

## GaAs 中のエピタキシャル窒素膜における反ストークス発光

## Anti-Stokes photoluminescence in epitaxial nitrogen atomic sheet in GaAs

神戸大院工 小川 泰弘、<sup>o</sup>原田 幸弘、海津 利行、喜多 隆Kobe Univ., Yasuhiro Ogawa, <sup>o</sup>Yukihiro Harada, Toshiyuki Kaizu, and Takashi Kita

y.harada@eedept.kobe-u.ac.jp

【はじめに】精緻な調整が必要な光共振器を用いることなく、機械振動子を介して光によってフォノンを制御する研究はナノメカニカルシステムへの応用が期待され、近年注目されている。これまでに GaAs 中の窒素に起因する歪を利用することによって、光共振器を用いない両持ち梁構造の機械振動子において高 Q 値 $\sim 1.2 \times 10^5$ が達成されている[1]。我々はこれまでに急速熱アニール (RTA)した GaAs 中のエピタキシャル窒素膜における 2次元非局在電子状態について報告してきた[2]。Huang-Rhys 因子の次元依存性[3]によると、3次元の GaNAs と比べてエピタキシャル窒素膜ではより強いフォノンとの相互作用が期待される。本研究では発光励起スペクトル(PLE)測定からエピタキシャル窒素膜とフォノンの相互作用を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】試料は分子線エピタキシー法を用いて作製した。まず、undoped GaAs(001)基板の上に GaAs バッファ層、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  バリア層 300 nm、GaAs 活性層 50 nm を成長し、その後基板温度  $550^\circ\text{C}$  で $(2 \times 4)\beta_2$ 再構成構造を示す表面に 2000 s の原子層窒化を行った。そして 120 s の成長中断後に GaAs 活性層 50 nm、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  バリア層 100 nm、GaAs キャップ層 10 nm を成長した。結晶成長には  $\text{As}_2$  分子線を用い、 $\text{As}_2$  圧は  $1.33 \times 10^{-3}$  Pa とした。RTA は窒素雰囲気下  $650^\circ\text{C}$  で 60 s 行った。PLE 測定では繰り返し周波数 20 MHz の白色レーザーをダブル分光器で分光し励起光源とした。PL 信号はシングル分光器で分光し、Si 電荷結合素子で受光した。

【結果と考察】Fig.1(a)は 4.5 K における PL スペクトルの励起エネルギー依存性である。励起エネルギーの変化に伴い、励起光(Laser)よりも低エネルギー側にストークス PL、高エネルギー側に反ストークス PL(ASPL)が観測された。ASPL のピークエネルギーは、励起エネルギーが 1.49 eV 以上の場合を除いて、1.496 eV で一定となっている。検出エネルギー1.496 eV における PLE スペクトルを Fig.1(b)に示す。ASPL 強度は励起エネルギーに対して共鳴的に変化しており、励起エネルギー $\sim 1.491$  eV で最大となった。この時の励起エネルギーと検出エネルギーの差は $\sim 5.3$  meV である。このエネルギー差は GaAs の光学フォノンのエネルギーと比べると小さいため音響フォノンの関与が考えられる。また、励起エネルギーに対して ASPL 強度が共鳴的に変化していることは、窒素による準位を介したフォノンの吸収を伴うキャリアの移動を示唆していると考えられる。

## 【参考文献】

- [1] K. Onomitsu *et al.*, Appl. Phys. Express **6**, 111201 (2013).  
 [2] Y. Ogawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 111905 (2016).  
 [3] J. Kundrotas *et al.*, Semicond. Sci. Technol. **22**, 1070 (2007).

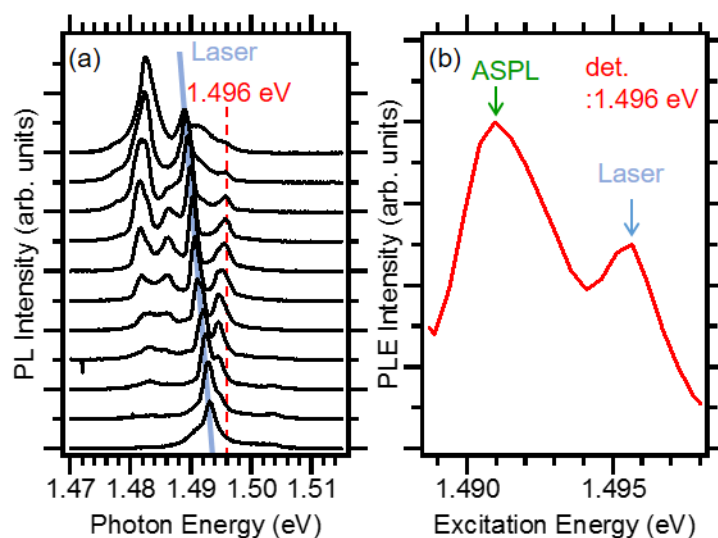


Fig.1 : (a) Excitation-energy dependence of PL spectra at 4.5 K and (b) PLE spectra detected at 1.496 eV