

「高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用」  
平成14年度採択研究代表者

篠原 久典

(名古屋大学大学院理学研究科 教授)

## 「新世代カーボンナノチューブの創製、評価と応用」

### 1. 研究実施の概要

本研究プロジェクトでは、新規カーボンナノチューブの創製、評価、電子物性の実験的理論的研究および電子デバイス応用に向けた、今までに例のない創製から応用まで一貫した研究を推進する。以下に、主要な成果、今後の見通しを箇条書きにする。

- (1) 名古屋大学と東レ（株）のグループでは高純度・高品質の2層カーボンナノチューブ（DWNT）の合成に成功し、現在、多量合成に向け研究開発を行っている。また、名古屋大学グループは、各種金属内包フラーレンのピーポットの創製と電子顕微鏡によるダイナミックスの観測に成功した。今後は、金属内包フラーレン以外の生体機能分子のピーポット合成を目指す。
- (2) 東北大学グループでは、単層カーボンナノチューブの共鳴ラマン分光の起源を理論的に調べ、ナノチューブの発光のプロセスを理解することを目的としている。今後はナノチューブの発光の研究での発展が期待できる。また、電子格子相互作用をより一般的に拡張し、輸送特性に応用することを考えたい。
- (3) 青山学院大学のグループでは、ナノチューブが持つ朝永・ラッティンジャー液体（TLL）によりクーパー対を個々のスピンの分離し、スピンエンタングラーを創成した。これまでにNb電極とナノチューブの良好な界面を実現、近接場超伝導の発現に成功した。今後さらにこの特性の構造パラメータ依存性を調査しスピン分離を確認した後、スピンエンタングルメント強度の観測と制御を試みる。
- (4) 富士通（株）のグループでは古典分子動力学シミュレーションを用いて、触媒微粒子と同じ直径の単層ナノチューブ成長核を形成することに成功した。実験的には、チャンネルとして分散法したDWNTを用い、ゲートに高誘電率を用いた多数チャンネルDWNT-FETを試作した。今後、DWNTの構造メリットを生かしたFETのプロセス開発を進めていく。
- (5) 東レ・リサーチセンターのグループでは、電子顕微鏡周辺技術／ラマン分光法をもちいた新規ナノカーボン材料の評価方法の確立と前処理技術の確立を目指す。集束イオンビーム加工装置（FIB）と低加速イオンミリング装置との併用による、CNT関連材料への応用展開を行った。これらの技術に加え、現在脚光を浴びてい

る3次元トモグラフィによる解析に取り組む予定である。

## 2. 研究実施内容

本プロジェクトは、2つの新規カーボンナノチューブ物質（2層カーボンナノチューブ（DWNT）とナノピーポット）の創製がその基礎になっている。以下に、主要な研究実施内容を箇条書きにする。

### （1）高純度・高品質2層カーボンナノチューブの創製と評価：

ゼオライトおよびメソポーラスシリカ基盤を用いた触媒気相化学蒸着法（CCVD）により、高純度・高品質のDWNTの合成に成功した。特に、直径が2 nm前後の細いDWNTは単層カーボンナノチューブと同様に、束（バンドル）を形成する。バンドルを形成するDWNTは、従来の直径が3 – 5 nmと太いDWNTと比較して欠陥が少ない、しなやかなチューブであることが分かった。図1にゼオライトCCVDで合成・分離されたDWNTの透過型電子顕微鏡写真を示す。

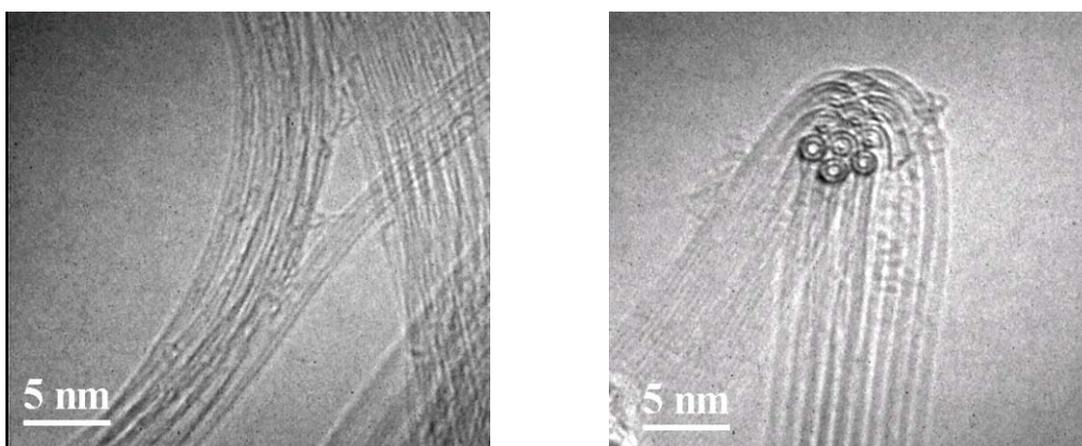


図1. 直径1.5 nm の高純度の超極細2層カーボンナノチューブの高分解能TEM像

### （2）ナノ・ピーポットの創製と評価：

カーボンナノチューブに各種の金属内包フラーレンを内包した、ナノ・ピーポットを合成した。特に、テルビウムやガドリニウム金属内包フラーレン・ピーポットでは、内包された金属原子のリアルタイムでのダイナミクスを高分解能TEMで追跡することに、世界に先駆けて成功した。テルビウム金属原子がフラーレンから離れ、フラーレンとカーボンナノチューブが作る内部空間を彷徨う様子を実験的に観測することに成功した。

また、セシウム原子がC<sub>60</sub>に外接したピーポット、(CsC<sub>60</sub>)<sub>n</sub>@SWNT、を世界に先駆けて創製してその高分解能電子顕微鏡像を得ることに成功した。

### （3）カーボンナノチューブの電子・光学物性の理論的解明：

ナノチューブの評価としてラマン分光と発光を同じ試料上で測ることによってより精度の高い研究が行われるようになってきている。今年度は、CREST の研究プロジェクト

にあわせ、発光強度、ラマン強度の計算をすることが目的である。本年度の成果は以下のとおりである。20を超える関連論文に発表した。また『カーボンナノチューブの基礎と応用』という本を編集して培風館から2004年3月末に発行した。

6-1 拡張タイトバインディング計算によるナノチューブの電子状態計算；6-2 光吸収発光強度の計算；6-3 電子格子相互作用のプログラム開発とラマン強度計算；6-4 光励起電子の緩和プロセスの解析。

2004年9月にA. Gruneisが研究成果を博士論文に、2005年3月に小林直樹、目崎高志が修士論文をまとめ、それぞれ学位を得た。

#### **(4) カーボンナノチューブの電子物性の実験的説明：**

アルミナ膜ナノ細孔に多層チューブを気相形成しその先端をNb電極で終端することで、クーパー対に対して高透過確率を持つ界面を形成した。クーパー対が約8割を占める同一直径の多層チューブでの印加磁場と磁気抵抗の相関で、チューブ長さが長くなるにつれ抵抗の増加が抑制される。これはチューブを拡散するクーパー対の磁場による破壊が抑制されることを意味し、チューブ長さとのアスペクト比の高い多層チューブ内では、この傾向が顕著になることを発見した。

またこの多層チューブ長を平均自由行程以下の500nm程度にすることでバリスティック伝導系を実現し、伝導度と温度の間にべき乗則が存在することを発見しTLLの確認に成功した。さらにNbの転移温度 $T_c$  (= ~11K) 以下で近接場超電導により一旦伝導度が上昇した後、低温側で再びべき乗則が出現することを発見した。これら高温側・低温側べき乗則におけるべき指数を理論と比較することで、低温側ではTLLによりクーパー対が個々のスピンの分離され別々の多層チューブに存在することを解明した。

#### **(5) カーボンナノチューブの電子デバイスへの応用：**

DWNTの形成過程解明のため、まず外層となる単層ナノチューブの形成シミュレーションを行った。金属表面にダングリングボンドを持つ炭素がある場合、ガスの供給と同じ1nsの時間間隔でそれを取り除きながら、これまでと同様のシミュレーションを行った。その結果、直径の増加が0.7nmでストップした後、チューブの長さ方向だけが伸び、中央の領域から(9,1)というカイラルベクトルが得られる程、はっきりしたチューブの形状が得られた。

一方、実験的にはDWNTやピーポッドのFET応用を念頭に、デバイス構造の最適化とプロセス技術開発をすすめた。試作では、チャンネルとして篠原グループより提供されたDWNTを用い、分散法によってソース・ドレイン間に多数本架橋させた。ゲート絶縁膜としては、デバイス特性向上を目指して、高誘電率SrTiO膜(誘電率~約300)を用いた。オーミック電極材料としては、パラジウムを採用した。ゲート絶縁膜形成時にナノチューブに入るダメージを回避するため、絶縁膜を先付けし、さらに絶縁膜の段差を無くすようにゲート電極を予めSiO<sub>2</sub>に埋め込む、埋め込みゲート構造を採用した。ピンチオフ特性は不十分ではあるが、多数チャンネルDWNT-FETの動作を確認できた。今後引き続き、DWNT-FETの特性評価と構造最適化を行っていく。

### (6) カーボンナノチューブ評価技術の改良と開発：

Si基板／触媒金属膜上に成長させたCNTについて、収束イオンビーム加工装置（FIB）および低加速イオンミリング装置の併用により、高位置精度／低ダメージ（ダメージフリー）を両立させたTEM観察用前処理技術を確立した。超薄切片法（ダイヤモンドナイフを用いた薄膜化法）によるCNTの横断面観察のための前処理技術を確立した。これにより、基板上に成長させたCNTの密度解析／層数確認などが実施可能となった。新規に導入した高性能分析電子顕微鏡により、高位置分解能での元素分布マッピング、電子状態分布解析などが容易に実施できるようになった。3次元トモグラフィ解析のための基本的な技術を習得した。

### 3. 研究実施体制

#### 3-1. 名古屋大学グループ

- ① 研究分担グループ長：篠原 久典（名古屋大学大学院理学研究科、教授）
- ② 研究項目：新世代カーボンナノチューブの創製と評価、応用

#### 3-2. 青山学院大学グループ

- ① 研究分担グループ長：春山 純志（青山学院大学理工学部、助教授）
- ② 研究項目：CNT物性の実験的解明と超伝導発現の探索

#### 3-3. 東北大学グループ

- ① 研究分担グループ長：齋藤 理一郎（東北大学理学部物理学科、教授）
- ② 研究項目：チームの理論的サポートと実験結果の解析

#### 3-4. 富士通デバイス基礎研究グループ

- ① 研究分担グループ長：栗野 祐二（富士通(株)LSI事業本部デバイス開発統括部、統括部長付）
- ② 研究項目：カーボンナノチューブおよびピーポットのデバイス応用

#### 3-5. 東レ(株)化成成品研究所グループ

- ① 研究分担グループ長：吉川 正人（東レ(株)化成成品研究所、主任研究員）
- ② 研究項目：物性を制御したCNT合成と量産化検討

#### 3-6. (株)東レリサーチセンターグループ

- ① 研究分担グループ長：杉山 直之（(株)東レリサーチセンター形態科学研究部、研究員）
- ② 研究項目：TEMおよびラマン分光を用いた「ピーポット」の評価方法の確立

### 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

○ 整理番号 160302061

著者氏名 A. Jorio, M. A. Pimenta, M. Souza, C. Fantini, Ge.G. Samsonidze, G. Dresselhouse (MIT), M. S. Dresselhouse, A. G. Souza Filho, and R. Saito

- 論文題目 Dispersive Bands in Graphite and Carbon Nanotubes  
書誌事項 XVII Int'l. Winterschool/Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials/ AIP Conference Proceedings, Vol.685, No.1, P.177-180 (2003)  
公表日付 20031020
- 整理番号 160302062  
著者氏名 M.A. Pimenta, A. Jorio, M.S.S. Dantas, C. Fantini, M. de Souza, L.G. Cancado, Ge.G. Samsonidze, G. Dresselhouse, M.S. Dresselhouse, A. Gruneis, R. Saito, A.G. Souza Filho, Y. Kobayashi, K. Takai, K. Fukui, and T. Enoki  
論文題目 Resonance Raman Scattering in Carbon Nanotubes and Nanographite  
書誌事項 XVII Int'l. Winterschool/Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials/ AIP Conference Proceedings, Vol.685, No.1, P.219-224 (2003)  
公表日付 20031020
- 整理番号 160305026  
著者氏名 J.Haruyama, S.Miyadai, K.Takazawa, A.Takeda, N.Hori, I.Takesue, T.Akazaki, H.Takayanagi  
論文題目 Supercurrents through quasi-diffusive multi-walled carbon nanotubes  
書誌事項 Physical Review B, Vol.68, 165420.1-6 (2003)  
公表日付 20031031
- 整理番号 160302034  
著者氏名 R. Saito, A. Grueneis, Ge.G. Samsonidze, V.W. Brar, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, A. Jorio, L.G. Cancado, C. Fantini, M.A. Pimenta, and A.G. Souza Filho  
論文題目 Double resonance Raman spectroscopy of single wall carbon nanotubes  
書誌事項 New Journal of Physics, Vol.5, P157.1-15 (2003)  
公表日付 20031203
- 整理番号 160303043  
著者氏名 Takashi Inoue, Tetsuo Tomiyama, Toshiki Sugai, and Hisanori Shinohara  
論文題目 Spectroscopic and structural study of Y<sub>2</sub>C<sub>2</sub> carbide encapsulating endohedral metallofullerene: (Y<sub>2</sub>C<sub>2</sub>)@C<sub>82</sub>  
書誌事項 Chemical Physics Letters, Vol.382, No.3/4, P.226-231 (2003)  
公表日付 20031205

- 整理番号 160305063  
著者氏名 春山純志  
論文題目 多層カーボンナノチューブにおける近接場超伝導とそのスピン量子システム応用の提案  
書誌事項 電気学会電子材料研究会「カーボンナノチューブの新展開」論文集, EFM-03-41 pp. 31-36 (2003)  
公表日付 20031210
- 整理番号 160303044  
著者氏名 Tatsuki Hiraoka, Tomoju Kawakubo, Junichi Kimura, Risa Taniguchi, Atsuto Okamoto, Toshiya Okazaki, Toshiki Sugai, Yuji Ozeki, Masahito Yoshikawa and Hisanori Shinohara  
論文題目 Selective synthesis of double-wall carbon nanotubes by CCVD of acetylene using zeolite supports  
書誌事項 Chemical Physics Letters, Vol.382, No.5/6, P.679-685 (2003)  
公表日付 20031215
- 整理番号 160302074  
著者氏名 A. Jorio, M. A. Pimenta, C. Fantini, M. Souza, A. G. Souza Filho, Ge. G. Samsonidze, G. Dresselhaus, M. S. Dresselhaus, and R. Saito  
論文題目 Advances in single nanotube spectroscopy: Raman spectra from cross-polarized light and chirality dependence of Raman frequencies  
書誌事項 Carbon, Vol.42, P.1067-1069 (2004)  
公表日付 20040211
- 整理番号 160302043  
著者氏名 K. Sasaki, Y. Kawazoe, and R. Saito  
論文題目 Aharonov-Bohm effect in higher genus materials  
書誌事項 Physics Letters A, Vol.321, No.5/6, P.369-375 (2004)  
公表日付 20040216
- 整理番号 160303071  
著者氏名 Takashi Shimada, Yutaka Ohno, Toshiya Okazaki, Toshiki Sugai, Kazutomo Suenaga, Shigeru Kishimoto, Takashi Mizutani, Takashi Inoue, Risa Taniguchi, Nobuyuki Fukui, Hiroshi Okubo, and Hisanori Shinohara  
論文題目 Transport properties of C78, C90 and Dy@C82 fullerenes-nanopeapods by field effect transistors  
書誌事項 Physica E, Vol.21, P.1089-1092 (2004)  
公表日付 20040300
- 整理番号 160302060  
著者氏名 A. Gruneis, R. Saito, J. Jiang, Ge. G. Samsonidze, M. A. Pimenta,

- A. Jorio, A. G. Souza Filho, G. Dresselhaus, and M. S. Dresselhaus  
論文題目 Resonant Raman spectra of carbon nanotube bundles observed by  
perpendicularly polarized light  
書誌事項 Chemical Physics Letters, Vol. 387, P. 301-306 (2004)  
公表日付 20040305
- 整理番号 160303052  
著者氏名 Takashi Shimada, Toshiki Sugai, Yutaka Ohno, Shigeru Kishimoto,  
Takashi Mizutani, Hiromichi Yoshida, Toshiya Okazaki, and Hisanori  
Shinohara  
論文題目 Double-wall carbon nanotube field-effect transistors: Ambipolar  
transport characteristics  
書誌事項 Applied Physics Letters, Vol. 84, No. 13, P. 2412-2414 (2004)  
公表日付 20040329
- 整理番号 160303061  
著者氏名 Eiji Nishibori, Kenichi Iwata, Makoto Sakata, Masaki Takata,  
Hiroshi Tanaka, Haruhito Kato, and Hisanori Shinohara  
論文題目 Anomalous Endohedral Structure of Gd@C82 Metallofullerenes  
書誌事項 Physical Review B, Vol. 69, No. 11, P. 13412.1-4 (2004)  
公表日付 20040329
- 整理番号 160305047  
著者氏名 J. Haruyama, A. Tokita, N. Kobayashi, M. Nomura, and S. Miyadai  
論文題目 End-bonding multi-walled carbon nanotubes in alumina templates:  
superconducting proximity effect  
書誌事項 Selected for Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology,  
(2004)  
公表日付 20040331
- 整理番号 160302059  
著者氏名 A. Jorio, R. Saito, T. Hertel, R. B. Weisman, G. Dresselhaus, and  
M. S. Dresselhaus  
論文題目 Carbon Nanotube Photophysics  
書誌事項 MRS Bulletin, Vol. 29, No. 4, P. 276-280 (2004)  
公表日付 20040400
- 整理番号 160303079  
著者氏名 Masaki Takata, Eiji Nishibori, Makoto Sakata, and H. Shinohara  
論文題目 Charge Density Level Structures of Endohedral Metallofullerenes  
by the MEM/Rietveld Method  
書誌事項 Structure and Bonding, Vol. 109, P. 59-84 (2004)

- 公表日付 20040400
- 整理番号 160303060
- 著者氏名 Kana Shibata, Yoshihiro Kubozono, Takayoshi Kanbara, Tomoko Hosokawa, Akihiko Fujiwara, Yasuhiro Ito, and Hiranori Shinohara
- 論文題目 Fabrication and characteristics of C84 fullerene field-effect transistors
- 書誌事項 Applied Physics Letters, Vol.84, No.14, P.2572-2574 (2004)
- 公表日付 20040405
- 整理番号 160305050
- 著者氏名 I.Takesue, T.Akazaki, S.Miyadai, N.Kobayashi, A.Tokita, M.Nomura, J.Haruyama, and Hideki Takayanagi
- 論文題目 Multi-walled carbon nanotubes with NbN superconducting electrodes;; Correlation of proximity-induced superconductivity with Luttinger liquid
- 書誌事項 Physica E, Vol. 24, P.32-36 (2004)
- 公表日付 20040419
- 整理番号 160303086
- 著者氏名 Takashi Inoue, Tetsuo Tomiyama, Toshiki Sugai, Toshiya Okazaki, Takako Suematsu, Naoyuki Fujii, Hiroaki Utsumi, Kazutetsu Nojima, and Hisanori Shinohara
- 論文題目 Trapping a C2 Radical in Endohedral Metallofullerenes: Synthesis and Structures of (Y2C2)@C82 (Isomers I, II, and III)
- 書誌事項 Journal of Physical Chemistry B, Vol.108, P.7573-7579 (2004)
- 公表日付 20040507
- 整理番号 160302035
- 著者氏名 Ge.G. Samsonidze, A. Grueneis, R. Saito, A. Jorio, A.G. Souza Filho, G. Dresselhaus, and M.S. Dresselhaus
- 論文題目 Interband optical transitions in left- and right-handed single-wall carbon nanotubes.
- 書誌事項 Physical Review B, Vol.69, P.205402.1-11 (2004)
- 公表日付 20040513
- 整理番号 160305048
- 著者氏名 J.Haruyama, A.Tokita, N.Kobayashi, M.Nomura, S.Miyadai, K.Takazawa, A. Takeda, and Y.Kanda
- 論文題目 End-bonding multi-walled carbon nanotubes in alumina templates: superconducting proximity effect
- 書誌事項 Applied Physics Letters, Vol. 84, No. 23, 4714-4716 (2004)

- 公表日付 20040520
- 整理番号 160303083
- 著者氏名 C. De Nadai<sup>1)</sup>, A. Mirone, S. S. Dhesi, P. Bencok, N. B. Brookes, I. Marenne<sup>2)</sup>, P. Rudolf<sup>3)</sup>, N. Tagmatarchis, H. Shinohara, and T. J. S. Dennis
- 論文題目 Local magnetism in rare-earth metals encapsulated in fullerenes
- 書誌事項 Physical Review B, Vol. 69, P.194421 (2004)
- 公表日付 20040528
- 整理番号 160302070
- 著者氏名 Ken-ichi Sasaki, Yoshiyuki Kawazoe, and Riichiro Saito
- 論文題目 Fractional flux periodicity composed of square lattice
- 書誌事項 Progress of Theoretical Physics, Vol. 111, No. 6, P.763-780 (2004)
- 公表日付 20040600
- 整理番号 160303108
- 著者氏名 Shojun Hino, Kentaro Iwasaki, Norihiko Wanita, Daisuke Yoshimura, Baopeng Cao, Toshiya Okazaki, and Hisanori Shinohara
- 論文題目 Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy of Two Titanium Metal Atoms Encapsulated Metallofullerenes, Ti<sub>2</sub>@C<sub>80</sub> and Ti<sub>2</sub>@C<sub>84</sub>
- 書誌事項 Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures, Vol. 12, No. 1&2, P. 33-39 (2004)
- 公表日付 20040601
- 整理番号 160303077
- 著者氏名 Bao-Yun Sun, Takashi Inoue, Takashi Shimada, Toshiya Okazaki, Toshiki Sugai, Kazutomo Suenaga and Hisanori Shinohara
- 論文題目 Synthesis and Characterization of Eu-Metallofullerenes from Eu@C<sub>74</sub> to Eu@C<sub>90</sub> and Their Nano-Peapods
- 書誌事項 Journal of Chemical Physics B, Vol. 108, P9011-9015 (2004)
- 公表日付 20040602
- 整理番号 160302054
- 著者氏名 J. Jiang<sup>1)</sup>, R. Saito, A. Grueneis, G. Dresselhaus, and M. S. Dresselhaus
- 論文題目 Electron-phonon interaction and relaxation time in graphite
- 書誌事項 Chemical Physics Letters, Vol. 392, P. 383-389 (2004)
- 公表日付 20040615
- 整理番号 160303089
- 著者氏名 篠原久典
- 論文題目 ナノカーボンの科学
- 書誌事項 現代化学, No. 400、2004年7月号、P. 55-58 (2004)

- 公表日付 20040618
- 整理番号 160302100
- 著者氏名 M. Souza, A. Jorio, C. Fantini, B.R.A. Neves, M.A. Pimenta, R. Saito, A. Ismach, E. Joselevich, V.W. Brar, Ge.G. Samsonidze, G. Dresselhaus, and M.S. Dresselhaus
- 論文題目 Single- and Double-Resonance Raman G-band processes in Carbon Nanotubes
- 書誌事項 Physical Review B, Vol.69, P. 241403-1~4 (2004)
- 公表日付 20040623
- 整理番号 160302053
- 著者氏名 K. Sasaki, Y. Kawazoe, and R. Saito
- 論文題目 Fractional flux periodicity of a twisted planar square lattice
- 書誌事項 Physics Letters A, Vol.329, P.148-154 (2004)
- 公表日付 20040714
- 整理番号 160303109
- 著者氏名 E. Xenogiannopoulou, S. Couris, E. Koudoumas, N. Tagmatarchis, T. Inoue, and H. Shinohara
- 論文題目 Nonlinear optical response of some isomerically pure higher fullerenes and their corresponding endohedral metallofullerene derivatives: C<sub>82</sub>-C<sub>2v</sub>, Dy@C<sub>82</sub> (I), Dy<sub>2</sub>@C<sub>82</sub> (I), C<sub>92</sub>-C<sub>2</sub> and Er<sub>2</sub>@C<sub>92</sub> (IV)
- 書誌事項 Chemical Physics Letters, Vol.394, P.14-18 (2004)
- 公表日付 20040717
- 整理番号 160302079
- 著者氏名 L.G. cancado, M. A. Pimenta, B.R.A. Neves, G. Medeiros-Ribeiro, Toshiaki Enoki, Yousuke Kobayashi, Kazuyuki Takai, Kenichi Fukui, M. S. Dresselhaus, R. Saito, and A. Jorio
- 論文題目 Anisotropy in the Raman spectra of nanographite ribbons
- 書誌事項 Physical Review Letters, Vol.93 No.4 P.047403-1~4 (2004)
- 公表日付 20040723
- 整理番号 160305022
- 著者氏名 J. Haruyama, K. Takazawa, S. Miyadai, A. Takeda, N. Hori, I. Takesue, Y. Kanda, T. Akazaki, and H. Takayanagi
- 論文題目 Supercurrent through diffusive multi-walled carbon nanotubes
- 書誌事項 Physica C, Vol.408-410 pp.85-87 (2004)
- 公表日付 20040800
- 整理番号 160303120
- 著者氏名 Yuto Kurokawa, Shigeru Kishimoto, Toshiya Okazaki, Hisanori

Shinohara, and Takashi Mizutani

論文題目 Fabrication Technique for Carbon Nanotube Single-Electron Transistors Using Focused Ion Beam

書誌事項 Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 8A, 5669-5670 (2004)

公表日付 20040810

○ 整理番号 160302085

著者氏名 C.Fantini, A.Jorio, M.Souza, L.O.Ladeira, A.G.Souza Filho, R.Saito, Ge.G.Samsonidze, G.Dresselhouse, M.S.Dresselhouse

論文題目 One-Dimensional Character of Combination Modes in Resonance Raman Scattering of Carbon Nanotubes

書誌事項 Physical Review Letters, Vol.93, No.8 P.087401-1~4 (2004)

公表日付 20040820

○ 整理番号 160303112

著者氏名 岡崎俊也, 篠原久典

論文題目 フラーレンとカーボンナノチューブ : 21世紀を担うナノカーボン

書誌事項 日本電子News, Vol.36, P.2-7 (2004)

公表日付 20040900

○ 整理番号 160303113

著者氏名 谷中淳, 福井信志, 寺田康彦, 篠原久典

論文題目 超高真空STM/STSを用いた金属内包フラーレンの観察

書誌事項 日本物理学会誌, Vol.59, No.9, P.611-614 (2004)

公表日付 20040900

○ 整理番号 160302103

著者氏名 S.G. Chou, H.B. Rubeiro, E.B. Barros, A.P. Santos, D. Nezhich, Ge.G. Samsonidze, C. Fantini, M.A. Pimenta, A. Jorio, F.P. Filho, M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, R. Saito, M. Zheng, G. B. Onoa, E.D. Semke, A.K. Swan, M.S. Uenlue, and B.B. Goldberg

論文題目 Optical Characterizations of DNA wrapped Carbon Nanotubes Hybrids

書誌事項 MRS Fall Meeting 2004、Material Research Society主催、Hynes Convention Center/Sheraton Boston Hoteel, MA. USA, Vol.397, No.4-6, P.296-301 (2004)

公表日付 20040916 Web/20041021

○ 整理番号 160302041

著者氏名 J. Jiang, R. Saito, A. Grueneis, G. Dresselhaus, and M. S. Dresselhaus

論文題目 Optical absorption matrix elements in single-wall carbon

nanotubes

書誌事項 Physical Review B, Vol.42, P.3169-3176 (2004)

公表日付 20040917

○ 整理番号 160303114

著者氏名 M. Krause, M. Hulman, H. Kuzmany, Dubay, G. Kresse, K.Vietze, G. Seifert, C.Wang and H. Shinohara

論文題目 Fullerene Quantum Gyroscope

書誌事項 Physical Review Letters, Vol. 93, No. 13, P.137403-1~4 (2004)

公表日付 20040924

○ 整理番号 160303118

著者氏名 Atsuto Okamoto, and Hisanori Shinohara,

論文題目 Control of diameter distribution of single-walled carbon nanotubes using the zeolite-CCVD method at atmospheric pressure

書誌事項 Carbon, Vol.43, P.432-436 (2004)

公表日付 20041000

○ 整理番号 160303121

著者氏名 Jhinhwan Lee, S. Eggert, H. Kim, S.-J. Kahng, H. Shinohara, and Y. Kuk

論文題目 Real Space Imaging of One-Dimensional Standing Waves: Direct Evidence for a Luttinger Liquid

書誌事項 Physical Review Letters, Vol. 93, No. 16, 166403-1~4 (2004)

公表日付 20041015

○ 整理番号 160303133

著者氏名 Toshiya Okazaki, and Hisanori Shinohara

論文題目 Fullerenes and Carbon Nanotubes: Nanocarbon Assuming a Leading Role in the 21st Century

書誌事項 JEOL News, Vol.39, No.2, 56, 20-25 (2004)

公表日付 20041100

○ 整理番号 160302042

著者氏名 A. Jorio, R. Saito, G. Dresselhaus, and M. S. Dresselhaus

論文題目 Determination of nanotubes properties by Raman spectroscopy

書誌事項 Philosophical Transactions Royal Society A, Vol.362, No.1824, P.2311-2336 (2004)

公表日付 20041115

○ 整理番号 160303138

著者氏名 Koki Urita, Yuta Sato, Kazu Suenaga, Alexandre Gloter, Ayako Hashimoto, Masashi Ishida, Takashi Shimada, Hisanori Shinohara, and Sumio

Iijima

論文題目 Defect-Induced Atomic Migration in Carbon Nanopeapod: Tracking the Single-Atom Dynamic Behavior

書誌事項 Nano Letters, Vol.4, No. 12, P.2451-2454 (2004)

公表日付 20041117

○ 整理番号 160302071

著者氏名 Ge. G. Samsonidze, R. Saito, N. Kobayashi, A. Gruneis, J. Jiang, A. Jorio, S. G. Chou, G. Dresselhouse, and M. S. Dresselhouse

論文題目 Family behavior of the optical transition energies in single-wall carbon nanotubes of smaller diameters

書誌事項 Applied Physics Letters, Vol.85, No.23, p5703-5706 (2004)

公表日付 20041206

○ 整理番号 160302083

著者氏名 S. Murakami, K. Sasaki, and R. Saito

論文題目 Re-parameterization Invariance in Fractional Flux Periodicity

書誌事項 J. Phys. Soc. Japan, Vol. 73, No.12, P3231-3234 (2004)

公表日付 20041212

○ 整理番号 160302099

著者氏名 K. Sasaki, S. Murakami, and R. Saito

論文題目 Fractional flux periodicity in doped carbon nanotubes

書誌事項 Physical Review B, Vol.70, P.233406-1~4 (2004)

公表日付 20041222

○ 整理番号 160303135

著者氏名 Ramesh Palanisamy, Toshiya Okazaki, Risa Taniguchi, Junichi Kimura, Toshiki Sugai, Kenichi Sato, Yuji Ozeki, and Hisanori Shinohara

論文題目 Selective Chemical Vapor Deposition Synthesis of Double-Wall Carbon Nanotubes on Mesoporous Silica

書誌事項 J. of Phys. Chem. B, Vol.109, P1141-1147 (2004)

公表日付 20041231

○ 整理番号 160303139

著者氏名 T. Shimada, T. Sugai, C. Fantini, M. Souza, L.G. Cancado, A. Jorio, M.A. Pimenta, R. Saito, A. Gruneis, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, Y. Ohno, T. Mizutani, and H. Shinohara

論文題目 Origin of the 2450 cm<sup>-1</sup> Raman bands in HOPG, single-wall and double-wall carbon nanotubes

書誌事項 Carbon, Vol.43, No.5, P.1049-1054 (2005)

公表日付 20050100

- 整理番号 160303140  
著者氏名 Takashi SHIMADA, Yutaka OHNO, Kazutomo SUENAGA, Toshiya OKAZAKI, Shigeru KISHIMOTO, Takashi MIZUTANI, Risa TANIGUCHI, Haruhito KATO, Baopeng CAO, Toshiki SUGAI, and Hisanori SHINOHARA  
論文題目 Tunable Field-Effect Transistor Device with Metallofullerene Nanopeapods  
書誌事項 Japanese Journal of Applied Physics, , Vol. 44, No. 1A, 2005, P. 469-472 (2005)  
公表日付 20050100
- 整理番号 160302080  
著者氏名 A. Jorio, C. Fantini, M. A. Pimenta, R. B. Capaz, Ge. G. Samsonidze, G. Dresselhouse, M. S. Dresselhouse, J. Jiang, N. Kobayashi, A Gruneis, and R. Saito  
論文題目 Resonance Raman spectroscopy (n,m)-dependent effects in small-diameter single-wall carbon nanotubes'  
書誌事項 Phys. Rev. B, Vol. 71, 075401-1~11 (2005)  
公表日付 20050102
- 整理番号 160303137  
著者氏名 Y. Ohno, Y. Kurokawa, S. Kishimoto, T. Mizutani, T. Shimada, M. Ishida, T. Okazaki, H. Shinohara, Y. Murakami S. Maruyama, A. Sakai, and K. Hiraga  
論文題目 Synthesis of carbon nanotube peapods directly on Si substrates  
書誌事項 APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol. 86, 023109\_1-3 (2005)  
公表日付 20050105
- 整理番号 160303134  
著者氏名 Takashi Shimada, Yutaka Ohno, Kazutomo Suenaga, Toshiya Okazaki, Shigeru Kishimoto, Takashi Mizutani, Risa Taniguchi, Haruhito Kato, Baopeng Cao, Toshiki Sugai, and Hisanori Shinohara  
論文題目 Tunable Field-Effect Transistor Device with Metallofullerene Nanopeapods  
書誌事項 Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 44, No. 1A, P469-472 (2005)  
公表日付 20050111
- 整理番号 160302072  
著者氏名 J. Jiang, R. Saito, A. Gruneis, S. G. Chou, A. Jorio, S. G. Chou, G. Samsonidze, G. Dresselhouse, and M. S. Dresselhouse  
論文題目 Photo-excited electron relaxation processes in single wall carbon nanotubes

- 書誌事項 Physical Review B, Vol.71, 045417-1~9 (2005)  
公表日付 20050114
- 整理番号 160303154  
著者氏名 C. Ton-That, M. E. Welland, J. A. Larsson, J. C. Greer, A. G. Shard, V. R. Dhanak, A. Taninaka, and H. Shinohara  
論文題目 Electrostatic ordering of the lanthanum endoatom in La@C82 adsorbed on metal surfaces  
書誌事項 Physical Review B, Vol. 71, 045419\_1-6 (2005) (2005)  
公表日付 20050114
- 整理番号 160305061  
著者氏名 J.Haruyama  
論文題目 Correlation of Tomonaga-Luttinger liquid, superconductivity, and spin entanglement in carbon nanotubes  
書誌事項 Physica Status Sol., Vol. 242, No.2, P.265-270 (2005)  
公表日付 20050120
- 整理番号 160303148  
著者氏名 Ayako Hashimoto, Kazu Suenaga, Koki Urita, Takashi Shimada, Toshiki Sugai, Shunji Bandow, Hisanori Shinohara, and Sumio Iijima  
論文題目 Atomic Correlation Between Adjacent Graphene Layers in Double-Wall Carbon Nanotubes  
書誌事項 PHYSICAL REVIEW LETTERS, Vol.94, P.045504\_1-4 (2005)  
公表日付 20050204
- 整理番号 160305062  
著者氏名 春山純志  
論文題目 カーボンナノチューブにおける朝永ラッティンジャー液体と超伝導  
書誌事項 電気学会カーボンナノチューブ調査研究会 予稿集, (2005)  
公表日付 20050317

(2) 特許出願

H16年度特許出願件数：8件（CREST研究期間累積件数：11件）