

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03864

研究課題名(和文) グラフェンのテーラーメイド合成とその展開

研究課題名(英文) Tailor-made synthesis and future development of graphene

研究代表者

吾郷 浩樹 (AGO, Hiroki)

九州大学・グローバルイノベーションセンター・教授

研究者番号：10356355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,700,000円

研究成果の概要(和文)：究極的な二次元物質であるグラフェンは、極めて高いキャリア移動度や光透過性などから今後のIoT社会を支える重要なデバイスの構成要素となりうる。本研究では研究代表者独自の「エピタキシャルCVD法」をベースとして、単層グラフェンの高品質化を進めるとともに、積層構造を制御した二層グラフェンの選択成長へと発展させた。CVD合成した二層グラフェンを用いて層間への分子挿入とツイスト角度の関係を明らかにするとともに、層間に挿入された分子の特異構造を見出すなど多くの興味深い知見を得た。さらに、六方晶窒化ホウ素と組み合わせたトランジスタアレーの作製など応用研究も大きく発展させることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素からなるグラフェンは、原子レベルの薄さにもかかわらず、電気的に非常に優れ、かつ透明であることから、次世代の集積回路や通信、タッチパネルなどへの応用が期待されている材料である。本研究では、このグラフェンの層数を制御した高品質合成を実現し、二次元絶縁体である六方晶窒化ホウ素と組み合わせることで電子デバイスとして高い特性を示すことを実証した。また、半導体的な電子構造をとる二層グラフェンの構造を高度に制御する方法を開発するとともに、二枚のグラフェンの層間で未知の分子の構造を見出すなど、新しいサイエンスにつながる成果を得ることに成功した。

研究成果の概要(英文)：Graphene has promising properties, such as extremely high carrier mobility and high optical transparency, which can be developed to future IoT society contributing to our life. In this work, we have developed a high-quality synthesis of monolayer graphene and uniform bilayer graphene based on our original epitaxial CVD method. We found an interesting effect of stacking angles on the molecular intercalation in bilayer graphene. In addition, the formation of new molecular structures within bilayer graphene was discovered by electron microscopy observation. Moreover, we have succeeded in developing electronic applications, such as graphene transistor arrays, flexible electrodes, and batteries, based on the high quality graphene samples.

研究分野：ナノテクノロジー

キーワード：単層グラフェン 二層グラフェン CVD インターカレーション 電界効果トランジスタ

1. 研究開始当初の背景

グラフェンは極めて高い移動度や光透過性、柔軟性などを有することから、フレキシブルで透明なトランジスタや電極、化学センサーなど、今後の IoT 社会を支えるデバイスとして重要な役割を果たすと期待されている。しかし、そのポテンシャルを活かした応用の実現には、高品質膜の合成と転写技術の構築、そして特性に真にマッチした用途開発などの継続した研究が不可欠である。グラフェンの作製法として、黒鉛の剥離法に代わって、メタンなどを原料として金属触媒上に成長させる CVD (化学蒸着) 法が広く利用されるようになってきた。炭素固溶度の低い銅 (Cu) が単層グラフェンを与えることから広く研究されているが、銅箔の低い結晶性や表面粗さに起因するグラフェンの粒界欠陥、転写時のダメージなど、課題は多く残されており、発展を妨げる大きな一因となっている。研究代表者は、サファイア上に堆積させたエピタキシャル Cu(111) 薄膜を用いることで、方位が揃った高結晶性の単層グラフェンを合成する「エピタキシャル CVD 法」を提案してきた (図 1) (*Carbon* 2012, *J. Phys. Chem. Lett.* 2012, *Appl. Phys. Express* 2013, *Chem. Mater.* 2015 等)。この手法で合成するグラフェンに対する評価は高く、国内だけでも 25 以上の研究室に提供し、我が国のグラフェン研究を牽引してきた。しかしながら、隣接するグレイン間で欠陥を生じることなく融合するのか、どういう条件なら融合させることができるのか、といった点は未解明であった。さらに、Cu(111) 薄膜に存在する双晶欠陥の存在、煩雑で不純物混入が多い転写プロセスの改善など課題は多く残されていた。

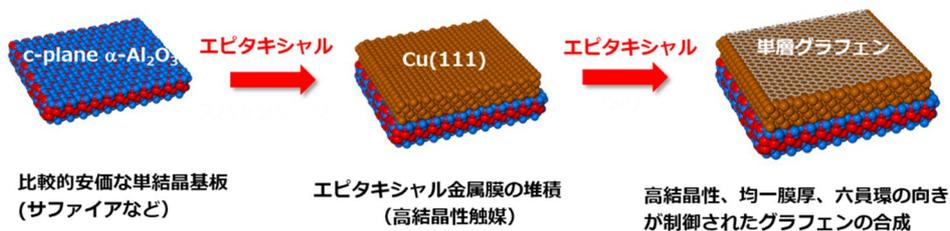


図 1 研究代表者が開発したエピタキシャル CVD 法

他方、二層グラフェンにはゲート電圧によってバンドギャップを誘起することができるという利点があり、半導体デバイスへの応用が期待されている。しかし、単層膜に比べて二層膜の CVD 成長は難しく、論文発表も極めて限られている。代表者は、Cu-Ni の合金を用いて炭素の固溶度を制御することで、二層グラフェンを選択的に合成する技術を開発した (*Chem. Mater.* 2016)。しかしバンドギャップの導入に不可欠な AB 積層 (図 2a) の選択成長には課題が残っていた。また、層間に分子・イオンを挿入すること (インターカレーション) によって、二層グラフェンの物性をドラスティックに変化させることができることも実証している (*Adv. Mater.* 2017)。グラフェンの応用をさらに推進していくには、層数やグレイン構造はもとより、積層様式まで制御した超高品質な単層・二層グラフェンの CVD 成長技術の開発が求められている。

2. 研究の目的

代表者が行ってきたグラフェンのエピタキシャル CVD 法をさらに発展させ、均一性に優れ、半導体応用に適した AB 積層の二層グラフェンを選択的に合成する技術の開発を行うとともに、エピタキシャル CVD 法で成長させた単層グラフェンのグレイン構造に関する理解を深めることを目的とした。さらに、応用研究として、超高品質単層グラフェンのデバイス応用、積層様式が異なる二層グラフェンの特性に応じた応用開発 (トランジスタや透明電極への応用) を、研究分担者の協力を得ながら推進することを目指した。このように他では追従できないレベルのテーラーメイドのグラフェン製造法を確立するとともに、それを物性、応用研究へと展開していく方針に基づき研究を展開した。

3. 研究の方法

研究代表者の開発したエピタキシャル CVD 法を発展させて単層グラフェンの高品質化を一層推し進めるとともに、この知見を二層グラフェンの均一合成や積層角度制御、さらに二層グラフェン層間への分子のインターカレーションによる機能創出など、多方面に研究を発展させることを試みた。

4. 研究成果

(1) 単層グラフェンのエピタキシャル CVD 成長

Cu(111)薄膜を用い、方位の揃ったグラフェンのグレインの境界について、酸化処理によるグレインの安定性の評価など基礎的な知見を深めることができた(2021年第68回応用物理学会春季学術講演会の招待講演)。また、スパッタリングやその後の処理などを行うことで Cu(111)薄膜の単結晶化にも成功し、より高品質な単層グラフェンの合成に道筋をつけた。この単層グラフェン膜は、国内外の研究者に提供し、より活発な研究活動につなげた(ACS Nano 15, 6034 (2020), J. Phys. Chem. C 124, 26428 (2020), Sci. Adv. 5, eaau3407 (2019), npj 2D Mater. Appl. 3, 7 (2019), Sci. Rep., 9, 3777 (2019), J. Phys. Chem. C 122, 19273 (2018)など)。

(2) 二層グラフェンの CVD 成長とキャラクタリゼーション

Cu-Ni(111)上に成長した二層グラフェンをラマン分光により詳細に解析を行うと、二層部分のうち約7割が半導体応用に適した AB 積層だが、残り3割は回転積層(主に30°回転)を有していることが明らかになった(図2a)。そこで、AB積層の割合を高めるため、様々な検討を行った。そして、メタンを長時間流し続けると、AB積層の割合を劇的に増やせることを見出した(ACS Nano 14, 6834 (2020))。図2bにAB積層の割合の反応時間依存性を示す。3時間まで延ばすと、AB積層の割合が急激に増えることが分かる。成長メカニズムを明らかにするため、通常使う ^{12}C ガスに加えて、同位体ラベリングした ^{13}C を時間を変えて流すことで、生成した二層グラフェンがいつ成長したのかをラマンマッピングにより調べた(^{13}C と ^{12}C では格子振動が異なるので、ラマンによりそれらの空間分布が求まる)。そうすると、最初の30分間に流した ^{13}C 由来の ^{13}C 原子が6時間後もグラフェンとして残っていて、そのあと5時間半流した ^{12}C 中の ^{12}C はほとんど存在しないことが明らかとなった。この結果は、最初に流したメタンの炭素から形成した回転二層が長時間の反応中に(エネルギー的に最も安定な)AB積層に再構築したと理解できる。

この CVD 合成した AB 積層二層グラフェンを用い、図 2c に示すようなトランジスタを作製した。ここで、二層グラフェンの下部の SiO_2 基板や上部のゲート絶縁膜の影響を避けて、本来のキャリア輸送を測定するため、二層グラフェンの上下を剥離の多層 h-BN で挟んでいる。その結果、図 2d のような明瞭な電流のオン-オフがトップゲート(垂直電場)印加時に実現できた。このことから、CVD 合成においても AB 積層した膜が得

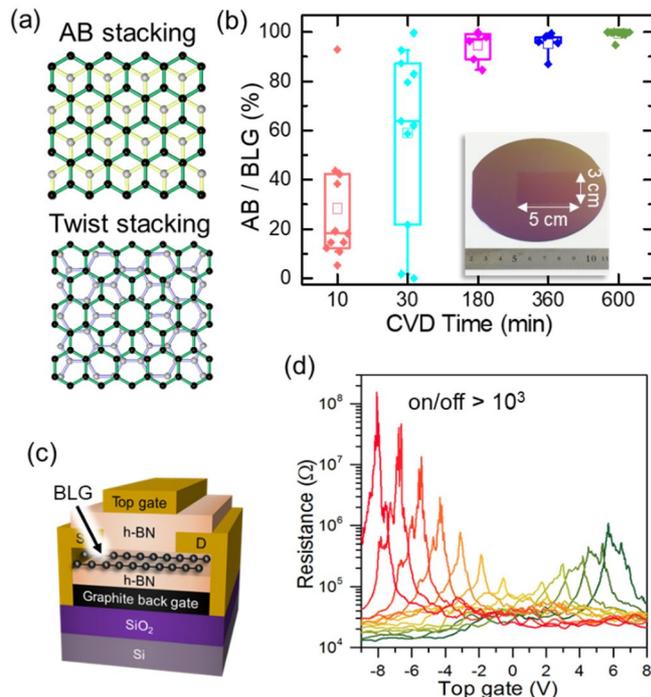


図 2 (a)二層グラフェンの積層構造。(b)AB 積層の割合の CVD 時間依存性。挿図は cm スケールで合成・転写した二層グラフェン。(c,d)長時間 CVD で合成した AB 積層二層グラフェンを用いたトランジスタの構造と特性(20 K)。

られ、バンドギャップを開くこともできるということが示された (*ACS Nano* **14**, 6834 (2020))。

二層グラフェンにおける回転角度は、バンドギャップの生成から超伝導の発現、後述するインターカレーションまで様々な影響を及ぼす。そのため、積層角度を実験的に求めることは非常に重要である。角度測定の多くは電子顕微鏡などの回折像を利用しているが、観察範囲は狭く、また高真空や高価な装置

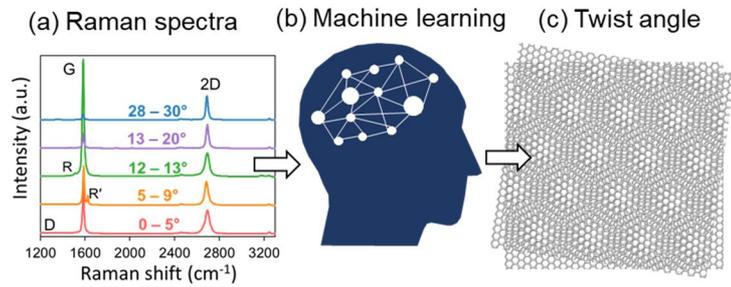


図 3 ラマンスペクトルを用いた機械学習による二層グラフェンの積層構造の解析法

が必要である。そこで、研究代表者はラマンスペクトルを基に、機械学習を使って、短時間に簡単に積層角度を判別する方法を開発した (図 3) (*ACS Appl. Nano Mater.* **5**, 1356 (2022))。今後、この方法によって短時間、かつ広い範囲で、二層グラフェンの積層角度が測定できるようになるものと期待される。

(3) 二層グラフェンへのインターカレーション

二層グラフェンの層間には、上下を電子雲で囲まれたユニークな二次元ナノ空間が広がっている。図 4a,b に示すように、この二次元ナノ空間は新しい物質科学の舞台として興味深く、本研究では層間への金属塩化物 (AlCl_3 , CuCl_2) のインターカレーションを中心的に行った。特に、積層角度がインターカレーションに及ぼす影響を、エピタキシャル CVD 法で合成し単層グラフェンを 2 枚用いることで詳細に調べた。その結果、回転角度が大きくなるほどインターカレーションが起こりやすいことを見出し、それを利用して、50 μm を切る低抵抗状態を二層グラフェンで実現した (2022 年 3 月応用物理学会講演奨励賞、*ACS Nano* submitted)。さらに、このインターカレーションされた二層グラフェンをプラスチック上で作製することで、透明でフレキシブルな電極を作製し、折り曲げに対して抵抗値がほとんど変わらないことを示した。

二層グラフェンは、非常に薄く、電子線を透過させるため、透過電子顕微鏡 (TEM) や走査型透過電子顕微鏡 (STEM) によって層間に入った分子の構造にアクセスすることができる (*Nano Lett.* **21**, 10386 (2021))。図 4 は二層グラフェンに AlCl_3 をインターカレーションした後の STEM 像である。バルクの AlCl_3 結晶とは全く異なる 3 種類の二次元の結晶構造が発見された (*Adv. Mater.* **33**, 2105898 (2021))。また、電子線励起により、これらの構造の間で相転移が起こることも分かった。こ

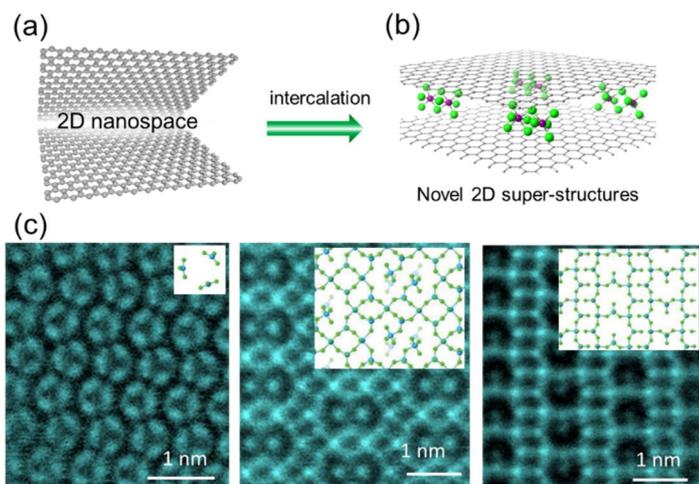


図 4 (a,b) 二次元ナノ空間への分子挿入による、二層グラフェンの物性変化。(c) 二層グラフェンの間に現れる AlCl_3 分子の新規な二次元超構造の STEM 像。

の結果は、二次元ナノ空間では通常得ることのできない構造が得られることを意味しており、二次元ナノ空間が新しい物質創製や物理現象の発現の場として興味深いことを示している。なお、黒鉛層間化合物 (GIC) は 1980 年代から長い歴史のある研究対象であったが、主に X 線構造解析 (XRD) を用いてバルク結晶を中心に研究が行われてきた。本研究では二層グラフェンという最新の材料と、最先端の電子顕微鏡の組み合わせを通じて未知の構造や現象を見出しており、従来の GIC 研究に大きな革新をもたらし、新たな学理につながるものと期待できる。

(4) 応用研究とさらなる展開

上記の他にも、それぞれ CVD 法で合成した単層グラフェンと多層 hBN を用いた深紫外光センサーの開発 (*Opt. Mater. Express*, 12, 2090 (2022))、二層グラフェンのリチウムイオン電池応用、単層グラフェンをチャンネルにした大面積の電界効果トランジスタアレーの作製と CVD-hBN による特性向上の実現 (*Nat. Electronics*, submitted)、単層グラフェンを 2 枚用いたウォーターポケットの作製と電子顕微鏡による気液固界面における動的挙動の観察 (*Langmuir* 37, 12271 (2021), *ACS Omega* 5, 11180 (2020)) など先駆的な成果を得ることができた。

4 年間の研究期間中に計 36 件もの招待講演を行ったことから裏付けられるように、本研究は高い評価を受けた。また、2020 年には齋藤理一郎教授とともに「グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用」を監修して出版するなど、グラフェンを中心とする二次元物質で本分野を牽引する役割を担った。さらには、2021 年 9 月には研究代表者が領域代表として、学術変革領域研究(A)に「2.5 次元物質科学：社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト」という領域名で採択された。これは、本基盤研究(A)の研究成果のさらなる発展にとどまらず、我が国の二次元物質研究の活性化や世界を牽引する新学理の開拓につながる非常に重要な成果といえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Lin Yung-Chang, Ji Hyun Goo, Chang Li-Jen, Chang Yao-Pang, Liu Zheng, Lee Gun-Do, Chiu Po-Wen, Ago Hiroki, Suenaga Kazu	4. 巻 14
2. 論文標題 Scanning Moire Fringe Method: A Superior Approach to Perceive Defects, Interfaces, and Distortion in 2D Materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 6034 ~ 6042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.0c01729	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 Hirokawa Sota, Teshima Hideaki, Solis-Fernandez Pablo, Ago Hiroki, Tomo Yoko, Li Qin-Yi, Takahashi Koji	4. 巻 5
2. 論文標題 Nanoscale Bubble Dynamics Induced by Damage of Graphene Liquid Cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 11180 ~ 11185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c01207	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 Solis-Fernandez Pablo, Terao Yuri, Kawahara Kenji, Nishiyama Wataru, Uwanno Teerayut, Lin Yung-Chang, Yamamoto Keisuke, Nakashima Hiroshi, Nagashio Kosuke, Hibino Hiroki, Suenaga Kazu, Ago Hiroki	4. 巻 14
2. 論文標題 Isothermal Growth and Stacking Evolution in Highly Uniform Bernal-Stacked Bilayer Graphene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 6834 ~ 6844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.0c00645	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 Erkllic Ufuk, Ji Hyun Goo, Nishibori Eiji, Ago Hiroki	4. 巻 22
2. 論文標題 One-step vapour phase growth of two-dimensional formamidinium-based perovskite and its hot carrier dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 21512 ~ 21519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP02652B	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 Uchida Yuki, Kawahara Kenji, Fukamachi Satoru, Ago Hiroki	4. 巻 2
2. 論文標題 Chemical Vapor Deposition Growth of Uniform Multilayer Hexagonal Boron Nitride Driven by Structural Transformation of a Metal Thin Film	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 3270 ~ 3278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c00601	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 Ufuk Erklic, Hiroki Ago	4. 巻 7
2. 論文標題 Type-I heterostructure and improved phase stability of formamidinium lead iodide perovskite grown on WS ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Evergreen	6. 最初と最後の頁 323 ~ 328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Inukai Daiki, Koyama Takeshi, Kawahara Kenji, Ago Hiroki, Kishida Hideo	4. 巻 124
2. 論文標題 Electronic States of Electrochemically Doped Single-Layer Graphene Probed through Fano Resonance Effects in Raman Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 26428 ~ 26433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c06566	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 Das Rasel, Solis-Fernandez Pablo, Breite Daniel, Prager Andrea, Lotnyk Andriy, Schulze Agnes, Ago Hiroki	4. 巻 420
2. 論文標題 High flux and adsorption based non-functionalized hexagonal boron nitride lamellar membrane for ultrafast water purification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 127721 ~ 127721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cej.2020.127721	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 Taslim Alexandre Budiman, Nakajima Hideaki, Lin Yung-Chang, Uchida Yuki, Kawahara Kenji, Okazaki Toshiya, Suenaga Kazu, Hibino Hiroki, Ago Hiroki	4. 巻 11
2. 論文標題 Synthesis of Sub-Millimeter Single-Crystal Grains of Aligned Hexagonal Boron Nitride on an Epitaxial Ni Film	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 14668 ~ 14675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NR03525G	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 Ji Hyun Goo, Solis Fernandez Pablo, Yoshimura Daisuke, Maruyama Mina, Endo Takahiko, Miyata Yasumitsu, Okada Susumu, Ago Hiroki	4. 巻 31
2. 論文標題 Chemically Tuned p and n Type WSe ₂ Monolayers with High Carrier Mobility for Advanced Electronics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1903613 ~ 1903613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201903613	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 Erklic Ufuk, Solis-Fernandez Pablo, Ji Hyun Goo, Shinokita Keisuke, Lin Yung-Chang, Maruyama Mina, Suenaga Kazu, Okada Susumu, Matsuda Kazunari, Ago Hiroki	4. 巻 11
2. 論文標題 Vapor Phase Selective Growth of Two-Dimensional Perovskite/WS ₂ Heterostructures for Optoelectronic Applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 40503 ~ 40511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b13904	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 Aji Adha Sukma, Nishi Ryohei, Ago Hiroki, Ohno Yutaka	4. 巻 68
2. 論文標題 High Output Voltage Generation of over 5 V from Liquid Motion on Single-Layer MoS ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nano Energy	6. 最初と最後の頁 104370 ~ 104370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nanoen.2019.104370	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 Uchida Yuki, Nakandakari Sho, Kawahara Kenji, Yamasaki Shigeto, Mitsuahara Masatoshi, Ago Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 Controlled Growth of Large-Area Uniform Multilayer Hexagonal Boron Nitride as an Effective 2D Substrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 6236 ~ 6244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.8b03055	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 Imaeda Hirotaka, Koyama Takeshi, Kishida Hideo, Kawahara Kenji, Ago Hiroki, Sakakibara Ryotaro, Norimatsu Wataru, Terasawa Tomo-o, Bao Jianfeng, Kusunoki Michiko	4. 巻 122
2. 論文標題 Acceleration of Photocarrier Relaxation in Graphene Achieved by Epitaxial Growth: Ultrafast Photoluminescence Decay of Monolayer Graphene on SiC	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 19273 ~ 19279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b06845	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 Ji Hyun Goo, Maruyama Mina, Aji Adha Sukma, Okada Susumu, Matsuda Kazunari, Ago Hiroki	4. 巻 20
2. 論文標題 van der Waals interaction-induced photoluminescence weakening and multilayer growth in epitaxially aligned WS ₂	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 29790 ~ 29797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP04418J	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 Suenaga Kenshiro, Ji Hyun Goo, Lin Yung-Chang, Vincent Tom, Maruyama Mina, Aji Adha Sukma, Shiratsuchi Yoshihiro, Ding Dong, Kawahara Kenji, Okada Susumu, Panchal Vishal, Kazakova Olga, Hibino Hiroki, Suenaga Kazu, Ago Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 Surface-Mediated Aligned Growth of Monolayer MoS ₂ and In-Plane Heterostructures with Graphene on Sapphire	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 10032 ~ 10044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.8b04612	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 Kanahashi Kaito, Tanaka Naoki, Shoji Yoshiaki, Maruyama Mina, Jeon Il, Kawahara Kenji, Ishihara Masatou, Hasegawa Masataka, Ohta Hiromichi, Ago Hiroki, Matsuo Yutaka, Okada Susumu, Fukushima Takanori, Takenobu Taishi	4. 巻 3
2. 論文標題 Formation of environmentally stable hole-doped graphene films with instantaneous and high-density carrier doping via a boron-based oxidant	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj 2D Materials and Applications	6. 最初と最後の頁 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41699-019-0090-x	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 Nakajima H., Morimoto T., Okigawa Y., Yamada T., Ikuta Y., Kawahara K., Ago H., Okazaki T.	4. 巻 5
2. 論文標題 Imaging of local structures affecting electrical transport properties of large graphene sheets by lock-in thermography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaau3407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aau3407	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 Gomasang Ploybussara, Kawahara Kenji, Yasuraoka Kenta, Maruyama Mina, Ago Hiroki, Okada Susumu, Ueno Kazuyoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 A novel graphene barrier against moisture by multiple stacking large-grain graphene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-40534-5	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 Ji Hyun Goo, Solis-Fernandez Pablo, Erkljic Ufuk, Ago Hiroki	4. 巻 4
2. 論文標題 Stacking Orientation-Dependent Photoluminescence Pathways in Artificially Stacked Bilayer WS ₂ Nanosheets Grown by Chemical Vapor Deposition: Implications for Spintronics and Valleytronics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 3717 ~ 3724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.1c00192	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 Hirokawa Sota, Teshima Hideaki, Solis-Fernandez Pablo, Ago Hiroki, Li Qin-Yi, Takahashi Koji	4. 巻 37
2. 論文標題 Pinning in a Contact and Noncontact Manner: Direct Observation of a Three-Phase Contact Line Using Graphene Liquid Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 12271 ~ 12277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c01589	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 Lin Yung-Chang, Motoyama Amane, Solis-Fernandez Pablo, Matsumoto Rika, Ago Hiroki, Suenaga Kazu	4. 巻 21
2. 論文標題 Coupling and Decoupling of Bilayer Graphene Monitored by Electron Energy Loss Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 10386 ~ 10391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c03689	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 Lin Yung Chang, Motoyama Amane, Kretschmer Silvan, Ghaderzadeh Sadegh, Ghorbani Asl Mahdi, Araki Yuji, Krasheninnikov Arkady V., Ago Hiroki, Suenaga Kazu	4. 巻 33
2. 論文標題 Polymorphic Phases of Metal Chlorides in the Confined 2D Space of Bilayer Graphene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2105898 ~ 2105898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202105898	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 Solis-Fernandez Pablo, Ago Hiroki	4. 巻 5
2. 論文標題 Machine Learning Determination of the Twist Angle of Bilayer Graphene by Raman Spectroscopy: Implications for van der Waals Heterostructures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 1356 ~ 1366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.1c03928	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 Ago Hiroki, Okada Susumu, Miyata Yasumitsu, Matsuda Kazunari, Koshino Mikito, Ueno Kosei, Nagashio Kosuke	4. 巻 23
2. 論文標題 Science of 2.5 dimensional materials: paradigm shift of materials science toward future social innovation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 275 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2022.2062576	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 Fukushima Shoichiro, Fukamachi Satoru, Shimatani Masaaki, Kawahara Kenji, Ago Hiroki, Ogawa Shinpei	4. 巻 12
2. 論文標題 Graphene-based deep-ultraviolet photodetectors with ultrahigh responsivity using chemical vapor deposition of hexagonal boron nitride to achieve photogating	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 2090 ~ 2090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.457545	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 吾郷 浩樹	4. 巻 90
2. 論文標題 2次元物質から2.5次元物質科学へ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用物理	6. 最初と最後の頁 617 ~ 622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11470/oubutsu.90.10_617	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 AGO Hiroki, TAIRA Takanobu	4. 巻 65
2. 論文標題 CVD Growth of High-quality Graphene and Visualization of the Growth Process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Vacuum and Surface Science	6. 最初と最後の頁 177 ~ 183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/vss.65.177	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計71件（うち招待講演 35件 / うち国際学会 27件）

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Syntheses and growth mechanisms of 2D materials
3. 学会等名 A3 Foresight Program (The 5th International Workshop on 2D Materials) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Synthesis of high-quality 2D materials for electronic applications
3. 学会等名 2020 VLSI-TSA (VLSI: Technology, Systems and Applications) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Hirokawa, H. Teshima, P. S. Fernandez, H. Ago, Q. Li, K. Takahashi
2. 発表標題 Nanoscale observation of pinning of three-phase contact line using TEM
3. 学会等名 EUROTHERM2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 単層グラフェンにおける第三高調波発生の励起波長依存性
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 P. Solis-Fernandez, Y. Terao, K. Kawahara, W. Nishiyama, T. Uwanno, Y.-C. Lin, K. Yamamoto, H. Nakashima, K. Nagashio, H. Hibino, K. Suenaga, H. Ago
2. 発表標題 Isothermal growth and stacking evolution of highly uniform AB-stacked bilayer graphene
3. 学会等名 第59回FNTG総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Inukai, T. Koyama, K. Kawahara, H. Ago, H. Kishida
2. 発表標題 Control of the photoluminescence by tuning the Fermi level in single-layer graphene
3. 学会等名 第59回FNTG総合シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 グラフェンの合成・物性・応用、そして二次元物質への広がり
3. 学会等名 炭素材料学会基礎講習会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Highly Controlled CVD Synthesis of Monolayer and Multilayer h-BN for 2D Materials Applications
3. 学会等名 Graphene 2020（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三石郁之, 柏倉一斗, 丹羽由実, 小川ともよ, 田原謙, 北浦良, Pablo Solis-Fernandez, 河原憲治, 吾郷浩樹, 谷口卓郎, 野本憲太郎, 小高大樹
2. 発表標題 グラフェン超薄膜を用いた高機能汎用型光学素子の開発
3. 学会等名 第21回 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 グラフェンとh-BNのCVD成長から広がる二次元物質研究
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗谷本昂希, 河原憲治, 吾郷浩樹
2. 発表標題 配向グラフェンの結晶粒界に関する研究
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丹羽由実, 柏倉一斗, 小川ともよ, 田原謙, 北浦良, 三石郁之, 河原憲治, 吾郷浩樹, 谷口卓郎, 野本憲太郎, 小高大樹
2. 発表標題 飛翔体搭載用グラフェン超薄膜光学素子の開発
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊翔太, Ufuk Erklıc, Pablo Solıs-Fernandez, 吾郷浩樹
2. 発表標題 h-BNナノ空間内での二次元ペロブスカイトの合成
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 究極の表面物質、2次元物質の科学とフロンティア
3. 学会等名 表面・界面構造セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis of high-quality 2D materials for device applications
3. 学会等名 2019 Symposia on VLSI Technology and Circuits (Workshop on "2D Materials and Applications") (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 グラフェンをはじめとした二次元原子膜のCVD成長とその展開
3. 学会等名 第12回 酸化グラフェン研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本山周, 河原憲治, 松本里香, 吾郷浩樹
2. 発表標題 大面積二層グラフェンへの金属塩化物のコインターカレーション
3. 学会等名 第57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 2019年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 メーカーフリッジ法を用いた単層グラフェンにおける第三高調波発生の観測
3. 学会等名 第57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 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD Growth of High-Quality 2D Materials and Their Heterostructures for Device Applications
3. 学会等名 SSDM2019 (Solid State Devices and Materials 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 イオン液体によりドーピングした単層グラフェンのラマン散乱分光III
3. 学会等名 日本物理学会 2019 年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山恵理子, 竹原佑亮, 三石郁之, 田原謙, 堀田貴都, 北浦良, 吾郷浩樹, 河原憲治, Pablo Solis-Fernandez
2. 発表標題 超薄膜グラフェンを用いた飛翔体搭載用軟 X 線光学素子の開発
3. 学会等名 日本天文学会 2019 年秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD growth of high-quality 2D materials and their heterostructures for electronic applications
3. 学会等名 RPGR2019 (Recent Progress in Graphene and 2D Materials Research) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 P. Solis-Fernandez, Y. Terao, K. Kawahara, L. Yung-Chang, K. Yamamoto, H. Nakashima, H. Hibino, K. Suenaga, H. Ago
2. 発表標題 Growth of Bilayer Graphene with AB-Stacking Ratios Exceeding 99% by CVD on Cu-Ni Thin Films
3. 学会等名 RPGR2019 (Recent Progress in Graphene and 2D Materials Research) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Takehara, A. Takigawa, E. Nakayama, I. Mitsuishi, K. Tamura, Y. Tawara, T. Kanoh, K. Tachibana, H. Mimura, G. Yamaguchi, T. Kume, Y. Takeo, K. Hiraguri, H. Hashizume, T. Hotta, R. Kitaura, P. Solis-Fernandez, K. Kawahara, H. Ago
2. 発表標題 Developments of space electroformed-nickel optics and atomically-thin graphene films linking space and ground-based technologies
3. 学会等名 15th Symposium of Japanese Research Community on X-ray Imaging Optics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD growth of high-quality 2D materials and their heterostructures for electronic applications
3. 学会等名 10th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy and Environment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 二次元原子膜の結晶成長とその展開
3. 学会等名 2019年日本表面真空学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧英之, 高橋 英統, 志村惟, 深澤佑介, 三好勇輔, 河原憲治, 吾郷浩樹, 中川鉄馬
2. 発表標題 ナノカーボン材料を用いたシリコンチップ上高 集積光源開発
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD growth of high-quality 2D layered materials for electronic and photonic applications
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Motoyama, K. Kawahara, R. Matsumoto, H. Ago
2. 発表標題 Co-intercalation of metal chlorides in large-area bilayer graphene
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis of 2D materials and their heterostructures for device applications
3. 学会等名 The 3rd Workshop on Functional Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤京樹, 榊原涼太郎, 河原憲治, 吾郷浩樹, 林直輝, 伊藤孝寛, 乗松航
2. 発表標題 エピタキシャルグラフェンの電子状態に与える界面の影響
3. 学会等名 第19回 日本表面真空学会中部支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis and processing of 2D materials for future applications
3. 学会等名 1 & 2DM Conference and Exhibition 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 P. Solis-Fernandez, 寺尾友里, 河原憲治, 長汐晃輔, Y.-C. Lin, 山本圭介, 中島寛, 日比野浩樹, 末永和知, 吾郷浩樹
2. 発表標題 完全AB積層した二層グラフェンのCVD成長
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本山周, 河原憲治, 松本里香, Y.-C. Lin, 末永和知, 吾郷浩樹
2. 発表標題 大面積二層グラフェンへの二成分の金属塩化物のインターカレーション
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島秀朗, 森本崇宏, 生田美植, 沖川侑揮, 山田貴壽, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岡崎俊也
2. 発表標題 ロックイン赤外線発熱解析法による大面積グラフェンの構造イメージング
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 犬飼大樹, 斉藤健輔, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 イオン液体によりドーピングされた単層グラフェンの超高速時間分解発光測定
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三石郁之, 中山恵理子, 田原謙, 堀田貴都, 北浦良, P. S. Fernandez, 河原憲治, 吾郷浩樹
2. 発表標題 超薄膜グラフェンを用いた飛翔体搭載用軟X線光学素子の開発(2)
3. 学会等名 日本天文学会 2020 年春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 単層グラフェンにおける第三高調波発生の共鳴過程
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled growth of high-quality graphene and various 2D materials for enhancing their applications
3. 学会等名 CIMTEC 2018 (International Conference on Modern Materials and Technologies) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吾郷浩樹、河原憲治
2. 発表標題 グラフェン～原子の厚みの超極薄シート～ その魅力と将来への展望
3. 学会等名 第175回 SAM会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis of high-quality 2D materials for electronic and photonic applications
3. 学会等名 IUMRS-IECM 2018 (International Conference on Electronic Materials 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島秀朗, 森本崇宏, 生田美植, 沖川侑揮, 山田貴壽, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岡崎俊也
2. 発表標題 Visualization of local defects affecting electrical transport properties of large area graphene films via lock-in thermography
3. 学会等名 第55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 2018年

1. 発表者名 榊原涼太郎, 河原憲治, 吾郷浩樹, 乗松航
2. 発表標題 SiC上グラフェンの移動度に及ぼす界面の影響
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深澤佑介, 三好勇輔, 天坂裕也, ロビン・レックマン, 横井智哉, 河原憲治, 吾郷浩樹, 牧英之
2. 発表標題 Siチップ上での高速・高集積グラフェン黒体放射発光素子
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 グラフェンをはじめとする二次元材料のCVD成長と生成機構
3. 学会等名 化学工学会 第50 回秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 グラフェンのCVD成長と応用開発、そして二次元材料への展開
3. 学会等名 近畿化学協会講演会「炭素系先端材料の新展開」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 CVD Growth of large-area, uniform multilayer h-BN as a platform of 2D material applications
3. 学会等名 9th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy and Environment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 P. Solis-Fernandez, Y. Terao, K. Kawahara, K. Suenaga, K. Yamamoto, H. Nakashima, K. Nagashio, H. Hibino, H. Ago
2. 発表標題 Purely AB-stacked bilayer graphene grown on Cu-Ni films
3. 学会等名 9th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy and Environment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD synthesis of high-quality 2D materials for electronic and photonic applications
3. 学会等名 First International Workshop on 2D Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD synthesis of high-quality 2D materials for electronic and photonic applications
3. 学会等名 3rd EU-JP Flagship Workshop on Graphene & 2DMs (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 P. Solis-Fernandez, Y. Terao, Y. Takesaki, K. Kawahara, K. Suenaga, K. Yamamoto, H. Nakashima, K. Nagashio, H. Hibino, H. Ago
2. 発表標題 Synthesis of AB-stacked bilayer graphene on Cu-Ni films
3. 学会等名 九大2D物質研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 エピタキシャルCVD法に基づく高品質二次元材料の創製と応用開発に向けた取り組み
3. 学会等名 グラフェンコンソーシアム 第19回研究講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山諄, 河原憲治, 本田哲士, 小坂尚史, 岡田研一, 増田将太郎, 保井淳, 吾郷浩樹
2. 発表標題 機能性剥離テープを用いたCVDグラフェンのドライ転写法の開発
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深澤佑介, 三好 勇輔, 中川鉄馬, 天坂裕也, ロビン レックマン, 横井智哉, 河原 憲治, 吾郷 浩樹, 牧 英之
2. 発表標題 Siチップ上での高速・高集積グラフェン黒体放射発光素子
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤京樹, 榊原涼太郎, 河原憲治, 吾郷浩樹, 伊藤孝寛, 乗松航
2. 発表標題 SiC上グラフェンの電子状態に対する界面の影響
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 二次元材料の高品質CVD成長
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山剛史, 河原憲治, 吾郷浩樹, 岸田英夫
2. 発表標題 イオン液体によりドーピングした単層グラフェンのラマン散乱分光
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled CVD Growth of High-Quality 2D Layered Materials for Electronic and Photonic Applications
3. 学会等名 EU Graphene Flagship, 2D Experimental Pilot Line (2D-EPL) workshop "Pioneering 2D materials for the semiconductor industry" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis and functionalization of 2D materials for future applications
3. 学会等名 Device science of 2D organic and inorganic materials: from fundamentals to applications (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Controlled synthesis and modifications of 2D materials for electronic applications
3. 学会等名 2DMAT2021 (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 2.5 dimensional materials: new frontier of atomic layers
3. 学会等名 SSDM2021 (2021 International Conference on Solid State Devices and Materials) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Nishidome, Kohei Nagai, Kento Uchida, Kenji Kawahara, Junko Eda, Hitomi Okubo, Yohei Yomogida, Hiroki Ago, Koichiro Tanaka, Kazuhiro Yanagi
2. 発表標題 Comparison between high harmonic generation in metallic single-walled carbon nanotubes and graphene
3. 学会等名 第61回FNTG総合シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 犬飼大樹, 小山 剛史, 河原 憲治, 吾郷 浩樹, 岸田 英夫
2. 発表標題 イオンゲルを用いて電気化学ドーピングした単層グラフェンのラマン散乱分光による評価
3. 学会等名 2021年 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 二次元物質の高品質CVD成長とデバイス応用への展開
3. 学会等名 第30回 ポリマー材料フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吾郷浩樹
2. 発表標題 二次元物質のCVD成長と機能化
3. 学会等名 日本学術振興会 分子系の複合電子機能第181委員会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Bilayer graphene: CVD growth, machine learning-based analysis, and intercalation
3. 学会等名 11th Asian Nanomaterials symposium (A3 Symposium) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三石郁之, 柏倉一斗, 丹羽由実, 小川ともよ, 廣田翠, 田原讓, 北浦良, パブロ・ソリス-フェルナンデス, 河原憲治, 吾郷浩樹, 谷口卓郎, 野本憲太郎, 小高大樹
2. 発表標題 グラフェン超薄膜を用いた高機能汎用型光学素子の開発
3. 学会等名 第22回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 Bilayer graphene: CVD growth, machine learning-based analysis, and intercalation
3. 学会等名 The 9th International Workshop on 2D Materials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 From two-dimensional materials to 2.5-dimensional materials science (二次元物質から2.5次元物質科学へ)
3. 学会等名 第62回 フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Solis-Fernandez Pablo, Ago Hiroki
2. 発表標題 Machine learning determination of the twist angle of bilayer graphene by Raman spectroscopy
3. 学会等名 第62回 フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Ago
2. 発表標題 2.5-Dimensional Materials Science: Controlled Growth, Integration, and Applications of Graphene and h-BN
3. 学会等名 ISPlasma2022(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 吾郷浩樹	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 448
3. 書名 ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線(遷移金属ダイカルコゲナイドの転写と応用展開)	

1. 著者名 内田勇気, 吾郷浩樹	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 1570
3. 書名 2020版 薄膜作製応用ハンドブック (グラフェンをはじめとする2次元材料の合成法)	

1. 著者名 吾郷浩樹	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 558
3. 書名 グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用 (高品質グラフェンのCVD成長)	

1. 著者名 吾郷浩樹, 河原憲治	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 558
3. 書名 グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用 (大面積h-BNのCVD成長)	

1. 著者名 Ufuk Erkilic, 吾郷浩樹	4. 発行年 2020年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 558
3. 書名 グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用 (二次元ペロブスカイト)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学グローバルイノベーションセンター（吾郷研究室）
<https://www.gic.kyushu-u.ac.jp/ago/>

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	長汐 晃輔 (Nagashio Kosuke) (20373441)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	

	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
連携研究者	日比野 浩樹 (Hibino Hiroki) (60393740)	関西学院大学・理工学部・教授 (34504)	
連携研究者	岡崎 俊也 (Okazaki Tsohiya) (90314054)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・ナノチューブ実用化 研究センター・副研究センター長 (82626)	
連携研究者	大久保 将史 (Okubo Masashi) (20453673)	東京大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授 (12601)	
連携研究者	松尾 豊 (Matsuo Yutaka) (00334243)	東京大学・工学(系)研究科(研究院)・特任教授 (12601)	

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			
韓国	UNIST	POSTECH		
米国	Los Alamos National Laboratory			
ドイツ	Leibniz Institute of Surface Engineering			
オーストリア	University of Technology Sydney			
英国	National Physical Laboratory			