

高機能インピーダンス解析ソフトの開発

Development of highly functional impedance analysis software

物材機構 ○小林 清, 鈴木 達

NIMS, °Kiyoshi Kobayashi, Tohru S. Suzuki

E-mail: KOBAYASHI.kiyoshi@nims.go.jp

【緒言】インピーダンス・スペクトルの解析は誘電や伝導などの固体物性、電池やキャパシターにおける反応過程分離、電気回路の交流応答特性の評価など様々な領域で利用されている。既存のインピーダンス解析ソフトは解析者に対して実測スペクトルグラフを表示し、解析者は表示されたスペクトルに当てはめるべき等価回路を推定・設定すると共にモデルパラメータの初期値入力を入力後、非線形最小自乗プロセスを実行する仕様となっている。実測インピーダンス・スペクトルの多くは単純かつ理想的な形状を示さないため、解析に用いる等価回路と初期パラメータの選択は解析者に委ねられていることが解析の難しさになる。本研究では実測スペクトルグラフをインタラクティブに利用しながら逐次モデル構築と初期値設定を容易に行う新しいタイプのインピーダンス解析ソフトを開発した。

【機能実装環境】実測スペクトルグラフにインタラクティブな機能を実装する環境として汎用解析ソフトである Igor Pro (WaveMetrics 社製) を用いた。モデル構築には全スペクトルは部分スペクトルの重畳で与えられると仮定する測定モデルを用いた。抵抗や容量など通常の線形素子に加えて、理想的な伝送線モデルである Warburg インピーダンスと Gerischer インピーダンスをサポートした。また経験則パラメータを含む疑似容量 (Constant Phase Element, CPE) もサポートした。IgorPro に実装されている Levenberg-Marquardt 法モジュールを応用することで複素非線形最小自乗法によるパラメータ最適化機能等を実装した。

【解析実例】酸化物イオン伝導体であるイットリア安定化ジルコニアに作用極として LaCoO_3 、参照極、対極に白金を用い、大気中、1273 K で測定したインピーダンス・スペクトルを Fig. 1 に示す。このスペクトルの様に潰れた円弧型スペクトルの解析には経験則パラメータを含む仮想素子を用いて解析するのが一般的である。一方、逐次モデル解析を可能にした本ソフトウェアを用いると仮想素子を用いることなく従来の線形素子のみを用いてスペクトルを再現可能なモデルを探索することが可能である。仮想素子は時間領域における電流、電圧の関係が不明瞭なモデルであるためスペクトルを再現できたとしてもモデルから現象を解釈することが困難である。他方、線形素子のみを用いたモデルは有限要素モデルへの接続が可能であるためスペクトルの再現に加えて現象の解釈につながるモデル構築が可能である。

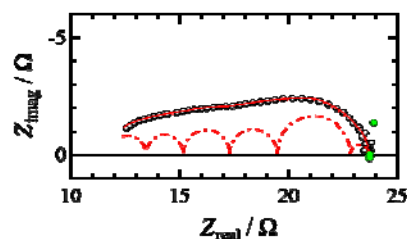


Fig. 1. Impedance spectrum collected by a YSZ solid electrolyte and LaCoO_3 electrode at 1273 K under air. Open circle, solid curve, and broken curves are measured data, calculated total spectrum, and virtually calculated partial spectra, respectively.