

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02551

研究課題名(和文) 典型元素で構成される新規2次元物質群の創出

研究課題名(英文) Creation of new two-dimensional materials composed by typical elements

研究代表者

近藤 剛弘 (Kondo, Takahiro)

筑波大学・数理物質系・准教授

研究者番号：70373305

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ホウ素と水素で構成される2次元物質であるホウ化水素シートとホウ素と硫黄で構成される硫化ホウ素シートを基軸として新しい機能性のある典型元素で構成される新規2次元物質群を創出することです。本研究により、まずホウ化水素シートの様々な優れた性質が見出されました。具体的には(1)紫外線照射で水素放出がおきること、(2)優れた固体酸触媒として機能すること、(3)特異な還元剤として機能すること、(4)高感度なセンサー機能を有することなどです。また、世界で初めてバルクの菱面体硫化ホウ素を剝離することに成功し硫化ホウ素シートの生成を実現し、層数でバンドギャップが可変であることを明らかにしました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

いずれの研究成果も新しい物質の新しい機能の発見であるため、学術的意義が高い成果です。さらに、本研究で見いだされた成果の一つである、ホウ化水素シートへの紫外線照射で水素を放出させられる機能は、水素を長期間保存しておいて必要な時に水素放出できるという観点で実用材料としての利用の可能性が高い機能です。また、本研究で見いだされたバンドギャップを制御可能な硫化ホウ素シートは新しい半導体材料としての利用が期待できます。いずれも軽くて豊富な典型元素で構成されているのが特徴で、実用化された場合の原材料の確保の観点で優位な物質であり、実用化に向けた観点で大きな社会的な意義があります。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is creating new typical-element two-dimensional materials based on our created hydrogen boride sheets and boron monosulfide sheets. Various excellent properties of the hydrogen boride sheets were discovered. Specifically, (1) hydrogen is released by ultraviolet irradiation, (2) act as an excellent solid acid catalyst, (3) act as a unique reducing agent, and (4) act as a highly sensitive sensor. In addition, we succeeded in exfoliating bulk rhombohedral boron monosulfide for the first time in the world and realized the formation of a boron monosulfide sheets, and clarified that the bandgap is variable depending on the number of stacking layers.

研究分野：表面科学・ナノ物質科学

キーワード：ホウ化水素 硫化ホウ素 ボロフェン ボロファン 2次元物質 典型元素 新物質合成 ホウ素

1. 研究開始当初の背景

原子数層の厚みで構成される 2 次元物質は、特異な電子状態や広い表面積を持っているため、幅広い分野において着目されている。また、2 次元物質同士を組み合わせたり、特定の角度だけずらして積層させたりすることで、高活性触媒特性や超伝導特性などの単一物質とは異なる新しい物性が発現するため、世界的に注目が集まっている。このような中、我々は軽くて比較的豊富であるという応用に向けて有利な特徴を持つホウ素で構成される 2 次元物質に着目して研究計画を考案した。興味深いことにホウ素が含まれる 2 次元物質は、ほとんどが複数の異なる安定構造を示す多形であることが知られているが、その多くは理論上の予測の報告であり³⁻¹¹⁾、実際に合成で多形が示された例は限られている¹²⁻¹⁷⁾。多形であることは均一な構造を必要とする場合の実用材料への応用としては使いづらいという見方ができる一方、精密な構造制御ができれば、それらを組み合わせることで新たな物性を発現させる可能性も広がるため、魅力のある材料という見方もできる。

本研究では我々が 2017 年に報告したホウ素と水素で構成される 2 次元物質であるホウ化水素シートと最近合成に成功したホウ素と硫黄で構成される 2 次元物質である硫化ホウ素シートを基軸として新しい機能性のある典型元素で構成される新規 2 次元物質群を創出する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ホウ化水素シートと、硫化ホウ素シートを基軸として用い、新しい性質を有する典型元素で構成される新規 2 次元物質群を創出することである。

3. 研究の方法

- ・【高圧合成】：は研究協力者の NIMS の谷口尚博士と宮川仁博士と共同研究で実施
- ・【結晶構造】：X 線回折 (高分解能解析は研究協力者の西堀英治教授 (筑波大学) と実施)
- ・【局所構造】：X 線二体分布関数解析 (NIMS の富中悟史博士と共同研究で実施)
- ・【物質の形態】：走査型 2 次電子顕微鏡 (SEM) と透過電子顕微鏡 (TEM) (研究協力者の藤田武志教授 (高知工科大) と実施)
- ・【シートの厚さや広さ】：原子間力顕微鏡 (AFM) (NIMS の増田卓也博士と共同研究で実施)
- ・【物質の電子状態・組成・結合状態】：X 線・紫外光電子分光 (XPS・UPS), 赤外吸収分光 (FTIR), UPS, ラマン散乱分光
- ・【組成・結合距離の原子レベル解析】：球面収差補正 TEM による電子線エネルギー損失分光, エネルギー分散型 X 線分析 (研究協力者の藤田武志教授 (高知工科大) と実施)
- ・【光応答特性と電子状態 (バンドギャップ)】：可視紫外分光法 (UV-VIS) と蛍光発光測定 (研究協力者の宮内教授 (東工大) と実施)。
- ・【第一原理計算】：研究協力者の斎藤晋教授 (東工大), 岡田晋教授 (筑波大) および、共同研究者の豊田雅之助教 (東工大), 濱田幾太郎准教授 (大阪大), Cuong 博士 (筑波大), 梅沢博士 (NIMS) と実施

4. 研究成果

(1) ホウ化水素 (HB) シートに関する研究成果

我々は 2017 年に二ホウ化マグネシウム (MgB_2) に内在する負に帯電したホウ素ネットワークに着目をして MgB_2 を出発物質として用い、室温大気圧下という温和な条件でのイオン交換反応という簡便な方法によりポロファン¹⁸⁾の創出に成功した。 MgB_2 の加水分解反応のメカニズムを調べた際にイオン交換できる特性に気が付いた点がきっかけとなり、この生成法を導いた。イオン交換生成物の分析の結果より、水素が正に帯電し、ホウ素が負に帯電した新しい 2 次元物質であることが分かったため、電荷の観点から水素化ホウ素 (Boron hydride) とは呼べないため、我々はこの物質をホウ化水素 (Hydrogen boride) と名付けた。このようなホウ化水素と呼べる 2 次元物質の創出は世界で初めてである。

本研究ではこのホウ化水素シートについて①特異な還元剤として機能すること、②紫外線照射で室温で水素を放出すること、③高感度センサーとなる性質を有すること、④優れた固体酸触媒として機能すること、⑤ホウ素の負の電荷が水に対する安定性の確保をもたらしていること、をそれぞれ実験による解析を中心として世界で初めて明らかにして査読付きの英文雑誌に論文発表をした。これらの結果を模式的にまとめた図を図 1 に示す。

また、理論予測されていた結晶構造ではホウ素と水素間は 3 中心 2 電子結合と呼ばれる結合のみで構成される物質であったが、実際に実験で得られた物質は水素の位置のランダム性とシート骨格の歪みに起因して 3 中心 2 電子結合だけではなく 2 中心 2 電子結合を有していることが X 線二体分布関数と赤外分光と密度汎関数法による構造解析からわかった。現在、実験では結晶化の試みを進めており、計算ではより現実の構造に近いモデル構造の構築を進めている。新しい機能性材料が見出され、今後の展開が本研究による基礎固めで広がったといえる。

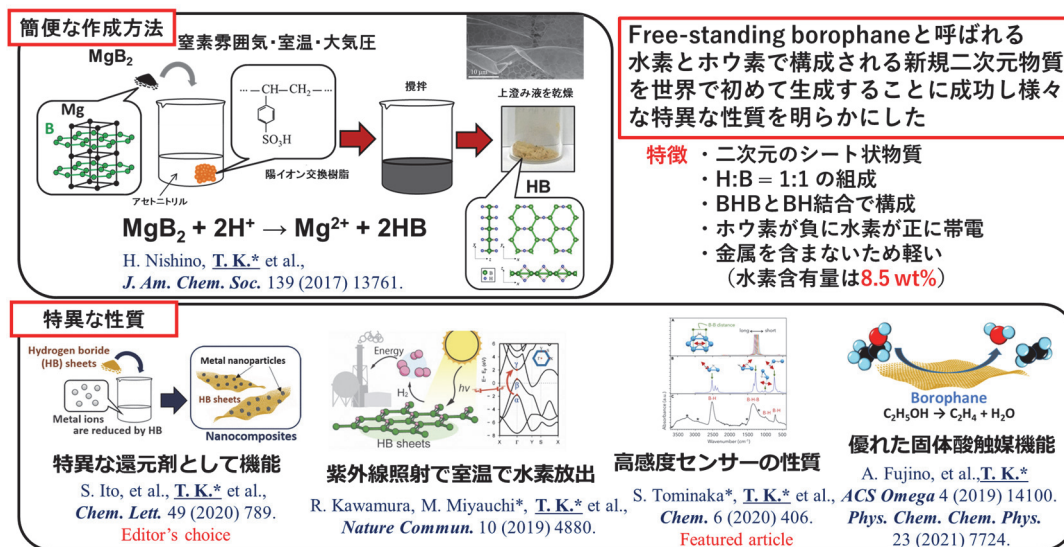


図1 本研究によって得られたホウ化水素に関連する成果の模式図

(2) バンドギャップ可変な硫化ホウ素(r-BS)シートの生成と評価に関する研究成果

ホウ素化合物はさまざまな安定構造を示すことが知られており、硫黄とホウ素が1:1の割合で構成される硫化ホウ素シートにも安定構造が存在することが理論的に予測されていた。その中には、超伝導を示す物質から半導体となる物質までが含まれており、優れた熱電性能や水素吸蔵特性を示すことも予測されていた。いずれの場合も、原子4層程度の厚みで構成される二次元状に広がった物質であることは予測されていたが、これまでに実際に合成された報告や観測された報告はなかった。このような中、本研究により、菱面体硫化ホウ素という層状の物質を剥離することで、硫化ホウ素シートが生成できることを世界で初めて示し、このシートの重なる層数の制御により、バンドギャップが制御可能であることも明らかにした。

スタート物質として選んだ菱面体硫化ホウ素は、これまでに数件しか合成報告のない物質であったため、まず純度の高い菱面体硫化ホウ素の合成条件を調べ、ホウ素と硫黄を原子数比1:1で混合し、5.5 GPaという高圧状態で1873 Kに加熱したのち室温まで急冷すると、菱面体硫化ホウ素を合成できることを確認した。また、X線回折の解析により、この条件で合成した試料は純度99.2%以上であり、走査電子顕微鏡と電子線マイクロアナライザー測定により、この試料がホウ素と硫黄のみで構成されていることがわかった(図2)。また、X線光電子分光分析と第一原理計算を用いて、構造やホウ素と硫黄の結合状態を確認するとともに、ラマン分光測定からも高純度であることが裏付けられた。さらに、725 Kまでの加熱に対しても安定であることが示された。

次に、この菱面体硫化ホウ素を透過電子顕微鏡で観察したところ、剥離された硫化ホウ素シートが試料内に存在していることがわかった。このシートは、第一原理計算でも安定であることが示され、図3aのような構造をしており、このシートを重ねていくと、バンドギャップが最大で1.0 eV程度も変化することが示された(図3b)。カソードルミネッセンスという測定や、励起一発光マトリックス測定や紫外一可視吸収分光測定という測定においても同様の結果

走査電子顕微鏡-電子線マイクロアナライザー

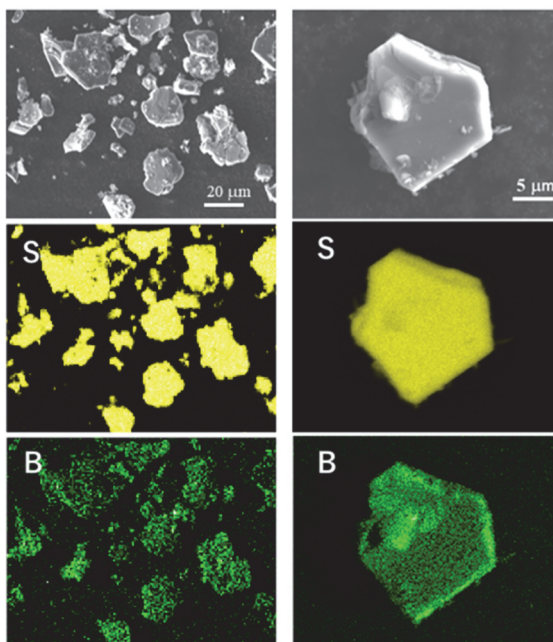


図2 菱面体硫化ホウ素の走査電子顕微鏡(上段)および電子線マイクロアナライザー観察(中段・下段)の結果。黄色は硫黄、緑はホウ素の部分を示す。両者が電子顕微鏡像と同じ形をしていることから、観察している試料が全て硫黄とホウ素で構成されていることがわかる。

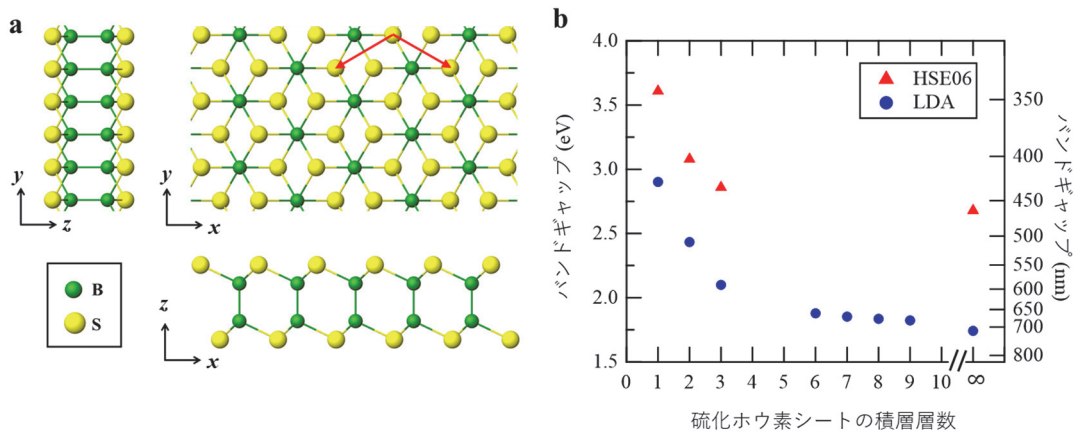


図3 (a) 硫化ホウ素シートの構造, および (b) バンドギャップの積層層数依存性. HSE06とLDAは第一原理計算の計算手法の違いを表す.

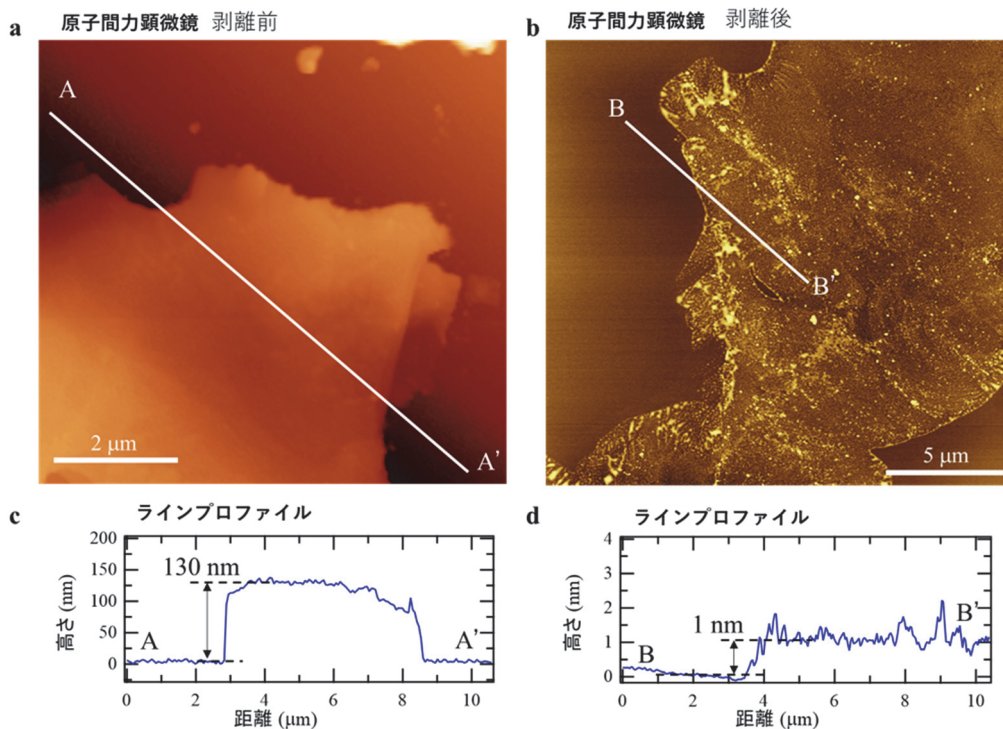


図4 (a) 菱面体硫化ホウ素, および (b) これより剥離した硫化ホウ素シートの原子間力顕微鏡観察結果. (c)と(d)は, A-A'とB-B'の間の試料の厚み(ラインプロファイル)をそれぞれ示している.

が得られた. また, 硫化ホウ素シートは電子の有効質量が軽いという性質を持ったn型半導体になりうるということが計算により示された.

さらに, 菱面体硫化ホウ素をスコッチテープ法により剥離して硫化ホウ素シートのみを作成し, 原子間力顕微鏡によって試料を観察すると, 剥離前は厚み130ナノメートル程度であったのに対して, 剥離後は厚み1ナノメートル(原子数層分程度)の非常に薄いシートが観察された(図4). また, X線光電子分光により, 硫化ホウ素シートは, 菱面体硫化ホウ素と同様にホウ素と硫黄が共有結合性の結合をしていることがわかった.

硫化ホウ素シートを利用したデバイスへの応用例として, 物質に当たる光の波長によって電流の発生のオンオフを制御できる光電気化学的スイッチを作製したところ, 菱面体硫化ホウ素では可視光の照射でも電流が流れるのに対して, 硫化ホウ素シートでは紫外光を照射した場合のみ電流が流れるという光スイッチング特性を持つデバイスが得られた(図5). これらの本研究で得られた結果は, 硫化ホウ素シートが理論予測されていた熱電材料や水素貯蔵材料としての応用に加え, 光触媒や電池材料, 光に反応するセンサー材料などへの展開もできることを示したものである.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 6件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Satoshi Tominaka, Ryota Ishibiki, Asahi Fujino, Kohsaku Kawakami, Koji Ohara, Takuya Masuda, Iwao Matsuda, Hideo Hosono, Takahiro Kondo | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Geometrical Frustration of B-H Bonds in Layered Hydrogen Borides Accessible by Soft Chemistry | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chem | 6. 最初と最後の頁 406-418 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chempr.2019.11.006 | 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 Reiya Kawamura, Nguyen Thanh Cuong, Takeshi Fujita, Ryota Ishibiki, Toru Hirabayashi, Akira Yamaguchi, Iwao Matsuda, Susumu Okada, Takahiro Kondo, Masahiro Miyauchi | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Photoinduced hydrogen release from hydrogen boride sheets | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 4880 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12903-1 | 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 Asahi Fujino, Shin-ichi Ito, Taiga Goto, Ryota Ishibiki, Junko Kondo, Tadahiro Fujitani, Junji Nakamura, Hideo Hosono, Takahiro Kondo | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Hydrogenated Borophene Shows Catalytic Activity as Solid Acid | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ACS Omega | 6. 最初と最後の頁 14100-14104 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b02020 | 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 近藤 剛弘 | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 ボロンを用いた新規2次元物質の創製 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 応用物理 | 6. 最初と最後の頁 152-156 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11470/oubutsu.89.3_152 | 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 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Josep M Oliva-Enrich, Takahiro Kondo, Ibon Alkorta, Jose Elguero, Douglas Klein | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Diborane concatenation Leads to New Planar Boron Chemistry | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemPhysChem | 6. 最初と最後の頁 2460-2467 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.202000554 | 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 Reiya Kawamura, Akira Yamaguchi, Chika Shimada, Ryota Ishibiki, Takeshi Fujita, Takahiro Kondo, Masahiro Miyauchi | 4. 巻 49 |
| 2. 論文標題 Acid assisted synthesis of HB sheets through exfoliation of MgB ₂ bulk in organic media | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 1194-1196 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200203 | 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 Shin-ichi Ito, Toru Hirabayashi, Ryota Ishibiki, Reiya Kawamura, Taiga Goto, Takeshi Fujita, Akira Yamaguchi, Hideo Hosono, Masahiro Miyauchi, Takahiro Kondo | 4. 巻 49 |
| 2. 論文標題 Hydrogen Boride Sheets as Reductants and the Formation of Nanocomposites with Metal Nanoparticles | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 789-793 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200206 | 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 N. T. Cuong, I. Tateishi, M. Cameau, M. Niibe, N. Umezawa, B. Slater, K. Yubuta, T. Kondo, M. Ogata, S. Okada, and I. Matsuda | 4. 巻 101 |
| 2. 論文標題 Topological Dirac nodal loops in nonsymmorphic hydrogenated monolayer boron | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 195412-1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.195412 | 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 Hiroko Tokoro, Yusuke Araki, Iori Nagata, Takahiro Kondo, Kenta Imoto and Shin-ichi Ohkoshi | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Synthesis of nanosize tetra titanium heptoxide and its anomalous phase transition | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Materials Research Letters | 6. 最初と最後の頁 261-267 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21663831.2020.1743788 | 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 Kazuya Kimura, Kazuma Shiraishi, Takahiro Kondo, Junji Nakamura and Tadahiro Fujitani | 4. 巻 22 |
| 2. 論文標題 Cracking of squalene into isoprene as chemical utilization of algae oil | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Green Chemistry | 6. 最初と最後の頁 3083-3087 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0GC00268B | 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 近藤 剛弘, 全 家美, 中村 潤児 | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 振動エネルギーが駆動するCO2分子の表面反応 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 表面と真空 | 6. 最初と最後の頁 629-634 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/vss.63.629 | 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 宮内 雅浩, 近藤 剛弘 | 4. 巻 55 |
| 2. 論文標題 ホウ化水素シートの光機能 軽量・安全・光応答性の水素キャリア材料 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 セラミックス | 6. 最初と最後の頁 591-594 |
| 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 近藤 剛弘, 宮内 雅浩 | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 ホウ化水素シートへの紫外光照射が誘起する水素発生 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 表面と真空 | 6. 最初と最後の頁 352-357 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/vss.63.352 | 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 Asahi Fujino, Shin-ichi Ito, Taiga Goto, Ryota Ishibiki, Ryota Osuga, Junko Nomura Kondo, Tadahiro Fujitani, Junji Nakamura, Hideo Hosono, Takahiro Kondo | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 Ethanol-ethylene conversion mechanism on hydrogen boride sheets probed by in situ infrared absorption spectroscopy | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics | 6. 最初と最後の頁 7724-7734 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP03079A | 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 Kurt Irvin Rojas, Nguyen Thanh Cuong, Hiroaki Nishino, Ryota Ishibiki, Shin-ichi Ito, Masahiro Miyauchi, Yoshitaka Fujimoto, Satoshi Tominaka, Susumu Okada, Hideo Hosono, Nelson Jr., Arboleda, Takahiro Kondo, Yoshitada Morikawa, Ikutaro Hamada | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Chemical stability of hydrogen boride nanosheets in water | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Communications Materials | 6. 最初と最後の頁 81-1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43246-021-00184-5 | 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 該当する |

| | |
|---|--------------------------|
| 1. 著者名 Masahito Niibe, Mathis Cameau, Nguyen Thanh Cuong, Omeji Ilemona Sunday, Xiaoni Zhang, Yuki Tsujikawa, Susumu Okada, Kunio Yubuta, Takahiro Kondo, and Iwao Matsuda | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Electronic structure of a borophene layer in rare-earth aluminum/chromium boride and its hydrogenated derivative, borophane | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review Materials | 6. 最初と最後の頁 084007-1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.5.084007 | 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 T. Hirabayashi, S. Yasuhara, S. Shoji, A. Yamaguchi, H. Abe, S. Ueda, H. Zhu, T. Kondo, and M. Miyauchi | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 Fabrication of Hydrogen Boride Thin Film by Ion Exchange in MgB ₂ | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Molecules | 6. 最初と最後の頁 6212-1~11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26206212 | 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 H. Kusaka, R. Ishibiki, M. Toyoda, T. Fujita, T. Tokunaga, A. Yamamoto, M. Miyakawa, K. Matsushita, K. Miyazaki, L. Li, S. L. Shinde, M. Lima, T. Sakurai, E. Nishibori, T. Masuda, K. Horiba, K. Watanabe, S. Saito, M. Miyauchi, T. Taniguchi, H. Hosono and T. Kondo | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Crystalline boron monosulfide nanosheets with tunable bandgaps | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A | 6. 最初と最後の頁 24631-24640 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TA03307G | 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 近藤剛弘 | 4. 巻 0 |
| 2. 論文標題 ホウ化水素シート (ポロファン) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 「触媒技術の動向と展望」 (触媒年鑑) | 6. 最初と最後の頁 143-152 |
| 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 近藤剛弘 | 4. 巻 64 |
| 2. 論文標題 ホウ化水素シートの特異な機能 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本結晶学会誌 | 6. 最初と最後の頁 156-159 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5940/jcrsj.64.156 | 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 - |

〔学会発表〕 計62件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 28件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ素と水素で構成される二次元物質ホウ化水素シートの特性 |
| 3. 学会等名 第4回固体化学フォーラム研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Kondo, A. Fujino, R. Ishibiki, S. Ito, J. N. Kondo, T. Fujitani, J. Nakamura, H. Hosono |
| 2. 発表標題 Hydrogen boride sheet shows catalytic activity as solid acid |
| 3. 学会等名 8th European Conference on Boron chemistry, Montpellier（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 R. Ishibiki, I. Matsuda, A. Fujino, S. Ito, M. Miyauchi, J. Nakamura, H. Hosono, T. Kondo |
| 2. 発表標題 Thermal and chemical stabilities of hydrogen boride sheet |
| 3. 学会等名 8th European Conference on Boron chemistry, Montpellier（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Taiga Goto, Ryota Ishibiki, Shinichi Ito, Hideo Hosono, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Adsorption Property of CO ₂ on Hydrogen Boride Sheets with H-vacancy Defects |
| 3. 学会等名 The 11th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 A. Fujino, R. Ishibiki, S. Ito, J. N. Kondo, T. Fujitani, J. Nakamura, H. Hosono, T. Kondo |
| 2. 発表標題 A new solid acid catalyst of hydrogen boride sheets |
| 3. 学会等名 The 11th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryota Ishibiki, Iwao Matsuda, Shin-ichi Ito, Junji Nakamura, Hideo Hosono, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Thermal Stability of Two-dimensional Hydrogen Boride Sheets |
| 3. 学会等名 The 11th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 New two-dimensional material: Borophane, synthesis, characterization, and application |
| 3. 学会等名 ICAT/ETH Symposium (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Hydrogen Boride Sheets: Synthesis, Characterization, and Application |
| 3. 学会等名 20th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (ISBB 2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Goto, R. Ishibiki, S. Ito, H. Hosono, and T. Kondo |
| 2. 発表標題 CO ₂ Adsorption on Hydrogen Boride Sheets with H-vacancy Defects |
| 3. 学会等名 20th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (ISBB 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 R. Ishibiki, I. Matsuda, S. Ito, J. Nakamura, H. Hosono, and T. Kondo |
| 2. 発表標題 Structure and Electronic States Variations of Hydrogen Boride Nanosheets with Heating |
| 3. 学会等名 20th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (ISBB 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 二次元物質ホウ化水素シートの生成、特性、機能 |
| 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 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Hydrogenated borophene Sheets: Synthesis, Characterization, and Application |
| 3. 学会等名 Joint Symposium on Nanomaterials for Energy Applications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 水素とホウ素のみで構成される二次元物質ホウ化水素 |
| 3. 学会等名 第2回ハイドロジェノミクス研究会（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro KONDO, Yoshitaka FUJIMOTO, Ryota ISHIBIKI, Taiga GOTO, Shin-ichi ITO, Takeshi FUJITA, Akiyasu YAMAMOTO, Susumu SAITO, Hideo HOSONO |
| 2. 発表標題 Carbon Doping of Hydrogen Boride Sheet Reduces H ₂ Release Temperature |
| 3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro KONDO, Asahi FUJINO, Shin-ichi ITO, Taiga GOTO, Ryota ISHIBIKI, Junko N KONDO, Tadahiro FUJITANI, Junji NAKAMURA, Hideo HOSONO |
| 2. 発表標題 Hydrogenated Borophene Shows Catalytic Activity as Solid Acid |
| 3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Taiga GOTO, Ryota ISHIBIKI, Shin-ichi ITO, Hideo HOSONO, Takahiro KONDO |
| 2. 発表標題 Adsorption of CO ₂ on Hydrogen Boride Sheets with H-vacancy Defects |
| 3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ryota ISHIBIKI, Iwao MATSUDA, Shin-ichi ITO, Hideo HOSONO, Takahiro KONDO |
| 2. 発表標題 Structure and Electronic States Changes of Hydrogen Boride Sheets with Heating |
| 3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Kondo, Y. Fujimoto, R. Ishibiki, T. Goto, S. Ito, T. Fujita, A. Yamamoto, S. Saito, and H. Hosono |
| 2. 発表標題 Carbon doping of hydrogen boride sheet reduces H ₂ release temperature |
| 3. 学会等名 1st International Symposium Hydrogenomics combined with 14th International Symposium Hydrogen & Energy (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 新部正人, Mathis Cameau, Nguyen Cuong, 湯蓋邦夫, 近藤剛弘, 松田巖 |
| 2. 発表標題 B K端の吸収および発光分光法によるホウ化希土類-アルミニウム/クロム, R(A10.95Cr0.05)B ₄ の電子構造 |
| 3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 川村陸, 藤本義隆, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 藤田武志, 徳永智春, 宮内雅浩, 飯村荘史, 山本明保, 斎藤晋, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 炭素ドーブホウ化水素シートの合成と評価 |
| 3. 学会等名 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 日下陽貴, 石引涼太, 豊田雅之, 徳永智春, 藤田武志, 宮川仁, 西堀英治, 松下恭介, 増田卓也, 堀場弘司, 齋藤晋, 渡邊賢司, 谷口尚, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ素と硫黄を用いた新規二次元物質の合成 |
| 3. 学会等名 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 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 新物質ホウ化水素シートの生成と機能 |
| 3. 学会等名 東京大学物性研究所ワークショップ「ナノスケール物性科学の最先端と新展開」(招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 日下陽貴, 石引涼太, 豊田雅之, 徳永智春, 藤田武志, 山本明保, 宮川仁, 西堀英治, 松下恭介, 増田卓也, 堀場弘司, 齋藤晋, 渡邊賢司, 谷口尚, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ素と硫黄を用いた新規二次元物質の合成 |
| 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 後藤大河, 伊藤伸一, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ化水素シート上へのCO ₂ の吸着と水素化反応 |
| 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 川村陸, 藤本義隆, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 藤田武志, 徳永智春, 宮内雅弘, 飯村壮史, 山本明保, 斎藤晋, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ドーブ量を制御した炭素ドーブホウ化水素シートの合成と評価 |
| 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 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 様々な用途が見えてきた新材料ボロファン(ホウ化水素) |
| 3. 学会等名 イノベーションジャパン2020大学見本市 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 振動励起CO ₂ 分子が誘起する表面反応 |
| 3. 学会等名 日本学術振興会153委員会「プラズマ触媒の基礎と最新動向」(招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Goto, S. Ito, T. Kondo |
| 2. 発表標題 Adsorption and Hydrogenation of CO ₂ on Heat-Treated Hydrogen Boride Sheets |
| 3. 学会等名 33rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 川村陸, 藤本義隆, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 藤田武志, 徳永智春, 宮内雅浩, 飯村壮史, 山本明保, 齋藤晋, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 炭素をドーブしたホウ化水素シートの合成と評価 |
| 3. 学会等名 2020年日本表面真空学会学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 日下陽貴, 石引涼太, 豊田雅之, 徳永 智春, 藤田 武志, 山本明保, 宮川仁, 西堀英治, 松下恭介, 増田卓也, 堀場弘司, 宮内雅浩, 齋藤晋, 渡邊賢司, 谷口尚, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 菱面体硫化ホウ素二次元ナノシートの生成と評価 |
| 3. 学会等名 2020年日本表面真空学会学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 後藤大河, 伊藤伸一, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ化水素シート上へのCO ₂ の吸着と水素化反応 Adsorption and Hydrogenation of CO ₂ on Heat-Treated Hydrogen Boride Sheets 炭素をドーブしたホウ化水素シートの合成と評価 33rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2020) (国際学会) 川村陸, 藤本義隆, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 藤田武志, 徳永智春, 宮内雅浩, 飯村壮史, 山本明保, 齋藤晋, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 3. 学会等名 2020年日本表面真空学会学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Hydrogen Boride Sheet: Synthesis, Characterization, and Application |
| 3. 学会等名 2020 Virtual MRS Spring/Fall Meeting & Exhibit (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 川村陸, 藤本義隆, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 藤田武志, 徳永智春, 宮内雅浩, 飯村壮史, 山本明保, 斎藤晋, 細野秀雄, 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 炭素をドーブしたホウ化水素シートの合成と評価 |
| 3. 学会等名 第14回物性科学領域横断研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Boron-based new two-dimensional materials: synthesis, characterization, and application |
| 3. 学会等名 第60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 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Hydrogen Boride sheets and Boron Monosulfide sheets |
| 3. 学会等名 International Conference on Emerging Trends in Nanomaterials Science & Technology (ICETNMST 2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ素を含む新しい二次元物質の創出と機能評価 |
| 3. 学会等名 第15回 物質科学・学術融合セミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 新規ホウ素含有二次元物質の創出と機能 |
| 3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 新規二次元物質ホウ化水素シートと硫化ホウ素シートの生成・評価・機能 |
| 3. 学会等名 日本学術振興会先進セラミックス124委員会 第167回研究会 持続可能社会を拓くナノシートセラミックス材料技術（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Vibration-driven reaction of CO ₂ on the solid surface |
| 3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会シンポジウム, New frontiers of surface, interface, and nano science toward dissipation phenomena（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 軽元素原子層の化学 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会支部研究会「表面科学と原子層科学のエッジ」（招待講演） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Xiaoni Zhang, Yuki Tsujikawa, Masahito Niibe, Nguyen Thanh Cuong, Masafumi Horio, Susumu Okada, Takahiro Kondo, Iwao Matsuda |
| 2. 発表標題 Electronic Structure of Borophane, studied by X-ray spectroscopy |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 R. Kawamura, R. Ishibiki, Y. Fujimoto, T. Goto, S. Ito, T. Fujita, T. Tokunaga, M. Miyauchi, S. Imura, A. Yamamoto, D. Umeyama, S. Tominaka, S. Saito, H. Hosono, and T. Kondo |
| 2. 発表標題 Substitutional doping from boron to carbon in hydrogen boride sheets |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Kusaka, R. Ishibiki, M. Toyoda, T. Fujita, T. Tokunaga, A. Yamamoto, M. Miyakawa, K. Matsushita, K. Miyazaki, L. Li, S. S. Laxman, T. Sakurai, E. Nishibori, T. Masuda, K. Horiba, K. Watanabe, S. Saito, M. Miyauchi, T. Taniguchi, H. Hosono, and T. Kondo |
| 2. 発表標題 Crystalline boron monosulfide nanosheets with tunable bandgaps |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuho Goto, Shin-ichi Ito, Hideo Hosono, Shin-ichi Orimo, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Composite of MgH ₂ Nanoparticles and Hydrogen Boride Sheets |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hikari Yoshioka, Satoshi Tominaka, Ben Slater, Hideo Hosono, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 New boride materials consisting of H, Ca, and B |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Linghui Li, Shinde Satish Laxman, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Two-step synthesis method of exfoliated MoS ₂ nanosheets with advanced properties for catalytic HER |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science ~Toward Sustainable Development~ (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Kusaka, R. Ishibiki, M. Toyoda, T. Fujita, T. Tokunaga, A. Yamamoto, M. Miyakawa, K. Matsushita, K. Miyazaki, L. Li, S. S. Laxman, T. Sakurai, E. Nishibori, T. Masuda, K. Horiba, K. Watanabe, S. Saito, M. Miyauchi, T. Taniguchi, H. Hosono, and T. Kondo |
| 2. 発表標題 Crystalline boron monosulfide nanosheets with tunable bandgaps |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Riku Kawamura, Ryota Ishibiki, Yoshitaka Fujimoto, Taiga Goto, Shin-ichi Ito, Takeshi Fujita, Tomoharu Tokunaga, Masahiro Miyauchi, Soshi Iimura, Akiyasu Yamamoto, Daiki Umeyama, Satoshi Tominaka, Susumu Saito, Hideo Hosono and Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Substitutional doping from boron to carbon in hydrogen boride sheets |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hikari Yoshioka, Satoshi Tominaka, Ben Slater, Hideo Hosono, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Formation of new boride materials by ion exchange between protons and Ca cations in CaB6 |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuho Goto, Shin-ichi Ito, Hideo Hosono, Shin-ichi Orimo, Takahiro Kondo |
| 2. 発表標題 Formation and Characterization of Composite of MgH ₂ Nanoparticles and Hydrogen Boride Sheets for Efficient Hydrogen Storage Material |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 日下 陽貴, 石引 涼太, 豊田 雅之, 藤田 武志, 徳永 智春, 山本 明保, 宮川 仁, 松下 恭介, 宮崎 啓佑, L. Li, S. S. Laxman, M. S. L. Lima, 櫻井 岳暁, 西堀 英治, 増田 卓也, 堀場 弘司, 渡邊 賢司, 齋藤 晋, 宮内 雅浩, 谷口 尚, 細野 秀雄, 近藤 剛弘 |
| 2. 発表標題 可変バンドギャップを持つ硫化ホウ素ナノシートの生成と評価 |
| 3. 学会等名 第14回日本ホウ素・ホウ化物研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 辻川夕貴, X. Zhang, 堀尾眞史, 松田巖, 望月出海, 和田健, 兵頭俊夫, 近藤 剛弘 |
| 2. 発表標題 二次元ホウ化銅の構造研究 |
| 3. 学会等名 第14回日本ホウ素・ホウ化物研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 松田巖, X. Zhang, 新部正人, 近藤 剛弘 |
| 2. 発表標題 2次元ホウ素のディラックフェルミオン |
| 3. 学会等名 第14回日本ホウ素・ホウ化物研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮崎啓佑, 日下陽貴, 山口晃, 宮川仁, 谷口尚, 近藤剛弘, 宮内雅浩 |
| 2. 発表標題 菱面体硫化ホウ素(r-BS)の光触媒特性 |
| 3. 学会等名 電気化学学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 辻川夕貴, Xiaoni Zhang, 望月出海, 和田健, 兵頭俊夫, 堀尾真史, 近藤剛弘, 松田巖 |
| 2. 発表標題 第14回日本ホウ素・ホウ化物研究発表会 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 X. Zhang, Y. Tsujikawa, M. Niibe, N. T. Cuong, M. Horio, S. Okada, T. Kondo, I. Matsuda |
| 2. 発表標題 Topological atomic sheet of hydrogen boride, synthesized from YCrB4 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉岡ひかり、富中悟史、Ben Slater、細野秀雄、近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 イオン交換による金属ホウ化物からの新規 ホウ素化合物の合成 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会関東支部セミナー「表面科学と原子層科学のエッジ」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊範陳、日下陽貴、山本明保、宮 川仁、谷口尚、近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 新規二次元物質h-BP の高温高压条件による 合成方法の探索 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会関東支部セミナー「表面科学と原子層科学のエッジ」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 後藤和歩、伊藤伸一、藤田武志、細野秀雄、折茂慎一、近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 MgH ₂ -HB ナノコンポジット合成とその物性評価 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会関東支部セミナー「表面科学と原子層科学のエッジ」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野口夏未、伊藤伸一、引地美亜、宮内雅浩、近藤剛弘 |
| 2. 発表標題 ホウ化水素シートによるNi イオンの還元反応 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会関東支部セミナー「表面科学と原子層科学のエッジ」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 X. Zhang, Y. Tsujikawa, M. Niibe, N. T. Cuong, M. Horio, S. Okada, T. Kondo, I. Matsuda |
| 2. 発表標題 Topological atomic sheet of hydrogen boride, synthesized from YCrB4 |
| 3. 学会等名 日本表面真空学会関東支部セミナー「表面科学と原子層科学のエッジ」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 X. Zhang, Y. Tsujikawa, I. Tateishi, M. Niibe, T. Wada, M. Horio, M. Hikichi, Y. Ando, T. Kondo, I. Matsuda |
| 2. 発表標題 Electronic topological transition of 2D boron by the ion exchange reaction |
| 3. 学会等名 公益社団法人 日本表面真空学会2022年度 関東支部講演大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Takahiro Kondo, Iwao Matsuda | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 Springer Nature | 5. 総ページ数 89 - 119 |
| 3. 書名 2D Boron: Boraphene, Borophene, Boronene | |

〔出願〕 計6件

| | | |
|---------------------------------|---|---------------|
| 産業財産権の名称 水素貯蔵放出材料およびその製造方法 | 発明者 近藤剛弘, 石引涼太, 後藤大河, 伊藤伸一, 木下喜裕 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-207861 | 出願年 2019年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|----------------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 二次元ホウ化水素含有シートの製造方法、二次元ホウ化水素含有シート組成物およびその製造方法 | 発明者 宮内雅浩, 河村玲哉, 近藤剛弘, 石引涼太 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-207081 | 出願年 2019年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 層状ホウ化水素 | 発明者 近藤剛弘, 富中悟史 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-148099 | 出願年 2019年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 水素発生装置 | 発明者 正田育之, 世登裕明, 近藤剛弘, 伊藤伸一 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-168605 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|-----------------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 ホウ化水素含有組成物、水素発生システムおよび燃料電池システム | 発明者 宮内雅浩, 島田知佳, 山口晃, 近藤剛弘, 劔隼人 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-117864 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|-------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 金属担持二次元ホウ素シート含有物質、金属担持二次元ホウ素シート含有物質の製造方法 | 発明者 近藤剛弘, 引地美亜, 富中悟史 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-061007 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

| |
|---|
| <p>(プレスリリース) 導電性を制御可能な新しいナノシート材料の開発に成功 http://www.tsukuba.ac.jp/attention-research/p201912100100.html (プレスリリース) 軽量で安全な水素キャリア材料を開発 http://www.tsukuba.ac.jp/attention-research/p201910251800.html Nature index https://www.natureindex.com/institution-outputs/japan/university-of-tsukuba/513906bb34d6b65e6a0001aa#highlight Phys. ORG https://phys.org/news/2019-10-hydrogen-boride-nanosheets-material-carrier.html Science Daily https://www.sciencedaily.com/releases/2019/10/191025075854.htm (プレスリリース) 新しい半導体物質「硫化ホウ素シート」の生成に成功 https://www.tsukuba.ac.jp/journal/technology-materials/20211028140000.html https://www.titech.ac.jp/news/2021/062290 https://www.tuat.ac.jp/outline/disclosure/pressrelease/2021/20211028_01.html https://www.kek.jp/ja/press/202110281330/ http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/press_release/2021/211028_2/</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 |
|-------|-----------------------------|---------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 山本 明保 (Yamamoto Akiyasu) | 東京農工大学・准教授 (12605) | |
| 研究協力者 | 谷口 尚 (Taniguchi Takashi) | 国立研究開発法人物質・材料研究機構・フェロー (82108) | |
| 研究協力者 | 西堀 英治 (Nishibori Eiji) | 筑波大学・数理物質系・教授 (12102) | |

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 |
|-------|---------------------------------|------------------------------|----|
| 研究協力者 | 藤田 武志 (Fujita Takeshi) | 高知工科大学・教授 (26402) | |
| 研究協力者 | 岡田 晋 (Okada Susumu) | 筑波大学・数理物質系・教授 (12102) | |
| 研究協力者 | 齋藤 晋 (Saito Susumu) | 東京工業大学・教授 (12608) | |
| 研究協力者 | 宮内 雅浩 (Miyachi Masahiro) | 東京工業大学・教授 (12608) | |

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 | | | |
|---------|-----------------------------------|--|--|--|
| スペイン | CSIC | | | |
| 米国 | Texas A&M University at Galveston | | | |
| 英国 | University College London | | | |
| フランス | Sorbonne Universite | | | |
| 韓国 | Samsung Electronics | | | |
| 中国 | Tsinghua University | | | |
| フィリピン | De La Salle University | | | |