

ダブルパルス紫外レーザーのコヒーレント相互作用を利用した 超微細加工技術の構築

Construction of Ultra-Fine Processing Using the Coherent Interaction with Double Pulse UV Lasers

草場 光博（KUSABA Mitsuhiro）

研究目的

現在、IoT/AI による超スマート社会に向けた高性能かつ精密な電子デバイス開発が行われており、特に半導体デバイスの超微細加工技術の確立が急務とされている。それに伴ってデバイスの微小領域における撥水性を付加することが重要とされている。材料への撥水加工は一般的にフッ素樹脂などのコーティングが用いられているが、膜の破壊や剥離が問題となっている。そこでコーティングを行わず、直接表面処理を施すことで撥水性を制御する方法の研究が進められている¹⁾。材料の撥水性を決める要因として、主に固体の表面自由エネルギーと表面の微細構造の2つがあり、撥水性を変化させる方法として微細粒子ピーニング処理、高温酸化処理やレーザー照射処理が考えられている。特にレーザーを用いる方法は表面自由エネルギーと表面形状を同時に変化させることで撥水性の制御が可能となると期待されている。そこで本研究では、レーザー微細加工技術を施し表面形状を変化させることでナノメートルオーダーの微小領域における撥水性の制御を目指す。従来、ナノ秒レーザー加工では、熱的過程であることや回折現象による加工限界のため熱に弱い 10nm 程度の超精密な電子デバイス製造には向かないとされてきたが、現在実施しているナノ秒紫外レーザー（エキシマレーザー）を用いた非熱的加工と超解像顕微鏡で利用されているコヒーレント相互作用技術を組み合わせたダブルパルス紫外レーザーによる超微細加工技術を構築し、ナノメートルオーダーの微小領域における材料表面の撥水特性の制御を試みる。2020 年度はレーザー微細加工を施した材料の撥水性評価をするために接触角測定の整備と液量に対する接触角の変化について調べたので報告する。

実験方法

撥水性の評価として接触角計（ME2、（株）あすみ技研）を用いた。試料表面に蒸留水を滴着させ $\theta/2$ 法を用いて接触角を求めた。試料材料として PTFE（厚み 3mm、ニチアス（株））、FEP（厚み 0.025 mm、（株）フロンケミカル）およびガラス（厚み、1.0 mm、MATSUMAMI）を用いた。PTFE とガ

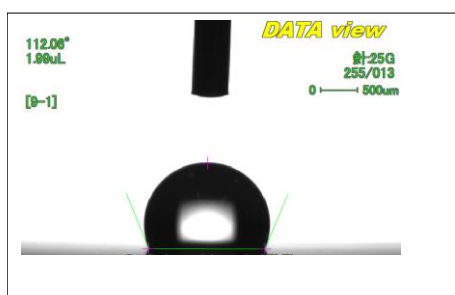


図1 PTFE 表面上の液滴の様子

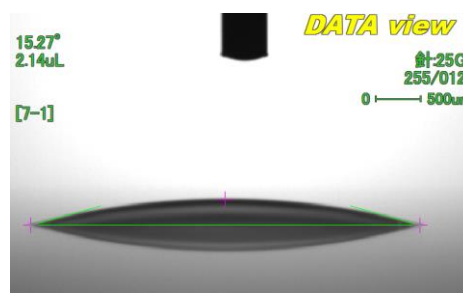


図2 ガラス表面上の液滴の様子

ラスに対して蒸留水を滴下したときの様子を図1および図2に示す。一般的に材料表面の濡れ性について接触角が 90° 以上の場合を撥水性、 90° 以下の場合を親水性と呼び、 150° 以上を超撥水性、 10° 以下を超親水性と定義されている。各試料に対する液量の依存性を調べるために液量を $1.0\mu\text{L}$ から $5.0\mu\text{L}$ まで $0.5\mu\text{L}$ ずつ変化させ、それぞれ15回測定した。試料がPTFE、FEPおよびガラスのときの液量に対する接触角の関係をそれぞれ図3、図4および図5に示す。PTFEの接触角は液量が $1.0\sim 4.5\mu\text{L}$ では平均値が $112\pm 1^\circ$ になることが分かった。液量が $5.0\mu\text{L}$ の時は接触角が 107° に低下した。FEPの接触角は $1.0\sim 4.0\mu\text{L}$ では平均値が $107\pm 1^\circ$ で液量が $4.5\mu\text{L}$ を越えると 104° に低下した。ガラスの場合、図5のように接触角の平均値が $34\pm 3^\circ$ であり、 $1.0\sim 5.0\mu\text{L}$ の領域では接触角の液量依存性は見られなかった。液量が増えることで接触角が低下した原因としては重力の影響が考えられる。PTFE、FEPおよびガラスの標準的な接触角は、それぞれ 114° 、 115° および $20\sim 30^\circ$ であり、測定値は、文献値よりも低い値を示すことが分かった。今回の測定では、試料の前処理は実施しなかったが、正確な接触角の測定をするためには、試料表面に付着している油污等除去する処理をする必要があると考えられる。

材料表面にレーザー微細加工技術を施し、表面形状を変化させることで材料の撥水特性が変化することは知られているが、微細構造形成後の撥水特性の時間変化などのメカニズムについては解明されていない。今後の課題としては、メカニズムの解明を行い、ダブルパルス紫外レーザーによる超微細加工技術を構築し、微小領域における撥水性の制御を目指す計画である。

研究成果

尾藤春作, 山之内一皓, 橋田昌樹, 草場光博, ”撥水性付与のためのエキシマレーザー照射によるAl表面形状変化”, 電気学会光応用・視覚研究会, LAV-21-010, 2021年8月27日.

参考文献

1) E. Fadeeva, V. K. Truong, M. Stiesch, B. N. Chichkov, R. J. Crawford, J. Wang, E. P. Ivanova, Langmuir, **27**(2011)3012.

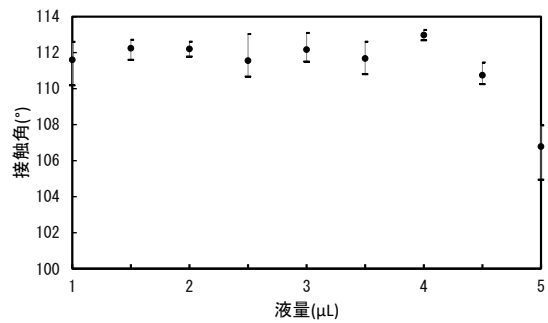


図3 PTFEの接触角の液量依存性

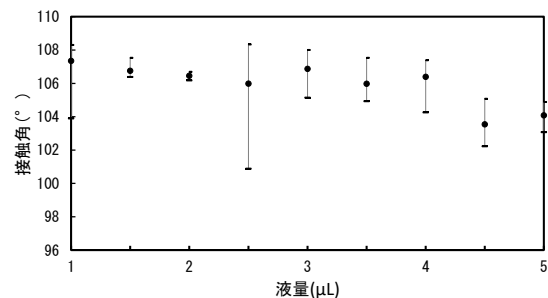


図4 FEPの接触角の液量依存性

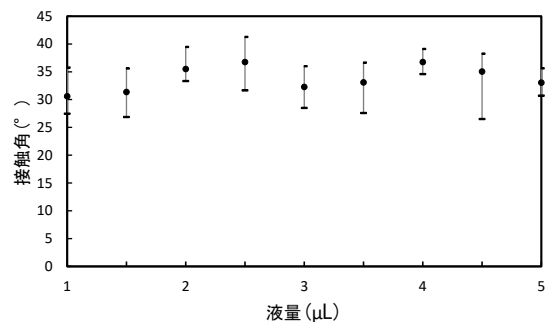


図5 ガラスの接触角の液量依存性