GaN/AlGaN 多重量子井戸とフォトニック結晶に基づく中波長赤外熱輻射光源の開発
MWIR Thermal Emitters Based on GaN/AlGaN Quantum Wells and Photonic Crystals

○Kang Daniel Dongyeon [1]、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)
○D. Kang[1], T. Inoue[1,2], T. Asano[1], and S. Noda[1] (1. Kyoto Univ. 2. JSPS Research Fellow)
E-mail: kang@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】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・低消費電力化を可能にするデバイスとして期待されている。特に CO_2・N_2O 等の気体や多くの有機化合物は, 3~8 μm 帯の中波長赤外線領域(Middle-Wavelength Infrared: MWIR)において固有の狭帯域な吸収線を示すため、この波長域で動作する狭帯域熱輻射光源の開発は重要である。これまでに、我々は GaAs/AlGaAs 多重量子井戸(MQW)のサブバンド間遷移(ISBT)とフォトニック結晶構造を用いた電子状態と光子状態の同時制御によって、8 μm 以上の波長領域で狭帯域熱輻射光源の実証に成功している [1,2)]。しかし、GaAs 系の熱輻射光源は熱的安定性の観点から 400℃以上での動作が困難であり、そのため中波長赤外領域において十分な輻射パワーを得ることが難しい。今回我々は、より高温での動作を目指して GaN/AlGaN MQW を用いた狭帯域熱輻射光源を作製し、動作温度 600℃において中心波長 4 μm の狭帯域熱輻射ピークを発生させることに成功したので報告する。

【実験結果】Si 上に成長させた n 型 GaN(3 nm)/$Al_{0.4}Ga_{0.6}N$(3 nm) MQW 50 周期を含む GaN 層(総厚 1.8 μm)に円柱型正方格子フォトニック結晶構造を導入した熱輻射光源の模式図を Fig. 1(a)に示す。この MQW は Fig. 1 (b)に示すように、波数 2434cm^{-1} (波長 4.1 μm）において吸収係数 1000cm^{-1} に相当する ISBT 吸収をもつ。フォトニック結晶の格子定数(a=3.0 μm)と円柱半径(r_1=0.224a, r_2=0.2a)は、フォトニック結晶の TM-like バンド端共振モードの共振周波数が ISBT による吸収ピークの周波数と一致し、かつ共振モードにおける自由空間への放射と ISBT による吸収の大きさが整合するように設計されており、これによって高放射率な輻射スペクトルが得られる [3)]。作製した GaN/AlGaN 熱輻射光源の SEM 像および 600℃に加熱して測定した時の輻射強度スペクトルを Fig. 2 に表す。波数 2501cm^{-1} に共振モードに由来する狭帯域(Q = 93)熱輻射ピークが存在し、これは Fig. 2 の右挿入図の計算結果とよく一致した。このとき、200℃で動作する 10 μm 帯域の GaAs 系狭帯域熱輻射光源と比べ、8 倍以上大きい輻射パワーが得られている。また、測定された放射率は 45%であり、ISBT による吸収の増大と作製精度の向上により更に改善できると期待される。なお、本研究の一部は科研費および CREST の支援を受けた。

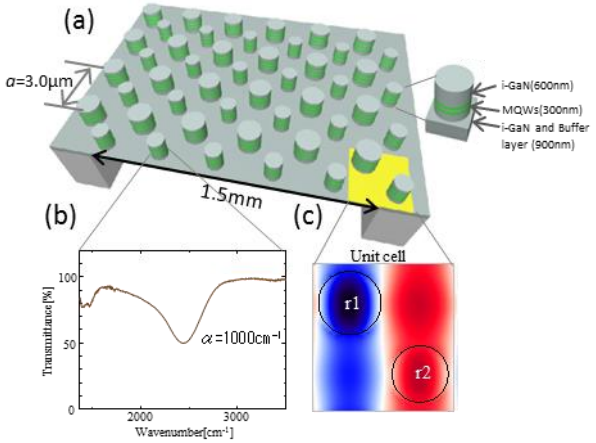

Fig. 1 (a) Schematic image of the designed GaN/AlGaN thermal emitter. (b) Absorption spectrum of the MQWs. (c) Calculated E_x-field distribution of the band-edge resonant mode in the slab.

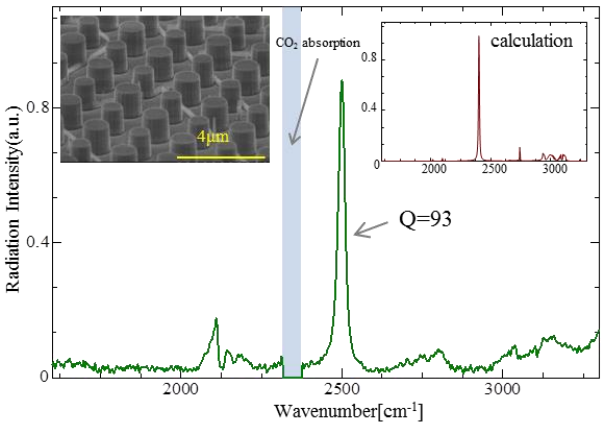

Fig. 2 Measured thermal radiation intensity of the fabricated thermal emitter. The left inset shows the SEM image of the fabricated rod structure. The right inset shows the calculated radiation intensity spectrum.

【参考文献】1) M. D. Zoysa *et al.*, Nature Photon. **6**, 535 (2012). 2) T. Inoue *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 191110 (2013). 3) T. Inoue *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **30**, 165 (2013).

© 2016年 応用物理学会