

大阪大学大学院工学研究科 教授

理化学研究所 主任研究員

青野 正和

「人工ナノ構造の機能探索」

1. 研究実施の概要

< 研究の背景と目的 >

マイクロメーターからナノメーターの領域へと進展してきた物質の微細加工技術は、今や原子の層を一枚ずつ、原子の塊まりを一個ずつ、さらには個々の原子を一個ずつ、かなりの精度で制御することを可能ならしめるに至った。物質の微細加工を極微にまで押し進めようとする人類のこの飽くなき努力は、端的に言えば、極微細構造における電子や光子の量子現象、原子や分子の運動素過程をより深く理解し、制御し、利用して、人類の未来に新しいパラダイムを開きたいという希求に基づいている。脳や遺伝子に学びかつそれらを陵駕する新しいアルゴリズムの情報処理への応用はもとより、この世界を支配する基本的力学のより深い理解にもつながるなど、その波及効果は計り知れない。しかしこの分野の研究の現状を眺めるとき、極微細構造の構築法に関する研究は数多いが、それらの機能を積極的に計測し、理解し、探索しようとする研究は世界的に見ても始まったばかりである。その機が熟した今日、この方向の研究を戦略として組織的に進めることは我が国に課せられた使命と言えよう。本研究は、極微細構造の構築ならびにその機能に関して豊富な経験と知識を有する実験と理論の研究者を結集して、極微細構造の「機能探索」研究に突破口を開くと共に、我が国から世界に向けて発信できる新しい情報処理デバイスの開発を目的として開始された。

< 研究成果の概要 >

約5年間の研究を終え、我々は当初の目標をほぼ達成したのみならず、当初には予期しなかった幾つかの興味深い成果を挙げることができた。後者の成果は前者の成果に較べてむしろより有意義であると言うことができ、「研究は生き物である」ことを再確認することになった。

得られた主要な研究成果の概要は以下の通りである：

- 1) 2、3、4本の独立に駆動できる探針を持つ走査トンネル顕微鏡 (STM) を世界に先駆けて開発した。(従来の STM は言うまでもなく1本の探針しか持たないが、2、3、4本の独立に駆動できる探針を持つ新しい STM を開発したのである。その目的は、個々の探針をナノスケール構造の任意位置への接触電極として用いて、ナノスケール構造の電気特性 (電気伝導度など) を計測することにある。この開発は今後のナノテクノロジーやナノサイエンスにブレークスルーをもたらすことは必定であると自負している。)
- 2) (上述の) 多探針 STM を用いて、シリコン (Si) 半導体表面、フラーレン (C₆₀) 重合分子膜、シリサイド (ErSi₂) ナノ細線などの電気伝導の直接計測に成功した。(低次元ナノスケール構造の電気伝導は、今日のナノテクノロジーおよびナノサイエンスにおいて中心的な興味の対象となっている重要な物理量である。本研究はそ

の直接計測に道を拓くものである。)

- 3) 分子膜の予め定めた位置から別の予め定めた位置まで、ナノメートルの空間精度で、パイ共役重合分子を形成する技術の開発に成功した。(これは2つの意味において重要である。一つは、将来の分子ナノエレクトロニクスにおいて個々の分子デバイスを構築しかつそれらを相互連結するための有望な方法を提供したこと、もう一つは、連鎖化学反応の素過程を直接に観察しうる“ナノ化学”の新しい実験の設計を勇気づけることである。)
- 4) 全く新しい概念で動作する“量子効果原子スイッチ”の開発に成功した。(このスイッチは、1個～数個の原子の運動を電圧によって制御し、それによって量子化された電気伝導度を制御する全く新しいスイッチである。スイッチング電圧が10 mV程度と小さく、スイッチング速度が10 GHz程度まで期待できることが特徴である。このスイッチを実用的に機能素子化する研究が、平成12年度に新しく発足した基礎的研究発展推進制度における「新しい量子効果スイッチの機能素子化」課題として採択され、日本のある大手電気メーカーが研究に参加し始めた。)
- 5) 理論的研究の興味深い結果として、2つの接近した金属電極を分子が架橋するとき、両電極間に電流を流すと、架橋している分子の内部に電極間電流よりも桁違いに大きい渦電流が流れる場合のあることが分かった。(その渦電流は大きい磁気モーメントを生み出すので、将来のスピン・エレクトロニクスとの関連において極めて興味深い。)
- 6) その他にも数多くの興味深い研究成果が得られた。たとえば、表面に吸着した分子にSTMの探針から電子を注入するとき、電子のエネルギーを適切に選ぶと、その分子の固有振動が励起されて、その分子の移動を促しうること、STMの探針を試料表面に接近させてトンネル電流を流すとき光が放出されるが、その光放出の機構として今まで知られていなかった新しい機構、すなわちSTMの探針と試料表面との間を電子が飛び移る際にその事象の一部として光が放出される機構、があることなどが分かった。

2 . 主な研究成果

(1) 論文発表 (海外 64 件、国内 9 件、)

V. Khavryutchenko, E. Sheka, D. H. Huang, and M. Aono: "STM individual atom manipulation on Si(111)7x7 surface: Computational modeling", Phys. Low-Dim Struct, **9/10** (1996) 1-106.

V. Khavryutchenko, E. Sheka, M. Aono, and D. H. Huang: "Supercluster quantum-chemical approach to the Si(111)7x7 surface", Phys. Low-Dim Struct., **11/12** (1996) 1-24.

中山知信: "原子操作による半導体表面のインテリジェント化"、インテリジェント材料、**17** (1997) 5.

G. Treboux and M. Aono: "Analysis of adsorption sites of benzene molecules on the Pd(110) surface through calculations of STM images", J. Phys. Chem., **B101**(1997) 4620-4622.

Z. W. Wu, T. Nakayama, M. Sakurai and M. Aono: "Edge enhancement of light emission from Au particles induced by an STM", Phys. Lett., **A 234** (1997) 396-400.

C. H. Jiang, T. Nakayama, and M. Aono: "Tip induced electron occupation of an unoccupied surface state in scanning tunneling microscopy imaging of a GaAs(110) surface with Ag clusters", Jpn. J. Appl. Phys., **36** (1997) L1336-L1339.

H. Kuramochi, H. Uchida, Y. Kuwahara, K. Watanabe, and M. Aono: "Site-independent adsorption of hydrogen atoms deposited from a scanning tunneling microscope tip onto a Si(111)-7x7 surfaces", Jpn. J. Appl. Phys., **36**(1997) L1343-L1346.

M. Sakurai, C. Thirstrup, T. Nakayama, and M. Aono: "Local modification of hydrogen-terminated silicon surfaces by clean and hydrogen-covered STM tips", Surf. Sci., **386** (1997) 154-160.

Y. Nakajima, S. Takeda, T. Nagao, S. Hasegawa, and X. Tong: "Surface electrical conduction due to carrier doping into a surface-state band on Si(111)- 3×3 -Ag", Phys. Rev., **B56** (1997) 6782.

Y. Nakajima, S. Takeda, T. Nagao, S. Hasegawa, and X. Tong: "Surface electrical conduction due to carrier doping into a surface-state band on Si(111)- 3×3 -Ag", Phys. Rev., **B56** (1997) 6782-6787.

J. Yoshinobu, M. Kawai, I. Imamura, F. Marumo, R. Suzuki, H. Ozaki, M. Aoki, S. Masuda, and M. Aida: "Direct observation of molecule-substrate antibonding states near the Fermi level in Pd(110)c(4x2) benzene", Phys. Rev. Lett. **79** (1997) 3942-3945.

和田恭雄: "原子細線を自由にパターンニング"、化学と工業, **50(10)** (1997)1519.

T. Hitosugi, T. Hashizume, S. Heike, S. Watanabe, Y. Wada, T. Hasegawa, and K.Kitazawa: "Scanning tunneling spectroscopy of dangling wire fabricated on the Si(110)-2x1-H surface", Jpn. J. Appl. Phys., **36(3B)** (1997) L361.

X. Tong, C. S. Jiang, and S. Hasegawa: "Electronic structure of the Si(111)- 21×21 -(Ag+Au) surface", Phys. Rev., **B57** (1998) 9015-9023.

長谷川修司、X. Tong、中島雄二、C. -S. Jinag、長尾忠昭: "シリコン表面構造と表面電気伝導 (1)、(2)"、表面科学、**19**(1998) 114-121, 193-200.

T. Nagao, T. Tsuchie, S. Hasegawa, and S. Ino: "Structural phase transitions of Si(111)-(3×3)R30° -Au phase transitions in domain wall configurations", Phys. Rev., **B57** (1998) 10100-10109.

X. Tong, Y. Sugiura, T. Nagao, T. Takami, S. Takeda, S. Ino, and S. Hasegawa: "STM observations of Ag adsorption on the Si(111)- 3×3 -Ag surface at low temperatures", Surf. Sci., **408** (1998) 146-159.

T. Nagao, C. Voges, H. Pfnuer, M. Henzler, S. Ino, F. Shimokoshi, and S. Hasegawa: "Diffraction from small antiphase domains: 3×3 , $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$, and 6×6 phases of Au adsorbed Si(111)", Appl. Surf. Sci., **130-132** (1998) 47-53.

T. Nakayama and M. Aono: "Creation and consumption of free Si atoms at the growth front of a CaF monolayer on Si(111)7x7", Phys. Rev. **B57** (1998) 1855-1859.

- Z. H. Wu, T. Nakayama, M. Sakurai, and M. Aono: "Spin-polarized electron tunneling detected using a scanning tunneling microscope", *Surf. Sci.*, **386** (1998) 311-314.
- C. H. Jiang, T. Nakayama, and M. Aono: "Anomalous electron tunneling through a Ag island on the GaAs(110) surface observed by the current image tunneling spectroscopy (CITS)", *Appl. Surf. Sci.*, **123/124** (1998) 166-170.
- T. Hitosugi, T. Hashizume, S. Heike, S. Watanabe, Y. Wada, T. Hasegawa, and K. Kitazawa: "Scanning tunneling spectroscopy of dangling bond wires fabricated on the Si(110)-2x1-H surface", *Appl. Phys. A66* (1998) S695.
- S. Hasegawa, C. S. Jiang, Y. Nakajima, T. Nagao, and X. Tong: "Surface electrical conduction correlated with surface structures and atom dynamics", *Surf. Rev. and Lett.*, **5** (1998) 803-819.
- S. Takeda, S. Hasegawa, S. Ino, and X. Tong: "Structure-dependent electrical conduction through Indium atomic layers on Si(111) surface", *Surf. Sci.*, **415** (1998) 264-273.
- K. Horikoshi, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Structural phase transition on Pb adsorbed Si(111) Surface", *Phys. Rev. B60* (1999) 13287-13290.
- T. Nagao, S. Ohuchi, Y. Matsuoka, and S. Hasegawa: "Morphology of ultra thin manganese silicide on Si(111)", *Surf. Sci.*, **419** (1999) 134-143.
- N. Sato, T. Nagao, S. Takeda, and S. Hasegawa: "Electron standing waves on the Si(111)- 3×3 -Ag Surface", *Phys. Rev. B59* (1999) 2053-2039.
- S. Hasegawa, X. Tong, S. Takeda, N. Sato, and T. Nagao: "Structures and Electronic Transport on Silicon Surfaces", *progress in Surface Science*, **60** (1999) 89-257
- 長谷川修司、佐藤昇男、武田さくら、N. W. Yeom、長尾忠昭、"シリコン表面超構造の物理"、*日本物理学会誌*, **53** (1999) 347-356.
- H. W. Yeom, S. Takeda, E. Rotenberg, I. Matsuda, K. Horikoshi, J. Schaefer, C.M. Lee, S. D. Kevan, T. Ohta, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Instability and charge density wave of metallic quantum chains on a silicon surface", *Phys. Rev.*, **B60** (1999) 4898-4901.
- 長谷川修司、佐藤昇男、長尾忠昭、"シリコンの表面構造と電子輸送"、*固体物理*, **34** (1999) 81-89.
- X. Tong, K. Horikoshi, and S. Hasegawa: "Structural and electrical conductance of Pb-covered Si(111) surfaces", *Phys. Rev. B60* (1999) 5653-5658.
- Z.-H. Wu, and T. Nakayama, S. Qiao, and M. Aono: "Luminescence from a transition metal of Fe induced with a scanning tunneling microscope", *Surf. Sci.*, **415** (1998) L1032.
- 青野正和、C. S. Jiang、中山知信、奥田太一、S. Qiao、桜井亮、C. Thirstrup、Z.-H. Wu: "走査プローブ法によるリソグラフィーの方向性 --- ナノ構造の構築からその物性や機能の計測へ ---"、*表面科学*, **19** (1998) 698.
- C. Thirstrup, M. Sakurai, T. Nakayama, and M. Aono: "Atomic scale modifications of hydrogen-terminated silicon 2x1 and 3x1 (001) surfaces by scanning tunneling microscope", *Surf. Sci.*, **411** (1998) 203.
- 桜井亮、C. Thirstrup、青野正和、"STM リソグラフィーによるシリコンダングリングボンド細線の形成とその装飾"、*表面科学*, **19** (1998) 708.
- C. Thirstrup, M. Sakurai, and M. Aono: "Photon emission STM using optical fiber bunches", *Journal of Surface Analysis*, **4** (1998) 152.
- S. Heike, S. Watanabe, Y. Wada, and T. Hashizume: "Electron conduction through surface states of the Si(111)-(7x7) surface", *Phys. Rev. Lett.*, **27** (1998) 890.
- S. Heike, Y. Wada, and T. Hashizume, "Correlation between tip apex shape and surface modification by scanning tunneling microscopy", *J. Appl. Phys.*, **86** (1999) 4220.
- S. Heike, S. Watanabe, Y. Wada, and T. Hashizume: "Control of surface current on a Si(111) surface by using

nanofabrication”, Jpn. J. Appl. Phys., **38** (1998) 3866.

平家誠嗣、渡邊 聡、和田恭雄、橋詰富博、“STM ナノファブリケーションを用いた Si(111)表面電気伝導度の測定、” 応用物理、 **68** (1999) 419-423.

R. Tamura and M. Tsukada, “Analysis of quantum conductance of carbon nanotube junctions by the effective-mass approximation”, Phys. Rev., **B58** (1998) 812

R. Tamura and M. Tsukada: “Band structures of periodic carbon nanotube junctions and their symmetries analyzed by the effective mass approximation”, J. Phys. Soc. Japan, **68** (1999) 910

S. Heike, Y. Wada, and T. Hashizume, “Correlation between tip-apex shape and surface modification by scanning tunneling microscopy”, J. Appl. Phys., **86** (1999) 4220.

Y.Wada, M.Tsukada, K.Matsushige, M.Fujihira, T.Ogawa, M.Haga and S.Tanaka, “Prospects and problems of single molecule information devices”, Jpn. J. Appl. Phys., **39**, (2000) 3835

Z.-H. Wu, T. Nakayama, S. Qiao, and M. Aono: “Intensity and polarization switching behaviors of light emission induced with a scanning tunneling microscope”, Appl. Phys. Lett., **73**(1998) 2269.

C. Thirstrup, M. Salkuraj, T. Nakayama and M. Aono: “Atomic scale modifications of hydrogen-terminated silicon 2x1 and 3x1(001) surfaces by scanning tunneling microscope”, Surface Science, **411** (1998) 203.

T. Kobayashi, C. F. McConville, G. Dorenbos, M. Iwaki, and M. Aono: “Depth profile and lattice location analysis of Sb atoms in Si/Sb(-doped)/Si(001) structures using medium-energy ion scattering spectroscopy”, Appl. Phys. Lett., **74** (1999) 673.

K. Hashimoto, T. Nakayama, N. Yoshimoto, M. Yoshizawa, M. Aono, and I. Yamaguchi: “Three distinct terraces on a $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ surface studied by scanning tunneling microscopy”, Jpn. J. Appl. Phys., **33** (1999) L464.

T. Nakayama, J. Onoe, K. Takeuchi, and M. Aono: “Weakly bound and strained C_{60} monolayer on the Si(111) $3 \times 3 \sqrt{3}$ R30°-Ag substrate surface”, Phys. Rev., **B59** (1999) 12627.

S.-H.- Wu, T. Nakayama, S. Qiao, and M. Aono: “Strong linear polarization in scanning tunneling microscopy-induced luminescence from porous silicon”, Appl. Phys. Lett., **74** (1999) 3842.

尾上 順、中山知信、武内一夫、青野正和、“フラーレン光重合ポリマー：現状と展望”、季刊フラーレン、**7** (1999) 129.

C. -S. Jiang, T. Nakayama, and M. Aono: “Spatially resolved observation of coulomb blockade and negative differential conductance on a Ag cluster on the clean GaAs(110) surface”, Appl. Phys. Lett., **74** (1999) 1716.

櫻井 亮、青野正和：“シリコンダングリングバンドからなるナノ構造の STM 誘起発光”、表面科学、**20** (1999) 716.

橋本克之、中山知信、吉本則之、吉澤正人、原 正彦、青野正和、山口一朗：“有機導体 $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ 表面ステップの安定性と走査トンネル顕微鏡探針による分子除去”、真空、**42** (1999) 245.

T. Nagao, T. Hildebrandt, M. Henzler, and S. Hasegawa: "Sheet plasma in a two-dimensional electron liquid in a surface-state band", Phys. Rev. **B86** (2001) 5747.

I. Shiraki, T. Nagao, S. Hasegawa, C. L. Petersen, P. Boggild, T. M. Hansen, and F. Grey: "Micro-Four-Point Probes in an UHV-Scanning Electron Microscope for In-Situ Surface Conductivity Measurements", Surface Review and Letters, **7** (2000) 533-537.

S. Hasegawa, N. Sato, I. Shiraki, C. L. Petersen, P. Boggild, T. M. Hansen, T. Nagao, F. Grey: “Surface-state bands on silicon $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ surface superstructure --”, Jpn. J. Appl. Phys., **39** (2000) 3815-3822.

X. Tong, C.-S. Jiang, K. Horikoshi, and S. Hasegawa: "Surface-state electrical conduction on the Si(111)- 3×3 -Ag surface with noble-metal adatoms", Surf. Sci., **449** (2000) 125.

T. Nagao and S. Hasegawa: “Construction of an ELS-LEED -- an electron energy-loss spectrometer with electrostatic two-dimensional angular scanning --”, Surface and Interface Analysis, **30** (2000) 488-492.

N. Sato, T. Nagao, and S. Hasegawa; "Two-dimensional adatom gas phase on the Si(111)- 3×3 -Ag surface directly observed by scanning tunneling microscopy", Phys. Rev. **B60** (1999) 16083.

F. Shi, I. Shiraki, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Electromigration and phase transformation of Ag on a Cu-precovered Si(111) surfaces", Surf. Sci., 印刷中.

K. Tsuchie, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Structure of C_{60} layers on the Si(111)- 3×3 -Ag surface", Phys. Rev., **B60** (1999) 11131.

F. X. Shi, I. Shiraki, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Substrate-structure dependence of Ag electromigration on Au-precovered Si(111) surfaces", Jpn. J. Appl. Phys., **39** (2000) 4438-4442.

F. X. Shi, I. Shiraki, T. Nagao, S. Hasegawa: "Diffusion Anisotropy of Ag and In on Si(111) Surface Studied by UHV-SEM", Ultramicroscopy, **85** (2000) 23-33.

H. Aizawa, M. Tsukada, N. Sato, and S. Hasegawa: "Asymmetric structure of the Si(111)- 3×3 -Ag surface", Surf. Sci., **429** (1999) L509.

K. Kuramochi, K. Takami, A. Saito, Y. Kuwahara, Y. Mori, S. Otani, and M. Aono: "Surface reconstruction of TiC(001) and its chemical activity for oxygen", Appl. Phys. Lett., **75** (1999) 3784-3786.

T. Nakayama, J. Onoe, K. Nakatsuji, J. Nakamura K. Takeuchi, and M. Aono "Photoinduced products in a C_{60} monolayer on Si(111) 3×3 -Ag: An STM study", Surf. Rev. Lett., **6** (1999) 1073-1078.

J. Onoe, T. Nakayama, A. Nakao, Y. Hashi, K. Esfarjani, Y. Kawazoe, M. Aono, and K. Takeuchi: "In situ FTIR, XPS, and STM studies of the nano-structure of a photopolymerized C_{60} film", Mol. Cryst. Liq. Cryst., **340** (2000) 689-694.

H. Uchida, S. Watanabe, M. Mase, H. Kuramochi, and M. Aono: "Analysis of single Si atoms deposited on the Si(111) 7×7 surface", Thin Solid Films, **369** (2000) 73-78.

M. Sakurai, C. Thirstrup, and M. Aono: "Nanoscale growth of silver on prepatterned hydrogen-terminated Si(001) surfaces", Phys. Rev., **B62** (2000) 16167-16174.

S. V. Ryjkov, T. Nagao, V. G. Lifshits, and S. Hasegawa: "Phase transition and stability of Si(111) 8×8 " in surface phase at low temperature", Surf. Sci., **488** (2001) 15-22.

S. Hasegawa and F. Gray: "Surface Electronic transport -- From point-contact transistor to Multi-tip STM --", Surf. Sci., 500, 印刷中

Y. Okawa and M. Aono: "Chain polymerization triggered by a scanningprobe tip at designated points", Nature **409** (2001) 683-684.

Gengmin Zhang, Y. Kuwahara, Jingwen Wu, M. Akai-Kasaya, A. Saito, M. Aono, "Scanning Tunneling Microscopy Observation of Binary Monolayers of 10,12-Ticosadiynoic Acid and Stearic Acid Deposited by Horizontal Lifting Method", Surf. Sci., **476** (2001) L254-L258.

(2) 口頭発表

招待、口頭講演 (海外 62 件、国内 55 件)

< 招待講演 >

M. Aono: "Mechanism of Atomic-Scale Lithography", Japanese-Swiss Science Seminary : Nanoscience-The Impact of Scanning probe Microscopy, Switzerland, 12月2日(1996).

Y. Wada: "Atom Electronics: A Proposal of Atom/Molecule Switching Devices", Intern. Workshop on Science and Technology of Hydrogen Terminated Silicon Surfaces, Tsukuba, Japan, 11月4日 (1997).

Y. Wada: "Atom Electronics: A Proposal of Atom/Molecule Switching Devices", Molecular Electronics : Science and Technology, puerto Rico, U. S. A., 12月14日(1997).

M. Aono, C.-S. Jiang, T. Nakayama, T. Okuda, C. Thirstrup, M. Sakurai, Z.-H. Wu, and S. Quiao: "Experimental methods to explore novel Properties of nanostructures", Spanish-Japanese Symposium on

Nano Scale Sciences, Spain, 10月7日 (1998).

T. Nakayama, J. Onoe, K. Takeuchi, C.-S. Jiang, T. Okuda, and M. Aono: "Possibility of C_{60} engineering in a monolayer regime", Spanish-Japanese Symposium on Nano Scale Sciences, Spain, 10月5日 (1998).

M. Kawai: "Migration and Molecular interaction of adsorbed CO on Ni(100) at low coverages", Spanish-Japanese Symposium on Nano Scale Sciences, Spain, 10月5日 (1998).

I. Shiraki, F. Tanabe, T. Nagao, F. Grey, and S. Hasegawa: "Micro- and nano-four-point probes for surface conductivity measurements", The US-Japan Seminar on Mesoscopic Phenomena on Surfaces, Salt Lake City, USA, April 2-8 (2000)

M. Aono: "New methods for nanoscale structure fabrication and property measurement", 2nd UK-Japan Seminar, Harima, Japan, July (2000).

M. Aono: "New methods for nanoscale structure fabrication and property measurement", The 8th Asia Pacific Physics Conference, Tapei, Taiwan, Aug. (2000).

M. Aono: "New Methods for nanoscale fabrication and characterization", Trends In Nanotechnology 2000 (TNT2k), Toledo, Spain, Oct. (2000).

M. Aono: "Nanoscale fabrication and characterization", Asia-Pacific Surface & Interface Analysis Conference, Beijing, China, Oct. (2000).

M. Aono: "Exploring new methods for nanofabrication and nanocharacterization", Strategies in Nanotechnology Japanese German Symposium, Berlin, Germany, Nov. (2000).

M. Aono: "Local and non-local photo- and electro-chemical reactions", First International Symposium on Nanoarchitectonics Using Suprainteractions (NASI1), Tsukuba, Japan, Nov. (2000).

M. Aono: "Nanoscale Fabrication and Quantized Conductivity", Symposium on Surface Science 2001(3S'01), Furano, Japan, Jan. (2001).

M. Aono: "Chain-polymerization nanoscale wiring and solid-electrochemical quantum-point-contact switching", Gordon Conference on Chemical Reaction at Surface, Ventura, California, U.S.A., Feb. (2001).

Y. Okawa, and M. Aono: "Creation of a conjugated polymer nanowire at designated positions by STM", First International Conference on Molecular electronics and Bioelectronics, Awaji, Japan, March (2001).

< 口頭講演 >

国外

M. Sakurai, C. Thirstrup, T. Nakayama, and M. Aono: "Atomic Scale Desorption of Hydrogen on Si(100)", The 10th TOYOTA Conf. on "Atomic Molecular and Electronic Dynamic Processes on Solid Surfaces", Mikkabi (Shizuoka), 11月6日 (1996)

G. Treboux, T. Nakayama, and M. Aono: "Physical Mechanisms of Atom Manipulation by the Scanning Tunneling Microscope", The 10th TOYOTA Conf. on "Atomic Molecular and Electronic Dynamic Processes on Solid Surfaces", Mikkabi (Shizuoka), 11月6日 (1996)

Z.-H. Wu, T. Nakayama, M. Sakurai, and M. Aono: "Spin Polarized Tunneling Detected by STM", The 10th TOYOTA Conf. on "Atomic Molecular and Electronic Dynamic Processes on Solid Surfaces", Mikkabi (Shizuoka), 11月6日 (1996)

M. Sakurai, C. Thirstrup, T. Nakayama, and M. Aono: "The Atomic Scale Desorption of Hydrogen Atom from Si(001) Surface with Scanning Tunneling Microscopy", Intern. Symp. on Surface Nano-Control of Environmental and Related Materials, Tokyo, 11月26日 (1996).

Y. Wada: "A Proposal of Atom/Molecule Switching Devices", Nanotechnology: Materials, Manufacturing and Applications, San Francisco, U.S. A., 6月27日 (1997).

Z.-H. Wu, T. Nakayama, C.-S. Jiang and M. Aono: "A Few Interesting Phenomena Related to Electron Tunneling in Scanning Tunneling Microscopy (STM)", 44th International Field Emission Symposium,

Tsukuba, 7月9日(1997).

T. Hitosugi, T. Hashizume, S. Heike, S. Watanabe, Y. Wada, T. Hasegawa, and K. Kitazawa, "Scanning Tunneling Spectroscopy of Dangling Bond Wires Fabricated on the Si(100)-2x1-H Surface", 9th Intern. Conference on Scanning Tunneling Microscopy Spectroscopy and Related Techniques, ハンブルグ, Germany, 7月20日 (1997)

S. Hasegawa, "Surface Atom Dynamics and Surface Electronic Transport", Japanese-German Symposium on Dynamics and Kinetics of Surface Processes, Berlin, Germany, 9月21日(1997).

S. Hasegawa, X. Tong, C.-S. Jiang, N. Sato, Y. Nakajima and T. Nagao, "Surface-State Electrical Conduction on Silicon", US-Japan Symposium on Surface Science, Salt Lake City, U.S.A, 4月2日(0998).

N. Kobayashi, M. Brandbyge, and M. Tsukada, "Theory of electron transport through Atomic wires", Formation, Physics and Device Application of Quantum Dot Structures, Sapporo, 6月3日 (1998)

Z.-H. Wu, S. Qiato, T. Nakayama, and M. Aono, "Novel Electronic and optical properties of nanoclusters probed by scanning tunneling luminescence technique using a n STM", CAS Young Scholars Nanometer Science Symposium '98, Beijing, China, 8月5日 (1998).

K. Horikoshi, X. Tong, N. Sato, T. Watari, T. Nagao, and S. Hasegawa, "Structural phase transitions and electrical conductance of Pb adsorbed Si(111) Surface", 10th International Conference on Solid Surfaces (ICSS-10), 9月1日 (1998).

T. Nagao and S. Hasegawa, "Structural phase transition in two-dimensional domain walls: Phase transitions of Au/Si(111)", 10th International Conference on Solid Surfaces, Bermingham, England, 9月3日 (1998).

T. Nagao, S. Ohuchi, Y. Matsuoka, and S. Hasegawa, "Structures and electrical conduction on silicon surfaces", 第3回日本・ロシア半導体表面シンポジウム, 9月19日 (1998).

T. Nagao, S. Ino, S. Hasegawa, C. Voges, H. Pfner, and M. Henzler, "Diffraction from Small Antiphase Domains: 3×3 , 3×3 , and 6×6 Phases of Au Adsorbed Si(111)", The Fourth International Symposium on Atomically Controlled Surfaces and Interfaces, Tokyo, 10月27日 (1998).

S. Takeda, T. Nagao, and S. Hasegawa, "Surface Morphology and Conductance changes of In on Si(111)- 7×7 Surface", The Fourth International Symposium on Atomically Controlled Surfaces and Interfaces, Tokyo, 10月28日 (1998).

K. Horikoshi, T. Nagao, S. Hasegawa, "Structure and Electrical Conductance of Pd Layers on Si(111) Surface", The Fourth International Symposium on Atomically Controlled Surfaces and Interfaces, Tokyo, 10月28日 (1998).

Y. Nakajima, S. Takeda, T. Nagao, S. Hasegawa, and X. Tong, "Electric Conduction via a Surface-state band due to carrier doping on Si(111)- 3×3 -Ag", The Fourth International Symposium on Atomically Controlled Surfaces and Interfaces, Tokyo, 10月30日 (1998)

S. Takeda, H. W. Yeom, N. Sato, T. Nagao, and S. Hasegawa: "Low temperature STM observation of Si(111)- 8×2 -in one-dimensional charge density wave", The 5th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces, and Nanostructures,, Aix en Provenxe, France, July 9 (1999).

T. Nagao and S. Hasegawa: "Development of a high-resolution electron energy loss spectrometer with two-dimensional angular scanning", The 5th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces, and Nanostructures,, Aix en Provenxe, France, July 9 (1999).

T. Nagao, T. Sekiguchi, T. Doi, and S. Hasegawa: "Growth of single crystal ultra-thin film of Bi on Si(111) surfaces", International Symposium on Surface Science for Micro- and Nano-Devices Fabrication, Tokyo, Nov. 30 (1999).

S. Hasegawa, N. Sato, T. Nagao, H. Aizawa, and M. Tsukada: "Structure of Si(111)- 3×3 -Ag surface", International Symposium on Surface Science for Micro- and Nano-Devices Fabrication, Tokyo, Nov. 30 (1999).

I. Shiraki, F. Tanabe, T. Nagao, F. Grey, and S. Hasegawa, "Micro- and nano-four point probes for surface conductivity measurements", The 3rd SANKEN International Symposium on "Advanced Nanoelectronics:

Devices, Materials, and Computing”, Suita, Osaka, March 14 (2000).

S. Ryjkov, T. Nagao, S. Hasegawa, “Epitaxial growth and resistance of Ag on Si(111)-4x1-In surfaces”, The 3rd SANKEN International Symposium on Advanced Nanoelectronics: Devices, Materials, and Computing, Suita, Osaka, Japan, March 15 (2000).

T. Nagao and S. Hasegawa, “Effect of interface modification by surface superstructures on the growth of Bi overlayers”, International Symposium on Surface and Interface 2000 -- Properties of Different Symmetry Crossing --, Nagoya, Sept. 18 (2000).

Shiraki, Tanabe, R. Hohara, T. Ngao, and S. Hasegawa, “Development of independently driven four probe UHV STM”, *ibid.*, Sept.22(2000).

T. Tanikawa, I. Matsuda, T. Nagao, and S. Hasegawa, “Growth mode and electrical conductance of Ag atomic layers on Si(001) surface”, *ibid.*, Sept. 18 (2000).

F. Shi, I. Shiraki, T. Nagao, and S. Hasegawa, “Surface electromigration and phase transformation of Ag and Cu on Si(111) surfaces modified by Au and Cu”, *ibid.*

I. Shiraki, F. Tanabe, T. Nagao, F. Grey and S. Hasegawa, “Surface conductivity measurements by Micro- and Nano-Four-Points Probes”, *Ibid.*

T. Sekiguchi, T. Nagao, and S. Hasegawa, “A series of Ca-induced reconstructions of the Si(111) surface”, *ibid.*

S. Ryjkov, T. Nagao, S. Hasegawa, and V. Lifshits, “Structural and transport properties of Si(100)2 × 3-Na surface”, *ibid.*

M. Sakurai, C. Thirstrup, and M. Aono, “STM-induced light emission from nano structures on a deuterium terminated Si(001) surface”, 19th European Conference on Surface Science (ECOSS19), Madrid, Spain, Sept. (2000).

Y. Okawa, and M. Aono, “Linear chain polymerization triggered by a scanning tunneling microscope”, The International Symposium on Surface and Interface-properties of Different Symmetry Crossing – 2000, Nagoya, Japan, Oct. (2000).

Y. Kuwahara, J. Wu, G. Zhang, M. Akai-Kasaya, A. Saito, and M. Aono, “Scanning Tunneling Microscopy Observation of Self-Assembled Monolayers of Two Component Organic Molecules”, 1st Int. Sym. on Nanoarchitectonics Using Suprainteractions, Tsukuba, Japan, Nov. (2000).

Y. Okawa, and M. Aono, “Chain polymerization initiated and terminated by a tip of scanning tunneling microscope”, *ibid.*

S. V. Ryjkov, V. G. Lifshits, T. Nagao, and S. Hasegawa, “Effects of surface structures on electrical resistance of silicon”, The Fourth Japan-Russian Seminar on Semiconductor Surfaces, Nagoya, Nov. 13 (2000).

S. Hasegawa, I. Shiraki, F. Tanabe, T. Nagao, and F. Grey, “Conductivity measurements in Micro- and Nanometer-Scale regions on surface”, *ibid.*

Y. Okawa, and M. Aono, “Chain Polymerization of diacylene compounds triggered by a scanning tunneling microscope tip”, PACIFICHEM 2000, Honolulu, U.S. A., Dec. (2000).

J. Onoe, T. Nakayama, T. Hara, K. Takeuchi, and M. Aono, “Structure and electronic properties of photopolymerized C₆₀ films”, *ibid.*

T. Nagao, H. Seki, and S. Hasegawa, “Growth and conductivity of bismuth overlayers on Si(111) surfaces”, 251st WE-Heraeus Seminar on “2D Conductivity in Surface State and Monolayers”, Bad Honnef, Germany, Feb. 6 (2001).

I. Shiraki, F. Tanabe, R. Hobara, T. Nagao, and S. Hasegawa, “Development of 4-tip STM and surface conductivity measurements”, *ibid.*

S. V. Ryjkov, V. G. Lifshits, T. Nagao, and S. Hasegawa, “Influence of surface structures on electrical conductivity”, *ibid.*, Feb. 7 (2001).

S. Hasegawa, "Resume-Surface-state electronic transport-", *ibid.*, Feb. 8 (2001).

K. Takami, M. Akai-Kasaya, Y. Kuwahara, A. Saito, and M. Aono, "Construction of Independently-Driven Double-Tip Scanning Tunneling Microscope", 4th Int. Symp. On Inter Materials, Osaka, Japan, Feb. (2001).

M. Akai-Kasaya, A. Saito, Y. Kuwahara, and M. Aono, "Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy Investigations of PTCDA -Stacking Monolayer on HOPG", *ibid.*

国内

森脇太郎, 吉信 淳, 川合真紀, "低温 Ni(100) 表面における吸着 CO の拡散と準安定相の形成", 分子構造総合討論会, 博多, 10月8日 (1996).

吉信 淳, 川合真紀, "Ni(100)上のメタン吸着における付着確立の変化と分子吸着層の成長", 日本物理学会 1996 年秋の分科会, 山口, 10月1日(1996).

森脇太郎, 吉信 淳, 川合真紀, "低温 Ni(100)表面における吸着 CO の拡散と準安定相の挙動", 日本物理学会 1996 年秋の分科会, 山口, 10月2日(1996).

掘越孝太郎, X. Tong, 長尾忠昭, 長谷川修司, "Pd

市原 滋, 堂免一成, 吉信 淳, 川合真紀, "Pd(110)上の 型エチレン分子の異方的配列:STM による研究", 日本化学会第 72 春季年会, 東京, 3月27日 (1997).

森脇太郎, 吉信 淳, 川合真紀, "低温 Ni(100)表面における吸着 CO の拡散障壁", 日本化学会第 72 春季年会, 東京, 3月27日 (1997).

吉信 淳, 川合真紀, 今村一成, 丸茂文幸, 青木 優, 増田 茂, 鈴木良知, 尾崎弘行, 相田美砂子, "Pd(110)に吸着したベンゼンの STM 像と電子状態", 日本化学会第 72 年会, 東京, 3月28日 (1997).

吉信 淳, 川合真紀, 今村一成, 丸茂文幸, 青木 優, 増田 茂, 鈴木良知, 尾崎弘行, 相田美砂子, "Pd(110)x(4x2)-ベンゼンのフェルミレベル近傍の電子状態と STM 像", 日本物理学会第 52 年会, 名古屋, 3月31日(1997).

和田恭雄, "原子レベル人工構造形成への試み", 日本学術振興会第 132 委員会 荷電粒子ビームの工業への応用, 熱海, 5月16日 (1997).

和田恭雄, "原子、分子操作による新規電子素子創成の提案", 文部省重点領域研究「分子系超構造の設計、創成」第 5 回全体会議, 福岡, 7月4日 (1997).

川合真紀, 吉信 淳, "金属表面における吸着分子と飛来分子の相互作用", 第 49 回コロイドおよび界面化学討論会, 東京, 9月20日 (1997).

和田恭雄, "A Proposal of Nanoscale Devices Based on Atom/Molecule Switching", 新機能素子技術シンポジウム, 東京, 10月8日(1997).

掘越孝太郎, X.Tong, 長尾忠昭, "Pd 吸着 Si(111)表面における新構造と電気伝導", 日本物理学会秋の分科会, 神戸, 10月8日 (1997).

長尾忠昭, 長谷川修司, "Si(111)表面上の Mn: 2次元シリサイドのモルフォロジー観察", 日本物理学会秋の分科会, 神戸, 10月8日 (1997).

白木一郎, 鳥山啓之亮, 長尾忠昭, 長谷川修司, "UHV-SEM/SREM による Si(111) 21 × 21-(Ag+Au)形成過程の観察", 日本物理学会秋の分科会, 神戸, 10月7日 (1997).

鳥山啓之亮, 長尾忠昭, 長谷川修司, "Si(111)- 3 × 3Ag 表面上のアルカリ吸着による構造と電気伝導", 日本物理学会秋の分科会, 神戸, 10月8日 (1997).

中山知信, 尾上順, 中辻寛, 武内一夫, 青野正和, "半導体表面上の C₆₀ 単分子層膜における光重合の STM 観察", 第 15 回フラーレン総合シンポジウム, 宮城県松島町, 7月22日 (1998).

呉 章華, 喬 山, 中山知信, 青野正和, "Electronic and magnetic States in Ferromagnets observed by a spin-polarized scanning tunneling microscope", 第 22 回日本応用物理磁気学会学術講演会シンポ

ジウム “ スピン偏極 STM 研究の現状と課題 ”、札幌、9月23日 (1998).

関口武治, 霜越文夫, 井野正三, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ca 表面構造の RHEED-STM 観察 ”, 日本物理学会春の年会, 千葉, 3月31日 (1998).

堀越孝太郎, 渡利泰山, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ Pd 吸着 Si(111) 表面の STM 観察と電気伝導測定 ”, 日本物理学会春の年会, 千葉, 3月31日 (1998).

武田さくら, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ In/Si(111)- $\sqrt{7}\times\sqrt{7}$ 表面の形態と電気伝導の変化 ”, 日本物理学会春の年会, 千葉, 4月1日 (1998).

鳥山啓之亮, 長尾忠昭, 武田さくら, 堀越孝太郎, 長谷川修司, “ シリコン表面のアルカリ吸着による構造と電気伝導 ”, 日本物理学会春の年会, 千葉, 4月1日 (1998).

土江孝二, 武田さくら, 鳥山啓之亮, 堀越孝太郎, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ Si(111)表面の C₆₀ 分子層の構造と電気伝導測定 ”, 日本物理学会春の年会, 千葉, 4月1日 (1998).

M. Brandbyge, N. Kobayashi, and M. Tsukada, “Theory of metal nanocontracts”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月25日 (1998).

中山知信, 尾上順, 中辻寛, 武内一夫, 青野正和, “ C₆₀ 単分子層膜における C₆₀-C₆₀ 重合反応 ---- STM による実空間観察 ---- ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月26日 (1998).

姜 春生, 奥田太一, 中山知信, 青野正和, “ ダブルティップ走査トンネル顕微鏡 II ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月27日 (1998).

佐藤昇男, 長尾忠昭, 武田さくら, 長谷川修司, “ Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面上の電子安在波 ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月27日 (1998).

F. X. Shi, 白木一郎, 長尾忠昭, 長谷川修司, “Electromigration of Ag on Au covered Si(111) surface studied by μ -probe RHEED and SEM”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月27日 (1998).

森脇太郎, 岸令子, 吉信淳, 川合真紀, “ 遷移金属表面における C O の拡散と秩序構造形成 ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月27日 (1998).

堀越孝太郎, 武田さくら, 松田巖, Han-Woong Yeon, 登野健介, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ Pb 吸着 Si(111) 表面上の整合—不整合転移における電子状態の変化と電気伝導 ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月28日 (1998).

武田さくら, Han-Woong Yeon, 松田巖, 堀越孝太郎, 登野健介, 長尾忠昭, 長谷川修司, “ In k 吸着 Si(111) 表面の 4×1 8×2 バイエルス構造相転移 ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月25日 (1998).

長尾忠昭, 長谷川修司, “ 2次元角度走査型 HREELS 装置 -- ELS - LEED 装置 - の製作 ”, 日本物理学会 1998 秋の分科会, 沖縄, 9月28日 (1998).

長谷川修司, 武田さくら, 堀越孝太郎, 佐藤昇男, 長尾忠昭, “ シリコン表面の低温物性 ”, 第39回真空に関する連合講演会, 大阪, 11月11日 (1998).

寺部一弥, 中山知信, 井伊伸夫, 青野正和, “ イオン電子混合伝導体を STM 探針とした場合の興味深い諸現象 ”, 「量子効果等の物理現象」シンポジウム, 東京, 12月21日 (1998).

桑原裕司, 齊藤彰, 青野正和, “ 異種分子を使った、有機分子の自己組織化表面秩序構造の制御 ”, 「量子効果等の物理現象」シンポジウム, 東京, 12月21日 (1998).

石橋孝治, 青柳克信, “ 半導体結合量子ドットのマイクロ波応答 ”, 「量子効果等の物理現象」シンポジウム, 東京, 12月21日 (1998).

塚田捷, M. Brandbyge, 小林伸彦, “ 原子および分子ブリッジの量子輸送 ”, 「量子効果等の物理現象」シンポジウム, 東京, 12月21日 (1998).

川合真紀, 加藤浩之, 市原滋, 森脇太郎, “ 金属表面に吸着した分子間の相互作用の機構 ”, 「量子効果等の物理現象」シンポジウム, 東京, 12月21日 (1998).

武田さくら、H. W. Yeom, 長尾忠昭、長谷川修司、“シリコン表面上でのパイエルス転移”、「量子効果等の物理現象」シンポジウム、東京、12月21日(1998).

中山知信、尾上順、武内一夫、青野正和、“ C_{60} によって形成される半導体表面上のナノ構造”、理研シンポジウム「コヒーレント科学」、和光、2月2日(1999).

長谷川修司、“表面電子バンドの電子輸送”、日本物理学会第54回年会、表面界面分科会シンポジウム、東広島、3月29日(1999).

土江孝二、掘越孝太郎、武田さくら、松田巖、H. W. Yeom、長尾忠昭、長谷川修司、“日本物理学会第54回年会、表面界面分科会、東広島、3月29日(1999).

佐藤昇男、長尾忠昭、武田さくら、長谷川修司、“Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面の低温 STM 観察”、日本物理学会第54回年会、表面界面分科会、東広島、3月28日(1999).

武田さくら、H. W. Yeom、佐藤昇男、長尾忠昭、長谷川修司、“ 8×2 - $\sqrt{3}$ - $\sqrt{3}$ -Si(111) 超構造の1次元電荷密度波の低温 STM 観察”、日本物理学会第54回年会、表面界面分科会、東広島、3月30日(1999).

関口武治、長尾忠昭、長谷川修司、“Si(111) 表面上の Ca 吸着・脱離過程の STM 観察”、日本物理学会第54回年会、表面界面分科会、東広島、3月29日(1999).

長谷川修司：“走査トンネル顕微鏡で結晶表面の波動関数をみる”、日本物理学会第54回年会、X線粒子線分科会シンポジウム、東広島、3月29日(1999).

中山知信、尾上順、中辻寛、中村淳、武内一夫、青野正和、“ C_{60} 単層膜中における光重合 C_{60} 二量体および三量体の非対称電子密度分布 ---- STM/STSによる検討 ----”、日本物理学会第54回年会、東広島、3月31日(1999).

中山知信、尾上順、中辻寛、武内一夫、青野正和：“ C_{60} 単層膜における光重合反応生成物の UHV-STM 観察”、第17回フラーレン総合シンポジウム、岐阜、8月9日(1999).

青野正和、小林峰、G. Dorenbos：“中エネルギー同軸型直衝突イオン散乱分光法(ME-CAICISS)による界面構造解析”、1999年秋季第60回応用物理学会学術講演会「界面に光をあてる -- 界面解析技術の新展開」シンポジウム、神戸、9月1日(1999).

長尾忠昭、長谷川修司：“高分解能2次元角度走査型電子エネルギー損失分光装置”、第60回応用物理学会学術講演会、神戸、9月3日(1999).

中山知信、尾上順、田中啓文、中村淳、武内一夫、青野正和：“Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag 表面上の光重合 C_{60} 薄膜の STM による観察と加工”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月24日(1999).

中村淳、小林伸彦、渡邊聡、青野正和：“Au₂原子列鎖の構造と電子状態”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月25日(1999).

長尾忠昭、長谷川修司、T. Hildebrandt, M. Henzler：“表面電子バンド中に局在した(2次元?)プラズモン”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月25日(1999).

白木一郎、田邊輔仁、長尾忠昭、長谷川修司、P. B. Boggild, C. L. Petersen, F. Grey：“ μ -4 probe 内蔵 UHV-SEM-SREM による表面電気伝導のその場観察”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月25日(1999).

門平卓也、三浦義弘、中村淳、青野正和、大坂敏明：“第一原理擬ポテンシャル法による Si(111)-($\sqrt{3}\times\sqrt{3}$)R30°-Sn 表面の評価”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月26日(1999).

長谷川修司、浅沼伸彦、谷川雄洋、長尾忠昭：“インジウムが吸着した Si(111) 表面での低温相転移”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月26日(1999).

谷川雄洋、松田巖、長尾忠昭、長谷川修司：“Si(100) 上の Ag 原子層の un wetting と電気伝導”、同上。

中村淳、櫻井亮、渡邊聡、青野正和：“Si(001)- 2×1 Ag 吸着表面の第一原理計算による評価”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月27日(1999).

関口武治、堀越孝太郎、長尾忠昭、松田 巖、大内 暁、田邊輔仁、谷川雄洋、長谷川修司、H. M. Yeom、原沢あゆみ、木下豊彦、X. Tong：“Si(111)- 3×3 -Ca 表面の電子状態”、日本物理学会1999年秋の分科会、盛岡、9月27日(1999).

長尾忠昭、関口武治、長谷川修司：“Si(111) 表面上の単結晶 Bi 超薄膜の成長メカニズム”、日本物理学会2000年春の分科会、大阪、3月24日(2000).

大内 暁、X. Tong、谷川雄洋、松田 巖、長尾忠昭、長谷川修司：“Si(111)- 21×21 -Ag 表面の電子状態”、同上。

谷川雄洋、松田 巖、長尾忠昭、長谷川修司：“Si(001) 上の Ag 原子層の un wetting と電気伝導”、同上。

田邊輔仁、白木一郎、長尾忠昭、長谷川修司：“独立駆動型4端子STM装置の開発”、同上。

白木一郎、田邊輔仁、長尾忠昭、長谷川修司：“独立駆動型4端子STMによる表面電気伝導の測定”、同上。

堀越孝太郎、H.-W. Yeom、長尾忠昭、長谷川修司：“Si(111)- 3×3 , 3×3 -Pb 相転移のSTMによる研究”、同上。

堀越孝太郎、H.-W. Yeom、関口武治、武田さくら、田邊輔仁、松田 巖、長尾忠昭、長谷川修司：“鉛吸着シリコン表面上での整合—不整合転移のSTM及び光電子分光法による研究”、同上。

長谷川修司：“表面シリサイドの電子状態と表面電気伝導”、日本化学会第78春季年会(2000)、特別企画「物質概念からみた表面化学の新展開——原子レベルでの表面物質の生成・構造・物性——」、船橋、3月28日(2000).

長谷川修司：“金属吸着 Si 表面の電気伝導”、第47回応用物理学関連連合講演会、シンポジウム「族半導体の新機能表面・界面」、東京、3月29日(2000).

長尾忠昭、長谷川修司、T. Hildebrandt, and M. Henzler, “表面電子状態中のシートプラズモンにおける量子効果”、日本物理学会第55回年次大会、新潟、9月22日(2000).

長尾忠昭、関 秀嗣、長谷川修司, “Bi 多重原子層成長における表面超構造を用いた界面改質の効果”、同上、9月24日(2000).

金川泰三、長尾忠昭、谷川雄洋、長谷川修司, “アルカリ金属原子吸着 Si(111)- 3×3 -Ag 表面の構造と電気伝導”、同上。

S. Rjkov, 長尾忠昭、長谷川修司、V. Lifshirts, “Epitaxial growth of Ag on Si(111)- 4×1 -In surface”, 同上。

中村 淳、中山知信、渡邊 聡、青野正和, “Structural and electronic properties of two-dimensional C_{60} ”, 第12回日本MRS学術シンポジウム、川崎、12月(2000).

長谷川修司, “いまさら Si(111)- 3×3 -Ag 表面? !”, 日本物理学会第56回年次大会、東京、3月27日(2001).

谷川雄洋、白木一郎、長尾忠昭、長谷川修司, “マイクロ4端子法による電気伝導の測定”、同上。

プレス発表

理化学研究所・科学技術振興事業団

“分子の鎖でナノワイヤー配線 — ナノテクノロジー電子素子に新技術”

平成13年2月5日、部科学省文部科学記者会会見室

(3) 特許出願(国内7件、海外3件)

国内

1. 中山知信、青野正和、寺部一弥、
走査型トンネル顕微鏡、その探針及びそれを用いた微細構造物作成方法
出願番号：平11—132857、出願日：1999年5月13日

2. 長谷川剛、青野正和、中山知信、奥田太一、寺部一弥、田中啓文
電気特性評価装置
出願番号：H11—360274、 出願日：1999年12月20日
3. 中山知信、青野正和、寺部一弥、
走査トンネル顕微鏡、その探針、その探針の処理方法及び微細構造物作製方法
出願番号：2000-618709、 出願日：1999年11月16日
4. 大川祐司、青野正和、
走査トンネル顕微鏡を用いる重合分子鎖の作成方法
出願番号：2000-176833、 出願日：2000年6月13日
5. 青野正和、大川祐司
重合分子鎖の作成方法
出願番号：2000-224970、 出願日：2000年7月26日
6. 大川祐司、青野正和
コンダクタンスの制御が可能な電子素子
出願番号：2000-265344、 出願日：2000年9月1日
7. 長谷川 剛、青野正和、中山知信、寺部一弥
ポイントコンタクト・アレー
出願番号：2000-334686、 出願日：2000年11月1日

海外

1. 中山知信、青野正和、寺部一弥、
走査トンネル顕微鏡、その探針、その探針の処理方法及び微細構造物作製方法
出願番号：JP99/06385、 出願日：1999年11月16日
2. 長谷川剛、青野正和、中山知信、奥田太一、寺部一弥、田中啓文
電気特性評価装置
出願番号：JP00/08776、 出願日：2000年12月12日
3. 青野正和、大川祐司
重合分子鎖の作成方法
出願番号：JP00/05800、 出願日：2000年 月 日

(4) 受賞等

受賞

花王技術・化学財団 平成12年度 第3回研究奨励賞（表面の科学）
中山知信：C60, CaF 単層結晶膜の形成と欠陥導入の原子プロセス研究

新聞報道など

(新聞)

読売新聞 2001年3月6日 夕刊 5面
日本経済新聞 2001年2月8日 13面
日経産業新聞 2001年2月8日 12面
東京新聞 2001年2月8日 30面
日刊工業新聞 2001年2月8日 6面
化学工業日報 2001年2月8日 1面
赤旗 2001年2月12日 14面

(雑誌、その他)

日経メカニカル 2001年3月号 (No.558) p. 78

現代化学 2001年5月号 pp.12-14

化学と工業 2001. Vol.54-5 p.576

子供の科学 2001年5月号 pp. 50-51

理研ニュース 2001年4月号 p.5

Chemical & Engineering News, March 5, 2001, Vol. 79, Number 10, p. 38

TRN (Technology Research News) News, March 7, 2001

(http://www.trmmag.com/Stories/030701/Chain_reaction_yields_microscopic_wires_030701.html)

NanotechNews.Com

(http://nanotechnews.com/nanotechnews/nano/983839133/index_html)

PHANTOMS, IST Nanoelectronics Network

(<http://www.phantomsnet.com/phantom/net/nanonews.html>)

EETIMES (<http://www.eet.com/story/OEG20010306S0061>)

Nanodot

(<http://nanodot.org/article.pl?sid=01/03/14/1729230&mode=thread>)

IPMM (Intelligent Processing and Manufacturing of Materials)

(<http://mining.ubc.ca/ipmm/news/robotics/robotics1.html>)

GFP-V2P-Les Breves Innovation (12 Mai 2001)

(<http://www-ics.u-strasbg.fr/gfp/V2PBr0501.htm>)

(5) その他特記事項

本研究で得られた成果は、科学技術振興事業団が平成 12 年度から新しく発足した“基礎的研究発展推進事業”の研究課題として採択され（「新しい量子効果デバイスの機能素子化」）、さらに発展が計られる。