



عناصر پایه در فناوری نانو

۱. تعریف نانوذره

یک نانوذره، ذره‌ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. نانوذرات علاوه بر نوع فلزی، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها، نانوذرات ترکیبی نظیر ساختارهای هسته‌لایه را نیز در بر می‌گیرند. نانوذرات در اندازه‌های پایین نانوخوشه به حساب می‌آیند. نانوبلورها و نقاط کوانتومی نیمه‌هادی نیز زیرمجموعه نانوذرات هستند. چنین نانوذراتی در کاربردهای دارویی به عنوان حامل دارو و عوامل تصویربرداری استفاده می‌شوند.

۲. کاربردها

تنوع کاربردهای نانوذرات به اندازه‌ی تنوع خود نانوذرات است. زمینه‌هایی که نانوذرات کاربرد دارند، عبارتند از:

- مواد کامپوزیت
- کامپوزیت‌های ساختاری
- کاتالیزور
- بسته‌بندی
- روکش‌ها
- افزودنی‌های سوخت و مواد منفجره
- ساینده‌ها
- باتری‌ها و پیل‌های سوختی
- روان‌کننده‌ها

اشاره

تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست؛ بلکه زمانی که اندازه مواد در این مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت خوردگی و... تغییر می‌یابد. در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر به صورت قابل ارزیابی بیان نماییم، می‌توانیم وجود «عناصر پایه» را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانومقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانومقیاس با خواص‌شان در مقیاس بزرگ تر فرق می‌کند.

اولین و مهمترین عنصر پایه، نانوذره است. منظور از نانوذره، همان گونه که از نام آن مشخص است، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد است. نانوذره می‌تواند از مواد مختلفی تشکیل شوند، مانند نانوذرات فلزی، سرامیکی، ...

در این شماره از ماهنامه، اطلاعات مقدماتی در خصوص متداول‌ترین نانوذرات ارائه می‌شود.

- پزشکی و داروسازی
- دارو رسانی
- محافظت کننده‌ها
- آنالیز زیستی و تشخیص پزشکی
- لوازم آرایشی

۳. روش‌های ساخت

برای تولید نانوذرات روش‌های بسیار متنوعی وجود دارد. این روش‌ها اساساً به سه گروه تقسیم می‌شوند که در ذیل به شرح هر یک می‌پردازیم:

چگالش از یک بخار: روش چگالش از یک بخار شامل تبخیر یک فلز جامد و سپس چگالش سریع آن برای تشکیل خوشه‌های نانومتری است که به صورت پودر ته‌نشین می‌شوند. مهمترین مزیت این روش میزان اندک آلودگی است. در نهایت اندازه ذره با تغییر پارامترهایی نظیر دما و محیط گاز و سرعت تبخیر کنترل می‌شود. روش تبخیر در خلاء بر روی مایعات روان (VERL) و روش

سیم انفجاری جزء روش‌های چگالش از یک بخار محسوب می‌شود.

سنتز شیمیایی: استفاده از روش سنتز شیمیایی شامل رشد نانوذرات در یک محیط مایع حاوی انواع واکنش‌گرها است؛ روش سل ژل نمونه چنین روشی است. در روش‌های شیمیایی هرگاه اندازه‌ی ذرات به حد مطلوب برسد، می‌توان با انتخاب مواد شیمیایی تشکیل دهنده‌ی ذرات پایدار، موجب توقف رشد نانوذرات شد. این روش‌ها معمولاً کم هزینه و پر حجم هستند، اما آلودگی حاصل از مواد شیمیایی می‌تواند یک مشکل باشد.

فرآیندهای حالت جامد: از روش فرآیندهای جامد (آسیاب یا پودر کردن) می‌توان برای ایجاد نانوذرات استفاده نمود. خواص نانوذرات حاصل تحت تأثیر نوع ماده آسیاب‌کننده، زمان آسیاب و محیط اتمسفری آن قرار می‌گیرد. از این روش می‌توان برای تولید نانوذرات از موادی استفاده نمود که در دو روش قبلی به آسانی تولید نمی‌شوند

تعیین مشخصات

تعیین مشخصات نانوذرات برای کنترل سنتز و کاربرد آنها ضروری است. خواص این ترکیبات با استفاده از روش‌های گوناگونی نظیر: میکروسکوپ‌های الکترونی، AFM، طیف‌سنجی فوتوالکترون، Xray و FT-IR و همچنین روش‌های تعیین اندازه و سطح ویژه ذرات سنجیده می‌شود.

نانوذرات در حال حاضر از طیف وسیعی از مواد ساخته می‌شوند، معمول‌ترین آنها نانوذرات سرامیکی، فلزی و پلیمری و نانوذرات نیمه‌رسانا هستند.

۴. متداولترین نانوذرات

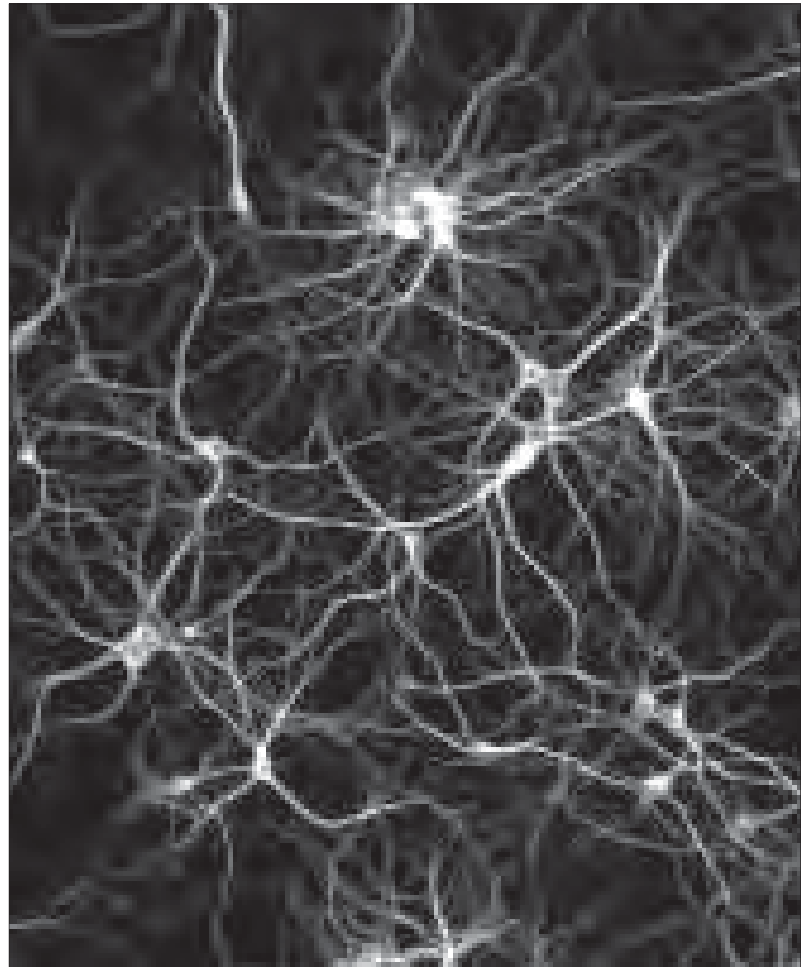
۴-۱. نانوذرات نیمه‌رسانا (نقاط کوانتومی)

تعریف

نقطه کوانتومی یک ناحیه از بلور نیمه‌رسانا است که الکترونها، حفرها یا هر دو آنها (که اگزیتون خوانده می‌شود) را در سه بعد در برمی‌گیرد. این ناحیه از چندنانومتر تا چندصدنانومتر را شامل می‌شود. در نقاط کوانتومی الکترونها درست مثل وضعیت یک اتم موقعیت‌های گسسته‌ای از انرژی را اشغال می‌کنند. به همین علت به آنها لفظ اتم‌های مصنوعی نیز اطلاق می‌شود. در مقایسه با سیم کوانتومی که در دو بعد و لایه‌های کوانتومی در یک بعد نانو هستند، نقاط کوانتومی نانوساختارهای سه بعدی هستند. همچنین این ترکیبات به دلیل بازده کوانتومی بالا در مصارف اپتیکی کاربرد زیادی دارند.

کاربردها

نقاط کوانتومی نیمه‌هادی با تحریک الکتریکی یا به‌وسیله‌ی گستره وسیعی از طول موج‌ها در فرکانس‌های کاملاً مشخصی به فلورسانس می‌پردازند، به این شکل که فرکانسی از نور را جذب کرده و در فرکانسی مشخص - که تابع اندازه آنهاست - به نشر نور می‌پردازند. این ذرات همچنین می‌توانند بر حسب ولتاژ اعمال شده، به انعکاس، انکسار یا جذب نور بپردازند. این ویژگی کاربردهایی در مواد فتوکرومیک و الکتروکرومیک (موادی که به ترتیب بر اثر اعمال نور یا الکتریسیته تغییر رنگ



سیلیکون نیز سرامیک هستند)، که عموماً به شکل ذرات نانومقیاسی خاک رس هستند. طبق تعریف حداقل باید یکی از ابعاد نانوذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. نانوذرات سرامیکی فلزی یا اکسید فلزی تمایل به داشتن اندازه یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر دارند که به وسیله نیروهای الکترواستاتیکی به یکدیگر چسبیده و به شکل پودر بسیار ریزی رسوب می‌کنند. نانوذرات سیلیکاتی ذراتی با ضخامت تقریباً ۱ نانومتر و پهنای ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر هستند. معمول‌ترین نوع خاک رس که نانوذرات سیلیکاتی هستند مونت‌موریلونیت یا آلومینو سیلیکات لایه‌ای است.

کاربردها

وقتی اندازه نانوذرات کاهش می‌یابد، نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی قوی‌تر شده و خواص کاتالیستی افزایش می‌یابد. به همین دلیل نانوذرات به عنوان کاتالیزور در زمینه‌هایی نظیر باتری‌ها، پیل‌های سوختی و انواع فرآیندهای صنعتی قابل استفاده هستند. بیشتر بودن سهم آنها در سطح نانوذرات نیز خواص فیزیکی آنها را تغییر می‌دهد مثلاً سرامیک‌هایی که به طور عادی شکننده‌اند، نرم‌تر می‌شوند. سرانجام اینکه افزایش سطح مؤثر حلالیت را افزایش می‌دهد، برای مثال قدرت ترکیبات ضد باکتری را بهبود می‌بخشد.

اصلاح شیمیایی سطح نانوذرات تأثیر زیادی در کارایی و کاربرد آنها دارد. ایجاد خواص آبدوستی و آبگریزی جزء روش‌های اصلاح شیمیایی نانوذرات محسوب می‌شوند. برای نمونه، نانوذرات سیلیکاتی برای به دست آوردن خاصیت آب‌گریزی بیشتر، باید به صورت شیمیایی اصلاح شوند، مثلاً می‌توان با استفاده از یون‌های آمونیوم یا مولکول‌های بزرگتری نظیر سیلسزکیوکسان‌های الیگومریک چندوجهی (POSS)، که هم برای روکش‌دهی نانوذرات سیلیکات و هم به عنوان پرکننده مناسب هستند، این اصلاح شیمیایی را انجام داد. مونت‌موریلونیت یا آلومینو سیلیکات لایه‌ای با پلیمریزاسیون یا به وسیله آمیزش ذوبی (اختلاط با یک پلاستیک مذاب) با پلیمرها

لیتوگرافی برای خلق یک نانو ساختار دوبعدی (ساختاری که در دو بعد نانو باشد) استفاده می‌شود، سپس برای جداسازی نقاط کوانتومی روی نانو ساختارهای مذکور حکاکی صورت می‌گیرد.

در روش سوم، با رسوب‌دهی یک ماده نیمه‌رسانای دارای ثابت شبکه بزرگتر (ثابت شبکه معرف فواصل اتم‌ها در یک ساختار بلورین منظم است) روی یک نیمه‌هادی با ثابت شبکه کوچک‌تر (روش موسوم به رشد همبافته تحت کرنش) نقاط «خودآراشده» رشد داده می‌شوند.

۲-۴. نانوذرات سرامیکی

تعریف

معمول‌ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که سرامیک‌های اکسید فلزی، نظیر اکسیدهای تیتانیوم، روی، آلومینیوم و آهن و نانوذرات سیلیکاتی (سیلیکات‌ها یا اکسیدهای

می‌دهند) و پیل‌های خورشیدی خواهد داشت. علاوه بر این، از اسپین یک الکترون در یک نقطه کوانتومی می‌توان برای نمایش یک بیت کوانتومی - یا کیوبیت - در یک رایانه کوانتومی استفاده کرد.

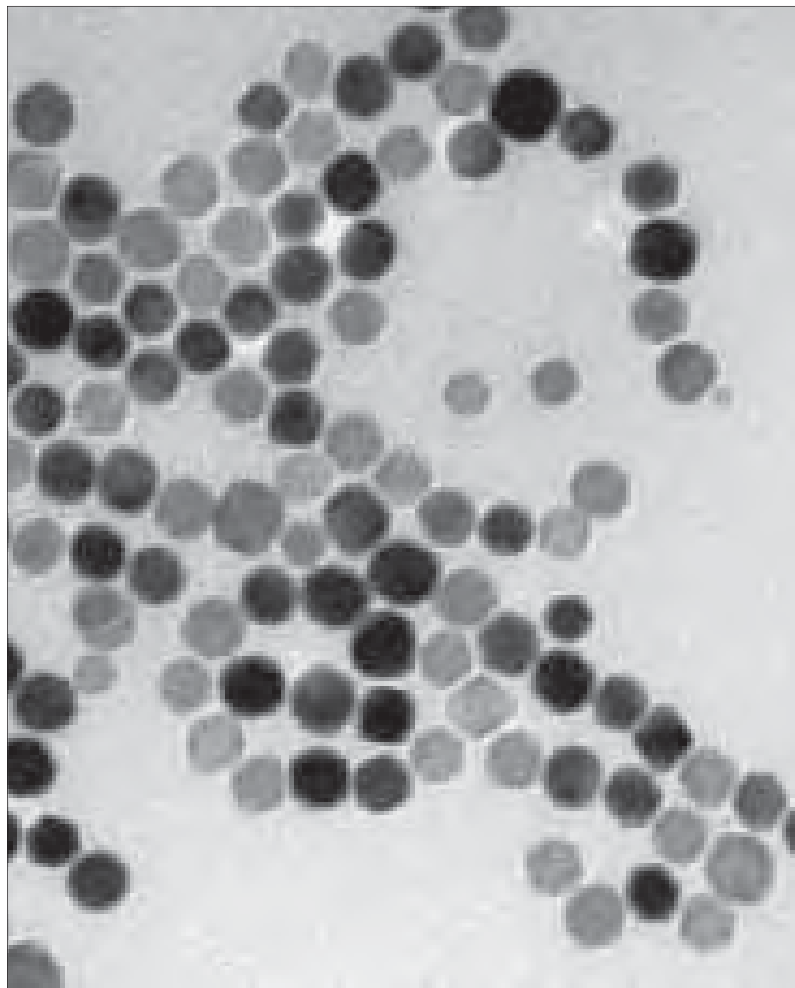
کاربردهای بالقوه برای نقاط کوانتومی عبارتند از:

- لیزرهای دارای طول موج‌های بسیار دقیق
- رایانه‌های کوانتومی
- نشانگرهای زیستی

روش‌های ساخت

سه روش عمده برای ساخت نقاط کوانتومی وجود دارد، که یکی از آنها شامل رشد نقاط کوانتومی در ظرف واکنش است.

در دو روش دیگر، نقاط کوانتومی را در روی سطح یک بلور نیمه‌هادی یا در نزدیک آن پدید می‌آورند. در روش دوم از فرآیند





خواص و کاربرد

این نانوذرات می‌توانند بدون اینکه ذوب شوند (تحت نام پخت) در دماهای پائین‌تر از دمای ذوب فلز، در یک جامد آمیخته شوند، این کار منجر به سهل‌تر شدن فرآیند تولید روکش‌ها و بهبود کیفیت آنها، خصوصاً در کاربردهای الکترونیکی نظیر خازن‌ها می‌گردد. همچنین نانوذرات فلزی، در دماهای کمتر از دمای هم‌تاهای غیر نانومقیاسی خود به سطوح و مواد توده‌ای تبدیل می‌شوند و هزینه ساخت را کاهش می‌دهند.

۴-۵. نانوکامپوزیت‌های نانوذره‌ای فلزی

تعریف

نانوکامپوزیت‌های نانوذره‌ای فلزی از آمیخته شدن نانوذرات فلزی (باتوجه به خواصشان) با پلیمر به دست می‌آیند.

خواص و کاربرد

این نانوکامپوزیت‌ها، به دلیل ممانعت خوبی که در مقابل تداخل الکترومغناطیسی به وجود می‌آورند، می‌توانند در رایانه و تجهیزات الکترونیکی به کار روند. نانوکامپوزیت‌های نانوذره‌ای فلزی قابلیت‌های ویژه‌ای در هدایت گرمایی و الکتریکی دارند که کارایی آن‌ها را افزایش می‌دهد.

منبع: سایت ستاد نانو (www.nano.ir);

بخش دانستی‌ها

صرفاً در یک جهت به دو جهت تغییر دهند. هنگامی که نانوذرات سیلیکاتی (خاک‌رس) به عنوان پرکننده در پلاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، با پراکنده‌سازی تنش‌ها استحکام فوق‌العاده‌ای را به وجود می‌آورند، آب‌رفتگی، تاب برداشتی (در کامپوزیت‌هایی که ضریب انبساط حرارتی کمتری دارند) و نفوذپذیری گازها کاهش می‌یابد، مقاومت در برابر آتش و مواد شیمیایی افزایش یافته، بازیافت این مواد آسانتر می‌شود. پرکننده‌های خاک‌رس با مقدار پرکننده کمتری نسبت به پرکننده‌های معمولی، استحکام را افزایش می‌دهد. مثلاً با افزایش ۵ درصد از پرکننده‌های نانورس به کامپوزیت‌ها همان نتیجه‌ای حاصل می‌شود، که با افزایش ۲۰ درصد از پرکننده‌هایی همچون الیاف شیشه‌ای به دست می‌آید. همچنین میزان پرکننده را می‌توان بدون تغییر در خاصیت چکش‌خواری محصول به ۱۰ درصد افزایش داد، که این امر با پرکننده‌های متعارف ممکن نیست.

۴-۴. نانوذرات فلزی

تعریف: طبق تعریف عمومی نانوذرات فلزی، ذراتی به ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند.

روش ساخت

نانوذرات فلزی با استفاده از روش‌های چگالش بخار و سیم انفجاری به دست می‌آیند.

ترکیب می‌شود و خواص جالب‌توجهی را حاصل می‌آورد.

روش‌های ساخت

نانوذرات سرامیکی از روش‌های سنتز شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد به دست می‌آیند.

۴-۳. نانوکامپوزیت‌های نانوذره‌ای سرامیکی

تعریف

نانوکامپوزیت نانوذره‌ای سرامیکی ترکیبی است که در آن نانوذرات سرامیکی در داخل یک زمینه پلیمری توزیع شده‌اند.

خواص و کاربردها

استفاده از نانوذرات در مواد کامپوزیتی می‌تواند استحکام آنها را افزایش و یا وزن آنها را کاهش دهد، مقاومت شیمیایی و حرارتی آنها را زیاد کند، خصوصیات جدیدی نظیر هدایت الکتریکی را به آنها بیفزاید و فعل و انفعال آنها با نور یا دیگر تشعشعات را تغییر دهد.

یکی از خواص کامپوزیت‌های نانوذره‌ای سرامیکی در صنعت بسته‌بندی، کاهش نفوذپذیری گازها است. این خاصیت ناشی از شکل دانه‌ای نانوذرات است که مولکول‌ها را وادار به جابه‌جایی در طول و پیچ و خم‌های ماده می‌نمایند. پرکننده‌های سیلیکات دانه‌ای نیز می‌توانند خاصیت یک پلیمر را از سخت شدن