

電圧変調型中赤外バンドパスフィルタの作製・評価

Fabrication and characterization of electrically controllable mid-infrared band-pass filters

堀場製作所¹, 京大院工² ○栗根悠介¹, 井上卓也², 野田進²

Horiba, Ltd.¹, Kyoto Univ.², ○Y. Awane¹, T. Inoue², S. Noda²

E-mail: yusuke.awane@horiba.com

【序】多くのガスの基本振動周波数が存在する中赤外領域(3~15 μm)は分子の指紋領域と呼ばれ、この波長帯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、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があるという課題や検出レートが数十 Hz 程度までしかないという性能上の限界があった。非機械式で高速にある波長のみの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・検出レートの向上が期待できる。この課題に対して、前回我々は、広帯域熱輻射光源と組み合わせて利用できる非機械式の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提案した。¹⁾今回、上記の電圧変調型フィルタの実証とガス分析への応用可能性を検証するために、フィルタの作製・評価を行った。

【設計・作製】作製した構造は、n-GaAs 層, n 型 GaAs/AlGaAs 多重量子井戸(MQW)層(ISB-T 波数 1000 cm^{-1}), p-GaAs 層を積層した薄膜(Fig.1(a))に、三角格子円孔 PC ($a=4.5\mu\text{m}$, $R=0.25a$, 孔深さ $2\mu\text{m}$)を導入した構造(Fig.1(b))である。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、透過率スペクトルに変化が生じる。NDIR によるガス検出を想定し、 $\text{NH}_3 \cdot \text{SiF}_4$ を含むガス吸収スペクトルが存在し H_2O の吸収が少ない波数 1000 cm^{-1} 付近に変調ピークが現れる構造を設計した。電圧 0V および 10V を印加した場合の垂直入射光に対する透過率スペクトルの計算結果を Fig. 2 に示す。同図(b)に示すように、狭い帯域のみで 40%以上の透過率変調が得られることが期待される。

【評価】作製構造(1.5 mm 角)の垂直入射光に対する透過率スペクトルについて、FTIR を用いて評価を行った。印加電圧を変化させたときの透過率スペクトルの変化を Fig. 3 に示す。波数 1030 cm^{-1} を中心とした単峰で $Q \sim 50$ 程度の透過率変調スペクトルが得られた。得られた透過率変調量(10%程度)は、Fig.2 の計算結果より小さいが、これは MQW の ISB-T 波数(1000 cm^{-1})とフォトニック結晶の共振波数(1030 cm^{-1})が一致していないためであり、両者を一致させることで、さらなる変調量の増大が期待される。詳細は当日報告する。なお、本研究の一部は科研費の支援を受けた。【文献】1) T. Inoue et al., 2018 秋応物 20a-225B-10

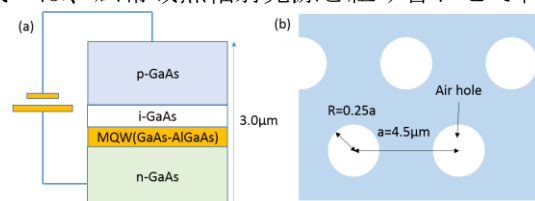
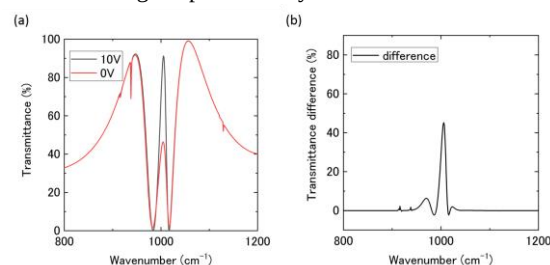


Fig. 1 (a) Cross section of the device. (b) Schematic of the designed photonic crystal structure.



without bias. (b) Difference spectrum.

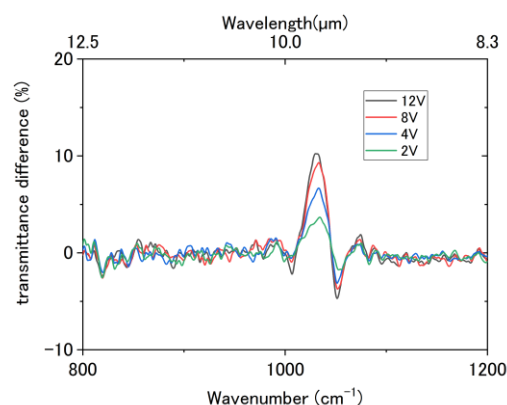


Fig. 3 Measured transmittance change with applied biases.