دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تأسیس ۱۳۰۷

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی و شبیه سازی کوپلرهای پلاسمونی با استفاده از روش تفاضل محدود در حوزه زمان

استاد راهنما:

دکتر علیرضا تجلی

دانشجو:

حامد آرمند

مهندسی مخابرات- موج

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

گروه مخابرات

تأییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان:

بررسی و شبیه‌سازی کوپلرهای پلاسمونی با استفاده از روش تفاضل محدود در حوزه زمان

توسط آقای **حامد آرمند** صحت وکفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته **برق** گرایش **مخابرات-میدان** مورد تأیید قرار می‌دهند.

استاد راهنما:	امضاء
ممتحن داخلی:	امضاء
ممتحن خارجی:	امضاء
نماینده معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی:	امضاء

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان‌نامه: بررسی و شبیه‌سازی کوپلرهای پلاسمونی با استفاده از روش تفاضل محدود در حوزه زمان

استاد راهنما: جناب آقای دکتر علیرضا تجلی

نام دانشجو: حامد آرمند

شماره دانشجویی: ۸۸۰۴۹۳۴

اینجانب **حامد آرمند** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی **برق** گرایش **مخابرات میدان** دانشکده **مهندسی برق** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضای دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هر گونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون مرجع مجاز نمی‌باشد.

با سپاس فراوان از **استاد عزیزم جناب آقای دکتر تجلی** که با راهنمایی‌هایشان مرا در انجام این پروژه یاری کردند.

و با تشکر ار دوستان عزیزم

مهندس محسن بهرامی‌پناه، مهندس منصور دشتی اردکانی و مهندس افشین وطن‌خواه

چکیده

امروزه شاهد رشد روزافزون فناوری‌های نو در جهان پیرامون خود هستیم. در این بین از نانو فناوری به عنوان فناوری تعیین کننده در عرصه‌های مختلف یاد می‌شود و صنعت مخابرات و مخابرات نوری نیز تحت تأثیر آن قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر با معرفی محیط‌های پلاسمونیک، برای تحقق ساختارهای نانومتری دریچه جدیدی بروی دانشمندان بازشده است و تلاش‌های گوناگونی برای انتقال اطلاعات در ابعاد نانومتر با کمک این محیط‌ها صورت گرفته است. در این راستا روش‌های گوناگونی اعم از تحلیلی و عددی برای تحلیل ساختارهای پلاسمونیک مورد استفاده قرار گرفته اند. در این میان روش عددی تفاضل محدود در حوزه زمان[۱] به دلیل قدرت تحلیل بالا مورد توجه محققین قرار گرفته است.

هدف از انجام این پروژه بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی در کوپلرهای پلاسمونی با استفاده از روش تفاضل محدود در حوزه زمان است. در ابتدا با محیط‌های پلاسمونیک، تاریخچه، خصوصیات و کاربردهای آنها آشنا خواهیم شد سپس به معرفی روش عددی تفاضل محدود در حوزه زمان برای آنالیز محیط‌های پلاسمونیک خواهیم پرداخت و در انتها تحقق کوپلرهای پلاسمونی با ساختارهای مختلف را بررسی خواهیم کرد. در این پروژه سعی شده تا با فرایندی مرحله به مرحله، تاثیر پارامترهای مختلف را بر روی مشخصه انتقالی[۲] و طول‌موج خروجی پورت‌ها بررسی کرده و در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده یک کوپلر باندباریک[۳] با پاسخ فرکانسی مطلوب ارائه شود. در انتهای پایان‌نامه نیز به نتیجه‌گیری و ارائه چند پیشنهاد خواهیم پرداخت. جنس فلز انتخابی برای ساختارها نقره می‌باشد.

کلمه‌های کلیدی:

FDTD، پلاسمونیک، پلاریتون‌های سطحی، موجبرهای پلاسمونیک

[1] FDTD
[2] Transmission
[3] Narrow Band

فهرست

چکیده .....

مقدمه‌ای بر ساختارهای پلاسمونیک

۱-۱ مقدمه.....۱

۱-۲ پلاسمون و پلاسمون سطحی.....۱

۱-۳ کاربردهای پلاسمونیک ۵

روش‌های تفاضل محدود در حوزه زمان

۲- ۱ مقدمه.....۱۹

۲-۲ نحوه تولید و انتشار امواج در ساختار FDTD.....۱۹

۲-۲-۱ معادلات FDTD در محیطهای ساده ۲۰

۲-۲-۲ تولید منابع مختلف.....۲۲

۲-۳ مدلسازی محیطهای پلاسمونیک ۲۴

۲-۳-۱ مدل دیبای ۲۵

۲-۳-۲ مدل لورنتس ۲۶

۲-۳-۳ مدل درود ۲۶

۲-۳-۴ پیاده سازی محیط‌های پاشنده با روش FDTD.....۲۷

۲-۴ شرایط جذبی با لایه‌های کاملا تطبیق شده ۳۰

آشنایی با کوپلرها و پارامترهای آنها

۳-۱ کوپلرهای خطی ۴۵

۳-۱-۱ تعریف طول کوپلینگ.....۴۶

۳-۱-۲ تحلیل سوپر مد.....۴۶

۳-۲ کوپلر پلاسمونی ۵۱

۳-۲-۱ مدهای کوپلرهای پلاسمونی ۵۲

نتایج شبیه‌سازی

۴-۱ مقدمه.....۵۵

۴-۲ ساختار پایه ۵۵
۴-۳ بررسی تاثیر زاویه ۵۶
۴-۴ بررسی تاثیر انحنای گوشه موجبرها ۵۸
۴-۵ بررسی تاثیر فاصله‌های هوایی و اندازه‌ی آنها ۶۰
۴-۶ بررسی تاثیر طول موجبر ۶۳
۴-۷ بررسی تاثیر عرض موجبر ۶۵
۴-۸ بررسی تاثیر ضریب گذردهی ۶۶
۴-۹ ساختار نهایی ۶۹
۴-۱۰ انتقال طول‌موج کوپلینگ به پنجره‌های مخابراتی ۷۱
۴-۱۱ بررسی یک ساختار پیچیده تر ۷۲
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۵-۱ جمع‌بندی و نتیجه گیری ۷۶
۵-۲ پیشنهادات ۷۶
منابع ۷۷

فصل ۱

مقدمه‌ای بر ساختارهای پلاسمونیک

۱-۱ مقدمه

ارسال و دریافت اطلاعات همواره یکی از مهم ترین دغدغه‌های انسان در طول حیات خود بوده و تلاش‌های گوناگونی در طول سالیان متمادی در این راستا صورت گرفته است. علم مخابرات به عنوان ثمره این تلاش‌ها همواره با چالش‌های گوناگونی در ادوار مختلف روبه‌رو بوده و کماکان به عنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی به‌روز در کنار سایر زمینه‌ها قد برافراشته است. اطلاعات یا همان "تغییرات هدفمند در پدیده‌ها" را می‌توان به صورت تغییرات در ولتاژ، جریان و یا امواج الکترو مغناطیس انتقال داد. با افزایش فرکانس کاری و میل آن به سمت فرکانس‌های بالاتراز چند صد مگاهرتز دیگر نمی‌توان از قوانین رایج مداری برای تحلیل انتقال اطلاعات بهره برد، بنابراین می-بایست تلاش خود را معطوف به درک و تحلیل رفتار امواج الکترومغناطیسی در محیط انتشارشان نمود و با استفاده از فناوری در دسترس سعی در ساخت قطعات مناسب نمود.

یکی از مهم ترین قسمت‌های مهندسی الکترومغناطیس به خصوص در باند نوری درک صحیح چگونگی انتشارامواج الکترومغناطیس در محیط وچگونگی برهم کنش آن با ماده است. انتخاب مدل های صحیح به منظور تحلیل درست رفتارماده به هنگام انتشار امواج نوری بسیارمهم هستند. درقلمرو مخابرات نوری محیط های گوناگونی نظیرکایرال‌ها، مواد غیرخطی، مواد غیرهمسانگرد ومحیط‌های پاشنده وغیره با رفتارهای گوناگون خود مباحث جذابی را دراین حیطه از علم مطرح کرده‌اند. که تمرکزاصلی در این پروژه بررسی رفتار امواج نوری دریکی از ساختارهای نوری ساخته شده با کمک محیط های پلاسمونیک است.

۱-۲ پلاسمون و پلاسمون سطحی

در سال ۱۹۸۹ در انستیتوی تحقیقاتی NEC در دانشگاه پرینستون پدیدهٔ جالبی توسط توماس ابسن[1] مشاهده شد. این پدیده با تاباندن نور به یک ورقهٔ نازک طلا ایجاد می‌شد. آزمایش ابسن

[1] T. Ebbsen

نشان می‌داد که طلا (فلز) می‌تواند شبیه یک قیف عمل کند، بنابراین می‌تواند تقریباً تمام نور برخورد کرده به سطح فلز را به داخل یک روزنه یا منفذ باریک کانال بزند. این یافته، دانستنی‌های موجود در زمینهٔ نور را به هم می‌ریخت. طبق تئوری نور، حفره‌های با قطر ۳۰۰ نانومتر در ورقهٔ طلا خیلی کوچک هستند و آنها باید تنها یک درصد نور تابیده را از خود عبور دهند، در حالی‌که ابسن گذر غیر متعارف نور را مشاهده کرده بود. او چیزی مثل ساطع شدن نور خورشید را از حفره‌هایی با عرض ۳۰۰ نانومتر (که خیلی کوچکتر از طول موج نور مرئی هستند) مشاهده کرد. این پدیده باعث شد که نظریه پردازان دوباره به فکر بررسی تئوری‌های خود بیفتند.

ابسن در ابتدا گمان کرد که ورقهٔ نازک طلا مشکل دارد اما با قرار دادن آن زیر میکروسکوپ الکترونی متوجه شد که ورقهٔ مذکور معیوب نیست. او نمونه‌های مختلفی ساخت و آزمایش کرد تا توانست نتایج خودش را تأیید کند. اما کسی نتوانست علت این یافتهٔ عجیب را شرح دهد و بدون فهم تئوری پدیده، NEC زحمت اعطای امتیاز کشف را به خود نداد و ابسن معما را رها کرد. تا سال ۱۹۹۸ زمانی که پیتر ولف [1] به NEC ملحق شد و دربارهٔ نتایج عجیب ابسن چیزهایی شنید، آزمایشات به صورت یک راز باقی مانده بود. پیتر با تخصصی که در زمینهٔ رفتار الکترون‌ها در فلزات داشت، توانست این پدیده را با پلاسمون‌های سطحی [2] تشریح کند و تئوری خود را در مجلهٔ Nature به چاپ برساند[۱].

الکترون‌ها روی سطح فلزات می‌توانند آزادانه حرکت کرده و دریایی دو بعدی تشکیل دهند که موج هایی به نام پلاسمون سطحی در آن پدید می‌آیند. ولف می‌دانست که نور تابیده شده به سطح فلز می‌تواند سبب نوسان گروهی الکترون های سطحی و ایجاد چنین موج‌هایی شود. اما این اتفاق هنگامی می افتد که انرژی و تکانه [3] فوتون نور و پلاسمون‌های سطحی یکسان باشد.

[1] Peter Wolf
[2] Surface Plasmons
[3] Momentum

این اتفاق برای یک فلز صاف و براق در فرکانس های نور مرئی رخ نمی دهد. اما ولـف نشـان داد کـه شرایط برای فلزاتی که سوراخ های بیشماری در سطح آن ها قرار دارد فرق می‌کند. ایـن سـوراخ هـا سبب می‌شوند که انرژی و تکانه پلاسمون های سطحی به نحوی تغییر کنند که با فوتون نـور مرئـی بتوانند اندرکنش کنند. تنها کافی است مکان و اندازه سوراخ ها را مقدار مناسـبی انتخـاب کنـیم تـا هنگامی که نوری با طول موجی مشخص به فلز می‌تابد، پلاسمون‌های سطحی شروع به نوسان کنند.

روی ورقه‌ی طلای نازک ابسن، پلاسمون‌های سطحی انرژی الکترومغناطیسی نور را جمع کرده و آن ها را داخل سوراخ ها متمرکز می‌کنند. این میدان قوی از خلال سوراخ ها به سمت دیگـر فلـز نفـوذ کرده و در آنجا گروه دیگری از موج های سطحی را تحریک می‌کند این موج های سـطحی مجـدداً انرژی را به نور تبدیل می‌کنند. بنابراین بر خلاف اینکه به نظر می‌رسد نور از خلال فلز گذشته است، نور سطح دوم همان نوری نیست که در سمت اول به فلز اصابت کرده است. ولـف بـرای اطمینـان از صحت نظریه اش آزمایش‌های بیشتر انجام داد و سرانجام در سـال ۱۹۹۸ تئـوری خـود را در مجلـهٔ Nature به چاپ رساند[۱].

دانشمندان از سال ۱۹۰۰ میلادی پلاسمون های سطحی را می شناختند[۲]. ولی تنها در سال‌هـای اخیر موفق به ایجاد ساختارهایی در ابعاد نانومتر در فلزات شده‌اند که سبب تحریـک پلاسـمون‌هـای سطحی با نور می شوند. البته سطوح فلزی با نقش های مشخص تنها راهی نیست که هم‌اینک بـرای ایجاد پلاسمون‌های سطحی به کار می‌روند .بلکه بسیاری از دانشمندان ترجیح میدهند تـا پلاسـمون های سطحی را روی ذرات فلزیِ نانومتری‌ای که در آزمایشگاه تولید می‌کنند به وجود آورند[۲].

در فصل مشترک فلز و عایق در ابعاد نانو متری، نسبت به یک سطح مسطح، خـواص نـوری و امـواج پلاسمون‌های سطحی تغییر قابل ملاحظه ای می‌کنند. در این حالت خـواص قطعـه‌ی نـانومتری بـه شدت به ابعاد و شکل آن وابسته می‌شود. این تغییرات مانند نیمه‌رسـاناها بـه علـت محـدودیت‌هـای کوانتومی انرژی الکترون‌ها و حفره‌ها نیست؛ بلکه از خود معادلات الکترومغناطیسی با نگاه کلاسـیک

سرچشمه می‌گیرند به منظور نشان دادن تمایز رفتاری پلاسمون های سطحی[1] در قطعات بـا ابعـاد نانو ، گاهی از آن‌ها با نام پلاسمون‌های سطحی محلی یاد می‌کنند و به باندهای فرکانسی که در آن‌ها پلاسمون‌های محلی با جذب نور تحریک می‌شو ند بانـدهای پلاسـمون [2]مـی‌گوینـد. بـرای تحریـک پلاسمون‌های سطحی محلی ، به ساختارهای ویژه ای مانند آن چه که برای تحریک پلاسـمون هـای سطحی در یک فصل مشترک مسطح عایق و فلز مطرح می‌شود، نیاز نیست[۲].

در فیزیک، نوسان های‌پلاسما که معمولاً امواج پلاسما خوانده می‌شوند، نوسان‌های متناوب چگالی بار در محیط های رسانای الکتریکی مانند پلاسماها است. ذره‌ای که از کوانتیزه کردن ایـن نوسـان‌هـا حاصل می‌شود پلاسمون نامیده می‌شود[۳].

با وجود اینکه این تعریف تاکید می‌کند که پلاسـمون هـا مفـاهیمی از مکانیـک کوانتـومی هسـتند، بسیاری از خواص مهم آن‌ها را می‌توان به طور مستقیم از معادلات ماکسول به دست آورد. هم اینـک در اکثر کتاب‌ها و مقاله‌های جدید، با همان نگاه الکترودینامیک کلاسیک مسائل پلاسمون‌ها بررسـی می‌شوند.

پلاسمون‌ها نقش مهمی در ایجاد خواص نوری فلزها دارند. نور با فرکانسی خیلـی کمتـر از فرکـانس پلاسما (فرکانسی که پلاسمون ها در آن نوسان می‌کنند) از سطح فلز بازتابش می‌شود. در واقع مـوج تابیده فاقد انرژی لازم برای حرکت دادن الکترون‌های فلز در ترازهای انرژی اسـت. در اکثـر فلـزات فرکانس پلاسما در محدوده‌ی فرابنفش است. به همین خاطر آن‌ها در برابر نور مرئـی کـه فرکانسـی کمتر دارد، بازتاب کننده هستند. تخمینی از انرژی پلاسمون را به کمک مدل الکترون آزاد بر اساس رابطه‌ی زیر می‌توان به دست آورد[۴]:

(۱-۱)

$$E_p = \frac{h}{2\pi}\sqrt{\frac{ne^2}{m\varepsilon_0}}$$

[1] Surface plasmons
[2] Plasmon bands

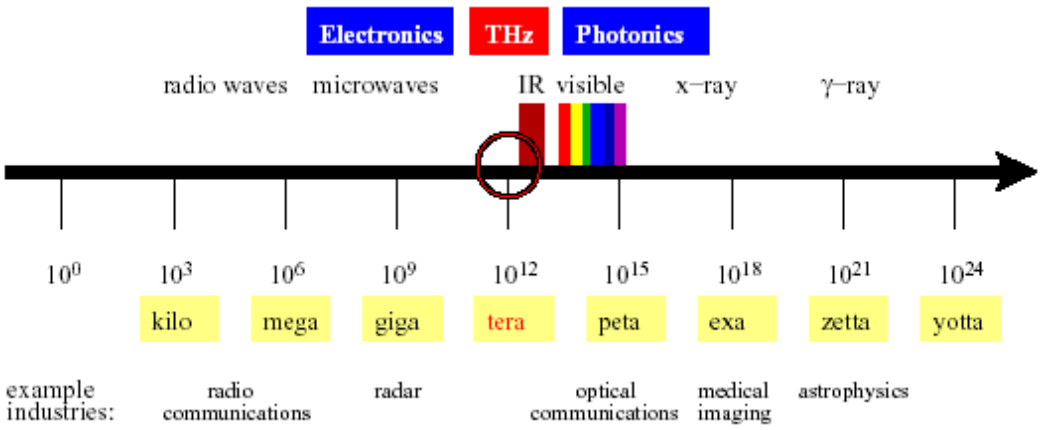
که در آن n چگالی الکترون باند ظرفیت، h ثابت پلانک، e بار ا لکترون، m جرم الکترون و ε_0 گذردهی الکتریکی فضای آزاد است.

پلاسمون‌های سطحی آن دسته از پلاسمون‌ها هستند که در سطح ماده حضور دارند. آنها در فصل مشترک یک ماده با ضریب عایقی مثبت با ماده‌های دیگر مانند فلز یا نیمه‌رسانای آلاییده که ضریب عایقی آن منفی است، ایجاد می‌شوند. پلاسمون‌های سطحی در واقع رابط‌هایی هستند که کوپل شدن امواج الکترومغناطیسی قابل انتشار در سطح را با فوتون تشریح می‌نمایند[۴].

۱-۳ کاربردهای پلاسمونیک

پلاسمون‌های سطحی در انتقال نور از میان حفره‌های نانویی[1] نقش مهمی را بازی می‌کنند. یکی از کاربردهای پلاسمونیک می‌تواند هدایت فوتون در درون مدارهای نانو باشد که به بحث فوتونیک می انجامد. در حال حاضر با توجه به فن‌آوری‌های موجود یک پیوند بین مدار الکترونیکی و نور صورت گرفته است، ولی با توجه به اختلاف‌های موجود بین این دو، این پیوند یک پیوند دردسرساز است. در آینده‌ی نزدیک فن‌آوری جدید باعث ضعیف‌تر شدن این پیوند خواهد شد. شکل ۱-۱ با نشان دادن طیف فرکانسی و کاربردهای معمول برای هر ناحیه از طیف، سه ناحیهٔ مهم الکترونیک، تراهرتز و فوتونیک را مشخص کرده است. با نظری اجمالی می‌توان به این نتیجه رسید که فن‌آوری تلاش می‌کند به سمت فرکانس‌های بالاتر حرکت کند.

[1] Nano holes



شکل ۱-۱- طیف فرکانسی همراه با باندها و کاربردهای مجزا شده، ناحیه‌های تراهرتز و نور مرئی به خوبی مشخص شده‌اند[۵].

یک سری ازعناصر کلیدی مربوط به مسائل دو بعدی نور که بر اساس پلاسمون سطحی کار می کنند، به صورت آزمایشگاهی پیاده‌سازی شده‌اند. منبع‌های محلی پلاسمون‌ها، آینه‌های براگ و جدا کننده‌های پرتو با ساختارهای نانویی از جنس نقره ساخته شده‌اند[۵].

در حال حاضر مهمترین کاربرد پلاسمونیک که برای پیشبرد آن بیشترین تلاش‌ها صورت می‌گیرد هدایت امواج در مدارهای نانومتری فوتونیک است. برای اینکه سیگنال‌های نوری حامل اطلاعات سمعی یا بصری قابل استفاده شوند، باید به نحوی به صورت الکتریکی در آمده و به مدارات الکترونیک ارتباط یابند. این ارتباط به علت اختلاف فاحش ابعادی که قطعات کنونی فوتونیک با قطعات الکترونیک دارند بسیار دشوار است. به عنوان مثال طول موج نوری که تارهای نوری حمل میکنند ۱۵۵۰نانومتر است که چندین برابر عرض مسیر سیگنال‌های الکترونیکی در پردازشگرهای جدید است. برای ایجاد ارتباط میان این دو فن‌آوری با ابعاد متفاوت، نور باید از طریق دیودهای نوری به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل و قبل از وارد شدن به مدارهای الکترونیکی تقویت شود. این قطعه‌ها، سازندگان مدارات مجتمع را در کوچک کردن چنین مدارهای رابطی تا ابعاد نانومتر ناکام کرده است. بنابراین خیلی خوب خواهد بود اگر بتوان تمامی این قطعات را کنار گذاشته و سیگنال‌های نوری را به

طور مستقیم به سیگنال‌های الکتریکی مبدل نمـود. از ایـن رو از قطعـات فلـزی نـانومتری و دانـش پلاسمونیک استفاده می‌شود[۶].

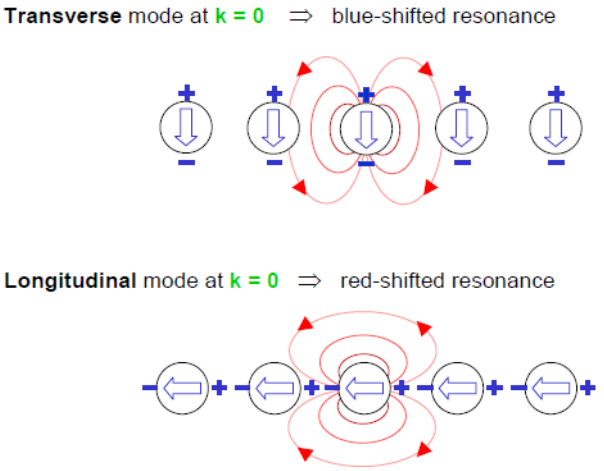
برای ذرات فلزی نانومتری به اندازه‌ی کافی کوچکتر از طول موج نور، جذب نور در محدوده‌ی باریکی از طول موج صورت می‌گیرد. طول موج مربوط بـه قلـه‌ی جـذب بیشـینه بوسـیله‌ی پلاسـمون‌هـای سطحی، به اندازه و شکل نانوکریستال‌ها وهمچنین عایق محیط اطراف آنها ربـط دارد. بـرای قطعـات نانومتری ستونی شکل، باندهای پلاسمون شامل دو بخش مجزا می‌شوند که به نوسـان‌هـای گروهـی الکترون‌های آزاد در جهت محور ستون (طولی) و یا عمود بر آن (عرضی) مرتبط هستند. مود عرضـی نزدیک به فرکانس تشدید ذرات کروی است. حال آنکه مود طولی به شدت به نسـبت طـول وعـرض ستون وابسته بوده و از طول موج بیشتری برخوردار است[۲].

برای تحلیل ذرات فلزی در ابعاد نانو مدل‌های مختلفی پیشنهاد شده است که از میان آنهـا اغلـب از مدل کلاسیک **می**[1] برای توصیف رفتارهای نوری استفاده می‌شود. این مدل به این صورت است که ذره فلزی را با دوقطبی نوسان‌کننده‌ای تقریب می‌زند که از انحراف متناوب الکترون‌ها بـه دو سـمت ذره بر اثر تحریک میدان الکترومغناطیسی نور حاصل شده است. برای ذرات به انـدازه کـافی بـزرگ مراتب بالاتر نوسان چند قطبی‌ها نیز از اهمیت به سزایی برخوردار هستند. همچنین از همـین ذرات نانومتری که کار تبدیل سینگال‌های نوری به الکتریکی را به مراتب ساده‌تر کرده‌اند، می‌توان بهره برد و موجبرهای در ابعاد نانومتر نیز ساخت. یک موجبر معمولی برای مدارهای نوری موجبر کانالی است که از اختلاف ضریب شکست برای متمرکز کردن نور در داخلش بهره گرفته می‌شود. بنابراین بـرای نور مرئی این ابعاد در حد چند صد نانومتر است. به علاوه اینگونه موجبرها نمی‌توانند خمیدگی‌هـای تیز را به علت بسیار شدید شدن تلف پشتیبانی کنند. به همین منظور بـه روش‌هـای دیگـری بـرای محدود کردن و انتقال نور در یک مدار مجتمـع فوتونیـک نیـاز اسـت. البتـه سـاختارهای مـوجبری کریستال‌های فوتونی مشکل خمیدگی‌های تیز را رفع می‌کردند، اما مشکل حد تفرق نور همچنان پا

[1] Mie

برجا بوده و به همین منظور با توجه به طول موج بلند نور در این فرکانس‌ها قطر محیط انتقال باید در حد چند صد نانومتر باشد.

برای غلبه بر حد تفرق نور Atwater و همکارانش موجبری پلاسمونیک را مطرح کردند که در آن یک آرایه از نانوساختارهای فلزی که در محیط عایقی قرار دارند به وسیله‌ی تزویج میدان نزدیک هدایت نور را که به فرم پلاسمون‌های سطحی محلی در آمده است به عهده می‌گیرند. این موجبر پلاسمونی از آرایه‌هایی از ذرات نانومتری، یا ستون‌های نانومتری و یا نانوسیم‌ها تشکیل می‌شود که فرکانس پلاسمون محلی آنها در محدوده‌ی نوری باشد. در اینجا با در نظر گرفتن مدل تقریبی Mei دو دسته مودهای انتشاری طولی و عرضی مطرح می‌شوند.



شکل ۱-۲- مودهای طولی و عرضی برای ثابت انتشار صفر[۲].

اما تنها کاربرد پلاسمونیک استفاده از آن در موجبر و تبدیل سیگنال‌های نوری و الکتریکی به یکدیگر نیست .تیم ابسن این موضوع را نیز نشان دادند که چنانچه در ورقه‌ی طلا تنها یک سوراخ ایجاد کنیم و در اطراف آن، دایره‌های متحد المرکزی در هر دو سمت صفحه حک کنیم، نوری که به یک سمت تابیده می‌شود به امواج پلاسمون‌های سطحی‌ای که توسط دایره‌ها متمرکز می‌شوند، تبدیل شده و در سمت دیگر نیز بدون پراکنده شدن به نور تبدیل می‌شوند و پرتوی بسیار باریک از نور را ایجاد می

کنندکه به کمک این پرتو بسیار باریک نور مدارهای بسیار فشرده در داخل تراشه‌ها می‌توان ایجاد کرد[۲].

یکی دیگر از خواص ذرات فلزی نانومتری توانایی آنها در تشدید میدان در سطح آنها است. این تشدید سال‌هاست که شناخته شده و در طیف سنجی تقویت سطحی رامان به کار برده می‌شود[۲]. اخیراً این تشدید میدان به وسیله‌ی نانوساختارهای فلزی برای بررسی میکروسکوپی میدان نزدیک بدون روزنه به کار برده شده است[۶]. این تشدید از تحریک پلاسمون‌ها در ذره سرچشمه می‌گیرد. تحریک ذرات فلزی در محیط‌های عایقی سبب ایجاد رفتاری دو یا چند قطبی در آنها می‌شود. تحریک این نوسان‌ها سبب ایجاد میدان الکتریکی تشدید شده‌ای در محیط دور ذره می‌شود. به وسیله‌ی این تشدید می‌توان میدان‌های الکتریکی بسیار ضعیف را شناسایی کرد. هرچه اندازه ذره بزرگتر شود تشدید میدان کاهش می‌یابد و نوسان پلاسمون در طول موج بلندتری رخ می‌دهد. مشاهده‌ای که بسیار جالب است تشدید میدان تا حد تشخیص میدان الکتریکی یک تک مولکول در بین دو ذره‌ی کروی است. این تشدید میدان تا اندازه‌ای قوی است که می‌تواند دامنه‌ی میدان را در حد ۱۰۰۰ برابر افزایش دهد[۲].

از دیگر کاربردهای پلاسمونیک، می‌توان از توانایی آن برای آزمون‌های سریع خون برای تشخیص وجود مولکول‌های ویژه‌ای در خون، مانند آنتی‌ژن مربوط به HIV، اشاره نمود[۳]. همچنین تلاش هایی برای ایجاد کپسول‌های نانومتری در حال انجام است که با توجه به خواص پلاسمونیک با تاباندن نورِ فرابنفش انسولین را در بدن بیمار آزاد کنند[۷].

بعد از معرفی ساختارهای پلاسمونیک به عنوان محیط‌هایی قدرتمند برای انتقال انرژی در مقیاس-های نانو، تلاش‌های گسترده‌ای برای غلبه بر مشکلات این ساختارها مانند تلف و برجسته‌تر کردن خصوصیات مفید آن‌ها مانند تمرکز بالا صورت گرفته است. در این میان استفاده از انواع ساختارهای نوک تیز پلاسمونیک دریچه جدیدی به روی اهداف فوق گشوده است.