

2010 年 11 月 1 日

東京大学大学院工学系研究科

世界初！超高分解能電子顕微鏡で水素原子(最小原子) の観察に成功 ―究極のナノ計測―

【発表概要】

東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構の幾原雄一教授(財団法人ファインセラミックスセンターナノ構造研究所、東北大学原子分子材料科学高等研究機構兼任)、柴田直哉助教らの研究グループは、財団法人ファインセラミックスセンターナノ構造研究所の齋藤智浩副主任研究員らおよび産業技術総合研究所の松田潤子研究員(NEDO・水素貯蔵材料先端基盤研究事業)らと共同で、**超高分解能走査透過電子顕微鏡を駆使した新しい観察手法を用いて最も軽い元素である水素原子(原子番号1)を観察することに世界に先駆けて成功しました**。本成果は、これまで観察が不可能とされてきた水素原子を可視化した画期的な研究成果であり、**最先端電子顕微鏡によって全ての元素の観察が可能であることがはじめて実証されました**。今後水素エネルギー関連のナノテクノロジー研究の推進に拍車がかかることが期待されます。

本研究は、日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラムの一環として行われましたが、本成果は2010年11月5日発行の応用物理学会誌「アプライドフィジックス・エクスプレス」オンライン版で公開されます。

【発表内容】

新素材創出を目指すナノテクノロジー開発分野では、原子レベルの顕微鏡技術が極めて重要な役割を果たしています。透過型電子顕微鏡法(TEM)は、材料内部の原子構造を直接観察できることから現在も広く応用されていますが、**新素材のキーとなる軽元素**(水素(原子番号1)、リチウム(原子番号3)、炭素(原子番号6)、窒素(原子番号7)、酸素(原子番号8)など)の観察には不向きであるとされてきました。しかし、今後ナノテクノロジー開発を促進していくためには、軽元素の挙動を解明することが必須であり、**軽元素観察が可能な顕微鏡法の開発が急務とされてきました**。そのような背景のもと、世界中の研究者がしのぎを削ってその手法の開発研究を進めています。

昨年東京大学、(財)ファインセラミックスセンターおよび日本電子株式会社は、軽元素観察が可能な新原理軽元素観察手法(図1:角度制御環状明視野―走査透過電子顕微鏡法(ABF-STEM法))を共同で開発したことを発表しました(添付図1)。

さらに、(財)ファインセラミックスセンター、トヨタ自動車(株)、東大の共同グループは本手法を駆使して、リチウム電池材料中のリチウムイオン(原子番号)の観察に成功し、電池関連業界に大きなインパクトを与えるとともに、本手法がリチウムイオン電池開発の国家プロジェクトにもタイムリーに取り入れられました。

今回、東京大学の幾原教授らはファインセラミックスセンターナノ構造研究所および産業技術総合研究所と共同で**新原理軽元素観察手法**をさらに高度化することで、**最小原子番号の水素原子を直接観察することに世界に先駆けて成功しました**。図2は、水素貯蔵金属として有望視されている水素化バナジウム(VH_2)の超高分解能走査透過電子顕微鏡像(ABF-STEM 像)ですが、バナジウム原子に加えて水素原子が鮮明に観察されている様子が分かります。本観察は、**球面収差補正を用いた走査透過電子顕微鏡法による最先端観察技術と観察条件の理論計算を組み合わせることによってはじめて実現しました**。すなわちこの観察技術は、走査透過電子顕微鏡のレンズに球面収差補正を行うことで1オングストローム以下の分解能を達成すると共に、理論計算を用いて水素原子が観察できる検出角度を決定して計測することではじめて可能となります。本成果は、**最先端の電子顕微鏡を用いることで全ての元素が観察されることを実証した画期的な結果であり、今後のナノテクノロジー・材料開発における研究のブレークスルーになることが期待されます**。また、次世代のエネルギーとして注目されている水素エネルギー関連の研究開発にも大きなインパクトを与えることも期待されています。

本研究は、最先端研究開発支援プログラム「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」(中心研究者 水野哲孝東大教授)により行われたことを付記します。

【発表雑誌】

Applied Physics Express、11月5日 電子版

【注意事項】

マスコミ解禁時間:平成22年11月4日(木) 午前9:00(日本時間)

オンライン公開:平成22年11月5日(金) 午前10:00(日本時間)

【問い合わせ先】

東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構

幾原 雄一(イクハラ ユウイチ)教授

〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16

東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構

柴田 直哉(シバタ ナオヤ)助教

〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16

【用語解説】**・ナノテクノロジー**

ナノメートル(10 億分の 1 メートル)のレベルで物質の構造や配列を制御し、新しい材料・デバイスを開発する工学技術。

・原子分解能走査透過型電子顕微鏡(STEM)

0.1 ナノメートル(1 オングストローム)以下程度まで細く収束させた電子線を試料上で走査し、試料により透過散乱された電子線の強度で、試料中の原子位置を直接観察する装置

・水素エネルギー・水素貯蔵金属

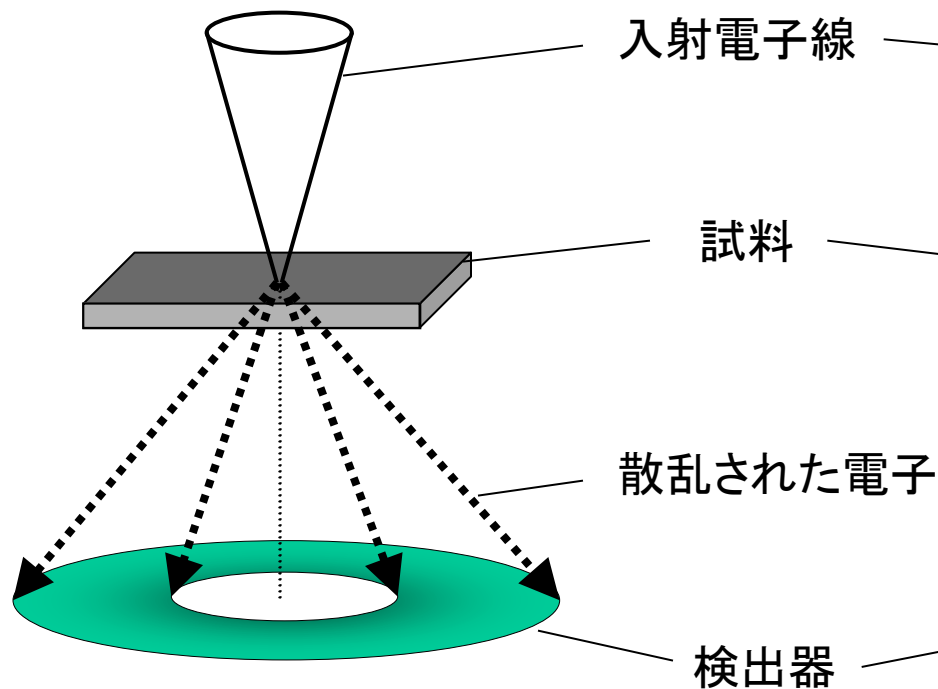
水素エネルギーは将来のクリーンなエネルギー源として注目されている。水素を内部に貯蔵できる金属。

【添付資料】 別紙(研究成果の図面:計3ページ)

図1

従来の観察法

ADF-STEM法（環状暗視野法）



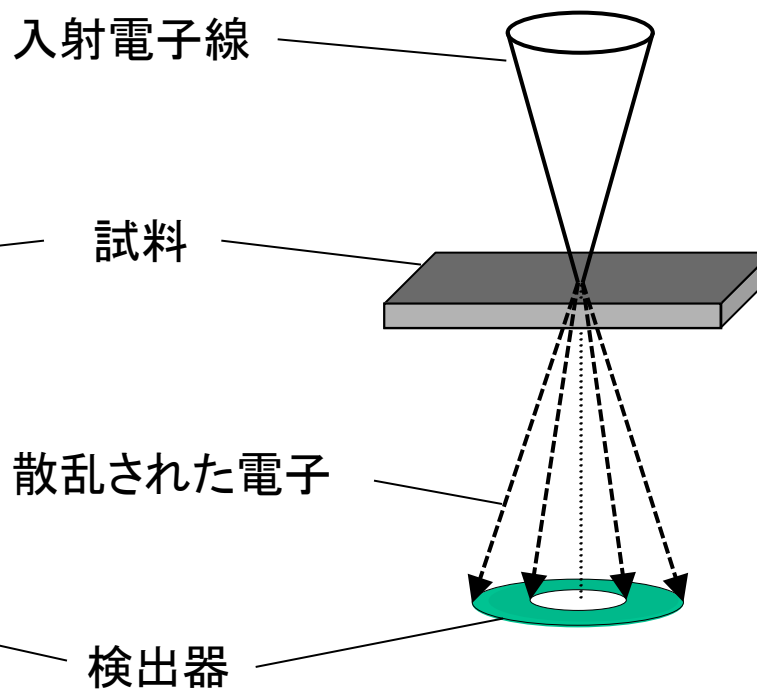
高角度に散乱された電子をとらえる



重い元素を優先的に観察できる

今回の新原理観察手法

ABF-STEM法（角度制御環状明視野法）

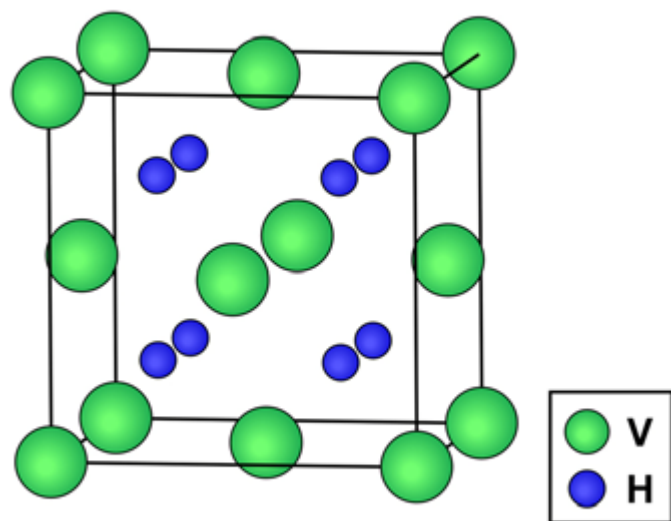


低角度に散乱された電子を環状の検出器でとらえる



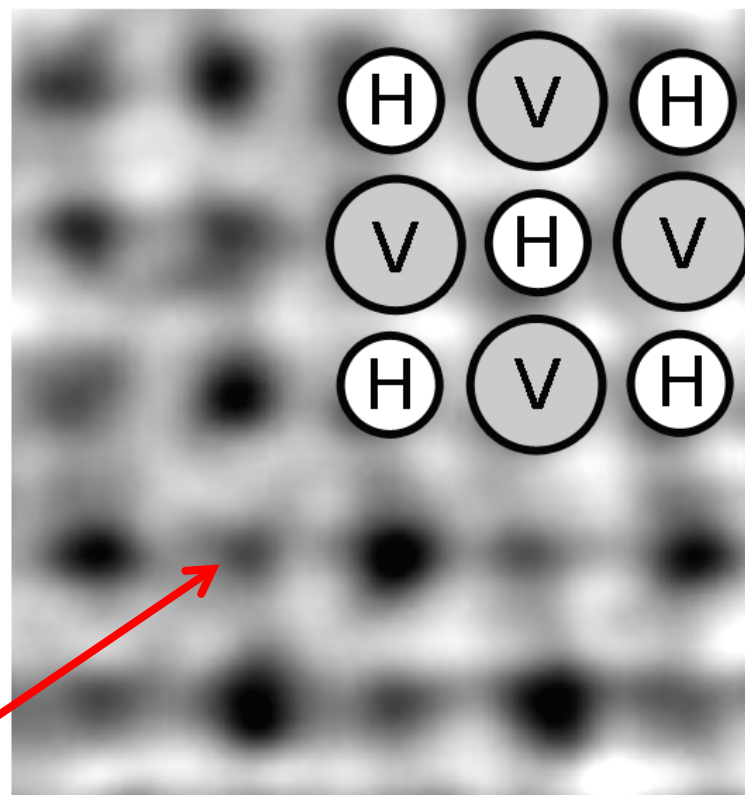
重い元素と軽い元素を同時に観察することができる

図2



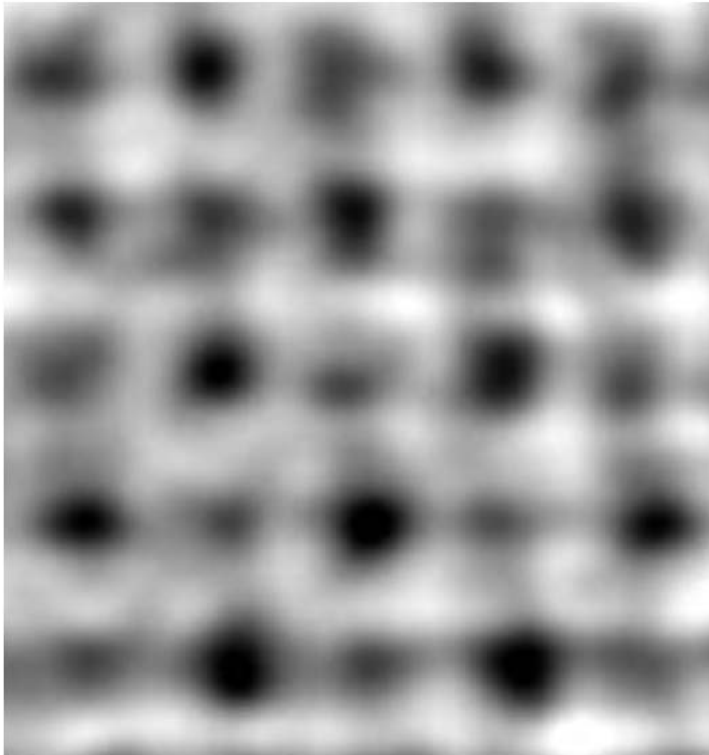
VH_2 の結晶構造

H



— 0.2nm

VH_2 の超高分解能ABF-STEM像
(H原子が観察される)



VH₂の超高分解能ABF-STEM像
(写真のみ)