

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	原子層半導体の光学高品質結晶への変換法の確立と原理探求		
研究テーマ (英文)	Improvement of the optical properties in 2D materials by superacid treatment		
研究期間	2019年 ~ 2021年	研究機関名 大阪府立大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	桐谷 乃輔
		(カタカナ)	キリヤ ダイスケ
		(英文)	Daisuke Kiriya
	所属機関・職名	大阪府立大学大学院工学研究科・准教授	
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	山田 悠貴
		(カタカナ)	ヤマダ ユウキ
		(英文)	Yuki Yamada
	所属機関・職名	大阪府立大学大学院工学研究科・修士2年生	

概要 (600字~800字程度にまとめてください。)

本研究では、「超高品質の」数原子膜厚の原子層半導体物質を創出する手法の開拓、および超高品質化を実現するための原理開拓を目的に研究を進めた。分子性の酸を原子層半導体である単層の二硫化モリブデンに処理をして、超高発光特性を歩留まり良く発現する手法を開拓し、その結果原理の提唱にも至ることができた。本助成を元に、計3本の論文発表につながり、今後さらに研究の進展が見込まれる。

近年、ポストシリコン材料として遷移金属カルコゲナイドに代表される原子層半導体材料への関心が高まっている。一層の厚みは僅か3原子分(約0.7 nm)の極薄の直接遷移型の半導体である。透明発光デバイスや太陽電池、特異な電子状態(バレー)を利用した量子光学デバイスへの展開が期待されている。しかし、最大の問題点として、量子収率が僅か1%と低く、励起したキャリアを十分に活用できない点が挙げられる。申請者は最近、この問題点を解決する分子処理法を見出し、100%近い発光量子収率への変換を報告した(Science, 2015, 350, 1085)。分子性溶液に沈め加熱をする単純な処理であるが、既報のプロセスでは発現確率が非常に低く(20%程度)、また、その原理が解明されていない。そこで、本研究では「定量的に」、「確実に」2次元半導体の発光強度(量子収率)を上昇する科学を拓くことを意図して研究を進めた。研究期間において、光照射を絡めた方法論を提案し、ほぼ定量的に高発光強度の原子層半導体を得る手法を開拓した。また、その原理として表面における酸性分子の自発的な集積化が鍵となるメカニズムを見いだした。本研究の応用先としては、透明かつフレキシブルな光学デバイスへの展開や、量子デバイスへの応用へ繋がるものと期待している。また、黎明期である原子層半導体への分子処理法の有効性を示し、高い光学品質の原子層半導体を定量的に得たことの科学的意義は、今後の電子材料の候補物質への展開としても、重要な意義を持つと考えている。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Photoactivation of Strong Photoluminescence in Superacid-Treated Monolayer Molybdenum Disulfide				
	著者名	Y. Yamada, D. Kiriya et al.	雑誌名	ACS Applied Materials & Interfaces		
	ページ	36496~36504	発行年	2 0 2 0	巻号	12
雑誌	論文課題	Strong Photoluminescence Enhancement from Bilayer Molybdenum Disulfide via the Combination of UV-irradiation and Superacid Molecular Treatment				
	著者名	Y. Yamada, D. Kiriya et al.	雑誌名	Applied Science		
	ページ	3530	発行年	2 0 2 1	巻号	11
雑誌	論文課題	Ultralarge Photoluminescence Enhancement of Monolayer Molybdenum Disulfide by Spontaneous Superacid Nanolayer Formation				
	著者名	Y. Yamada, D. Kiriya et al.	雑誌名	ACS Applied Materials & Interfaces		
	ページ	25280~25289	発行年	2 0 2 1	巻号	13
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

The focus of this project is to develop a consistent procedure to improve the optical properties of atomically thin 2D semiconducting materials. The method is based on molecular treatment. In terms of 2D materials, monolayer transition-metal dichalcogenides (TMDCs) have attracted attention in the last decade. One of the representative TMDC materials is monolayer MoS₂ which shows photoluminescence (PL) in the visible region (~1.9 eV) corresponding to the direct bandgap of the material. So far, the biggest problem for applying optical devices is the low optical quality of monolayer MoS₂, and the quantum yield was reported about 6% or less. In this work, we proposed a new procedure to improve the optical property of monolayer MoS₂ by treatment with a superacid molecule, bis(trifluoromethane)sulfonimide (TFSI), and we found a promising method for generating bright monolayer MoS₂ consistently. The procedure in this work is accompanying UV-assisted process after the superacid treatment. By the treatment, a bright monolayer MoS₂ (over 200 times PL enhancement) was achieved. Also, the PL lifetime of the treated monolayer MoS₂ showed ~1.35 ns which indicated a similar quality of the sample showing near-unity quantum yield in the previous work.

共同研究者	氏名	(漢字)	福井 暁人	
		(カタカナ)	フクイ アキト	
		(英文)	Akito Fukui	
	所属機関・職名		大阪府立大学大学院工学研究科・博士後期課程1年生	
	氏名	(漢字)	青木 祐樹	
		(カタカナ)	アオキ ユウキ	
		(英文)	Yuki Aoki	
	所属機関・職名		大阪府立大学大学院工学研究科・修士課程2年生	
	氏名	(漢字)		
		(カタカナ)		
		(英文)		
	所属機関・職名			
	氏名	(漢字)		
		(カタカナ)		
		(英文)		
	所属機関・職名			
	氏名	(漢字)		
		(カタカナ)		
		(英文)		
	所属機関・職名			
	氏名	(漢字)		
(カタカナ)				
(英文)				
所属機関・職名				
氏名	(漢字)			
	(カタカナ)			
	(英文)			
所属機関・職名				
氏名	(漢字)			
	(カタカナ)			
	(英文)			
所属機関・職名				