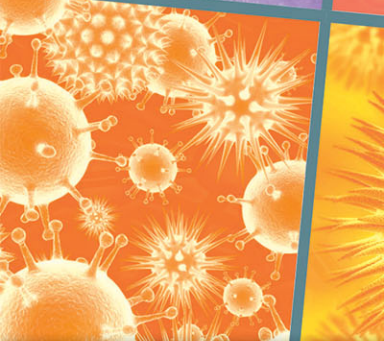


مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۱۰

نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



فناوری نانو که به عنوان مهندسی و هنر دستکاری مواد در مقیاس نانو (۱۰۰-۱ نانومتر) شناخته می‌شود که پتانسیل نانو مواد^۱ را در بخش‌های مختلف به نمایش می‌گذارد. یکی از اصلی‌ترین مزایای فناوری نانو، بر اساس این حقیقت استوار است که این فناوری می‌تواند ساختار اساسی مواد را در ابعاد نانو و برای دستیابی به خواص ویژه، کنترل و بهینه‌سازی نماید. یکی از جنبه‌های کاربردی فناوری نانو، استفاده از آن جهت تشخیص و اندازه‌گیری ترکیبات مختلف، به ویژه ترکیبات شیمیایی و زیستی مضر و خطرناک است که در توسعه حسگرها و نانو حسگرها متبلور می‌شود.

حسگر

حسگرها در اصل نوعی میدل انرژی^۲ هستند که کمیت‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و غیره را به کمیت‌های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیرپیوسته (دیجیتال) تبدیل می‌کند. بر همین اساس حسگرهای مختلفی در زمینه‌های گوناگون توسعه یافته و کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده‌اند. دسته‌ای از حسگرها که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند، نانو حسگرها^۳ هستند. نانو حسگرها در اصل حسگرهای شیمیایی، فیزیکی یا زیستی در ابعاد نانو هستند که می‌توانند تغییرات ایجاد شده در مقیاس نانو را با حساسیت و دقت بسیار بالا و به صورت کیفی یا کمی اندازه‌گیری نمایند. حساسیت زیاد، قدرت تشخیص بالا و توانایی اندازه‌گیری هم‌زمان چند گونه با یکدیگر، از مهم‌ترین مشخصه‌هایی هستند که باعث ایجاد اعتماد بسیار گسترده به داده‌های حاصل از حسگرها و نانو حسگرها شده است.

تهدیدات بیولوژیکی^۴

استفاده از سموم بیولوژیکی^۵ یا عوامل و مواد عفونی^۶ مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها به جهت کشتن و یا ناتوان کردن انسان‌ها، حیوانات یا گیاهان در راستای مقاصد نظامی به عنوان تهدید بیولوژیکی شناخته می‌شود. تهدیدهای بیولوژیکی در اصل، ارگانسیم‌های زنده یا موجودات تکثیر شده‌ای هستند که عمدتاً درون بدن قربانی به تکثیر یا تولید مجدد خود می‌پردازند. این نوع تهدیدات در کنار تهدیدات هسته‌ای و شیمیایی، سه عنصر اصلی کشتار جمعی^۷ را تشکیل می‌دهند. تهدیدات بیولوژیکی انواع مختلفی دارند که از میان آن‌ها می‌توان به تهدیدات ضد نفر^۸، ضد کشاورزی^۹، ضد محصول^{۱۰}، ضد پوشش گیاهی^{۱۱}، ضد شیلات^{۱۲} و انواع جدیدتری همچون تهدیدات ژنتیکی^{۱۳} و حتی انتشار حشرات به عنوان تهدید^{۱۴} اشاره نمود.



تروریسم بیولوژیکی^{۱۵} یا بیوتروریسم

امروزه می‌توان به جرأت گفت که تهدیدهای هسته‌ای دیگر یک خطر بالفعل نیستند و تنها یک قدرت بازدارنده بالقوه به‌شمار می‌آیند که احتمال استفاده از آن‌ها بسیار کم است. از سوی دیگر تهدیدهای شیمیایی نیز چندان گزینه مناسبی برای فعالیت‌های تروریستی نیستند. مشکلات حمل، نگهداری و بکارگیری، نیمه‌عمر کوتاه، خطر نشت، تأثیر محدود و قابلیت ردیابی عامل ترور کننده باعث شده که این نوع تهدیدات نیز چندان مورد اقبال نباشد. از این رو تهدیدهای بیولوژیکی وسیله‌ای بسیار مطلوب برای فعالیت‌های تروریستی شده‌است. توان تولید بالا، نگهداری راحت، قابلیت انتشار، قابلیت مصون‌سازی نیروی خودی، قابلیت تکثیر برای عوامل میکروبی زنده، دشواری بسیار در ردیابی فرد یا افراد متخاصم، گسترده‌گی عمل کرد از انسان تا دام و محصولات کشاورزی و غیره موجب شده شکل‌های تروریستی به‌شدت به این نوع تهدیدات روی آورند. تهدیدهای بیولوژیکی به‌خصوص در عرصه تروریسم دولتی و علیه ساختارهای صنعتی - کشاورزی در سالان اخیر بسیار به کار رفته است. اگرچه کشورهای هدف هرگز نتوانسته‌اند ادعای خود به اثبات برسانند. به عنوان مثال اروپا شیوع جنون گاوی را متوجه سازمان‌های جاسوسی آمریکا و استرالیا می‌داند که با هدف ضربه اقتصادی به صادرات گوشت اروپا انجام شده است، چین نیز شیوع سارس را با هدف جلوگیری از شکوفایی اقتصادی خود و خارج شدن از گردونه رقابت تولید ارزان قیمت ارزیابی نموده و در این راستا کشور آمریکا را مقصر می‌داند.

اندازه‌گیری و تشخیص تهدیدات بیولوژیکی

تشخیص کیفی و کمی ترکیبات بیولوژیکی و شیمیایی خطرناک، در تمام اشکال ممکن، بزرگترین دغدغه در راستای نظارت بر آن‌ها را نه تنها برای استفاده نظامی، بلکه برای مناطق غیرنظامی^{۱۶} نیز تشکیل می‌دهند. تشخیص حضور این ترکیبات، که عمدتاً به صورت گاز به درون یک منطقه نفوذ می‌نمایند، بسیار ضروری است. افزایش روزافزون مخاطرات مربوط به تهدیدات بیولوژیکی و تروریسم بیولوژیکی منجر به توسعه ابزارهای ویژه‌ای جهت تشخیص و اندازه‌گیری این نوع تهدیدات گردیده است. مهم‌ترین این ابزارها حسگرها هستند و امروزه با پیشرفت علوم مختلف انواع گوناگونی از این حسگرها نیز توسعه یافته‌اند که یکی از انواع آن‌ها نانوحسگرها هستند. در این راستا تحقیقات و پیشرفت‌های زیادی صورت پذیرفته است و در کنار این فعالیت‌ها محصولاتی نیز به صورت تجاری ارائه گردیده‌اند.

نانوحسگرها در تشخیص تهدیدات بیولوژیکی

برای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی در میدان نبرد حسگرهای بسیاری توسعه یافته و در دسترس هستند، اما حوزه دیگری که این حسگرها می‌توانند کاربرد داشته باشند، مناطق غیرنظامی و شهری است. برخلاف مقاصد نظامی، در این حوزه هدف این است که انتشار غیرعمد یا عمدی عوامل خطرناک برای انسان‌ها در محیط تشخیص داده شود. این موضوع نیازمند پاسخ بسیار سریع، با حساسیت و دقت بالا، توانایی اندازه‌گیری مقادیر بسیار کم از ترکیبات بیولوژیکی انتشار یافته در محیط و گزینش پذیری حسگرها است. مشخصه‌هایی که به صورت بالقوه برای نانوحسگرها وجود دارد و موجب پیدایش انواع مختلفی از آن‌ها گردیده است. البته در کنار این موارد، خصوصیات همچون سطح فعال بسیار بزرگ نانوحسگرها، اندازه کوچک آن‌ها، نیاز کمتر به فرایند پیش تغلیظ

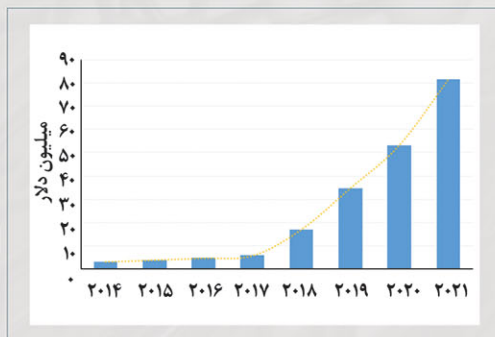
و غیره نیز از دیگر عوامل موثر در افزایش کاربرد آن‌ها به شمار می‌آیند. با توجه به گستردگی بسیار زیاد ترکیبات، سموم و مواد مورد استفاده در ساختار تهدیدات بیولوژیکی و توسعه انواع زیادی از این نوع، حوزه حسگرها و نانوحسگرها پتانسیل فعالیت بسیار گسترده‌ای پیدا کرده است. از این رو، ارائه یک دسته‌بندی مشخص از حسگرها یا نانوحسگرها بسیار دشوار است. با این وجود، از میان انواع مختلف نانوحسگرها و حسگرها می‌توان به مواردی همچون نانوحسگرهای الکتروشیمیایی^{۱۷}، نوری^{۱۸}، رنگ‌سنجی^{۱۹}، فلورسانس^{۲۰}، نانوحسگرهای بر پایه رامان^{۲۱}، آزمایشگاه روی یک تراشه^{۲۲}، بینی الکترونیکی^{۲۳}، نانوزیست حسگرها^{۲۴} و غیره اشاره نمود.



» شکل ۱. نمونه‌ای از یک نانوحسگر توسعه یافته برای تهدیدات نظامی با استفاده از نانولوله‌های کربنی^{۲۵} و برنده جایزه ثبت اختراع ناسا [۱].

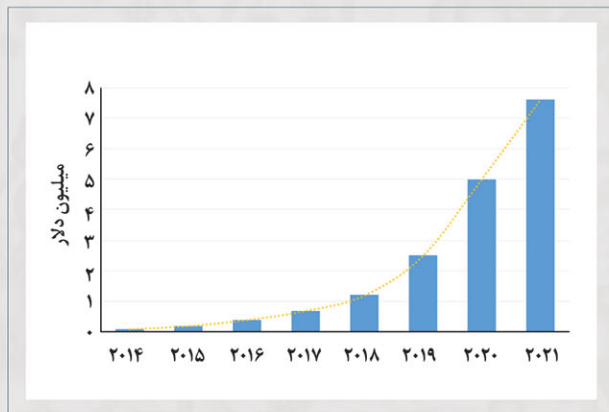
بازار نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی

همان‌طور که اشاره گردید، تهدیدات بیولوژیکی یکی از اصلی‌ترین انواع تهدیدهای گسترده جمع‌ی به شمار می‌آیند و تشخیص به موقع آن‌ها (قبل و بعد از استفاده) از اهمیت بالایی برخوردار است. مهم‌ترین ابزار در این حوزه حسگرها و به تبع آن نانوحسگرها هستند. امروزه با پیشرفت بسیار سریع فناوری نانو، پیشرفت‌های زیادی نیز در راستای ساخت نانوحسگرها برای انواع مختلف تهدیدات نظامی صورت پذیرفته است. بر اساس آمار ارائه شده توسط موسسه NanoMarkets بازار نانوحسگرهای تشخیص مواد انفجاری، تهدیدات شیمیایی و بیولوژیکی و دیگر نانوحسگرهای با کاربرد نظامی در سال ۲۰۱۴ مبلغی معادل ۳/۱۶ میلیون دلار بوده است و پیش‌بینی گردیده که این بازار تا سال ۲۰۲۱ به عدد ۸۱/۵ میلیون دلار دست پیدا کند (نمودار ۱).



» نمودار ۱. پیش‌بینی بازار کل نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات نظامی مختلف تا سال ۲۰۲۱ [۲].

بر اساس دیگر آمار این موسسه، سهم نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی از ۰/۱ میلیون دلار در سال ۲۰۱۴ به مقدار ۷/۶ میلیون دلار در سال ۲۰۲۱ خواهد رسید که نشان از رشد ۷۶ برابری بازار آن دارد. آمار مربوط به بازار نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی تا سال ۲۰۲۱ در نمودار ۲ قابل مشاهده است.

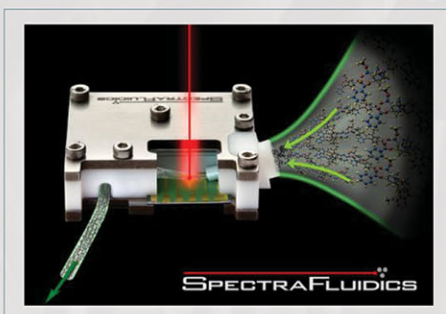


» نمودار ۲ پیش‌بینی بازار نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی تا سال ۲۰۲۱ [۲].

شرکت‌ها و موسسات فعال در زمینه ساخت نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی

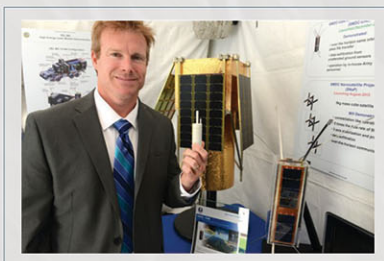
در حال حاضر گروه‌های تحقیقاتی، شرکت‌ها و موسسات بسیاری در زمینه توسعه نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی در سراسر دنیا در حال فعالیت هستند. در راستای این فعالیت‌ها محصولاتی نیز به بازار ارائه گردیده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

شرکت SpectraFluidics از جمله شرکت‌های آمریکایی فعال در زمینه ساخت سیستم‌ها و حسگرهای شناسایی مواد شیمیایی و بیولوژیکی است که در سال ۲۰۰۷ شروع به کار نموده است. این شرکت در سال ۲۰۰۹ نانوحسگری را برای شناسایی تهدیدات شیمیایی و بیولوژیکی معرفی کرده و به ثبت رسانده است که مورد توجه ارتش آمریکا و دیگر سازمان‌های این کشور قرار گرفته است. در این راستا این شرکت تاکنون بیش از سه قرارداد با سازمان‌های دولتی آمریکا به عقد رسانیده است که مهم‌ترین آن‌ها ارتش آمریکا است. ارتش آمریکا برای تولید عمده این نانوحسگر وارد عمل شده و در سال ۲۰۱۲ این نانوحسگر در اختیار بخش‌های مختلف ارتش قرار گرفته است. این نانوحسگر بر پایه ادغام طیف‌سنجی رامان سطحی تشدید یافته^{۲۶} با نانوذرات و میکرو سیال‌های با سطح آزاد^{۲۷} طراحی گردیده است (شکل ۲) که بر اساس تغییرات طیف رامان نانوذرات در اثر جذب ترکیبات بیولوژیکی عمل می‌کند. به عبارت دیگر، با توجه به تفاوت ایجاد شده بر روی طیف رامان نانوذرات در اثر جذب ترکیب بیولوژیکی، حضور ترکیب بیولوژیکی تایید می‌شود. از این رو می‌توان با ایجاد یک پوشش مناسب بر روی سطح نانوذرات، به صورت گزینش‌پذیر^{۲۸} ترکیبات بیولوژیکی را شناسایی نمود. این نانوحسگر در سال ۲۰۱۲ جایزه ۱/۳ میلیون دلاری سازمان امنیت ملی آمریکا^{۲۹} را برای شرکت سازنده بر همگان آورده است.



» شکل ۲. نانوحسگر ساخت
شرکت SpectraFluidics
جهت شناسایی تهدیدات
شیمیایی و بیولوژیکی [۳].

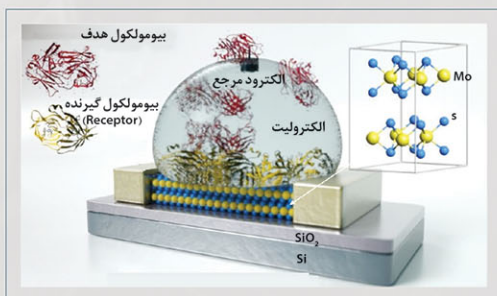
شرکت AltairNanotechnology از شرکت‌های فعال در زمینه سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی است که در حوزه تحقیق و توسعه و ساخت نانوحسگرها نیز فعالیت دارد. این شرکت در سال ۲۰۰۹ طی یک فعالیت تحقیقاتی در راستای یک پروژه ۱/۷۵ میلیون دلاری برای ارتش آمریکا موفق به استفاده از نانوذرات تیتانیم اکسید^{۳۱} در ساخت نانوحسگر تشخیص تهدیدات بیولوژیکی گردیده است. این نانوحسگر یک نانوحسگر الکترو شیمیایی است که حضور نانوذرات تیتانیم اکسید در ساختار آن باعث افزایش میزان انتقال الکترون و در نتیجه افزایش حساسیت آن شده است [۴].



» شکل ۳. نانوحسگر ساخت
شرکت AltairNanotechnology
برای ارتش آمریکا [۵].

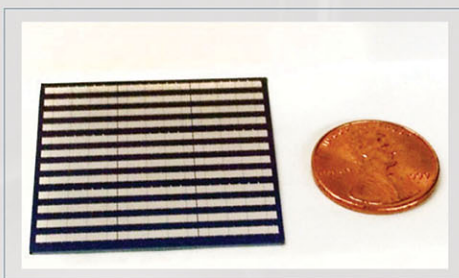
موسسه آمریکایی California NanoSystems Institute نیز تحقیقاتی در زمینه ساخت نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی به عمل آورده و توانسته است قراردادهایی را با ارتش آمریکا به ثبت برساند. نانوحسگر ساخت این شرکت بر مبنای فناوری ترانزیستورهای اثر میدان^{۳۳} است که بر روی سطح آن نانوذرات مولیبدنیوم دی سولفات^{۳۳} عامل دار شده با گیرنده‌های زیستی^{۳۴}، پوشش داده شده است (شکل ۴). با انتخاب مناسب گیرنده‌های زیستی مورد استفاده، می‌توان انواع مختلفی از این نانوحسگر را برای تشخیص گونه‌های مختلف توسعه داد. این نانوحسگر قادر است تغییرات در مقاومت الکتریکی الکتروود در اثر جذب مولکول‌های بیولوژیکی هدف را با دقت و حساسیت بسیار بالا اندازه‌گیری نموده و آن را به غلظت گونه مورد نظر ارتباط دهد. لازم به ذکر است که این نانوحسگر هنوز در حال توسعه است و بر اساس برنامه زمانی ارائه شده، قرار است که در نیمه دوم سال ۲۰۱۶ در اختیار واحدهای مختلف ارتش آمریکا قرار بگیرد.

شکل ۴. شمای کلی از
 نانوحسگر ساخت موسسه
 California NanoSystems
 Institute جهت تشخیص
 بیومولکول‌های خطرناک [۶].



بنیاد ملی علوم و موسسه ملی بهداشت آمریکا نیز در این حوزه تحقیقاتی را به عمل آورده‌اند که نتیجه آن توسعه یک نانوحسگر گرافنی بوده است. این نانوحسگر آرایه‌ای از ۱۹۲ نانوحسگر گرافنی جداگانه است که به صورت یک تراشه الکترونیکی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۵). بر روی هر یک از این نانوحسگرها پوششی از آنتی‌بادی‌ها و گیرنده‌های زیستی مختلف ایجاد گردیده که این تراشه را برای تشخیص انواع مختلفی از تهدیدات بیولوژیکی مستعد ساخته است.

شکل ۵. آرایه‌ای از
 نانوحسگرهای گرافنی با
 پوششی از آنتی‌بادی‌ها و
 گیرنده‌های زیستی مختلف
 برای تشخیص انواع مختلفی
 از تهدیدات بیولوژیکی [۷].



نانوحسگرهای دفاعی در ایران

برتری صنعتی و نظامی در هر زمان با کشورهایی است که فناوری‌های نو را در اختیار داشته باشند و بدون شک در آینده‌ای نه چندان دور فناوری نانو نقش تعیین‌کننده‌ای در تضمین امنیت ملی و توان سخت‌افزاری کشورها در حوزه بازدارندگی خواهد داشت و در این راستا شمار زیادی از کشورهای جهان به این موضوع مهم پی‌برده و توجه خاصی نسبت به آن دارند. از جمله این کشورها می‌توان به آمریکا، ژاپن، کره، روسیه، چین و کشورهای اتحادیه اروپا اشاره کرد که مجالس قانون‌گذاری این کشورها مبالغ قابل توجهی را به تحقیق و توسعه فناوری نانو اختصاص داده‌اند.

در این راستا موارد زیر در کشور مورد پیگیری بوده و توجه بیشتری را نیز به خود معطوف می‌نمایند:

- تبیین یک راهبرد منسجم و قابل اجرا برای توسعه فناوری نوین در حوزه‌های دفاعی-امنیتی
- تبیین یک استراتژی کارآمد و منسجم در قبال مهار تهدیدهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نوظهور

به همین منظور و باتوجه به چشم انداز کاربرد روزافزون فناوری نانو در حوزه‌های بازدارندگی سخت افزاری و نرم افزاری، تحقیقات در زمینه موضوع‌های مربوط به این حوزه، به خصوص نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود.

نتیجه‌گیری



تشخیص و اندازه‌گیری گونه‌های شیمیایی و بیولوژیکی مختلف در حوزه‌های مختلف از جمله پزشکی و نظامی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امروزه با توجه به افزایش اقدامات تروریستی در سراسر دنیا، توجه ویژه‌ای به توسعه روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری تهدیدات نظامی مختلف صورت پذیرفته است. در حال حاضر توسعه

حسگرهای جدید، اصلی‌ترین رویکرد در این زمینه است. یکی از مهم‌ترین انواع حسگرها که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند، نانوحسگرها هستند. کاربرد نانوحسگرها در تشخیص تهدیدات نظامی مختلف به ویژه تهدیدات بیولوژیکی، به واسطه خصوصیات منحصر به فردی همچون پاسخ سریع، حساسیت زیاد، توانایی اندازه‌گیری مقادیر بسیار کم، گزینش‌پذیری مناسب، سطح فعال بسیار بزرگ، اندازه کوچک و نیاز کمتر به فرایند پیش‌تعلیظ هر ساله رو به افزایش است.

پی‌نوشت‌ها

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| ۱ Nanomaterials | ۹ Anti-agriculture |
| ۲ Transducer | ۱۰ Anti-crop |
| ۳ Nanosensor | ۱۱ Anti-vegetation |
| ۴ Biological Threat | ۱۲ Anti-fisheries |
| ۵ Biological Toxins | ۱۳ Genetic Warfare |
| ۶ Infectious Agents | ۱۴ Entomological warfare |
| ۷ Weapons of Mass Destruction (WMDs) | ۱۵ Bioterrorism |
| ۸ Anti-personnel | ۱۶ Civilian Areas |

- ۱۷ Electrochemical Nanosensors
- ۱۸ Optical Nanosensors
- ۱۹ Colorimetric Nanosensors
- ۲۰ Fluorescence Nanosensors
- ۲۱ Raman-based Nanosensors
- ۲۲ Lab-On-a-Chip Nanosensors
- ۲۳ Electrical Nose
- ۲۴ Nano-Biosensors
- ۲۵ Carbon Nanotubes (CNTs)
- ۲۶ Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS)

- ۲۷ Free-Surface Microfluidics (FSF)
- ۲۸ Selective
- ۲۹ US Homeland Security
- ۳۰ Energy Storage
- ۳۱ Titanium Oxide (TiO₂)
- ۳۲ Field Effect Transistor (FET)
- ۳۳ Molybdenum Disulfide
- ۳۴ Receptor Biomolecules

مراجع

- ۱ <http://phys.org/news/2012-08-electronic-nose-prototype.html>.
- ۲ Allen, G., NanoMarkets Report #701, Nanosensor Markets 2014.
- ۳ www.spectrafluidics.com.
- ۴ <http://www.nanowerk.com/news/newsid=13058.php>.
- ۵ www.altairnano.com/.
- ۶ <http://www1.cnsi.ucla.edu/staticpages/events-mainpage>.
- ۷ <http://globalbiodefense.com/2014/05/14/penn-develops-scalable-bio-chemical-nanosensors/>.

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

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نانوحسگرهای پایش آلودگی ذرات معلق در هوا
- کاربردهای فناوری نانو در چاه ارت
- کاربرد نانوحسگرها در تشخیص و کنترل رطوبت خاک
- کاربردهای فناوری نانو در خنک کاری قسمت‌های مختلف نیروگاه
- کاربرد فناوری نانو در روش فیلتراسیون اسمز معکوس
- درخت‌سان: نانوحاملی در عرصه سلامت
- فناوری‌های نوین در استفاده از آب‌های تخریب شده به عنوان منبع آب مصرفی صنایع مختلف
- مدخل هوا-نانو الیاف
- رنگ‌های محافظ در برابر امواج الکترومغناطیس
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و پوشش‌های آب‌گریز
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌فولینگ
- کاربرد نانورنگ‌ها، نانو پوشش‌ها و سازه‌های ضد حریق در صنعت ساختمان
- کاربرد سامانه‌های رنگ‌سنجی مبتنی بر اسپکترو فتومتری در صنایع رنگ

- نانوأفت کش و اثر آن در کنترل آفات
- کاربرد فناوری نانو در صنعت مفره
- کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی
- کاربرد فناوری نانو در روغن‌های روان‌کننده
- نانو افزودنی‌های سوخت
- کاربرد نانوالیاف در کشاورزی
- کاربرد فناوری نانو در سیمان و سیال حفاری
- کاربرد نانوساختارها در فناوری‌های جداسازی غشایی
- نانوفیلترهای لیفی
- فناوری‌های نوین در مدیریت و افزایش بهره‌وری آب در نیروگاه‌های گرمایی
- فولاد Nanosandvik Nano flex
- کاربرد فناوری نانو در صنعت سیم و کابل
- کاربرد فناوری نانو در صنعت دیودهای نورافشان LED
- کاربردهای فناوری نانو در تولید انرژی الکتریکی
- کاربردهای نانومواد سلولز در صنعت خودرو
- کاربرد نانو کامپوزیت‌های پلیمری در صنعت خودرو
- کاربرد فناوری نانو در پوشاک
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌رزی منسوجات
- کاربرد فناوری نانو در منسوجات ورزشی / بیرونی
- کاربرد فناوری نانو در تولید منسوجات خود تمیزشونده
- سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای
- نانوحسگرهای تشخیص‌دهنده پاتوژن‌های میکروبی در مواد غذایی

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهر و بیژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قراییلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
تهیه‌کنندگان: صابر زارع، محسن سروری، احسان فریدی	report@nano.ir	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
water@nano.ir		صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴