

## 黒燐による 10GHz 級高速受光器

### 10-GHz class high-speed photodetector with black phosphorus

カリフォルニア州立大バークレー校物理学部<sup>1</sup>, 上海交通大学物理学系<sup>2</sup>,

ローレンスバークレー国立研究所マテリアルサイエンス部門<sup>3</sup>

○高 磊<sup>1,\*</sup>, Patrick Gallagher<sup>1</sup>, Chanshan Yang<sup>1</sup>, Zuocheng Zhang<sup>2</sup>, Chung-Kuan Lin<sup>1</sup>,  
Jason Horng<sup>1</sup>, Jihun Kang<sup>1</sup>, Yuanbo Zhang<sup>2</sup>, Feng Wang<sup>1,3</sup>

UC Berkeley, Department of Physics<sup>1</sup>, Shanghai Jiao Tong Univ., Department of Physics<sup>2</sup>,  
Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory<sup>3</sup>

○Rai Kou<sup>1</sup>, Patrick Gallagher<sup>1</sup>, Chanshan Yang<sup>1</sup>, Zuocheng Zhang<sup>2</sup>, Chung-Kuan Lin<sup>1</sup>,  
Jason Horng<sup>1</sup>, Jihun Kang<sup>1</sup>, Yuanbo Zhang<sup>2</sup>, Feng Wang<sup>1,3</sup>

E-mail: rai.kou-takahashi@aist.go.jp, \*現所属: 産業技術総合研究所

グラフェンや遷移金属カルコゲナイド (TMDC) を含む, 様々な 2 次元材料とその新しい物理現象が発見されるなか, これらを応用した電子・光デバイス化が近年検討されている. 黒燐 (BP) は直接遷移型半導体であり, 効率的に入射光を吸収できることから高速受光器への適用が期待されている. また, 黒燐は層数に応じてバンド構造が大きく変化するため, 可視光から中赤外光域 (1 層: 1.73 eV, 2 層: 1.15 eV, 3 層: 0.83 eV...数 10 層~バルク: 0.35 eV)<sup>[1]</sup> まで応用可能な魅力的な光学材料である. 本稿では, 受光器としての有用性を確かめるべく, 結晶から剥離した黒燐シートに短パルス光を照射することで受信感度および応答速度の評価を行った. Fig.1 は作製した受光器の光学顕微鏡画像を示す. あらかじめ Au 電極 (40 nm 厚) が形成された石英基板上に約 50-120 nm 厚の黒燐シートを転写し, 再び上部から Au 電極 (120 nm 厚) をリフトオフにより縦型構造を形成する. Fig.2 は素子の断面構造を示している. Au は波長 500 nm 以下の光を比較的良好に透過するため, 多重反射条件を考慮した上で電極厚を定めた. 光学評価では, パルスレーザ (パルス幅 100 ps, 繰り返し周波数 4 MHz, 波長 450-500 nm) を底面から垂直入射することで受光感度および応答線形性を評価した. 光伝導モードおよび DC バイアス 17 mV の条件下において, 結合光強度の上限 (平均値 6.5  $\mu$ W) に至るまで線形であることを確認し, 9 V/W の光応答スロープを得た. 続いて, 更に短いパルスレーザ (パルス幅 1 ps, 繰り返し周波数 82 MHz, 波長 450-500 nm) を用いて時間領域応答を評価した. Fig.3 は受光器および RF 増幅器を経て, サンプリグオシロスコープによって測定されたパルス応答結果を示す. 全値半幅は 50 ps 以下を示し, FFT による周波数特性を解析した結果, 3 dB 帯域幅は 10 GHz を越えることが判明した. 現状の Au 電極を透明電極に置き換えることにより, 超広帯域かつ高速動作可能な受光器に応用できる可能性を示した.

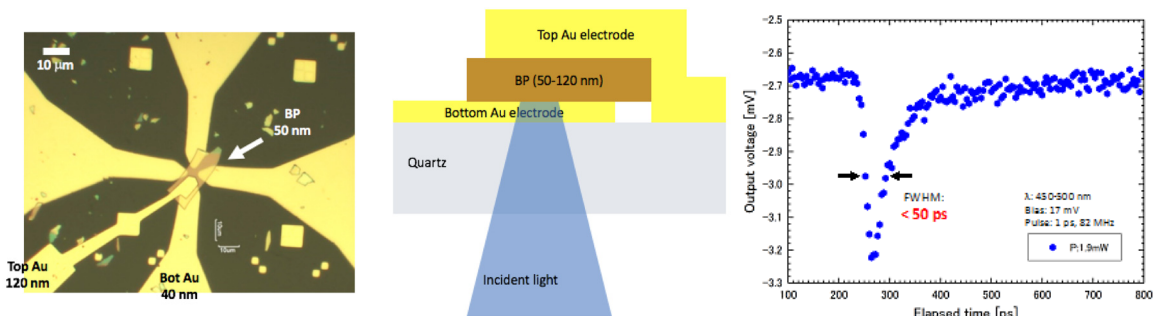


Fig.1 Photograph of BP photodetector Fig.2 Cross-sectional schematic Fig.3 Optical short pulse response

[1] L. Likai et al, *Nat. Nanotech.* 12, 21-26 (2016)

謝辞: 本研究は日本学術振興会 (JSPS) 海外特別研究員の助成を受けたものです.