マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書
ARIM User's Report

【Release：2025.06.10】　【Update：2025.04.03】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24UT1040
利用課題名 Title	ナノフォトニクスデバイスの研究開発
利用した実施機関 Support Institute	東京大学 / Tokyo Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	加工・デバイスプロセス/Nanofabrication
重要技術領域 Important Technology Area	量子・電子制御により革新的な機能を発現するマテリアル/Materials using quantum and electronic control to perform innovative functions
キーワード Keywords	原子薄膜/ Atomic thin film,量子効果/ Quantum effect,電子線リソグラフィ/ EB lithography,ダイシング/ Dicing,フォトニクス/ Photonics,膜加工・エッチング/ Film processing/etching

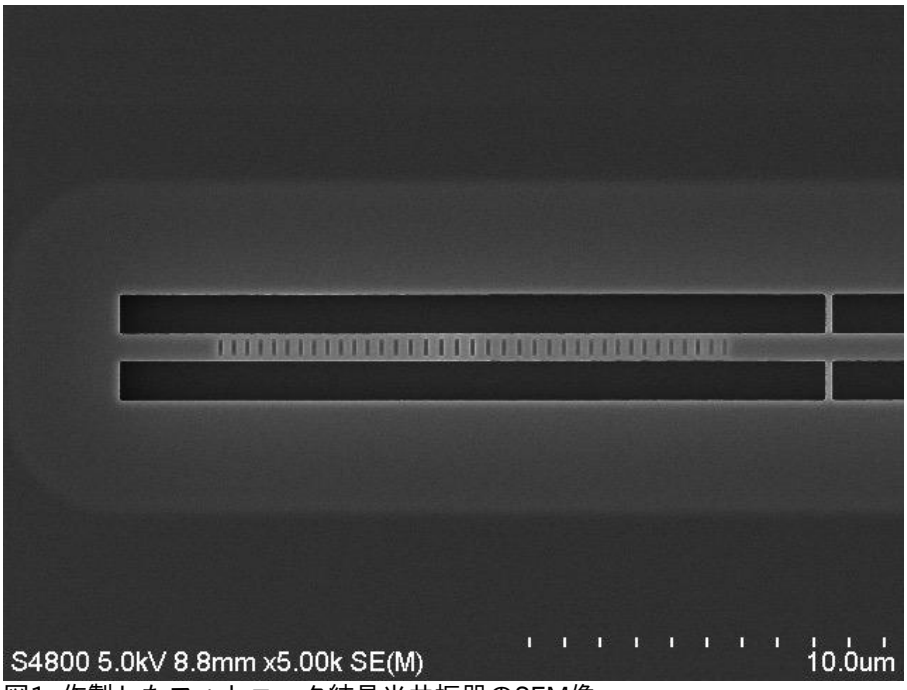
利用者と利用形態 / User and Support Type

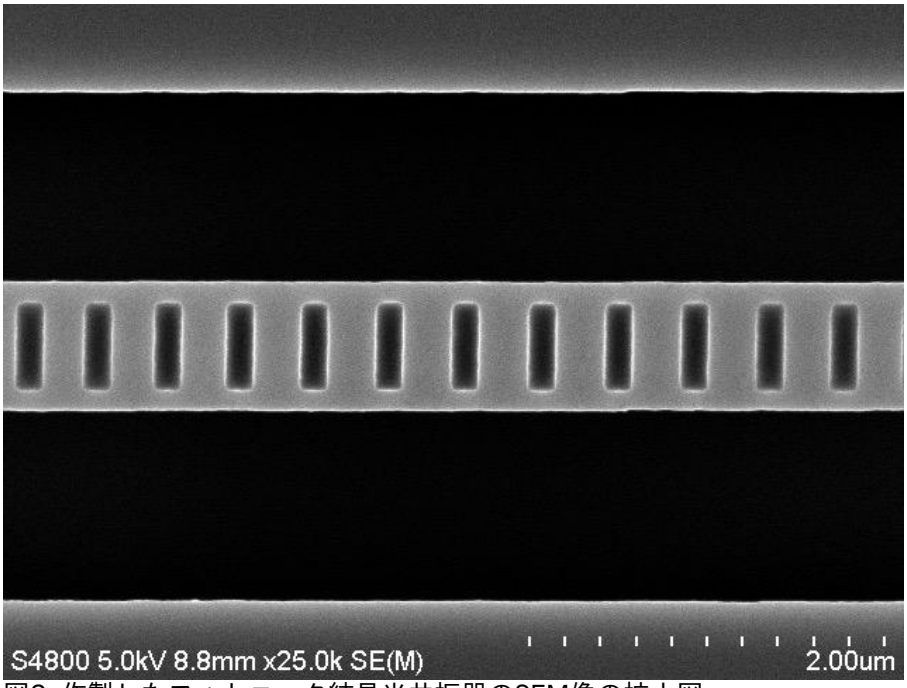
利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	山下 大喜
所属名 Affiliation	国立研究開発法人 産業技術総合研究所プラットフォームフォトニクス研究センター ハイブリッドフォトニクス研究チーム
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	落合幸徳,澤村智紀,水島彩子,太田悦子,藤原誠
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	UT-503：超高速大面積電子線描画装置 UT-604：高速シリコン深掘りエッチング装置 UT-600：汎用ICPエッチング装置 UT-900：ステルスダイサー UT-500：高速大面積電子線描画装置

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	光通信の高速化とエネルギー効率の向上に対する需要が高まる中、光信号のルーティングや変調を担う全光スイッチングはフォトニック集積回路（PIC）において重要な役割を果たします。従来のシリコンを基板材料とした全光スイッチングデバイスは、他の電気・光デバイスとの一体型の集積が可能である一方、シリコンのキャリア寿命により応答速度が制約され、速度と効率に限界がありました。これに対して、遷移金属ダイカルコゲナイドなどの2次元（2D）材料は、迅速なキャリア再結合や強い光と物質の相互作用といった特有の光電子特性を持ち、次世代のフォトニックデバイスの材料として有望です。本研究では、シリコンと2D材料を組み合わせたハイブリッド構造により、PICにおけるシリコンのプラットフォームとしての優位性を活かしつつ、全光スイッチングの性能限界を克服することを目指しました。上記の研究を実施するにあたり、本ARIM課題では光導波路および光共振器の作製を行いました。
実験 Experimental	まず、電子ビームレジストをSOIチップ上にスピンコートしました。次に、電子ビームリソグラフィーを行い、レジスト上にフォトニックナノ構造パターンを描画し、レジストの現像を行いました。さらに、誘導結合プラズマエッチングを行い、SOIチップ上にパターンを転写しました。残ったレジストを除去した後、フッ酸を用いたウェットエッチングを行い、SOIチップの二酸化ケイ素層を除去して、フォトニック結晶共振器と導波路構造を作製しました。
結果と考察 Results and Discussion	図1,2は1次元フォトニック結晶共振器と導波路構造のSEM画像を示しています。設計通りに作製できており、シャープなパターン成形ができています。この光共振器に対して、共振モードの測定を行ったところ、通信波長帯である1.5 umに共振モードが確認できました。
図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	 図1. 作製したフォトニック結晶光共振器のSEM像。

図・表・数式 2 Figures, Tables and Equations 2	 図2. 作製したフォトニック結晶光共振器のSEM像の拡大図。
その他・特記事項（参考文献・謝辞等） Remarks(References and Acknowledgements)	The main user, D. Yamashita was supported in part by JSPS (KAKENHI JP22K14624, JP22K14625, JP20H02558, JP23H00262).

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング）[1] DOI (Publication and Proceedings)	Daiki Yamashita, Hybrid Silicon All-Optical Switching Devices Integrated with 2D Material, *Advanced Optical Materials*, **13**, (2024). DOI: https://doi.org/10.1002/adom.202402531
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	D. Yamashita, N. Fang, S. Fujii, Y. K. Kato, “All-optical switching based on silicon nanocavities boosted by two-dimensional semiconductors,” Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2024), Charlotte, North Carolina, USA (May 9, 2024).
特許出願件数 Number of Patent Applications	1件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件