GaN 量子ドットにおけるスペクトル拡散のシミュレーション Simulation of spectral diffusion in gallium nitride quantum dots

東大生研¹, 東大ナノ量子機構²,⁰(B)浅井 翼¹, 荒川 泰彦², ホームズ・マーク¹

IIS Univ. of Tokyo¹, NanoQuine, Univ. of Tokyo², °T. Asai¹, Y. Arakawa², M. Holmes¹

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

近年、量子コンピュータや量子暗号通信が新 たな情報通信技術として注目を集めている。こ れらの技術の実現のために、識別不可能な光子 の生成など、より高性能な単一光子源の開発が 必要である[1,2]。単一光子源の1つであるⅢ族 窒化物半導体量子ドットは、高温動作や広い波 長帯での発光などの特長を有しているが、識別 不能な光子の生成は未だ実現されていない[3]。 これは、スペクトル拡散の影響を強く受けるた めである。スペクトル拡散は量子ドット内の励 起子と周囲の欠陥準位等にランダムに捕獲さ れた電荷とのクーロン相互作用により生じる 励起子エネルギー(発生する光子エネルギーに 対応)の変化に起因する。この現象を説明する ために、我々は、外部電界 F がある場合の励起 子エネルギーの変化AEを、量子ドット内の励 起子が作る電気双極子モーメントµを用いて $\Delta E = \mu \cdot F$ と見積もった[4]。ただし、この近似 式は、Fがビルトイン電場の強度に比して十分 小さく、またµとほぼ同一方向である場合にの み適用可能である。実際この式では、面内の電

荷の影響で発光線幅が広がった実験結果[5]は 説明できない。

本報告では、GaN/AlGaN 量子ドットにおけ るスペクトル拡散の現象をより深く理解する ために、結晶の歪み、ポアソン方程式、シュレ ディンガー方程式の順に計算を行い、量子ドッ トの周囲に電荷がある場合の励起子エネルギ ーの変化を求めた結果について述べる。具体的 な計算は nextnano[6]を用いた。

Fig.1 に量子ドットの上下と真横に電子があ る場合、それぞれの計算結果を示す。(i)は量子 ドットと電子による電界の概念図を、(ii)に上 下に電子がある場合の結果を、(iii)に電子が真 横にある場合の結果を示す。(ii)より、**4E=µ・** Fの近似式が Fとµが並行である場合には有効 であることを示している。一方、(iii)から、面 内電荷のよるスペクトル拡散については、今回 の計算が不可欠であることが明らかになった。 詳細は講演で報告する。

謝辞:本研究は文部科学省の卓越研究員制度に



Fig. 1.(i) Schematic of a GaN quantum dot and electric field F due to an external charge. (ii) Calculated shift in the QD emission energy the when the external charge is directly above/below the QD. (iii) Calculated energy shift when the external charge is in the Z=0 plane.

参考文献

[1] Y. Arakawa and M.J. Holmes, Appl. Phys. Rev. 7, 021309 (2020).

[2] J. L. O'Brien, Science 318, 1567 (2007).

[3] M. Holmes, et al., Semicond. Sci. Technol. 34, 033001 (2019).

[4] M. Holmes, et al., Phys. Rev. B 92, 115447 (2015).

より遂行されている。

[5] K. Gao, et al., *Appl. Phys. Lett.* 114, 112109 (2019).
[6] https://www.nextnano.de/