

# کاربردهای فناوری نانو در صنعت لوازم خانگی



## شناسنامه

### ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

|                |                            |                         |                |
|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| طراحی و اجرا:  | توسعه فناوری مهرویژن       | تلفن:                   | ۰۲۱-۶۳۱۰۰      |
| نظارت:         | داود قزابلو                | نمابر:                  | ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰   |
| صندوق پستی:    | ۱۴۵۶۵-۳۴۴                  | پایگاه اینترنتی:        | www.nano.ir    |
| پست الکترونیک: | IND@nano.ir                |                         |                |
| سال انتشار:    | ۱۴۰۳                       |                         | www.INDnano.ir |
| نویسنده:       | شرکت پیشگامان فناوری دریچه | اینستاگرام نانو و صنعت: | @INDnano.ir    |

محتوای صنعتی و فناوری خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

## فهرست مطالب

|    |                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------|
| ۳  | مقدمه.....                                                           |
| ۳  | افزایش مقاومت و زیبایی در مبلمان، کابینت و رنگ سطوح لوازم خانگی..... |
| ۳  | مقاومت در برابر خوردگی سطوح فلزی لوازم خانگی.....                    |
| ۴  | پاک کنندگی به همراه آلرژی کمتر در لوازم شوینده.....                  |
| ۴  | افزایش حساسیت در نانو حسگرها برای لوازم خانگی هوشمند.....            |
| ۵  | افزایش عایق حرارتی در پنجره ها، رنگ و ملات ساختمانی.....             |
| ۵  | تمیز ماندن سطوح با ایجاد خاصیت آبگریزی یا آب دوستی.....              |
| ۷  | افزایش خاصیت خود تمیز شوندگی و ضد میکروبی در سطوح.....               |
| ۸  | افزایش بوزدایی از محیط.....                                          |
| ۹  | فناوری نانو در ذخیره انرژی الکتریکی.....                             |
| ۹  | خلاصه.....                                                           |
| ۱۱ | پی نوشت.....                                                         |
| ۱۱ | منابع.....                                                           |

## مقدمه

فناوری نانو با پیشرفت هرچه بیشتر علم، نقش پررنگ‌تری در افزایش عملکرد تجهیزات مختلف از جمله در حوزه پزشکی، پتروشیمی، خودرو و نیز لوازم خانگی پیدا کرده است. در کاربری خانگی، فناوری نانو توانسته با کمک به قابلیت‌هایی از جمله خودتمیزشوندگی، ضد میکروب، آب‌دوستی و آب‌گریزی، بوزدایی، عایق حرارتی، کنترل هوشمند با حسگرها و... بازده و عملکرد را بالا برده و هزینه‌ها را کاهش دهد. در گزارش پیش‌رو، قابلیت‌های فناوری نانو در اضافه کردن ویژگی‌های جدید به کاربری خانگی شرح داده است.

## افزایش مقاومت و زیبایی در مبلمان، کابینت و رنگ سطوح لوازم خانگی

استفاده از پوشش‌های نانوروی چوب و محصولات مبتنی بر چوب، مبلمان چوبی، کابینت‌ها و...، افزایش دوام، ویژگی‌های مکانیکی، مقاومت در برابر آتش و محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و در عین حال کاهش جذب آب را نتیجه داده است. نانوپوشش‌های استفاده شده بر روی چوب، در برابر خش مقاوم هستند و زیبایی چوب را افزایش می‌دهند. نانوذرات سلولز و لیگنین سنتز شده از زیست‌توده چوبی می‌توانند خواص مکانیکی مانند استحکام را افزایش داده و عملکردهای بیشتری به محصولات چوبی اضافه کنند. در مقیاس نانو، ذرات توانایی مؤثرتری برای نفوذ در سطح چوب دارند و چسبندگی پوشش به سطح را بیشتر خواهند کرد [۱]. چوب‌های دارای این پوشش‌ها در لوازم خانگی در اثر برخورد با آب، کمتر متورم خواهند شد.

اگر لایه پوششی محافظ که بر روی سطوح فلزی اعمال می‌شود، دارای ذراتی در ابعاد نانو باشد، به دلیل ابعاد ریز خود، تمام سطح فلز را می‌تواند به خوبی پوشش دهد، در این صورت، چسبندگی پوشش به لایه فلزی، بیشتر خواهد بود. به دلیل چسبندگی بیشتر، یک محافظ فیزیکی مؤثری نیز در برابر دما ایجاد خواهد شد [۲]. همچنین این نانوذرات، سختی سطح پوششی را نسبت به حالت عادی، افزایش می‌دهند. در نتیجه سطح پوششی در برابر خراش و سایش مقاومت بیشتری دارد و دیرتر دچار خرابی خواهد شد [۲].

این ویژگی باعث شده، استفاده از فناوری نانو در رنگ‌ها نیز کاربرد داشته باشد. این نوع رنگ استفاده شده در سطوح لوازم خانگی، برایت خود را نسبت به حالت معمول، بیشتر حفظ خواهد کرد و همان‌طور که ذکر شد در برابر سایش و پارگی رنگ، مقاومت بیشتری دارد [۳].

## مقاومت در برابر خوردگی سطوح فلزی لوازم خانگی

اگر در یک پوشش پلیمری معمولی، نانوذراتی از جمله نانوذرات اکسیدروی<sup>۱</sup>، اکسید آهن<sup>۲</sup>، خاک رس هالوزیت، پلی‌آبیلین/فریت و...، استفاده شود، به‌طور قابل توجهی عملکرد ضد خوردگی چنین پوشش‌هایی را بر روی بسترهای فولادی (لوله یا سطوح فولادی) افزایش خواهد داد [۴]. این نوع پوشش‌ها مانع مؤثرتری بین فلز (مس، آلومینیوم، فولاد) و هوا ایجاد می‌کنند. ذرات نانو، به دلیل نسبت سطح به حجم بالایی که دارند، سرعت خوردگی را کاهش می‌دهند. برخی مواد موجود در پوشش‌های محافظ، خاصیت خودتمیزشوندگی نیز دارند. بودن ذرات این ماده در ابعاد نانو، این ویژگی را افزایش خواهد داد. در نتیجه این نانوپوشش‌های محافظ، می‌توانند به صورت مؤثرتر ترکیبات خورده شده را از روی سطح تمیز کنند. شکل ۱ مزایای بیشتر پوشش‌های نانوکامپوزیت ضد خوردگی نسبت به پوشش‌های سنتی را نمایش می‌دهد [۵].



شکل ۱- مزیت‌های پوشش‌های نانوکامپوزیت ضد خوردگی [۵]

### پاک‌کنندگی به‌همراه آلرژی کمتر در لوازم شوینده

نانوذرات مس، نقره و آهن ( $NPs^2$ ) با غلظت‌های کم و مشخص در شامپو، مایع شستشوی دست و مایع ظرف‌شویی به جای نگهدارنده‌های مصنوعی معمولی و ضد میکروب مانند ایزوتیازولینون‌ها آزمایش شدند. ماده نگهدارنده مصنوعی معمول، گاهی موجب تحریک پوست، حساسیت و ایجاد درماتیت تماسی آلرژیک می‌شود. نانوذرات ذکر شده به‌طور قابل‌توجهی در برابر باکتری به نام اشیریشیا کلی و باکتری استافیلوکوکوس اورئوس مؤثر هستند و آن‌ها را از بین می‌برند. مطالعات، مزایای استفاده از غلظت‌های نسبتاً کم از نانوذرات نقره، مس و آهن را به‌عنوان نگهدارنده و جایگزینی برای کاتیون سورفکتانت CG که معمولاً در محصولات شوینده استفاده می‌شوند و در مواردی حساسیت‌زا هستند، نشان می‌دهد [۶].

### افزایش حساسیت در نانو حسگرها برای لوازم خانگی هوشمند

استفاده از فناوری نانو در ارتباطات بی‌سیم، مزایایی از جمله بهبود عملکرد، مصرف انرژی کمتر و اندازه کوچک‌تر داشته است. شکل ۲ حسگرهای بی‌سیم را در کاربرد خانگی (خانه‌های هوشمند) نشان می‌دهد که از فناوری نانو استفاده می‌کند.

عملکرد این حسگرها را می‌توان در یخچال، اجاق مایکروویو، جاروبرقی، سیستم‌های امنیتی و همچنین در سیستم‌های نظارت بر آب یافت. کاربر می‌تواند دستگاه‌ها را به‌صورت محلی و همچنین از راه دور کنترل کند. حسگرهای معمولی را می‌توان برای اندازه‌گیری دما در سطح ماکرو استفاده کرد، اما نانو حسگرها می‌توانند دما را در شرایط غیرعادی مثلاً تعیین دمای یک سلول بدن را اندازه‌گیری کنند. طی ده سال آینده، حسگرهای مبتنی بر نانو ساختارها توسعه بیشتری در زندگی هوشمند روزمره خواهند یافت [۷].



شکل ۲- کاربردهای خانگی نانوحسگرها [۷]

## افزایش عایق حرارتی در پنجره‌ها، رنگ و ملات ساختمانی

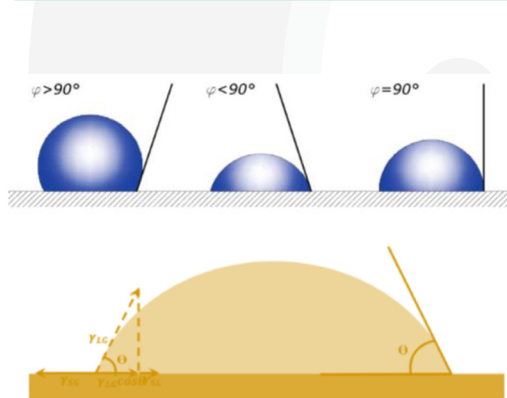
اگر پوشش دارای نوعی نانوذرات<sup>۴</sup>، بر روی شیشه‌ها قرار گیرد، از فرار تشعشعات حرارتی از اتاق جلوگیری می‌کند. این خاصیت در زمستان برای گرم نگه داشتن اتاق مفید است. همچنین از ورود اشعه مادون قرمز به داخل نیز ممانعت می‌کند که در تابستان جهت حفظ دمای اتاق کمک‌کننده است [۸].

مواد عایق نانو با کاهش اندازه منافذ بین ذرات، زیر ۴۰ نانومتر ساخته می‌شوند. مولکول‌های جریان هوای عبوری به جای یکدیگر فقط با دیواره منافذ نانوذرات برخورد می‌کنند. در نتیجه برخورد بین مولکولی از بین می‌رود و کمترین رسانایی حرارتی ماده عایق ایجاد می‌شود. در منافذ خالی، گازهایی مانند هوا، Ar، Kr و Xe وجود دارد. عمده‌تأثیرات نانولایه‌های سیلیس<sup>۵</sup> به کامپوزیت سیمانی و رنگ‌ها اضافه می‌شود تا ملات سبک و با رسانایی حرارتی کم و رنگ‌های عایق حرارتی تولید شوند [۹]. در مواد نانوعایق (NIM)<sup>۶</sup>، اندازه منافذ درون ماده کمتر از یک سطح معین (تا حد امکان مقدار ۴۰ نانومتر یا کمتر برای هوا) کاهش می‌یابد تا شرایط بکر یعنی رسانایی حرارتی کلی کمتر از  $4 \frac{MW}{MK}$  حاصل شود. رسانایی حرارتی شبکه حالت جامد در مواد نانوعایق باید تا حد امکان پایین نگه داشته شود تا کمترین هدایت حرارتی به دست آید [۱۰].

## تمیز ماندن سطوح با ایجاد خاصیت آب‌گریزی یا آب‌دوستی

قرنیه چشم انسان خاصیت فوق آب‌دوست دارد به طوری که اشک در چشم پخش شده و سراسر آن را شست‌وشو می‌دهد. همچنین فلس نوعی ماهی خاصیت فوق آب‌دوستی دارد که می‌تواند در آب‌های آلوده به روغن شنا کند و قطرات روغن به فلس‌های او نچسبند. از جمله دلایل اهمیت خاصیت آب‌دوستی یا آب‌گریزی یک سطح این است که در تمیز ماندن آن سطح مؤثر است.

تمایل یک سطح به آب، به طور تجربی توسط زاویه تماس آب تعیین می‌شود که زاویه‌ای است که از طریق قطره در مداخله سه فاز مایع (قطره آب)، جامد (سطح) و گاز (هوا) اندازه‌گیری می‌شود. این زاویه توسط تعادلی بین نیروهای چسبنده داخل هر فاز و بین هر دو فاز ایجاد می‌شود [۱۱] و زاویه ترشوندگی را نشان می‌دهد [۱۲].



شکل ۳- زاویه تماس (زاویه ترشوندگی) قطره آب با سطح [۱۲]

مطابق شکل ۳ برای یک سطح آب دوست، زاویه تماس (جایی که سطح قطره با مواد برخورد می کند) کمتر از  $90^\circ$  درجه است. یک سطح آب گریز دارای زاویه تماس بیشتر از  $90^\circ$  درجه است [۱۳]. برای تمیز ماندن سطح، تغییر زبری روی سطح کمک کننده است. مثلاً در طبیعت، برگ گل نیلوفر آبی، خاصیت آب گریزی دارد. این برگ ابتدا برآمدگی هایی در مقیاس میکرو دارد و روی همان برآمدگی ها، مجدد شاخک هایی در مقیاس نانو، قرار دارد [۱۲]. نتایج تحقیقات نشان داد که زبری (تپه های ریز روی سطح) در حد نانو، زاویه تماس سطح با قطره آب را کاهش می دهد و آن را آب گریزتر می کند. نمونه هایی با زبری در حد میکرو و بدون زبری نانو و همچنین زبری در مقیاس نانو آزمایش و با هم مقایسه شد، در زبری میکرو نسبت به زبری نانو، قطرات آب به سطح چسبندگی پیدا می کردند و زاویه تماس کمتر می شد [۱۴]. همچنین محققان، سه سطح روی اکسید با زبری در حد میکرو، زبری در حد نانو و زبری در ساختار سلسله مراتب (ابتدا برآمدگی میکرو و روی آن برآمدگی در مقیاس نانو) را آزمایش کردند. زبری در حد میکرو، زاویه تماس کمتری داشت و سپس زبری در حد نانو، زاویه تماس بیشتری پیدا کرده بود و زاویه تماس در سطح آخر (سلسله مراتب میکرو و سپس برآمدگی نانو) بیشترین بود (آب گریزتر بود) [۱۲].



شکل ۴- تأثیر زبری سطح در زاویه تماس قطره با سطح [۱۲]

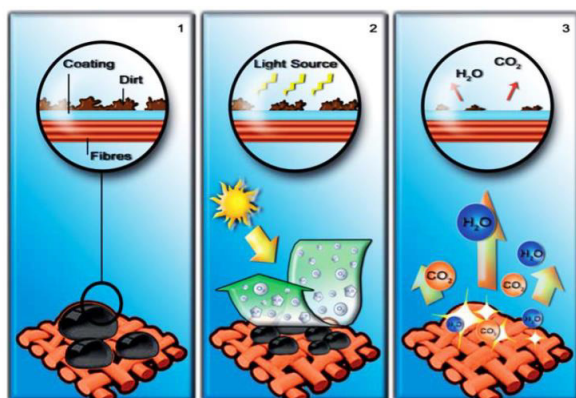
به طور کلی، خاصیت فوق آب دوستی و فوق آب گریزی سطح، به جز به خاصیت ذاتی سطح، به الگوهای میکرو و نانوی سطح بستگی دارد و گاهی با تغییر پتانسیل الکتریکی سطح یا تغییر زبری سطح، خاصیت آب دوستی و آب گریزی قابل تبدیل به یکدیگر است [۱۱].

برای خاصیت آب گریزی، از برخی نانوذرات<sup>۷</sup> به عنوان پوشش بر روی شیشه ها استفاده شده است. در شیشه های

معمول، قطرات باران بر روی شیشه می چسبد و ردی از مسیر آب، به جا می گذارد. در این ماده، آثار قطرات باران دیگر بر روی شیشه نمی ماند [۸]. این خاصیت برای استفاده در شیشه پنجره ها، قاشق عسل، آینه بدون مه حمام [۱۵]، حسگرهایی که لازم است داخل لوله های آب قرار بگیرد [۸] و... کاربرد دارد.

### افزایش خاصیت خودتمیزشوندگی و ضد میکروبی در سطوح

برخی مواد در طبیعت وجود دارند که در مقابل آلودگی مقاوم هستند<sup>۴</sup>. به گونه ای که با نشست آلودگی بر روی این مواد، در اثر شرایطی از جمله تابش نور، ترکیبات آلوده را تجزیه می کنند. بدین صورت سطوح این ماده در مدت های طولانی تمیز می ماند. به این خاصیت، ویژگی فوتوکاتالیستی می گویند. فناوری نانو با کاهش قطر ذرات این مواد به ابعاد ریز نانو، این خاصیت را بهبود داده است [۸] [۱۱]. در نتیجه در اثر قرار گرفتن این نانوذرات در معرض نور، یک محافظ شفاف در برابر آلودگی خواهیم داشت [۱۶]. در شکل ۵ طرح واره ای از فرایندی که بر روی نانوذرات فوتوکاتالیست رخ می دهد، نمایش داده شده است. نانوذرات پس از تجزیه آلودگی (آلودگی با پایه کربن)، آن را به کربن دی اکسید و آب تبدیل می کنند<sup>۴</sup>.



شکل ۵- فرایند واکنش مواد فیروز خودتمیزشونده که پس از تابش نور از آلودگی، آب و کربن دی اکسید تولید می کنند [۱۶]

همچنین برخی نانوذرات مانند تیتانیوم دی اکسید، ضد انعکاس، ضد رسوب و ضدمه نیز هستند که برای پوشش دهی شیشه ها، در کاربری های مختلف، استفاده می شوند [۱۱].

مواد جامد مقاوم در برابر حرارت مانند شیشه ها، کاشی ها، سلیس، سرامیک ها و کوارتزها به عنوان بسترهای پایه مناسب برای بررسی قرارگیری پوشش فوتوکاتالیست<sup>۵</sup> بر روی آن ها شناسایی شده اند. اما اتصال این پوشش ها روی مواد انعطاف پذیر مانند پارچه ها، پلاستیک ها، منسوجات و کاغذها به دلیل مقاومت شیمیایی و حرارتی کم آن ها، محدودتر است<sup>۶</sup>. این مواد به دلیل انعطاف پذیر بودن، انرژی سطحی پایین و ناکافی برای اتصال پوشش به خود را دارند. همچنین شکل های اغلب نامنظم این مواد، یکی از سخت ترین چالش ها برای چسبندگی پوشش ماده فوتوکاتالیست به سطح مورد نظر است. برخی خواص خودتمیزشوندگی نیز به دمای بالا نیاز دارد. برای حل

این چند مسئله، فناوری نانو به کمک آمده است. بودن ذرات در ابعاد نانو، این محدودیت ها را رفع کرده است. از جمله می توان این پوشش را به موادی با مقاومت حرارتی کمتر نیز اتصال داد. فناوری نانو، چسبندگی ماده فوتوکاتالیست به بستر را افزایش می دهد و با کمک به پراکندگی همگن فوتوکاتالیست، کارایی ماده را بالا می برد. به عنوان مثال نانوذرات کلونید تیتانیا<sup>۱۵</sup> با ساختار بلوری نوع آناتاز<sup>۱۶</sup> توانسته بر روی الیاف انعطاف پذیر پنبه نیز خاصیت خود تمیز شوندگی و ضد میکروبی ایجاد کند [۱۶]. این نانوذرات به سلول ویروس آسیب می زنند و مانع حیات آن می شوند [۱۳] و در اثر تابش نور، نوعی باکتری<sup>۱۷</sup> را به خوبی تجزیه و از بین می برند [۱۶]. برخی منسوجات دارای ترکیب چندین نانوذره<sup>۱۸</sup> نیز با قطر متوسط ۴۵۰ نانومتر، خواص ضد باکتریایی داشته و به ویروس آنفولانزا نیز آسیب می زنند که برای توسعه لباس های ضد میکروب قابل استفاده است.

با افزایش رطوبت، اثر ویروس کشی برخی نانوذرات افزایش می یابد. با آب دوست کردن سطح (مثلاً از طریق تغییر زبری سطح)، رطوبت سطح را می توان افزایش داد. همچنین آب گریز بودن، جذب قطره حامل ویروس را کاهش می دهد با این حال تماس سطحی با دیواره سلولی میکروبی را هم کاهش می دهد، در نتیجه خاصیت ضد میکروبی پارچه نمی تواند باعث از بین بردن میکروب شود ولی این مزیت را دارد که حداقل از تجمع قطرات حامل ویروس و تجمع با یکدیگر جلوگیری کند.

همچنین نانوذرات  $\text{Cu}_2\text{O}$  -گرافن<sup>۱۹</sup> در اثر برخورد با ویروس آنفولانزا، بر ساختار پوشش ویروس تأثیر می گذارند و از آسیب رساندن ویروس به سلول میزبان جلوگیری می کنند، همچنین در شرایطی می توانند ویروس را برای مدتی غیر فعال کنند. ادغام این نانوکامپوزیت در پلی وینیل الکل منجر به تشکیل لایه های شفافی می شود که می توان آن ها را روی فومیت ها و سطوح بی جان اعمال کرد تا خاصیت ضد میکروبی (خود استریل کنندگی) را فراهم کند. سطوح با زبری بالا و متخلخل، به تبخیر ماده دارای ویروس کمک می کند، در حالی که سطوح صاف و غیر قابل نفوذ از ماندن میکروب روی سطح حمایت می کند. فناوری نانو می تواند در ایجاد زبری سطح مؤثر باشد [۱۳]. برای دستیابی به خاصیت خود تمیز شوندگی، لایه ای از نانوذرات فوتوکاتالیست بر روی شیشه پنجره، نمای ساختمان [۸]، منسوجات، رنگ دیوار، مصالح ساختمانی [۱۱]، پرده [۱۶] و ... می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

غشاهای حاصل از مواد نانوالیافی همچنین به دلیل داشتن نسبت سطح به حجم بالا، اندازه های منافذ قابل تنظیم، سهولت آماده سازی، نفوذ پذیری بالا، وزن پایه کم و قطر الیاف کم، برای محیط های تصفیه آب و هوا استفاده می شوند [۱۷]. فناوری نانو هزینه دستگاه های تصفیه آب را کاهش می دهد. در پژوهش جدلا و دیگران، تأثیر انواعی از نانومواد در از بین بردن انواع آلودگی یا میکروب ذکر شده است [۱۸].

### افزایش یوزدایی از محیط

در طبیعت، عناصری دارای خاصیت خود تمیز شونده و آب دوست هستند که اثر یوزدایی نیز دارند [۱۵]. عملکرد یوزدایی با تخریب مواد دارای بو صورت می گیرد. همان طور که ذکر شد نوعی از نانوذرات به نام نانوذرات فوتوکاتالیست، با تابش نور، فعال شده و رادیکال آزاد می کند که با مواد نامطلوب وارد واکنش شده و آن ها را تخریب می کند. این مواد بدون ابعاد نانو نیز خاصیت یوزدایی دارند اما وجود ذرات در مقیاس نانو با داشتن خصوصیتی از جمله سطح به حجم بالا، عملکرد یوزدایی را چندین برابر افزایش می دهد [۱۹].

همچنین نانو خوشبوکننده هایی هستند که از نانومولسیون روغن در آب بدون الکل تولید شده اند. این مواد

می‌توانند با حذف اتانول و کاهش میزان سورفکتانت، کوسورفکتانت و حلال‌های استفاده شده در فرمولاسیون، راه‌حلی جایگزین برای ماندگاری کم خوش بوکننده‌ها ارائه دهند. انواع نانومواد مورد استفاده در لوازم آرایشی و بهداشتی مطابق جدول ۱ است [۲۰].

جدول ۱ - انواع نانومواد برای خاصیت بوزدایی [۲۰]

| نوع                   | ساختار نانوماده                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| نانومواد پلیمری       | نانوکپسول، هیدروژل، کیتوسان، کریستال مایع دان                            |
| سیستم‌های نانوذره     | نانوکره‌ها، نانوکریستال، نانوالیاف                                       |
| نانومواد با پایه کربن | نانودایاموند (نانوالماس)، فلورین                                         |
| نانومواد غیرارگانیک   | نانونقره، نانوطلا، نانوذرات اکسیدروی، دی‌اکسید تیتانیوم، نانوذرات سیلیکا |
| نانومواد ارگانیک      | نانوذرات چربی، لیپوزوم، آدوسوم و...                                      |
| دیگر نانومواد         | سیکلودکسترین دندریمر                                                     |

## فناوری نانو در ذخیره انرژی الکتریکی

موادی مانند نانولوله‌ها، گرافن، اکسیدهای فلزی و کاتالیزورهای نانومقیاس نقش کلیدی برای ذخیره انرژی دارند زیرا به غیر از نسبت سطح به حجم بالا، رسانایی الکتریکی بالایی دارند. در این مواد یون‌ها و الکترون‌ها، سریع‌تر حرکت می‌کنند که منجر به شارژ و تخلیه سریع‌تر انرژی می‌شود. انتقال بار الکتریکی در آن‌ها کارآمدتر و اتلاف بار در آن‌ها کمتر است [۲۱]. این بیشتر در باتری‌های لیتیومی خودروهای الکتریکی مشاهده شده است و شواهدی بر استفاده آن در باتری تجهیزات خانگی به دست نیامد. با این حال به دلیل ظرفیت بالای این فناوری، استفاده از آن در باتری تجهیزات خانگی، ممکن است در آینده صورت گیرد.

## خلاصه

به‌طورکلی فناوری نانو، توانسته در گستره بزرگی از تجهیزات، لوازم، مواد و فرایندها استفاده شده و عملکرد آن‌ها را بهبود دهد. جمع‌بندی خلاصه‌ای از مطالب ذکر شده در مورد کاربرد فناوری نانو در لوازم خانگی، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ - خلاصه‌ای از کاربرد فناوری نانو در لوازم خانگی [۲]

| ردیف | عنوان               | شرح                                                                                                                                                                                                               | انواع لوازم خانگی                                                                                                      |
|------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | خودتمیزشونده        | نانوذرات با خاصیت فوتوکاتالیستی که در اثر نور فعال شده و با مواد آلوده روی سطوح واکنش داده و آن‌ها را تجزیه می‌کنند.                                                                                              | سطوح، دیوارها، رنگ، شیشه‌ها، پرده پنجره و...                                                                           |
| ۲    | ضدمیکروب            |                                                                                                                                                                                                                   | پوشش سطوح، دستگاه فیلتر تصفیه آب، شوینده‌های ماشین ظرف‌شویی و...<br>منسوجات ضدمیکروب، ماسک، نانوفیلترها و...           |
| ۳    | بوزدایی             | - فرایندی مشابه فرایند خودتمیزشوندگی رخ می‌دهد.<br>- افزایش ماندگاری خوشبوکننده‌ها با ترکیب ذرات در ابعاد نانو                                                                                                    | کاربری خودتمیزشونده در سطوح می‌تواند خاصیت بوزدایی نیز داشته باشد، در کنار دستگاه تصفیه آب شهری و خانگی، خوشبوکننده‌ها |
| ۴    | آب‌گریزی و آب‌دوستی | سطوح با زبری در ابعاد نانو، آب‌گریزی بیشتری نسبت به سطوح با زبری در حد میکرو دارند. آب‌گریز بودن سطوح موجب می‌شود که قطرات باران، ردی از مسیر آب را بر روی سطوح به‌جا نگذارند. همچنین سطح عملکرد ضدمه خواهد داشت. | شیشه پنجره‌ها، ظروف، پوششی بر روی سطوح چوبی و...                                                                       |
| ۵    | جلوگیری از خوردگی   | نانوذرات با نفوذ بهتر به اعماق سطح، خوردگی فلز را کاهش می‌دهند.                                                                                                                                                   | لوله‌های فولادی، سطوح فولادی به کار رفته در لوازم خانگی                                                                |
| ۶    | مقاومت و زیبایی     | موجب افزایش استحکام و ضدخش شدن سطح می‌شود.                                                                                                                                                                        | رنگ دیوارها، سطوح چوبی و...                                                                                            |
| ۷    | عایق حرارتی         | اندازه کم منافذ بین نانوذرات، رسانایی حرارتی این ماده را کاهش می‌دهد.                                                                                                                                             | پنجره‌ها، دیوار ساختمان و...                                                                                           |

ادامه جدول ۲ - خلاصه‌ای از کاربرد فناوری نانو در لوازم خانگی [۲۰]

| ردیف | عنوان                     | شرح                                                                                                                             | انواع لوازم خانگی                                                                                                                                                               |
|------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۸    | حسگر مبتنی بر فناوری نانو | حسگر مبتنی بر فناوری نانو عملکرد بهتری نسبت به حسگر معمولی دارد. مصرف انرژی کمتری دارد و می‌تواند در ابعاد کوچک‌تر استفاده شود. | نانوحسگرها در لوازم خانگی با کنترل هوشمند با ارتباطات بی‌سیم مانند یخچال‌های هوشمند، اجاق‌های مایکروویو، جاروبرقی‌ها، سیستم‌های امنیتی و همچنین در سیستم‌های نظارت بر آب هوشمند |

پی‌نوشت‌ها

به راحتی توسط باران شسته شوند. خاصیت آب دوستی (هیدروفیلیک) این نوع مواد نیز بدین صورت کمک می‌کند که پس از تجزیه آلودگی، به عنوان مثال هنگامی که قطرات باران به شیشه برخورد می‌کنند به علت خاصیت آب دوستی شیشه، کاملاً بر روی شیشه پخش شده و همین باعث تمیز شدن شیشه می‌شود، به گونه‌ای که آثار قطرات باران نیز بر روی شیشه نمی‌ماند [۱] [۲].

۱۰ در اینجا ماده تیتانیوم دی اکسید

۱۱ برای قرار دادن این پوشش بر روی بستر، احتیاج به حرارت بالاست تا نانوذرات تا رسیدن به بلورینگی بیشتر بر روی بستر رسوب کنند.

۱۲ دی اکسید تیتانیوم

۱۳ تیتانیا به سه شکل کریستالی متداول یعنی آناتاز، روتیل و بروکیت یافت می‌شود. در بین چندین پلی مورف دی اکسید تیتانیوم، آناتاز به عنوان فعال ترین فوتوکاتالیست شناخته شده است.

۱۴ باکتری از نوع اشرشیا کلی

۱۵ نانوالیاف PMMA در ترکیب با نانوذرات نقره و

نانومیله های ZnO

۱۶ یک لایه از اتم های کربن

۱ ZnO

۲ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

۳ NanoParticles

۴ نانوذرات دی اکسید وانادیوم

۵ یا نانوکره سیلیس توخالی

۶ Nano insulation material

۷ در اینجا نانوذرات از جنس دی اکسید وانادیم

۸ مانند تیتانیوم دی اکسید که خاصیت فوتوکاتالیستی (فعال شدن واکنش با تابش نور) و خاصیت هیدروفیلیک (آب دوستی) دارد. بسیاری از مواد حساس به نور مانند

ZnO, ZnS, CdSe, CdTe, ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, SrTiO<sub>3</sub>

و WO<sub>3</sub> ممکن است به عنوان فوتوکاتالیست خوب عمل کنند. با این حال، دی اکسید تیتانیوم مزایای متعددی نسبت به بقیه این مواد دارد.

۹ با دریافت انرژی نور، نانوذرات برانگیخته می‌شوند (الکترون‌ها به بالاترین سطح انرژی آمده و در این صورت ماده به راحتی می‌تواند وارد واکنش و تبادل الکترون شود).

سپس با مولکول‌های آب داخل هوا (H<sub>2</sub>O)، وارد واکنش شده و آنرا به H<sup>+</sup> و OH<sup>-</sup> (رادیکال هیدروکسیل یا گونه‌های اکسیژن دار فعال ROS) تجزیه می‌کند. این رادیکال‌ها با آلودگی‌های مبتنی بر کربن وارد واکنش شده و آن‌ها را به تکه‌های کوچک‌تری تجزیه می‌کنند که می‌توانند

## منابع

- ۱ Richa Bansal et al., "Nanotechnology in wood science: Innovations and applications," International Journal of Biological Macromolecules, vol. 262, no. 2, p. 130025, March 2024.
- ۲ Dana H. Abdeen et al., "A Review on the Corrosion Behaviour of Nanocoatings on Metallic Substrates," Materials, vol. 12, no. 2, p. 210, 2019.
- ۳ Viswanathan S. Saji and Ronald Cook, "Corrosion protection and control using nanomaterials," Woodhead Publishing Limited, 2012.
- ۴ J.F. Wansah et al., "Application Of Nanotechnology In The Corrosion Protection Of Steel Oil Pipes," in Proceedings of the 1st African International Conference/Workshop on Applications, Nanotechnology to Energy, Health and Environment, UNN, March 23 – 29, 2014.
- ۵ Sandeep Yadav et al., "Green nanoparticles for advanced corrosion protection: Current perspectives and future prospects," Applied Surface Science Advances, vol. 21, p. 100605, June 2024.
- ۶ Marzieh Miranzadeh et al., "Efficiency of Cu, Ag, and Fe Nanoparticles As Detergents Preservatives Against E. coli and S. aureus," Nanochemistry Research, vol. 4, no. 2 - Serial Number 2, pp. 170-178, 2019.
- ۷ Indra Gunawan et al., "Nano-Perfumes as A Fragrance Carrier: Their Brief History, Essential Aspects, Development, Preparation Methods, Characteristics, and Future Perspectives," INDONESIA JOURNAL OF PHARMACY, vol. 34, no. 3, p. 395–418, 2023.
- ۸ P. Bose, "Applications of Nanotechnology-Based Self-Cleaning Glass," (2020). [Online]. Available: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5510>.
- ۹ Dileep Kumar et al., "Comparative analysis of building insulation material properties and performance," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 131, p. 110038, 2020.
- ۱۰ B. P. Jelle, " 8 -Nano-based thermal insulation for energy-efficient buildings," Start-Up Creation, The Smart Eco-Efficient Built Environment, pp. 129-181, 2016.
- ۱۱ Nisha T. Padmanabhan et al., "Titanium dioxide based self-cleaning smart surfaces: A short review," Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 8, no. 5, p. 104211, October 2020.
- ۱۲ daoud, walid A., "Self-cleaning materials and surfaces-a nanotechnology approach," wiley, 2013.
- ۱۳ Parteek Prasher, Mousmee Sharma, "Nanotechnology-based self-sterilizing surfaces and their potential in combating coronavirus disease 2019," in Nanomedicine (Lond), 2021.
- ۱۴ YT Cheng et al., "Effects of micro- and nano-structures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves," Nanotechnology, vol. 17, p. 1359–1362, (2006).
- ۱۵ Kebena Gebeyehu Motora et al., "Photocatalytic, antibacterial, and deodorization activity of recycled triacetate cellulose nanocomposites," Materials Chemistry and Physics, vol. 240, p. 122260, 2020,.
- ۱۶ Irfan Ijaz et al., "Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles," Green Chemistry Letters And Reviews, vol. 13, no. 3, p. 223–245, 2020.
- ۱۷ Ramalingam Balamurugan et al., "Recent Trends in Nanofibrous Membranes and Their Suitability for Air and Water Filtrations," Membranes, vol. 1, no. 3, pp. 232-248, 2011.
- ۱۸ Maheshwara Reddy Jedla et al., " Recent Developments in Nanomaterials Based Adsorbents for Water Purification Techniques," Biointerface Research in Applied Chemistry, vol. 12, no. 5, p. 5821 – 5835, 2022.
- ۱۹ Pulkit Kumar et al., " A systematic review of nanotechnology for electric vehicles battery," International Journal of Low-Carbon Technologies, vol. 19, p. 747–765, 2024.
- ۲۰ Peter Forbes, " Self-Cleaning Materials: Lotus Leaf-Inspired Nanotechnology," Scientific American, 2008. [Online]. Available: <https://www.scientificamerican.com/article/self-cleaning-materials/>.
- ۲۱ R. S. Sumit Kumar Gupta, " Applications of Nanotechnology for Wireless Sensor Networks," Nanomed Nanotechnol, vol. 12, no. 8, p. 573, 2021.
- ۲۲ Wing Sze Tunga and Walid A. Daoud, "Self-cleaning fibers via nanotechnology: a virtual reality," Mater. Chem., vol. 21, p. 7858, 2011.