

Al_{0.61}Ga_{0.39}N 混晶薄膜における励起子および励起子分子の ストークスシフトの温度依存性

Temperature dependence of Stokes shifts of excitons and biexcitons in Al_{0.61}Ga_{0.39}N ternary alloy epitaxial layers

山口大院・創成科学¹ 徳山高専² 三重大院・工³

池田和貴¹ ○室谷英彰² 鶴丸拓斗¹ 藤原涼太¹ 倉井聡¹ 三宅秀人³ 平松和政³ 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.,¹ NIT, Tokuyama College,² and Mie Univ.³

K. Ikeda,¹ ○H. Murotani,^{1,2} T. Tsurumaru,¹ R. Fujiwara,¹ S. Kurai¹,

H. Miyake,³ K. Hiramatsu,³ and Y. Yamada¹

E-mail: murotani@tokuyama.ac.jp

これまでに我々は、Al 組成比を広範囲に変化させた Al_xGa_{1-x}N 混晶薄膜を対象として励起スペクトル測定を行い、励起子分子の 2 光子共鳴を観測することによって励起子分子結合エネルギーを評価してきた[1-3]。その結果、励起子分子結合エネルギーの混晶組成比依存性には励起子分子の局在化の影響によって大きなボーイングが存在することを明らかにした。今回、Al_{0.61}Ga_{0.39}N 混晶薄膜において励起子および励起子分子の局在化の度合いを定量的に評価するために、それぞれのストークスシフトを導出し、その温度依存性について考察したので報告する。

測定に用いた試料は、MOVPE 法により c 面サファイア基板上に AlN バッファ層を介し成長された膜厚 0.8 nm の Al_{0.61}Ga_{0.39}N 混晶薄膜である。励起スペクトル測定には、励起光源として Xe-Cl エキシマレーザ励起色素レーザの第 2 高調波 (238~246 nm) を用いた。

図 1 に励起パワー密度 220 kW/cm² における 300 K の PL スペクトルを示している。図中の実線が測定した PL スペクトルであり、破線がスペクトルフィッティングの結果である。PL スペクトルには励起子発光線 X、励起子分子発光線 M、励起子分子の非弾性散乱による発光線 P_M が観測されている。図中の●は各発光線の励起スペクトルである。励起子発光線の励起スペクトル (X) には励起子共鳴 (E_X) が明瞭に観測されている。励起子分子発光線 (M) および発光線 P_M の励起スペクトルには励起子共鳴に加えて、励起子分子の 2 光子共鳴 (E_{TPA}) が観測されている。励起子共鳴と励起子発光線とのエネルギー間隔を励起子のストークスシフト S_X とし、励起子共鳴から励起子分子結合エネルギー B_M だけ低いエネルギーと励起子分子発光線とのエネルギー間隔を励起子分子のストークスシフト S_M とすると、S_X=66 meV, S_M=61 meV と見積もられる。

図 2 は励起子のストークスシフト S_X と励起子分子のストークスシフト S_M の温度依存性を示している。全温度領域において S_M は S_X よりも小さいことが分かる。これは、励起子分子の空間的な広がりが励起子よりも広いことに起因しているものと考えられる。5 K から 300 K までの領域では、温度上昇に伴う励起子および励起子分子の非局在化を反映して S_X, S_M が減少していることが分かる。一方、300 K 以上の領域においては、温度上昇に伴う S_X, S_M の減少が飽和している。この結果は、励起子および励起子分子に対して混晶組成揺らぎに起因した局在機構とは異なる局在機構が存在することを示唆している。

本研究の一部は、JSPS 科研費 16H04335 の援助を受けて行われたものである。

[1] Y. Yamada et al., Phys. Rev. B, **70**, 195210 (2004). [2] R. Kittaka et al., Appl. Phys. Lett. **98**, 081907 (2011). [3] Y. Furutani et al., Appl. Phys. Express **5**, 072401 (2012).

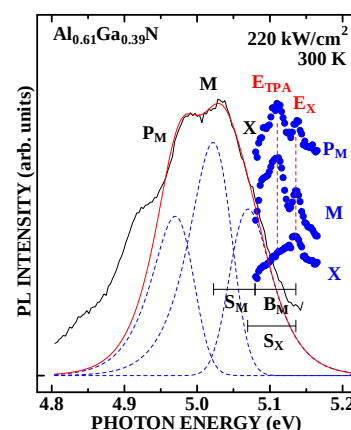


Fig. 1. PL and PLE spectra at 300 K taken from an Al_{0.61}Ga_{0.39}N epitaxial layer under an excitation power density of 220 kW/cm².

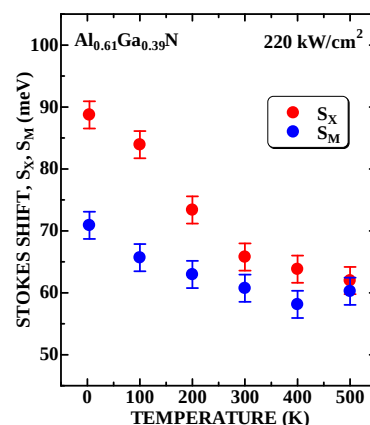


Fig. 2. Temperature dependence of Stokes shift of excitons (S_X) and biexcitons (S_M).