

ありふれたセラミックス半導体を革新的水素材料に変換 – 革新的水素材料への期待 – (プレスリリース)

公開日

2012年04月16日

BL02B2 (粉末結晶構造解析)

2012年4月16日

京都大学

公益財団法人 高輝度光科学研究センター

京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻の坂口 辰徳 大学院生 (博士後期課程)、辻本 吉廣 博士研究員 (現所属: 物質・材料研究機構)、小林 洋治 助教、陰山 洋 教授と同大学物質-細胞統合システム拠点の高野 幹夫 特定教授らは、高輝度光科学研究センターの金 廷恩 副主幹研究員らと共同で、半世紀以上前から半導体産業を支えてきたセラミックス材料が、大量の水素を取り込む能力があることを発見しました。

チタン酸バリウム (BaTiO_3) (図左) は、1940年代に初めて合成されて以来、あらゆる電子機器に使われている誘電体材料です。陰山教授らは本研究に先立ち2007年に、水素化物を利用した低温合成法^{*1}によって、長年不安定であると考えられてきた鉄の局所構造を実現し、ネイチャー誌に報告しました。今回の研究では、チタン酸バリウムに対して同様の低温反応を施したところ、結晶中の酸素の一部を水素で置き換えることに成功しました (図右、大型放射光施設SPring-8^{*2}の粉末結晶構造解析ビームライン (BL02B2) の高輝度X線を用いて構造を決定)。今までに、チタン酸バリウムに水素の導入を試みた研究例はありましたが、その量はごく微か (酸素に対して0.1%以下) でした。しかしながら、本手法を用いた場合、水素量は最大で20% ($\text{BaTiO}_{2.4}\text{H}_{0.6}$) にも達しました。この新しく合成された物質は、水にも温度にも安定ですので、クリーンなエネルギー資源である水素を変換/輸送/貯蔵するのに適した水素材料としての高い将来性があります。

この新物質の学術的な意義は、その水素貯蓄量の多さだけではなく、取り込まれた水素の電荷状態にもあります。一般に酸化物に存在する水素は、正の電荷をもつプロトン (H^+) として存在することが知られています。身近な例では、さびの成分である水酸化鉄 ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) があります。これに対して、負の電荷をもつヒドリド (H^-) は強力な還元剤であるため、チタンのような遷移金属とは共存できないと考えるのが固体化学の常識でした。ところが、今回得られた物質における水素は負の電荷を持っており、従来の常識を覆す結果となりました。酸化物の中で、 H^- が遷移金属と共存できることが確認されたことにより、今後はヒドリドの流れを制御して利用することができる「酸化物ヒドリドニクス」という新たな学問体系として発展していくことが期待されます。

今回合成した物質中の水素は、400°C程度の低温にて結晶内を動き回る能力をもつことを明らかにしました。この結果は、水素イオン (H^-) 伝導性を示唆しています。酸素イオン伝導体は、現在燃料電池の電解質として実用化されていますが、水素は酸素と比べて軽く動きやすいため、より低温での高速動作が原理的には可能です。同時に、チタンがもつ電子に由来する電子伝導性もあるため、例えば、水素を燃料とする燃料電池に必要な電極の他、水素センサーとしての応用が期待されます。

この研究成果は、英国科学誌「ネイチャーマテリアルズ (Nature Materials)」誌 (ロンドン時間4月15日電子版) で公開されます。京都大学、高輝度光科学研究センター、倉敷芸術大学、東京工業大学、物質・材料開発機構、レンヌ第一大学との共同研究によるものです。

今回の成果は、主に独立行政法人日本学術振興会最先端研究開発支援プログラム「新超電導および関連機能物質の探索と産業用超電導線材の応用」(中心研究者: 細野 秀雄 教授 (東京工業大学)) の一環で得ら

Super+α
FIRST Program

れました。

チタン酸バリウムの原料は戸田工業株式会社からご厚意で提供いただきました。

(論文)

"An Oxyhydride of BaTiO_3 Exhibiting Hydride Exchange and Electric Conductivity"
(ヒドリド交換能と電子伝導を示す酸水素化物 BaTiO_3)

著者: 小林 洋治¹、O. J. Hernandez²、坂口 辰徳¹、矢島 健¹、T. Roisnel²、辻本 吉廣¹、森田 昌樹³、野田 泰斗³、最上 祐貴³、北田 敦¹、大倉 仁寿¹、細川 三郎¹、Z. Li⁴、林 克郎⁵、草野 圭弘⁶、金 廷恩⁷、辻 成希⁷、藤原 明比古⁷、松下 能孝⁸、吉村 一良³、竹腰 清乃理³、井上 正志¹、高野 幹夫⁴、陰山 洋^{1,3,4}

¹ 京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻

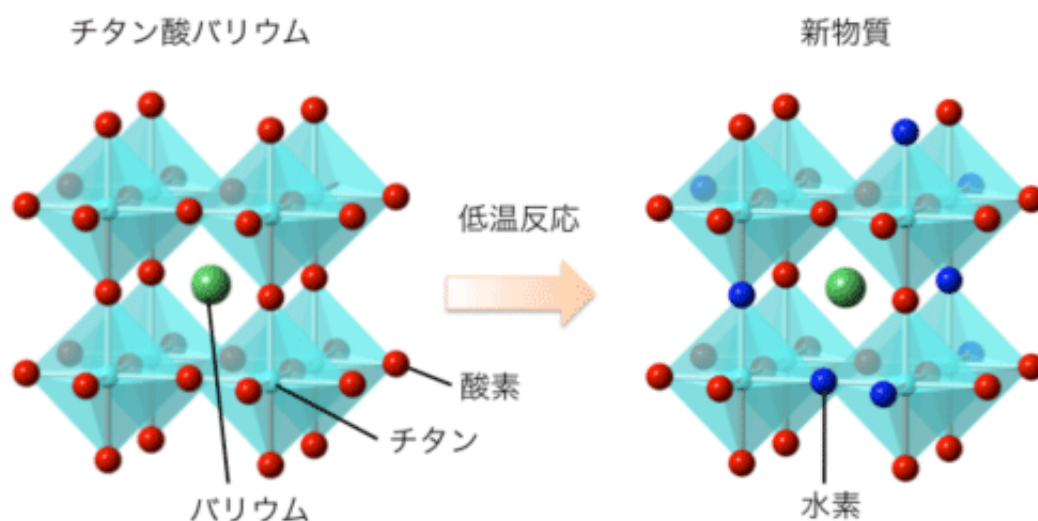
² レンヌ第一大学

³ 京都大学大学院理学研究科化学専攻

⁴ 京都大学物質-細胞システム統合拠点

⁵ 東京工業大学応用セラミックス研究所

《参考資料》



図：（左）チタン酸バリウム。半導体セラミックスとして電子材料に広く使われている。（右）低温合成によって、酸素（赤）の20%を水素（青）に変換する。400°C程度の低温で、水素のみが結晶内を動き回ることができる。大型放射光施設SPring-8の高輝度X線を用いて構造を決定した。

《用語解説》

***1 低温合成法**

陶芸を連想すればわかるように、酸化物（セラミックス）は一般に1000°C以上の高温で合成されます。しかしながら、適切な反応剤（本研究では、水素化カルシウム）を選ぶことによって500°C以下の低温でも反応を進行させることができます。このような反応を低温合成法とよびます。

***2 大型放射光施設SPring-8**

理化学研究所が所有する、兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高の放射光を生み出す施設で、その運転管理と利用促進は高輝度光科学研究センターが行っている。SPring-8の名前はSuperPhoton ring-8 GeVに由来。放射光とは、電子を光とほぼ等しい速度まで加速し、電磁石によって進行方向を曲げた時に発生する、細く強力な電磁波のこと。SPring-8では、この放射光を用いてナノテクノロジー、バイオテクノロジーや産業利用まで幅広い研究が行われている。

《問い合わせ先》

京都大学 大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻
教授 陰山 洋 (かげやま ひろし)
TEL : 075-383-2506、FAX : 075-383-2510
E-mail : kage@scl.kyoto-u.ac.jp
(SPring-8に関すること)
公益財団法人 高輝度光科学研究センター 広報室
TEL : 0791-58-2785 FAX : 0791-58-2786
E-mail : kouhou@spring8.or.jp

ひとつ前

酸化ニッケルの磁壁内のスピン構造決定に世界で初めて成功 - 反強磁性体の微小領域磁性の理解が進展、磁

[気ナノデバイス開発の加速に期待 - \(プレスリリース\)](#)

[現在の記事](#)

[ありふれたセラミックス半導体を革新的水素材料に変換 - 革新的水素材料への期待 - \(プレスリリース\)](#)

[サイトマップ](#) | [サイトポリシー](#) | [プライバシー](#) | [フィードバック](#) | [Web管理者へのお問い合わせ](#)

独立行政法人理化学研究所
(RIKEN)

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-
1

登録施設利用促進機関・公益財団法人高輝度光科学研究センター
(JASRI)

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1-1

Copyright © 2009 RIKEN/JASRI. All Rights Reserved.