

高効率な酸化チタン光触媒効果を実現

- 現行市販高効率製品を一桁以上上回るアセトアルデヒド分解速度を達成 -

平成14年12月18日

独立行政法人 物質・材料研究機構

1. 概要

独立行政法人 物質・材料研究機構（略称：NIMS、理事長：岸 輝雄）物質研究所（所長：渡辺 遵）の機能性ガラスグループ（ディレクター：井上 悟）は、ミレニアムプロジェクト¹⁾研究課題「有害化学物質除去触媒の探索・創製研究」（平成12年度～平成16年度、プロジェクトリーダー：渡辺 遵）の一環として、現行市販品の効率を一桁以上向上させた酸化チタン光触媒²⁾を実現した。これは、従来の高効率酸化チタン光触媒³⁾に比べて分解速度が約13倍と大きく、ガラス板上に形成するため透光性・大型化への工夫が図られている。今後、空気清浄機、環境浄化機能付き窓材などへの応用が期待される。

2. 研究背景と目的

酸化チタン光触媒は、化学物質の分解に効果があることが知られており、

- ・有機塩素化合物や外因性内分泌攪乱物質（環境ホルモン）の分解
- ・水浄化処理
- ・大気汚染物質（窒素酸化物（NO_x）、イオウ酸化物（SO_x））の浄化
- ・抗菌、抗カビ
- ・ガス中、水中のダイオキシン類の分解・除去
- ・室内環境浄化（空気清浄）
- ・防汚、セルフクリーニング

などの様々な分野への応用が期待されている。

また、酸化チタン光触媒の高機能化・高性能化の方法として、

- ・多孔質薄膜化
- ・シリカゲル等の多孔体細孔壁への固定
- ・微粒子化
- ・可視光応答性向上

などが考えられ、精力的に研究が進められている。

NIMSでは、酸化チタン光触媒の高機能化の新しい方法の開発を目標に、ガラス板上の薄膜多孔体細孔壁への触媒固定を目的とした研究を進めてきた。従来から、ゾル-ゲルコーティング法⁴⁾やスパッタリング法⁵⁾によりガラス板上に酸化チタンの薄膜を形成する研究は数多く進められており、実用的なレベルまで研究が進んでいるが、本研究では、ガラス板上に薄膜多孔体を作製し、この細孔壁に酸化チタンを固定することによって、面積あたりの触媒量を増加させて効率向上を図った。

3．今回の研究成果

ガラス板上薄膜多孔体形成には、ガラスにスパッタリング法などで透明導電膜⁶⁾を形成し、更にその上にスパッタリング法で形成したアルミニウム薄膜を陽極酸化⁷⁾する新規の技術を開発した。これにより、ガラス板上にナノメ - タサイズの細孔が配向したアルミナ多孔質薄膜を作製できる(図 - 1 参照)。ガラス上に透明導電膜を用いているのは、アルミニウム薄膜の陽極酸化を完全に最後まで行うための工夫であり、また、ガラスの透明性を保持して光の照射効果を損なわないようにするための工夫である。このようにして形成した細孔の中へ酸化チタンのゾル液を含浸させて細孔の壁に酸化チタンゲル膜を形成する(図 - 2 参照)。最終的に加熱により酸化チタンゲル膜をアナタ - ゼ型の酸化チタンとする。細孔内にナノチューブ状に酸化チタン膜が形成される。

上記方法でガラス板上に形成した種々のアルミナ多孔体に固定した酸化チタンナノチューブの光触媒効果を調べた結果、飛躍的に分解速度が向上することが確認された。

性能評価は、アセトアルデヒドの光分解反応により発生する炭酸ガス量をモニタ - する方法で確認した。また、相互を比較するため、実験結果は単位面積あたりに規格化した。図 - 3 に試料の外観写真と触媒機能評価結果グラフを示した。触媒評価は炭酸ガスの発生量を処理時間(紫外線照射時間)に対するグラフで示してある。

外観写真より、ガラス板上に触媒層を形成しても透明で光が透過しているのが見られる。触媒効果については、現在市販されている酸化チタン高効率光触媒であるドイツ国 Degussa (デグッサ)社の P-25 触媒を遙かにしのぐ分解速度が得られている。分解速度としては約 1.3 倍に改善されている。高効率・高性能で知られる P-25 をこれほどにしのぐ高効率光触媒は本研究での触媒が初めてである。

飛躍的に効率が向上した要因としては、表面積の増加による反応の促進、全体が透明であることによる光の照射効率の増加、によるものと考えられる。

4．成果の波及効果

本研究で得られた高効率酸化チタン光触媒は分解速度が飛躍的に改善されており、空気浄化などの用途に適している。また、陽極酸化技術を応用しているため、大きな面積の物を作るのも可能で、透光性を活用した浄化機能付きの窓材としての応用も期待される。多孔質であるので、大気汚染物質のような希薄な状態の物質を吸着して浄化する用途にも有効に働くと期待され、環境浄化法を開発する時の一つ的手段として活用し得るものと期待される。

さらには、陽極酸化法、ゾル導入法のどちらも曲面に適用できるため、用途に合わせた特殊形状の担体にも対応でき、微粒白金触媒を担持することで、水の光分解による次世代エネルギーと期待される水素生成への応用も期待される。

用語説明

1) ミレニアムプロジェクト

2000年度から開始された、環境関連問題の解決に寄与する技術開発を目的とした政府プロジェクト。

2) 酸化チタン光触媒

紫外線照射で有機物を分解したり、水を分解して水素を発生させたりできる酸化チタンを主成分とする触媒。

3) 高効率酸化チタン光触媒

現在多くの研究者が標準として用いているドイツの Degussa (デグッサ) 社の開発した微粒子酸化チタンを焼結した P-25 がよく知られている。

4) ゾル - ゲルコ - ティング法

有機金属化合物に水を加えて分解して得られるゾル (10 ナノメートル程度の大きさの粒子 (一次粒子) が液体中に分散している状態) を、固体表面に塗布してゲル化 (ゾル分散粒子が集合して数百ナノメートルのかなり大きな粒子 (二次粒子) となり粘性の高くなった状態) し、加熱して無機酸化物膜を作製する方法。

5) スパッタリング法

低真空の容器内で、アルゴンイオンなどの荷電粒子を発生させ、これをターゲット物質に衝突させることでその物質を構成する原子を叩き出し、近くにおいた基板の上にターゲット物質を堆積する方法。高品質の薄膜作製法として通信やエレクトロニクス分野の製品製造で広く使われている。

6) 透明導電膜

透明で電子伝導 (電流の正体が電子である伝導) を示す薄膜。液晶表示パネルなどの電極に使われている。酸化インジウムに酸化スズを少量加えた ITO 膜がよく知られる。酸化スズだけの膜も使われる。

7) 陽極酸化

アルミニウムを酸水溶液の中で電気分解して酸化アルミニウムにする方法。アルミニウムの耐食性を改善するアルマイト作製法として古くから知られる。形成される酸化アルミ (アルミナ) は非晶質の多孔質となる。また、電気分解の条件を調整することで、ナノメートルサイズ (5 ~ 100 nm) の径の揃った細孔が一方向に配向した組織となる。

(問い合わせ先)

独立行政法人物質・材料研究機構

広報・支援室 (〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1)

TEL : 0298-59-2026 FAX : 0298-59-2017

(研究内容に関すること)

独立行政法人物質・材料研究機構 物質研究所

機能性ガラスグループ・ディレクター 井上 悟

TEL : 0298-58-5648 FAX : 0298-54-9060 E-Mail : INOUE.Satoru@nims.go.jp

図-1 ガラス板上にアルミナ薄膜多孔体を作製する方法

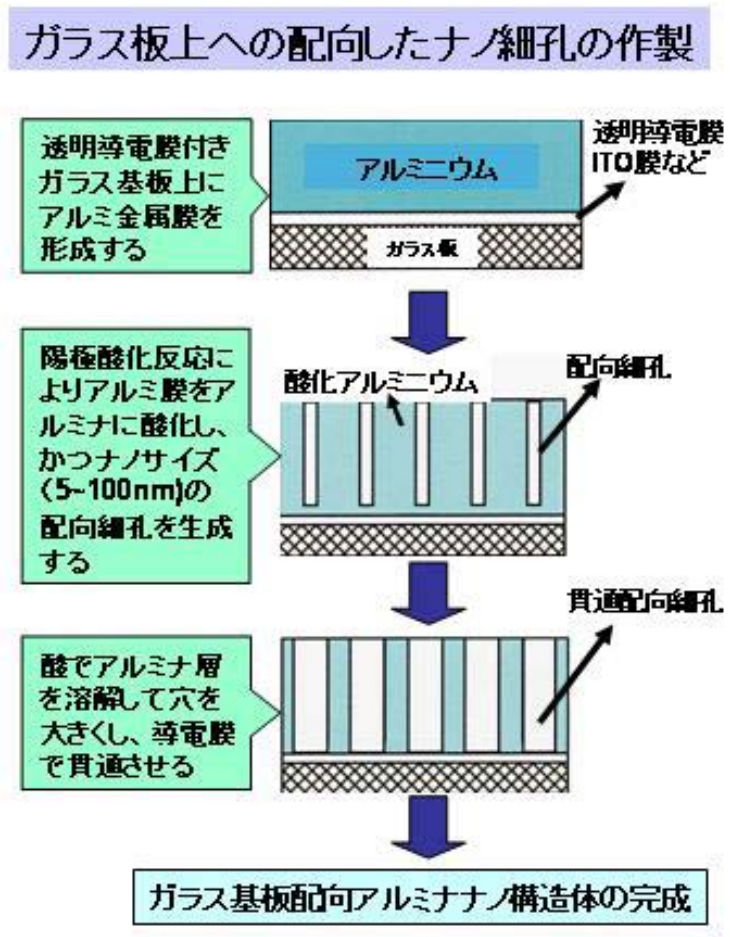
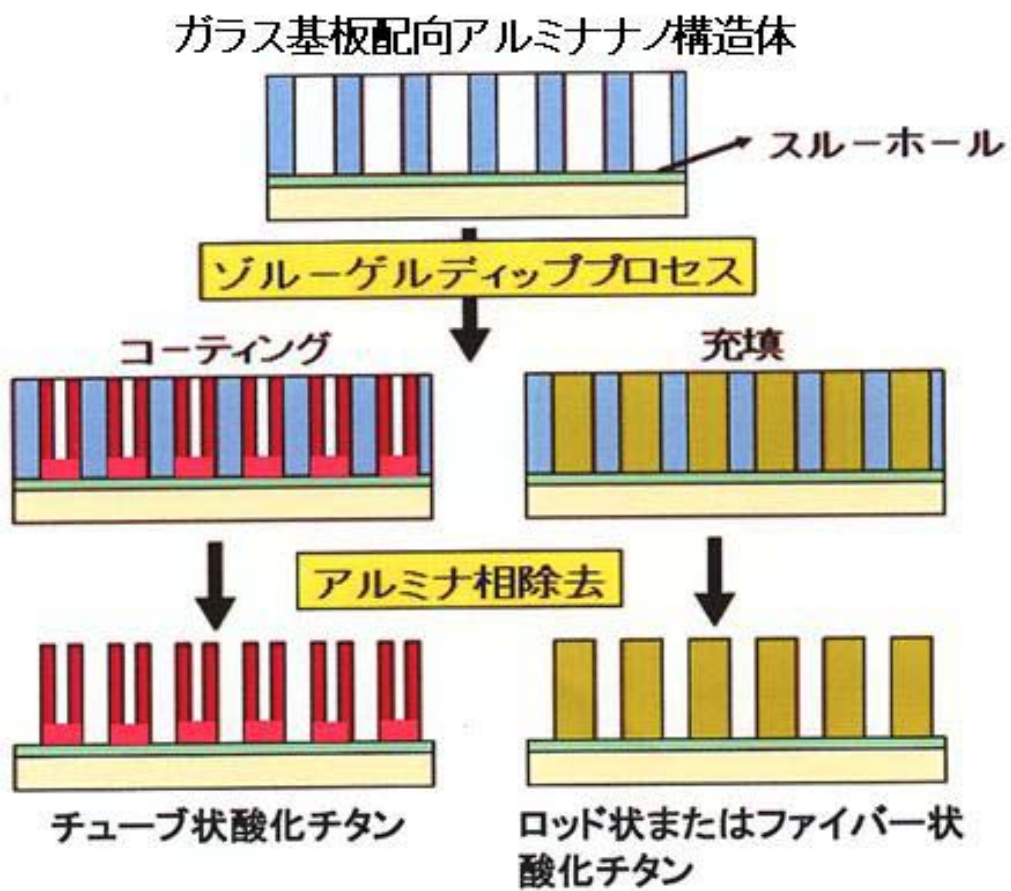
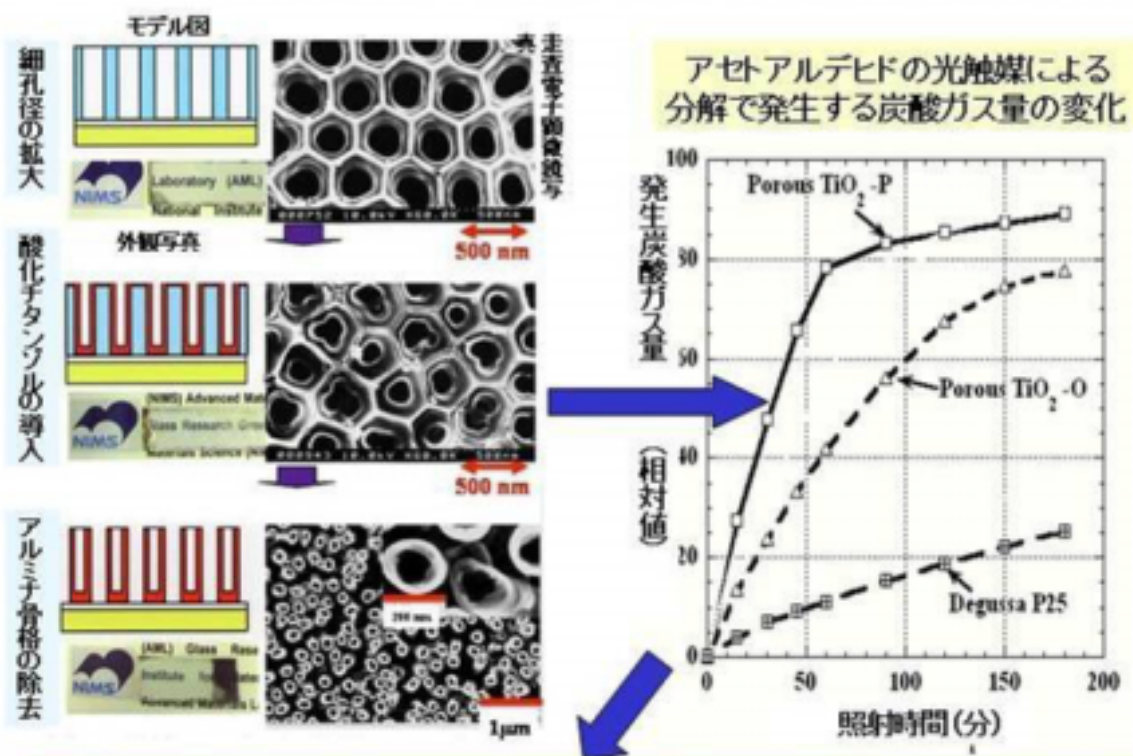


図-2 酸化チタンの導入法



図一3 触媒外観、走査電子顕微鏡写真、そして触媒能力評価結果



現在高効率で知られるDegussa P25より一桁大きな分解能力を示している。