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：2025.06.16】　【Update：2025.06.16】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	22NM0084
利用課題名 Title	耐原子状酸素性材料の創生に向けたPOSS薄膜のX線回折評価
利用した実施機関 Support Institute	物質・材料研究機構 / NIMS
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	計測・分析/Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	マルチマテリアル化技術・次世代高分子マテリアル/Multi-material technologies / Next-generation high-molecular materials
キーワード Keywords	X線回折/X-ray diffraction

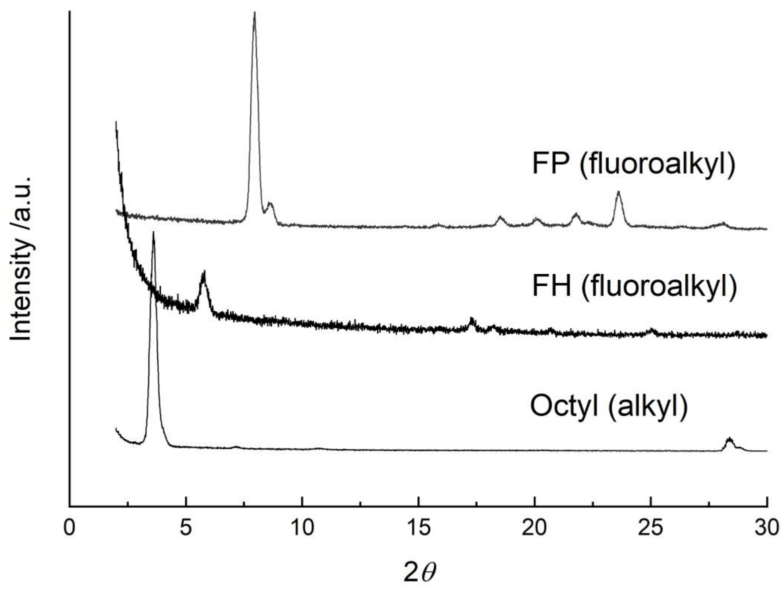
利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	後藤 亜希
所属名 Affiliation	宇宙航空研究開発機構
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	行松和輝
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	廣戸孝信
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	NM-204：多目的X線回折装置_Cu_SSL

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	低地球軌道（LEO）に存在する原子状酸素（AO）は、宇宙機とその周回速度である 8 km/s を相対速度として衝突し、熱制御材など高分子材料の表面を酸化および浸食する。シルセスキオキサン（POSS、$RSiO_{1/2}$）は、AOとの反応でAOに対する浸食を受けづらい酸化（シリカ）膜を形成するため、耐AO性材料の候補として知られている[1,2]。これまでに開発されたPOSSコーティングは、AO 環境への曝露により安定したシリカ膜を形成したものの、物理損傷（クラック）も同時に生じてしまうことが分かっている[3]。POSSは側鎖としてさまざまな分子を修飾できるため、これを最適化することにより物理損傷の生じにくい耐AO性材料を創生できる可能性がある。 本研究では、POSSの耐AO性の向上（物理損傷の低減）に向けて、「フルオロアルキル構造」の導入に着目した。フルオロアルキル構造を主骨格とするフッ素系樹脂（FEP など）、炭化水素系樹脂と比べAOに対する浸食率が1桁程度低いことが知られている[4]。したがって、POSSにフルオロアルキル鎖を導入することで、AOとの相互作用を抑制できる可能性が高い。そこで本研究は、合成したPOSSの空間配置と結晶性を明らかにすることを目的とし、フルオロPOSS、アルキルPOSSをX線回折（XRD）法を用いて評価した。
実験 Experimental	合成したフルオロアルキルPOSS（R=$-(CH_2)_2CF_3$ (FP-POSS)、$-(CH_2)_2(CF_2)_3CH_3$（FH-POSS））およびアルキルPOSS（R=$-(CH_2)_7CH_3$（Octyl-POSS））をそれぞれSi基板に蒸着し、薄膜測定（grazing incidence、GI）法を用いXRD測定を行った（SmartLab、リガク、CuKα）。 面外（out-of-plane）測定とし、X線の入射角は0.2 degとした。
結果と考察 Results and Discussion	フルオロアルキル（FP-、FH-）POSSおよびアルキル（Octyl-）POSSのXRDプロファイルを図1に示す。いずれのサンプルも回折ピークが見られ、結晶性を有することが分かった。FP-、FH-、Octyl-POSSの最強線のピーク位置はそれぞれ7.9、5.8、3.6 degとなり、out-of-plane方向のPOSS骨格間の距離はこの順に大きくなることが示唆された。特にFP-と FH-POSSでは、FH-POSSの方が鎖長が長いため、そのことがPOSS骨格間の距離に影響したと考えられる。また、結晶性と相関がある最強線のピーク幅（FWHM）は、それぞれ0.33（FP）、0.38（FH）、0.32 deg（Octyl）となり、側鎖の化学構造によらず同程度であることが分かった。今後これらのサンプルにAOを照射し、質量損失、シリカ形成厚、物理損傷について、XRDで得られたPOSS骨格間の距離や結晶性との相関を調べることで、耐AO性を向上させるための POSS 分子設計を明らかにしていく。
図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	 図1. FP-、FH-、Octyl-POSSサンプルのXRDプロファイル

その他・特記事項（参考文献・謝辞等） Remarks(References and Acknowledgements)	謝辞本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K04494 の助成を受けたものです。参考文献 [1] Minton, T. K., et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 2012, 4, 492-502.[2] Kimoto, Y., et al. J. Space Rockets 2016, 53, 1028-1034.[3] Goto, A., et al. CEAS Space J. 2021, 13, 415-432.[4] de Groh, K. K., et al. NASA Technical Memorandum 2019-219982, 2019.

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング） DOI (Publication and Proceedings)	
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文 Oral Presentations etc.	
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件