Al₂O₃/p-In_xGa_{1-x}As MOS 界面に与える前処理の効果 Pre-cleaning Effects for Al₂O₃/p-In_xGa_{1-x}As MOS Interfaces [○]横山千晶,張志宇,加藤公彦,竹中充,高木信一 東大院・エ [°]C. Yokoyama, C.-Y. Chang, K. Kato, M. Takenaka and S. Takagi The University of Tokyo, School of Engineering

E-mail: cyokoyama@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】高性能の In_xGa_{1-x}As MOSFET や TFET のため には、優れた high-k/In_xGa_{1-x}As MOS 界面特性の実現が必須 である[1]。前回の応物[2]では、ALD Al₂O₃/*n*-In_xGa_{1-x}As (x=0.53, 0.7, 1) 界面形成時の前処理と In 組成の関係につ いて調べ、In 組成 x が大きくなるほど(NH4)S_x処理より BHF 処理において、In_xGa_{1-x}As のミッドギャップから価電子帯 端にかけて低い D_{it} が得られることを示した。価電子帯端 付近の D_{it} を十分に低減することで、ひずみ In_xGa_{1-x}As *p*-MOSFET や In_xGa_{1-x}As *p*-TFET の実現が期待できる。そこ で本研究では、価電子帯端付近の D_{it} をより定量的に調べ るために、Al₂O₃/*p*-In_xGa_{1-x}As MOS 界面に対する前処理の 効果を調べたので、報告する。

【実験結果】Al₂O₃/*p*-In_xGa_{1-x}As (x=0.53, 0.7, 1) MOS キャパ シタを(NH₄)S_x処理とHF処理にて作製した。x=0.53とx=0.7 の In_xGa_{1-x}As 基板としては、InP(001)上に In_xGa_{1-x}As を 500nm エピタキシャル成長したものを、x=1 の基板として は InAs バルク基板を用いた。ここで、x=0.7 の基板におい て、Ino.7Gao.3As 層は完全に緩和している。ドーピング濃度 はそれぞれ 3.0×10¹⁶cm⁻³、3.0×10¹⁶cm⁻³、2.2×10¹⁷cm⁻³で すべて Zn ドープである。前処理後、ALD で H₂O と Al(CH₃)₃ をプリカーサーとして Al₂O₃を約 9.3nm 堆積させた後、ゲ ート電極として Au を約 100nm 蒸着させ、最後に N₂中で 350°C、一分間の PMA を行った。

x=0.53 では室温、x=0.7,1 では 100K における Au/Al₂O₃/p-In_xGa_{1-x}As MOS キャパシタの C-V特性を図1に 示す。x=0.7 と 1 での、高周波下における低周波 C-Vのよ うな振る舞いは、電圧の負方向への大きなフラットバンド シフトにより、電極の周りが強反転し電子の海ができたた めと考えられる。HF 処理では、(NH₄)S_x処理より、蓄積領 域での周波数分散が小さいことや、空乏領域で、より急峻 に容量変化していることから、価電子帯端近傍においてよ り良好な界面が得られていることが分かる。また、x=0.7 において、(NH₄)S_x処理と HF 処理両方において容量変化が 小さい理由は、InP 上で In_{0.7}Ga_{0.3}As が緩和したことにより 生じた欠陥に起因するキャリアの応答により、高周波極限 が得られていないことが原因の一つとして考えられる。

界面特性を定量的に調べるため、1MHz での *C-V* 特性に Terman 法を適用して D_{it} のエネルギー分布を n型[2]と p型 基板それぞれに対して求めた結果を図 2 に示す。In 組成 x が大きくなるにつれ、(NH4)Sx 処理と比べ HF 処理の方が D_{it} の値がより小さくなっていることが分かる。特に *p*-InAs の HF 処理において、(NH4)Sx 処理より、バンドギャップ内 で非常に低い D_{it} が得られており、表面ポテンシャルを価 電子帯端から伝導帯端まで変化させることができると考 えられる。

【結論】Al₂O₃/*p*-In_xGa_{1-x}As においても、(NH₄)S_x処理より HF 処理の方が、価電子帯端付近の D_{it}を低下させることが できる。特に InAs は HF 処理において表面ポテンシャルを 価電子帯端から伝導帯端まで変化させ得ると考えられる。

【参考文献】[1] P. D. Ye, J. Vac. Sci. Technol., 26, 697 (2008)., [2] 横山他,春季応物学会, 16p-413-10 (2017).

【謝辞】本研究は、JST-CREST, JPMJCR1332 及び科学研究 費補助金(17H06148)の支援を受けたものである。InGaAs エピ基板を提供頂いた住友化学の市川磨氏、横山正史氏、 山本武継氏、山田永氏に感謝する。



Fig. 1 *C-V* characteristics of Al_2O_3/p -In_xGa_{1-x}As ((a) x = 0.53 at R.T., (b) x = 0.7 at 100K, and (c) x = 1 at 100K) MOS capacitors with (1) S cleaning or (2) HF cleaning.

