

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05832

研究課題名(和文)水素イオンビームによる機能性ナノ薄膜の創成

研究課題名(英文)Development of functional nano thin film by hydrogen ion beam

研究代表者

前里 光彦(Maesato, Mitsuhiro)

京都大学・理学研究科・准教授

研究者番号：60324604

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：イオンビームによる水素導入法は、原理的にあらゆる物質に多量の水素を導入することが可能であり、低温で照射すれば室温では水素が脱離しやすい試料に対しても水素を高濃度に導入することが可能である。また、同時に低温物性測定を行うことで、水素誘起の物性や機能をその場で評価可能であり、固体中の水素に関する詳細な研究も可能となる。本研究では、原理的にあらゆる物質に多量の水素を導入することが出来る水素イオンビーム照射装置を用いて低温での水素注入およびin situ物性測定を行い、多様なナノ薄膜の物性や機能を劇的に変化させることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、水素イオンビーム照射装置を用いて、ナノ薄膜の機能を創発する新しい基盤技術を確立した。固体中に水素を自在に導入できる水素イオンビームを用いると、例えば、身近なありふれた材料を有用な高機能物質に変換することが期待できる。実際に、電気を流さない酸化物の絶縁体に水素を注入することにより、金属へと変換できることを示した。また、金属に水素を注入することによって超伝導に変換できることも示した。水素はクリーンなエネルギー源としても重要な物質であり、水素を利用したマテリアルイノベーションは今後ますます重要になる。本研究はその基盤を構築する成果をあげた。

研究成果の概要(英文)：Hydrogen ion beam irradiation is a powerful method for introducing a large amount of hydrogen into materials. Since the desorption of hydrogen can be suppressed at low temperature, extremely large amount of hydrogen can be doped by low temperature hydrogen ion beam irradiation. Importantly, this method is applicable to any material of interest. In addition, we can investigate hydrogen-induced exotic physical properties simultaneously by in situ physical property measurements. In this study, we succeeded in changing the physical properties of various nano thin films by utilizing low temperature hydrogen ion beam irradiation with in situ physical property measurements.

研究分野：物性化学、物性物理

キーワード：水素イオンビーム 薄膜 ドーピング 電気抵抗 酸化物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

硫化水素の超高圧下における 203 K の高温超電導の発見 (A.P. Drozdov *et al.*, *Nature*. 525, 73 (2015)) や鉄ニクタイト系の水素ドーブによるダブルドーム型超伝導相図 (S. Iimura *et al.*, *Nature Commun.* 3, 943 (2012)) など、水素が関与する超伝導は最近大きな注目を集めている。物質に水素を導入する従来型の手法として、水素雰囲気あるいは高圧水素下での水素吸蔵や電解チャージなどによる水素導入法などがある。前者は物質固有の性質により吸蔵量に限界があり、後者では高濃度水素の注入にかなりの長時間が必要で、しかも絶縁体には不向きであるなど問題点が多い。それに対し、イオンビームによる水素導入法は、原理的にあらゆる物質に多量の水素を導入することが可能である。また、低温で照射すれば、室温では水素が脱離しやすい試料に対しても水素を高濃度に導入することが可能であり、同時に物性測定を行うことで、物質の持つ隠れた物性や機能をその場で評価可能になる。これにより、身近なありふれた物質が新機能的物質として生まれ変わることも夢ではない。しかしながら、低温でのイオン注入 (特に低エネルギーでの水素イオンの注入) や *in situ* 物性測定により、機能的薄膜の物性制御を行っている研究は珍しく、世界的にもほとんど例は無い。研究代表者らは最近、低温での水素注入および *in situ* 物性測定が可能な水素イオンビーム照射装置を独自に開発し、水素による物性研究を開始している。

2. 研究の目的

本研究では、水素イオンビーム照射による低温での高濃度水素注入および *in situ* 物性測定を行い、ナノ薄膜の物性や機能を劇的に変化させ、水素誘起 (超) 伝導など新奇物性探索を行う。バルク材料の薄膜のみならずナノ粒子も対象とし、高密度集積化と基礎物性解明および水素による物性・機能的発現を行う。

(1) 金属水素化物の高温超伝導とナノサイズ効果

金属薄膜に水素を高濃度に注入して高い転移温度を持つ超伝導の発現を目指す。水素化パラジウム PdH_x は、 $x = 0.9 \sim 1$ で超伝導 (転移温度 $T_c \leq 9$ K) を示すことが知られているが、さらに高濃度の水素領域 ($x > 1$) の物性は未解明である。低温での超高濃度水素ドーブと *in situ* 物性測定を行うことにより、水素ドーブ高温超伝導を目指す。重水素を用いた同位体効果も調べ、超伝導の発現機構も解明する。バルクのみならず数 nm のパラジウムナノ粒子を高濃度に集積したナノ粒子薄膜を作成し、水素誘起超伝導のナノサイズ効果を調べる。

(2) 機能的酸化物薄膜の創成

酸化亜鉛などの遷移金属酸化物やペロブスカイト型酸化物などの酸化物薄膜を作成し、低温での水素イオン照射と *in situ* 物性測定を行うことにより、酸化亜鉛などの遷移金属酸化物を絶縁体から縮退半導体、金属、あるいは超伝導体へと変換することを目指す。また、電気伝導性・熱伝導性などを水素によって劇的に変えると同時に、水素ドーブ量に対する物性の系統的な評価を *in situ* でを行い、それぞれの物質の機能的発現に最適のドーブ量を見出す。

(3) 新しい固溶型ナノ合金の集積化と機能創発

周期表でパラジウムの両隣に位置する銀とロジウムはバルクでは全く混ざらないが、ナノ粒子にすると混ざり合い合金となる。1:1 の合金は擬パラジウムであり、触媒活性などパラジウムとよく似た性質を示すことが分かっているが詳しい物性については分かっていない。本研究では、1:1 の銀ロジウム合金ナノ粒子に高濃度の水素ドーブを行い、パラジウムのように超伝導を示すかどうか検証する。

3. 研究の方法

研究代表者が独自に開発した装置を用いて、低温での水素イオンビーム照射および温度可変 *in situ* 物性測定を行う。伝導度測定を 20 K 程度の低温まで行うことはすでに出来ているが、さらに低温を目指すため輻射シールドなどの改良を行い、5 K 以下での測定も可能にする。遷移金属酸化物をはじめとする酸化物薄膜、パラジウム薄膜やナノ粒子、元素融合による新規固溶型ナノ粒子などを対象とし、水素ドーブによる絶縁体 - 金属転移、超伝導転移、熱電特性など様々な物性を *in situ* 物性測定によって調べる。また、イオンビーム照射前後での X 線回折、AFM 測定、SIMS (二次イオン質量分析法) などによる結晶構造や表面形状の変化、試料内部での水素濃度分布の評価を行う。UV-Vis-NIR スペクトルやカソードルミネッセンス測定によりバンドギャップや電子状態の変化を調べ、さらに、Hall 効果の測定によりキャリア濃度や易動度の変化を調べ、構造と物性の関係を解明する。

4. 研究成果

(1) 本研究では、高濃度の水素を導入する方法として、低温水素イオンビーム照射装置を開発し、*in situ* 物性測定を確立した。高真空を破らずに試料交換を行えるサンプルトランスポートや、低温でも開閉可能な輻射シールドを開発して、低温まで試料を冷却し *in situ* 物性測定が可能な

装置を作製した。当初目標としていた 5 K よりもさらに低温の 3.8 K まで冷却可能であることを実証した。本装置はクローズドサイクルの冷凍機を用いており、長時間低温でのイオン照射実験を行うことが出来る。また、装置がコンパクトであり、5 kV 以下の低加速電圧でイオン照射を行うため、試料へのダメージも少ない。このオリジナルな実験装置開発について論文としてまとめ、Review of Scientific Instruments 誌で報告した。

(2) SrTiO₃ はペロブスカイト構造をもつ酸化物であり、基礎および応用研究において重要な物質であり盛んに研究されている。本研究では、パルスレーザー堆積法(PLD法)で作成した SrTiO₃ ナノ薄膜に対し低温での水素イオンビーム照射を行い、絶縁体を金属へ変えることに成功した。低温で高濃度の水素を導入した後、温度を室温まで上げることにより、抵抗が不可逆的に増大する現象を見出した。これは、SrTiO₃ に注入された水素の一部が脱離することによって考えられる。低温で再度水素導入をすることにより、抵抗が元の値まで下がり、くり返し抵抗を変化させることが出来た。さらに、SIMS による分析や Hall 効果測定などによって、侵入型水素が高濃度にドーピングされていることを示した。本成果を学術論文として Chemical Communications 誌で報告したところ、その内容が高く評価され雑誌の表紙を飾った。

(3) 酸化亜鉛はワイドギャップの半導体であり、透明電極など機能性材料として期待されている。低温での水素イオンビーム照射および温度可変 in situ 物性測定を行い、巨大な同位体効果を見出した。RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、エピタキシャル成長した約 100 nm の厚さの ZnO 薄膜を作成した。7 K の低温において 5 kV の加速電圧で水素イオンを照射することにより、ZnO 薄膜の抵抗が約 6 桁も減少することを見出した。一方、同じく 7 K の低温で 5 kV の加速電圧で重水素イオンを照射したところ ZnO 薄膜の抵抗は 1 桁程度しか変化せず、巨大な同位体効果を示すことが明らかになった。さらに、水素(重水素)イオン照射後に室温まで昇温することにより、抵抗が 1 桁(5 桁)減少した。すなわち、昇温による抵抗減少にも巨大な同位体効果が現れた。この特異な現象は、イオン照射により準安定な(重)水素のトラップサイトが出来るためと考えられ、昇温により(重)水素が拡散し、侵入型水素となり電子をドープすると考えられる。ex situ での SIMS による分析や Hall 効果測定、およびイオンビームの加速電圧依存性などの詳細な測定によって、それを支持する結果を得た。

(4) RF マグネトロンスパッタ装置を用いてルチル型構造の TiO₂ ナノ薄膜作製に成功した。それを用いて水素イオンビーム照射と in situ 伝導度測定を行った。室温での水素ドープによって TiO₂ の顕著な抵抗減少を確認した。その後、低温 50 K または 100 K での水素イオンビーム照射により、抵抗が増加することや、温度履歴と低温水素ドープにより抵抗の繰り返しスイッチングが見出された。

(5) RF マグネトロンスパッタ装置を用いて金属パラジウムのナノ薄膜を作成し、低温での水素イオンビーム照射による水素誘起超伝導を見出した。ガラス基板上に約 50 nm の厚さの Pd 薄膜試料を作成し、33 K の低温において 5 kV の加速電圧で水素イオンビーム照射を行ったところ、高濃度水素ドープにより、約 4 K 以下で超伝導転移による抵抗の減少を観測した。さらに、加速電圧を 2.5 kV、1.5 kV と下げて照射を行うと、抵抗の大きな減少と転移温度の上昇が観測された。加速電圧を下げると、より表面近傍の浅い領域に水素がドープされる。そのため、電極との接触が良くなり超伝導による抵抗減少が効率よく観測できたと考えられる。低温では水素の拡散が抑制されているため、深さ方向の水素濃度分布に注意する必要があることが分かった。また、重水素を用いて、同位体効果を調べた。ガラス基板上に約 40 nm の厚さの Pd 薄膜試料を作成し、33 K の低温において 2.5 kV の加速電圧で重水素イオンビーム照射を行ったところ、約 4 K 以下で超伝導転移による抵抗の大きな減少を観測した。水素ドープと重水素ドープで、バルクの超伝導転移温度に有意な違いは観測されなかったが、より高温の 10 K 付近で現れる超伝導揺らぎのオンセット温度については、重水素ドープした方が 1~2 K 高いことが分かった。

(6) Ag と Rh はバルクでは全く混ざらないが、ナノサイズ化によって固溶体を作ることが出来る。金属イオンの混合溶液を瞬時に還元することにより、約 1:1 で Ag と Rh が混ざった固溶体型 AgRh 合金ナノ粒子を作成した。固溶体型 AgRh 合金ナノ粒子に水素イオンビームを室温で照射し、照射前後での磁性の変化を SQUID で調べた。その結果、もともと常磁性であった AgRh 合金ナノ粒子は、水素注入後にスピングラス的な磁性を示すことが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Y. Shimizu, A. Otsuka, M. Maesato, M. Tsuchiizu, A. Nakao, H. Yamochi, T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito	4. 巻 99
2. 論文標題 Molecular diamond lattice antiferromagnet as a Dirac semimetal candidate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174417/1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.99.174417	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 T. Yamamoto, Y. Asakawa, M. Maesato, N. Hirao, S. Kawaguchi, Y. Ohishi, H. Kitagawa	4. 巻 48
2. 論文標題 High-Pressure Effect on A Proton-Conducting Metal-Organic Framework, LaCr(C2O4)3·10H2O	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 746-748
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1246/cl.190240	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 Y. Yoshida, M. Maesato, G. Saito, H. Kitagawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Conducting Coronene Cation Radical Salt Containing Magnetic Metal Ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 14068-14074
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.inorgchem.9b02080	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 Y. Yoshida, M. Maesato, S. Tomeno, Y. Kimura, G. Saito, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Kitagawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Partial Substitution of Ag(I) for Cu(I) in Quantum Spin Liquid $-(\text{ET})_2\text{Cu}_2(\text{CN})_3$, Where ET Is Bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4820-4827
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.inorgchem.8b03251	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 H. Moriyama, K. Otsubo, K. Aoki, M. Maesato, K. Sugimoto, H. Kitagawa	4. 巻 48
2. 論文標題 A Novel Platinum(III)-Platinum(III) Neutral Dimer Complex, Pt ₂ (cdtb) ₄ 12 (cdtb: 4-Cyanodithiobenzoate)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1035-1037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190355	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 Y. Yoshida, M. Maesato, Y. Nakamura, M. Ishikawa, H. Yamochi, G. Saito, H. Kishida, H. Kitagawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene Cation Radical Salts Composed of Non-Uniform Silver(I) Complex Polyanions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 16703-16711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b02814	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 A. Otsuka, Y. Shimizu, G. Saito, M. Maesato, A. Kiswandhi, T. Hiramatsu, Y. Yoshida, H. Yamochi, M. Tsuchiizu, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Ito	4. 巻 93
2. 論文標題 Canting Antiferromagnetic Spin-Order (TN = 102 K) in a Monomer Mott Insulator (ET)Ag ₄ (CN) ₅ with a Diamond Spin-Lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 260-272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190279	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 R. Nakayama, M. Maesato, T. Yamamoto, H. Kageyama, T. Terashima, H. Kitagawa	4. 巻 54
2. 論文標題 Heavy interstitial hydrogen doping into SrTiO ₃	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Comm.	6. 最初と最後の頁 12439-12442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC07021K	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 S. Dekura, H. Kobayashi, R. Ikeda, M. Maesato, H. Yoshino, M. Ohba, T. Ishimoto, S. Kawaguchi, Y. Kubota, S. Yoshioka, S. Matsumura, T. Sugiyama, H. Kitagawa	4. 巻 57
2. 論文標題 The electronic state of hydrogen in phase of the hydrogen-storage material PdH(D)x: Does a chemical bond between palladium and hydrogen exist?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 9823-9827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201805753	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 A. Otsuka, D. V. Konarev, R. N. Lyubovskaya, S. S. Khasanov, M. Maesato, Y. Yoshida, G. Saito	4. 巻 8
2. 論文標題 Design of spin-frustrated monomer-type C60- Mott insulator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 115/1-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst8030115	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 R. Nakayama, N. Suzuki, M. Maesato, T. Nagaoka, M. Arita, H. Kitagawa	4. 巻 88
2. 論文標題 A compact low-temperature hydrogen ion beam apparatus for in situ physical property measurements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 123904/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5004517	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 Kobayashi Keigo, Kobayashi Hirokazu, Maesato Mitsuhiro, Hayashi Mikihiro, Yamamoto Tomokazu, Yoshioka Satoru, Matsumura Syo, Sugiyama Takeharu, Kawaguchi Shogo, Kubota Yoshiki, Nakanishi Hiroshi, Kitagawa Hiroshi	4. 巻 56
2. 論文標題 Discovery of Hexagonal Structured Pd-B Nanocrystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6578-6582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201703209	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 T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, A. Otsuka, H. Yamochi, M. Maesato, Y. Shimizu, H. Ito, Y. Nakamura, H. Kishida, M. Watanabe, R. Kumai	4. 巻 90
2. 論文標題 Design and Preparation of a Quantum Spin Liquid Candidate - (ET) ₂ Ag ₂ (CN) ₃ having a nearby Superconductivity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1073-1082
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170167	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 E. Matsubara, H. Miyazono, S. Tomeno, Y. Kimura, M. Maesato	4. 巻 3
2. 論文標題 Synthesis and Physical Properties of New Organic Conductor with Triangular Lattice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ELCAS Journal	6. 最初と最後の頁 13-15
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Mitsuhiko Maesato
2. 発表標題 Artificial Control of Materials Properties
3. 学会等名 Zhou Huijiu Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuhiko Maesato
2. 発表標題 Artificial Control of Materials Properties
3. 学会等名 Nanjing University - Kyoto University Bilateral Workshop: Functional Molecular Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	M. Maesato, Y. Yoshida, S. Tomeno, Y. Kimura, A. Kiswandhi, Y. Nakamura, H. Kishida, Y. Shimizu, G. Saito, H. Kitagawa
2. 発表標題	New Spin Liquid Candidates Based on BEDT-TTF
3. 学会等名	13th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	前里 光彦, 中山 亮, GyeongCheol Lim, 寺嶋 孝仁, 北川 宏
2. 発表標題	低温水素イオンビーム照射による高濃度水素ドーブとin situ物性測定
3. 学会等名	第13回物性科学領域横断研究会 (領域合同研究会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Mitsuhiko Maesato, Ryo Nakayama, GyeongCheol Lim, Takahito Terashima, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題	Low Temperature Hydrogen Ion Beam Irradiation for Exploring Exotic Physical Properties
3. 学会等名	1st International Symposium "Hydrogenomics" combined with 14th International Symposium Hydrogen & Energy
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Mitsuhiko Maesato
2. 発表標題	Artificial Control of Materials' Properties
3. 学会等名	International Conference on Advancement in Science & Technology (ICAST) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1 . 発表者名 M. Maesato, S. Tomeno, Y. Kimura, Y. Yoshida, G. Saito, H. Kitagawa
2 . 発表標題 Spin Liquids and Superconductivity based on BEDT-TTF
3 . 学会等名 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Andhika Kiswandhi, Mitsuhiko Maesato, Shinya Tomeno, Yukihiro Yoshida, Yasuhiro Shimizu, Gunzi Saito, Hiroshi Kitagawa
2 . 発表標題 High pressure transport and Raman measurements of the 3D Dirac semimetal candidate ET-Ag ₄ (CN) ₅
3 . 学会等名 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Tomeno, Y. Yoshida, M. Maesato, H. Kitagawa
2 . 発表標題 New Triangular Lattice BEDT-TTF Salt with Disorder-Free Anions
3 . 学会等名 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kimura, M. Hayashi, M. Maesato, H. Kitagawa
2 . 発表標題 Synthesis of A Degenerated Neutral Radical State based on Metal Dithiolene Complex
3 . 学会等名 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 留野慎也, 吉田幸大, 前里光彦, 北川宏
2. 発表標題 -(ET)2Cu[Au(CN)2]Clの低温物性
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Andhika Kiswandhi, Mitsuhiko Maesato, Shinya Tomeno, Yukihiro Yoshida, Yasuhiro Shimizu, Prashant Shahi, Jun Gouchi, Yoshiya Uwatoko, Gunzi Saito, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 High pressure investigation of Dirac semimetal candidate (ET)Ag4(CN)5 up to 14 GPa
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Andhika Kiswandhi, Mitsuhiko Maesato, Shinya Tomeno, Yukihiro Yoshida, Hidekazu Okamura, Yuka Ikemoto, Hideo Kishida, Gunzi Saito, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 High pressure infrared study of a monomer Mott insulator (ET)Ag4(CN)5
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 (2019年)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Tomeno, Yukihiro Yoshida, Andhika Kiswandhi, Mitsuhiko Maesato, Shimizu Yasuhiro, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 Quantum spin liquid in an organic triangular-lattice with disorder free anion
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D.-W. Lim, A. Shigematsu, T. Yamada, K. Otsubo, A. E. Khudozhnikov, A. G. Stepanov, D. I. Kolokolov, M. Maesato and H. Kitagawa
2. 発表標題 Proton conductivity of confined ammonia in metal-organic frameworks
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前里光彦
2. 発表標題 分子性導体における磁性と伝導性の制御
3. 学会等名 第2回固体化学フォーラム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中山 亮、前里 光彦、長岡 孝、有田 誠、Zhu Wenliang、Pezzotti Giuseppe、北川 宏
2. 発表標題 低温下水素イオンビーム照射を用いた酸化亜鉛薄膜の物性制御
3. 学会等名 第2回固体化学フォーラム研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuhiko Maesato
2. 発表標題 Iodine-based Functional Materials
3. 学会等名 One Day Symposium of Research Center for Structural Thermodynamics (RCST) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuhiko Maesato
2. 発表標題 Commonalities and Differences in Spin Liquids Based on BEDT-TTF
3. 学会等名 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Tomeno, Mitsuhiko Maesato, Yukihiro Yoshida, Takaaki Hiramatsu, Gunzi Saito, Hiroshi, Kitagawa
2. 発表標題 Uniaxial Straij induced Superconductivity in Quantum Spin Liquid $-(\text{ET})_2\text{Ag}_2(\text{CN})_3$
3. 学会等名 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中山 亮、鈴木 直也、前里 光彦、有田 誠、北川 宏
2. 発表標題 水素イオンビーム照射による物質・物性変換
3. 学会等名 先端ナノデバイス・材料テクノロジー第151委員会 平成29年度 第4回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中山 亮、鈴木 直也、前里 光彦、有田 誠、北川 宏
2. 発表標題 酸化亜鉛に対する低温での重水素分子イオン照射による同位体効果の観測
3. 学会等名 第11回分子科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木直也、中山亮、前里光彦、北川宏
2. 発表標題 Pd薄膜における水素誘起超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 留野慎也、前里光彦、吉田幸大、平松孝章、斎藤軍治、北川宏
2. 発表標題 一軸歪下での量子スピン液体 $-(\text{ET})_2\text{Ag}_2(\text{CN})_3$ の超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Nakayama, Mitsuhiro Maesato, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 Isotope Effects in ZnO Induced by Deuterium Ion Beam Irradiation at Low temperature
3. 学会等名 3rd Japan-Korea Joint Symposium on Protonics and Related Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoya Suzuki, Ryo Nakayama, Mitsuhiro Maesato, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 Superconductivity in Pd Thin Film Irradiated with Hydrogen Ion Beam
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Nakayama, Naoya Suzuki, Mitsuhiko Maesato, Makoto Arita, Hiroshi Nakanishi, Hiroshi Kiragawa
2. 発表標題 Observation of giant isotope effects induced by deuterium ion beam irradiation of zinc oxide
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shun Dekura, Hirokazu Kobayashi, Ryuichi Ikeda, Mitsuhiko Maesato, Haruka Yoshino, Masaaki Ohba, Takayoshi Ishimoto, Shogo Kawaguchi, Yoshiki Kubota, Satoru Yoshioka, Syo Matsumura, Takeharu Sugiyama, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 Pd-H Chemical Bond in δ -phase PdHx
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木直也、中山亮、前里光彦、北川宏
2. 発表標題 Pd薄膜における水素誘起超伝導 II
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山 亮、鈴木 直也、前里 光彦、有田 誠、中西 寛、北川 宏
2. 発表標題 水素イオンビーム照射された酸化亜鉛薄膜における巨大同位体効果
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 留野慎也、前里光彦、吉田幸大、北川宏
2. 発表標題 陰イオン層にディスオーダーを含まない新規三角格子ET塩
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田幸大、留野慎也、木村要二郎、前里光彦、齋藤軍治、北川宏
2. 発表標題 -(ET) ₂ Ag _{2x} Cu ₂ (1-x)(CN) ₃ の合成と電子物性
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出倉駿、小林浩和、前里光彦、秋葉宙、山室修、李相賢、萩原雅人、鳥居周輝、神山崇、北川宏
2. 発表標題 相PdHxにおける特異な水素吸蔵状態
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
連携研究者	草田 康平 (Kusada Kohei) (50741857)	京都大学・理学研究科・特定助教 (14301)	