

一般セッション(ポスター講演) | 15 結晶工学：15.3 III-V族エピタキシャル結晶・エピタキシーの基礎

📅 2025年3月14日(金) 13:30 ~ 15:30 📍 P04 (森戸記念体育館)

[14p-P04-1~2] 15.3 III-V族エピタキシャル結晶・エピタキシーの基礎

[14p-P04-1]

ダブルドープInSb/InGaSb複合チャンネルHEMT構造の電気的特性の向上
—傾斜バッファ層の組成比制御による貫通転位密度の低減—

○小山 歩夢¹、神内 智揮¹、大場 達久¹、中島 渉¹、遠藤 聡¹、藤代 博記¹ (1.東理大先進工)

[14p-P04-2]

フレキシブルな量子ドット発光薄膜の作製および光学特性評価

○大塚 憲吾¹、横田 起季¹、ハドソン 勇氣 カール¹、尾崎 信彦¹ (1.和歌山大シス工)

ダブルドープ InSb/InGaSb 複合チャネル HEMT 構造の電気的特性の向上 —傾斜バッファ層の組成比制御による貫通転位密度の低減—

Improved electronic properties of double doped InSb/GaInSb composite channel HEMT structures

—Reduction of threading dislocation density by controlling composition ratio of graded buffer—

○小山 歩夢, 神内 智揮, 大場 達久, 中島 渉, 遠藤 聡, 藤代 博記 (東理大先進工)

○A. Koyama, T. Jinnai, T. Oba, W. Nakajima, A. Endoh, H. I. Fujishiro (Tokyo Univ. of Science)

Email: 8121037@ed.tus.ac.jp

背景・目的:我々は, GaSb 初期核形成層および $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$ 傾斜バッファ層の導入により格子不整合に起因する貫通転位の発生・伝搬を抑制することで, ダブルドープ InSb/GaInSb 複合チャネル構造の電気的特性の向上を図った^[1,2]. 本研究では, 更なる電気的特性の向上を目指し, 傾斜バッファ層の組成比変化率の違いが貫通転位密度に及ぼす影響を検討した.

実験: Fig. 1 に S.I.-GaAs(100) 基板上に MBE 成長したステップバッファ構造を有するダブルドープ InSb/GaInSb 複合チャネル HEMT 構造を示す. Fig. 2 (a), (b) に AISb 層と $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$ 層の間に挿入した $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$ 傾斜バッファ層の x の厚さ d 依存性を示す.

傾斜バッファ層厚 d_G を $1.0 \mu\text{m}$ とし, x を $x = 0.75 \cdot (d/d_G)^\alpha$, $\alpha = 0, 0.5, 1, 1.5$ に従い変化させた(a). また $\alpha = 1$ とし, $d_G = 0.7, 1.0, 1.2 \mu\text{m}$ と変化させた(b). 傾斜バッファ層と $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$ 層の厚さの和は $1.5 \mu\text{m}$ とした. ホール効果測定で試料の電子移動度 μ と電子濃度 N_s を評価し, 試料表面の AFM 像からピン止め原子ステップを数えることで貫通転位密度 D_{TD} を算出した.

結果: Fig. 3 に μ と D_{TD} の α 依存性 (a), 及び d_G 依存性 (b) を示す. D_{TD} は傾斜バッファ層の導入により従来のステップバッファ層 ($\alpha = 0$) の $1.82 \times 10^9/\text{cm}^2$ から減少し, $\alpha = 1$ において $1.32 \times 10^9/\text{cm}^2$ の極小値を取った(a). 一方 μ は D_{TD} の減少に伴い増加し, $\alpha = 1$ で極大値をとった. $\alpha = 1$ では, d_G の増加に従い D_{TD} が単調に減少し, μ は単調に増加した(b). $\alpha = 1$, $d_G = 1.2 \mu\text{m}$ において $D_{\text{TD}} = 1.33 \times 10^9/\text{cm}^2$, $\mu = 15,600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $N_s = 3.51 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ の値を得た. この結果は, 傾斜バッファ層の組成比変化率の制御により格子定数の変化を緩やかにすることで, 格子不整合に起因する貫通転位の発生量を抑制でき, μ を向上させることができることを示している.

謝辞: 本研究の一部は, JSPS 科研費 20H02211 の補助によって行われた.

参考文献: [1] T. Jinnai *et al.*, Proc. CSW2024. [2] 中島他, 秋季応物予稿集, 19p-P09-11 (2024).

Te-δ dope			
InSb	3 nm	3 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	25 nm	25 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	5 nm	5 nm	
$\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$	7.5 nm	7.5 nm	
InSb	1 nm	1 nm	
$\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$	11.5 nm	11.5 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	7 nm	7 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	8 nm	8 nm	
$\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$	0.5 μm	1.5- $d_G \mu\text{m}$	
AISb	1 μm	$d_G \mu\text{m}$	
AISb	75 nm	75 nm	
GaSb	175 nm	175 nm	
GaAs			
SI-GaAs基板			

(a) (b)

Fig. 1 InSb/ $\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$ composite channel HEMT structures.

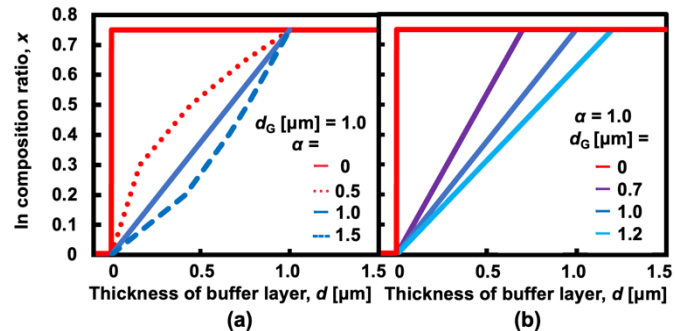


Fig. 2 Dependence of x on d . (a) $\alpha = 0, 0.5, 1.0, 1.5$, $d_G = 1.0 \mu\text{m}$, (b) $\alpha = 1.0$, $d_G = 0.7, 1.0, 1.2 \mu\text{m}$.

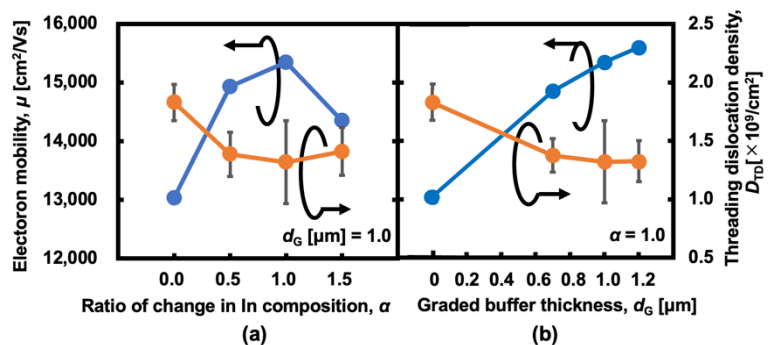


Fig. 3 Dependence of μ (a) on α and (b) on d_G .

フレキシブルな量子ドット発光薄膜の作製および光学特性評価 Fabrication and optical property evaluation of flexible quantum dots light-emitting thin films

和歌山大シスエ[○](M1)大塚 憲吾, 横田 起季, ハドソン 勇氣 カール, 尾崎 信彦
Wakayama Univ. [○]Kengo Otsuka, Tatsuki Yokota, Yuuki Carl Hodson, Nobuhiko Ozaki

E-mail: ozaki@wakayama-u.ac.jp

【はじめに】 近赤外光を用いた生体情報計測技術は、医療機器やヘルスマニタリングの分野で広く用いられている。この技術をウェアラブルデバイスに融合できれば、拘束感の少ない測定や、常時モニタリングなどが可能となり、開発が期待されている。デバイスの実現には、軽量・フレキシブルな近赤外光源・受光器が必要となるが、一般的な化合物半導体は、硬く、曲げに対する耐性が低いため、ウェアラブルデバイスへの適用は難しい。そこで本研究では、半導体基板上にエピタキシャル成長した厚さ数 μm の半導体薄膜を化学的に剥離するエピタキシャルリフトオフ (ELO)法[1]を用いて、曲げ耐性の高い化合物半導体材料の検証を行った。具体的には、自己組織化 InAs 量子ドット(QD)を内包した GaAs 薄膜を ELO 法により剥離し、その発光特性を評価した。InAs-QD は近赤外波長で高効率な発光を示し、薄膜ダイオード構造で活性層として機能する。また、QD は数 nm 程度のサイズの島状結晶の集合であるため、量子井戸(QW)などの 2 次元構造に比べ、曲げに対する発光劣化抑制効果が期待される。今回、発光材料に InAs-QD と比較対象として InGaAs-QW を含む薄膜サンプルを ELO 法にて作製し、両者の光学特性を比較した。

【実験手法】 分子線エピタキシー法によって、GaAs(100)基板上に GaAs バッファ層を 300 nm、AlAs 犠牲層を 10 nm 成長後、発光層として InAs-QD もしくは $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ -QW 構造を含んだ厚さ約 1 μm の薄膜をそれぞれ作製した。これらの成長薄膜を ELO 法によって基板から剥離し、プラスチック基板上に転写した (Fig. 1 挿入写真)。ELO 前後でのサンプル薄膜の光学特性を、室温下でのフォトルミネセンス(PL)測定によって評価した。

【結果と考察】 Fig. 1, 2 に示すように、ELO 後、QD と QW どちらのサンプルでも発光ピーク波長が十数 nm 程度レッドシフトした。これは ELO によって、量子構造に生じていた圧縮歪みが緩和され、バンドギャップエネルギーが低下したことと、実効的な量子構造のサイズ増大によって量子閉じ込め効果が減少したためと考えられる。一方で、ピーク強度は QD、QW サンプルのどちらも低下したが、特に QW サンプルは、ELO 前に比べ約 2 桁と、QD サンプルよりも大幅に強度が低下した。その要因として、リフトオフによって発生した格子欠陥が、QW サンプルでは二次元に広がった多くの励起子の非発光中心となるのに対し、QD サンプルでは励起子が局在するため影響が少なく、QW の発光強度低下が QD に比べてより顕著に生じたためと考えられる。これらの結果から、ELO 法により剥離された QD 薄膜は QW 薄膜より光学特性の優位性が高く、ウェアラブルデバイスに適した軽量・フレキシブルな光源を実現できる可能性が示された。

【参考文献】 [1] E. Yablonovitch, Appl. Phys. Lett. **51**, 2222 (1987).

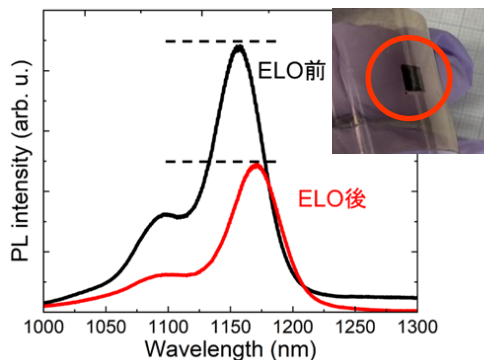


Fig. 1 PL spectra obtained from InAs-QDs sample before and after ELO. The inset shows a photograph of the QDs sample after ELO.

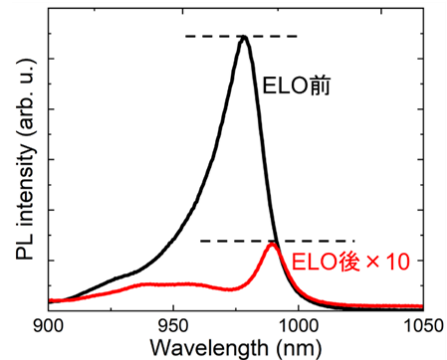


Fig. 2 PL spectra obtained from $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ -QW sample before and after ELO.