

平成 22 年 4 月 23 日現在

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2007～2010
課題番号：19205025
研究課題名（和文） 層状ナノ電池の開発

研究課題名（英文） Fabrication of Layered Nano-cell

研究代表者

松本 泰道（MATSUMOTO YASUMICHI）
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：80114172

研究代表者の専門分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料・デバイス

キーワード：自己組織化、層状酸化物、ナノシート、ナノ電池、層状水酸化物、酸化グラフェン

1. 研究計画の概要

酸化還元電位の異なる電気化学反応を有する2種類のナノシートあるいはナノシートにインターカレートした電気化学活性種を用いると、約数 10nm の厚さの電池を原理的に構築することができる。さらに1セルを直列につなぐことができれば、非常に高い起電力を持つ電池となることができる。本研究では、これをある程度達成できることを目的としてその基礎的研究を行うものである。その研究計画として以下のようなマイルストーンをおいて研究を進める。

(1) 酸化還元電位の異なるナノシートあるいは電気化学活性種がインターカレートした層状体を合成する。

(2) それらの電気化学特性を評価する。

(3) それらを組み合わせてナノ電池を構築する。

2. 研究の進捗状況

本研究で最も重要な計画は上記(1)と(2)のナノシートおよびナノシート電気化学活性層状体の構築とそれらの電気化学活性評価にある。上記(1)、(2)および(3)に関する進捗状況について以下にまとめた。

(1) に関しては、ナノシートの新しい合成方法を開発した。電気化学活性な遷移金属イオンを用いて、ドデシル硫酸イオン(DSイオン)と混合し、その水溶液のpHを上昇させることで、その金属水酸化物ナノシートとDSイオンからなる層状体を容易に構築できることを発見した。例えば、水酸化ニッケル、水酸化亜鉛、酸化銅、水酸化希土類など多くの層状水酸化物が合成できるのである。これらを用いて、それらを剥離することでそれぞ

れの金属酸化物や金属水酸化物のナノシートを得ることができる。また、グラファイトを強い酸のもとで酸化させ、酸化グラファイトを得、それを水溶液で剥離させ、酸化グラフェンナノシートを得た。さらにそれをUV照射することにより、還元させ、同時に導電性を高めることにも成功した。このような酸化グラフェンは層間に様々な金属イオンをインターカレートできるために電気化学活性電極として使用できる可能性が有る。

(2) に関しては、層状水酸化物に電気化学活性なフェリ・フェロシアン化イオンをインターカレートし、その電気化学反応が比較的容易に進行することを見いだした。さらに、水酸化ニッケル層状体から水酸化ニッケルのナノシートを剥離することに成功し、それが1枚でも電気化学反応を起こすことを確認した。また、酸化グラフェンに銀イオンをインターカレートした材料に関しては電気化学反応を示すことを見いだした。

(3) に関しては、再現性は良くないがナノセルとしての構築にある程度成功している状況にある。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

(理由)

(1) の各種ナノシートの合成に関しては順調に進展している。また、(2) の電気化学特性評価に関しても、得られたナノシートおよび層状体の電気化学活性が得られており順調である。但し、(3) のナノセルの構築に関しては再現よく得られておらず、構築に向けた作製方法の検討が必要である。

4. 今後の研究の推進方策

今後の方策としては、(1)のナノシートやそれらの層状体の構築に関してはほぼ研究が終了しているので、(2)の電気化学特性評価と(3)のナノセルの構築と電池評価に対して研究を集中して行う必要がある。特に(3)に関しては、LBL法だけでなく、電気泳動法を併用して、層状ナノセルを構築する予定である。また、酸化グラフェンに関しては、電気泳動法を主にして基板に電析させ、層間物質の電気化学活性の評価を同時に行う予定である。また、遷移金属水酸化物の場合、ナノシートを作らなくても層状体のままその層間に各種電気化学活性種をインターカレートできるので、その電気化学特性も評価する予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Yasumichi Matsumoto,
“N Doping of Oxide Nanosheets”,
Journal of the American Chemical
Society, 131巻、19号、6644-6645頁、
2009年、査読有り

Yasumichi Matsumoto,
“Photodeposition of Metal and Metal
Oxide at the TiO_x Nanosheet to
Observe the Photocatalytic Active
Site”, Journal of Physical Chemistry
C, 112巻、31号、11614-11616頁、
2008年、査読有り

Shintaro Ida (以下3名、4番目),
“Synthesis of Hexagonal Nickel
Hydroxide Nanosheets by Exfoliation of
Layered Nickel Hydroxide Intercalated
with Dodecyl Sulfate Ions”, Journal of
the American Chemical Society, 130巻、
43号、14038-14039頁、2008年、査読有り

[学会発表](計14件)

Yuki Matsuda, “Synthesis and
electrochemical properties of
hexagonal nickel hydroxide
nanosheets”, The Third International
Student Conference on Advanced Science
and Technologies (ICAST) Seoul 2009, 平
成21年12月12日、大韓民国ソウル特別市、
梨花女子大学校

伊田進太郎、「層状水酸化物の剥離反応
による水酸化ニッケルナノシートの合成
と電気化学特性」、電気化学会第76回大
会、平成21年3月30日、京都府京都市左京
区、京都大学吉田キャンパス