

フェムト秒レーザー照射により形成した周期的微細構造の周期が TiO₂ 膜上の細胞伸展に与える影響

Effects of period of periodic nanostructures on TiO₂ film formed with femtosecond laser
on cell spreading

阪大院工¹, 阪大接合研², 東医歯大生材工研³

○篠永 東吾¹, 塚本 雅裕², 宮川 和也¹, 原 一之¹, 伊藤 雄一郎¹,
陳 鵬³, 永井 亜希子³, 塙 隆夫³

Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.¹, JWRI, Osaka Univ.², Inst. of Biomat. and Bioeng., Tokyo Med.
and Dent. Univ.³

○Togo Shinonaga¹, Masahiro Tsukamoto², Kazuya Miyagawa¹, Kazuyuki Hara¹, Yuichiro Ito¹,
Peng Chen³, Akiko Nagai³, Takao Hanawa³

E-mail: togo@jwri.osaka-u.ac.jp

【背景】 チタンは生体材料として広く用いられているが、金属材料であるが故に長期的な使用時に問題点も有している。近年、生体適合性の向上のためにチタン基板表面に酸化チタン (TiO₂) 膜を形成することが注目されている。また、細胞との適合性を考えた場合、細胞が伸展する方向を制御することも生体適合性の向上に有効であると考えられている。我々は、エアロゾルビームによる TiO₂ 膜の形成とフェムト秒レーザー照射による周期的微細構造形成によって TiO₂ 膜上の細胞伸展制御を目指している。これまで、TiO₂ 膜表面に対してフェムト秒レーザーの基本波 (波長 775 nm) を照射すると、膜表面に周期的微細構造が形成されることを報告してきた。この際、得られた周期は約 230 nm であった。骨芽細胞を用いて細胞試験を行ったところ、細胞が溝の方向に沿って伸展している箇所が存在した¹⁾。しかし、TiO₂ 膜上への細胞伸展方向制御に最適な周期については明らかにされていない。周期は波長で変化させることができる可能性がある。本研究では、フェムト秒レーザー照射により TiO₂ 膜へ波長 388、775 及び 1045 nm で周期的微細構造の形成を試みた。また、周期の変化が細胞の伸展方向に与える影響を調べた。

【実験方法】 TiO₂ 膜はエアロゾルビームを用いてチタン基板上に形成した。微細構造形成のために使用したフェムト秒レーザーは Ti: Sapphire 及び Yb: Doped ファイバーレーザーである。Ti: Sapphire の波長、パルス幅及び繰り返し周波数はそれぞれ 775 nm、150 fs 及び 1 kHz である。また、Yb: Doped ファイバーレーザーの波長、パルス幅及び繰り返し周波数はそれぞれ 1044 nm、400 fs 及び 100 kHz である。Ti: Sapphire においてはレーザーの波長を波長変換素子により 388 nm へと変化させて照射可能にした。レーザー照射後の膜表面は走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察した。細胞試験後の試料は 8%パラホルムアルデヒドを用いて固定した後、アクチンや核などを免疫染色した。細胞試験後の細胞伸展の様子は、蛍光顕微鏡を用いた表面観察を行った。

【実験結果】 TiO₂ 膜表面へ波長 388、775 及び 1045 nm でフェムト秒レーザーを照射すると、周期的微細構造が形成された。その際の周期は波長 388、775 及び 1044 nm の場合、130、230 及び 350 nm 程度であった。周期 130 及び 230 nm で細胞試験を行った後の蛍光顕微鏡画像を図 1(a)及び(b)にそれぞれ示す。図 1(a)及び(b)に示すように、それぞれの周期において細胞が周期的微細構造の溝に沿って伸展している箇所が存在した。当日は、どの周期がより細胞伸展に影響を与えるのかについて評価した結果について報告する。

参考文献 1) T. Shinonaga et.al, Appl. Surf. Sci. 288, (2014), 649-653.

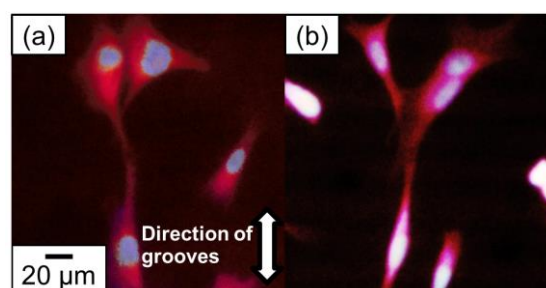


図 1. 細胞試験後の TiO₂ 膜表面蛍光顕微鏡画像: (a) 周期 130 nm で周期的微細構造形成後、
(b) 周期 230 nm で周期的微細構造形成後