

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۸

# کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خود تمیز شونده

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست





نگهداری ساختمان و اجزای آن، از فعالیت های مهمی است که پس از ساخت بنا باید مورد توجه طراحان و کاربران ساختمان قرار گیرد. مانند هر وسیله ی دیگری، ساختمان هم نیاز به نگهداری و شستشو دارد. این مسئله، به ویژه در مورد سطوح در معرض دید، مانند نمای ساختمان اهمیت ویژه ای پیدا

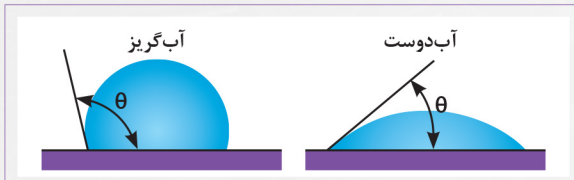
می کند. هزینه و نیروی انسانی که به این منظور صرف می شود، در ساختمان های ویژه (مانند آسمان خراش ها و ساختمان های بزرگی چون ورزشگاه ها) ارقام قابل توجهی را به خود اختصاص می دهد. به منظور کاستن از هزینه های نگهداری و تمیز نگاه داشتن سطوح ساختمان و همچنین کاهش تکرار این فرآیند، متخصصان عرصه ی فناوری نانو، از این فناوری نوین به منظور ایجاد امکاناتی برای تولید سطوح، با هدف خود تمیز شوندگی و آسان تمیز شوندگی استفاده کرده اند. امروزه محصولاتی که با این هدف تهیه می شوند، با استقبال چشمگیری از سوی طراحان، سازندگان و مالکان ابنیه مواجه شده است.

### اصول خود تمیز شوندگی

پوشش های خود تمیز شونده<sup>۱</sup> به دو گروه آب گریز<sup>۲</sup> و آب دوست<sup>۳</sup> تقسیم می شوند و در هر دو نوع، پوشش به واسطه ی آب، آلودگی را از سطح می زداید، یکی به واسطه تشکیل قطرات کروی شکل و دیگری از طریق تشکیل ورقه های نازک آب روی سطح. در پوشش های آب دوست، آب در سطح گسترده می شود و به این ترتیب می تواند آلودگی ها را با خود حمل کند و از بین ببرد. در حالی که در سطوح آب گریز، قطرات آب روی سطح می لغزند و آن را تمیز می کنند.

پدیده خود تمیز شوندگی به زاویه تماس مایع با سطح بستگی دارد. زاویه تماسی مایع در فصل مشترک سه فاز جامد، مایع و گاز در محل تماس قطره مایع با سطح جامد تشکیل می شود. به طور کلی، اگر زاویه تماسی کمتر از ۹۰ درجه باشد، سطح را آب دوست و اگر بیشتر از ۹۰ درجه باشد، سطح را

آب گریز می نامند. سطوح با زاویه تماس نزدیک به صفر درجه ابر آب دوست<sup>۴</sup> و سطوح با زاویه تماس بیشتر از ۱۵۰ درجه ابر آب گریز<sup>۵</sup> نام دارند. سطوح آب گریز دارای انرژی سطحی بسیار پایین هستند، در حالی که



➤ زاویه تماس، که میزان آب گریزی سطح را تعیین می کند این زاویه، میزان ترشوندگی<sup>۶</sup> و عملکرد نسبی نیروی کشش سطحی بین آب، هوا و سطح را توصیف می کند.

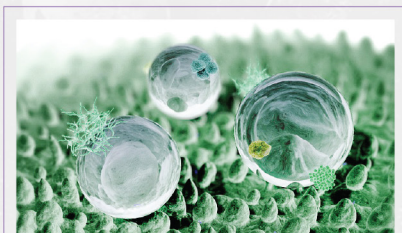


انرژی سطحی سطوح آب دوست بسیار بالاست. استفاده از فناوری نانو و بروز خواص متفاوت در ابعاد نانومتری دستیابی به سطوح ابر آب گریز و ابر آب دوست را ممکن ساخته است.

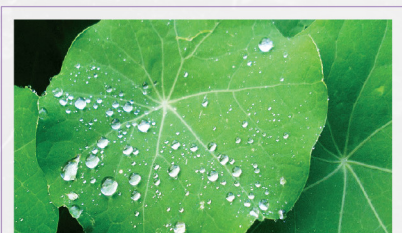
### پوشش‌های آب گریز و ابر آب گریز

منبع الهام سطوح خود تمیز شونده‌ی آب گریز به گیاه نیلوفر آبی باز می‌گردد. این گیاه به این علت مورد توجه قرار می‌گرفته که از پاکی و تمیزی استثنایی برخوردار بوده است. در این گیاه، آب به محض تماس با سطح به شکل قطرات کروی تجمع یافته و با لغزش از روی سطح ذرات آلودگی و خاک را با خود از روی سطح می‌زداید.

خاصیت آب گریزی بعضی از گیاهان مانند نیلوفر آبی به دلیل وجود ناصافی‌های میکروسکوپی است که سبب می‌شود سطوح زبری بر روی برگ‌ها پدید آید که دارای خاصیت آب گریزی باشند. زمانی که یک سطح دارای بافت زبری در مقیاس میکرومتر یا نانومتر باشد، فصل مشترک بین هوا و آب در یک قطره که بر روی سطح قرار گرفته است افزایش پیدا می‌کند و نیروی موینگی بین قطره و سطح شدیداً کم می‌شود. بنابراین، قطره آب شکل کروی به خود می‌گیرد و به راحتی جریان پیدا می‌کند و ذرات آلاینده‌ی موجود بر روی سطح، به قطرات آب چسبیده و با غلطیدن قطرات آب، آلودگی‌ها نیز از سطح زدوده می‌شود.



تصویر یک قطره آب بر روی برگ نیلوفر آبی، ذرات آلودگی روی قطره آب می‌چسبند و از سطح جدا می‌شوند.

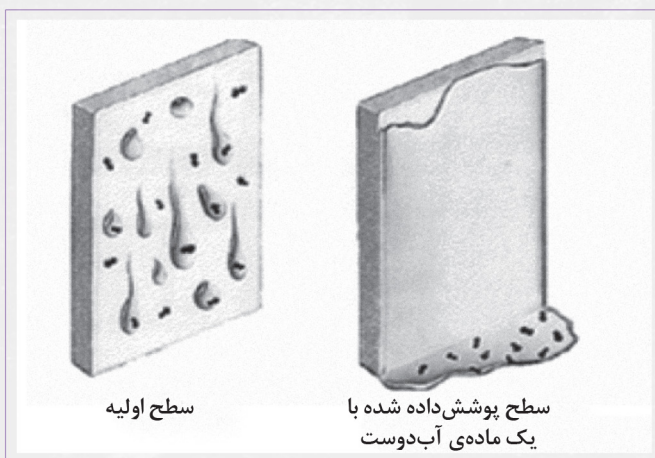


خاصیت خود تمیز شوندگی برگ گیاه نیلوفر آبی، منبع الهام سطوح خود تمیز شونده بوده است.

با الهام از اثر نیلوفر آبی، امروزه سطوح و پوشش‌هایی تولید می‌شوند که به دلیل ریز ساختار زبرشان دارای اثر خود تمیز شوندگی باشند. با استفاده از فناوری نانو و ایجاد سطوحی که زبری در مقیاس نانومتر داشته باشند، سطوح فوق آب گریز پدید آمده‌اند که از امکان ترشدگی کمتری برخوردارند.

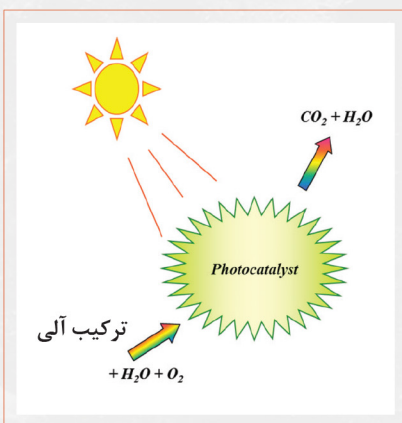
### پوشش‌های آب دوست و ابر آب دوست

نوع دیگر پوشش‌های خود تمیز شونده عملکردی کاملاً متفاوت نسبت به پوشش‌های آب گریز دارند. پوشش‌های آب دوست منحصرانگیز بر جریان آب برای تمیز کردن آلودگی سطح ندارند. این پوشش‌ها در اثر خاصیت فتوکاتالیستی<sup>۶</sup> خود، با قرار گرفتن در معرض نور آلودگی سطحی را تجزیه می‌کند و با جریان یافتن آب روی سطح آلودگی‌ها پاک می‌شود. این گونه پوشش‌ها رشد تجاری بالایی در صنعت پیدا کرده‌اند.



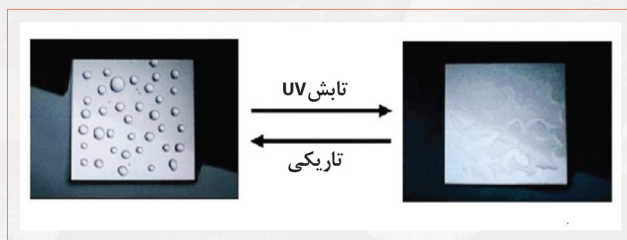
تجزیه و زدایش آلودگی از روی سطح با استفاده از خاصیت فوتوکاتالیستی سطح

در واقع خاصیت خودتمیز شوندگی برای سطوح آب‌دوست ناشی از دو خصوصیت فوتوکاتالیستی و آب‌دوستی است. مواد فوتوکاتالیست موادی هستند که در حضور نور (فوتو) از خود خاصیت کاتالیستی نشان می‌دهند. یعنی اگر این مواد در معرض تابش نور قرار گیرند، به‌عنوان یک کاتالیست می‌توانند سرعت انجام یک واکنش خاص را بدون دخالت در آن افزایش دهند. مواد فوتوکاتالیست ساختار شیمیایی آلودگی‌ها را در مجاورت نور خورشید از بین می‌برند. در طول فرآیند فوتوکاتالیستی، ساختار شیمیایی آلودگی‌های ارگانیک و سایر ناخالصی‌ها که بر روی پوشش قرار دارد به وسیله جذب نور خورشید شکسته می‌شود. شکل زیر شماتیکی از پدیده فوتوکاتالیستی را نشان می‌دهد.

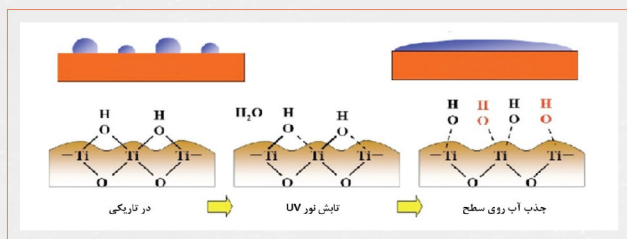


همچنین این مواد در معرض نور خورشید موجب ایجاد خواص آب‌دوستی سطح می‌شوند. خاصیت آب‌دوستی سطح نیز باعث می‌شود با کاهش زاویه تماسی، صفحاتی از آب بر روی سطح ایجاد شود که آلودگی‌ها را از بین ببرد.

شکل صفحه بعد نیز پدیده‌ی آب‌دوستی را با استفاده از دی‌اکسید تیتانیم نشان می‌دهد. هنگامی که پوشش در معرض نور خورشید قرار می‌گیرد، دارای

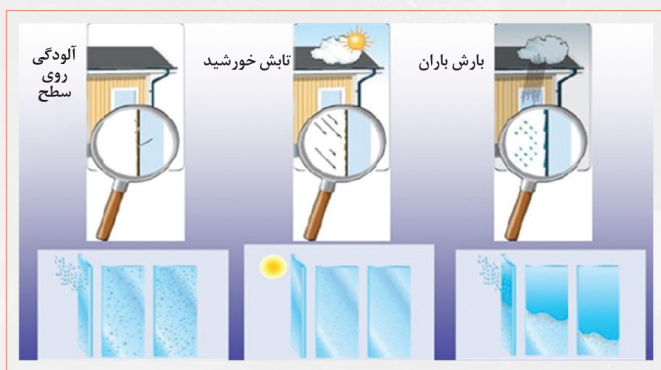


ایجاد پیوندهای سطحی ایجاد شده در سطح آب دوست



روند پدیده فتوکاتالیستی

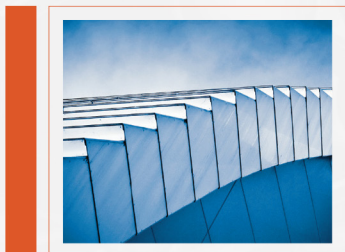
خاصیت آب دوستی می شود. شکل زیر نیز شماتیکی از خاصیت خودتمیز شوندگی که از ترکیب پدیده‌ی فوتوکاتالیستی به همراه پدیده‌ی فوق آب دوستی نتیجه می شود را نشان می دهد.



شماتیک پدیده خودتمیز شوندگی

انواع مختلفی از اکسید و سولفید فلزی که در ابعاد نانومتری دارای خاصیت خودتمیز کنندگی هستند، طی سال های اخیر کشف شده اند که از جمله‌ی آنها  $\text{ZnO}$ ،  $\text{ZrO}_2$ ،  $\text{WO}_3$ ،  $\text{TiO}_2$  و  $\text{CdS}$  را می توان نام برد. این مواد قدرت

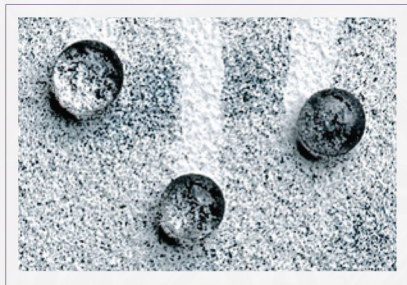
خودتمیز کنندگی متفاوتی را در سطح ایجاد می کنند. از بین این نیمه هادی ها  $\text{TiO}_2$  خواص بسیار مناسبی نسبت به بقیه از خود نشان می دهد و یکی از مواد فتوکاتالیستی است که کاربرد زیادی به عنوان سطوح خودتمیز شونده آب دوست دارد. دی اکسید تیتانیوم یک ماده ی ایده آل برای پدیده های فوتوکاتالیستی است. زیرا:



- ارزان و قابل دسترس است؛
- مقاومت به خوردگی بالا دارد؛
- اکسید کننده قوی است؛
- پدیده ی فوتوکاتالیستی می تواند در دماهای معمول رخ دهد؛
- واکنش می تواند در اتمسفر اکسیژن رخ دهد.

ذرات و پوشش های با مقیاس نانو (ابعاد در اندازه ی بین ۱ تا ۱۰ نانومتر) و ذرات و پوشش های با ابعاد میکرو و ماکرو تیتانیا خواص متفاوتی از خود نشان می دهند. نیمه هادی ها با ابعاد فیزیکی نانو خواصی از خود نشان می دهند که در مقیاس توده ای در آنها دیده نمی شود. در ابعاد نانو نسبت سطح به حجم افزایش می یابد و خواص الکترونی نیز تغییر می یابد. امکان ایجاد حفره های الکترونی در سطح و تجزیه ترکیب شیمیایی آلودگی ها افزایش پیدا می کند. به همین دلیل، معمولاً از نانوذرات اکسید تیتانیوم به عنوان سطوح ابر آب دوست استفاده می شود. با کاهش ابعاد ذرات، درصد فعالیت فوتوکاتالیستی نیز افزایش پیدا می کند.

### رنگ های خودتمیز شونده

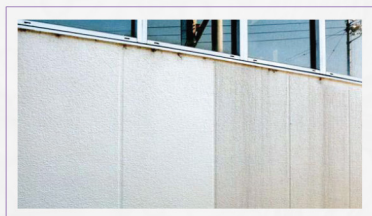


پوشش های خودتمیز شونده می توانند بصورت رنگ روی سطوح ایجاد شوند و انواع مختلفی از این رنگ ها به بازار عرضه شده است. مزیت این گونه رنگ ها، ظاهر تمیز تر و کاهش قابل توجه نیاز به نگه داری سطح پوشش شده است. کاهش تعداد دفعات نظافت در سال، به معنای کاهش مصرف مواد شوینده و کاهش استهلاک سطوح در اثر شستشو نیز می باشد.

⬆ رنگ های خودتمیز شونده ی آب گریز که با حرکت قطره های آب روی سطح آن آلودگی ها پاک می شود.

برای ایجاد رنگ های خودتمیز شونده ی آب گریز از اثر نیلوفر آبی استفاده می شود. در واقع با استفاده از نانو ساختارها در رنگ که موجب به وجود آمدن سطح ناصاف در محدوده ی نانومتری شوند، می توان به رنگ با خاصیت خود تمیز شوندگی رسید. این گونه رنگ ها بصورت تک لایه یا دولایه روی سطح ایجاد می شوند. در شرایط مناسب، مانند استفاده بر روی سطوح داخلی و بیرونی ساختمان، این رنگ ها از دوام بسیار عالی برخوردارند و اگر سطح مورد نظر در معرض عبور آب باشد، تمیز باقی خواهد ماند. در رنگ های خودتمیز شونده ی آب دوست اکثر از نانوذرات  $\text{TiO}_2$  به عنوان ماده ی فتوکاتالیستی استفاده





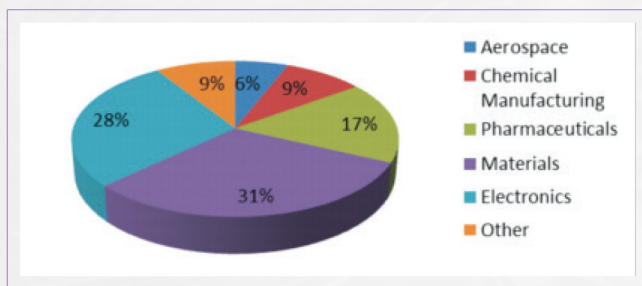
▲ رنگ خودتمیز شوندهی آب دوست در مقایسه

بارنگ معمولی

می شود. با حضور نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در معرض تابش پرتوی فرابنفش، زاویه تماسی کمتر از یک درجه برای سطح حاصل می شود. برای تولید رنگ های خود تمیز شوندهی آب دوست، باید روش ساخت به شکلی باشد که نانوذرات غیر آلی بطور همگنی در زمینهی پلیمر آلی پخش شوند تا یک شبکهی سه بعدی را در پوشش ایجاد کنند و خواص خود تمیز شوندگی مناسبی روی سطح ایجاد شود. به دلیل نیاز به آب و نور خورشید برای فعالیت رنگ های آب دوست، کاربرد اینگونه رنگ ها در فضاهای بیرونی بیش از فضای داخلی ساختمان خواهد بود.

## بازار رنگ های خود تمیز شونده

استفاده از نانو مواد می تواند به بهبود محصولات و فرآیندهای تولید کمک شایان توجهی نماید. استفاده از این دسته مواد در محصولات تجاری به سرعت در حال رشد است. ادعا شده است که در سال ۲۰۰۶، ۳۰۰ محصول تجاری به کمک فناوری نانو بهبود خواص یافته اند. که این رقم در سال ۲۰۱۰ چهار برابر شده است. به علت پتانسیل فناوری نانو، شرکت های زیادی در سرتاسر جهان به میزان بالایی در این بخش سرمایه گذاری می کنند. فناوری نانو در زمینه های گوناگون کاربردهای مختلفی دارد. شکل زیر تخمین سهم بازار فناوری نانو را در این حوزه های ذیل طی سال های ۲۰۱۵-۲۰۱۰ نشان می دهد.



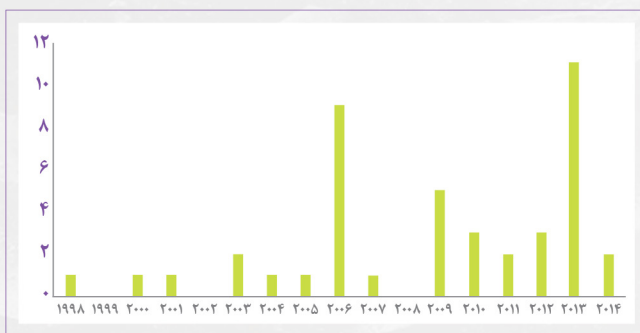
▲ تخمین سهم بازار فناوری نانو در زمینه های گوناگون طی سال های ۲۰۱۵-۲۰۱۰  
(پوشش های خود تمیز شونده در صدی از قسمت بنفش رنگ را در بر می گیرد)

در سال ۲۰۰۹ نرخ بازار جهانی برای محصولات فوتوکاتالیستی ۸۴۸ میلیون دلار بود. نرخ رشد سالانه محصولات در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۴/۳ درصد افزایش یافته و به مقدار ۱/۷ میلیارد دلار رسیده است. با توجه به نرخ رشد سالانه انتظار می رود محصولات مصرفی در طول پنج سال (۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۴) ۱۳/۲ درصد افزایش یابد که متناسب با آن حجم فروش این محصولات در بازار از ۸۵/۱ میلیون دلار در سال ۲۰۰۹

به ۱۵۸۴ میلیون دلار در سال ۲۰۱۴ افزایش می‌یابد. محصولات دیگر از مجموع ۲۲/۱ میلیون دلار فروش در سال ۲۰۰۹ حجم کوچکتري را به خود اختصاص دادند. فوتوکاتالیست‌های نانومقیاس در داخل این مقادیر گنجانده شده‌اند اما به صورت جزئی تأکیدی بر آنها نشده است. با این حال، درصد محصولات نانومقیاس قابل تولید در طول سال‌های اخیر افزایش یافته است و این روند احتمالاً در آینده ادامه خواهد داشت.

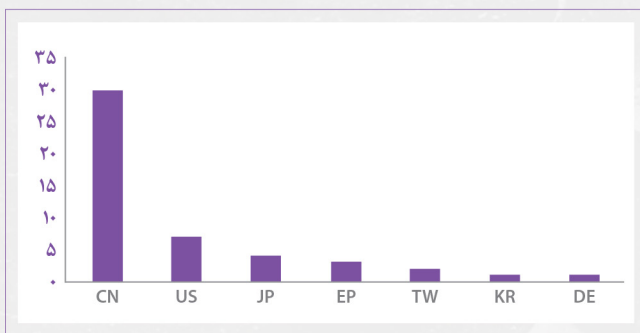
## پتنت

به منظور تعیین سیر اختراعات ارائه شده در زمینه‌ی رنگ‌های خودتمیزشونده، پتنت‌های ارائه شده در این زمینه بررسی شدند. ۴۴ پتنت مرتبط با موضوع رنگ‌های خودتمیزشونده یافت شد که در نمودار زیر تعداد پتنت‌های مربوطه در سال‌های مختلف ارائه شده است. روند کلی تعداد پتنت‌ها، نشان از افزایش روز به روز تحقیقات و محصولات در این حوزه می‌باشد.



➤ سیر زمانی پتنت‌های ارائه شده در زمینه رنگ‌های خودتمیزشونده

نمودار زیر نیز تعداد پتنت‌های ارائه شده را بر حسب سهم کشورهای مختلف نشان می‌دهد و همانطور که مشخص است بیشترین سهم مربوط به کشور چین می‌باشد.



➤ تعداد پتنت‌های کشورهای مختلف در زمینه رنگ‌های خودتمیزشونده



## شرکت‌ها



شرکت «مهندسی شیمیایی و رنگ‌سازی نیلی‌فام‌ری» در حال حاضر رنگ اکریلیک پایه آب خودتمیز شونده را به بازار عرضه می‌کند که قابل اعمال بر روی سطوح مختلف، حتی سطوح از پیش رنگ آمیزی شده است. این رنگ با بهره‌گیری از خاصیت فتوکاتالیستی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیم طراحی و عرضه شده است.

در جدول زیر نیز چند شرکت خارجی با محصولات خودتمیز شونده معرفی شده است.

| نام شرکت                 | محصول                  |
|--------------------------|------------------------|
| BalcoNano                | پوشش خودتمیز شونده     |
| Green Earth Nano Science | پوشش خودتمیز شونده     |
| Paintmyproperty          | رنگ خودتمیز شونده      |
| Ppilkington              | شیشه‌های خودتمیز شونده |
| Nanomyte                 | پوشش خودتمیز شونده     |
| Nanovations              | پوشش خودتمیز شونده     |
| Matrix Micro Coatings    | پوشش خودتمیز شونده     |

## پی‌نوشت‌ها

- 1 Self-cleaning
- 2 Hydrophobic
- 3 Hydrophilic
- 4 Superhydrophilic
- 5 Superhydrophobic
- 6 Wetting angle
- 7 photocatalytic effect

## منابع

- 1 www.nano.ir
- 2 Ivan P. Parkin, Robert G. Palgrave, Journal of Materials Chemistry, 2004.
- 3 Shunsuke Nishimotoab , Bharat Bhushan, RSC Advances. 2012.
- 4 www.alcoa.com

## از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضداثتش و دی‌سوزی منسوجات
- نانوذرآت لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی
- نانومیسرها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانو بلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم‌محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی
- بهره‌گیری از جاذب‌های نانو بر پایه آئروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌استاتیک
- داروهای متصل شده به پادتن
- تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون
- نانوحسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی متداول خون (تعیین میزان قند، چربی و...)
- نانو کامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی

## مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است. تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - [www.nanosun.ir](http://www.nanosun.ir)

## ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۰۲۱-۶۳۱۰۰

تلفن:

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

نمابر:

نظارت: داود قراپلو

[www.nano.ir](http://www.nano.ir)

پایگاه اینترنتی:

[report@nano.ir](mailto:report@nano.ir)

۱۴۵۶۵-۳۴۴

صندوق پستی:

تهیه‌کننده: شرکت توسعه نانوفناوری افشار

[civil@nano.ir](mailto:civil@nano.ir)