

کاربرد نانوذرات پلاسمونیک در طراحی ادوات، آنتن و گیت‌های منطقی

حمیدرضا زنگنه | دانشجوی کارشناسی، گروه برق، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران.

محمدعلی بهنام* | دکتری تخصصی، گروه برق، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران.

چکیده

مواد پلاسمونیک یا پلازمونیک^۱ موادی هستند که در مقابل اکسیداسیون و خوردگی، از خود مقاومت نشان می‌دهند، از جمله این مواد طلا، نقره، پلاتین و ... است. از طرفی تمامی مواد، دارای فرکانس ذاتی تشدید هستند، یعنی فرکانسی که در آن تمام اتم‌های ماده به ارتعاش در می‌آیند و دچار رزونانس^۲ می‌شود. حال با بررسی فرکانس ذاتی مواد پلازمونیک، فرکانس ماکسیمم جذب^۳ و پراکندگی^۴ آن‌ها شبیه‌سازی و محاسبه می‌شود. چون رنج فرکانسی تشدید مواد پلاسمونیک در محدوده نور مرئی^۵ و نزدیک فروسرخ^۶ است، در نتیجه این مواد کاربرد وسیعی در طراحی گیت‌های منطقی دارند. آنتن‌های نوری یا همان نانوآنتن‌ها، ایده‌ای نو در فیزیک نوری هستند و عملکردشان مشابه آنتن‌های رادیویی و ماکروویوی است. هدف در آنتن‌های نوری تبدیل انرژی تشعشعی فضای آزاد به انرژی محلی شده و برعکس است.

کلیدواژه‌ها: نانوذرات، پلاسمونیک، طراحی ادوات، آنتن، گیت منطقی

1. plasmonic
2. resonance
3. absorption
4. scattering
5. visible
6. near infrared

مقدمه

نانوذرات پلازمونیک مانند طلا و نقره، در طراحی ادوات الکترونیکی از این رو حائز اهمیت هستند که اولاً ابعاد آن‌ها در حد نانومتر است؛ ثانیاً قابلیت تحریک با نور را دارند، پس جهت انتقال و کنترل اطلاعات از سرعت بالایی برخوردار هستند (Sobhani et al., 2017). گیت‌های منطقی الکترونیکی که ساده‌ترین آن‌ها AND, NAND, XOR, OR, NOT و ... هستند، بر مبنای صفر و یک منطقی کار می‌کنند حال اگر ماکسیمم طول موج جذب این نانوذرات را به عنوان "صفر" منطقی و ماکسیمم طول موج پراکندگی را به عنوان "یک" منطقی در طراحی‌ها در نظر بگیریم، با تحریک یک فرکانس یا طول موج خاص، صفر منطقی و با تحریک طول موجی دیگر، یک منطقی را خواهیم داشت و بدین گونه پایه‌ای‌ترین گیت منطقی را می‌توان تولید کرد و با استفاده از این گیت، می‌توان گیت‌های پیچیده‌تر را نیز طراحی نمود. با این رویکرد می‌توان سایر ادوات الکترونیکی در بُعد بسیار کوچک و با سرعت انتقال و کنترل بالا پایه‌گذاری نمود که از جمله آن‌ها می‌توان به انواع سویچ‌ها^۱، مدلاتورها^۲، رزوناتورها^۳، تقویت‌کننده‌ها^۴ و ... اشاره کرد (Behnam et al., 2018b).

روش‌ها و متدها

ساده‌ترین تعریف از نانوتکنولوژی، بیان می‌کند که این فناوری قدرت سازماندهی، کنترل و ساخت در حد اتمی و مولکولی را فراهم می‌آورد. با توجه به پتانسیل بالای فناوری نانو در حوزه مهندسی، این فناوری تأثیر شگرفی بر مواد، اجزاء و سیستم‌ها داشته است. این روند توسعه، منجر به همگرایی ساده‌تر فناوری‌های مرتبط چون ذخیره‌سازی داده‌های انبوه، نانواآنتن‌ها در بحث طراحی آنتن‌ها، طراحی گیت‌های منطقی تمام نوری در ابعاد نانو می‌گردد. نانوتکنولوژی مبحث جدیدی نیست و از سال‌ها پیش در زندگی بشر وجود داشته است، ولی قرن حاضر زمانی است که بشر توانسته آن را بهتر بشناسد و با رویکردی جدید، بیشتر از گذشته آن را تحت کنترل خود درآورد. یکی از بخش‌های نانوفناوری که در گذشته کمتر به آن پرداخته شده و اکنون دانشمندان توانسته‌اند در این عرصه به موفقیت‌های قابل توجهی برسند، بخش ساخت نانواآنتن‌ها است. البته نانواآنتن‌ها خود برای کاربردهای متفاوتی ابداع و ساخته شده‌اند. در ادامه به طور خلاصه برخی از کاربردهای نانواآنتن‌ها بیان می‌شود. در ادامه به بررسی اجمالی برخی از نانواآنتن‌ها می‌پردازیم (Behnam et al., 2018a).

ادوات نانو

دانشمندان کانادایی نانواآنتن‌هایی را با الهام از فرایند طبیعی فتوسنتز، برای کنترل و هدایت انرژی جذب‌شده از نور خورشید ابداع کرده‌اند. ساختارهای پیشنهادی (نانواآنتن‌های ابداعی) می‌توانند مانند آنتن‌های واقعی، انرژی را جمع‌آوری و در یک نقطه متمرکز کنند. این ساختارها همانند مبدل‌هایی که نور را در برگ‌های درختان ذخیره می‌کنند، می‌توانند طول‌موج‌های مختلف نور خورشید را دریافت کنند. یک تیم بین‌المللی از محققان، نوع جدیدی از نانواآنتن‌ها را تولید کردند که کاربردهای وسیعی در تشخیص داروها و مواد تشعشع‌زا دارند. پژوهشگران موفق شدند یک نانواآنتن با ساختار فراکتال بسازند که قابل استفاده در سیستم‌های ایمنی جهت شناسایی مواد منفجره و دارویی است. چگونگی عملکرد این نانواآنتن‌ها همانند آنتن‌های متداول و معمولی است با این تفاوت که به جای جمع‌آوری امواج رادیویی، نور را جمع‌آوری می‌کنند و میلیون‌ها بار کوچک‌تر از آنتن‌های معمولی هستند. این نانواآنتن‌ها به این

1. switches
2. modulators
3. resonators
4. amplifiers

دلیل ممتاز و بی نظیر هستند که از یک الگوی تکرارشونده تشکیل شده‌اند. از کنار هم قرار گرفتن این الگوها، ساختارهای بزرگ‌تری شکل می‌گیرد. با استفاده از این طراحی، می‌توان نانوآنتن‌هایی در ابعاد بسیار کوچک، در حدود یک تار موی انسان ساخت (Sobhani et al., 2019; Behnam et al., 2021).

نتیجه‌گیری

نانوآنتن لیزری از یک آنتن نوری مصنوعی بر روی سطح لیزر (مکانی که در آنجا خروجی نور وجود دارد) تشکیل شده است. آنتن نوری از دو مستطیل با جنس طلا، با گوشه‌های خمیده تشکیل شده است که هر کدام از آن‌ها ۱۳۰ نانومتر طول دارند و با فاصله ۳۰ نانومتری از یکدیگر جدا شده‌اند. محققان برای ساخت نانوآنتن لیزری، از بخار لایه طلا بر روی لیزر استفاده می‌کنند. سپس به منظور شکل دادن آنتن، به کمک یک اشعه یونی متمرکز شده، برخی نواحی طلا را حذف می‌کنند (Hosseinabadi et al., 2020; Asrar et al., 2022). علت استفاده محققان از طلا برای ساخت آنتن این است که طلا در فرکانس‌های نوری، قابلیت هدایت بالایی دارد. علاوه بر این سطوح طلا نسبت به فلزات دیگر، کمتر در معرض صدماتی چون شکستگی و تیرگی قرار می‌گیرند. این فناوری که تحت عنوان آنتن لیزری پلاسمونیک نیز مطرح می‌گردد می‌تواند ۵ ترابایت داده را روی یک دیسک نوری در ابعاد مشابه یک سی‌دی یا دی‌وی‌دی ذخیره کند. در فناوری آنتن نانو یک اشعه لیزر برای ایجاد یک نقطه بسیار کوچک نور، متمرکز می‌شود و همین مسئله سبب می‌شود که هر بیت داده روی یک دیسک نوری، فضای کوچکی را اشغال کند. علاوه بر این می‌توان از این فناوری در ابزارهای دیگری مانند ذره‌بین‌ها و طیف‌نماهای اسپکتروسکوپی لیزری استفاده کرد (Behnam et al., 2018a; Gholami et al., 2021).

منابع

- Asrar, A., Sobhani, Z., & Behnam, M. A. (2022). Melanoma cancer therapy using PEGylated nanoparticles and semiconductor laser. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 12(3), 524.
- Behnam, M. A., Emami, F., & Sobhani, Z. (2021). PEGylated carbon nanotubes decorated with silver nanoparticles: fabrication, cell cytotoxicity and application in photo thermal therapy. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, 20(1), 91.
- Behnam, M. A., Emami, F., Sobhani, Z., & Dehghanian, A. R. (2018a). The application of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles in the photo-thermal therapy of melanoma cancer model. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 21(11), 1133.
- Behnam, M. A., Emami, F., Sobhani, Z., Koochi-Hosseinabadi, O., Dehghanian, A. R., Zebajrad, S. M., ... & Oryan, A. (2018b). Novel combination of silver nanoparticles and carbon nanotubes for plasmonic photo thermal therapy in melanoma cancer model. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 8(1), 49.
- Gholami, A., Abdolouosefi, H. E., Riazimontazer, E., Azarpira, N., Behnam, M., Emami, F., & Omidifar, N. (2021). Prevention of postsurgical abdominal adhesion using electrospun TPU nanofibers in rat model. *BioMed Research International*, 2021.
- Hosseinabadi, O. K., Behnam, M. A., Khoradmehr, A., Emami, F., Sobhani, Z., Dehghanian, A. R., ... & Tamadon, A. (2020). Benign prostatic hyperplasia treatment using plasmonic nanoparticles irradiated by laser in a rat model. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 127, 110118.
- Sobhani, Z., Behnam, M. A., Emami, F., Dehghanian, A., & Jamhiri, I. (2017). Photothermal therapy of melanoma tumor using multiwalled carbon nanotubes. *International Journal of Nanomedicine*, 4509-4517.
- Sobhani, Z., Khademi, R., Behnam, M. A., & Akbarizadeh, A. R. (2019). Preparation and characterization of TiO₂-PEG NPs loaded doxorubicin. *Trends in Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 93-102.