



بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰



بررسی تاثیر نانو ذرات نقره بر ویژگی فوتوکاتالیستی تیتانیوم دی اکسید به منظور حذف آلاینده‌های محیطی با استفاده از منبع نور طبیعی

مهین عساکره^{۱*}، عبدالمحمد قلمبردزفولی^۲

^۱گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۲مرکز تحقیقات لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*mahin-asakereh@stu.scu.ac.ir, a.ghalambor@scu.ac.ir

چکیده - با گسترش صنعت و تکنولوژی و افزایش زندگی مدرن شهری و همچنین مصرف بیشتر جوامع شهری، امروزه توجه به آلاینده‌های محیطی بخصوص منابع آبی از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از آلاینده‌های مورد توجه و رایج این منابع رنگ‌های صنعتی می‌باشند. در این مقاله میزان حذف آلاینده‌های محلول در آب (متیلن بلو) با استفاده از خاصیت فوتوکاتالیستی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO₂) و تاثیر افزودن نانو ذرات نقره (Ag) مورد بررسی قرار می‌گیرد، مطالعات تجربی در حضور نورو شرایط طبیعی (نور خورشید و محیط هوای آزاد) انجام شده و تاثیرات مدت زمان در معرض تابش، مقادیر مختلف غلظت‌های فوتوکاتالیست و آلاینده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند افزودن نانو ذرات نقره به نمونه‌های مورد نظر، میزان حذف آلاینده (متیلن بلو) را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد. پیش بینی می‌شود که افزایش خصوصیت حذف آلاینده‌های محیطی آبی می‌تواند ناشی از خاصیت پلاسمونیک بالایی نقره و اندرکنش قوی نور با آن، و همچنین شیفت ناحیه جذب طیفی به نزدیک ناحیه مرئی در ترکیب TiO₂/Ag باشد.

کلید واژه - آلاینده، تیتانیوم دی اکسید، فوتوکاتالیست، نقره، نور طبیعی

Investigation of the effect of silver nanoparticles on the photocatalytic properties of titanium dioxide for removing environmental pollutants with natural light source

Mahin Asakereh^{1*}, Abdolmohammad Ghalambor Dezfuli^{1,2}

¹Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran

Iran

²Center for Laser and Plasma Research, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran

*mahin-asakereh@stu.scu.ac.ir, a.ghalambor@scu.ac.ir

Abstract- With the expansion of industry and technology and the increase of modern urban life as well as more consumption of urban communities, today it is very important to pay attention to environmental pollutants, especially water resources. One of the most common pollutants in water resources is the industrial paints. In this paper, the rate of removal of water-soluble contaminants (methylene blue) by photocatalytic properties of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles and the effect of adding silver nanoparticles (Ag) to TiO₂ are investigated. Experimental studies in the natural conditions (sunlight and open-air) have been performed and the effects of sunlight exposure time, different amounts of photocatalyst, and pollutant concentrations have been investigated. The results show that the addition of silver nanoparticles to the TiO₂ nanoparticles will significantly increase the amount of contaminant removal (methylene blue). It is predicted that the increase in the removal of aquatic pollution can be attributed to the high plasmonic properties and the strong interaction of the electromagnetic

wave with plasmonic properties of silver nanoparticles, as well as shift in the spectral absorption region of the TiO₂ / Ag compound from UV to the visible region.

Keywords: pollutant, Titanium dioxide, Photocatalyst, Silver, Natural light

مقدمه

بودن، پایداری شیمیایی و فوتوشیمیایی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱].

با توجه به این که مقدار گاف انرژی در TiO₂ برابر ۳٫۲ eV است؛ جذب این ماده در ناحیه UV صورت می‌گیرد. از طرفی افزودن فلزهایی مانند: Sn, Mn, Au, Pd و Ag به این ماده می‌تواند طیف جذب ماده مورد نظر را در ناحیه مرئی قرار داده، و همچنین درصد باز ترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها را در فوتوکاتالیست کاهش نماید، که این امر در نهایت عمل فوتوکاتالیستی ماده را تقویت می‌نماید [۱].

در این میان استفاده از فلز نقره به علت خاصیت قوی پلاسمونی؛ تقویت جذب امواج الکترومغناطیسی از طریق اندرکنش قوی این امواج با پلاسمون‌ها، تغییر ناحیه جذب نوری، و نهایتاً کاهش باز ترکیب الکترون - حفره می‌تواند خصوصیت فوتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم را تقویت نماید. همچنین این عنصر از دیرباز بعنوان یک ماده با خاصیت ضدباکتری شناخته می‌شود. بطور خلاصه خاصیت پلاسمونی نقره، برهم‌کنش‌های مختلف ماده و نور را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد. به دلیل افزایش این برهم‌کنش‌ها؛ ماده، مقدار نور بیشتری جذب کرده و در نتیجه میزان تولید الکترون - حفره افزایش می‌یابد [۴،۵].

گزارش حاضر سعی دارد عملکرد فوتوکاتالیستی TiO₂، با حضور و بدون حضور نانوذرات نقره، تحت شرایط نور و محیط طبیعی (نورخورشید و محیط هوای آزاد) جهت حذف یک آلاینده آلی منتخب، بطور خاص یک رنگ صنعتی (متیلن بلو)، مورد بررسی و مطالعه قرار دهد. در این فرآیند تاثیرات مدت زمان در معرض تابش، مقادیر مختلف غلظت‌های فوتوکاتالیست، و آلاینده، مورد مطالعه قرار گرفته است. در این صورت با توجه به توضیحاتی که

با گسترش صنعت و تکنولوژی و افزایش زندگی مدرن شهری و همچنین مصرف بیشتر جوامع شهری، امروزه توجه به آلاینده‌های محیطی بخصوص منابع آبی از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از آلاینده‌های مورد توجه و رایج این منابع، مواد آلی و بطور خاص رنگ‌های صنعتی می‌باشند. تاکنون روش‌های متعددی برای حذف این آلاینده‌ها از منابع آبی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند، اما در این میان روش‌های مبتنی بر استفاده از کاتالیست‌ها و اخیراً فوتوکاتالیست‌ها بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند [۲]. مواد مورد استفاده در روش آخری، مواد نیمه‌رسانا می‌باشند که به دلیل داشتن گاف انرژی، خاصیت فوتوکاتالیستی دارند [۶]. در نیمه‌رساناها، بین نوار ظرفیت و نوار رسانش، یک نوار انرژی ممنوعه وجود دارد؛ که اگر ماده نوری با حداقل انرژی برابر با اندازه این نوار دریافت کند، الکترون‌ها می‌توانند از نوار ظرفیت به نوار رسانش جا به جا شده و حفره‌ها (مکان خالی الکترون‌ها) با بار مثبت در نوار ظرفیت شکل می‌گیرند. به زوج الکترون - حفره اکسایتون گفته می‌شود. هر دو ذره الکترون و حفره، چنانچه باز ترکیب نگردند، می‌توانند در فرآیند فوتوکاتالیستی از طریق عمل اکسایش و کاهش شرکت نمایند. در طی فرآیند فوتوکاتالیستی رادیکال‌های آزاد تولید می‌شوند که شرایط حذف آلاینده‌ها را از محیط مورد نظر فراهم می‌سازند. از بین مواد فوتوکاتالیست استفاده از TiO₂ و ZnO برای حذف آلاینده‌ها آلی توجه زیادی به خود جلب نموده‌اند [۲]. از طرفی نیمه‌رسانای TiO₂ به دلیل دوام بالا، هزینه پایین، سمیت کم، فوق آب‌دوست

نتیجه‌گیری

نتیجه مشاهده شده نشان می‌دهد که Sample ۱ در اثر تابش نور خورشید هیچگونه تغییری نداشته است. همچنین در Sample 2 که در آن فقط از نانو ذرات TiO_2 استفاده شده، تغییرات قابل توجهی در مدت زمان مورد مطالعه مشاهده نگردید. جدول (۱) درصد تغییر نمونه‌ها را با میزان متفاوتی از نانوذرات نشان می‌دهد؛ تغییرات مورد نظر را در نمودار (۱) نیز مشاهده می‌کنیم. از آنجاییکه ناحیه جذب TiO_2 در حوزه طول موج UV قرار دارد، این امر می‌تواند به علت شاخص پایین UV در مکان آزمایش باشد. نهایتاً نتایج نشان می‌دهد که رنگ Sample 3 به میزان قابل توجهی تغییر کرده و میزان حذف آلاینده در مدت ۶ ساعت ۱۰٪، ۱۲ ساعت ۳۰٪، ۲۴ ساعت ۵۰٪، ۳۶ ساعت ۸۰٪ و نهایتاً ۴۸ ساعت ۹۰٪ گزارش می‌شود (جدول ۲). در شکل (۲) مشاهده می‌شود که تغییرات به صورت صعودی می‌باشند. همانطور که قبلاً نیز اشاره گردید در توصیف این نتایج بایستی اذعان داشت که علاوه بر شاخص پایین UV در مکان آزمایش به علت تغییر ناحیه طیفی TiO_2 با اضافه شدن نانو ذرات نقره، تقریباً شاهد حذف کامل آلاینده از محیط مورد نظر می‌باشیم. در شکل (۳) تغییر رنگ Sample 3 در طی چهار روز (۴۸ ساعت) را مشاهده می‌کنیم.

جدول ۱: درصد حذف آلاینده‌ها برای مقدار مختلف نانوذرات در مدت زمان ثابت

در بالا به آن اشاره گردید، در این مطالعات انتظار داریم که در حضور نانو ذرات نقره، عملکرد فوتوکاتالیستی TiO_2 در مقابل نور طبیعی، به میزان قابل توجهی تقویت یافته و جذب به ناحیه مرئی نزدیک گردد. لازم به ذکر است که این آزمایش بدون حضور نقره و تحت تابش نور UV مصنوعی، توسط همین تیم، در محیط کنترل شده آزمایشگاه قبلاً انجام شده و نتایج خوبی در این باره حاصل شده است.

روش انجام آزمایش

ابتدا سه غلظت ۰٫۰۰۱۲٪، ۰٫۰۰۲۰٪، ۰٫۰۰۲۸٪ محلول متیلن بلو، از آب دیونیزه و پودر متیلن بلو تهیه شد. سپس دو محلول دیگر از نانو ذرات TiO_2 و ترکیب $Ag + TiO_2$ نیز به صورت جدا آماده سازی شده‌اند. برای هر کدام از غلظت‌ها، سه نمونه حاوی محلول به این صورت آماده سازی شدند:

Sample ۱: MB

Sample ۲: MB+ TiO_2

Sample ۳: MB+ TiO_2 + Ag

نمونه‌ها به مدت یک شب در تاریکی مطلق قرار گرفتند که هیچ تغییری در رنگ آن‌ها مشاهده نشد. سپس نمونه‌ها را در یک روز پاییزی (روز آفتابی و کمی ابری) با شدت تابش کم و شاخص UV (index = ۴) (پایین) در محیط آزاد به مدت ۶ ساعت قرار دادیم. این آزمایش برای سه غلظت متفاوت متیلن، در چند روز مختلف (با UV index برابر ۳ و ۴) و در مدت زمان‌های متفاوت انجام شد. همچنین در طی سه مرحله، سه مقدار مختلف از محلول نانو ذرات به متیلن بلو اضافه شد.

شکل ۳: تغییر رنگ Sample ۳ در مدت زمان های متفاوت
(برحسب ساعت)

سپاسگزاری

مراتب تقدیر و تشکر صمیمانه خود را جهت استفاده از
امکانات آزمایشگاهی دانشگاه شهید چمران اهواز و نیز
حمایت شرکت شهرک های صنعتی خوزستان اعلام می
نمایم.

مرجع ها

[۱] D. Zhu and Q. Zhou, "Action and mechanism of semiconductor photocatalysis on degradation of organic pollutants in water treatment: A review," *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* ۱۲, ۱۰۰۲۵۵ (۲۰۱۹).

[۲] F. Zhang, X. Wang, H. Liu, C. Liu, Y. Wan, Y. Long, and Z. Cai, "Recent advances and applications of semiconductor photocatalytic technology," *Applied Sciences* ۹, ۲۴۸۹ (۲۰۱۹).

[۳] D. Zhu and Q. Zhou, "Action and mechanism of semiconductor photocatalysis on degradation of organic pollutants in water treatment: A review," *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* ۱۲, ۱۰۰۲۵۵ (۲۰۱۹).

[۴] A. Melaiye and W. J. Youngs, "Silver and its application as an antimicrobial agent," *Taylor & Francis*, (۲۰۰۵).

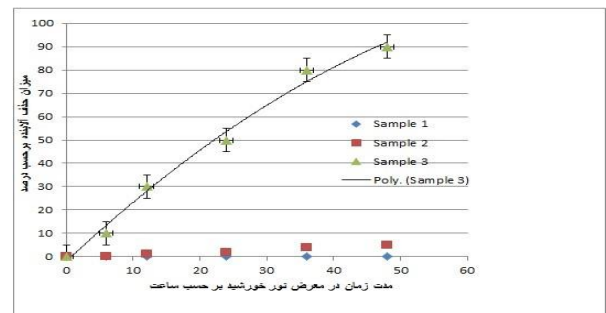
[۵] H. Yu, Y. Peng, Y. Yang, and Z.-Y. Li, "Plasmon-enhanced light-matter interactions and applications," *npj Computational Materials* ۵, ۱-۱۴ (۲۰۱۹).

[۶] غ. ر. مرادی، ا. صدیق‌زاده، ر. یاراحمدی، ش. باکند، ع. ا. فرشاد، ب. رضایی‌فرد، م. علمدارخسرقی، "ساخت بسترنانو الیافی به روش الکتروریسی و تعیین کارایی آن در حذف نانواتروسول ها"، *مجله علمی پژوهشی سلامت کار ایران* ۱۱(۴)، (۱۳۹۳).

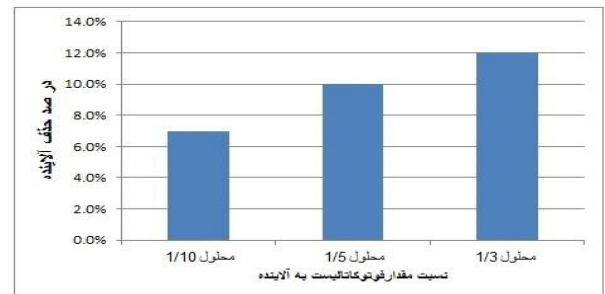
محلول	میزان نانوذرات در مدت زمان ۶ ساعت	Sample1 درصد حذف آلاینده ها	Sample2 درصد حذف آلاینده ها	Sample3 درصد حذف آلاینده ها
محلول MB ۱/۱۰		۰٪	۰٪	۷٪
محلول MB ۱/۵		۰٪	۱٪	۱۰٪
محلول MB ۱/۳		۰٪	۳٪	۱۳٪

جدول ۲: درصد حذف آلاینده ها برای مدت زمان مختلف با مقدار ثابت نانوذرات (محلول MB)

مدت زمان تابش نور	Sample1 درصد حذف آلاینده ها	Sample2 درصد حذف آلاینده ها	Sample3 درصد حذف آلاینده ها
۶ ساعت	۰٪	۰٪	۱۰٪
یک روز	۰٪	۱٪	۳۰٪
دو روز	۰٪	۳٪	۵۰٪
سه روز	۰٪	۴٪	۸۰٪
چهار روز	۰٪	۵٪	۹۰٪



شکل ۱: نمودار درصد حذف آلاینده ها برحسب میزان نانوذرات (مضریب از متیلن بلو)



شکل ۲: نمودار درصد حذف آلاینده ها برحسب مدت زمان

