



مطالعه جذب و پراکندگی توسط نانوپوسته های پنج لایه کروی و استوانه‌ای

معصومه همتی^۳، خشایار بازیاری^۲ و نادر دانشفر^۱

^۱گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه

^۲دانشگاه علوم و تحقیقات، کرمانشاه

^۳دانشگاه کاشان، کاشان

چکیده- در این مقاله جذب و پراکندگی نور توسط نانوشلهای کروی و استوانه ای پنج لایه با استفاده از تقریب شبه استاتیک بر اساس مدل درود بررسی می شود. شدت و موقعیت پیک جذب و پراکندگی به ضخامت لایه ها و شعاع هسته، شکل و ساختار، و محیط اطراف نانوشل بستگی دارد.

کلید واژه: نانوشل، جذب، پراکندگی

Study of scattering and absorption by 5-layer cylindrical and spherical nanoshells

Masume Hemati³, Khashayar Bazyari² and Nader Daneshfar¹

¹Department of Physics, University of Razi, Kermanshah, Iran

²Science and Research Branch, Kermanshah, Iran

³University of Kashan, Iran

Abstract- In this paper the absorption and scattering of light by 5-layer spherical and cylindrical nanoshells using quasistatic approximation based on the Drude model is investigated. The intensity and position of absorption and scattering peaks depend on the shell thickness, shape and structure, and the surrounding medium of nanoshell.

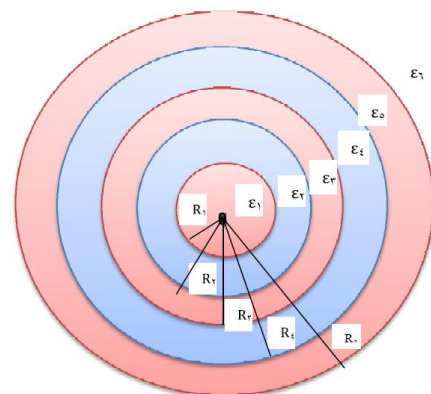
Keyword: Nanoshells, Absorption, Scattering.

۱- مقدمه

لورنتس در سال ۱۸۹۰، لاو در سال ۱۸۹۹، مای در سال ۱۹۰۸ و دبای در سال ۱۹۰۹ یک کره همگن و همسانگرد درون یک میدان الکتریکی را بررسی کردند [۱ و ۲]. سیمانک پیشنهاد داد که روکش اکسید روی ذرات کوچک آلومینیم می تواند جاذب متوسطی باشد. سپس این مدل توسط روپین گسترش داده شد، بدین صورت که ذرات فلزی با روکش اکسید درون یک لوله بلند جمع می شوند و جذب را بالا می برند [۳]. در سال ۲۰۰۶ فیزیکدانان اوریت و دیک جذب و پراکندگی یک ذره فلزی را به طور میکروسکوپی بررسی کردند [۴]. در سال ۲۰۱۰ خسروی و همکارانش سطح مقطع پراکندگی در نانوشل سیلیکا-طلا بررسی کردند [۵].

۲- روش تهیه مقاله

یک نانوشل کروی ۵ لایه و یک نانوشل استوانه ای ۵ لایه را مطابق شکل (۱) در معرض تابش یک موج الکترو مغناطیسی که میدان الکتریکی آن E_0 است و عمود بر محور نانوشل می باشد قرار می دهیم و از تقریب شبه استاتیک استفاده می کنیم یعنی اثرات مغناطیسی را بسیار ضعیف در نظر می گیریم و سپس با حل معادله لاپلاس به روابط زیر برای پتانسیل الکتریکی و میدان الکتریکی در نواحی مختلف این نانوشل ها و قطبش الکتریکی (α) در آنها می رسیم [۶]:



شکل (۱) سطح مقطع نانوشل کروی یا استوانه ای ۵ لایه

برای نانوشل کروی ۵ لایه داریم:

$$\phi_n = [A_n r + B_n r^{-2}] \cos \theta \quad (1)$$

$$\vec{E}_n = A_n (\sin \theta \hat{\theta} - \cos \theta \hat{r}) + \frac{B_n}{r^3} (\sin \theta \hat{\theta} + 2 \cos \theta \hat{r}) \quad (2)$$

$$\begin{cases} n=1,2,3,4,5,6 \\ B_1=0 \\ A_6=-E_0 \end{cases} \quad \alpha = 4\pi\epsilon_0 \left(\frac{B_6}{E_0} \right) \quad (3)$$

و برای نانوشل استوانه ای ۵ لایه داریم:

$$\phi_n = [-E_0 r + A_n r + B_n r^{-1}] \cos \varphi \quad (4)$$

$$\vec{E}_n = (1 - \frac{A_n}{E_0}) \vec{E}_0 + \frac{B_n}{r^2} (\cos \varphi \hat{r} + \sin \varphi \hat{\phi}) \quad (5)$$

$$\begin{cases} n=1,2,3,4,5,6 \\ B_1=A_6=0 \end{cases} \quad \alpha = 4\pi\epsilon_0 \left(\frac{B_6}{E_0 R_5^2} \right) \quad (6)$$

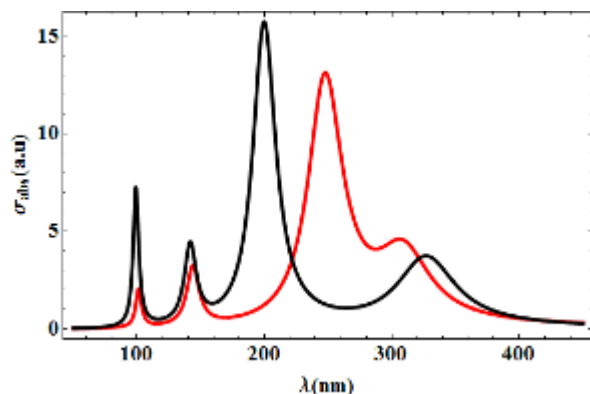
تمام ضرایب با استفاده از دو شرایط مرزی زیر محاسبه می شوند که در [۶] این ضرایب محاسبه شده اند:

$$\begin{aligned} \phi_m \Big|_{r=R_m} &= \phi_{m+1} \Big|_{r=R_m} \\ \epsilon_m \left(\frac{\partial \phi_m}{\partial r} \right)_{r=R_m} &= \epsilon_{m+1} \left(\frac{\partial \phi_{m+1}}{\partial r} \right)_{r=R_m} \end{aligned} \quad (7)$$

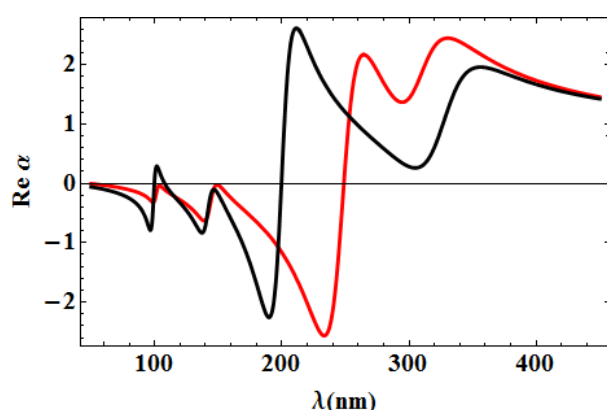
مقادیر ϵ برای هر دی الکتریک ثابت است و برای هر فلز ϵ از مدل درود مشخص می شود که تابع فرکانس موج (ω) است و مختلط است [۷ و ۸]:

$$\epsilon_D(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2 / \omega^2}{1 + (1/\omega^2 \tau^2)} + i \frac{\omega_p^2 / \omega^2}{\omega \tau + (1/\omega \tau)} \quad (8)$$

که ω_p فرکانس پلاسمای الکترونیهای نانوشل و τ زمان و اهلس الکترونیهای فلز است.



شکل (۳) نمودار سطح مقطع جذب بر حسب طول موج



شکل (۴) نمودار قسمت حقیقی قطبش الکتریکی بر حسب طول موج

۳- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص می شود که نانوشل های مختلف در مقابل تابش موج الکترومغناطیسی به خود حساسیت های متفاوتی نشان می دهند و ماکزیمم شدت جذب و پراکندگی در نانوشل استوانه ای از کروی بیشتر است اما در کروی این ماکزیمم میزان جذب و پراکندگی در طول موج های بلند تری یعنی شیفست بسمت مریی نسبت به استوانه ای اتفاق می افتد. میزان جذب و پراکندگی موج به متغیرهایی همچون شکل ظاهری نانوشل و شعاع و ضخامت لایه های آنها بستگی دارد.

حال با مشخص شدن α که یک عدد مختلط می باشد

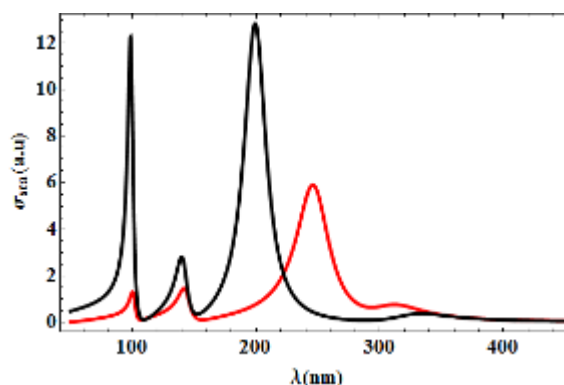
$$\begin{cases} \sigma_{\text{Sca}} = \frac{k^4}{6\pi} |\alpha|^2 \\ \sigma_{\text{abs}} = k \text{Im}(\alpha) \end{cases} \quad (9)$$

مقادیر سطح مقطع پراکندگی و جذب در هر نانوشل از روابط زیر بدست می آیند که k بردار موج فرودی می باشد [۹ و ۱۰]:

حال دو نانوشل کروی و استوانه ای ۵ لایه مشابه در نظر می گیریم که در هر دوی آنها لایه اول و پنجم فلز طلا و لایه سوم آنها فلز آلومینیوم و لایه های دوم و چهارم و بیرون آنها دی الکتریک هایی با ضرایب $\epsilon_2 = 1.4$ و $\epsilon_4 = 3$ و $\epsilon_6 = 1.5$ می باشند و شعاع لایه ها در هر دو نانوشل به صورت زیر فرض می کنیم:

اکنون $R_1 = 5\text{nm}$, $R_2 = 10\text{nm}$, $R_3 = 15\text{nm}$
نانوشل $R_4 = 20\text{nm}$, $R_5 = 23\text{nm}$

رنگ مربوط به کره ۵ لایه و نمودارهای مشکی رنگ مربوط به استوانه ۵ لایه می باشند.



شکل (۲) نمودار سطح مقطع پراکندگی بر حسب طول موج

مراجع

- [۱] A.Mair "Plasmonics Fundamentals and applications", (Springer Science, 2007).
- [۲] F. Bohren, R. Huffman "absorption and scattering of light by small particles", (wiley, 1998).
- [۳] L. Novotny, B. Hecht "Principles of nano-optics", (Cambridge university, 2006).
- [۴] I. Mishchenko, D. Travis, A. Lacis "Scattering, Absorption, Emission of light by small particles", (Cambridge university, 2004).
- [۵] H. Khosravi, N. Daneshfar, A. Bahari, **Physics of Plasma**, No. 17 (2010) 053302.
- [۶] K. Bazyari, "A theoretical study of the absorption and scattering of electromagnetic radiation by spherical and cylindrical Nanoshells", **M.Sc Thesis**, 1391.
- [۷] J. Zhu, **Materials Science and Engineering A**, No. 454 (2007) 685.
- [۸] J. Zhu, X. Deng, **Sensors and Actuator B**, No. 155 (2011) 843.
- [۹] J. Zhu, **Nanoscale Res Lett**, No. 4 (2009) 977.
- [۱۰] J. Zhu, **Appl. Phys. A**, No. 88 (2007) 673.