بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

به دام اندازی نوری ذرات پلی استایرن با استفاده از پلاسمون‌های الگوهای طلا

شعیب وسینی[۱]، سارا درباری[۲]

دانشگاه تربیت مدرس،دانشکده فنی مهندسی،گروه نانو مواد

دانشگاه تربیت مدرس،دانشکده برق و کامپیوتر،گروه الکترونیک

چکیده - ما با استفاده از روش کلوییدال لیتوگرافی موفق به ایجاد ساختارهایی شدیم که با استفاده از تحریک پلاسمون های آن‌ها به صورت محلی(*LSP*) توانستیم ذرات را به دام بیندازیم.با استفاده از میکرو کره‌های پلی استایرن با قطر ۱/۳ میکرومتر به عنوان ماسک نقش نگاری،آرایه‌هایی از مثلث و لوزی‌های طلا به ترتیب در اندازه‌های حدود ۳۰۰ و ۹۰۰ نانومتر ایجاد کردیم و توانستیم با استفاده از تحریک پلاسمون‌های این ساختار،میکرو ذرات پلی استایرن ۱/۳ میکرومتری را به دام بیندازیم.مزیت روش استفاده شده در مقایسه با روش‌های معمول به دام اندازی عدم نیاز به متمرکز سازی پرتو،به دام اندازی ذرات متعدد به صورت همزمان و موازی،آسان بودن و پایین بودن هزینه آن می‌باشد.

کلید واژه- به دام اندازی نوری،پلاسمون،نقش نگاری کلوییدی

Optical trapping of polystyrene particles, by plasmonic gold patterns

Shoaib vasini[1], Sara darbari[2]

Department of Nano Materials, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Department of Electronic, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract-we could trap particles successfully by use LSP of a gold structure that made with colloidal lithography.by using 1.3µm polystyrene as mask of lithography we obtained 300nm triangle and 900nm diamond array and finally we could trap 1.3µm polystyrene particles by this structure. Some advantages of this method are; no need to laser focus, parallel trapping, facility and low cost in compare to conventional methods.

Keywords: optical trapping, plasmonic trapping, colloidal lithography

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

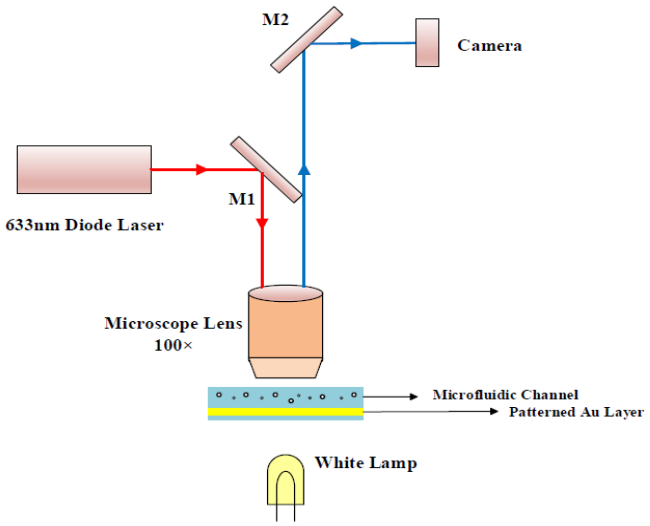
۱- مقدمه

به تله اندازی و دستکاری میکروذرات برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ گزارش شد[1].Arthur ashkin نشان داد که استفاده از نیروهای نوری برای تغییر حرکت میکرو ذرات می‌توانند در دستکاری میکروذرات استفاده شوند.و نتایج تحقیقات او پیشرو زمینه‌ایی شد که امروزه تحت عنوان انبرک نوری شناخته می‌شود.بدین ترتیب که یک پرتو به شدت متمرکز شده ذره در اندازه میکرومتری را در بر می-گیرد و موجب کنترل سه بعدی آن می‌شود.اما این روش برای ذرات کوچکتر در مقیاس نانو چالش هایی دارد چرا که در این ابعاد ارتعاش‌های ذرات افزایش یافته و به دام اندازی ذرات را دچار مشکل می‌کند.برای جبران این اثر دو راه وجود دارد یا اینکه نور را بیشتر متمرکز کرد و یا اینکه شدت لیزر فرودی را افزایش داد.

اخیرا پیشرفت در حوزه نانو اپتیک منجر به ظهور و پیدایش روش های جایگزین برای کنترل و دستکاری ذرات کوچکتر وغلبه بر محدودیت های موجود شده است.از جمله استفاده از میدان ناپایدار ناشی از تحریک پلاسمون های سطحی در دو حالت انتشاری(SPP) و محلی(LSP)[۲،۳]. پلاسمون-های سطحی نتیجه نوسان‌های همدوس الکترون‌ها بر روی سطح هستند. در اوایل شروع تحقیقات بر روی اپتیک میدان نزدیک چندین تئوری برای استفاده از میدان‌های ناپایدار برای به دام اندازی نوری ارایه شد. درساختارهای اولیه استفاده شده از برهم‌کنش انتشار لیزر فرودی با نانوساختار، برای ایجاد یک موج ناپایدار با مشخصه بردار موج بزرگ، در نتیجه‌ی زیرطول موج متمرکز سازی نور پیش بینی شده بود[۴]. به عبارت دیگر نانوساختار نور دیده به عنوان یک نانولنز که قابلیت متمرکز سازی نور را به خوبی و فراتر از یک عدسی شیئی با روزنه عددی بالا در میکروسکوپ عمل کند.

۲- فرآیند ساخت

برای تحریک پلاسون های ساختار از لیزر قرمز با طول موج ۶۳۲نانومتر استفاده شده است. مطابق شکل ۱ لیزر به ساختار تابانده می‌شود حرکت ذرات مطابق شکل با میکروسکوپ نوری دیده می‌شود.



شکل ۱:شماتیک چینش کلی به دام اندازی

۳- نتایج و بحث

در اینجا ما ساختارهایی مثلثی و لوزی شکل را با استفاده از روش نقش نگاری کلوییدی ایجاد کردیم که با استفاده از تحریک پلاسمون‌های آن موفق شدیم ذرات را به دام بیندازیم.

میکرو کره‌های پلی استایرن که هم به عنوان ماسک در نقش نگاری و به هم به عنوان ذراتی که به دام افتاده می‌شوند با روش بسپارش امولسیونی سنتز شدند که روش سنتز با استفاده از روش مورد استفاده در مرجع[۵] می‌باشد. شکل۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ذرات را نشان می‌دهد که قطر ذرات ۱،۳میکرومتر می‌باشد.

همان‌طور که گفته شد برای ایجاد ساختار از روش نقش-نگاری کلوییدی استفاده شد که مراحل کلی ایجاد آن بدین ترتیب می‌باشد:

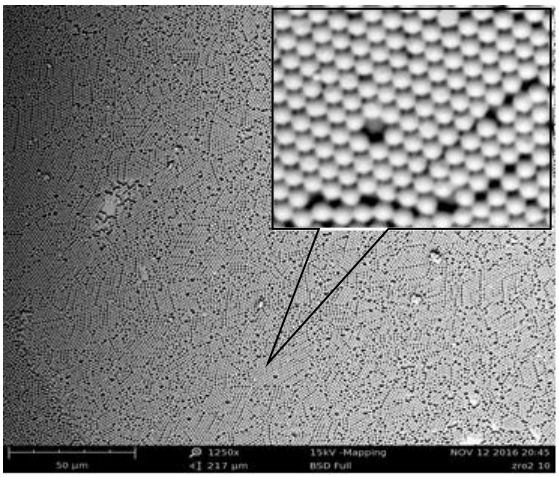
الف-قرار دادن میکرو ذرات پلی استایرن به صورت تک لایه روی زیر لایه به صورت به هم تنگچین **ب**-لایه نشانی فلز مورد نظر **ج**-برداشتن ذرات

که با توجه به چینش ذرات می‌توان به ساختارهای با اشکال متفاوت دست یافت.شکل۲ ذرات تنگچین یک لایه را نشان می‌دهد که با لایه نشانی طلا روی آنها و پر شدن فضای خالی بین ذرات که غالبا یا به صورت مثلثی هستند یا لوزی می‌توان به ساختار مورد نظر دست یافت. بعد از آرایش ذرات

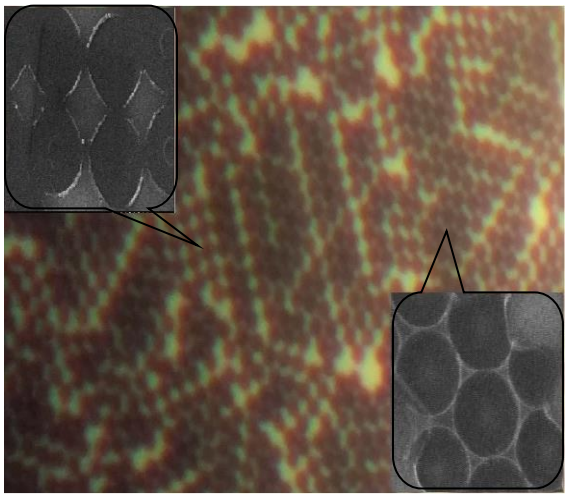
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

و لایه نشانی طلا ذرات باید برداشته می‌شوند. ضخامت لایه طلا ۵۰ نانومتر می‌باشد. به منظور برداشتن ذرات نمونه‌ها را به مدت ۲الی ۳ دقیقه در حمام اولتراسونی داخل اتانول قرار دادیم. ساختارهای به دست آمده در شکل ۳ ملاحظه می-شوند.

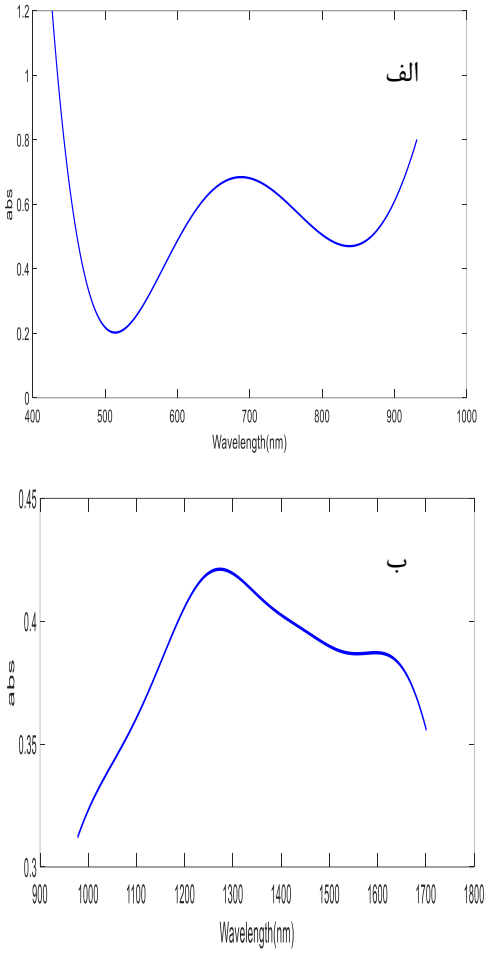


شکل۲: آرایش ذرات به صورت تک لایه و به هم پکیده،اندازه خط مقیاس ۱۰میکرومتر



شکل۳ تصویر میکروسکوپی از ساختار های مثلث و لوزی شکل طلای ایجادشده بعد از برداشته شدن ذرات.به همراه تصاویر میکروسکوپ الکترونی از مثلث و لوزی های طلا،اندازه مثلث-ها۳۰۰و لوزی‌ها ۹۰۰نانومتر است

به منظور بررسی خواص نوری ساختار ایجاد شده از آن طیف نوری در محدوده مریی و مادون قرمز گرفته شد. شکل ۴ طیف نوری تابیده شده به ساختار را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود دو پیک جذب در



شکل۴:طیف جذب در ناحیه (الف) مریی از ۴۰۰تا ۹۰۰نانومتر و(ب) مادون قرمز از ۱۰۰۰تا ۱۷۰۰نانومتر

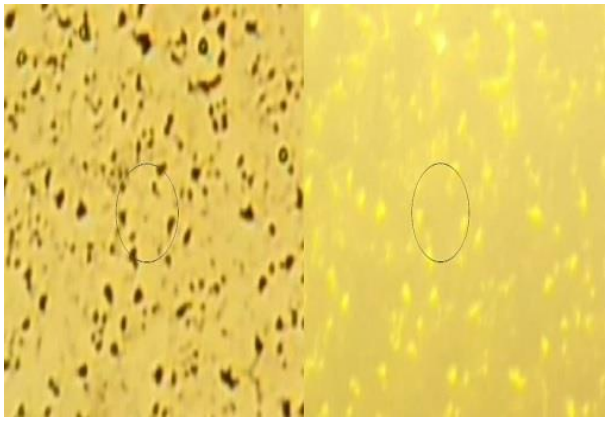
طول موج‌های ۶۶۰ و ۱۲۵۵ نانومتر وجود دارد. وجود چند پیک در طیف می‌تواند به خاطر وجود ساختارهای لوزی و مثلث شکل بر روی ساختار به صورت همزمان باشد که از لحاظ اندازه هم،با هم متفاوت‌اند به منظور به دام اندازی ذرات لیزر با طول موج ۶۳۲نانومتر و توان ۲۰میلی وات در حالی که روی آن محلول حاوی ذرات پلی استایرن قرار داشت تابیده شد.

در شکل ۵ **الف** و **ب** تصویر جایی را نشان می‌دهد که ذره در آن به دام افتاده است.این دو تصویر به ترتیب تصاویر میکروسکوپ نوری با نور از پایین و نور از بالا می‌باشند در حالی که لیزر خاموش است. لازم به ذکر است که تصویر ساختار به خوبی و با کیفیت مناسب دیده نمی‌شود چرا که هم ساختار کوچک است و هم اینکه چون محلول روی آن قرار گرفته کیفیت تصویر افت پیدا می‌کند. بعد از روشن

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

کردن لیزر،ذره مورد نظر در چند نقطه که در شکل داخل دایره قرار دارند به دام میفتد و دوباره آزاد می‌شود. تا زمانی که به نقطه مشخص شده در شکل ۶ می‌رسد و بیشترین زمان ماندگاری در تله را در این نقطه دارد.

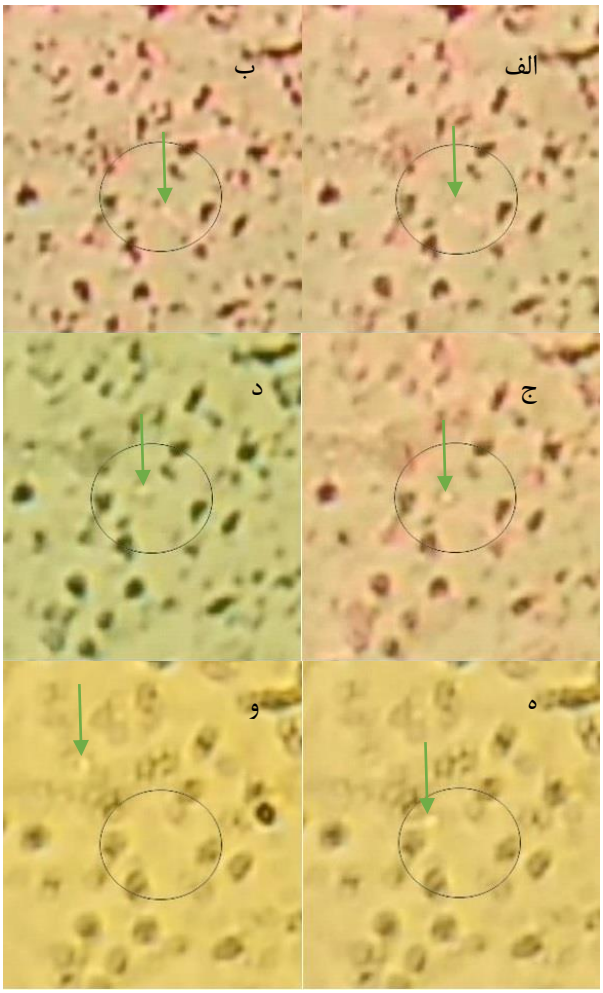


شکل ۵:تصویر میکروسکوپ نوری با نور از بالا و پایین،ناحیه مشخص شده با دایره ناحیه‌ایی است که ذره به دام میفتد.

شکل ۶ یک رشته عکس متوالی از ذره به دام افتاده در این ناحیه را در چند زمان مختلف نشان می‌دهد.در شکل‌های **الف،ب** و **ج** مکان ذره به دام افتاده با پیکان سبز رنگ به ترتیب ۱:۳۶، ۲:۰۰ و ۲:۵۲ دقیقه بعد از روشن کردن لیزر مشخص شده است. مدت زمانی که ذره در ناحیه به دام افتاده حدود۲:۰۲ ثانیه می‌باشد. شکل های **د، ه، و** به ترتیب مکان ذره لحظه خاموشی لیزر، ۱۷ ،۳۴ ثانیه بعد از خاموش شدن لیزر را نشان می‌دهند. به محض خاموش کردن لیزر حرکت براونی ذره افزایش یافته و حدود ۱۷ ثانیه بعد از خاموشی لیزر کاملا آزاد می‌شود و بعد از چند ثانیه کاملا از ناحیه مشخص شده دور می‌شود.

۴- نتیجه گیری

ما در این کار توانستیم با بهره گیری از روش نقش نگاری کلوییدی به ساختارهایی دست یابیم که با استفاده از تحریک پلاسمون‌های آنها ذرات پلی استایرن را به تله بیاندازیم.روشی که علاوه بر سهولت و در دسترس بودن آن ناحیه بزرگی به ما می‌دهد که بتوان از آن در به دام اندازی ذرات استفاده کرد.ما نشان دادیم که چگونه ذره با رسیدن به نواحی خاصی از ساختار سرعت حرکت آن کاهش و به دام میفتد.



شکل ۶: الف،ب،ج مکان ذره به ترتیب ۱:۳۶،۲:۰۰و۲:۵۲ دقیقه بعد از روشن شدن لیزر.د،ه،و مکان ذره هنگام آزاد شدن از تله به ترتیب در لحظه خاموشی لیزر، ۱۷ ،۳۴ ثانیه بعد از خاموشی لیزر،مدت زمان ماندن در تله ۲:۰۲ ثانیه

مراجع

[1] Ashkin, A., Acceleration and Trapping of Particles by Radiation Pressure. Physical Review Letters, 1970. **24**(4): p. 156-159
[2] Vigoureux, J. M. & Courjon, D. Detection of nonradiative fields in the light of the Heisenberg uncertainty principle and the Rayleigh criterion. Appl. Opt. 31, 3170–3177 (1992).
[3] Novotny, L., R.X. Bian, and X.S. Xie, Theory of nanometric optical tweezers. Physical Review Letters, 1997. 79(4): p. 64
[4] Martin,O.J. and C. Girard, Controlling and tuning strong optical field gradients at a local probe microscope tip apex. Applied Physics Letters, 1997. **70**(6): p. 705-707
[5] J.Hong C.Kook Hong"Synthesis of polystyrene microspheres by dispersion polymerization using poly(vinyl alcohol) as a steric stabilizer in aqueous alcohol media", (COLLOID SURFACE A) 302(1):225-233 · July 2007

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]