

Ti_{0.87}O₂ ナノシートの固相変態による極薄 TiO_x アナターゼ FET

Field effect transistor of thin anatase obtained through solid state transformation of Ti_{0.87}O₂ nanosheet

東大マテリアル¹, NIMS², JST-さがけ³ ○関崎舜也¹, 長田実², 佐々木高義², 長汐晃輔^{1,3}

Tokyo Univ.¹, NIMS², PRESTO-JST³ ○S. Sekizaki¹, M. Osada, T. Sasaki, & K. Nagashio^{1,3}

E-mail: sekizaki@ncd.tu-tokyo.ac.jp

【緒言】 TiO_xは紫外光により励起された *e-h* による酸化還元作用を示す代表的な光触媒活性物質である. この光照射を電界効果により置き換えることができれば応用への広がりは大い. 現在までに図 1 に示すようなバックゲート型 TiO_x-FET は動作確認されているが(表 1), 結晶性の良いアナターゼを得るには通常 20nm 以上の厚さが必要であるため TiO_x 表面にはキャリアがほとんど誘起されない. ここで Ti_{0.87}O₂ ナノシートは, 層状 K_{0.8}Ti_{1.73}Li_{0.27}O₄ からアルカリ金属をソフト化学反応により取り除いた厚さ 0.7nm 程度の層状物質である. ルチル構造やアナターゼ構造と異なり, Ti 欠陥を含むことで出発物質と同じ構造を保ち酸素欠陥を含まないことから高い絶縁性を示すが, 高温域でアナターゼ, さらにはルチルに固相変態することが知られている. この Ti_{0.87}O₂ ナノシートをアナターゼに固相変態させ極薄アナターゼ FET を作製することができれば, アナターゼ表面にもキャリアを誘起し触媒反応を電界効果により制御できる可能性がある. 本研究では, Ti_{0.87}O₂ ナノシートから 10nm 以下の極薄アナターゼ FET を作製し, FET 特性を評価することを目的とした.

【実験方法】 SiO₂ (90 nm)/n⁺-Si 基板上に Ti_{0.87}O₂・テトラブチルアンモニウム(TBA)懸濁液をスピコートし, 大気中で 800℃ 1 時間のアニールにより Ti_{0.87}O₂ をアナターゼ相に転移させるとともに分散材である TBA を酸化除去した. 得られたアナターゼ TiO_x に EB リソグラフィー及び真空蒸着により Al 電極を作製し, 真空中にてバックゲート FET 特性を測定した.

【結果及び考察】 大気アニール後の TiO_x の形状として, 大別して単層, 数層, 多層が観察された. 図 2 にこれらのラマン結果を示す. 数層及び多層では 142cm⁻¹ にアナターゼの代表的な振動モード E_g(1)が観測されたが, 単層ではピークは確認できなかった. また, 数層よりも多層の方が B_{1g}(1)強度が顕著であったことから, 結晶性は E_g(1)よりも B_{1g}(1)で判断が可能といえる. Ti_{0.87}O₂ ナノシートとアナターゼは結晶構造が異なることから, 固相変態時にある程度の膜厚を必要とするためと推測される[4]. 得られたアナターゼ TiO_x において FET 特性を評価したところ, 単層では動作せず 8~15nm の数層・多層試料において電流変調が観察された. 図 2 の挿入図に示すように I_{on} 時の電気伝導度は, 結晶性を示唆する B_{1g}(1)/Si₃₀₀ 強度比と明確な関係が確認できる. 図 3 に最も高い on 電流が得られた~15nm 厚さのアナターゼの IV 結果を示す. 4 端子測定により求めた電界効果移動度は 0.23 cm²/Vs であり, 電流の on/off 比は 10⁶ 程度であった. 既報の TiO_x FET とおおよそ同等の特性を得ている. 今回, 変調した試料内で最も薄いものは~8nm であり 10nm 以下の膜厚での変調を達成したが on/off 比は~10³ 程度であった. Ti_{0.87}O₂ ナノシートを積層したラングミュア-ブロッジェット(LB)膜を出発材料とすることで, 結晶性向上による FET 特性改善が可能であると考えられる.

【参考文献】 [1] M. Katayama, et al., Mater. Sci. Eng. B, 2008, **148**, 19. [2] J.-W. Park, et al., IEEE EDL, 2009, **30**, 362. [3] G. Oike, et al., IEDM Tech. Dig. 2013, 300. [4] K. Fukuda, et al., JACS, 2007, **129**, 202.

