

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560729

研究課題名（和文） 時定数分布を考慮した多孔質電極の電気化学インピーダンス解析

研究課題名（英文） Impedance Analyses on Porous Electrodes Considering the Distribution of Time Constants

研究代表者 板垣昌幸 (ITAGAKI MASAYUKI)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：90266908

研究成果の概要（和文）：本研究では、電気化学インピーダンス法を多孔質電極の解析に発展させることで、電気化学キャパシター、燃料電池などのエネルギー変換デバイスの電極構造解析に貢献することを目的として実施してきた。実施した研究内容は、電気化学キャパシター多孔質電極のインピーダンス解析、有限要素法による多孔質電極の電流線分布と電気化学インピーダンスの関係、で構成されている。

電気化学デバイスへの応用では、インピーダンススペクトルの特徴を周波数領域で分離し、中間周波数域に多孔質電極に特徴的な軌跡が現れることを示した。そのスペクトル解析により、細孔サイズ、溶液物性等、多孔質電極の特性を検討した。

有限要素法による多孔質電極の電流線分布と電気化学インピーダンスの関係では、有限要素法ソフトウェアを用い、交流電位信号印加時における、孔中の電流線分布の可視化を行った。電流線分布は孔の深さ方向への一次元的な分布に加え、孔径が大きい場合および溶液比抵抗が大きい場合には三次元的な分布が生じることを明らかにした。その際に測定されるインピーダンススペクトルの特徴から、細孔の形状を推定する手法を確立した。さらに、溶液内での反応物質の拡散、および対流がインピーダンススペクトルに与える影響を検討した。

以上に述べたように、本研究の実施により、一般的な学測定法では難しい多孔質電極の電気化学解析を実現した。この手法はエネルギーデバイスのモニタリングにも応用可能で、それらの材料評価と材料開発に大きく貢献するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：

This study has been carried out to contribute to analyses on electrode structures of energy devices by applying an electrochemical impedance spectroscopy (EIS) to them. This study consists of EIS analyses on porous electrodes and cell structure analyses by finite element method (FEM).

In the application of EIS, impedance spectra of porous electrode was separated depending on the frequency ranges, and it was found that characteristic locus appeared for the porous structure in the middle frequency range. Pore size and electrolyte nature in the pore were investigated on the basis of impedance spectra.

The current distribution during impedance measurement was calculated by FEM. It was found that the current distribution was changed depending on the imposed frequency. The relation between the porous structure and the characteristic impedance locus was discussed comparing the impedance results with the calculated current distribution.

The analytical method developed by this study can be contributed to the material developments and operation monitoring's of various energy devices.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・材料加工・処理

キーワード：電気化学インピーダンス，電気化学測定，多孔質電極，インピーダンススペクトル

1. 研究開始当初の背景

本研究の重要なキーワードである電気化学インピーダンス法は主要な電気化学測定法であり、古くは溶液化学、腐食工学の分野で、その理論が発展してきた。電気化学インピーダンス法の長所は非破壊で電極構造の解析が行えることで、近年では燃料電池などエネルギー変換デバイスの解析へ適用されてきた。一方、有限要素法では電極構造に起因する電流線分布を計算することができる。本研究では、電気化学インピーダンス法と有限要素法を結びつけ、多孔質電極の電気化学応答を検討したもので、これまでにほとんど実施例がない。

2. 研究の目的

本研究では、電気化学インピーダンス法を多孔質電極の解析に発展させることで、電気化学キャパシター、燃料電池、色素増感太陽電池などのエネルギー変換デバイスの電極構造解析に貢献することを目的として実施した。

3. 研究の方法

本研究は、電気化学インピーダンス法を中心とする電気化学測定、および有限要素法による数値計算により実施した。

4. 研究成果

有限要素法による多孔質電極の電流線分布と電気化学インピーダンスの関係では、有限要素法ソフトウェアを用い、交流電位信号印加時における、孔中の電流線分布の可視化を行った。電流線分布は孔の深さ方向への一次元的な分布に加え、孔径が大きい場合および溶液比抵抗が大きい場合には三次元的な分布が生じることを明らかにした。その際に

測定されるインピーダンススペクトルの特徴から、細孔の形状を推定する手法を確立した。さらに、溶液内での反応物質の拡散、および対流がインピーダンススペクトルに与える影響を検討した。

電気化学デバイスへの応用では、インピーダンススペクトルの特徴を周波数領域で分離し、中間周波数域に多孔質電極に特徴的な軌跡が現れることを示した。そのスペクトル解析により、細孔サイズ、溶液物性等、多孔質電極の特性を検討した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

① H. Hoshi, T. Imai, I. Shitanda, M. Itagaki
Relation between Penetration Depth and Potential Distribution in Porous Electrode
9th International Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy,
2013年06月16日～2013年06月21日, Okinawa

② T. Ohtaki, H. Hoshi, I. Shitanda, M. Itagaki
Current Distribution of Dye-Sensitized solar Cells during Impedance Measurement by FEM
9th International Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy,
2013年06月16日～2013年06月21日, Okinawa

6. 研究組織

(1) 研究代表者

板垣 昌幸 (ITAGAKI MASAYUKI)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：90266908

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：