

機関番号：13901

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21860061

研究課題名（和文） 価電子制御シリコン系量子ドット立体集積構造における高輝度エレクトロルミネッセンス

研究課題名（英文） Bright Electroluminescence from Multiple-Stacked Structure of Valency Controlled Si-based Quantum Dots

研究代表者：

牧原 克典 (MAKIHARA KATSUNORI)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：90553561

研究成果の概要（和文）：熱 SiO<sub>2</sub> 膜上の Si 量子ドット上に Ge を選択成長させ、これを熱酸化して形成した極薄ゲルマニウム酸化膜上に Si 量子ドット選択成長させることによって、自己整合的に一次元連結 Si ドットを形成することができることを明らかにした。さらには、n-Si(100) 基板上に作成した一次元縦積み連結ドットを活性層とした Au ゲート発光ダイオードを作成し室温における EL を評価した結果、閾値電圧を超える順バイアス印加時において、金赤外領域の発光が認められ、Si-QDs を 2 層ランダム形成した場合と比べ、発光強度が増大する結果が得られた。これらと並行して、極薄熱 SiO<sub>2</sub> 膜上の Pt 膜(~2.0nm)に TPJ ミリ秒熱処理を行うことで、面密度~3.0×10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>、平均ドットサイズ~4.0nm の Pt-NDs が形成できることを明らかにし、この Pt-NDs をフローティングゲートに応用した MOS キャパシタにおいて、Pt-NDs の深い仕事関数を反映して、膜厚 4.0nm のトンネル SiO<sub>2</sub> 膜においてもドット当たり約 2.7 個の電子を 2 時間以上 Pt-ND に保持できることを実証した。

研究成果の概要（英文）：We have demonstrated self-assembling formation of one-dimensionally aligned Si-QDs by selective growth of Ge on pre-grown Si-QDs by LPCVD, in-situ oxidation, subsequent thermal desorption of Ge oxide and deposition of Si-QDs, and applied them to an active layer of light emitting diodes with a semitransparent Au gate. Under forward bias conditions over a threshold bias for LEDs on n-Si (100) substrate, a stable EL was observed in the near-infrared region at room temperature. Notice that the self-aligned Si-QDs enhance the emission intensity compared with the 2-fold stacking structure of the Si-QDs, with a result that the self-aligned structure is effective to increase recombination efficiency in EL. In addition, the formation of Pt-NDs by using the thermal plasma jet annealing of ultra-thin Pt films deposited on SiO<sub>2</sub> was successfully demonstrated without any extra heating. The millisecond rapid thermal annealing of ultra-thin metal films deposited on SiO<sub>2</sub> by using a thermal plasma jet is a very promising technique for the low temperature fabrication of metallic nanodots that can serve as charge storage nodes on SiO<sub>2</sub> layers.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	980,000	294,000	1,274,000
2010年度	930,000	279,000	1,209,000
総計	1,910,000	573,000	2,483,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード：Si 量子ドット、Ge 量子ドット、エレクトロルミネッセンス

1. 研究開始当初の背景

| 室温・低電圧 (1V 程度) で動作するシリコン

一ゲルマニウム系光電融合デバイスの実現に向け、ナノメートル領域でサイズ制御したSi(あるいはGe)およびGeを内包したSiナノ結晶粒にドナーあるいはアクセプタを添加し、極薄酸化膜を介してこれらを高密度に立体集積した構造を新たに形成する。さらには、電子および正孔の高効率注入を実現するため、不純物添加量を制御して、キャリア注入・保持特性、伝導特性に加えて、発光再結合レートを実験的に定量評価し、材料・デバイスデザイン、特に高効率・高速応答エレクトロルミネッセンスの為のデータベースを提供する。

## 2. 研究の目的

本研究で提案するナノドット積層構造は、SiO<sub>2</sub>膜上でのシリコンSi量子ドットの自己組織化形成に関するこれまで実績・経験を踏まえて、ドット表面のラジカル酸化を繰り返すSi量子ドットとSiO<sub>2</sub>の多重積層構造である。

本年度は、キャリア注入効率の向上を意図してSiドット上へのGeの選択成長およびGe酸化膜上へのSiの選択成長を利用したSi系量子ドット一次元に縦積み連結ドットの形成を試みた。さらには、自己整合的に縦積みした超高密度連結Si量子ドットからの室温エレクトロルミネッセンス(EL)を評価した。さらには、これらと並行して、SiO<sub>2</sub>上の極薄Pt膜を熱プラズマジェット(TPJ)の吹き付け走査することでPtナノドット(Pt-NDs)の高密度一括形成を試みた。

## 3. 研究の方法

自己整合一次元連結Si-QDsのプロセスフローを図1に示す。p-Si(100)基板上に1000°C、2%O<sub>2</sub>で膜厚~4.2nmのSiO<sub>2</sub>を形成後、希釈HF処理を行った後、SiH<sub>4</sub>ガスのLPCVDによりSi-QDsを自己組織的に形成した。その後、GeH<sub>4</sub>-LPCVDによりSi-QDs上にGeを選択成長した後、大気圧でGe/Si-QDsを熱酸化した。引き続き、高温真空熱処理により、Si-QDsの核形成サイトとなるSi熱酸化膜表面のOH基の熱脱離およびGe酸化物の揮発特性を利用したGe酸化膜の薄膜化を行った。その後、GeO<sub>2</sub>/Si-QDs上部にSiH<sub>4</sub>-LPCVDを用いて2

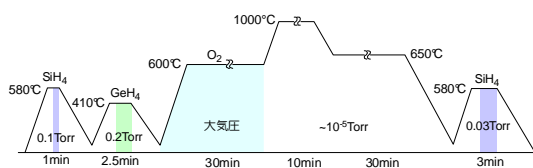


図1 一次元連結Si-QDsの作成プロセス

段目のSi-QDsを自己整合形成した。いずれのプロセスも、同一チャンバ内において真空一貫で行った。その後、850°C熱酸化を行った後、~20nmの半透明Au電極を形成した。

## 4. 研究成果

### (1) 自己整合一次元連結Si量子ドットの形成と発光ダイオード応用

各工程後の表面形状像および模式図を図2に示す。第一段階目のSiH<sub>4</sub>-LPCVD後(a)では、面密度~1.0×10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>のSi-QDsの形成が認められ(a')、その後GeH<sub>4</sub>-LPCVDを行った結果(b)、面密度に変化は認められず、個々のドットサイズが増大していることから、Si-QD上にGeが選択成長していることが分かる(b')。Ge/Si-QDsを熱酸化した後(c)では、僅かながらGeの酸化膨張によるドットサイズの増大が認められるが(c')、引き続き、高温真空アニ

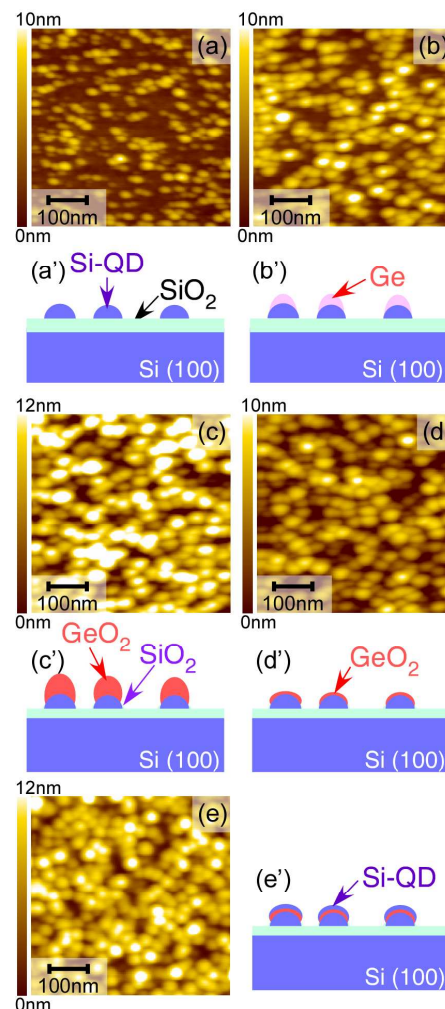


図2 各工程における表面形状像((a)-(e))と表面形状像に対応する模式図。SiH<sub>4</sub>-LPCVD直後((a), (a')), その後Ge-LPCVDを行った後((b), (b')), 600°C熱酸化後((c), (c')), GeO<sub>2</sub>薄膜化後((d), (d')), その後再度SiH<sub>4</sub>-LPCVDを行った後((e), (e'))。

ールした後(d)には、ドット高さの減少が確認された。これは、Ge 酸化物が熱離脱した結果であると考えられる(d')。さらにその後、SiH<sub>4</sub>-LPCVD を行った結果(e)、ドット面密度が変化することなくドットサイズの増加が確認された。この結果は、Ge 酸化物への Si-QD の選択成長(e')で解釈でき、Ge 酸化膜を介して Si 系量子ドットを一次元縦積連結できることを示している。半透明 Au 電極のダイオード構造において、Au 電極と n-Si(100) 基板の仕事関数差を反映した明瞭な整流特性が認められ、順方向バイアス印加時において室温で近赤外領域における発光が認められた(図3)。なお、逆方向バイアス印加では EL は認められなかった。EL 積分強度を電流密度に対してまとめた結果、低密度に形成した縦積連結ドット(面密度:~10<sup>11</sup>cm<sup>2</sup>)に比べ同電流密度における発光強度が増大することから、量子ドットを縦積連結することにより、ドット内への電子・正孔注入が高効率に起こることによって EL 効率が向上したと示唆される。

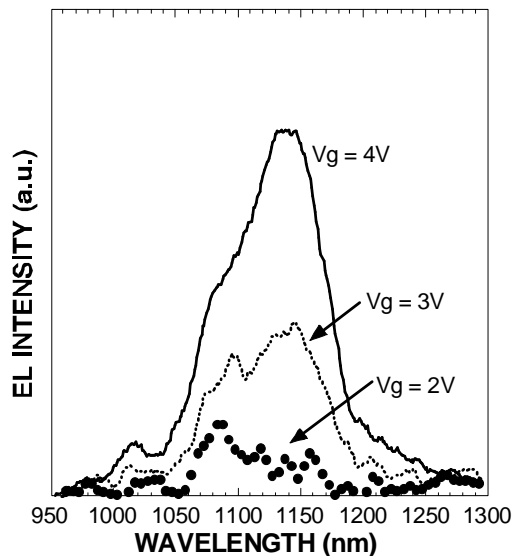


図3 n-Si(100)基板上に形成した一次元連結 Si 系量子ドット発光ダイオードの室温エレクトロルミネッセンス。

## (2) 熱プラズマジェットミリ秒熱処理による高密度Ptナノドットの形成とフローティングゲートメモリ応用

1000°C ドライ酸化(2%O<sub>2</sub>)によって、p-Si(100) 基板上に膜厚~4.0nm の SiO<sub>2</sub> 膜を形成後、Ar スパッタにより Pt 膜(~2.0nm)を室温形成した。その後、Ar ガス(Ar Flow: 7 l/min)を用いて DC アーク放電により、大気圧下で発生させた熱プラズマジェット(DC Bias: ~16 V、Current: ~152 A、TPJ-基板間距離 :1.5mm)前面を予備加熱 200°C で基板走査し、極短時間熱処理を行った。熱処理時の基板表面温度は、レーザープローブを用いて計測した。フローティング

ゲート(FG)MOS キャパシタの作成においては、TPJ 熱処理を施した後、引き続きリモートプラズマ CVD によりコントロール SiO<sub>2</sub> 膜(~24nm)を形成し、最後に Al ゲート電極(直径 1mm)を形成した。

TPJ 処理前後における表面形状像を図4に示す。TPJ 処理前には Pt 膜の表面ラフネス(RMS)は 0.15nm であり、均一な Pt 膜が形成していることが確認できる。Pt 膜を TPJ 処理すると、平均ドットサイズ~4.0nm の Pt-NDs が面密度~3.0×10<sup>11</sup>cm<sup>2</sup> で形成できた。この TPJ 条件において、プローブレーザー光を用いた急速熱処理時における基板表面の実時間温度変化を非接触かつミリ秒分解能で測定した結果、最高到達温度およびアニール時間はそれぞれ 657°C、2.65 ミリ秒であることが分かった。これらの結果から、Pt-NDs の形成は、Pt 薄膜への TPJ 照射によって Pt の表面拡散が促進され Pt 原子の凝集が進行する結果として解釈できる。さらに、Si 熱酸化膜上に形成した Pt-NDs FG-MOS キャパシタにおいて、ゲート電圧掃引範囲をパラメータとして高周波容量-電圧特性を測定した結果(図5)、正および負バイアス印加後に、Pt-NDs における電子注入および放出による正および負のフラットバンド電圧シフト(ΔV<sub>FB</sub>)が明瞭に観測できた。ΔV<sub>FB</sub> は、ゲート電圧掃引範囲の増加に伴い増大しており、ナノドット内の電子数がドット当たり 1 個変化した場合の ΔV<sub>FB</sub> は約 0.33V であると見積もられることから、Pt-NDs 内に多数電荷が注入・保持されていることが示される。次に、V<sub>g</sub>=±10V で十分電子注入または放出した後、V<sub>g</sub>=0V で保持した際に生じた ΔV<sub>FB</sub> の時間変化を測定した結果、電子注入後においては、ナノドットに過剰注入された電子が一部放出されるものの、ドット当たり約 2.7 個の電子が安定保持されることが分かった。これは、注入電子が Pt-NDs の深いポテンシャル井戸内に閉じ込められていることを反映した結果であると考えられる。一方、電子放出後のドット正帯電状態は、Al ゲート電極と p-Si 基板の仕事関数差(約 0.8eV)に加えて、Pt-NDs のフェルミ面が Si 基板の価電子帯上端位置よりも深くなるため p-Si 基板からのナノドットへの価電子注入が進行するため安定保持できない。

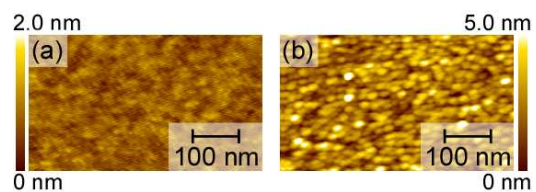


図4 極薄 Pt 膜/SiO<sub>2</sub> の TPJ 熱処理前(a)後(b)における表面形状像。

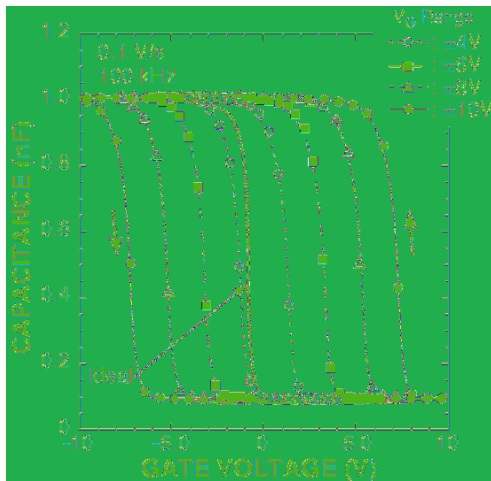


図 5 Pt ナノドットフローティングゲート MOS キャパシタにおける高周波 C-V 特性.

## 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 20 件)

- ① S. K. Sahari, H. Murakami, T. Fujioka, T. Bando, A. Ohta, K. Makihara, S. Higashi and S. Miyazaki, "Study on Native Oxidation of Ge (111) and (100) Surfaces", Jpn. J. Appl. Phys. (in press), 査読有
- ② M. Muraguchi, Y. Sakurai, Y. Takada, Y. Shigeta, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, S. Nomura, K. Shiraishi, and T. Endoh, "Collective Tunneling Model in Charge Trap Type NVM Cell", Jpn. J. Appl. Phys. (in press), 査読有
- ③ G. Wei, Y. Goto, A. Ohta, K. Makihara, H. Murakami, S. Higashi and S. Miyazaki, "The Impact of H<sub>2</sub> Anneal on Resistive Switching in Pt/TiO<sub>2</sub>/Pt Structure", Trans. of IEICE (in press), 査読有
- ④ M. Muraguchi, Y. Sakurai, Y. Takada, S. Nomura, K. Shiraishi, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, Y. Shigeta, T. Endoh, "Study on Collective Electron Motion in Si-Nano Dot Floating Gate MOS Capacitor", Trans. of IEICE. (in press), 査読有
- ⑤ N. Morisawa, M. Ikeda, K. Makihara and S. Miyazaki, "Optical Response of Si-Quantum-Dots/NiSi-Nanodots Stack Hybrid Floating Gate in MOS Structures", Key Engineering Materials, Vol. 470, 2011, pp. 135-139., 査読有
- ⑥ K. Makihara, M. Ikeda, A. Ohta, S. Takeuchi, Y. Shimura, S. Zaima and S. Miyazaki, "High Density Formation of Ge Quantum Dots on SiO<sub>2</sub>", Solid State Electronics (in press), 査読有
- ⑦ K. Makihara, M. Ikeda, H. Deki, A. Ohta and S. Miyazaki, "Self-Align Formation of Si Quantum Dots", ECS Trans., Vol. 33, No. 6, 2010, pp. 661-667., 査読有
- ⑧ T. Matsumoto, S. Higashi, K. Makihara, M. Akazawa and S. Miyazaki, "Formation of Pseudo-Expitaxial Ge Films on Si(100) by Droplet of Ge Microliquid", ECS Trans., Vol. 33, No. 6, 2010, pp. 165-170., 査読有
- ⑨ M. Muraguchi, T. Endoh, Y. Takada, Y. Sakurai, S. Nomura, K. Shiraishi, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, and Y. Shigeta, "Importance of Electronic State of Two-Dimensional Electron Gas for Electron Injection Process in Nano-Electronic Devices", Physica E, Vol. 42, Issue 10, 2010, pp. 2602-2605., 査読有
- ⑩ A. Kawanami, K. Makihara, M. Ikeda and S. Miyazaki, "Formation of Cobalt and Cobalt-silicide Nanodots on Ultrathin SiO<sub>2</sub> Induced by Remote Hydrogen Plasma", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.49, 2010, 08JA04 (4 pages), 査読有
- ⑪ K. Makihara and S. Miyazaki, "Characterization of Electronic Charged States of Impurity Doped Si Quantum Dots Using AFM/Kelvin Probe Technique", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.49, No.2, 2010, 065002 (4 pages), 査読有
- ⑫ K. Makihara, M. Ikeda, A. Kawanami and S. Miyazaki, "Random Telegraph Signals in Two-Dimensional Array of Si Quantum Dots", Trans. of IEICE, Vol.E93-C, No.5, 2010, pp. 569-572., 査読有
- ⑬ N. Morisawa, M. Ikeda, S. Nakanishi, A. Kawanami, K. Makihara and S. Miyazaki, "Light Induced Carrier Transfer in NiSi-Nanodots/Si-Quantum-Dots Hybrid FG in MOS Structures", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 49, 2010, 04DJ04 (4pages), 査読有
- ⑭ T. Okada, S. Higashi, H. Kaku, K. Makihara, H. Furukawa, Y. Hiroshige and S. Miyazaki, "Effect of Chemical Composition of SiOx Films on Rapid Formation of Si Nanocrystals Induced by Thermal Plasma Jet Irradiation", Physica Status Solidi C, Vol. 7, No. 3-4, 2010, pp. 732-734., 査読有
- ⑮ Y. Sakurai, Y. Takada, J-I Iwata, K. Shiraishi, S. Nomura, M. Muraguchi, T. Endoh, Y. Shigeta, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, "Electron Tunneling between Si Quantum dots and Tow Dimensional Electron Gas under Optical Excitation at Low Temperatures", ECS Trans., Vol. 28, No. 1, 2010, pp. 369-374., 査読有
- ⑯ K. Makihara, K. Shimano, A. Kawanami, M. Ikeda, S. Higashi and S. Miyazaki,

“Formation Mechanism of Metal nanodots Induced by Remote Plasma Exposure”, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 12, No. 3, 2010, pp. 626-630., 査読有

- ⑰ Y. Sakurai, S. Nomura, Y. Takada, K. Shiraishi, M. Muraguchi, T. Endoh, Y. Shigeta, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, “Anomalous temperature dependence of electron tunneling between a two-dimensional electron gas and Si dots”, Physica E, Vol. 42, Issue 4, 2010, pp. 918–921., 査読有
- ⑱ S. Miyazaki, M. Ikeda, K. Makihara, K. Shimano and R. Matsumoto, “Formation of High Density Metal Silicide Nanodots on Ultrathin SiO<sub>2</sub> for Floating Gate Memory Application”, J. of Materials Science Forum Vol. 638-642, 2010, pp 1725-1730., 査読有
- ⑲ S. Miyazaki, K. Makihara, M. Ikeda, “Formation and Characterization of Hybrid Nanodot Stack Structure for Floating Gate Application”, Thin Solid Films, Vol. 518, 2010, pp. S30-S34., 査読有
- ⑳ Y. Sakurai, J. Iwata, M. Muraguchi, Y. Shigeta, Y. Takada, S. Nomura, T. Endoh, S. Saito, K. Shiraishi, M. Ikeda, K. Makihara and S. Miyazaki, “Temperature Dependence of Electron Tunneling between Two Dimensional Electron Gas and Si Quantum Dots”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 49, No. 1, 2010, 014001 (4pages)., 査読有

[学会発表] (計 31 件)

- (1) 牧原克典、出木秀典、森澤直也、池田弥央、宮崎誠一、「高密度自己整合集積した Si 系量子ドットのエレクトロルミネッセンス」, 第 58 回春季応用物理学会, (要旨集), 3月9日, 2011年
- (2) 牧原克典、山根雅人、森澤直也、松本和也、池田弥央、東清一郎、宮崎誠一、「熱プラズマジェットミリ秒熱処理による高密度 Pt ナノドットの形成とフローティングゲートメモリ応用」, 第 58 回春季応用物理学会, (要旨集), 3月9日, 2011年
- (3) 牧原克典、森澤直也、藤岡知宏、松本達弥、林将平、岡田竜弥、池田弥央、東清一郎、宮崎誠一、「リモート水素プラズマ処理による Pt/a-Ge:H の合金化反応制御」, 第 58 回春季応用物理学会, (要旨集), 3月9日, 2011年
- (4) K. Makihara, N. Morisawa, M. Ikeda, K. Matsumoto, M. Yamane, S. Higashi and S. Miyazaki, “Electrical Charging Characteristics of Pt-Nanodots Floating Gate in MOS Capacitors”, The 4th International Conference on Plasma-Nano

Technology & Science (IC-PLANTS 2011), (Takayama, Mar. 10-12, 2011).

- (5) K. Makihara, T. Matsumoto, T. Fujioka, M. Ikeda and S. Miyazaki, “Formation of Pt-germanide from Pt/a-Ge:H by Remote Hydrogen Plasma Exposure”, 3rd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), (Nagoya, Mar. 6-9, 2011).
- (6) M. Yamane, M. Ikeda, R. Matsubara, Y. Nishida, K. Makihara, S. Higashi and S. Miyazaki, “Formation of High Density PtSi Nanodots on SiO<sub>2</sub> Induced by Millisecond Rapid Thermal Annealing using Atmospheric Pressure DC Arc Discharge Micro-Thermal Plasma Jet”, 3rd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), (Nagoya, Mar. 6-9, 2011).
- (7) K. Makihara, K. Matsumoto, T. Okada, N. Morisawa, M. Ikeda, S. Higashi and S. Miyazaki, “Formation of High Density Pt Nanodots on SiO<sub>2</sub> Induced by Millisecond Rapid Thermal Annealing using Thermal Plasma Jet”, International Symposium on Dry Process (DPS2010), (Tokyo, Nov. 11-12, 2010).
- (8) A. Ohta, Y. Goto, G. Wei, K. Makihara, H. Murakami, S. Higashi, and S. Miyazaki, “The Impact of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Addition into TiO<sub>2</sub> on Electronic States and Resistive Switching Characteristics”, 23rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC), (Fukuoka, Nov. 9-12, 2010).
- (9) S. Otsuka, R. Takeda, T. Shimizu, S. Shingubara, K. Makihara, S. Miyazaki, T. Watanabe, Y. Takano and K. Takase, “Geometry Dependencies of Switching Characteristics of Anodic Porous Alumina for ReRAM”, 23rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC), (Fukuoka, Nov. 9-12, 2010).
- (10) K. Makihara, M. Ikeda, H. Deki, A. Ohta and S. Miyazaki, “Self-Align Formation of Si Quantum Dots”, 218th Electrochemical Society (ECS) Meeting : SiGe & Ge Materials, Processing and Device Symposium (Las Vegas, Nevada, Oct. 10-15, 2010).
- (11) T. Matsumoto, S. Higashi, K. Makihara, M. Akazawa and S. Miyazaki, “Formation of Pseudo-Expitaxial Ge Films on Si(100) by Droplet of Microliquid Ge Melt”, 218th

- Electrochemical Society (ECS) Meeting : SiGe & Ge Materials, Processing and Device Symposium, (Las Vegas, Nevada, Oct. 10-15, 2010).
- (12) K. Makihara, Y. Miyazaki, T. Fujioka, T. Matsumoto, M. Ikeda and S. Miyazaki, "Formation of Pt-germanide from Pt/a-Ge:H by Remote Hydrogen Plasma Treatment at Atmosphere Temperature", 7th International Conference on Reactive Plasmas / 28th Symposium on Plasma Processing / 63rd Gaseous Electronics Conference (ICRP-7 / SPP-28 / GEC-63), (Paris, France, Oct. 4-8, 2010).
- (13) M. Ikeda, S. Nakanishi, N. Morisawa, A. Kawanami, K. Makihara and S. Miyazaki, "Multistep Electron Injection in a PtSi-Nanodots/Silicon-Quantum-Dots Hybrid Floating Gate in nMOSFETs", 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), (Tokyo, Sept. 22-24, 2010).
- (14) S. K. Sahari, H. Murakami, T. Fujioka, T. Bando, A. Ohta, K. Makihara, S. Higashi and S. Miyazaki, "Study on Native Oxidation of Ge (111) and (100) Surfaces", 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), (Tokyo, Sept. 22-24, 2010).
- (15) M. Muraguchi, Y. Sakurai, Y. Takada, Y. Shigeta, M. Ikeda, K. Makihara, S. Miyazaki, S. Nomura, K. Shiraishi, T. Endoh, "Collective Tunneling Model in Charge Trap Type NVM Cell", 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), (Tokyo, Sept. 22-24, 2010).
- (16) 牧原克典、池田弥央、大田晃生、川浪彰、宮崎誠一、「自己整合一次元連結 Si 量子ドットの形成」, 第 71 回秋季応用物理学会, (於 長崎大学), 9 月 14-17 日, 2010 年
- (17) G. Wei, Y. Goto, A. Ohta, K. Makihara, H. Murakami, S. Higashi and S. Miyazaki, "The Impact of H<sub>2</sub> Anneal on Resistive Switching in Pt/TiO<sub>2</sub>/Pt Structure", 2010 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD2010), (Tokyo, June 30 - July 2, 2010).
- (18) K. Makihara, R. Ashihara, M. Ikeda, A. Ohta, N. Morisawa, T. Fujioka, H. Murakami and S. Miyazaki, "Formation of PtAl Nanodots Induced by Remote Hydrogen Plasma", International Symposium on Technology Evolution for Silicon Nano-Electronics (ISTESNE), (Tokyo, June 3-5, 2010).
- (19) S. Miyazaki, M. Ikeda, K. Makihara, H. Murakami and S. Higashi, "Formation and Characterization of Hybrid Nanodots Stack Structure and Its Application to Floating Gate Memories", International Symposium on Technology Evolution for Silicon Nano-Electronics (ISTESNE), (Tokyo, June 3-5, 2010).
- (20) M. Ikeda, S. Nakanishi, N. Morisawa, A. Kawanami, K. Makihara and S. Miyazaki, "Multistep Electron Injection in PtSi-Nanodots/Silicon-Quantum-Dots Hybrid Floating Gate in MOS Structures", International Symposium on Technology Evaluation for Silicon Nano-Electronics (ISTESNE), (Tokyo, June 3-5, 2010).
- (21) N. Morisawa, M. Ikeda, K. Makihara and S. Miyazaki, "Optical Response of Si-Quantum-Dots/NiSi-Nanodots Stack Hybrid Floating Gate in MOS Structures", International Symposium on Technology Evolution for Silicon Nano-Electronics (ISTESNE), (Tokyo, June 3-5, 2010).
- (22) K. Makihara, M. Ikeda, A. Ohta and S. Miyazaki, "High Density Formation of Ge Quantum Dots on SiO<sub>2</sub>", 5th International SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2010), (Stockholm, Sweden, May 24-26, 2010).

他 国際会議 4 件、国内会議 5 件

[その他]

ホームページ等

<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/miyazakilab/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

牧原 克典 (MAKIHARA KATSUNORI)  
名古屋大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：90553561

### (2) 研究分担者 なし

### (3) 研究連携者 なし