

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 : 2026.04.06] [Update : 2026.04.06]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24NR0003
利用課題名 Title	反応性プラズマ支援成膜法により作製した不純物含有窒化ホウ素膜の電氣的・機械的特性制御に関する研究
利用した実施機関 Support Institute	奈良先端科学技術大学院大学 / NAIST
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	物質・材料合成プロセス/Molecule & Material Synthesis
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 高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed
キーワード Keywords	セラミックスデバイス/ Ceramic device,エレクトロデバイス/ Electronic device

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)	朝本 雄也
所属名 Affiliation	京都大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	小口尚輝,岡田晟良,辻井駿佑,郷矢崇浩
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization,技術代行/Technology Substitution

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	NR-401 : 多機能走査型X線光電子分光分析装置
---------------------------------	----------------------------

報告書データ / Report

概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	<p>六方晶窒化ホウ素 (h-BN) は高い絶縁性を有しており、その2次元構造を生かした次世代電子デバイスの研究が進められている。このような背景から層状構造のh-BN膜については経時的な絶縁性劣化機構も含めた電気的特性の理解が進んでいる。一方で、層状h-BNの微結晶集合体b-hBN膜も高い絶縁性を示すと期待されるが、その電気的特性の理解は基礎的な伝導機構の理解にとどまっている。本研究では、我々が提案する反応性プラズマ支援成膜 (RePAC) 法によりb-hBN膜を作製し、その電気的特性や信頼性を評価した。また、成膜中に混入する金属不純物が信頼性に及ぼす影響を解析した。</p>
実験 Experimental	<p>RePAC法によるBN成膜の概要は次のとおりである。単体B固体の電子ビーム加熱によりB蒸気を基板に供給する。真空アーク放電によりAr/N₂プラズマを生成し窒素ラジカルを基板に供給する。この際、カソードであるタングステン (W) フィラメントへのイオン入射によりWがスパッタされBN膜中に取り込まれる。種々の成膜条件により様々なW割合のb-hBN膜をSi基板上に作製した。b-hBN膜のW割合をX線光電子分光光度計 (NR-401) により評価した。b-hBN膜上に電子ビーム蒸着装置 (京都大学所有) によりAl電極を作製した。作製されたAl/b-hBN/Si構造に対し半導体パラメータアナライザ (弊研所有) により一定電圧ストレス (CVS) を印加し、経時的絶縁破壊 (TDDB) 測定を行った。</p>
結果と考察 Results and Discussion	<p>CVS-TDDB測定により定義したb-hBN膜の絶縁破壊寿命を熱化学的な絶縁破壊モデルであるE-modelを用いて解析した。E-modelで推定されるb-hBN膜の信頼性寿命ならびに信頼性寿命予測に用いられる電界加速係数は、過去に報告されてきたSiO₂からなる種々の絶縁膜と同程度であることが分かった。また、W割合増加に伴う絶縁破壊寿命低下やTDDB測定中の経時的なリーク電流増加を確認した。この事実是不純物原子が電気的ストレス下での絶縁性劣化機構に関与していることを示唆している。</p>
図・表・数式 Figures, Tables and Equations	
その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)	

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)	<p>Yuya Asamoto, Time-dependent dielectric breakdown characterization of bulk boron nitride films in <i>sp</i>²-phase prepared by a reactive plasma assisted coating method, <i>Extended Abstracts of the 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials</i>, (2024). DOI: 10.7567/SSDM.2024.M-2-02</p>
DOI (論文・プロシーディング) [2] DOI (Publication and Proceedings)	<p>Yuya Asamoto, Characterization of time-dependent dielectric degradation and breakdown in bulk hexagonal BN/Si structures, <i>Journal of Applied Physics</i>, 137, (2025). DOI: 10.1063/5.0254990</p>
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	<p>岡田晟良, 朝本雄也, 野間正男, 長谷川繁彦, 山下満, 占部継一郎, 江利口浩二, "金属元素が立方晶窒化ホウ素膜中の遷移相形成に及ぼす影響に関する研究" 第85回応用物理学会 秋季学術講演会 (新潟), 令和6年9月16日~20日</p>
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.	<p>Yuya Asamoto, Masao Noma, Shigehiko Hasegawa, Michiru Yamashita, Keiichiro Urabe, and Koji Eriguchi, "Effect of low-energy ion irradiation during deposition on dielectric breakdown of hexagonal boron nitride films." International Symposium on Dry Process (DPS2024) (Hokkaido), November 14-15, 2024</p>

口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.	辻井駿佑，朝本雄也，野間正男，山下満，長谷川繁彦，占部継一郎，江利口浩二，”反応性プラズマ支援成膜法で作製した窒化ホウ素薄膜の光学特性および電気特性に及ぼすsp2/sp3比および不純物の影響” 第34回 日本MRS年次大会（神奈川県），2024年12月16日～18日
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件