

平成 22 年 6 月 22 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19360021

研究課題名 (和文) Dewetting による大面積パターンニング手法の構築

研究課題名 (英文) Construction of a method to perform large area patterning by dewetting

研究代表者

Karthaus Olaf (カートハウス オラフ)

千歳科学技術大学・総合光科学部・教授

研究者番号：80261353

研究成果の概要 (和文)：大面積のディウェットング装置の製作に成功した。すなわち、ディウェットング現象を用いて、30×40センチの基板に均一の高分子や低分子のマイクロ構造を作ることができるようになり、マイクロレンズのアレーや有機トランジスタのナノファイバアレーの作成に成功した。

研究成果の概要 (英文)： we have successfully designed and fabricated a large area dewetting apparatus. We could show that it is possible to coat a large area substrate (30 x 40 cm) homogeneously with polymer or low molar mass compounds, forming micronsize droplet or fiber arrays. Possible applications are microlens arrays or organic field effect transistor arrays.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2008 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2009 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	11,100,000	3,330,000	14,430,000

研究分野：高分子科学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎，薄膜・表面界面物性

キーワード：表面，ディウェットング

1. 研究開始当初の背景

分子エレクトロニクスは将来性のある有望な技術であり、柔軟性、リサイクル性、加工性、加工エネルギー、異方性など有機材料は無機、半導体に比べて様々な利点を持っている。これに対して、有機材料の欠点である長期安定性や低い電気特性等については盛んに研究されており、半導体と比較して徐々に改善されてきている。科学文献、特許のなかでは多くの有機材料がLCD、OFET、OLED、センサ

に使われていることがわかる。

製造工程の多岐にわたり有機・無機材料のマイクロ、ナノパターンニングが必要である。従来はフォトリソグラフィ、真空蒸着法、湿式コーティング法が低分子または高分子材料で使われている。これらの代表的な方法は、それぞれ技術の欠点や長所を持っている。フォトリソグラフィのようなTop-down方式はコスト問題、適用可能な物質に制限があり、多種多様な物質のパターン化は不可能である。

このため、アイクロディウエットイング（撥水）による大面積パターンニングが将来的に有望であると考えている。

2. 研究の目的

研究目的は、自己組織化的手法（ディウエットイング）を用いて光学や電子工学分野で使用される機能性材料のメゾスコピックパターンを大面積（A4サイズ、約20×30cm）で作製する手法を構築することである。

自己組織化により、非平衡条件下において散逸構造と呼ばれる規則的な構造を形成することができる。溶液の蒸発過程において散逸構造形成を制御することにより、非常に高い規則性をもった構造を得ることが可能である。そして、メゾスコピック領域（数10nmから数 μm ）にある構造体はバルクと分子の中間的な性質を持つため、このサイズの構造体のパターンニングは非常に興味深い。

様々な非パターン化基板上的ディウエットイング、予めパターン化された基板上での位置選択的ディウエットイングによるマイクロドーム二次元配列体のパターンニング手法を構築し、多様なデバイスの新規コーティング技術の提案になることを狙いとしている。

3. 研究の方法

装置の設計図と製作：研究室で開発したローラ装置のプロトタイプ（基板は2×6センチ）で得たデータを蓄積し、大面積のローラ装置の開発につなげた。必要な部品は、空気の流れを抑えるグロブボックス、除振テーブル、ステッピングモーターである。ローラのデザインは低震度、低摩擦である必要がある。

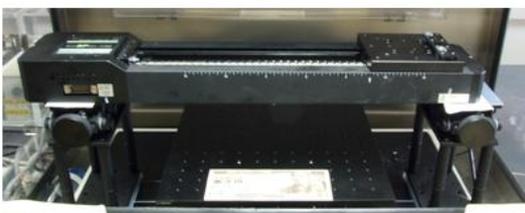
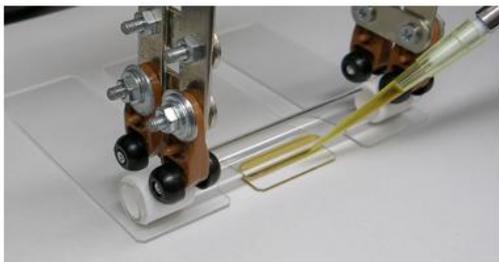


図1：装置のプロトタイプ（上）、今回作成した大面積装置（した）。

新たにステッピングモーター、台、金属フレームを除振台上に設置した。直径5mm~100mmのガラスローラを固定できるホルダーを新

規にデザイン・作製した。ステッピングモーターの一つのステップはわずか1ミクロン程度であり、高速のスピードも可能である。

4. 研究成果

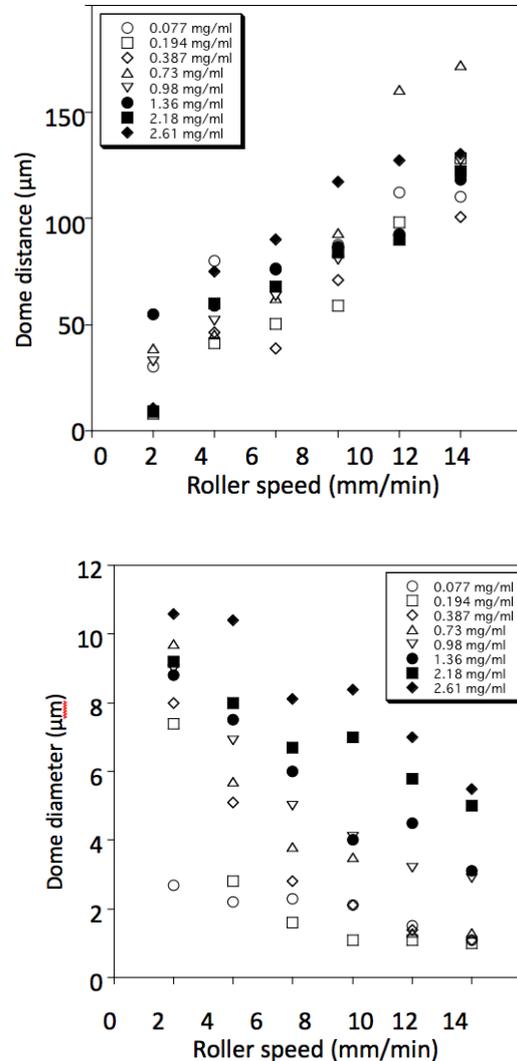


図2：ポリスチレンのパターンのローラ速度依存性。

（1）平成19年度の研究目的は「大面積ローラ装置」の作製とテストランだった。テストランにはポリスチレン溶液を利用し、様々なコーティングパラメーターの影響を調べた。次のような結果を得た。①ローラ速度を上げる（10ミリ→30ミリ）とマイクロドームは小さくなる（2 μm →0.5 μm ）。②ローラの直径を大きくすると（10ミリ→50ミリ）とドームはより整然と配列する。③使用可能な基板は雲母、親水性ガラス、ITOでコーティングしたPETフィルム、ITO上の導電性高分子のキャスト膜である。④様々な溶媒（ジクロロメタン、ジクロロエタン、クロロホルム、テトラヒドロフ

ラン、酢酸エチル、メチルエチルケトン、ベンゼン、トルエン) を利用し、ポリスチレンをディウエットングをすることに成功した。

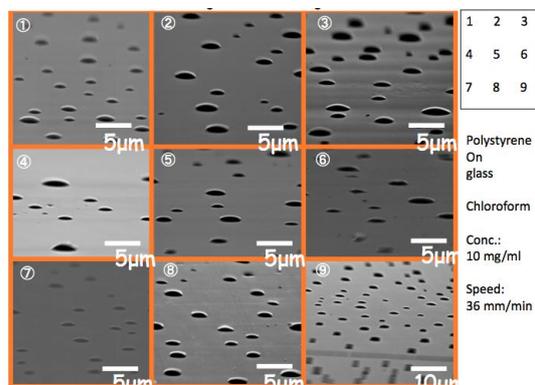


図3：大面積基板の電子顕微鏡写真。均一のコートングは成功した。

(2) ①ペンタセンを高沸点の溶媒(トリクロロベンゼンなど)に溶かし、ローラ装置を用いてマイクロファイバーを作成できた。ローラ装置の速度、基板の温度、ペンタセンの濃度によって、様々な結晶(ファイバー、プレートなど)を作成した。長さ1 cm以上、幅1 μm以下の細長いファイバーを作ることができた。

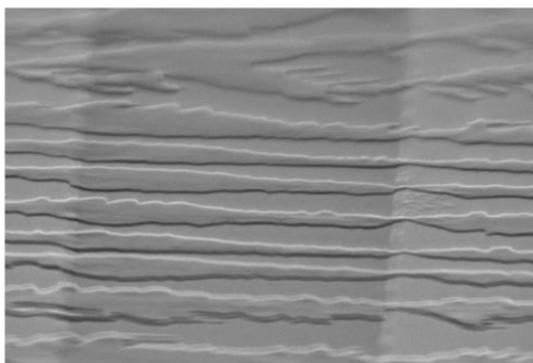


図4：7 μmギャップを持つ有機トランジスタの電子顕微鏡写真。

マイクロ電極(25 × 25 μmの電極ギャップ)を用いて、ボトムコンタクト型のトランジスタの移動度を1.6 cm²/Vsまで上げることができた。②完成したペンタセンのナノファイバーの上に、別な有機半導体材料をディウエットングし、2層構造の作製に成功した。その2回目のディウエットングで利用した材料はフラーレンなど低分子だけではなく、ポリヘキシルチオフェン、ポリフェニレンビニレンなどの高分子材料も利用できることがわかった。またその技術を利用することで、電子輸送とホール輸送トランジスタを作成することも可能になった。

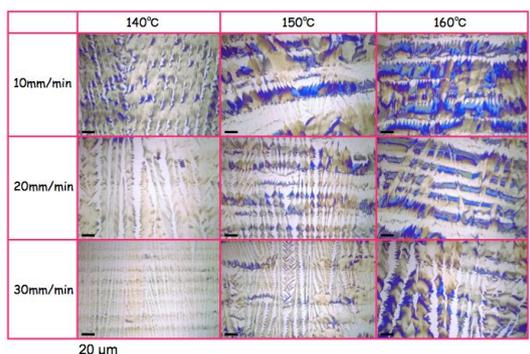


図5：ペンタセン結晶の反射顕微鏡写真。条件によって、ファイバやプレート状の結晶はできる。

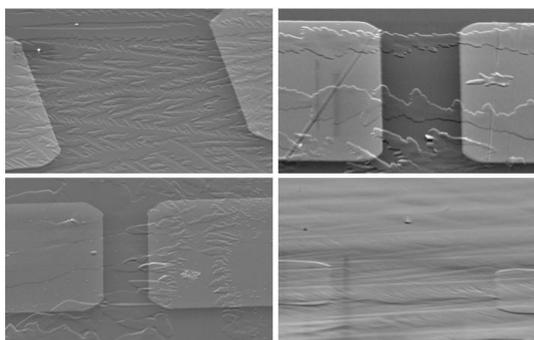


図6：マイクロ電極のトランジスタの電子顕微鏡写真。

(3) まとめ

計画は当初、自己組織化を用いた大面積(A4サイズ以上)基板上の高分子マイクロドーム作製装置の完成であったが、我々はその2倍のA3サイズの基板コートングの装置をデザインすることに成功した。その上、この装置は大変難しいとされてきたフッ素コートングにも使うことができる。また、1.6cm²/Vs.以上の移動度を持つ有機半導体の結晶ナノファイバの形成にも成功した。

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5件)

① H. Kubo, J.-I. Nishide, H. Sasabe, O. Karthaus, Preparation of Pentacene Organic Field Effect Transistors by a Wet Process and their Carrier Mobilities, e-J. Surf. Sci. Nanotech., 7, 568-570 (2009)

② O. Karthaus, S. Nagata, J. Nishide, H. Sasabe, Control of Crystal Morphology of Aromatic Electron Donors and Acceptors for Molecular Electronics, Jpn. J. Appl. Phys., 47, 1245-1250 (2008)

③ O. Karthaus, S. Nagata, Y. Kiyono, S. Ito, H. Miyasaka, Control of Crystal Morphology of a Fluorescent Charge Transfer Complex by Dewetting on a Mica Surface, Coll. Surf. A, Vol. 313-314, 571-575 (2008)

④ K. Kai, O. Karthaus, Growth of unidirectionally oriented pentacene nanofibers by a roller method, e-J. Surf. Sci. Nanotech., 5, 103-105 (2007)

⑤ Y. Hashimoto, O. Karthaus Preparation of an ordered array of cyanine complex microdomes by a simple dewetting method, J. Coll. Interf. Sci, 311, 289-295 (2007)

[学会発表] (計10件)

① O. Karthaus, K. Hidaka, K. Kai, K. Kon, K. Kubo, T. Meiling, K. Nakajima, K. Saiho, T. Wachi, Solutions are the solution: wet processing for patterning of organic and inorganic semiconductors, AsiaNano, Nov. 1-3, 2010, Tokyo.

② O. Karthaus, Self-organization of organic electronics and photonics materials by microdewetting, SPIE Optics and Photonics Linear and Nonlinear Optics of Organic Materials X, Aug. 1-5 2010, San Diego (invited)

③ O. Karthaus, "Control of the Aggregation State of Organic Fluorescent Dyes via Dewetting", Workshop Spektroskopie & Angewandte Lasersensorik, Potsdam March 12, 2010 (invited)

④ Y. Tsubota, Y. Hatanaka, T. Watanabe, C. M. Park, O. Karthaus, Mesoscopic pattern formation using PVDF homo- and copolymers, JSPS/NRF 2nd Joint Seminar, Feb. 24-26, 2010, Keio Univ., Yokohama, Japan

⑤ T. Wachi, K. Saihou, O. Karthaus, Oriented fibers from p-type and n-type organic semiconductors, Chitose International Forum CIF' 10, Nov. 12-14, 2009, Chitose

⑥ O. Karthaus, Self-organized Mesoscopic Molecular Aggregates for Orgatronics, Industry-University Collaboration Forum on Active Polymers for Pattern Integration, 18-20 June 2009, Jeju, Korea (invited)

⑦ O. Karthaus, J.-I. Nishide, H. Sasabe, K. Kai, H. Kubo, Self-organization of

pentacene nanofibers from solution for organic field effect transistors, SPIE Europe "Microtechnologies for the new millennium: 7364 Nanotechnology, 4-6 May 2009, Dresden, Germany.

⑧ T. Wachi, O. Karthaus, Development of Roll-Caster for Large Scale Dewetting, KJF ' 08 / CIF 9, Sept.23-25, 2008, Chitose, Japan

⑨ K. Kai, S. Nagata, O. Karthaus, Dewetting-induced micro- and nanopatterning of organic semiconductor materials for organic electronics, ISEM, March 3-5, 2008, Tokyo

⑩ O. Karthaus, Y. Hashimoto, T. Kabuto, K. Kai, K. Kon, Y. Tsuriga, M. Wada, "Self-organization of nano-size organic aggregates used for organic electronics", Korea Japan Joint Forum (KJF2007), Sept. 27-29, 2007, Seoul, Korea (invited)

[その他]

www.chitose.ac.jp/~karthaus/indexj.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Karthaus Olaf (カートハウス オラフ)
千歳科学技術大学・総合光科学部・教授
研究者番号：80261353