

量子ドットを含む直列ヘテロ接合型フォトニック結晶導波路 における多波長発光増強と光伝搬特性の評価

Multi-wavelength enhanced emission and propagation in a heterojunction photonic crystal waveguide including InAs quantum dots

○内田 翔¹、尾崎 信彦¹、小田 久哉²、池田 直樹³、杉本 喜正³

(1. 和歌山大シス工、2. 千歳科技大、3. 物材機構)

○Sho Uchida¹, Nobuhiko Ozaki¹, Hisaya Oda², Naoki Ikeda³, Yoshimasa Sugimoto³

(1. Wakayama Univ., 2. Chitose Inst. Sci. Technol., 3. NIMS)

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】光通信技術分野やバイオイメージングなどの分野において近赤外多波長光源が広く用いられており、その光源デバイスの小型集積化は、システムの高速、低消費電力化や、イメージングにおける面内分解能の向上など様々なメリットをもたらす。そこで我々は、フォトニック結晶導波路(PC-WG)と自己組織化 InAs 量子ドット(QD)による、超小型の近赤外多波長光源を提案している[1]。本光源は、PC-WG 内に近赤外広帯域発光を示す QD を埋め込み、PC-WG モード内の低群速度領域に共鳴する発光が顕著に増強される現象(パーセル効果)を利用する[2]。PC の構造パラメータ(FF: filling factor)を制御することで、広帯域な QD 発光のうち所望の波長での狭帯域な発光増強が得られるため、FF の異なる PC を同一の導波路を介して集積化すれば、多波長の増強発光が1つの出射端から得られる。今回、この提案光源の動作実証のため、直列ヘテロ接合型の PC-WG(Ht-PC-WG)の光学評価を行い、複数波長の増幅光出射が実際に得られるかを検証した。

【実験手法】分子線エピタキシー法により GaAs 基板上に AlGaAs/GaAs 薄膜をエピタキシャル成長し、GaAs 薄膜(厚さ 240nm)内に中心波長の異なる InAs-QD 層を4層積層した。電子線リソグラフィとドライエッチングにより、FF の異なる PC を同一の導波路を介して連結した Ht-PC-WG を作製した。格子定数 $a = 327 \text{ nm}$ に対し、FF (r/a) = 0.31, 0.33 とした。Ht-PC-WG の透過光スペクトル測定を行い、導波路モード帯域を確認した後、各 FF の PC-WG を上方から He-Ne レーザーにて光励起し、発生した PL を Ht-PC-WG の出射端にて対物レンズを用いて集光し、スペクトル測定を行った。

【実験結果】Fig. 1(a)に Ht-PC-WG の透過光スペクトル(赤線)を示す。透過帯域は、別に取得した FF=0.31, 0.33 の各 PC-WG の透過光スペクトル(それぞれ黒点線、黒実線)の重なりと一致しており、ヘテロ接合型導波路が形成されていることを示している。次に、PL 測定結果を Fig. 1(b)に示す。赤色のスペクトルは出射端に近い FF=0.31 領域を He-Ne レーザーで励起した場合、青色のスペクトルは FF=0.33 領域を励起した場合を示している。それぞれのスペクトルには QD の広帯域発光の一部が顕著に増強された発光ピークが見られ、各ピーク波長が Fig.1(a)で得られた各 FF 領域の導波路モード帯域端の波長とよく一致している。この結果は、各 FF 領域の導波路モード端でのパーセル効果による増強発光が、単一の導波路を介して取り出せたことを示しており、我々が提案する近赤外多波長光源の動作原理が実証された。

【謝辞】本研究は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工 PF)、(公財)村田学術振興財団の支援を受けて実施されました。

[1] 内田 翔 他、2016 年春季応用物理学会 20p-P4-11

[2] H. Oda, et al., AIP Adv. 6, 065215 (2016).

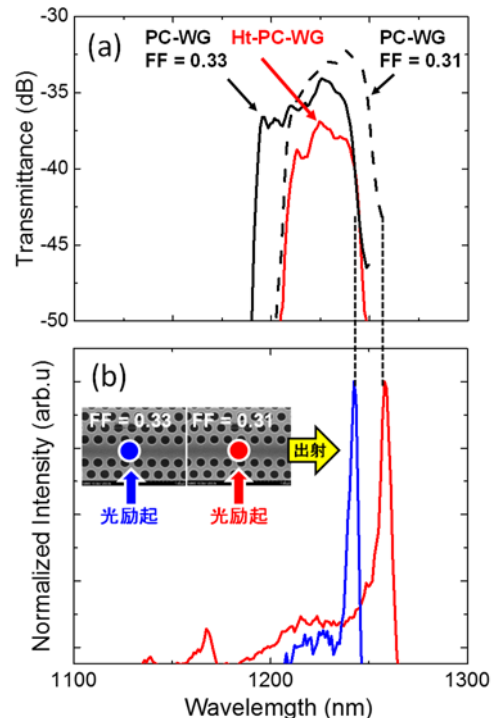


Fig. 1 (a) Transmittance spectra obtained from Ht-PC-WG (red) and homogenous PC-WGs with FF=0.33 (black solid line) and FF=0.31 (black dashed line). (b) SEM images of a fabricated Ht-PC-WG (inset) and PL spectra obtained from an output port with photoexcitation at regions with FF=0.33 (blue) and FF=0.31 (red).