

微傾斜 GaSb (001) 基板上 InAs 成長の As₂ 圧依存性As₂ pressure dependence of InAs growth on vicinal GaSb (001) substrate(株) 富士通研究所 ○奥村 滋一, 吉米地 秀一, 鈴木 僚, 角田 浩司, 今 純一, 西野 弘師
Fujitsu Laboratories Ltd., °Shigekazu Okumura, Shuichi Tomabechi, Ryo Suzuki, Koji Tsunoda,

Junichi Kon, and Hironori Nishino

E-mail: sokumura@labs.fujitsu.com

背景 GaSb/InAs 材料系は、多様なバンドラインナップを有するデバイス構造の形成が可能のため、太陽光発電素子、高速電子デバイス、中赤外線発光・受光素子、など種々のデバイスへの適用が有望である[1]。何れにおいても、結晶欠陥や転位の少ないヘテロ構造の形成が重要である。GaSb と InAs 間の格子定数差は 0.7% と小さく、格子定数の観点からはヘテロ構造の形成に有利であるが、一方でその界面で As/Sb 置換が発生することが報告されている[2]。そのため、界面の影響を含めたヘテロ成長の検討が必要である。今回、GaSb 上への良好な InAs 層形成を目的に、InAs 成長の V 族(As₂)圧依存性を検討した。その結果、InAs 層の転位は GaSb/InAs 界面に発生した GaSb、InAs より格子間隔の小さな遷移層に起因し、As₂ 圧を下げるに依りその遷移層が薄くなり、InAs 層の転位およびピットの発生を抑制できることが判明したので報告する。

実験 固体ソース分子線エピタキシー法により微傾斜 GaSb (001)基板上に GaSb バッファ層を成長後、InAs 層を 100 nm 成長させた。GaSb バッファ層は、平坦性の良い表面が得られる 2 段成長を適用した[4]。InAs 成長は、In 圧を 4.4×10^{-8} Torr で一定として、As₂ 圧を 2.6×10^{-6} Torr (条件 A)、 1.3×10^{-6} Torr (条件 B)、 6.6×10^{-7} Torr (条件 C) ならびに 2.2×10^{-7} Torr (条件 D) の 4 条件で実施した。InAs の成長速度は 0.20 $\mu\text{m}/\text{h}$ 、成長温度は、InAs ホモエピタキシャル成長の報告[4]を参考に 440°C にて実施した。また、GaSb 成長から InAs 成長への切り替えのシャッター(Sh.)シーケンスは、Ga Sh.閉 → 5 秒間保持 → Sb Sh.閉 → 5 秒間保持 → As Sh.開 → 5 秒間保持 → In Sh.開の手順で実施した。試料の評価は、断面 TEM 観察ならびに Fast Fourier Transform Mapping (FFTM) 法による格子歪の解析を実施した。

結果と考察 各条件で成長した試料の断面 TEM 像を図 1 に示す。条件 A では GaSb/InAs の界面を起点として[111]方向に伸びる転位が多数観察された。As₂ 圧を下げるに依り、転位の密度は減少する一方で、ピットの発生が確認された(条件 B、C)。更に As₂ 圧を下げると転位とピットのどちらも抑制された InAs 層が得られた(条件 D)。このような結晶の違いが生じる原因を探るため、FFTM 法により各試料の格子歪を解析した。各試料の[002]方向の FFTM 像および格子面間隔のヒストグラムを図 2 に示す。いずれの試料にも GaSb/InAs 界面に格子面間隔が 2.90 - 2.95 Å の遷移層の発生が見られ、As₂ 圧が高いほど遷移層が厚く、更に、フリースタANDINGに近い InAs 層の割合が増加している。As₂ 圧との関係から界面層は Sh.切り替え時に As/Sb 置換により発生した GaAs に近い組成を有するものと推測され[2]、高 As₂ 圧条件ではこの遷移層による歪が原因で転位が発生し、InAs 層の格子緩和が進行したと考えられる。一方で、条件 C では InAs 層の格子緩和は発生していないことから、ピットは格子緩和の一環ではなく、As₂ 圧過剰により引き起こされたものと推測される。更に As₂ 圧を下げ(条件 D)、ストイキオメトリに近づけることでピットの発生が抑制され、GaSb 上に擬似格子整合的に成長した InAs 層が得られたものと考えられる。

[参考文献]

[1] G.J. Brown., Proc. of SPIE., Vol. 5783, pp. 67, 2005.

[2] E.A Emelyanov *et al.*, XII international conference and seminar EDM 2011, section I, pp. 37.[3] H. Ye *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 31, pp. 03C135, 2013.

[4] 奥村他、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集、16a-B9-5

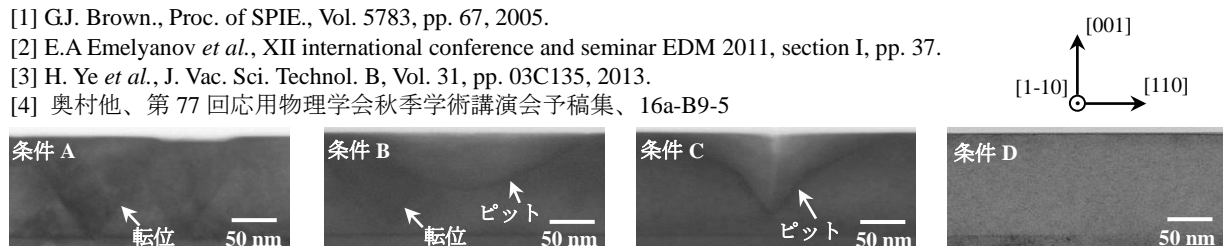


図 1 各条件で成長した GaSb 基板上 InAs 層の断面 TEM 像

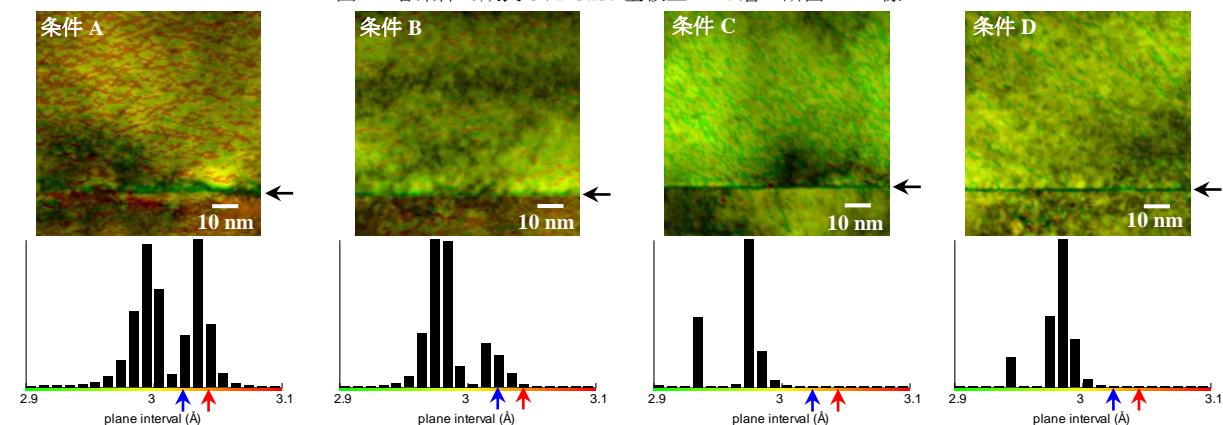


図 2 各条件で成長した GaSb 基板上 InAs 層の[002]格子面間隔の FFTM 像とヒストグラム。FFTM 像の矢印は GaSb/InAs 界面を示す。ヒストグラム中の青、赤の矢印はそれぞれフリースタANDING状態での InAs、GaSb の格子面間隔を示す。