

## بررسی نظری پاسخ حسگر زیستی نانوذرات طلا و نقره بر پایه تشدید پلاسمون سطحی

نسیم رضازاده تلوکلانی<sup>۱\*</sup> و طیبه قدس الهی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد فیزیک حالت جامد، گروه فیزیک، واحد علوم تحقیقات مازندران، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران  
۲- استادیار نانوتکنولوژی، پژوهشکده فیزیک، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، تهران، ایران و شرکت نانو مینا ایرانیان، تهران، ایران

دریافت: مرداد ۱۳۹۲، بازنگری: بهمن ۱۳۹۲، پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

**چکیده:** در این پژوهش تاثیر اندازه نانوذرات طلا، نقره و محیط دی الکتریک اطراف نانوذره، بر طول موج و شدت تشدید پلاسمون سطحی (SPR) با استفاده از نظریه‌ی مای و نرم افزار FDTD مورد بررسی قرار گرفته است. در طیف محاسباتی، قله جذبی در حدود ۵۰۰ و ۴۰۰ نانومتر به ترتیب برای نانو ذرات طلا و نقره ظاهر می‌شود. با افزایش اندازه نانوذرات طلا و نقره جابه‌جایی قرمز برای قله جذبی تشدید پلاسمون سطحی مشاهده می‌شود. همچنین با افزایش ضریب شکست محیط اطراف نانوذره، قله جذبی به سمت طول موج‌های بلندتر جابه جا شده و یک وابستگی خطی بین ضریب شکست محیط نانوذرات و جابه‌جایی قله تشدید پلاسمون سطحی مشاهده می‌شود. شیب این بستگی خطی برای نانوذرات ۲۰ نانومتری بیشینه است. حساسیت قله پلاسمونی به تغییر اندازه و محیط دی الکتریک برای نانو ذرات نقره بیشتر از نانو ذرات طلا است. نتیجه‌های این محاسبات با نتیجه‌های تجربی همخوانی خوبی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تشدید پلاسمون سطحی، نظریه مای، نانوذرات فلزات طلا و نقره، تفاضل متناهی حوزه زمان

### مقدمه

برای توصیف برهم‌کنش‌های زیست مولکولی هستند و به طور گسترده در حسگرهای زیستی به کار می‌روند. از نانوذرات طلا برای تشخیص سلول‌های سرطانی از سلول‌های سالم استفاده می‌شود که هدف از قرار دادن این نانوذره افزایش جذب سلول‌های بیمار نسبت به سلول‌های سالم است.

پهنا و موقعیت قله جذب تشدید پلاسمون به اندازه [۷]، شکل، نوع فلز، محیط دی الکتریک اطراف آن و فاصله بین نانوذرات وابسته است [۸ تا ۱۰] که به صورت جابه‌جایی قله‌ی تشدید پلاسمون سطحی در بازه‌ی طیف مرئی مشخص می‌شود. در واقع تشدید پلاسمون سطحی زمانی اتفاق می‌افتد که فرکانس نور

نانوذرات فلزات نجیب به ویژه طلا و نقره ویژگی نوری منحصر به فردی در محاسبه تشدید پلاسمون سطحی از خود نشان می‌دهند [۱] که در صنعت الکترونیک [۲] و کاربردهای شیمیایی [۳]، زیستی [۴] و پزشکی [۵ و ۶] بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. زمانی که اندازه ذره به حد نانومتر می‌رسد یک جذب قوی در ناحیه مرئی مشاهده می‌شود که منشا آن تشدید پلاسمون سطحی است که در بازه‌ی طیف مرئی - فرابنفش رخ می‌دهد و برای طراحی تراشه‌ها و حسگرهای زیستی [۶] مورد استفاده قرار می‌گیرد. حسگرهای زیستی تشدید پلاسمون سطحی، ابزاری مناسب

برای انجام محاسبات و تحلیل ویژگی نوری نانوساختار فلزات نجیب روش‌های متفاوتی از جمله روش DDA<sup>۱</sup> و FDTD<sup>۱۴</sup> گزارش شده که هر یک از این روش‌ها بر اساس مفهومی مستقل استوار است.

یکی از راه‌حل‌های مناسب برای تحلیل برهم‌کنش نور با ساختارهای نانومتری، حل معادلات ماکسول در سه بعد است. با افزایش توان محاسباتی کامپیوترها، روش تفاضل متناهی حوزه زمان، نخستین بار در سال ۱۹۶۶ توسط کین بی<sup>۴</sup> [۱۵] ارایه گشت. روش تفاضل متناهی حوزه زمان (FDTD) یک روش محاسبه‌ای قوی است که به‌طور گسترده برای محاسبه ویژگی‌های نوری نانوساختارها [۱۶] و مطالعه تشدید پلاسمون سطحی [۱۷] مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از شبیه‌سازی سه بعدی به کمک روش تفاضل متناهی حوزه زمان به بررسی عوامل مؤثر بر طول موج تشدید پلاسمون سطحی نانوذرات طلا و نقره پرداخته شده است.

روش محاسبات جذب پلاسمون سطحی با روش FDTD روش تفاضل متناهی حوزه زمان یکی از روش‌های محاسباتی است که برای حل معادلات ماکسول [۱۸] وابسته به زمان به کار می‌رود و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را در فضای شبیه‌سازی و گام‌های زمانی محاسبه می‌کند [۱۹].

نقطه شروع برای فرمول‌های تفاضل متناهی حوزه زمان معادلات زیر است:

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (۴)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (۵)$$

E و H به ترتیب بیان‌گر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و  $\mu$  نفوذپذیری مغناطیسی و  $\varepsilon$  ثابت دی‌الکتریک هستند. برای حل باید گستره محاسباتی را به سلول‌های مکعبی شکل با ابعاد  $\Delta X$ ،  $\Delta Y$  و  $\Delta Z$  تقسیم کرد. در واقع  $\Delta X$ ،  $\Delta Y$  و  $\Delta Z$  ابعاد سلول کین بی هستند

فرودی به نانوذرات فلزی با فرکانس پلاسمون سطحی برابر باشد. قله جذب تشدید پلاسمون سطحی نانو ذرات افزون بر اندازه ذره به محیط اطراف نانوذرات نیز بستگی دارد و با تغییر در ضریب شکست محیط اطراف، جابه‌جایی قله تشدید پلاسمون سطحی ظاهر می‌شود که از این ویژگی برای طراحی حسگرهای شیمیایی و زیستی استفاده می‌شود [۳].

اثر اندازه نانوذرات بر روی قله‌ی جذب تشدید پلاسمون با تصحیح پراکندگی سطحی مطابق رابطه ۱ اعمال می‌شود که طبق این رابطه با افزایش اندازه نانوذره ضریب میرایی کاهش می‌یابد و از آن جایی که سطح مقطع جذب با مجذور ضریب میرایی رابطه عکس دارد مطابق رابطه ۲ انتظار داریم با افزایش سطح مقطع جذب شدت تشدید افزایش پیدا کند که با جابه‌جایی قرمز همراه است.

$$\gamma(R) = \gamma_0 + A \frac{V_F}{R} \quad (۱)$$

$$\sigma_{\text{abs}}(\omega) = \sigma_0 \frac{1}{(\omega - \omega_1)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2} \quad (۲)$$

فرکانس تشدید مطابق رابطه (۳) با ضریب دی‌الکتریک محیط نسبت عکس دارد. بنابراین، زمانی که ضریب دی‌الکتریک افزایش می‌یابد فرکانس تشدید کاهش یافته و طول موج افزایش می‌یابد:

$$\omega(s) = \frac{\omega p}{\sqrt{2\varepsilon_m + \varepsilon_{IB}}} \quad (۳)$$

در سال‌های اخیر، پلاسمون سطحی نانوذرات به دلیل پاسخ سریع [۱۱] و قدرت تفکیک بالا در حسگرها توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است [۱۲]. گوستاو مای نظریه فیزیکی کاملی درباره پراکندگی امواج الکترومغناطیسی به‌وسیله ذرات کروی همگن در سال ۱۹۰۸ [۱۳] ارایه کرد. نظریه مای تشدید پلاسمون سطحی را با حل معادلات ماکسول<sup>۱</sup> برای برهم‌کنش کره کوچک با یک میدان الکترومغناطیس محاسبه می‌کند. در واقع این نظریه به بررسی برهم‌کنش نور با نانوذرات کروی می‌پردازد. فرض اصلی نظریه مای بر این است که ذره و محیط اطراف آن همگن باشند.

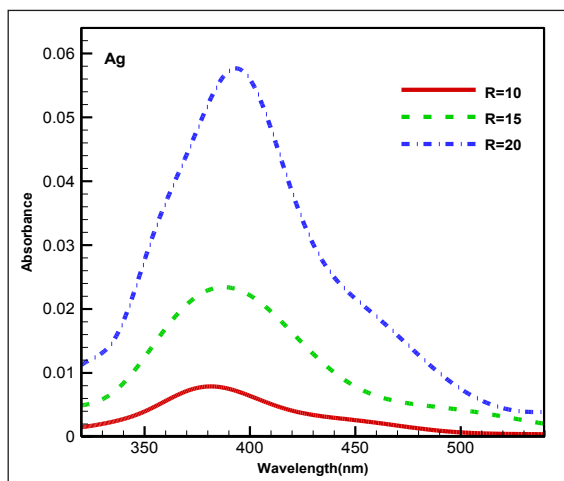
1. Maxwell equation

2. Discrete dipole approximation

3. Finite Difference Time Domain

4. Kane yee

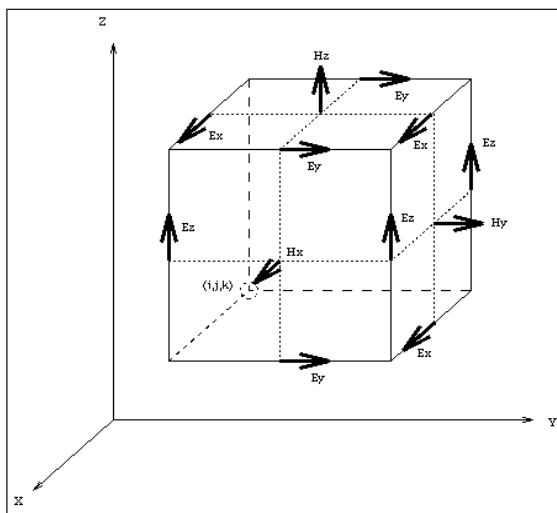
ذره ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر به ترتیب در ۵۰۶، ۵۰۹ و ۵۱۳ نانومتر مشاهده می‌شود. با افزایش اندازه نانوذره طلا قله جذب تشدید پلاسمون سطحی به سمت طول موج‌های بلندتر جابه‌جا می‌شود و یک جابه‌جایی قرمز برای این قله‌ی جذبی مشاهده می‌شود. مطابق شکل ۲ با افزایش اندازه نانوذره طلا شدت قله تشدید پلاسمون سطحی نیز افزایش یافته است. با افزایش اندازه نانوذرات، پهنای قله پلاسمونی کاهش یافته است و برای ذرات بزرگ تر قله‌ی پلاسمونی واضح تر و آشکارتری مشاهده می‌شود. در واقع پهنای جذب تشدید پلاسمون سطحی برای ذرات بزرگتر کمتر و برای ذرات کوچک تر بیشتر است و این بیانگر این است که وابستگی برای پهنای تشدید پلاسمون سطحی وجود دارد نتیجه‌های محاسبات با نتیجه‌های تجربی گزارش شده همخوانی خوبی دارد.



شکل ۲ نتیجه‌های محاسبات FDTD قله جذب پلاسمون سطحی نانو ذرات طلا به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط هوا.

شکل ۳ نتیجه‌های محاسبات FDTD قله جذب تشدید پلاسمون سطحی برای شعاع‌های متفاوت نانوذرات کروی نقره در محیط دی الکتریک هوا را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود، با افزایش اندازه نانوذره نقره از ۱۰ تا ۲۰ نانومتر قله جذب تشدید پلاسمون سطحی به سمت طول موج‌های بلندتر از ۳۸۰ به ۳۹۲ جابه‌جا می‌شود و یک جابه‌جایی قرمز برای این قله‌ی جذبی مشاهده می‌شود. مطابق شکل ۳ با افزایش اندازه نانوذره نقره شدت قله تشدید پلاسمون سطحی نیز افزایش یافته است. با افزایش اندازه شعاع

که الگوریتم FDTD از آن تشکیل شده است. در شکل ۱ سلول محاسباتی یی نشان داده شده است که میدان الکتریکی در امتداد لبه و اجزاء میدان مغناطیسی در مرکز مکعب قرار دارد.



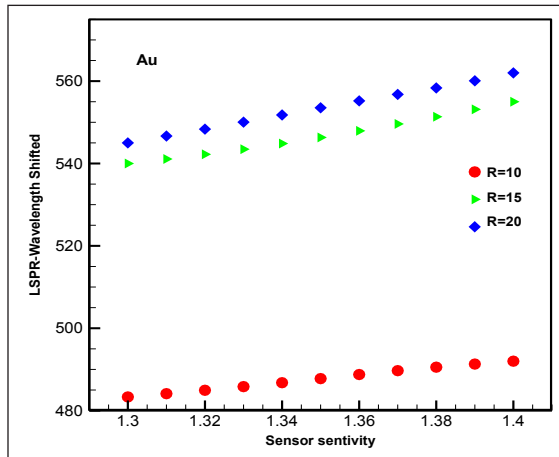
شکل ۱ سلول محاسباتی YEE [۱۸]

در این پژوهش از نرم افزار FDTD کد ۸ برای حل معادلات ماکسول یک کره فلزی با اندازه‌های متفاوت و محیط دی الکتریک‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفت. عامل‌های فرضی اندازه ذره، مشخصات محیط دی الکتریک، مشخصات فوتون فرودی و هم چنین مدل نظریه مای برای محاسبه ضریب جذب هستند. برای محاسبه تابع دی الکتریک نانوذره طلا و نقره مدل لورنتس- درود و نظریه مای به کار گرفته شد. موج در نظر گرفته شده برای شبیه سازی امواج در الگوریتم FDTD، یک منبع پالس گوسی است.

### نتیجه‌ها و بحث

بستگی قله جذبی پلاسمون سطحی به اندازه نانوذرات و ضریب دی الکتریک محیط اطراف دی الکتریک طلا و نقره با استفاده از روش محاسباتی FDTD بررسی می‌شود. شکل ۲ نتیجه‌های محاسبات FDTD قله جذب تشدید پلاسمون سطحی برای شعاع‌های متفاوت نانوذرات کروی طلا در محیط دی الکتریک هوا را نشان می‌دهد. در این شکل طول موج قله پلاسمونی نانو

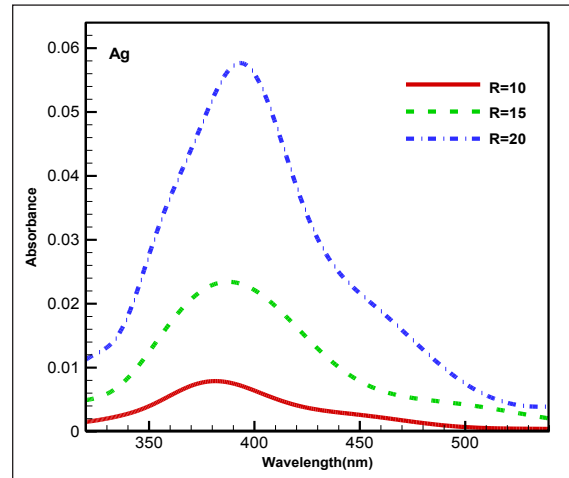
نانو ذرات خطی است. بر اساس این شکل نانوذره طلا به شعاع ۲۰ نانومتر بیشترین شیب تغییرات را نسبت به دو نانوذره دیگر دارد و پس از آن نانوذرات طلا به شعاعهای ۱۵ و ۱۰ نانومتر در مرتبه بعدی هستند. می توان گفت با افزایش اندازه نانوذرات طلا مقدار حساسیت طول موج قله پلاسمونی به محیط دی الکتریک افزایش می یابد هم چنین وابستگی خطی بین ضریب شکست محیط با طول موج جذب قله پلاسمونی نانوذرات طلا وجود دارد که می توان از آن برای کاربردهای حسگری زیستی استفاده کرد. انتظار داریم نانوذره ۲۰ نانومتری طلا پاسخ حسگری وابسته به طول موج قله پلاسمونی بالاتری نسبت به تغییر محیط زیستی داشته باشد.



شکل ۴ نتیجه های محاسبات FDTD تغییرات طول موج قله جذب پلاسمونی نانوذرات طلا به شعاع های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتری با ضریب شکست محیط دی الکتریک

شکل ۵ نتیجه های محاسبات FDTD جابه جایی قله پلاسمون سطحی نانو ذرات نقره به اندازه های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط های دی الکتریک متفاوت (n=۱/۳-۱/۴) را نشان می دهد. از این شکل نتیجه می شود، با افزایش ضریب شکست محیط اطراف نانوذره نقره، قله پلاسمونی به سمت طول موج های بلندتر (جابه جایی قرمز) جابه جا می شود و بستگی بین طول موج قله پلاسمونی با ضریب شکست محیط برای هر سه اندازه ذکر شده خطی است. هم چنین نتیجه می شود، تغییرات طول موج قله پلاسمونی با افزایش ضریب شکست محیط نانوذره نقره به شعاع ۱۵ نانومتر نسبت به دو نانوذره دیگر بیشتر است و کم ترین شیب تغییرات برای نانو ذرات

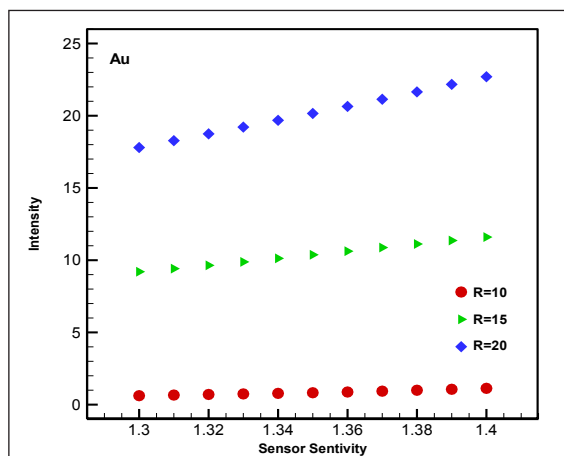
نانوذرات، پهنای قله پلاسمونی کاهش یافته است. از مقایسه شکل ۲ و ۳ نتیجه می شود، تغییرات قله جذب پلاسمون سطحی با اندازه نانوذرات برای نانو ذرات نقره نسبت به نانو ذرات طلا بیشتر است.



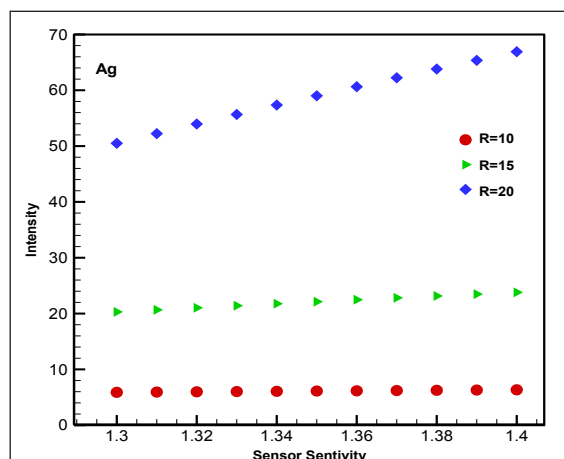
شکل ۳ نتیجه های محاسبات FDTD قله جذب پلاسمون سطحی نانو ذرات نقره به شعاع های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط هوا

قله جذب تشدید پلاسمون سطحی نانو ذرات افزون بر اندازه ذره به محیط اطراف نانوذرات نیز بستگی دارد. برای بررسی این بستگی از نانوذرات طلا و نقره به شعاع های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتری استفاده شد و این نانوذرات در محیط دی الکتریک های متفاوت با ضریب شکست های متفاوت قرار گرفت (n=۱/۳-۱/۳۱-۱/۳۲-۱/۳۳-۱/۳۴-۱/۳۵-۱/۳۶-۱/۳۷-۱/۳۸-۱/۳۹-۱/۴). دلیل انتخاب این ضریب شکست ها بر این اساس است که بیشتر محیط مولکول های زیستی قابل آزمایش، آب است و ضریب شکست های به دست آمده از تغییرات مولکول های زیستی در این بازه اتفاق می افتد.

شکل ۴ نتیجه های محاسبات FDTD جابه جایی قله پلاسمون سطحی نانو ذرات طلا به اندازه های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط های دی الکتریک متفاوت (n=۱/۳-۱/۴) را نشان می دهد. از این شکل نتیجه می شود، با افزایش ضریب شکست محیط اطراف نانوذره طلا، قله پلاسمونی به سمت طول موج های بلندتر جابه جا می شود (جابه جایی قرمز). هم چنین نتیجه می شود، بستگی بین طول موج قله پلاسمونی با ضریب شکست محیط برای هر سه اندازه



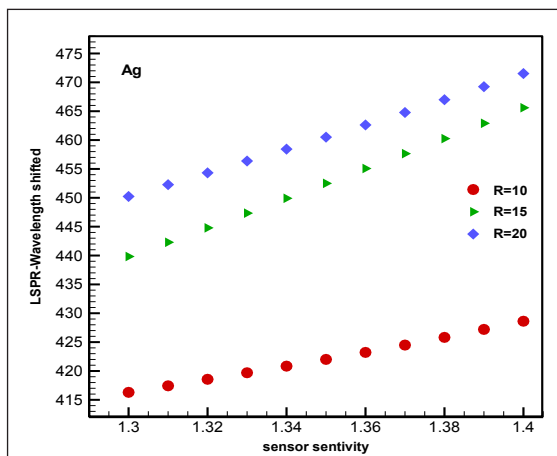
شکل ۶ نتیجه‌های محاسبات FDTD تغییرات شدت قله جذب پلاسمونی نانوذرات طلا به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتری با ضریب شکست محیط دی الکتریک



شکل ۷ نتیجه‌های محاسبات FDTD تغییرات شدت قله جذب پلاسمونی نانوذرات نقره به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتری با ضریب شکست محیط دی الکتریک

از این محاسبات نتیجه می‌شود نانوذره طلا و نقره به شعاع ۲۰ نانومتر پاسخ (وابسته به شدت قله پلاسمونی) بالاتری نسبت به تغییر محیط دی الکتریک دارند. بنا بر این، انتظار داریم در حسگرهای زیستی که بر اساس تغییر شدت موج قله پلاسمونی با تغییر ضریب دی الکتریک طراحی شده‌اند، نانوذره نقره و طلا به شعاع ۲۰ نانومتری پاسخ حسگری بالاتری نسبت به تغییر محیط زیستی داشته باشد. در آزمایش‌های تجربی بیو حسگری گزارش شده در مراجع، بیشتر از نانو ذرات با اندازه‌های میانگین ۲۰ نانومتر استفاده

نقره با اندازه ۱۰ نانومتر مشاهده می‌شود. از مقایسه شکل‌های ۴ و ۵ نتیجه می‌شود شیب تغییرات طول موج قله جذب پلاسمونی نانوذرات نقره با ضریب شکست محیط دی الکتریک نسبت به نانو ذرات طلا بیشتر است.



شکل ۸ نتیجه‌های محاسبات FDTD تغییرات طول موج قله جذب پلاسمونی نانوذرات نقره به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتری با ضریب شکست محیط دی الکتریک.

نتیجه‌های محاسبات FDTD تغییرات شدت قله تشدید پلاسمون سطحی نانوذرات طلا به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط دی الکتریک‌های متفاوت ( $n=1.3-1.4$ ) در شکل ۶ نشان داده شده است. از شکل ۶ نتیجه می‌شود، نانوذره طلا به شعاع ۲۰ نانومتری دارای بیشترین شیب و پس از آن نانوذرات طلا به شعاع‌های ۱۵ و ۱۰ نانومتر در مرتبه‌های بعدی قرار دارند. در این شکل نانوذره طلا به شعاع ۱۰ نانومتر دارای کمترین تغییرات است. نتیجه‌های محاسبات FDTD تغییرات شدت قله تشدید پلاسمون سطحی نانوذرات نقره به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نانومتر در محیط دی الکتریک‌های متفاوت ( $n=1.3-1.4$ ) در شکل ۷ نشان داده شده است. از شکل ۷ نتیجه می‌شود، شدت تغییرات نانوذره نقره به شعاع ۲۰ نانومتری نسبت به بقیه بیشتر است و دارای شیب تندتری است و پس از آن نانوذره نقره به شعاع ۱۵ و ۱۰ نانومتری در مرتبه بعدی قرار دارند. از مقایسه شکل‌های ۶ و ۷ نتیجه می‌شود شیب تغییرات شدت قله جذب پلاسمونی نانوذرات نقره با ضریب شکست محیط دی الکتریک نسبت به نانو ذرات طلا بیشتر است.

می‌شود که تأییدی بر نتیجه‌های محاسباتی این پژوهش است.

### نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر اندازه ذره و محیط دی الکتریک بر طول موج تشدید پلاسمون سطحی نانو ذرات طلا و نقره مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌ها نشان دهنده این است با افزایش اندازه نانوذره و ضریب دی الکتریک محیط اطراف نانو ذره طول موج تشدید پلاسمون سطحی به سمت طول موج‌های بلندتر جا به جا شده است. یک وابستگی خطی بین جابه‌جایی و شدت قله پلاسمون سطحی نانو ذرات و ضریب دی الکتریک محیط مشاهده شد که

اساس ویژگی حسگر زیستی این نانو ذرات است. بنابر نتیجه‌های به‌دست آمده از این پژوهش، نانو ذرات طلا و نقره به شعاع ۲۰ نانومتری برای آشکارسازی مولکول‌های زیستی به دلیل حساسیت بیشتر به تغییر ضریب دی الکتریک مناسب‌ترند. این می‌تواند دلیل انتخاب نانو ذرات ۲۰ نانومتری طلا در بررسی تجربی ویژگی‌های حسگر زیستی این نانو ذرات باشد. هم‌چنین از بررسی بستگی قله پلاسمونی به ضریب دی الکتریک محیط نتیجه شد نانو ذرات نقره می‌تواند پاسخ حسگر زیستی قوی‌تری نسبت به نانوذرات طلا داشته باشند. این نتیجه‌های محاسباتی با نتیجه‌های تجربی همخوانی خوبی دارد.

### مراجع

- [1] Jain, P.K.; El-Sayed, M. A.; Chemical Physics Letters, 487, 153-164, 2010.
- [2] Baset, S.; Akbari, H.; Shafie, M.; Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 6(2), 709-716, 2011.
- [3] Lee, K.S.; El-Sayed, M.A.; J. Phys. Chem. B, 19220-19225, 2006.
- [4] Ringe, E.; McMahon, J.M.; Sohn, K.; Cobley, C.; Xia, Y.; Huang, J.; Schatz, G.C.; Marks, L.D.; Van Duyne, R.P.; J. Phys. Chem, 114, 12511-12516, 2010.
- [5] Canovi, M.; et al; Sensors, 16420-16432, 2012.
- [6] Homola, J.; Chem. Rev, 108, 462-493, 2008.
- [7] Raza, S.; Nanophotonics, 131-138, 2013.
- [8] Noguez, C.; J. Phys. Chem, 111, 3806-3819, 2007.
- [9] Su, K.H.; Wei, Q.H.; zhang, X.; Nano letters, 3, 1087-1090, 2003.
- [10] Haes, A.J.; Zou, S.; Zho, J.; Schatz, G.C.; Van Duyne, R.P.; J. Am. Chem. Soc, 128, 10905-1091, 2006.
- [11] Guang, Li.; Xian, Li; Meng, Y.; Chen, M.M.; Long-Cong, C.; Xing-Liang, X.; 1424-8220, 2013.
- [12] Ghodselahi, T.; Vesaghi, M.A.; Shafiekhani, A.; J. Phys. D: Appl. Phys. 42, 1-6, 2009.
- [13] Lance-Kelly, K.; Coronado, E.; Zhao, L.; Schatz, G.C.; J. Phys. Chem. B, 107, 668-677, 2003.
- [14] S. Zhu, Zhou, W.; Journal of Nanomaterials, 562035, 2010.
- [15] K.S. Kunz, R. Luebbers, "The finite difference time domain method for electromagnetic", CRC Press, Boca Raton London New York, Washington, D.C, 1993.
- [16] Hao, F.; Nordlander, P.; Chemical Physics Letters, 446, 115-118, 2007.
- [17] Vial A.; Laroche, T.; J. Phys. D: Appl. Phys, 40, 7152-7158, 2007.
- [19] Endo, T.; Takizawa, H.; Imai, Y.; Yanagida, Y.; Hatsuzawa, T.; Applied surface science, 257, 2560-2566, 2011.
- [20] Luebbers, R.; Kunz, K.S.; IEEE Trans. Electromagnetic Compat., EMC, 32, 222-227, 1990.

## Investigation the theory of biological sensor response of Au and Ag nanoparticles based surface Plasmon resonance

N. Rezazadeh<sup>1,\*</sup> and T. Ghodselahi<sup>2</sup>

1. MSc. in Solid State Physics Department of Physics, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran
2. Assistant Prof. of Nanotechnology, School of Physics, Institute for research in fundamental sciences, & Nano-based Companies Iranian, Tehran, Iran

Received: August 2013, Revised: January 2014, Accepted: February 2014

**Abstract:** In this study, the effect of size and dielectric environment surrounding of Au and Ag nanoparticles on the wavelength and intensity of surface plasmon resonance (SPR) peak were investigated by using the Mie theory and FDTD software. The absorption peak was observed at about 500, 400 nm in calculated spectra of Au and Ag respectively. A red-shift was observed for SPR peak with increasing of nanoparticles size. Also SPR peak is shifted to longer wavelength with increasing of refractive index surrounding. A linear dependence between refractive index surrounding of nanoparticles and SPR wavelength shift was observed. The maximum slop was observed for particle size of 20 nm. Sensitivity of SPR peak by altering of refractive index for Ag nanoparticles is more than Au nanoparticles. The calculated results are in agreement with experimental results.

**Keywords:** Surface plasmon resonance, Mie theory, Au and Ag metal nanoparticles, Finite Difference time domain