

逆ピラミッド型 III 族窒化物半導体量子ドットの検討

Considerations of inverted pyramid III-nitride QDs

東大生研¹, 東大ナノ量子機構² °ホームズ マーク¹, 荒川泰彦^{1,2}

UTokyo IIS¹, NanoQUINE², °Mark Holmes¹, Yasuhiko Arakawa^{1,2}

E-mail: holmes@iis.u-tokyo.ac.jp

III 族窒化物半導体量子ドットは、量子閉じ込めが強いため、高温で動作する単一光子源の材料として有望である[1-3]。しかしながら、他の材料でできた量子ナノ構造と同じように、温度が上がるにつれて、フォノンとの相互作用によって、フォノン起因ディフェージング[4]のレートが上がるという問題がある。通常の GaN 量子ドット（六角錐台形あるいはディスク型）では、正孔は主に歪みポテンシャルによって閉じ込められるため[5]、正孔の基底状態とその第一励起状態のエネルギー間隔は約 10meV 程度であり、上記の相互作用過程が起こりやすいと考えられる。フォノン起因過程を抑えるため、正孔状態のエネルギー間隔を上げることが望ましいと考えられる。本

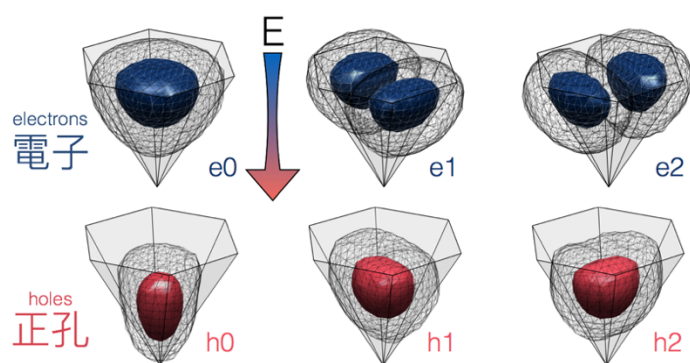


Figure 1. Calculated density functions (8 band k.p) for the ground states (e0,h0) and first two excited states (e1,e2,h1,h2) of electrons/holes confined in an inverted pyramid GaN/AlGaIn quantum dot. The energy spacing between the ground- and first excited- hole states is calculated to be ~100meV for this geometry, leading to a possible increased resilience to thermalization compared to typical GaN dots.

発表では、温度に対する強いドットの実現に向けて、このエネルギー間隔を上げる方法の一つの候補として、逆ピラミッド型 GaN 量子ドットを検討する。図 1 は、逆ピラミッド型 GaN・AlGaIn 量子ドットの幾何、及びその 8 バンド k・p 法を用いて計算した電子・正孔の密度関数（青：電子、赤：正孔）を示す。

III 族窒化物に於けるよく知られている特徴であるピエゾ・自発分極内部電界の影響によって、量子閉じ込め Stark 効果が生じ、電子と正孔は空間的に分離する。従って、本構造では、正孔が横の

寸法が狭い部分に分離し、より強い量子閉じ込めを受けることにより、エネルギー間隔が増大する。計算の結果により、このような III 族窒化物量子ドットは、h0 と h1 状態のエネルギー間隔が 100meV 程度になり、フォノン起因ディフェージングなどに強いことが期待できる。

謝辞：本研究は文部科学省卓越研究員事業、及び科研費特別推進研究(15H05700)により遂行された。**参考文献：**[1] S. Kako, C. Santori, K. Hoshino, S. Gotzinger, Y. Yamamoto and Y. Arakawa. *Nature Mater.* **5** 887 (2006). [2] M. J. Holmes, S. Kako, K. Choi, M. Arita, and Y. Arakawa. *ACS Photonics*, **3** 543 (2016). [3] M. J. Holmes, K. Choi, S. Kako, M. Arita, and Y. Arakawa. *Nano Lett.*, **14** 982 (2014). [4] P. Borri, W. Langbein, S. Schneider, U. Woggon, R. L. Sellin, D. Ouyang, and D. Bimberg. *Phys. Rev. Lett.* **87** 157401 (2001). [5] A. D. Andreev & E. P. O'Reilly. *Phys. Rev. B.* **62** 15851 (2000).