

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02467

研究課題名(和文)半導体表面で細胞が示す光応答の機序解明とその鋭敏化；多種細胞3D光造形への展開

研究課題名(英文)Elucidation of mechanism and improvement of photo-response of cells on semiconductors; Development of multiple cells 3D printer

研究代表者

上田 正人(Ueda, Masato)

関西大学・化学生命工学部・教授

研究者番号：40362660

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：光照射によって、非接触でパターンニングされた細胞シートを作製可能な細胞培養器を開発することを最終目標として、生体有害性がなく、光に応答するセラミック薄膜を合成し、その応答性向上を試みた。2源スパッタリングにより、Nbを添加したTiO<sub>2</sub>膜、SrTiO<sub>3</sub>膜を合成した。任意形状の光照射が可能なタブレット端末を光源としても、明瞭な光応答が観察された。SrTiO<sub>3</sub>表面にTiO<sub>2</sub>膜を積層することで起電力を増大させることも可能である。SrTiO<sub>3</sub>における光応答は、その面方位に依存することを単結晶を用いた実験で明らかにした。さらに、可視光に応答するWO<sub>3</sub>膜、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜も合成できた。いずれの膜も細胞毒性はない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

TiO<sub>2</sub>などのセラミック半導体に光を照射すると、表面の親水・疎水制御や電位制御などが可能であることが知られている。しかし、細胞培養や細胞シートの作製において、その機能を積極的に利用しようとした試みは皆無であった。TiO<sub>2</sub>膜に紫外光を照射することで誘起される反応を利用して細胞の接着を忌避できることがわかっていく。本研究では、生体有害性がなく、可視光に応答する酸化物膜を複数合成した。バイオマテリアルにおいて半導体における光応答の利用は新規な切り口である。タブレット端末など既存のデバイスと併用することで、細胞の配置をコントロールした細胞シートを非接触で作製可能な細胞プリンターに繋がると考えている。

研究成果の概要(英文)：The ultimate goal was to develop a cell printer capable of producing cell sheets with controlled cell adhesion positions by non-contact light irradiation. Light-responsive ceramic thin films without biotoxicity were synthesised and their response was attempted to be improved. TiO<sub>2</sub> and SrTiO<sub>3</sub> films doped with Nb were synthesised by sputtering with two-cathodes. Obvious electromotive force and photocurrent were observed even when tablet device was employed as a light source, which can easily irradiate light in arbitrary shapes. The photo-response in SrTiO<sub>3</sub> was found to be dependent on its surface orientation. The electromotive force can be increased by constructing a stacked structure of SrTiO<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> films. In addition, WO<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films responsive to visible light have been synthesised. Cellular experiments confirmed that none of the synthesised films were toxic.

研究分野：材料物性

キーワード：生体材料 セラミックス 光応答

## 1. 研究開始当初の背景

近年、損失、機能低下した臓器を再生する再生医療が、医学や工学等の融合した技術によって、あらゆる診療科で実現しつつある。この進歩において、細胞シートの作製は基幹技術であり、今後、さらなる高品質化、高機能化が求められる。一般的に、基材上で培養された細胞は、酵素処理によって基材-細胞間のタンパク質が破壊され、基材からシート状に剥離される。その際、細胞-細胞間の結合もダメージを受ける。それに対し、東京女子医科大学 岡野教授らは、温度応答性ポリマーを細胞培養基材に固定化し、細胞を 37°C で培養した後、20~25°C に冷却することで、酵素処理を行うことなく、細胞シートを回収する技術を開発した (日本再生歯科医学会誌, 2, 2004, 83-92 等)。また、光応答高分子を基材に固定化し、紫外光照射によって細胞の接着性を向上させる技術も報告されている (特許第 4524399 号等)。これらは、外場によるポリマー鎖の収縮・拡張、表面の親水・疎水変化を作動原理としたものであり、いずれも有機高分子を利用している。一方、セラミックスにおいても、光照射によって、表面の親水・疎水制御や電位制御等が可能であることが知られているが、細胞培養や細胞シートの作製において、その機能を積極的に利用しようとした試みは皆無であった。

## 2. 研究の目的

アナターゼ型  $\text{TiO}_2$  の光応答を利用して、細胞の接着促進・忌避、接着細胞の剥離が可能であることが実験的に示されている。光照射によって、非接触で、パターンニングされた細胞シートを作製可能な細胞培養器を開発することが最終目標である。具体的には、例えば、タブレット端末を用いて、表皮細胞シート中に、血管内皮細胞をパターンニングできるような細胞培養プレートに利用可能なセラミック半導体膜を合成することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) $\text{TiO}_2$ 膜への可視光応答性の付与

Ar- $\text{O}_2$  (Ar: $\text{O}_2$ =8:5) 雰囲気下で、純 Ti (ASTM 2nd grade, 1 inch) および純 Nb (99.9%) をターゲットとした RF スパッタリングにより、 $(\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x)\text{O}_{2-\delta}$  膜の合成を試みた。純 Ti ターゲットへの投入電力 ( $P_{\text{Ti}}$ ) を 20 W に固定し、純 Nb ターゲットへのそれ ( $P_{\text{Nb}}$ ) を 2-7 W の範囲で変化させた。成膜時間は 24 h、チャンバー内の圧力は 5 Pa に保持した。

### (2) $\text{ATiO}_3$ (A=Sr, Ca) 膜の合成とその光応答

$\text{TiO}_2$  粉末 (アナターゼ型, 和光一級) を  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  水溶液、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  水溶液に分散し、453 K-12 h の水熱処理を施した。水溶液中の Sr, Ca のイオン濃度は Ti の 1.1 倍に調整し、得られた粉末はクエン酸水溶液、蒸留水で洗浄した後、減圧乾燥した。圧粉体をターゲットとした RF スパッタリングにより、 $\text{ATiO}_3$  (A=Sr, Ca) 膜の合成を試みた。ターゲットへの投入電力は 20 W、雰囲気は Ar とした。Sr $\text{TiO}_3$  膜においては、純 Nb ターゲットを用いた 2 源スパッタリングにより、同膜への Nb ドーピングも試みた。

### (3) $(\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x)\text{TiO}_{3-\delta}$ 単結晶の光応答

(110)面と(100)面をエメリー紙、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  粉末を用いた研磨により鏡面に仕上げ、EBSD、電気化学測定を行った。また、純 Ti をターゲットとした RF スパッタリングにより、単結晶表面に  $\text{TiO}_2$  膜の合成を試みた。

### (4) $\text{WO}_3$ 膜の合成とその光応答

純 W (99.95%, 1 inch) ターゲットを Ar- $\text{O}_2$  混合ガス (Ar: $\text{O}_2$ =8:5) 雰囲気下で RF スパッタリングすることによって、ホウケイ酸ガラス、または ITO をコーティングした石英ガラス上に、その酸化物薄膜を合成した。ターゲットへの投入電力は 20 W、スパッタ時間は 8 h, 24 h, 48 h とした。また、2つのカソードを同時に使用し、スパッタされるターゲット量が上記と同等となるような 4 h, 12 h, 24 h のスパッタリングも行った。引き続き、結晶化処理として大気中で 773 K-1 h の熱処理を施した。

## 4. 研究成果

### (1) $\text{TiO}_2$ 膜への可視光応答性の付与

合成した膜の外観を図 1 に示す。いずれも干渉色を示し、均一で無色透明な膜が合成された。成膜ままの膜の X 線回折プロファイルには、ハローパターンのみ観察されたが、673 K で熱処理を施すとアナターゼ型  $\text{TiO}_2$  のピークが明瞭に観察された。Nb を同時スパッタリングすると 110 ピークの回折角は明瞭に低角シフトした (図 2)。Ti サ



図 1 スパッタリング法で作製した  $\text{TiO}_2$ ,  $(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_2$  膜の外観

イトに Nb が置換されたことを示唆している。なお、 $Nb_2O_5$  など  $TiO_2$  以外の生成物は認められなかった。また、蛍光 X 線分析より、 $P_{Nb}$  の増大に伴い含有 Nb 量が増加することも確認している。光透過スペクトルには、 $TiO_2$  のバンドギャップに相当する基礎吸収が観察された。さらに Nb を同時スパッタすると、400 nm 近傍に付加的な吸収が観察され、Nb への投入電力を増加させるとその吸収が大きくなった (図 3)。

電気化学測定システム (HZ-5000) を使用して、光照射下における光電流を測定した。なお、電解液は Hanks 液、光源はブラックライト (6 W,  $\lambda = 365$  nm) とタブレット端末 (HUAWEI MediaPad M3 Lite 10 wp, LED; 約 460 nm) を用いた。タブレット端末に黒色、白色の画像を表示した状態をそれぞれ Light B, Light W とした。ブラックライトを光源として光電流を測定すると Nb ドープによりその応答は鈍化した。しかし、タブレット端末を光源とした場合、Nb ドープにより光電流が 10 倍近く増加した (図 4)。 $TiO_2$  への Nb ドーピングは、微弱な光源に対する光応答を向上させる有効な手段であることが示された。

そこで Nb ドープした  $TiO_2$  膜上に初代骨芽細胞を播種し、タブレットを用いて局所的に光を照射した状態で 22 h 培養した。良好な細胞接着特性を確認できたが、局所的な細胞の接着制御には至らなかった。

$TiO_2$  膜に対してブラックライトで局所的に紫外光 (UV) を照射すると、明瞭な接着忌避が観察される。光応答膜の背面から UV 照射し、PBS 緩衝液に溶解したウシ血清アルブミン (BSA) の吸着量の経時変化を QCM (水晶振動子マイクロバランス法) により測定した。 $TiO_2$  膜に同溶液を暗所下で接触させると共振周波数 ( $F$ ) は低周波数側にシフトし、タンパク質が表面に吸着している様子が観察された。UV 照射下で同様の測定を行うと  $F$  は周期的に変動し安定しなかった。引き続き、ブラックライトをオフにすると表面吸着物の質量増加が観察され、細胞の接着挙動と等価な現象を捉えることができた。

## (2) $ATiO_3$ ( $A=Sr, Ca$ ) 膜の合成とその光応答

$Sr(OH)_2$  水溶液中で  $TiO_2$  粉末に水熱処理を施すと、 $SrTiO_3$  が合成できた。一方、 $CaTiO_3$  は合成できなかった。チタン (IV) イソプロポキシドを原料としたゾル・ゲル法で合成した微細な  $TiO_2$  ゲルに対し、 $Ca(OH)_2$  水溶液中で水熱処理を施すと  $CaTiO_3$  が合成できた。 $SrTiO_3$  粉末をターゲットとしたスパッタリングを行うと X 線回折プロファイルにはブロードなピークのみ観察されたが、熱処理を施すと結晶性の高いペロブスカイト型  $SrTiO_3$  の明瞭なピークが観察された (図 5)。一方、 $CaTiO_3$  の X 線回折では熱処理後も明瞭なピークを確認できなかった。しかしながら、光透過スペクトルには、そのバンドギャップに相当する基礎吸収が観察されたため、同膜が合成されていたと判断した。 $SrTiO_3$  膜、 $CaTiO_3$  膜に UV 照射すると明瞭な起電力、光電流の発生が確認された。その一例を図 6 に示す。 $SrTiO_3$  膜では膜厚が 300 nm 以上になると光電流が飽和すること傾向が認められた。一方、 $CaTiO_3$  膜では膜厚が約 50 nm の時に最大値を示した。

$SrTiO_3$  への投入電力を 20 W に固定し、純 Nb

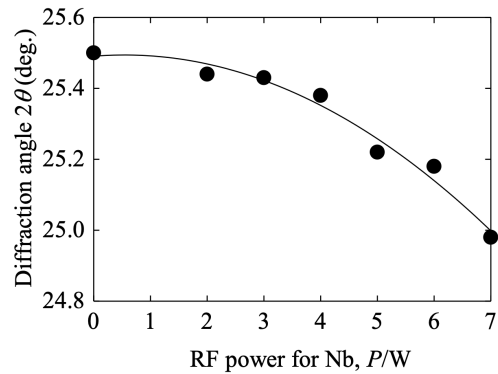


図 2 Ti と Nb の同時スパッタリングにおける Nb 投入電力と XRD 回折プロファイルにおける 110 回折角の関係

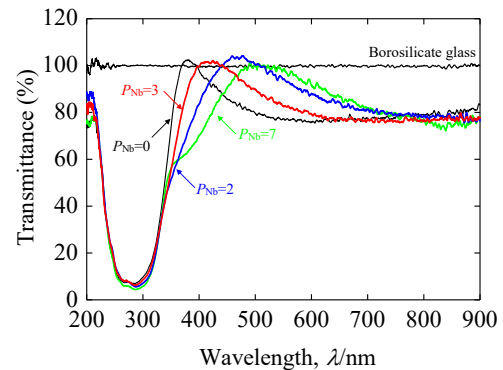


図 3  $(Ti_{1-x}Nb_x)O_{2-\delta}$  膜の光透過スペクトル

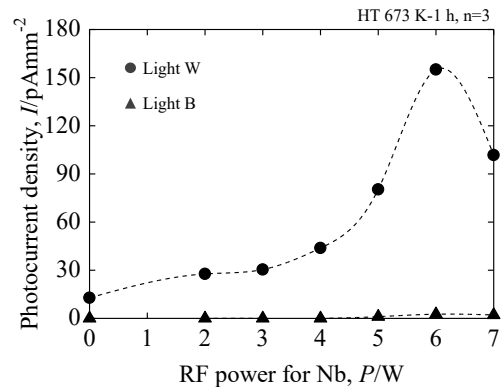


図 4 タブレットを光源として発生した光電流

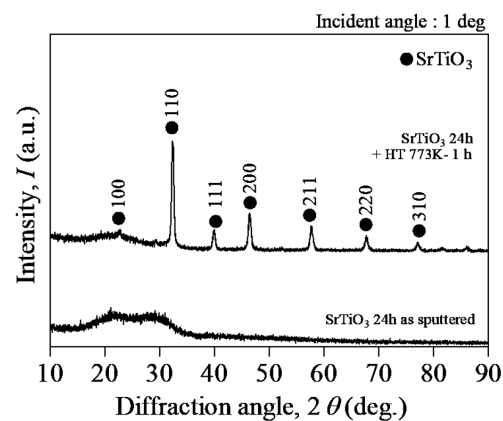


図 5  $SrTiO_3$  膜の XRD プロファイル

へのそれを1~10 Wと変化させて、24 hの成膜を行った。純Nbへの投入電力にかかわらず、得られた膜はペロブスカイト型SrTiO<sub>3</sub>であることがX線回折により確かめられた。また、そのピークは、純Nbへの投入電力の増加に伴って低角シフトし、TiサイトにNbが置換されたことが示唆された。置換量の増加は蛍光X線分析においても確認できた。光透過スペクトルにはSrTiO<sub>3</sub>の基礎吸収のみ観察され、可視光域に付加的な吸収は観察されなかった。また、光電流もNb添加量の増加に伴い減少した。Nb添加に伴い、合成膜の電気抵抗率が上昇したためと考えている。

SrTiO<sub>3</sub>圧粉体ターゲットを用いて、Arガス雰囲気下でRFスパッタリングを24 h行い、ITOをコーティングした石英ガラス上にSrTiO<sub>3</sub>膜を合成した。チャンバーを開放することなく、引き続き、純TiをターゲットとしたRFスパッタリングにより、SrTiO<sub>3</sub>膜表面にTiO<sub>2</sub>膜を合成した。成膜時間は、3、9、24 hの3水準とした。SrTiO<sub>3</sub>圧粉体をターゲットとした24 hのスパッタリングで得られたSrTiO<sub>3</sub>の膜厚は約800 nmであった。一方、純Tiをターゲットとした3、9、24 hのスパッタリングで得られたTiO<sub>2</sub>の膜厚は約6、20、50 nmであった。TiO<sub>2</sub>膜を積層すると成膜ままでは、UV照射下での光電流は約1 nm/mm<sup>2</sup>に留まった。しかしながら、673 K、773 Kで1 hの熱処理を施すと、光電流は著しく増加した。熱処理温度が高くなると、また、TiO<sub>2</sub>が厚くなると光電流は増加する傾向が認められ、熱処理前に比べて、それは最大5倍に到達した。また、UV照射で発生した起電力は、SrTiO<sub>3</sub>のみで約0.4 Vであったが、TiO<sub>2</sub>膜を積層することによって、約0.7 Vまで増加した。興味深いことに、起電力は673 Kと773 Kでほぼ同じ値を示した。熱処理によってSrTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>の半導体ヘテロ接合が構築され、起電力が増加したと考えている。また同時に、熱処理温度の上昇に伴って、結晶中の欠陥が減少し、電気抵抗率が減少したため、光電流は増加したと考えている。起電力の増加には、このような異種半導体の接合が有効であることが示唆された。

### (3) (Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>単結晶の光応答

(Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>単結晶の表面を鏡面研磨した後、EBSD法で観察・測定し、結晶粒界がないこと、ならびに面方位が(110)面と(100)面であることを確認した。(Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>単結晶において(110)面と(100)面に光照射を行い、発生した光電流と起電力を測定した(図7、図8)。UVを照射するとスパイク状の光電流が発生し、すぐに飽和した。その飽和したところで比較すると(100)面に比べ、(110)面では14%程度大きな光電流が発生した。一方、光照射前後の自然電位変化から求めた起電力も(100)面に比べ、(110)面において13%程度大きな値を示した。

純TiをターゲットとしたRFスパッタリングにより、単結晶表面にTiO<sub>2</sub>膜を合成した。成膜ままでは、光電流、起電力ともに低下したが、熱処理を施すことで元の単結晶のそれらを上回った。興味深いことに、その増加は、同じ厚さのTiO<sub>2</sub>膜を合成しているにもかかわらず、(100)面に比べて、(110)面の方で顕著であった。

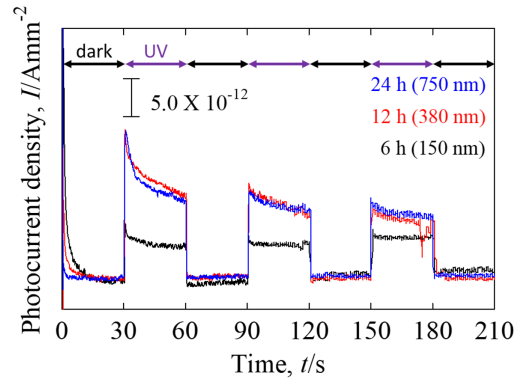


図6 SrTiO<sub>3</sub>膜にUV照射した際発生した光電流

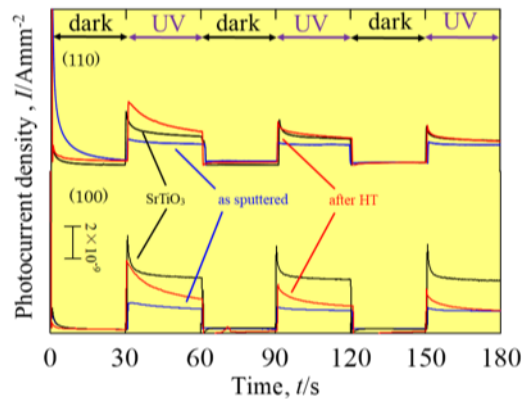


図7 (Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>単結晶で発生した光電流の異方性

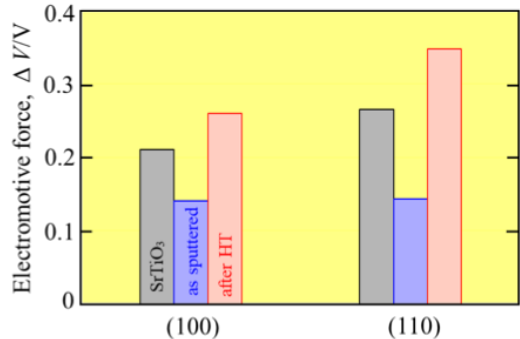


図8 (Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>単結晶、ならびに(Sr<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)TiO<sub>3-δ</sub>/TiO<sub>2</sub>で発生した起電力の異方性

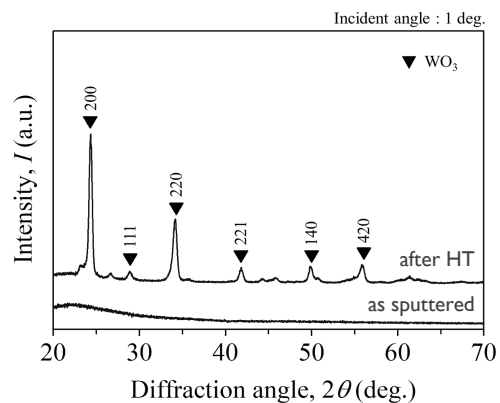


図9 WO<sub>3</sub>膜のXRDプロファイル

#### (4) WO<sub>3</sub>膜の合成とその光応答

合成された膜は透明で干渉色を示した。これは均一な薄膜が合成されたことを示している。成膜ままの膜のX線回折プロファイルには、ハローパターンのみ観察され、結晶性の低い膜が合成されたことがわかる。この膜に熱処理を施すとシャープな回折ピークが現れ、結晶性の高い、狙っていたWO<sub>3</sub>膜が得られたことが確かめられた(図9)。TiO<sub>2</sub>膜の透過スペクトルには、UV域に基礎吸収が観察され、WO<sub>3</sub>膜におけるその吸収端は、TiO<sub>2</sub>膜のそれに比べ、明瞭に長波長側へシフトした(図10)。

TiO<sub>2</sub>とWO<sub>3</sub>のバンドギャップはそれぞれ3.2 eV, 2.5 eVであり、そのシフトは両酸化物のバンドギャップの差分に相当し、WO<sub>3</sub>膜は可視光を吸収することがわかった。実際、白色の画像を表示したタブレット端末を光源とした場合にも、光電流の発生が明瞭に観察された(図11)。TiO<sub>2</sub>膜も酸素欠陥などを含むため、可視光に対してもわずかに反応する。しかしながら、その光応答は非常に小さく、WO<sub>3</sub>における明瞭な可視光応答性は本研究において非常に魅力的である。2つの純Wターゲットを用いた2源スパッタリングで合成したWO<sub>3</sub>膜では、光照射を行うと光電流がスパイク状に急上昇・急降下し、一定値に飽和する現象が観察された(図12)。さらに、遮光するとスパイク状に逆方向へ電流が流れる現象も観察された。1源スパッタリングで合成したWO<sub>3</sub>膜で観察される光電流のプロファイルと比較するとその差は明らかである。なお、2源スパッタリングの成膜時間は、1源スパッタリングのその1/2とし、合成膜の厚さが同じになるようにした。WO<sub>3</sub>膜はいずれも均一な等軸の組織を示し、2源スパッタリングの場合、結晶粒は1源スパッタリングに比べ微細化された。上述した特異な光電流プロファイルの形状には結晶粒界が関与していると考えている。半導体にバンドギャップ以上のエネルギーを有する光を照射すると電子と正孔が発生する。半導体が水溶液に浸漬した状態等、拡散電位が発生している場合は、その電子と正孔が空間的に分離し、基本的には互いに反対方向へ移動する。そして移動している電子と正孔が至るところで結合することで全体として電流が流れるとみなすことができる。結晶粒界は格子欠陥の一種であり、電子と正孔がスムーズに通過できず、粒界がコンデンサーのように振る舞ったと仮定すると、遮光した際、スパイク状に逆方向へ電流が流れる現象を説明できる。

WO<sub>3</sub>膜に初代骨芽細胞を播種し、光照射下で22 h 培養した。図13に接着細胞の免疫染色像を示す。WO<sub>3</sub>薄膜背面からタブレット端末を光源とした光照射を行なったが、接着忌避を誘発することはできなかった。しかしながら、合成したWO<sub>3</sub>膜で良好な細胞接着性を確認することができたので、この光応答を増強することによって、この物質を細胞培養器として利用できる可能性が高いと考えている。

さらに、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99.9%) 圧粉体をターゲットとしたスパッタリングで、同薄膜を合成できた。同物質のバンドギャップは2.2 eVであり、タブレット端末を光源とした場合にも明瞭な応答が観察された。また、同膜においても良好な細胞接着性を確認することができた。

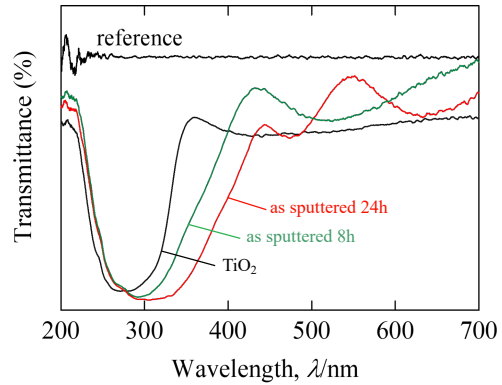


図10 WO<sub>3</sub>膜とTiO<sub>2</sub>膜の光透過スペクトル

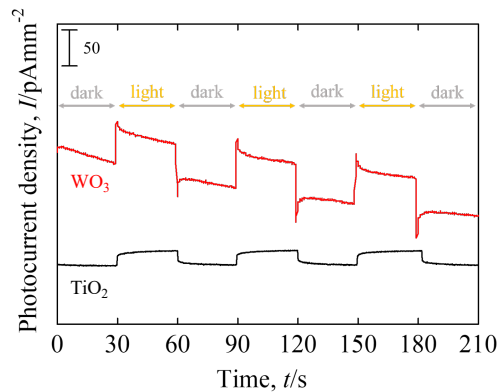


図11 タブレット端末を光源として発生した光電流

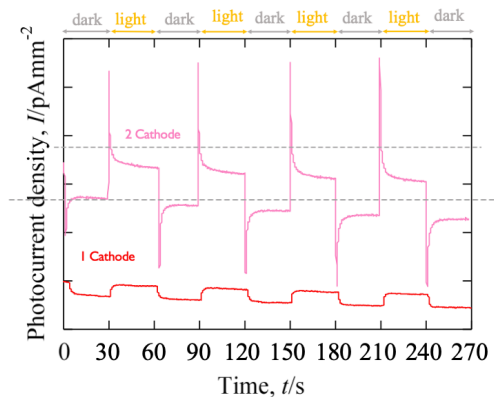


図12 成膜速度を変化させたWO<sub>3</sub>から発生した光電流の時間変化

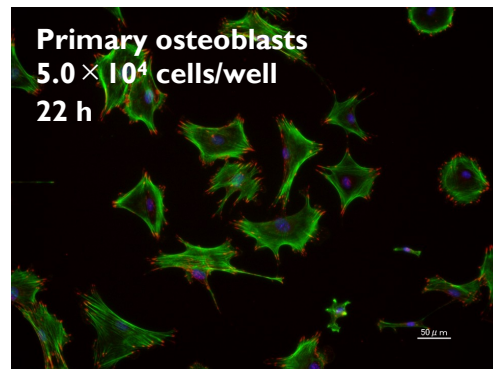


図13 光照射下でWO<sub>3</sub>膜に接着した初代骨芽細胞

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 M. Ueda, C. Sawatari, T. Takahashi, H. Tsuruta, H. Tokushige, H. Hikosaka, D. Yonetsu, M. Ikeda	4. 巻 1016
2. 論文標題 Utilisation of Titanium and Titanium Dioxide as Scaffolds for Proliferating Coral Reef	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 1497-1502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1497	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 Chang T. hsuan, M. Adachi, M. Ueda, M. Ikeda	4. 巻 1016
2. 論文標題 Mechanical Property and Heat Treatment Behaviour of Ti-Zr-Fe Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 1479-1484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1479	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 K. Mizuta, S. Miyake, M. Ikeda, M. Ueda	4. 巻 1016
2. 論文標題 Influence of Substitution of Fe by Mo on Heat Treatment Behavior in Ti-Mo-Fe Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Sci. Forum	6. 最初と最後の頁 162-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.162	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 小笹良輔, Gupta Mridul, 石本卓也, 松垣あいら, 久世哲嗣, 柳谷彰彦, 上田正人, 池尾直子, 中野貴由	4. 巻 10(4)
2. 論文標題 レーザー粉末床溶融結合法による導電性材料としての銅合金の造形	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スマートプロセス学会誌	6. 最初と最後の頁 265-269
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7791/jspmee.10.265	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 Y. Cheng, M. Ueda, Y. Iwasaki	4. 巻 51
2. 論文標題 Polyphosphoester/Tannic Acid Composite Sticky Coacervates as Adhesives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220217	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 A. Mzyk, G. Imbir, Y. Noguchi, M. Sanak, R. Major, J. Wiecek, P. Kurtyka, H. Plutecka, K. T.-Wojciga, Y. Iwasaki, M. Ueda, S. Kakinoki	4. 巻 10
2. 論文標題 Dynamic in vitro hemocompatibility of oligoproline self-assembled monolayer surfaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomaterials Science	6. 最初と最後の頁 5498-5503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2BM00885H	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 M. Ueda, C. T.-Hsuan, M. Ikeda, T. Nakano	4. 巻 13
2. 論文標題 Design of Titanium Alloys Insensitive to Thermal History for Additive Manufacturing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 568-579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst13040568	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 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 2件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 M. Ueda, C. Sawatari, T. Takahashi, H. Tsuruta, H. Tokushige, H. Hikosaka, D. Yonetsu, M. Ikeda
2. 発表標題 Utilisation of Titanium and Titanium Dioxide as Scaffolds for Proliferating Coral Reef
3. 学会等名 Thermec'2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Kosaka, M. Ueda, M. Ikeda
2 . 発表標題 Immobilisation of Coral Soft Tissue on Ti based Substrates
3 . 学会等名 MRM2021 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Ueda, M. Ikeda
2 . 発表標題 Two-dimensional Arrangement of Cells by Light Irradiation
3 . 学会等名 SFB + JSB Joint Symposium ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Kosaka, C. Saruwatari, M. Ueda, M. Ikeda, T. Takahashi
2 . 発表標題 Highly efficient propagation of coral tissues using bone regeneration techniques
3 . 学会等名 SFB + JSB Joint Symposium ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 H. Sumisaki, M. Ueda, M. Ikeda
2 . 発表標題 Improvement of photo-response in titanium dioxide for cell culture substrates
3 . 学会等名 SFB + JSB Joint Symposium ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年



1. 発表者名 上田正人, 炭崎晴香, 池田勝彦
2. 発表標題 (Ti1-xNbx)O2- 膜の微弱光応答性
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 GUPTA MRIDUL, 小笹良輔, 石本卓也, 久世哲嗣, 柳谷彰彦, 上田正人, 中野貴由
2. 発表標題 レーザービーム粉末床溶融結合により造形した銅合金の電気抵抗率変化
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田勝彦, 上田正人, 山西悠介, 水田京佑
2. 発表標題 Ti - Mn - Fe 系ニア 型合金の開発
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上坂菜々子, 上田正人, 池田勝彦
2. 発表標題 チタン基足場におけるサンゴの骨格形成
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期(第169回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 炭崎晴香, 上田正人, 池田勝彦
2. 発表標題 可視光 LED に応答する酸化物膜の合成
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(第170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田正人, 木下達也, 池田勝彦
2. 発表標題 工業用純チタン板における電気抵抗率の異方性
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(第170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上坂菜々子, 中嶋志保, 上田正人, 池田勝彦
2. 発表標題 ペイルアウトしたポリプの基盤密着に及ぼす表面形態の影響
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(第170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 グプタ ムリドゥル, 小笹良輔, 石本卓也, 久世哲嗣, 柳谷彰彦, 上田正人, 野村直之, 中野貴由
2. 発表標題 レーザー粉末床溶融結合による銅合金の創製と電気抵抗率変化
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季(第170回)講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三田樹, 上田正人, 池田勝彦
2. 発表標題 光応答細胞培養器に利用する酸化物の合成
3. 学会等名 第3回 日本金属学会 第7分野講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 炭崎晴香, 上田正人, 池田勝彦, 猿渡ちひろ
2. 発表標題 光照射下のTiO <sub>2</sub> 表面におけるタンパク質の吸着挙動
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会関西ブロック 第15回若手研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 炭崎晴香, 上田正人, 池田勝彦, 猿渡ちひろ
2. 発表標題 TiO <sub>2</sub> 表面におけるタンパク質の吸着挙動に及ぼす光照射の影響
3. 学会等名 日本金属学会2021年春期(第168回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masato Ueda
2. 発表標題 Utilisation of Ceramic films in Biomedical and Environmental Applications
3. 学会等名 The 15th International Workshop on Biomaterials in Interface Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Ueda, M. Aoki, S. Matsumura, M. Ikeda
2. 発表標題 2D Control of Cell Adhesion on Titanium Dioxide by Light Irradiation
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 炭崎晴香, 上田正人, 松垣あいら, 中野貴由
2. 発表標題 可視光応答型セラミック半導体膜における細胞接着
3. 学会等名 第44回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上田正人, 炭崎晴香
2. 発表標題 可視光LEDに応答するセラミック半導体膜の合成
3. 学会等名 第44回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

関西大学 環境材料研究室 <a href="https://wps.itc.kansai-u.ac.jp/matt/">https://wps.itc.kansai-u.ac.jp/matt/</a> 関西大学 化学生命工学 化学・物質工学科 環境材料研究室 <a href="https://wps.itc.kansai-u.ac.jp/matt/">https://wps.itc.kansai-u.ac.jp/matt/</a>
--

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	堤 祐介  (Tsutsumi Yusuke)  (60447498)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・構造材料研究拠点・主席研究員   (82108)	
研究分担者	岩崎 泰彦  (Iwasaki Yasuhiko)  (90280990)	関西大学・化学生命工学部・教授   (34416)	
研究分担者	池田 勝彦  (Ikeda Masahiko)  (20184434)	関西大学・化学生命工学部・教授   (34416)	

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