

マイクロ波照射下における光触媒内の電子移動速度の計測

利用者：上智大学理工学部物質生命理工学科 堀越 智
研究支援者：産業技術総合研究所 松崎 弘幸

【研究目的】

二酸化チタンを用いた光触媒反応は、環境汚染物質の分解除去の観点から盛んに研究されてきた。光触媒反応による大面積な水浄化システムは有望な応用技術であるが、反応速度の観点で実用性が低いとされてきた。この点を解決する方法として、紫外光とマイクロ波の同時照射によって、二酸化チタンの光触媒活性を向上させ、処理速度を促進する方法を提案してきた。しかし、長年マイクロ波が光触媒反応に与える効果は未解明であった。本研究では、光触媒反応に対するマイクロ波の効果を、二酸化チタンの酸素欠損量に関係していると考え、過渡分光測定から検討し、キャリアダイナミクスの観点から考察した。

【成 果】

新規開発した半導体式マイクロ波照射装置を過渡吸収分光装置へ設置し、マイクロ波照射下でその場測定を行った(図1)。酸素欠損を導入した二酸化チタン粉末の懸濁水溶液の過渡拡散反射信号の時間変化を図2に示す。マイクロ波非照射と照射下で共に、速い減衰成分(時定数: ~6 ns)と遅い減衰成分(時定数: 100 ns~1 μs)が観測されており、それぞれ、浅いトラップ準位(もしくは伝導帯)にある電子、または深いトラップ準位にある電子と価電子帯の正孔との再結合による成分に帰属できる。特にマイクロ波照射下では、非照射下に比べて遅い減衰成分の時定数が顕著に増加している(140 ns→1 μs)。この結果は、有機物質(2,4-ジクロロフェノキシ酢酸除草剤)の分解実験の結果と良く一致した。マイクロ波による非熱的な効果によって、二酸化チタンの電子状態に変化(トラップ準位エネルギーの変化等)が生じ、光触媒活性が増大したものと解釈できる。本研究により、二酸化チタンのキャリアダイナミクスに対するマイクロ波照射効果が明らかとなり、光触媒活性の増大に向けた重要な知見が得られた。[1]

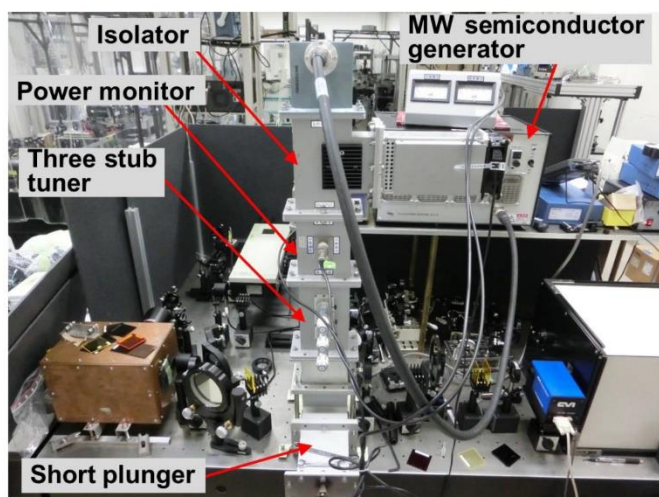


図1 測定装置の外観

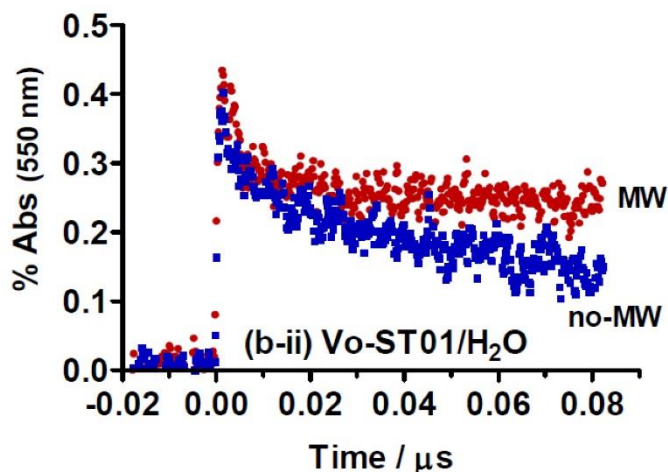


図2 酸素欠損を導入した二酸化チタン粉末の懸濁水溶液のキャリアダイナミクスのマイクロ波照射効果

【支援実施機関からのコメント】

申請者側で新規開発した半導体式マイクロ波照射装置を過渡吸収分光装置に導入し、これに対応して分光装置側にも改良を加えて、支援を実施した。申請者との綿密なやり取りの下、独自開発装置であることを生かして、フレキシブルな装置改良を行い、特殊環境下での測定に成功した成果事例である。

【参考文献等】

[1] S. Horikoshi, H. Tsutsumi, H. Matsuzaki, A. Furube, A. V. Emelinec and N. Serpone, "In situ picosecond transient diffuse reflectance spectroscopy of opaque TiO₂ systems under microwave irradiation and influence of oxygen vacancies on the UV-driven/microwave-assisted TiO₂ photocatalysis", *J. Mater. Chem. C*, **3**, 5958-5969 (2015)