

位相同調アンテナを用いたメタ表面量子井戸赤外検出器

Metasurface Quantum Well Infrared Photodetectors Based on Synchronously Wired Antennas

物材機構¹, 日大², 東北大³ ○宮崎英樹¹, 間野高明¹, 笠谷岳士¹, 大里啓孝¹, 渡邊一弘¹, 杉本喜正¹,

川津琢也¹, 新井志大¹, 重藤暁津¹, 落合哲行¹, 神馬洋司², 宮崎博司³, M. F. Hainey Jr.¹

NIMS¹, Nihon Univ.², Tohoku Univ.³ ○H. T. Miyazaki¹, T. Mano¹, T. Kasaya¹, H. Osato¹, K. Watanabe¹,

Y. Sugimoto¹, T. Kawazu¹, Y. Arai¹, A. Shigetou¹, T. Ochiai¹, Y. Jimba², H. Miyazaki³, and M. F. Hainey Jr.¹

E-mail: MIYAZAKI.Hideki@nims.go.jp

サブ波長サイズの光パッチアンテナ(金属/誘電体/金属共振器)を2次元配列したメタ表面は、完全吸収体や熱放射光源として利用されてきた [1]。この構造において、誘電体層として半導体受光/発光素子を用い、上下の金属層を電極として利用すれば、新しい形態の光電子メタデバイスが開拓できると期待される。そのためには、これまで互いに絶縁されていた個々のアンテナを電氣的に接続する必要がある。

我々は、アンテナ同士を連結する金属ワイヤを適切な形状に折り曲げ、伝搬位相を調整することにより、狙った波長で全アンテナを同相で共鳴させたまま、バイアス電圧の印加や電流の取り出し/注入が可能なることを見いだした。本研究では、この位相同調アンテナを量子井戸赤外検出器(QWIP)に応用した [2]。

量子井戸のサブバンド間遷移に基づく QWIP は、遷移の選択則により、基板に垂直な電場にのみ応答し、垂直入射光には感度を持たない。しかし、これを電場回転・電場増強機能を持った光パッチアンテナに挟み込むと、垂直入射光に対する大きな感度が発現する [3,4]。

本研究では、位相同調アンテナ(Au)に単層 GaAs/AlGaAs 量子井戸(総厚さ 200 nm)を挟み込んだメタ表面 QWIP(Fig. 1)において、78 K にて、波長 6.7 μm で感度 3.3 A/W (総量子効率 61%, Fig. 2)、検出能 $3.9 \times 10^{10} \text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$ (背景光 298 K, 視野角 102°)を観測した。構造の対称性から偏光依存性はない。これは、現在、毒性が問題とされつつも波長 5~10 μm の高感度検出器として広く用いられている HgCdTe 検出器に置き換わりうる性能である。しかも我々の検出器は、室温でも 500°C の黒体光源にて 24 mA/W の感度を示した。位相同調ワイヤには様々な形状が適用可能である。講演ではその基本的な設計原理にも触れたい。

謝辞 X 社、佐久間芳樹氏、野田武司氏、大竹晃浩氏、宮野健次郎フェロー、岩長祐伸氏、迫田和彰氏、JSPS 科研費(JP15H02011, JP17H01275, JP19H00875)、センサ・アクチュエータ研究開発センター、NIMS 微細加工プラットフォームに感謝いたします。

参考文献 [1] Miyazaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 121107 (2014). [2] Miyazaki *et al.*, Nature Commun., in press (2020). [3] 宮崎他, 応物学会 2018 春, 19a-C301-10. [4] Palaferri *et al.*, Nature **556**, 85 (2018).

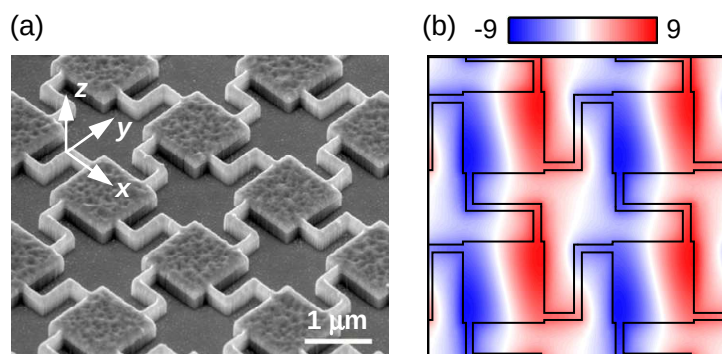


Fig. 1 Synchronously wired antennas sandwiching a single quantum well. (a) SEM micrograph. (b) E_z distribution for x-polarized vertical incidence at the resonance wavelength.

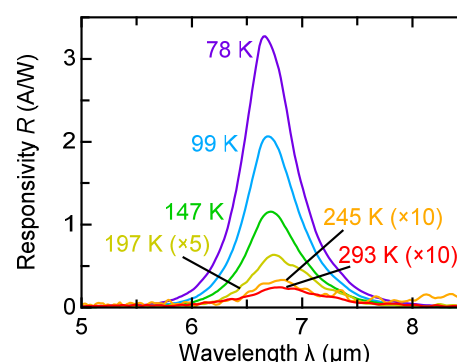


Fig. 2 Responsivity spectra at their respective peak bias voltages (0.4–1.0 V). Bias is fixed at 0.5 V for 197–293 K.