

「エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製」
平成14年度採択研究代表者

鯉沼 秀臣

(東京工業大学 応用セラミックス研究所 教授)

「電界効果型ナノ構造光機能素子の集積化技術開発」

1. 研究実施の概要

レーザーMBE法を中心とする原子スケール薄膜技術を用いて、電界効果を利用した新機能発現と光応用デバイスの可能性を組織的に探索する。不純物のドーピングという欠陥の誘起を伴う方法に代わり、電界効果による電荷制御という手法を用いて、構成層、表面・界面、チャネルのナノサイズ制御をベースとする新エネルギー利用システムを構築する。以下の具体的なテーマを中心にコンビナトリアル技術を使って研究を加速的に展開する。

1. 有機半導体電界効果デバイス及び光デバイスの開発

有機薄膜成長において、ホモ成長・ヘテロ成長の違いやぬれ性は、結晶化に重要な役割を果たすことがわかってきており、この技術を応用した新規電界デバイスの開発を行っている。これまでに、p型及びn型の有機半導体トランジスターで、アモルファスシリコンの移動度を超えるような移動度をもつものの作製に成功しており、太陽電池などの光デバイスへ展開していく。

2. 酸化物・窒化物電子材料における内部電界効果および外部電界効果

六方晶系無機材料は、結晶の非対称性から、圧電効果・焦電効果などの内部電界効果が生じるものがある。これを利用したFET特性の向上や新機能探索を行う。酸化亜鉛は、利点としてエキシトンによる低いしきい値のレーザー発振、低温プロセス、空気中での安定性などをもっているが、p型化が困難であることが長らく発光素子への展開を妨げてきた。こうした中で東北大川崎研との共同研究において開発された成長温度変調法とPLD法を組み合わせることにより、再現性よくバンド端でLED発光させることに初めて成功した。今後、量産可能なプロセスへの展開を行っていく。

3. 光触媒、磁性における電界効果の研究

TiO₂、ZnOなどの光触媒作用、及びこの材料の周辺に我々が見出した透明磁性、熱電変換特性の電界効果による特性向上と新機能発現機構を検証する。

上記研究において、その基礎となるナノ構造の集積化形成装置、集積化ナノ基板など、研究を加速するコンビナトリアルシステムを開発する。

2. 研究実施内容

(1) ZnO薄膜研究にブレークスルー

c 軸方向に極性を有する ZnO 薄膜成長時に外部電界をかけることにより、結晶性が向上する効果を見出した。ZnOは、利点としてエキシトンによる低いしきい値のレーザー発振、低温プロセス、空気中での安定性などをもっているが、p型化が困難であることが長らく発光素子への展開を妨げてきた。こうした中で東北大川崎研との共同研究において開発された成長温度変調法とPLD法を組み合わせることにより、再現性よくバンド端でLED発光させることに初めて成功した。

(2) 移動度 $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える n 型 C_{60} FETの作製に成功

*In-situ*有機デバイス作製装置の開発をすることにより、図1のような構造もつトップコンタクト型の有機FETの真空中作製および評価が可能となった。これにより、移動度 $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える C_{60} 電界効果トランジスタ (FET) の作製に成功した。n型動作をする高移動度の有機FETはこれまでになく、これからの展開が期待される。

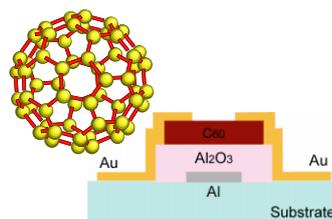


図1. C_{60} の分子構造と作製されたFETの構造

(3) 電界効果デバイスをにらんだ新規 π 共役有機半導体の合成に成功

π 共役オリゴチオフェン-ピリジン誘導体を有機金属錯体を触媒として用いて合成した(図2)。これらのオリゴチオフェンは溶液および固体状態で発光を示し、両末端にピリジン環が結合したチオフェン分子(5量体)は結晶性の高い薄膜が得られることがわかり、電界効果デバイスへの展開が期待できる。

(4) 酸化物透明トランジスタの新展開

ZnOや SrTiO_3 を始めとするワイドギャップ半導体で高性能な電界効果トランジスタの作製に成功した。二酸化チタンの原子レベル平坦化基板の作製に成功しており、このような良質の基板を用いることにより、新機能電界効果デバイスが期待される。

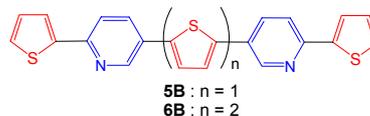
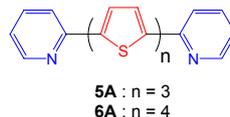


図2. 新たに合成された π 共役有機半導体の分子構造。

(5) TiO_2 表面の原子レベル構造制御法を発見し、光触媒に新たな展開

TiO_2 の表面を原子レベルで平坦化する条件を確立し、それにより光触媒反応の分子過程での解析を可能とした。さらに *In-situ* 光触媒システムを開発することによって、 SrTiO_3 の光触媒反応では、最表面分子層(SrO か TiO_2 か)により活性が著しく異なることを明らかにした。

(6) $\text{TiO}_2:\text{Co}$ 室温強磁性薄膜のナノ構造制御とキャリア依存性の解明

透明磁性体として我々が見出したコバルトドープ TiO_2 を原子レベル平坦性ルチル基板上に作製することにより、ナノ構造の制御を可能とした。この磁性の起源について論争を巻き起こしているが、異常ホール効果の測定から、強いキャリア依存性を持つ希薄磁性半導体

としての特性をもつことがわかってきた。

(7) GaN薄膜の立体選択成長法と表面極性パターンニング

GaNは結晶学的に極性を持っており、この制御は太陽電池をはじめとする新規デバイスへの展開が考えられる。サファイア単結晶基板表面の硝酸処理という簡便な方法で選択成長できることを発見した。また電子線を用いても同様な効果があることがわかってきており、窒化物半導体の微小パターンニングが実現可能である。

(8) 集積化されたナノレベル平坦なナノギャップ電極基板の開発とその技術展開

CMP技術によって電極間の段差を10nm程度まで小さくしたギャップ長15nmのナノ電極の試作に成功した。この開発基板を用いて、微細電極上でペンタセンを粒成長させると粒径2-5 μ m程度のペンタセンの巨大結晶粒が成長することがわかった。さらに図3のように8本の微細電極を持つ測定用電極上に単一結晶粒を成長させることにより、単一結晶粒の抵抗と単一の粒界抵抗の直接測定に成功した。

(9) デスクトップもの作りラボラトリーの提案、設計と試作への展開

上記の研究は、コンビナトリアル手法を用いることにより効率化できた。組成や作製条件を系統的に変化させた薄膜やデバイスを並列集積したマテリアルチップを作る各種モジュールと、それを高速に評価する各種モジュールの規格を統一し組み合わせる、デスクトップタイプのマイクロラボラトリーの設計を開発した。その概要と試作したモジュール1号機のコンビレーザーMBEを図4に示す。

最近の様々な新機能材料を用いたデバイス作製には、半導体層、電極、絶縁体層などをそれぞれに適した製膜方法が必要となる。また表面敏感な膜の構造や物性測定には、大気にさらすことなく測定する必要がある。製膜から測定をデスクトップ上で結合する新たなシステム構築の第1歩として、外径203mmのフランジをベースとした超小型

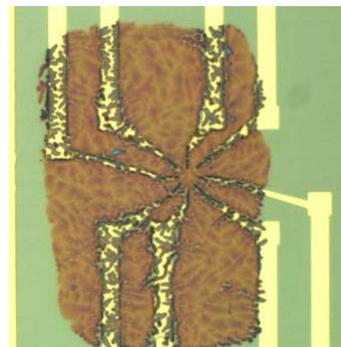


図3. 8本のナノ電極上のペンタセン単一結晶粒。

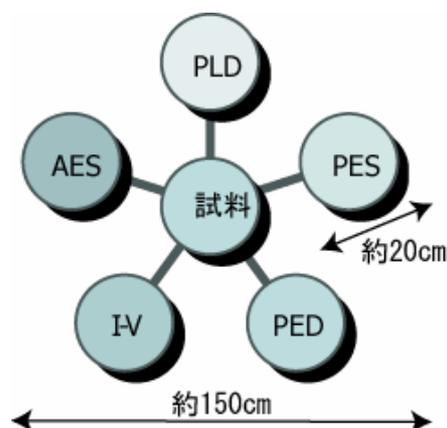


図4. (上) デスクトップマテリアルラボの概念図。直径1.5m程度の領域に3~5個のチャンバーを集積化。実験対象によって、各ユニットの標準化により、おきかえ可能である。(下) 実際に作製した μ PLDユニット。

コンビナトリアルレーザーMBEモジュールを開発した。

3. 研究実施体制

鯉沼グループ

- ① 研究分担グループ長：鯉沼 秀臣（東京工業大学 応用セラミックス研究所、教授）
- ② 研究項目：電界効果デバイスの作製・集積化技術の開発

福元グループ

- ① 研究分担グループ長：福元 博基（東京工業大学 資源化学研究所、助手）
- ② 研究項目：ナノスケールFETの作製を指向したπ共役有機高分子の合成とその特性評価

角谷グループ

- ① 研究分担グループ長：角谷 正友（静岡大学 工学部 電気電子工学科、助手）
- ② 研究項目：内部電界効果による無機半導体薄膜の新機能探索

和田グループ

- ① 研究分担グループ長：和田 恭雄（早稲田大学ナノテクノロジー研究所、教授）
- ② 研究項目：有機ナノ構造機能素子と集積化技術の開発

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

国際論文

- Y. Yamamoto, Y. Matsumoto and H. Koinuma, “HOMO-EPITAXIAL GROWTH OF RUTILE TiO₂ FILM ON STEP AND TERRACE STRUCTURED SUBSTRATE”, *Appl. Surf. Sci.*, **238**, 189-192, 2003年10月
- Hiroki Fukumoto, Ryosuke Kimura, Shintaro Sasaki and Takakazu Yamamoto, “Regioregular Head-to-Tail Polys and a New Type of Packing Structure of the Polymers in the Solid State”, *Macromol. Rapid Commun.*, 2003
- R. Takahashi, T. Tanigawa, Y. Yamamoto, Y. Yonezawa, Y. Matsumoto, H. Koinuma, “High-Throughput Screening of Flux Materials for Single Crystal Growth by Combinatorial Pulsed Laser Deposition”, *MRS Fall meeting proceedings.*, **25**, 196-203, 2004年3月
- C. Hirose, Y. Matsumoto, Y. Yamamoto H. Koinuma, “Electric field effect in pulsed laser deposition of epitaxial ZnO thin film”, *Appl. Phys. A*, **79**, 807-809, 2004年9月～10月
- Mika NAGANO, Tetsuya HASEGAWA, Norikatsu MYOUJIN, Jun YAMAGUCHI, Kenji ITAKA Hiroki FUKUMOTO, Takakazu YAMAMOTO, Hideomi KOINUMA, “The first observation of ¹H-NMR spectrum of pentacene”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, 315-

316, 2004年2月

- H. Kumigashira, K. Horiba, H. Ohguchi, M. Oshima, N. Nakagawa, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma, “Surface electronic structures of terminating-layer-controlled $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ thin films studied by in-situ synchrotron-radiation photoemission spectroscopy”, *J. Magnetism & Mag. Mat.*, **272-276**, 1120-11212, 2004年5月
- K. Horiba, H. Ohguchi, D. Kobayashi, H. Kumigashira, M. Oshima, N. Nakagawa, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, and H. Koinuma, “In-situ Mn 2p-3d resonant photoemission study on $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ epitaxial thin films grown by laser MBE”, *J. Magnetism & Mag. Mat.*, **272-276**, 436-437, 2004年10月
- F. M. Hossain, J. Nishii, S. Takagi, A. Ohtomo, T. Fukumura, H. Fujioka, H. Ohno, H. Koinuma, M. Kawasaki, “Modeling and simulation of polycrystalline ZnO thin film transistors”, *J. Appl. Phys.*, **94**, 7768-7777, 2003年
- M. Oshima, D. Kobayashi, K. Horiba, H. Ohguchi, H. Kumigashira, K. Ono, N. Nakagawa, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma, “In-situ photoelectron spectroscopy of LaMnO_3 and $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ thin films grown by laser molecular-beam epitaxy”, *J. Electron Spectr. Rel. Phenom.*, **137-140**, 145-149, 2004年7月
- K. Terai, M. Lippmaa, P. Ahmet, T. Chikyow, H. Koinuma, M. Ohtani, M. Kawasaki, “Fabrication of lattice-tunable $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ buffers on a SrTiO_3 substrate”, *Appl. Surf. Sci.*, **223**, 183-187, 2004年2月15日
- H. Kumigashira, K. Horiba, H. Ohguchi, D. Kobayashi, and M. Oshima, N. Nakagawa, T. Ohnishi, and M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma, “In-situ photoemission spectroscopic study on $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ thin films grown by combinatorial laser-MBE”, *J. Electron Spectr. Rel. Phenom.*, **136**, 31-36, 2004.5. 9
- T. Terajima, H. Koinuma, “Development of Combinatorial Atmospheric Pressure Cold Plasma Processor”, *Appl. Surf. Sci.*, **223**, 259-263, 2004年
- P. Ahmet, Y. -Z. Yoo, K. Hasegawa, H. Koinuma, T. Chikyow, “Fabrication of three-component composition spread thin film with controlled composition and thickness”, *Applied Physics A*, **79**, 837-839, 2004年7月
- Hideomi Koinuma and Ichiro Takeuchi, “Combinatorial Chemistry and Nanotechnology of Solid-State Materials”, *Nature Materials*, 2004年7月
- T. Ohnishi, K. Shibuya, M. Lippmaa, D. Kobayashi, H. Kumigashira, M. Oshima, H. Koinuma, “Preparation of thermally stable TiO_2 -terminated SrTiO_3 (100) substrate surfaces”, *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 272-275, 2004年7月
- J. H. Song, Y. Z. Yoo, T. Chikyow, H. Koinuma, “Structural and interfacial

stabilities of epitaxial (112-0) oriented wurtzite AlN films grown on lattice-matched MnS buffered Si(100)”, *Applied Physics A*, **79**, 457-460, 2004年8月

- B. P. Zhang, N. T. Binh, K. Wakatsuki, Y. Segawa, Y. Yamada, N. Usami, M. Kawasaki, H. Koinuma, “Formation of highly-aligned ZnO tubes on sapphire (0001) substrates”, *Appl. Phys. Lett.*, **84**, 4098-4100, 2004年5月
- Nguyen-Thanh BINH, Bao-Ping ZHANG, Cheng-You LIU, Kazuki WAKATSUKI, Yusaburo SEGAWA, Noritaka USAMI, Yasuhiro YAMADA, Masashi KAWASAKI, Hideomi KOINUMA “Structural and Optical Properties of ZnO Epitaxial Films Grown on Al₂O₃ (0 2 11) Substrates by Metalorganic Chemical Vapor Deposition” *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, 4110-4113, 2004年7月
- K. Horiba, M. Taguchi, A. Chainani, Y. Takata, E. Ikenaga, H. Namatame, M. Taniguchi, M. Awaji, A. Takeuchi, D. Miwa, Y. Nishino, K. Tamasaku, T. Ishikawa, H. Kumigashira, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki, H. Koinuma, K. Kobayashi, and S. Shin “Nature of Well-Screened State in Hard X-ray Mn 2p Core-Level Photoemission of La_{1-x}Sr_xMnO₃ Films” *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 236401, 2004年12月
- K. Itaka, T. Hayakawa, J. Yamaguchi, H. Koinuma “Pulsed laser deposition of c* axis oriented pentacene films” *Applied Physics A*, **79**, 875-877, 2004年10月
- Junpei KASAI, Noriaki OKAZAKI, Tetsuya HASEGAWA, Yoshihiko TOGAWA, Takao SASAGAWA, Jun-ichi SHIMOYAMA, Kohji KISHIO, Makoto OHTANI, Tomoteru FUKUMURA, Masashi KAWASAKI, Hideomi KOINUMA “Observation of Compositional Fluctuation by Scanning Superconducting Quantum Interference Device (SQUID) Microscope in Superconducting La_{1-x}Sr_xO₇” *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, L1327-L1329, 2004年4月
- D. Kobayashi, H. Kumigashira, M. Oshima, T. Ohnishi, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, and H. Koinuma “ High-resolution synchrotron radiation photoemission characterization for atomically-controlled SrTiO₃(001) substrate surfaces subjected to various surface treatments” *J. Appl. Phys.*, **96**, 7183-718, 2004年12月
- H. Kumigashira, D. Kobayashi, R. Hashimoto, A. Chikamatsu, and M. Oshima, N. Nakagawa, T. Ohnishi, and M. Lippmaa, H. Wadati and A. Fujimori, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma “ Inherent charge transfer layer formation at La_{0.6}Sr_{0.4}FeO₃/La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ heterointerface ” *Appl. Phys. Lett.*, **84**, 5353-5355, 2004年6月
- H. Kumigashira, K. Horiba, H. Ohguchi, M. Oshima, N. Nakagawa, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma “ In-situ synchrotron-radiation angle-

resolved photoemission study on $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ thin films grown by laser molecular beam epitaxy” *J. Magnetism & Mag. Mat.*, 272-276, 434-435, 2004年5月

- N. Matsuki, Y. Abiko, M Kobayashi, K. Miyazaki, H. Fujioka and H. Koinuma “A pulsed laser ablation / plasma chemical vapor deposition tandem system for combinatorial device fabrication” *Applied Physics A*, 79, 1413-1416, 2004年9月
- M. Murakami, Y. Matsumoto, T. Hasegawa, P. Ahmet, K. Nakajima, T. Chikyow H. Ofuchi , I. Nakai, H. Koinuma “Cobalt valence states and origins of ferromagnetism in Co doped TiO_2 rutile thin films ” *J. Appl. Phys.*, **95**, 5330-5333, 2004年5月
- Sohei Okazaki, Noriaki Okazaki, Hidetaka Sugaya, Xiaoru Zhao, Ken Hasegawa, Parhat Ahmet, Toyohiro Chikyow, Jun Nishimura, Tomoteru Fukumura, Masashi Kawasaki, Makoto Murakami, Yuji Mastumoto, Hideomi Koinuma, Tetsuya Hasegawa “The Development of Scanning Microwave Microscope for High-Throughput Characterization of Dielectric and Conducting Materials at Low Temperatures” *MRS Fall meeting proceedings*, **804**, JJ9.21.1-6, 2004年
- T. Onuma, S. F. Chichibu, A. Uedono, Y.-Z. Yoo, T. Chikyow, T. Sota, M. Kawasaki, H. Koinuma “Reduced defect densities in the ZnO epilayer grown on Si substrates by laser-assisted molecular-beam epitaxy using a ZnS epitaxial buffer layer” *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 5586-5588, 2004年12月
- Keisuke Shibuya, Tsuyoshi Ohnishi, Mikk Lippmaa Masashi Kawasaki Hideomi Koinuma “Single crystal SrTiO_3 field-effect transistors with an atomically flat amorphous CaHfO_3 gate insulator” *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 425-427, 2004年7月
- Keisuke Shibuya, Tsuyoshi Ohnishi, Masashi Kawasaki, Hideomi Koinuma and Mikk Lippmaa “Metallic LaTiO_3 / SrTiO_3 Superlattice Films on the SrTiO_3 (100) Surface” *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, L1178-L1180, 2004年
- Toshihiro Shimada, Yoshiro Yamamoto, Toshihiko Kaji, Kenji Itaka, Hideomi Koinuma, Yoichiro Kuninobu, Yutaka Matsuo, Eiichi Nakamura, Koichiro Saiki “Photoinduced change in the Raman spectrum of buckyferrocene ($\text{Fe}(\text{C}_{60}(\text{CH}_3)_5\text{C}_5\text{H}_5)$) ” *Solid State Communications*, **132**, 197-201, 2004年10月
- Q. Wang, K. Itaka, H. Minami, H. Kawaji, H. Koinuma “Combinatorial pulsed laser deposition and thermoelectricity of $(\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x)\text{VO}_3$ composition-spread films” *Science and Technology of Advanced Materials*, **5**, 543-547, 2004年9月
- Y. Yamada, H. Toyosaki, A. Tsukazaki, T. Fukumura, K. Tamura, Y. Segawa, K. Nakajima, T. Aoyama, T. Chikyow, T. Hasegawa, H. Koinuma, M. Kawasaki “

Epitaxial growth and physical properties of a room temperature ferromagnetic semiconductor: Anatase phase $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ " *J. Appl. Phys.*, **96**, 5097-5102, 2004年11月

- K. S. Yun, S. Arisawa, S. J. Kim, A. Ishii, Y. Takano, T. Hatano, T. Yamashita, M. Kawasaki, H. Koinuma "Preparation and properties of $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ grain boundary Josephson junctions on bicrystal MgO substrates by tri-phase epitaxy" *Physica C*, **412-414**, 1391-1395, 2004年10月
- B. P. Zhang, N. T. Binh, K. Wakatsuki, Y. Segawa, Y. Yamada, N. Usami, M. Kawasaki, and H. Koinuma "Pressure-dependent ZnO nanocrystal growth in a chemical vapor deposition process" *J. Phys. Chem. B*, **108**, 10899-10902, 2004年6月
- X. R. Zhao, N. Okazaki, Y. Konishi, K. Akahane, Z. Kuang, T. Ishibashi, K. Sato, H. Koinuma, T. Hasegawa "Development of Magneto-Optical Imaging for High-Throughput Characterization of Combinatorial Magnetic Thin Films" *MRS Fall meeting proceedings*, **804**, JJ1.9.1-7, 2004年
- T. Makino, Y. Segawa, M. Kawasaki, H. Koinuma, "Optical properties of excitons in ZnO -based quantum well heterostructures", *Semicond. Sci. Tech.*, **20**, S78-S91, 2005年3月
- Y. Matsumoto, T. Ohsawa, K. Nakajima, H. Koinuma, "Atomic force microscope analysis of photodecomposition of pentacene film on the epitaxial thin film photocatalyst library", *Measurement Science & Technology*, **16**, 199-202, 2005年1月
- S. Meguro, T. Ohnishi, M. Lippmaa, H. Koinuma, "Elements of informatics for combinatorial solid-state materials science", *Measurement Science & Technology*, **16**, 309-316, 2005年1月
- Ryuhei Nakamura, Naomichi Ohashi, Akihito Imanishi, Takeo Osawa, Yuji Matsumoto, Hideomi Koinuma and Yoshihiro Nakato, "Crystal-Face Dependences of Surface Band Edges and Hole Reactivity, Revealed by Preparation of Essentially Atomically-Smooth and Stable (110) and (100) $n\text{-TiO}_2$ (Rutile) Surfaces", *J. Phys. Chem. B*, **109**, 1648-1651, 2005年2月
- H. Sano, T. Matsumoto, Y. Matsumoto and H. Koinuma, " $\text{Y}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Ca}_4\text{(BO}_3)_3$ thin film as a luminescent material screened by the combinatorial method", *Appl. Phys. Lett.*, **86**, 21104, 2005年1月
- J. H. Song, Y. Z. Yoo, Kiyomi Nakajima, and Toyohiro Chikyow, Takashi Sekiguchi, Hideomi Koinuma, "Nonpolar a -plane GaN film on $\text{Si}(100)$ produced using a specially designed lattice-matched buffer: A fresh approach to eliminate the polarization effect", *J. Appl. Phys.*, **97**, 2005年2月

- R. Takahashi, Y. Matsumoto, H. Koinuma, "Computer Design of Combinatorial Shadow Mask for Ternary Composition Spread Library", *Measurement Science & Technology*, **16**, 292-295, 2005年1月
- Atsushi Tsukazaki, Akira Ohtomo, Takeyoshi Onuma, Makoto Ohtani, Takayuki Makino, Masatomo Sumiya, Keita Ohtani, Shigefusa F. Chichibu, Syunrou Fuke, Yusaburo Segawa, Hideo Ohno, Hideomi Koinuma, Masashi Kawasaki, "Repeated temperature modulation epitaxy for p-type doping and light-emitting diode based on ZnO", *Nature Materials*, **4**, 42-46, 2005年1月
- H. Wadachi, D. Kobayashi, H. Kumigashira, K. Okazaki, T. Mizokawa, A. Fujimori, K. Horiba, M. Oshima, N. Hamada, M. Lippmaa, M. Kawasaki, and H. Koinuma, "Hole-doping-induced changes in the electronic structure of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$: soft x-ray photoemission and absorption study of epitaxial thin films", *Phys. Rev. B*, **71**, 35108, 2005年1月
- Y. Yamamoto, K. Nakajima, T. Ohsawa, Y. Matsumoto, H. Koinuma, "Preparation of atomically ultra-smooth TiO₂ single crystal surfaces and their photochemical property", *Jpn. J. Appl. Physics EXL*, **44**, 511-514, 2005
- Masatomo Sumiya, Shunro Fuke, "Review of polarity determination and control in GaN", *MRS Internet J. Nitride Semicond. Res.* **9**, 1-35, 2004年9月
- Masatomo Sumiya and Shunro Fuke, "Effect of treatments of sapphire substrate on growth of GaN film", *Appl. Surf. Sci.*, **244**, 269-272 (2005年1月).
- H. Fukumoto, R. Kimura, S. Sasaki, K. Kubota, and T. Yamamoto, "Regioregular Head-to-Tail Poly(6-alkylpyridine-2,5-diyl)s and a New Type of Packing Structure of the Polymer in the Solid State" *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.*, **43**, 215-222 2005年1月

国内論文

- 江面知彦¹⁾、水野潤¹⁾、筒井謙¹⁾、齋藤美紀子¹⁾、徳田正秀¹⁾、小野里陽正¹⁾、小泉寿子¹⁾、和田恭雄¹⁾、南風盛将光^{2), 3)}、鯉沼秀臣、"分子エレクトロニクス用マイクロギャップ平坦電極の作製"、電気学会 電子・情報・システム部門誌 (平成16年6月号) 「有機電子デバイス用材料とその評価・応用技術」特集2004年6月
- 鯉沼秀臣 "コンビナトリアル：もの作り日本再生の革新技術" *応用物理*, **73**, 565, 2004年5月
- 鯉沼秀臣, 伊高健治, 松本祐司, 知京豊裕 "コンビナトリアルテクノロジー 明日を開く "もの作り" の新世界" *応セラ70周年記念論文集*, 37-44, 2004年10月
- 松本祐司、鯉沼秀臣 "フラックスエピタキシー：気相成長における酸化物薄膜の相

制御と高品質化” *応セラ70周年記念論文集*, 70-73, 2004年10月

- 松本祐司、村上 真、長谷川哲也 “コンビナトリアル薄膜技術と室温透明磁性薄膜の発見” *応用物理*, **73**, 587-592, 2004年5月
- 鯉沼秀臣 “科学技術の進歩を “かたち” にする固体材料化学” *現代化学*, **400**, 61-64, 2004
- 鯉沼秀臣 “表面・界面研究の泣きどころ・勘どころ” *表面科学*, **25**, 671, 2004年11月
- Mikk Lippmaa, Tsuyoshi Ohnishi, Hideomi Koinuma, Takashi Koida “Combinatorial Synthesis of Transition Metal Oxide Superlattices” *表面科学*, **25**, 672-677, 2004
- 大澤健男, 松本祐司, 鯉沼秀臣 “コンビナトリアルPLD-STM 装置の開発と二酸化チタン光触媒表面のナノスケール表面修飾” *表面科学*, **25**, 678-683, 2004年11月
- 松木伸行, 藤岡 洋, 鯉沼秀臣, “電界効果型a-Si:H太陽電池-コンビナトリアルテクノロジーによる新構造太陽電池の開発-”, *工業材料*, **53**, 40-44, 2005年3月

(2) 特許出願

H16年度特許出願件数：11件（CREST研究期間累積件数：19件）