



Title	UV photocatalysis with aluminum nanoparticles
Author(s)	本田, 光裕
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34458
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (本田光裕)	
論文題名	UV photocatalysis with aluminum nanoparticles (アルミ微粒子を用いた紫外光触媒)
論文内容の要旨	
Photocatalysis is an efficient method to chemically harness the energy from the sunlight. A promising photocatalyst that has been receiving considerable attention is titanium dioxide (TiO₂) because of its strong oxidizing power as well as physical and chemical stability. The enhancement of photocatalysis is an important area of research that could provide fundamental solutions to many of our green- and energy-related problems. I aimed to enhance the photocatalysis on TiO₂ with plasmonic aluminum (Al) nanoparticles whose resonance wavelength are in the UV range. In plasmonics, the excitation of localized surface plasmons (LSP) on the surface of metallic nanostructures produces intense electric field amplitudes that can increase interaction with light, thereby, improving the photocatalytic reaction rate on TiO₂. The amount of the product by the photocatalytic reaction increases with increment of the number of Al nanoparticles. I observed that UV photocatalysis on TiO₂ is enhanced with Al nanoparticles resonant at the absorption edge of TiO₂. Al nanoparticles were fabricated on TiO₂ nanocrystals using nanosphere lithographic technique. For the test of the photocatalytic activity, methylene blue (MB) was dispersed on the TiO₂/Al nanoparticles, and was irradiated with UV in the range of 260~340 nm. As a result, we observed a decrement in the absorbance of the MB as an exponential decay function of irradiation time. The reaction rate was 14 times larger than that of MB without Al nano-particles. The enhancement of photocatalysis showed dependence of particles' sizes. Larger enhancements, as high as ~14, were seen for the 34 nm particles with comparing to the 28 nm and 80 nm particles. To understand the size dependence, we performed discrete dipole approximation (DDA) calculations for Al nanoparticles with each of Al particles. Results indicated the size dependence is derived from localized surface plasmons in Al nanoparticles. In order to increase the amount of product by photocatalysis, I fabricated dense Al nanoparticles by tilted angle evaporation. The diameter and the density of Al nanoparticles were controlled by the tilting angle of the TiO₂ substrate and the evaporation rate. As the titling angle of the substrate and the evaporation rate increase, the diameter and the density of Al nanoparticles shows increment. The reaction rate was achieved to be 10 times and the amount of product increased by 3 times when the diameter and the density of Al nanoparticles was 38 nm and $\sim 8 \times 10^{14}/\text{m}^2$. The results presented in this study are beneficial for a number of photocatalysis applications, especially under a limited quantity of UV light, e.g. sunlight. Plasmon-enhanced photocatalysis in the UV range is promising not only for conventional environmental applications but it also represents new strategies for acquiring renewable and clean energy sources.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (本 田 光 裕)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	河田 聡
	副 査	教授	井上康志
	副 査	准教授	Wilson Agerico Diño
	副 査	准教授	齊藤結花
	副 査	教授	川田善正 (静岡大学工学部機械工学科)

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、アルミナノ粒子を用いて、紫外光触媒作用の増強を試みた研究をまとめたものである。その成果は以下の通りである。

- ・ ナノスフィアソグラフィ技術を利用してアルミナノ粒子を作製している。アルミナノ粒子の高さを制御することで、最短 244nm のプラズモン共鳴波長を観察している。さらに、アルミナノ粒子の幅と高さを合わせて制御することで、プラズモン共鳴波長を 244nm から 450nm まで調整できることを示している。アルミナノ粒子のプラズモン共鳴波長の数値計算を行い、計算値と実験値が一致していることを確認している。
- ・ アルミナノ粒子を酸化チタンレイヤー上に作製することで、紫外光触媒作用の増強を観察している。1.4 倍の紫外光触媒作用の増強度を見出している。
- ・ 紫外光触媒作用の増強度が照射する光の波長に依存していることを観察している。この結果とアルミナノ粒子の散乱能の波長依存性が酷似していることから、アルミナノ粒子のプラズモンが光触媒作用の増強に寄与していると結論づけている。
- ・ 紫外光触媒作用の更なる増強へ向けて、傾斜蒸着法によりアルミナノ粒子の高密度化に成功している。蒸着条件を変化させることでアルミナノ粒子の密度および大きさの制御を行い、紫外光触媒作用の増強に適した密度と大きさを見出している。

以上のように、本学位論文では、アルミナノ粒子を用いて、紫外光触媒作用の増強を行っている。従来の手法（窒素の添加等）と比較して、一桁大きな増強効果を見出した。そのため、本学位論文は、応用物理学、特にプラズモニクスにおいて寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。