

I ナノ構造形成技術

Nanostructure Fabrication

松井真二・神田一浩・春山雄一
Matsui, S., Kanda, K., Haruyama, Y.

ナノスケールの構造体から発現する新機能物性探索を目的として、電子・イオンビームを利用して、原子・分子レベルでの材料加工研究を行っている。ナノメートルスケールのビーム径をもつ集束イオンビームを原料ガス中で、コンピュータ制御により立体走査することにより、10nm レベルの任意の立体構造体形成が可能である。また、簡単なプレス技術で、10nm サイズの転写が可能なインプリント技術研究も行っている。

II 軟 X 線を用いた材料表面改質と表面分析

Surface modification and surface analysis on material using synchrotron radiation

神田一浩・春山雄一・松井真二
Kanda, K., Haruyama, Y., Matsui, S.

軟 X 線領域の放射光を用いると材料表面近くの原子の内殻電子励起を起こすことができる。これを利用した軟 X 線吸収分光や軟 X 線光電子分光は、内殻電子の占有状態や価電子の空状態の情報を直接得ることができ、材料表面の化学状態の情報を得るために適した手法である。また、内殻電子励起は表面において大きな反応断面積を持った表面改質を起こす過程であり、局所表面物性制御による機能性表面創製を行うことができる。

III 炭素系薄膜の構造・物性評価

Local structure analysis on the carbon-material thin film

神田一浩・春山雄一・松井真二
Kanda, K., Haruyama, Y., Matsui, S.

炭素系薄膜は高硬度、低摩擦性など様々な特性を持ち、低炭素社会実現のためのキー素材と目されている。近年は微量元素をドーピングすることで DLC 膜の機能性を付与する開発が盛んであるが、このような DLC 膜・機能性 DLC 膜の構造と物性の関係は明らかになっていない。軟 X 線放射光を用いた吸収端近傍微細構造と様々な評価方法の組み合わせにより、機能性 DLC 膜の構造や物性発現、温度依存性などを調べている。

IV ニュースバル・ビームライン7B 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(40 - 280 eV)を利用し、様々な物質の物性研究を行っている。分析手法は、主に光電子分光法や吸収分光である。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、炭素材料の物性評価研究、シリコン表面や酸化物表面と金原子との相互作用、ゲルマニウム表面における酸化状態の研究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, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, R. Kometani, T. Kaito (SII ナノテクノロジー), S. Matsui: Examination of Focused-Ion-Beam Repair Resolution for UV-Nanoimprint Templates, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 5160-5163 (2008).
- I-2 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, N. Yamada, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Temperature Dependence of Release Effect for Antisticking Layer in Nanoimprint Characterized by Scanning Probe Microscopy, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 7467-7469 (2008)
- I-3 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, N. Yamada, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Evaluation of fluorinated diamond like carbon as antisticking layer by scanning probe microscopy, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **21**, 597-599 (2008)
- I-4 K. Nakamatsu, M. Okada, C. Minari, Y. Takeuchi (東京応化工業), N. Taneichi (東京応化工業), S. Ohtaka (東京応化工業), S. Matsui: Effect of UV Irradiation on Microlens Arrays Fabricated by Room Temperature Nanoimprinting Using Organic Spin-on-Glass, *Appl. Phys. Express*, **1**, 067002 (2008)
- I-5 K. Nakamatsu, M. Okada, S. Matsui: Fabrication of High-Aspect Si Structures by Deep Reactive Ion Etching Using Hydrogen Silsesquioxane Masks Replicated by Room Temperature Nanoimprinting, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 8619 (2008)

- I-6 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Evaluation of Release Effect of Antisticking Layer for Nanoimprint Resin by Scanning Probe Microscopy, 1st Asian Symposium on NanoImprint Lithography (Seoul) 2008
- I-7 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), N. Yamada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Evaluation of Fluorinated Diamond Like Carbon as Antisticking Layer by Scanning Probe Microscopy, The Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba) 2008
- I-8 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Room-Temperature Nanoimprint using Sol-Gel ITO film, The 26th International Conference of Photopolymer Science and Technology Materials & Processes for Advanced Microlithography and Nanotechnology (Chiba) 2008
- I-9 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Room-Temperature Nanoimprint using Liquid-Phase Hydrogen Silsesquioxane with PDMS mold, The 26th International Conference of Photopolymer Science and Technology Materials & Processes for Advanced Microlithography and Nanotechnology (Chiba) 2008
- I-10 M. Okada, M. Iwasa, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Evaluation of Heat Durability for Antisticking Layer in Nanoimprint by Scanning Probe Microscopy, 34th Micro and Nano Engineering (Athens) 2008
- I-11 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanoimprinting using Release Agent Coated Polymethylmethacrylate, 34th Micro and Nano Engineering (Athens) 2008
- I-12 M. Okada, T. Kishiro (ホロン), K. Yanagihara (ホロン), M. Ataka (ホロン), N. Anazawa (ホロン), S. Matsui: Large Area Mold Fabrication by Electron-Beam Stepper, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology, (Kyoto) 2008
- I-13 M. Okada, K. Nakamatsu, Y. Kang, K.Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Antisticking Layer Formed by CHF₃ Plasma irradiation for Nanoimprint Molds, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology, (Kyoto) 2008
- I-14 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, Y. Kang, K.Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Room Temperature Nanoimprinting on a Release Agent Coated Hydrogen Silsesquioxane, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology, (Kyoto) 2008
- I-15 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, Y. Kang, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanoscale Release Effect Measurement of Antisticking Layer for Nanoimprint Resin by Scanning Probe Microscope, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology, (Kyoto) 2008
- I-16 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanofabrication of ITO film by Room-Temperature Nanoimprint, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology, (Kyoto) 2008
- I-17 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanoscale Release Effect of Antisticking Layer for Nanoimprint Resin

- Characterized by Scanning Probe Microscopy, American Vacuum Society 55th International Symposium (Boston) 2008
- I-18 M. Okada, T. Kishiro (ホロン), K. Yanagihara (ホロン), M. Ataka (ホロン), N. Anazawa (ホロン), S. Matsui: Nanoimprint using Large Area Mold Fabricated by Electron-Beam Stepper, 21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Fukuoka) 2008
- I-19 M. Okada, K. Nakamatsu, Y. Kang, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Characteristics of Antisticking Layer Formed by CHF₃ Plasma irradiation for Nanoimprint Molds, 21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Fukuoka) 2008
- I-20 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, Y. Kang, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Room Temperature Nanoimprint using Release Agent Coated Hydrogen Silsesquioxane Resin, 21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Fukuoka) 2008
- I-21 M. Okada, M. Iwasa (SII ナノテクノロジー), K. Nakamatsu, Y. Kang, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Examination of Nanoscale Release Effect between Antisticking Layer and Nanoimprint Resin by Scanning Probe Microscope, 21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Fukuoka) 2008
- I-22 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Oxygen Plasma Irradiation Effect onto ITO patterned by Room-Temperature Nanoimprint, 21st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (Fukuoka) 2008
- I-23 M. Okada, K. Nakamatsu, Y. Kang, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanoimprinting using CHF₃ Reactive Ion Etching Plasma Irradiated Mold, The IUMRS International Conference in Asia 2008 (Nagoya) 2008
- I-24 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Nanoimprint Mold Fabrication using Fluorinated Diamond-like Carbon, The IUMRS International Conference in Asia 2008 (Nagoya) 2008
- I-25 Y. Kang, M. Okada, K. Nakamatsu, K. Kanda, Y. Haruyama, S. Matsui: Effect of UV Irradiation on Sol-Gel ITO Nanopatterns Replicated by Room-Temperature Nanoimprint, The 53rd International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication (Florida) 2008
- I-26 岡田 真・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: 集束イオンビームを用いたナノインプリントモールド修正その場観察、応用物理学会学術講演会 2008 春、(千葉) 2008
- I-27 岡田 真・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: DLC への CHF₃ を用いた RIE プラズマ照射効果、応用物理学会学術講演会 2008 春、(千葉) 2008
- I-28 岡田 真・岩佐真行 (SII ナノテクノロジー)・山田倫子・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: 走査型プローブ顕微鏡を用いたナノインプリントモールド離型剤の評価、応用物理学会学術講演会 2008 春、(千葉) 2008
- I-29 岡田 真・木代高史 (ホロン)・柳原香織 (ホロン)・安宅正志 (ホロン)・穴澤紀道 (ホロン)・松井真二: 高速電子ビームスタンプにより作製した大面積ナノインプリントモールドとその転写パターン評価、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- I-30 岡田 真・岩佐真行 (SII ナノテクノロジー)・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: 走査型

- プローブ顕微鏡を用いた離型剤の耐熱性評価、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- I-31 岡田 真・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: 離型剤を塗布したHSQ基板への室温ナノインプリント転写、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- I-32 岡田 真・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: CHF₃プラズマ照射レジスト基板への熱ナノインプリント、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- I-33 姜 有志・岡田 真・中松健一郎・神田一浩・春山雄一・松井真二: フッ素含有ダイヤモンドライクカーボンによるナノインプリントモールドの作製と評価、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- II-1 Y. Ukita, M. Kishihara, K. Kanda, S. Matsui, K. Mochiji, Y. Utsumi: Fabrication of Poly(tetrafluoroethylene) Microparts by High-Energy X-ray Induced Etching, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 337-341 (2008)
- II-2 N. Yamada, K. Kanda, A. Saikubo, M. Niibe, Y. Haruyama, S. Matsui: Fabrication of fluorocarbon terminated DLC thin film using soft X-ray, *Diamond and Related Materials*, **17**, 655-658 (2008)
- II-3 Y. Ukita, K. Kanda, S. Matsui, M. Kishihara, Y. Utsumi: Polytetrafluoroethylene processing characteristics using high-energy X-ray, *Microsystem Technologies*, **14**, 1567-1572 (2008)
- II-4 神田一浩: パーフルオロヘキサン雰囲気中での放射光プロセスによるDLC膜の表面改質、*NEW DIAMOND*, **89**, 30-31 (2008)
- II-5 神田一浩・雨宮健太(高エネ研)・福島 整(物材機構)・太田俊明(立命館)・鶴井孝文(ニューズバル材料分析ビジネス協議会)・元山宗之・松井真二: ニューズバルにおける産業専用分析ビームラインの建設、第21回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム、(草津) 2008
- II-6 神田一浩・雨宮健太(高エネ研)・福島 整(物材機構)・太田俊明(立命館)・鶴井孝文(ニューズバル材料分析ビジネス協議会)・清水政義(ニューズバル材料分析ビジネス協議会)・元山宗之・松井真二: ニューズバル産業専用分析ビームラインBL-5の供用開始について、第11回XAFS討論会、(姫路) 2008
- II-7 神田一浩・雨宮健太(高エネ研)・福島整(物材機構)・太田俊明(立命館)・鶴井孝文(ニューズバル材料分析ビジネス協議会)・清水政義(ニューズバル材料分析ビジネス協議会)・元山宗之・松井真二: ニューズバル産業専用分析ビームラインの供用開始について、応用物理学会学術講演会 2008 秋、(愛知) 2008
- III-1 A. Saikubo, J. Igaki, R. Kometani, K. Kanda, S. Matsui: XAFS measurement of gallium in DLC thin film fabricated by FIB-CVD method, *Diamond and Related Materials*, **17**, 659-663 (2008)
- III-2 H. Ito(長岡技科大), K. Kanda, H. Saitoh(長岡技科大): Deposition of mechanically hard amorphous carbon nitride films with high [N]/([N]+[C]) ratio", *Diamond and Related Materials*, **17**, 688-691 (2008)
- III-3 H. Ito(長岡技科大), T. Nozaki(長岡技科大), A. Saikubo, N. Yamada, K. Kanda, M. Niibe, H. Saitoh(長岡技科大): Hydrogen-storage characteristics of hydrogenated amorphous carbon nitrides, *Thin Solid Films*, **516**, 6575-6579 (2008)
- III-4 K. Kanda, J. Igaki, R. Kometani, S. Matsui, H. Ito(長岡技科大): Characterization of high nitrogen content-amorphous carbon nitride films using NEXAFS spectroscopy,

- Diamond & Related Materials*, **17**, 1755-1758 (2008)
- III-5 R. Kometani(東大), S. Ishihara(東大), K. Kanda, Y. Haruyama, T. Kaito(SII ナノテクノロジー), S. Matsui: Education Position Control of Incorporated Gallium in Diamond-Like Carbon Deposited by Focused-Ion-Beam Chemical Vapor Deposition, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 5032-5035 (2008)
- III-6 K. Kanda, J. Igaki, A. Saikubo, R. Kometani, T. Suzuki(長岡技科大), K. Niihara(長岡技科大), H. Saitoh(長岡技科大), S. Matsui: Effects of Annealing on Material Characteristics of Diamond-Like Carbon Film Formed by Focused-Ion-Beam Chemical Vapor Deposition, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 7464-7466 (2008)
- III-7 T. Nagata(物材機構), Y. Samuka(物材機構), M. Haemori(物材機構), K. Nakajima(物材機構), R. Kometani, K. Kanda, S. Matsui, T. Chikyow(物材機構): Effect of Annealing on Implanted Ga of Diamond-Like Carbon Thin Films Fabricated by Focused-Ion-Beam Chemical Vapor Deposition, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 9010-9012 (2008)
- III-8 A. Saikubo, N. Yamada, K. Kanda, S. Matsui, T. Suzuki(長岡技科大), K. Niihara(長岡技科大), H. Saitoh(長岡技科大): Comprehensive classification of DLC films formed by various methods using NEXAFS measurement, *Diamond & Related Materials*, **17**, 1743-1745 (2008)
- III-9 K. Kanda, J. Igaki, N. Yamada, R. Kometani, S. Matsui: Graphitization of thin films formed by focused-ion-beam chemical-vapor-deposition, 2nd International Conference on New Diamond and Nano Carbons (Taipei) 2008
- III-10 K. Kanda, Makoto Okada, Shinji Matsui: Variation on Local Structure of DLC Thin Films Formed with FIB-CVD Method by Annealing, The IUMRS International Conference in Asia 2008 (Nagoya) 2008
- III-11 長田貴弘(物材機構)・佐久間芳樹(物材機構)・南風盛将光(物材機構)・中島清美(物材機構)・米谷玲皇・神田一浩・松井真二・知京豊裕(物材機構): FIB-CVD 法により堆積した DLC 薄膜の熱処理による構造変化、応用物理学学会学術講演会 2008 春、(千葉) 2008
- III-12 神田一浩・新部正人・田川雅人(神戸大)・横田久美子(神戸大)・松井真二: 水素化 DLC 膜の軟 X 線照射による改質効果、第 22 回ダイヤモンドシンポジウム、(東京) 2008
- III-13 神田一浩:DLC の内部構造の基礎、ニューダイヤモンドフォーラム平成 20 年度第 1 回セミナー、(東京) 2008
- III-14 神田一浩: DLC 膜を構造から斬る!、第 48 回 CVD 研究会、(京都) 2008
- IV-1 Y. Haruyama, T. Kitagawa(野村鍍金), K. Kanda, S. Matsui, T. Gejo, N. Toyoda, I. Yamada: X-Ray Photoelectron Spectroscopy Study of Diamond-Like Carbon Thin Films Formed by Ar Gas Cluster Ion Beam-Assisted Fullerene Deposition, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 3380- 3383 (2008).
- IV-2 K. Nishihara(住友金属), M. Matsumoto(住友金属), M. Kimoto(住友金属), T. Kudo(住友金属), H. Uchida, Y. Haruyama, K. Kanda, S. Matsui: Application of Synchrotron Radiation Photoemission Spectroscopy to Structure Analysis of Thin Corrosion Product Films on Hot-Dip Zn-Al Coatings, *ECS Trans.* **11**, 39-44 (2008).

- IV-3 Y. Haruyama, Y. Aiura (産総研), H. Bando (産総研), S. Matsui: Photoemission study of the Au-SrTiO₃(100) surface, *IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems*, 129, 225-228 (2009).
- IV-4 T. Okuda(東大), T. Eguchi(東大), K. Akiyama(東大), A. Harasawa(東大), T. Kinoshita (JASRI), Y. Hasegawa(東大), M. Kawamori, Y. Haruyama, S. Matsui: Nano-Scale Chemical Imaging by Synchrotron Radiation Assisted Scanning Tunneling Microscopy, *Phys. Rev. Lett.* 102, 105503-4 (2009).
- IV-5 Y. Haruyama, T. Kitagawa(野村鍍金), K. Kanda, S. Matsui, N. Toyoda, I. Yamada: Photoemission Study of Diamond-Like Carbon Thin Films Formed by Ar Gas Cluster Ion Beam-Assisted Fullerene Deposition, The 21st international conference on x-ray and inner-shell processes (X08), (Paris), 2008.
- IV-6 春山雄一・田川雅人(神戸大)・横田久美子(神戸大)・松井真二:水素含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜の電子状態、日本物理学会 2008 年秋季大会、(岩手大), 2008.
- IV-7 Y. Haruyama, T. Kitagawa(野村鍍金), S. Matsui, N. Toyoda, I. Yamada: Photoemission Study of Valence Band Region in Diamond-Like Carbon Thin Films, The 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-4), (Matsue), 2008.
- IV-8 春山雄一・田川雅人(神戸大)・横田久美子(神戸大)・松井真二:水素含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜の光電子分光、第 22 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、(東大), 2009.
- IV-9 春山雄一・姜 有志・松井真二:フッ素含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜の電子状態、第 64 回物理学会年会、(立教大)、2009.

大学院物質理学研究科

博士後期過程

中松健一郎:集束イオンビーム励起化学表面反応を用いたナノワイヤーの作製とその評価

博士前期課程

岡田 真 :フッ素含有自己組織化膜のナノインプリント離型特性に関する研究

科学研究費補助金等

- 1 NEDO 委託業務 水素貯蔵材料先端基盤研究事業 (平成 19~21 年度)
 - 研究課題 水素と材料の相互作用の実験的解明
 - 研究代表者 神田一浩
 - 研究分担者 松井真二・春山雄一
- 2 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 ―量産離型―
 - 研究代表者 松井真二

- 3 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 18～20 年度）
研究課題 集束イオンビームによる 3 次元ナノ構造体の機能性探索とデバイス応用研究
研究代表者 中松健一郎
- 4 文部科学省 科学研究費補助金（新学術領域）（平成 20～25 年度）
研究課題 ナノインプリントによる機能性分子の名の空間自己組織化制御
研究代表者 松井真二
研究分担者 神田一浩・春山雄一
- 5 文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究）（平成 20～25 年度）
研究課題 集束イオンビーム 3 次元ナノ構造形成によるバイオナノツールの作製と評価
研究代表者 松井真二
研究分担者 神田一浩