

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420710

研究課題名(和文)超撥油表面の作製および固液界面濡れ現象の解明

研究課題名(英文) Fabrication of highly oleophobic surface and study on wetting phenomenon at solid/liquid interface

研究代表者

白鳥 世明 (Shiratori, Seimei)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：00222042

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：基材表面の防汚コーティングに対する期待が建築、エレクトロニクス、自動車など多分野において高まっており、基材の種類や形状に制約が少ない、汎用性の高い超撥油表面作製技術が求められている。そこで本研究では、表面張力22mN/m程度の液滴をはじく(接触角150°以上)超撥油性表面をウェットプロセスにより作製し、耐久性の向上を目指した。そして、撥油膜(固体)液体界面の濡れに関して、(1)固体表面のCassie状態からWenzel状態への転移現象およびその物理的・化学的要因 (2)撥油膜基板の接着および剥離現象 (3)油滴の温度、圧力と表面濡れ性変化 という3つの現象を解明した。

研究成果の概要(英文)：Antifouling coating on the substrate surfaces are strongly required for various fields such as constructions, electronics, and automobile industries. Therefore, it is very important to develop versatile fabrication method to form super-hydrophobic or highly oleophobic surfaces. In this study, oleophobic surfaces that repel the droplets with surface tension around 22mN/m. Concerning the wetting phenomenon of solid/liquid interface such as (1) Transition from Cassie state to Wenzel state (2) Adhesion Force between oleophobic films with substrates (3) Relationship between the temperature of oil droplets, pressure, and change of wetting states are studied.

研究分野：薄膜工学

キーワード：界面 濡れ 表面 撥水 撥油 防汚

1. 研究開始当初の背景

基材表面の防汚コーティングに対する期待が建築、エレクトロニクス、自動車など多分野において高まっており、基材の種類や形状に制約が少ない、汎用性の高い超撥油表面作製技術が求められている。

2. 研究の目的

そこで本研究では、表面張力 22mN/m 程度の液滴をはじく（接触角 150° 以上）超撥油性表面をウェットプロセスにより作製し、耐久性の向上を目指した。そして、撥油膜（固体）—液体界面の濡れに関して、（1）固体表面の Cassie 状態から Wenzel 状態への転移現象およびその物理的・化学的要因（2）撥油膜—基板の接着および剥離現象（3）油滴の温度、圧力と表面濡れ性変化 という 3 つの現象を解明した。

3. 研究の方法

平成 26 年度は凹凸基板上への Sol-Gel 撥油性膜の作製と評価を行った。平成 27 年度 架橋構造を用いた撥油性膜の耐摩耗性向上要因の検討を行った。そして、平成 28 年度は膜厚構造制御および反射防止 (AR) 効果による可視光透過率上昇要因の検討を行った。初年度に購入した高速カメラにより、水滴、油滴の挙動を詳細に録画、解析した。

4. 研究成果

台風、火山、地震などの自然災害の多い我が国では、自動車、建材、住宅、電化製品、情報関連機器、生活関連用品等分野を問わずに高耐久性の表面コーティングの必要性が高まっており、特に自己修復機能が期待されている。研究代表者らは、平成 26 年度から平成 28 年度まで基盤研究 (c) を受けて、水および油類の内表面張

力 22mN/m 以上の液滴を滑らせる固体表面を実現した。従来から報告されている、いわゆるハスの葉構造に基づく凹凸構造は、密閉された容器内においては一定期間防汚性を有するものの、野外においては風雨、吹き付ける砂埃や油類の付着によって摩耗され、機能低下が著しいことが明らかになった。すなわち、機能表面の劣化と総称されていた低耐久性に関しては、（1）物理的な摩耗による構造劣化の他、（2）微小油性物質や微小粒子の付着を核とした表面吸着物質の成長による化学組成の変化の 2 種類の要因があることが明らかになった。そこで、ポリマーを介在させた強固な凹凸構造を作製し、耐摩耗性を上昇させた。さらに、凹凸構造によらずに π 電子相互作用により非常に薄い液膜を表面に保持させ、混和性のない液体を滑らせる新規撥水撥油膜を新規考案した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 8 件）

1. Manabe, Kengo; Matsubayashi, Takeshi; Tenjimbayashi, Mizuki; Moriya, Takeo; Tsuge, Yosuke; Kyung, Kyu-Hong; Shiratori, Seimei, “Controllable Broadband Optical Transparency and Wettability Switching of Temperature-Activated Solid/Liquid-Infused Nanofibrous Membranes”, ACS Nano, 10, 2016, 9387-9396.
2. Moriya, Takeo; Manabe, Kengo; Tenjimbayashi, Mizuki; Suwabe, Ken; Tsuchiya, Hiroataka; Matsubayashi, Takeshi; Navarrini, Walter; Shiratori, Seimei, “A superrepellent coating with dynamic fluorine chains for frosting suppression: effects of polarity, coalescence and ice nucleation free energy barrier”, RSC Advances, Vol. 6, No. 95, 2016, 92197, 92205.
3. Matsubayashi, Takeshi; Tenjimbayashi, Mizuki; Manabe, Kengo; Komine, Masatsugu; Navarrini, Walter; Shiratori, Seimei, “Integrated Anti-icing Property of Super-repellency and Electrothermogenesis Exhibited by PEDOT: PSS/Cyanoacrylate

Composite Nanoparticles”, ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 8, No. 36,2016, 24212, 24220.

4. Tenjimbayashi, Mizuki; Togasawa, Ryo; Manabe, Kengo; Matsubayashi, Takeshi; Moriya, Takeo; Komine, Masatsugu; Shiratori, Seimei,” Liquid - Infused Smooth Coating with Transparency, Super - Durability, and Extraordinary Hydrophobicity “Advanced Functional Materials, 26,2016,6693,6702.
5. Nishioka, Sachiko; Tenjimbayashi, Mizuki; Manabe, Kengo; Matsubayashi, Takeshi; Suwabe, Ken; Tsukada, Kosuke; Shiratori, Seimei,” Facile design of plant-oil-infused fine surface asperity for transparent bloodrepelling endoscope lens ” RSC Advances, Vol.6, No.53,2016, 47579, 47587.
6. Tenjimbayashi, Mizuki; Sasaki, Kaichi; Matsubayashi, Takeshi; Abe, Jyunichiro; Manabe, Kengo; Nishioka, Sachiko; Shiratori, Seimei,” “A biologically inspired attachable, self-standing nanofibrous membrane for versatile use in oil&water separation ” Nanoscale, Vol.8,No.21,2016, 10922,10927.
7. Matsubayashi, Takeshi; Tenjimbayashi, Mizuki; Manabe, Kengo; Kyung, Kyu-Hong; Ding, Bin; Shiratori, Seimei,” “A facile method of synthesizing size-controlled hollow cyanoacrylate nanoparticles for transparent superhydrophobic/oleophobic surfaces”, RSC Advances, Vol. 6, No. 19,2016, 15877,15883.
8. Jyunichiro Abe, Mizuki Tenjimbayashi, and Seimei Shiratori,” Electrospun Nanofiber Gel-SLIPS Exhibiting High Total Transparency and Scattering”, RSC Advances, Vo.6, 2016, 38018,38023.

[学会発表] (計 6 件)

1. 松林毅*, 天神林瑞樹, 真部研吾, 小峰正嗣, 白鳥世明, 導電性高分子複合ナノ粒子による導電超撥水膜の作製及び解氷ヒーターへの応用, 第65回高分子学会年次大会 (国際学会), 2016年05月26日~2016年05月26日, 神戸国際会議場
2. 守谷起夫, 天神林瑞樹, 松林毅, 小峰正

嗣, 吉川亮平, 白鳥世明, 着雪防止性能のある透明コーティングの作製及び屋外試験による検証, 第77回応用物理学会秋季学術講演会, 2016年09月16日~2016年09月16日, 朱鷺メッセ, 新潟

3. S. Shiratori, S. Nishioka, K. Sasaki, M. Tenjimbayashi and K. Tsukada, “Durable Blood-Repelling Surface Coating for Medical Application”, Biomaterial International (国際学会), 2016年11月02日~2016年11月02日, Kenting, Taiwan
4. Sachiko Nishioka, Mizuki Tenjimbayashi, Seimei Shiratori, “Double porous GEL-SLIPS films with long-term anti-corrosion property”, 2016 Asian Workshop on Polymer Processing (国際学会), 2016年11月07日~2016年11月07日, Melbourne, Australia.
5. Kaichi Sasaki, Mizuki Tenjimbayashi, Kengo Manabe and Seimei Shiratori,” ONE STEP FORMATION OF JANUS TEXTILES AND GRADIENT FUNCTIONAL FILMS VIA SPRAY DISTANCE CONTROL OF NANOPARTICLES/POLYMER COMPOSITE”, 2016 Asian Workshop on Polymer Processing (国際学会), 2016年11月06日~2016年11月06日, Melbourne, Australia
6. Seimei Shiratori, Sachiko Nishioka, Kaichi Sasaki, Mizuki Tenjimbayashi, and Kosuke Tsukada,” DURABLE BLOOD-REPELLING SURFACE COATING FOR MEDICAL APPLICATION”, 2016 Asian Workshop on Polymer Processing (国際学会), 2016年11月06日~2016年11月09日, Melbourne, Australia.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<https://www.appi.keio.ac.jp/shiratori/>

<https://www.appi.keio.ac.jp/shiratori/Publication%202017.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白鳥 世明 (Shiratori Seimei)
慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：00222042

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()