18a-A5-9

異種ミクロ液滴の特異な混合メカニズムと高度印刷薄膜製造技術への応用

Anomalous mixing mechanism of different microdroplets and its application to advanced printing technologies

産総研 FLEC[1]、東大工[2]，°野田祐樹[1]，峯廻洋美[1]，山田寿一[1]，長谷川達生[1,2]

AIST-FLEC[1], U. Tokyo[2], °Yuki Noda[1], Hiromi Minemawari[1], Toshikazu Yamada[1], Tatsuo Hasegawa[1,2]

E-mail: y-noda@aist.go.jp

【背景】プリンテッドエレクトロニクスの実現に向けて、ミクロ液滴の挙動を自在に操作する手法の開発が強く求められている。そのための有力な手がかりの一つとして、インクジェット法により異種のミクロ液滴どうしを基板上で混合する手法を用いて、高均質な有機半導体薄膜を製造する技術の開発が報告されている[1]。異なるミクロ液滴どうしを接触させた際の２流体の挙動は、通常の巨視的な液滴の場合とは大きく異なり、乱流抑制・界面張力・表面濡れ等の効果が顕在化すると考えられる。しかしながら、その混合挙動は流体科学的にも未開拓であり、上記の高均質薄膜がなぜ得られるのかも全く明らかにはなってはいない。本研究では、基板表面上に異なるミクロ液滴を塗布・混合する過程を ms オーダーの時間スケールで詳細に観察・解析することにより、ミクロ液滴が表面・界面張力に駆動された特異な混合様式と混合不安定性を示すこと、およびこれら現象と有機薄膜の成長機構との相関を明らかにすることができた[2]ので報告する。

【実験】Si/SiO_2 基板表面上に HMDS と UV/O_3 処理により親撥パターンを形成し、親水領域上に、まず完全ぬれのミクロな純粋液滴（静止液α、数十 nL）を塗布し、続いて別のミクロな純粋液滴（落下液β、数十 pL）を滴下して、着弾後の液滴の挙動を高速度カメラ（4000 fps）で観察した。

【結果と考察】図 a に示すように、落下液βが静止液α表面（気液界面）に沿ってぬれ広がる『濡れ』現象、βが α 内に沈みこんでいく『沈降』現象、およびαが基板上で瞬時に弾かれる『弾き』現象という特徴的な３種の現象が現れることが分かった。またこのような実験を 10 種の液体の組み合わせについて行ったところ、これら３種の現象が、液体どうしの表面張力差と、αとβの高さ比(h^{α}/h^{β})に対するプロット(図 b)によって、明瞭に整理できることが分かった。さらに有機半導体を溶解させた落下液を用いかつ『濡れ』現象を起こした場合に、高均質な有機薄膜が形成できる事が分かった(図 c)。

[1] H. Minemawari et al., Nature 475, 364 (2011). [2] Y. Noda et al., to be published.

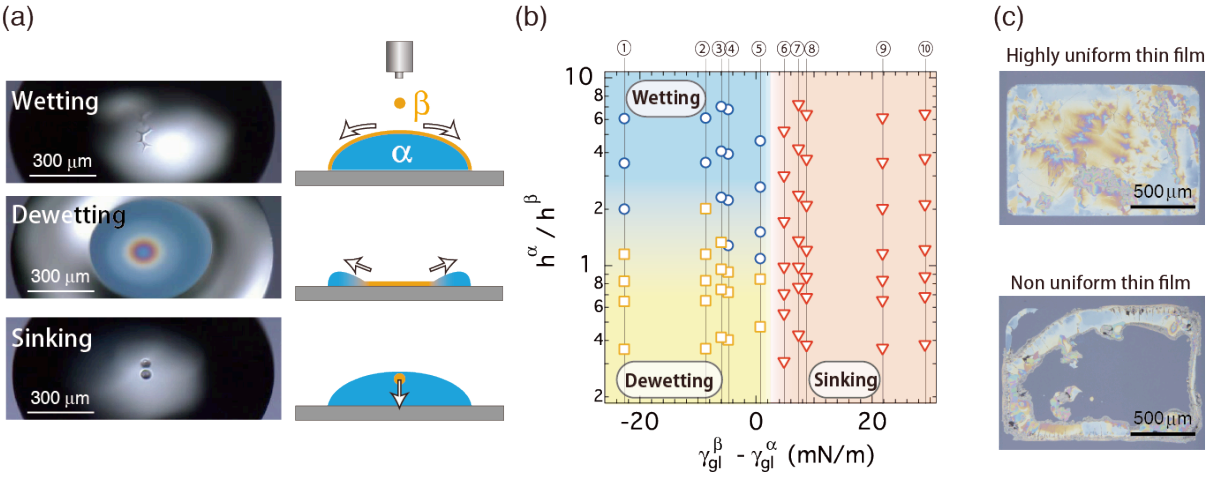

Figure (a) Three kinds of mixing dynamics of miscible microdroplets. (b) Transition diagram of competition between wetting, dewetting, and sinking. (c) Optical micrographs of highly uniform thin film and non-uniform thin film obtained after via wetting and dewetting, respectively.

© 2014 年　応用物理学会