

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
九州大学・大学院総合理工学研究院
[職・氏名]
准教授・山本 圭介
[課題番号]
JPJSBP120222301

1. 事業名 相手国: ベルギー (振興会対応機関: FWO) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 中空 Ge 基板を用いた高品質 Ge-on-Insulator 作製プロセスの新規開発

(英文) A new fabrication scheme for Ge on Insulator with improved material properties

3. 共同研究実施期間 令和4年4月1日 ~ 令和6年3月31日 (2年0ヶ月)【延長前】 年 月 日 ~ 年 月 日 (年 月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Interuniversity Microelectronics Centre(IMEC),
Principal Member of Technical Staff, Roger Loo

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,875,000 円
内訳	1年度目執行経費	2,375,000 円
	2年度目執行経費	2,500,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	5 名
相手国側参加者等	6 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1 年度目	2		2 (2)
2 年度目	1	2	3 (3)
3 年度目			()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

ゲルマニウム(Ge)はシリコン(Si)と同じ IV 族に属する半導体材料で、Ge が有する高いキャリア移動度・近赤外域に対応するバンドギャップといった優れた物性が近年注目されている。これらの特徴を活かした高性能・多機能デバイスを実現するためには、薄膜 Ge 結晶が絶縁膜を介して支持 Si 基板上に構成された、Ge-on-Insulator(GOI)構造が必須となる。本共同研究では、九州大学とベルギー・imec がそれぞれ有する基板貼り合わせ技術と中空 Ge 基板(GeON)作製技術を組み合わせて高品質な GOI を実現するとともに、その研究を通じた国際研究交流を行うことを目的とした。

初年度の 2022 年度は、未だ新型コロナウイルス禍であったものの、試料のやり取りをベースとした共同研究を推進した。2023 年度(最終年度)は、それまでに得られた研究成果を国内外の学会で多く発表する機会が得られた。結果的に 2 年間の共同研究を通じて、5 件の国際会議発表、1 報の査読付き学術論文を国際共同研究成果として発表した。また、相手国にそれぞれ 2 回ずつ訪問し、研究討議と若手研究者を対象としたセミナーを実施した。期間を通じて、当初目標を十分に達成できたと考えている。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

本共同研究を通じ、GeON を出発材料として作製した GOI が、他の手法によって作製した GOI と比較して優れた電氣的・光学的特性、具体的には高移動度・低キャリア密度・高い発光特性および均一性を有することが明らかとなった。このことは、GeON をベースとした GOI の優位性を示す結果であり、高性能・多機能 Ge デバイスの実現に向けた有意義な知見である。一方で、GOI における Ge 結晶部分の品質が改善したことで、他の構成要素(絶縁膜)の高品質化の必要性が顕在化した。今後の GOI 性能向上およびデバイスの実用化に向けた研究開発の方向性を定める重要な指針である。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

両国各機関が得意とする「GeON 構造の形成」「基板貼り合わせ」を組み合わせた、従来とは全く異なるオリジナリティの高い GOI 作製プロセスを、その優位性とともに世界に先駆けて提案するに至った。また、試料の評価と研究討論を通じて、当初は予定していなかった研究課題(Si/SiGe 多重量子井戸構造のフォトルミネッセンス評価)への展開がなされ、期間終了後の共同研究継続へとつながっている。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

AI 技術の進展とカーボンニュートラル実現の要求が共に進む現代では、半導体集積回路の更なる高性能化と劇的な低消費電力化が強く求められており、その実現に向けた材料候補の一つが Ge である。imec と九州大学はともに Ge 系材料の研究を長年続けてきた研究機関であり、本共同研究を通じて得られた成果と国際人材交流は、上記の未来社会を実現していくうえで新技術開発と人材育成の両面で今後も大いに発展が期待できるものである。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

日本側代表者の主催する研究室での博士課程進学者が例年になく増加を見せている(令和6年度に2名、令和7年度に1名(予定))。これは、本二国間交流事業期間中に開催したセミナーでの相手国側参加者による欧州の研究環境紹介などが修士課程学生の心に響き、博士号取得への強い動機づけとなったことが一因であるためと考えている。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本研究を発展させたテーマが、科研費・基盤研究(C)に採択(令和6～8年度)され、応用に向けた研究を進めている(本二国間交流事業の日本側/相手国側代表者が、科研費・基盤研究(C)の研究代表者/研究協力者をそれぞれ務めている)。

また、更なる研究の拡大と国際人材交流を目的とした大型プロジェクトへの展開を九州大学/imecに加えて国内の他大学と欧州の他研究機関とともに計画している。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

2023年10月の国際会議 2023 IWDTF(金沢)での国際共著発表が、Best Paper Awardを受賞

2024年4月に Jpn. J. Appl. Phys.誌に掲載された国際共著論文が Spotlights 記事に選出(Jpn. J. Appl. Phys. 63 (2024) 04SP32.)