

ナノ材料創生化学研究室

Nanomaterial Design and Development Lab.

教授

Prof.

中野 秀之

Hideyuki Nakano

キーワード

層状化合物、ナノ多孔材料、液相剥離、ナノシート、二次電池

Layered compounds, nano-porous materials, liquid exfoliation, nanosheets, secondary batteries

研究内容

[1] ナノ構造を自在に制御したリチウムイオン二次電池用負極の開発 (図1)

- Al-Si 合金から Al を抽出することでナノ構造が制御された多孔質 Si が得られる。この細孔が Si 系負極の課題であった充放電時の電極体積変化のバッファとなるため、提案材料は高容量かつ長寿命電池材料として期待されている[1]。
- テルミット反応を利用して Mg-Si 合金から多孔質 Si を誘導している。Si 表面が酸化膜で被覆されている事に起因して、電池が熱暴走した際に発生する熱量が大幅に低減する事を確認した。高容量かつ安全な電池材料設計の指針となっている[4]。
- 包接化合物はその結晶構造に依存して充放電時にも体積変化が極めて小さい。この特徴を活かして全固体リチウムイオン二次電池物質の負極材料の候補となっている[6, 7]。

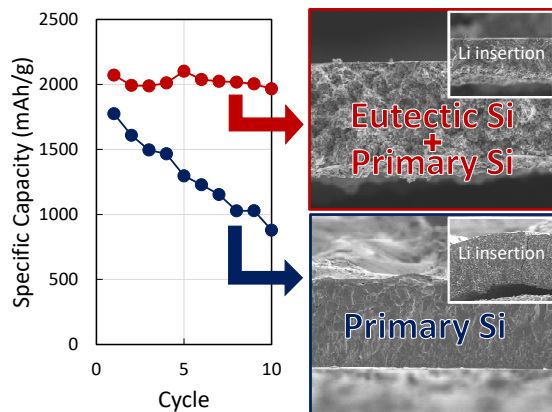


図1 電極ナノ構造に依存するサイクル特性

[2] 層状結晶のエピ膜成長、および液相剥離に関する考察 (図2)

- Si(111)基板上へ層状結晶 CaSi_2 配向膜を成長させると、 CaSi 結晶粒が副成する。均一な CaSi_2 エピ膜を得るには経験的に熱処理を行っていたが、その転移過程を TEM 観察により明らかにした[3, 5]。この知見は、大面積なシリサイド、およびシリセン成長の合成指針となっている。
- Si および Ge ナノシートの各種有機溶媒への分散性に関して、ハンセン溶解度パラメータ (HSP) を考察している。今回は、Si-Ge ナノシートを新規に合成し、その分散性に関して HSP パラメー

タを求めた。その結果を基に分散溶媒を最適化した。一連の研究を通して HSP パラメータが、二次元ナノシートの分散性評価にも有効であることを示した[2, 8]。

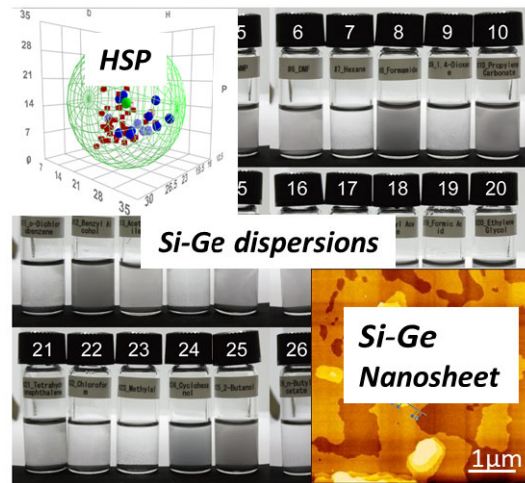


図2 Si-Ge ナノシートの分散性

最近の業績

- "Tailoring the Void Space of a Silicon Anode for High-Capacity and Low-Expansion Lithium Storage", Nakano, H.; Oh-ishi, K.; Matsubara, M. *Energy Technol.* **2022**, 202200236.
 - "Synthesis of Si-Ge Nanosheets and Their Dispersion of Organic Solvents with Focus on the Hansen Solubility Parameters", Nakano, H.; Nakamura, D. *ACS Omega* **2022**, 7, 18834–18839.
 - "Transformation of CaSi overgrowth domains to the CaSi_2 crystal phase via vacuum annealing", Ohsuna, T.; Ito, K.; Nakano, H. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **2022**, 61, 025506.
 - "Suppression of thermal runaway by continuous heat generation using porous silicon covered with a thin oxide layer", Nakano, H.; Inoue, T.; Uyama, T.; Nonaka, T.; Mukai, K. *J. Power Sources* **2021**, 506, 230209.
 - "Polymorphic transformations of CaSi_2 and CaGe_2 ", Yaokawa, R.; Nagoya, A.; Nakano, H. *J. Solid State Chem.*, **2021**, 295, 121919.
 - "負極合材層" 若杉悟志、吉田淳、山口裕之、中野秀之、**2022**、特許第 7107880 号。
 - "活物質および電池" 吉田淳、小坂大地、大友崇督、早稲田哲也、中野秀之、**2022**、特許第 7107808 号。
 - "ケイ素及びゲルマニウム二次元化合物の合成と物性" ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線、柚原淳司監修、中野秀之、エヌ・ディー・エス出版、**2020**, 149–157.
- 学術賞 (日本セラミックス協会 平成26年) .
■ 科学研究費 新学術領域研究 代表 (平成25–26年度)
■ 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業・さがかけ 代表 (平成23–26年度)