

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： 高分子発光ダイオードのドリフト移動度評価

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

Measurement of drift mobility of polymer light emitting diode

○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

1.はじめに 機械学習などを用いた効率的な有機デバイス設計を可能にするには電子物性を短時間で大量に取得する必要がある。我々は、インピーダンス分光 (IS)法により実際に動作している高分子発光ダイオード (Polymer light-emitting diode: PLED)の電子物性 (電子・正孔ドリフト移動度、二分子再結合定数など) が評価できることを示してきた [1]。一般的な FRA (Frequency response analyzer) を用いた IS 測定では単一周波数の正弦波を入力し、その応答を lock in 検出するため、短時間で複素インピーダンススペクトルを測定することは難しい。そこで我々は

Time-stretched pulse (TSP) [2]と呼ばれる多数の周波数成分を含んだ信号と高速フーリエ変換 (fast Fourier transform: FFT)を用いることで PLED の複素インピーダンススペクトルを測定し、FRA を用いた IS 法と比べ 1/10 以下の時間で測定できることを示した [3]。本報告では、TSP を用いた手法で動作している OLED の等価回路のみならず電荷ドリフト移動度の決定も可能であることを示す。

2. 実験 AZO (Al doped ZnO) /PEI (polyethylene-imine)/ Super Orange (SO)/MoO₃ /Al なる素子構造の inverted PLED を作製し、封止剤により封止した。素子面積は 4 mm²である。Fig. 1 の TSP を入力電圧信号として任意波形発生装置 (NF Corporation : WF1968)を用いて SO PLED に印加し、入出力信号をデジタルオシロスコープ (Teledyne LeCroy : HDO4034)により記録し、PC 上で FFT を行い複素インピーダンススペクトルを算出した。比較のため、FRA (Solartron : ModuLab XM)でも IS 測定を行った。

3. 結果と考察 SO PLED の静電容量の周波数 ($C-f$)特性を測定した。その結果より算出した差分サセプタンスの周波数 ($-\Delta B-f$)特性を Fig. 2 に示す。なお、ノイズ除去のため得られたスペクトルに移動平均法によるデジタルフィルタを作用させ、平滑化処理を行った。SO 正孔オンリー素子を用いた IS 測定により、このピークは正孔の走行時間に由来することが分かっている。 $-\Delta B-f$ 特性のピーク周波数 f_{max} と電荷の走行時間 t_t には $f_{max}^{-1} \approx 0.72 t_t$ という関係があるため、ドリフト移動度を決定できる。Fig. 3 には、TSP を用いた本手法、および、ModuLab XM により測定したドリフト移動度の比較を行った。ほぼ同様の値が得られ、TSP を用いた本手法で移動度評価が可能であることを示せた。さらに複素インピーダンススペクトル測定時間は、ModuLab XM では 48.9 秒、TSP を用いた本手法では 3.0 秒となり約 1/16 に短縮をすることができた。

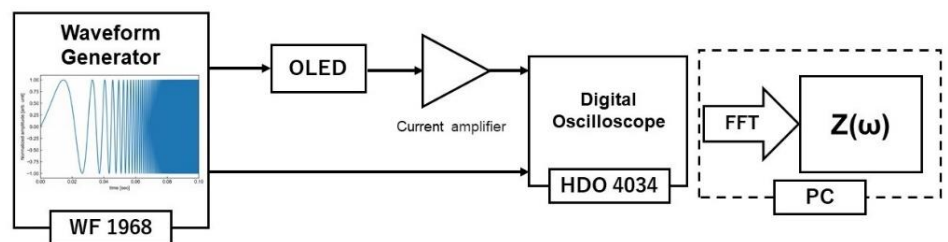


Fig. 1 Measurement system of the present TSP measurement.

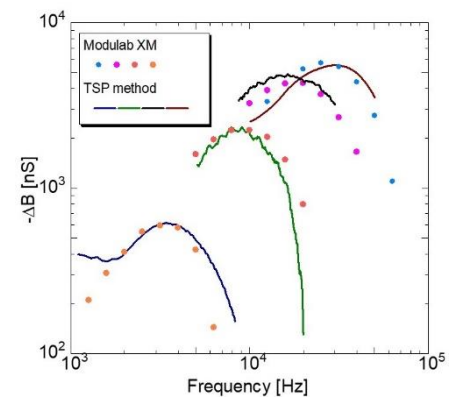


Fig. 2 $-\Delta B-f$ characteristics obtained by means of the present TSP method and a conventional frequency response analyzer.

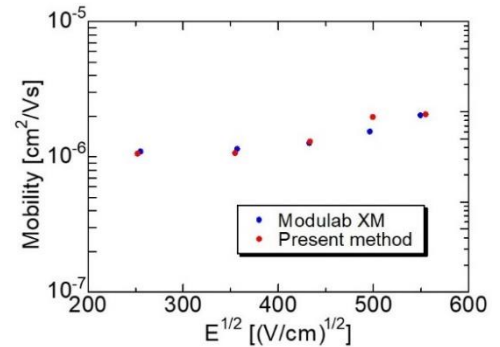


Fig. 3 Drift mobilities obtained by means of the present TSP method and a conventional frequency response analyzer.

参考文献 [1] M. Takada *et al.*, *J. Appl. Phys.* **125**, 115501 (2019). [2] A. Novaki *et al.*, *J. Audio. Eng. Soc.* **63**, 786 (2015). [3] 岡田他: 第 68 回春季応用物理学会 16a-P01-6 (2021).

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補(JP19H02599、JP20H02716、JP20K21007、JP21H04564)の助成を受けた。また、本研究で用いた PEI を提供して頂いた株式会社日本触媒に感謝する。