

# 吸収と放射の $Q$ 値整合による狭帯域・高放射率熱放射スペクトルの実現

## Realization of narrowband thermal emission with high emissivity via $Q$ matching between absorption and radiation

京大院工<sup>1</sup>, 京大白眉<sup>2</sup> °井上卓也<sup>1</sup>, De Zoysa Menaka<sup>1,2</sup>, 浅野卓<sup>1</sup>, 野田進<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1,2</sup> °T. Inoue<sup>1</sup>, M. D. Zoysa<sup>1,2</sup>, T. Asano<sup>1</sup>, and S. Noda<sup>1</sup>

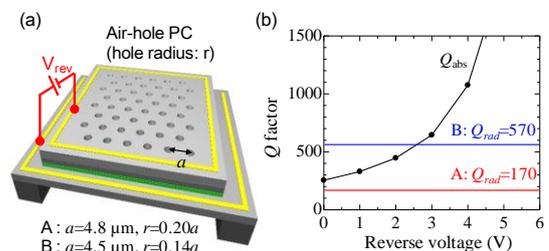
E-mail: [t.inoue@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:t.inoue@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp), [snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp)

**[序]** 我々はこれまで、多重量子井戸(MQW)のサブバンド間遷移を用いた光吸収係数の制御と、フォトニック結晶(PC)を用いた光子状態の制御を組み合わせることで、狭帯域( $Q \sim 100$ )な熱放射ピーク(放射率は 0.4 程度)を実現してきた<sup>1)</sup>。ここで、PC 共振モードの  $Q$  値を決定する要因としては、サブバンド間吸収損失を表す  $Q$  値( $Q_{abs}$ )および PC 共振モードの放射損失を表す  $Q$  値( $Q_{rad}$ )の 2 つが存在し、両者をもとに高い状態で整合させることが狭帯域・高放射率熱放射の実現において重要である<sup>1)</sup>。今回我々は、 $Q_{rad}$  の異なる 2 つの試料において、電圧印加により MQW のサブバンド間吸収( $Q_{abs}$ )を連続的に制御して上記の  $Q$  値整合条件を実験的に検証し、高放射率(0.7)を達成した状態で  $Q$  値 157, また最高で  $Q$  値 209 の超狭帯域熱放射を実現したので報告する。

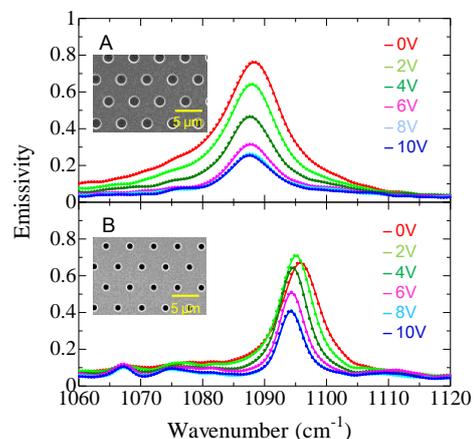
**[実験結果]** 検討した光源は、Fig. 1(a)に示すように、GaAs/AlGaAs からなる p-i-MQW-n 構造に三角格子円孔 PC を導入した構造である<sup>2)</sup>。本光源に逆バイアスを印加すると、n 型 MQW のサブバンドを占有する電子密度が減少し、Fig.1(b)のように  $Q_{abs}$  が増加する<sup>2)</sup>。このときモード結合理論解析によれば、放射スペクトルの  $Q$  値( $Q_{total}$ )は  $Q_{total} = (Q_{abs}^{-1} + Q_{rad}^{-1})^{-1}$  に従って増大し、放射率のピーク値は  $Q_{abs} = Q_{rad}$  のときに最大値を取る<sup>1)</sup>。今回これを実験的に検証するため、空気孔半径の大きさの違いにより設計  $Q_{rad}$  値(Fig. 1(b)の赤線・青線)を調整した 2 つの PC 光源 A / B を作製し、垂直方向に生じる熱放射スペクトル(200°C)の印加電圧依存性を調べた。黒体放射強度で規格化した放射率スペクトルの測定結果を Fig. 2 に、得られたスペクトルの  $Q_{total}$  と放射率の変化を Fig. 3 に示す。両光源において、Fig. 3(a)に示すように印加電圧増加に伴う  $Q_{total}$  の増大が確認され、光源 B では最高  $Q$  値 209 が実現した。また Fig. 3(b)に示すように、光源 A / B はそれぞれ電圧 0 V / 2 V の際に放射率が最大となることが確認された。この結果を Fig.1(b)と比較すると、両光源ともに  $Q_{abs} \sim Q_{rad}$  において放射率が最大値をとることが分かる。これは上述の  $Q$  値整合条件の妥当性を強く示唆する。また光源 B では、上記の印加電圧において、狭線幅( $Q=157$ )と高放射率(0.7)を同時に実現したスペクトルが得られた。詳細は当日発表する。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).

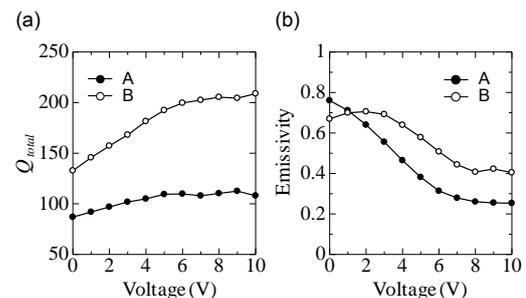
2) 井上他, 2014 春季応物 18a-E16-10.



**Fig. 1** (a) Schematic of the voltage-controlled thermal emitter. (b) Black:  $Q$  factor determined by intersubband absorption ( $Q_{abs}$ ) as a function of reverse bias. Red and blue:  $Q$  factor determined by radiation from the two PC structures ( $Q_{rad}$ ).



**Fig. 2** Emissivity spectra of the fabricated emitters at 200°C as a function of reverse bias.



**Fig. 3** (a)  $Q$  factors and (b) main-peak emissivities of the thermal emission spectra as a function of reverse bias.