GaSb(100)-c(2x6)表面に形成した HfO₂ MOS キャパシタの電気特性 Electrical characteristics of HfO₂ MOS capacitors fabricated on GaSb(100)-c(2x6) surfaces

產総研¹,物材機構²,東大院工³⁰宮田 典幸¹、大竹 晃浩²、市川 昌和³、安田 哲二¹ AIST¹,NIMS²,Univ. Tokyo³

^oNoriyuki Miyata¹, Akihiro Ohtake², Masakazu Ichikawa³, Tetsuji Yasuda¹ E-mail: nori.miyata@aist.go.jp

10 nm 技術ノード以降の CMOS 用チャネル材料として、III-V 族半導体 MOS の研究開発が続けら れており、特にその中でも ALD-high-k/InGaAs MOS 界面を用いた n-MOSFTE は高い性能を示すこと で注目されている。一方、p-MOSFET については、殆どの III-V 族半導体は正孔移動度が低く、候 補と成り得ないものの、本研究で取り上げる GaSb は、電子・正孔移動度ともに Si を上回ること から、n・p 両チャネル材料としての可能性がある [1]。また、GaSb は、NCH (nano-contact heteroepitaxy) 法により Si (100) 基板上にヘテロエピ成長できることから、Si-CMOS プロセスと の親和性も高いと期待される [2]。しかし、現状、high-k/GaSb 界面の特性は十分とは言い難く、 特にバンドギャップ内の伝導帯側に高い界面準位密度 (D_{it})の存在を示唆する報告が幾つかある。 D_{it} 増加の原因として、界面の Ga や Sb 酸化物の熱分解が指摘されていることから、界面酸化物の 制御・抑制が鍵となりそうである。そこで、本研究では、清浄な再配列した GaSb 表面に、界面酸 化物を単分子層レベルに抑制可能な EB 蒸着法で high-k 膜を堆積し [3]、MOS 特性を評価した。

試料作製は、III-V エピ装置と Hf0₂-EB 蒸着装置を真空搬送で繋いだ複合成膜装置を用いて行った [3]。まず、GaSb (100) 基板上に 300 nm のノンドープ p 型 GaSb 層 (N_A~10¹⁷ cm⁻³) を 450°C でエピ成長し、Sb 分子線を照射しながらアニールした後、360-380°C で Sb 分子線を遮断すること により c (2x6) 再配列表面を形成した [FIG. 1]。次に、EB 蒸着法により、6 nm の Hf0₂ 膜を堆積し、400℃ の PDA 処理を施した [3]。最後に、Au 蒸着で電極を形成し、MOS キャパシタを作製した。また、参照試料として、Au 電極形成後に、PMA 処理 (300℃、Ar)を施し、Hf0₂/GaSb 界面を反応させた MOS キャパシタも作製した [4]。

作製した Hf0₂/GaSb MOS キャパシタは、室温の *C*-*V* 測定で反転領域に大きな周波数分散を示す [FIG. 2 (a)]。これまでに報告されている多くの high-*k*/GaSb MOS は、2 MHz 程度の高周波でも 反転容量が十分に減少していないことより [1]、本試料ではバンドギャップ内上側の D_{it} が抑制さ れていると推測される。実際、界面を反応させた参照用試料では [FIG. 2 (b)]、反転領域の周波 数分散が小さく、高い D_{it} の存在が予想される。一方、参照試料の V_{fb} が理想値に近いのに対して、 界面層を制御した試料では、1 V 以上の正バイアスシフトが観察されている。 V_{fb} シフトの原因と して界面ダイポールが挙げられ、FET 動作においても注視すべき現象と注目している [5]。

【謝辞】本研究は科研費基盤A(24246058)の助成を受けて実施した。

[1] A. Ali *et al.*, Appl. Phys. Lett. 97, 143502 (2010).
[2] Y. Nakamura *et al.*, Nanotechnology 22, 265301 (2011).
[3] A. Ohtake *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 50, 10PD01
(2011).
[4] N. Miyata *et al.*, Appl. Phys. Express
3, 035701 (2010).
[5] Y. Urabe *et al.*, IEDM, 142
(2010).



FIG. 1 STM image of GaSb(100)-c(2x6) surface.



FIG. 2 C-V frequency dispersion of HfO₂/GaSb MOS capacitors with controlled (a) and uncontrolled (b) interfaces.