CNT 膜による THz-IR 帯光熱電センサーの熱的・光学的構造最適化

Thermal/optical design of the photo-thermo-electric THz-IR sensor with CNT films

産総研¹,理研²,中央大³,東工大⁴,情報研⁵,

⁰鈴木 大地¹, 瀧田 佑馬², 河野 行雄³⁻⁵, 南出 泰亜², 寺崎 正¹

AIST¹, RIKEN², Chuo Univ.³, Tokyo Tech.⁴, NII⁵,

^oDaichi Suzuki¹, Yuma Takida², Yukio Kawano³⁻⁵, Hiroaki Minamide², Nao Terasaki¹

E-mail: daichi.suzuki@aist.go.jp

テラヘルツ〜近赤外(THz-IR)帯電磁波を活用した分析技術は対象の構造や品質を非破壊・非 侵襲で分析できることから製造業・インフラ点検・環境保全等への実用化が期待されている。こ

の背景の中、我々はカーボンナノチューブ(CNT)膜 を使用した THz-IR 帯光熱電センサーの研究に取り組 んでおり、ビルトイン・ディスポーザブル使用が可能 な THz カメラパッチシートを開発・報告したところで ある[1]。ここで THz 光の検出信号である光熱起電力 ΔV は材料・デバイス構造に由来する熱的な項(吸収し た単位熱量あたりの熱勾配)と光学的な項(入射光に 対する吸収係数)の両者から定められる(図1)。今回、 解析と実験の両方を通じて熱的な項と光学的な項の それぞれの影響を解明し、熱的・光学的構造最適化に よる感度向上を達成したのでこれを報告する。

初めに、CNT 膜厚最適化の結果を述べる。熱的影響としては、CNT 膜厚を薄くするほど 1)熱容 量の減少、2)チャネル長方向への熱拡散の抑制、の2つの効果により THz 光照射時の発熱量が向 上する (Fig. 2a)。一方光学的影響としては、薄膜化によって THz 光に対する吸収率が低下し、100 nm 厚では吸収率が 40%程度まで減少してしまう (Fig. 2b)。これら熱的・光学的影響の積と作製 した検出器の THz 応答の比較を図 2c に示す。CNT 膜厚を 5 µm から薄膜化してゆくと、初めは熱

的影響により感度が上がるが、次第に光学的影響 により感度が下がるという理論とよく一致した結 果が得られ、400-600 nm という CNT 膜の最適膜厚 を解明することができた。CNT 膜のチャネル幅最 適化については、回折の影響により照射光の波長 に応じて最適幅が変わるため、より複雑な考察が 必要となる。講演ではチャネル幅の構造最適化に 加え、作製したセンサーによる THz 分光応用につ いても紹介する。

[1] D. Suzuki et al., Adv. Funct. Mater. 31, 2008931 (2021).



Fig. 1. THz detector based on the photo-thermo-electric effect of a CNT film. THz response (ΔV) is governed by both the thermal factor and optical factor of the device structure.



Fig. 2. (a) Steady-state thermal analysis of CNT film thickness dependence. (b) THz absorptance along the CNT film thickness. (c) Calculation (black dots) and experimental (red triangles) results of THz response.