

令和元年6月24日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03871

研究課題名(和文) 酸化物極限ナノトランジスタ創製とシングルドメインの金属-絶縁体電子相転移制御

研究課題名(英文) Creation of oxide nano-transistors and control of metal-insulator transition of single domain

研究代表者

神吉 輝夫 (Kanki, Teruo)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：40448014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ナノスケールの単一の電子相ドメインにアプローチできるほど小さなチャンネルを持つ酸化物極限ナノトランジスタを創出し、電界効果制御により巨大On/Offスイッチング・メモリ機能が発現することを実証してきた。従来報告されてきたのV02薄膜のトランジスタに比べて、一桁程度大きなOn/Off比を持つ酸化物トランジスタの創出に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子相転移を有する酸化物において電界効果は、どのような物理パラメータ(キャリア濃度、移動度など)を変化させるのか？実験を通じて具体化し極限ナノFETの測定を通じて解明する。この学術的意義は、キャリア変調による金属化は、V02で起こる構造相変化(絶縁体相では単斜晶、金属状態では正方晶)と相関関係はあるのか？つまりMott型相転移なのか、パイエル型相転移なのかという長年の問題に対してもアプローチできる有効な手段として、ナノFETを活用することにある。また、相転移を利用したFETは、低消費電力で動作し次世代のデバイスとして期待されている。その基礎を知ることによって、将来の循環型社会への貢献ができる。

研究成果の概要(英文)：In this research, field-effect transistors using correlated electron materials with an electronic phase transition was produced, which pave a new avenue to realize steep slope switching, to overcome device size limitations and to investigate fundamental science. I demonstrated a new finding in gate-bias-induced electronic transport switching in a correlated electron material, i.e., a V02 nanowire channel, which showed an enhancement in the resistive modulation efficiency. My results offer an understanding of the innate ability of coexistence state of metallic and insulating domains in correlated materials through carrier tuning and serve as a valuable reference for further research into the development of correlated materials and their devices.

研究分野：酸化物エレクトロニクス

キーワード：酸化物エレクトロニクス トランジスタ ナノテクノロジー 強相関電子系

1%266b

4b%26E

Beyond-CMOS bMK(8

bjK0%67(41qKS7

□ Mott-FETe6% I7uAS(56Wvg

On/Off

693μDε

Mott-FET 80188FS

On/Off □

73A75FS8g

□ J. Jeong *et al*, Science 339 (2013)140211b

844O6b0(vICd

W93μWε4)BK88

On/Off 100Te)h,K

7(□

OKcv5%)7)%)58z7%(7g

9%3De8KK8Gbe80MSuc92A

)εw8E%3056q)6C-θ

A □ □ nm b □ (z)μ80M06

%26E%67(2A64

VO₂KS

□

□ nm b(z)μb

Mott-FET pK93g

On/Off □ μ □

OM

□ rS □ 7Hb2ApBKS4

FET 7%KS4

6MG6

0%2b% □

Mb7%47%3DKqv(1S

ε 7%3 □ bOW9

μD

ε

K □ □

bεεBKWS

□

Mott-FET W □

93 □

μg □

On/Off □

OM □

rS □

3d364(1b7W8 □

VO₂

ε8 □

Mott))(K8b

3d755MG

W □ Brinkman-Rice b □ □

W.F.Brinkman and T.M.Rice, PRB 2(1970)4302 □

w7%6baSuw2A5W0

MM8b77ε □

WSμS880b5 %3MS

WV εSe87D □

1S4S(MG ε □

1K%35 □

/ε% M □

1% □ 2b2

□

2 □

VO₂ □

ε □

(1) □

(11) □

On/off g □

(111) □

Mott □

εM

26%44ε

εM

22ε

24ε □

g On/Off □

Y

εM

ε

W

ε □

VO₂ □ 3S4%3WS5 □

g*

-))/3 □

MIT □

2sGK1FMvbqMqKC%8 □

VO₂ -wε □

MIT □

385 %))%)%b0b7% □

nm bAIK8G

Gεb(44ε7b7ACD

O □ %2ε VO₂ bM7%b777m

Su □

20 nm b7 μ □

7 □ VO₂ εw80Kεb-wε0b8M23b

TiO₂(001)M □

VO₂ -w8

0 BK82 □

OK28S4dKSeS7 □

)ze(□ 125KV-EB 8(8780KS □

W 1(a),(b)ε80K

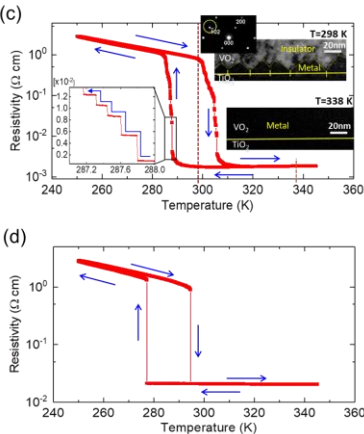
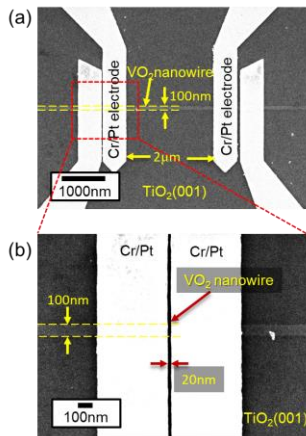
Sε

786 □

VO₂ □ 100 nm7627 □

2 μm □

20 nm b8gM □



W (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2 (c) 2 μm, (d) 20 nm b 100 nm VO2.

W (c) b 100 nm, (d) b 100 nm.

MIT OISM 762

W

VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

W 2(a) 6 μm, (b) 2 μm b 100 nm VO2.

VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

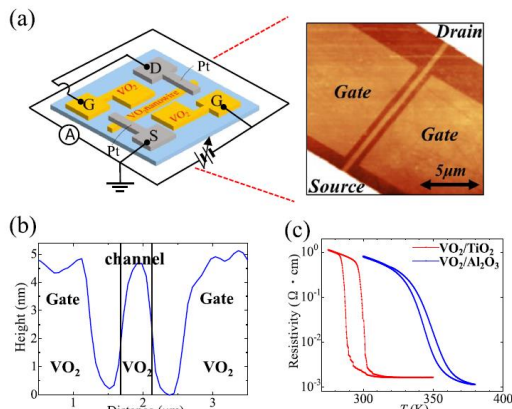
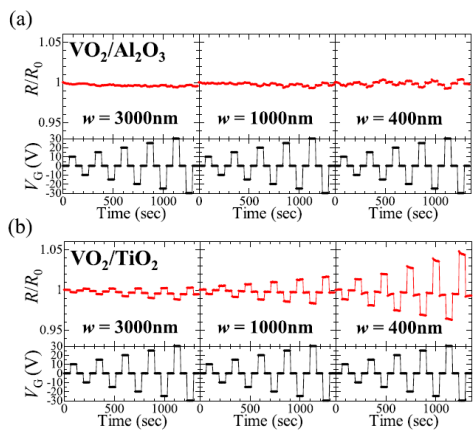
VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

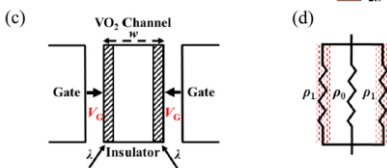
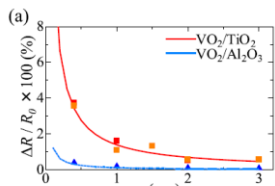
VO2 (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.



W (a) 2 μm, (b) 20 nm b 100 nm VO2.

W 4(b) KKS4

4(c) W 4(a)

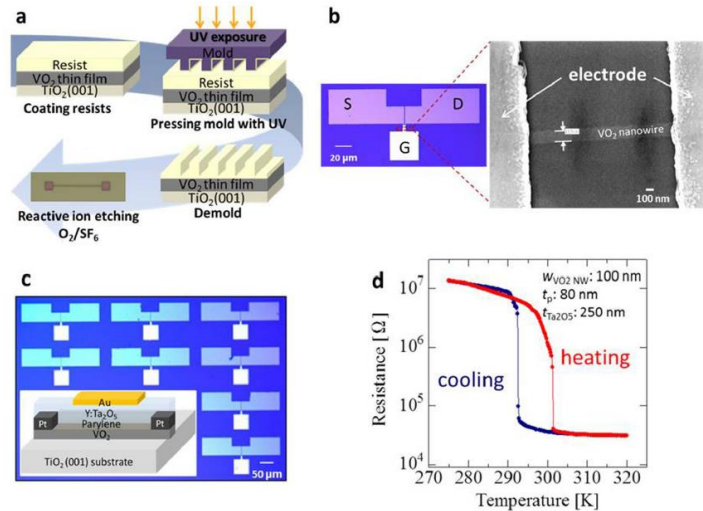


W (a) Al2O3(0001) VO2 (b) TiO2(001) VO2.

VO2 (b) VO2.

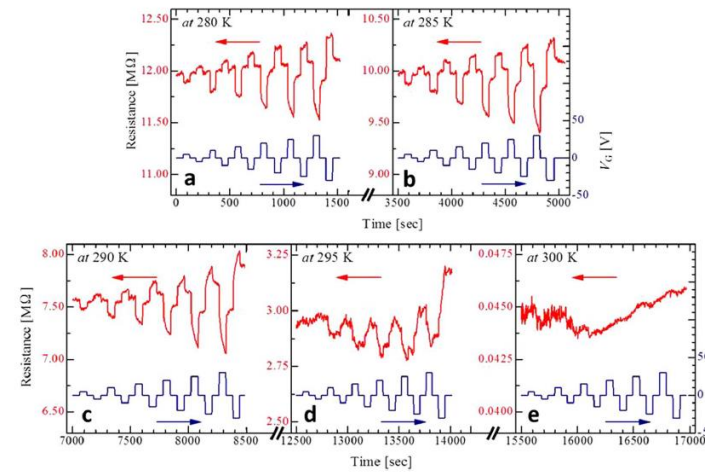
W 2 (a) (b) (c)

6 1
5(a) □ VO₂ □
8 □ 2 FV □
□) / □
Gb VO₂ □
8S □
(b), (c) □
□ 4 % □
SW 6b □
□ □
K □ A 6G □
□ □ W5 □ K □
S 4 □
□ A 2s GM □
AS □
□ b6K □
IOKS VO₂ □
S □ 7% □
□ □ A) □

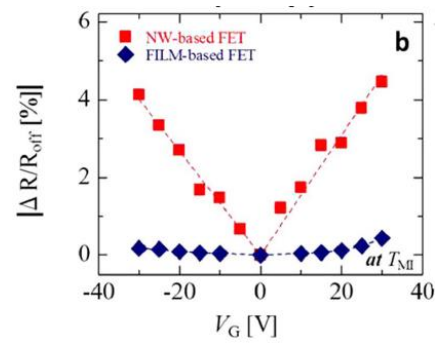


W3 (a) □
□ (b) □ 86 □
(c) □ FET 80 □
(d) VO₂ □

VO₂ □
FET □



W 4 7 □
280, (b) 285K, (c) 290K, (d) 295 K, (e) 300 K.



W 5 □
□ □
, 8 VO₂ □
7, 8 □ VO₂ □

3 1e ...
30e 6 6
□ Y. Tsuji, T. Kanki, Y. Murakami and H. Tanaka, Single-step metal-insulator transition in thin film-based vanadium dioxide nanowires with a 20 nm electrode gap, *Applied Physics Express* **12**, 025003(1-4) (2019).
□ M. Chikanari, T. Kanki, T. Wei and H. Tanaka, Enhancement of electronic-transport switching in single-crystal narrower VO₂ nanowire channels through side-gate electric fields, *Applied Physics Letters* **113**, 053102 (1-5) (2018).
□ Y. Higuchi, T. Kanki, and H. Tanaka, Formation of single-crystal VO₂ thin films on MgO(110) substrates using ultrathin TiO₂ buffer layers, *Applied Physics Express* **11**, 085503 (1-4) (2018).
□ Y. Higuchi, T. Kanki and H. Tanaka, Joule-heat-driven high-efficiency electronic-phase switching in freestanding VO₂/TiO₂ nanowires, *Applied Physics Express* **10**, 033201 (1-4) (2017).
□ N. Manca, L. Pellegrino, T. Kanki, W. J. Venstra, G. Mattoni, Y. Higuchi, H. Tanaka, A. D. Cavigila, and D. Marre, Selective High-Frequency Mechanical Actuation Driven by the VO₂ Electronic Instability, *Advanced Materials* **29**, 1701618 (1-6) (2017).
□ T. Wei, T. Kanki, M. Chikanari, T. Uemura, T. Sekitani, and H. Tanaka, Enhanced electronic-transport modulation in single-crystalline VO₂ nanowire-based solid-state field-effect transistors, *Scientific Reports* **7**, 17215 (1-7) (2017).
□ T. Kanki and H. Tanaka, Research Update: Nanoscale electrochemical transistors in

