

## 2 波長動作可能な電圧変調型中赤外バンドパスフィルタの検討

### Electrically controllable 2 wavelength band-pass filters in mid-infrared wavelengths

堀場製作所<sup>1</sup>, 京大院工<sup>2</sup>, 粟根悠介<sup>1,2</sup>, 井上卓也<sup>2</sup>, 野田進<sup>2</sup>

HORIBA, Ltd.<sup>1</sup>, Kyoto Univ.<sup>2</sup>, °Y. Awane<sup>1,2</sup>, T. Inoue<sup>2</sup>, S. Noda<sup>2</sup>

E-mail: yusuke.awane@horiba.com

【序】中赤外領域(3~15 $\mu\text{m}$ )は多くのガスの基本振動周波数が存在し、この波長を用いた非分散型赤外吸収法(NDIR)によりガス濃度が測定されている。従来の NDIR では、波長バンドパスフィルタと同期検波用チョッパを併用しているが部品点数が多い、機械動作部の故障リスク、測定成分の数だけ検出器が必要といった課題があった。非機械式・高速・波長選択的強度変調が単一光学素子で実現できれば、システムの小型化・安定化・検出レートの向上を期待できる。これまで我々は、広帯域熱輻射光源と組み合わせて利用できる非機械式単一光学素子として、量子井戸のサブバンド間遷移(ISB-T)とフォトニック結晶(PC)を利用した電圧変調型狭帯域バンドパスフィルタを設計・実証<sup>1,2)</sup>し、ガス検出への適用可能性を確認した<sup>3)</sup>。実際のガス検出装置を想定すると複数の成分を同時に検出することが求められる。今回、本フィルタのさらなる高機能化を目指して同一面内で2波長の透過率を独立に変調可能な構造を数値解析により設計したので報告する。

【解析結果】本解析で検討したフィルタ構造は、サブバンド間吸収のエネルギーが異なる2種の GaAs/AlGaAs 量子井戸(MQW)層を含んだ構造とした。第一 n-GaAs 層、第一 MQW 層、p-GaAs 層、第二 MQW 層、第二 n-GaAs 層を積層した薄膜に三角格子もしくは正方格子円孔 PC を導入した構造である(Fig. 1)。中央の p-GaAs をグラウンドとして、第一 n-GaAs 層(第二 n-GaAs)に逆バイアスを印加することで、各 MQW 層の電子密度を独立に制御することができる<sup>4)</sup>。これにより各 MQW 層のサブバンド間吸収の大きさが変調され、2波長の透過率の独立した変調が可能となる。三角格子 PC( $a=4.5\mu\text{m}$ ,  $R=0.25a$ , 孔深さ  $2\mu\text{m}$ )について、MQW1 と 2 の片方に逆方向電圧を印加したときに得られる透過率スペクトルの計算結果を Fig. 2 に示す。1020 $\text{cm}^{-1}$  付近と 1350 $\text{cm}^{-1}$  付近での透過率変調が確認できた。また、別の構造として正方格子による2波長変調も検討した。薄膜の厚みとサブバンド間エネルギーを調節し、PC 構造を  $a=3.5\mu\text{m}$ ,  $R=0.3a$ , 孔深さ  $2.8\mu\text{m}$  とした場合の結果を Fig. 3 に示す。1030 $\text{cm}^{-1}$  付近と 1280 $\text{cm}^{-1}$  付近で変調が得られており、格子形状を変えることで、2波長の波長差を制御できることが分かった。なお、本研究の一部は科研費の支援を受けた。【文献】1) 井上他 2018 秋応物 20a-225B-10. 2) 粟根他 2019 春応物 11p-W631-4. 3) 粟根他 2019 秋応物 a21a-E208-5. 4) 紀他、2016 春応物 21p-S621-14.

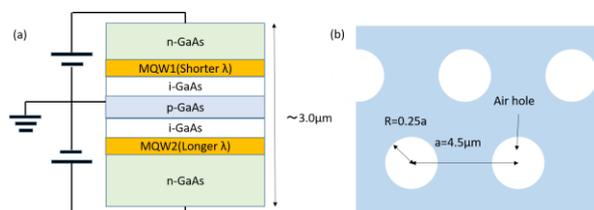


Fig. 1 (a) Cross section of the device. (b) Top view of the designed photonic crystal.

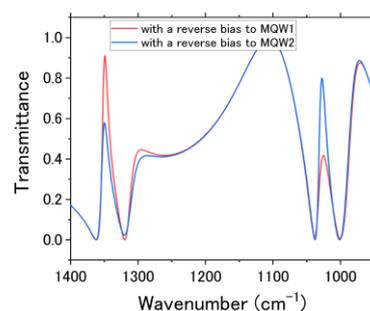


Fig. 2 Calculated transmittance spectra of a designed filter with a triangular-lattice PC.

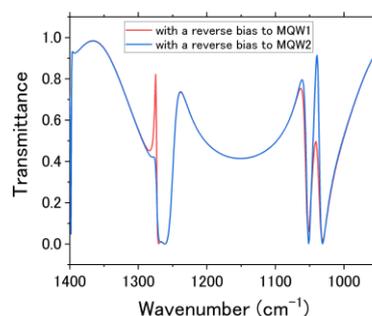


Fig. 3 Calculated transmittance spectra of a designed filter with a square-lattice PC.