

各種分光学的手法を用いた有機半導体デバイスのオペランド測定 Operando measurements for organic semiconductor device by using spectroscopic techniques

東工大院理工 ○間中 孝彰, 岩本 光正

Tokyo Tech., ○Takaaki Manaka, Mitsumasa Iwamoto

E-mail: manaka@ome.pe.titech.ac.jp

レーザーなどを用いた光学的手法は遠距離からの非接触による測定が可能のため、その場観察やオペランド観測に適している。我々はこれまで、光第2次高調波発生 (SHG) 測定を中心に、非線形光学的手法や各種分光法を有機材料やデバイスに対して適用し、成膜時のその場観察やデバイス動作時のオペランド測定を行ってきた。例えば、2次の非線形光学プロセスである SHG は、反転対称中心を持つ媒質からは発生せず、結果的に界面選択性が高いという特徴を持つため、単分子膜等の分子配向評価 [1] や分極構造の観測に有効である。一方で、反転対称中心を持つ分子や材料においても、外場によって対称性が崩されると SHG が発生するという性質を持っている。その中でも電界によって活性化される SHG は電界誘起 SHG (EFISHG) と呼ばれているが、我々はこの EFISHG を用いた新しい有機デバイス評価法を提案し、デバイス中の電界イメージングやキャリア輸送の観測を通じ、移動度やトラップ評価などを報告してきた [2,3]。本シンポジウムでは、SHG を利用した有機デバイス (FET、EL、太陽電池) におけるオペランド測定 [4,5] を中心に、有機半導体や液晶の蒸着時その場観察、また変調分光法や蛍光イメージングによるデバイス評価について包括的に紹介する。

ここでは、一例として EFISHG 法を用いたキャリア輸送評価について述べる。前述のように、電界によって分子の対称性が崩されると SHG が観測されるようになる。この時、SHG 強度は局所電界の2乗に比例するため、SHG 信号を解析することで材料中の電界を評価することができる。一方で、電磁気学におけるガウスの法則は、電荷は電界の源であるということを述べている。したがって、デバイスにキャリアを注入した直後から、過渡的に変化する電界を観測・解析すれば、電荷輸送やトラップなど様々な電荷の挙動と対応させることが可能となる。電子デバイス中の電荷の動きは高速であるが、電界の過渡的変化を捉えるためには時間分解測定を行うことで比較的容易に電荷の動きを捉えることができる。実際には、デバイスに印加する電圧パルスとレーザーパルスとのタイミングを正確に変化させることで、これを実現している (一般的に SHG を観測するためにはパルスレーザーを使用することが多く、このような観点から SHG と時間分解計測は相性が良い)。特に、有機トランジスタに対する評価では、デバイスからの SHG 信号を高感度 CCD カメラを用いてイメージングしており、キャリアの挙動を直接可視化することが可能である。この SHG イメージを解析することで、移動度評価 [6] や界面トラップ [7]、輸送異方性 [8] などの議論も可能となる。

[1] A. Tojima et al, J. Chem. Phys., 115 (2001) 9010. [2] 岩本光正 他, 応用物理, 82 (2013) 487. [3] T. Manaka et al, Light Sci Appl. 5 (2016) e16040. [4] T. Manaka et al, Nat. Photon., 1 (2007) 581. [5] D. Taguchi, J. Phys. Chem. Lett., 1 (2010) 803. [6] T. Manaka et al, Phys. Rev. B, 78 (2008) 121302. [7] Y. Tanaka et al, Chem. Phys. Lett. 507 (2011) 195. [8] T. Manaka et al, Appl. Phys. Express 6 (2013) 105001.