

I ナノ構造形成技術

Nanostructure Fabrication

岡田真・春山雄一・松井真二
Okada M., Haruyama Y., Matsui S.

ナノインプリントリソグラフィーは、ナノメートルスケールのパターンを有する金型（モールド）を樹脂（レジスト）に転写する事により、微細構造物を作製する技術である。簡便なプロセスで容易にナノ構造物を作製可能であることから、IT 分野、光学分野、環境・エネルギー分野、バイオ分野、など、様々な分野への応用が期待され、徐々に実用化が始まっている。このナノインプリントリソグラフィーによって作製したナノ構造物の物性評価や新規現象の探索、あるいはナノインプリントプロセスに関する研究を行っている。さらに、ナノインプリントリソグラフィーの特性を活かし、高機能性物質をパターンニングすることで高機能微細加工物を作製し、評価を行っている。

II ニュースバル・ビームラインを用いた物性研究

Studies of Materials Physics using synchrotron radiation

春山雄一・松井真二
Haruyama, Y., Matsui. S.

ニュースバル・ビームライン 7B では、短尺アンジュレータから発生する軟 X 線を利用し、様々な物質の物性研究を行っている。ビームラインの改良によりエネルギー範囲が拡大され、40 - 800 eV の励起光が利用できるようになった。エンドステーションでは、光電子分光および吸収分光測定が可能である。光電子分光法では、占有状態に関する情報（価電子帯、内殻準位）、吸収分光では、非占有状態に関する情報を得ることができる。これらの手法を用いて、機能性分子材料、炭素材料および遷移金属合金の物性評価研究、シリコン表面や酸化物表面と金原子との相互作用およびめっき鋼板上における酸化膜等の研究を行っている。

発表論文 List of Publications

- I-1 M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Comparison Molecular Orientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer induced by Thermal Nanoimprinting to that by Graphoepitaxy, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, pp.65-68, 2013, (DOI:

10.2494/photopolymer.26.65)

- I -2 M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Molecular Orientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer with 3D Structure fabricated by Thermal Nanoimprinting, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, pp.83-85, 2013, (DOI: 10.2494/photopolymer.26.83)
- I -3 T. Oyama, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, H. Miyake(Daicel Co.), T. Mizuta(Daicel Co.) and S. Matsui: Surface Evaluation of Cationic UV-curable Resin with Fluorine Additive by X-ray Photoelectron Spectroscopy, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, pp.129-132, 2013, (DOI: 10.2494/photopolymer.26.129)
- I -4 H. Wakaba, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama and S. Matsui: Release Property Evaluation of Fluorinated Antisticking Layer by a Mixture of Release Agents, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, pp.143-146, 2013, (DOI: 10.2494/photopolymer.26.143)
- I -5 M. Okada, H. Miyake(Daicel Co.), S. Iyoshi, T. Yukawa(Daicel Co.), T. Katase(Meisyo Kiko), K. Tone(Meisyo Kiko), Y. Haruyama, S. Matsui: Double patterning in nanoimprint lithography, *Microelectronic Engineering* **112**, pp.139-142, 2013, (DOI: 10.1016/j.mee.2013.06.009)
- I -6 M. Okada, Y. Haruyama, S. Matsui, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), R. Hosoda(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.) and H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.): Reorientation of photoreactive liquid crystalline polymer pattern fabricated by hybrid nanoimprinting, *J. Vac. Sci. Technol. B* **31**, pp. 06FB04-1-06FB04-4, 2013, (DOI: 10.1116/1.4828635)
- I -7 M. Okada, Y. Haruyama, S. Matsui: Abrasion Test for Antisticking Layer by Scanning Probe Microscopy, 57th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Nashville), 2013
- I -8 T. Oyama, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, S. Matsui, H. Miyake(Daicel Co.), T. Mizuta: Evaluation of fluorine additive segregation in UV nanoimprint resin by X-ray photoelectron spectroscopy, 57th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Nashville), 2013
- I -9 H. Wakaba, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, S. Matsui: Selective Patterning of Fluorinated Self-assembled Monolayer by UV Nanoimprinting for Directed Self-Assembly, 57th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Nashville), 2013
- I -10 M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), S. Matsui, H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.): Reorientation Evaluation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Pattern Fabricated by Hybrid Nanoimprinting with Linearly Polarized Ultra Violet Irradiation, 57th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Nashville), 2013
- I -11 S. Iyoshi, M. Okada, Y. Haruyama, S. Matsui, K. Kobayashi(Tohoku Univ.), S. Kaneko(Tohoku Univ.), M. Nakagawa(Tohoku Univ.), H. Hiroshima(AIST): Effects of Fluorosurfactants on Antisticking Layer Resistance in Repeated UV Nanoimprint, 57th

- International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Nashville), 2013
- I -12 M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Comparison Molecular Orientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer induced by Grapho epitaxy to that by Thermal Nanoimprinting, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba), 2013
- I -13 M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Molecular Orientation of 3D-photoinduced Liquid Crystalline Polymer Structure fabricated by Thermal Nanoimprinting, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba), 2013
- I -14 T. Oyama, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, H. Miyake(Daicel Co.), T. Mizuta(Daicel Co.) and S. Matsui: Surface Evaluation of Cationic UV-curable Resin with Fluorine Additive by XPS, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba), 2013
- I -15 H. Wakaba, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama and S. Matsui: Release Property Evaluation of Fluorinated Antisticking Layer by a Mixture of Release Agents, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba), 2013
- I -16 菅野矩弘・岡田真・春山雄一・松井真二: ポリジメチルシロキサンを添加したハイドロゲンシルセスキオキサンを用いたレプリカモールド作製, 2013年秋季 第74回応用物理学会学術講演会(京田辺)、2013
- I -17 大山貴弘・岡田真・伊吉就三・春山雄一・三宅弘人(ダイセル)・水田智也(ダイセル)・松井真二: 極薄膜レジストにおけるフッ素系添加剤の偏析状態評価, 2013年秋季 第74回応用物理学会学術講演会(京田辺)、2013
- I -18 伊吉就三・岡田真・春山雄一・松井真二・中川勝(東北大)・廣島洋(産総研): UV ナノインプリントの繰返し離型における添加剤の耐久性評価II, 2013年秋季 第74回応用物理学会学術講演会(京田辺)、2013
- I -19 若葉瞳・岡田真・伊吉就三・春山雄一・松井真二: UV ナノインプリントによるブロックコポリマー相分離用ケミカルパターンの作製, 2013年秋季 第74回応用物理学会学術講演会(京田辺)、2013
- I -20 M. Okada, R. Hosoda(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), and S. Matsui: Enhanced molecular orientation of photoreactive liquid crystalline polymer induced by thermal nanoimprinting compared to graphoepitaxy, 39th International Conference on Micro and Nano Engineering (London), 2013
- I -21 M. Okada, R. Hosoda(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), and S. Matsui: Molecular Orientation of Photoreactive Liquid Crystalline Polymer Induced by Nanoimprint-graphoepitaxy, 12th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (Barcelona), 2013
- I -22 S. Iyoshi, M. Okada, K. Kobayashi(Tohoku Univ.), S. Kaneko(Tohoku Univ.), T. Katase(Meisyo Kiko), K. Tone(Meisyo Kiko), Y. Haruyama, M. Nakagawa(Tohoku Univ.), H.

- Hiroshima(AIST) and S. Matsui: Study of the Resistance of Antisticking Layer on Repeated UV Nanoimprint, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- I -23 N. Sugano, M. Okada, Y. Haruyama and S. Matsui: HSQ Replica Mold with Release Property fabricated by Room Temperature Nanoimprinting, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- I -24 T. Oyama, M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, H. Miyake(Daicel Co.), T. Mizuta(Daicel Co.) and S. Matsui: XPS Analyses of Ultrathin UV Nanoimprint Resin added with Fluorine Additive, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- I -25 M. Okada, Y. Haruyama and S. Matsui: Evaluation of Abrasion Resistance for Antisticking Layer by Scanning Probe Microscopy, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- I -26 M. Okada, R. Hosoda(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, T. Sasaki(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Material Dependency of Molecular Orientation in Liquid Crystalline Polymer induced by Nanoimprint-graphoepitaxy, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- I -27 岡田真・細田理沙 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・佐々木友之 (長岡技科大)・春山雄一・小野浩司 (長岡技科大)・川月喜弘 (工学部)・松井真二:ナノインプリントグラフィオエピタキシーによって誘起された光反応性高分子液晶の分子配向評価, 2014年春季 第61回応用物理学関係連合講演会 (相模原)、2014
- I -28 菅野矩弘・岡田真・春山雄一・松井真二:室温ナノインプリント後の PDMS 添加剤含有 HSQ の離型性評価, 2014年春季 第61回応用物理学関係連合講演会 (相模原)、2014
- I -29 伊吉就三・岡田真・春山雄一・中川勝 (東北大)・廣島洋 (産総研)・松井真二:連続UVナノインプリントにおける離型層劣化要因の検討, 2014年春季 第61回応用物理学関係連合講演会 (相模原)、2014
- II -1 T. Watanabe, K. Emura, D. Shiono(Tokyo Ohka Kogyo), Y. Haruyama, Y. Muramatsu(Univ. of Hyogo), K. Ohmori(Tokyo Ohka Kogyo), K. Sato(Tokyo Ohka Kogyo), T. Harada and H. Kinoshita: EUV Resist Chemical Reaction Analysis using SR, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, pp.635-641, 2013, (DOI: 10.2494/photopolymer.26.635)
- II -2 Nobuhiro Kawatsuki, Yonosuke Inada, Mizuho Kondo, Yuichi Haruyama, and Shinji Matsui: Molecular Orientation at the Near-Surface of Photoaligned Films Determined by NEXAFS, *Macromolecules* **47**, pp 2080–2087, 2014, (DOI: 10.1021/ma5000738)
- II -3 川月喜弘 (工学部)・稲田陽之助 (工学部)・後藤耕平 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・春山雄一・松井真二:分子配向性光配向膜の NEXAFS による表面配向評価, 第62回高分子学会年次大会 (京都)、2013
- II -4 T. Watanabe, K. Emura, D. Shiono(Tokyo Ohka Kogyo), Y. Haruyama, Y. Muramatsu(Univ. of Hyogo), K. Ohmori(Tokyo Ohka Kogyo), K. Sato(Tokyo Ohka Kogyo), T. Harada and H. Kinoshita: EUV Resist Chemical Reaction Analysis using SR, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba), 2013

- II-5 N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), Y. Inada(Univ. of Hyogo), K. Goto(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, and S. Matsui: NEXAFS Study on Photoalignment of Liquid Crystalline Polymeric Films, 17th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (Shanghai), 2013
- II-6 Y. Haruyama, M. Okada, E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo), and S. Matsui: NEXAFS studies of photoreactive liquid crystalline polymer, 8th International conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (Hefei), 2013
- II-7 稲田陽之助 (工学部)・春山雄一・後藤耕平 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・松井真二・川月喜弘 (工学部) : 分子配向性光配向膜表面の NEXAFS による配向挙動評価, 2013 年日本液晶学会討論会 (豊中) 、2013
- II-8 稲田陽之助 (工学部)・春山雄一・後藤耕平 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・松井真二・川月喜弘 (工学部) : NEXAFS を用いた分子配向性光配向膜最表面での配向挙動評価, 第 62 回高分子討論会 (金沢) 、2013
- II-9 江村和也・渡邊健夫・塩野大寿 (東京応化工業)・春山雄一・村松康司 (工学部)・大森克実 (東京応化工業)・佐藤和史 (東京応化工業)・原田哲男・木下博夫: SR 吸収分光法による EUV 用化学増幅系レジストの反応解析, 2013 年秋季 第 74 回応用物理学会学術講演会 (京田辺) 、2013
- II-10 春山雄一・岡田真・稲田陽之助 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・川月喜弘 (工学部)・松井真二: 光配向性高分子液晶の軟 X 線吸収分光による表面配向性の評価, 日本物理学会 2013 年秋季大会 (徳島) 、2013
- II-11 K. Emura, T. Watanabe, M. Yamaguchi, H. Tanino, T. Fukui, D. Shiono, Y. Haruyama, Y. Muramatsu, K. Ohmori, K. Sato, T. Harada and H. Kinoshita: Chemical Reaction Analysis of PHS CA Resist System for EUVL using Soft X-ray Absorption Spectroscopy, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Sapporo), 2013
- II-12 江村和也・渡邊健夫・山口太都・谷野寛仁・福井翼・塩野大寿 (東京応化工業)・春山雄一・村松康司・大森克実 (東京応化工業)・佐藤和史 (東京応化工業)・原田哲男・木下博夫: 脱保護反応に起因した膜減り量評価による化学増幅系 EUV 用レジストの反応解析, 2014 年春季第 61 回応用物理学関係連合講演会 (相模原) 、2013
- II-13 春山雄一・岡田真・稲田陽之助 (工学部)・近藤瑞穂 (工学部)・川月喜弘 (工学部)・松井真二: 斜め光照射した光反応性高分子液晶膜の表面配向性, 日本物理学会 (平塚) 、2013

大学院物質理学研究科

博士後期過程

姜 有志 : 水素シルセスキオキサンを転写材料として用いた室温ナノインプリントとその応用に関する研究

科学研究費補助金等

1 独立行政法人科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業 (平成 20~25 年度)

研究課題 超高速ナノインプリントリソグラフィー 量産離型 -

研究代表者 松井真二

研究分担者 春山雄一

研究分担者 岡田真

- 2 文部科学省・科学研究費補助金（基盤研究(c)）（平成 25～27 年度）

研究課題 励起光エネルギーに依存した PTFE に対する放射光照射効果

研究代表者 春山雄一

- 3 独立行政法人科学技術振興機構・A-STEP 探索タイプ（平成 24～25 年度）

研究代表者 松井真二

研究分担者 姜有志

- 4 独立行政法人日本学術振興会・科学研究費補助金（特別研究員奨励費）（平成 23～平成 25 年度）

研究課題 室温ナノインプリントの転写メカニズム解明とその応用に関する研究

研究代表者 姜有志