトロニクスセンター |
| (ベルギー) 拠点機関： | 大学間マイクロエレクトロニクスセンター |
| (フランス) 拠点機関： | 国立科学研究所マルセイユナノサイエンス学際センター |
| (スペイン) 拠点機関： | ビゴ大学 |
| (米国) 拠点機関： | ニューヨーク州立大学 |

2. 研究交流課題名

(和文)： 高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成
 (交流分野：工学)

(英文)： International Collaborative Research Center on
Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration
 (交流分野：Engineering)

研究交流課題に係るホームページ：<http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/ICRC-ACP4ULSI/>

3. 採用期間

平成 24 年 4 月 1 日 ～ 平成 29 年 3 月 31 日
(5 年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関： 東北大学 電気通信研究所

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名)： 電気通信研究所・所長・大野 英男

コーディネーター (所属部局・職・氏名)： 電気通信研究所・教授・庭野 道夫

協力機関： 東京大学、名古屋大学

事務組織： 東北大学国際交流課

相手国側実施組織 (拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。)

(1) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) Innovations for High Performance microelectronics (IHP)

(和文) 高性能マイクロエレクトロニクスセンター

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文) IHP/Berlin Institute of Technology・
 Scientific Director/Professor・TILLACK Bernd

協力機関：(英文) Berlin Institute of Technology
(和文) ベルリン工科大学

協力機関：(英文) University of Stuttgart
(和文) シュトゥットガルト大学

協力機関：(英文) Juelich Research Center
(和文) ユーリッヒ研究センター

経費負担区分 (A型)：パターン1

(2) 国名：ベルギー

拠点機関：(英文) Interuniversity Microelectronics Center (imec)
(和文) 大学間マイクロエレクトロニクスセンター

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：(英文) Silicon Process, Devices and Technology
Division・Principal Scientist・LOO Roger

経費負担区分 (A型)：パターン1

(3) 国名：フランス

拠点機関：(英文) Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)-Centre
Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM)
(和文) 国立科学研究所マルセイユナノサイエンス学際センター

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：(英文) CINaM・Professor・LE THANH Vinh

協力機関：(英文) CNRS-Institut Matériaux Microélectronique et Nanosciences de
Provence (IM2NP)
(和文) 国立科学研究所プロバンスマイクロエレクトロニクス材料&
ナノサイエンス研究所

協力機関：(英文) CNRS-Institut d'Électronique Fondamentale (IEF)
(和文) 国立科学研究所基礎電子工学研究所

経費負担区分 (A型)：パターン1

(4) 国名：スペイン

拠点機関：(英文) University of Vigo
(和文) ビゴ大学

コーディネーター(所属部局・職・氏名)：(英文) Department of Applied Physics・
Professor・CHIUSSE Stefano

経費負担区分 (A型)：パターン1

(5) 国名：米国

拠点機関：(英文) State University of New York
(和文) ニューヨーク州立大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：（英文） Polytechnic Institute, College of
Nanoscale Science and Engineering・Professor・HIRAYAMA Makoto

協力機関：（英文） Nishi Nanoelectronics Laboratory, Department of Electrical
Engineering, Stanford University

（和文） 西ナノエレクトロニクス研究所、電気工学科、スタンフォード大学

協力機関：（英文） Sturm Laboratory, Department of Electrical Engineering, Princeton
University

（和文） スターン研究所、電気工学科、プリンストン大学

経費負担区分（A型）：パターン1

5. 研究交流目標

5-1. 平成28年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

研究成果発表と研究開発資産の集積のための国際会議の企画などでの協力体制はほぼ軌道に乗っている。今後特に、海外での共同実験を念頭において、より一層強固な体制の構築を図る。これにより、人的交流の推進と共同実験体制を作り上げていく。昨年度は、フランスでのセミナー、東北大学電気通信研究所での年度末のセミナーを実施した。本年度は、新たにドイツの協力機関となったユーリッヒ研究センターでセミナーを実施する。なお、参加研究者がより一層出席しやすいように、開催日程と場所を決定した。また、昨年度から開始したように、共同研究内容についてより密度の高い議論と共同実験を、国際会議やセミナーとは切り離れた形で進める。これにより、高集積原子制御プロセスの基礎から応用に至るまでの研究協力体制を構築し、次世代情報通信の創出につなげる。

<学術的観点>

本事業での研究成果発表と研究開発資産の集積のための場である国際会議に関して、平成28年度は、第8回SiGeテクノロジー&デバイス国際会議/第7回半導体界面制御技術国際シンポジウムが6月に名古屋大学で、第7回SiGe、Ge&関連化合物：材料・プロセス・デバイスECS国際会議が10月に米国・ホノルルで開催される。特に名古屋大学で開催される会議では、本事業日本側参加研究者が諮問委員・組織委員長・論文委員長・論文委員・学術誌ゲストエディターなどとして、また海外の参加研究者が、諮問委員・副組織委員長・共同論文委員長・論文委員・学術誌ゲストエディターとして役割を果たし、学術誌の特集号を出版する。なお、研究開発資産の集積のみならず、「優れた研究業績」の集積を念頭に置いて、毎年交互に開催しているSiGeテクノロジー&デバイス国際会議とSiエピタキシー&ヘテロ構造国際会議の合併についての検討を加え、この分野の研究者がより一層参加しやすい方向を見いだしていく。最終年度として、本事業のジョイントセミナーをドイツ・アーヘンで11月24日・25日に開催するとともに、年度末には東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設で国際ワークショップ&セミナーの開催を通して、本事業の総括を行い、本事業終了後の平成29年度以降の研究開発資産の集積体制

の構築を図る。

<若手研究者育成>

大学院生やポスドク研究者などの若手研究者に対して、これまで国際会議・セミナーに積極的に参加できるようにしてきた。その結果博士後期課程への進学も増えているところである。今後は共同研究の重要性を認識させるために、共同研究・共同実験に参加できる環境を作り、若手研究者の研究の場を広げる。これにより、継続的に、高集積原子制御プロセス・デバイス技術のスペシャリストを養成していく。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

本事業の参加研究者は、高集積原子制御プロセスの分野で権威のある Si エピタキシー & ヘテロ構造国際会議、SiGe テクノロジー&デバイス国際会議、ULSI プロセスインテグレーション ECS 国際会議、SiGe、Ge&関連化合物：材料・プロセス・デバイス ECS 国際会議（この内の2つの国際会議を毎年開催）において、主導的役割を果たしている。これらの会議を基にして、学術誌の特集号やプロシーディングスを出版し、本事業の「高集積原子制御プロセス」の学問分野に関する情報を広く公開することは、次世代情報通信の基盤となる半導体技術の進展のための研究開発資産の集積につながるものである。本事業のセミナーを海外で行うことにより、海外の研究機関での状況を把握するだけでなく、海外の研究者の本事業への参加を促し、国際共同研究のあり方を含めた広範な共同研究体制の構築につなげる。そして、本研究分野を拡大し、研究資産として意義のある集積を行うため、日本単独では困難な高集積原子制御プロセス基盤技術の深耕を、国際共同研究により強力に推進して行く。これらは、日本がリーダーシップをもって次世代情報通信の基盤を作り上げていく上で極めて重要である。

5-2. 全期間を通じた研究交流目標

世界規模の国際共同研究拠点の形成により、日本単独では困難な高集積原子制御プロセス基盤技術の深耕を国際共同研究により強力に推進するとともに、グローバル化が進む現代の研究開発においてリーダーシップを発揮できる若手人材育成体制を構築する。同時に、世界規模の国際会議・国際ワークショップを各拠点国で企画・開催し、学術論文誌特集号の出版を継続的に行うとともに、本事業のセミナーも同時期に開催し、研究開発資産を集積する体制を構築する。これらの活動を通して、高集積原子制御プロセスの学問的体系化を図り、次世代情報通信の基盤を創出する。

目標に対する達成度とその理由

- 研究交流目標は十分に達成された
- 研究交流目標は概ね達成された
- 研究交流目標はある程度達成された
- 研究交流目標はほとんど達成されなかった

【理由】

高集積原子制御プロセス基盤技術に関する国際共同研究を強力に推進には、Face to Face の打ち合わせの場を持ち、参加研究者間での信頼感を得ることが極めて重要である。

このため、各国の本事業参加研究者が協力して国際会議・セミナーを企画するとともに、国際会議・セミナーの機会を含めて、共同研究などの打ち合わせを進めてきた。この過程で、日本側の大学院生を含む若手研究者の国際会議・セミナーでの発表のみならず、共同実験のための大学院生の海外派遣、海外拠点機関からの大学院生の受け入れや、日本側若手研究者が海外拠点機関のポスドク研究員になる等、研究の場の拡大を含めた若手人材の育成を着実に進めることができた。共同研究発表に関しては、これまで長期派遣した場合に限られていたが、短期派遣でも先方との信頼関係（約10年間は必要に思われる。）が得られれば、可能であることが明確になってきた。本事業の推進が引き金となり、各拠点機関・協力機関間で共同研究が進められるようになった。

高集積原子制御プロセス基盤技術に関する研究成果の発表と研究資産の集積のために、本事業参加研究者が主導して、国際会議を開催し、学術論文誌特集号やプロシーディングスの出版に大きく貢献した。また、セミナーに関しては、海外拠点機関・協力機関で毎年開催するとともに、毎年年度末に日本側拠点機関東北大学電気通信研究所で開催した。これらの活動により、着実に国際共同研究の推進体制が整うとともに、研究開発資産の集積の体制を構築することができた。

以上のように、申請時の研究交流目標に対する5年間の計画としては、十分達成されている。

6. 研究交流成果

6-1 平成28年度研究交流成果

<研究協力体制の構築>

今年度は最終年度として、本事業終了後も継続的に共同研究を推進することを念頭に置いて、昨年度から継続して、ドイツ側拠点機関 IHP で教員1名と大学院生2名が約10日間共同実験を進めた。また、日本側で作製した試料の分析についての共同研究を、ドイツ側拠点機関 IHP、ベルギー側拠点機関 imec とフランス側拠点機関 CINaM と進めている。試料受け渡しは、輸出管理規定順守の上、先方に訪問時か国際会議やセミナーなどへの参加時に行っている。さらに、日本側で作製した試料の評価に関しては、来年度以降も研究を継続するため、上記研究機関のみならず、~~は~~スペイン側拠点機関ビゴ大学・ドイツ側協力機関シュトゥットガルト大学・ユーリッヒ研究センターとの共同研究のための打ち合わせも開始している。加えて、5月初旬に imec で開催されたグローバルナノテクノロジー国際会議において、各国拠点機関のコーディネーターが共著となり、本共同研究体制についてのポスター発表を行った。さらに、5月に開催された米国電気化学学会国際会議、10月に中国で開催された第13回固体物理と集積回路技術国際会議(ICSICT2016) (別経費による出張)、11月にベトナムで開催された第8回先端材料科学とナノテクノロジーの国際ワークショップ (IWAMSN2016) (別経費による出張) にて、本研究交流課題の主題である原子制御プロセスに関する招待講演を、東北大学・IHP・imec・CINaM の共同で行った。また、本年度、新たにドイツの協力機関となったユーリッヒ研究センター主催のセミナーを実施した。参加研究者間での打ち合わせ日程も考慮に入れ

て、開催日時を11月24-25日にし、会場をアーヘン工科大学からユーリッヒ研究センターに変更した。

以上のように、良好な研究協力体制が構築されている。

<学術的観点>

研究成果発表と研究開発資産の集積のため、本年度は、第8回 SiGe テクノロジー&デバイス国際会議/第7回半導体界面制御技術国際シンポジウムを6月に名古屋大学で開催した。この会議では、日本学術振興会産学協力研究委員会半導体界面制御技術第154委員会のご支援を得て、本事業日本側参加研究者が諮問委員・組織委員長・論文委員長・論文委員・学術誌ゲストエディターなどを務めた。発表件数が126件、参加者約160名であり、本事業参加者関連では、44件（日本32件、ドイツ7件、ベルギー4件、米国1件）の発表を行い、「高集積原子制御プロセス」関連の科学・技術についての討論が十分になされた。特集号として、近々 Materials Science in Semiconductor Processing に出版される予定である。第8回 SiGe、Ge&関連化合物：材料・プロセス・デバイス ECS 国際会議を10月に米国・ホノルルで開催した。なお、研究開発資産の集積のみならず、「優れた研究業績」の集積を念頭に置いて、毎年交互に開催している SiGe テクノロジー&デバイス国際会議と Si エピタキシー&ヘテロ構造国際会議を合併することとした。最終決定は平成29年度に Si エピタキシー&ヘテロ構造国際会議開催場所で行う予定である。また、最終年度として、本事業のジョイントセミナーをドイツ側協力機関ユーリッヒ研究センターで実施するとともに、年度末には東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設で国際ワークショップ&セミナーの開催を通して、本事業の総括を行った。

これらは、本事業終了後の平成29年度以降の研究開発資産の集積体制の構築を念頭に置いての全期間を通じた研究交流目標並びに平成28年度の交流目標を着実に達成するための活動である。

<若手研究者育成>

名古屋での国際会議では大学院生26名を含む若手研究者32名、海外の国際会議・セミナーでは7名の大学院生を含む若手研究者13名が発表した。1月の東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設での国際ワークショップ&セミナーでは、海外の参加研究者4名をまじえて、若手教員5名の招待講演（25分間発表と質疑5分間）、博士後期課程大学院生8名と若手研究員2名による口頭発表（15分間発表と質疑5分間）と博士前期課程大学院生11名による5分間口頭発表とポスター発表を行った。海外との交流のみならず、大学間での若手研究者の交流を深めることができた。加えて、博士前期課程1年の大学院生2名をドイツ側拠点機関 IHP での共同実験の経験を積ませることができた。大学院生の場合安全上のことを勘案し、教員の同行を日本側派遣の前提条件とした。このため、約10日間の短期派遣となった。その一方で、さらに来年度はドイツから研究員が名古屋大学で3か月間の共同実験をすることになった。これらのように、継続的に、国際連携による高集積原子制御プロセス・デバイス技術のスペシャリストを養成している。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

本事業の参加研究者は、上記に示した2つの国際会議において、主導的役割を果たし、学術誌の特集号やプロシーディングスの出版にも貢献している。また、セミナーで発表した内容は、国際会議で広く公表している。これらは、本事業の「高集積原子制御プロセス」の学問分野に関する情報を広く公開し、研究開発資産の集積をするもので、次世代情報通信の基盤となる半導体技術の進展につながるものである。これらの会議は定着してきているが、特集号を大規模に企画したいなどの大きな課題がある。このため、若手の発表主体の国際会議として、Si エピタキシー&ヘテロ構造国際会議と SiGe テクノロジー&デバイス国際会議を合併した会議と SiGe、Ge&関連化合物：材料・プロセス・デバイス ECS 国際会議を毎年交互に行うこととし、ULSI プロセスインテグレーション ECS 国際会議は、より広い見地から、半導体プロセスインテグレーション ECS 国際会議と名称を変更し、各研究グループの代表が発表する会議にしていく予定である。これらの会議の推進により高集積原子制御プロセス基盤技術研究資産を集積するとともに、若手研究者の育成を念頭に置いた国際共同研究体制を継続的に進めていきたい。これらは、日本がリーダーシップをもって次世代情報通信の基盤を作り上げていく上で極めて重要なものである。

| | |
|-----------------------------------|-----|
| (1) 平成28年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 | 21本 |
| うち、相手国参加研究者との共著 | 3本 |
| (2) 平成28年度の国際会議における発表 | 35件 |
| うち、相手国参加研究者との共同発表 | 5件 |
| (3) 平成28年度の国内学会・シンポジウム等における発表 | 0件 |
| うち、相手国参加者との共同発表 | 0件 |
| (※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。) | |

6-2 全期間にわたる研究交流成果

(1) 研究協力体制の構築状況

① 日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

日本側拠点機関である東北大学電気通信研究所は、我が国で唯一の情報通信に関する大学附置研究所である。日本のみならず今後の世界の情報通信分野の継続的発展に寄与する責務がある。日本側コーディネーターらが推進する本事業の「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」のための基盤技術の構築はその発展の最大の鍵となる。特に、日本側コーディネーターらは附属ナノ・スピン実験施設の最先端クリーンルーム設備により、半導体デバイスの微細化・高集積化に必須なIV族半導体原子層積層プロセス技術の研究を推進してきている。このため、高集積原子制御プロセス基盤技術に関する研究成果の収集や世界の研究開発資産の集積と同時に人材育成を進める環境にあり、国内の英知を結集することができる体制にある。協力機関の東京大学は歪導入によるIV族半導体チャネルエンジニアリング並びに電子物性制御やGe MOS デバイスの高性能化に関して、協力機関の名古屋大学は金属/IV族半導体接合形成における表面・界面制御

や Ge-Sn の結晶成長・Si-Ge 系量子ドットプロセスに関して、協力研究者として平成 25 年 10 月から参加している九州大学グループは IV 族半導体の固相成長などのプロセスや歪 IV 族半導体の評価に関して、いずれも先駆的研究を進めている。拠点機関と協力機関の連携に関しては、本事業で進めている国際会議と東北大学電気通信研究所で開催している国際ワークショップにて、成果を発表するとともに研究打ち合わせを行っている。また、主要協力研究者は日本学術振興会産学協力委員会界面制御技術第 154 委員会の委員であり、その会合でも今後の方向を議論している。このようにして、以上の拠点機関と協力機関・協力研究者の先駆的研究を融合することにより、本事業の課題である「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」が可能となり、一つの大きな学問分野形成を実現していくことができる。このことは、日本のエレクトロニクス産業の振興にもつながるものである。

② 相手国拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

相手国拠点機関との共同研究打ち合わせは、主として国際会議やセミナー開催時に行っている。具体的には実験上の課題が出た場合や研究を加速させる場合は、個別に Face to Face 打ち合わせを行っている。Internet により、相互の連絡は容易に行えている。その結果、相手国での研究員として長期派遣のみならず、短期派遣での共同実験や、日本側試料の評価も行えるようになった。

相手国拠点機関と研究課題

ドイツ側拠点機関 IHP：原子層ドーピング、半導体表面・界面評価

ベルギー側拠点機関 imec：CVD 高集積プロセス、GeSn エピタキシャル成長

フランス側拠点機関 CNRS-CINaM：IV 族系スピン導入制御、歪制御

スペイン側拠点機関ビゴ大学：レーザープロセッシング、歪評価

米国側拠点機関ニューヨーク州立大学：3次元構造形成

なお、共同研究体制の拡大のため、協力機関として、米国側では平成 27 年 5 月スターフォード大学西ナノエレクトロニクス研究所とプリンストン大学スターン研究所、ドイツ側では平成 28 年 4 月ユーリッヒ研究センターを追加した。日本の各機関と個別に共同研究を進め、研究成果の共同発表は、本事業で進めている国際会議で行う形になっている。

海外でのセミナーに関しては、開催する機関が専用の Web-site を立ち上げ、セミナーの内容を公開するようになった。

本事業のセミナーのこれまでのプログラムなど状況は、日本側拠点機関の Web-site：<http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/ICRC-ACP4ULSI/>で公開した。

③ 日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制）

日本学術振興会に対する拠点機関である東北大学電気通信研究所の窓口は研究協力係である。東北大学国際交流課を通して日本学術振興会から伝達された内容を把握し、コーディネーターと連携して対応している。予算の管理は経理係で、経費の執行は用度係で行っている。日本側協力機関などの参加研究者の海外派遣や国内招聘手続きは総務係で行っている。

(2) 学術面の成果

本事業では、Si や Ge などの IV 族半導体の表面・界面反応過程への歪の影響などの要素技術開発と歪などによる電子物性の変調効果の抽出を念頭において、高集積原子制御プロセス基盤技術に関する国際共同研究を推進することができた。この研究の成果発表と研究開発資産の集積のため、本事業参加研究者が組織委員長・諮問委員・論文委員やオーガナイザー・サブコミティーチェアなどとして役割を果たし、下記の国際会議での発表と特集号の出版を行った。また、ECSULSI では、各機関の研究成果のまとめの機会として位置付け、各機関の代表者を中心とした招待講演で構成した。なお、平成 27 年度の 5 月中旬にあった ICSI-9 では、参加者が多数で出張手続きが困難であったことから、本事業経費を使用していない。これらの活動により、本研究分野の研究開発資産を着実に集積することができた。

| 各年度における国際会議とその特集号 | 事業参加者発表者 | | 全体の発表数 |
|---|----------|-------|--------|
| | 全発表数 | 日本発表数 | |
| 平成 24 年度 | | | |
| ISTDM2012 6月2日-4日パークレー, 米国 | 20 | 8 | 87 |
| 特集号 Solid-State Electronics Vol. 83(May 2013) | 7 | 3 | 20 |
| ECS SiGe-5 10月8日-12日ホノルル, 米国 | 24 | 10 | 143 |
| 特集号 ECS Trans.Vol.50(9)(Oct. 2012) | 24 | 10 | 131 |
| 平成 25 年度 | | | |
| ICSI-8/ISCSI-6 6月2日-6日福岡, 日本 | 38 | 19 | 170 |
| 特集号 Thin Solid Films Vol. 557 (April 2014) | 34 | 18 | 80 |
| ECS ULSI-8 10月28日-30日サンフランシスコ, 米国 | 18 | 13 | 37 |
| 特集号 ECS Transactions Vol.58(10)(October2013) | 22 | 13 | 36 |
| 平成 26 年度 | | | |
| ISTDM2014 6月2日-4日 シンガポール | 38 | 19 | 93 |
| 特集号 Solid-State Electronics Vol.110(August 2015) | 7 | 4 | 17 |
| ECS SiGe-6 10月6日-10日カンクーン, メキシコ | 28 | 7 | 99 |
| 特集号 ECS Transactions Vol.64(6)(Oct. 2014) | 28 | 7 | 97 |
| 平成 27 年度 | | | |
| ICSI-9 5月18日-22日モントリオール, カナダ | 26 | 19 | 115 |
| 特集号 Thin Solid Films Vol.602 (March 2016) | 10 | 7 | 21 |
| ECS ULSI-9 10月12日-14日フェニックス, 米国 | 13 | 11 | 38 |
| 特集号 ECS Transactions Vol.69(10)(Oct. 2015) | 13 | 11 | 34 |
| 平成 28 年度 | | | |
| ISTDM2016/ISCSI-7 6月7日-11日名古屋, 日本 | 44 | 32 | 126 |
| 特集号 Mater. Sci. Semicond. Process. (in press, 2017) | 25 | 21 | 50 |
| ECS SiGe-7 10月2日-6日ホノルル, 米国 | 16 | 7 | 109 |
| 特集号 ECS Transactions Vol.75(8)(Oct. 2016) | 12 | 7 | 80 |

- ・SiGe テクノロジー&デバイス国際会議(SiGe Technology and Device Meeting : ISTDM) (奇数年の春に開催)
- ・ULSI プロセスインテグレーション ECS 国際会議(ULSI Process Integration in the Electrochemical Society Meeting : ECS-ULSI) (奇数年の秋に開催)
- ・Si エピタキシー&ヘテロ構造国際会議 (International Conference on Si Epitaxy : ICSI) (偶数年の春に開催)
- ・SiGe, Ge&関連化合物 : 材料・プロセス・デバイス ECS 国際会議(SiGe, Ge, and Related Compounds : Materials, Processing, and Devices in the Electrochemical Society: ECS-SiGe) (偶数年の秋の開催)
- ・半導体界面制御技術国際シンポジウム (International Symposium on Control of Semiconductor Interface: ISCSI) (日本学術振興会産学研究協力委員会-半導体界面制御技術第154委員会主催国際シンポジウム、約3年に1回開催)

本事業参加研究者による十分な研究発表と研究開発資産の集積ができたと判断しているが、特集号の出版に関して、学術誌では取り扱いを抑制する方向もあり、今後資産の集積のための特集号の出版のあり方についての課題を残している。継続的な国際会議の開催と特集号の出版が続けられるように、常に検討をしている。

海外の拠点機関でのセミナーに関しては、共同研究打合せの場のみならず、日本側参加研究者と海外との連携の機会を作ることに重点を置いた。日本側拠点機関でのセミナーは各年度のまとめと今後の活動計画の審議の場とした。例外的に平成 25 年度の国際会議（上記 ICSI-8/ISCSI-6）とつながった形でセミナーを実施し、本事業参加研究者の日本側から 5 件、海外より 6 件の研究状況発表をおこない、この分野の研究者に本事業の重要性を示した。なお、平成 27 年度の 5 月中旬にあった ICSI-9 では、多数の方の出張手続きに無理があったため、本事業経費を使用しなかったが、日本からの本事業参加研究者が多数参加した。

以上のように、国際会議・セミナーの企画・開催により、この分野でのネットワークを拡大させることができた。

（3）若手研究者育成

| 年度 | 発表 件数 | | 海外での発表 | | | | 国内での発表 | | | |
|----------|----------|----|--------|----|------|----|--------|----|------|--|
| | | | 国際会議 | | セミナー | | 国際会議 | | セミナー | |
| | 院生 | 若手 | 院生 | 若手 | 院生 | 若手 | 院生 | 若手 | | |
| 平成 24 年度 | 5 | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 14 | 4 | | |
| 平成 25 年度 | 8 | 2 | 3 | 2 | 12 | 3 | 22 | 2 | | |
| 平成 26 年度 | 12 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 22 | 5 | | |
| 平成 27 年度 | 12 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 | 26 | 1 | | |
| 平成 28 年度 | 3 | 1 | 4 | 4 | 26 | 6 | 19 | 7 | | |
| 合計 | 40 | 15 | 16 | 11 | 38 | 9 | 103 | 19 | | |

国際会議では、海外と国内での開催の両方があり、国内での開催年度は海外での発表が少ないが、大学院生及び若手研究者（40 歳以下の教員や研究員）の発表を着実に増やすことができた。特に、ISCI、ISTDM と ECSSiGe の発表者は、招待講演を除いて、大学院生と若手研究者によるものである。このため、東北大学で開催する年度末国際ワークショップ&セミナーでは、本事業の年度まとめの性格を持つが、次年度の国際会議での発表の予行演習的な意味合いを持たせた。これにより、大学院生と若手研究者の国際会議と海外でのセミナーでの発表の機会を増やすことができた。

共同研究の一環として、平成 24 年 9 月に東北大学大学院生 1 名をピゴ大学に約 2 週間派遣した。最初の週は、ピゴ大学と本事業と合同セミナーに参加し、次週は実験に立ち合い、東北大学電気通信研究所付属ナノ・スピン実験施設で作製した Si-Ge 系ヘテロ構

造の断面構造観察を行った。日本人のいない環境下での実験であり、意義があったと確信している。また、ビゴ大学より大学院生を、平成24年9月から平成25年4月末までの間の約5か月間、東北大学電気通信研究所で受け入れた。その大学院生は、ビゴ大学で上記 Si-Ge 系ヘテロ構造表面にレーザー照射し、レーザー照射による表面構造変化を上記ナノ・スピン実験施設で調べた。なお、ビゴ大学の大学院生の旅費・滞在費はビゴ大学が負担したものである。その後日本で作製した試料を海外で評価する体制を構築した。

また、ベルギー側拠点機関 imec とドイツ側拠点機関 IHP でそれぞれのポスドク研究員となった若手研究者がいる。、そして、平成27年度-28年度では IHP で教員と博士前期課程大学院生が共同実験を進めた。加えて、平成29年度名古屋大学に IHP 若手研究員が共同実験のため約3か月滞在することになった。

以上のように、大学院生を含む若手研究者の国際会議・セミナーでの発表や海外研究機関での研究の推進などにより、人材育成が着実に進んでいる。

(4) 国際研究交流拠点の構築

本事業は、日本の拠点機関である東北大学電気通信研究所と東北大学内の協力研究者、協力機関である東京大学・名古屋大学および協力研究者である九州大学グループが一致協力して、世界の最先端に位置付けられる仮想国際研究交流拠点「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点」を形成しようとするものである。このため、まず、国際会議とセミナーを企画・開催し、まず共同研究打ち合わせをできるだけ国際会議・セミナー出席とつなげた形にし、海外研究機関と日本研究機関が役割分担型すなわち薄膜形成・薄膜評価・素子製作と評価を分担し、日本単独ではできない研究開発資産の蓄積を世界規模で行えるように進めた。海外との共同研究成果に関しては、長期に派遣での共同研究ではなく、短期派遣の共同実験や研究の役割分担であるため、お互いの信頼関係の得るには時間を要した。しかし、日本が今後最先端を進むには、従来型の長期に海外派遣という限られた共同研究構築体制では、今後の研究が危ぶまれる。本事業での共同研究体制構築は、インキュベーション期間が長いのが欠点ではあるが、ドイツ、フランス、ベルギーと日本の共著での発表が進められるようになっている。また、日本側拠点機関・協力機関と海外拠点機関・協力機関との個別の共同研究計画も進められるようになった。また、共同研究対象を、高集積原子制御プロセスの応用を念頭に置いて、東北大学が得意とする MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)や Photonics 領域に広げ、次世代情報通信の創出につなげる体制を拡大させた。

以上のように、世界の最先端に位置付けられる仮想国際研究交流拠点「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点」の形成が着実に進んでいると確信している。

(5) 社会貢献や独自の目的等

本事業の参加研究者は、「6-2全期間にわたる研究交流成果(2)学術面の成果」に記載したように、4つの国際会議において、主導的役割を果たし、学術誌の特集号やプロシーディングスの出版、すなわち最先端と位置付けられる「高集積原子制御プロセス」

の学問分野に関する研究開発資産の集積に貢献している。また、これを継続して推進すると同時にリーダーシップを持って国際共同研究を推進していくためには、役割分担型にし、日本の各グループが他にはない特徴的な研究基盤を持っていることが必要とされる。これらなしでは、短期的な派遣と打ち合わせでは推進できるものではない。特に先進国間では、お互い長期派遣のメリットがなくなっているからである。これらのことを念頭に置いて、今後日本の各グループがより一層の自己研鑽を積んでいくことになる。

(6) 予期しなかった成果

日本側で製作した Si(100)上に形成した Ge 薄膜中の P 及び B の分布を nm 精度で二次イオン質量分析により評価した。同一試料を imec、IHP と日本国内での分析した結果では、測定結果の違いが出た。種々の検討結果から、P の分析では、測定の分解能上の問題で、SiH と P の識別ができていない場合があることが判明した。これまで数多く学術論文で報告されていた Si と Ge 界面での P の偏析は SiH を間違っ P と同定した結果である。これらは、海外との共通の発見である。試料の提供は 2 回にわたって行ったが、imec と IHP からの測定結果は試料提供後一週間で報告を得たことから、かなり協力的であると認識した。来年度 5 月中旬の会合の時までに新たな試料を作製することになった。nm オーダでの Ge 中の不純物拡散に関して、50 年以上に渡ってデータとして歴史に残るのではないかと期待しているところである。お互いにとってプラスとなる共同研究の一例を作れたと判断している。

(7) 今後の課題・問題点及び展望

高集積原子制御プロセス基盤技術の研究では、国際連携により情報の共有がなされても、独自性の高い部分では、共同研究発表しない場合がある。(6) で記したように、共同研究テーマを選定し、共同研究全体の成果として発表できる体制に持って行くのがよいと考えている。それらこそが、国際的に高く評価されかつ国際的研究開発資産であると考ええる。

また、共同研究を進める上で、外国機関と研究試料の授受が必要となり、輸出管理に関する法令に遵守のうえ輸出管理手続きを完了後に試料を郵送したところ、相手国の入国管理事務所留まりとなり、先方の研究者が管理事務所直接受領に出向く場合があった。相手が外国機関の際は、貴重な研究試料を迅速に研究相手に届けることが難しい場合があるため、国内諸手続き後は、国際会議などに持参し、相手方に会った時に手渡すなど、細かな研究計画はメールでやり取りを行った。中長期的な信頼関係を築き、維持するためには、手間も許容することが必要と思われる。なお、相手国入国に際しては、国内手続き書類を持参した。

大学院生の短期派遣では、盗難に遭うなどの不測の事態にそなえるために、教員の同行を必須とした。このため、教員の予定に短期派遣が影響されるが、大学院生の教育には大変有効であった。教員が同行しない場合には、不測の事態に備えて、日本学術振興会としての指針が必要と思われる。

(8) 本研究交流事業により全期間中に発表された論文等

- ①全期間中に学術雑誌等に発表した論文・著書 84本
 うち、相手国参加研究者との共著 17本
- ②全期間中の国際会議における発表 92件
 うち、相手国参加研究者との共同発表 9件
- (2) 全期間中の国内発表・シンポジウム等における発表 1件
 うち、相手国参加研究者との共同発表 0件

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

7. 平成28年度及び全期間にわたる研究交流実績状況

7-1 共同研究

| 整理番号 | R-1 | 研究開始年度 | 平成24年度 | 研究終了年度 | 平成28年度 |
|-----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|
| 研究課題名 | (和文) 高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成 (英文) International Collaborative Research Center on Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration | | | | |
| 日本側代表者 氏名・所属・職 | (和文) 室田 淳一・東北大学マイクロシステム融合研究開発センター・名誉教授 (英文) MUROTA Junichi・Micro System Integration Center, Tohoku University・Emeritus Professor | | | | |
| 相手国側代表者 氏名・所属・職 | (英文) ドイツ : TILLACK Bernd・Innovations for High Performance microelectronics (IHP)/Berlin Institute of Technology・Scientific Director/Professor ベルギー : LOO Roger・Interuniversity Microelectronics Center (imec) Principal Scientist フランス : LE THANH Vinh・Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)-Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM)・Professor スペイン : CHIUSI Stefano・Department of Applied Physics, University of Vigo・Professor 米 国 : HIRAYAMA Makoto・College of Nanoscale Science and Engineering, Polytechnic Institute, State University of New York・Professor | | | | |
| 28年度の研究 交流活動及び得 られた成果 | 6月に名古屋大学での国際会議、10月に米国での国際会議、11月にドイツでのセミナーにおいて、研究成果の発表と同時に共同研究進捗状況打ち合わせを行った。また、昨年度に引き続きドイツで若手研究者2名が教員1名が同行して、出張期間10日間で共同実験を行うとともに、5月初旬に imec でのグローバルナノテクノロジー国際会議で、拠点機関のコーディネーターが共著となり、本共同研究体制についてのポスター発表を行った。さらに、5月に米国電気化学協会国際会議、10月に中 | | | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| | <p>国での第13回固体物理と集積回路技術国際会議、11月にベトナムでの第8回先端材料科学とナノテクノロジーの国際ワークショップにて、高集積原子制御プロセスに関する招待講演を、東北大学・IHP・imec・CINaMの共同で行った。これらは、今後の共同研究体制を強固にし、次世代情報通信の創出につながるものである。</p> |
| <p>全期間にわたる研究交流活動及び得られた成果の概要</p> | <p>毎年海外の拠点機関・協力機関においてセミナーでの討論と同時に毎年2回の国際会議における成果の公表は、高集積原子制御プロセス基盤技術の重要性を広くアピールすることになり、国際研究協力ネットワーク拡大を図ることにつながった。これらの会議を海外の拠点機関・協力機関と強い連携をもって行ったことは、短期派遣の共同研究につながった。また、この共同研究は本事業終了後も継続できる道筋を作ることができた。これらは、若手研究者が海外で活躍できる場の提供にもなり、次世代に活躍する人材育成体制の構築につながるものである。</p> |

7-2 セミナー

(1) 全期間において実施したセミナー件数

| | 平成24年度 | 平成25年度 | 平成26年度 | 平成27年度 | 平成28年度 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 国内開催 | 3回 | 2回 | 1回 | 1回 | 1回 |
| 海外開催 | 2回 | 1回 | 1回 | 1回 | 1回 |
| 合計 | 5回 | 3回 | 2回 | 2回 | 2回 |

(2) 平成28年度セミナー実施状況

| | |
|----------------------|---|
| 整理番号 | S-1 |
| セミナー名 | (和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “International Collaborative Research Center on Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration“ |
| 開催期間 | 平成28年11月24日 ~ 平成28年11月25日 (2日間) |
| 開催地 (国名、都市名、会場名) | (和文) ドイツ、ユーリッヒ・ユーリッヒ研究センター (英文) Forschungszentrum Juelich GmbH·Juelich Research Center, Juelich, Germany |
| 日本側開催責任者 氏名・所属・職 | (和文) 庭野 道夫・東北大学電気通信研究所・教授 (英文) NIWANO Michio・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor |
| 相手国側開催責任者 氏名・所属・職 | (英文) BUCA Dan・Forschungszentrum Juelich GmbH·Juelich Research Center・Senior Scientist |

参加者数

| 派遣先 派遣元 | セミナー開催国 (ドイツ) | |
|----------------|------------------|----|
| | A. | B. |
| 日本 〈人／人日〉 | 16 / 99 | 0 |
| | | |
| ドイツ 〈人／人日〉 | 8 / 21 | 25 |
| | | |
| ベルギー 〈人／人日〉 | 2 / 6 | 3 |
| | | |
| 合計 〈人／人日〉 | 26 / 126 | 28 |
| | | |

- A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)
B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

平成24年度採択課題

| | | | |
|---------------------|--|------------------------|----------------|
| セミナー開催の目的 | ドイツの参加研究者の研究機関（ユーリッヒ研究センター）が主導してアーヘン工科大学でセミナーを開催する。これにより高集積原子制御プロセスに関する研究成果発表と研究開発資産の集積が加速されるばかりでなく、研究連携の場を広げることを目的とする。 | | |
| セミナーの成果 | 当初の開催場所をドイツのユーリッヒ研究センターに変更し、センターでの研究推進状況と研究体制に関して、日本側参加研究者16名が共有して認識した。今後、日本側各グループが各々共同研究を行うべく検討が開始されることになった。来年度は、国際会議などの機会に、3回以上共同研究打合せを行うことになった。 | | |
| セミナーの運営組織 | 組織委員長： BUCA Dan・Juelich Research Center・Senior Scientist 組織委員： GRUETZMACHER Detlev・Juelich Research Center・Director Peter Grünberg Institute (PGI-9) and Professor MANTL Siegfried・Juelich Research Center・Professor TILLACK Bernd・IHP/Berlin Institute of Technology・Scientific Director/Professor NIWANO Michio・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor MUROTA Junichi・Micro System Integration Center, Tohoku University・Emeritus Professor | | |
| 開催経費 分担内容 と金額 | 日本側 | 内容 | 金額 |
| | | 国内旅費 | 275,120 円 |
| | | 外国旅費 | 3,570,029 円 |
| | | | 合計 3,845,149 円 |
| | | 外国旅費・謝金等に係る消費税（大学にて負担） | |
| | | | |
| | (ドイツ)側 | 内容 | 会議費 国内旅費 |
| | (ベルギー)側 | 内容 | 外国旅費 |
| | (フランス)側 | 内容 | 外国旅費 |
| | (スペイン)側 | 内容 | 外国旅費 |
| | (米国)側 | 内容 | 外国旅費 |

平成24年度採択課題

| | |
|---------------------|---|
| 整理番号 | S-2 |
| セミナー名 | (和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「高集積原子制御プロセス国際共同研究拠点の形成」 |
| | (英文) JSPS Core-to-Core Program “International Collaborative Research Center on Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration“ |
| 開催期間 | 平成29年2月13日 ~ 平成29年2月14日 (2日間) |
| 開催地 (国名、都市名、会場名) | (和文) 日本、仙台、東北大学電気通信研究所 |
| | (英文) Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai, Japan |
| 日本側開催責任者 氏名・所属・職 | (和文) 庭野 道夫・東北大学電気通信研究所・教授 |
| | (英文) NIWANO Michio・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor |

参加者数

| 派遣先 派遣元 | セミナー開催国 (日本) | |
|----------------|-----------------|----------|
| | A. | B. |
| 日本 〈人／人日〉 | A. | 37 / 90 |
| | B. | 15 |
| ドイツ 〈人／人日〉 | A. | 3 / 17 |
| | B. | 0 |
| スペイン 〈人／人日〉 | A. | 1 / 6 |
| | B. | 0 |
| 合計 〈人／人日〉 | A. | 41 / 113 |
| | B. | 15 |

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

平成24年度採択課題

| | | |
|-------------|--|---|
| セミナー開催の目的 | <p>本事業の最終年度として、高集積原子制御プロセスに関する研究成果発表と研究開発資産の集積と同時に、今後の国際共同研究体制の方向付を行うことを目的とする。</p> | |
| セミナーの成果 | <p>本事業5年間のまとめとして、高集積原子制御プロセスに関する研究開発資産の集積と今後の研究体制・計画の立案ができた。セミナーそのものは、若手教員の招待講演、博士後期課程大学院生と若手研究員の口頭発表、博士前期課程のポスター発表と Short 口頭発表を行い、来年度も継続して、国際連携の中での若手研究者の積極的な発表できる体制にできた。</p> | |
| セミナーの運営組織 | <p>組織委員長： NIWANO Michio・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor 組織委員： SATO Shigeo・Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University・Professor MUROTA Junichi・Micro System Integration Center, Tohoku University・Emeritus Professor</p> | |
| 開催経費分担内容と金額 | 日本側 | <p>内容 国内旅費 金額 1,978,210 円 会議費 (別経費から支出) 外国旅費・謝金等に係る消費税 (大学にて負担)</p> |
| | (ドイツ) 側 | <p>内容 外国旅費</p> |
| | (ベルギー) 側 | <p>内容 外国旅費</p> |
| | (フランス) 側 | <p>内容 外国旅費</p> |
| | (スペイン) 側 | <p>内容 外国旅費</p> |
| | (米国) 側 | <p>内容 外国旅費</p> |

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

(1) 平成28年度実施状況

| 日数 | 派遣研究者 | | | 訪問先・内容 | | 派遣先 | | |
|------|-------|--------------------------|--------|--------|----|-----|---|----|
| | 氏名 | 所属 | 職名 | 氏名 | 所属 | | 職名 | 内容 |
| 6 日間 | 室田 淳一 | 東北大学・マイクロシステム融合研究開発センター | 名誉教授 | | | | 米国電気化学協会（ECS）国際会議にて次期会議の開催企画調整・成果発表（サンディエゴ） | 米国 |
| 6 日間 | 室田 淳一 | 東北大学・マイクロシステム融合研究開発センター | 名誉教授 | | | | ISTDM2016にて会議運営（名古屋） | |
| 5 日間 | 櫻庭 政夫 | 東北大学・電気通信研究所 | 准教授 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 鷲尾 勝由 | 東北大学・工学研究科 | 教授 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 川島 知之 | 東北大学・工学研究科 | 助教 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 上野 尚文 | 東北大学・工学研究科 | 博士3年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 3 日間 | 鳥海 明 | 東京大学・工学系研究科 | 教授 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 西村 知紀 | 東京大学・工学系研究科 | 技術専門職員 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 4 日間 | 山本 圭介 | 九州大学・グリーンアジア国際リーダー教育センター | 助教 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 4 日間 | 永富 雄太 | 九州大学・総合理工学府 | 博士3年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 青木 陸太 | 九州大学・大学院システム情報科学府 | 修士2年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 酒井 崇嗣 | 九州大学・大学院システム情報科学府 | 修士2年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 茂藤 健太 | 九州大学・大学院システム情報科学府 | 修士2年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 安田 康佑 | 東北大学・工学研究科 | 修士1年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 5 日間 | 武島 開斗 | 東北大学・工学研究科 | 修士1年 | | | | ISTDM2016にて成果発表（名古屋） | |
| 6 日間 | 室田 淳一 | 東北大学・マイクロシステム融合研究開発センター | 名誉教授 | | | | 米国電気化学協会（ECS）国際会議にて会議運営（ホノルル） | 米国 |
| 9 日間 | 池 進一 | 名古屋大学・工学研究科 | 博士3年 | | | | 米国電気化学協会（ECS）国際会議にて成果発表（ホノルル） | 米国 |
| 6 日間 | 山田健太郎 | 名古屋大学・工学研究科 | 修士1年 | | | | 米国電気化学協会（ECS）国際会議にて成果発表（ホノルル） | 米国 |
| 6 日間 | 山本 泰史 | 名古屋大学・工学研究科 | 修士1年 | | | | 米国電気化学協会（ECS）国際会議にて成果発表（ホノルル） | 米国 |

(2) 全期間にわたる実施状況概要

| 各年度における研究交流場所 | 派遣人数(人) |
|---|---------|
| 平成24年度 | |
| ISTDM2012の会議運営、成果発表、パークレー、米国 | 4 |
| ECS SiGe-5の会議運営、成果発表、ホノルル、米国 | 10 |
| 南京大学研究状況調査、南京・第11回固体物理と集積回路技術国際会議での招待講演、西安、中国 | 1 |
| ユーリッヒ研究センターの研究状況調査、ユーリッヒ、ドイツ | 1 |
| 平成25年度 | |
| ECS ULSI-8・SiGe-6の開催企画調整、招待講演、トロント、カナダ | 2 |
| ICSI-8/ISCSI-6の会議運営、成果発表、福岡、日本 | 13 |
| 第7回中米合同化学工学国際会議での招待講演、上海、中国 | 1 |
| 第4回超大規模集積回路と薄膜トランジスタに関する半導体技術国際会議での招待講演、グルノーブル、フランス | 1 |
| エアラーゲンニュールンベルグ大学研究状況調査、 | 3 |
| LETI(フランス原子力庁電子情報技術研究所)研究状況調査、グルノーブル、フランス | 1 |
| ECS ULSI-8の会議運営、成果発表、サンフランシスコ、米国 | 13 |
| 平成26年度 | |
| ECSでのSiGe-6・ULSI-9の開催企画調整、招待講演、オランダ、米国 | 1 |
| ISTDM2014の会議運営、成果発表、シンガポール | 10 |
| ECS SiGe-6の会議運営、成果発表、カンクーン、メキシコ | 8 |
| 平成27年度 | |
| 第5回超大規模集積回路と薄膜トランジスタに関する半導体技術国際会議での招待講演、タホ、米国 | 1 |
| ECS ULSI-9の会議運営、成果発表、フェニックス、米国 | 12 |
| 平成28年度 | |
| ECSでのSiGe-7の開催企画調整、招待講演、サンディエゴ、米国 | 1 |
| ISTDM2016/ISCSI-7の会議運営、成果発表、名古屋、日本 | 14 |
| ECS SiGe-7の会議運営、成果発表、ホノルル、米国 | 4 |

7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

※中間評価の指摘事項等を踏まえ、交流計画等に反映させた場合、その対応について記載してください。

中間評価の指摘事項に対応させて下記に記載する。

指摘事項1：国際共同研究拠点の形成という目標に向かって、多大な努力を行っていることが評価できる。しかし、広範囲かつ多岐にわたる研究項目をカバーしているからか、量的な面では評価できるものの「優れた研究業績」のアピールについても今後留意されることが好ましい。

対応内容1：本事業では、毎年1回国際会議終了後次年の春の学術誌の特集号出版と、毎年1回の国際会議開催時のプロシーディングスの出版を行ってきた。これらは、研究開発資産の集積には有効である。近年学術論文の引用については、発表する研究グループ自体の引用が目立つようになっている。引用数についても、共著者が多い結果、極めて多いという状況もある。特にこの分野では、他のグループを引用しない傾向もある。このような状況下では、外部に「優れた研究業績」として引用されるには、数

多くの海外の研究者から研究成果に対する理解を得ることが必要である。このため、平成27年度と28年度は海外の協力機関を増やした。さらに、効率的に国際会議を運用していくために、Siエピタキシー&ヘテロ構造国際会議とSiGeテクノロジー&デバイス国際会議を合併することとした。一方、長期派遣では、研究内容は一般的に先方の内容になってしまう。日本側の各グループが特徴的な成果を持って、短期派遣を相互に行うことにより、真の国際共同研究による「優れた研究成果」が出るものと確信している。すなわち、「優れた研究業績」のアピールができる道筋がようやくできたと考えている。

指摘事項2：「若手研究者の育成」という観点でも、国際会議・セミナーでの延べ50名を超える学生・若手の発表に加えて、スペインとの若手の相互派遣、ベルギーへの派遣など、想定通りの実績を上げている。

ただし、国際会議での発表や、海外での滞在経験は、リーダーシップを持つ人材へ成長することの1歩あるいはひとつの方法であることは否定されないが、どのような形の人材育成体制をつくるか、育成プログラムを検討することは重要と思われる。ぜひとも期待したい。

対応内容2：本事業では、高集積原子制御プロセス・デバイス技術のスペシャリスト、すなわち、プロセス実験ができる研究者・技術者を育成することを目標としている。海外では、日本に比し、プロセス実験研究開発の重要性が認識されるようになっていく。このため、海外での国際会議やセミナーでの発表のみならず、海外でのプロセス実験ができる環境を整えて、本事業分野の重要性を若手研究者に伝えられるようにしたい。このためには、まず日本側と海外側の双方がお互いの特徴ある優れた研究を理解した上で、役割分担型の研究を推進するのがよいと考えている。そのことを念頭に置いて、国際会議・セミナーの機会での打合せを行った。平成27年度と28年度は、先方での共同実験の形で進めることができた。先方からも平成29年度に日本に短期滞在することが決まっている。

指摘事項3：先端研究課題における国際連携においては、情報の共有がなされていても、独自性の高い部分では、共同研究発表しない場合もあり得るということで、共同で発表することの難しさが指摘されているが、連携機関の成果に関して、拠点機関・コーディネーターの立場からレビューペーパー等を効果的に執筆して、これまでの全体としての成果の周知徹底を行うとともに、その中で同時に今後の研究の方向性を指し示し、その方向性の中で、上記の協力機関単独執筆論文をも内包されるよう進めていくことで、本研究拠点形成事業の精神の発露ともなり、今後の展開が大いに期待される。

対応内容3：研究開発資産の集積では、情報公開の見地からは、学術誌の特集号と国際会議プロシーディングスで行っている。この特集号などの中の学術論文では、日本の参加研究者が中心となり、本事業に対する謝辞も行なわれるようになった。未公開部分を含んだ集積はセミナーで行っている。セミナーの後、国際会議で公表する形になりつつある。その中で、平成28年5月初旬にimecで開催されたグローバルナノテクノロジー国際会議において、本共同研究体制についてのポスター発表を各国拠点機関の

平成24年度採択課題

コーディネーターが共著となり、行った。また、日本側が主導ではあるが、日本側と海外側の役割分担型の研究成果も公表できるようになった。レビュー論文に関しては、著書の章としての執筆を年に一件のペースで行っており、来年度も出版される予定である。ただし、著作権のこともあり、先方の成果は、引用レベルにとどめている。

8. 研究交流実績総人数・人日数

8-1 平成28年度の相手国との交流実績

| 派遣先 派遣元 | 四半期 | 日本 | ドイツ | ベルギー | フランス | スペイン | 米国 | 合計 |
|------------|-----|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------------|
| 日本 | 1 | | 1/7 () | 1/2 () | () | () | 1/6 (1/85) | 3/15 (1/85) |
| | 2 | | | () | () | () | (1/85) | 0/0 (1/85) |
| | 3 | | 16/99 () | () | () | () | 4/27 (13/80) | 20/126 (13/80) |
| | 4 | | 4/40 () | 1/4 () | () | () | () | 5/44 (0/0) |
| | 計 | | 21/146 (0/0) | 2/6 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 5/33 (15/250) | 28/185 (15/250) |
| ドイツ | 1 | (4/26) | | () | () | () | () | 0/0 (4/26) |
| | 2 | () | | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 3 | () | | () | () | () | (5/35) | 0/0 (5/35) |
| | 4 | (3/17) | | () | () | () | () | 0/0 (3/17) |
| | 計 | 0/0 (7/43) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (5/35) | 0/0 (12/78) |
| ベルギー | 1 | (2/16) | | () | () | () | () | 0/0 (2/16) |
| | 2 | () | | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 3 | () | (2/6) | () | () | () | (2/14) | 0/0 (4/20) |
| | 4 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 計 | 0/0 (2/16) | 0/0 (2/6) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (2/14) | 0/0 (6/36) |
| フランス | 1 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 2 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 3 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 4 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 計 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) |
| スペイン | 1 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 2 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 3 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 4 | (1/6) | () | () | () | () | () | 0/0 (1/6) |
| | 計 | 0/0 (1/6) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (0/0) | 0/0 (1/6) |
| 米国 | 1 | (1/7) | () | () | () | () | () | 0/0 (1/7) |
| | 2 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 3 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 4 | () | () | () | () | () | () | 0/0 (0/0) |
| | 計 | 0/0 (1/7) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | | 0/0 (1/7) |
| 合計 | 1 | 0/0 (7/49) | 1/7 (0/0) | 1/2 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 1/6 (1/85) | 3/15 (8/134) |
| | 2 | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (1/85) | 0/0 (1/85) |
| | 3 | 0/0 (0/0) | 16/99 (2/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 4/27 (20/129) | 20/126 (22/135) |
| | 4 | 0/0 (4/23) | 4/40 (0/0) | 1/4 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 5/44 (4/23) |
| | 計 | 0/0 (11/72) | 21/146 (2/0) | 2/6 (0/0) | 0/0 (0/0) | 0/0 (0/0) | 5/33 (22/299) | 28/185 (35/377) |

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。(合計欄は()をのぞいた人数・人日数としてください。)

8-2 平成28年度の国内での交流実績

| 1 | 2 | 3 | 4 | 合計 |
|------------------|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 14/67 (34/170) | 0/0 (2/2) | 1/2 (10/13) | 23/62 (19/35) | 38/131 (65/220) |

8-3 全期間にわたる派遣・受入人数

| 年度 | 平成24年度 | 平成25年度 | 平成26年度 | 平成27年度 | 平成28年度 |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 派遣人数(人) | 33 (6) | 30 (14) | 34 (24) | 29 (29) | 28 (15) |
| 受入人数(人) | 0(18) | 0(26) | 0(3) | 0(9) | 0(11) |

※各年度の実施報告書の「相手国との交流実績」に記載の人数を転記してください。相手国側マッチングファンド等日本側予算によらない交流については（ ）で記載してください。

9. 経費使用総額

9-1 平成28年度経費使用額

(単位 円)

| | 経費内訳 | 金額 | 備考 |
|---------|-------------------|------------|--|
| 研究交流経費 | 国内旅費 | 2,871,540 | 国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。 |
| | 外国旅費 | 6,050,440 | |
| | 謝金 | 0 | |
| | 備品・消耗品購入費 | 5,380,107 | |
| | その他の経費 | 907,913 | |
| | 不課税取引・非課税取引に係る消費税 | 0 | 大学にて別途負担 |
| | 計 | 15,210,000 | 研究交流経費配分額以内であること。 |
| 業務委託手数料 | | 1,521,000 | 研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。 |
| 合 計 | | 16,731,000 | |

9-2 全期間にわたる経費使用額

(単位 千円)

| | 平成24年度 | 平成25年度 | 平成26年度 | 平成27年度 | 平成28年度 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 国内旅費 | 1,604 | 2,781 | 1,805 | 2,101 | 2,872 |
| 外国旅費 | 9,480 | 7,283 | 7,409 | 7,333 | 6,050 |
| 謝金 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 備品・消耗品 購入費 | 2,747 | 3,475 | 3,242 | 5,041 | 5,380 |
| その他の経費 | 1,769 | 2,061 | 3,144 | 735 | 908 |
| 不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合計 | 15,600 | 15,600 | 15,600 | 15,210 | 15,210 |

※各年度の実施報告書の「経費使用額」を千円単位にして転記してください。

10. 相手国マッチングファンド使用額

10-1 平成28年度使用額

| 相手国名 | 経費負担区分 | 平成28年度使用額 | |
|------|--------|-------------------|--------------------|
| | | 現地通貨額 [現地通貨単位] | 日本円換算額 |
| ドイツ | パターン1 | 40,000 [ユーロ] | 5,000,000 円 相当 |
| ベルギー | パターン1 | 100,000 [ユーロ] | 12,500,000 円 相当 |
| フランス | パターン1 | 14,000 [ユーロ] | 1,750,000 円 相当 |
| スペイン | パターン1 | 9,333 [ユーロ] | 1,166,625 円 相当 |
| 米国 | パターン1 | 51,500 [ドル] | 5,922,500 円 相当 |

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。

1[Euro]=125 円、1[US Dollar]=115 円とした。

※経費負担区分

パターン1：日本側研究者の経費は振興会が、相手国側研究者の経費は相手国側学術振興機関等が負担。

パターン2：派遣国が派遣にかかる費用を負担し、受入国が受入にかかる滞在費等を負担。

10-2 全期間にわたる相手国のマッチングファンドの状況概要

経費負担区分 パターン1

| | 年度 | 現地通貨額 | 円換算 |
|------|--------|--------------|----------------|
| ドイツ | 平成24年度 | 40,000[ユーロ] | 4,400,000 円相当 |
| | 平成25年度 | 40,000[ユーロ] | 5,720,000 円相当 |
| | 平成26年度 | 40,000[ユーロ] | 5,200,000 円相当 |
| | 平成27年度 | 40,000[ユーロ] | 5,200,000 円相当 |
| | 平成28年度 | 40,000[ユーロ] | 5,000,000 円相当 |
| 合計 | | 200,000[ユーロ] | 25,520,000 円相当 |
| ベルギー | 平成24年度 | 10,000[ユーロ] | 1,100,000 円相当 |
| | 平成25年度 | 10,000[ユーロ] | 1,430,000 円相当 |
| | 平成26年度 | 100,000[ユーロ] | 13,000,000 円相当 |
| | 平成27年度 | 100,000[ユーロ] | 13,000,000 円相当 |
| | 平成28年度 | 100,000[ユーロ] | 12,500,000 円相当 |
| 合計 | | 320,000[ユーロ] | 41,030,000 円相当 |
| フランス | 平成24年度 | 16,000[ユーロ] | 1,760,000 円相当 |
| | 平成25年度 | 16,000[ユーロ] | 2,288,000 円相当 |
| | 平成26年度 | 22,000[ユーロ] | 2,860,000 円相当 |
| | 平成27年度 | 14,000[ユーロ] | 1,820,000 円相当 |
| | 平成28年度 | 14,000[ユーロ] | 1,750,000 円相当 |
| 合計 | | 82,000[ユーロ] | 10,478,000 円相当 |
| スペイン | 平成24年度 | 45,000[ユーロ] | 4,950,000 円相当 |
| | 平成25年度 | 10,000[ユーロ] | 1,430,000 円相当 |
| | 平成26年度 | 20,000[ユーロ] | 2,600,000 円相当 |
| | 平成27年度 | 10,583[ユーロ] | 1,375,790 円相当 |
| | 平成28年度 | 9,333[ユーロ] | 1,166,625 円相当 |
| 合計 | | 94,916[ユーロ] | 11,522,415 円相当 |
| 米国 | 平成24年度 | 175,000[ドル] | 14,000,000 円相当 |
| | 平成25年度 | 95,000[ドル] | 9,785,000 円相当 |
| | 平成26年度 | 75,000[ドル] | 9,000,000 円相当 |
| | 平成27年度 | 82,500[ドル] | 9,900,000 円相当 |
| | 平成28年度 | 51,500[ドル] | 5,922,500 円相当 |
| 合計 | | 479,000[ドル] | 48,607,500 円相当 |