

室温で長いキャリア寿命を有する(110)歪 InGaAs 量子井戸の MBE 成長

MBE growth of (110) strained InGaAs quantum wells with long carrier lifetime at room temperature

産総研新原理コンピューティング研究センター¹, 筑波大院数理²,

○揖場聡¹, 大野裕三^{1,2}

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)¹, Univ. of Tsukuba²

○Satoshi Iba¹, Yuzo Ohno^{1,2}

E-mail: s.iba@aist.go.jp

GaAs(110)面方位の量子井戸(QW)は強い面内光学異方性を示すことから偏光制御の観点から注目されてきた[1]。最近では、長い電子スピン緩和時間 τ_s を有する性質に着目し[2]、スピン-円偏光間の光学遷移選択則を利用した円偏光発光素子への応用に注目が集まっている[3]。このようなスピン制御発光素子の近赤外帯の活性層として、GaAs(110)基板上の歪 InGaAs/(Al)GaAs QW は有力な候補である。しかし、GaAs(110)面は非極性面であることに起因して As 原子の吸着係数が低く、長いキャリア寿命 τ_c (1 ns 以上)と平滑な表面(平均粗さ Ra=0.2 nm 以下)を兼ね備える高品質結晶成長は実現されていない[4]。先行研究では多数の非発光再結合中心により室温の τ_c が 50 ps 程度と極めて短い。さらに、短い τ_c に起因して τ_s の評価も困難であった。そこで、面発光レーザ活性層への応用を目指して、従来とは異なる成長条件を探索し、デバイス品質の活性層を得るとともに、当該材料の τ_s を明らかにしたので報告する。

試料は分子線エピタキシー法により、GaAs(110) on-axis 基板上に 5 周期の In_{0.1}Ga_{0.9}As(10 nm)/Al_{0.1}Ga_{0.9}As QW を作製した。成長条件として、既報に比べて高い成長温度($T_g=460-500^\circ\text{C}$)、高いビーム等価圧力比(V/III 比=80-240)を採用した。また、As 種として As₂を利用した。表面平坦性の評価には原子間力顕微鏡(AFM)、室温での τ_c および τ_s の評価には偏光時間分解 PL 法を用いた。

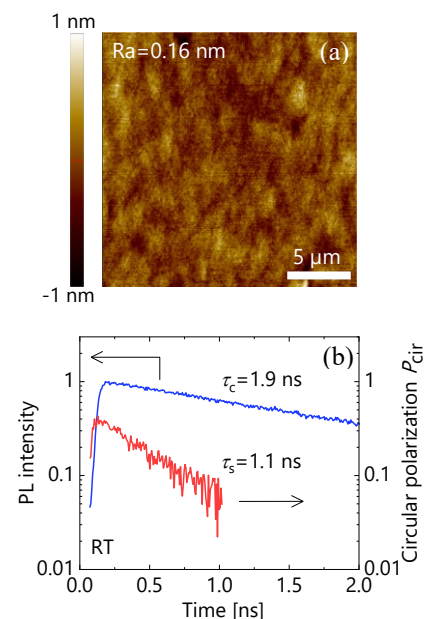
V/III 比=80 として T_g を 460 から 500 $^\circ\text{C}$ へ上げると、 τ_c は長くなる傾向を示したが表面平坦性は悪化した。そこで $T_g=480^\circ\text{C}$ で固定し、V/III 比を高くすると表面平坦性が向上し、 τ_c も一段と長くなり ns オーダーの値を示した。一例として $T_g=480^\circ\text{C}$ 、V/III 比=160 で成長した試料の表面形態と偏光時間分解 PL 測定結果を図 1 に示す。(110)面上の結晶成長ではファセット構造が形成されやすいが、V/III 比を従来の 10 倍以上に上げることで平坦性のよい試料を作製することが分かった(Ra=0.16 nm)。また、室温の τ_c は 1.9 ns であり、これは既報の約 40 倍に相当する極めて長い値である。これにより τ_s を精度よく測定することが可能となり、当該材料の τ_s が室温で ns オーダーであることが初めて明らかとなった。一連の結果より、高 T_g および高 V/III 比の成長条件領域でデバイス品質の成膜が可能であることが分かった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19H02181, 19K05243 および安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Y. Kajikawa *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **30**, 1944 (1991).
- [2] Y. Ohno *et al.*, Phys. Rev. Lett. **83**, 4196 (1999).
- [3] Y. Ohno *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 123003 (2020).
- [4] L. Schreiber *et al.*, Phys. Status Solidi B **244**, 2960 (2007).



Figs. 1 AFM image ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a), temporal evolution of the PL intensity and circular polarization (b), for (110)QW with $T_g=480^\circ\text{C}$ and V/III ratio=160, measured at RT.