

狭帯域熱輻射光源の電圧高速変調 —実験的進展—

Electrical high-speed modulation of narrowband thermal emitters -Experimental progress-

京大院工¹, 京大白眉² °井上卓也¹, De Zoysa Menaka^{1,2}, 浅野卓¹, 野田進¹

Kyoto Univ.^{1,2} °T. Inoue¹, M. D. Zoysa^{1,2}, T. Asano¹, and S. Noda¹

E-mail: t_inoue@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】 輻射帯域が狭くかつ高速変調可能な熱輻射光源が実現できれば、高効率赤外センシング・イメージ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とフォトニック結晶(PC)を利用して光源の放射率(吸収率)を制御し、狭帯域($Q \sim 100$)な熱輻射スペクトルを実現してきた¹⁾。また、MQW のサブバンドを占有する電子密度を印加電圧により動的に制御することで、従来の熱輻射光源の応答速度(=光源の熱応答速度)を3桁以上凌駕する周波数 100 kHz(検出器の応答限界)での高速輻射変調動作を実証した²⁾。本講演では、これまでに得られた成果と、最近得られた実験結果(放射率の電圧変調実験・周波数 1MHz での高速変調実験)について総合的な報告を行う。

【実験結果】 作製した光源は、Fig. 1 に示すように、GaAs/AlGaAs からなる p-i-MQW-n 構造に 1.8 mm 四方の三角格子円孔 PC を導入した構造である。本光源の pn 接合に逆バイアスを印加すると、n 型 MQW を占有する電子密度が減少し、サブバンド間光吸収が減少する²⁾。これにより、試料加熱時に PC の共振モードと結合して発生する輻射強度も、印加電圧に依存して大きく変化することが期待される。本光源を 200°C に加熱し、面垂直方向の熱輻射スペクトルを FTIR で測定した結果を Fig. 2 に示す。逆バイアス印加により大きな輻射強度変化が得られ、その差スペクトルは挿入図に示すような単峰・狭帯域($Q=70$)なピークとなった。メインピークの放射率は Fig. 3(a)に示すように電圧印加に伴い 0.74 から 0.24 まで単調に減少した。一方、光源の放射率が変化する際には反射率や透過率もそれに伴って変化することが予想される。実際に反射率測定装置(入射角度 10°)を用いて室温での光源の反射率を測定した結果を Fig. 3(b)に示す。同図より反射スペクトルも電圧により大きく変化することが確認された。なお、放射率と反射率の変化量や周波数が完全には一致しないのは、測定角度および光源温度が異なるためと考えられる。次に、光源への印加電圧を高周波電圧とすることで、熱輻射強度の高速変調実験を行った。今回の測定では、

高速 HgCdTe 赤外検出器 ($f_{3dB}=50$ MHz)およびロックインアンプを用いて正確な光源の変調速度を評価した。測定結果(および計算結果)を Fig. 4 に示す。作製光源の 3 dB カットオフ周波数は 600 kHz であることが判明し、計算結果(1.0 MHz)と良く一致することが確認された。なお、本研究の一部は基盤 S 及び CREST の支援を受けた。

【文献】 1) Inoue *et al*, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 191110 (2013).
2) 井上他, 2014 春季応物 18a-E16-10.

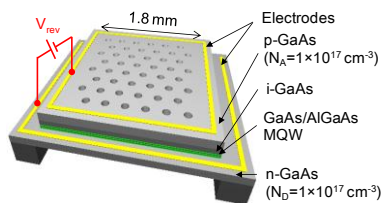


Fig. 1 Schematic of the voltage-controlled thermal emitter.

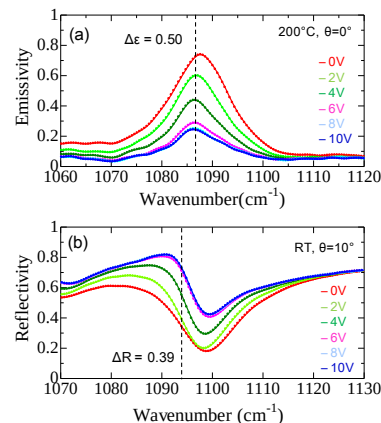


Fig. 3 Voltage dependence of (a) emissivity and (b) reflectivity spectra of the emitter.

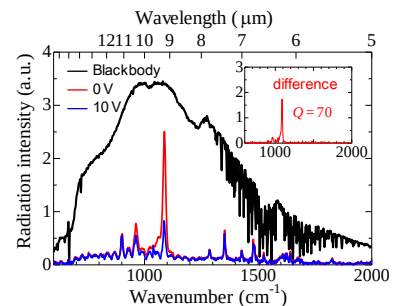


Fig. 2 Thermal radiation spectrum of the fabricated emitter at 200°C with and without reverse bias. Inset shows the difference spectrum.

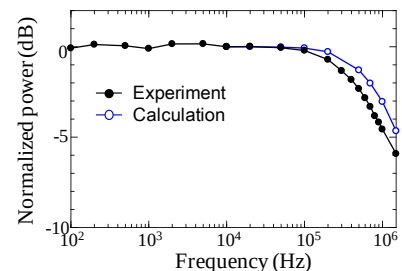


Fig. 4 Measured (black) and calculated (blue) frequency characteristics of the modulated thermal emission power of the emitter.