

平成21年 4月 15日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007 ～ 2008
 課題番号：19560005
 研究課題名 (和文) イオン交換法による新機能性層状酸化物の創製とキャリア制御による新展開
 研究課題名 (英文) The creation of the new functional layered oxide by ion exchange method and the novel development by the carrier control.
 研究代表者
 野地 尚 (NOJI TAKASHI)
 東北大学・大学院工学研究科・助教
 研究者番号：50180740

研究成果の概要：本研究の目的は、層状酸化物に「遷移金属-アニオン」格子をイオン交換で挿入し、準安定物質を合成する。そして、キャリアを導入することで超伝導化を目指すものである。準安定物質とは、イオン交換のようなソフト化学的手法でのみ得ることが出来るものであり、本研究においては、 $(MX)Sr_2Nb_3O_{10}$ ($MX=CuCl, FeCl, CoCl, MnCl, PdCl, SrBr, CuBr, FeBr$) の合成に成功した。それらの物質に対し、水素中でアニールして Cl を欠損させる手法や、Li インターカレーションによって電子キャリアを注入した。これにより、絶縁体から良導体に変化させることには成功したが、未だ $T=2K$ 以上での超伝導転移は確認できていない。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎

応用物性・結晶工学

キーワード：超伝導、イオン交換、層状酸化物

1. 研究開始当初の背景

近年、無機結晶化学においてもイオン交換の独創的な研究が注目されている。ゼオライトに代表されるイオン交換性物質の他に、層状酸化物におけるイオン交換物質が発見されたことである。Dion-Jacobson 型酸化物は、イオン交換能が大きいことで知られている。この酸化物の $RbLaNb_2O_7$ におけるアルカリ金属 Rb は、イオン交換により Li、H、 NH_4 のみならず、CuCl という「遷移金属-アニオン」

格子に交換可能であることが見いだされ、準安定物質 $(CuCl)LaNb_2O_7$ が合成された。この準安定物質とは、一般の固相反応法では合成できないものであり、最近、多方面の研究において注目を集めている。特筆すべき点を二つ上げると、一つ目は、上下の $[CuCl]$ 磁性格子が、非磁性の $[LaNb_2O_7]$ をはさんで 11Å 以上離れているという構造上の特徴から、この物質の磁性には良い二次元性とそれに起因する量子効果が現れると予想され、二次元正方磁

性体として扱うことが出来る。二点目は、イオン交換により「遷移金属-アニオン」格子面を導入することによって、アルカリイオンサイトで起きていた電荷の不均一が解消され、NbO₂面の歪みが大きく緩和される。過去において、Li インターカレーションされた Li_xRbSr₂Nb₃O₁₀ が Tc=8K の超伝導になっているが、歪みが緩和された (MX)Sr₂Nb₃O₁₀ {M: 遷移金属, X: アニオン} にキャリア注入をおこなえば、超伝導がより高温で発現する可能性が高いと考えた。

2. 研究の目的

イオン交換性層状酸化物を母体とし、CuCl 等の二次元格子をイオン交換することで、準安定な新しい層状酸化物を合成する。Dion-Jacobson 型物質である (Rb, Cs)Sr₂Nb₃O₁₀ と Aurivillius 型である Bi₂O₂SrNaNb₃O₁₀ の二種類の Nb3 枚層ペロブスカイト型酸化物を試みる。イオン交換物質は CuCl₂, CuBr₂, ZnCl₂, FeBr₂ 等の塩化物、臭化物を用いる。これらの実験より、種々の母物質に対する二次元格子のイオン交換性の可否を探り、発展性を見極める。

(1) Dion-Jacobson 型物質である (Rb, Cs)Sr₂Nb₃O₁₀ においては、二次元格子が導入された (MX)Sr₂Nb₃O₁₀ は、NbO₂ 面が母体に比べ平坦になっているため、高い超伝導転移温度が期待されることから、イオン交換により合成された準安定相の物質に、キャリアドープを試みて、NbO₂ 面での超伝導化を試みる。

(2) Aurivillius 型である Bi₂O₂SrNaNb₃O₁₀ においては、Bi₂O₂ を Fe₂Br₂ にイオン交換し超伝導化することを目的とした。それは、最近発見されて大きな注目を集めている Fe 系超伝導体で超伝導を担っている FeAs 層と FeBr 層が似た構造を持つことから、FeBr 層での超伝導を狙ったものである。

3. 研究の方法

母体は固相反応法で作製する。イオン交換は母体と塩化、臭化物を混合し、真空封入して種々の反応温度と時間でおこなう。イオン交換の成否は x 線回折により判定した。また、いくつかの試料では ICP による組成分析もおこなった。キャリアドープは水素中アニールによる Cl 欠損や Li インターカレーションで電子注入をおこなった。超伝導の確認は、電気抵抗率と磁化率を測定した。

4. 研究成果

本研究では Nb3 枚層である (Rb, Cs)Sr₂Nb₃O₁₀ を固相反応法で作製し、種々の塩化物、臭化物を用いてイオン交換をおこなった。(MX)Sr₂Nb₃O₁₀ を合成したイオン交換条件

と合成の成否を下の表に示す。

表: イオン交換で (MX)Sr₂Nb₃O₁₀ を合成するときの条件と成否

MX ₂	温度	時間	成否
CuCl ₂	320°C	1 週間	成功
FeCl ₂	350°C	2 週間	成功
CoCl ₂	350°C	200 時間	成功
MnCl ₂	320°C	200 時間	成功
PdCl ₂	320°C	10 日間	成功
ZnCl ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
MgCl ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
CaCl ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
SrCl ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
CrCl ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
SrBr ₂	350°C	1 週間	成功
CuBr ₂	320°C	1 週間	成功
FeBr ₂	350°C	2 週間	成功
CoBr ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗
MgBr ₂	320~ 440°C	1 週間	失敗

イオン交換により合成された (PdCl)Sr₂Nb₃O₁₀ と (SrBr)Sr₂Nb₃O₁₀ は、他で報告例がない初めての物質である。イオン交換に成功した物質を水素中でアニールすることでアニオンを欠損させ、キャリア供給を試みたが、MX 層に局在してしまい NbO₂ 面での超伝導は起こらなかった。次に、化学法と電気化学法で Li インターカレーションをおこなった。化学法とは n-C₄H₉Li ヘキサン溶液に試料を浸し、自発的に Li が試料に取り込まれるものである。他方、電気化学法の場合では、試料に強制的に電流を流すことによって、必ず何らかの反応を起こさせる。本研究の場合では、電気化学セルで起こりうる反応は Li インターカレーションと Li 金属メッキであり、還元電圧が小さい反応である Li インターカレーションが起こりやすい。そのため、少量の電流を流した場合には、電荷はすべて Li インターカレーションに使われたと思ってよい。また、電流値を制御することにより Li をインターカレートする時間をコントロールできる。ゆえに、試料内で Li が拡散しにくい場合、電流値を小さくし長く還元電圧下にさらすことで、Li を内部まで均質にインターカレートすることができる。これらの手法で種々の MX が挿入された (MX)Sr₂Nb₃O₁₀ に Li インターカレーションをおこない、電気抵抗率と磁化の

温度依存性を測定し、超伝導の有無を確認した。電気抵抗率はインターカレーションによって劇的に減少し、いくつかの試料では室温付近で金属的な温度依存性を示すまでになったが、超伝導化には至っていない。

次に、Aurivillius 型である $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{SrNaNb}_3\text{O}_{10}$ の Bi_2O_2 を Fe_2Br_2 にイオン交換することを目指した。それは、Fe 系超伝導体で超伝導を担っている FeAs 層と FeBr 層が似た構造を持つことから、FeBr 層での超伝導を狙ったものである。母体試料は、粉末原料を用いた通常の固相反応法で作製した。まず $\text{Bi}_2\text{SrNb}_2\text{O}_9$ と NaNbO_3 を作製し、これらを混合して焼成することで母体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{SrNaNb}_3\text{O}_{10}$ を作製した。次に、この母体を酸処理することで $\text{H}_2\text{SrNaNb}_3\text{O}_{10}$ を得た。そして $\text{H}_2\text{SrNaNb}_3\text{O}_{10}$ と FeBr_2 を 1 : 2 で混合し、パイレックス管に真空封入し、200-360°C で 150-250 時間反応させてイオン交換をおこなった。その結果、200-300°C で反応させると $\text{Fe}_2\text{Br}_2\text{SrNaNb}_3\text{O}_{10}$ を得ることができた。しかし若干の不純物相があり、単相試料を合成することは出来なかった。この物質に、電子キャリアを注入するために電気化学的手法で Li インターカレーションをおこなった。ペレット状試料においては、色の変化がほとんどないことや、還元電圧が大きく、電圧の挙動が不安定であることから、インターカレーションは少量しかなされていないと考えられた。一方、膜状に加工した試料では還元電圧も小さく、安定したプラトーが見えており、インターカレーションは成功したといえる。様々な Li 量でインターカレーションを行ったが、 $T = 2\text{K}$ 以上で超伝導転移は確認できなかった。超伝導が発現しない原因としては、 Fe_2Br_2 層での Fe 原子の位置が他の Fe 系超伝導体の構造と違うことによる電子軌道の違いが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

1) Rapid low-temperature synthesis of superconducting $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ using molten RbOH . [Journal of Physics: Conference Series, **150**, (2009), 052100-1-052100-4] 査読有り M. Kato, S. Shitara, T. Minakawa, T. Noji, Y. Koike

2) Thermal-conductivity study on the electronic state in the overdoped regime of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$: Phase separation and anomaly at $x=0.21$. [Journal of Physics: Conference Series, **150**, (2009), 052115-1-052115-4]

査読有り T. Adachi, S.M. Haidar, T. Kawamata, N. Sugawara, N. Kaneko, M. Uesaka, H. Sato, Y. Tanabe, T. Noji, N. Kudo, N. Kobayashi and Y. Koike

3) Rapid Low-Temperature Synthesis of Superconducting $(\text{Ba}, \text{K})\text{BiO}_3$ Using Molten KOH . [Japanese Journal of Applied Physics, **48**, (2009), 010214-1-010214-3] 査読有り Masatsune Kato, Seigo Shitara, Ken-ichi Nemoto, Takefumi Minakawa, Takashi Noji, Yoji Koike

4) Inhomogeneous superconducting state in the overdoped regime of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$: Comparison with the superconducting state of NbSe_2 . [Journal of Physics and Chemistry of Solids, **69**, (2008), 3217-3220] 査読有り

Y. Tanabe, T. Adachi, K. Omori, H. Sato, T. Noji, T. Sasaki, N. Kobayashi, Y. Koike

5) Low-temperature synthesis of $(\text{Ba}, \text{K}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ using molten hydroxides. [Physica C, **468**, (2008), 1132-1134] 査読有り T. Minakawa, M. Kato, T. Noji, Y. Koike

6) Search for new superconductores by the Li-intercalation into layered perovskites of the Aurivillius phase. [Physica C, **468**, (2008), 1152-1154] 査読有り H. Tezuka, M. Kato, T. Kajita, T. Noji, Y. Koike

7) Inhomogeneous superconductivity in both underdoped and overdoped regimes of high- T_c cuprates. [Journal of Physics: Conference Series, **108**, (2008), 012003-1 - 012003-9] 査読有り Y. Koike, T. Adachi, Y. Tanabe, K. Omori, T. Noji and H. Sato

8) Evidence for Ballistic Thermal Conduction in the One-Dimensional $s=1/2$ Heisenberg Antiferromagnetic Spin System Sr_2CuO_3 . [Journal of the Physical Society of Japan, **77**, (2008), 034607-1-034607-6] 査読有り Takayuki Kawamata, Nobuo Takahashi, Tadashi Adachi, Takashi Noji, Kazutaka Kudo, Norio Kobayashi, Yoji Koike

9) Synthesis of oxide superconductors by soft-chemical techniques. [Materials Science and Engineering B, **148**, (2008), 53-57] 査読有り Masatsune Kato, Yoshinori Imai, Tetsuya

Kajita, Yuichiro Takarabe, Takefumi Minakawa, Ken-ichi Nemoto, Hiroto Tezuka, Takashi Noji, Yoji Koike

10) Electrical properties of layered perovskite-type palladium oxides. [Materials Science and Engineering B, **148**, (2008), 65-68] 査読有り
S. Ayukawa, M. Kato, T. Noji, Y. Koike

11) Magnetic-Field-Induced Enhancement of the Vortex Pinning in the Overdoped Regime of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$: Relation to the Microscopic Phase Separation. [J. Phys. Soc. Jpn., **76**, (2007), 113706-1-113706-4] 査読有り
Yoichi Tanabe, Tadashi Adachi, Keisuke Omori, Hidetaka Sato, Takashi Noji, Yoji Koike

12) Low-Temperature Synthesis of La_2CuO_4 with T' -Structure from Molten Hydroxides. [Chemistry of Materials, **19**, (2007), 3584-3585] 査読有り
Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji and Yoji Koike

13) Low-temperature synthesis of $(\text{La}, \text{Sm})_2\text{CuO}_4$ with T' -structure from molten hydroxides. [Physica C, **460-462**, (2007), 395-396] 査読有り
Yoshinori Imai, Masatsune Kato, Yuichiro Takarabe, Takashi Noji, Yoji Koike

14) Successive superconducting transitions in $\text{Ta}_2\text{S}_2\text{C}$ studied by electrical resistivity and nonlinear ac magnetic susceptibility. [Physical Review B, **75**, (2007), 184536-1-184536-10] 査読有り
Masatsugu Suzuki, Itsuko S. Suzuki, Takashi Noji, Yoji Koike, Jurgen Walter

[学会発表] (計 35 件)

1) 鮎川晋也、加藤雅恒、池田一貴、野地尚、折茂慎一、小池洋二 「ペロブスカイト型水素化合物 $\text{CaPdH}_{3-\delta}$ の電子物性」 [2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会] 2009 年 4 月 1 日 (筑波)

2) 高松智寿、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「還元剤 CaH_2 を用いた無限層化合物 LaNiO_2 の低温合成」 [2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会] 2009 年 4 月 1 日 (筑波)

3) 阿部晴幾、野地尚、加藤雅恒、手塚寛人、小池洋二 「 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ の Li インターカレーション効果」 [日本物理学会第 64 回年次大会]

2009 年 3 月 28 日 (東京)

4) 鮎川晋也、池田一貴、加藤雅恒、野地尚、折茂慎一、小池洋二 「ペロブスカイト型水素化合物 $\text{CaPdH}_{3-\delta}$ の電子物性」 [日本物理学会第 64 回年次大会] 2009 年 3 月 30 日 (東京)

5) 高松智寿、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「還元剤 CaH_2 を用いた無限層化合物 LaNiO_2 の低温合成」 [日本セラミックス協会 2009 年年会] 2009 年 3 月 18 日 (野田)

6) 鮎川晋也、加藤雅恒、野地尚、小池洋二、池田一貴、折茂慎一 「ペロブスカイト型水素化合物 $\text{CaPdH}_{3-\delta}$ の合成と物性」 [日本セラミックス協会 2009 年年会] 2009 年 3 月 17 日 (野田)

7) 加藤雅恒、鮎川晋也、池田一貴、野地尚、折茂慎一、小池洋二 「非超伝導ペロブスカイト型水素化合物 $\text{CaPdH}_{3-\delta}$ の合成と電子物性」 [科研費特定領域「異常量子物質の創製-新しい物理を生む新物質-」成果報告会] 2009 年 1 月 7 日 (東京)

8) 高松智寿、鮎川晋也、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「無限層構造 3d 遷移金属酸化物の合成と水素導入による新超伝導物質の探索」 [応用物理学会第 63 回東北支部学術講演会] 2008 年 12 月 4 日 (仙台)

9) 鮎川晋也、池田一貴、加藤雅恒、野地尚、折茂慎一、小池洋二 「非超伝導ペロブスカイト型水素化合物 $\text{CaPdH}_{3-\delta}$ の合成と電子物性」 [応用物理学会第 63 回東北支部学術講演会] 2008 年 12 月 4 日 (仙台)

10) 手塚寛人、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「層状遷移金属酸化物への電気化学的 Li インターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [応用物理学会第 63 回東北支部学術講演会] 2008 年 12 月 4 日 (仙台)

11) 濱田翔太、手塚寛人、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「ソフト化学法を用いて化学修飾したスピネル型超伝導体 LiTi_2O_4 の超伝導特性」 [応用物理学会第 63 回東北支部学術講演会] 2008 年 12 月 4 日 (仙台)

12) T. Adachi, Y. Tanabe, K. Omori, H. Sato, T. Noji, Y. Koike. 「Inhomogeneity of superconductivity in single-layer high-Tc cuprates studied by magnetic susceptibility and specific heat」 [The 2nd International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008) & the 7th Asia-Pacific Workshop] November 9, 2008

(Tokyo)

13) M. Kato, S. Shitara, T. Noji, Y. Koike.
「Rapid Low-Temperature Synthesis of Superconducting (Ba, A)BiO₃ (A=K, Rb) using Molten AOH」 [The 2nd International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008) & the 7th Asia-Pacific Workshop] November 8, 2008 (Tokyo)

14) 加藤雅恒、設楽誓吾、野地尚、小池洋二
「KOH 熔融塩を用いた超伝導体 (Ba, K)BiO₃ の低温短時間合成」 [日本セラミックス協会 第21回秋季シンポジウム] 2008年9月18日 (北九州)

15) 小池洋二、足立匡、田邊洋一、福永泰、大森圭祐、佐藤秀孝、野地尚 「磁化率と比熱から見た銅酸化物高温超伝導体の不均一な超伝導状態」 [2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会] 2008年9月5日 (春日井)

16) 設楽誓吾、加藤雅恒、野地尚、小池洋二
「RbOH 熔融塩を用いた超伝導体 (Ba, Rb)BiO₃ の低温短時間合成」 [2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会] 2008年9月4日 (春日井)

17) M. Kato, S. Shitara, T. Minakawa, T. Noji, Y. Koike. 「Rapid and Low-Temperature Synthesis of Superconducting (Ba, Rb)BiO₃ using Molten RbOH」 [25th International Conference on Low Temperature Physics (LT25)] August 10, 2008 (Amsterdam, Holland)

18) T. Adachi, Y. Tanabe, Y. Fukunaga, K. Omori, H. Sato, T. Noji, K. Kudo, T. Nishizaki, T. Sasaki, N. Kobayashi, Y. Koike. 「Inhomogeneity of superconductivity and stripe correlations in single-layer high-T_c cuprates」 [6th International Conference of the Stripes Series (Stripes 08) -Quantum Phenomena in Complex Matter-] July 28, 2008 (Erice, Italy)

19) 高松智寿、手塚寛人、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「層状ペロブスカイト型Ti酸化物Bi₂La₂Ti₃O₁₂へのLiインターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [2008年春季 第55回応用物理学関係連合講演会] 2008年3月28日 (船橋)

20) 設楽誓吾、加藤雅恒、皆川武史、野地尚、小池洋二 「KOH熔融塩を用いた超伝導体 (Ba, K)BiO₃の低温短時間合成」 [2008年春季 第55

回応用物理学関係連合講演会] 2008年3月29日 (船橋)

21) 高松智寿、手塚寛人、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「層状ペロブスカイト型Ti酸化物Bi₂La₂Ti₃O₁₂へのLiインターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [日本物理学会第63回年次大会] 2008年3月25日 (東大阪)

22) 福永泰、足立匡、田邊洋一、野地尚、小池洋二 「(Bi, Pb)₂Sr₂CuO_{6+δ}におけるバルクローブから見た超伝導の不均一性」 [日本物理学会第63回年次大会] 2008年3月25日 (東大阪)

23) 設楽誓吾、加藤雅恒、皆川武史、野地尚、小池洋二 「KOH熔融塩を用いた超伝導体 (Ba, K)BiO₃の低温短時間合成」 [日本物理学会第63回年次大会] 2008年3月24日 (東大阪)

24) 設楽誓吾、皆川武史、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「KOH熔融塩を用いた超伝導体 (Ba, K)BiO₃の低温短時間合成」 [応用物理学会第62回東北支部学術講演会] 2007年12月6日 (八戸)

25) 高松智寿、手塚寛人、加藤雅恒、野地尚、小池洋二 「層状ペロブスカイト型Ti酸化物Bi₂La₂Ti₃O₁₂へのLiインターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [応用物理学会第62回東北支部学術講演会] 2007年12月6日 (八戸)

26) 田邊洋一、足立匡、為ヶ井強、大森圭祐、佐藤秀孝、野地尚、小池洋二 「La_{2-x}Sr_xCuO₄のオーバードープ領域における相分離」 [応用物理学会第62回東北支部学術講演会] 2007年12月6日 (八戸)

27) Y. Tanabe, T. Adachi, K. Omori, H. Sato, T. Noji, Y. Koike. 「Inhomogeneity of the Superconductivity in the Overdoped Regime of La_{2-x}Sr_xCuO₄.」 [4th International Symposium on High Magnetic Field Spin Science in 100T] November 27, 2007 (Sendai)

28) S. Ayukawa, K. Ikeda, M. Kato, T. Noji, S. Orimo, Y. Koike. 「Electron-doping into Nd₂PdO₄ with the T' -type structure by intercalation」 [20th International Symposium on Superconductivity (ISS)] (Tsukuba, November 7, 2007 (Tsukuba))

29) H. Tezuka, M. Kato, T. Kajita, T. Noji, Y. Koike. 「Search for new superconductors

by Li-intercalation into layered perovskites of the Aurivillius phase] [20th International Symposium on Superconductivity (ISS)] November 6, 2007 (Tsukuba)

30) T. Minakawa, M. Kato, T. Noji, Y. Koike. 「Low-temperature synthesis of $Ba_{1-x}A_xBiO_3$ (A=K, Rb, Cs) using molten hydroxides」 [20th International Symposium on Superconductivity (ISS)] November 6, 2007 (Tsukuba)

31) 石動彰信、野地尚、鮎川晋也、加藤雅恒、小池洋二 「イオン交換法を用いた新超伝導物質探索」 [日本物理学会第62回年次大会] 2007年9月23日(札幌)

32) 手塚寛人、加藤雅恒、梶田徹也、野地尚、小池洋二 「層状ペロブスカイトAurivillius相へのLiインターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [日本物理学会第62回年次大会] 2007年9月22日(札幌)

33) 手塚寛人、加藤雅恒、梶田徹也、野地尚、小池洋二 「層状ペロブスカイトAurivillius相へのLiインターカレーションによる新超伝導物質の探索」 [2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会] 2007年9月6日(札幌)

34) 皆川武史、加藤雅恒、野地尚、小池洋二
「水酸化物溶解塩を用いた $Ba_{0.6}(K_{1-x}Rb_x)_{0.4}BiO_3$ の低温合成」 [2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会] 2007年9月6日(札幌)

35) H. Tezuka, M. Kato, T. Kajita, T. Noji, Y. Koike. 「Li-Intercalation into Layered Perovskites of the Aurivillius Phase」 [Yamada Conference LXI, Spectroscopies in Novel Superconductors] August 22, 2007 (Sendai,)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野地 尚 (NOJI TAKASHI)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：50180740

(2) 研究分担者

小池 洋二 (KOIKE YOJI)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70134038

(3) 連携研究者

なし