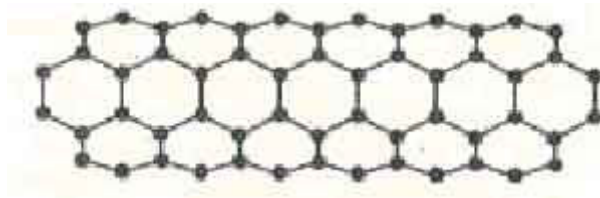


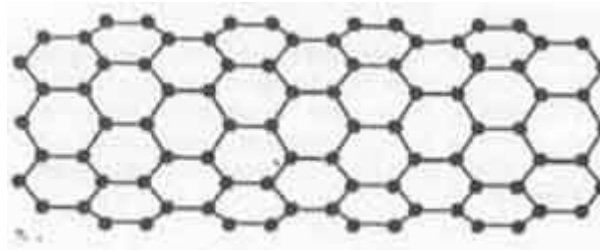
انواع نانولوله کربنی

نحوه لوله شدن صفحات گرافیتی، باعث بوجود آمدن انواع نانوتیوب‌ها می‌شود. سه مدل اصلی آنها عبارتند از:

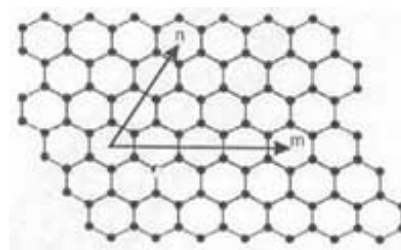
۱- مدل دسته‌سندلی: در این مدل صفحات گرافیت در عرض لوله می‌شوند.



۲- مدل دسته‌زیگزاگ: در این مدل صفحات گرافیت در طول لوله می‌شوند.



۳- مدل Chirality: در این مدل صفحات گرافیت از قطر لوله می‌شوند. بردار کیرل این مدل با بردارهای m, n در شکل نشان داده شده است. در این مدل زاویه بین صفر تا 30° درجه متغیر است.



روش‌های تولید نانولوله کربنی

در مقیاس کم این ماده با روش تخلیه الکتریکی (Discharge Electric Arc) و تبخیر لیزری (Laser) ablation و در مقیاس زیاد با روش رسوب‌گذاری بخارات شیمیایی CVD تولید می‌شود. البته روش‌های تولید دیگری هم وجود دارد.

کاربردهای شناخته شده نانو تکنولوژی

نانو تکنولوژی یا انقلاب صنعتی آینده برخلاف فناوری‌های رایج، علاوه بر تضمین رشد و پیشرفت در زمینه‌های صنعتی، محیطی به دور از هر گونه آلودگی و تخریب را نوید می‌دهد. بسیاری از پیشگامان نانو تکنولوژی

بر این باورند که این فناوری توانایی لازم در خصوص کاهش مشکلات زیست محیطی را از طریق شناخت و کنترل بهینه آلاینده های حاصل از طیف وسیعی از منابع آلوده کننده دارا می باشد. علاوه بر این استفاده از نانو تکنولوژی همراه با توسعه فناوری های جدید سبز می باشد که خود که ماهیتاً منجر به حذف بخش اعظمی از محصولات جانبی ناخواسته گردیده و در نهایت باعث کاهش منابع آلوده کننده آبهای سطحی و زیر زمینی و هوا می شود. هم اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان روشهای نوین عملی مبتنی بر نانو تکنولوژی برای حذف آلاینده های مختلف از منابع آلوده کننده به خدمت گرفته می شود.

بر طبق تعریف ارائه شده از سوی موسسه ابداعات نانو تکنولوژی آمریکا (NNI)، نانو تکنولوژی عبارت از تحقیقات و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و ابر مولکولی در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می باشد. آگاهی جهانیان از توانایی های بالقوه این فناوری جدید، رقابت شدیدی را در زمینه های علمی و پژوهشی آن در سراسر جهان برانگیخته و منابع انسانی و مالی گسترده ای را به سمت تحقیقات آکادمیک و صنعتی در این زمینه ها هدایت نموده است. بسیاری از کشورها به ویژه دولت های جهان سوم در این اندیشه اند که برخلاف زمینه های قبلی (مانند بیوتکنولوژی، مهندسی ژنتیک و فناوری اطلاعات)، این مرتبه دیگر بار قطار موفقیت را از دست نداده و با کسب توانایی های لازم در زمینه های گوناگون نانو تکنولوژی ملت های خود را به سر منزل مقصود برسانند. تفاوت اساسی نانو تکنولوژی با سایر فناوری های رایج در زمینه کنترل محیط زیست در آن است که برخلاف تکنولوژی های موجود که صرفاً به تصفیه و پالایش جریان های آلوده پس از تولید می پردازند، فناوری نانو نوید بخش آن است که می تواند سرچشمه آلودگی ها را از بین ببرد. برای نیل به این هدف، بایستی کلیه فرآیندهای تولید به نحوه عمل نمایند که هیچ گونه ماده جانبی آلوده کننده ایجاد نمایند. نانو تکنولوژی نیز مانند هر فناوری پیشرفته دیگری به خودی خود خیر یا شر محسوب نمی گردد. بلکه مهم استفاده های است که از آن توسط افراد بشر می شود. بدیهی است هر چه قابلیت ها و توانایی های یک فناوری بیشتر باشد، اهمیت کنترل و به کارگیری آن نیز در جهت کمک به ارتقا زندگی انسانها مهمتر خواهد بود. در صورت عدم کنترل مناسب فناوری نانو، استفاده ناصحیح یا بهره گیری شروانه از آن منجر به عواقب مهلک و احیاناً جبران ناپذیری خواهد شد.

کاربردهای زیست محیطی

در حال حاضر دانش مبتنی بر نانو تکنولوژی هنوز در ابتدای مراحل رشد خود بوده و هم اینک تحقیقات مربوط به نانو تکنولوژی عمدتاً بر روی کسب نتایج تجربی در مورد مواد نانو ساختاری متمرکز گردیده و کمتر به کاربردهای علمی آن توجه شده است. بدیهی است که به نتیجه رسیدن تحقیقات در دست انجام، کاربردهای علمی آن روز به روز افزون تر خواهد شد. پاره ای از مهمترین کاربردهای شناخته شده این فناوری در زمینه محیط زیست از قبیل نانو حسگرها، نانو غشاها، نانو پوششگرها، نانو پودرها، کاتالیزورهای زیست محیطی، نانو تیوب های جاذب و نانو پلیمرهای متخلخل به اختصار مورد بررسی قرار می گیرد.

۱) نانو حسگرها (Nanosensors)

با مینیاتوری شدن مواد و دستگاهها و رفتن آنها به سمت مقیاس نانو، پدیده های کوانتومی گوناگون اهمیت می یابند. که کاربردهای نوینی را در زمینه های مختلف به ویژه موارد زیست محیطی نوید می دهند. نانو حسگرها یکی از این گونه مواد هستند که به صورت ذیل تعریف می شوند:

یک نانوحسگر وسیله‌ای است بسیار ریز که قادر به شناسایی و ارائه پاسخ به محرک‌های فیزیکی در مقیاس یک میلیاردیم متر (یک نانومتر) می‌باشند. نانو حسگرها کاربردهای متعددی در علوم مختلف از قبیل بیوپزشکی، محیط‌زیست، ارتباطات و تولید مواد هوشمند یافته‌اند. نمونه‌هایی از کاربردهای زیست محیطی آنها عبارت از غبارهای هوشمند و نانوحسگرهای گازی می‌باشد.

۱-۱) غبارهای هوشمند (Σμαρτ δυστ)

یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی هوا می‌باشد. استفاده از نانو حسگرها پیشرفت موثری در این زمینه را نوید می‌دهد که با اختراع اولین نمونه‌های غبار هوشمند توسط کریس پیستر در سال ۱۹۹۹ در مرکز مطالعات دانشگاه برکلی آمریکا نوع تولید اینگونه حسگرها به مرحله کاربرد علمی نزدیک گردید. هدف اصلی از ساخت غبارهای هوشمند تولید مجموعه‌ای از حسگرهای پیشرفته به صورت نانو کامپیوترهای بسیار کوچک (با حجمی حدود یک میلی‌متر مکعب) می‌باشد، که بسیار سبک بوده و به راحتی در هوا معلق باقی می‌مانند. این ذرات بسیار ریز از جنس سیلیکون بوده و قادرند از طریق بیسیم موجود در خودشان اطلاعات جمع‌آوری شده را به یک پایگاه مرکزی ارسال نمایند. سرعت انتقال اطلاعات در نمونه‌های اولیه حدود یک کیلو بایت در ثانیه بوده و نمونه‌هایی با برد بیست کیلومتر نیز با موفقیت آزمایش شده‌اند. از ویژگی‌های مهم این نانوکامپیوترها آن است که چنانچه تعدادی از آنها به هر دلیل در جوار یک دیگر قرار گیرند، به طور اتوماتیک یک شبکه اطلاعاتی ایجاد می‌نمایند. غبارهای هوشمند در حین جابجا شدن در هوا قادر به اندازه‌گیری دما، فشار، میزان رطوبت، غلظت ترکیبات شیمیایی موجود در هوا، نور و صدا بوده و می‌توانند متغیرهای فوق را به صورت پیوسته در طی مسیر حرکتشان پایش نموده و اطلاعات حاصله را در هر لحظه ضمن تبادل با یک دیگر به پایگاه مرکزی گزارش نمایند. در حال حاضر استفاده از این نانو حسگرها صرفاً محدود به روزهای آفتابی می‌باشد زیرا نیروی محرک آنها از انرژی خورشید تامین می‌گردد. در نظر است تا این دستگاههای کوچک پیشرفته را جهت استفاده در روزهای ابری و نیز شبها به باتری‌های بسیار ریز مینیاتوری مجهز نمایند. از دیگر موانع موجود در بکارگیری غبارهای هوشمند، نحوه رها ساختن آنها در محیط می‌باشد که برای نیل به این هدف معمولاً از هواپیماهای کوچک بدون سرنشین استفاده می‌شود. در حال حاضر تحقیقات گسترده‌ای برای ساخت نمونه‌های پیشرفته‌ای از هواپیماهای فوق‌الذکر در یک کمپانی آمریکایی در حال انجام است. حسگرهای مذکور علاوه بر مصارف زیست محیطی کاربردهای فراوانی نیز در امور نظامی یافته‌اند.

۱-۲) نانوحسگرهای گازی (Νανο γας σενσορσ)

نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره زندگی صنعتی است. متاسفانه هشدار دهنده‌های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می‌گردند. نخستین مطالعات در زمینه ساخت حسگرهای گازی برای مصارف زیست محیطی توسط لانگ و ینگ در سال ۲۰۰۰ میلادی برای تشخیص مقادیر ناچیز دیوکسین (با غلظت $\pi\pi$) در هوا از طریق جذب بر روی نانوتیوب‌های چند لایه ($M\Omega NT\sigma$) انجام گردید. نانو تیوبهای مذکور قادر به جذب دیوکسین به میزان ۱۰ به توان ۳۴ برابر بیشتر از جاذب‌های متداول از قبیل کربن‌های فعال می‌باشند. یک سال بعد محققین فوق مجدداً اقدام به ساخت نانوحسگرهایی جهت شناسایی ΣO_2 و XO_2 بر روی ($M\Omega NT\sigma$) نمودند. همزمان با تحقیقات فوق یک گروه از پژوهشگران دانشگاه استانفورد آمریکا نیز موفق به ساخت نانوحسگرهای گازی شدند که هزاران مرتبه دقیق‌تر از حسگرهای معمول در شرایط دمای محیط عمل این می‌نمایند. این نوع حسگرها از نانوتیوبهای تک لایه ($\Sigma\Omega NT\sigma$) به

ضخامت حدود یک نانو متر ساخته شده‌اند که قادر به جذب مولکول‌های گازهای سمی بوده و حتی قادر به شناسایی تعداد معدودی از مولکول‌های گازهای مهلک در محیط می‌باشند. این گونه حسگرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و NO_2 که از جمله گازهای سمی می‌باشند با موفقیت آزمایش شدند. نمونه آزمایشی این حسگرها قادر به شناسایی آنی مولکول‌های آمونیاک و دی‌اکسید نیتروژن در غلظت 20ppm گردیده‌اند. علاوه بر این، حسگرهای مذکور جهت شناسایی به هنگام گازهای بیوشیمیایی جنگی، آلاینده‌های هوا و حتی مولکول‌های آلی موجود در فضا کاربرد خواهند داشت.

۲) نانوفیلترها

یکی دیگر از کاربردهای مهم نانو تکنولوژی در محیط زیست استفاده از نانو فیلترها می‌باشد. نانوفیلتراسیون یک فرایند جداسازی تحت فشار مابین اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون است. اندازه روزنه‌های غشاهای نانو معمولاً بین ۱ تا ۱۰ نانومتر بوده و اختلاف فشار عملیاتی فرایند در محدوده ۵ الی ۱۵ بار می‌باشد. غشاهای مورد استفاده در فرایند نانوفیلتراسیون معمولاً مولکول‌های بزرگ را دفع نموده و در مقایسه با فرایند اسمز معکوس قادرند با صرف انرژی کمتر آب چاهها یا آبهای سطحی حتی با میزان جامد محلول (TDS) حدود ۲۰۰۰ را نیز به خوبی تصفیه نمایند. این نوع آبها معمولاً سرشار از نمک‌های دو ظرفیتی بوده و می‌توان تا ۹۰٪ نمک موجود در آب را توسط فرایند نانو فیلتراسیون قادر به جداسازی موثر نمک طعام از آب نمی‌باشد لذا در تمام موارد برتر از اسمز معکوس نخواهد بود. این فرایند مانند اسمز معکوس (اما با فشارهای عملیاتی کمتر و شدت جریان بالاتر) قادر است انواع باکتریها، ویروس‌ها، آفت کش‌ها، آلاینده‌هایی با منشأ آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا نماید. نظر به اینکه در فرایند نانو فیلتراسیون از هیچگونه ماده شیمیایی برای سختی گیری آب استفاده نمی‌شود. لذا اثرات منفی زیست محیطی آن به مراتب کمتر از روشهای شیمیایی معمول می‌باشد.

کاربرد های متعددی از فرایند نانو فیلتراسیون در بهسازی محیط زیست می‌توان بر شمرده که نمونه‌هایی از

آن عبارتند از:

۱- تصفیه پساب رختشویخانه‌ها (Λαυνδριες): پساب حاصل از رختشویخانه های تجاری سرشار از مواد روغنی، چربی‌ها، BOΔ ، ΧΟΔ ، ΤΣΣ ، TΔΣ ، مواد شوینده و مواد فعال سطحی می‌باشند. ترکیبی از فرایندهای میکرو و نانوفیلتراسیون برای جداسازی آلاینده‌های فوق بکار گرفته شده و آب تصفیه شده مجدداً جهت مصارف شستشو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- تصفیه اتیلن گلیکول مصرفی در ضد یخ خودروها: هر ساله مقدار متناهی اتیلن گلیکول که به عنوان ضد یخ در خودروها مصرف می‌شود. بدلیل آغشته شدن به نمکهای چند ظرفیتی، روغن‌های جامدات معلق و مواد رنگی دور ریخته می‌شود که خود اثرات زیانبار مهلکی بر محیط زیست دارد. شرکت اسموتیکز فرآیندی را ابداع نموده است که در آن با استفاده از نانوفیلتراسیون می‌توان اتیلن گلیکول مصرفی را تصفیه نمود و مورد استفاده مجدد قرار داد.

۳- تصفیه پسابهای اسیدی واحدهای صنعتی: در بسیاری از صنایع به ویژه صنایع معدنی از قبیل استخراج مس، پسابهای حاوی اسیدهای مختلف از جمله اسید سولفوریک تولید می‌گردد که دفع آنها به محیط زیست اثرات مخرب فراوانی به همراه دارد. با استفاده از غشاهای نانو تا حد بسیار زیادی می‌توان پسابهای مذکور را تصفیه نمود و ضمناً اسید حاصله را مورد استفاده مجدد قرار داد.

۴- زنگ زدایی از آب آشامیدنی: رنگ موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن بایستی از آب زدوده شود بلکه چون این رنگها می‌توانند منشا تولید تری هالومتان (THM) نیز باشد خطرناک محسوب می‌شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و دیگر ترکیبات هالوژنه مضر سرطان زا می‌گردد. رنگ موجود در آب طبیعی معمولاً ناشی از وجود اسیدهای معدنی با جرم مولکولی ۸۰۰ تا ۵۰۰۰۰ می‌باشد. اسیدهای مذکور (مانند اسید هیومیک و اسید فولویک) در اثر تجزیه مواد موجود در آب حاصل می‌شوند. اغلب روشهای متداول برای تصفیه آب قادر به جداسازی ماده فوق نیستند، لیکن با استفاده از غشاهای نانو می‌توان تا ۹۹٪ این گونه مواد را به سهولت از آب جدا نمود.

۵- تصفیه پساب واحد تولید روغن زیتون: پساب حاصل از کارخانه‌های روغن زیتون معمولاً حاوی مقادیر زیادی BO_5 ، XO_5 ، TSS ، TDS باکتری و روغن می‌باشد. معمولاً برای تصفیه اینگونه پسابها از تالابهای هوازی استفاده می‌شود. اینگونه سیستم‌های بیولوژیکی به دلیل سطح بسیار زیادی که اشغال می‌کنند و همچنین به خاطر راندمان پایینشان (در زمان محدود) چندان مورد توجه نمی‌باشند. برای جبران این نقیصه پساب مذکور را ابتدا از یک سیستم نانو فیلتر عبور داده و کلیه TSS ، باکتری و روغن آن را به همراه بیش از ۹۰٪ BO_5 و XO_5 موجود در پساب جدا می‌شود. با این عمل حجم پساب تغلیظ شده به کمتر از ۲۵٪ حجم پساب اولیه تقلیل یافته و در نتیجه سطح تالاب بیولوژیکی مورد نیاز به همین نیاز کاهش می‌یابد.

۶- خالص سازی الکل های سبک: الکل‌هایی مانند اتانول و متانول به عنوان حلال یا ماده پاک کننده به وفور در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد در حین مصرف مقادیر زیادی از ناخالصی‌های مختلف را به خود جذب می‌نمایند. با توجه به اینکه دور ریختن آنها پس از مصرف اثرات زیانبار عدیده‌ای بر محیط زیست دارد لذا بایستی برای استفاده مجدد تصفیه شوند. روشهای متداول از قبیل تقطیر، ضمن آلوده ساختن محیط زیست باعث اتلاف فراوان انرژی می‌گردند. استفاده از نانوفیلترها گام موثری در حفاظت محیط زیست و صرفه جویی در مصرف انرژی می‌باشد.

۳) نانوپوششگرها (Nanocoatings)

پوششگرها نانو ساختاری با تکنولوژی برتر دارای چسبندگی بسیار خوبی به سطوح مختلف از قبیل فلزات، شیشه، سرامیک و پلاستیک بوده و تنها چند میکرون ضخامت دارند. ویژگی بارز این نانو پوششگرها خاصیت ضد خوردگی آنهاست که موجب افزایش کاربرد آنها برای پوشش دادن فلزات سبک از قبیل آلومینیم و منیزیم گردیده است. پوششهای مذکور در مقابل حرارت بسیار مقاوم بوده و قادر هستند تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد دما را تحمل نمایند. استفاده از این نوع پوششگرها منجر به کاهش خوردگی فلزات گردیده و در نهایت حفظ محیط زیست را از طریق کاهش میزان مصرف مواد خام به همراه خواهد داشت.

کاربرد دیگر پوششگرهای نانو ساختاری برای حذف گرد و غبار از روی سطوح مختلف و کاهش مصرف پاک کننده‌ها می‌باشد. این نانو ذرات را به صورت یک لایه بسیار نازک برای روکش نمودن سطوح مختلف از قبیل شیشه اتومبیل‌ها به کار می‌برند. بدین ترتیب کشش سطحی این سطوح نسبت به محلول‌های آبدار به شدت کاهش می‌یابد. در نتیجه منجر به وقوع پدیده خود پالایی می‌شود. بدیهی است که از این رهگذر مصرف مواد شوینده به شدت کاهش یافته و از آلودگی محیط زیست جلوگیری به عمل می‌آید.

۴) نانو پودرها (Nanopowders)

بنا به گفته رییس موسسه آرگوناید آمریکا، هر فلزی را که بتوان به شکل مفتول شکننده‌ای درآورد می‌شود از آن نانو پودر ساخت. نانو پودرها موادی به شدت فعال هستند که در دمای پایین ذوب یا آلیاژ می‌شوند. این پودرها در فرایندهای قالب گیری تزریقی و پوشش دادن سطوح مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. نوعی از پودرهای نانو ساختاری مذکور که حاوی ذرات ریز آلومینیم می‌باشد در صورت افزوده شدن به سوخته‌های جامد موشک‌ها شدت سوختن آنها را تا دو برابر افزایش می‌دهند. اضافه کردن پودر مذکور به نفت سفید باعث تسریع در احتراق آن گردیده و در نتیجه کاهش آلاینده‌های مختلف را به همراه خواهد داشت.

۵) کاتالیستهای زیست محیطی (Ενπιρονημενταλ χαταλψησις)

از زمینه‌های دیگر کاربردهای مواد نانو ساختاری استفاده از آنها به عنوان کاتالیزورهای زیست محیطی جهت تصفیه خروجی اگزوز اتومبیل‌ها و پالایش آب و هوا می‌باشد. استانداردهای مربوط به خروج گازها از اگزوز اتومبیل‌ها روز به روز سختگیرانه و دقیق تر می‌شود. از این رو نیاز به کاتالیزورهای پیشرفته بیش از پیش احساس می‌گردد. کاتالیزورهای رایج که اغلب دارای پایه پلاتین هستند اگرچه راندمان کافی دارند لیکن بسیار گران قیمت می‌باشند. به همین جهت کاتالیزورهای نانو ساختاری به عنوان جایگزین ارزان قیمت کاتالیزورهای فوق به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. نمونه‌ای از این نوع کاتالیزورها مانند TMX ها و TMOX ها می‌باشند که به علت داشتن سطح مخصوص بسیار زیاد قابلیت جذب فراوان آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیلها را دارا هستند. اگر چه تولید اکسیدهای مضر نیتروژن و گوگرد عمده ترین منابع آلاینده حاصل از احتراق بنزین می‌باشند لیکن در موتورهای دیزلی، خروج ذرات معلق و دوده اصلی ترین معضل زیست محیطی است. هر ساله تنها در ایالت کالیفرنای آمریکا بیش از ۲۸ هزار تن دوده در احتراق گازوییل توسط بیش از ۱/۲ میلیون خودرو، ۱۵ هزار موتور ثابت (مانند ژنراتورهای برق) و ۵۰ هزار موتور سیار (مانند کمپرسورهای متحرک) در هوا رها می‌شوند. که آنرا به آلوده‌ترین منطقه در آمریکا تبدیل نموده است.

یکی از راههای کاهش این آلودگی استفاده از سوخت تمیز تر مانند گاز طبیعی است. مورد استفاده مهم تر مواد نانو ساختاری استفاده از آنها به صورت کاتالیزورهای ویژه جهت حذف ذرات معلق و دوده از گازهای خروجی از اگزوز موتورهای دیزلی می‌باشد که هم‌اکنون مراحل آزمایشی را پشت سر نهاده و وارد مرحله تولید صنعتی گردیده است. مورد استفاده دیگر کاتالیزورهای زیست محیطی کاربرد آنها برای مصارف تصفیه آب و هوا و حذف فلزات سنگین توسط فتوکاتالیستها می‌باشد. ماده فعال این کاتالیزورهای نوری معمولا اکسید تیتانیوم می‌باشد که در اثر برخورد نور با آن تولید حفره و الکترون می نمایند. مواد سمی از قبیل ترکیبات آلی فرار و ترکیبات حاوی فلزات سنگین، یا از طریق قرار گرفتن در داخل حفره‌ها اکسید شده و یا جذب الکترون می‌گردند. در هر صورت با استفاده از این کاتالیزورهای نوری ترکیبات سمی مهلک به مواد بی‌خطر تبدیل می‌شوند. دی‌اکسید تیتانیوم مصرفی در این نوع کاتالیزورها ی پایدار، ارزان قیمت، خود احیا و قابل بازیافت بوده و اثرات سو زیست محیطی ناچیزی دارد.