

# OFET 構造を利用した THz 波センサの基礎検討(II) : ゲート電場変調吸収スペクトルの FDTD 法を用いた解析

## Basic Study on THz-wave Sensors Using OFET Structures (II): Analysis of Gate-Field-Modulated Absorption Spectra Using the FDTD Method

奈良先端大物質創成<sup>1</sup>, 西安理工大<sup>2</sup>, 南山大情報理工<sup>3</sup>

上田 智也<sup>1</sup>, 李世光<sup>1,2</sup>, 藤井 勝之<sup>3</sup>, 小島 広孝<sup>1</sup>, 松原 亮介<sup>1</sup>, <sup>○</sup>中村 雅一<sup>1</sup>

NAIST<sup>1</sup>, Xi'an Univ. Technol.<sup>2</sup>, Nanzan Univ.<sup>3</sup>

T. Ueda<sup>1</sup>, S.-G. Li<sup>1,2</sup>, K. Fujii<sup>3</sup>, H. Kojima<sup>1</sup>, R. Matsubara<sup>1</sup>, <sup>○</sup>M. Nakamura<sup>1</sup>

E-mail: mnakamura@ms.naist.jp

テラヘルツ(THz)波とは、周波数 0.1~10 THz (波長: 30~3000  $\mu\text{m}$ ) の範囲の電磁波である。THz 帯では、電波と同様に自由電子によって吸収や反射が生じる他、極性を持つ気体分子 (特に水分子) の回転遷移が主な吸収源となる。反対に、それらを含まない物質に対する透過性が高いことが特徴の一つである。また、生化学分子の多くには、水和水や弱い結合における振動遷移などに起因する特徴的な吸収があることが知られている。このような性質から、セキュリティ分野や医療・医薬分野で THz 波による分光やイメージングの様々な応用が期待され、THz 波の発生・検出方法に関する研究が盛んに行われているが、未だに手軽に使えるとはいえない状況である。これに対して、我々は、有機電界効果トランジスタ(OFET)研究の過程で発見したペンタセン HOMO バンド端における微小なポテンシャルゆらぎ<sup>[1,2]</sup>を利用した、低コストかつマトリックス化が容易な OFET 型 THz 波センサの基礎的研究を進めており、これまでに OFET 中のペンタセン層に電界誘起されたホールが特徴的な THz 吸収スペクトルを有することを報告してきた<sup>[3,4]</sup>。

このとき、ソース/ドレイン電極として用いている櫛型電極の間隔や素子各部の寸法が THz 波の波長と同程度であることから、干渉などの影響でペンタセン層中の電界強度に周波数依存性が少なからず生じていると考えられる。そこで、ペンタセン中のキャリアによる吸収スペクトルを正しく解析するために、さらには、センサとしての電極構造を最適化するための基礎的な知見として、OFET 構造中の THz 電場分布を Finite-Difference Time-Domain (FDTD)法を用いた電磁界シミュレーションにより解析し、ゲート電界変調吸収スペクトルとの比較を行った。

THz 時間領域分光法(THz-TDS)によって測定された、OFET 構造試料のゲート電界変調吸収スペクトルを図 1 に示す。電界ベクトルと電極が垂直となる配置 (x-pol.) と平行となる配置 (y-pol.) で、スペクトル形状に差が見られる。これを解析するために、まず、我々が用いている OFET 構成材料について、THz-TDS を用いて複素誘電関数の測定を行った。次にそれらの値を用い、FDTD 法によって OFET 構造における THz 波電界強度の解析を行った。図 2 に、連続的な THz 波を入射させた際の伝播の様子を示すスナップショットを示す。試料外側において群速度の速い THz 波が先行していること、この切断面では試料表面付近の電界強度に y 方向分布がほとんどないことがわかる。このようなシミュレーションから、ペンタセン層における平均電界強度の周波数依存性や偏波方向依存性を求めた。講演では、複素誘電関数の測定結果や、FDTD シミュレーションの結果の詳細について報告し、変調吸収スペクトルの実測値との比較について報告する。

本研究は、科研費基盤研究(B)(21350099)の助成を受けた。

[1] N. Ohashi et al., *Appl. Phys. Lett.* **91**, 162105 (2007); [2] R. Matsubara et al., *Appl. Phys. Lett.* **92**, 242108 (2008); [3] S.-G. Li et al., *Org. Electron.* **13**, 864 (2012); [4] S.-G. Li et al., *Org. Electron.* **14**, 1157 (2013).

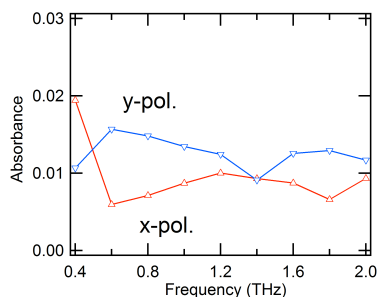


図 1 OFET 構造試料の変調吸収スペクトル  
(変調ゲート電圧: -30~10 V)

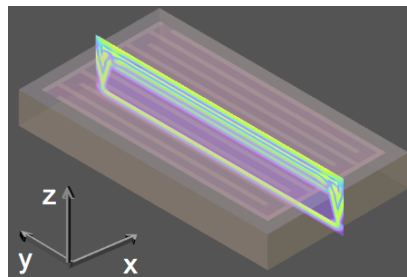


図 2 THz 波 (x-pol., 0.4 THz) 伝播の FDTD  
シミュレーション結果例: 素子中央部断面に沿  
った電界強度分布