

# تشدید پلاسمون سطحی

## Surface Plasmon Resonance

طوری که استفاده از مواد نانوساختار، موجب ارتقای حساسیت، پایداری نوری، قابلیت تنظیم و امکان استفاده از این حسگرها در محیط زنده، شده است.

### پلاسمون سطحی

پلاسمون سطحی به نوسانات منسجم الکترون‌های لایه رسانا در سطوح فلزات گفته می‌شود که با استفاده از تابش الکترومغناطیس در سطح میان فلز و دی‌الکتریک به وجود می‌آید. از آنجایی که پلاسمون‌های سطحی به تغییرات ضریب شکست سطح فلز حساس هستند، از این پدیده می‌توان به عنوان ابزاری برای حسگر نوری استفاده کرد. در مجموع، دو نوع پلاسمون سطحی برای تولید حسگرهای مبتنی بر پلاسمون وجود دارد: رزونانس پلاسمون سطحی پخش شده (SPR) و رزونانس پلاسمون سطحی منطقه‌ای (LSPR). در روش SPR، امواج الکترومغناطیس محو شونده به وسیله سطح تماس فلز-دی‌الکتریک محاط می‌شود، در حالی که در روش LSPR، امواج الکترومغناطیس روی نانوساختارهای فلزی محدود می‌شود.

### توصیف فیزیکی پدیده SPR

پدیده SPR به واسطه تعامل تابش الکترومغناطیسی و دریای الکترونی در داخل یک فلز به وجود می‌آید. فرایندی که در آن، امواج الکترومغناطیسی، تحت شرایط خاص، اثرات رزونانس در دریای الکترونی به وجود می‌آورد. تغییرات در شرایط فیزیکی سطح، تاثیر قابل توجهی بر این رزونانس دارد و آشکارسازی این تغییرات، اساس کار سنسورهای SPR است.

زمانی که فیلم نازک فلزی مانند طلا روی شیشه پوشش داده می‌شود، شیشه به صورت نیمه آینه شده و بخش عمده ای از نور را بازتاب و مقدار کمی از آنرا عبور می‌دهد. نوری که از این آینه عبور می‌کند از قوانین شکست نور پیروی می‌کند. طبق قانون براگ، زاویه تابش و زاویه بازتابش به ضریب شکست دو محیط ارتباط دارد. نوری که از آینه عبور می‌کند در زاویه انعکاس کلی، وارد ابر الکترونی اتم‌های طلا می‌شود که باعث نوسان الکترون‌های آزاد شده و نظم به خصوصی در آنها ایجاد می‌کند. به این

پدیده تشدید پلاسمون سطحی، برانگیختگی مد ارتعاش جمعی الکترون‌های آزاد فصل مشترک فلز و دی‌الکتریک است. این برانگیختگی ناشی از برهمکنش امواج الکترومغناطیس در ناحیه مرئی با الکترون‌های آزاد نانو ذرات طلا و نقره است. امروزه کاربرد این پدیده در شناسایی و آشکارسازی مواد، گازهای شیمیایی و مولکول‌های بیولوژیکی موضوع مهم تحقیقات بین رشته‌ای علوم پایه، فنی مهندسی و علوم پزشکی است. در این روش پاسخ الکترون‌های آزاد نانو ذرات به میدان الکترومغناطیس در حضور بیومولکول‌ها به صورت تغییرات در طول موج و شدت جذب قابل مشاهده است. این تغییرات در حضور بیومولکول‌ها قابل کالیبراسیون به غلظت بیومولکول مورد آزمایش است. مهمترین کاربردهای فناوری تشدید پلاسمون سطحی به شرح زیر است:

- ❖ تشخیص بیومارکرها در تشخیص سرطان
- ❖ تشخیص واکنش‌های بیومولکولی در داروسازی
- ❖ تشخیص‌های توالی، نقص و جهش‌های ژنتیکی
- ❖ تشخیص ویروس، باکتری و سموم بیولوژی
- ❖ تعیین گلوکز در تشخیص بیماری‌های دیابت
- ❖ تشخیص گازهای بازدمی در بیماری‌های ریوی
- ❖ تشخیص آلاینده‌های هوا، مونواکسید کربن و ترکیبات گوگرددار
- ❖ تشخیص آلاینده‌های آب و خاک، یون‌های جیوه
- ❖ تشخیص مواد مخدر و دوپینگ
- ❖ بررسی فرایند‌های پلاسمونی در سلول‌های خورشیدی
- ❖ بررسی فرایند‌های کاتالیستی
- ❖ کاربرد در اندازه‌گیری اپتیکی از فعالیت سلول‌های عصبی

### تاریخچه

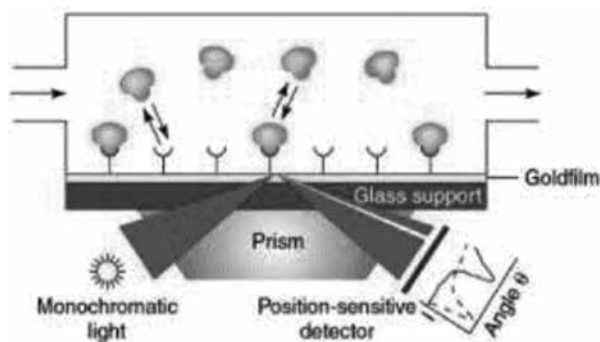
پدیده فیزیکی تشدید پلاسمون سطحی (SPR) پدیده ای نوین در عرصه نانو تکنولوژی است. این پدیده اولین بار در سال ۱۹۸۳ میلادی، استفاده از سنسورهای مبتنی بر SPR در تعامل‌های زیست مولکولی، توسط "لیدبرگ" و همکارانش شروع شد. پیشرفت‌های اخیر روی حسگرهای مبتنی بر پلاسمون، موجب شده تا بر محدودیت‌های حسگرهای نوری معمولی غلبه شود به

یا عوامل محدود کننده در حسگر استفاده کرد تا احتمال اتصال مولکول مورد نظر را روی حسگر افزایش داده و مانع از اتصال‌های ناخواسته روی حسگر شود. از نقطه نظر حساسیت، می‌توان با طراحی یک لایه حسگری ویژه، کارایی حسگر را افزایش داد.

برای ساخت حسگر مبتنی بر SPR، سطح طلا با لایه ای از آنتی بادی پوشش داده می‌شود. ماده مورد نظر در صورت جذب توسط آنتی بادی، باعث سنگین شدن مولکول چسبیده به طلا شده و این امر باعث تغییر زاویه SPR می‌شود. در صورتی که میزان ماده مورد نظر، بیشتر باشد این اختلاف زاویه بیشتر شده و با کالیبراسیون مقادیر مشخصی از ماده مورد نظر می‌توان به میزان ماده در آنالیت مورد آزمایش پی برد.

نتایج گزارش شده حاکی از آن است که مقادیری در حد نانوگرم تا پیکوگرم در میلی لیتر با استفاده از SPR قابل اندازه گیری است که این حساسیت بالا نشانگر قابلیت استفاده از آن در بسیاری از امور بیوشیمی و پزشکی است.

شکل زیر نحوه برهم کنش آنتی بادی و ماده مورد سنجش را در محفظه تزریق SPR نشان می‌دهد.



برهم کنش آنتی بادی و ماده مورد سنجش در محفظه تزریق SPR

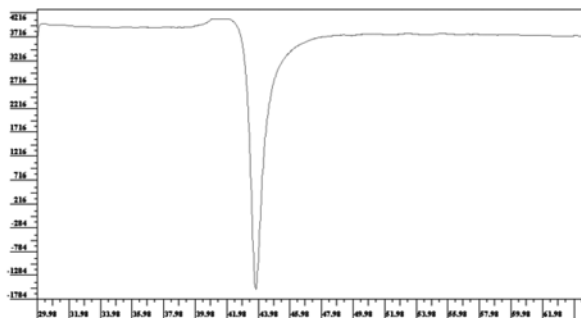
### مزایای اندازه گیری به روش SPR

- ✓ حساسیت بالا به ماده مورد سنجش تا پیکوگرم بر میلی لیتر
- ✓ زمان بسیار کوتاه اندازه گیری
- ✓ امکان چندین بار اندازه گیری با یکبار نشان دادن آنتی بادی
- ✓ عدم نیاز به برچسب زنی

#### منابع:

[https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%B4%D8%AF%D8%8C%D8%AF\\_%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85%D9%88%D9%86\\_%D8%B3%D8%B7%D8%AD%D8%8C](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%B4%D8%AF%D8%8C%D8%AF_%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85%D9%88%D9%86_%D8%B3%D8%B7%D8%AD%D8%8C)

ترتیب عمل تشدید در اثر مولفه الکتریکی موج الکترومغناطیس در آن اتفاق می‌افتد. حال نوری که از آینه منعکس می‌شود چون هم فرکانس با نور تحریک کننده است به صورت عمده، توسط ابر الکترونی تهییج شده جذب می‌شود و بنابراین نور منعکسه از آینه به حد زیادی کاهش می‌یابد و پدیده SPR اتفاق می‌افتد که کمینه آن، نقطه SPR است. از آنجایی که هر پیوند فیزیکی بین اتم‌های طلا و ماده دیگر باعث به هم خوردن نیروهای داخل دریای الکترونی می‌شود این عامل باعث تغییر زاویه نقطه کمینه گراف SPR می‌شود. این اصل، موجب به وجود آمدن سنسورهای مبتنی بر SPR می‌شود. در شکل زیر نمونه ای از گراف SPR خروجی دستگاه ساخته شده توسط متخصصان داخل کشور، نمایش داده شده است.



گراف پدیده SPR استخراج شده توسط دستگاه SPR ساخته شده در ایران

### حسگرهای SPR

با قرار دادن لایه حسگری در SPR ها، می‌توان از این حسگرها در شناسایی مولکولی در حوزه‌های پزشکی، شیمی، مهندسی و محیط‌زیست استفاده کرد. اولین حسگر SPR با حساسیت بسیار بالا در سال ۱۹۹۹ میلادی توسط "هومولا" و همکارانش بدون استفاده از برچسب مولکولی ایجاد شد. پس از آن، حسگرهای زیستی SPR، کاربرد گسترده ای در تجزیه و تحلیل برهم کنش های بیومولکولی و آشکارسازی آنالیت‌های (ماده تحت حسگری) شیمیایی و بیولوژیکی پیدا کردند. با پیشرفت صنعت، علاقمندی ساخت حسگرها به سمت حسگرهایی متمایل شد که قادر بودند پاسخ های حسگری مشخص (ناشی از مولکول های آنالیت هدفمند شده) را از پاسخ های نامشخص ناشی از نوسانات دما، ترکیب آنالیت ها و جذب مولکول های غیر هدفمند توسط سطح حسگر تشخیص دهند.

برای تشخیص هدفمند باید از یک ماده مکمل مولکول مورد نظر در حسگر استفاده کرد. به بیان دیگر، برای شناسایی یک مولکول باید از عنصر تشخیصی ویژه آن مولکول، نظیر آنتی بادی