

BEOL プロセス互換酸化物半導体 In-Al-Zn-O を用いたゲート長 40 nm の Surrounding Gate 縦型 FET の動作実証

Demonstration of Surrounding Gate Vertical-Channel FET with Gate Length of 40 nm Using BEOL Process Compatible In-Al-Zn Oxide Channel

キオクシア(株), °藤原 弘和, 佐藤 祐太, 斉藤 信美, 上田 知正, 池田 圭司

Kioxia Corp., °Hirokazu Fujiwara, Yuta Sato, Nobuyoshi Saito, Tomomasa Ueda, Keiji Ikeda

E-mail: hirokazu1.fujiwara@kioxia.com

【はじめに】 In-Ga-Zn-O (IGZO)に代表される酸化物半導体は、アモルファスであっても高移動度 ($> 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) と極低オフリーク電流 ($< 10^{-22} \text{ A}/\mu\text{m}$) を両立できるという優れた特徴[1,2]により、BEOL 互換プロセスによる Si-CMOS LSI との混載、高集積化が可能な縦型 FET のチャネル材料として期待されている[3]。この IGZO チャネル縦型 FET の実用化には、Si-CMOS LSI との混載に必要な 400°C 程度のプロセス熱処理に対して安定である必要がある。しかしながら、IGZO チャネルでは、 350°C 程度以上のアニールによってチャネルショートニングが生じ[4]、トランジスタの閾値電圧 (V_{th}) 制御が困難であるという課題があった。本報告では、よりプロセス耐熱性の高い新規酸化物半導体 In-Al-Zn-O (IAZO) 薄膜を用いることで、高移動度 ($\sim 12.7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) と高プロセス耐熱性 ($\sim 420^\circ\text{C}$) を両立する酸化物半導体チャネル Surrounding Gate 縦型 FET の動作実証に成功した結果[5]について報告する。

【結果・考察】 高移動度特性とプロセス耐熱性を両立するために、IAZO の組成最適化を行った。組成最適化後の IAZO を用いた縦型 FET の断面 TEM 像を Fig. 1(a) に示す。ゲート長 $L_g = 40 \text{ nm}$ 、チャネル膜厚 15 nm 、ゲート絶縁膜 $t_{ox} \sim 15 \text{ nm}$ と設計通りの素子形状が確認された。Fig. 1(b) に 420°C でアニールした後の縦型 FET の電気伝導特性を示す。 $V_{th} \sim -1 \text{ V}$ 、 $S.S. = 130 \text{ mV/dec.}$ の良好なカットオフ特性が得られた。さらに、このデバイスは高い信頼性を示し、 10^{11} サイクル以上のエンデュランスも達成している (Fig. 1(c))。以上の結果は、酸化物半導体を用いた短チャネル Surrounding Gate 縦型 FET の動作実証に世界で初めて成功した成果であり、3D-LSI 技術を大きく前進させる基盤技術として、電子デバイスの小型化・低消費電力化への貢献が期待できる。

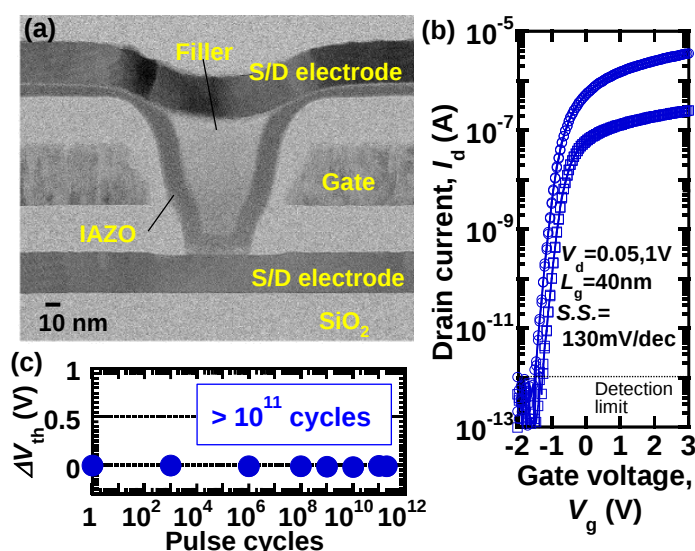


Fig. 1 (a) Cross-sectional tunneling electron microscopy (TEM) image. (b) Transfer characteristics of fabricated vertical channel FET. (c) Threshold voltage shift, ΔV_{th} , as a function of gate pulse stress. The gate pulses were applied from 0 V to 5 V with 1 MHz. [5] ©2020 IEEE.

- [1] K. Nomura *et al.*, Nature **432**, 488 (2004). [2] Y. Kobayashi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 04EF03 (2014).
 [3] F. Mo *et al.*, VLSI2019, pT42. [4] H. Kitakado *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 03CB02 (2012).
 [5] H. Fujiwara *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **67**, 5329 (2020).