

## 研究論文

高活性光触媒に向けた疑似単結晶骨格を有する逆オパール TiO<sub>2</sub> 薄膜合成

内田陸斗\*, 木内堂暖\*, †鈴木孝宗\*\*

Synthesis of Inverse Opal TiO<sub>2</sub> Thin Film with a Pseudo-single-crystal Framework for Enhanced Photocatalytic Activity

by

Rikuto UCHIDA\*, Takaharu KIUCHI \* and †Norihiro SUZUKI \*\*

(Received Dec. 20, 2025; Accepted Feb. 2, 2026)

## Abstract

In order to enhance the photocatalytic activity, it is essential to suppress hole-electron recombination and to use incident light efficiently. The former can be achieved by manipulating the crystal plane, while the latter is attainable through the slow photon effect, which is typical in photonic crystals (i.e., crystals with a periodic structure of refractive index). In this study, a colloidal crystal of polystyrene nanoparticles (opal) was used as an organic template to obtain an inverse opal TiO<sub>2</sub> thin film, which has a periodic porous structure. A pseudo-single-crystal framework was achieved by employing liquid phase epitaxial growth, resulting in enhanced photocatalytic activity.

**Keywords:** Photocatalyst, Inverse Opal Structure, Liquid Phase Epitaxial Growth

## 1. 緒言

光触媒は光があたると触媒作用を発揮する材料であり、その強い酸化分解力や超親水性を生かした浄化・脱臭・抗菌・防曇・防汚といった用途での社会実装が進んでいる。また、ホンダ・フジシマ効果<sup>1)</sup>に端を発する水分解は、化石燃料に依存しない理想的な水素生成手法であることから、早期の実用化に向けた研究が進められている。これまで多種多様な光触媒が開発されてきたが、光励起由来の電子-正孔対の再結合により、効率が低く抑えられてしまうという課題も残されている。

一方で近年、異なる 2 つの結晶面が露出したチタン酸ストロンチウム (SrTiO<sub>3</sub>) を基材とした光触媒により、ほぼ 100% の内部量子効率 (吸収された光子のうち、反応に利用された光子の割合) を達成した事例<sup>2)</sup>が報告されている。光励起により生じた電子と正孔がそれぞれ別の結晶面に移動 (異方的電荷移動) し、電子-正孔対の再結合が抑制されることで、このような高効率もたらされている。このことから、結晶面の制御が高活性光触媒を実現する鍵と考えられる。

他方、照射光の利用効率を上げることも重要である。屈折率の周期構造を有するフォトニック結晶においては、フォトニックバンドギャップ (光を反射する波長領域) 端付近の波長を入射した際にスローフォトンと呼ばれる光の速度が極端に遅くなる現象が起きることが知られている<sup>3)</sup>。そのため、屈折率の周期構造を有する光触媒 (フォトニック光触媒) を作製し、その光吸収波長と一致するスローフォトンを生じさせることで、照射光の有効活用に伴う光触媒活性向上が実現する<sup>4)</sup>。

令和 7 年 12 月 20 日受付

\* 東京電機大学 工学部 応用化学科 : 東京都足立区千住旭町 5 番  
Department of Applied Chemistry, School of Engineering,  
Tokyo Denki University: 5 Senju-Asahicho, Adachi-ku, Tokyo  
120-8551, Japan

\*\* 東京電機大学 教養教育センター 自然科学基礎系  
suzuki.norihiro@mail.dendai.ac.jp  
Department of Natural Sciences, Center for Liberal Arts and  
Sciences, Tokyo Denki University

† : 連絡先 / Corresponding author