



## 2019 年度 助成

## 研究 経過 ・ 終了 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	インターカレーションを駆使したゲルマニウムナノシートの電子物性制御
研究の結果	<p>本研究は、究極的なゲルマニウムナノシート(単原子層:ゲルマネン)の電子物性計測に必要な基盤技術として、絶縁性基板への合成手法の開発、ダンダリングボンドとの反応性を積極的に利用したドーピング制御技術の構築を目指した。3年間に得られた成果を以下に列挙する。</p> <p><b>[絶縁性基板上への薄膜形成技術の構築]</b> 絶縁性基板に高抵抗 FZ-Si(111)基板(抵抗率:<math>&gt;10^3 \Omega \text{cm}</math>)を選択し、分子線エピタキシー法および近接蒸着法を用いて、ゲルマニウムナノシートの前々駆体(CaGe<sub>2</sub>)ならびに前駆体(水素修飾ゲルマネン)のエピタキシャル成長に成功した。また、本技術をシリコン系ナノシート(CaSi<sub>2</sub>、水素修飾シリセン)にも展開可能なことを示した。</p> <p><b>[インターカレート技術の構築]</b> 自由エネルギー解析手法を用いて、ゲルマネンおよびシリセンの水素吸着状態に対する熱力学安定性を吟味し、水素脱離実験への指針を構築した。加えて、本プロセスの実験的検証を行った。高真空中(到達真空度:<math>\sim 10^{-6}</math> Pa)で水素修飾したゲルマニウムナノシートを加熱した場合、蜂の巣(ハニカム)構造を壊すことなく、水素脱離が可能であることを明らかにした。その他、絶縁性基板上にゲルマニウム系ナノシートおよびシリコン系ナノシート薄膜を合成し、電子物性解析も進めた。</p> <p>これらの成果は、12件の学会発表および4件の論文発表に結実した。加えて、当該分野の活性化に向け、新奇二次元デバイス・物質科学ワークショップを初年度に3回開催した。</p>
研究発表 (実績)	<p>●学会発表(12件) 下線は研究代表者、点線は研究協力者。</p> <p>[1] <u>Y. Ito</u>, <u>O. Nakatsuka</u>, and <u>M. Kurosawa</u>, "Formation of calcium disilicide films on Si(111) using molecular beam epitaxy," ISPlasma2022/IC-PLANTS2022, Hybrid (Nagoya, Japan), 1074, 2022/03/06-10(口頭発表)。【講演奨励賞受賞】 その他、11件</p> <p>●論文発表, 書籍等(4件)</p> <p>[1] <u>黒澤昌志</u>, <u>大田晃生</u>, "共晶系で生じる析出現象を応用した IV 族系ナノシート形成技術," 「ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線」-二次元ナノシートの物性評価、構造解析、合成、成膜プロセス技術、応用展開-(<u>柚原淳司</u> 監修), エヌ・ティー・エス, pp. 227-236 (2020). ISBN978-4-86043-657-5</p> <p>[2] <u>M. Araidai</u>, <u>M. Itoh</u>, <u>M. Kurosawa</u>, <u>A. Ohta</u>, and <u>K. Shiraishi</u>, "Hydrogen Desorption from Silicene and Germanene Crystals: Toward Creation of Free-Standing Monolayer Silicene and Germanene," Journal of Applied Physics <b>128</b>, 125301 (2020)。【招待論文】</p> <p>[3] <u>K. O. Hara</u>, <u>S. Kunieda</u>, <u>J. Yamanaka</u>, <u>K. Arimoto</u>, <u>M. Itoh</u>, and <u>M. Kurosawa</u>, "Close-spaced evaporation of CaGe<sub>2</sub> films for scalable GeH film formation," Materials Science in Semiconductor Processing <b>132</b>, 105928 (2021)。</p> <p>[4] <u>M. Itoh</u>, <u>M. Araidai</u>, <u>A. Ohta</u>, <u>O. Nakatsuka</u>, and <u>M. Kurosawa</u>, "Crystal structure change in multilayer GeH flakes by hydrogen desorption under ultrahigh vacuum environments," Japanese Journal of Applied Physics <b>61</b>, SC1048 (2022)。</p>

提出期限: 研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。  
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。