位置制御 GaN ナノワイヤ量子ドットの巨大励起子分子束縛エネルギー

Large biexciton binding energy of site-controlled GaN nanowire quantum dots

○崔 琦鉉 [1]，M. Holmes[1]，加古 敏 [2]，有田 宗貴 [1]，荒川 泰彦 [1, 2] (1.東大ナノ量子機構，2.東大生研)

○K. Choi[1], M. Holmes[1], S. Kako[2], M. Arita[1], Y. Arakawa[1, 2] (1.NanoQuine, 2.IIS, Univ. of Tokyo)

E-mail: kh-choi@iis.u-tokyo.ac.jp

強い量子閉じ込め効果を有する GaN 量子ドットは、室温動作が可能な単一光子発生源として有望である[1]。高効率な単一光子発生のためには励起子と励起子分子の発光ピークがスペクトル上で十分に分離している、すなわち励起子分子束縛エネルギーが大きい必要がある。ナノワイヤ量子ドット構造を用いれば、従来の SK(Stranski-Krastanow)成長量子ドットに比べて小さいサイズのドットが形成できるため、励起子分子束縛エネルギーの増大が期待できる[2]。我々はナノワイヤ内 GaN 量子ドットから 60.4 meV に及ぶ非常に大きい励起子分子束縛エネルギーを観測したので報告する。

MOCVD 法により形成した位置制御 AlGaN/GaN ナノワイヤの先端部には直径約 10 nm，高さ約 1 nm の GaN 量子ドットが挿入されている(Fig.1(a, b))[3]。低温顕微 PL(パルス 266 nm, 80 MHz)により測定した単一ドットの発光スペクトルを Fig.1(c)に示す。励起パワー密度の上昇に伴い励起子の発光ピーク X の低エネルギー側において新たな発光ピーク(XX)が現れており、その発光強度が励起密度に対して 2 乗に比例して増大することから XX は励起子分子による発光であることがわかった。励起子分子の束縛エネルギー(B_{XX})は 60.4 meV であり、これまでの報告値と比べると励起子の発光エネルギーが大きくなるにつれ負から正の値にわたり増大する傾向に従う(Fig.1(d))。この巨大な B_{XX} は低いアスペクト比(~0.1)をもつ小さい GaN 量子ドットにおけるクーロン相互作用と正孔間交換相互作用の増大[4]や内部電界効果の抑制に起因するものであると考えられる。

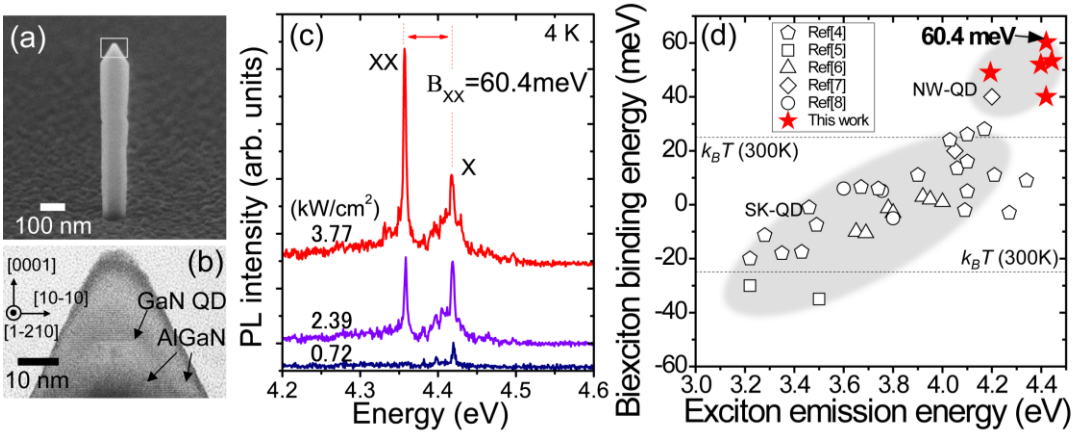

Fig.1 (a) SEM and (b) TEM images of a GaN/AlGaN nanowire containing a single GaN QD (c) PL spectra at excitation powers of 0.72, 2.39, and 3.77 kW/cm^2. (d) Reported values in the literature of the biexciton binding energy versus exciton emission energy for polar GaN QDs.

謝辞:本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業及び最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。

参考文献[1] M. Holmes et al., Nano Lett. 14, 982 (2014). [2] K. Choi et al., Appl. Phys. Lett. 103, 171907 (2013). [3] K. Choi et al., J. Cryst. Growth 370, 328 (2013). [4] G. Hönig et al., Nat. Commun. 5, 5721 (2014). [5] S. Kako et al., Nature Mater. 5, 887 (2006). [6] J. Renard, et al., Nano Lett. 8, 2092 (2008). [7] D. Simeonov et al., Phys. Rev. B 77, 075306 (2008). [8] S. Amloy, et al., Appl. Phys. Lett. 99, 251903 (2011).

© 2015年 応用物理学会