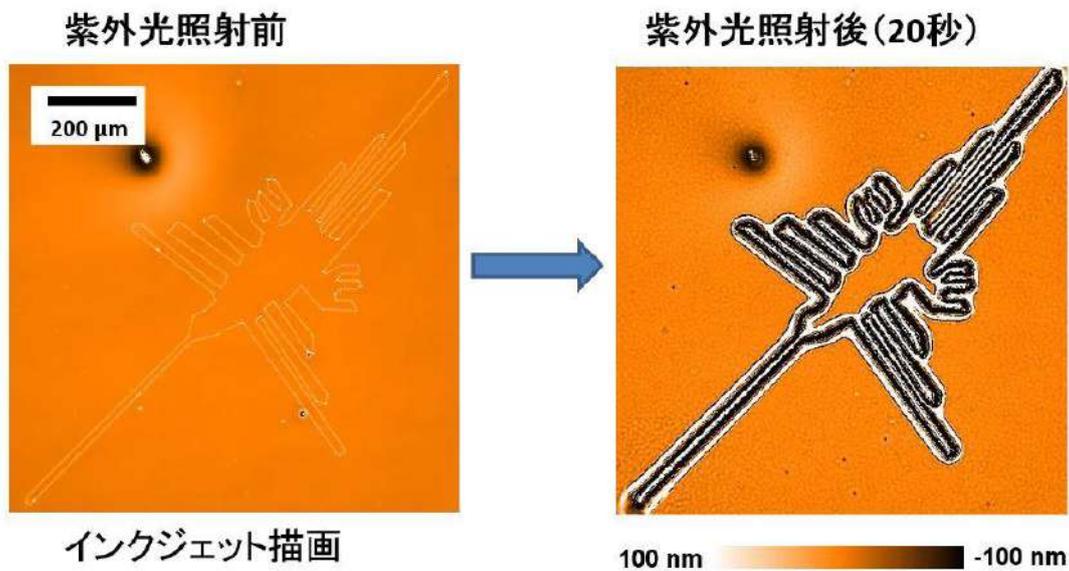


新たな表面加工手法の開発に成功!  
～インクジェット描画を光であぶりだす～

名古屋大学の研究グループは、超微細なインクジェットで描画した高分子の膜へ光を照射して、描画どおりの形状にマランゴニ流を発生させ、溝を作るという新たな表面加工手法を開発した。



半導体を製造する際、フォトリソグラフィなどの表面形状加工は、産業上、極めて重要な技術である。これまでは、フォトマスクなどで局所的にパターン露光して高分子の特性を変え、溶媒で現像する手法がとられている。本研究では、溝を作りたい部分に微細インクジェットで描画しておき、膜全体に紫外光を当てるだけでインクジェット描画した部分が割れるように自発的に膜物質が大きく移動して溝ができる現象を発見した。

マイクロ流路はパターン露光と現像が必要なフォトリソグラフィの手法で作成されているが、本手法では、インクジェット描画するだけで溶媒現像が不要なため、思いどおりの形状の流路を作成できる新しい表面加工技術への応用が期待される。

この研究成果は、2019年2月22日付英国科学雑誌「Scientific Reports」のオンライン版に掲載された。

マランゴニ対流（効果）は、流体の表面張力が場所によって差が生じて（表面温度の不均

衡が表面張力差を生む) 対流が発生するものである。このような対流は、シリコン結晶を作成する際に均一な結晶を得ることを難しくし、塗装の際に、ごくわずかな異物があると表面に大きな凹凸ができてしまい、平滑な塗装ができないなど、技術的に厄介な問題を生じさせる。

本研究では、この厄介な現象を、設計どおりの高分子膜の表面微細加工法へ利用する方法を提案した。アゾベンゼンを側鎖にもつ液晶高分子膜に超微細インクジェットで局所的に印刷をしておく、印刷した場所で表面張力差が生じる。この状態では対流は起きず、紫外光を照射することで素早く膜が軟化してマランゴニ対流が生じて溝ができ、溝が高分子膜の底に達するほど物質が移動し、その結果、変形してしまう。なお、紫外光照射をやめればそこで動きが止まる。フォトリソグラフィはパターン露光と溶媒現像で表面形態を加工するが、今回の方法では、パターン露光の代わりにインクジェット描画を行うため溶媒現像は不要となり、光を照射するだけの単純な方法で表面形状を加工できる新しい原理の表面微細加工手法となる。マランゴニ効果を光のオンオフで制御し、技術応用への道筋をつけた研究成果である。

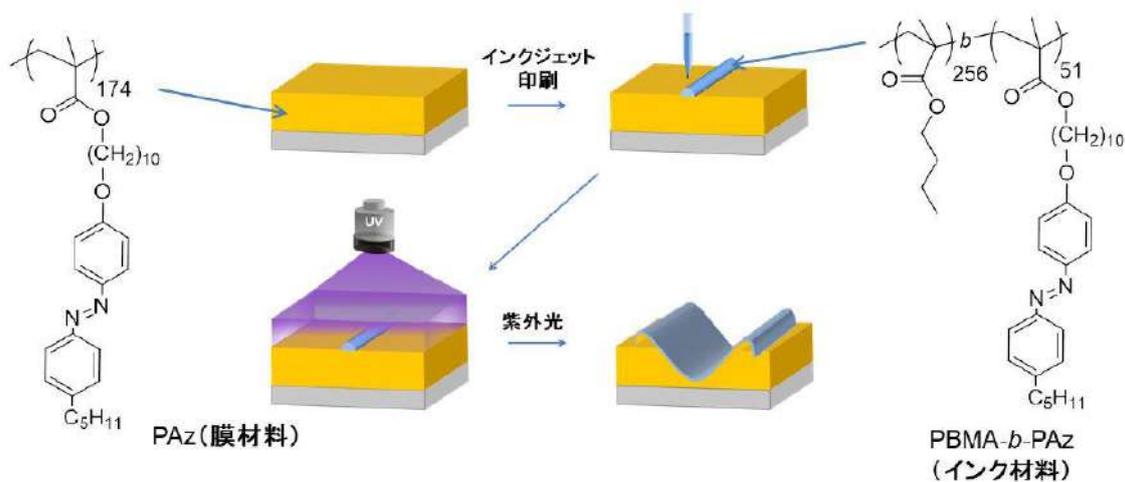


図1 本研究で提案の表面加工プロセス。アゾベンゼンを側鎖にもつ液晶高分子 (PAz) の薄膜に、表面張力の異なるブロック共重合体 (PBMA-b-PAz) を微細インクジェットにて描画する。365 nm の紫外光を照射することによりマランゴニ効果で物質移動が生じ、自発的に溝が形成される。

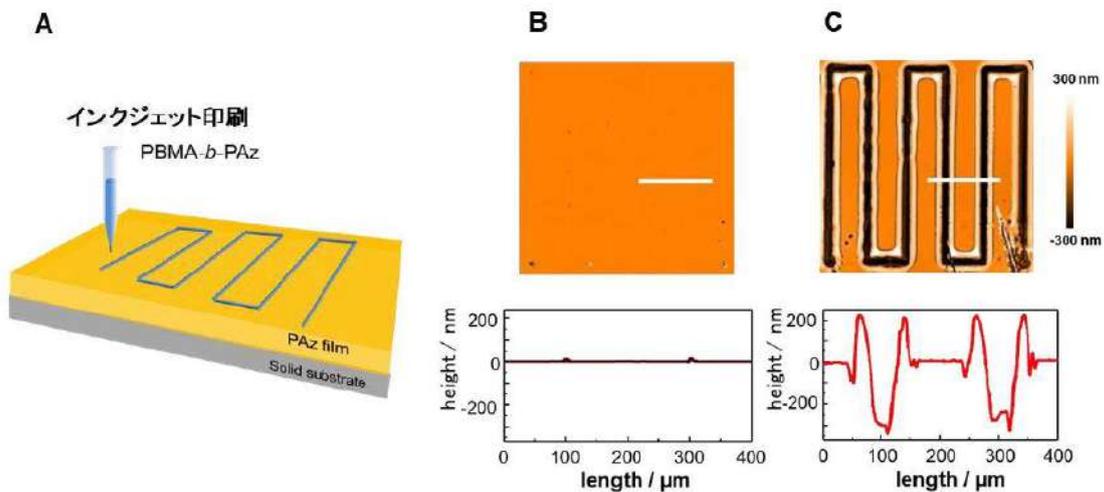


図2 紫外光で開始されるマランゴニ流で溝が形成される様子。(A) 塗布描画の模式図、(B) 紫外光照射前の白色干渉顕微鏡像（下図は断面プロファイル、2か所の小さな突起がプリント部分）、(C) 紫外光 20 秒照射後の顕微鏡像と Bと同じ個所の断面プロファイル。

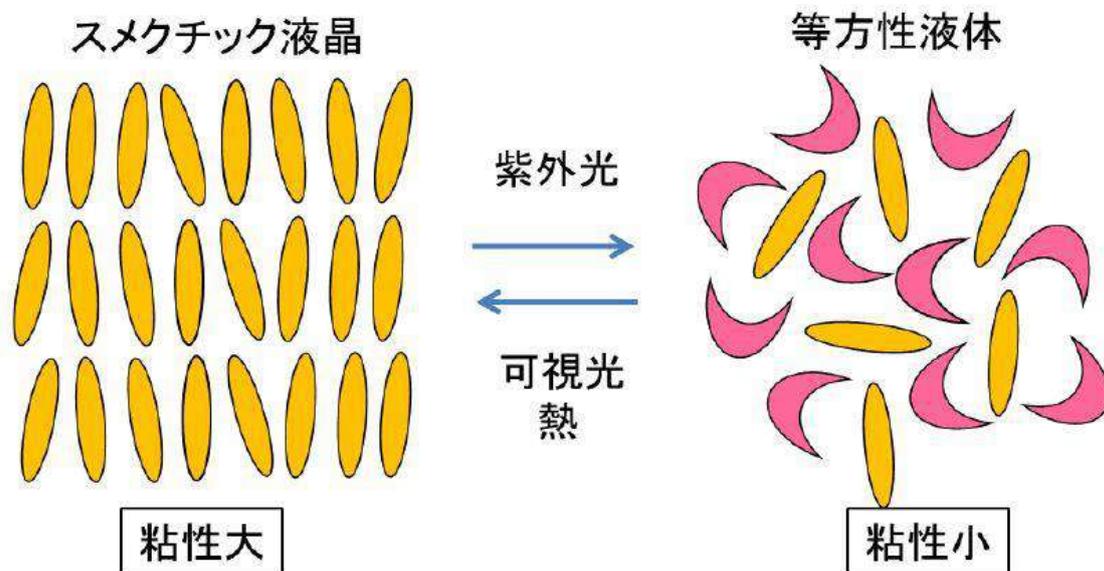


図3 紫外光照射前の PAz 液晶高分子の変化の模式図。光照射前はアゾベンゼンは棒状形状で液晶構造をとる（黄色い棒）。紫外光照射によってシス型のアゾベンゼンが生じ（ピンクの星型）、液晶構造が消失して粘性が大きく低下する。可視光照射でほぼトランス型に戻る。

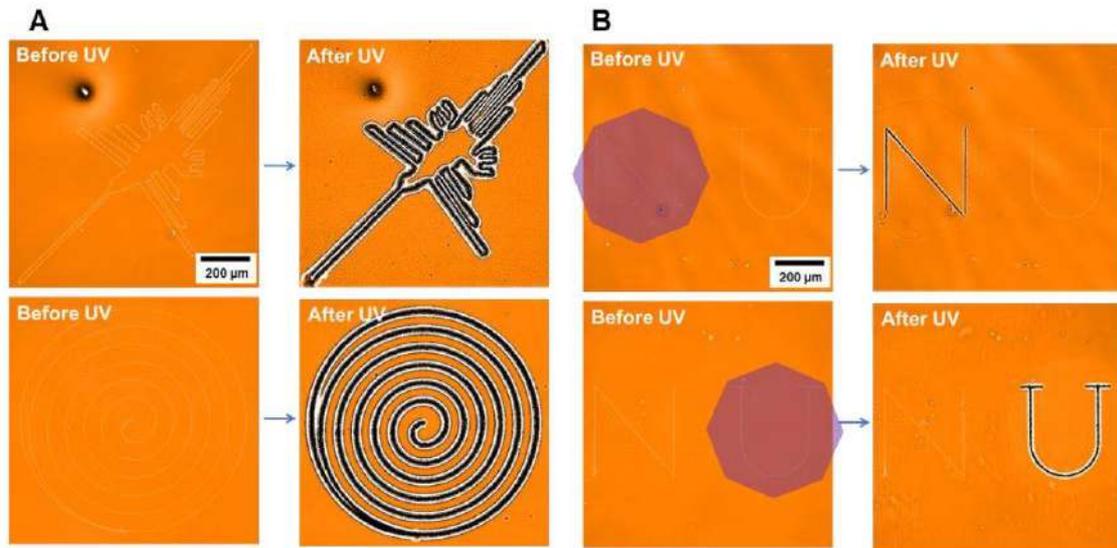


図4 (A) 様々なインクジェット描画による溝の形成（白色干渉顕微鏡像、左：紫外光照射前、右：紫外光照射後）。(B) インクジェット印刷で描いた“N”と“U”に各々部分的に紫外光を照射したときに形成される選択的な溝形成。八角形の紫色で示した部分のみに紫外光を照射しており、その部分に印刷されたところだけに溝が形成される。

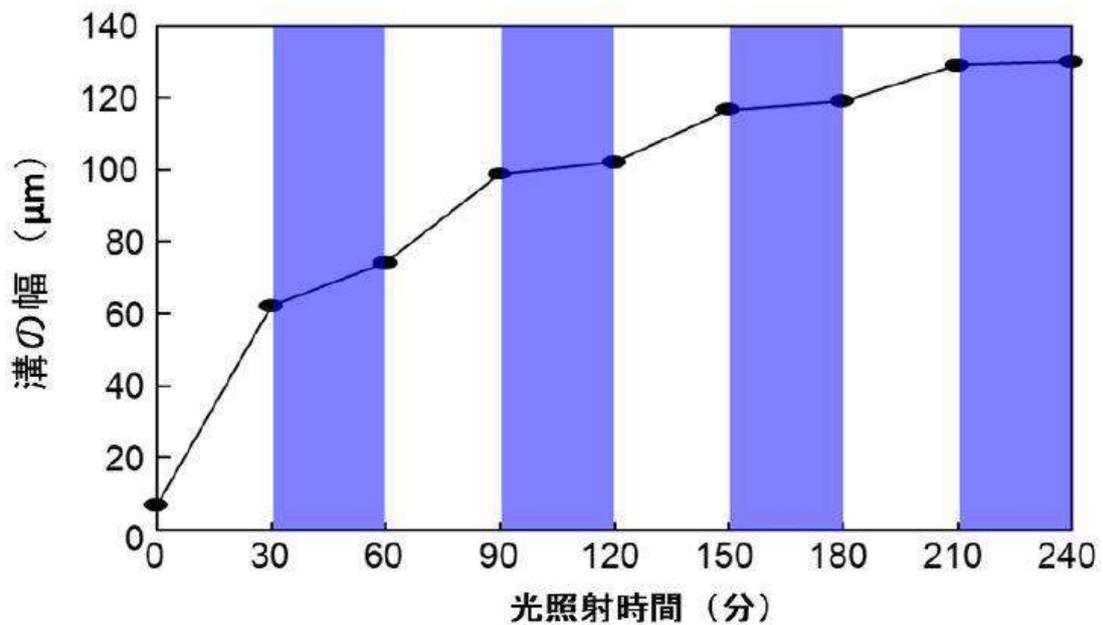


図5 紫外光と可視光を交互に照射したときの、溝の幅の広がり。紫外光照射（白色の部分）で溝が広がり、可視光照射（青色の部分）で溝の広がりが止まる。可逆的に制御できる。

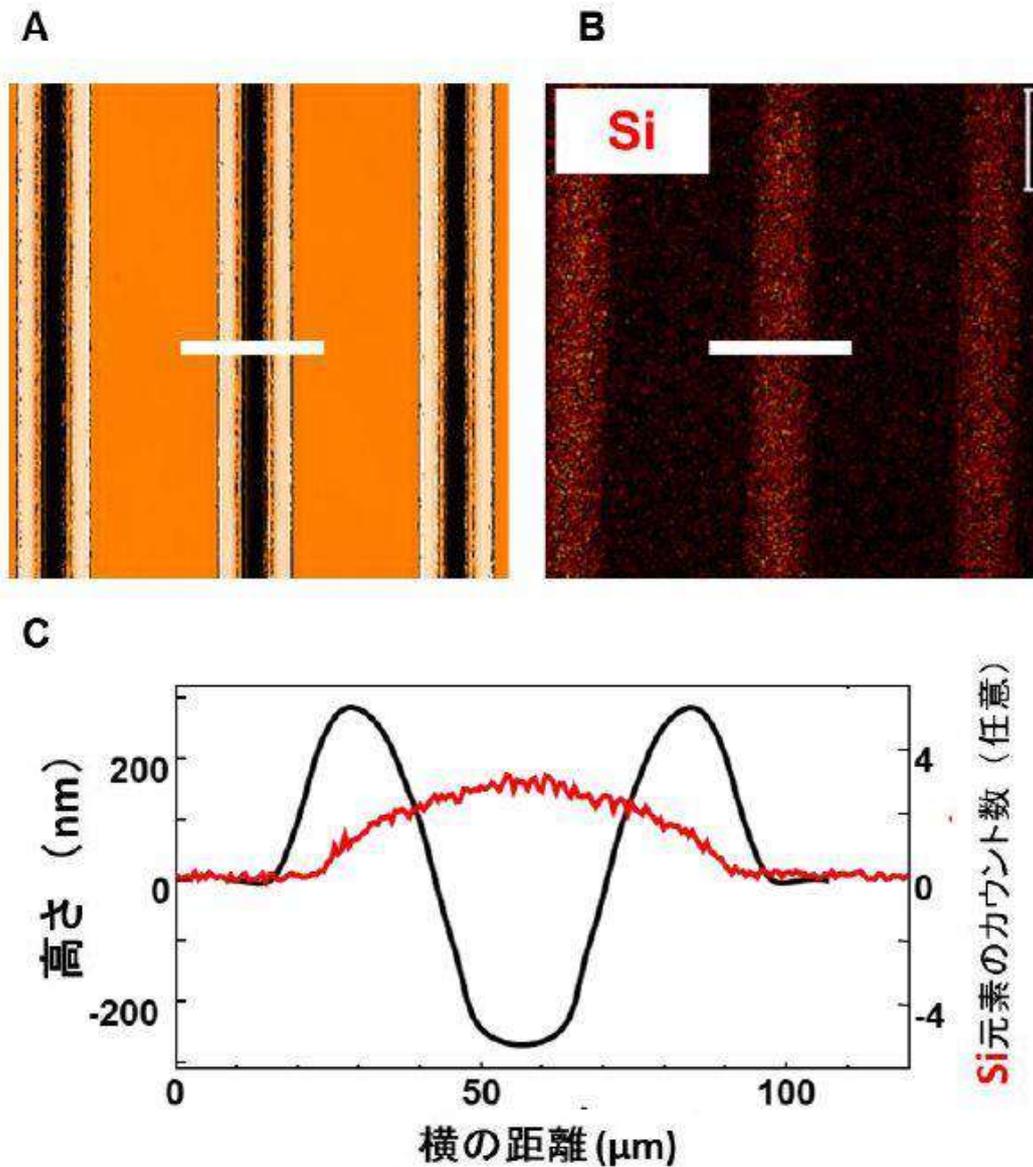


図6 溝形成の形状と TOF-SIMS にて観測されたインクに含まれるケイ素の分布。(A) 白色干渉顕微鏡で観測した形状、(B) インクに含まれるケイ素 (Si) の広がりマッピング、(C) 両者を重ね合わせた、高さプロファイルと Si の量に相当するカウント数の比較。

文 JST 客观日本编辑部

日文发布原文 [http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload\\_images/20190227\\_engg\\_seki.pdf](http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20190227_engg_seki.pdf)