

高温度分解能を有するグラフェン/InSb ヘテロ接合中波長赤外線センサの実現

High-performance graphene/InSb heterojunction mid-infrared sensors

三菱電機株式会社

○嶋谷 政彰, 福島 昌一郎, 奥田 聡志, 小川 新平

Mitsubishi Electric Corp.

○Masaaki Shimatani, Shoichiro Fukushima, Satoshi Okuda, and Shinpei Ogawa

E-mail: Shimatani.Masaaki@bk.MitsubishiElectric.co.jp

【背景】

我々は、グラフェンの光検出器応用を進めており、光ゲート効果により従来の光検出器よりも飛躍的な高感度化を達成している¹⁻⁵⁾。また、グラフェン/InSb ヘテロ接合を用いたダイオード型光検出器に光ゲート効果を適用することで、低暗電流かつ高感度な中波長赤外線センサが実現可能であることを示した⁶⁻⁸⁾。本研究では赤外線イメージセンサにおいて重要である高い温度分解能を実現するために、グラフェン/InSb ヘテロ接合界面の界面状態に着目し、低ノイズ化を行った⁸⁾。

【素子構造】

Fig. 1 にグラフェン/InSb ヘテロ接合中波長赤外線センサアレイの模式図を示す。光ゲート効果の増強と暗電流の低減を目的として、キャリア密度の低いノンドープの InSb 基板を用いた。グラフェンはサファイア基板上に成膜した単結晶 Cu 上に CVD で成長した結晶性の高い単層グラフェンを使用した。TEOS-SiO₂ の開口部は CF₄ ドライエッチングにより形成することで、均一なグラフェン/InSb ヘテロ接合界面を得ることができる。

【結果】

Fig. 2 に感度と NETD (雑音等価温度差)を示す。測定温度は 77 K、光源は波長 3~5 μm の熱光源であり、レンズで集光せず素子全体に照射した。-50 mV 以下で約 2 A/W と一定の感度を示している。レンズで集光していない光学系であるにもかかわらず、NETD は最小 5.17 mK と極めて高い温度分解能を有しており、NEP (雑音等価電力)は 130 fW/Hz^{1/2} と中波長赤外域においてこれまでに報告されたグラフェンベースの赤外線センサと比べて一桁以上低ノイズであった⁹⁾。本結果より、グラフェン/InSb ヘテロ接合光検出器は高性能中波長赤外線イメージセンサに適しており、従来の量子型赤外線センサと比較して、低コストで同等以上の検出性能の実現が期待できる。

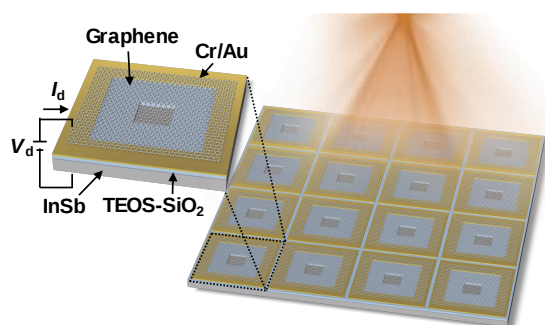


Fig. 1 Schematic diagrams of the graphene/InSb heterojunction photodetector array.

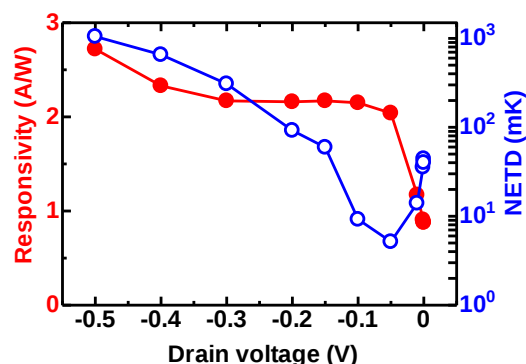


Fig. 2 Responsivity and NETD for different values of V_d with mid-IR light irradiation.

【謝辞】

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けたものである。

【参考文献】

- ¹⁾ M. Shimatani *et al.*, *AIP Adv.* **6** (3), 035113 (2016). ²⁾ S. Fukushima *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 061102 (2018). ³⁾ M. Shimatani *et al.*, *Appl. Phys. Exp.* **12** (2), 025001 (2019). ⁴⁾ S. Ogawa *et al.*, *Opt. Eng.* **58** (5), 057106 (2019). ⁵⁾ M. Shimatani *et al.*, *Appl. Phys. Exp.* **12** (12), 122010 (2019). ⁶⁾ S. Fukushima *et al.*, *Opt. Lett.* **44** (10), 2598 (2019). ⁷⁾ S. Fukushima *et al.*, *Opt. Eng.* **59** (9), 097101 (2020). ⁸⁾ M. Shimatani *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **117**, 173102 (2020). ⁹⁾ S. Du *et al.*, *Adv. Mater.* **29**, 1700463 (2017).