

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	24BA0013
利用課題名 Title	ガラス基板上へのBaSi ₂ 膜の堆積と評価
利用した実施機関 Support Institute	筑波大学 / Tsukuba Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用 (ARIM事業参画者) / Internal Use (by ARIM members)
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 加工・デバイスプロセス/Nanofabrication
重要技術領域 Important Technology Area	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 革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル/Materials enabling innovative energy conversion
キーワード Keywords	薄膜太陽電池, ラマン分光, 光デバイス / Optical Device, エリプソメトリ / Ellipsometry, ダイシング / Dicing, 太陽電池 / Solar cell, 電子分光 / Electron spectroscopy

利用者と利用形態 / User and Support Type

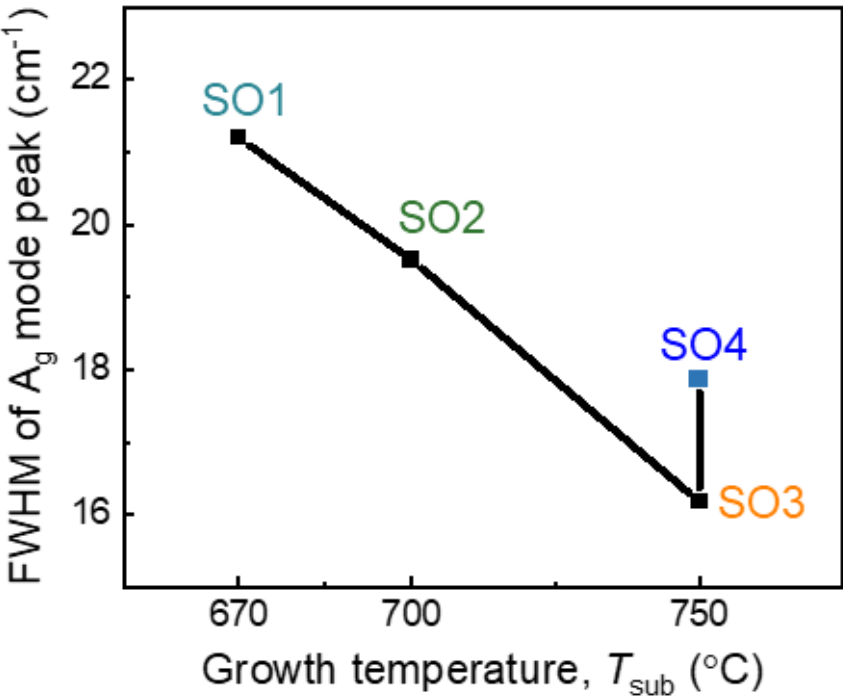
利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	末益 崇
所属名 Affiliation	筑波大学数理物質系
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	Rui DU, 佐藤 匠, 林 洸希
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	谷川 俊太郎, 俵 妙, 岡野 彩子
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization, 技術補助/Technical Assistance

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	BA-020 : 顕微ラマン BA-019 : 分光エリプソメータ BA-026 : 多機能走査型X線光電子分光分析装置 (XPS/UPS) BA-007 : ウェハダイシングマシン
---------------------------------	--

報告書データ / Report

概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	資源が豊富なBaとSiで形成されるBaSi ₂ をベースとした新規半導体材料は、薄膜太陽電池や熱電材料の新しい材料として期待されている[1]。これまでの研究で、単結晶Si基板上に堆積したBaSi ₂ /Siヘテロ接合構造において、エネルギー変換効率約10%を達成している[2]。本研究では、Si基板から脱却し、真に薄膜太陽電池を実現するため、ガラス基板上に裏面電極として多結晶TiN膜を堆積し、その上に、基板温度を変えてRFスパッタ法で形成したBaSi ₂ 膜について分光感度特性を評価し、基板温度が光学特性に与える影響を調査した。
実験 Experimental	ガラス基板(Corning EAGLE XG Slim, 軟化点温度971 °C)に、厚さ400 nmのTiN電極をRFスパッタ法で室温で堆積し、その後、基板温度を670 °Cから800 °Cまで上げて、膜厚350 nmのBaSi ₂ 膜をヘリコン波スパッタ法で堆積した。堆積の際、BaSi ₂ とBaの2つのターゲットを同時にスパッタした。試料表面の酸化を防ぐため、厚さ3 nmのa-Si層を室温で堆積した。試料の評価をRaman分光法で行った。
結果と考察 Results and Discussion	図1に、基板温度が670 °C(SO1)、700 °C(SO2)、750 °C(SO3)、さらに、a-SiC/TiN上に750 °Cで堆積したSO4のRamanスペクトルを示す。全ての試料から、BaSi ₂ のSi四面体由来する振動モードのみが観察された。このことから、非晶質のa-SiC層上にも結晶性のBaSi ₂ 膜が形成できたといえる。断面EM観察時の電子線回折像から、TiN層とBaSi ₂ 膜は多結晶であることが確認されている[3]。なお、基板温度800 °Cの試料では、分光感度が得られなかった。 図2に、490 cm ⁻¹ 付近のAgモードのピークについて、半値全幅の基板温度依存性を示す。基板温度の上昇とともに半値全幅が小さくなっており、結晶性が向上したといえる。この結果から、ガラス基板上的BaSi ₂ 膜の堆積温度は750 °C付近が相応しいといえる。
図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	<p style="text-align: center;">Raman shift (cm⁻¹)</p> <p>図1 Ramanスペクトルの堆積温度依存性</p>

<p>図・表・数式 3 Figures, Tables and Equations 3</p>	 <p>図2 Agモードピークの半値全幅の基板温度依存性</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p>(参考文献) [1] T. Suemasu and D. B. Migas, <i>Physica Status Solid A</i> 219, 2100593 (2022). [2] S. Yachi, R. Takabe, K. Toko, and T. Suemasu, <i>Appl. Phys. Lett.</i> 109, 072103 (2016). [3] T. Sato, J.-M. Mouesca, A. Barra, D. Gourier, M. Imai, T. Suemasu, and S. Gambarelli, <i>Acta Materialia</i> 278, 120230 (2024).</p>

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) [1] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Rui Du, Formation of High-Photoresponsivity BaSi₂ Films by Radio-Frequency Sputtering and Evaluation of a BaSi₂/TiN/Glass Heterojunction by Transmission Electron Microscopy, <i>ACS Applied Materials & Interfaces</i>, 16, 52595-52603(2024). DOI: 10.1021/acsami.4c06859</p>
<p>DOI (論文・プロシーディング) [2] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Takuma Sato, Point defects in BaSi₂ identified and analyzed by electron paramagnetic resonance, photoluminescence and density functional theory, <i>Acta Materialia</i>, 278, 120230(2024). DOI: 10.1016/j.actamat.2024.120230</p>
<p>DOI (論文・プロシーディング) [3] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Abdul Rahman Mohmad, Investigation of defects in BaSi₂ thin film on Si prepared by co-sputtering technique, <i>Journal of Luminescence</i>, 275, 120797(2024). DOI: 10.1016/j.jlumin.2024.120797</p>
<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>	<p>佐藤 匠, Du Rui, 林 洸希, 幸田 陽一郎, 召田 雅実, 都甲 薫, 末益 崇 "スパッタ法によるBaSi₂/n+-Siヘテロ接合型太陽電池の作製" 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-B1-3, 新潟, 令和6年9月17日</p>
<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>	<p>Nurfauzi Abdillah, Yuka Fukaya, Kaoru Toko, Takashi Suemasu "Improvement of Carrier Concentration of As-doped BaSi₂ Grown by Molecular Beam Epitaxy", 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-B1-2, 新潟, 令和6年9月17日</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.</p>	<p>林 洸希, 佐藤 匠, Du Rui, 幸田 陽一郎, 召田 雅実, 都甲 薫, 末益 崇 "BaSi₂太陽電池への応用に向けたスパッタ法によるHTLの導入" 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-B1-4, 新潟, 令和6年9月17日</p>

口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[4] Oral Presentations etc.	深谷 友香, Nurfauzi Abdillah, 都甲 薫, 末益 崇 " BaSi2太陽電池への応用に向けた HTL/BaSi2構造の作製と評価" 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-B1-5, 新潟, 令和6年9月17日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[5] Oral Presentations etc.	梶原君円, 石山隆光, 都甲薫, 幸田陽一郎, 召田雅実, 本多周太, 末益崇 "熱電応用に向けたAgBa2Si3の成膜と第一原理計算によるドーパントの探索" 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 16p-B1-6, 新潟, 令和6年9月16日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[6] Oral Presentations etc.	佐藤 匠、幸田 陽一郎、召田 雅実、都甲 薫、末益 崇 "スパッタ法で作製した多結晶BaSi2膜へのBイオン注入による伝導型制御および太陽電池作製" 2024年度日本太陽エネルギー学会若手研究発表会, No. 1, オンライン, 令和6年7月31日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[7] Oral Presentations etc.	佐藤 匠, Du Rui, 林 洸希, 幸田 陽一郎, 召田 雅実, 都甲 薫, 末益 崇 " スパッタ法によるB-ion-implanted p-BaSi2膜を用いた太陽電池の作製 " 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会) , PC-11, 広島, 令和6年7月11日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[8] Oral Presentations etc.	林 洸希, 佐藤 匠, 幸田 陽一郎, 召田 雅実, 都甲 薫, 末益 崇 " BaSi2太陽電池の高効率化に向けたMoOx膜の検討 " 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会) , PC-14, 広島, 令和6年7月11日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[9] Oral Presentations etc.	深谷 友香, 青貫 翔, 都甲 薫, 末益 崇 " BaSi2太陽電池への応用に向けた HTL の作製と評価 " 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会) , PC-12, 広島, 令和6年7月11日
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[10] Oral Presentations etc.	Takumi Sato, Rui Du, Koki Hayashi, Yoichiro Koda, Masami Mesuda, Kaoru Toko, Takashi Suemasu " Formation of novel BaSi2 light absorber layers on n+-Si electron transport layers by RF sputtering " 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Tu2-P42-23, Shizuoka, Nov. 12 (2024).
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[11] Oral Presentations etc.	Yuka Fukaya, Nurfauzi Abdillah, Kaoru Toko, Takashi Suemasu " Increase in oxygen composition x of MoOx HTL in MoOx/BaSi2 heterostructures by introduction of a-Si:H interface layers for BaSi2 solar cells " 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Tu2-P42-31, Shizuoka, Nov. 12 (2024).
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[12] Oral Presentations etc.	Koki Hayashi, Takumi Sato, Rui Du, Yoichiro Koda, Masami Mesuda, Kaoru Toko, Takashi Suemasu " Effect of O2-to-Ar gas flow ratio on the properties of sputter-deposited MoOx HTL and its application to BaSi2 solar cells " 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Tu2-P42-36, Shizuoka, Nov. 12 (2024).
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[13] Oral Presentations etc.	Rui Du, Haruki Takenaka, Takumi Sato, Yoichiro Koda, Masami Mesuda, Kaoru Toko, Takashi Suemasu " Formation and defect analysis of BaSi2/a-SiC/TiN/SiO2 heterojunctions deposited at high temperature by sputtering " IEEE PVSC 52, B9-#51, Seattle, America, June. 10 (2024).
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件