

## 2 波長切替型中赤外熱輻射光源の設計

### Design of two-wavelength switchable mid-infrared thermal emitters

○キアンキ<sup>1</sup>, 井上卓也<sup>1,2</sup>, De Zoysa Menaka<sup>1,3</sup>, 浅野卓<sup>1</sup>, 野田進<sup>1</sup> (1.京大院工, 2.学振特別研究員 DC, 3.京大白眉)

○A. Ji<sup>1</sup>, T. Inoue<sup>1,2</sup>, M. D. Zoysa<sup>1,3</sup>, T. Asano<sup>1</sup>, S. Noda<sup>1</sup> (1. Kyoto Univ., 2. JSPS Research Fellow, 3. Kyoto Univ. Hakubi Center)

E-mail: [jiangiregina@goe.kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:jiangiregina@goe.kuee.kyoto-u.ac.jp), [snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp)

**【序】** 単一チップ上で複数の波長の輻射ピークが切替可能な狭帯域熱輻射光源が実現できれば、超小型・安価・低消費電力な赤外センシング等の幅広い応用が期待できる。我々はこれまで、多重量子井戸(MQW)のサブバンド間遷移(ISB-T)と2次元フォトニック結晶(PC)の光共振モードを用いて熱輻射制御を行うことにより、発光スペクトルの狭帯域化( $Q$  値 $>100$ )<sup>1)</sup>や輻射強度の電圧高速変調( $\sim 1$  MHz)<sup>2)</sup>を実現してきた。また前回、異なる格子定数をもつ複数のPCを集積化することで、複数波長の高速切替動作を実証した<sup>3)</sup>。ただし、上記の光源では波長切替可能な帯域が狭く、また発光面が波長により異なるという課題があった。今回、井戸幅の異なる複数の量子井戸と単一のPCを利用することで、同一発光面から、中赤外領域の離れた2波長を切替可能な狭帯域熱輻射光源を検討したので報告する。

**【構造】** Fig. 1に設計光源の構造を示す。本構造は、2種類のn型MQWを2つのpn接合の内部に挿入した薄膜に、三角格子円孔PCを導入した構造である。pn接合に逆バイアスを印加すると、MQWの電子密度が減少し、ISB-Tの光吸収が減少する。その結果、光源加熱時にPCの共振モードと結合して発生する熱輻射強度も、印加電圧の増加に伴い大きく減少する<sup>2)</sup>。バイアス印加は各MQWに対して独立に行える。今回、光源を複数物質の同時センシングに応用することを見据え、中赤外領域で十分に離れた2波長(ここでは、 $900\sim 1050\text{ cm}^{-1}$ 及び $1200\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ )にISB-Tを示すような2種のMQW構造を設計した。また、三角格子PCの格子定数・厚さを調整することで、Fig. 2に示すようにTM-like偏光の2次と3次の $\Gamma$ 点共振モードの共振周波数を上記の2波数と一致させ、単一のPCから面垂直方向に2波数の熱輻射ピークを得ることを検討した。

**【計算結果】** 厳密結合波解析を用いて設計光源の面垂直方向の放射率スペクトルを計算した結果をFig. 3に示す。逆バイアスを印加しない場合は、 $977\text{ cm}^{-1}$ と $1304\text{ cm}^{-1}$ において輻射ピークが得られ、それぞれの放射率が0.80と0.66となった。また、MQW1とMQW2のそれぞれに8Vの逆バイアスを印加することにより、各波数における輻射強度を独立に変調できることを理論的に確認した。なお、本研究の一部は科研費およびCRESTの支援を受けた。

**【文献】** 1) Inoue *et al*, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 191110 (2013).

2) Inoue *et al*, *Nature Mater.* **13**, 928 (2014).

3) 井上他, 2015 秋季応物 15p-2C-17.

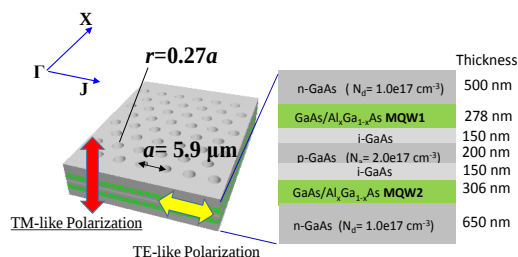


Fig. 1. Basic structure of a two-wavelength switchable mid-infrared thermal emitter.

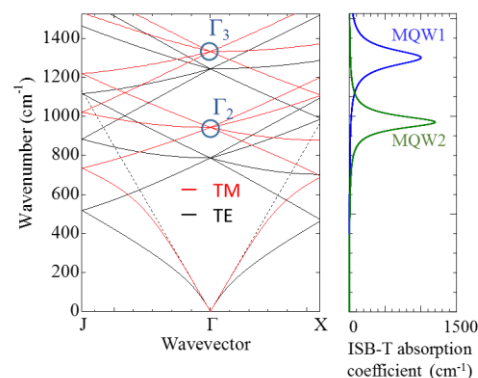


Fig. 2. (a) Photonic band structure of a triangular-lattice air hole PC slab by empty lattice approximation. ( $a = 5.9\text{ }\mu\text{m}$ ,  $t = 2.23\text{ }\mu\text{m}$ ,  $n_{\text{ave}} = 3.0$ )

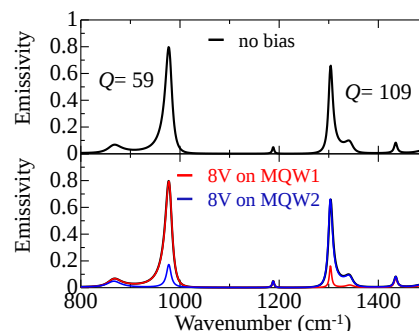


Fig.3 Calculated emissivity spectra of the designed thermal emitter.