

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月27日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
国立研究開発法人物質・材料研究機構
国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
[職・氏名]
MANA 主任研究者・深田直樹
[課題番号]
JPJSBP 120208819

1. 事業名 相手国: 韓国 (振興会対応機関: NRF) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) シリコンナノ材料を利用した高性能リチウムイオンキャパシタの開発

(英文) Development of high performance lithium ion capacitors using silicon nanomaterials

3. 共同研究実施期間 2020年4月1日 ~ 2023年3月31日 (3 年 0 ヶ月)【延長前】 2020年4月1日 ~ 2022年3月31日 (2 年 0 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Gachon University ・ Associate Professor ・ JoonHo Bae

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		2,280,001 円
内訳	1年度目執行経費	1,140,000 円
	2年度目執行経費	1,140,001 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	3名
相手国側参加者等	4名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目			()
2年度目			()
3年度目	1		4 (0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本共同研究では、新規リチウムイオンキャパシタの性能向上のための新しい材料として、シリコン(Si)ナノワイヤ電極の開発を、日本(NIMS)-韓国(Gachon 大学)のそれぞれの技術を集約した共同研究により達成することを目的とした。研究交流の役割分担として、日本(NIMS)側は新規リチウムイオンキャパシタ用の材料開発を行い、韓国(Gachon 大学)側はセル形成と評価を行った。コロナ禍の影響により、2022 年度まではお互いの国への訪問はできていなかったが、試料の送付を年2回、実験結果に対する Zoom でのオンラインミーティングを年3回、またメールでのやり取りは毎月頻繁に行った。2022 年度は、Zoom とメールのやり取りに加えて、相互の訪問を行い、共同研究を遂行することができた。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

リチウムイオン二次電池の研究分野では、Si-Ge 系材料を利用した新しい負極材料の開発研究が活発に行われている。一方、Si-Ge 系材料を利用した電気二重層キャパシタに関する研究報告はかなり限られている。電気二重層キャパシタは、リチウムイオン二次電池に比べて短時間で充放電を行え、充放電による劣化が少ないという特徴を有しているが、リチウムイオン二次電池に比べてエネルギー密度が 1/10 程度となる点あげられる。本研究交流では、両者の長所をうまく活用するリチウムイオンキャパシタにおいて、容量を増大させるという観点でリチウムイオンキャパシタにおいても Si-Ge 系材料を利用した研究を行い、容量の増大のための表面酸化膜除去効果等の新たな知見を見出した。2022 年度は、ナノ構造体への不純物ドーピングを行い、ドーピングによるナノ構造体の低抵抗化により、バッテリー特性を向上できることを明らかにした。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

日本側では、リチウムイオンキャパシタ用の Ge および Si ナノワイヤ試料の成長制御実験を行った。成長基板としてはステンレス基板を用いた。作製された試料を韓国に送付しバッテリー評価を行った。2022 年度は、お互いの機関への訪問が可能になったため、より深い議論を行えることができた。韓国側の学生に関しては、NIMS の実験設備を見学し、実際の実験プロセスを経験できている。

Ge ナノワイヤに関して p 型ドーピングの効果を調べた結果、ドーピングによりバッテリー特性が向上することを明らかにした。更に、Ge ナノワイヤ表面の酸化膜を塩酸により除去することにより約 257.4mAhg^{-1} のバッテリー容量向上に成功した。本成果は *Journal of Material Science* に掲載された。更に、Si ナノワイヤにおいても実験を行い、Ge ナノワイヤと同様にドーピングによりバッテリー容量が増大することを明らかにした。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究交流では、リチウムイオンキャパシタにおいても Si-Ge 系材料の利用が有効であり、将来的に短時間充放電、長寿命に加えて、高エネルギー密度を実現できる可能性のある材料であることを示すことができた。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

コロナ禍のため、2021 年度までは相互の機関を訪問しての交流はできなかったが、オンライン会議を通して英語での意見交換を積極的に行うなど、貴重な経験を与えることができたといえる。2022 年度は相互訪問が可能になり、韓国側の学生に関しては、NIMS の実験設備の見学に加えて実際の実験プロセスを経験してもらうことができた。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どの様な発展の可能性が認められるか)

現在、エネルギー関連以外のテーマとして、量子関係の研究をNIMSとGachon大学双方で行っており、早速、共同研究を開始できている。この4月には、韓国で募集のあった量子関係の研究プログラムに共同で応募している。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

特になし