

研究種目： 特定領域研究
 研究期間： 2006年～2009年
 課題番号： 18063007
 研究課題名（和文）
 ナノ構造誘起物性の制御と新機能シリコンデバイス
 研究課題名（英文）
 Control of physical properties induced in silicon nanostructure and device applications
 研究代表者
 越田信義（KOSHIDA NOBUYOSHI）
 東京農工大学・大学院工学府・特任教授
 研究者番号：50143631

研究成果の概要（和文）：

量子サイズのシリコンで生じる機能について基礎と応用の検討を行い、以下の成果を得た。

(1)可視発光：高効率・高安定の赤・青色発光を実現し、青色発光が減衰時間の長い燐光を示すことを見いだした。関連して、光導電におけるキャリア増倍効果を観測した。

(2)弾道電子放出：真空中で並列電子線露光および超高感度撮像、気体中でXe分子の直接励起による真空紫外光発生、溶液中で水素生成および固体薄膜堆積、への応用可能性を明らかにした。

(3)超音波放出：デジタル駆動を適用し、オーディオ帯でも小型・薄型のスピーカーとして動作する見通しを得た。また、本素子が小動物の超音波交信機構の研究手段に有効であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

The physical properties induced in quantum-sized silicon have been studied, including their applications. Major results are summarized as follows.

(1) Luminescence: The blue emission was enhanced by high quality oxidation, and then blue phosphorescence was generated. As a related photonic effect, avalanche photoconduction was observed.

(2) Ballistic electron emission: The usefulness has been confirmed in various media: parallel EB lithography and highly sensitive image-pickup in vacuum, VUV light emission in atmospheric pressure Xe gas ambience, and hydrogen gas generation and thin solid film deposition in solutions.

(3) Sound emission: It was demonstrated that the emitter is compatible with the use as 3-D object sensing probe, non-contact actuator, digital speaker, and bio-acoustic communication.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	10,900,000	0	10,900,000
2007年度	10,900,000	0	10,900,000
2008年度	9,900,000	0	9,900,000
2009年度	9,900,000	0	9,900,000
年度			
総計	41,600,000	0	41,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：ナノ構造、シリコン、量子サイズ効果、発光、光集積、弾道電子、超音波放出

1. 研究開始当初の背景

技術革新と国際的競合が加速するシリコンテクノロジーでは、超微細化の追求とともに、その先にある量子サイズを視野に入れた研究が重要になってきた。その一環として、本研究では「ナノ構造化によるシリコンの新機能発現と素子応用」を主題に取り上げた。

ナノシリコンの研究が部分的な機能の観測や極限的な単一構造の作製にとどまっていた中で、シリコンの新しい可能性と将来像を具体的な機能性によって提示する本計画研究は、当該分野の研究開発が直面している状況とニーズによく適い、学術・技術の両面で大きな意義がある。

2. 研究の目的

シリコンを「量子サイズ領域」まで微細化したさいに生じる物理効果を探求し、それらを制御可能な機能性にまで高める。具体的には、可視発光、弾道電子放出、超音波放出について、それぞれの発現に適したナノ構造制御を確立して特性を向上させ、デバイス技術に発展させる。これらにより、超LSIを主導してきたスケーリング則とは異なる指標と技術価値をもつ学術領域を拓く。

3. 研究の方法

量子サイズナノ結晶シリコンにおいて生じる特異な光電子物性を探索し、その制御と特性向上を通じて素子化に発展させる。対象とする各課題の研究方法を以下に示す。

(1)可視発光

表面酸化の高品質化によって、PL発光特性の高効率化・高安定化と波長制御を実現し、得られたPL発光試料について、偏光メモリや光増幅能を明らかにする。その結果をEL素子の開発に生かす。また、バンドギャップの制御性を光導電にも発展させる。

(2)弾道電子効果

弾道電子の生成機構を実験的理論的に解析する。また、弾道電子放出の特長を生かした応用として、真空では並列電子ビーム露光と高感度撮像、気体中ではXe気体分子の内部励起による真空紫外光発生、溶液中では水素気体生成や薄膜堆積を検討する。

(3)超音波放出

熱誘起超音波発生について、特性向上とデバイス化の基礎検討を行う。特に、周波数特性の平坦性を生かすデジタル駆動方式を導入し、小型・薄型・広帯域の条件を同時に満たした音源に向けて基礎解析を行う。さらに小動物の超音波交信の機構を解析する手

段に本音源を応用する。

4. 研究成果

量子サイズナノ結晶シリコンにおいて生じる可視発光、弾道電子放出、超音波放出について、プロセス技術、特性制御、デバイス化の基礎検討を行った。研究項目毎の主な成果を以下に示す。

(1)可視発光：開発したナノ構造形成技術、表面酸化・アニール技術を発展させて、バンドギャップ拡大による発光の短波長化を図り、高効率で安定な青色発光を得た。また、この青色発光が数秒以上の減衰時間をもつ燐光性を示し、ドーブした色素分子や希土類元素への光エネルギー伝達に利用できることを見いだした。関連の光機能として、ナノ結晶シリコンダイオードの光導電特性を測定し、印加電界によって光キャリアの雪崩増倍効果が生じることを確認した。

(2)弾道電子放出：多重トンネル走行による弾道電子放出モデルを理論的・実験的に裏付けた。真空中では、並列電子ビーム露光および超高感度撮像への応用検討を進め、それぞれ、3mm角の大面积基板における一括露光、画素プローブが可能なレベルまでの放出電流向上、を実現した。また気体中では、Xe分子の直接励起による真空紫外光発生の効率を向上させた。さらに溶液中では、弾道電子の強い還元力が、水素生成や溶液のpH値制御だけでなく、固体薄膜堆積にも応用できることを明らかにした。

(3)超音波放出：周波数応答の平坦さを最大限に利用すべく、高いサンプリング周波数によるデジタル駆動を適用し、オーディオ帯でも小型・薄型のスピーカーとして動作する見通しを得た。また、小型化した本超音波エミッタを小動物の音声交信機構を研究する手段に用い、従来は困難であった複雑な超音波交信の解析に有効であることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計57件) 全て査読有

1. Y. Hirano, M. Nanba, N. Egami, S. Yamazaki, and N. Koshida, Development of dry-processed silicon nano-dot planar cold cathode and its electron emission properties, *J. Vac. Sci. Technol. B* **28**, C2B6-C2810 (2010).
2. T. Nakada, T. Sato, Y. Matsuba, K. Sakemura, Y. Okuda, N. Negishi, A. Watanabe, T. Yoshikawa, K. Ogasawara, M. Nanba, K. Tanioka, N. Egami, A. Kobayashi, and N. Koshida, *J. Vac. Sci. Technol. B* **28**, C2D11-C2D15 (2010).

3. T. Ichihara, T. Hatai and N. Koshida, Direct excitation of xenon by ballistic electrons emitted from nanocrystalline silicon planar cathode and vacuum-ultraviolet light emission (Invited), *J. Soc. Information Display* **18**, 223-227 (2010).
4. A. Chouket, H. Elhouichet, H. Koyama, B. Gelloz, M. Oueslati, N. Koshida, Multiple energy transfer in porous silicon/Rh6G/RhB nanocomposite evidenced by photoluminescence and its polarization memory, *Thin Solid Films* **518**, S212–S216 (2010).
5. N. Mori, H. Minari, S. Uno, H. Mizuta, and N. Koshida, Quasi-ballistic electron transport through silicon nanocrystals, *J. Phys. Conf. Ser.* **193**, 012008-012011 (2009).
6. A.A. Tseng, J. Shirakashi, S. Nishimura, K. Miyashita and A. Notargiacomo, Scratching properties of nickel-iron thin film and silicon using atomic force microscopy, *J. Appl. Phys.* **106**, 044314 (2009).
7. Y. Tomoda, K. Takahashi, M. Hanada, W. Kume, S. Itami, T. Watanabe and J. Shirakashi, Magnetoresistance properties of planar-type tunnel junctions with ferromagnetic nanogap system fabricated by electromigration method, *IEEE Trans. Mag.* **45**, 3480-3483 (2009).
8. Y. Hirano, K. Okamoto, S. Yamazaki, and N. Koshida, Avalanche multiplication of photo-carriers in nanometer-sized silicon dot layers, *Appl. Phys. Lett.* **95**, 063109-063111 (2009).
9. A. Chouket, B. Gelloz, H. Koyama, H. Elhouichet, M. Oueslati, N. Koshida, Effect of high-pressure water-vapor annealing on energy transfer in dye-impregnated porous silicon, *J. Luminescence* **129**, 1332–1335 (2009).
10. B. Gelloz and N. Koshida, Long-lived blue phosphorescence of oxidized and annealed nanocrystalline silicon, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 201903-05 (2009).
11. T. Nakada, T. Sato, Y. Matsuba, R. Tanaka, K. Sakemura, N. Negishi, Y. Okuda, A. Watanabe, T. Yoshikawa, K. Ogasawara, M. Nanba, K. Tanioka, N. Egami, and N. Koshida, Enhanced output current density of an active-matrix high-efficiency electron emission device (HEED) array with 13.75 μm pixels, *J. Vac. Sci. Technol. B* **27**, 735-739 (2009).
12. T. Ichihara, T. Hatai, and N. Koshida, Vacuum-ultraviolet light emission from xenon directly excited by ballistic output electrons of nanocrystalline silicon planar cathode, *J. Vac. Sci. Technol. B* **27**, 772-774 (2009).
13. B. Gelloz, R. Mentek and N. Koshida, Specific blue light emission from nanocrystalline porous Si treated by high pressure water vapor annealing, *Jpn. J. Appl. Phys.* **48**, 04C119-1-5 (2009).
14. 越田信義, ナノ結晶シリコン電子源の新しい応用展開、*応用物理* **78**, 329-332 (2009).
15. S. Nishimura, T. Ogino, and J. Shirakashi, Micrometer-scale local-oxidation lithography using scanning probe microscopy, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 715-717 (2008).
16. S. Nishimura, T. Ogino, Y. Takemura, and J. Shirakashi, Local oxidation of Si surfaces by tapping-mode scanning probe microscopy: Size dependence of oxide wires on dynamic properties of cantilever, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 718-720 (2008).
17. Y. Shimada, T. Yamada and J. Shirakashi, Measurement of reaction current during atomic force microscope local oxidation of conductive surfaces capped with insulating layers, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 768-770 (2008).
18. T. Ogino, S. Nishimura, and J. Shirakashi, Scratch nanolithography on Si surface using scanning probe microscopy: Influence of scanning parameters on groove size, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 712-714 (2008).
19. B. Gelloz, H. Koyama and N. Koshida, Polarization memory of blue and red luminescence from nanocrystalline porous silicon treated by high-pressure water vapor annealing, *Thin Solid Films* **517**, 376–379 (2008).
20. M. Ghulinyan, B. Gelloz, T. Ohta, L. Pavesi, D.J. Lockwood, and N. Koshida, Stabilized porous silicon optical superlattices with controlled surface passivation, *Appl. Phys. Lett.* **93**, 061113-115 (2008).
21. Y. Hirano, S. Yamazaki, and N. Koshida, Improved Photoconduction Effects of Nanometer-sized Si dot multilayers, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 3095-3098 (2008).
22. D. Sakai, C. Oshima, T. Ohta, and N. Koshida, Specific spectral features in electron emission from nanocrystalline poly-silicon quasi-ballistic cold cathode detected by an angle-resolved high resolution analyzer, *J. Vac. Sci. Technol. B* **26**, 1782-1786 (2008).
23. A. Kojima, H. Ohya, N. Koshida, Sub-30 nm parallel EB lithography using nano-Si planar ballistic electron emitter, *J. Vac. Sci. Technol. B* **26**, 2053-2057 (2008).
24. N. Negishi, T. Sato, Y. Matsuba, R. Tanaka, T. Nakada, K. Sakemura, Y. Okuda, A. Watanabe, T. Yoshikawa, and K. Ogasawara, M. Nanba, S. Okazaki, K. Tanioka, and N. Egami, and N. Koshida, Development of a super-high sensitive image sensor using 640×480 pixel active-matrix high-efficiency electron emission device, *J. Vac.*

- Sci. Technol. B **26**, 711-715 (2008).
25. T. Ohta, B. Gelloz, and N. Koshida, Characteristics of nanosilicon ballistic cold cathode in liquids as an active electrode, J. Vac. Sci. Technol. B **26**, 716-719 (2008).
 26. B. Gelloz, M. Sugawara and N. Koshida, Acoustic wave manipulation by phased operation of two-dimensionally arrayed nanocrystalline silicon ultrasonic emitters, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 3123-3126 (2008).
 27. B. Gelloz, M. Sato and N. Koshida, Cavity effect in nanocrystalline porous silicon ballistic lighting device, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 2902-2905 (2008).
 28. Gelloz and N. Koshida, Highly efficient and stable photoluminescence of nanocrystalline porous silicon by combination of chemical modification and oxidation under high pressure, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 3462-3465 (2007).
 29. A. Chouket, H. Elhouichet, M. Oueslati, H. Koyama, B. Gelloz, and N. Koshida, Energy transfer in porous-silico/laser-dye composite evidenced by polarization memory of photoluminescence, Appl. Phys. Lett. **91**, 211902/1-211902/3 (2007).
 30. B. Gelloz, T. Shibata and N. Koshida, Stabilization of nano-crystalline porous silicon electroluminescence by high pressure water vapor annealing, physica status solidi (a), Vol. **204**, 2141-2144 (2007).
 31. S. Kayashima, K. Takahashi, M. Motoyama and J. Shirakashi, Control of tunnel resistance of nanogaps by field-emission-induced electromigration, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, L907-L909 (2007).
 32. H. Yoshimura, T. Sakaguchi and N. Koshida, Development of flexible electrochromic device with thin film configuration, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 3479-3481 (2007).
 33. T. Ohta, A. Kojima, and N. Koshida, Emission characteristics of nanocrystalline porous silicon ballistic cold cathode in atmospheric ambience, J. Vac. Sci. Technol. B **25**, 524-527 (2007).
 34. N. Koshida, T. Ohta, and B. Gelloz, Operation of nanosilicon ballistic electron emitter in liquid water and hydrogen generation effect, Appl. Phys. Lett. **90**, 163505-07 (2007).
 35. N. Negishi, Y. Matsuba, R. Tanaka, T. Nakada, K. Sakemura, Y. Okuda, A. Watanabe, T. Yoshikawa, 34. K. Ogasawara, M. Nanba, S. Okazaki, K. Tanioka, N. Egami, and N. Koshida, Development of a high-resolution active-matrix electron emitter array for application to high-sensitivity image sensing, J. Vac. Sci. Technol. B **25**, 661-666 (2007).
 36. Y. Watabe, Y. Honda, and N. Koshida, Effect of bi-layer structure on the long-term stability of nanocrystalline porous silicon ultrasonic emitter, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 6218-6221 (2007).
 37. Y. Watabe, Y. Honda and N. Koshida, Effects of thermal effusivity in nanocrystalline porous silicon on long-term operation of thermally induced ultrasonic emission, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 3645-3647 (2007)..
 38. A. Uematsu, T. Kikusui, T. Kihara, T. Harada, M. Kato, K. Nakano, O. Murakami, N. Koshida, Y. Takeuchi, and Y. Mori, Maternal approaches to pup ultrasonic vocalizations produced by a nanocrystalline silicon thermo-acoustic emitter, Brain Research **1163**, 91-99 (2007).
 39. B. Gelloz and N. Koshida, Highly enhanced photoluminescence of as-anodized and electrochemically oxidized nanocrystalline p-type porous silicon treated by high-pressure water vapor annealing, Thin Solid Films **508**, 406-409 (2006).
 40. B. Gelloz and N. Koshida, Highly enhanced efficiency and stability of photo- and electro-luminescence of nano-crystalline porous silicon by high-pressure water vapor annealing, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 3462-3465 (2006).
 41. B. Gelloz, T. Shibata and N. Koshida, Stable electroluminescence of nanocrystalline silicon device activated by high pressure water vapor annealing, Appl. Phys. Lett. **89**, 191103-05 (2006).
 42. H. Yoshimura and N. Koshida, Fast electrochromic effect obtained from solid-state inorganic thin film configuration with a carrier accumulation structure, Appl. Phys. Lett. **88**, 093509-11 (2006).
 43. K. Tsubaki, T. Komoda and N. Koshida, Acoustic emission characteristics of nanocrystalline porous silicon device driven as an ultrasonic speaker, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 3642-3644 (2006).
 44. Y. Watabe, Y. Honda, and N. Koshida, Tunable output directivity of thermally induced ultrasonic generator based on nanocrystalline porous silicon, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 7240-7242 (2006).
 45. T. Kihara, T. Harada and N. Koshida, Wafer-compatible fabrication and characteristics of nanocrystalline silicon thermally induced ultrasound emitters, Sensors and Actuators A: Physical Vol. **125**, 422-428 (2006).
 46. T. Kihara, T. Harada, M. Kato, K. Nakano, O. Murakami, T. Kikusui, and N. Koshida, Reproduction of mouse-pup ultrasonic vocalizations by nanocrystalline silicon thermoacoustic emitter, Appl. Phys. Lett. **88**, 043902-04 (2006).

[学会発表](計 108 件)

1. N. Koshida, Nanosilicon for advanced more-than-moore applications (Invited), Int. Symp. on Atom-Scale Silicon Hybrid Nanotechnologies for More-than-Moore & 'Beyond CMOS' Era, 2 March 2010, Southampton, UK.
2. T. Djenizian, B. Gelloz, F. Dumur, C. Chassigneux, and N. Koshida, Structural and Optical Properties of Electropolymerized Poly(paraphenylene) vinylene Films on Si and Porous Si, ECS Transactions, 25(9) 121-130 (2009), 6 October, 2009, Wien, Austria.
3. B. Gelloz, R. Mentek and N. Koshida, Specific blue light emission from nanocrystalline porous Si, treated by high-pressure water vapor annealing, Ext. Abst. 2008 Int. Conf. Solid State Devices and Mater., pp. 956-957, 25 September 2009, Sendai.
4. N. Koshida, Operation of nanosilicon ballistic electron emitter in aqueous solutions as an active electrode (Invited), 5th Kurt Schwabe Int. Symp., 26 May 2009, Erlangen, Germany.
5. 越田信義, 太田敢行, B. Gelloz, ナノシリコン電子源 - 電子加速機能と応用展開 (招待講演)、第6回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム(2009年3月4日、大阪)。
6. A Kojima, H. Ohyi, N. Koshida, Sub-30-nm resolution parallel EB lithography based on a planar type Si nanowire array ballistic electron source, Proc. SPIE, Vol. 7271, 72712N (2009) Conf. on Alternative Lithographic Technologies, 25 February 2009, San Jose, CA, USA.
7. N. Koshida, A. Asami, and B. Gelloz, Development of efficient broadband digital acoustic device based on nanocrystalline silicon ultrasound emitter, IEDM Tech. Digest, 659-662, 17 December 2008, San Francisco, USA.
8. B. Gelloz, A. Asami and N. Koshida, Characteristics of thermo-acoustic nanocrystalline porous silicon ultrasound generator as a wide-band tweeter, Abst Mater. Res. Soc. Fall Meeting, MM13.1, 4 December 2008, Boston, USA.
9. B. Gelloz, K. Murata, T. Ohta, M. Ghulinyan, L. Pavesi, D. J. Lockwood, and N. Koshida, Stabilization of porous silicon free-standing coupled optical microcavities by surface chemical modification, ECS Trans. 16, 211-220 (2008), 14 October 2008, Honolulu, USA.
10. N. Koshida and B. Gelloz, Photonic, electronic, and acoustic devices based on nanocrystalline silicon (Invited), Meet. Abstr. ECS 802, 2148 (2008), 13 October 2008, Honolulu, USA.
11. B. Gelloz, T. Shibata and N. Koshida, Sound emission from nanocrystalline silicon device under operation of electroluminescence, Ext. Abst. Int. Conf. Solid State Devices and Mater., pp. 1104-1105, 25 September 2008, Tsukuba.
12. B. Gelloz, A. Takeuchi, and N. Koshida, Optoelectronic effect of high-pressure water vapor annealing for nanocrystalline silicon films prepared by ion implantation, 5th Int. Conf. on Group IV Photonics, pp. 317-319, 18 September 2008, Sorrento, Italy.
13. T. Ohta, S. Ogawa, B. Gelloz, and N. Koshida, Hydrogen generation by operation of nanosilicon ballistic electron emitter in aqueous solutions, Tech. Digest 21th Int. Vac. Nanoelectron. Conf., pp. 17-18, 15 July 2008, Wroclaw, Poland.
14. N. Koshida, Porous silicon technology as a nanodevice platform (Invited), Int. Conf. On Porous Semiconductors Science and Technology, 12 March 2008, Mallorca, Spain.
15. B. Gelloz, M. Sato and N. Koshida, Cavity Effect in Nanocrystalline Porous Silicon Ballistic Lighting Device, Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, pp. 120-121, 19 September 2007, Tsukuba.
16. B. Gelloz, Y. Yoshida, N. Koshida, Light-emissive nonvolatile memory based on nanocrystalline porous Si, 4th IEEE Int. Conf. on Group IV Photonics, pp. 204-206, 20 September 2007, Tokyo.
17. B. Gelloz, M. Sugawara and N. Koshida, Acoustic Wave Manipulation by Phased Operation of Two-Dimensionally Arrayed Nanocrystalline Silicon Ultrasonic Emitters, Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, pp. 1140-1141, 21 September 2007, Tsukuba.
18. N. Koshida and B. Gelloz, Photonic and related device applications of nano-crystalline silicon (Invited), SPIE Optics East, Proc. SPIE Vol. 6775, Active and passive Optical Components for Communications VII, 6775N1, 11 September 2007, Boston, USA.
19. N. Koshida and B. Gelloz, Photonic, electronic, and acoustic devices based on nanocrystalline silicon (Invited), Int. Conf. on Optical, Optoelectronic and Photonic Mater. and Applications, 30 July 2007, London, UK.
20. T. Ohta, B. Gelloz, and N. Koshida, Characteristics of nanosilicon ballistic cold cathode in liquids as an active electrode, Int. Vac. Nanoelectron. Conf., pp. 74-75, 10 July 2007, Chicago, USA.
21. B. Gelloz, H. Koyama, and N. Koshida, Polarization memory of blue and red luminescence from nanocrystalline porous

silicon treated by high-pressure water vapor annealing, 5th Int. Conf. on Silicon Epitaxy and Heterostructures, pp.389-390, 22 May 2007, Marseille, France.

22. 越田信義、ナノクリスタル Si 発光デバイスの展望(招待)、応用物理学会結晶工学分科会第126回研究会、2007年4月26日、東京.
23. N. Koshida, Functional properties of nanosilicon and its possible application to image devices (Invited), Int. Display Workshop, pp.1739-1742, 8 December 2006, Ohtsu.
24. B. Gelloz, T. Shibata, R. Mentek, and N. Koshida, Pronounced photonic effects of high-pressure water vapor annealing on nanocrystalline porous silicon, Mater. Res. Soc. Symp., L08.02, 30 November 2006, Boston, USA.
25. B. Gelloz, Y. Coffinier, B. Salhi, N. Koshida, G. Patriarche, and R. Boukherroub, Synthesis and optical properties of silicon oxide nanowires, Mater. Res. Soc. Symp., L05.10, 29 November 2006, Boston, USA.
26. B. Gelloz and N. Koshida, Blue and Red Luminescence Bands of Nanocrystalline Porous Silicon Induced by High-Pressure Water Vapor Annealing, Meet. Abst. Electrochem. Soc. 602, 2177, 31 October 2006, Cancun, Mexico.
27. N. Koshida, Functions and Device Applications of Quantum-sized Silicon (Invited), Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, pp. 182-183, 13 September 2006, Yokohama.
28. N. Koshida, Luminescence and related functions of nanocrystalline porous silicon (Invited), International Conference on Optical and Optoelectronic Properties of Materials and Applications, 18 July 2006, Darwin, Australia.
29. 越田信義, 量子サイズナノシリコンの光・電子・音響・バイオ機能(招待), 電子情報通信学会シリコンフォトンクス研究会, 2006年5月12日、東京.

〔図書〕(計5件)

1. N. Koshida (Ed.), Device Applications of Silicon Nanocrystals and Nanostructures (Springer, New York, 2009) 348 p.
2. N. Koshida, Luminescence and related properties of nanocrystalline porous silicon, in Semiconductor Quantum Structures, Vol. III-34, ed. E.Kasper and C.Klingshirn (Springer-Verlag, Berlin, 2007) pp. 121-136

〔産業財産権〕

出願状況 (計3件)

1. 名称: 電子源電極を用いた固体薄膜の形成

方法

発明者: 越田信義、太田敢行

権利者: 東京農工大学

種類: 特許

番号: 特願 2010-21463

出願年月日: 2010年2月2日

国内外の別: 国外

2. 名称: シリコン系青色発光材料の製造方法及びシリコン系青色発光材料

発明者: 越田信義、Bernard Gelloz

権利者: 東京農工大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-223583

出願年月日: 2008年9月1日

国内外の別: 国外

3. 名称: 電子源電極およびそれを用いた装置

発明者: 越田信義、太田敢行

権利者: 東京農工大学

種類: 特許

番号: 特願 2006-281866

出願年月日: 2006年10月16日

国内外の別: 国外

取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tuat.ac.jp/koslab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東京農工大学・大学院工学府・特任教授

越田 信義 (KOSHIDA NOBUYOSHI)

研究者番号: 50143631

(2) 研究分担者

東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・准教授

白樫 淳一 (SHIRAKASHI JUNICHI)

研究者番号: 00315657

東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・助教

Bernard Gelloz (ベルナル ジェローズ)

研究者番号: 40343157

(3) 連携研究者

なし