

GaN/AlGaN フォトニック結晶熱輻射光源の高速変調の実証

Demonstration of high-speed modulation of GaN/AlGaN photonic crystal thermal emitters

°Kang Daniel Dongyeon, 井上 卓也, 浅野 卓, 野田 進 (京大院工)

°D. Kang, T. Inoue, T. Asano, and S. Noda (Kyoto Univ.)

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

【序】高速変調可能な狭帯域熱輻射光源は、光吸収による物質検出システムの小型・低消費電力化・性能向上を可能にするデバイスとして期待されている。我々はこれまで、GaAs系 n 型多重量子井戸 (MQW) と 2 次元フォトニック結晶 (2D-PC) を組み合わせ、長波長赤外線領域において上述の光源を実現している¹⁾。さらに波長可変性・高温耐熱性がより優れた GaN 系 MQW を利用した中波長赤外線熱輻射光源の開発も行い、700°C 動作で波長 4 μm で狭帯域 (Q~100) な熱輻射ピークを実現する²⁾とともに、光源温度変化を用いない電圧変調動作のための光源設計および室温での反射率変調動作を報告した³⁾。今回、上記光源の 500°C での電圧印加による高速熱輻射変調動作をはじめて実証したので報告する。

【作製】作製した熱輻射光源の顕微鏡像と模式図を Fig. 1(a) に示す。本光源は、波長 4.2 μm でサブバンド間吸収を示す n-GaN (3nm, Si: $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) / Al_{0.4}Ga_{0.6}N (3nm) MQW (10 層) を、電圧制御のための p-i-n 接合内部に積層し、そこに三角格子 PC スラブ (格子定数 3 μm, 孔半径 0.63 μm) を導入した構造である。本構造では、PC スラブのバンド端共鳴モードが MQW 層のサブバンド間吸収と結合し、狭帯域かつ面垂直方向の熱輻射が生成される。また、pn 接合への電圧印加により、MQW 層の電子密度 (= サブバンド間吸収の大きさ) を制御できるので、上記の狭帯域な放射率の制御が可能となり、光源温度の変調速度限界に律速されない高速変調が実現出来る。

【評価】作製光源を外部ヒータを用いて 500°C に加熱し、pn 接合への印加電圧 (DC) を変化させながら、面垂直方向の放射率スペクトルを FTIR を用いて測定した。Figure 1(b) に電圧印加 (+2V ~ -30V) による放射率スペクトルの変化を示す (基準を印加電圧 0V のスペクトルとし、そこからの差分を示している)。同図から、波長 4.1 μm (波数 2430 cm⁻¹) 付近の狭い帯域 (Q~40) において、大きなスペクトルの変化が生じていることが分かる。これは PC の共振モードとサブバンド間遷移に由来するピークであり、MQW 層の電子密度を介した電圧制御が実現出来ていることを示す。放射率変化の大きさ Δε は、制御電圧 +2 V から -30 V で 0.15 であるが、構造最適化で 0.4 程度まで改善可能である。さらに、別途作製した電圧変調型熱輻射光源に対して、正弦波電圧 (+5V ~ -20V) を印加し、HgCdTe 検出器とロックインアンプを用いた同期検出を行うことで、変調パワーの周波数特性を測定した結果を Fig. 1(c) に示す。同図より、本光源の 3dB カットオフ周波数は約 50 kHz であることが判明し、中波長赤外線領域における高速な熱輻射変調動作の実証に初めて成功した。詳細は当日報告する。本研究の一部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 et al., *Appl. Phys. Lett.* **110**, 181109 (2017). ³⁾ Kang et al., 第 65 回春応物, 20a-P3-2 (2018).

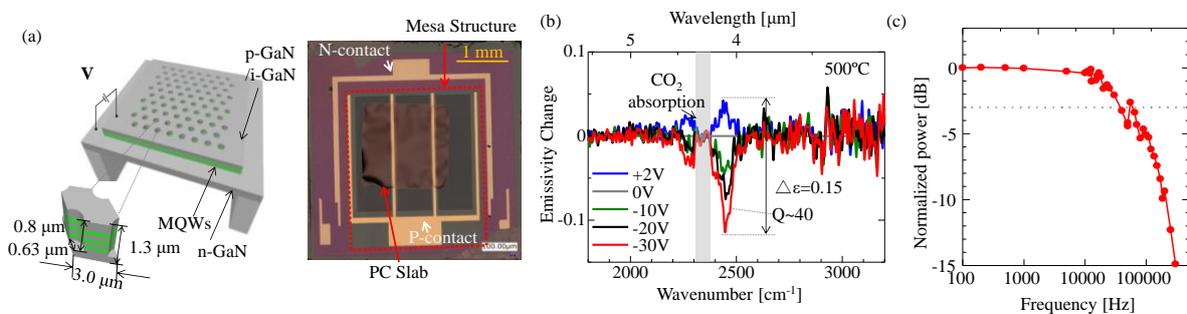


Fig. 1 (a) Schematic and microscope image of the fabricated thermal emitter consisting of an air-hole-type triangular-lattice GaN/AlGaN photonic crystal. (b) Difference between the emissivity spectrum measured at 500°C without bias and that with non-zero bias. (c) Frequency response of the fabricated emitter.