AlGaN 系量子井戸構造における励起子発光線幅に対する混晶組成揺らぎおよび界面揺らぎの影響

Effects of compositional and interfacial fluctuations on exciton linewidth in AlGaN-based quantum well structure

徳山高専 [1] 山口大院・創成科学 [2] 野坂峻大 [1] ○室谷英彰 [1] 山田陽一 [2]
NIT, Tokuyama College[1] Yamaguchi Univ.[2] S. Nosaka,[1] ○H. Murotani,[1] and Y. Yamada[2]
E-mail: murotani@tokuyama.ac.jp

混晶半導体において励起子体積内の混晶組成比の統計的な揺らぎによる励起子発光線幅のブロードニング（アロイブロードニング）が生じることが知られている。特に，AlGaN 系半導体においては励起子ボーア半径が小さいためその影響が顕著である。また，AlGaN 系量子井戸構造においては，アロイブロードニングに加えて，井戸層幅の揺らぎおよび内部電界が励起子発光線幅に影響を与える。本研究では，AlGaN 系量子井戸構造において，混晶組成揺らぎおよび界面揺らぎが励起子発光線幅に及ぼす影響を量子閉じ込め効果および内部電界の影響を考慮して理論計算によって評価したので報告する。

計算の対象は AlN 基板上にコヒーレントに成長された $Al_{1-x}Ga_xN$/AlN 量子井戸構造とした。この構造において，励起子の包絡関数を導出し，励起子体積内の混晶組成比および井戸幅の統計的な揺らぎから励起子発光線幅を導出した。

図 1 は，励起子の面内方向の空間的な拡がり a_{ex} の Ga 組成比および井戸幅依存性を示している。a_{ex} は Ga 組成比の増大に伴い増大しており、井戸幅の増大に対しても増大していることが分かる。井戸幅の増大に伴う a_{ex} の増大は、井戸幅の増大に伴う電子と正孔の空間的な分離の増大を反映したものである。

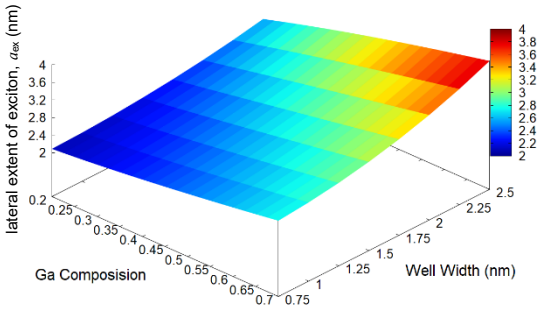

Fig. 1. Lateral extent of exciton as functions of Ga composition and well width.

図 2 は混晶組成揺らぎに基づく励起子発光線幅(FWHM)の Ga 組成比および井戸幅依存性を示している。励起子発光線幅は Ga 組成比の増大に伴い増大した後、減少していることが分かる。これは，AlGaN バルク結晶の場合と同様な傾向である[1]。また，励起子発光線幅は井戸幅の増大に対して単調に減少していることが分かる。これは、井戸幅の増大に伴う励起子の面内方向の空間的な広がりの増大を反映したものである。

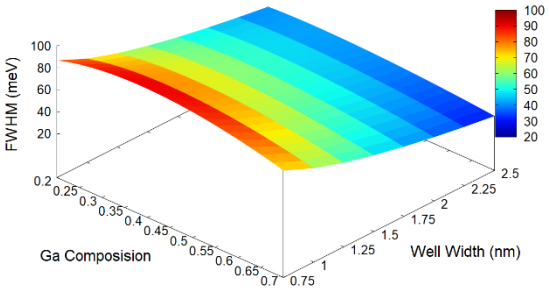

Fig. 2. Broadening of exciton linewidth due to compositional fluctuation as functions of Ga composition and well width.

図 3 は界面揺らぎに基づく励起子発光線幅の Ga 組成比および井戸幅依存性を示している。井戸幅方向の揺らぎを 1ML とし，揺らぎの面内での面積を $\sqrt{3}a^2/4$ (a は a 軸方向の格子定数)として計算している。励起子発光線幅は Ga 組成比の増大に伴い増大しており、井戸幅の増大に対しては単調に減少していることが分かる。また、図 2 と比較すると界面揺らぎによる励起子発光線幅のブロードニングは混晶組成揺らぎによるブロードニングの半分以下であることが分かる。この結果は、界面揺らぎの面内の空間的な広がりが小さい場合には、混晶組成揺らぎが支配的なブロードニング機構であることを示している。

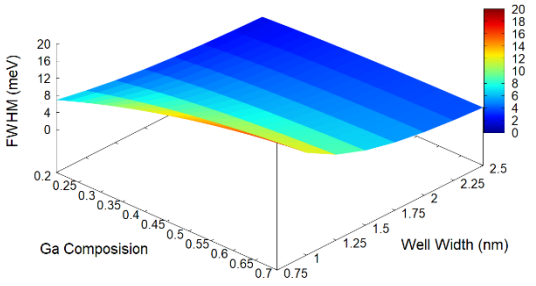

Fig. 3. Broadening of exciton linewidth due to interfacial fluctuation as functions of Ga composition and well width.

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H04335, JP16H06428 の援助を受けて行われたものである。

[1] G. Coli et al., Appl. Phys. Lett. 80, 2907 (2002).

© 2019年 応用物理学会