

TiN 導電層上 VO₂ 薄膜における自励発振特性の電極探針荷重依存性

Probe load dependence of self-oscillation properties of VO₂ films on conductive TiN layers

東海大工 ○戸部 龍太, 青戸 智寛, 北川 陽介, 間宮 圭亮, 沖村 邦雄

School of Engineering, Tokai Univ.

○Ryuta Tobe, Tomohiro Aoto, Yosuke Kitagawa, Keisuke Mamiya and Kunio Okimura

E-mail: 4bei2211@mail.tokai-u.jp

二酸化バナジウム(VO₂)は比較的室温に近い 68℃付近で絶縁体-金属相転移(Insulator Metal Transition: IMT)を起こし 4-5 桁に渡る急激な抵抗値の変化を示す[1][2]. また IMT は電圧印加によっても発生することから VO₂ を動作層としたスイッチング素子や発振素子としての応用が期待されている. そこで我々は, 低電圧での動作を可能とする TiN 導電層上 VO₂ 薄膜の発振特性について報告した. この研究では VO₂ にかかる探針の荷重で発振特性が変化することを報告した[3]. 今回我々は, 荷重を細かく変化させることで探針荷重で発振周波数を制御することに成功し, かつ I-V 特性と発振特性を比較することで VO₂ の自励発振特性のメカニズムについて考察した.

VO₂ 薄膜(膜厚~200 nm)は反応性スパッタ法により(111)配向 TiN 導電層(抵抗率 $5.7 \times 10^{-5} \Omega\text{cm}$)上に作成した. VO₂ と TiN にそれぞれ探針(タングステン製, 半径 15 μm)を当て, カーブトレーサーにより VO₂ の I-V 特性を測定した後, Fig. 1 に示すような回路を用いて発振特性を測定した. またそのときの VO₂ にかけた探針荷重を計量器により計測し, その値を探針の接触面積で割ることで針圧として評価した. なお, TiN にかかる針圧はすべて 100 MPa に統一した.

VO₂ 側の針圧をそれぞれ 5 MPa, 60 MPa, 150 MPa としたときの I-V 波形と発振波形を Fig. 2 (a), (b), (c) に示す. また, 得られた発振波形の電圧値の最大値と最小値から VO₂ の抵抗値 R_T , R_B をそれぞれ計算し, それを I-V 波形と対応させ図中に示した. 針圧を 150 MPa に設定した Fig. 2 (c)においてヒステリシスを有する I-V 波形が得られ, VO₂ の発振現象として特徴的なこぎり波状の発振特性が得られた. この特性では $R_T = 5900 \Omega$, $R_B = 2500 \Omega$ と比較的高い抵抗値で発振し, I-V 波形における負性抵抗領域で発振していると考えられる[4]. また, 針圧を 5 MPa に設定した Fig. 2 (a) において, 小さなヒステリシスを有する I-V 波形, 高い周波数の発振特性が得られた. この特性において $R_T = 2200 \Omega$, $R_B = 1800 \Omega$ と比較的小さく, Fig. 2 (c)と同様に負性抵抗領域で発振している. 一方で, 針圧を 60 MPa に設定した Fig. 2 (b)では, 明確なヒステリシスが見られない I-V 波形と, Fig. 2 (a), (c)と比較して正弦波状的で 15 MHz という高い周波数をもつ発振特性が得られた. この特性では, $R_T = 700 \Omega$, $R_B = 500 \Omega$ であり, 針圧 5 MPa, 150 MPa の特性と比べてより小さな抵抗値を遷移して発振している. 更に, I-V 波形に対応させると, 負性抵抗領域ではあるが VO₂ が金属化した状態で発振していることがわかる. VO₂ が金属化したことで抵抗値が減少し, 小さな抵抗値を遷移することによって高い発振周波数が得られたと考えられる. 以上のことから, VO₂ にかかる針圧を変化させることで発振時に遷移する抵抗値が変化し, それに伴い発振周波数を約 1 MHz から 15MHz と十倍以上変化できることが確認された. 発表では, 針圧が VO₂ の発振特性に及ぼす影響について考察する.

[1] F. J. Morin, Phys. Rev. Lett. **3**, 34 (1959). [2] H. Futaki and M. Aoki, Jpn. J. Appl. Phys. **8**, 1009 (1969).

[3] Tomohiro Aoto *et al.*, The 78th JSAP Autumn Meeting, 2017, 8p-PA1-3. [4] Joe Sakai, J. Appl. Phys. **103**, 103708 (2008).

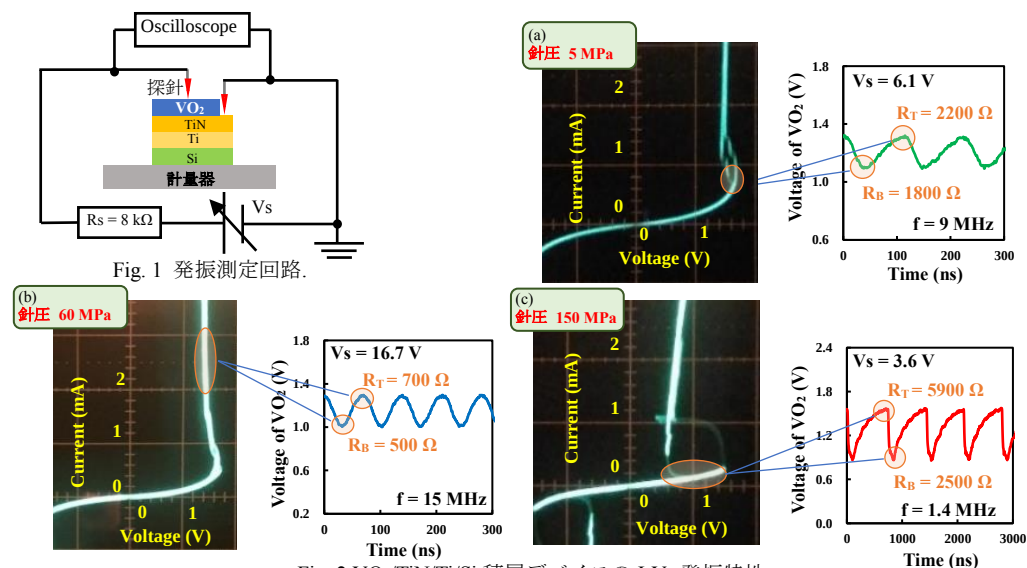


Fig. 2 VO₂/TiN/Ti/Si 積層デバイスの I-V, 発振特性. 針圧 (a) 5 MPa, (b) 60 MPa, (c) 150 MPa.