X 線回折極点図測定を用いた GaInSb HEMT 構造中の双晶評価

Characterization of Micro-Twins in GaInSb HEMT Structures Using Pole Figures by X-Ray Diffraction

東理大先進工 [1]，情報通信研究機構 [2]　○海老原怜央 [1]，國澤宗真 [1]，羽鳥小春 [1]，吉田陸人 [1]，渡邊一世 [2,1]，町田龍人 [2]，山下良美 [2]，原紳介 [2]，笠松章史 [2]，遠藤聡 [1]，藤代博記 [1]
Tokyo Univ. of Science[1]，NICT[2]　○R. Ebihara[1], M. Kunisawa[1], K. Hatori[1], R. Yoshida[1], I. Watanabe[2,1], R. Machida[2], Y. Yamashita[2], S. Hara[2], A. Kasamatsu[2], A. Endoh[1] and H.I. Fujishiro[1]
E-mail: 8118012@ed.tus.ac.jp

背景：GaInSb HEMT は高速・低雑音トランジスタとして期待されている[1]。GaInSb HEMT 構造に AlSb バッファ層を成長すると，格子不整合より AlSb/GaAs 界面で発生した貫通転位はチャネルに伝播し、電子移動度 μ を下げると考えられる[2]。以前、この問題を解決するために我々は AlSb/GaAs 界面の間に GaSb バッファ層を導入し、貫通転位の低減を図った[3]。本研究では貫通転位と同じ結晶欠陥の一種である双晶の{111}面のピーク評価を X 線回折(XRD)極点図測定を用いて行い、その抑制方法について検討した。

実験・結果：S.I.-GaAs(100)基板上に AlInSb/GaInSb HEMT 構造を MBE 成長した(Fig.1)。AlSb, GaSb の総膜厚を 250 nm に固定し，AlSb の膜厚(d_{AlSb})/GaSb の膜厚(d_{GaSb})の組み合わせを 250/0、125/125、0/250 nm の 3 通りとした。AlInSb バッファ層以降の層は同一条件で成長した。

極点図測定を行い、AlSb/GaSb バッファ層(厚さの異なる 3 通り)と AlInSb バッファ層の各層に出現した φ=0°ないしは 180°でのピークに対する双晶のピーク強度比を比較した。d_{AlSb}/d_{GaSb} = 125/125, 0/250 nm の場合には AlSb/GaSb バッファ層内に双晶の出現は観測されず、d_{AlSb}/d_{GaSb} = 250/0 nm の場合に観測された(Fig.2)。このように、GaAs 基板上に AlSb 成長の前に GaSb を成長することが GaAs 基板とバッファ層の界面からの双晶抑制に有効であった。また、AlInSb バッファ層に出現した双晶のピーク強度比と表面 AFM 観察像より得た双晶密度(micro-twin density; D_{MT})の比較を Fig.3 に示す。双晶のピーク強度比を比較すると、d_{GaSb} = 0 nm >250 nm >125 nm の順となった。d_{GaSb} = 0 nm に関しては、AlSb バッファ層よりも AlInSb バッファ層に出現した双晶のピーク強度比が減少していたことから、AlInSb/AlSb 界面で AlSb/GaAs 界面由来の双晶が抑制されることがわかった。AlInSb バッファ層の強度比と最表面の双晶密度は傾向が類似しているため、AlInSb バッファ層で確認した双晶はそのまま最表面まで影響を及ぼしていると推測される。

以上より、GaAs 基板との界面において GaSb を、AlInSb バッファ層との界面において AlSb を導入することが双晶抑制に効果的であり、AlSb/GaSb バッファ層の導入が最も有効である。

謝辞：本研究の一部は、日本学術振興会科研費(20H02211)の支援を受けた。

参考文献：[1] K. Osawa *et al.*, Ext. Abst. TWHM2019, 6-4. [2] Ch. A. Lehner *et al.*, Phys. Rev. Materials **2**, 054601 (2018). [3] 大金他, 2020 春応用物理学会, 13p-PA5-11.

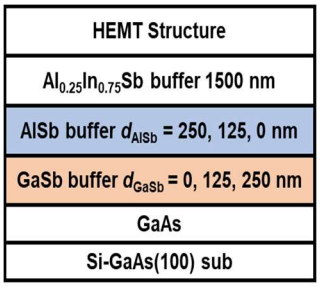

Fig. 1. Schematic cross-sectional view of AlInSb/GaInSb HEMT structures.

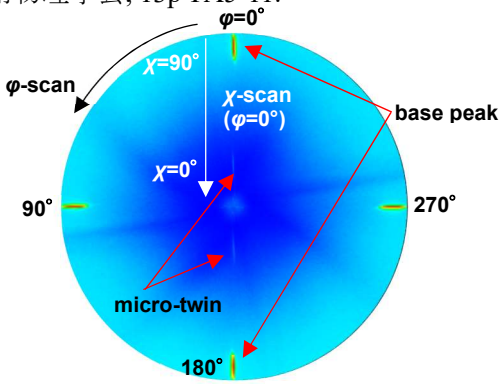

Fig. 2. Pole figure of AlInSb/GaInSb HEMT structure with d_{AlSb}/d_{GaSb}=250/0 nm.

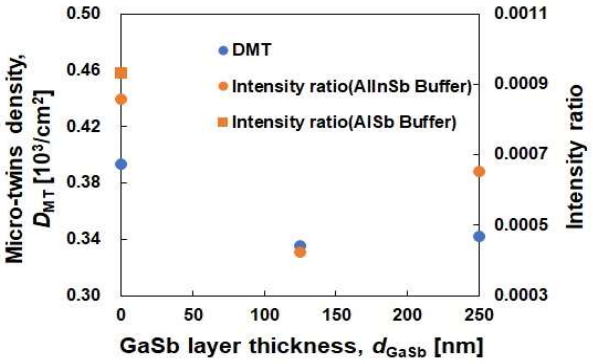

Fig. 3. Dependence of micro-twin density (D_{MT}) and intensity ratio on GaSb buffer layer thickness.