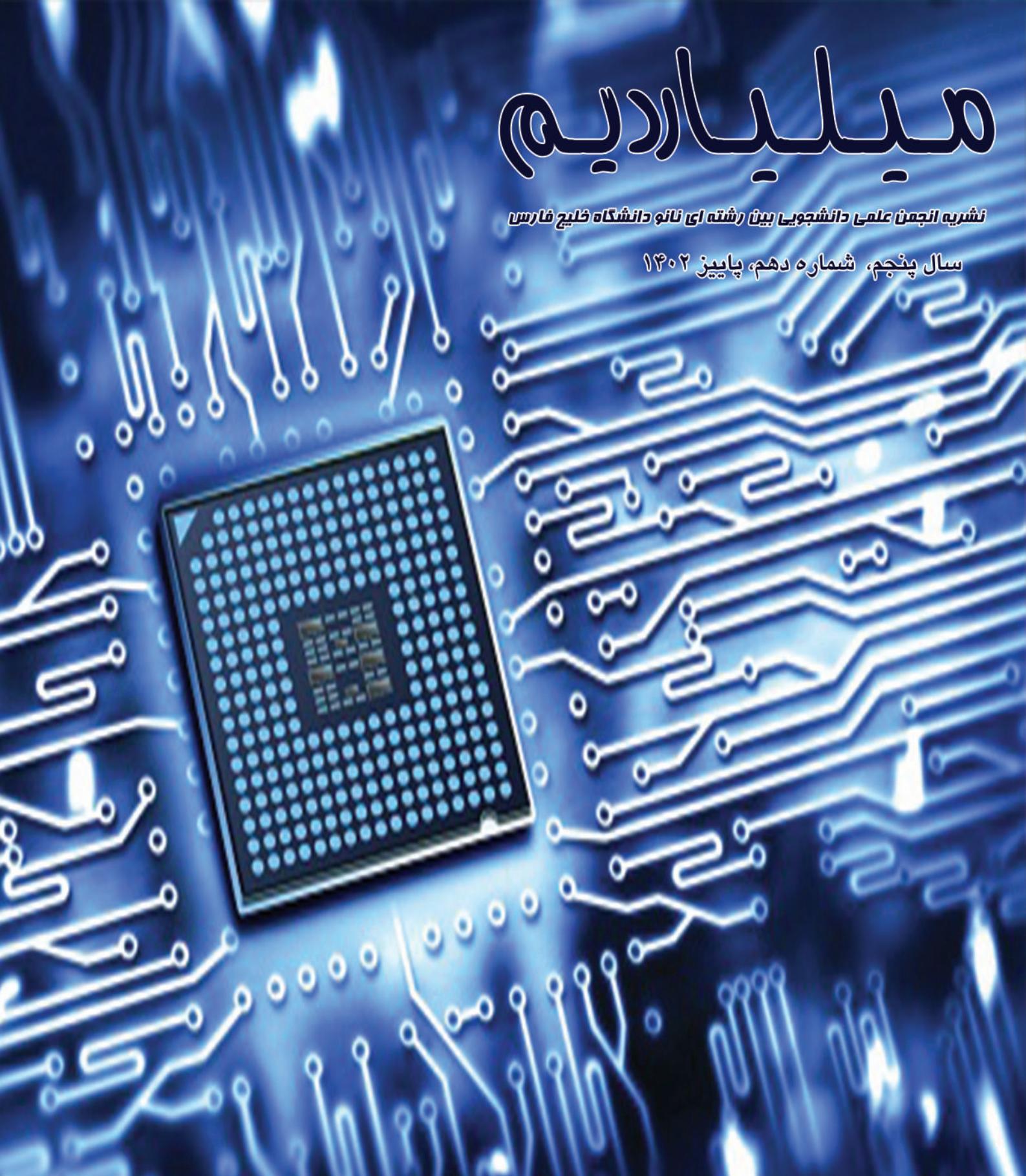


میلیاردیم

نشریه انجمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای نانو دانشگاه خلیج فارس

سال پنجم، شماره دهم، پاییز ۱۴۰۲



کاربردهای فناوری نانو در نانوالکترونیک و نانومواد هوشمند
ترانزیستورهای حالت جامد اثر کوانتموی
سلول‌های خورشیدی برپایه کوانتمدادهای پروسکایتی
معرفی مولکولها و نانومواد هوشمند
مروری بر کاربردهای ویژه نانو ذرات دی اکسید تیتانیم



دانشگاه خلیج فارس



انجمن علمی دانشجویی بین‌رشته‌ای نانو

دانشگاه خلیج فارس

ترانزیستورهای حالت جامد اثر کوانتمومی

سلول‌های خورشیدی برپایه کوانتمومدادهای پروسکایتی

معرفی مولکول‌ها و نانومواد هوشمند

مروری بر کاربردهای ویژه نانو ذرات دی اکسید تیتانیم

مدل‌بازدید

نشریه انجمن علمی دانشجویی بین‌رشته‌ای نانو دانشگاه خلیج فارس

صاحب امتیاز : انجمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای نانو دانشگاه خلیج فارس
 مدیر مسئول : بنیامین بردبار
 سردبیر : بنیامین بردبار

pgunano@gmail.com

benyaminbordbar@gmail.com

pgu_nano

pgu_nano

خن‌ردبیر

به نام ایزد یکتا
رشد و توسعه دانش و فناوری‌های نوین ، همواره یکی از دغدغه‌های بومیت بشری بوده و اهمیت آن بر هیپکس پوشیده نیست. کشور ما نیز از مسئله غافل نمانده و همپای سایر کشورها به فعالیت پرداخته و قدرت نمایی می‌کند امروزه کمتر کسی است که در این کشور پهناور کلمه «نانو» را نشنیده باشد؛ و این به لطف تلاش‌ها و کوشش‌های جوانان و مقغان این مرز و بوم است

ما از سال تحصیلی ۹۷-۹۶ تلاش کرده‌ایم تا راه اندازی انبمن علمی دانشجویی بین رشته‌ای نانو دانشگاه فلیچ فارس کامی هر پند کوچک در بحث افزایش آگاهی و تامین فوراًک فکری علاقه مندان به این حوزه را فراهم نماییم

آنون خرست را غنیمت شمرده و با ایجاد نشریه تخصصی در حوزه فناوری نانو کامی دیگر در بحث اهداف سند راهبردی انبمن برداشته‌ایم

نشریه‌ای که در دست شماست هشتاد و شماره از نشریه میلیاردیم است که امیدواریم بتواند مورد رضایت مقاطبان قرار گیرد

بنیامین بردار
آذرماه ۱۴۰۲

ترانزیستورهای حالت جامد اثر کوانتومی

چندان دور به علت اثرات مکانیک کوانتومی و محدودیت تکنیک‌های ساخت، غیر ممکن خواهد بود. بسیاری از محققان که در زمینه پژوهش‌های الکترونیک نسل بعدی کار می‌کنند، تاکید دارند که در سال‌های آینده همین که تولید انبوه ترانزیستور از اندازه فعلی شان تا زیر ۱۰۰ نانومتر کاهش می‌یابد، ساخت وسیله مشکل و گران می‌شود. به علاوه، دیگر نمی‌تواند به صورت مدار مجتمع فوق فشرده، به خوبی عمل کند. برای غلبه بر این مشکل، اساساً دو کلاس اصلی از سوییچ‌های نانوالکترونیک مطرح هستند که به عنوان تقویت کننده نیز به کار می‌روند.

• وسایل نانوالکترونیک اثر کوانتومی حالت جامد

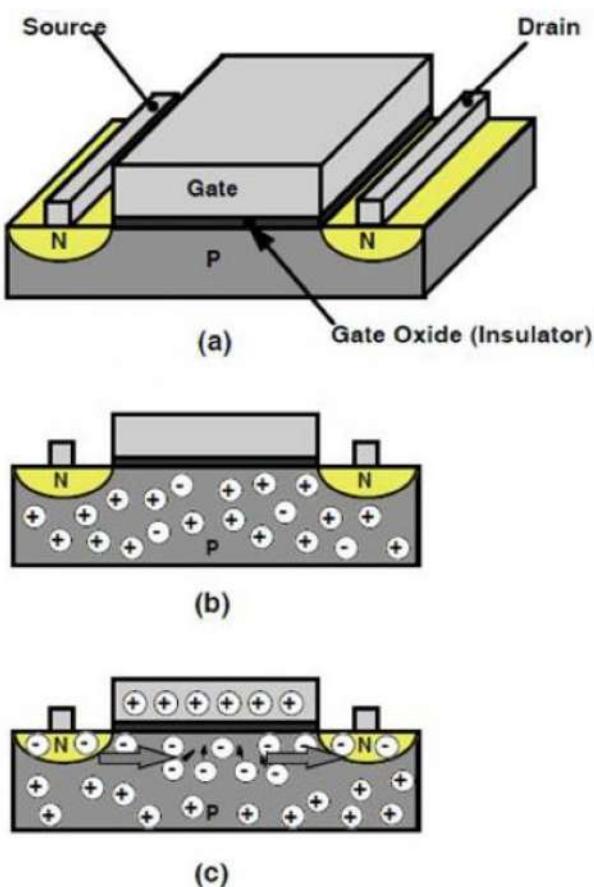
• وسایل الکترونیک مولکولی

وسایل در هر دو کلاس از اثرات کوانتومی متفاوت در مقیاس نانو بهره می‌برند.

ساخت وسیله نانوالکترونیک اثر کوانتومی در حالت جامد، رهیافتی است که توسط بیشتر گروه‌های تحقیقاتی، در پیش گرفته شده است. این روش، وسیله جدید را بر اساس مواد نیمه رسانایی که سابقاً استفاده می‌شده است را با ساختار جدید، پیشنهاد می‌کند. الکترونیک مولکولی رهیافت نوینی دیگری است که هم اساس کار و هم مواد مورد استفاده را تغییر می‌دهد. محرك چنین رویکردی این است که ساختار مولکول خود در مقیاس نانومتر است.

در این مقاله به بررسی ترانزیستورهای در مقیاس نانو برای استفاده در کامپیوترهای با مدار مجتمع الکترونیکی بسیار فشرده می‌پردازیم. به منظور کوچک‌سازی بیشتر اجزای مدار به مقیاس نانو، شاید حتی مقیاس مولکولی، محققان چندین جایگزین برای ترانزیستور در مدار فوق فشرده، پیشنهاد داده‌اند. این وسایل الکترونیک نانومقیاس شبیه ترانزیستورهای حال حاضر، هم به عنوان سوییچ و هم به عنوان تقویت کننده عمل می‌کنند. اما، برخلاف ترانزیستورهای اثر میدانی امروزی، که بر اساس حرکت توده الکترون در ماده حجیم عمل می‌کند، وسیله جدید، از پدیده‌های مکانیک کوانتومی سود می‌برد که در مقیاس نانو اتفاق می‌افتد. در این مقاله ابتدا ترانزیستورهای معمول مورد بررسی قرار می‌گیرد و محدودیت‌های آن و مشکلات کوچک‌سازی آنها مطرح می‌شود و برای حل این مشکل ترانزیستورهای حالت جامد که از اثرات کوانتومی در مقیاس نانو بهره می‌گیرند، پیشنهاد می‌شود و از این میان، نمونه ترانزیستور تونل زنی رزونانسی بحث خواهد شد.

در ۵۰ سال اخیر، کامپیوترهای الکترونیکی، خیلی قدر تمدنتر از گذشته شده و ترانزیستورها به تدریج کوچکتر گردیده‌اند. به هر حال، کاهش در اندازه ترانزیستورهای اثر میدانی حال حاضر، در زمانی نه



با وجود پیشرفت های اخیر در ساخت وسایل نانوالکترونیک MOSFET، چالش هایی نیز باقی مانده است. برای نانوالکترونیک حالت جامد، یکی از مهم ترین چالش ها یکنواختی سطح و خصوصیات وسیله در مقیاس نانو می باشد که در نانوالکترونیک نیاز است، جزایر نانومقیاس، سدها، اتصال بین سد و جزیره از آن جمله اند. RTT و RTD تنها نمونه هایی از این وسایل هستند که می توانند خصوصیات مورد نیاز را برآورده کنند. اما با این وجود به نظر می رسد که نانوالکترونیک سیلیکونی، راه طولانی را در پیش دارد و باید در آن محدودیت های ترمودینامیک و مکانیک کوانتومی، رفع شود و همچنین موادی چون قیمت بالای محصول تمام شده نیز دارای اهمیت است. در این صورت است که انقلاب بزرگ از میکروالکترونیک به نانوالکترونیک می تواند رخ دهد.

هالید (Cl⁻, Br⁻, I⁻) است. بنابراین، ترکیب قابل طراحی پروسکایت‌های ABX₃ استراتژی‌های ممکنی را برای تنظیم دقیق خواص اپتوالکترونیکی و انرژی گاف نواری (Eg) پروسکایت‌ها از طریق مخلوط کردن کاتیون‌ها یا آنیون‌های مختلف در جایگاه‌های شبکه بلوری برای کاربردهای مختلف فراهم می‌کند. در سال‌های اخیر، با پیشرفت‌های صورت گرفته در مطالعات بنیادی در حوزه مهندسی کامپوزیت‌ها، مهندسی سطح مشترک و بهینه‌سازی معماری افزارهای PSC- سلول‌های خورشیدی پروسکایتی (perovskite solar cell) پیشرفت‌های خارق‌العاده‌ای حاصل آمده است. به طور خاص، power های تک-پیوندی با بازده تبدیل توان (conversion efficiency -PCE) بیش از ۲۵٪ به دست آمده‌اند، که بازدهی قابل مقایسه‌ای با افزارهای فتوولتاویک تجاری، مانند سلول‌های خورشیدی سیلیکونی بلوری است و در نتیجه پتانسیل زیادی را برای کاربردهای فتوولتاویک نشان می‌دهند [۱]. با این حال، به دلیل تخریب شدید PSC های هیریدی، ممکن است از عملکرد توان-بالای طولانی‌مدت در شرایط سخت، مانند دمای بالا، رطوبت بالا و روشنایی شدید، آسیب بیشتر. بنابراین، علاوه بر بهبود بازده افزاره، مطالعات زیادی بر بهبود پایداری افزاره برای برآوردن الزامات کاربردها متمرکز شده‌اند.

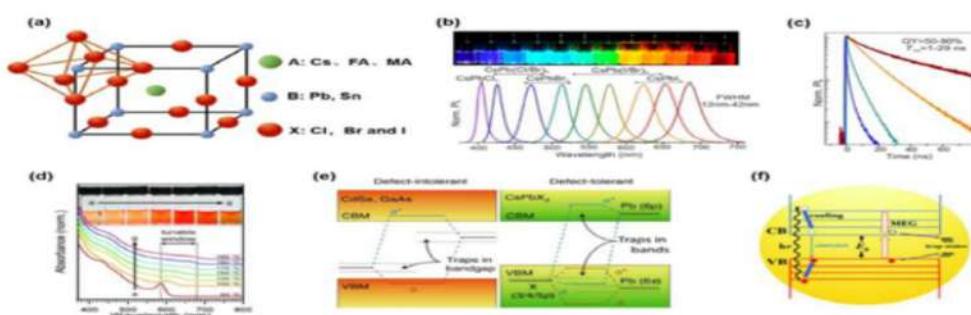
سلول‌های خورشیدی برپایه کوانتمدادات‌های پروسکایتی

کوانتمدادات‌های پروسکایتی (PQD)، یا همان نانوبلوورهای پروسکایتی سرب-هالید، به دلیل خواص نوری برجسته و تکنیک‌های آماده‌سازی ساده‌شان، به عنوان یکی از نویدبخش ترین دسته‌های مواد فتوولتاویک برای سلول‌های خورشیدی در نظر گرفته می‌شوند. دستاوردهای قابل توجهی با استفاده از سلول‌های خورشیدی PQDSC (PQD) حاصل آمده است. به طور خاص، بازده تبدیل توان PQDSC ها از طریق کنترل دقیق شیمی سطح PQD ها و فیزیک افزارهای PQDSC ها افزایش زیادی یافته است و از ۱۰.۷۷٪ به ۱۷.۳۹٪ (عدد تأیید شده ۱۶.۶٪) رسیده است.

پروسکایت‌های فلز-هالید به دلیل خواص نوری برجسته مانند انرژی بستگی اکسایتون پایین و طول عمر بلند حامل‌های بار، تکنیک‌های آماده سازی ساده و مواد کم هزینه، توجه زیادی را برای بسیاری از کاربردها، مانند سلول‌های خورشیدی، دیودهای نور گسیل (LED) و آشکارسازهای نوری به خود جلب کرده‌اند. پروسکایت‌های فلز-هالید دارای فرمول ABX₃ در شبکه بلوری هستند که در آن A یک کاتیون آلی (کاتیون‌های فورمamیدین (+FA) یا کاتیون‌های متیل آمونیوم (+MA)) یا یک کاتیون غیر آلی (CS⁺) است، کاتیون B Sn²⁺ یا Pb²⁺ است، و X یک آنیون

در میان نانومواد اپتوالکترونیکی مختلف، کوانتم دات های کلوئیدی (colloidal quantum dots) که به نانوبلورهای کلوئیدی نیز معروفند) یکی از مهم ترین شاخه هایی هستند که در سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. ساختهای CQD ها نوعی مواد نیمه هادی نانو با عادی هستند که مقایسه با مواد اپتوالکترونیکی توده ای، مهم ترین مزیت CQD ها اثر احتباس کوانتمی است که با کاهش اندازه مواد نیمه هادی تا محدوده ای معین (۲۰-۲ نانومتر) پدیدار می گردد، و منجر به بروز خواص نوری و الکتریکی استثنایی می شود. PQD ها به عنوان ستاره های رو به رشد در میان نانومواد اپتوالکترونیکی، خواص منحصر به فردی را نمایش می دهند، مانند طیف های جذب نور قابل تنظیم، ضرایب جذب نور بالا، و تحمل نقص بالا، که آنها را به مواد جاذب نور ایده آل برای نسل بعدی سلول های خورشیدی تبدیل می کنند.

نهاده نفاط کوانتمی پروسکایتی (PQD) تماماً غیرآلی، راه حلی را برای این معضل پایداری ارائه کرد. پس از آماده سازی پروسکایت های تماماً غیرآلی به شکل کوانتم دات ها یا نانوبلور های کم بعد، پایداری فاز پروسکایت ها به دلیل کاهش کرنش سطحی ناشی از کاهش اندازه پروسکایت ها تا حد زیادی بهبود می یابد. علاوه بر این، خواص طیفی PQD ها از طریق کنترل ترکیب هالید، اندازه ابعادی و شکل PQD ها تا حد زیادی قابل تنظیم است. مهم تر اینکه، اثرات اکسایتونی متعدد در PQD ها می تواند امکان بهره گیری کامل از فوتون های پرانرژی و در نتیجه غلبه بر محدودیت بازده نظری شاکلی - کوییسر برای سلول های خورشیدی تک - پیوندی را فراهم کند. مقدار PCE سلول های خورشیدی مبتنی بر کوانتم دات های پروسکایتی (PQDSC) در مدت کوتاهی افزایش زیادی یافته است و از ۱۰.۷۷٪ به ۱۷.۳۹٪ (عدد تایید شده ۱۶.۶٪) رسیده است، که پتانسیل زیادی را برای سلول های خورشیدی فوق کارا با قابلیت فراوری در محلول نشان می دهد.



شکل ۱- ساختار بلوری و خواص نویزی PQQ متأثر شماتیک ساختار (a). (b) نمودار شماتیک ساختار (c) افت رسانی ناشر از PQQ با استناد به $\lambda = 362\text{nm}$. (d) تصور محاولهای CsPbX_3 (X = Cl, Br, I) برای UV و قوهای دیگر. (e) تأثیر میزان CsPbCl_3 بر روی پذیرش برابر با CsPbI_3 (f) تأثیر میزان CsPbBr_3 بر روی پذیرش برابر با CsPbCl_3 .

(Fibers) را شامل می‌شوند. چنین نانو موادی در حال حاضر به طور گسترده در منسوجات هوشمند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. نانو مواد کربنی، نقشی کلیدی در صنعت مواد هوشمند برای حسگری (Sensor) در صنعت (Industry) دارند. امروزه کاربرد عمده الیاف هوشمند در صنایع تولید پوشاش، عایق حرارتی، پزشکی و صنعت هواپیما سازی مشهود است. این مواد می‌توانند بسیاری از فناوری‌ها از جمله ارتباطات را نیز متحول نمایند.

حسگرها، محرک‌ها و واحد کنترل سه بخش معمول در نanosاختارهای هوشمند هستند. حسگر یک سیستم عصبی برای تشخیص سیگنال فراهم می‌کند.

اگر بتوان چیدمان اتمی مواد آلی و معدنی را در حد نانومتر به طور دقیق تعریف نمود، در آن صورت ساخت مواد هوشمند امکان پذیر می‌شود. قابلیت کار در مقیاس نانو - یعنی سطح نهایی ظرفت - ما را به ایجاد مواد هوشمند با خواص بهتر و کارایی بیشتر از خواص مواد بزرگ مقیاس توانا می‌کند. حتی فناوری نانو می‌تواند تقلید از فرایندهای زیستی در ساخت مواد هوشمند را نیز فراهم می‌آورد. واضح است که مواد هوشمند از طیف بسیار گسترده ساختارها و فعالیت‌ها تشکیل می‌شوند و بسیاری از آن‌ها در کانون توجه قرار دارند. کنترل ابعاد مواد در حد نانومتر، انتقال انرژی در ابعاد نانو و پردازش اطلاعات را امکان پذیر می‌سازد.

معرفی مولکول‌ها و نانومواد هوشمند

اصطلاح هوشمند به موادی اطلاق می‌شود که می‌توانند با درک (Sense) شرایط محیطی اطراف خود، نسبت به آن واکنش (Response) متناسب را نشان دهند. امروزه کاربرد این مواد (بويژه فلزات و کامپوزیت‌های هوشمند) در بسیاری از حوزه‌های صنعت گسترش یافته است. در فناوری نانو، واژه هوشمند به ماده‌ای گفته می‌شود که بر روی آن تغییراتی انجام گرفته است تا کارایی خاصی از آن بر آید. این مواد گاه به صورت پویا (Dynamic) عمل می‌کنند، به طوری که می‌توانند خواص یا ساختار خود را مبنی بر یک الگوی خارجی تغییر دهد.

تلاش‌های فناوری نانو در جهت دستکاری اتم‌ها، مولکول‌ها و اندازه ذرات با روش‌هایی دقیق و کنترل شده و با هدف ساخت مواد با ساختاری جدید و در نتیجه خصوصیات جدید می‌باشد. از جهت دیگر سازه‌های هوشمند، موادی هستند که شرایط و محرک‌هایی مانند محرک‌های مکانیکی، گرمایی، شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی را درک می‌کند و به آن‌ها عکس العمل نشان می‌دهند. نانو ساختارهای مورد استفاده به عنوان مواد هوشمند، مواردی همچون نانوالیاف کربن، نانوالیاف گرافیت، نانولوله‌های کربنی تک دیواره و چند دیواره، همچنین نانو الیاف پلی آمیدی (Polyamide)

گروه اول را اصطلاحاً مواد هوشمند نوع اول یا مواد کرومیک می‌نامند. این دسته از مواد در پاسخ به محرك های محیط خارجی (خصوصیات شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی، مکانیکی و یا حرارتی) دچار تغییر رنگ می‌شوند دسته دوم موادی هستند که می‌توانند یک حالت از انرژی را به حالتی دیگر تبدیل کنند. امروزه از ترکیبات هوشمند به طور گسترده در ساخت بسیاری از تجهیزات پیشرفته همچون حسگرهای منسوجات هوشمند، سامانه‌های رهایش دارو، تصویربرداری سلولی و ... استفاده می‌شود.

با توجه به تعریف‌های ارائه شده برای مواد هوشمند و خصوصیات منحصر به فرد مواد، می‌توان آنها را به دو گروه مجزا تقسیم کرد:

گروه اول را اصطلاحاً "مواد هوشمند نوع اول" یا مواد کرومیک (Chromic) می‌نامند. این دسته از مواد در پاسخ به محرك های محیط خارجی (خصوصیات شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی، مکانیکی و یا حرارتی) دچار تغییر رنگ می‌شوند. این تغییر رنگ ناشی از تغییر خصوصیات نوری این مواد مانند ضریب جذب (کمیتی است یانگر قدرت یک گونه‌ی شیمیایی در جذب نور در یک طول موج خاص)، قابلیت بازتاب و یا شکست نور است که در نتیجه تغییر در ساختار این مواد ایجاد می‌شوند. گروه دوم مواد هوشمند، قابلیت تبدیل انرژی را از حالتی به حالت دیگر دارا هستند. برای مثال ترکیبات فتوولتائیک (Photovoltaic) زیر مجموعه مواد هوشمند نوع دوم هستند که انرژی نوری را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. این ترکیبات امروزه به نحوی گسترده در فناوری‌های نوین همچون پیل‌های خورشیدی مورد استفاده اند.

همانطور که اشاره شد، مواد هوشمند، موادی هستند که شرایط و محرك هایی مانند تحریکات مکانیکی، گرمایی، شیمیایی، الکتریکی و مغناطیسی را در کمی کند و به آن‌ها عکس العمل نشان می‌دهند. با توجه به نوع محرك و نوع عکس العمل، این مواد را به دو دسته تقسیم می‌کنند.

ترکیب این دو نقش ابداعات مختلفی از کاربرد TiO_2 در زمینه‌های گوناگون را به وجود آورده است.

در سال‌های اخیر مقالات مروری زیادی در زمینه کاربردهای مختلف دی‌اکسید تیتانیم ارائه شده است [۱۰-۱۳]. در سال ۲۰۰۸ فوجی شیما و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان فتوکاتالیست TiO_2 و پدیده‌های محیطی وابسته به آن در مورد تمام ابعاد فتوکاتالیست TiO_2 توضیح کاملی ارائه دادند. همچنین در سال ۲۰۱۰ مقاله‌ای با عنوان فتوکاتالیست گندزا توسط گاماث و همکارش ژانگ ارائه شد. در این مقاله کاربردهای فتوکاتالیست‌ها در زمینه تصفیه هوا و محیط‌های بیرونی، محیط‌های درونی، بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها، کارخانه‌های مواد غذایی و داروسازی توضیحاتی ارائه شده است.

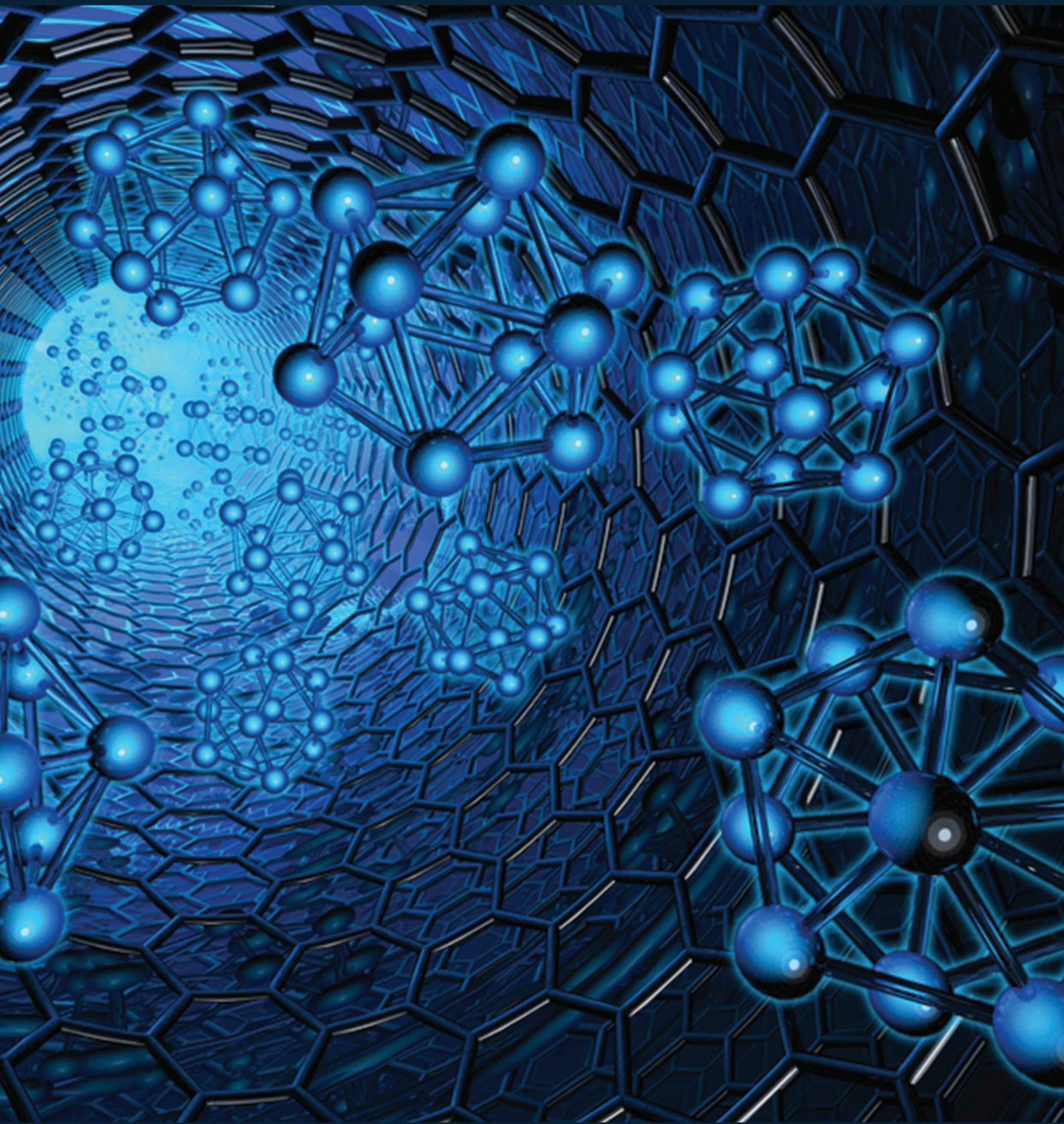
در سال ۲۰۱۱ یان و همکارانش در مقاله‌ای مروری به نام تجزیه فتوکاتالیستی بر پایه نانو ذرات TiO_2 تخریب ترکیبات کلرو آروماتیک، مکانیسم و عملکرد نانو ذرات TiO_2 را در تجزیه ترکیبات کلرو آروماتیک شرح داده‌اند.

مروری بر کاربردهای ویژه نانو

ذرات دی‌اکسید تیتانیم

مواد پوششی با TiO_2 تا کنون برای نقش‌های خودتمیزشوندگی، ضدمیکروبی، ضدبخار استفاده شده است. توجه به این نکته مهم است که این نقش‌ها بدون استفاده از مواد شیمیایی و فقط تنها با استفاده از نور خورشید و آب باران به دست آمده است. بنابراین مواد پوشش داده شده با TiO_2 می‌تواند به عنوان مواد سازگار با محیط زیست طبقه بندی شوند. در این مقاله علاوه بر مکانیسم و عملکرد، برنامه‌های کاربردی بیشتری از فتوکاتالیست TiO_2 که می‌تواند فعالانه به حفظ محیط‌زیست و یا مشارکت در بهبود فناوری‌ها داشته باشد را بررسی خواهیم کرد.

امروزه استفاده از کاتالیزورهایی که با تابش نور (فوتوکاتالیست) فعال می‌شوند بسیار رایج شده است. یکی از فتوکاتالیست‌هایی که از گذشته در صنعت کاربرد داشته دی‌اکسید تیتانیم (TiO_2) است. بنابراین غیر مضر بودن این ماده برای انسان و محیط زیست به اثبات رسیده است. مطالعات انجام شده از ابتدای قرن ۲۰ تا به حال بر روی TiO_2 دو نقش متفاوت این ترکیب را به اثبات رسانده است. نقش اول قابلیت اکسیداسیون احیا ترکیبات جذب شده بر روی سطح آن و نقش دوم تغییر خصوصیات سطح اجسام به حالت هیدروفیلی (آبدوستی) زمانی که TiO_2 بر روی آن سطح قرار گیرد.



 pgunano@gmail.com

 benyaminbordbar@gmail.com

 pgu_nano

 pgu_nano