

Si(001)上の GaSb ナノコンタクトヘテロエピ成長と HfO₂/GaSb MOS 特性Nano-contact Heteroepitaxy of GaSb on Si(001) and the HfO₂/GaSb MOS Characteristics産総研¹, 物材機構², 東大院工³ ○宮田典幸¹, 大竹晃浩², 市川昌和³, 森貴洋¹, 安田哲二¹AIST¹, NIMS², Univ. Tokyo³ ○N. Miyata¹, A. Ohtake², M. Ichikawa³, T. Mori¹, T. Yasuda¹

E-mail: nori.miyata@aist.go.jp

次世代 MOSFET のチャネル材料として GaSb が候補として挙っており、シリコンウエハ上での GaSb チャネル形成や high-*k*/GaSb MOS 形成技術の研究開発が活発になっている。我々は、NCH (nano-contact heteroepitaxy) 法による GaSb チャネル形成を検討しており、NCH-GaSb/Si 基板上での MOSFET 動作・評価を目指している。NCH 法は、シリコン表面に形成した極薄シリコン酸化膜中にナノスケールの高密度ボイド ($\sim 1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$) を形成し、そのボイドを通じた歪緩和により格子不整合を持つ結晶をヘテロエピ成長させる技術である [1]。本報告では、実際に Si(001) 基板上に NCH-GaSb 膜を形成し、HfO₂/GaSb MOS キャパシタを作製・評価した結果を報告する。

試料作製は、III-V エピ装置と HfO₂-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 [2]。まず、清浄 Si(001)-(2×1) 表面に熱酸化により約 0.3 nm のシリコン酸化膜を形成し、基板温度 650°C で Ge を照射することでシリコン酸化膜中にナノボイドを形成した。次に、MBE により GaSb ドット形成と結晶成長を行い、約 300 nm の GaSb 層を形成した [1]。次に、EB 蒸着法により膜厚 6 nm の HfO₂ 膜を堆積し、PDA (2×10^{-6} torr-O₂, 400°C, 1min) を施した [3]。最後に Au 電極の MOS キャパシタを作製し、PMA 処理 (300°C, Ar 中) を施した。

FIG. 1 に NCH-GaSb 表面の AFM 像を示す。RMS=2.2 nm、GaSb ドメイン幅は平均で 100 nm と見積もられ、過去の報告例と遜色ないレベルの GaSb 表面が形成できている [1]。また、同 GaSb 表面から (1×3) RHEED パターンを確認している。(1×3)再構成面は、GaSb(001) 上では最も Sb 被覆率が低い表面であり、特にバンドギャップの伝導帯側における界面準位密度の低減に有利に働くことが分かっている [3]。FIG. 2 (a) に作製した HfO₂/GaSb MOS キャパシタの室温 *C-V* 特性を示す。GaSb(001) 基板上に形成した (1×3) GaSb 表面の MOS 特性に比べて [3]、正バイアス側の周波数分散が小さく、GaSb 表面のポテンシャル変調は不十分であることが示唆される。一方、低温の *C-V* 特性には (170 K)、反転側の周波数分散が現れており、p 型半導体としての特性が認められる。室温の MOS 特性劣化の原因については、MOS 界面準位や GaSb 膜中欠陥による少数キャリア増加の影響が推測される。発表当日は、NCH-GaSb 表面ラフネスの比較や MOS 特性の温度依存性などから、特性劣化の原因を議論する。

【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] Y. Nakamura, T. Miwa, M. Ichikawa, *Nanotechnology* **22**, 265301 (2011).

[2] A. Ohtake, N. Miyata, T. Yasuda, *Jpn. J. Appl. Phys.* **50**, 10PD01 (2011).

[3] N. Miyata, A. Ohtake, T. Mori, M. Ichikawa, T. Yasuda, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 232104 (2014).

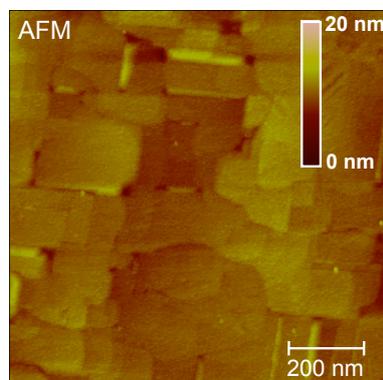


FIG. 1 AFM surface image of NCH-GaSb layer fabricated on Si(001) substrate.

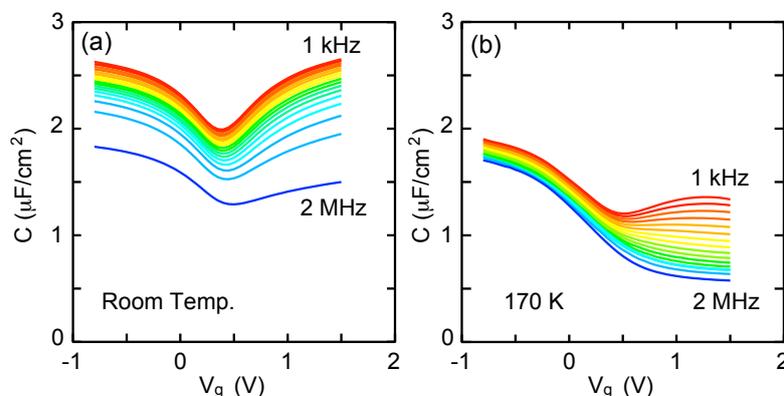


FIG. 2 *C-V* curves of 6-nm HfO₂/NCH-GaSb MOS capacitor fabricated on NCH-GaSb/Si(001) substrate. (a) room temperature and (b) 170 K measurement.