Eu 添加 GaN を用いた選択成長によって形成した 半極性面上における InGaN/GaN 多重量子井戸の発光特性

Luminescent properties of InGaN/GaN multiple quantum wells on semipolar facets formed using selective-area growth of Eu-doped GaN

阪大院工 [○]児島 貴徳, 高野翔太, 長谷川亮介, Dolf Timmerman, 小泉淳, 藤原康文 京大院工 船戸充, 川上養一

Osaka Univ., T. Kojima, S. Takano, R. Hasegawa, D. Timmerman, A. Koizumi, and Y. Fujiwara Kyoto Univ., M. Funato, and Y. Kawakami

E-mail: tkojima@mat.eng.osaka-u.ac.jp

【序】InGaN/GaN 量子井戸を活性層とする発光ダイオードの発光効率向上のために,従来の(0001) 面GaN上よりも小さな内部電界をもつ半極性面上に活性層を形成することが有効であることが知 られている^{1,2)}. 我々は(0001)面GaN上での有機金属気相成長法(OMVPE)を用いた選択成長におい て,出現する面をGaN層に添加するEuの量で制御できることを見いだした³⁾.本報告では,こ のEu添加GaNを用いた選択成長によって形成した半極性{2201}面上にInGaN/GaN多重量子井戸 を形成し,発光特性を評価した結果について述べる.

【<u>試料</u>】(0001)面 GaN 上に SiO₂を用いてストライプ状のマスク(開口幅 5 μm, マスク幅 5 μm)を形成して, OMVPE 法を用いて Eu 添加 GaN の選択成長を行った. Eu の添加量は{2201}面が形成されるような 条件を選んだ. この{2201}面上に, InGaN/GaN 多重量子井戸(5 層)を成長させた.

【<u>実験</u>】量子井戸の発光特性を,室温におけるカソードルミネッセンス(CL)と,極低温における時間分解フォトルミネッセンス(TR-PL)によって評価した. CL 測定においては観測波長を変化させながら発光強度の面内分布を測定した. TR-PL 測定では波長 740 nm の Ti:Sapphire パルスレーザの2倍高調波(370 nm)を励起光とし,ストリークカメラで発光減衰曲線を測定した.

【結果】図1は試料断面の走査型電子顕微鏡(SEM)画像および表面 SEM 画像と,様々な観測波長で 取得した CL マッピングの結果である. ピーク波長は構造の谷底に近づくにつれて短波化した. 透過型電子顕微鏡による構造評価で, In 組成が場所にほとんど依存しないこと,井戸幅が構造の 谷底に近づくにつれてわずかに薄くなることが分かっており,波長の変化はこの井戸幅の場所依 存性を反映しているものと考えられる. TR-PL によって得られた発光寿命の波長依存性を図2に 示す. 前述のように発光波長は構造中における位置に依存し,短波長側は構造の谷底,長波長側 は構造の頂上に近い側であることを意味する. 減衰曲線を指数関数でフィッティングして得られ た発光寿命は112-314 ps であった. (0001)面 GaN 上の InGaN/GaN 量子井戸の寿命は典型的には ns のオーダーであり⁴⁰, Eu 添加 GaN を用いて形成した半極性面上において,量子井戸の発光寿 命が顕著に短くなった.

【謝辞】本研究の一部は,科研費・基盤研究(S)(No. 24226009)の支援を受けた.

【文献】 1) S-H. Park, "Crystal orientation effects on electronic properties of wurtzite InGaN/GaN quantum wells", J. Appl. Phys. **91** 9904 (2002).

2) M. Funato et al., "Semipolar $\{nn01\}$ InGaN/GaN ridge quantum wells (n=1-3) fabricated by a regrowth technique", Appl. Phys. Lett. **100** 162107 (2012).

3) A. Koizumi et al., "Controlled Formation of Semipolar {nn01} GaN Facets by Eu Doping in Organo-metallic Vapor Phase Epitaxy", 2013 JSAP-MRS Joint Symposia 16p-PM1-28 (2013).

4) S.F. Chichibu et al., "Optical properties of InGaN quantum wells", Mater. Sci. and Eng. B 59, 298(1999).



SEM 380 400 420 440 460 480 500 (nm) 図 1 (a) 断面 SEM 画像, (b)表面 SEM 画 像と, 様々な観測波長における CL マッ ピング画像.



図 2 (a) PL スペクトルおよび発光寿命の波長依存 性と, (b)各波長における減衰曲線.