

لینک های مفید



عضویت
در خبرنامه



کارگاه های
آموزشی



سرویس
ترجمه تخصصی
STRS



فیلم های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سرویس های
ویژه

از سوختن شمع تا اندازه گیری دمای نانو ذره ی فلزی در تله ی نوری

حاجی زاده، فائقه^۱؛ سید ریحانی، سید نادر^۲

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان، زنجان

^۲دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چکیده

نانو ذرات فلزی در اثر تابش لیزر گرمای زیادی ایجاد می کنند که برای گرم کردن هدفمند اندامک های زیستی و از بین بردن بافت های سرطانی کاربرد دارد. در این مقاله روشی ارائه می دهیم که با کمک آن می توان تغییر دمای نانو ذره ی فلزی در تله ی نوری را تخمین زد. نتایج تجربی ما نشان می دهد که لیزر کانونی شده بر روی یک نانو ذره با توان چند ده میلی وات می تواند افزایش دمای 1000° سانتی گراد ایجاد کند. در این مقاله افزایش دما بر روی سطح نانو ذره با اندازه های ۸۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ نانومتر را به ترتیب $1/31$ ، $1/40$ ، و $2/28^\circ C/mW$ به دست آورده ایم.

Nano Candle Burning To Quantify the Temperature of an Optically Trapped Nano Particle

Hajizadeh, Faegheh¹; S.Reihani, S.Nader²

¹ Department of Physics, Institute for advanced studies in basic sciences (IASBS), Zanjan

² Department of Physics, Sharif University of Technology, Tehran

Abstract

Metallic nano particles strongly generate heat in the presence of electromagnetic radiation. In this manuscript, we quantify the temperature of an irradiated nano particle embedded in a thin layer of paraffin. We have shown that a single gold nano particle irradiated by few tens of milli-Watts of laser power could produce $100^\circ C$ increase in temperature. The heating rate for 80nm, 100nm, and 150nm nano particles were measured to be 1.31° , 1.40° , and $2.28^\circ C/mW$, respectively. These results could yield a valuable insight into the cancer therapy

PACS No. 75,00, 78,77

انبرک نوری به ابزار بسیار مهمی برای پژوهش در زمینه های مختلف علوم شده است. در مطالعات زیست شناختی با توجه به پیشرفت های وسیع در این زمینه، استفاده از تکنیک انبرک نوری برای بررسی نیروهای ساختاری درون ماکرومولکول های زیستی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعات، میکرو کره های دی الکتریک به عنوان دستگیره ای برای پلیمرهای زیستی استفاده می شوند و با کمک میکرو کره ها به پلیمرهای مذکور نیرو وارد

مقدمه

تله ی نوری یا انبرک نوری در اصل یک باریکه ی لیزر با توزیع شدت گاوسی است که توسط یک عدسی با گشودگی عددی بالا کانونی شده است. به وسیله ی انبرک نوری می توان به ذرات میکرونی با ضریب شکست بزرگتر از محیط اطراف و همچنین نانوذرات فلزی، نیروی پیکونیوتنی وارد کرد. این نیرو با انتقال تکانه ی نور به جسم ایجاد می شود. در طول سه دهه ی گذشته

که در آن t ، زمان، r ، فاصله‌ی شعاعی از مرکز نانو ذره، $T(r,t)$ دمای موضعی، $\rho(r)$ ، $c(r)$ ، $k(r)$ به ترتیب چگالی جرمی، گرمای ویژه، و رسانندگی گرمایی هستند. $Q(r,t)$ چگالی گرمایی است که به وسیله‌ی کره تولید می‌شود. در مورد یک نانو کره‌ی فلزی مانند طلا یا نقره، که در کانون لیزر قرار دارد، میدان الکتریکی لیزر شدیداً باعث نوسان الکترون‌های سطحی نانو کره‌ی فلزی می‌شود و انرژی جذب شده توسط الکترون‌ها باعث تولید گرما می‌شود. Q برای یک نانو کره‌ی فلزی در تقریب ریلی، برحسب سطح مقطع جذب (C_{abs}) به صورت $Q = \frac{C_{abs} I}{V_{mp}}$ به دست می‌آید [6]. که در آن I شدت لیزر در محل ذره و V_{mp} حجم کره هستند. معادله‌ی (۱) برای داخل و اطراف نانو ذره به طور تحلیلی حل می‌شود و تغییرات دما بر روی سطح و اطراف ذره در حالت پایدار ($t \rightarrow \infty$) به صورت زیر به دست می‌آید [6]:

$$\Delta T(r) = \frac{V_{mp} Q}{4\pi k_0 r} \propto \frac{I}{r} \quad (2)$$

k_0 رسانندگی گرمایی محیط پیرامون است. براساس رابطه‌ی (۲) افزایش دما در محیط اطراف نانو ذره با شدت نور لیزر رابطه‌ی مستقیم و با فاصله از مرکز نانو ذره رابطه‌ی معکوس دارد. بر اساس یک بررسی نظری افزایش دمای سطح یک نانو کره‌ی طلا با قطر ۱۰۰ نانومتر که در تله‌ی نوری قرار دارد، به‌ازای W ، ۱، ۲۶۶ درجه‌ی سانتیگراد محاسبه شده است [6].

اندازه‌گیری تجربی دمای نانو ذره‌ی طلا در کانون لیزر

برای اندازه‌گیری تغییرات دما در اطراف و سطح یک نانو ذره از ذوب شدن میکروسکوپی پارافین جامد در اطراف نانو ذره استفاده می‌کنیم. برای اینکه یک نمونه‌ی میکروسکوپی از نانو ذرات طلا محصور در پارافین به دست آوریم، ابتدا نانو ذرات طلا که از شرکت BBI خریداری شده‌اند، را با اضافه کردن نمک بر روی سطح لامل می‌چسبانیم. سپس مقداری جزئی از پارافین جامد، با دمای ذوب 42° – 72° از شرکت Merck، را بین سطح نانو ذرات و یک تکه از لامل دیگر قرار می‌دهیم. به کمک تیغه‌ی گرم دمای لامل را افزایش می‌دهیم تا به دمای ذوب پارافین برسد. سپس دو

می‌شود. از طرف دیگر با توجه به پیشرفت‌هایی که در زمینه‌ی تله‌اندازی نوری نانو ذرات فلزی به دست آمده [1,2]، استفاده از تله‌اندازی نوری نانو ذراتی مانند طلا در بررسی دقیق‌تر سلول‌های زیستی امید فراوانی به وجود آورده است. از موارد کاربرد آن، این است که می‌توان نانو ذرات فلزی را به داخل سلول‌های زیستی فرستاد و با تله انداختن این ذرات در داخل سلول زنده، میکرو دستکاری‌های مختلف مانند اعمال نیرو به اجزای داخلی سلول انجام داد. از طرفی نانو ذرات فلزی در تله‌ی نوری، با توجه به وجود الکترون‌های آزاد بر روی سطح آنها، گرمای زیادی تولید می‌کنند. تولید گرما در حد دمای ذوب فلز، در فضایی به‌اندازه‌ی کسری از میکرون، کاربردهای زیادی برای نانو ذرات فلزی در پزشکی ایجاد کرده است. به طور مثال در تشخیص سلول‌های سرطانی، نانو ذرات به‌وسیله پیونددهنده‌های زیستی به سلول‌های سرطانی متصل می‌شوند و به این ترتیب سلول‌های سرطانی از بافت سالم قابل تشخیص می‌شوند. از طرفی با استفاده از گرمای زیاد ناشی از برانگیختگی نوری نانو ذرات، می‌توان بافت سرطانی را تخریب کرد [3-5]. با این حال با وجود کاربردهای زیاد در این زمینه اندازه‌گیری دمای یک نانو ذره‌ی فلزی در برخورد با لیزر، یک چالش به حساب می‌آید. در این مقاله ابتدا تغییرات دما در اطراف و سطح یک نانو ذره را به صورت نظری بررسی می‌کنیم. سپس به صورت تجربی روشی را پیشنهاد می‌دهیم که می‌توان با صرف هزینه‌ی کم، تغییرات دما در اطراف یک نانو ذره را اندازه گرفت.

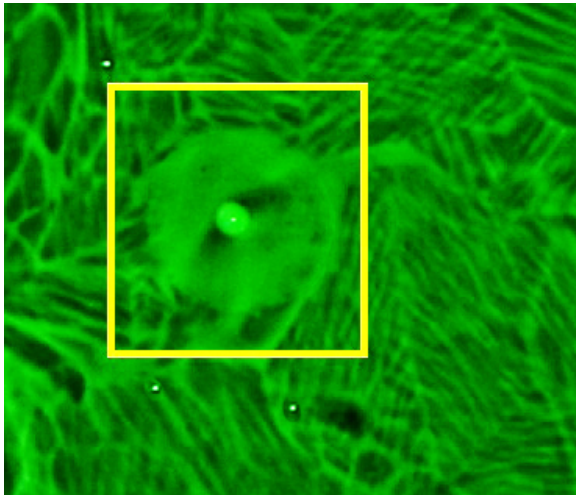
رهیافت نظری تعیین دمای یک نانو کره‌ی فلزی در

تله‌ی نوری

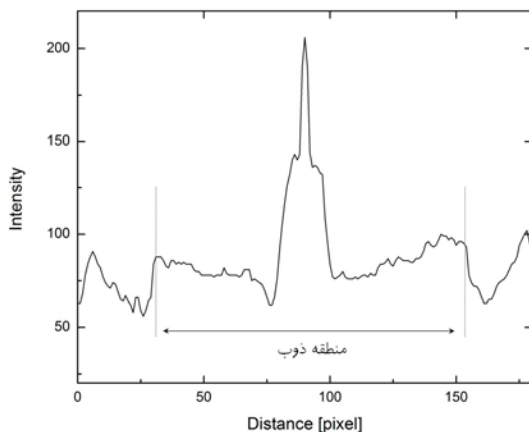
برای تخمین دمای یک نانو ذره‌ی فلزی و محیط اطراف آن از معادله‌ی گرما استفاده می‌کنیم. معادله‌ی گرما برای یک کره، در محیطی که تغییر حالت ماده اتفاق نیفتد، به صورت زیر است [6]:

$$\rho(r)c(r)\frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = \nabla k \cdot \nabla T(r,t) + Q(r,t) \quad (1)$$

با اندازه‌های ۸۰، ۱۰۰، و ۱۵۰ نانومتر، بر حسب توان فرودی به‌ترتیب به صورت ۱/۳۱، ۱/۴۰ و ۲/۲۸ °C/mW به دست می‌آید. این دما نسبت به نتایج نظری قبلی بزرگتر است [6]، که علت آن را می‌توان چندین نکته دانست. نکته‌ی اول این است که نتایج نظری برای یک نانو ذره در تله‌ی نوری به‌دست آمده که از مرکز کانون حدود ۲۰۰ نانومتر فاصله دارد.

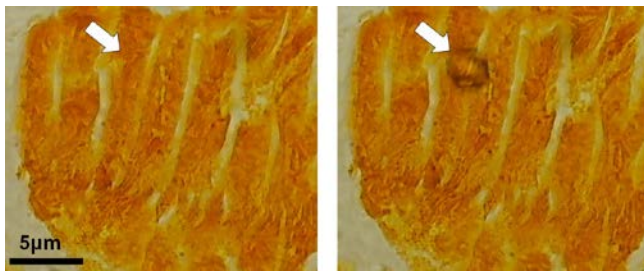


شکل (۱): تصویر میکروسکوپ فازی از نانو ذرات ۱۰۰ نانومتر که در پارافین محصور شده‌اند. نقاط روشن در تصویر، نانو ذرات هستند و مرکز مربع، محل یک نانو ذره در کانون لیزر را نشان می‌دهد. ذوب‌شدن پارافین به صورت تغییر ساختار در اطراف این ذره مشخص است.



شکل (۲): توزیع شدت در تصویر میکروسکوپی شکل ۱ در راستای خطی که از مرکز نانو ذره می‌گذرد.

سطح لامل را با فشار نگه می‌داریم، تا لایه‌ی خیلی نازک (حدود $20 \mu m$) از پارافین مایع بین دو لامل منجمد شود. برای بررسی ذوب در اطراف نانو ذره، نمونه‌ی آماده را زیر میکروسکوپ قرار داده و لیزر را به کمک عدسی شیئی میکروسکوپ بر روی یک نانو ذره کانونی می‌کنیم. نانو ذره تحت تابش لیزر گرم می‌شود و پارافین اطراف را ذوب می‌کند. برای دیدن تغییر فاز در اطراف نانو ذره از روش میکروسکوپ فازی استفاده می‌کنیم. میکروسکوپ فازی به طور معمول برای مشاهده‌ی نمونه‌هایی استفاده می‌شود که اختلاف ضریب شکست کمی با محیط اطراف دارند. با توجه به این مسئله، مرز ناحیه‌ی ذوب شده و جامد را که توسط تکنیک میدان روشن قابل مشاهده نیست، می‌توان با کمک تکنیک میکروسکوپ فازی تشخیص داد. شکل (۱) تصویر میکروسکوپ فازی از نانو ذرات طلا در محیط پارافین را نشان می‌دهد. در این شکل، مربع مکان نانو ذره‌ای را نشان می‌دهد که در کانون لیزر قرار گرفته است. تغییر ساختار در اطراف این ذره، ذوب شدن پارافین را به صورت دایره‌ای نشان می‌دهد. دمای روی مرز این دایره، دمای ذوب ماده است و با توجه به تغییرات شعاع ذوب نسبت به تغییرات توان لیزر، افزایش دما بر روی سطح نانو ذره را می‌توان با استفاده از رابطه‌ی (۲) تخمین زد. برای اندازه‌گیری شعاع منطقه‌ی ذوب از روش تحلیل تصویر استفاده می‌کنیم. شکل (۲) یک نمونه از تحلیل تصویر را نشان می‌دهد. این نمودار توزیع شدت تصویر (۱) را در امتداد یک خط که از نانو ذره می‌گذرد، نشان می‌دهد. با استفاده از این تحلیل می‌توان شعاع ناحیه‌ی ذوب را اندازه گرفت. این اندازه‌گیری را برای نانو ذرات با سه قطر مختلف ۸۰، ۱۰۰، و ۱۵۰ نانومتر و با توان‌های مختلف لیزر انجام دادیم. شکل (۳) نتیجه‌ی این اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. هرکدام از نقاط، میانگین داده‌گیری برای سه ذره‌ی مختلف است. شکل (۳) نشان می‌دهد که افزایش شعاع ذوب با تغییر توان لیزر خطی است که با روابط نظری هم‌خوانی دارد (رابطه‌ی ۲). از طرفی شیب ناحیه‌ی خطی به شعاع ذره بستگی دارد و برای ذرات بزرگتر شیب هم بزرگتر است. رابطه‌ی (۲) را به نتایج شکل (۳) برازش کردیم و با استفاده از آن، تغییرات دما بر حسب توان لیزر را بر روی سطح نانو ذره به دست آوردیم. افزایش دما بر روی سطح نانو ذره



شکل (۴): تخریب در یک نمونه‌ی پاتولوژی از یک کیسه صفراوی سرطانی در پارافین با استفاده از نانوذره‌ی طلای ۱۰۰ نانومتری [7].

نتیجه گیری

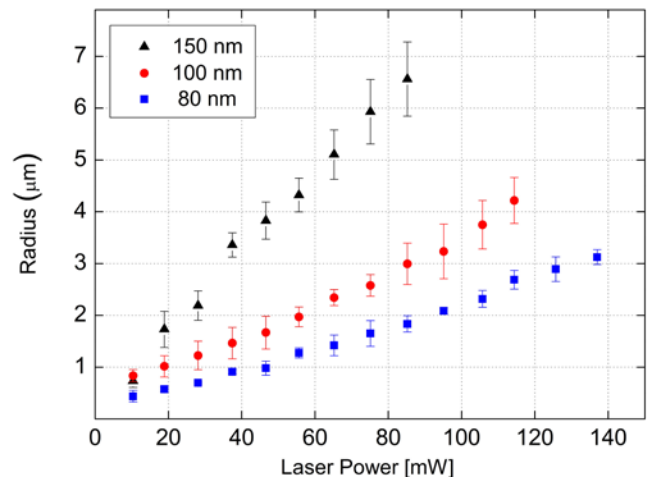
در این مقاله نشان دادیم که افزایش دما در سطح یک نانو ذره‌ی فلزی با تغییرات شعاع نانو کره که در کانون لیزر قرار دارد، خطی است و شیب این خط به قطر کره‌ی فلزی وابستگی دارد. به این ترتیب روشی کم هزینه ارائه کردیم که می‌توان افزایش دما بر روی سطح نانو ذره در کانون لیزر را اندازه گرفت. این نتایج در گرم کردن هدفمند اندامک‌های زیستی، مطالعات آسیب شناسی و از بین بردن بافت‌های سرطانی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

سپاسگزاری

از خانم عدرا توفیقی برای بحث مفید و پیشنهادهای سازنده‌ی ایشان در زمینه‌ی نمونه‌های پاتولوژی و همینطور از خانم بتول شریف برای آماده سازی این نمونه‌ها بسیار سپاسگزاریم.

مرجع‌ها

- [1] F. Hajizadeh and S. N. S. Reihani, "Optimized Optical Trapping of gold nanoparticles, *Optics Express* **18** (2010) 551–559.
- [2] P. M. Hansen, V. K. Bhatia, N. Harrit, and L. Oddershede, "Expanding the optical trapping range of gold nanoparticles, *Nano Letter* **5** (2005) 1937–1942.
- [3] I. H. El-Sayed, X. Huang and M. A. El-Sayed, "Selective laser photo-thermal therapy of epithelial carcinoma using anti-EGFR antibody conjugated gold nanoparticles, *Cancer Letter* **239** (2006) 129–135.
- [4] X. Huang, I. H. El-Sayed, W. Qian, and M. A. El-Sayed, "Cancer cell imaging and photothermal therapy in the near-infrared region by using gold nanorods"; *Journal of the American Chemistry Society*, **128** (2006) 2115–2120.
- [5] A. O. Govorov, and H. H. Richardson, "Generating heat with metal nanoparticles";, *Nanotoday*, **2** (2007) 30–38.
- [6] Y. Seol, A. E. Carpenter, T. T. Perkins, "Gold nanoparticles: enhanced optical trapping and sensitivity coupled with significant heating"; *Optics Letter* **31** (2006) 2429–2431.
- [7] F. Hajizadeh and S. N. S. Reihani, "Gold nano-smolder for biological tissue manipulation"; submitted, (2012).



شکل (۳): تغییرات شعاع ذوب‌شده در پارافین نسبت به توان لیزر در نمونه.

در صورتی‌که در این داده‌گیری، سعی کردیم نانو ذره را تا حد ممکن در مرکز کانون تنظیم کنیم، طوری‌که شعاع ناحیه‌ی ذوب شده به‌ازای یک توان لیزر مشخص بیشترین مقدار را داشته باشد. دلیل دیگر این تفاوت، افزایش جذب نانو ذره در محیط پارافین نسبت به آب است. با توجه به اینکه رسانندگی گرمایی پارافین نسبت به آب کوچکتر است، طبق رابطه‌ی (۳) افزایش دما بر سطح نانو ذره در محیطی مانند پارافین بزرگتر به دست می‌آید.

در ادامه، به یک بررسی در نمونه‌ی پاتولوژی با استفاده از تغییر دمای سطح نانو ذره پرداخته‌ایم. پاتولوژی در اصل به معنای آسیب شناسی است و به مطالعه و شناسایی اختلالات عملی و تغییرات ساختاری بافت‌ها می‌پردازد. در یکی از مراحل رایج از آماده سازی بافت زیستی برای بررسی‌های پاتولوژی، بافت در پارافین قالب‌گیری می‌شود و برش‌هایی با ضخامت چند میکرونی از آن برای بررسی زیر میکروسکوپ آماده می‌گردد. شکل ۴ یک تصویر میکروسکوپی نوری از بافت کیسه صفراوی سرطانی را نشان می‌دهد. در سمت راست این تصویر تخریب قسمتی از بافت به کمک گرم کردن نانو ذره‌ی طلا مشخص است.

لینک های مفید



عضویت
در خبرنامه



کارگاه های
آموزشی



سرویس
ترجمه تخصصی
STRS



فیلم های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سرویس های
ویژه