

## 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ている。ナノインプリントリソグラフィーおよび電子ビームリソグラフィーにより作製したナノ構造物の物性評価や新規現象探索を行っている。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, M. Iwasa(SII NanoTechnology Inc.), H. Hiroshima(AIST), Y. Haruyama, K. Kanda, and S. Matsui: Adhesion and frictional force measurements employing scanning probe microscopy in a pentafluoropropane gas atmosphere, *J. Vac. Sci. Technol. B* 30, 011601-3, 2012, (DOI: 10.1116/1.3665989)
- I -2 S. Iyoshi, M. Okada, T. Katase(Meisyo Kiko), K. Tone(Meisyo Kiko), K. Kobayashi(Tohoku

- Univ.), S. Kaneko(Tohoku Univ.), Y. Haruyama, M. Nakagawa(Tohoku Univ.), H. Hiroshima(AIST), and S. Matsui: Step and Repeat Ultraviolet Nanoimprinting under Pentafluoropropane Gas Ambient, *Jpn. J. Appl. Phys.* 51, 06FJ08-6, 2012, (DOI: 10.1143/JJAP.51.06FJ08)
- I -3 Y. Kang, Y. Nakai, M. Okada, Y. Haruyama and S. Matsui: Characteristics of mechanical vibration in imprinted nanostructures, 56th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Hawaii), 2012
- I -4 M. Okada, M. Kurita(Univ. of Hyogo), E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, A. Emoto(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Pattern-size Effect of Reorientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer by Thermal Nanoimprinting, 56th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Hawaii), 2012
- I -5 M. Okada, M. Kurita(Univ. of Hyogo), E. Nishioka(Univ. of Hyogo), M. Kondo(Univ. of Hyogo), Y. Haruyama, A. Emoto(Nagaoka Univ. of Tech.), H. Ono(Nagaoka Univ. of Tech.), N. Kawatsuki(Univ. of Hyogo) and S. Matsui: Reorientation Evaluation of Bidirectional Line Pattern on Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Fabricated by Thermal Nanoimprinting, 56th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Hawaii), 2012
- I -6 S. Iyoshi, M. Okada, Y. Haruyama, S. Matsui, K. Kobayashi(Tohoku Univ.), S. Kaneko(Tohoku Univ.), M. Nakagawa(Tohoku Univ.), H. Hiroshima(AIST): Study of demolding Characteristics in continuous UV nanoimprinting, 56th International Conference on electron, ion, photon beam technology and fabrication (Hawaii), 2012
- I -7 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: Reorientation Pattern Of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Imprinted By Thermal Nanoimprinting Using A Dot Pattern Mold, 38th International Micro & Nano Engineering Conference (Toulouse), 2012
- I -8 Y. Kang, M. Okada, Y. Haruyama and S. Matsui: Residual Layer Removal By Reactive Ion Etching, 38th International Micro & Nano Engineering Conference (Toulouse), 2012
- I -9 M. Okada, Y. Haruyama, and S. Matsui: Frictional Force Measurement By Scanning Probe Microscopy Using Cantilever With And Without Antisticking Layer, 38th International Micro & Nano Engineering Conference (Toulouse), 2012
- I -10 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: Reorientation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Induced by Thermal Nanoimprinting with Linearly Polarized UV Irradiation, 11th International Conference on Nanoimprint & Nanoprint Technology (Napa), 2012
- I -11 M. Okada, Y. Haruyama, and S. Matsui: Evaluation of interaction between antisticking layer and UV nanoimprint resin by scanning probe microscopy, 11th International Conference on Nanoimprint & Nanoprint Technology (Napa), 2012
- I -12 Y. Kang, R. Takahashi, T. Fukuoka, Y. Utsumi, M. Okada, Y. Haruyama, and S. Matsui: Self-assembly of gold particles using imprinted HSQ pattern for SERS measurement, 11th

- International Conference on Nanoimprint & Nanoprint Technology (Napa), 2012
- I -13 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, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- I -14 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: Optical Evaluation of Photoinduced Liquid Crystalline Polymer Pattern fabricated by Thermal Nanoimprinting with Linearly Polarized UV Irradiation, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- I -15 Y. Sawada, H. Miyake(Daicel Co.), T. Ohsaki(Toyo Gosei), M. Okada, S. Iyoshi, Y. Haruyama, H. Hiroshima(AIST) and S. Matsui: Thickness Dependency of Polymerization Efficiency on UV-nanoimprint Resins, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- I -16 Y. Kang, R. Takahashi, T. Fukuoka, Y. Utsumi, M. Okada, Y. Haruyama and S. Matsui: Gold Nanoparticles Self-assembly assisted with Imprinted HSQ Pattern for SERS Measurement, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- I -17 M. Chinen, Y. Kang, M. Okada, Y. Haruyama, H. Hiroshima(AIST) and S. Matsui: Evaluation of Interaction Force between UV Resin and F-SAMs by Dynamic Contact Angle Measurement in PFP Gas Ambient, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- I -18 若葉 瞳・岡田 真・伊吉就三・春山雄一・松井真二：異なる分子鎖長の離型剤を混合して成膜した離型膜の離型特性の評価、2012年秋季 第73回応用物理学会学術講演会（松山）、2012
- I -19 知念美佳・姜 有志・岡田 真・春山雄一・廣島 洋（産総研）・松井真二：動的滑落法を用いたUVナノインプリントレジストとF-SAMの相互作用評価、2012年秋季 第73回応用物理学会学術講演会（松山）、2012
- I -20 大山貴弘・岡田 真・伊吉就三・春山雄一・湯川隆生（ダイセル）・三宅弘人（ダイセル）・松井真二：フッ素系添加剤含有UVナノインプリントレジスト離型特性の添加剤濃度依存性、2012年秋季 第73回応用物理学会学術講演会（松山）、2012
- I -21 澤田陽平・三宅弘人（ダイセル）・大幸武司（東洋合成）・岡田 真・伊吉就三・春山雄一・廣島 洋（産総研）・松井真二：UVナノインプリント薄膜における重合効率の膜厚依存性評価、2012年秋季 第73回応用物理学会学術講演会（松山）、2012
- I -22 岡田 真・西岡江美（工学部）・近藤瑞穂（工学部）・江本顕雄・佐々木友之・春山雄一・小野浩司・川月喜弘（工学部）・松井真二：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（松山）、2012
- I -23 姜 有志・高橋 亮・福岡隆夫・内海裕一・岡田 真・春山雄一・松井真二：HSQ転写パターンを用いたPSL粒子の自己整列、2012年秋季 第73回応用物理学会学術講演会（松山）、2012
- I -24 岡田 真・豆田卓也・春山雄一・本間健二・岡本康昭・杉村高志・松井真二：ナノインプリントリソグラフィによる触媒テンプレート作製 ～極微量触媒による新機能発現に向けて～、

- 兵庫県立大学 Cat-on-cat 新規表面反応研究センターシンポジウム（上郡）、2012
- I-25 岡田 真・西岡江美（工学部）・近藤瑞穂（工学部）・佐々木友之・春山雄一・小野浩司・川月喜弘（工学部）・松井真二：遮蔽モールドを用いた光反応性高分子液晶へのハイブリッドナノインプリント、2013年春季 第60回応用物理学関係連合講演会（厚木）、2013
- I-26 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自己組織化フッ素系単分子膜の選択パターンニング、2013年春季 第60回応用物理学関係連合講演会（厚木）、2013
- I-27 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、2013年春季 第60回応用物理学関係連合講演会（厚木）、2013
- I-28 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：X線光電子分光法によるフッ素系添加剤含有UVナノインプリントレジストの深さ方向分析、2013年春季 第60回応用物理学関係連合講演会（厚木）、2013
- II-1 K Kanda, T Hasegawa(SALLC), M Uemura(SALLC), M Niibe, Y Haruyama, M. Motoyama, K Amemiya, S Fukushima, and T Ohta: Construction of a Wide-range High-resolution Beamline BL05 in NewSUBARU for Soft X-ray Spectroscopic Analysis on Industrial Materials, *Journal of Physics: Conference Series* 425, 132005-4, 2013, (DOI: 10.1088/1742-6596/425/13/132005)
- II-2 K. Kanda, T. Hasegawa(SALLC), M. Uemura(SALLC), M. Niibe, Y. Haruyama, K. Amemiya(KEK), S. Fukushima(NIMS), T. Ohta(Ritsumeikan Univ.): Construction of a Wide-range High-resolution Beamline BL05 in NewSUBARU for Soft X-ray Spectroscopic Analysis on Industrial Materials, 11th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (Lyon), France, 2012
- II-3 Y. Haruyama, M. Okada, T. Ishida(AIST), S. Matsui: Evaluation of the fluorinated self-assemble monolayer by using photoemission and absorption spectroscopy, Asian Conference on Nanoscience & Nanotechnology (Lijiang), China, 2012
- II-4 Y. Haruyama, M. Okada, and S. Matsui: The electronic structure of the fluorinated self-assemble monolayer by photoemission and absorption spectroscopy, 12th International Conference on Electron Spectroscopy and Structure (Saint-Malo), France, 2012
- II-5 T. Watanabe, D. Shiono(Tokyo Ohka Kogyo), Y. Haruyama, K. Emura, T. Urayama, K. Ohmori(Tokyo Ohka Kogyo), K. Sato(Tokyo Ohka Kogyo), T. Harada and H. Kinoshita: The Analytical Mitigation of EUV Resist for the High Sensitivity and the Low LWR using SR Absorption Spectroscopy, 25th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Kobe), 2012
- II-6 福岡琢人（工学部）・部家 彰（工学部）・松尾直人（工学部）・春山雄一・神田一浩・野口 隆（工学部）：B ドーパントの異常拡散の抑制への軟 X 線照射による効果、2012年秋季 第73回応用物理学学会学術講演会（松山）、2012
- II-7 春山雄一・岡田 真・西岡江美（工学部）・近藤瑞穂（工学部）・川月喜弘（工学部）・松井真二：NEXAFS 測定による光反応性高分子液晶の配向性評価、第26回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（名古屋）、2013
- II-8 春山雄一・岡田 真・西岡江美（工学部）・近藤瑞穂（工学部）・川月喜弘（工学部）・松井真

- 二：光反応性高分子液晶の軟X線吸収分光による研究、第68回物理学会年会(東広島)、2013
- II-9 渡邊健夫・江村和也・塩野大寿(東京応化工業)・春山雄一・大森克美(東京応化工業)・佐藤和史(東京応化工業)・原田哲男・木下博雄：EUVレジストの高感度化について、2013年春季第60回応用物理学関係連合講演会(厚木)、2013

## 大学院物質理学研究科

博士前期過程

知念美佳：接触角測定による光硬化樹脂と離型膜のPFPガス雰囲気における特性評価に関する研究

澤田陽平：光ナノインプリントの硬化特性に関する研究

## 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(新学術領域)(平成20～24年度)  
研究課題 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  
研究代表者 松井真二  
研究分担者 春山雄一  
研究分担者 岡田 真
- 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