

分極パターンニング CNT/P (VDF-TrFE) を利用した焦電・熱電応答の単一素子同時検出

Pyroelectric and thermoelectric responses from dipole-patterned CNT/P(VDF-TrFE) stacked device for IR detections

神戸大院工¹, 神戸大学先端膜工学研究センター², JST さきがけ³, 産総研ナノ材⁴

○西村 友我¹, 堀家 匠平^{1,2,3}, 小柴 康子^{1,2}, 斎藤 毅⁴, 石田 謙司^{1,2}

Kobe Univ.¹, Research Center for Membrane and Film Technology, Kobe Univ.², JST PRESTO³, AIST⁴

○Yuga Nishimura¹, Shohei Horike^{1,2,3}, Yasuko Koshiba^{1,2}, Takeshi Saito⁴, Kenji Ishida^{1,2}

E-mail: kishida@crystal.kobe-u.ac.jp

【研究背景】熱源の発する赤外線を検出する赤外線センサは、人感・ガス検知分野で多用されている。『焦電型センサ』は、赤外線受光に伴う素子温度変化を電気信号に変換しており、動きのある熱源検出に適している。しかし、静止熱源の検出においては、素子の温度変化を得るためのチョッピング機構が別途必要となる。一方、ゼーベック効果（温度差から電圧を発生する現象）を利用した『熱電型センサ』は、感度が比較的低いものの、赤外線の受光により発生した温度差が維持される限り電圧が発生し続けるため、チョッピングレスで静止熱源を検知可能な利点がある。

我々はこれまでに、強誘電ポリマーP(VDF-TrFE)を焦電型センサへ応用するとともに、P(VDF-TrFE)膜を単層カーボンナノチューブ (CNT) 薄膜に積層した電界効果トランジスタ構造を形成し分極処理を施すことで、CNT のゼーベック係数を同一界面上にて正 (p 型) と負 (n 型) に制御できることを報告してきた^[1]。

今回、Fig. 1a に示す CNT/P(VDF-TrFE)積層構造を新たに形成し、P(VDF-TrFE)における焦電効果と、極性制御した CNT における熱電効果を組み合わせることで、単一素子での動的・静的熱源の同時検出を見出したので報告する。【実験方法】下部 Ni 電極を石英基板上に真空蒸着した後、CNT をインクジェット法にて成膜した。P(VDF-TrFE)膜をスピコート法で積層し、I 型結晶化のためのアニールを施した。次いで幅 0.5 mm のスリットを持つ上部 NiCr 電極を真空蒸着した。上部 NiCr と下部 CNT 間に電界印加し、P(VDF-TrFE)を分極処理した。分極の向き (up, down) によって、CNT の極性を p 型と n 型にパターンニングした (Fig. 1a)。

スリットを介して赤外線が入射した場合、素子中央部が発熱し、CNT のゼーベック効果が誘発されるが、Ni/Ni 間の熱電応答は各 CNT のゼーベック係数が加算された信号となる。一方、発熱に伴う温度変化は、P(VDF-TrFE)そのものの焦電効果も誘発する。赤外分光照射装置を用い、スリットを介して赤外光を断続的あるいは連続的に照射しながら、下部 Ni/Ni 間 (熱電) と上部 NiCr/下部 Ni 間 (焦電) の発生電圧をそれぞれ計測し、電圧感度を評価した。

【結果と考察】一定の光強度にて約 200 s 赤外線照射した際の出力電圧変化を Fig. 1b に示す。赤外線入射直後、P(VDF-TrFE)層は最大約 30 mV の電圧を発生し (青線)、その後速やかに減衰する焦電体に特徴的な応答を示した。こうした微分応答は、赤外線入射量の変化を高感度に検出する目的で有効であるが、静止熱源のような入射光量が一定で温度変化が生じない場合には検出が不可能であることも示している。一方、CNT 層は、入射直後より 10–20 μ V 程度の電圧を発生するとともに (赤線)、P(VDF-TrFE)層の焦電応答が減衰した後も定常的に応答を継続し、静止熱源の検出が可能であることを示している。ゆえに今回提案した素子構造は、チョッパレスで動的・静的な熱源を同時に検出可能な赤外線センサとしての利用が期待される。本研究の一部は、JSPS 科研費、JST さきがけ、JST CREST の支援のもと実施されました。

参考文献

[1] Horike *et al.*, *Appl. Phys. Express* **9**, 081301, 2016

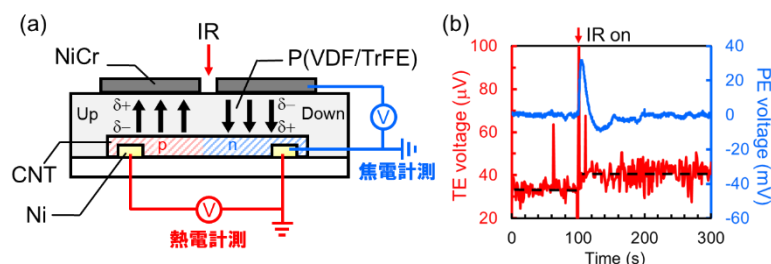


Fig. 1 (a) Schematic of pyroelectric (PE) and thermoelectric (TE) IR detector. (b) PE and TE responses under IR irradiation.