

動的熱輻射制御に伴う光源温度及び輻射パワーの過渡応答特性

Transient response of device temperature and radiation power under dynamic thermal emission control

○井上卓也^{1,2}, 浅野卓¹, 野田進¹ (1.京大院工, 2.学振特別研究員 DC)

○T. Inoue^{1,2}, T. Asano¹, S. Noda¹ (1. Kyoto Univ., 2. JSPS Research Fellow)

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、小型・高分解能・高効率な赤外センシ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(ISB-T)と2次元フォトニック結晶(PC)の光共振モードを用いて熱輻射制御を行うことにより、発光スペクトルの狭帯域化(Q 値 >100)¹⁾や電流注入加熱による高効率動作²⁾,さらには輻射強度の電圧高速変調(~ 1 MHz)³⁾を実証してきた。今回、上記熱輻射光源の電圧変調動作に伴う光源温度変化および輻射パワー変化の詳細な検討を行った結果、光源へのエネルギー蓄積に伴い、無変調時よりも大きな熱輻射パワーが一時的に出力され得ることを見出したので報告する。

【原理】 一定入力動作の熱輻射光源の放射率を変調した際に期待される光源温度と入出力パワーの変化を Fig. 1 に示す。初期過程では投入電力(P_{in})によって光源温度が上昇し、輻射パワー(P_{rad})とその他の損失(P_{loss})の和(P_{out})が P_{in} と釣り合う温度で熱平衡状態に達する(I)。ここで、外部制御によって光源の放射率を低下させると(II), P_{in} が P_{out} に対して過剰になるため温度がさらに上昇する(III)。次に放射率を元に戻すと、一時的に初期状態を超える輻射パワーが取り出されると期待される(IV)。以上の動作は、電気回路のブーストコンバータに対応しており、熱輻射ブーストコンバータとも呼べる現象である。

【実験結果】 実験に用いた光源構造の模式図を Fig. 2(a)に示す。本光源は n 型 GaAs 層, n 型 GaAs/AlGaAs 量子井戸層, p 型 GaAs 層をこの順に成長した薄膜に、三角格子円孔 PC を導入した構造である。本構造の pn 接合に逆バイアス V_{rev} を印加すると、n 型 MQW の第一サブバンドの電子密度が減少し、サブバンド間光吸収が減少した結果、光源の放射率が低下する³⁾。作製光源を真空中で電流注入により加熱した際の光源の赤外線写真は Fig. 2(b)となり、pn 接合への電圧印加によって光源の輻射強度が大幅に減少することが確認された。光源への投入電力を一定($P_{in}=1.93$ mW)に制御しつつ、pn 接合へ印加する電圧を周期的に変化させた場合に、赤外線カメラを用いて光源温度変化およびフォトニック結晶の輻射パワー変化を測定した結果を Fig. 3 に示す。逆バイアスを印加すると、瞬時に輻射強度が減少するとともに光源温度が上昇し始め、電圧印加を停止した瞬間に初期状態を超える輻射パワーが得られることを確認した。今後、熱伝導損失や基板部の熱輻射損失(P_{loss})を抑制することで、さらなる輻射パワーの増大が得られることが期待される。本研究の一部は科研費および CREST の支援を受けた。

【文献】 1) Inoue *et al*, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 191110 (2013). 2) 井上他, 2015 春季応物 13p-A10-7.

3) Inoue *et al*, *Nature Mater.* **13**, 928 (2014).

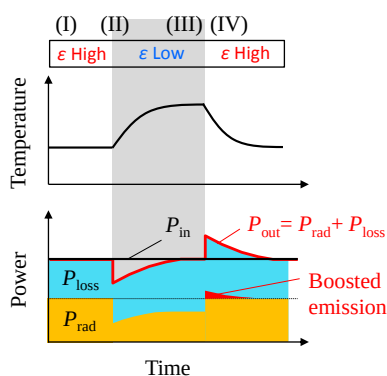


Fig. 1. Expected transient response of device temperature and radiation power under dynamic thermal emission control.

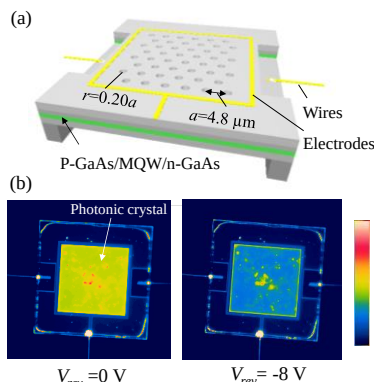


Fig. 2. (a) Schematic and (b) infrared camera image of the fabricated emitter.

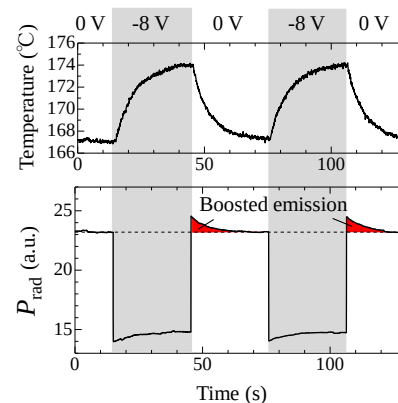


Fig. 3. Measured transient response of the device temperature and radiation power.