

## فصل: نانوحسگرها

### بخش ۱: نانوحسگرها و انواع آنها

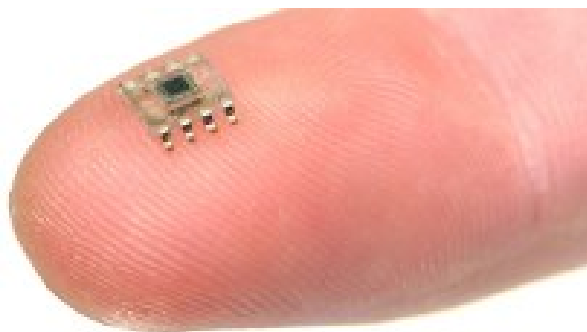
نویسنده: محمد فرهادپور

#### مقدمه

حسگر وسیله‌ای الکتریکی است که در شرایط مختلف تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه‌گیری می‌کند و آنها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل نموده و اطلاعاتی را به صورت کیفی و کمی، در اختیار ما قرار می‌دهد. شاید دماسنج را بتوان جزء اولین حسگرهای که بشر ساخت به حساب آورد.

تفاوت حسگرها با آشکارسازها در این است که آشکارسازها فقط به ما اطلاعات کیفی می‌دهند، ولی حسگرها علاوه بر اطلاعات کیفی، اطلاعات کمی را نیز محاسبه می‌کنند. برای مثال در صنایع غذایی، حفظ کیفیت و سلامت مواد غذایی از اهمیت ویژه بهداشتی و اقتصادی برخوردار است. برای اولین بار در اواسط قرن نوزدهم مشخص شد، کپک آسپرژیلوس نیجر (*Aspergillus.Niger*) عامل اصلی فساد مواد غذایی است. بنابراین، محققان به دنبال روش‌های قابل دسترس برای ارزیابی درجه و میزان رشد قارچ‌ها از جمله کپک آسپرژیلوس نیجر در مراحل اولیه و پیشرفته در محصولات غذایی برآمدند. آنها استفاده از حسگرها را به عنوان راهی مناسب برای این منظور یافتند.

انتظار می‌رود تا اواخر قرن حاضر اکثر صنعت‌ها و عرصه‌ها از فناوری نانو در ساخت و بهبود کارایی محصولات و تجهیزات خود بهره‌مند شوند. در مورد حسگرها نیز با استفاده از فناوری نانو بهبود قابل توجهی تا کنون حاصل شده است. به گونه‌ای که حسگرهای دقیق‌تر، کوچک‌تر و با حساسیت بالا تحت عنوان نانوحسگرها به دست آمده است. گستره حرکت این حسگرها در ابعاد نانومتری است. به همین دلیل از دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی بهره‌مند هستند.



شکل ۱: نمونه‌ای از یک نانوحسگر

## ۱- ساختار کلی یک حسگر

در طراحی یک حسگر 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 است را به یک سیگنال خروجی قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند. حسگرهای زیستی بر اجزای بیولوژیکی نظیر آنتی بادی‌ها تکیه دارند. آنزیم‌ها، گیرنده‌ها یا کل سلول‌ها می‌توانند به عنوان عنصر حسگر مورد استفاده قرار گیرند.

### ۱-۱- خصوصیات حسگرها:

یک حسگر ایده‌آل باید خصوصیات زیر را داشته باشد:

۱. سیگنال خروجی باید متناسب با نوع و میزان گونه‌ی هدف باشد.
۲. بسیار اختصاصی نسبت به گونه مورد نظر عمل کند.
۳. قدرت تفکیک و گزینش‌پذیری بالایی داشته باشد.
۴. تکرارپذیری و صحت بالایی داشته باشد.
۵. سرعت پاسخ‌دهی بالایی داشته باشد (در حد میلی ثانیه).
۶. عدم پاسخ دهی به عوامل مزاحم محیطی مانند دما، قدرت یونی محیط و ...

## ۲- نانوحسگرها

با پیشرفت علم در دنیا و پیدایش تجهیزات الکترونیکی و تحولات عظیمی که در چند دهه‌ی اخیر و در خلال قرن بیستم به وقوع پیوست، نیاز به ساخت حسگرهای دقیق‌تر، کوچک‌تر و دارای قابلیت‌های بیشتر احساس شد. امروزه از حسگرهایی با حساسیت بالا استفاده می‌شود به طوری که در برابر مقادیر ناچیزی از گاز، گرما و یا تشعشع حساس‌اند. بالا بردن درجه‌ی حساسیت، بهره و دقت این حسگرها به کشف مواد و ابزارهای جدید نیاز دارد. نانوحسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به خاطر کوچکی و نانومتری بودن ابعادشان از دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی برخوردارند، به طوری که حتی نسبت به حضور چند اتم از یک گاز هم عکس‌العمل نشان می‌دهند.

## ۳- انواع نانوحسگرها

نانوحسگرها به گونه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. یکی از این دسته‌بندی‌ها بر اساس شکل نانوذرات و کاربرد آنها به شکل زیر است:

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

ب - نانوذرات: مانند مواد کروی نانومقیاس که به عنوان گیرنده‌های 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 دسته‌ی نقاط کوانتومی، نانولوله‌های کربنی و نانواپزارها تقسیم‌بندی کرد.

### ۳-۱- استفاده از نقاط کوانتومی در تولید نانوحسگرها

نقاط کوانتومی به عنوان بلورهای نیمه هادی کوچک تعریف می‌شوند. با کنترل ابعاد نقاط کوانتومی، میدان الکترومغناطیسی، نور را در رنگ‌ها و طول موج‌های مختلف، منتشر می‌کند. به عنوان مثال، نقاط کوانتومی از

جنس آرسنیدکادمیوم با ابعاد ۳ نانومتر نور سبز منتشر می‌کند؛ در حالیکه ذراتی به بزرگی ۵/۵ نانومتر از همان ماده نور قرمز را منتشر می‌کند. به دلیل قابلیت تولید نور در طول موج‌های خاص نقاط کوانتومی، این بلورهای ریز در ادوات نوری به کار می‌روند. در این عرصه از نقاط کوانتومی در ساخت آشکارسازهای مادون قرمز، دیودهای انتشار دهنده‌ی نور می‌توان استفاده نمود. آشکارسازهای مادون قرمز از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند. مشکل اصلی این آشکارسازها مسئله‌ی خنک سازی آنها است. برای خنک سازی این آشکارسازها از اکسیژن مایع و خنک سازی الکترونیکی استفاده می‌شود. این آشکارسازها برای عملکرد صحیح باید در دماهای بسیار پایین، نزدیک به ۸۰ درجه کلوین کار کنند، بنابراین قابل استفاده در دمای اتاق نیستند، در صورتیکه از آشکارسازهای ساخته شده با استفاده از نقاط کوانتومی می‌توان به راحتی در دمای اتاق استفاده کرد.



شکل ۲: از نقاط کوانتومی می‌شود در ساخت نانوحسگرها استفاده کرد.

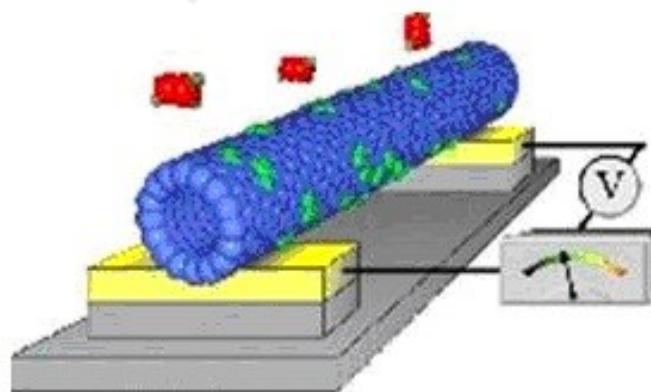
### ۳-۲- استفاده از نانولوله‌ها در تولید نانوحسگرها

نانولوله‌های کربنی تک دیواره و چند دیواره به علت داشتن خواص مکانیکی و الکترونیکی منحصر به فردشان کاربردهای متنوعی پیدا کردند که از جمله می‌توان به استفاده از آنها به عنوان حسگرهایی با دقت بسیار بالا برای تشخیص مواد در غلظت‌های بسیار پایین و با سرعت بالا اشاره کرد.

به طور کلی کاربرد نانولوله‌ها در حسگرها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) نانولوله‌های کربنی به عنوان حسگرهای شیمیایی: این حسگرها می‌توانند در دمای اتاق غلظت‌های بسیار کوچکی از مولکول‌های گازی با حساسیت بسیار بالا را آشکارسازی کنند. حسگرهای شیمیایی شامل مجموعه‌ای از نانولوله‌های تک دیواره هستند و می‌توانند مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید نیتروژن و آمونیاک را آشکار کنند. هدایت الکتریکی یک نانولوله نیمه هادی تک دیواره که در مجاورت  $200 \text{ ppm}$  از دی‌اکسید نیتروژن قرار داده می‌شود، می‌تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد و به ازای اضافه کردن فقط ۲ درصد 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.

ب) نانولوله‌های کربنی به عنوان حسگرهای مکانیکی: هنگامیکه یک نانولوله توسط جسمی به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند، هدایت الکتریکی آن تغییر می‌یابد. این تغییر در هدایت الکتریکی، با تغییر شکل مکانیکی نانولوله کاملاً متناسب است. این اندازه‌گیری به وضوح امکان استفاده از نانولوله‌ها را به عنوان حسگرهای مکانیکی نشان می‌دهد. یا می‌توان با استفاده از مواد واسط مانند پلیمرها در فاصله‌ی میان نانولوله‌های کربنی و سیستم، نانولوله‌های کربنی را برای ساخت بیوحسگرها توسعه داد. شبیه‌سازی‌های دینامیکی نشان می‌دهد که برخی پلیمرها مانند پلی اتیلن می‌توانند به صورت شیمیایی با نانولوله کربنی پیوند یابند. همچنین مولکول بنزن نیز می‌تواند به وسیله‌ی پیوندهای واندروالس روی نانولوله‌ی کربنی جذب شود. این تحقیقات کاربردهای بسیار متنوع و وسیع نانولوله‌های کربنی را نشان می‌دهد. تحقیق در این زمینه هنوز در حال توسعه و پیشرفت است و مطمئناً در آینده‌ای نه چندان دور شاهد به کارگیری آنها در ابزارها و صنایع مختلف خواهیم بود.



شکل ۳: استفاده از نانولوله‌ها در ساخت نانوحسگر

### ۳-۳ - استفاده از نانوبزارها در تولید نانوحسگرها

با استفاده از این حسگرها شناسایی مقادیر بسیار کم آلودگی شیمیایی یا ویروس و باکتری در سامانه‌ی کشاورزی و غذایی ممکن است. تحقیقات در زمینه‌ی نانوبزارها جزء پژوهش‌های علمی به روز دنیا است.

منابع:

کتاب مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو

مقالات سایت آموزش ستاد نانو

