

Time-stretched pulse を用いた複素インピーダンススペクトルの高速測定： シミュレーション

Fast data acquisition of complex impedance spectra using time-stretched pulses: simulation study

○岡田 淳之¹, 永瀬 隆^{1, 2}, 小林 隆史^{1, 2}, 内藤 裕義^{1, 2}

(1. 大阪府立大, 2. 大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研)

○A Okada¹, T. Nagase^{1, 2}, T. Kobayashi^{1, 2}, H. Naito^{1, 2}

(1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED)

E-mail: atsushi.okada.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに インピーダンス分光法では、試料に直流電圧に微小交流信号を重畳させた信号を印加し、その周波数を走引することで複素インピーダンススペクトルを得る手法で、例えば、有機発光ダイオード (OLED) の等価回路、電荷のドリフト移動度、寿命、局在密度分布などを評価することができる [1]。有機デバイスのみならず、電気化学分野ではリチウムイオン電池の寿命や界面状態、バイオエレクトロニクス分野では細胞の運動状態を解析することで化学組成や幾何構造の評価に利用されている。しかし、一般のインピーダンス分光法では lockin 検出を行うため、単一周波数の正弦波を試料に印加し、その複素インピーダンスを測定した後、印加

正弦波の周波数を増加または減少させ、多数回の測定を行うことで複素インピーダンススペクトルを得る。このため測定時間が長くなる。そこで、マルチサイン波のような多くの周波数成分を有する電圧信号を試料に印加し、フーリエ変換によりインピーダンス

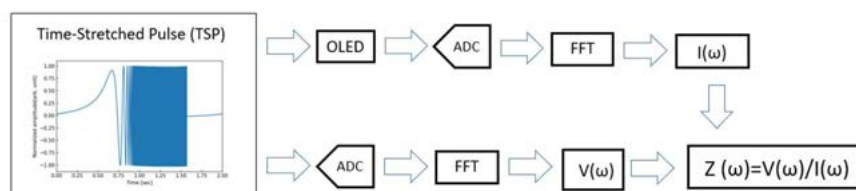


Fig.1 Measurement system assumed in simulation.

スペクトルを取得するようにすれば測定時間を短縮できる (Fig. 1)。これにより、測定中の細胞の運動やデバイスの劣化等の影響を除くだけでなく、短時間で大量のデータ取得が可能になり機械学習のためのデータ蓄積に有用となる。本報告では図 1 に示す測定系において OLED 等価回路のシミュレーションを行い、本法の有用性を示す。

2. シミュレーション 周波数が時間と共に変化する Time-stretched pulse (TSP)[2]を入力電圧信号とした (Fig. 1 挿入図, Fig. 2)。TSP を等価回路として表現した OLED に印加して、出力電流信号を得た。入力した TSP 信号と出力電流信号をフーリエ変換し、周波数領域に変換し、複素インピーダンスを算出した。

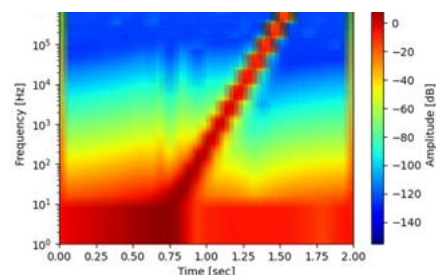


Fig. 2 Spectrogram of pink TSP.

3. 結果と考察 OLED 等価回路に Fig. 3 挿入図に示す発光閾値電圧以下の高分子 LED の等価回路を用いた。TSP には、振幅が周波数によらず一定で、周波数が指数関数的に変化する Pink TSP を用いた。入力 TSP 信号、出力電流信号のフーリエ変換を行った。高速フーリエ変換(FFT)に加え、低周波側のスペクトルをシャープにできる Constant Q 法 [3]、

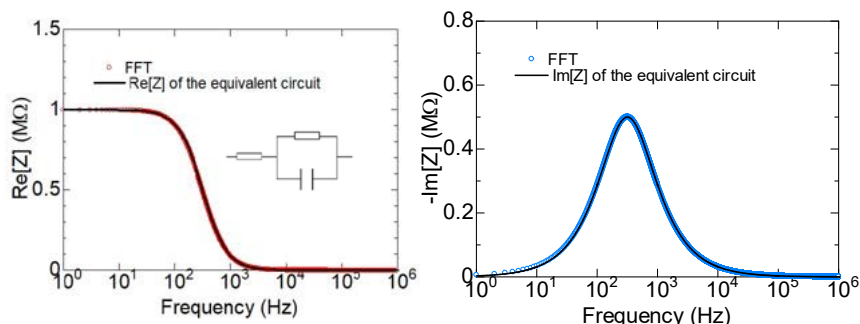


Fig. 3 Comparison of complex impedance in FFT and equivalent circuit.

Warped Discrete Fourier Transform (WDFT) [4]を用いた。Fig. 3 に計算した $\text{Re}(z)$ 、 $\text{Im}(Z)$ を示す。実線は等価回路の複素インピーダンスである。回路定数は文献値[5]を用いた。FFT から得られた複素インピーダンスは等価回路のそれと良く一致していることがわかる。Fig. 3 に示す OLED の複素インピーダンススペクトルを評価する場合には FFT で十分な精度が得られ、数秒程度で解析が完了することがわかった。

参考文献 [1] M. Takada *et al.*, *J. Appl. Phys.* **125**, 115501 (2019). [2] 藤本 卓也, 日本音響学会研究発表会講演論文集 **1999**, 432-433 (1999). [3] J. C. Brown, *J. Acoust. Soc. Am.* **89**, 425 (1991). [4] A. Makur *et al.*, *IEEE Tran. Circuits Syst.* **48**, 1086 (2001). [5] T. Okachi *et al.*, *Thin Solid Films.* **517**, 1327 (2008).

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補(JP19H02599、JP20H02716、JP 20K21007) の助成を受けた。