بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

مطالعه جذب وپراکندگی توسط نانوپوسته های پنج لایه کروی و استوانه‌ای

معصومه همتی[۳]، خشایار بازیاری[۲] و نادر دانشفر[۱]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه

[۲]دانشگاه علوم وتحقیقات، کرمانشاه

[۳]دانشگاه 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 ضحامت 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 Hemati[3], Khashayar Bazyari[2] and Nader Daneshfar[1]

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

[2]Science and Research Branch, Kermanshah, Iran

[3]University 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 scatteing peaks dpend on the shell thichness, shape and structure, and the surrounding medium of nanoshell.

Keyword: Nanoshells, Absorption, Scattering.

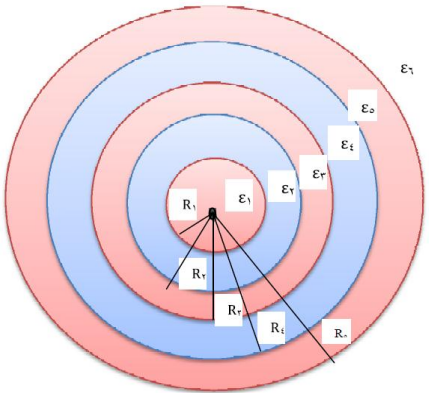
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

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[۱و۲] . 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 روش 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 $E_\circ$ است وعمود 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 نانو شل کروی ۵ لایه داریم:

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

$$\vec{E}_n = A_n(Sin\theta\hat{\theta} - Cos\theta\hat{r}) + \frac{B_n}{r^3}(Sin\theta\hat{\theta} + 2Cos\theta\hat{r}) \qquad (2)$$

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

و برای نانو شل استوانه ای ۵ لایه داریم:

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

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

$$\begin{cases} n = 1,2,3,4,5,6 \\ B_1 = A_6 = 0 \end{cases}$$

$$\alpha = 4\pi\varepsilon_\circ\left(\frac{B_6}{E_\circ R_5^2}\right) \qquad (6)$$

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

$$\phi_m\Big|_{r=R_m} = \phi_{m+1}\Big|_{r=R_m}$$

$$\varepsilon_m\left(\frac{\partial\phi_m}{\partial r}\right)_{r=R_m} = \varepsilon_{m+1}\left(\frac{\partial\phi_{m+1}}{\partial r}\right)_{r=R_m} \qquad (7)$$

مقادیر ε برای هر دی الکتریک ثابت است و برای هر فلز ε از مدل درود مشخص می‌شود که تابع فرکانس موج (ω) است و مختلط است [۷و۸]:

$$\varepsilon_D(\omega) = 1 - \frac{\omega p^2/\omega^2}{1 + (1/\omega^2\tau^2)} + i\frac{\omega_p^2/\omega^2}{\omega\tau + (1/\omega\tau)} \qquad (8)$$

که ω_P فرکانس پلاسمای الکترونهای نانوشل و τ زمان و اهلش الکترونهای فلز است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

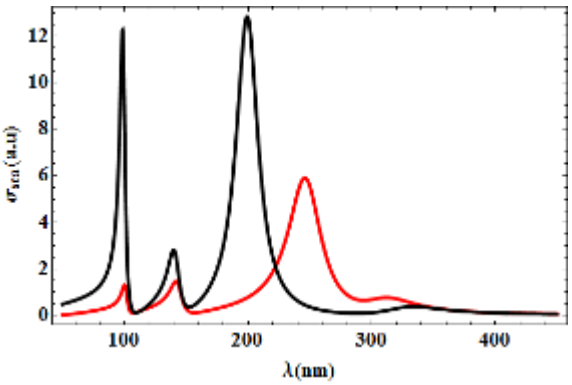
حال با مشخص شدن α که یک عدد مختلط می باشد

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

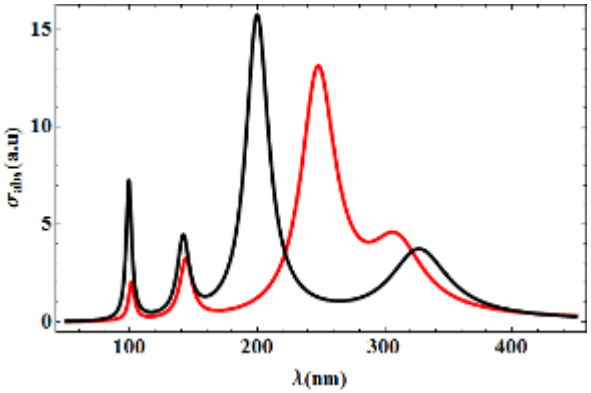
مقادیر سطح مقطع پراکندگی و جذب در هر نانوشل از روابط زیر بدست می آیند که k بردار موج فرودی می باشد [۱۰ و ۹] :

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 $\varepsilon_2 = 1.4$ و $\varepsilon_4 = 3$ و $\varepsilon_6 = 1.5$ می باشند و شعاع لایه ها در هر دو نانوشل به صورت زیر فرض می کنیم:

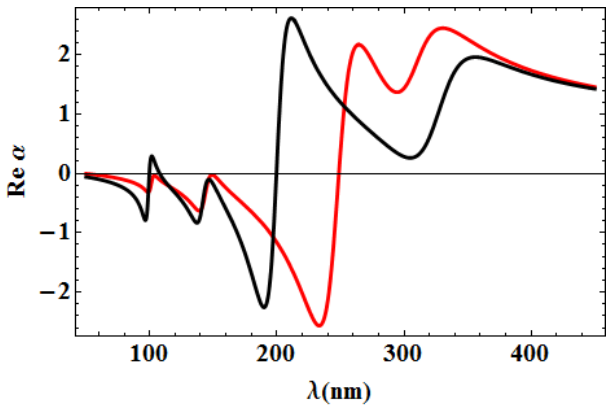
اکنون $R_1 = 5nm$, $R_2 = 10nm$, $R_3 = 15nm$, $R_4 = 20nm$, $R_5 = 23nm$ نانوشل رنگ مربوط به کره ۵ لایه و نمودارهای مشکی رنگ مربوط به استوانه ۵ لایه می باشند.



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



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 وماکزیمم 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 شیفت بسمت مریی نسبت به استوانه ای اتفاق می افتد . میزان جذب و پراکندگی موج به متغیرهایی همچون شکل ظاهری نانوشل وشعاع و ضخامت لایه های آنها بستگی دارد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

مراجع

[۱]A.Mair"*PlasmonicsFundamentulsand applications*",(Springer Science,2007).

[۲]F.Bohren,R.Huffman*" absorption and scattering of light by small particles*",(wiley,1998).

[۳] L.Novotny,B.Hechet"*Principlesof 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.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]