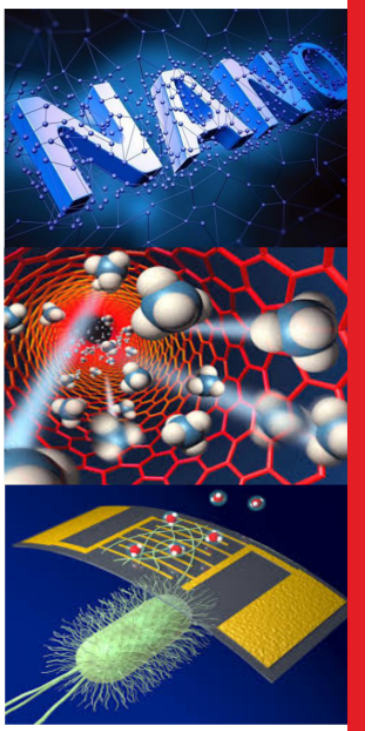
نانو بیو سِنسورها



نویسنده : دکتر افشین رشید

درباره نویسنده

نویسنده : افشین رشید

سطح علمی : دکترای نانو _ میکرو الکترونیک

تارنما : www.electronic-tarfand.blog.ir

پست الکترونیک : afshinrashid342@gmail.com

تعداد صفحات : ۱۲۰

درباره کتاب

رشد روز افزون نانو سنسور ها Nanosensor به طور چشمگیری روی زندگی بشر تاثیر گذار بوده است. این سنسور ها ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی میباشند. روشهای الکترو شیمیایی به دلیل سادگی، حساسیت با و وی‌ژگی های مطلوب کاندیداهای مناسبی برای این تکنولوژی به حساب میآیند.اساس این Nano bio sensor نانو بیوسنسورها بر پایه ی بر همکنش شیمیایی بین مولکول های ایموبوایزر و یون مصرفی و یا الکترون است که باعث تغییر در خواص الکتریکی قابل اندازه گیری مانند جریان الکتریکی، پتانسیل و قدرت یونی در محلول میگردد.

فهرست مطالب کتاب

_نانو بیو سنسور چیست؟؟

_ آشنایی با انواع نانو بیو سنسور ها

_ نانو بیو سنسور های گازی (عمومی)

_نانو بیو سنسور های گازی نظامی و شناسایی گاز های سمی

_نانو بیو سنسورهای (بیولوژیکی _ زیستی) ساختار و عملکرد ها

_نانو بیو سنسور های آزمایشگاهی (نانو سنسورهای الکترونیکی

_نانو بیو سنسور های مایع زیستی (ساختار و عملکرد)

_تکثیر و گسترش عملکرد در نانو بیو سنسور ها

_معرفی نانو بیو سنسور چیپ های (بیولوژیکی _ زیستی)

نانو بیو سنسور چیپ های (تشخیصی _ آزمایشگاهی)

_نانو بیو سنسور ها حسگر های پیرامون

_نانو بیو سنسور های فعال (تشخیصی _زیستی)

_نانو بیو سنسور ها از دیدگاه علم نانو الکترونیک

_یک نتیجه گیری کلی پیرامون نانو بیو سنسور ها (نانو الکترونیک)

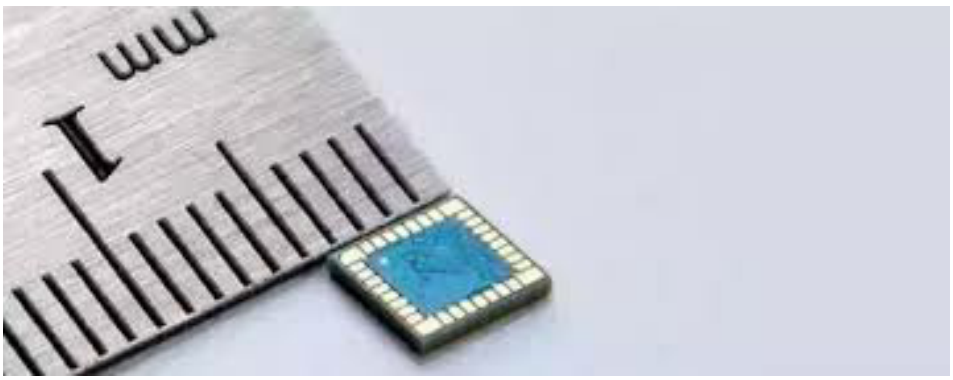
به نام خدا

پیشگفتار از نویسنده کتاب :

در ستایش علم الکترونیک همین بس که کاربردی ترین علوم در جوامع میباشد . و از یاد نبریم نانو _میکرو الکترونیک برترین گرایش علوم الکترونیک و کلید دستیابی به یک فناوری برتر در نیمه ی سَده پیش رو میباشد. شاید باور کردنی نباشد اما تغییر در حجم و بازطراحی مدار ه‌ای الکترونیکی و مخابراتی بر پایه علوم نانو الکترونیک میتواند تا چند برابر کارایی و قدرت این عناصر الکترونیکی افزایش دهد . و دست با تر در صنایع دریایی ؛ نظامی ؛ پزشکی ؛ الکترونیکی ؛ مخابراتی _ارتباطی ؛ به ارمغان آورد .

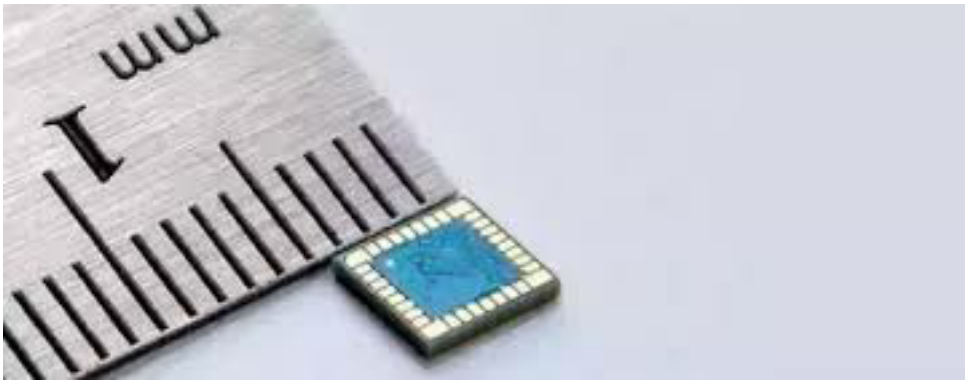
(دکتر افشین رشید)

نانو چیپ های خود رهیاب و ساختار حسگرهای بیومدیسین و حسگرهای نانو بیوسنسور



در بخش نظامی و امنیت ملی احتیاج به نانو چیپ های خود رهیاب و حسگرهای بسیار حساسی است که بتوانند به صورت گسترده توزیع شوند تا به کمک آنها بتوان تشعشعات و بیوسمهای زیستی را در مواقع ضرروری مورد بررسی قرار داد. در زمینه پزشکی نیاز به حسگرهای بسیار حساسی به صورت آزمایشگاههایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچکترین ء ئم نشان دهنده سرطان را شناسایی کنند. در صنایع هوافضا احتیاج به نانو چیپ ها خود رهیاب و نانوحسگرهایی است که در بدنه هواپیماها به عنوان سیستم هشداردهنده ثابت قرار بگیرند و مشخص کنند که چه زمانی هواپیما احتیاج به تعمیرات دارد.در صنایع اتومبیل میتوان از

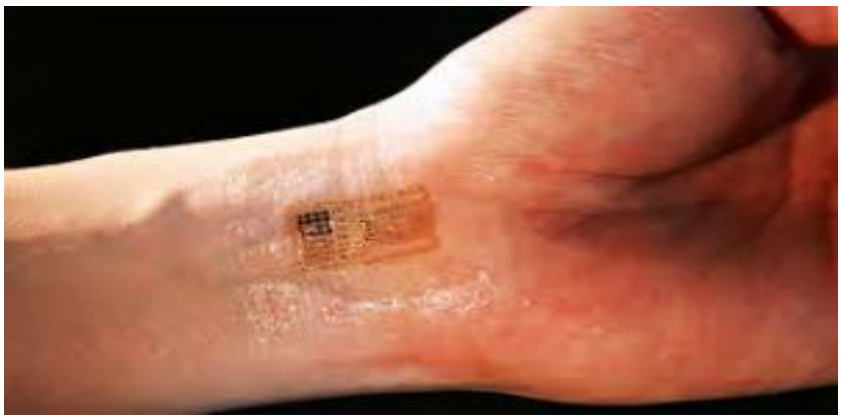
نانو چیپ ها و نانوحسگرها برای مصرف بهینه سوخت استفاده کرد. همچنین در اتومبیلهای گرانقیمت میتوان برای بهبود وضعیت صندلی و وضعیت کنترلهای موجود به تناسب حالتهای مختلف بدن، این نانوحسگرها را مورد استفاده قرار داد. در مرحله بعدی میتوان از آن در فناوری اط عات به منظور ترغیب در فراگیر شدن سیستمهای محاسبه گر رایانه های همراه همیشه روشن استفاده کرد.



حسگر زیستی یا بیوسنسور، و حالت Test of care

حسگر زیستی یا بیوسنسور، نام گروهی از حسگرها است. این حسگرها به گونهای طراحی میشوند تا تنها با یک مادهی خاص واکنش نشان دهند. نتیجه ی این واکنش به صورتِ پیامهایی در میآید که یک ریزپردازنده، میتواند آنها را تحلیل کند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه ها در سیستمهای زیستی استفاده میشود.

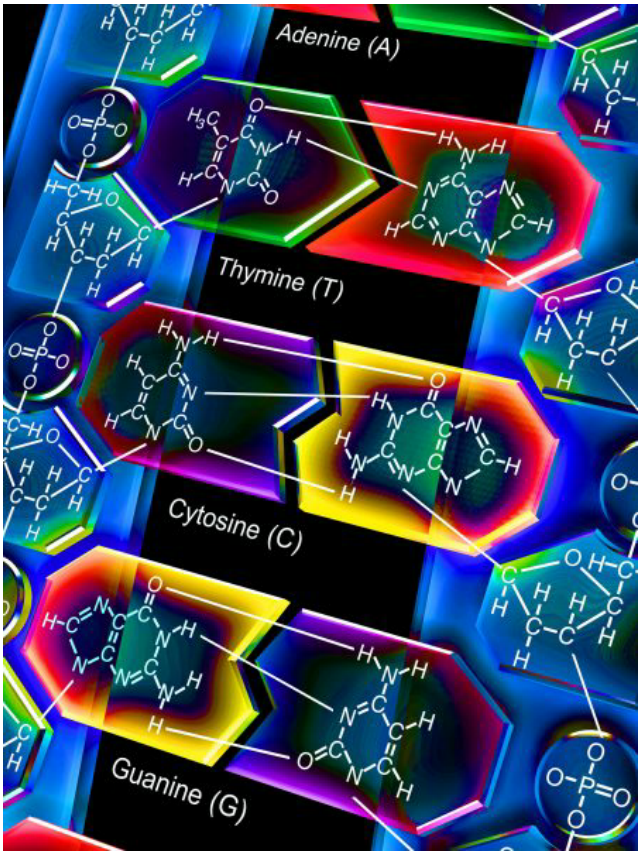
الف(پذیرنده ی زیستی یا بیورسپتور: یک عنصر زیستی)پادتنها، اسید نوکلئیکها، آنزیمها، سلولها، بافتها و دیگر مادههایِ زیستی(است که میتواند به صورتِ انتخابی تنها با ماده ی خاصی واکنش نشان دهد.ب(آشکارساز و مبدل: که پس از واکنشِ مادهای خاص با پذیرندههایِ زیستی، وارد عمل میشود و میتواند نوع و مقدار واکنش را با روشهای مختلف فیزیکی-شیمایی مشخص کرده)مثال با بررسی تغییرهای الکتروشیمیایی، نوری، جرمی یا حرارتی قبل و بعد از واکنش(و به وسیله ی سیگنالهای مناسب به پردازنده ارسال کنند.(پردازنده های سیگن‌ال: که عمدتا مسئول نمایش نتایج و انجام محاسبات حسگر هستند.حسگرهای زیستی طی سالهای اخیر مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی قرار گرفته اند. از آنجا که حسگرهای زیستی ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی هستند، امروزه از آنها در عِلوم مختلف پزشکی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، مانیتورینگ محیط زیست، تولید



محصو ت دارویی، بهداشتی و غیره بهره میگیرند. حواس بویایی و

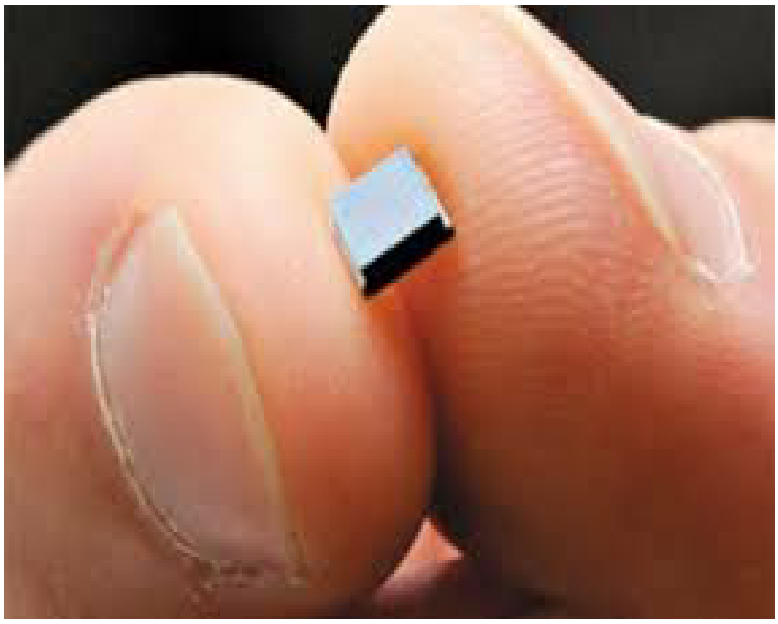
چشایی انسان که به شناسایی بوها و طعمهای مختلف میپردازد و یا سیستم ایمنی بدن که میلیونها نوع مولکول مختلف را شناسایی میکند، نمونه هایی از حسگرهای زیستی طبیعی هستند. بیشترین کاربرد حسگرهای زیستی در تشخیصهای پزشکی و علوم نظامی است.بیشترین نوع استفاده این سنسور های چند منظوره در علوم نظامی و در علوم پزشکی از جمله تشخیص سریع بیماریها با استفاده از تستهای سریع یاTest of careوی‌ژگی این تستها سرعت و ارزان بودن روش آزمایش است.با ورود علوم و فناوری نانو الکترونیک و میکرو الکترونیک و فراهم شدن امکان ساخت الکترودهایی در مقیاس بسیار کوچک، ساخت حسگرهای نانومتری نیز میسر شد. این حسگرها به لحاظ دارا بودن سایز نانومتری و کاربردشان درمحیطهای زیستی، نانوبیوسنسور نانوحسگر زیستی نامگذاری شدند. نانوحسگرهای زیستی الکترودهای بسیار کوچکی در اندازهی نانومتری و ابعاد سلولی هستند که از طریق تثبیت آنزیمهای خاصی روی سطح آنها، نسبت به تشخیص گونه های شیمیایی یا بیولوژیک مورد نظر در سلولها حساس شده اند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه ها در سیستمهای بیولوژیک استفاده میشود. این تکنیک، روش بسیار مفیدی در تشخیص عبور بعضی مولکولها از دیواره یا غشای سلولی است.

ساختمان نانوحسگرهای زیستی نوری (بیوسنسور ها و نانو سنسور های بیولوژیک؛ نانو حسگر CDSE)



ساخت نانو سنسورها بر پایه نانو الکترونیک در پ‌ژوهشهای پزشکی و بیولوژیک نیز تحول عظیمی صورت گرفته و فناوری ساخت حسگرهای زیستی و دانش تولید نانومتری این ابزارها روز به روز گسترش یافته است. این حسگرها به لحاظ استفاده از فیبر نوری در ساختارشان (حسگرهای نوری) نامیده شده اند و به دو دسته ی شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم میشوند.

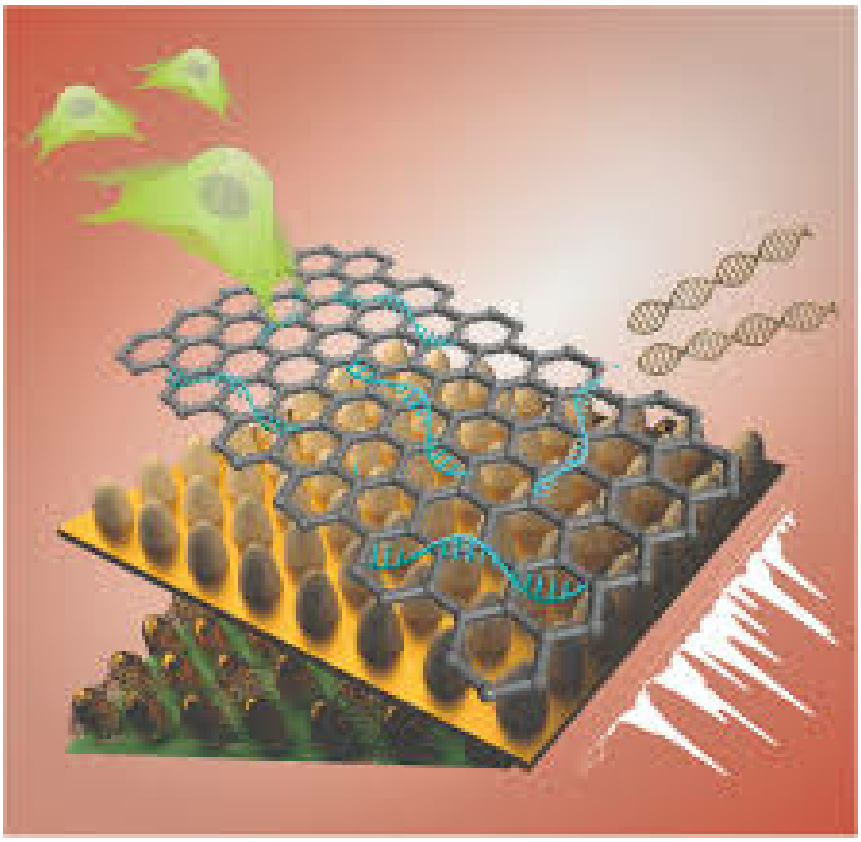
در ساخت (bio sensor) نانو سنسورهای پزشکی و بیولوژیکی بسته به اینکه بخواهیم این حسگر را برای تجزیه ی گونه ی داخل سلول، مایع بیولوژیک بین سلولی یا داخل خون به کار ببریم، ابعاد نوک حسگر، زاویه ی مخروطی شدن نوک آن و میزان نرمی پوشش روی فیبر متفاوت خواهد بود. برای تهیه این فیبر به عنوان نوک حسگر، میتوانیم از دستگاه های مورد استفاده برای کشش فیبرهای نوری استفاده نماییم. در این دستگاه از لیزر دی اکسید کربن برای گرم کردن فیبر و از وسیلهای برای کشش فیبر در جهت محور اصلی آن استفاده میشود. محققان موفق شده اند با تغییر دما و میزان نیروی کششی اعمال شده به فیبر، نوک هایی برای حسگرهای زیستی بسازند که قطرشان بین 01 تا 511 نانومتر است. این تکنیک سرعت با (حدود 3 ثانیه) و روند تولید نسبتا ساده ای دارد.



این گونه از حسگرها به لحاظ دارا بودن سایز نانومتری و کاربردشان در محیطهای زیستی، (نانوبیوسنسور _نانوحسگر زیستی)

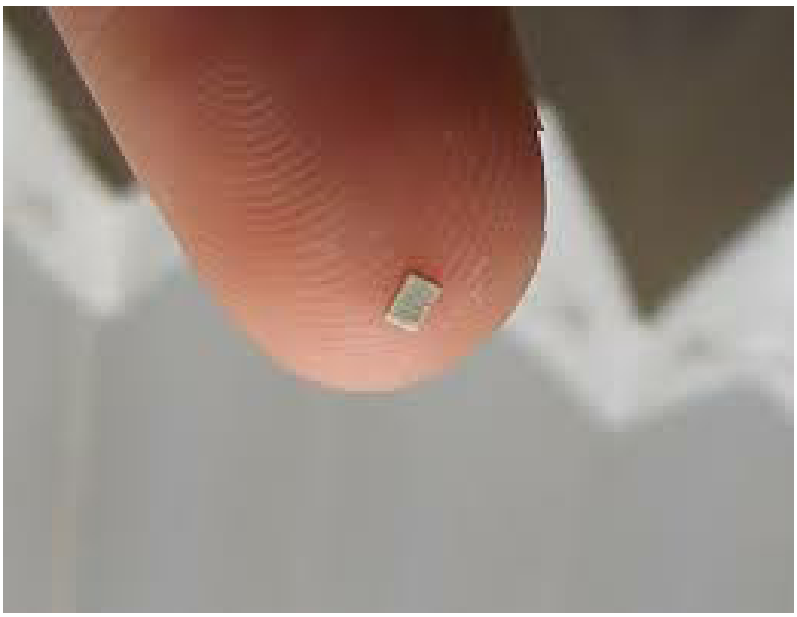
نامگذاری شدند. نانوحسگرهای زیستی الکترودهای بسیار کوچکی در اندازه ی نانومتری و ابعاد سلولی هستند که از طریق تثبیت آنزیم های خاصی روی سطح آنها، نسبت به تشخیص گونه های شیمیایی یا بیولوژیک مورد نظر در سلولها حساس شده اند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه ها در سیستم های بیولوژیک استفاده میشود. این تکنیک، روش بسیار مفیدی در تشخیص عبور بعضی مولکولها از دیواره یا غشای سلولی است.معروفترین مثال از نانوحسگرها که در پزشکی استفاده میشود کادمیم سلنید (CdSe) است. این ترکیب برای تشخیص تومورهای سرطانی با اس‌تفاده از خصوصیات فلورسانس عمل میکند.کاوشگر حسگرهای ساخته شده به این روش، میتواند بدون آسیب رساندن به غشای سلولی، به آن وارد شود و برای مطالعات بیوملکولی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، مجموعه ی یک نانوحسگر زیستی، از یک مولکول گیرندهی زیستی مثل DNA یا پادتن تشکیل شده که بر روی یک فیبر بسیار نازک نشانده شده است. از این مجموعه میتوان به عنوان یک کاوشگر برای وارد کردن گونه ی خاصی به سلول استفاده کرد و با به کارگیری روشهای متداول آمپرومتری به تجزیه ی گونه ها در داخل سلول پرداخت.

اساس شکل گیری و ساخت و انواع (نانو سنسورها)



در طراحی یک نانو حسگر علوم مختلف مانند بیوشیمی، بیولوژی، الکترونیک، شاخه های مختلف شیمی و فیزیک حضوردارند. قسمت اصلی یک حسگر شیمیایی یا زیستی عنصر حسگر آن است. عنصر حسگر در تماس با یک آشکارساز است. این عنصر مسئول شناسایی و پیوند شدن با گونهی مورد نظر در یک نمونهی پیچیده است. سپس آشکارساز سیگنالهای شیمیایی را که در نتیجه ی پیوند شدن عنصرحسگر با گونه ی مورد نظر تولید شده است را به یک سیگنال

خروجی قابل اندازه گیری تبدیل میکند. حسگرهای زیستی بر اجزای بیولوژیکی نظیر آنتی بادیها تکیه دارند. آنزیمها، گیرنده ها یا کل سلولها میتوانند به عنوان عنصر حسگر مورد استفاده قرار گیرند.



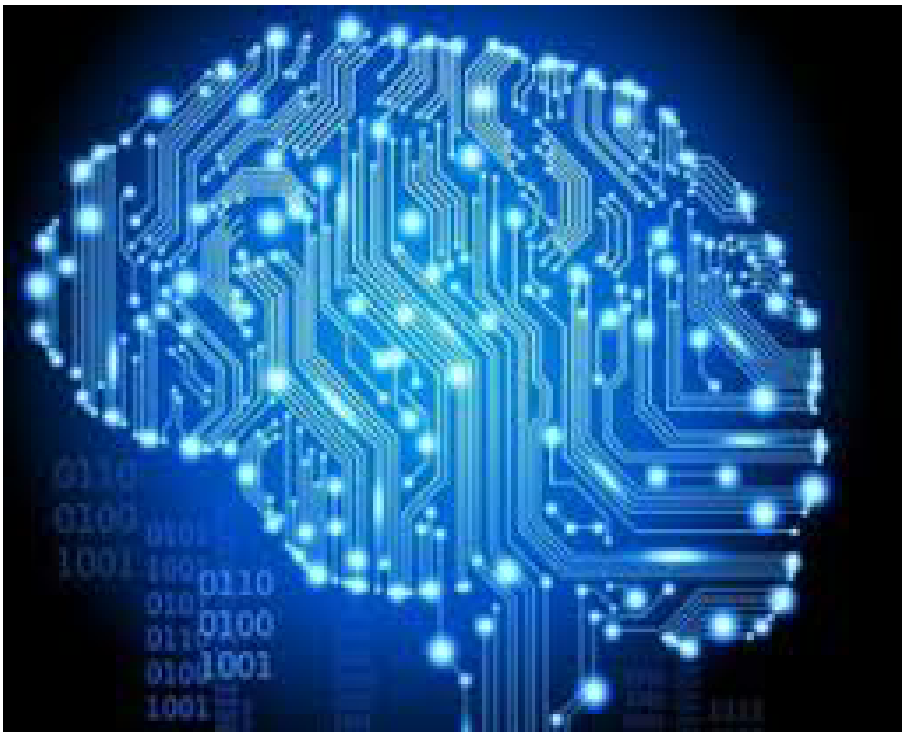
انواع نانو حسگرها (نانو سنسورها)

نانوحسگرها به گونه های مختلفی دسته بندی میشوند. یکی از این دسته بندی ها بر اساس شکل نانوذرات و کاربرد آنها به شکل زیر است:

الف - مواد نانوساختار: مانند سیلیکونِ متخلخل، نانوحسگرهای ساخته شده از این مواد به منظور شناساییِ واکنشهای شیمیایی و زیستی به کار گرفته میشوند.

ب - نانوذرات: مانند مواد کرویِ نانومقیاس که به عنوان گیرنده های

نوری . زیستی، نوری . شیمیایی و حسگرهای تصویری فضایی کاربرد دارند. مانند ذرات نانوسیلیکون که به عنوان حسگرهای زیستی استفاده میشوند. همچنین میتوان نانوحسگرها را براساس نوع ساختارشان به سه دسته ی نقاط کوانتومی، نانولوله های کربنی و نانوابزارها تقسیم بندی کرد.

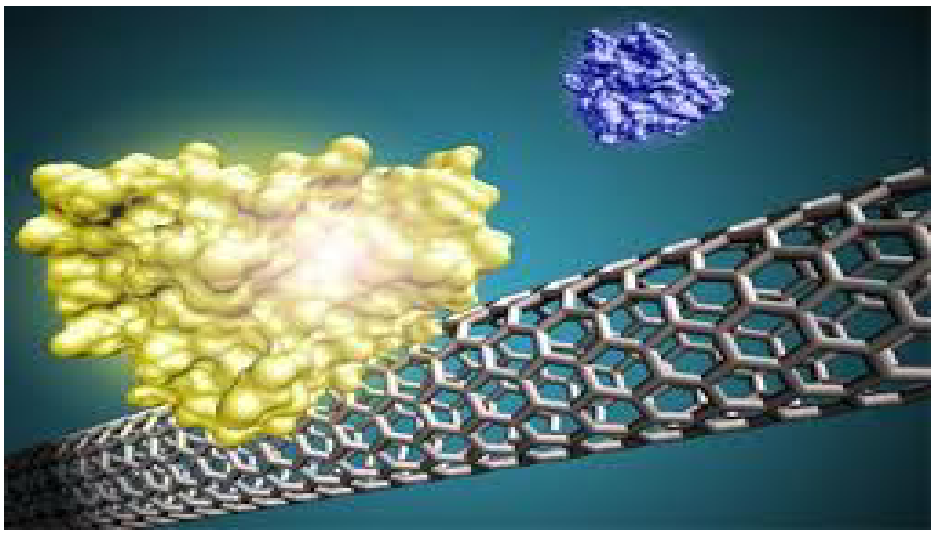


کاربرد مدرن نانو حسگر ها (نانو بیو سنسور ها) در بهبود صنایع غذایی و کشاورزی با استفاده از این حسگرها (نانو بیو سنسورها) شناسایی مقادیر بسیار کم آلودگی شیمیایی یا ویروس و باکتری در سامانه ی کشاورزی و غذایی ممکن است. تحقیقات در زمینه ی نانوابزارها جزء پژوهشهای علمی به روز دنیا است.با ورود علوم و فناوری نانو و فراهم شدن امکان ساخت الکترودهایی در مقیاس

بسیار کوچک، ساخت حسگرهای نانومتری نیز میسر شد. این حسگرها به لحاظ دارا بودن سایز نانومتری و کاربردشان در محیطهای زیستی، نانوبیوسنسور)نانوحسگر زیستی(نامگذاری شدند. نانوحسگرهای زیستی الکترودهای بسیار کوچکی در اندازهی نانومتری و ابعاد سلولی هستند که از طریق تثبیت آنزیمهای خاصی روی سطح آنها، نسبت به تشخیص گونه های شیمیایی یا بیولوژیک مورد نظر در سلولها حساس شده اند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه ها در سیستمهای بیولوژیک استفاده میشود. این تکنیک، روش بسیار مفیدی در تشخیص عبور بعضی مولکولها از دیواره یا غشای سلولی است.

نانو بیو سنسورهای الکترو شیمیایی (اساس کار ـ نوع کاربرد)

شناسایی در نانو مولکول های DNA



تمامی بیو سنسورهای الکتروشیمیایی که پایه مولکولی دارند وابسته به یک سیستم بسیار اختصاصی برای تشخیص یا ردیابی مولکول هدف خود می باشند. اهمیت یک بیوسنسور الکتروشیمیایی این است که یک تکیه گاه مناسبی را برای اتصال مولکول هدف به پروب و ایجاد سیگنال الکتریکی که بتوان آن را اندازه گیری و خواند تهیه نماید. در ساختمان بیوسنسور های الکتروشیمیایی حداقل قسمتهایی که در یک بیوسنسور بکاربرده می شوند عبارتند از: یه تشخیص مولکولی (layer recognition molecular) و مبدل سیگنال (signaltransducer) که می تواند به یک دستگاه اندازه گیری (device readout) این سیگنال ها متصل باشد. DNA معمو ابزار مناسبی بعنوان یک بیوسنسور می باشد زیرا واکنش جفت شدن بازها بین ترتیب های بازی مکمل هم اختصاصی وهم پایدار

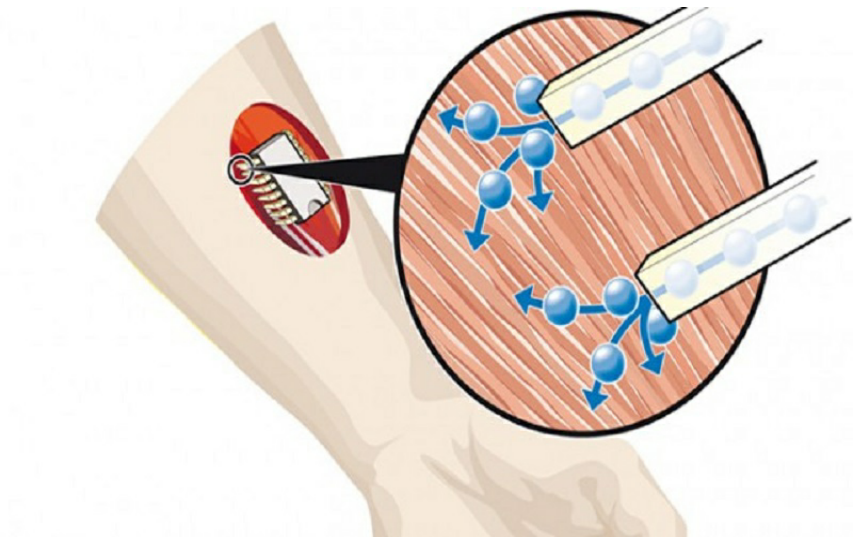
می باشد. در این حالت DNA پروب تک رشته بر روی یه تشخیص ایموبولیزه می شود و سپس بوسیل عمل جفت شدن DNA هدف در سطح با پروب واکنش می دهد .تکراری بودن و واحد بودن ساختارهای DNA سبب می شود که تجمع آنها را بر روی سطح بسیار مشخص کند. بر روی این سطح می باشد که گرفتن DNA هدف و ایجاد سیگنال صورت می گیرد. لذا ایموبولیزه کردن اسید نوکلئیک پروب در حالی که قدرت چسبندگی اولیه خود را حفظ کرده باشد برای تشخیص DNA هدف مهم می باشد. اما اینکه چگونه این عمل تشخیصی اندازه گیری شود بستگی به روش سیگنال ترانس داکسیون دارد که ممکن است، اپتیکال، مکانیکال، یا الکتروشیمی باشد .

اندازه سیگنال بطریق نوری (readout Optical)

بیسوسنسورهای نوری که بر پایه نور فلورسانس کار می کنند دارای وی‌ژگی هایی می باشند. این نوع بیوسنسورها حساسمولکول بر هر

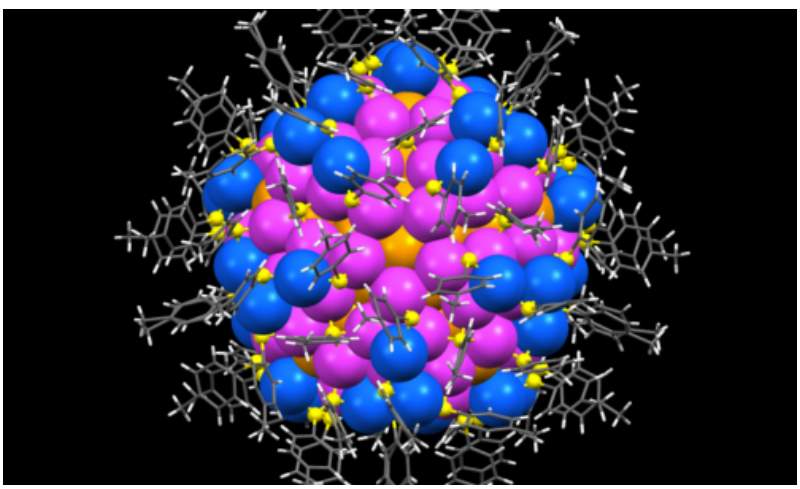
سانتیمتر مربع باشد. از ردیف هایی تشکیل شده اند که ۷ می باشند که بطوریکه حد شناسایی آنها تقریباً از هزاران پروب ساخته شده است. بخاطر اینکه ابزارهایی که در این زمینه (بیوسنسور فلورسانس) پیچیده و گران میباشند. تکنولوژی چیپس ژنی بیشتر برای کارهای آزمایشگاهی کاربرد مناسب دارد. چیپس های ژنی در مواردی که کار زیادی همزمان می خواهد انجام شود مانند بررسی پروفایل نسخه برداری (profiling Transcriptional) یا بررسی پلیمورفیسم نوکلئوتید منفرد (discovery polymorphism nucleotide Single (مناسبتر مهی باشند. اما تشخیص هایکلینیکی معمو نیازمند جمع آوری این داده های زیاد نمی باشند. آنچه که مهم برای تشخیص مولکولی می باشد، قابلیت اطمینان به تشخیص و همچنین عمومی بودن بدون توجه به ترتیب بازی می باشد. لذا چیپس های ژنی برای تشخیص کلینیکی به د یلی ارجح نمی باشند مانند: گران بوده و دستگاه پیچیده می باشد همچنین به علت های اختصاصی دیگری دقت در خواندن کاهش می یابد. روش دیگر برای اندازه گیری سیگنال بطریق نوری روش رزنانس پ سمون سطحی (Resonance Plamon Surface)می باشد. در این روش در ضریب شکست یک سوبسترات فیلم فلزی نازک تغییر ایجاد می شود که این عمل در اثر جذب آنالیت بوده و برای تشخیص هدف در حالتهایی که بصورت خانه – خانه، شیار شیار می باشد مناسب می باشد. برای اینکه در این روش بتوانیم به حد تشخیص مولکول هدف برسیم که در آن حد، ایجاد سیگنال می گردد باید سیگنال

هیبریداسیون را تقویت نمود . این عمل را می توان بوسیله افزایش مقدار موادی که بر روی سطح فیلم می باشد قبل یا بعد از اتصال بهDNA هدف افزایش داد. روش رزنانس پلاسمون سطحی (SPR) مانند روش فلورسانس گران قیمت و پیچیده است کهاین گران بودن و پیچیده بودن سبب شده است که این روش نیز بیشتر برای کارهای تحقیقاتی بیشتر بکار رود تا کارهای روتین تشخیصی؛یکی از روشهای اندازه گیری سیگنال بطریق نوری که بسیار مشخص می باشد روش خواندن نوری است که در ان DNA های تک رشته با نانو ذرات ط نشاندار گردیده ان که براحتی در اثر هیبریداسیون با ترتیب بازی هدف تغییر رنگ میدهند. با استفاده از رنگ آمیزی نقره می توان آنالیز DNA را با این روش نوری در صفحات بسیار کوچک با حساسیت با انجام داده اگرچه ممکن است استفاده از نانوذرات ط گران باشد ولی این روش حساسیت و سادگی زم را برایتشخیص های کلینکی را دارد.



اندازه گیری سیگنال بروش حجمی (readout Mass)

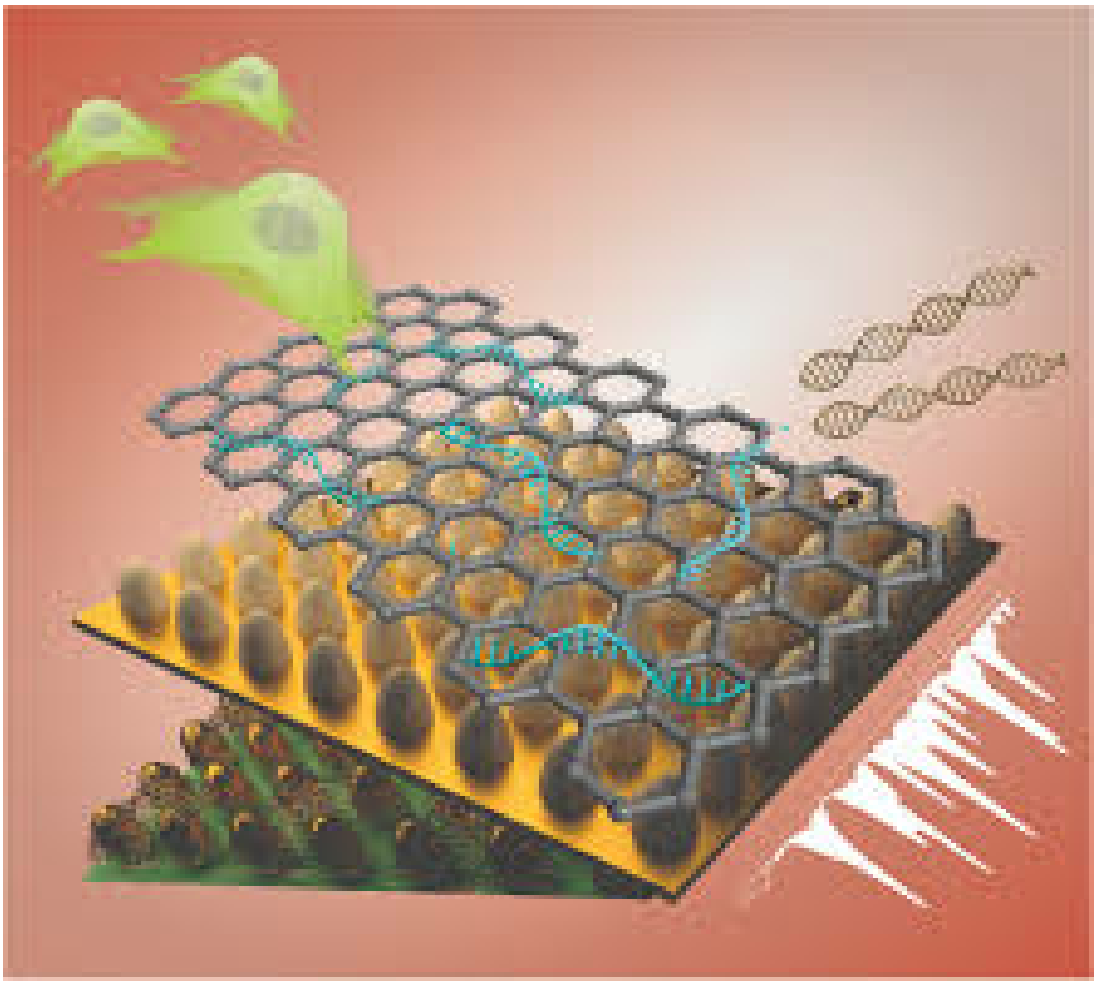
یکی از روشهای خواندن یا اندازه گیری سیگنال، سنجش تغییراتی است که در یه تشخیص ایموبولیزه شده ایجاد می شود که در اثر اتصال به مولکول هدف بوجود می آید. در این حالت بیشتر از میکروبا نس کریستال کوارتز(QuartzMicrobalance Crystal) استفاده می شود. این دستگاه حساس بوده و می تواند تولید هیبرید (جفت شدگی) را در زمان ایجاد شدن آن گزارش دهد. از محدودیتهای روش QMC این است که این روش را نمی توان در حالتی که نمونه هدف در فاز محلول وجود دارد انجام داد ولی با پیشرفت هایی که در این زمینه یعنی ایجاد روش های جدید تکثیر و تقویت نمونه شاید بتوان این محدودیت را از بین برد. روش دیگر اندازه گیری حجمی استفاده از روش کانتیلور های میکرو فابری (Cantilevers Microf bricated) می باشد. در این روش افزایش حجم که همراه به هیبریداسیون می باشد بوسیله انحراف اشعه لیزر از سطح کانتی لور تشخیص داده می شود. از مزایای این روش مناسب بودن آن برای توسعه ایجاد شیار های خطی و اینکه با این روش می توان اتصا ت غیر اختصاصی را تصحیح نمود. از معایب این روش گران بودن وپیچیده بودن ابزار و دستگاه مورد استفاده می باشد .



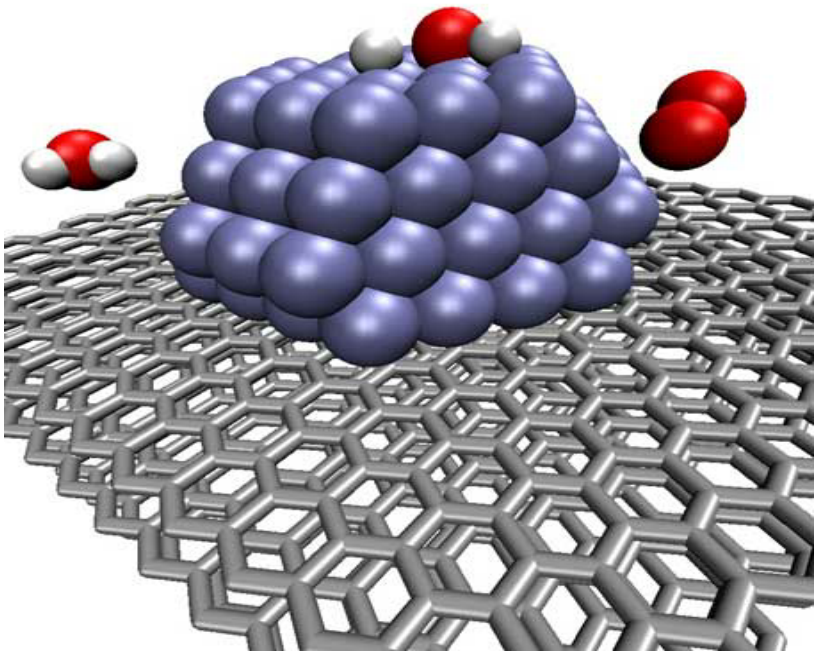
اندازه گیری سیگنال بروش الکتروشیمیایی:

روش های الکتروشیمیایی برای تشخیص DNA بسیار مناسب می باشند زیرا واکنشهای الکترو شیمیایی مستقیما ایجاد سیگنال الکترونیکی می کنند و لذا نیازی به دستگاه های مبدل گران قیمت نمی باشد. بع وه چون ترتیب بازی ایموبولیزه شده می تواند تنها به یکسری سوبسترات های الکترود محدود شود، عمل نمایاندن (ردیابی) بوسیله یکسری آنالیز های الکترو شیمیایی ارزان انجام شود. سنسور های الکتروشیمیایی جهت انجام تست های کلینیکی یا محیطی در محل در دستتهیه می باشد. اساس حساسیت سیگنال های الکترو شیمیایی بر اکسیداسیون مستقیم یا کاتالیزه شدن بازهای DNA همچنین واکنش های احیاء مولکولهای گزارشگر (molecules Reporter) یا آنزیم ها می باشد. از روش های مختلفی برای سنجش سیگنال بطریق الکتروشیمیایی استفاده می گردد . اساس سنجش سیگنال در روش الکتروشیمی مستقیم DNA بر پایه واکنش اکسیداسیون و احیاء DNA در یک الکترود جیوه می باشد بنابر این مقدار DNA اکسید شده و احیاء شده با مقدار DNA ای که با پروب هیبرید می شود تناسب دارد. ع وه بر روشهای قدیم احیاء مستقیم DNA امروزه از روشی بنام ولت سنجی جذبی نانو مولکول های سطحی (Stripping Adsorption Voltammetry) برای انتخاب نانو مولکول های اکسیداسیون مستقیم DNA استفاده می

شود که روشی بسیار حساس می باشد. در روشالکتروشیمی مستقیم بازهای پورین بوسیله موادی مانند: کربن، ایندیومتین اکساید (ITO) ط و الکترودهای پوشیده از پلیمر اکسید می شوند. اگرچه روش الکتروشیمی مستقیم روش خیلی حساسی می باشد ولی کاربرد آن پیچیده می باشد.



انواع نانو ذرات الکترومغناطیسی در کاربرد های نانو بیوسنسور ها

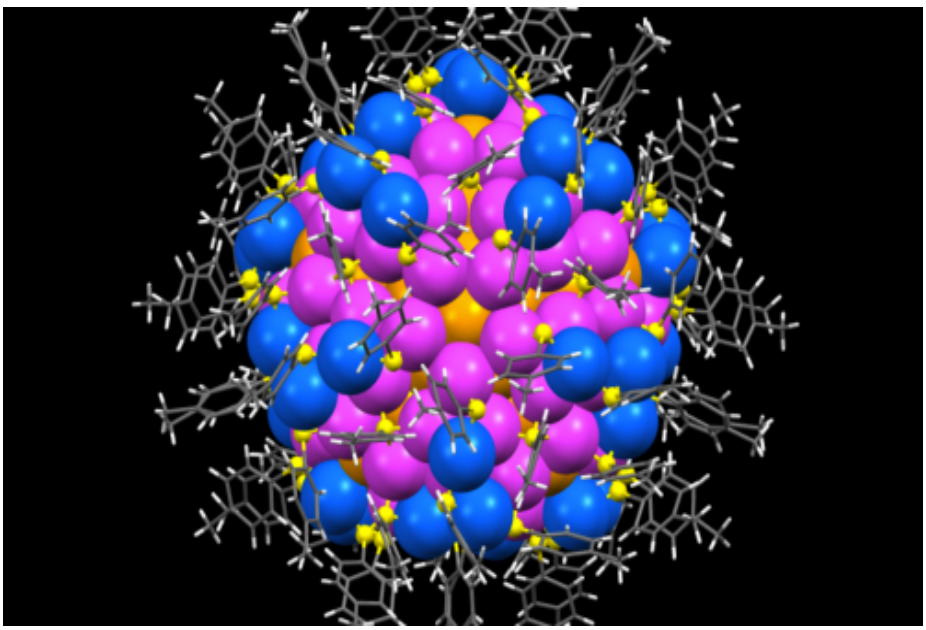


انواع نانو ذرات الکترو مغناطیسی میتواند کاربرد هایی در بیوسنسور ها بکار رود. و برای آنکه نانو ذرات مغناطیسی بتوانند کاربرد های زیستی داشته باشند، باید زیست سازگار و زیست تخریب پذیر باشند. در حقیقت بیوسنسور ها ابزار های آنالیتیکی هستند که میتوانند با بهره گیری از هوشمندی مواد بیولوژیکی،

ترکیب یا ترکیباتی را شناسایی نموده و با آنها واکنش دهند. محصول این واکنش میتواند یک پیغام شیمیایی، نوری و یا الکتریکی باشد. بسیاری از بیوسنسور ها که برای کاربرد های بیولوژیکی استفاده میشوند قادر به Ca و غیره و تشخیص پارامترهایی از قبیل دما، فشار، PH ، میباشند. به ع وه به عنوان یک سیست تشخیصی زیستی برای موادی همچون آنزی ، آنتی بادی، آنتی ژن و میکرو ارگانیس ها قابل استفاده میباشند. به طور کلی بیوسنسور ها شامل سه بخش اساسی هستند: عنصر سنسور که به مادهای بیولوژیکی پاسخ میدهد، دارای طبیعت بیولوژیکی است. این عنصر باید به یک مبدل متصل شود مبدلها(نانو بیو سنسور ها) خود به چندین دسته تقسیم میشوند که این تقسیم بندی بر اساس سیگنال های دریافتی میباشد: الکتروشیمیایی، نوری، حرارتی ، پیزوالکتریک و غیره. بخش سوم نیز پردازنده است که وظیفه ی نمایش سیگنال های تبدیل شده توسط مبدل را به عهده دارد. به ع وه خواص جذاب نانو مواد، راه را برای ساخت طیف وسیعی از سنسورهای الکتروشیمیایی که قدرت آنالیز را بهبود میدهند.

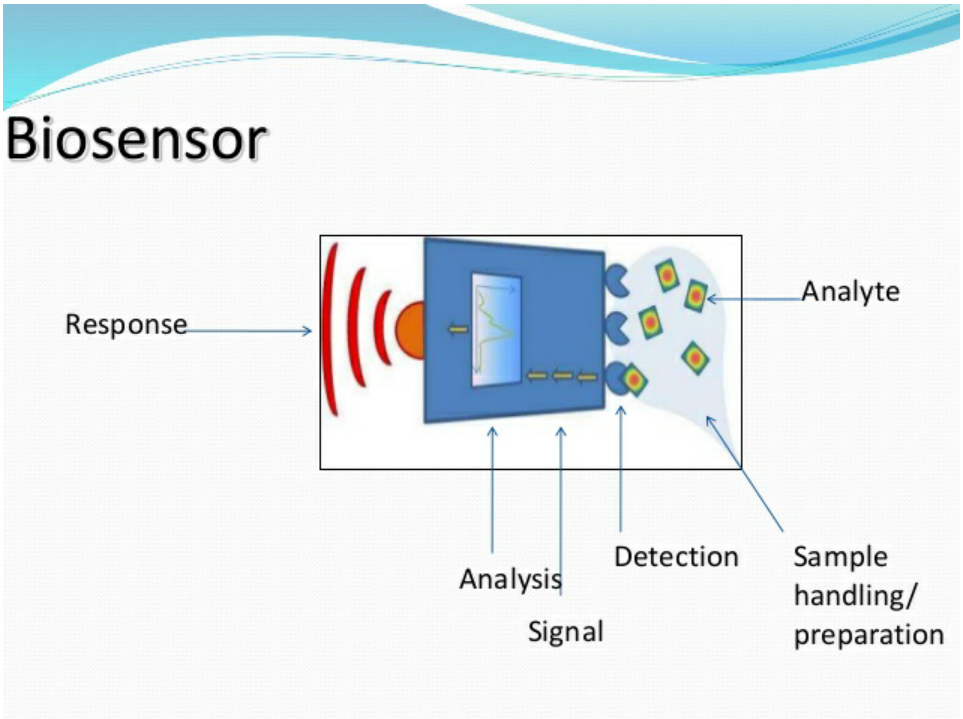
فناوری های نانو تأثیر به سزایی را روی نانو بیوسنسور ها داشته

اند به طوری که در حال حاضر تهیه انواع نانو مواد با سایز قابل کنترل، شکل، بار سطحی و وی‌ژگی های فیزیکی مطلوب امکان پذیر میباشد. توانایی بالقوه جهت کاربرد به عنوان یک ابزار تشخیصی غیر تهاجمی و ترکیب روش های متعدد در یک پروب دو مزیت عمده در نانو مواد است که می توان به آنها اشاره کرد. تمام این فاکتور ها موجب حساسیت با در آنها و شناخت عمیقتر روی فرآیند های محیطی گردد. توانایی نانو بیوسنسور ها در شناسایی نانو ، بیو زیستی و وی‌ژگی هایی همچون حساسیت، انعطاف پذیری و قابلیت سازی این سنسور میتواند به عنوان یک الگوی جدید در ابزارهای تحلیلی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد. معمو ً نانو متریال ها حساسیت سنسور ها را در روش های نانو الکتروشیمیایی و یا نانو بیولوژیکی با میبرند. از میان نانو متریال های توسعه یافته، ساختار هایی مانند نانو لوله های کربنی (CNTs) ،نانو سیم های سیلیکونی(SiNWs) نانو تیوب های پلیمری هادی (CPNTs)به طور چشمگیری در ساخت سنسورهای حساس کاربرد دارند.



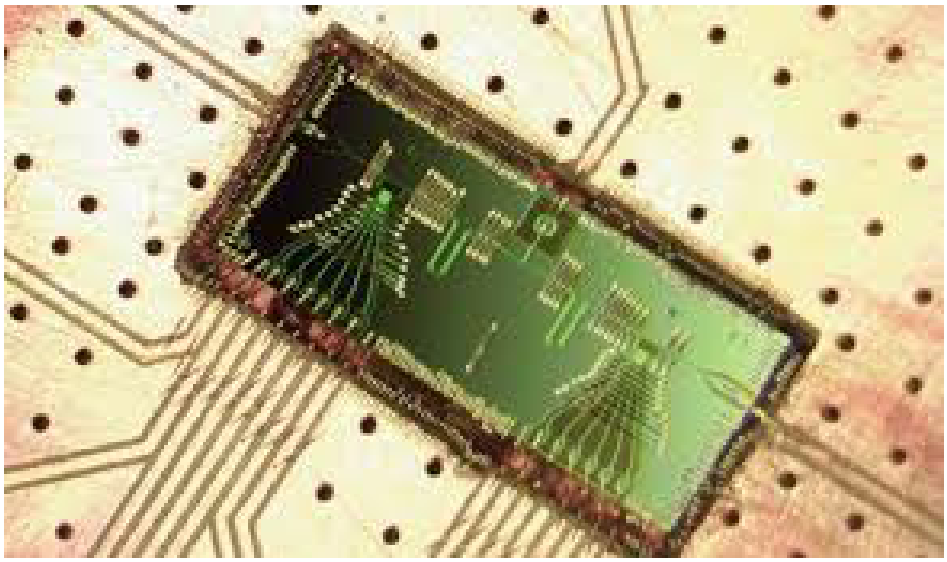
در رابطه با نانو بیوسنسور ها، ابعاد بحرانی به طور مستقیم با عملکرد سنجش در نانو بیوسنسور مرتبط است مانند بعدی که میزان سطح در دسترس برای نموداری کردن اِلمانهای تشخیصی را کنترل میکند و یا بعدی که قدرت یک سیگنال در بیوسنسور های نانو الکتروشیمیایی را اندازه گیری میکند و یا سطح قابل دسترس که تشکیل کمپلکس بین اِلمانهای شناساگر و آنالیت های هدف در نانو بیوسنسور های دارای مبدل مکانیکی را تشخیص میدهد. ساختار هایی همچون نانو سیم ها، نانو ذرات فلزی ،نانو ذرات مغناطیسی، صفحات تک حفرهای و نانو لوله های کربنی به دلیل خواص نانو الکتریکی، نوری و مغناطیسی منحصر به فردی که دارند، میتوانند جهت سنجش نانو شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند.

محدوده اختصاصی و عملکرد داینامیکی در ساختار نانو بیوسنسورها



یکی از برتری های بالقوه نانو بیوسنسورها نسبت به سنسورهای عادی حساسیت با ی آنها است. حساسیت داخلی یک سنسور به صورت نسبت سیگنال خروجی سنسور به تغییر در خواص سنسور میزان آنالیت های متصل به سنسورتعریف میشود.این پارامتر را می توان به عنوان توانایی سنسور برای تبدیل یک سیگنال ورودی به یک سیگنال خروجی در نظر گرفت. یک سنسور با حساسیت با قادر به تغییرات لحظه ای سریع میباشد. همچنین حساسیت را میتوان به صورت آزمون روش حساسیت نیز تعریف کرد که توضیح میدهد چگونه یک تست تشخیصی قادر به شناسایی نمونه ی

خاصی حاوی آنالیت و یا بدون آنالیت است. حساسیت در سنسورها برخی خواص از جمله تکرار پذیری و دقت تشخیصی را تحت تاثیر قرار می دهد.

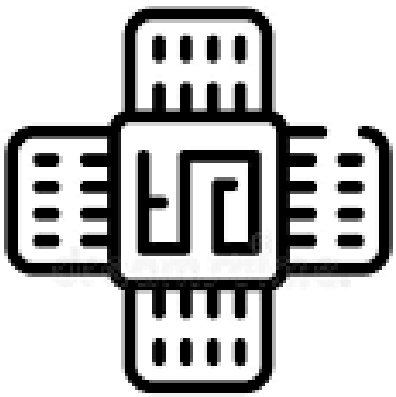


محدوده دینامیکی در نانو بیوسنسورها

پارامتر دیگری که به ندرت در زمینه نانو بیوسنسورها مورد بحث قرار میگیرد محدوده دینامیکی سنسور است. در این بازه سنسور قادر به تولید سیگنال خروجی است که نشان دهنده مقدار آنالیت میباشد. منحنی پاسخ سنسور خطی بوده و طیف وسیعی از مقدار آنالیت و خروجی سنسور مربوطه را توصیف میکند. با قابلیت تولید یک سیگنال خروجی که نشان دهنده ی حضور آنالیت است، یک سنسور باید قادر به شناسایی یک آنالیت خاص باشد. این توانایی، عملکرد اختصاصی نام دارد و عاملی است که به موجب آن سنسور میتواند در یک محیط بدون شاهد که حاوی مقادیر زیادی مواد

ناشناخته است، کارآمد باشد. برخ ف حساسیت ، اندازه گیری عملکرد نانو بیوسنسور اختصاصی مشکل است ، زیرا تعداد موادی که نباید سیگنال خروجی تولید کنند، بسیار زیاد است. عملکرد اختصاصی بیشتر در مواقعی کاربرد دارد که یک سنسور میبایست غلظت کمی از آنالیت خاصی را در محیطی حاوی مقادیر زیادی مواد غیر هدف تشخیص دهد، که بسیاری از آنها ممکن است به صورت غیر اختصاصی به سنسور متصل شده و در نتیجه یک سیگنال غیرعادی تولید کنند.نانو ذرات ط توانایی انتقال سریع و مستقیم الکترون بین طیف گسترده ای از انواع مواد الکتروفعال را دارا می‌باشند. همچنین، خواص پراکنده سازی نور و توانایی افزایش میدان مغناطیسی موضعی را میسر میسازند. نانو بیوسنسور های بر پایه نانو ذرات ط را میتوان در سه دسته نانو بیوسنسور نوری، نانو بیوسنسور الکتروشیمیایی و نانو بیوسنسور پیزو الکتریکی طبقه بندی کرد.همچنین نانو ذرات فلزی همچون پالتین و نقره به دلیل اندازه منحصر به فرد خود و خواص اپتو الکترونیکی بسیار مورد توجه میباشند. اندازه آنها وابسته به خواص نوری، مغناطیسی، شیمیایی و الکتریکی است

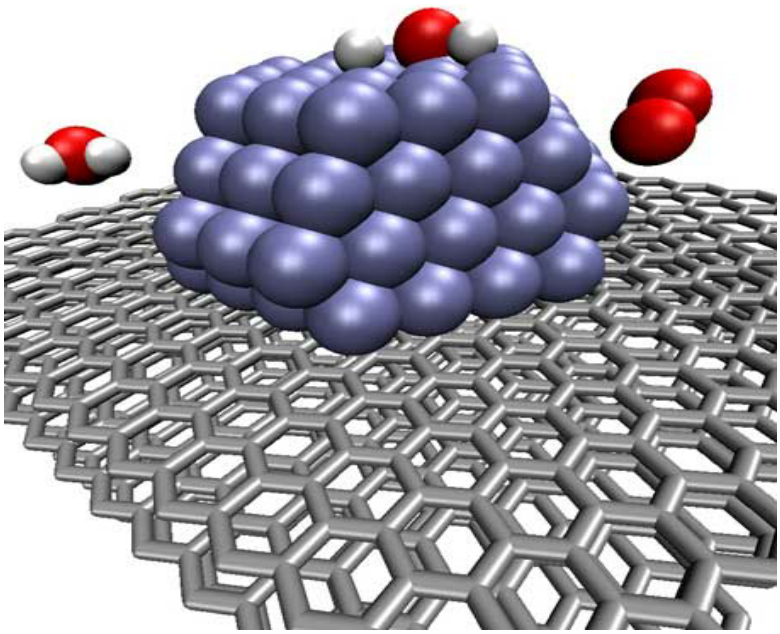
سیستم نانو بیوسنسوری بر پایه ی CNT در مقیاس بزرگ و با استفاده از تکنیک های ساخت میکرو و مونو لایه



Nanosensor

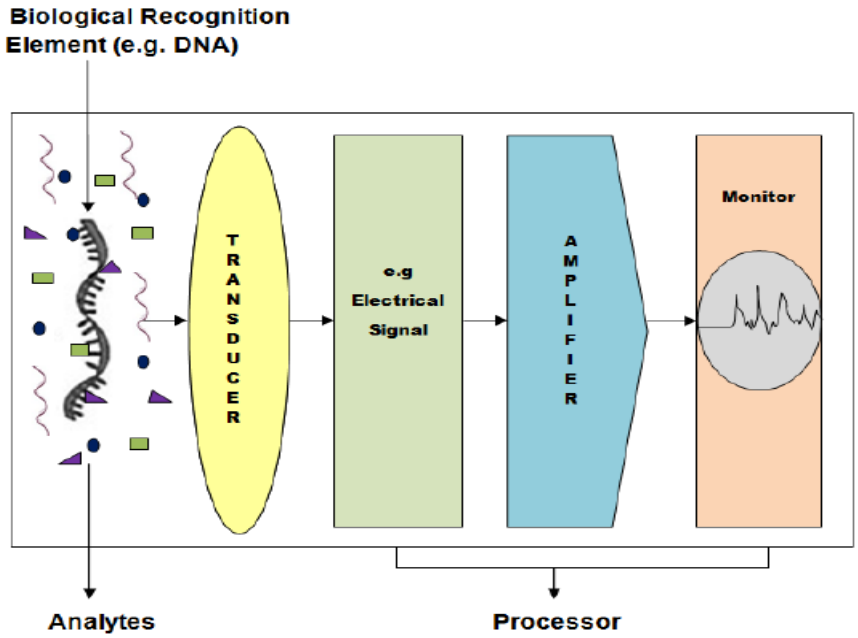
سیستم نانو سنسوری را میتوان بر پایه ی CNT در مقیاس بزرگ و با استفاده از تکنیک های ساخت میکرو و مونو یه تولید کرد.نانو مواد کربنی دارای مزایای منحصر به فردی میباشند از جمله نسبت سطح به حجم با ، هدایت الکتریکی با ، پایداری شیمیایی، زیست سازگاری و مقاومت مکانیکی قوی بنابراین، اغلب به عنوان اِلمان های حسی مورد استفاده قرار میگیرند. به طور کلی سنسور های بر پایه ی نانو مواد کربن دارای حساسیت با تر و محدودیت های تشخیصی کمتری نسبت به همتایان خود می باشند. مورفولوژی نانو

مواد کربنی یک عامل مهم دیگر در طراحی نانو حسگر های الکترو شیمیایی است که منجر به افزایش قابلیت های آنها و پایداری در عملکرد و بهبود روند انتقال الکترون میگردد.بیو سنسور های بر پایه نانو لوله های کربنی CNT ابزاری کارآمد و مهم جهت تشخیص نانو مولکولهای زیستی در داخل بدن و محیط های آزمایشگاهی میباشند. در واقع نانو لوله های کربنی به دلیل وی‌ژگیهای مطلوب، ماتریس زیست سازگاری را جهت ساخت بیوسنسور ها فراهم میکنند. فوم های نانو کامپوزیتی رسانای سیلیکا و کربن میتوانند جهت تشخیص زیستی پروتئین ها موثر واقع شوند. ترکیب نانو ساختارهای کربن با توجه زیادی به این ساختار نانو لوله های کربنی میتوان جهت توسعه سنسورهای حساس به گلوکز استفاده کرد.گرافن، به عنوان یک ماده دو بعدی، به دلیل خواص منحصر به فرد فیزیکی خود جایگاه وی‌ژه ای دارا میباشند.



نانو لوله های کربنی تک جداره CNT متشکل از یه های گرافن تو در تو بوده و دارای قطری در حدود 233 نانومتر میباشند. طول این نانو لوله می تواند از چند نانومتر تا مند میکرومتر متغیر باشد. سطوح شیمیایی قابل اص ح، سطح زیاد، خواص فیزیکی منحصر به فرد و طول موزون موجب شده تا mwCNTs انتخابی ایده آل جهت کاربرد های زیست پزشکی و توسعه سنسور های الکتروشیمیایی DNA باشند.معمو برای بهبود خواص الکتریکی در برخی مواد همچون الکترودهای شیشه ای کربن (GCE)، الکترود خمیری کربن، الکترود های گرافیتی و یا الکترودهای ط میتوان نانو لوله ها را به توده ی آنها اضافه کرد. به طور کلی، اضافه کردن نانو ذرات، به داخل ساختار الکترود ها منجر به بهبود خواص الکترو شیمیایی، حساسیت با تر و محدودیت های تشخیصی کمتر میگردد. به ء وه، در روشهای تشخیص الکتروشیمیایی، استفاده از نانو ساختار ها به طور کلی باعث بهبود انتقال بار در سطح الکترود میشود. سیستم نانو سنسوری را میتوان بر پایه ی CNT در مقیاس بزرگ و با استفاده از تکنیک های ساخت میکرو و مونو یه تولید کرد.نانو مواد کربنی دارای مزایای منحصر به فردی میباشند از جمله نسبت سطح به حجم با ، هدایت الکتریکی با ، پایداری شیمیایی، زیست سازگاری و مقاومت مکانیکی قوی بنابراین، اغلب به عنوان اِلمان های حسی مورد استفاده قرار میگیرند.

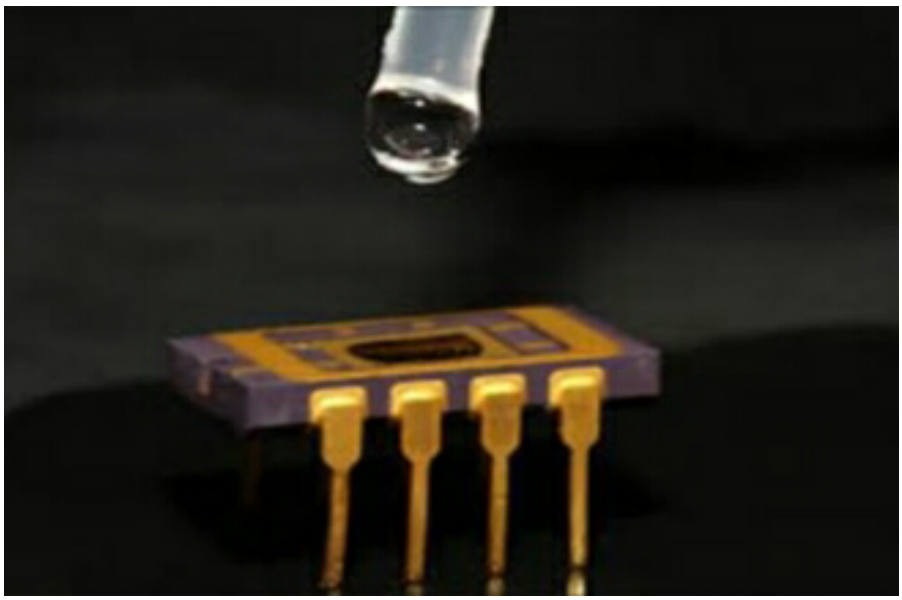
نانو بیوسنسور ها در در فناوری زیستی و نانو (Nano biosensor)
(بیومدیکال (ساختار ، عملکرد و کاربرد ها



به طور چشمگیری روی Nanosensor رشد روز افزون نانو سنسور ها زندگی بشر تاثیر گذار بوده است. این سنسور ها ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی میباشند. روشهای الکترو شیمیایی به دلیل سادگی، حساسیت با و وی‌ژگیهای مطلوب کاندیدا های Nano bio مناسبی برای این تکنولوژی به حساب میآیند.اساس این نانو بیوسنسورها بر پایه ی بر همکنش شیمیایی بین مولکول sensor های ایموبو یزر و یون مصرفی و یا الکترون است که باعث تغییر ،در خواص الکتریکی قابل اندازه گیری مانند جریان الکتریکی .پتانسیل و قدرت یونی در محلول میگردد

ابزار های آنالیتیکی Nano bio sensor در حقیقت نانو بیوسنسور ها ،هستند که میتوانند با بهره گیری از هوشمندی مواد بیولوژیکی

.ترکیب یا ترکیباتی را شناسایی نموده و با آنها واکنش دهند محصول این واکنش میتواند یک پیغام شیمیایی، نوری و یا الکتریکی باشد.بسیاری از نانو بیوسنسور ها که برای کاربرد های و غیره 2 +تشخیص Ca بیولوژیکی استفاده میشوند قادر به میباشند. به ء وه به عنوان ، PH ،پارامترهایی از قبیل دما، فشار یک سیستم تشخیصی زیستی برای موادی همچون آنزیم ، آنتی .بادی، آنتی ژن و میکرو ارگانیس ها هم قابل استفاده میباشند به طور کلی بیوسنسورها شامل سه بخش اساسی هستند ، عنصر سنسور که به ماده ای بیولوژیکی پاسخ میدهد، دارای طبیعت بیولوژیکی است. این عنصر باید به یک مبدل متصل شود تا یک پاسخ قابل مشاهده را تولید کند. مبدلها خود به چندین دسته تقسیم میشوند که این تقسیم بندی بر اساس سیگنال های دریافتی میباشد: الکتروشیمیایی، نوری، حرارتی

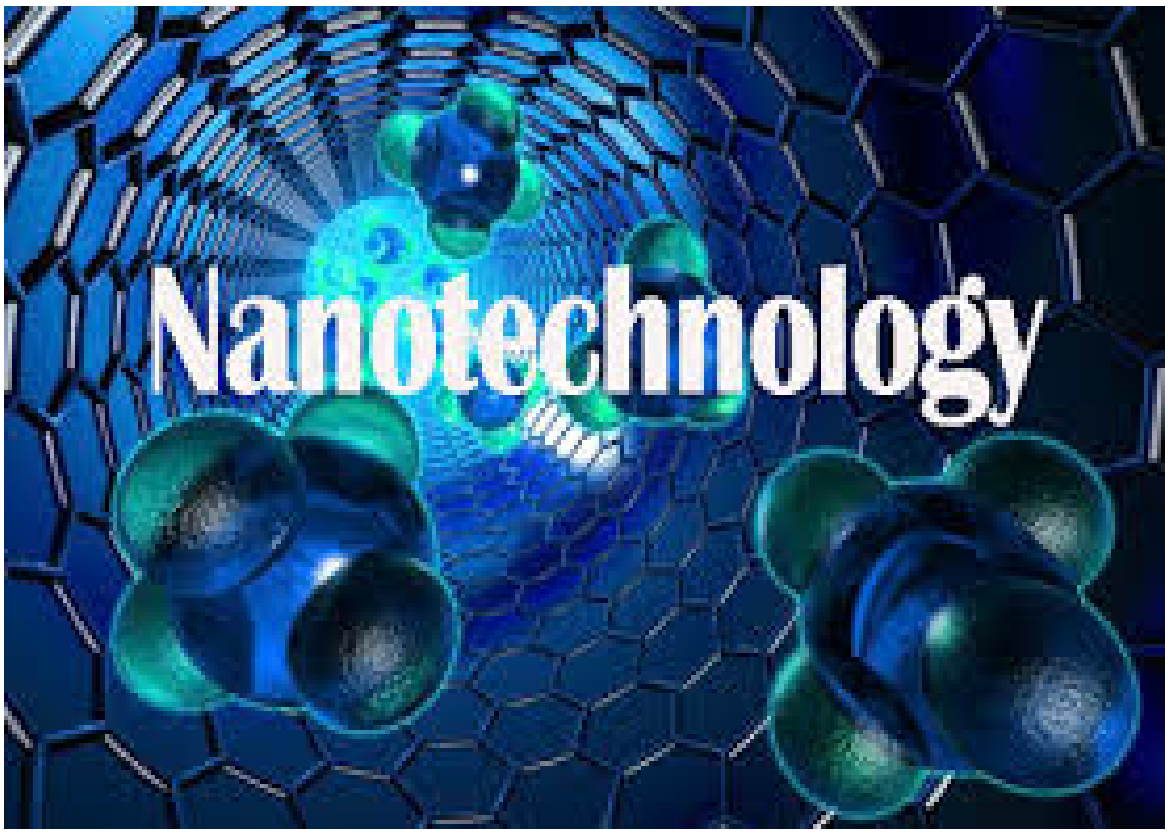


پیزوالکتریک و غیره. بخش سوم نیز پردازنده است که وظیفه ی

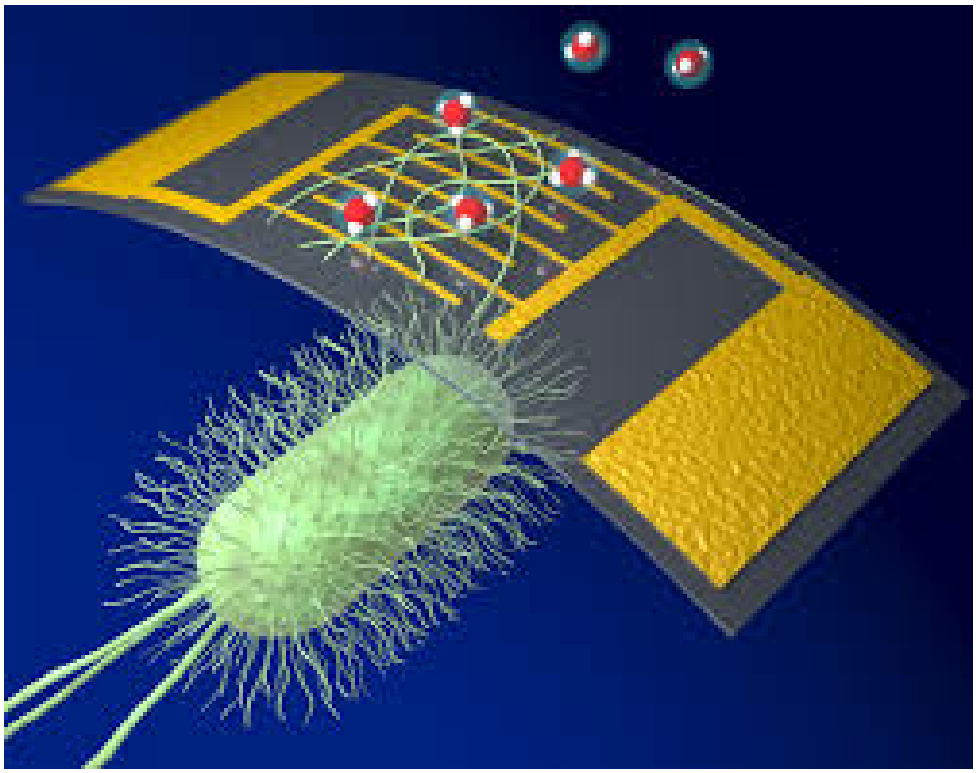
نمایش سیگنالهای تبدیل شده توسط مبدل را به عهده دارد. به ء وه خواص جذاب نانو مواد، راه را برای ساخت طیف وسیعی از سنسور های الکتروشیمیایی که قدرت آنالیز را بهبود میدهند، هموار کرده است. نانو متریالها جهت کاربرد های رهایش دارو بسیار مفید هستند و میتوانند باعث گسترش شیوه های جدید درمانی از طریق مواد شیمیایی کام پیچیده، حساس و قابل سنجش گردند. توانایی آنها در شناسایی سلولهای خاص و مکانهای آناتومیکی خاص در بدن انسان موجب شده تا از آنها به شکل مطلوبی در کاربردهای نانو بیوسنسوری استفاده گردد. توانایی نانو بیوسنسور ها در شناسایی سلولها و یا مکانهای آناتومیکی خاص در بدن در تشخیص پزشکی و وی‌ژگیهایی همچون حساسیت، انعطاف پذیری و قابلیت کوچک سازی این سنسور میتواند به عنوان یک الگوی جدید درابزارهای تحلیلی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد .معمو نانو متریال ها حساسیت سنسورها را در روش های الکترو شیمیایی و یا بیولوژیکی با میبرند. از میان نانو متریالهای توسعه یافته، ساختار نانو سیم های (، CNTs) هایی مانند نانو لوله های کربنی به طور (CPNTs) و نانو تیوب های پلیمری هادی(SiNWs)سیلیکونی ه گیری چشمگیری در ساخت سنسور های حساس کاربرد دارد.:

به طور چشمگیری روی Nanosensor رشد روز افزون نانو سنسور ها زندگی بشر تاثیر گذار بوده است. این سنسور ها ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی میباشند. روشهای الکترو شیمیایی به دلیل سادگی، حساسیت با و وی‌ژگیهای مطلوب کاندیدا های

Nano bio مناسبی برای این تکنولوژی به حساب میآیند.اساس این نانو بیوسنسورها بر پایه ی بر همکنش شیمیایی بین مولکول sensor های ایموبو یزر و یون مصرفی و یا الکترون است که باعث تغییر ،در خواص الکتریکی قابل اندازه گیری مانند جریان الکتریکی .پتانسیل و قدرت یونی در محلول میگردد



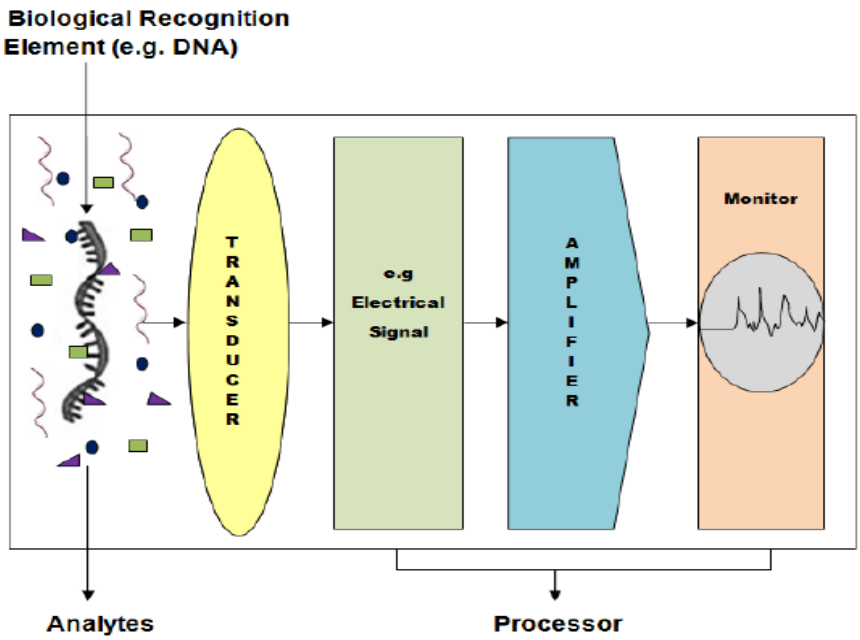
نانو بیوسنسور ها در در فناوری زیستی و نانو (Nano biosensor)
(بیومدیکال (ساختار ، عملکرد و کاربرد ها



به طور چشمگیری Nanosensor رشد روز افزون نانو سنسور ها: روی زندگی بشر تاثیر گذار بوده است. این سنسور ها ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی میباشند. روشهای الکترو شیمیایی به دلیل سادگی، حساسیت با و وی‌ژگیهای مطلوب کاندیدا های Nano bio مناسبی برای این تکنولوژی به حساب میآیند.اساس این نانو بیوسنسورها بر پایه ی بر همکنش شیمیایی بین مولکول sensor های ایموبو یزر و یون مصرفی و یا الکترون است که باعث تغییر ،در خواص الکتریکی قابل اندازه گیری مانند جریان الکتریکی

پتانسیل و قدرت یونی در محلول میگردد.

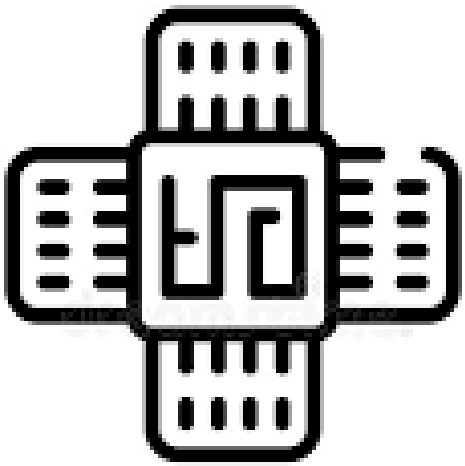
ابزار های آنالیتیکی Nano bio sensor در حقیقت نانو بیوسنسور ها هستند که میتوانند با بهره گیری از هوشمندی مواد بیولوژیکی، ترکیب یا ترکیباتی را شناسایی نموده و با آنها واکنش دهند. محصول این واکنش میتواند یک پیغام شیمیایی، نوری و یا الکتریکی باشد.بسیاری از نانو بیوسنسور ها که برای کاربرد های بیولوژیکی استفاده میشوند قادر به تشخیص Ca 2 + و غیره میباشند. به ء وه به عنوان PH ، پارامترهایی از قبیل دما، فشار، یک سیستم تشخیصی زیستی برای موادی همچون آنزیم ، آنتی بادی، آنتی ژن و میکرو ارگانیس ها هم قابل استفاده میباشند.



به طور کلی بیوسنسورها شامل سه بخش اساسی هستند ، عنصر سنسور که به ماده ای بیولوژیکی پاسخ میدهد، دارای طبیعت بیولوژیکی است. این عنصر باید به یک مبدل متصل شود تا یک

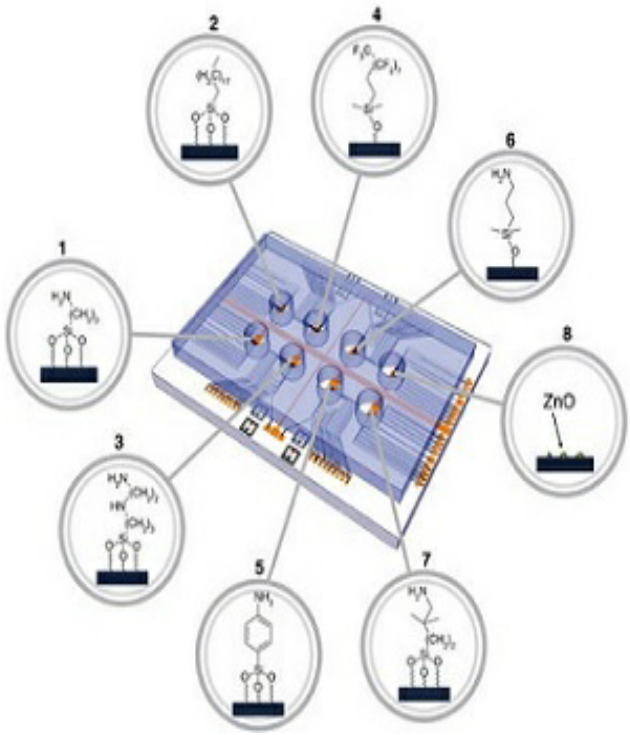
پاسخ قابل مشاهده را تولید کند. مبدلها خود به چندین دسته تقسیم میشوند که این تقسیم بندی بر اساس سیگنال های دریافتی میباشد: الکتروشیمیایی، نوری، حرارتی
پیزوالکتریک و غیره. بخش سوم نیز پردازنده است که وظیفه ی نمایش سیگنالهای تبدیل شده توسط مبدل را به عهده دارد. به ع وه خواص جذاب نانو مواد، راه را برای ساخت طیف وسیعی از سنسور های الکتروشیمیایی که قدرت آنالیز را بهبود میدهند، هموار کرده است. نانو متریالها جهت کاربرد های رهایش دارو بسیار مفید هستند و میتوانند باعث گسترش شیوه های جدید درمانی از طریق مواد شیمیایی کام پیچیده، حساس و قابل سنجش گردند. توانایی آنها در شناسایی سلولهای خاص و مکانهای آناتومیکی خاص در بدن انسان موجب شده تا از آنها به شکل مطلوبی در کاربردهای نانو بیوسنسوری استفاده گردد. توانایی نانو بیوسنسور ها در شناسایی سلولها و یا مکانهای آناتومیکی خاص در بدن در تشخیص پزشکی و وی ژگیهایی همچون حساسیت، انعطاف پذیری و قابلیت کوچک سازی این سنسور میتواند به عنوان یک الگوی جدید درابزارهای تحلیلی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد .معمو نانو متریال ها حساسیت سنسورها را در روش های الکترو شیمیایی و یا بیولوژیکی با میبرند. از میان نانو متریالهای توسعه یافته، ساختار نانو سیم های (، CNTs) هایی مانند نانو لوله های کربنی به طور (CPNTs) و نانو تیوب های پلیمری هادی(SiNWs)سیلیکونی عملکرد چشمگیری در ساخت سنسور های حساس کاربرد دارند.

به طور چشمگیری روی Nanosensor رشد روز افزون نانو سنسور ها زندگی بشر تاثیر گذار بوده است. این سنسور ها ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکولهای زیستی میباشند. روشهای الکترو شیمیایی به دلیل سادگی، حساسیت با و وی‌ژگیهای مطلوب کاندیدا های Nano bio مناسبی برای این تکنولوژی به حساب میآیند.اساس این نانو بیوسنسورها بر پایه ی بر همکنش شیمیایی بین مولکول sensor های ایموبو یزر و یون مصرفی و یا الکترون است که باعث تغییر ،در خواص الکتریکی قابل اندازه گیری مانند جریان الکتریکی .پتانسیل و قدرت یونی در محلول میگردد



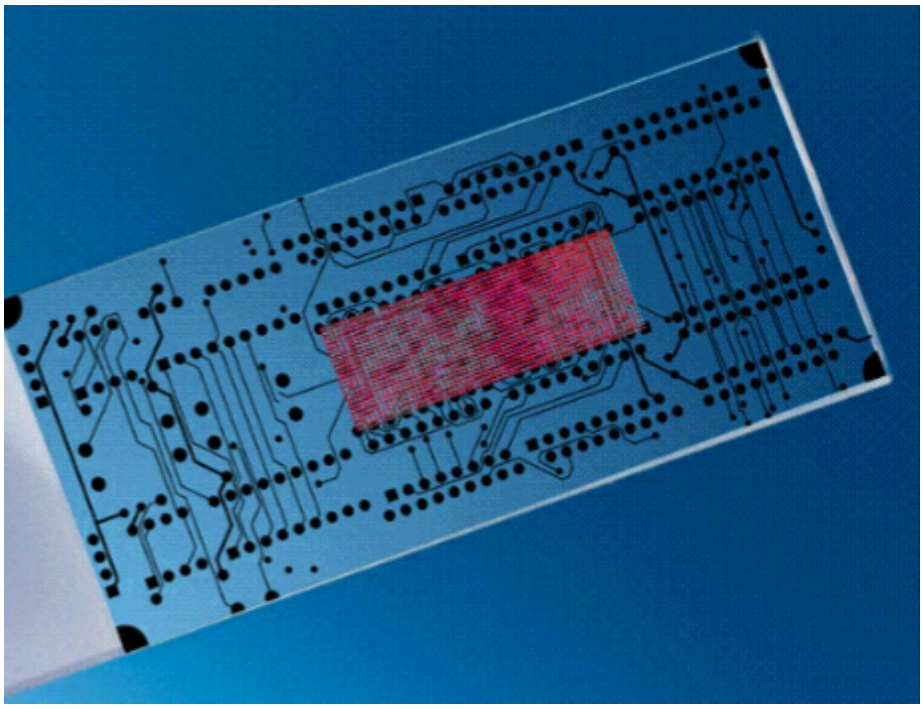
Nanosensor

ساختار نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicine و حسگرهای نانو بیوسنسور



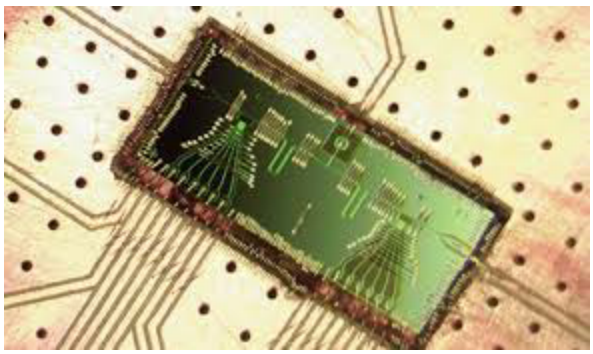
با کمک نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicineتشعشعات و بیوسَمهای زیستی را در مواقع ضرروری میتوان مورد بررسی قرار داد. در زمینه بیولوژیکی نیز نیاز به حسگرهای بسیار حساسی به صورت آزمایشگاههایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچکترین ع ئم نشان دهنده سرطان و آسیب های سلولی را شناسایی کنند. نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicine ، نام گروهی از حسگرها است. این حسگرها به گونه ای طراحی میشوند تا تنها با یک مادهی خاص واکنش نشان دهند. نتیجه ی این واکنش به صورتِ پیامهایی

در میآید که یک ریزپردازنده، میتواند آنها را تحلیل کند. نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicine طی سالهای اخیر مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی قرار گرفته اند. از آنجا که نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicine ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکول های زیستی هستند، امروزه از آنها در علوم مختلف پزشکی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، مانیتورینگ محیط زیست، تولید محصو ت دارویی، بهداشتی و غیره بهره میگیرند. نانو سنسور های بیولوژیکی (Nano bio sensor) حواس بویایی و چشایی انسان که به شناسایی بوها و طعم های مختلف میپردازد و یا سیستم ایمنی بدن که میلیونها نوع مولکول مختلف را شناسایی میکند، نمونه هایی از حسگرهای زیستی طبیعی هستند.



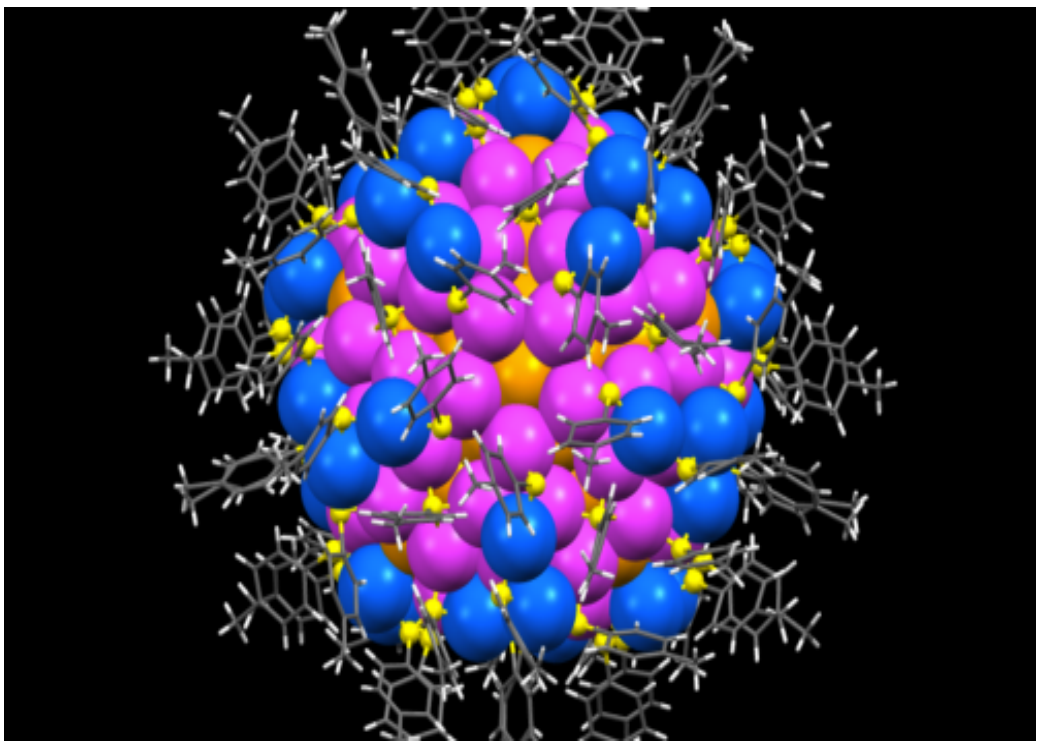
بیشترین کاربرد نانو حسگر های بیومدیسین Biomedicine در تشخیص های پزشکی و علوم آزمایشگاهی است، در حال حاضر

بیوسنسور های گلوکز از موفقترین بیوسنسورهای موجود در بازار بوده که برای اندازه گیری غلظت گلوکز خون بیماران دیابتی استفاده میشود. در پانکراس بیماران دیابتی به میزان کافی انسولین تولید نمیشود. در این گونه موارد برای تنظیم مصرف میشود. انسولین، سنجش مداوم میزان گلوکز خون ضروری است. حسگرها به بیماران مبتال به دیابت کمک میکند تا در طول روز به سنجش سطح گلوکز خون خود پرداخته و در زمانهای مورد نیاز انسولین تزریق کنند.

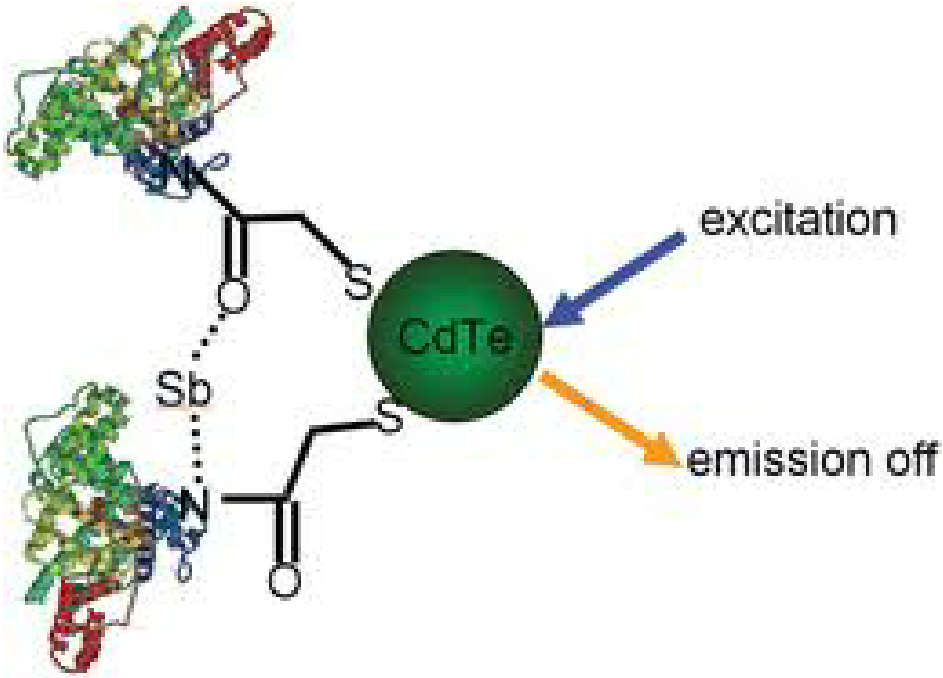


یکی از برتری های بالقوه نانو بیوسنسورها نسبت به سنسورهای عادی حساسیت با ی آنها است. حساسیت داخلی یک سنسور به صورت نسبت سیگنال خروجی سنسور به تغییر در خواص سنسور میزان آنالیت های متصل به سنسورتعریف میشود.این پارامتر را می توان به عنوان توانایی سنسور برای تبدیل یک سیگنال ورودی به یک سیگنال خروجی در نظر گرفت. یک سنسور با حساسیت با قادر به تغییرات لحظه ای سریع میباشد. همچنین حساسیت را میتوان به صورت آزمون روش حساسیت نیز تعریف کرد که توضیح میدهد چگونه یک تست تشخیصی قادر به شناسایی نمونه ی

خاصی حاوی آنالیت و یا بدون آنالیت است. حساسیت در سنسورها برخی خواص از جمله تکرار پذیری و دقت تشخیصی را تحت تاثیر قرار می دهد.با کمک نانو حسگرهای بیومدیسین Biomedicine تشعشعات و بیوسَمهای زیستی را در مواقع ضرروری میتوان مورد بررسی قرار داد. در زمینه بیولوژیکی نیز نیاز به حسگر های بسیار حساسی به صورت آزمایشگاه هایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچکترین ء ئم نشان دهنده سرطان و آسیب های سلولی را شناسایی کنند.



نانو حسگر های CDTE (ساختار و عملکرد) بر پایه دکترای نانو

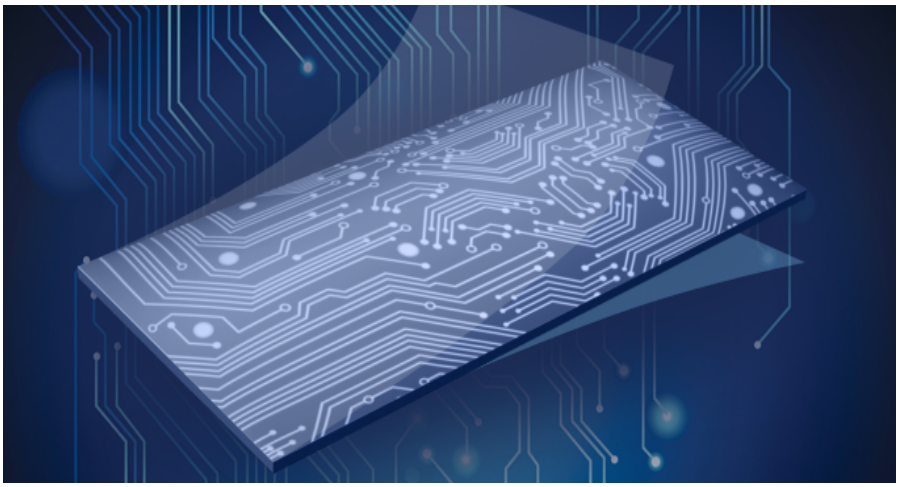


معروفترین مثال از نانو حسگرها که در پزشکی استفاده میشود کادمیم سلنید (CDTE) است. این ترکیب برای تشخیص تومور های سرطانی با استفاده از وی‌ژگیهای فلورسانس عمل میکند.

کاوشگر حسگرهای ساخته شده به این روش، میتواند بدون آسیب رساندن به غشای سلولی، به آن وارد شود و برای مطالعات بیوملکولی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، مجموعه ی یک نانوحسگر زیستی، از یک مولکول گیرندهی زیستی مثل DNA یا پادتن تشکیل شده که بر روی یک فیبر بسیار نازک نشانده شده است. از این مجموعه میتوان به عنوان یک کاوشگر برای وارد کردن گونه ی خاصی به سلول استفاده کرد و با به کارگیری روشهای

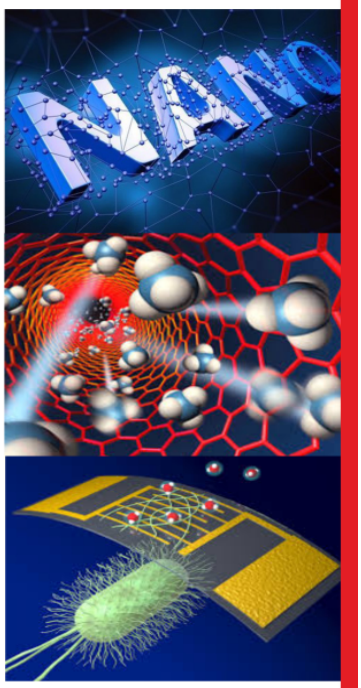
متداولِ آمپرومتری به تجزیه ی گونه ها در داخل سلول پرداخت.

حسگر زیستی یا بیوسنسور، نام گروهی از حسگر ها است.



این حسگر ها به گونه ای طراحی میشوند تا تنها با یک ماده ی خاص واکنش نشان دهند. نتیجه ی این واکنش به صورتِ پیامهایی در می آید که یک ریز پردازنده، میتواند آنها را تحلیل کند. از این حسگر ها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه ها در سیستم های زیستی استفاده میشود. حسگر های زیستی طی سالهای اخیر مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی قرار گرفته اند. از آنجا که حسگر های زیستی ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکول های زیستی هستند، امروزه از آنها در علوم مختلف پزشکی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، مانیتورینگ محیط زیست، تولید محصو ت دارویی، بهداشتی و غیره بهره میگیرند. معروفترین مثال از نانو حسگرها که در پزشکی استفاده میشود کادمیم سلنید (CDTE) است. این ترکیب برای تشخیص تومور های سرطانی با استفاده از وی‌ژگی های فلورسانس عمل میکند.

نانو بیو سِنسورها



نویسنده : دکتر افشین رشید