

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04868

研究課題名(和文) 相転移V02素子群のモデリング解析とテラヘルツ波の高速変調への応用

研究課題名(英文) Modeling and application of phase transition V02 devices for high speed modulation of Terahertz wave

研究代表者

沖村 邦雄 (Okimura, Kunio)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：00194473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は68℃付近で絶縁体-金属転移(Insulator-metal transition: IMT)を示す二酸化バナジウム(V02)薄膜をパターンニングしたメタ表面を用いるテラヘルツ波の透過偏光制御に繋がる基礎研究として実施した。

スパッタ成膜した100 nm厚さのV02薄膜に対してTi/Au電極を堆積し電極幅5000 μm, 電極間ギャップ10 μmの対向電極を有するプレーナ型素子を作製し、11V, 8 mAで電圧印加スイッチングと共に自励発振を実現した。この発振は電圧源として50Hz正弦波交流を発生するカーブトレーサを導入して観測でき、百KHz以上の極めて安定な自励発振を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光と電波の中間的な周波数帯のテラヘルツ波は、次世代の携帯電話や医療用途への応用が期待されており、その波源開発や透過制御の研究が重要性を増している。テラヘルツ波は金属メタ表面によりその透過を制御できるが、絶縁体-金属転移を発現する二酸化バナジウム(V02)薄膜をメタ表面へ適用すれば透過性をアクティブに制御できる。本研究ではV02薄膜において温度上昇による絶縁体-金属転移スイッチングを発現させることでテラヘルツ波の透過制御に成功した成果を踏まえて、更にV02の電圧印加スイッチング及び自励発振現象をメタ表面へと組み込むことができればテラヘルツ波の高速な透過制御が可能となる点に着目した研究である。

研究成果の概要(英文)：Vanadium dioxide (V02) shows insulator metal transition (IMT) with resistance change over three orders magnitudes at around 68 °C. The IMT is also triggered by voltage addition. Under proper series resistance to the V02 film with facing electrodes, self-sustaining oscillation phenomenon is obtained. In this project, we aim to apply this self-oscillation to control of terahertz-wave transmission. We fabricated planar device in which Ti (10 nm)/Au (200 nm) electrodes were deposited on 100 nm-thick V02 film grown on sapphire substrate. Distance between the electrodes and the width were 10 μm and 5000 μm, respectively. With voltage addition to this device, we observed voltage triggered switching at 11 V, 8 mA. In addition, self-oscillation phenomenon was realized with 50 Hz sinusoidal wave voltage addition. We clarified dependence of oscillation frequency on parallel capacitance values. Finally, we obtained oscillation frequency higher than 100 kHz.

研究分野：電子材料薄膜作製と物性評価

キーワード：テラヘルツ波 光学透過制御 メタ表面 相転移酸化物 二酸化バナジウム薄膜 電圧印加スイッチング 自励発振現象 プレーナ型素子

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

電磁波と遠赤外光との間の周波数 300 GHz ~ 3 THz (波長 0.1 ~ 1 mm) をもつテラヘルツ波は、光に比べて強い透過性を有する特長から固体物性評価や医用技術等、様々な新規応用が期待されている。温度上昇時に 70 程度で絶縁体 - 金属転移 (IMT) を発現して金属状態となるバナジウム酸化物 ( $\text{VO}_2$ ) をテラヘルツ波制御メタ表面 (波長以下の 2 次元人工周期構造をメタ表面と呼ぶ) に組み込むことで、温度変化による偏光制御ができることを見出した。更に縦横それぞれ 100 列 (合計 10,000 個) 以上周期配列した  $\text{VO}_2$  の絶縁体 - 金属転移の実現を電流注入による温度上昇によって実現したが、そのためには 100 V 以上の高電圧と数十秒以上の時間を要した。したがって、テラヘルツ波の透過制御を低電力且つ高速に行うためには電圧印加による IMT 発現が有効になるものと考えた。より低消費電力での IMT の高速制御の基礎データを取得する必要があることから、まずは電極間隔として 10  $\mu\text{m}$  程度を有する対向電極プレーナ型素子を製作して、電圧印加スイッチング及び自励発振現象の基礎的データベースを蓄積することが有効になる。

### 2. 研究の目的

本研究では上記の背景を踏まえ、テラヘルツ波の透過率制御用メタ表面に  $\text{VO}_2$  薄膜素子を導入し、その電圧印加スイッチング現象を誘起することで低電圧駆動と高速動作を実現するための基礎研究を実施する。 $\text{VO}_2$  薄膜上に対向電極を設け、電圧印加スイッチングを発現させ、その電圧 - 電流特性の負性抵抗を基に自励発振現象を実現する。 $\text{VO}_2$  薄膜の自励発振現象は既に多数の論文報告が成されているが、テラヘルツ波の透過制御に適する電極サイズにおける適切な電圧印加スイッチングに基づく自励発振現象を実現する。また、LTSpice による  $\text{VO}_2$  素子のモデリングに基づく回路シミュレーションを適用して周期配列  $\text{VO}_2$  素子群の電圧印加スイッチング挙動を明らかとする。

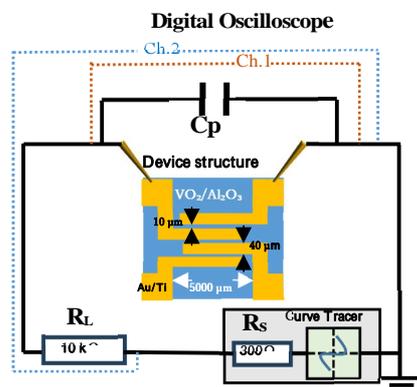
### 3. 研究の方法

東海大学で作製したサファイア基板上の  $\text{VO}_2$  薄膜に対して、研究分担者の京都大学において Ti/Au 電極を堆積する。微細加工によって電極幅 5000  $\mu\text{m}$ 、電極間ギャップ 10  $\mu\text{m}$  の対向電極を有するプレーナ型素子を作製する。電極間の抵抗値は電極間距離、電極幅と共に  $\text{VO}_2$  薄膜の膜厚から決まることから、理論的な抵抗値計算に基づき  $\text{VO}_2$  膜厚を 100 nm とした。このように作製したプレーナ型  $\text{VO}_2$  素子に直流電圧を印加し電圧印加スイッチングを発現させる。更に、適切な直列抵抗値と  $\text{VO}_2$  素子への並列キャパシタンス接続を行うことで、 $\text{VO}_2$  の端子電圧が自発的に振動する自励発振現象の発現を目指す。

自励発振が達成されれば、その発振周波数の回路パラメータ依存性を調べることが今後の応用にとって重要となる。また、発振現象の  $\text{VO}_2$  素子温度依存性を調べる。 $\text{VO}_2$  薄膜の自励発振現象は過電流や過熱による  $\text{VO}_2$  薄膜及び電極用金属膜の熔融や断線の故障が懸念される実験であり、より適切な電圧印加方法、実験スキームを確立することも非常に重要となる。

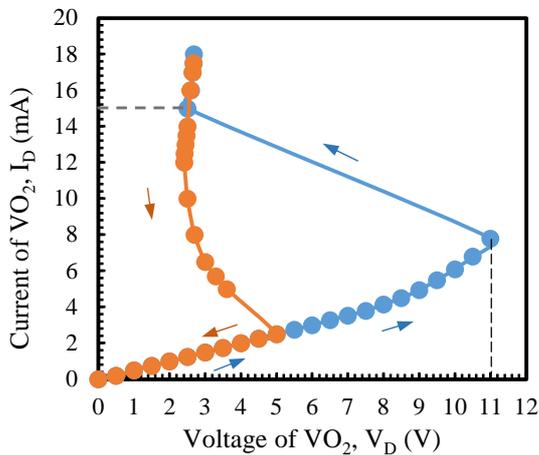
本研究に用いた対向電極 (Ti/Au) を有する  $\text{VO}_2$  素子と実験回路を Fig. 1 に示す。 $\text{VO}_2$  薄膜 (厚さ 100 nm) は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (001) 基板 (20  $\times$  20  $\text{mm}^2$ , 1mm) 上に反応性スパッタ法で堆積した。プレーナ電極は  $\text{VO}_2$  膜上に Ti (10 nm) / Au (200 nm) を蒸着した。電極間ギャップは 10  $\mu\text{m}$ 、電極幅は 5000  $\mu\text{m}$  とした。電極間の直流抵抗値は 1.4 k  $\Omega$  であった。実験は Fig. 1 のように  $\text{VO}_2$  素子に並列キャパシタンス  $C_p$  を接続した上で、電源としてカーブトレーサを用いて 50 Hz 交流電圧を印加した。カーブトレーサの内部抵抗  $R_s$  と外部直列抵抗  $R_L$  を適切な値に設定することで発振が得られた。また  $\text{VO}_2$  素子の電圧 ( $V_D$ ) をオシロスコープの Ch.1 でモニターすることで  $\text{VO}_2$  発振波形を得た。また Ch.2 で電源電圧を測定した。 $\text{VO}_2$  素子の発振応用では素子温度依存性が重要な因子となるため素子温度を変えて発振の最高、最低周波数を調べた。

Fig. 1 Circuit for self-oscillation experiments using  $\text{VO}_2$  planar device with facing electrodes.

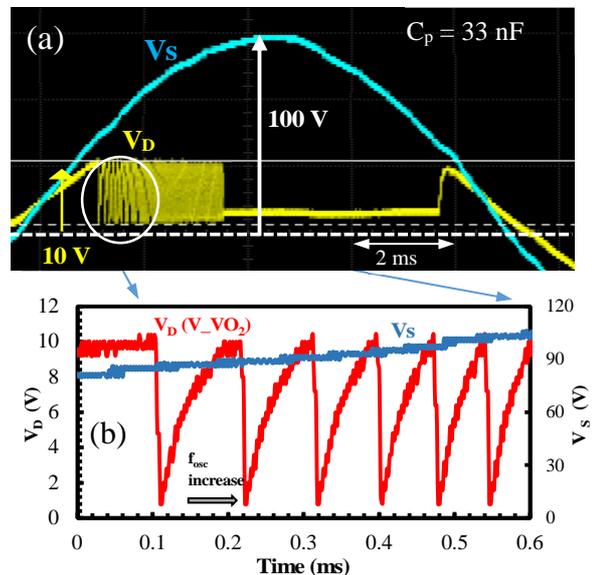


#### 4. 研究成果

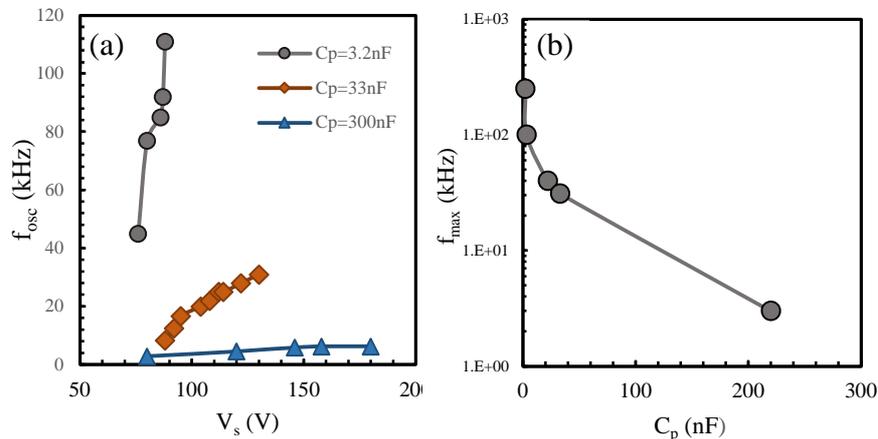
素子の電圧-電流特性をFig.2に示す. 室温では $V_{th} \sim 11V$ でしきい値スイッチング及び負性抵抗スイッチング特性(NDR)を示した. NDRを有する素子では適切な値の直列抵抗を挿入することで $VO_2$ が絶縁相と金属相の間を自発的に遷移する. 本研究では $R_L = 10k$ , カーブトレーサ内部抵抗 $R_s = 300$ を挿入することで発振が得られた. Fig.3 (a)は室温における $VO_2$ 電圧の自励発振とカーブトレーサの電源電圧( $V_s$ )である. 発振周波数 $f_{osc}$ はkHz以上のオーダーであるため50 Hzの $V_s$ 変化に伴う $f_{osc}$ の変化をモニターできた. 従来研究で知られているように $f_{osc}$ は $V_s$ 上昇と共に増加するため, Fig. 3(a)では $V_s$ 上昇に伴って発振パルスの周期が徐々に短くなっている様子がわかる. 即ち, 50 Hz正弦波の導入は $f_{osc}$ の変化をsingle scanで取得でき, 加えてbreak down等で壊れやすい $VO_2$ 素子の発振実験を効率的に行う方法として有効であることがわかった. Fig.3 (b)はFig.3(a)の発振開始直後の発振波形である. 周期が徐々に短くなり, 発振周波数が高くなっている様子がわかる. この自励発振は $VO_2$ に並列に接続したキャパシタンスの値に強く依存する. この理由は通常のRC回路と同様にCの値が大きい程, 回路応答の時定数が大きくなるためである. Fig.4(a)は3種類のキャパシタンス(3.2, 33, 300 nF)における最高発振周波数の電源電圧依存性である. 300 nFでは発振周波数は数kHzオーダーであるが, 3.2 nFでは100 kHzを越えた.



**Fig. 2** Current-voltage characteristic between electrodes 1 and 2 in the  $VO_2$ -based planer device. Values of voltage and current just before and after current jump (IMT) are defined.



**Fig. 3** (a) Self-sustained electrical oscillations in  $VO_2$ -based planer device with  $C_p$  of 33 nF triggered by sinusoidal voltage. (b) Close-up view of the oscillation.  $V_D$  represents voltage across  $VO_2$  device,  $V_s$  sinusoidal source



**Fig. 4** (a) Dependence of oscillation frequency,  $f_{osc}$ , on source voltage,  $V_s$ , for  $C_p = 3.2$ , 33 and 300 nF. (b) Dependence of maximum oscillation frequency,  $f_{max}$ , on parallel capacitance,  $C_p$ .

Fig. 4 (b)は発振周波数のキャパシタンス値依存性を示している。VO<sub>2</sub>の自励発振において並列キャパシタンスが無い場合の発振現象も報告されており、プレーナ型素子では500 kHz程度の報告がある。Fig. 4(b)からも同様のキャパシタンス依存性が見て取れる。

Fig. 5は並列キャパシタンスが33 nFにおいて、VO<sub>2</sub>素子の電圧V<sub>D</sub>及び電流I<sub>D</sub>、並列キャパシタンスの電流I<sub>C</sub>、電源に流れる電流I<sub>S</sub>の時間依存性を示した結果である。VO<sub>2</sub>の電圧印加スイッチングに伴い、V<sub>D</sub>が急減すると同時にI<sub>D</sub>が急増し、その時キャパシタンスからの放電によってI<sub>C</sub>が逆方向に急増する様子がわかる。一方、電源からの電流I<sub>S</sub>はI<sub>D</sub>とI<sub>C</sub>が相殺する結果、それ程大きな変化を示さない事がわかる。即ち、並列キャパシタンスを有する自励発振現象では、キャパシタンスからの放電電流が加わる形でVO<sub>2</sub>素子の電流は急増するため負性抵抗特性が強化される一方、電源電流の変化は比較的小さい動作であることがわかった。

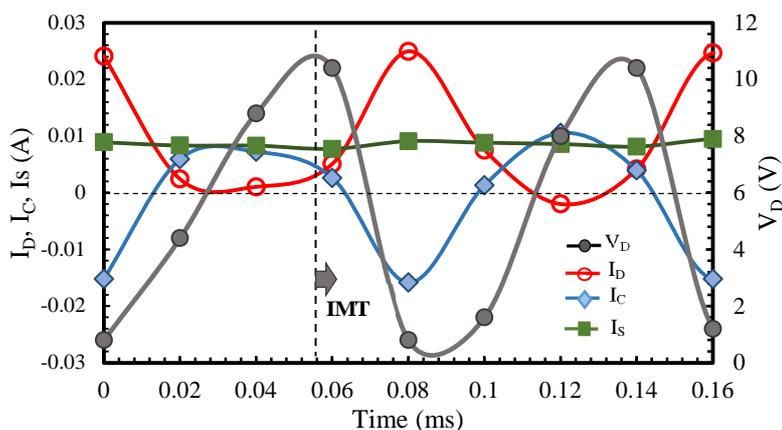


Fig. 5 Changes of V<sub>D</sub>, I<sub>D</sub>, I<sub>C</sub>, and I<sub>S</sub> with time in the case of C<sub>p</sub> = 33 nF.

本研究では、VO<sub>2</sub>素子を室温相における高抵抗と高温相における低抵抗の2つの抵抗間をスイッチするモデルで表すことでLTSpiceシミュレーションを実施した。Fig. 6(a)にLTSpiceに組み込んだスイッチモデルを示す。また、Fig. 6 (b)はFig. 2に示した電圧-電流特性を高抵抗R<sub>I</sub>と低抵抗R<sub>M</sub>で表した特性である。シミュレーション中ではこれらのR<sub>I</sub>とR<sub>M</sub>をFig. 2に現れたしきい値電圧及びヒステリシス幅を持つスイッチモデルとして取り込んでいる。

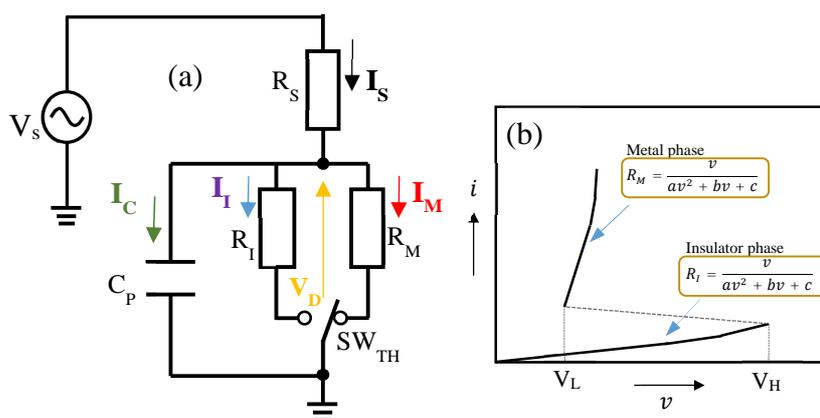
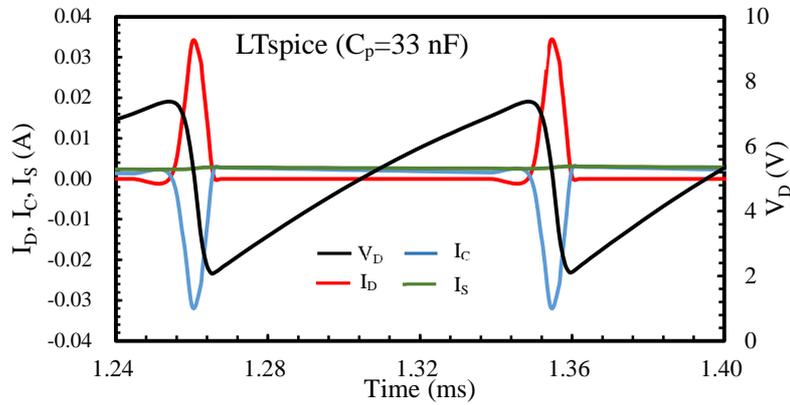


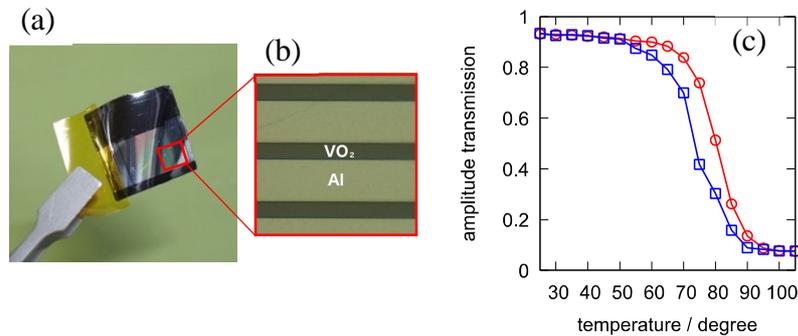
Fig. 6 Circuit model for self-sustained electrical oscillation (SEO) with VO<sub>2</sub> device, (a). VO<sub>2</sub> is modelled by non-linear resistances with two states corresponding to insulator and metallic phases based on the measured I-V characteristics shown in (b).

このようなLTSpiceモデリング計算を行った結果、並列キャパシタンスが33 nFのとき、Fig. 5に示したVO<sub>2</sub>素子の電圧V<sub>D</sub>及び電流I<sub>D</sub>、並列キャパシタンスの電流I<sub>C</sub>、電源に流れる電流I<sub>S</sub>の時間依存性としてFig. 7を得た。しきい値スイッチング後の信号の減衰時間においてFig. 5との相違が見られるが、V<sub>D</sub>、I<sub>D</sub>、I<sub>C</sub>及びI<sub>S</sub>の時間依存性の特徴はFig. 5と同様であり、発振周期も0.08 ms (=周波数 12.5 kHz)と実験結果をよく再現している。本研究を通して、電圧-電流特性に基づきVO<sub>2</sub>素子をモデル化し、適切なヒステリシス幅を設定することで自励発振現象をシミュレートできることが明確となった。



**Fig. 7** Temporal changes of  $V_D$ ,  $I_D$ ,  $I_C$ , and  $I_S$  obtained by LTSpice simulation in the case of  $C_p = 33$  nF.

以上により、本研究を通して厚さ 100 nm の結晶性に優れる  $VO_2$  薄膜を動作層とし、10  $\mu\text{m}$  ギャップの対向電極を有するプレーナ型素子を作製した結果、しきい値電圧 11 V での電圧印加スイッチングを得て、その負性抵抗特性に基づく自励発振現象を実現した。発振の安定化のために  $VO_2$  素子に並列キャパシタンスを設け、並列キャパシタンス 3.2 nF において 120 kHz 程度の最高周波数を得た。50 Hz 正弦波を印加する測定方法を確立したことで、壊れやすい  $VO_2$  薄膜素子の長寿命化を達成できた。また、 $VO_2$  素子の電圧-電流特性に基づき  $VO_2$  のモデリングを行い LTSpice シミュレーションに組み込むことで、自励発振現象をシミュレートできることを示した。 $VO_2$  による電圧印加スイッチング及び自励発振素子をテラヘルツ波の透過制御を目的とするメタ表面へ組み込むために、シミュレーションによって動作条件や消費電力を明確にできることは、今後の実用的な研究展開にとって極めて有用な成果と考えられる。



**Fig. 8** (a) Photograph of fabricated sample. (b) Microphotograph of meta-grating. (c) Amplitude transmission for uniform  $VO_2$  film.

最後に、テラヘルツ波の透過制御への応用の基礎データを得るために、プラスチック薄膜上の  $VO_2$  を用いたメタ表面のテラヘルツ振幅変調特性の評価を行なった。合成石英基板上にポリイミド薄膜を成膜した後、 $VO_2$  と格子整合性のある ZnO 層と  $VO_2$  膜の成膜を行なった。そして、試料の半分を使って金属グレーティング構造を付け加えたメタ表面を作製した。Fig. 8(a) に全体図を、(b) にグレーティング部の顕微鏡写真を示す。ポリイミド薄膜の膜厚は約 11.5  $\mu\text{m}$  とテラヘルツ波の波長よりも十分小さいので、基板としての反射は無視できるほど小さい。作成した試料をテラヘルツ波時間領域分光法で評価した。 $VO_2$  一様膜の振幅透過率の温度特性( 温度上昇時、温度降下時)を Fig. 8(c) に示す。 $VO_2$  の相転移による抵抗変化によって、テラヘルツ波の透過振幅が大きく変調されていることが分かる。これは、ZnO 層の存在によって高品質の  $VO_2$  膜が生成されていることの証拠である。そして、グレーティング部の振幅透過率は低温時で 0.86、高温時で 0.03 であった。低温時の透過率を高温時の透過率で割った値を消光比として定義すると、一様メタ表面では 100 であるのに対し、グレーティング部では 820 となり、グレーティング構造を用いることで 8 倍以上の変調度を実現できたことになる。以上の研究により、プラスチック薄膜上の  $VO_2$  はテラヘルツ領域においても良好な特性を示しており、更に高機能なメタ材料への応用の可能性が開かれたといえる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yukito Ozawa, Rai Hiranabe, Shinpei Shimono, Qiuzhi Liu, and Kunio Okimura	4. 巻 42
2. 論文標題 Flexible V02 films grown on ZnO-nanorod buffered polyimide sheets with large insulator metal transition: Evaluation of flexible performance	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology A	6. 最初と最後の頁 033103_1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0003378	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takuto Ohnuki, Kunio Okimura, Reki Nakamoto, Yuji Muraoka, Joe Sakai and Masashi Kuwahara	4. 巻 134
2. 論文標題 Modulation of insulator metal transition of V02 films grown on Al2O3 (001) and TiO2 (001) substrates by the crystallization of capping Ge2Sb2Te5 layer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 245302_1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0176810	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Lamisa Hoque, Md. Suruz Mian, Kunio Okimura, and Toshihiro Nakanishi	4. 巻 21
2. 論文標題 Study on Relation Between Voltage-induced Switching Behavior and Self-sustained Electrical Oscillations in Vanadium Dioxide Thin Films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 324-330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2023-042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kunio Okimura, Md. Suruz Mian, Iwao Yamaguchi, and Tetsuo Tsuchiya	4. 巻 251
2. 論文標題 High luminous transmittance and solar modulation of V02-based smart windows with SiO2 anti-reflection coatings	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solar Energy Materials and Solar Cells	6. 最初と最後の頁 112162_1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.solmat.2022.112162	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuta Miyatake, Yukito Ozawa, Kunio Okimura, and Toshihiro Nakanishi	4. 巻 40
2. 論文標題 VO2 films on flexible thin polyimide films: Fabrication and characterization of electrical and optical properties in insulator-metal transition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology A	6. 最初と最後の頁 043406_1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0001808	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshiro Urade, Kai Fukawa, Fumiaki Miyamaru, Kunio Okimura, Toshihiro Nakanishi, Yosuke Nakata	4. 巻 11
2. 論文標題 Dynamic inversion of planar-chiral response of terahertz metasurface based on critical transition of checkerboard structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 2057-2064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/nanoph-2021-0671	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuki Kobachi, Fumiaki Miyamaru, Toshihiro Nakanishi, Kunio Okimura, Atsushi Sanada, and Yosuke Nakata	4. 巻 9
2. 論文標題 Dynamic Quarter-Wave Metasurface for Efficient Helicity Inversion of Polarization Beyond the Single-Layer Conversion Limit	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2101615_1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202101615	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kunio Okimura, Joe Sakai, Mssashi Kuwahara, Mustapha Zaghrioui, and Yoichi Uehara	4. 巻 39
2. 論文標題 Approaching ultrathin VO2 films on sapphire (001) substrates by biased reactive sputtering: Characteristic morphology and its effect on the infrared-light switching,	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology A	6. 最初と最後の頁 043401_1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0001023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計14件(うち招待講演 2件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 樹所純平、沖村邦雄、モハメッド シュルズミヤ、中西俊博
2. 発表標題 対向電極を有するプレーナー型VO <sub>2</sub> 素子の自励発振に関する研究 -発振周波数の回路パラメータ及び素子温度依存性-
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中西俊博、沖村邦雄
2. 発表標題 ポリイミド薄膜上の二酸化バナジウムの特性評価とメタ表面への応用
3. 学会等名 テラヘルツ科学の最先端X @ 東北大学
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Junpei Kidokoro, Lamisa Hoque, Mian Md.Suruz, Kunio Okimura, and Toshihiro Nakanishi
2. 発表標題 Self-sustained electrical oscillations based on negative resistance switching of VO <sub>2</sub> thin films grown on Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (001) with planer facing electrodes
3. 学会等名 International grand meeting, MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Junpei Kidokoro, Kunio Okimura, Suruz Md Mian, Lamisa Hoque, and Toshihiro Nakanishi
2. 発表標題 Self-sustained electrical oscillations of VO <sub>2</sub> -based planar devices and their coupled oscillation phenomena
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会 JVSS2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kunio Okimura
2. 発表標題 Emerging technologies utilizing vanadium dioxide films with insulator metal transition - Smart windows for energy savings and self-sustained electrical oscillations -
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会 JVSS2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ラミサ ホック、モハメッド シュルズミヤ、沖村邦雄、中西俊博
2. 発表標題 導電性ITO上相転移VO2薄膜の電圧印加自励発振現象に関する研究 -電極用コンタクトプローブ圧の効果-
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小澤雪斗、宮武佑多、沖村邦雄
2. 発表標題 ZnOナノロッドバッファ層導入によるpolyimide上VO2膜のIMT特性の改善
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lamisa Hoque, Md. Suruz Mian, Kunio Okimura, Toshihiro Nakanishi
2. 発表標題 Study on Relation Between Voltage-induced Switching Behavior and Self-sustained Electrical Oscillations in Vanadium Dioxide Thin Films
3. 学会等名 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuta Miyatake, Yukito Ozawa, Kunio Okimura, Toshihiro Nakanishi
2. 発表標題 Fabrication and Characterization of Flexible VO <sub>2</sub> Films on Polyimide Sheets with Insulator-Metal Transition
3. 学会等名 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小澤 雪斗、宮武 佑多、沖村 邦雄、中西 俊博
2. 発表標題 ポリイミド膜上への相転移VO <sub>2</sub> 薄膜成長と電気的・光学的特性評価
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshihiro Nakanishi, Yosuke Nakata, Yoshiro Urade, Kunio Okimura
2. 発表標題 Dynamic Control of Terahertz Polarization Based on Babinet Inversion of Anisotropic Metasurfaces with Vanadium Dioxide
3. 学会等名 International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, META 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunio Okimura
2. 発表標題 Smart windows for energy savings and emerging technologies utilizing vanadium dioxide films with insulator-metal transition
3. 学会等名 12th ISAJ (Indian Scientists Association in Japan) Symposium, 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 沖村邦雄, 宮武佑多, 中西俊博
2. 発表標題 ポリイミド上へのVO2薄膜成長と剥離後の電気的特性評価
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮武佑多, 沖村邦雄, 中西俊博
2. 発表標題 ポリイミド膜上へのVO2薄膜成長と電気的特性評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東海大学沖村研究室ホームページ  <a href="https://okimura-lab.ei.u-tokai.ac.jp">https://okimura-lab.ei.u-tokai.ac.jp</a></p>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中西 俊博  (Nakanishi Toshihiro)  (30362461)	京都大学・工学研究科・講師    (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------