

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月6日現在

機関番号：24506

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008～2012

課題番号：20111013

研究課題名（和文） ナノインプリントによる機能性分子のナノ空間自己組織化制御

研究課題名（英文） Control of Nano-space self-assembly of functional molecular by nanoimprint

研究代表者：松井 真二（MATSUI SHINJI）

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 教授

研究者番号：00312306

研究成果の概要（和文）：

ナノインプリント技術は、凹凸モールドを樹脂に機械的プレスすることによりナノパターンの形成を可能とする技術であり、これまで、樹脂のパターン形成が行われてきた。本研究では、凹凸モールドのナノ空間を機能性分子である P6CAM 光反応性液晶分子の配向場として用いる提案を行い、熱ナノインプリントによる分子配向の実証を行った。さらに、熱ナノインプリントによる分子配向度が通常のグラフォエピタキシーよりも大きい新規の実験結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

Nanoimprint graphoepitaxy has been studied using P6CAM photo-reactive liquid crystal. As a result, we demonstrated that P6CAM molecular alignment along the mold grating lines has been achieved and the degree of molecular alignment increased compared with a graphoepitaxy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,500,000	2,850,000	12,350,000
2009年度	11,500,000	3,450,000	14,950,000
2010年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2011年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2012年度	9,600,000	2,880,000	12,480,000
総計	51,800,000	15,540,000	67,340,000

研究分野：ナノテクノロジー

科研費の分科・細目：2010

キーワード：ナノインプリント、ナノ空間、自己組織化、グラフォエピタキシー、機能性分子

1. 研究開始当初の背景

ナノインプリントリソグラフィ(NIL)技術は微細なパターンを有する凹凸モールドを樹脂(レジスト)に押し付けパターンを作製する技術である。このNIL技術は次世代リソグラフィ技術として提案された技術であり、これまで主に微細化に関する研究が行われてきた。プロセス的にはモールドを引き離した際にレジストが形状を維持さえすれば如何なる材料でも微細パターンが作製可能である。モールド内の凹凸微細空間は微細反応空間場と見なすことができる。そのため、

機能性材料へナノインプリント技術を適用することにより新たな創発現象が見出せると考え研究を開始した。

2. 研究の目的

光反応性高分子液晶の一つである P6CAM という機能性材料に対し、ナノインプリントを行い、熱ナノインプリントによる分子配向現象の探索研究を行う。

3. 研究の方法

熱ナノインプリントによる分子配向の評

価については、偏光顕微鏡および回折光強度測定を行った。熱ナノインプリントモールドの作製は、電子ビーム描画およびドライエッチングプロセスを用いた。

4. 研究成果

P6CAM はもともと偏光紫外光 (LPUV) と熱処理によって分子配向制御が可能な高分子液晶である。この P6CAM に熱ナノインプリントを行うと、微細パターンが作製されると同時に分子配向が誘起される事を見出した。図 1 に示すように、この分子配向はパターンがあるエリアのみで誘起され、ナノインプリントを行ってもパターンが無ければ分子配向は起きない事が分かった。この時用いたパターンはライン幅、スペース幅ともに $0.5 \cdot \mu\text{m}$ 、 $1 \cdot \mu\text{m}$ 、 $2 \cdot \mu\text{m}$ のパターンであり、分子の大きさからすると 1000 倍以上大きなパターンである。それにもかかわらず分子配向するという結果は、今後ナノインプリント技術を用いて機能性材料、例えば有機半導体などをナノインプリント加工する際に非常に重要な知見になると考えている。

また、P6CAM は LPUV と熱処理で分子配向制御が可能であることから、LPUV で分子配向させた P6CAM に対して熱ナノインプリントを行った。その結果、LPUV で分子配向させた後でも熱ナノインプリントによって分子が再配向する事が分かった。また、熱ナノインプリントを行いながら LPUV を行った場合は、インプリント由来の分子配向が LPUV 由来の分子配向に影響を与えることが明らかとなった。以上のことから、P6CAM の分子配向を LPUV および熱ナノインプリントのハイブリッドプロセスにより制御できることを示した。

凹凸モールドに P6CAM をスピコートし、プレスなしで熱処理することにより、グラフィエピタキシーによる分子配向が誘起される。熱ナノインプリントによる分子配向とグラフィエピタキシーによる分子配向の比較を回折光強度測定により行ったところ、熱ナノインプリントによる分子配向の方がグラフィエピタキシーによる分子配向よりも大きな分子配向が生じることを実験的に確認した。我々はこれを「ナノインプリント・グラフィエピタキシー」と呼び、ナノインプリントによる分子配向の創発現象と捉えている。

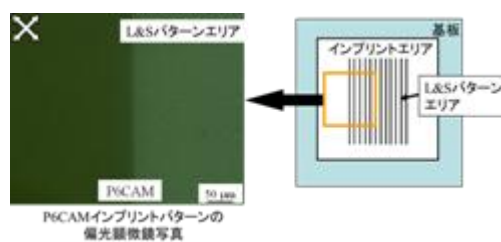


図 1 図 1 熱ナノインプリントによる P6CAM 光反応性液晶分子配向の偏光顕微鏡観察

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

1. M. Okada, S. a Manabe, M. Kurita, M. Kondo, Y. Haruyama, K. Kanda, N. Kawatsuki, and S. Matsui, “Evaluation of imprinting characteristics of photoinduced liquid crystalline polymer”, *Microelectronic Engineering*, Vol. 88, pp.2079–2083, (2011), 10.1016/j.mee.2011.02.951.

査読有

2. N. Kawatsuki, A. Tashima, A. Emoto, H. Ono, M. Kondo, M. Okada, and S. Matsui, “Control of the Molecular Reoriented Direction in Surface relief holographic Gratingd Using Photoreactive Liquid Crystalline Copolymers”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.50, pp.081608–081611, (2011), 10.1143/JJAP.50.081608. 査読有

3. M. Okada, S. Manabe, M. Kurita, M. Kondo, Y. Haruyama, K. Kanda, A. Emoto, H. Ono, N. Kawatsuki, and S. Matsui, “Thermal Nanoimprinting on Prealigned Photoreactive Polymer Liquid Crystal for Molecular Reorientation”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.49, pp.128004–1–128004–2 (2010), 10.1143/JJAP.49.128004. 査読有

[学会発表] (計 16 件)

1. 春山雄一, “光反応性高分子液晶の軟 X 線吸収分光による研究”, 日本物理学会, 第 68 回年次大会, 2013/03/28, 広島大学、広島県.
2. 春山雄一, “NEXAFS 測定による光反応性高分子液晶の配向性評価”, 第 26 回日本放射光学学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013/01/12, 名古屋大学、愛知県.
3. M. Okada, “Optical Evaluation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Pattern Fabricated by Thermal Nanoimprinting with Linearly Polarized UV Irradiation”, The 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference 2012, 2012/11/01, 神戸メリケンパークオリエンタルホテル、兵庫県.
4. M. Okada, “Reorientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Induced by Thermal Nanoimprinting with Linearly Polarized UV Irradiation”, The 11th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology 2012, 2012/10/25, Napa, USA.
5. M. Okada, “Reorientation pattern of photoinduced liquid crystalline polymer imprinted by thermal nanoimprinting using a dot pattern mold”, The 38th International Conference on Micro and Nano Engineering 2012, 2012/09/17, Toulouse, France.
6. Y. Haruyama, “The electronic structure of the fluorinated self-assemble monolayer by photoemission and absorption spectroscopy”, The twelfth International Conference on Electron Spectroscopy and Structure (ICESS-12), 2012/9/17, Saint-Malo, France.
7. 岡田真, “光反応性高分子液晶上に作製した段差構造パターンの配向性”, 2012 年秋季 第 73 回応用物理学会学術講演会, 2012/09/12, 松山大学、愛媛県.
8. Y. Haruyama, “Evaluation of the fluorinated self-assemble monolayer by using photoemission and absorption spectroscopy”, Asian Conference on Nanoscience & Nanotechnology 2012, 2012/09/09, Lijiang, China.
9. M. Okada, “Pattern-size Effect of Reorientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer by Thermal Nanoimprinting”, The 56th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication 2012, 2012/05/30, Hawaii, USA.
10. M. Okada, “Reorientation Evaluation of Bidirectional Line Pattern on Photoinduced Liquid Crystalline Polymer”, The 56th International Conference on Electron, Ion and Fabricated by Thermal Nanoimprinting”, The 56th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication 2012, 2012/05/30, Hawaii, USA.
11. M. Okada, “Investigation for orientation of photoinduced liquid crystalline polymer imprinted by using mold with various patterns”, IEEE-NEMS 2012, 2012/3/6, Kyoto Univ., Sakyo-ku, Kyoto-fu, Japan.
12. M. Okada, “Investigation for orientation of photoinduced liquid crystalline polymer imprinted by using mold with various patterns”, The 37th International Conference on Micro and Nano Engineering 2011, 2011/9/20, Kyoto, Japan.

13. M. Okada, “ Evaluation of imprinting characteristics for photoinduced liquid crystalline polymer”, The 36th International Conference on Micro and Nano Engineering 2010, 2010/9/20, Genoa, Italy.
14. M. Okada, ” Alignment Control of Photoreactive Polymer Liquid Crystal by Thermal Nanoimprint”, The 22nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference 2009 , 2009/11/19, Sapporo, Japan.
15. M. Okada, “Configuration Control of Photoreactive Polymer Liquid Crystal by using Thermal Nanoimprint Mold Pattern”, The 8th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology 2009, 2009/11/12, California, USA.
16. 岡田真、 “光反応性高分子液晶へのナノインプリント”, 応用物理学会学術講演会 2009秋, 2009/9/9, 富山県富山市.

〔図書〕 (計 1 件)

1. 松井真二、シーエムシー出版、ナノインプリントの開発とデバイス応用、2011年、282頁

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 2 件)

1. 名称：光学素子およびその製造方法
発明者：江本頭雄、小野浩司、松井真二、川月喜弘
権利者：長岡技術科学大学、兵庫県
種類：特許
番号：特願 2010-101262
出願年月日：2010/4/26
国内外の別：日本
2. 名称：高分子液晶の配向制御
発明者：松井真二、川月喜弘、岡田真、岡本利樹
権利者：兵庫県、明昌機工 (株)
種類：特許
番号：特願 2010-049943

出願年月日：2010/3/5
国内外の別：日本

○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

<http://www.lasti.u-hyogo.ac.jp/nanostructure/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 真二 (MATSUI SHINJI)
兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
教授
研究者番号：00312306

(2) 研究分担者

神田 一浩 (KANDA KAZUHIRO)
兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
教授
研究者番号：20201452

春山 雄一 (HARUYAMA YUICHI)
兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
准教授
研究者番号：10316036

岡田 真 (OKDA MAKOTO)
兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
助教
研究者番号：60637065