

## 単一 VO<sub>2</sub> 積層デバイスにおける協調発振現象

### Coupled oscillation phenomena of single VO<sub>2</sub> layered device

東海大院工 ○戸部 龍太, 沖村 邦雄, モハメッド シュルズ ミヤ

Graduate School of Engineering, Tokai Univ. ○Ryuta Tobe, Kunio Okimura and Md. Suruz Mian

E-mail: 8beim032@mail.u-tokai.ac.jp

二酸化バナジウム(VO<sub>2</sub>)は温度変化や電圧印加等によって電気抵抗が4桁以上変化する相転移材料であり、この巨大かつ急峻な抵抗変化を利用した電子デバイスへの応用が期待されている。VO<sub>2</sub>はある電圧を印加すると抵抗が連続変化する自励発振特性を有しており、本研究室は積層型 VO<sub>2</sub> デバイスにおける自励発振現象について報告してきた。[1] 今回我々は積層型 VO<sub>2</sub> デバイスによる協調発振現象について調査した。この現象は、複数の振動子が相互作用(結合)を起こすことで周波数や位相が同期するものであり、脳神経細胞の発火やその同期との対応付けによるニューロモルフィックデバイスとしての応用が期待されている。[2] さらに、先行研究[3]では振動子の数だけキャパシタを介して VO<sub>2</sub> デバイスを接続する必要があったが、本研究では単一の VO<sub>2</sub> 積層デバイスによる結合キャパシタの不要な協調発振の発現に成功した。本成果は VO<sub>2</sub> による協調発振デバイスのさらなる高集積化の可能性を示すものである。

VO<sub>2</sub> デバイス作製には ICP 支援 RF マグネトロンスパッタ法を用いた。ITO ガラス(膜厚 ~200 nm,  $\rho=2 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ ) 上に RF power 250 W, ICP power 200 W, 全圧 0.6 Pa, O<sub>2</sub> 流量 0.5 sccm, 基板温度 400°C の条件で 40 分間成膜を行った。作製した2つのデバイス(VO<sub>2</sub> A, B)を結合キャパシタ C<sub>c</sub> を介して接続し、電圧源、負荷抵抗を用いて協調発振特性を測定した(Fig. 1 (a)). Fig. 1 (b)に電源電圧 V<sub>s</sub> = 20 V 時の特性を示す。VO<sub>2</sub> A, B ともに過去に報告のあるこぎり波的なものとは異なり、それぞれが互いに ON OFF を繰り返すような波形が得られた。これは単体の VO<sub>2</sub> デバイスでは一般には得られないものであり、デバイス間にキャパシタを介した相互作用が生じ、互いに同期する協調発振が発現したものである。次に、Fig. 2 (a)に示すように2本のプローブを1 mm 間隔で VO<sub>2</sub> 薄膜に接触させ2箇所を発振ポイントを設けた(contact A, B)。それぞれに負荷抵抗を接続し電圧を印加したときの電源電圧に対する周波数の変化を Fig. 2 (b)に示す。V<sub>s</sub> = 9~10 V において周波数の不連続が生じており、その前後で線形的な周波数の増加が得られた。Fig. 2 (c)に不連続点の9, 10 V における発振波形を示す。9~10 V にかけて結合キャパシタによる協調発振と同様に互いに ON OFF を繰り返す波形へと遷移しており、10~30 V 以上までこのような波形が維持された。10 V において周波数が減少したのは波形に OFF 時間が加わったためである。この特性は contact A, B のプローブ間距離を 5 mm 程度離しても再現され、先行研究[4]にあるような数 10  $\mu\text{m}$  オーダーで生じる熱を利用した結合とは別のメカニズムであると考えられる。また、キャパシタではなく抵抗を用いた結合ではこの波形は得られなかったことから、contact A, B 間では VO<sub>2</sub> の有するキャパシタ成分によって結合し協調発振を発現したと考えられる。以上のことから、単一 VO<sub>2</sub> において結合キャパシタの不要な協調発振が発現できると示された。本成果は協調発振を用いたニューロモルフィックデバイスのさらなる高集積化に寄与できるものである。

[1] Md. Suruz Mian, et al., J. Appl. Phys. **117**, 215305 (2015). [2] F. C. Hoppensteadt and E. M. Izhikevich, Phys. Rev. Lett. **82**, 2983 (1999).  
[3] N. Shukla, et al., Sci. Rep. **4**, 4964 (2014). [4] A. Velichiko, et al., Sol. St. Elec. **141**, 40 (2018).

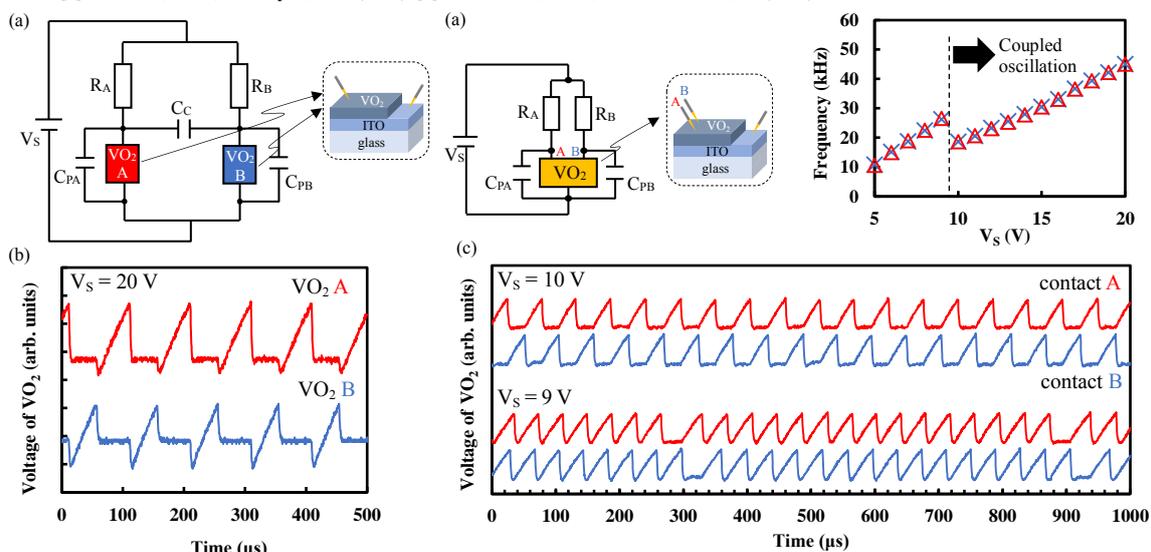


Fig. 1 (a) Measurement circuit for coupled oscillation with two VO<sub>2</sub> devices. (b) Oscillation waveforms for voltage across VO<sub>2</sub> devices of A and B.

Fig. 2 (a) Measurement circuit for coupled oscillation with single VO<sub>2</sub> device. (b) Oscillation frequency changes against source voltage, V<sub>s</sub>. (c) Oscillation waveforms for voltage across C<sub>PA</sub> and C<sub>PB</sub>.