

平成 22 年 5 月 17 日現在

研究種目：基盤研究(A)
 研究期間： 2007 ～ 2009
 課題番号：19206031
 研究課題名（和文） 半導体ナノワイヤによる量子集積ハードウェアの構築
 研究課題名（英文） Development of Quantum Integrated Hardwares based on Semiconductor Nanowires
 研究代表者
 本久 順一 (MOTOHISA JUNICHI)
 北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
 研究者番号：60212263

研究成果の概要（和文）：半導体ナノワイヤを用いた量子集積ハードウェアを構築するため、高均一、高密度の半導体ナノワイヤの形成技術を確認し、それを用いた電界効果トランジスタ(FET)作製と評価を行った。特にシリコン基板上に垂直に配向したナノワイヤを用いた縦型FETの作製技術を確認した。また、ナノワイヤを縦型に集積化した論理回路を提案するとともに、ナノワイヤを横方向に集積化して配列する手法について検討した。

研究成果の概要（英文）：We developed a formation method of high-density and highly uniform array of semiconductor nanowires to realize quantum integrated hardwares. In particular, fabrication and characterization of nanowire field-effect transistors (FETs) were carried out, and vertical nanowire FETs on Si substrates were demonstrated. We also proposed vertically-integrated logic circuits based on vertical FETs and investigated a method to laterally align nanowires for their high-density integration.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	10,400,000	3,120,000	13,520,000
2008年度	16,500,000	4,950,000	21,450,000
2009年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
年度			
年度			
総計	36,600,000	10,980,000	47,580,000

研究分野：電気電子工学

科研費の分科・細目：電気・電子材料工学

キーワード：半導体ナノワイヤ、量子集積ハードウェア、電界効果トランジスタ、有機金属気相成長法、選択成長、論理回路

1. 研究開始当初の背景

半導体ナノワイヤは結晶成長を利用して形成する直径数 nm から数 100 nm 程度、長さ数 100 nm から数ミクロンの 1 次元細線の構造であり、従来のプレーナ技術の枠組みを超えた革新的なナノ材料として、特に、ナ

ノエレクトロニクス・ナノフォトニクスの基本構成要素として注目を集めている。このうちナノワイヤによる電界効果トランジスタ(FET)応用として、横型と縦型の 2 種類の構造が考えられている。これまでの報告の多くは前者の横型 FET に関するものであったが、

ナノワイヤの特徴、特に基板から垂直に伸びるナノワイヤを最大限に活かす素子として、後者の縦型 FET、あるいはサラウンディングゲートトランジスタ(SGT)が検討されている。

これまで、横型 FET を含め、半導体ナノワイヤを用いた単体のデバイスではある程度の良好な特性・成果が得られているが、ナノワイヤによるエレクトロニクス・フォトニクス等、応用に向け関連の技術を幅広く展開させるためには、単一のナノワイヤでは不十分である。すなわち、多数のナノワイヤを制御性良く作製・配列させ、多数の FET 等を集積化し、回路を実現し、ナノワイヤを用いて情報処理を行うハードウェア・集積回路・アーキテクチャの構築が必要である。

2. 研究の目的

1.に述べた背景のもと、本研究では、ナノワイヤによる横型および縦型さらにはナノワイヤ中にヘテロ構造を導入した量子デバイス形成技術・集積化技術を開発するとともに、ナノワイヤに適した量子集積ハードウェアを構成・実現することを目的とする。具体的には、以下の点を明らかにすることを目的とする。

- (1) ナノワイヤを用いた横型および縦型トランジスタの作製技術の確立
- (2) ナノワイヤの集積化技術の確立と集積ハードウェアの評価
- (3) 縦型 FET による量子集積ハードウェアの探索

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、以下の研究項目について研究を行った。

- (1) ナノワイヤの形成と横型・縦型集積化の検討：有機金属気相選択成長法によるナノワイヤ形成技術を確認させるとともに、量子集積ハードウェア実現に向け、ナノワイヤの集積化技術の検討を行なった。加えて、ナノワイヤによる量子集積ハードウェアの具体的な構造について検討した。
- (2) 横型FETの作製と評価：ナノワイヤによるFETとして基本的な構造である横型FETの作製と評価を行った。特に、ヘテロ構造の導入や、プロセスの改善による性能改善を目指した。
- (3) 縦型FETの作製と評価：ナノワイヤによる縦型FETの作製技術の確立を試みるとともに、作製されたFETの評価を行なった。

4. 研究成果

- (1) ナノワイヤの形成と横型・縦型集積化の検討

①有機金属気相選択成長法によるナノワイヤの形成：有機金属気相選択成長法を用い、種々

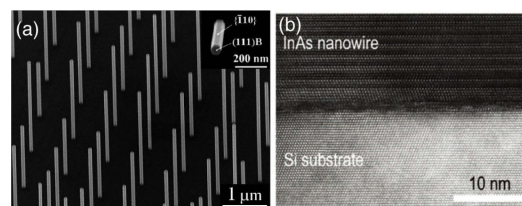


図 2 : Si 基板上に成長した InAs ナノワイヤの走査電子顕微鏡像と断面透過電子線顕微鏡像

のナノワイヤの形成技術を確認させた。まず、InGaAsナノワイヤを制御よく形成するため、様々な成長条件およびマスク構造を有する基板に成長を行なうことにより、形成メカニズムの解明を試みた。その結果、InGaAsナノワイヤにおいてはその混晶組成比により成長速度およびそのマスク開口パターン依存性に大きな差があり、In組成の増大とともにそれらが抑制されることが明らかとなった。そして、この結果を説明するモデルについて考察を行い、マスクからのIn原料の再蒸発により説明できることがわかった。また、Si CMOS技術との融合を目指し、Si基板上にInAsおよびGaAsナノワイヤの形成を試みた。高温における表面クリーニングや、低温成長、流量変調モードによる成長などを組み合わせ、ナノワイヤ形成前の基板の状態を適切にAsで終端し、(111)B的な面することによって、図1(a)に示したような基板から垂直に配向したナノワイヤが形成できることを示した。そして、図1(b)に示すように、界面にはミスフィット転位が存在しているが、ナノワイヤ中には貫通転位が認められないことも明らかとなった。その他、コアシェル型ヘテロ構造を有するナノワイヤの形成を行ない、InAs/InAlAs、InP/InAsなどのコアシェル型ヘテロ構造の作製に成功した。以上作製されたナノワイヤはいずれもFETの作製に用いられた。

②半導体ナノワイヤによる縦型論理回路の提案と作製に向けた取り組み：ナノワイヤによる集積ハードウェアの1つとして、図2(a)に示したような、ナノワイヤ縦型FETを縦方向に集積した論理回路を提案した。これは、1本のナノワイヤの中にpチャネルFETとnチャネルFETを複数組み合わせることで実現しようとするものであり、図2の例では、CMOS型インバータ(図2(b)参照)が1本のナノワイヤにより実現できる。さらに、複数のFETを積層させることにより、ダイナミックロジックに基づく論理回路の構成について提案した。図2(c)はナノワイヤにより実現可能なダイナミック論理に基づくAND回路の構成例である。さらに、このような素子を実現するためには、p-チャネル

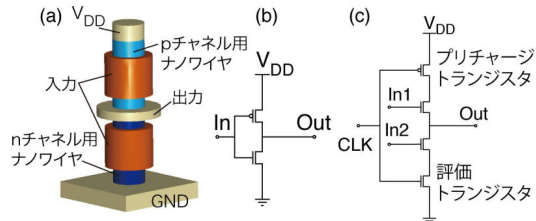


図 2: (a) ナノワイヤの縦方向集積構造の例および(b)その等価回路。(c) ナノワイヤの縦方向集積回路で実現可能なダイナミック論理にもとづく AND 論理回路。

FETの材料としてGaSbを用い、n-チャンネルFETとしてInAsを用いることが、ナノワイヤ形成の可能性やキャリア移動度の観点で有利であることに着目し、InAs/GaSbヘテロ構造が論理回路実現に有用であることを提案した。そして、このような構造の実現に向け、GaSbナノワイヤの形成を試みた。これまでの結果としては、(111)面方位のGaAs基板を用いた場合、良好なナノワイヤは得られておらず、今後さらなる成長条件等の検討が必要である。なお、InP(111)A面上ではGaSbウィスカがマスク開口部に形成されたが、これは自己触媒により気相-液相-固相(VLS)成長したものと考えられる。

③微小流体を用いたナノワイヤの横方向配列の試み：ナノワイヤの横方向配列構造を形成するため、マイクロチップを作製し、それにナノワイヤを含む流体を流すことにより、流れに沿った方向にナノワイヤの配列させることを試みた。また本手法により配列可能なナノワイヤによるクロスバー構造の規模について見積もりを行なった結果、実用上4x4程度の程度に留まることがわかった。そこで、配列構造の改善や、さらなる高密度化に向け、自己組織化単分子膜を用いる手法について検討した。現在のところ満足な結果は得られておらず、今後とも検討を要する。

④ナノインプリント技術を利用したナノワイヤ形成の試み：ナノワイヤ形成の高スループット化を目指し、ナノインプリント技術を用いた選択成長用のマスク基板の作製技術とその応用について検討した。円形の突起を有するモールドを利用し、Si基板上に開口直径200nmのSiO₂パターン得ることに成功し、また選択成長にも成功したが、良好なGaAsナノワイヤを得るためには、開口直径のさらなる微小化などの改善が必要であることがわかった。

(2) 横型FETの作製と評価

①InGaAsナノワイヤFETの作製と評価：

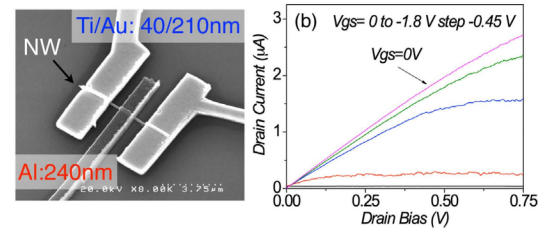


図 3: (a) ナノワイヤ横型 FET の電子顕微鏡写真と(b)その特性。

InGaAsナノワイヤをSi/SiO₂基板上に散布し、電極を形成することにより図3(a)に示すような横型FETを作製した。直径100nmのナノワイヤを用いて作製したゲート長1 μ mのFETを評価した結果、トップゲートを有する素子において図3(b)のような特性が得られ、最大の相互コンダクタンス3.3mS、on/off比10³、サブスレッシュヨルドスロープ200mV/decadeの値を得た。そしてこれらの結果や4端子法による抵抗率およびコンタクト抵抗の評価の結果、ナノワイヤ中に意図的に導入した不純物密度が高すぎることで、コンタクト抵抗が高いことなどによりFET特性が制限されていることが明らかになった。

②ナノワイヤ絶縁ゲート型FETの作製とその性能改善：InAsおよびInGaAsナノワイヤを用いた横型の絶縁ゲートFETを試作した。このとき、as-grownのナノワイヤに対してゲート絶縁体を堆積した後FETを作製することにより、電流密度が1桁程度向上することが確認された。これはナノワイヤの表面準位による影響が減少したためと考えている。横型FETにおいては、プロセスの改善によりon電流が従来のFETより向上することが確認され、またサブスレッシュヨルドスロープの改善を目的として、コアシェル構造を利用したチューブ状チャンネルのFETを提案した。数値シミュレーションの結果、 \forall コアシェル構造では直径100nm InAsナノワイヤによるFETと比べ、サブスレッシュヨルドスロープの改善(約100mV/decade)が見られることがわかる。また、チューブ状チャンネルFETを試作した。

(3) 縦型FETの作製と評価

Si基板上に成長したInAsナノワイヤを用いて縦型FETを作製する技術を確認し、素子特性の評価を行なった。作製された縦型FETの断面SEM像および模式図を図4(a)に示す。また、単一のナノワイヤに対して作製されFETの特性の一例を図4(b)および(c)に示す。nチャンネルFETとして動作することが確認された。さらプロセスの改善およびコアシェル

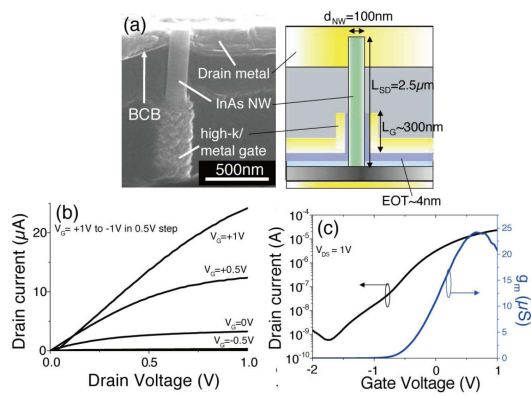


図4：(a) ナノワイヤ縦型 FET の断面図および模式図。(b) ドレイン電流特性および(c) ゲート伝達特性。

構造の採用により、非常に鋭いサブスレシヨルドスロープ(100 mV/decade 程度)、あるいは高い on/off 比(約 10^7)を有する縦型 FET の作製に成功した。

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 18 件)

1. T. Tanaka, K. Tomioka, S. Hara, J. Motohisa, E. Sano, and T. Fukui: "Vertical Surrounding Gate Transistors Using Single InAs Nanowires Grown on Si Substrates", Appl. Phys. Express 3 (2010) 025003.
2. Hiroatsu Yoshida, Keitaro Ikejiri, Takuya Sato, Shinjiroh Hara, Kenji Hiruma, Junichi Motohisa and Takashi Fukui: "Analysis of Twin Defects in GaAs Nanowires and Tetrahedra and Their Correlation to GaAs (111)B Surface Reconstructions in Selective-Area Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy", J. Cryst. Growth 315, pp.52-57, (2009).
3. Katsuhiro Tomioka, Yasunori Kobayashi, Junichi Motohisa, Shinjiroh Hara and Takashi Fukui: Selective-area growth of vertically aligned GaAs and GaAs/AlGaAs core-shell nanowires on Si(111) substrate, Nanotechnology 20, 145302 (2009).
4. H. Goto, K. Nosaki, K. Tomioka, S. Hara, K. Hiruma, J. Motohisa, and T. Fukui: "Growth of Core-Shell InP Nanowires for Photovoltaic Application by Selective-Area Metal Organic Vapor Phase Epitaxy", Applied Physics Express 2, 035004 (2009).
5. B. Hua, J. Motohisa, Y. Kobayashi, S. Hara and T. Fukui: "Single GaAs/GaAsP Coaxial Core-Shell Nanowire Lasers", Nano Lett., 2009, 9 (1), pp 112-116.
6. Takuya Sato, Yasunori Kobayashi, Junichi Motohisa, Shinjiroh Hara, Takashi Fukui: "SA-MOVPE of InGaAs nanowires and their compositions studied by micro-PL measurement", Journal of Crystal Growth 310,

pp.5111-5113 (2008).

7. B. Pal, K. Goto, M. Ikezawa, Y. Masumoto, P. Mohan, J. Motohisa, and T. Fukui: "Type-II behavior in wurtzite InP/InAs/InP core-multishell nanowires", Appl. Phys. Lett. 93, 073105 (2008).
8. K. Tomioka, J. Motohisa, S. Hara, and T. Fukui: "Control of InAs Nanowire Growth Directions on Si", Nano Lett.; 2008; 8(10); 3475-3480.
9. B. Hua, J. Motohisa, S. Hara, T. Fukui: "Microcavity structures in single GaAs nanowires", physica status solidi (c) Vol. 5, Issue 9, pp.2722-2725 (2008).
10. M. Fukui, Y. Kobayashi, J. Motohisa and T. Fukui: "Spectroscopy and Imaging of GaAs-InGaAs-GaAs Heterostructured Nanowires Grown by Selective-Area Metalorganic Vapor Phase Epitaxy", physica status solidi (c) Vol. 5, Issue 9, pp.2743-2745 (2008).
11. K. Ikejiri, T. Sato, H. Yoshida, K. Hiruma, J. Motohisa, S. Hara and T. Fukui: "Growth characteristics of GaAs nanowires obtained by selective area metal-organic vapour-phase epitaxy", Nanotechnology 19, 265604 (2008).
12. Y. Kobayashi, M. Fukui, J. Motohisa, and T. Fukui: "Micro-photoluminescence spectroscopy study of high quality InP nanowires grown by selective-area metalorganic vapor phase epitaxy", Physica E. Vol. 40, No 6, pp.2204-2206 (2008).
13. Takuya Sato, Junichi Motohisa, Jinichiro Noborisaka, Shinjiroh Hara and Takashi Fukui: "Growth of InGaAs nanowires by selective-area metalorganic vapor phase epitaxy", J. Cryst. Growth Vol. 310, No. 7-9 pp. 2359--2364 (2008).
14. K. Hiruma, K. Ikejiri, H. Yoshida, K. Tomioka, J. Motohisa, S. Hara, and T. Fukui: "Formation of III-V Compound Semiconductor Nanowire and a Crystal Structure Change between Zincblende and Wurtzite (review)", Japanese Journal of Crystal Growth 34, No.4 pp.224-232 (2007). (in Japanese)
15. Katsuhiro Tomioka, Junichi Motohisa, Shinjiroh Hara, and Takashi Fukui: "Crystallographic Structure of InAs? Nanowires Studied by Transmission Electron Microscopy", Jpn. J. Appl. Phys. 46, L1102 (2007).
16. Ying Ding, Junichi Motohisa, Bin Hua, Shinjiroh Hara, and Takashi Fukui: "Observation of Microcavity Modes and Waveguides in InP Nanowires Fabricated by Selective-Area Metalorganic Vapor-Phase

Epitaxy", Nano Lett. 7 (12), 3598-3602 (2007).

17. J. Noborisaka, T. Sato, J. Motohisa, S. Hara, K. Tomioka and T. Fukui: "Electrical Characterizations of InGaAs Nanowire top-gate Field-effect-Transistors by using Selective-area MOVPE", Jpn. J. Appl. Phys. 46, 7562 (2007).
18. Bin Hua, Junichi Motohisa, Ying Ding, Shinjiro Hara, and Takashi Fukui: "Characterization of Fabry-Perot microcavity modes in GaAs nanowires fabricated by selective-area metal organic vapor phase epitaxy", Appl. Phys. Lett. 91, 131112 (2007).

[学会発表] 計 (32) 件

1. 井上理樹, 佐藤拓也, 池辺将之, 原真二郎, 福井孝志, 本久順一 「熱ナノインプリントを利用した MOVPE 選択成長」第 57 回応用物理学会関係連合講演会, 厚木市, 2010 年 3 月.
2. 佐藤拓也, 本久順一, 原真二郎, 佐野栄一, 福井孝志 「InP ナノワイヤを用いた InAs? チューブチャンネル FET の作製と評価」第 57 回応用物理学会関係連合講演会, 厚木市, 2010 年 3 月.
3. 高山雄大, 富岡克広, 福井孝志, 本久順一 : 「有機金属気相成長法による GaAs 上への GaSb 選択成長」第 57 回応用物理学会関係連合講演会, 厚木市, 2010 年 3 月.
4. 本久順一, 田中智隆, 富岡克弘, 福井孝志, 「InAs 系ナノワイヤトランジスタ(招待講演)」電子情報通信学会 2010 年総合大会, 2010 年 3 月 17 日, 仙台市
5. J. Motohisa, B. Hua, K. S. K. Varadwaj, S. Hara, K. Hiruma, and T. Fukui, "Lasing in GaAs-based Nanowires Grown by Selective-Area MOVPE (invited)", Winter Topicals 2010, January 11-13, 2010, Majorca, Spain
6. J. Motohisa, S. Hara, K. Hiruma, and T. Fukui, "Growth of nanowires by selective-area metalorganic vapor phase epitaxy and their applications (invited)", The XV International Workshop on the Physics of Semiconductor Devices, December 15-19, 2009, New Delhi, India.
7. T. Sato, J. Motohisa, S. Hara, E. Sano and T. Fukui, "Study on InAs Tubular Channel Nanowire FETs", The 3rd International Conference on One-Dimensional Nanomaterials (ICON 2009) December 7-9, 2009 Atlanta, Georgia, USA.
8. T. Tanaka, K. Tomioka, S. Hara, J. Motohisa and T. Fukui, "Vertical Surrounding Gate Field Effect Transistors using InAs

Nanowires on Si Substrates", the 2009 Material Research Society (MRS) Fall Meeting, November 30-December 4, 2009, Boston, Massachusetts, USA

9. T. Sato, J. Motohisa, S. Hara, E. Sano and T. Fukui, "Fabrication and Electrical Characterization of InAs Tubular Channel Nanowire FETs", the 2009 International Symposium on Advanced Nanostructures and Nanodevices (ISANN 2009), November 29-December 4, 2009, Kaanapali, Maui, Hawaii, USA
10. T. Tanaka, K. Tomioka, J. Motohisa, S. Hara and T. Fukui, "Fabrication of InAs Nanowire Vertical Surrounding-Gate Field Effect Transistor on Si Substrates", the 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2009), October 6-9, 2009, Sendai, Japan
11. 本久順一, 「半導体ナノワイヤのデバイス応用(招待講演)」, 第 70 回応用物理学会学術講演会, 2009 年 9 月 8 日-11 日, 富山
12. 田中智隆, 富岡克広, 本久順一, 原真二郎, 福井孝志: 「シリコン基板上の InAs ナノワイヤ縦型サラウンディングゲート FET の作製」, 第 70 回応用物理学会学術講演会, 富山, 2009 年 9 月.
13. J. Motohisa, "Growth and Application of Semiconductor Nanowires (invited)", International Conference on Nanoscience and Technology, China 2009 (ChinaNANO 2009), September 1-3, 2009, Beijing, China
14. J. Motohisa, "Growth of III-V nanowires by selective-area MOVPE and their applications (invited)", 2nd International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano 2009), August 10-14, 2009, Anan, Tokushima, Japan
15. J. Motohisa, Hua, and Y. Kobayashi, "Near-infrared lasing in GaAs/GaAsP coaxial core-shell nanowires (invited)", International Workshop on Photons and Spins in Nanostructures (IWPSN), July 27-28, 2009, Sapporo, Japan
16. 本久順一: 「有機金属気相選択成長による半導体ナノワイヤの形成」(招待講演), 第 38 回結晶成長国内会議(NCCG-38), 2008 年 11 月, 仙台
17. 比留間健之, 原真二郎, 本久順一, 福井孝志: 「有機金属気相選択成長法による半導体ナノワイヤの成長とその成長機構」(招待講演), 化学工学会 第 40 回秋季大会 (SCEJ), 仙台, 2008 年
18. 田中智隆, 富岡克広, 北内悠介, 本久順一, 原真二郎, 福井孝志: 「MOVPE 選択成長した InAs ナノワイヤの縦型二端子

- 測定」, 第 69 回応用物理学会学術講演会, 春日井, 2008 年 9 月.
19. 本久 順一, 原 真二郎, 比留間 健之, 福井 孝志:「化合物半導体ナノワイヤとデバイス応用」(招待講演), 日本真空協会 スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会 第 109 回定例会, 東京, 2008 年 7 月 24 日, pp. 29-37.
 20. T. Sato, Y. Kobayashi, J. Motohisa, S. Hara and T. Fukui: "Selective-Area MOVPE Growth of InGaAs Nanowires and Their Photoluminescence Characterization", the 27th Electronic Materials Symposium (EMS-27), Izu, Japan, July 9-11, 2008, pp. 37-38.
 21. J. Noborisaka, T. Sato, J. Motohisa, K. Tomioka, S. Hara and T. Fukui: "Catalyst-Free Growth and FET Application of (InGa)As Nanowires", the 66th Device Research Conference (DRC 2008), Santa Barbara, California, USA, June 23-25, 2008.
 22. T. Sato, Y. Kobayashi, J. Motohisa, S. Hara and T. Fukui: "Fabrication and Optical Characterization of InGaAs Nanowires by Selective-Area MOVPE", the 14th International Conference on Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE-XIV), Metz, France, June 1-6, 2008, pp. 87-88.
 23. 佐藤拓也, 小林靖典, 本久 順一, 原真二郎, 福井 孝志, 「MOVPE 選択成長法による InGaAs ナノワイヤの作製及び顕微 PL 測定による組成の評価」, 第 55 回応用物理学会関係連合講演会, 2008 年 3 月 27 日～30 日、船橋
 24. 富岡克広, 本久順一, 原真二郎, 福井孝志, 「MOVPE 選択成長法による Si 基板上の InAs ナノワイヤ成長」, 第 55 回応用物理学会関係連合講演会, 2008 年 3 月 27 日～30 日、船橋
 25. J. Noborisaka, T. Sato, J. Motohisa, S. Hara, K. Tomioka and T. Fukui, "(InGa)As Nanowire Field Effect Transistors", the 2007 International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology (ISANN 2007), December 2-7, 2007, Waikoloa, Hawaii, USA
 26. S. Hara, J. Motohisa and T. Fukui, "III-V Semiconductor Nanowires and Their Device Applications, (Invited Paper)", 2007 International Symposium on Advanced Silicon-Based Nano-Devices (ISASN 2007), 2007 年 11 月 9 日, Tokyo
 27. J. Motohisa, S. Hara, and T. Fukui, "InP/InAs core-multishell heterostructure nanowires grown by metalorganic vapor phase epitaxy", 2007 Virtual Conference on Nanoscale Science and Technology, October 21-25, 2007,

Fayetteville, Arkansas, USA

28. 登坂 仁一郎, 佐藤 拓也, 本久 順一, 原真二郎, 福井 孝志, 「MOVPE 選択成長法により作製した InGaAs 系ナノワイヤの電気特性評価」, 第 68 回応用物理学会学術講演会, 2007 年 9 月 4 日～8 日、札幌
29. 富岡 克広, 本久 順一, 原 真二郎, 福井 孝志, 「MOVPE 選択成長法による Si(111) 基板上の III-V 族化合物半導体ナノワイヤ成長」, 第 68 回応用物理学会学術講演会, 2007 年 9 月 4 日～8 日、札幌
30. 佐藤 拓也, 本久 順一, 原 真二郎, 福井 孝志, 「InP (111)B 基板上に作製した InGaAs ナノワイヤの評価」, 第 68 回応用物理学会学術講演会, 2007 年 9 月 4 日～8 日、札幌
31. J. Motohisa, T. Fukui, and S. Hara, "III-V semiconductor nanowires and nanotubes grown by selective area metalorganic vapor phase epitaxy," International Conference on Nano Science and Technology (ICN+T 2007), July 2-6, 2007, Stockholm, Sweden.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等:

<http://rihog4.rciqe.hokudai.ac.jp/~motohisa/puki/wiki/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

本久 順一 (MOTOHISA JUNICHI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号: 60212263

(2)研究分担者

池辺 将之 (IKEBE MASAYUKI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 20374613

橋詰 保

北海道大学・量子集積エレクトロニクス研究センター・教授
研究者番号: 80149898

(3)連携研究者

()

研究者番号: