

به نام خدا

اثر نیلوفر آبی : از طبیعت تا صنعت

مولفان:

منیره فلسفی

مرجان محمدی سراب بادیه

انتشارات ارسطو

(چاپ و نشر ایران)

۱۳۹۸

سرشناسه: فلسفی، منیره، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدیدآور: اثر نیلوفر آبی: از طبیعت تا صنعت / مولفان منیره فلسفی، مرجان
محمدی سراب بادیه.
مشخصات نشر: مشهد: ارسطو، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری: ۱۴۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۳۲-۳۵۸-۱-۱
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: صنعت -- طبیعت
شناسه افزوده: محمدی سراب بادیه، مرجان، ۱۳۶۲-
رده بندی کنگره: TD۴۵۷
رده بندی دیویی: ۶۲۸/۱۶۲
شماره کتابشناسی ملی: ۵۷۳۵۸۴۷

نام کتاب: اثر نیلوفر آبی: از طبیعت تا صنعت
مولفان: منیره فلسفی - مرجان محمدی سراب بادیه
ناشر: ارسطو (با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۸
چاپ: مدیران
قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۳۲-۳۵۸-۱-۱
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



انتشارات ارسطو



فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول : خودپاک کنندگی	۷
۱-۱- سطوح خودپاک کن فوق آبدوست	۹
۱-۱-۱- واکنش پذیری القاء شده با نور نیمه هادی ها (TiO_2)	۱۱
۱-۱-۱-۱- تیتانیوم در جهان ما	۱۱
۱-۱-۱-۲- دی اکسید تیتانیوم	۱۴
۱-۱-۱-۳- فرآیندهای القاء شده با نور	۱۶
۱-۱-۲- مکانیزم فتوکاتالیزوری TiO_2	۱۹
۱-۱-۳- مکانیزم فوق آبدوستی	۲۰
۱-۲- سطوح خودپاک کن فوق آبگریز	۲۲
۱-۲-۱- اثر نیلوفر آبی	۲۳
۱-۲-۱-۱- بنیان فیزیکی اثر نیلوفر آبی	۲۸
۱-۲-۱-۲- اصول کلی	۲۸
۱-۲-۱-۳- سطوح واقعی تر	۳۰
۱-۲-۱-۳- اثر ساختارهای سطحی	۳۶
فصل دوم : خود پاک کنندگی در گیاهان	۳۹
۱-۲- برخی اصطلاحات رایج در گیاهان	۴۱
۲-۲- سطوح خود پاک کن در گیاهان	۴۱
۳-۲- مفهوم بیولوژیکی اثر نیلوفر آبی	۴۴

۴-۲- ویژگی برگ‌های دافع آب به صورت میکروسکوپی	۴۶
۵-۲- ویژگی برگ‌های صاف به صورت میکروسکوپی	۴۹
۶-۲- ویژگی خودپاک‌کنندگی برگ‌های صاف و دافع آب به صورت میکروسکوپی ...	۴۹
۷-۲- آرایش سطحی برگ‌های دافع آب	۵۴
۸-۲- نحوه توزیع گیاهان دافع آب	۵۶
۹-۲- ساختار زیستی کوتیکول گیاه	۵۷
۱-۹-۲- موم‌های کوتیکول	۵۸
۱-۱-۹-۲- اجزاء سازنده عمومی همه موم‌های کوتیکول	۵۹
۲-۱-۹-۲- اجزاء سازنده اصلی بعضی از موم‌های کوتیکول	۶۰
فصل سوم : خودپاک‌کنندگی در حشرات	۶۳
۱-۳- سطوح خود پاک کن در حشرات	۶۵
۱-۱-۳- خود پاک‌کنندگی در پروانه‌ها	۶۶
۲-۱-۳- خود پاک‌کنندگی در جیرجیرک‌های دشتی	۷۲
۳-۱-۳- خود پاک‌کنندگی در زنبور گل	۷۷
۲-۳- ساختار کوتیکول در حشرات	۷۸
۱-۲-۳- کیتین	۷۹
۲-۲-۳- خصوصیات ساختاری کوتیکول بال حشرات	۸۳
۳-۳- مقایسه ساختار، ترکیب و دفع آب بین لیپیدهای کوتیکول گیاهان و جانوران	
مفصل‌دار	۸۹
فصل چهارم : ساخت سطوح خودپاک‌کن و کاربرد صنعتی آنها	۹۱
۱-۴- ساخت سطوح فوق آبدوست	۹۳
۱-۱-۴- نیمه هادی‌ها و فعالیت فتوکاتالیزوری	۹۳
۲-۱-۴- فرآیندهای فتوکاتالیزوری انجام شده در تجزیه نوری کلی/جزئی ...	۹۶

- ۳-۱-۴- فرآیندهای فتوکاتالیزوری انجام شده در واکنش‌های مخصوص ۹۸
- ۱-۳-۱-۴- تولید هیدروژن از آب با استفاده از نور خورشید ۹۸
- ۲-۳-۱-۴- تثبیت نوری نیتروژن ۱۰۰
- ۳-۳-۱-۴- احیاء نوری CO_2 (سنتز نوری مصنوعی) ۱۰۲
- ۴-۱-۴- فوق آبدوستی القاء شده با نور ۱۰۲
- ۵-۱-۴- محصولات دارای خاصیت خود پاک کنندگی فوق آبدوست ۱۰۴
- ۱-۵-۱-۴- کاشی‌های خودپاک کن فتوکاتالیزوری برای استفاده در داخل و خارج ساختمان ۱۰۴
- ۲-۵-۱-۴- لوازم آشپزخانه پوشش داده با TiO_2 ۱۰۷
- ۳-۵-۱-۴- فیلم‌های پلاستیکی مقاوم در برابر لکه و آلودگی ۱۰۸
- ۴-۵-۱-۴- شیشه‌های ضد مه ۱۰۹
- ۵-۵-۱-۴- وسایل منزل به سبک ژاپنی ۱۱۰
- ۶-۵-۱-۴- شیشه‌های خود پاک کن ۱۱۲
- ۷-۵-۱-۴- دیواره آلومینیومی خود پاک کن ۱۱۳
- ۸-۵-۱-۴- چادرهای خود پاک کن ۱۱۴
- ۹-۵-۱-۴- پوشش‌های خارجی خودپاک کن ۱۱۶
- ۱۰-۵-۱-۴- پنجره‌های کرکره ای خود پاک کن ۱۱۷
- ۱۱-۵-۱-۴- لباس‌های کاغذی خودپاک کن و خود استریل‌زده کن ۱۱۷
- ۱۲-۵-۱-۴- تصفیه کننده‌های فتوکاتالیزوری هوا ۱۱۸
- ۱۳-۵-۱-۴- پوشش‌های روشنایی خود پاک کن در تونل ها ۱۱۹
- ۱۴-۵-۱-۴- پوشش لامپ خود پاک کن ۱۱۹
- ۱۵-۵-۱-۴- علائم راهنمایی رانندگی در جاده ها ۱۲۰
- ۱۶-۵-۱-۴- بدنه اتومبیل ۱۲۱
- ۲-۴- ساخت سطوح فوق آبگریز صنعتی ۱۲۲

۱۲۳	..... ۱-۲-۴- موادى با انرژى سطحى كم
۱۲۳	..... ۱-۱-۲-۴- فلئوروكربن ها
۱۲۳	..... ۲-۱-۲-۴- سيليكون ها
۱۲۴	..... ۳-۱-۲-۴- مواد آلئ
۱۲۴	..... ۴-۱-۲-۴- مواد معدنى
۱۲۴	..... ۲-۲-۴- روش هاى ساخت سطوح فوق آبگريز صنعتى
۱۲۵	..... ۱-۲-۲-۴- حكاكى و ليتوگرافى
۱۲۷	..... ۲-۲-۲-۴- فرآيند سل- ژل
۱۲۸	..... ۳-۲-۲-۴- آرايش لايه به لايه (LBL) و كلوئيدى
۱۳۰	..... ۴-۲-۲-۴- واكنش الكتروشيميايى و رسوبدهى
۱۳۰	..... ۵-۲-۲-۴- روش هاى ديگر
۱۳۷	..... ۳-۲-۴- محصولات خودپاك كن فوق آبگريز
۱۴۰	..... ۳-۴- شركت هاى توليد كننده محصولات خودپاك كن تجارى
۱۴۵	..... منابع

فصل اول

خودپاک کنندگی

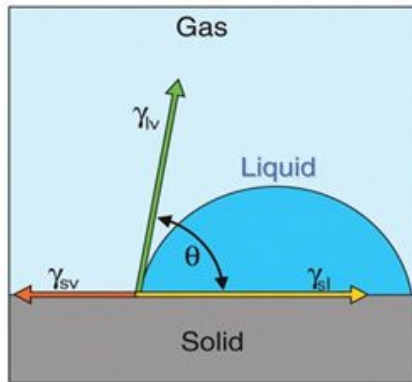


۱-۱- سطوح خودپاک کن فوق آبدوست

مواد خود پاک کن به دو دسته خود پاک کن فوق آبدوست و خود پاک کن فوق آبگریز تقسیم می‌شوند.

رفتار آب بر روی هر سطحی با استفاده از معادله یانگ^۱ (معادله ۱) بیان می‌شود. این معادله رابطه بین کشش سطحی در بین سطح جامد، قطره مایع و هوای اطراف با زاویه تماس فصل مشترک آب/ هوا و جامد را بیان می‌کند (شکل ۱-۱).

$$\gamma_{sv} - \gamma_{sl} = \gamma_{lv} \cos\theta \quad (1-1)$$



شکل ۱-۱- نحوه ترشدگی سطح جامد بر طبق معادله یانگ

1. Yang

فرض می‌شود قطره‌های آب هنگامی که بر روی سطح جامد قرار می‌گیرند به صورت کره هستند. زاویه تماس کوچک‌تر، قطره‌های پهن‌تر و سطح خیس‌تری را به وجود می‌آورد و به همین ترتیب، زوایای تماس بزرگ‌تر به معنی کاهش سطح مشترک جامد/ مایع بوده و مایع سطح را به آسانی خیس نمی‌کند.

سطوح فوق آبدوست سطوحی هستند که تمایل بیش از اندازه نسبت به آب دارند و زاویه تماس آب بر روی سطح صفر درجه است. مایع در تماس با یک سطح فوق آبدوست بر روی سطح پخش شده و تشکیل لایه ای نازک بر روی سطح می‌دهد. در این حالت، هنگامی که یک لایه نازک از آب بر روی سطح تشکیل می‌شود، با حرکت بر روی سطح و شستن ذرات معلق می‌تواند سطح را تمیز کند.

با تحقیقات فراوان در زمینه مواد خودپاک کن فوق آبدوست مشخص شده که مواد واقعاً خودپاک کن آنهایی هستند که از پوشش‌های با رفتار ترکیبی فتوکاتالیزوری و فوق آبدوستی برای حذف آلودگی‌ها و گرد و غبار روی سطح استفاده می‌کنند. روکش‌ها و فیلم‌های حاوی نیمه هادی دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)^۲ بهترین، معروفترین و شاید تنها ماده از این دست در حال حاضر می‌باشند. نیمه هادی‌هایی مانند استرونتیوم تیتانات^۳ وجود دارند که فعالیت فتوکاتالیزوری بالا، اما فعالیت فوق آبدوستی القاء شده با نور کمی دارند. نیمه هادی دی اکسید تیتانیوم (IV) یعنی TiO_2 ، این مزیت را دارد که علاوه بر فعالیت فتوکاتالیزوری بالا، فعالیت فوق آبدوستی القاء شده با نور بالایی نیز دارد. در کنار این ویژگی‌ها نیمه هادی دی اکسید تیتانیوم از نظر شیمیایی و بیولوژیکی بی اثر، پایدار در برابر نور، دارای استحکام مکانیکی بالا و قیمت ارزان می‌باشد. در حقیقت دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) به طور کلی بهترین ماده موجود برای فتوکاتالیزوری می‌باشد.

به علت اهمیت نیمه هادی دی اکسید تیتانیوم، ابتدا به طور کلی توضیحاتی در مورد مشخصات، ویژگی‌ها، فعالیت‌ها و واکنش‌های القاء شده با نور این ماده داده خواهد شد

2. Titanium dioxide

3. Strontium titanate

و سپس به ادامه بحث سطوح خودپاک کن فوق آبدوست برپایه روکش‌های دی اکسید تیتانیوم می‌پردازیم.

۱-۱-۱- واکنش پذیری القاء شده با نور نیمه هادی‌ها (TiO_2)

فرآیندهای القاء شده با نور با روش‌های زیادی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در کاربردهای مختلفی توسعه یافته‌اند اما در کنار تفاوت‌هایی در مشخصات و موارد استفاده، همه این فرآیندها اصول مشابهی دارند. نیمه هادی‌ها می‌توانند به وسیله نور با انرژی بالاتر از نوار شکافشان^۴ تحریک شده و در این حالت یک جفت حفره الکترونی تشکیل می‌شود. این انرژی می‌تواند به صورت الکتریکی (سلول‌های خورشیدی)، شیمیایی (کاتالیزور فتوشیمیایی) یا برای تغییر دادن سطح کاتالیزور (فوق آبدوستی) استفاده شود. در این مورد مخصوصاً در مورد کاربرد فتوکاتالیزوری دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) برای از بین بردن آلودگی‌ها گزارشاتی ارائه شده است. در ادامه به طور کلی بر روی دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) تمرکز می‌شود چون یکی از مهمترین و پرکاربردترین موادی است که در تمامی زمینه‌های کاربردی ذکر شده در بالا استفاده می‌شود. در قسمت اول به معرفی این ماده و فرآیند القاء با نور اختصاص داده شده، پس از آن واکنش‌های فتوکاتالیزوری و مکانیزم‌های آن بیان شده و در قسمت آخر تحقیقات انجام شده بر روی کاربردهای TiO_2 به عنوان ماده فعال در برابر نور شرح داده می‌شوند.

۱-۱-۱-۱- تیتانیوم در جهان ما

تیتانیوم چهارمین فلز از نظر فراوانی (بعد از آلومینیوم، آهن و منیزیم) و نهمین عنصر تشکیل دهنده پوسته زمین (در حدود % ۰/۶۳) است. در سال ۱۷۹۱ در انگلستان رورند ویلیام گرکور^۵ حضور یک عنصر جدید را در ایلمنیت^۶ (اکسید آهن و تیتانیوم

4. Band gap

5. Reverend william gregor

6. Ilmenite

به فرمول $FeTiO_3$) تشخیص داد. این عنصر دوباره چندین سال بعد توسط شیمیدان انگلیسی هنریچ کلاپورس^۷ در سنگ معدن روتیل کشف شد که آنرا تیتانز نام نهاد.

فلز تیتانیوم جدا از دیگر عناصر که در سنگ‌های آذرین و رسوبی حضور دارند، کشف نشد. این عنصر ابتدا در معدنی‌ها مانند روتیل، ایلمنیت، آناتاز^۸، بروکیت^۹، پروسکیت^{۱۰} و اسفن^{۱۱} و سپس در تیتانات‌ها و بسیاری سنگ معدن‌های آهنی یافت شد. این فلز همچنین در سنگ‌های آسمانی، در خورشید و ستاره‌های نوع-M تا حدودی مشاهده شده است. سنگ‌هایی که توسط هیأت اعزامی *Apollo17* آورده شدند، ۱۲/۱٪ اکسید تیتانیوم داشتند. تیتانیوم همچنین در ذغال سنگ، خاکستر، گیاهان و حتی در بدن انسان نیز یافت شده است.

منابع معدنی دارای تیتانیوم روتیل، ایلمنیت و لیوکزن^{۱۲} هستند. ۹۳ تا ۹۶٪ روتیل حاوی دی اکسید تیتانیوم است. ایلمنیت ممکن است حاوی ۴۴ تا ۷۰٪ و لیوکزن تغلیظ شده می‌تواند حاوی ۹۰٪ TiO_2 باشد. در حدود ۹۸٪ تولیدات جهان برای ساخت رنگ‌های سفید و تنها ۲٪ باقیمانده برای ساخت فلز تیتانیوم، پوشش‌های میله جوشکاری، روان سازها و دیگر محصولات استفاده می‌شود.

ایلمنیت همچنین سنگ معدن آهن تیتانیک نامیده می‌شود که یک آهن سیاه با خاصیت مغناطیسی ضعیف یا فولاد خاکستری معدنی یافت شده در سنگ‌های دگرذیسی و پلوتونی می‌باشد. ایلمنیت به عنوان یک منبع فلز تیتانیوم استفاده می‌شود. فردی به نام کوپفر^{۱۳} در سال ۱۸۲۷ آنرا کشف کرده و به یاد ازال ایلمن مونتین^{۱۴} (روسی) آنرا نام نهاد.

7. Heinrich klaporth

8. Anatase

9. Brookite

10. Perovskite

11. Sphene

12. Leucosene

13. Kupffer

14. Ural ilmen mountain

ایلمنیت عمدتاً در لایه‌های عظیم سنگ معدنی یا به شکل لایه‌های رسوبی ثانویه (ماسه‌ها) که حاوی مواد معدنی فراوانی هستند، یافت می‌شود که منگنز، منیزیم، کلسیم، کرومیوم، سیلیکون و وانادیوم به عنوان ناخالصی‌های آن می‌باشند. تحقیقات نشان داده است که دو سوم ایلمنیت می‌تواند از نظر اقتصادی کارا باشد و منابع آن بیشتر در چین و نروژ که هر دو لایه‌های عظیمی دارند و نیز بیشتر در اتحادیه شوروی که دارای لایه‌های عظیم و ماسه‌ها می‌باشد، ذخیره شده است. اما کشورهای با محصولات بیشتر شامل استرالیا (ماسه‌ها)، کانادا (سنگ معدن‌های عظیم) و جمهوری آفریقای جنوبی (ماسه‌ها) می‌باشند.

روتیل پایدارتر از ایلمنیت بوده و قسمت عمده سنگ معدن تیتانیوم است که در سال ۱۸۰۳ توسط ورنر^{۱۵} در اسپانیا کشف شده است. اسمش از روتیل‌های لاتین مشتق شده و به معنی قرمز می‌باشد که به علت رنگ قرمز پر رنگی می‌باشد که به هنگام عبور نور در بعضی نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. روتیل معمولاً قهوه‌ای مایل به قرمز است اما در برخی از موارد مایل به زرد، مایل به آبی یا بنفش شفاف تا تیره نیز می‌باشد. روتیل ممکن است حاوی ۱۰٪ آهن و همچنین دیگر ناخالصی‌ها مانند تانتالیوم، نیوبیوم، کرومیوم، وانادیوم و قلع باشد.

روتیل با مواد معدنی مانند کوارتز، تورمالین^{۱۶}، باریت^{۱۷}، هماتیت^{۱۸} و سیلیکات در رابطه است و در برزیل، سوئیس، آمریکا و بعضی کشورهای آفریقایی به میزان قابل توجهی یافت می‌گردد.

بروکیت به افتخار کانی شناس انگلیسی بروک^{۱۹}، نام نهاده شد و توسط لوی^{۲۰} در سال ۱۸۲۵ در اسنون انگلیس کشف شد. کریستال‌های آن قهوه‌ای تیره تا سیاه مایل به سبز

15. Werner

16. Tourmaline

17. Barite

18. Hematite

19. Brooke

20. Levy

مات می‌باشند. شکل‌های کریستالی بروکیت شامل انواع تخته ای تا کریستال‌های پهن با یک ساختار شبه هگزاگونال می‌باشند. بروکیت با مواد معدنی مانند آاناتاز، روتیل، کوارتز، فلدسپیر^{۲۱}، چلکوپیریت^{۲۲}، هماتیت^{۲۳} و اسفن در رابطه بوده و در آمریکا، استرالیا، روسیه، سوئیس به میزان قابل توجهی یافت می‌شود.

آاناتاز در ابتدا اکتاهدریت^{۲۴} نامیده می‌شد اما در سال ۱۸۰۱ توسط هایوی^{۲۵} آاناتاز نام نهاده شد که این نام برگرفته شده از کلمه ای یونانی به معنی "قابل کشش" می‌باشد. این نامگذاری به علت محورهای عمودی بلندتر آاناتاز در مقایسه با روتیل می‌باشد. آاناتاز در فرانسه و سوئیس به میزان قابل توجهی یافت می‌شود.

۱-۱-۱-۲- دی اکسید تیتانیوم

دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) به خانواده اکسیدهای فلزات واسطه متعلق است. در اوایل قرن بیستم کاربرد صنعتی TiO_2 در تولید رنگ سفید به جای رنگدانه آغاز شد. در حال حاضر تولید سالیانه TiO_2 بالغ بر ۱۰ میلیون تن است که در تولید رنگ سفید (۵۱٪ کل تولید)، پلاستیک (۱۹٪) و کاغذ (۱۷٪) استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر مصرف TiO_2 به عنوان رنگدانه در بخش کوچکی از صنایع مانند نساجی، محصولات غذایی (به عنوان رنگ غذا تحت نظارت E.U در رابطه با سلامتی افزودنی‌های مواد غذایی)، چرم سازی، داروسازی (پوشش قرص‌ها، خمیردندان و به عنوان جذب کننده نور ماوراء بنفش در کرم‌های ضدآفتاب با فاکتورهای حفاظتی بالا در مقابل نور خورشید و دیگر محصولات آرایشی) و رنگدانه‌های مختلف تیتانات (مخلوط اکسیدهای $ZnTiO_4$ ، $ZrTiO_3$ و...) افزایش یافته است.

21. Feldspar

22. Chalcopyrite

23. Hematite

24. Octahedrite

25. Hauy

دی اکسید تیتانیوم می‌تواند توسط فرآیند سولفات یا کلرین ساخته شود. در فرآیند سولفات، ایلمنیت (اکسید آهن و تیتانیوم با فرمول $FeTiO_3$) به سولفات‌های تیتانیوم و آهن از طریق واکنش با اسید سولفوریک تبدیل می‌شود. هیدروکسید تیتانیوم به وسیله هیدرولیز رسوب پیدا کرده، فیلتر شده و در دمای $900^\circ C$ کلسینه می‌شود. هیدرولیز مستقیم تنها آنتاز را در کلسیناسیون تولید می‌کند. برای به دست آوردن روتیل، کریستال‌های مشاهده شده، که به وسیله هیدرولیز قلیایی سولفات تیتانیل یا تتراکلرید تیتانیوم تولید شده، در طی مرحله هیدرولیز اضافه می‌شود. فرآیند سولفات مقدار قابل توجهی سولفید آهن اتلافی و TiO_2 با کیفیت پایین می‌دهد، اگرچه امروزه کیفیت آن به میزان قابل توجهی بهبود یافته است.

فرآیند بچر^{۲۶} اکسید آهن را در ایلمنیت به آهن فلزی کاهش داده و سپس آن را دوباره به اکسید آهن جدا از TiO_2 به عنوان روتیل سنتزی با $93-91\%$ خلوص اکسیده می‌کند. در این فرآیند برای گرم کردن ایلمنیت از یک کوره دما بالا با ذغال و سولفور استفاده می‌شود. دوغاب ایلمنیت کاهش یافته (که حاوی مخلوطی از آهن و TiO_2 در آب است) با هوا اکسیده شده و بعد از ته نشینی جدا می‌شود. دی اکسید آهن (که در نهایت 40% ایلمنیت تولید می‌دهد) به محل مخصوصی جهت تخلیه و دفن در زمین فرستاده می‌شود. روتیل با کلرین برای تولید تتراکلرید تیتانیوم، که خالص سازی و دوباره اکسیده شده، واکنش می‌دهد تا TiO_2 با خلوص بالا تولید و گاز کلرین بازیافت شود. اگرچه هر یک از این روش‌ها می‌توانند برای تولید رنگدانه استفاده شوند، تصمیم اینکه یک فرآیند به جای دیگری استفاده شود بر پایه تعدادی از فاکتورها شامل در دسترس بودن مواد خام، حمل و نقل و هزینه‌های دفع مواد زائد استوار می‌باشد. فرآیند کلرین از نظر محیط زیستی کمتر زیان آوراست، البته در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی انجام شده تا فرآیند سولفات نیز مطابق با نیازهای محیط زیستی انجام گیرد.

TiO_2 به علت پایداری شیمیایی، غیرسمی بودن، قیمت ارزان و بسیاری دیگر خواص

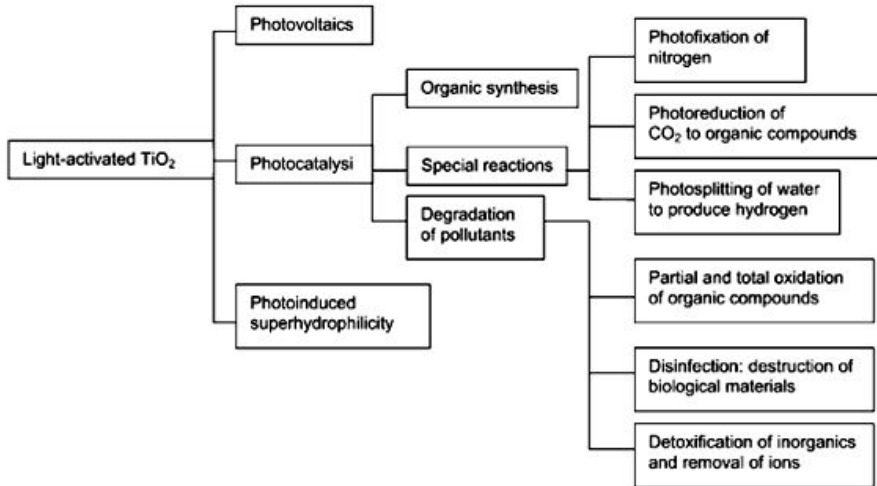
مفید مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این ماده به علت ضریب شکست بالایش، به عنوان پوشش ضد انعکاس در سل‌های خورشیدی سیلیکون و در فیلم‌های نازک تجهیزات نوری استفاده می‌شود. TiO_2 به طور موفقیت آمیزی به عنوان سنسور گاز (به علت وابستگی هدایت الکتریکی و ترکیب گاز محیط) و در تعیین غلظت اکسیژن و CO در دماهای بالا ($> 600^\circ C$) و به طور همزمان تعیین CO/O_2 و CO/CH_4 و همچنین به علت سازگاری خوبی که با بدن انسان دارد به عنوان یک بیوماده (به عنوان اجزاء استخوانی و تقویت کننده استحکام مکانیکی) استفاده می‌شود.

TiO_2 همچنین در واکنش‌های کاتالیزوری به عنوان پیش‌برنده، حاملی برای فلزات و اکسید فلزات و یا یک افزودنی استفاده می‌شود. واکنش‌هایی که با کاتالیزورهای TiO_2 انجام می‌شوند شامل کاهش انتخابی NO_x به N_2 ، تجزیه مؤثر VOC_s (شامل دی‌اکسین‌ها و اجزاء کلرینه شده)، تولید هیدروژن به وسیله تولید انتقالی گاز، اکسیداسیون CO به وسیله O_2 ، اکسیداسیون H_2S به S و کاهش SO_2 به S می‌باشند.

روتیل به عنوان یک ماده دی‌الکتریک برای وسیله‌های $MOSFET$ به خاطر ثابت دی‌الکتریک بالایش (> 100) و فیلم‌های آناتاز ترکیب شده (با استفاده از CO) می‌توانند به عنوان مواد فرومغناطیس استفاده شوند. در باطری‌ها، آناتاز به عنوان آندی که در آن یون‌های لیتیوم می‌توانند به طور برگشت پذیر افزوده شوند، استفاده می‌شود. برای کاربردهای سلول‌های خورشیدی ساختار آناتاز بر ساختار روتیل ترجیح داده می‌شود، زیرا آناتاز تحرک الکترونی بالاتر، ثابت دی‌الکتریک کمتر، دانسیته پایین‌تر و دمای تجزیه پایین‌تری را نشان می‌دهد. دیگر کاربردهای فتوشیمیایی و فتوفیزیکی شامل فتولیز آب، تجزیه ترکیبات و آلودگی‌ها به کمک نور، واکنش‌های کاتالیزوری مخصوص و فوق‌آب‌دوستی القاء شده با کمک نور می‌باشند.

۱-۱-۳- فرآیندهای القاء شده با نور

دی‌اکسید تیتانیوم از طریق فرآیندهای القاء شده با نور شناخته شده است. این فرآیندها در شکل (۱-۲) نشان داده شده‌اند.



شکل ۱-۲- فرآیندهای القاء شده با نور TiO_2

تمامی این فرآیندهای القاء شده با نور از نور شکاف این نیمه هادی سرچشمه می‌گیرند. وقتی که نور انرژی بالاتر از این نور شکاف دارد، می‌تواند جذب شده و الکترون به طرف نور هدایت حرکت کرده و حفره را در نور ظرفیت رها می‌کند. این الکترون تحریک شده می‌تواند مستقیماً استفاده شود تا در سل‌های فتوولتایی خورشیدی، الکتروسیته تولید کند یا واکنشی شیمیایی راه‌اندازد که فتوکاتالیزوری نامیده می‌شود. این یک پدیده اخیراً کشف شده و از آن تحت عنوان رطوبت پذیری القاء شده با نور نام برده می‌شود. در این حالت به دام انداختن حفره‌ها در سطح TiO_2 منجر به ایجاد رطوبت پذیری بالایی می‌گردد. تمامی پدیده‌های القاء شده با نور، واکنشهای اکسایش - کاهش پیوندهای سطحی را شامل می‌شوند.

بیشترین زمینه کاربرد فتوکاتالیزور TiO_2 تجزیه ترکیبات آلی با استفاده از نور است. دی اکسید تیتانیوم یک فتوکاتالیزور در از بین بردن و تجزیه ترکیبات و آلودگی‌های محیطی در مورد تعداد زیادی از مواد آلی مختلف، ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و سلول‌های سرطانی می‌باشد. این نیمه هادی قادر است این مواد و ترکیبات را کاملاً تجزیه کرده و به H_2O ، CO_2 و آنیون‌های غیرآلی بی‌ضرر معدنی تبدیل کند. این عملکرد به تعداد زیاد حفره‌های اکسید شده و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) که به

عنوان عوامل اکسید کننده شناخته شده‌اند، نسبت داده می‌شود.

تبدیل نوری (کاهش - اکسایش) اجزاء غیرآلی، گروهی دیگر از واکنش‌هایی است که در آن نیمه هادی دی اکسید تیتانیوم به کار برده می‌شود. اکسیداسیون برای جدا کردن یون‌های فلزی که نمی‌توانند کاهش پیدا کنند و برای از بین بردن CN^- استفاده می‌شود.

در ادامه تعدادی از کاربردهای TiO_2 در توسعه فرآیندهای القاء شده با نور ارائه شده‌اند:

- ساخت اولین سلول فتوالکتروشیمیایی شکست آب ($2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$) در سال ۱۹۷۲ توسط فوجیشیما و هوندا^{۲۷} گزارش شده است که این سلول با استفاده از یک فتو آند TiO_2 از جنس روتیل و الکتروود دیگر از جنس پلاتین ساخته شده است.
- فرانک و بارد^{۲۸} در سال ۱۹۷۷ کاهش CN^- در آب را آزمایش کردند که به عنوان اولین کاربرد دی اکسید تیتانیوم در پاکسازی محیطی می‌باشد.
- گاس و اسپراووزر^{۲۹} کاهش فتوکاتالیزوری نیتروژن مولکولی به آمونیاک را بر روی TiO_2 ترکیب شده با آهن انجام دادند.
- اولین واکنش فتوسنتز در سال ۱۹۷۸ انجام شد. یک واکنش القاء شده با نور که راه را برای فتوسنتز مواد آلی را باز نمود ($CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$).
- انجام واکنش‌های نیمه هادی حساس شده در سال ۱۹۸۳ توسط اولیس^{۳۰} جهت معدنی کردن اکسایش ترکیبات و آلودگی‌های آلی انجام گرفت.
- کاربرد TiO_2 در از بین بردن باکتری‌ها و ویروس‌ها با استفاده از نور در سال ۱۹۸۵ صورت گرفت.
- فوجیشیما و همکارانش در سال ۱۹۸۶ تجزیه و از بین بردن سلول‌های تومور را با

27. Fujishima and Honda

28. Frank and Bard

29. Guth and Schrauzer

30. Ollis

استفاده از TiO_2 گزارش دادند.

- گراتز و ارگان^{۳۱} در سال ۱۹۹۱ گزارشاتی را در رابطه با یک سلول خورشیدی مخصوص با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم منتشر کردند.
 - سطوحی با خاصیت خود پاک کنندگی و ضد مه بودن ساخته شده با ذرات TiO_2 توسط وانگ^{۳۲} در سال ۱۹۹۸ ساخته شدند.
 - لیتونگ جین^{۳۳} از نانوذرات TiO_2 برای تصفیه آلاینده‌های آب به همراه روش‌های فوتوشیمیایی در سال ۲۰۰۳ استفاده کرد. همچنین او در سال ۲۰۰۵، الکترودهای ساخته شده با TiO_2 را برای اندازه گیری اکسیژن شیمیایی به کار برد.
- جینپینگ جیا^{۳۴} در سال ۲۰۱۴ از سل‌های سوختی $TiO_2/Ti-Pt$ برای تولید الکتروسیته و از بین بردن آلاینده‌های آلی استفاده کرد.
- امروزه کاربرد TiO_2 در قسمت‌های مختلف صنعت و با کاربردهای گوناگون بسیار چشمگیر شده است و این ماده اکثراً در ترکیب با مواد دیگر کمک شایانی برای بهبود خواص و اثر بخشی مواد و روش‌های قدیمی دارد.

۱-۱-۲- مکانیزم فتوکاتالیزوری TiO_2

مکانیزم عمل فتوکاتالیزوری به طور ساده به این صورت می‌باشد: هنگامی که نور ماوراء بنفش به سطح TiO_2 تابیده می‌شود منجر به بوجود آمدن حفره‌ها و الکترون‌هایی در سطح نیمه هادی می‌شود. الکترون‌های تولید شده به وسیله نور با اکسیژن مولکولی (O_2) موجود در هوا واکنش می‌دهند تا آنیون‌های رادیکالی سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$) تولید کنند و حفره‌های تولید شده بوسیله نور نیز با رطوبت موجود در هوا واکنش می‌دهند تا

31. Gratzed and Oregan

32. Wang

33. Litong Jin

34. Jinping Jia