

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00220

研究課題名（和文）一次元ヘテロナノチューブの革新的デバイスへの展開

研究課題名（英文）Development of innovative devices of 1D hetero-nanotubes

研究代表者

丸山 茂夫（Maruyama, Shigeo）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：90209700

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,100,000円

研究成果の概要（和文）：単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の外層として異なるナノチューブを形成して得られるヘテロナノチューブ合成技術を応用し、様々なヘテロナノチューブを合成、それらの物性評価、デバイス作製を行った。SWCNT@BNNT（外層に窒化ホウ素ナノチューブ）においては、そのBNNTの成長メカニズムをTEM観察にて明らかにし、さらにその外層に NoS_2 -NTを形成したSWCNT@BNNT@ MoS_2 -NTの光学物性およびそのダイオード特性を明らかにした。ヘテロナノチューブの熱伝導特性や特定のカイラリティのSWCNTのみからなるヘテロナノチューブの合成にも成功し、今後のナノデバイスへの進展が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘテロナノチューブにおいて、その内層と外層に金属・半導体および絶縁体のナノチューブを任意に組み合わせることが可能であり、それ自身が電子素子となり多様な機能を有する。さらにバンドギャップや直径等も制御でき、本研究課題の成果としてヘテロナノチューブの高い工学応用のポテンシャルを示すことができたと言える。実際に、ダイオード特性を計測することにも成功しただけでなく、多数の水平配向および垂直配向ヘテロナノチューブ合成技術により、バルクスケールでの応用への展開も可能になった。

研究成果の概要（英文）：We synthesized various hetero-nanotubes by applying the hetero-nanotube synthesis technique, which is obtained by forming different nanotubes as the outer layer of single-walled carbon nanotubes (SWCNTs), and evaluated their physical properties and fabricated devices. The growth mechanism of the BNNTs was clarified by TEM observation, and the optical properties and diode characteristics of the SWCNT@BNNT@ MoS_2 -NTs with NoS_2 -NTs on the outer layer were also clarified. The thermal conductivity properties of hetero-nanotubes and the synthesis of hetero-nanotubes consisting only of SWCNTs of specific chirality were also successfully demonstrated, which are expected to be useful for future nanodevices.

研究分野：分子熱工学

キーワード：カーボンナノチューブ ヘテロナノチューブ 遷移金属ダイカルコゲナイト 高分解能電子顕微鏡 分光計測 エネルギーデバイス応用

1. 研究開始当初の背景

研究代表者の丸山らは 2018 年に、単層カーボンナノチューブ (single-walled carbon nanotube, SWCNT) をテンプレートとして用い、その周囲に窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) および二硫化モリブデン (MoS_2) などから成る遷移金属ダイカルコゲナイドナノチューブ (TMDNT) を同心状に合成することで、新奇 1 次元 (1D) 物質の創製に成功した (*Science*, 367, 537-542 (2020)., 特許出願済). このような複数のファンデルワールス原子層から構成される新たな物質を 1D ヘテロナノチューブ (図 1) と名付けた. ここで、SWCNT は幾何構造に依存して金属性または半導体性を持つものに対して、BN は絶縁性、 MoS_2 は n 型半導体性を示す. ヘテロナノチューブは、積層する物質およびその組み合わせ・積層順序などのデザインにより、一体化した一次元構造への機能の組み込みが可能という特徴を持ち、既存のナノ物質と一線を画す新たな物質群として定義される. 従来の分子吸着による SWCNT ドーピングと異なり、理想的なファンデルワールス界面による高い制御性、安定性、一様性を伴った物性制御を実現することが期待される. さらに、図 2 に示すように様々な組み合わせの積層ヘテロナノチューブによって多様な物性の発現が期待される. これらの構造と物性の系統的分析に基づき、所望の特性を設計したヘテロナノチューブの合成を行うことで、SWCNT をチャンネルとした高性能 FET、光センサを目指した光電変換素子などの様々な新奇機能素子を実現すると考えられる. また、このようなヘテロナノチューブから成る薄膜を用いることで、革新的な太陽電池やモードロックレーザーなどの開発が可能である.

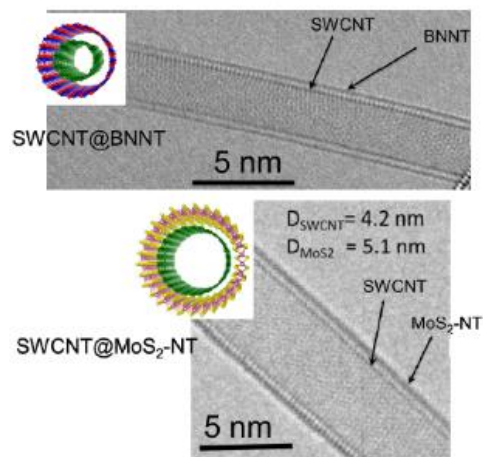


図 1 1D ヘテロナノチューブの構造.

2. 研究の目的

SWCNT, BNNT, TMDNT 等が組み合われたヘテロナノチューブの自在な積層形成を可能とする制御合成技術を確認するとともに、機能設計合成されたヘテロナノチューブを単独または薄膜として用いた革新的なデバイスを多分野へと展開することを本研究の目的とする. 具体的には、デバイス 評価可能なモフォロジーの形成 [(i) 1D ヘテロナノチューブの合成制御とモフォロジー制御], また、超高分解能電子顕微鏡や光学分光を用いた評価 [(ii) 1D ヘテロナノチューブの構造分析および界面制御], ヘテロナノチューブの特異な物性の発現を生かしたデバイスとして [(iii) 単一 1D ヘテロナノチューブを用いたデバイス展開および (iv) 1D ヘテロナノチューブ薄膜を用いたデバイス展開] を実施する.

3. 研究の方法

上記の実現のために、下記(i)-(iv)の研究内容を並行して進め、それぞれの実験結果からのフィードバックを研究代表者・分担者間で逐次議論しながら研究を実行する.

(i) 1D ヘテロナノチューブの合成制御とモフォロジー制御

SWCNT は、金属微粒子を触媒として化学気相成長法 (CVD 法) により合成される. 申請者らはエタノールを炭素源ガスとして用い、高品質な SWCNT の CVD 合成を世界的にリードしてきた. 本研究では SWCNT をテンプレートとした多様な 1D ヘテロナノチューブの制御合成技術の確立 (図 2), および 1D ヘテロナノチューブによる薄膜形成を行う. 現在までに丸山らは、SWCNT をテンプレートとしてその周囲に窒化ホウ素 (BN) および MoS_2 を合成し、SWCNT@BNNT, SWCNT@ MoS_2 NT, SWCNT@BNNT@ MoS_2 NT (図 3) といったヘテロ構造を実現してきた. 現状の合成装置としては、SWCNT 用、BN 用、 MoS_2 用の複数の装置を用いて逐次的にヘテロ構

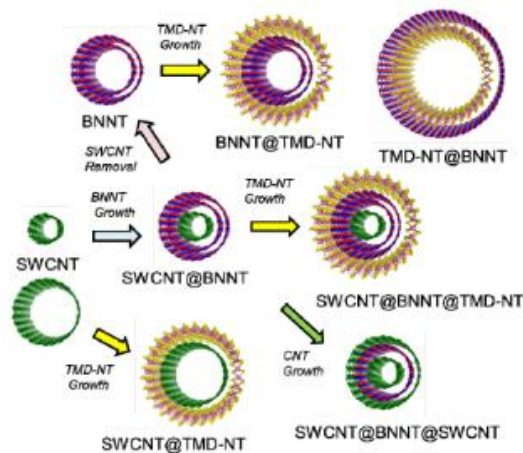


図 2 様々なヘテロ構造の模式図.

造を合成しているため、得られるヘテロナノチューブの種類と合成効率に限界がある。新たに合成装置を組み上げ、一連の合成を連続的に実行できる環境を構築し、多様な積層構造の制御合成を行う。例えば、 MoS_2 がn型半導体であるのに対し、二セレン化タングステン (WSe_2) 原子層はp型半導体性を示すことが知られている。さらに、低圧の酸素中での加熱によってSWCNT@BNNTからSWCNTのみを除去することも可能となっている。これによって図2に示す多様なヘテロナノチューブの実現が可能となる。研究(ii)の構造分析からのフィードバックを受けながら、機能化ヘテロナノチューブの物性制御範囲を拡大するとともに、結晶性および構造一様性の向上を目指す。研究(iii)の単一ナノチューブデバイスに向けては、ピラー構造などのシリコン微細加工面を基板として架橋SWCNTを合成し、これをベースにヘテロナノチューブ合成を行うことで、別基板への転写を可能とする。また、研究(iv)の太陽電池応用などに向けた薄膜デバイスに関しては、ヘテロナノチューブから成る薄膜を形成する必要がある。

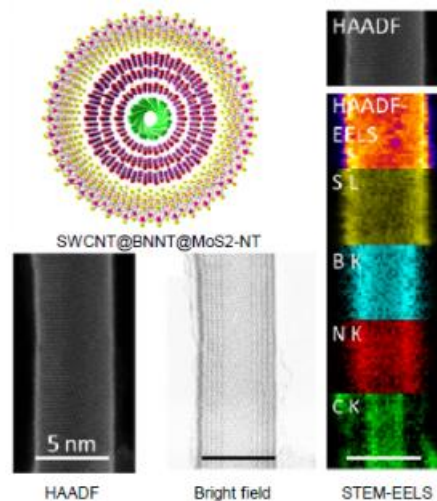


図3 SWCNT@BNNT@MoS₂NT.

(ii) 1D ヘテロナノチューブの構造分析および界面制御

ヘテロナノチューブおよびその集合体の構造分析に関しては、研究分担者の末永が世界をリードする超高分解能透過型電子顕微鏡 (HR-TEM) が強力な手段となる。これを用いて原子欠陥観察、ヘテロ原子観察が可能である。入射電子のエネルギーを数 10 meV まで絞り込んだ超高分解能電子エネルギー損失分光法 (EELS) による局所吸収スペクトル分析によりヘテロナノチューブの界面の電子構造やフォノン散乱構造を詳細に分析する。また、研究分担者の千足が得意とする顕微レーザー分光、顕微ラマン分光、顕微 PL 分光を組み合わせることで、ヘテロナノチューブ、および薄膜間の界面を分析し、原子スケールからマクロな界面までを連続的につなぐ電子特性の評価・制御方法を確立する。ドーパントや欠陥を含めた原子レベルの構造と物性を一対一で対応付けすることで、様々なデバイスに最適なナノチューブ構造を提案し、合成技術へのフィードバックとする。さらに太陽電池などの薄膜デバイス応用に向けて、薄膜化後の電荷輸送特性を評価し、ネットワーク構造化の影響も系統的に調べ、電子・正孔輸送層への適用に向けた薄膜形成プロセスの最適化に利用する。

(iii) 単一 1D ヘテロナノチューブを用いたデバイス展開

半導体性 SWCNT は、適切なバンドギャップ、高いキャリア輸送特性、ナノサイズの構造かつ結合の閉じた表面を持つことから、シリコンに替わる次世代の半導体チャネル材料としての期待がかかる。ここで、電界効果トランジスタ (FET) は、チャネルとなる半導体に加え、ゲート誘電膜となる絶縁体、電極となる金属から構成される。SWCNT は構造によって半導体または金属性を持つ一方で、BNNT は絶縁性を有する。また、SWCNT は構成原子が全て表面に存在することから、その伝導特性は表面での接触物に大きな影響を受ける。グラフェンが原子的に平坦な層状 BN での保護により高いキャリア移動度を実現したように、SWCNT と同心状に複合化した BNNT の利用で高性能 FET の実現が期待される。グラフェンはゼロギャップ半金属のためデジタル回路への利用には適さず、半導体 SWCNT が有効である。半導体 SWCNT@金属 SWCNT などの構造を架橋合成し、基板に転写することで、電気特性の測定を実施する。また、TMD は半導体として振る舞うことが知られている。SWCNT@BNNT@TMDNT の構造において TMDNT をチャネルとして用い、内層の SWCNT をゲート電極に利用することが可能である。このような方針により、全ての構成要素がナノチューブから成るオールナノチューブ FET が実現できる。1本のチューブ構造を機能素子として用い、高度なアセンブリ技術と組み合わせることで、将来的な超集積デバイスの実現が期待される。

(iv) 1D ヘテロナノチューブ薄膜を用いたデバイス展開

SWCNT 薄膜をテンプレートとしてヘテロナノチューブ化し、熱伝導率、ホール計測、熱電計測など基礎的な物性計測を行う。また、薄膜として紫外・可視・近赤外分光、FT-IR 分光、ラマン分光、蛍光分光による分析を実施する。予備的な実験において、SWCNT 薄膜の BN コーティングにより薄膜の熱伝導率を 2 倍程度向上できることが確認された。さらに、この熱伝導率の向上と耐熱性・耐化学反応性の向上を活用し、モードロックレーザーにおける可飽和吸収材としてレーザー強度を 5 倍程度に上昇できることが明らかとなっている。薄膜構造の制御によって、これらの基本性能をさらに向上させ、実用的な高強度薄膜としての応用が可能となる。さらに、

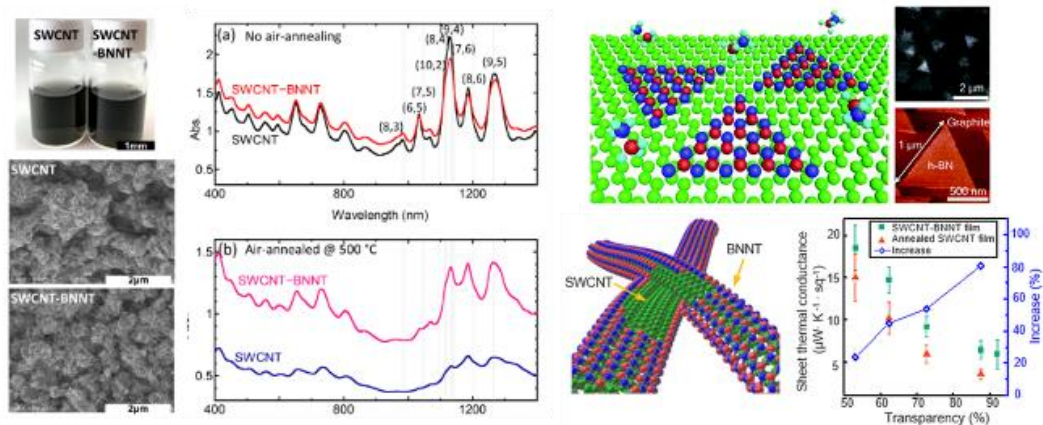


図 4 ゼオライト上で合成した SWCNT@BNNT とその吸収スペクトル. グラファイト上の大面積 BN 原子層. SWCNT@BNNT 薄膜における熱伝導度向上.

SWCNT 薄膜に BNNT および MoS₂NT を形成することで、ペロブスカイト型太陽電池の電子・正孔輸送層兼透明電極として活用することが期待できる. 予備的な実験により, SWCNT 薄膜では実現不能な高い光電変換効率を実現できるとともに, 有機分子によるドーピング効果は無機物質に置き換えることで安定性を大きく向上できることが見込まれている. SWCNT 薄膜の一部分をヘテロナノチューブとするダブルヘテロ構造によって, 革新的なキャリア輸送層兼透明電極の実現が可能と考える. また, ヘテロナノチューブ薄膜のエネルギー準位の制御として, 種々の化学酸化剤を用いたホールドーピングによるホール輸送特性の付与などをおこなう. さらに, ヘテロナノチューブの光電変換活性層での活用も検討する. 浸透させる有機系材料をさらに検討することにより, エネルギー変換効率および耐久性の更なる向上を目指す. 後工程における真空プロセスが不要な SWCNT およびヘテロナノチューブ薄膜ベースの太陽電池は, 既存の有機系太陽電池の概念を変える革新的なデバイスとなると考えられる.

4. 研究成果

1年目は, SWCNT をテンプレートとしその外周に異なるナノチューブ (例えば BNNT や MoS₂NT) を形成することによって得られるヘテロナノチューブの合成術の開発, その物性評価およびデバイス応用に向けた研究を進めた. 合成においては, 多数の金属触媒微粒子を表面に担持したゼオライト表面から合成した SWCNT を用いて, SWCNT を内層, BNNT を外層とする SWCNT@BNNT 構造の合成に成功し, その光学特性を明らかにした (図 4). また, ヘテロナノチューブ成長メカニズム解明を目指し, グラファイト表面での BN 結晶の成長を詳細に分析することで, 非常に大きな BN/グラファイト構造の合成に成功した. 物性評価においては, 垂直配向した SWCNT 膜の膜厚方向の熱伝導の計測に加え, SWCNT@BNNT 薄膜が SWCNT 薄膜よりも高い面内熱伝導率を示すことを明らかにした. また, 光学特性評価も行い, SWCNT@BNNT@MoS₂NT における励起子のダイナミクスを緩和分光計測により明らかにした. 応用研究においては, SWCNT@BNNT@MoS₂NT をチャンネルとした電界効果トランジスタの作製に成功し, そのデバ

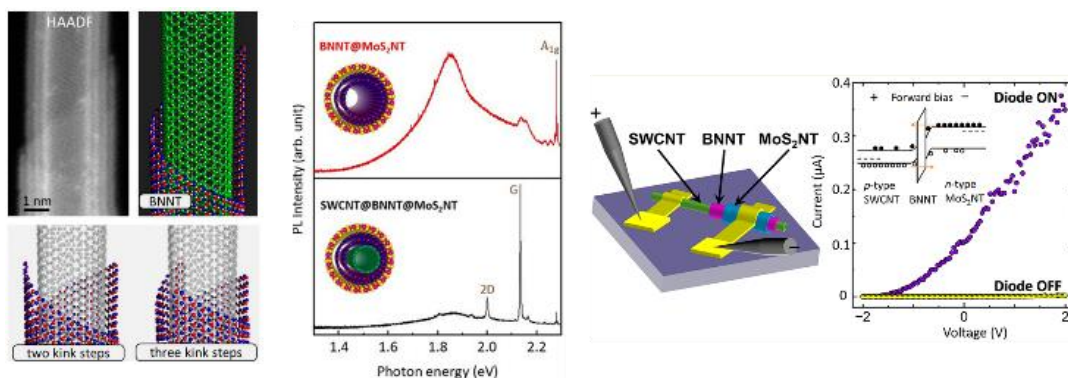


図 5 SWCNT@BNNT における BNNT 端部のエッジ構造, BNNT@MoS₂NT からの発光スペクトル. SWCNT@BNNT@MoS₂NT によるダイオード.

イス特性評価を行った。ヘテロナノチューブのエネルギーデバイス応用に向け、SWCNT のペロブスカイト型太陽電池への応用を行った。電極として SWCNT を利用することで、正孔輸送層としての優れた性能を明らかに、ペロブスカイト結晶の成長核としての SWCNT 応用、SWCNT@MoS₂NT 薄膜における高い正孔輸送特性を示すことに成功した。

2 年目は、SWCNT 上へのヘテロナノチューブ (MoS₂NT, BNNT など) の成長技術開発に成功し、その成長メカニズムの解析を行った。SWCNT 合成技術や同位体炭素を用いた成長メカニズムの分析により、より詳細な成長機構についての知見を得ている (図 5)。さらに、SWCNT をテンプレートとし、その外層に異なるナノチューブの合成や、ヘテロナノチューブ合成後に特定のナノチューブを除去することによって、これまで単独では合成することのできなかつた様々なナノチューブ材料の創出を実現している。また、ヘテロナノチューブ成長メカニズムの解明を目指し、グラフェンや BN 層など様々な 2 次元積層の成長についての詳細な解析を行った。さらにこれらヘテロナノチューブの光学特性、熱伝導特性などを明らかにした。光学特性としては BNNT@単層 MoS₂NT の合成に成功し、さらにその蛍光発光スペクトルの検出に成功している。また、透過型電子顕微鏡による原子レベルでのヘテロナノチューブ構造の解析 (層間構造、カイラリティの相関など) にも成功した。同時に、量子計算による電子構造計算や分子動力学法を用いた熱伝導計算も進め、実験結果との直接的な比較・分析を行った。応用としては、ペロブスカイト太陽型太陽電池へのナノチューブ応用やドーピング効果による変換効率の向上、ヘテロナノチューブの過飽和吸収を用いたモードロックレーザー発振、また光電子デバイス作製に成功した。

3 年目は、化学気相成長法による材料合成の面においては、特定のカイラリティを分離した SWCNT を孤立架橋させる手法を確立することで構造の定まったテンプレートを用いた SWCNT@BNNT ヘテロナノチューブの合成を実現した (図 6)。得られたヘテロナノチューブについて高分解能電子顕微鏡によりその構造の評価を行った。本成果は、特定の電気特性やバンドギャップを有する SWCNT をヘテロナノチューブデバイスに活用するための基礎技術となるといふ点で重要である。また、垂直配向 SWCNT をテンプレートに用いた外層への BNNT の形成と内層 SWCNT の除去を行うことで、垂直配向 BNNT を形成することに成功した。従来の合成法により得られる BNNT は直径が大きいものに限定されていたが、本研究により比較的小直径の垂直配向 BNNT が初めて得られた。また、外層への CNT や MoS₂NT の形成やその結晶性の向上を行い、様々なナノチューブをデバイス応用に適した任意の順序で得るための方針を確立した。さらに、SWCNT 同士の相互作用による熱伝導特性の変化の計測や、SWCNT を用いたペロブスカイト型太陽電池の開発、SWCNT@BNNT ヘテロナノチューブを用いた FET などの開発を行い、SWCNT と周囲物質の相互作用による特性の変化、バイス性能への影響について知見を得た。

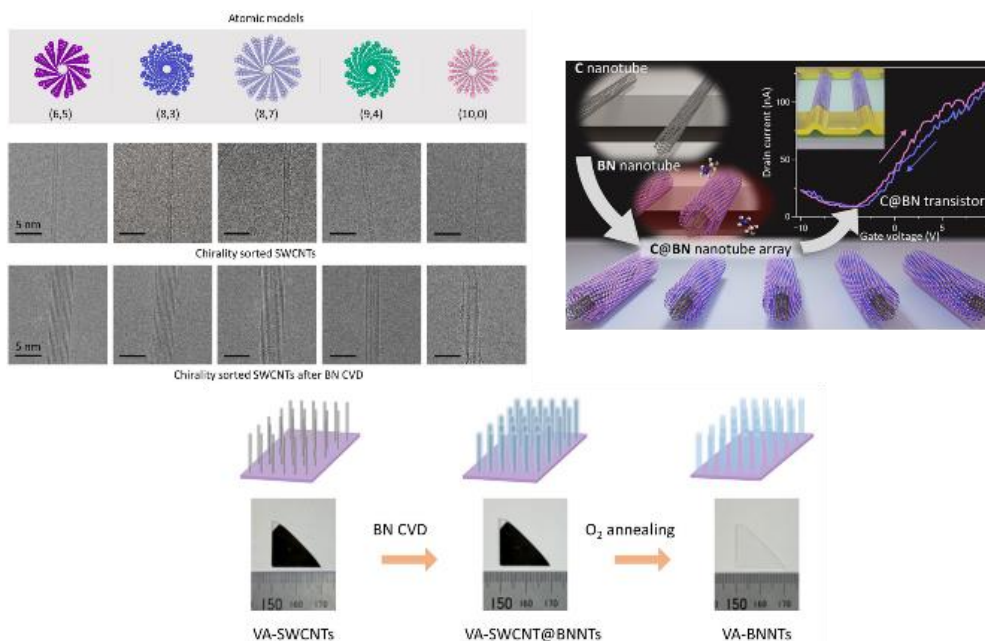


図 6 カイラリティ分離した SWCNT 上への BNNT 形成。SWCNT@BNNT による FET。垂直配向 SWCNT@BNNT および垂直配向 BNNT。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計41件（うち査読付論文 41件 / うち国際共著 37件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Liu Ming, Hisama Kaoru, Zheng Yongjia, Maruyama Mina, Seo Seungju, Anisimov Anton, Inoue Taiki, Kauppinen Esko I., Okada Susumu, Chiashi Shohei, Xiang Rong, Maruyama Shigeo	4. 巻 15
2. 論文標題 Photoluminescence from Single-Walled MoS ₂ Nanotubes Coaxially Grown on Boron Nitride Nanotubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 8418 ~ 8426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.0c10586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Cha JinHyeok, Hasegawa Kei, Lee Jeonyoon, Stein Itai Y., Miura Asuka, Noda Suguru, Shiomi Junichiro, Chiashi Shohei, Wardle Brian L., Maruyama Shigeo	4. 巻 171
2. 論文標題 Thermal properties of single-walled carbon nanotube forests with various volume fractions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 121076 ~ 121076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Hisama Kaoru, Maruyama Mina, Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo, Okada Susumu	4. 巻 60
2. 論文標題 Indirect-to-direct band gap crossover of single walled MoS ₂ nanotubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 065002 ~ 065002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abffc6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yan Qingwei, Alam Fakhr E., Gao Jingyao, Dai Wen, Tan Xue, Lv Le, Wang Junjie, Zhang Huan, Chen Ding, Nishimura Kazuhito, Wang Liping, Yu Jinhong, Lu Jibao, Sun Rong, Xiang Rong, Maruyama Shigeo, Zhang Hang, Wu Sudong, Jiang Nan, Lin Cheng Te	4. 巻 31
2. 論文標題 Soft and Self Adhesive Thermal Interface Materials Based on Vertically Aligned, Covalently Bonded Graphene Nanowalls for Efficient Microelectronic Cooling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2104062 ~ 2104062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202104062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Qi, Ying Haoting, Li Xin, Xiang Rong, Zheng Yongjia, Wang Hemiao, Su Jun, Xu Minxuan, Zheng Xin, Maruyama Shigeo, Zhang Xuefeng	4. 巻 13
2. 論文標題 Controlled Doping Engineering in 2D MoS ₂ Crystals toward Performance Augmentation of Optoelectronic Devices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 31861 ~ 31869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c07286	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fan Yan Chen, Zhao Yi, Li Shuang, Liu Yue, Lv You, Zhu Yuan, Xiang Rong, Maruyama Shigeo, Zhang Hao, Zhang Qianfan	4. 巻 59
2. 論文標題 Altering polythiophene derivative substrates to explore the mechanism of heterogeneous lithium nucleation for dendrite-free lithium metal anodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Energy Chemistry	6. 最初と最後の頁 63 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jechem.2020.10.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Seo Seungju, Kim Sanha, Yamamoto Shun, Cui Kehang, Kodama Takashi, Shiomi Junichiro, Inoue Taiki, Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo, Hart A. John	4. 巻 180
2. 論文標題 Tailoring the surface morphology of carbon nanotube forests by plasma etching: A parametric study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carbon	6. 最初と最後の頁 204 ~ 214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2021.04.066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Liu Kaihui, Kato Yuichiro K., Maruyama Shigeo	4. 巻 6
2. 論文標題 Optical Spectroscopy of Individual Single-Walled Carbon Nanotubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 135 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-71516-8_5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Choi Jin-Myung, Suko Hiroki, Kim Kyusun, Han Jiye, Lee Sangsu, Matsuo Yutaka, Maruyama Shigeo, Jeon Il, Daiguji Hirofumi	4. 巻 26
2. 論文標題 Multi-Walled Carbon Nanotube-Assisted Encapsulation Approach for Stable Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 5060 ~ 5060
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26165060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ying Junfeng, Tan Xue, Lv Le, Wang Xiangze, Gao Jingyao, Yan Qingwei, Ma Hongbing, Nishimura K., Li He, Yu Jinhong, Liu Te-Huan, Xiang Rong, Sun Rong, Jiang Nan, Wong Chingping, Maruyama Shigeo, Lin Cheng-Te, Dai Wen	4. 巻 15
2. 論文標題 Tailoring Highly Ordered Graphene Framework in Epoxy for High-Performance Polymer-Based Heat Dissipation Plates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 12922 ~ 12934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c01332	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Soltan Mohamed S., Ismail N., Hassan Hassan M.A., Shawky Ahmed, El-Sharkawy E.A., Youssef Rabie M., Maruyama Shigeo, Elshaarawy Reda F.M.	4. 巻 14
2. 論文標題 Copper nanoparticle-decorated RGO electrodes as hole transport layer of perovskite solar cells enhancing efficiency and shelf stability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Research and Technology	6. 最初と最後の頁 631 ~ 638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmrt.2021.06.084	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Cambre Sofie, Liu Ming, Levshov Dmitry, Otsuka Keigo, Maruyama Shigeo, Xiang Rong	4. 巻 17
2. 論文標題 Nanotube Based 1D Heterostructures Coupled by van der Waals Forces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2102585 ~ 2102585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202102585	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Yongjia, Kumamoto Akihito, Hisama Kaoru, Otsuka Keigo, Wickerson Grace, Sato Yuta, Liu Ming, Inoue Taiki, Chiashi Shohei, Tang Dai-Ming, Zhang Qiang, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Li Yan, Suenaga Kazu, Ikuhara Yuichi, Maruyama Shigeo, Xiang Rong	4. 巻 118
2. 論文標題 One-dimensional van der Waals heterostructures: Growth mechanism and handedness correlation revealed by nondestructive TEM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2107295118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2107295118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Zheyuan, Sun Xiangnan, Yuan Pengtao, Yokokawa Shoko, Zheng Yongjia, Jiang Hongbo, Jin Lei, Anisimov Anton, Kauppinen Esko, Xiang Rong, Maruyama Shigeo, Yamashita Shinji, Set Sze Y.	4. 巻 39
2. 論文標題 SWCNT@BNNT With 1D Van Der Waals Heterostructure With a High Optical Damage Threshold for Laser Mode-Locking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 5875 ~ 5883
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2021.3092522	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yao Fengrui, Yu Wentao, Liu Can, Su Yingze, You Yilong, Ma He, Qiao Ruixi, Wu Chunchun, Ma Chaojie, Gao Peng, Xiao Fajun, Zhao Jianlin, Bai Xuedong, Sun Zhipei, Maruyama Shigeo, Wang Feng, Zhang Jin, Liu Kaihui	4. 巻 16
2. 論文標題 Complete structural characterization of single carbon nanotubes by Rayleigh scattering circular dichroism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1073 ~ 1078
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-021-00953-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Meng Han, Maruyama Shigeo, Xiang Rong, Yang Nuo	4. 巻 180
2. 論文標題 Thermal conductivity of one-dimensional carbon-boron nitride van der Waals heterostructure: A molecular dynamics study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 121773 ~ 121773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121773	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kitajima Masahiro, Katayama Ikufumi, Handeg?rd ?rjan Sele, Nagao Tadaaki, Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo, Takeda Jun	4. 巻 60
2. 論文標題 Fano resonance of optical phonons in a multilayer graphene stack	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 122006 ~ 122006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac2c29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tang Dai-Ming, et al.,	4. 巻 374
2. 論文標題 Semiconductor nanochannels in metallic carbon nanotubes by thermomechanical chirality alteration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1616 ~ 1620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abi8884	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Xue-Lin, Lin Hao-Sheng, Zhang Bo-Wen, Maruyama Shigeo, Matsuo Yutaka	4. 巻 xx
2. 論文標題 Synthesis of Conjugated Donor?Acceptor Antiaromatic Porphyrins and Their Application to Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 xx
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01947	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Guo Jia, Xiang Rong, Cheng Ting, Maruyama Shigeo, Li Yan	4. 巻 2
2. 論文標題 One-Dimensional van der Waals Heterostructures: A Perspective	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nanoscience Au	6. 最初と最後の頁 3 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnanoscienceau.1c00023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Seo Seungju, Akino Kosuke, Nam Jeong Seok, Shawky Ahmed, Lin Hao Sheng, Nagaya Hiroki, Kauppinen Esko I., Xiang Rong, Matsuo Yutaka, Jeon II, Maruyama Shigeo	4. 巻 9
2. 論文標題 Multi Functional MoO ₃ Doping of Carbon Nanotube Top Electrodes for Highly Transparent and Efficient Semi Transparent Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Materials Interfaces	6. 最初と最後の頁 2101595 ~ 2101595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/admi.202101595	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chisaka Mitsuharu, Xiang Rong, Maruyama Shigeo, Daiguji Hirofumi	4. 巻 36
2. 論文標題 Twofold Effects of Zirconium Doping into TiN on Durability and Oxygen Reduction Reactivity in an Acidic Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 539 ~ 547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.energyfuels.1c03210	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Maruyama Shigeo, Arnold Michael S., Krupke Ralph, Peng Lian-Mao	4. 巻 131
2. 論文標題 Physics and applications of nanotubes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 080401 ~ 080401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0087075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Yongjia, Dai Wanyu, Zhang Xue-Qiang, Huang Jia-Qi, Maruyama Shigeo, Yuan Hong, Xiang Rong	4. 巻 70
2. 論文標題 Nanotube-based heterostructures for electrochemistry: A mini-review on lithium storage, hydrogen evolution and beyond	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Energy Chemistry	6. 最初と最後の頁 630 ~ 642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jechem.2022.02.029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Qiang, Nam Jeong Seok, Han Jiye, Datta Sukanta, Wei Nan, Ding Er Xiong, Hussain Aqeel, Ahmad Saeed, Skakalova Viera, Khan Abu Taher, Liao Yong Ping, Tavakkoli Mohammad, Peng Bo, Mustonen Kimmo, Kim Dawoon, Chung In, Maruyama Shigeo, Jiang Hua, Jeon Il, Kauppinen Esko I.	4. 巻 32
2. 論文標題 Large Diameter Carbon Nanotube Transparent Conductor Overcoming Performance?Yield Tradeoff	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2103397 ~ 2103397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202103397	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Burdanova Maria G., Liu Ming, Staniforth Michael, Zheng Yongjia, Xiang Rong, Chiashi Shohei, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Maruyama Shigeo, Lloyd Hughes James	4. 巻 32
2. 論文標題 Intertube Excitonic Coupling in Nanotube Van der Waals Heterostructures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2104969 ~ 2104969
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202104969	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Otsuka Keigo, Ishimaru Ryoya, Kobayashi Akari, Inoue Taiki, Xiang Rong, Chiashi Shohei, Kato Yuichiro K., Maruyama Shigeo	4. 巻 16
2. 論文標題 Universal Map of Gas-Dependent Kinetic Selectivity in Carbon Nanotube Growth	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 5627 ~ 5635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c10569	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Pengyingkai, Zheng Yongjia, Inoue Taiki, Xiang Rong, Shawky Ahmed, Watanabe Makoto, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo	4. 巻 14
2. 論文標題 Enhanced In-Plane Thermal Conductance of Thin Films Composed of Coaxially Combined Single-Walled Carbon Nanotubes and Boron Nitride Nanotubes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 4298 ~ 4305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.9b09754	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Burdanova Maria G., Kashtiban Reza J., Zheng Yongjia, Xiang Rong, Chiashi Shohei, Woolley Jack Matthew, Staniforth Michael, Sakamoto-Rablah Emily, Xie Xue, Broome Matthew, Sloan Jeremy, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Maruyama Shigeo, Lloyd-Hughes James	4. 巻 20
2. 論文標題 Ultrafast Optoelectronic Processes in 1D Radial van der Waals Heterostructures: Carbon, Boron Nitride, and MoS2 Nanotubes with Coexisting Excitons and Highly Mobile Charges	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 3560 ~ 3567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.0c00504	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Arai Hayato, Inoue Taiki, Xiang Rong, Maruyama Shigeo, Chiashi Shohei	4. 巻 12
2. 論文標題 Non-catalytic heteroepitaxial growth of aligned, large-sized hexagonal boron nitride single-crystals on graphite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 10399 ~ 10406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NR00849D	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jeon II, Shawky Ahmed, Seo Seungju, Qian Yang, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Matsuo Yutaka, Maruyama Shigeo	4. 巻 8
2. 論文標題 Carbon nanotubes to outperform metal electrodes in perovskite solar cells via dopant engineering and hole-selectivity enhancement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 11141 ~ 11147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ta03692g	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lin Hao-Sheng, Okawa Shunhei, Ma Yue, Yotsumoto Satoshi, Lee Changsoo, Tan Shaun, Manzhos Sergei, Yoshizawa Michito, Chiashi Shohei, Lee Hyuck Mo, Tanaka Takeshi, Kataura Hiromichi, Jeon II, Matsuo Yutaka, Maruyama Shigeo	4. 巻 32
2. 論文標題 Polyaromatic Nanotweezers on Semiconducting Carbon Nanotubes for the Growth and Interfacing of Lead Halide Perovskite Crystal Grains in Solar Cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 5125 ~ 5133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.0c01011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Qian Yang, Seo Seungju, Jeon Il, Lin Haosheng, Okawa Shuhei, Zheng Yongjia, Shawky Ahmed, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I., Kong Jing, Xiang Rong, Matsuo Yutaka, Maruyama Shigeo	4. 巻 13
2. 論文標題 MoS ₂ -carbon nanotube heterostructure as efficient hole transporters and conductors in perovskite solar cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 075009 ~ 075009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab9efa	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fan Yanchen, Liu Shitai, Han Xiao, Xiang Rong, Gong Yongji, Wang Tianshuai, Jing Yu, Maruyama Shigeo, Zhang Qianfan, Zhao Yan	4. 巻 3
2. 論文標題 Ni/Co-Based Nanowire Arrays with Hierarchical Core-Shell Structure Electrodes for High-Performance Supercapacitors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 7580 ~ 7587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c01004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Koh Heeyuen, Chiashi Shohei, Shiomi Junichiro, Maruyama Shigeo	4. 巻 11
2. 論文標題 Heat diffusion-related damping process in a highly precise coarse-grained model for nonlinear motion of SWCNT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 563-1 ~ 563-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-79200-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Xiang Rong, Maruyama Shigeo	4. 巻 1
2. 論文標題 Heteronanotubes: Challenges and Opportunities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Small Science	6. 最初と最後の頁 2000039 ~ 2000039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smssc.202000039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jang Woongsik, Kim Byung Gi, Seo Seungju, Shawky Ahmed, Kim Min Soo, Kim Kyusun, Mikladal Bjørn, Kauppinen Esko I., Maruyama Shigeo, Jeon II, Wang Dong Hwan	4. 巻 37
2. 論文標題 Strong dark current suppression in flexible organic photodetectors by carbon nanotube transparent electrodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nano Today	6. 最初と最後の頁 101081 ~ 101081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nantod.2021.101081	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoon Jungjin, Kim Unsoo, Yoo Yongseok, Byeon Junseop, Lee Seoung Ki, Nam Jeong Seok, Kim Kyusun, Zhang Qiang, Kauppinen Esko I., Maruyama Shigeo, Lee Phillip, Jeon II	4. 巻 8
2. 論文標題 Foldable Perovskite Solar Cells Using Carbon Nanotube Embedded Ultrathin Polyimide Conductor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 2004092 ~ 2004092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/advs.202004092	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Cha JinHyeok, Hasegawa Kei, Lee Jeonyoon, Stein Itai Y., Miura Asuka, Noda Suguru, Shiomi Junichiro, Chiashi Shohei, Wardle Brian L., Maruyama Shigeo	4. 巻 171
2. 論文標題 Thermal properties of single-walled carbon nanotube forests with various volume fractions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 121076 ~ 121076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Pengyingkai, Feng Ya, Xiang Rong, Inoue Taiki, Anisimov Anton, Kauppinen Esko I, Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo	4. 巻 32
2. 論文標題 Phenomenological model of thermal transport in carbon nanotube and hetero-nanotube films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 205708 ~ 205708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/abe151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Feng Ya, Li Henan, Inoue Taiki, Chiashi Shohei, Rotkin Slava V., Xiang Rong, Maruyama Shigeo	4. 巻 15
2. 論文標題 One-Dimensional van der Waals Heterojunction Diode	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 5600 ~ 5609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c00657	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 S. Maruyama,
2. 発表標題 Single-Walled Carbon Nanotubes and Hetero-Nanotubes for Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 237th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Maruyama
2. 発表標題 Growth and Characterization of Various van der Waals Hetero-Nanotubes Based on Single-Walled Carbon Nanotubes
3. 学会等名 237th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Feng, Y. Zheng, M. Liu, S. Chiashi, K. Otsuka, R. Xiang, S. Maruyama*
2. 発表標題 Electronic devices with one-dimensional heterostructures based on single-walled carbon nanotubes
3. 学会等名 The 31st International Conference on Molecular Electronics and Devices (IC ME&D) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Zheng, M. Liu, Y. Feng, S. Chiashi, K. Otsuka, R. Xiang, S. Maruyama*
2. 発表標題 Synthesis and Characterizations of van der Waals Hetero-Nanotubes Based on Single-Walled Carbon Nanotubes
3. 学会等名 The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Chiashi
2. 発表標題 Synthesis of single-walled carbon nanotube @ boron nitride nanotubes and their optical properties
3. 学会等名 14th Symposium on Nanotube Spectroscopy, Photonics, and Applications in Metrology (NT21 satellite) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Feng, Y. Zheng, M. Liu, S. Chiashi, K. Otsuka, R. Xiang, *S. Maruyama
2. 発表標題 Electronic devices with one-dimensional heterostructures based on single-walled carbon nanotubes
3. 学会等名 IC ME&D 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rong Xiang, Yongjia Zheng, Ming Liu, Taiki Inoue, Shohei Chiashi, Shigeo Maruyama
2. 発表標題 One-dimensional van der Waals heterostructures
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋野 広佑, 長屋 皓紀, Shawky Ahmed, 井ノ上泰輝, 千足 昇平, 丸山 茂夫
2. 発表標題 単層CNT電極を用いたペロブスカイト-シリコンタンデム太陽電池
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊達 寛紀, 長友 実花, 小林 明香里, 井ノ上 泰輝, 藤井 武則, 丸山 茂夫, 千足 昇平,
2. 発表標題 単層CNT薄膜のホール効果計測における分子吸着の影響
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 番場 雅典, 佐藤 周, 井ノ上 泰輝, 丸山 茂夫, 千足 昇平,
2. 発表標題 ラマン散乱分光による垂直配向単層カーボンナノチューブにおける水分子吸着効果の分析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 周, 四元 聡, 番場 雅典, 井ノ上 泰輝, 丸山 茂夫, 千足 昇平
2. 発表標題 h-BN上へのガス配向成長CNTのラマン分光測定
3. 学会等名 第59回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ahmed Shawky, Kosuke Akino, Takuya Matsui, Taiki Inoue, Esko Kauppinen, Shohei Chiashi, Shigeo Maruyama
2. 発表標題 Utilization of transparent SWCNT films in 4-terminal perovskite-silicon tandem solar cells
3. 学会等名 第59回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ya Feng, Henan Li, Taiki Inoue, Shigeo Maruyama
2. 発表標題 One dimensional hetero-junction diode
3. 学会等名 第59回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Zheng, Y. Qian, M. Liu, A. Kumamoto, Y. Ikuhara, E. I. Kauppinen, S. Chiashi, T. Inoue, R. Xiang, S. Maruyama,
2. 発表標題 Growth mechanism of one-dimensional heterostructures
3. 学会等名 第59回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pengyingkai Wang, Yongjia Zheng, Taiki Inoue, Rong Xiang, Shohei Chiashi, Makoto Watanabe, Shigeo Maruyama
2. 発表標題 Quantitative study of sheet thermal conductance of Single-Walled carbon nanotube film
3. 学会等名 第59回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Date, M. Nagatomo, A. Kobayashi, T. Inoue, T. Fujii, E. Kauppien, S. Maruyama, S. Chiashi,
2. 発表標題 Annealing Influence on Hall Measurement of Single-Walled Carbon Nanotube Thin Films .
3. 学会等名 第60回 フラールン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Zheng, A. Kumamoto, R. Xiang, K. Hisama, K. Otsuka, Y. Sato, T. Inoue, S. Chiashi, D. Tang, Q. Zhang, A. Anisimov, E. Kauppinen, K. Suenaga, Y. Ikuhara, S. Maruyama,
2. 発表標題 Growth mechanism and handedness relation of one-dimensional van der Waals heterostructures
3. 学会等名 第60回 フラールン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Bamba, S. Sato, T. Inoue, S. Maruyama, S. Chiashi,
2. 発表標題 Investigation of water adsorption on vertically-aligned single-walled carbon nanotubes by Raman spectroscopy .
3. 学会等名 第60回記念フラールン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shigeo Maruyama
2. 発表標題 Device Applications of One-Dimensional Van der Waals Hetero-Nanotubes
3. 学会等名 2020 Virtual MRS Fall Meeting & Exhibit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shigeo Maruyama
2. 発表標題 Synthesis of nano-materials by chemical vapor deposition technique
3. 学会等名 ICFD2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shigeo Maruyama
2. 発表標題 Thermal and Energy Challenges with 1D-Heterostructures based on Single-Walled Carbon Nanotubes
3. 学会等名 X-Reports in Thermal Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 丸山研究室HP http://www.photon.t.u-tokyo.ac.jp/index.html 東京大学工学部機械工学科丸山研究室 http://www.photon.t.u-tokyo.ac.jp/index-j.html</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	末永 和知 (Suenaga Kazutomo) (00357253)	大阪大学・産業科学研究所・教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	千足 昇平 (Chiashi Shohei) (50434022)	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授 (12601)	
研究分担者	項 栄 (Xiang Rong) (20740096)	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・外国人客員研究員 (12601)	
研究分担者	井ノ上 泰輝 (Inoue Taiki) (00748949)	大阪大学・工学研究科・助教 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関