バイオナノテンプレートマスクと中性粒子ビームを用いた GaAs 量子ナノピラーの発光再結合過程

Radiative Recombination for GaAs Quantum Nanopillar by Using Biotemplate mask and Neutral Beam Etching

⁰大堀 大介¹、近藤 清文¹、トーマス セドリック²、肥後 昭男³、寒川 誠二²、碇 哲雄¹、 福山 敦彦¹(1.宮崎大学工、2.東北大学流体研、3.東北大 WPI-AIMR)

^oDaisuke Ohori¹, Kiyofumi Kondo¹, Cedric Thomas², Akio Higo³, Seiji Samukawa², Tetsuo Ikari¹,

and Atsuhiko Fukuyama¹

(1.Univ. of Miyazaki, 2.IFS, Tohoku Univ., 3.WPI-AIMR, Tohoku Univ.)

E-mail: nc14002@student.miyazaki-u.ac.jp, a-fukuyama@cc.miyazaki-u.ac.jp

【はじめに】

近年、III-V 化合物半導体の量子ナノワイヤ・ 量子ドットデバイスが注目されている。従来の トップダウンプロセスを用いた作製法では、サ イズを小さく出来ないため大きさが数十 nm 以 数の PL ピークが確認された。そこで、透過型 上あり、かつ高密度に均一加工することが難し い。さらに、プラズマ加工時に与えられる紫外 線ダメージにより量子ドットからの発光が無く なる。そこで我々は、バイオナノテンプレート マスクと中性粒子ビームを用いた超低損傷トッ プダウンプロセス[1,2]を用いて、高密度かつ20 nm 以下のディスク状量子ドット (ナノディス ク:ND) が含まれた、ナノピラー (NP) を形成 することに成功した[3]。本研究では、このトッ プダウンプロセスを用いて作製した NP 中の NDs からの発光再結合過程をフォトルミネッセ ンス (PL) 法を用いて調べた。

【実験方法・結果・考察】

NP 作製の出発構造として、8 nm の GaAs 井戸 層と12 nmの AlGaAs 障壁層を交互に6スタッ クした多重量子井戸構造 (MOW) を用意した。 NP 試料は、これに超低損傷トップダウンプロセ スを用いて直径 20nm 以下になるように加工し た。また、比較用として NP 加工する前の MQW 試料も用意した。PL 法では、励起光に半導体レ ーザー: 473nm、検出器に光電子増倍管を用いて 16Kで測定を行った。PL測定の結果、MQW試 料では 1.55 eV 付近に強い信号が得られた。一 方、NP 試料は 1.57~1.64 eV にかけて複数の PL ピークが観測できた。これらのピークが量子準

位によるものかを確認するために、COMSOL を 用いてシミュレーションを行ったところ、MQW 試料に対する計算値は 1.55 eV となり実験結果 と非常に良く一致した。一方、NP 試料からは複 電子顕微鏡 (TEM) 観察を行ったところ、NPの 先端から底部にかけて、直径が約7 nm~22 nm と広がりがあることがわかった(Fig. 1)。このND の直径の違いを COMSOL で再現させたところ、 観測された複数の PL ピークが直径の異なる複 数の量子準位からの発光によることの確認がで きた。以上の結果から、我々は超低損傷トップ ダウンプロセスを通して NP 中の ND の量子準 位の発光を確認することに成功した。



Fig. 1: TEM picture of GaAs/AlGaAs nanopillar 【参考文献】

[1] I. Yamashita, Thin Solid Films, 393 (2001) 12-18.

- [2] S. Samukawa, Appl. Surf. Sci., 253 (2007) 6681-6689.
- [3] Y. Tamura, et al., Nanotechnology, 24 (2013) 285301