

先端国際共同研究推進事業
2023 年度採択

「Top 研究者/Top チームのための ASPIRE」
半導体分野

2023 年度～2024 年度
年次報告書（公開版）

研究課題名	最先端原子層プロセス国際共同研究ネットワークの構築
本側研究代表者	浜口 智志 大阪大学 教授
相手側研究代表者	David B. Graves, Professor, Princeton University
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

現在の最先端半導体プロセスで多用される材料を中心に、その ALD (Atomic Layer Deposition、原子層堆積) による成膜・ALE (Atomic Layer Etching、原子層エッチング) による加工に関する表面反応の基礎データベースを構築するのに必要な基礎データを収集し、数値シミュレーションを用いた表面反応・気相反応の解析技術に関する基礎研究を大いに発展させた。

<得られた成果>

半導体プロセスの高度化に必要な基礎的知見が多数得られ、その成果を学会や国際的に著名な学術誌に多数投稿した。代表的な成果は、「3. 代表的な業績」に記載する。

② 国際ネットワーク構築・拡大に関する成果

<実施したこと>

- ・ The 3rd United States Low Temperature Plasma Summer School (USLTPSS) (ミシガン大学、米国、2024/6/24-28) ※ASPIRE 共催
- ・ 第7回原子層プロセスワークショップ (東京大学、日本、2024/7/12) ※ASPIRE 共催
- ・ The 5th International Conference on Data-Driven Plasma Science (ICDDPS-5) (カリフォルニア大学バークレー校、2024/6/12-16) ※PIの浜口が創設した国際会議で、現在も全組織委員長および組織委員として参加している。今回は ASPIRE の共催ではないが、研究参加者である日本側の学生・若手研究者を積極的に派遣することで、ASPIRE プロジェクトに貢献。次回以降、共催を検討。
- ・ Kiel Workshop on Plasma Processing (キール大学、2024/9/8-10) ※ASPIRE 共催)
- ・ ASML Lab tour & seminars 2025 (ASML、Veldhoven、オランダ、2025/2/7) ※ASPIRE 共催
- ・ TU/e Seminars 2025 (Eindhoven University of Technology、Eindhoven、オランダ、2025/2/7) ※ASPIRE 共催
- ・ RUB Lab tour & discussion session 2025 (Ruhr University Bochum、Bochum、ドイツ 2025/2/10) ※ASPIRE 共催
- ・ Symposium "Microelectronics Research in Germany: From the Basics to Application 2025" (TU Ilmenau、Ilmenau、ドイツ、2025/2/11-12) ※ドイツのマイクロエレクトロニクス分野の国内会議であるが、主催者の協力を得て、ASPIRE 事業を紹介するセッションを設定してもらい日本側参加者が多数参加・発表した。
- ・ 1st German-Japanese Plasma Processing Workshop 2025 for Advanced Microelectronics (PPW2025) (Ruhr University Bochum、Bochum、ドイツ、2025/2/13-14) ※ASPIRE 共催
- ・ 19th International TFT Conference (奈良、2025/3/24-26) ※ASPIRE 共催

<得られた成果>

これらの国際ワークショップ・研究会・スクールに日本から多数の学生・若手研究者が参加し、国内外の最先端研究者の前で発表を行い、議論をする機会を得たことは極めて高い教育効果があった。

③ 国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する成果

<実施したこと>

日本側から 30 日以上の長期渡航者名 5 名を派遣した。そのうち、60 日以上滞在者は 4 名であり、1 名

は 150 日以上滞在した。海外から日本への長期招へい者は 3 名、そのうち 1 名が 74 日滞在し、他の 2 名は 180 日以上滞った。他に、多数の若手研究の短期出張を支援した。

<得られた成果>

これらの短期・長期の国際交流を通して、多くの学生・若手研究者が国際学会で研究発表を行い、世界最先端の研究を行っている研究者や海外の学生と議論をする貴重な経験を積むことができた。

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
研究テーマ1	浜口 智志	大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究テーマ2	木野 日織	統計数理研究所・先端データサイエンス研究系・教授
研究テーマ3	小林 正治	東京大学・大学院工学研究科・准教授
研究テーマ1	David B. Graves	プリンストン大学・化学生物工学科・教授
研究テーマ2	Igor Kaganovich	プリンストンプラズマ物理学研究所・理論部・主任研究員
研究テーマ3	Yevgeny Raitses	プリンストンプラズマ物理学研究所・プリンストン低温プラズマ共同研究施設・主任研究員

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

- Fatima Jenina Arellano, Minoru Kusaba, Stephen Wu, Ryo Yoshida, Zoltán Donkó, Peter Hartmann, Tsanko V. Tsankov and Satoshi Hamaguchi, "Machine learning-based prediction of the electron energy distribution function and electron density of argon plasma from the optical emission spectra" J. Vac. Sci. Technol. A 42, 053001 (2024).
- P Vinchon, S Hamaguchi, S Roorda, F Schiettekatte, L Stafford, "Self-healing kinetics in monolayer graphene following very low energy ion irradiation," Carbon, 233, 119852 (2025).
- Xingyu Huang, Kaito Hikake, Sung-Hun Kim, Kota Sakai, Zhuo Li, Tomoko Mizutani, Takuya Saraya, Toshiro Hiramoto, Takanori Takahashi, Mutsunori Uenuma, Yukiharu Uraoka, and Masaharu Kobayashi, "High-Field Transport and Statistical Variability of Nanosheet Oxide Semiconductor FETs With Channel Length Scaling", IEEE Transactions on Electron Devices. 71, pp. 7509 – 7515 (2024).
- Shih-Nan Hsiao, Makoto Sekine, Nikolay Britun, Micheal Kin Ting Mo, Yusuke Imai, Takayoshi Tsutsumi, Kenji Ishikawa, Yuki Iijima, Ryutaro Suda, Masahiko Yokoi, Yoshihide Kihara, and Masaru Hori, Pseudo-wet plasma mechanism enabling high-throughput dry etching of SiO2 by cryogenic-assisted surface reactions, Small Methods 8, 2400090 (2024).
- Zoltán Donkó, Tsanko V Tsankov, Peter Hartmann, Fatima Jenina Arellano, Uwe Czarnetzki and Satoshi Hamaguchi, "Self-consistent calculation of the optical emission spectrum of an argon capacitively coupled plasma based on the coupling of particle simulation with a collisional-radiative model", J. Phys. D: Appl. Phys. 57 375209 (20pp) (2024).