

3 dB 帯域幅が 200 GHz を超える光熱電型グラフェン光検出器の実現

Photothermoelectric based graphene photodetector

with the 3-dB bandwidth exceeding 200 GHz

NTT 物性研^A, 物材機構^B

○吉岡克将^A, 若村太郎^A, 橋坂昌幸^A, 渡邊賢司^B, 谷口尚^B, 熊田倫雄^A

^A NTT Basic Res. Labs., ^B NIMS.

○K. Yoshioka^A, T. Wakamura^A, M. Hashisaka^A, K. Watanabe^B, T. Taniguchi^B, and K. Norio^A

E-mail: katsumasa.yoshioka.ch@hco.ntt.co.jp

グラフェン光検出器 (PD) は、超高速かつ高効率で光信号を電気信号に変換することが可能な次世代光受信器として注目されている[1]。特に光励起キャリアのエネルギー緩和が非常に高速であるため、光熱電効果を利用すれば 200 GHz 以上で動作し、かつ暗電流が生じない PD の構築が期待できる。しかし、先行研究ではエレクトロニクス系の帯域制限とデバイスの大きな RC 時定数のために、測定された 3 dB 帯域幅は 70 GHz に律速されている[2]。したがって、グラフェン PD における光電変換の本質的な時間スケールとメカニズムは依然として不明である。そこで我々は、オンチップ THz 分光法[3,4]とゲートキャパシタンスを最小化させたデバイス構造を組み合わせることで、光熱電型グラフェン PD の帯域幅が 220 GHz に達することを実証し、さらに光電変換のメカニズムを明らかにすることに成功したのでここに報告する。

図 1(a)の挿入図に実験装置の概略を示す。グラフェン FET のトップゲートとして THz 領域で透明な ZnO 薄膜[5]を使用することで RC 時定数を最小化することに成功した。グラフェンは低温成長ガリウム砒素 (LT-GaAs) の光伝導スイッチと導波路を介して繋がれており、THz 電流を電氣的に読み出すことができる。中心波長 517 nm、パルス幅 280 fs のフェムト秒レーザーを利用したポンプ・プローブ分光を行うことで、グラフェンの光電流を時間分解計測した。図 1(a)は、ソースドレインバイアス $V_{SD}=0$ V およびゲートバイアス $V_{Gate}=0$ V で測定された THz 電流を示している。ポンプ光は下側の金属-グラフェン界面に照射されており、光電流は光熱電効果によって生成されたものである。図 1(b)に示すように、フーリエ解析から、光熱電型グラフェン PD の帯域幅が 220 GHz に達することが分かった。これは、これまでに報告された帯域幅である 70 GHz [3]よりもはるかに高速である。さらに、 V_{Gate} 依存性、ポンプ光位置依存性、グラフェンの長さ及び移動度依存性を系統的に調べることで、光電変換を構成するプロセスとそれらの物理的起源を明らかにすることに成功した[6]。

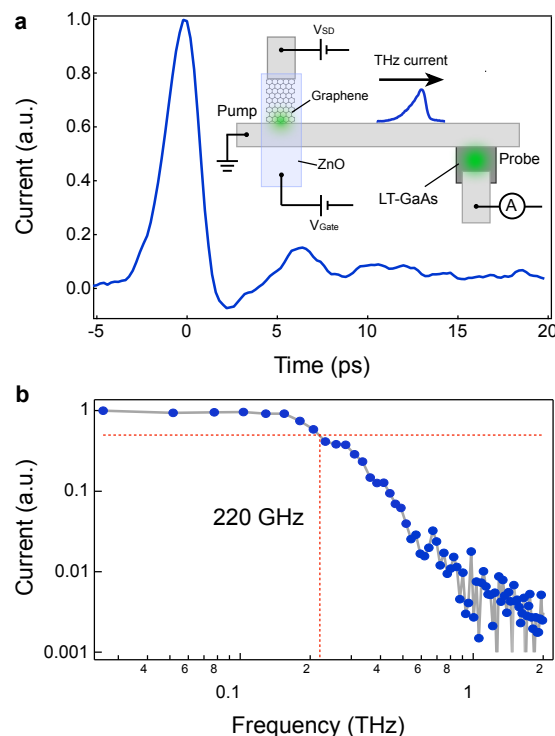


Fig. 1. (a) Time-resolved photocurrent with $V_{SD}=0$ and $V_{Gate}=0$. Inset shows schematic of the experimental setup. The photocurrent is measured at LT-GaAs switch with picosecond time-resolution using a pump-probe scheme. (b) Fourier transform of (a) with 220 GHz 3-dB bandwidth.

- [1] M. Romagnoli, *et al.*, Nat. Rev. Mater. **3**, 392 (2018).
- [2] S. Marconi *et al.*, Nat. Commun. **12**, 806 (2021).
- [3] L. Pechtelt *et al.*, Nat. Commun. **3**, 646 (2012).
- [4] K. Yoshioka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **117**, 161103 (2020).
- [5] N. H. Tu, K. Yoshioka *et al.*, Commun. Mater. **1**, 7 (2020).
- [6] K. Yoshioka *et al.*, submitted.