

## 電圧変調型中赤外バンドパスフィルタの設計

### Design of electrically controllable mid-infrared band-pass filters

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

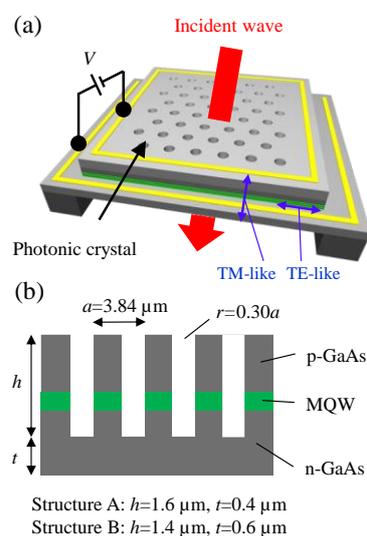
Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Horiba, Ltd.<sup>2</sup>, <sup>°</sup>T. Inoue<sup>1</sup>, Y. Awane<sup>2</sup>, T. Asano<sup>1</sup>, S. Noda<sup>1</sup>

E-mail: t\_inoue@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

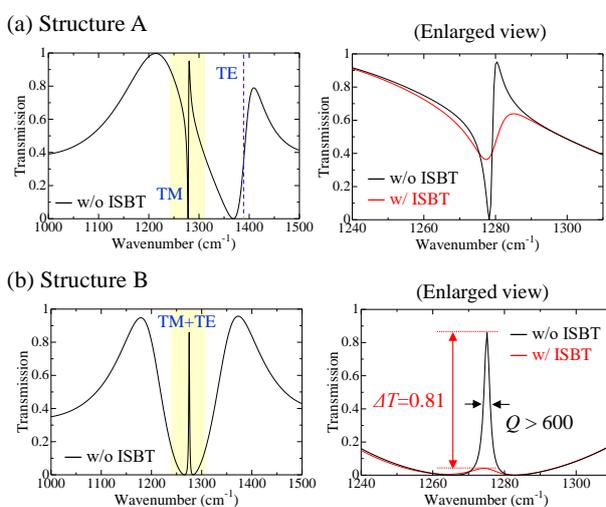
**【序】** 多くの分子の基本振動周波数が存在する中赤外領域は、各種物質のセンシング応用で重要な帯域である。一般的な非分散型赤外(NDIR)センシングでは、広帯域熱輻射光源から目的波長の信号光を生成するために、狭帯域波長フィルタと同期検波用機械式チョッパーを併用しているが、波長選択と強度変調を非機械式の単一光学素子で実現できれば、システムの小型化・安定動作が可能になると期待される。これまで我々は、量子井戸のサブバンド間遷移(ISB-T)とフォトニック結晶(PC)を利用して、熱輻射光源の波長選択と直接変調動作を実証し<sup>1)</sup>、その高温動作化(~500°C)にも最近成功したが<sup>2)</sup>、一般的な広帯域熱輻射光源(動作温度 600~1000°C)と比較するとパワー密度をさらに増大する必要がある。今回、広帯域熱輻射光源と組み合わせて利用できる非機械式の単一光学素子として、電圧変調型中赤外バンドパスフィルタの設計を行ったので報告する。

**【設計】** 検討する電圧変調型中赤外フィルタの模式図を Fig. 1 に示す。本構造は、n-GaAs 層、n 型 GaAs/AlGaAs 多重量子井戸(MQW)層(ISB-T 波数 1270cm<sup>-1</sup>)、p-GaAs 層を積層した薄膜に、三角格子円孔 PC を導入した構造である。本構造の pn 接合に電圧を印加すると、MQW 層の電子密度が変化し、ISB-T 吸収の大きさが変調されるため、PC の透過率スペクトルにも変化が生じる。ただし、一般的な PC の透過率スペクトルにおいては、面内共振モードの共振周波数付近で Fano 共鳴と呼ばれる非対称な透過特性が現れるため、上記の電圧変調による透過率変化も複雑な応答を示すことが予想される。Figure 1(b)の PC の孔深さ( $h$ )と平板厚さ( $t$ )を変化させた 2 種類の構造(A,B)について、ISB-T 吸収が有る場合と無い場合の透過率スペクトルを計算した結果を Fig. 2 に示す。構造 A[図 2(a)]では、ISB-T 吸収が無い場合に PC の面内共振モードの共振周波数(1280cm<sup>-1</sup>)付近

に非対称な形状の透過特性が現れ、ISB-T 吸収の変調による透過率変化(右図)は、その増減の向きが波長により異なる。一方、構造 B[図 2(b)]では、ISB-T 吸収が無い場合にローレンツ型の狭帯域バンドパス特性( $Q > 600$ )となり、ISB-T 吸収の変調により、大きな透過率変調(0.81)が得られた。構造 B でバンドパス特性が得られた理由は、フォトニック結晶の異なる面内共振モード(TM-like 偏光、TE-like 偏光)の共振周波数がほぼ一致し、2つの Fano 共鳴が干渉したためと考えられる<sup>3)</sup>。本研究は科研費の支援を受けた。**【文献】** 1) T. Inoue et al., Nat. Mater. **13**, 928 (2014). 2) Kang 他、本応物. 3) W. Zhou et al., Prog. Quant. Electron **38**, 1 (2014).



**Fig. 1.** (a) Bird's-eye view and (b) cross-sectional view of electrically controllable band-pass filters.



**Fig. 2.** Transmission spectra of the designed filters (A, B) with and without ISB-T absorption.