

۲۶۷۲۶

۱۲۰۲۴۴-۳۳۸۴۴-۹، مجوز

۹۷، ۱، ۱۳

بسم الله الرحمن الرحيم

نانوفوتو کاتالیزورها

(ساختار و کاربرد در تخریب آلاینده‌ها)

تألیف

مسعود گیاهی

ویراستار علمی

غزاله چیدری



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۹۷

سرشناسه: گیاهی سراوانی، مسعود، ۱۳۴۴ -
عنوان و نام پدیدآور: نانوفوتوکاتالیزورها (ساختار و کاربرد در تخریب آلاینده‌ها) / تصنیف مسعود گیاهی.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری: ۲۰۴ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۵-۵۷۱۸-۱۰-۹۶۴-۹۷۸

قیمت: ۲۷۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا

یادداشت: عنوان به انگلیسی: (Nanophotocatalysts (structure and application the degradation of pollutants

واژه‌نامه: کتابنامه.

موضوع: مواد نانوساختار --- جنبه‌های زیست‌محیطی؛ Nanostructured materials--Environmental aspects

نانوذرات --- جنبه‌های زیست‌محیطی؛ Nanoparticles--Environmental aspects: هوا-- تصفیه --- کاتالیز نوری؛

Air--Purification--Photocatalysis

شناسه افر ده: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.

رده‌بندی: مکرر ۱۳۹۷ ۴۱۸/۹/م۷۵ TA

رده: بی دی سی: ۶۲۰/۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۶۲۲۶۷۶



نانوفوتوکاتالیزورها (ساختار و کاربرد در تخریب آلاینده‌ها)

تصنیف مسعود گیاهی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی

رئیس انتشارات: فرشته حاجی‌زاده

حروف‌چینی و صفحه‌آرایی: شرکت حروف‌چینی همراهان راه

چاپ اول: ۱۳۹۷

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

شابک: ۵-۵۷۱۸-۱۰-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978-964-10-5718-5

قیمت: ۲۷۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نشانی فروشگاه کتاب: خیابان انقلاب، میدان امام حسین (ع)، ابتدای خیابان دماوند، جنب بیمارستان بوعلی،

مجتمع دانشگاهی ولی عصر (عج)، تلفن: ۳۳۷۸۳۳۸۸

فهرست مطالب

پیشگفتار	۱۳
فصل اول: نانو مواد و نانو ساختارها	۱۵
۱-۱. مقدمه	۱۵
۲-۱. دسته‌بندی نانو مواد	۱۶
۳-۱. تفاوت رفتار نانو مواد	۱۸
۴-۱. جایگاه نانو مواد، مزایا و کاربردهای آنها	۲۰
۵-۱. روش‌های کلی تولید نانو مواد	۲۱
۱-۵-۱. روش سل - ژل	۲۳
۱-۱-۵-۱. روش الکوکساید	۲۴
۲-۱-۵-۱. واکنش‌های هیدرولیز و چگالش	۲۴
۳-۱-۵-۱. روش نمک	۲۵
۴-۱-۵-۱. روش سل - ژل احتراقی	۲۶
۵-۱-۵-۱. روش اصلاح‌شده سل - ژل پچینی	۲۷
۶-۱. نانو فیلترها	۲۸
۷-۱. روش‌های خالص‌سازی حلال	۲۹
منابع	۳۱
فصل دوم: نانو فوتوکاتالیزورها و مکانیسم تخریب	۳۴
۱-۲. نانو فوتوکاتالیزورها	۳۴
۲-۲. حذف ناخالصی‌ها با روش تخریب فوتوکاتالیزوری	۳۵
۳-۲. قوانین بنیادی فوتوشیمی	۳۷
۱-۳-۲. فرآیندهای برانگیختگی و آسایش مولکولی	۳۷

۳۸.....	۲-۳-۲. برانگیختگی الکترونی نیمه‌رساناها.....
۴۲.....	۲-۴. مکانیسم‌های مختلف تخریب فوتوکاتالیزوری.....
۴۴.....	۲-۴-۱. اکسایش توسط رادیکال‌های هیدروکسیل.....
۴۶.....	۲-۴-۲. واکنش فوتوشیمیایی کولبه.....
۴۷.....	۲-۵. نانو مواد نیمه‌هادی و خاصیت فوتوکاتالیزوری.....
۴۷.....	۲-۵-۱. اثرات اندازه کوانتومی (QSE).....
۴۸.....	۲-۵-۲. اثرات افزایش مساحت سطح.....
۴۹.....	۲-۶. اصلاح سطح نیمه‌رسانا برای بهبود فرایند فوتوکاتالیزوری.....
۴۹.....	۲-۶-۱. بهره‌انای تلفیقی.....
۵۰.....	۲-۶-۲. یون‌های فلزات واسطه.....
۵۱.....	۲-۶-۳. اصلاح سطح نیمه‌رساناها با وارد کردن فلزات.....
۵۲.....	۲-۶-۴. اضافه کردن دین، ترانز و روبیدیم به نیمه‌رساناهای اکسید فلز.....
۵۲.....	۲-۶-۵. قراردادن فلزات نیمه‌رساناهای اکسید فلزی با روش القای پیشرفته.....
۵۳.....	۲-۶-۶. تشکیل کاتالیزورهای هیبریدی (کامپوزیت‌های دوگانه).....
۵۳.....	منابع.....
۵۷.....	فصل سوم: انواع نانوفوتوکاتالیزورهای رایج در فرایند تخریب.....
۵۷.....	۳-۱. آشنایی با فوتوکاتالیزورهای رایج در واکنش‌های تخریب.....
۵۷.....	۳-۲. مروری بر روی اکسید و نانو ذرات سنتزی ZnO.....
۵۷.....	۳-۲-۱. خصوصیات و ساختار ZnO.....
۵۹.....	۳-۲-۲. خواص فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات ZnO.....
۶۰.....	۳-۲-۳. کاربرد نانو فوتوکاتالیزور ZnO در تخریب.....
۶۴.....	۳-۳. مروری بر تیتانیوم اکسید و نانو ذرات سنتزی TiO_2
۶۴.....	۳-۳-۱. خصوصیات و ساختار TiO_2
۶۶.....	۳-۳-۲. خواص فیزیکی و شیمیایی تیتانیوم دی‌اکسید.....
۶۷.....	۳-۳-۳. خواص فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات TiO_2
۶۹.....	۳-۴. کاربرد لایه‌های نازک و نانو ذرات تیتانیوم دی‌اکسید.....
۶۹.....	۳-۵. نیروهای محرک برای جذب در سطح TiO_2
۶۹.....	۳-۵-۱. اثر ساختار بلوری بر روی درجه ناشباعی کوئوردینه شدن.....
۷۰.....	۳-۵-۲. قطبیت سطح.....

۷۰	۳-۳-۳. نقص‌های ساختاری
۷۱	۳-۳-۴. کاربرد نانو فوتوکاتالیزور TiO_2 در تخریب
۷۴	۳-۴-۴. مروری بر دی‌اکسید قلع و نانو ذرات سنتزی SnO_2
۷۴	۳-۴-۱. خصوصیات و ساختار SnO_2
۷۵	۳-۴-۲. ویژگی‌های نانو فوتوکاتالیزور SnO_2
۷۷	۳-۵-۵. مروری بر مس اکسید و نانو ذرات سنتزی CuO و Cu_2O
۷۷	۳-۵-۱. خصوصیات و ساختار مس اکسید
۷۸	۳-۵-۲. ویژگی‌های نانو ذرات Cu_2O
۷۹	۳-۵-۳. ویژگی‌های نانو فوتوکاتالیزور CuO
۸۰	۳-۵-۴. ویژگی‌های نانو فووکاتالیزورهای ترکیبی
۸۰	۳-۶-۶. مروری بر منیزیم اکسید و نانو ذرات سنتزی MgO
۸۰	۳-۶-۱. خصوصیات و ساختار MgO
۸۱	۳-۶-۲. ویژگی و کاربرد نانو ذرات MgO
۸۲	۳-۶-۳. کاربرد نانوذرات MgO
۸۳	۳-۷-۷. مروری بر نقره اکسید و نانو ذرات سنتزی Ag_2O
۸۳	۳-۷-۱. خصوصیات و ساختار Ag_2O
۸۳	۳-۷-۲. کاربرد نانوذرات Ag_2O
۸۴	۳-۸-۸. مروری بر اکسیدهای تنگستن و نانو ذرات سنتزی WO_2 و W_2O_3
۸۵	۳-۸-۱. اکسیدهای دوتایی، استوکیومتری تنگستن
۸۵	۳-۸-۲. خصوصیات و ساختار تنگستن دی‌اکسید
۸۶	۳-۸-۳. نانو ذرات تنگستن دی‌اکسید
۸۷	۳-۸-۴. تنگستن تری‌اکسید
۸۸	۳-۸-۵. ویژگی‌ها و کاربردهای نانو تنگستن تری‌اکسید
۹۰	منابع

۱۰۲	فصل چهارم: سنتز نانو فوتوکاتالیزورها و کاربرد آنها در تخریب آلاینده‌های زیست محیطی
۱۰۲	۴-۱. سنتز نانوفوتوکاتالیزورها به روش سل-ژل
۱۰۴	۴-۲. سنتز نانوپودرهای ZnO خالص و ZnO دوپ شده با مس
۱۰۴	۴-۲-۱. سنتز نانو ذرات ZnO خالص
۱۰۵	۴-۲-۲. سنتز نانوپودرهای CuO/ZnO به روش سل-ژل

- ۱۰۵..... ۳-۲-۴. مشخصه‌یابی نانوپودرهای ZnO خالص و ZnO آلاینده با مس
- ۱۰۵..... ۱-۳-۲-۴. طیف XRD
- ۱۰۶..... ۲-۳-۲-۴. تصویر SEM
- ۱۰۸..... ۴-۲-۴. هدف تحقیق
- ۱۰۸..... ۵-۲-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری CuO/ZnO
- ۱۰۹..... ۳-۴. سنتز نانوپودرهای ZnO خالص و ZnO آلاینده شده با کربن، نیتروژن و گوگرد
- ۱۱۰..... ۱-۳-۴. مشخصه‌یابی نانوپودر C,N,S/ZnO
- ۱۱۰..... ۱-۱-۳-۴. طیف XRD
- ۱۱۱..... ۱-۱-۳-۴. تصویر FE-SEM
- ۱۱۲..... ۲-۱-۳-۴. طیف XPS
- ۱۱۳..... ۴-۱-۳-۴. طیف ED
- ۱۱۴..... ۵-۱-۳-۴. تصویر TEM
- ۱۱۵..... ۲-۳-۴. هدف تحقیق
- ۱۱۵..... ۳-۳-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری C,N,S/ZnO
- ۱۱۶..... ۴-۴. سنتز نانوپودرهای ZnO خالص و ZnO دوشده با ۱۰٪ SnO_۲
- ۱۱۶..... ۱-۴-۴. مشخصه‌یابی نانوپودرهای ZnO خالص و SnO_۲/ZnO ترکیبی
- ۱۱۶..... ۱-۱-۴-۴. طیف XRD
- ۱۱۸..... ۲-۱-۴-۴. تصویر SEM
- ۱۲۰..... ۲-۴-۴. هدف تحقیق
- ۱۲۰..... ۳-۴-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری SnO_۲/ZnO
- ۱۲۱..... ۵-۴. سنتز نانوپودرهای ZnO خالص و ZnO دوشده با Mg
- ۱۲۱..... ۱-۵-۴. ZnO خالص
- ۱۲۲..... ۲-۵-۴. ZnO آلاینده شده با Mg
- ۱۲۲..... ۳-۵-۴. مشخصه‌یابی نانوپودرهای ZnO خالص و Mg/ZnO
- ۱۲۲..... ۱-۳-۵-۴. طیف XRD
- ۱۲۳..... ۲-۳-۵-۴. تصویر TEM
- ۱۲۴..... ۴-۵-۴. هدف تحقیق
- ۱۲۴..... ۵-۵-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری Mg/ZnO
- ۱۲۵..... ۶-۴. سنتز نانوپودرهای ZnO خالص و اکسیدی ترکیبی TiO_۲/ZnO آلاینده با آهن
- ۱۲۵..... ۱-۶-۴. سنتز نانوپودرهای اکسیدی ترکیبی TiO_۲/ZnO آلاینده با آهن

۱۲۶	۲-۶-۴. مشخصه‌یابی نانوپودرهای اکسیدی ترکیبی TiO_2/ZnO آلاینده با آهن
۱۲۶	۱-۲-۶-۴. طیف XRD
۱۲۸	۲-۲-۶-۴. تصویر SEM
۱۲۹	۳-۶-۴. هدف تحقیق
۱۲۹	۴-۶-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری $\text{Fe/TiO}_2/\text{ZnO}$
۱۳۰	۷-۴. سنتز نانو ذرات TiO_2 و Mg/TiO_2
۱۳۰	۱-۷-۴. سنتز نانو ذرات TiO_2
۱۳۱	۲-۷-۴. سنتز نانو ذرات Mg/TiO_2
۱۳۱	۳-۷-۴. مشخصه‌یابی نانوپودرهای TiO_2 خالص و Mg/TiO_2
۱۳۱	۱-۳-۷-۴. طیف XRD
۱۳۲	۲-۳-۷-۴. تصویر TEM
۱۳۳	۳-۳-۷-۴. طیف XPS
۱۳۳	۴-۷-۴. هدف تحقیق
۱۳۴	۵-۷-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری Mg/TiO_2
۱۳۵	۸-۴. سنتز نانو ذرات TiO_2 و TiO_2 آلاینده‌شده با کربن و نیتروژن
۱۳۵	۱-۸-۴. سنتز نانو ذرات TiO_2
۱۳۵	۲-۸-۴. سنتز نانو ذرات TiO_2 آلاینده‌شده با کربن و نیتروژن
۱۳۵	۳-۸-۴. مشخصه‌یابی نانو ذرات $\text{C}_6\text{N/TiO}_2$
۱۳۶	۱-۳-۸-۴. طیف XRD
۱۳۷	۲-۳-۸-۴. تصویر TEM
۱۳۷	۳-۳-۸-۴. طیف EDX
۱۳۸	۴-۸-۴. هدف تحقیق
۱۳۸	۵-۸-۴. نتایج تخریب فوتوکاتالیزوری $\text{C}_6\text{N/TiO}_2$
۱۴۰	منابع
۱۴۴	فصل پنجم: روش‌های جدید سنتز تیتانیوم اکسید (مایع خلال حرارتی و فوق بحرانی)
۱۴۴	۱-۵. تیتانیوم اکسید سنتز شده با روش‌های خلال حرارتی
۱۴۴	۱-۱-۵. نانوبلور TiO_2
۱۴۶	۲-۱-۵. میکرو/نانوساختار TiO_2
۱۵۰	۳-۱-۵. میکرو/نانوساختار TiO_2 با دیوانت‌ها

۱۵۳	۲-۵. آماده سازی TiO_2 فوق بحرانی دوپ شده
۱۵۴	۱-۲-۵. TiO_2 دوپ شده با N
۱۵۴	۲-۲-۵. TiO_2 دوپ شده با S
۱۵۶	۳-۲-۵. TiO_2 دوپ شده با F و N
۱۵۶	۴-۲-۵. TiO_2 دوپ شده با لانتانیم
۱۵۸	۵-۲-۵. TiO_2 دوپ شده با La و B
۱۵۹	۶-۲-۵. کامپوزیت TiO_2 -CdS
۱۶۰	۳-۵. نتیجه گیری
۱۶۲	منابع
۱۷۰	فصل ششم: فوتوکاتالیزورها و فوتوکاتالیزورهای WO_3 فعال در
۱۷۰	۱-۶. مقدمه
۱۷۲	۲-۶. فوتوکاتالیزورهای WO_3 با کاربردهای زیست محیطی
۱۷۲	۱-۲-۶. تخریب ترکیبات مختلف آلی
۱۷۶	۲-۲-۶. بهبود پایداری ساختار WO_3 در حلال های قلیایی
۱۷۹	۳-۶. تبدیل انرژی خورشیدی با استفاده از WO_3
۱۷۹	۱-۳-۶. اکسایش آب بر روی فوتوکاتالیزورهای WO_3 با استفاده از واسطه های اکسایش
۱۸۲	۲-۳-۶. اکسایش آب با استفاده از فوتوکاتالیزورهای نانوساختار
۱۸۶	۴-۶. نتیجه
۱۸۷	منابع
۱۹۱	واژه نامه انگلیسی به فارسی

به نام خدا

پیشگفتار

منت خدای را که توفیق داد بار دیگر بتوانم دست‌نوشته‌های پژوهش ۲۵ ساله خود را در قالب یک کتاب تصنیفی تهیه کنم و در اختیار جامعه علمی کشور قرار دهم.

در کتاب حاضر، برخی از جنبه‌های سنتز، مشخصه‌یابی، و کاربرد نانوفوتوکاتالیزورها در حذف آلاینده‌های زیست‌محیطی توضیح داده شده است.

در فصل اول کتاب درباره نانومواد و نانوساختارها و روش‌های تهیه و خالص‌سازی آنها اشاره شده است.

در فصل دوم، درباره نانوتوکاتالیزورها، سازوکار تخریب با آنها، اصلاح سطح این کاتالیزورها با وارد کردن فلزات، بحث شده است.

در فصل سوم، انواع نانوفوتوکاتالیزورها، رایج و پرکاربرد از نظر ساختار بلوری و ویژگی‌های نانوساختاری و کاربردهای آنها در تخریب آلاینده‌ها و کارهای انجام‌شده با این ترکیبات در منابع تشریح شده است.

در فصل چهارم، درباره سنتز، مشخصه‌یابی، و کاربرد نانوفوتوکاتالیزورهایی که مؤلف در کارهای تحقیقی خود از آنها استفاده کرده و ماحصل این تحقیقات در مجلات علمی معتبر به چاپ رسیده، توضیح داده شده است.

در فصل پنجم، درباره روش‌های جدید سنتز دی‌اکسید تیتانیم به شیوه حلال حرارتی و فوق‌بحرانی و اثرات نافلزات نیتروژن و گوگرد آلاینده‌شده به دی‌اکسید تیتانیم بحث شده است.

در فصل ششم، کاربرد اکسید تنگستن (VI) به عنوان یک نانوفوتوکاتالیزور جدید برای حذف آلاینده‌های زیست‌محیطی شرح داده شده است. این کاتالیزور را به نیل گاف انرژی کمتر نسبت به TiO_2 می‌توان با نور مرئی نیز فعال کرد و اثرات فوتوکاتالیزوری آن را بروز داد.

در اینجا لازم می‌دانم از سرکار خانم دکتر غزاله چیدری به جهت ویراستاری علمی این کتاب تقدیر و تشکر ویژه نمایم.

در پایان، از تمامی استادان، پژوهشگران، و دانشجویان گرامی تقاضا دارم در جهت هر چه بهتر شدن کتاب در چاپ‌های بعدی، نظرها و پیشنهادهای خود را به نشانی الکترونیکی زیر ارسال کنند.

مسعود گیاهی

m_giahi@azad.ac.ir