

فصل: نانوحسگرها

بخش ۲: نانوحسگرهای زیستی و شیمیایی

نویسنده: محمد فرهادپور

مقدمه:

اندازه‌گیری دقیق پارامترها در مقیاس بسیار ریز (نانو)، از قبیل تغییرات فیزیکی یا حضور گونه‌های شیمیایی مستلزم استفاده از حسگرهایی در مقیاس نانو است. نانوحسگرها از عناصر حسگری در مقیاس نانو استفاده می‌کنند که حساسیت این نوع از نانومواد به حد کافی بالا است. همچنین موادی که از نانوحسگرها ساخته می‌شوند بایستی دوام و استحکام بالا و خواص الکتریکی خوبی داشته باشند.

به طور کلی، ویژگی‌های مهم نانوحسگرها انتخاب‌گری بالاتر، حساسیت زیاده‌تر، ابعاد کوچک‌تر و قیمت ارزان‌تر هستند. نانوحسگرها به طور ذاتی کوچک‌تر و حساس‌تر از سایر حسگرها می‌باشند و همان طور که گفتیم این ظرفیت را دارند که قیمت تمام شده آنها کم‌تر از قیمت تمام‌شده حسگرهای موجود در بازار باشد.

در بخش نظامی و امنیت ملی احتیاج به حسگرهای بسیار حساسی است که بتوانند به صورت گسترده توزیع شوند تا به کمک آنها بتوان تشعشعات و بیوسم‌های زیستی را مورد بررسی قرار داد. در زمینه پزشکی نیاز به حسگرهای بسیار حساسی به صورت آزمایشگاه‌هایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچک‌ترین علائم نشان‌دهنده سرطان را شناسایی کنند. در صنایع هوافضا احتیاج به 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 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 اطلاعات به منظور ترغیب در فراگیر شدن سیستم‌های محاسبه‌گر رایانه‌های همراه همیشه روشن استفاده کرد. همچنین می‌توان آن را به شکل توده حسگرها در تلفن‌های هوشمندی که برای ارتباطات ثابت بین سایر تلفن‌های هوشمند و رایانه‌های همراه از آنها استفاده می‌شود، به کار برد!

در بخش قبل نمونه‌ای از دسته‌بندی نانوحسگرها ارائه شد و توضیحی از انواع آنها داده شد، در ادامه توضیحاتی از نمونه‌های دیگر حسگرها و نانوحسگرها آورده شده است.

۱- حسگرهای زیستی

حسگر زیستی یا بیوسنسور، نام گروهی از حسگرها است. این حسگرها به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا تنها با یک ماده‌ی خاص واکنش نشان دهند. نتیجه‌ی این واکنش به صورت پیام‌هایی در می‌آید که یک ریزپردازنده، می‌تواند آنها را تحلیل کند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه‌ها در سیستم‌های زیستی استفاده می‌شود. این حسگرها از سه بخش تشکیل شده‌اند:

الف) پذیرنده‌ی زیستی یا بیورسپتور: یک عنصر زیستی (پادتن‌ها، اسید نوکلئیک‌ها، آنزیم‌ها، سلول‌ها، بافت‌ها و دیگر ماده‌های زیستی) است که می‌تواند به صورت انتخابی تنها با ماده‌ی خاصی واکنش نشان دهد.

ب) آشکارساز و مبدل: که پس از واکنش ماده‌ای خاص با پذیرنده‌های زیستی، وارد عمل می‌شود و می‌تواند نوع و مقدار واکنش را با روش‌های مختلف فیزیکی-شیمیایی مشخص کرده (مثلاً با بررسی تغییرهای الکتروشیمیایی، نوری، جرمی یا حرارتی قبل و بعد از واکنش) و به وسیله‌ی سیگنال‌های مناسب به پردازنده ارسال کنند.

ج) پردازنده‌های سیگنال: که عمدتاً مسئول نمایش نتایج و انجام محاسبات حسگر هستند.

حسگرهای زیستی طی سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی قرار گرفته‌اند. از آنجا که حسگرهای زیستی ابزاری توانمند جهت شناسایی مولکول‌های زیستی هستند، امروزه از آنها در علوم مختلف پزشکی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، مانیتورینگ محیط زیست، تولید محصولات 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، نمونه‌هایی از حسگرهای زیستی طبیعی هستند. بیشترین کاربرد حسگرهای زیستی در تشخیص‌های پزشکی و علوم آزمایشگاهی است، در حال حاضر بیوسنسورهای گلوکز از موفق‌ترین بیوسنسورهای موجود در بازار بوده که برای اندازه‌گیری غلظت گلوکز خون بیماران دیابتی استفاده می‌شود.

در پانکراس بیماران دیابتی به میزان کافی انسولین تولید نمی‌شود. در این گونه موارد برای تنظیم مصرف انسولین، سنجش مداوم میزان گلوکز خون ضروری است. حسگرها به بیماران مبتلا به دیابت کمک می‌کند تا در طول روز به سنجش سطح گلوکز خون خود پرداخته و در زمان‌های مورد نیاز انسولین تزریق کنند. کاربردهای مختلفی برای حسگرهای زیستی در پزشکی و بالین متصور است که در ذیل اشاره می‌شود:

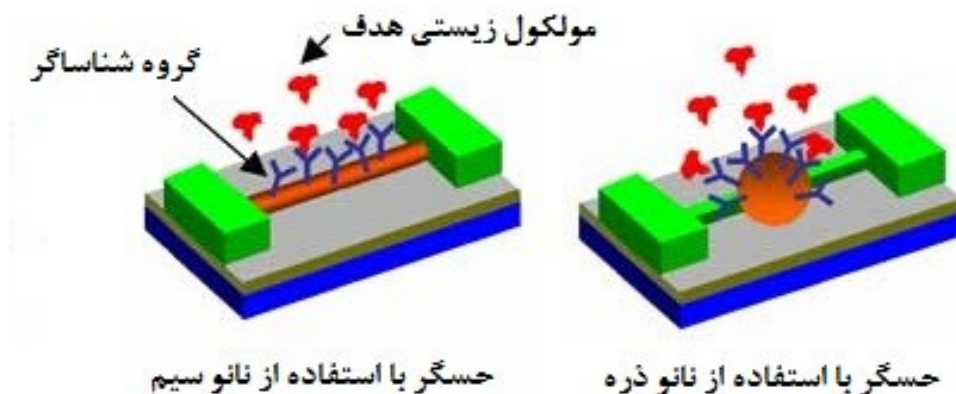
- تشخیص و درمان بیماری‌ها (سرطان، دیابت و...)
- تشخیص بیماری‌ها در سطح ژن (سرطان، دیابت و...)
- تشخیص عوامل بیماری‌زا
- اندازه‌گیری داروها و متابولیت‌های آنها، کشف داروهای جدید و ارزیابی فعالیت آنها
- ارزیابی و اندازه‌گیری آنالیت‌های موجود در نمونه بیولوژیک
- تشخیص سریع بیماری‌ها با استفاده از تست‌های سریع یا Point-of-care، ویژگی این تست‌ها سرعت و ارزان بودن روش آزمایش است.



شکل ۱: نمونه نانوحسگر زیستی

۲- نانوحسگرهای زیستی

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 گونه‌های شیمیایی یا بیولوژیک مورد نظر در سلول‌ها حساس شده‌اند. از این حسگرها برای آشکارسازی و تعیین مقدار گونه‌ها در سیستم‌های بیولوژیک استفاده می‌شود. این تکنیک، روش بسیار مفیدی در تشخیص عبور بعضی مولکول‌ها از دیواره یا غشای سلولی است.

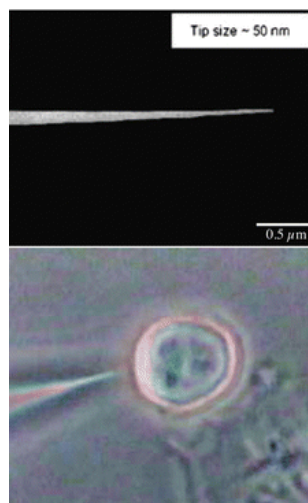


شکل ۲: نانوحسگر زیستی

۲-۱- نانوحسگرهای زیستی نوری

در طی دهه‌ی گذشته، با پیشرفت فناوری ساخت فیبر نوری و ساخت نانوفیبرها، در پژوهش‌های پزشکی و بیولوژیک نیز تحول عظیمی صورت گرفته و فناوری ساخت حسگرهای زیستی و دانش تولید نانومتری این ابزارها روزبه روز گسترش یافته است. این حسگرها به لحاظ استفاده از فیبر نوری در ساختارشان «حسگرهای نوری» نامیده شده‌اند و به دو دسته‌ی شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند. بسته به اینکه بخواهیم این حسگر را برای تجزیه‌ی گونه‌ی داخل سلول، مایع بیولوژیک بین سلولی یا داخل خون به کار ببریم، ابعاد نوک حسگر، زاویه‌ی مخروطی شدن نوک آن و میزان نرمی پوشش روی فیبر متفاوت خواهد بود. برای تهیه این فیبر به عنوان نوک حسگر، می‌توانیم از دستگاه‌های 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 شده‌اند با تغییر دما و میزان نیروی کششی اعمال شده به فیبر، نوک‌هایی برای حسگرهای زیستی بسازند که قطرشان بین ۲۰ تا ۵۰۰ نانومتر است. این تکنیک سرعت بالا (حدود ۳ ثانیه) و روند تولید نسبتاً ساده‌ای دارد.



شکل ۳: تصویر یک نانوفیبر تولید شده به شیوه کشش لیزری و عبور آن از غشای سلولی

کاوشگر حسگرهای ساخته شده به این روش، می تواند بدون آسیب رساندن به غشای سلولی، به آن وارد شود و برای مطالعات بیوملکولی و بالینی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، مجموعه‌ی 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 می توان به عنوان یک کاوشگر برای وارد کردن گونه‌ی خاصی به سلول استفاده کرد و با به کارگیری روش‌های متداول آمپرومتری به تجزیه‌ی گونه‌ها در داخل سلول پرداخت.

روش آمپرومتری:

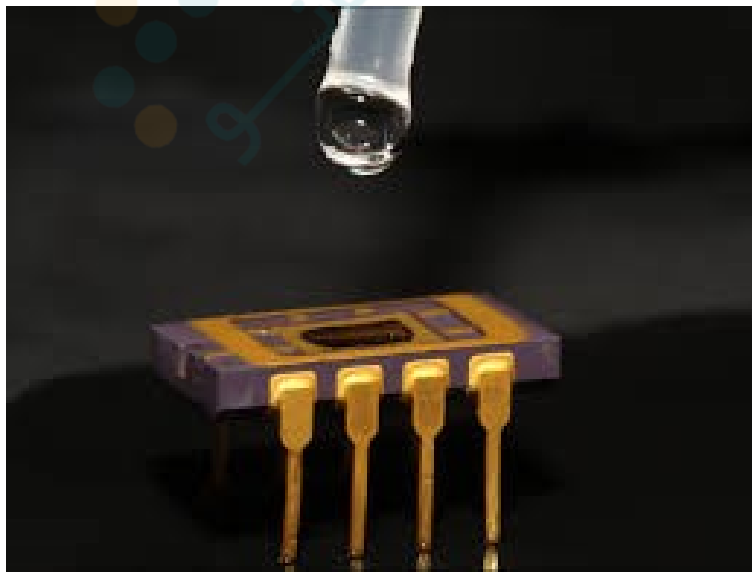
روش آمپرومتری یکی از روش‌های الکتروشیمیایی است که در آن حداقل یکی از گونه‌های اولیه یا محصولات واکنش در سطح میکروالکتروود اکسیده – یا کاهشده – می‌شود.

۲-۲- نانوحسگرهای شیمیایی

حسگر شیمیایی یک دریافت‌گر حسی است که محرک‌های شیمیایی خاصی را در محیط تشخیص می‌دهد. استفاده از حسگرهای شیمیایی یکی از پیشرفته‌ترین روش‌ها در شیمی تجزیه محسوب می‌شود که اندازه‌گیری کمی گونه‌های مختلف را به صورت آنی ممکن می‌سازد. فناوری الکترونیکی و نوری موجود، کاربرد این ابزارها را گسترده‌تر کرده است.

نانوحسگرهای شیمیایی گازی برای مثال شامل مجموعه‌ای از نانولوله‌های تک دیواره هستند که می‌توانند مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید نیتروژن و آمونیاک را آشکار کنند. آنها می‌توانند در دمای اتاق غلظت‌های بسیار کوچکی از مولکول‌های گازی را با حساسیت بسیار بالا آشکارسازی کنند. هدایت الکتریکی یک نانولوله نیمه هادی تک دیواره که در مجاور 200ppm از دی‌اکسید نیتروژن قرار داده می‌شود، می‌تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد و به ازای اضافه کردن فقط ۲٪ آمونیاک هدایت دو برابر خواهد شد. حسگرهای تهیه شده از نانولوله‌های تک دیواره دارای حساسیت بالایی بوده و در دمای اتاق هم زمان واکنش سریعی دارند. این خصوصیات نتایج مهمی در کاربردهای تشخیصی دارند.

در طراحی یک حسگر شیمیایی دانشمندان علوم مختلف مانند بیوشیمی، بیولوژی، الکترونیک، شاخه‌های مختلف شیمی و فیزیک حضور دارند. 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 نتیجه‌ی پیوند شدن عنصر حسگر با گونه‌ی مورد نظر تولید شده را به یک سیگنال خروجی قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند. همچنین قابل ذکر است که حسگرهای شیمیایی را بر اساس مبدل به کار رفته برای تبدیل تغییر شیمیایی به یک سیگنال قابل پردازش، به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌کنند: حسگرهای گرمایی، حسگرهای جرمی، حسگرهای الکتروشیمیایی (پتانسیومتری، آمپرومتری، هدایت-سنجی) و حسگرهای نوری.



شکل ۴: حسگرهای شیمیایی

۲-۳- حسگرهای سنتزی

این نانوحسگرها از طریق اتصال ذرات خاص به انتهای نانولوله‌های کربنی و محاسبه فرکانس ارتعاشی در حضور یا بدون حضور ذرات تهیه می‌شوند. این نانوحسگرها اغلب برای شناسایی و کنترل واکنش‌های شیمیایی توسط ذرات نانو استفاده می‌شوند.

منابع:

کتاب مجموعه مقالات سایت آموزش

مقالات سایت آموزش ستاد نانو

phys.org

