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

بررسی تجربی تاثیر تعداد پالس بر اندازه میانگین نانوذرات کلوئیدی آلومینای تولید شده با روش ماده برداری لیزری در محیط مایع

بهزاد فتاحی و محمد حسین مهدیه

دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، نارمک، تهران، ایران

چکیده – در این مقاله نتایج تجربی حاصل از بررسی اندازه میانگین و توزیع اندازه نانوذرات کلوئیدی آلومینا (اکسید آلومینیوم) که به روش ماده برداری لیزری در محیط آب مقطر توسط لیزر نانوثانیه تولید شده است ارائه می گردد. تعداد پالس لیزر فرودی بر سطح هدف به عنوان متغیر آزمایش در نظر گرفته شده است. میکروسکوپ الکترونی پیمایشی برای تصویر برداری از ذرات بکار گرفته شده است. با استفاده از روش پردازش تصاویر اندازه ذرات استخراج شده اند. نتایج بدست آمده نشان دادند که با افزایش تعداد پالسهای لیزر (زمان تابش دهی)، میانگین اندازه نانوذرات تولید شده طی فرایندهایی نظیر خرد شدگی (*Fragmentation*) **کاهش پیدا می کند.**

کلید واژه- اندازه میانگین، تعداد پالس لیزر، ماده برداری لیزری، نانوذرات کلوئیدی آلومینا

An Experimental study on size properties of colloidal Alumina (Aluminum oxide) nanoparticles prepared by laser ablation in liquid medium: Pulse number effect

Behzad Fattahi and Mohammad Hossein Mahdieh

Physics department, Iran University of science and technology, Narmak, Tehran, Iran

Abstract- In this paper laser ablation in distilled water was used to produce Aluminum oxide (Alumina) nano particles. Nanosecond pulsed laser beam (τ~10 ns and λ=1.06 μm) with fixed fluence 0f 55 j/cm^2 was used to generate the nano particles in this experiment. The effect of exposure time (number of laser pulses) in particle sizes was investigated. Electron microscope together with image processing technique was used to evaluate the results. The experimental results show that the nano-particles' size can be influenced by the number of laser pulses.

Keywords: Pulse number, Mean size, Laser ablation, Colloidal Alumina nanoparticles

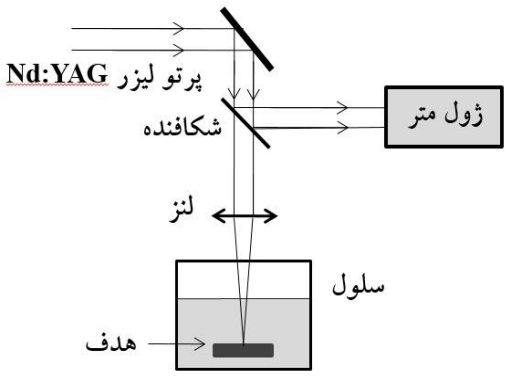
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]

۱-مقدمه

در مقیاس مزوسکوپیک، نانوذرات خواص یکتایی از خود نشان می دهند که در بیشتر موارد نسبت به ویژگیهای اپتیکی، الکترونیکی، گرمایی ، مغناطیسی و ساختاری حالت توده، بسیار متفاوت و غیر قابل پیش بینی می باشد. خواص غیر معمول و نسبتهای سطح به حجم بزرگ، فرصتهای جدیدی را برای بکارگیری نانوذرات در کاربردهای زیست پزشکی، شیمیایی ، اپتیکی و الکترونیکی ایجاد می کند[1,2]. این خواص به طور عمده ای به اندازه و شکل ذره وابسته هستند. بویژه قابلیت تنظیم پذیری ابعاد ذره به موضوع جالبی تبدیل شده است[3]. روشهای فیزیکی و شیمیایی گوناگونی برای ساخت نانوذرات وجود دارد که هر کدام از آنها دارای مزایا و معایب خاص خود می باشند. متاسفانه برخی از این روشهای ساخت نسبتا گران هستند و موانع فراوانی از جمله استفاده از مواد مضر و سمی، ریسک رسوب سطحی با مواد شیمیایی باقیمانده را ایجاد می کنند. همچنین این روشها، نانوذراتی با توزیع اندازه پهن تولید می کنند. برای غلبه بر بسیاری از معایب ذکر شده، روش ماده برداری لیزری در محیط مایع برای ساخت نانوذرات توسعه یافته است. چالش اصلی در ساخت نانوذرات به روش ماده برداری لیزری در محیط مایع، ارائه روشهایی است تا اجازه ساخت موثر و کارامد نانوذرات را بدون نیاز به خالص سازی بیشتر فراهم آورد و موادی تولید کند که بتوانند به طور مستقیم به کار گرفته شوند، نسبتا تک اندازه (دارای توزیع اندازه باریک) باشند و همچنین تمایل کمتری به رسوب دادن و توده شدن داشته باشند که این امر با کنترل و تنظیم مناسب پارامترهای شرکت کننده در فرایند ساخت نانوذرات حاصل می شود[3,4]. مزیت اصلی این روش، امکان تنظیم پارامترهای مختلف لیزر- ماده به منظور دستیابی به ذرات با اندازه و شکل مناسب می باشد. به طور کلی، تنظیم این پارامترها می تواند فرایندهایی مانند خرد شدگی، تغییر شکل و رشد نانوذرات را اعمال نماید[4]. تحقیقات محدود نشان می دهد که یکی از مشخصه های تابش دهی تعیین تعداد پالس های لیزری مناسب در برهم کنش (زمان تابش دهی مناسب) می باشد[5,6]. در این مقاله در نظر است بطور وسیع تر تاثیر تعداد پالس بر روی اندازه نهایی نانوذرات اکسید آلومینیوم (آلومینا) تولیدشده با روش ماده برداری در محیط مایع بررسی شود و بخشی از نتایج ارایه گردد.

۲-روش تجربی

یک هدف آلومینیومی با خلوص ۹۹٪ و ابعاد ۲×۲۵×۲۵ میلی متر تحت تابش دهی با یک لیزر پالسی نانوثانیه قرار می گیرد. از یک لیزر Nd:YAG با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر، طول پالس ۱۰ نانوثانیه، فرکانس ۱۰ هرتز برای انجام تابش دهی استفاده می شود. هدف آلومینیومی در کف ظرفی حاوی ۱۵ میلی لیتر آب مقطر قرار می گیرد. قطر باریکه لیزر بر روی سطح هدف ۱۵۰ میکرو متر می باشد. همچنین ارتفاع مایع بالای سطح هدف ۱ سانتی متر در نظر گرفته شده است. طرحواره چیدمان آزمایش در شکل (۱) آمده است.



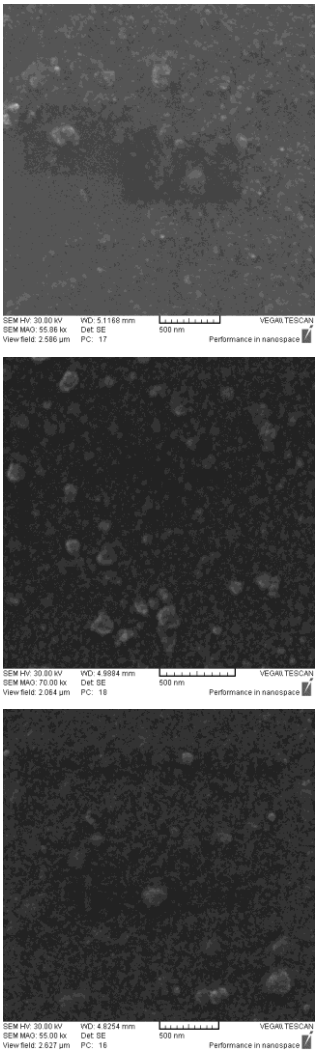
شکل ۱: طرحواره چیدمان آزمایش ماده برداری لیزری

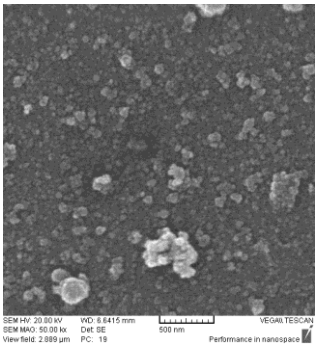
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]

کمیت تعداد پالس لیزر بر روی هدف به عنوان کمیت متغیر در نظر گرفته شده است. در این آزمایش هدف آلومینیومی به ترتیب با تعداد پالسهای ۹۰۰۰، ۱۸۰۰۰، ۲۷۰۰۰ و ۳۶۰۰۰ تحت شار ثابت ۵۵ ژول بر سانتی متر مربع (شار بر روی سطح هدف) تحت تابش دهی قرار گرفته است. برای مشخصه یابی اندازه نانوذرات از میکروسکوپ الکترونی پیمایشی (SEM) و روش پردازش تصویر استفاده شده است.

۳-نتایج و بحث

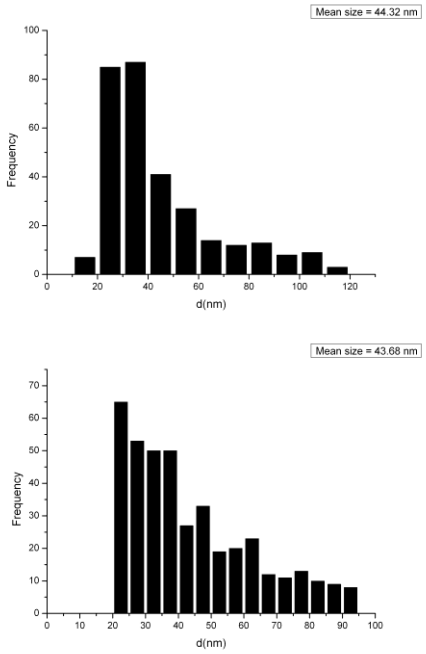
شکل (۲) تصاویر میکروسکوپ الکترونی پیمایشی از نانوذرات کلوئیدی آلومینیوم که به ترتیب با تعداد پالسهای ۹۰۰۰، ۱۸۰۰۰، ۲۷۰۰۰ و ۳۶۰۰۰ تحت تابش دهی قرار گرفته اند را نشان می دهد.



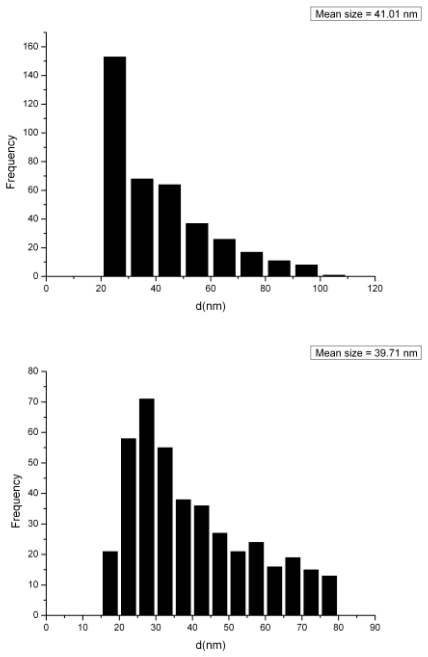


شکل۲: تصاویر میکروسکوپ الکترونی پیمایشی به ترتیب برای تعداد پالسهای ۹۰۰۰، ۱۸۰۰۰، ۲۷۰۰۰ و ۳۶۰۰۰ (از بالا به پایین)

در شکل (۳) نمودارهای توزیع اندازه نانوذرات برای تعداد پالسهای مختلف آورده شده است.



[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]



شکل۳: نمودارهای توزیع اندازه به ترتیب برای تعداد پالسهای ۹۰۰۰، ۱۸۰۰۰، ۲۷۰۰۰ و ۳۶۰۰۰ (از بالا به پایین)

نتایج مربوط به میانگین اندازه نانوذرات مربوط به تعداد پالسهای مختلف در جدول (۱) آمده است.

جدول۱: اندازه میانگین مربوط به تعداد پالس

تعداد پالس	۹۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۷۰۰۰	۳۶۰۰۰
اندازه میانگین	۴۴ نانومتر	۴۳ نانومتر	۴۱ نانومتر	۳۹ نانومتر

همانگونه که جدول (۱) نشان می دهد با افزایش تعداد پالس، میانگین اندازه نانوذرات کوچکتر می شود. نانوذرات بدلیل دارا بودن انرژی سطحی زیاد، تمایل طبیعی به توده شدن دارند و به هم چسبیدگی نانوذرات که در برخی از تصاویر میکروسکوپی پیمایشی قابل مشاهده بوده است ، در نتیجه همین اثر می باشد. با بررسی نمودارهای توزیع اندازه نانوذرات مشاهده می شود که با افزایش تعداد پالس، تعداد ذرات کوچکتر افزایش می یابد و در تعداد پالسهای کمتر، تعداد ذرات با اندازه های بزرگتر، بیشتر است. زمانیکه باریکه لیزر به سطح هدف تابیده می شود طی فرایندهای گرمایش و خروج پلوم پلاسما به درون محیط مایع، نانوذرات طی فرایند چگالش تشکیل می شوند. با افزایش زمان تابش دهی (و در نتیجه افزایش تعداد پالس) تعداد نانوذرات کلوئیدی که در معرض پالسهای بعدی لیزر قرار می گیرند ، افزایش می یابند. جذب لیزر توسط این نانوذرات باعث گرمایش آنها و پدیده خرد شدگی (Fragmentation) نانوذرات می گردد که در نهایت به کوچکتر شدن اندازه نهایی نانوذرات می انجامد. همچنین قرار گیری نانوذرات تولید شده در مسیر باریکه لیزر باعث می شود شار فرودی به سطح هدف کاهش یابد و نرخ تولید نانوذرات کم شود.

۴-نتیجه گیری

در این مطالعه تاثیر تعداد پالسهای لیزر بر اندازه نانوذرات تولید شده توسط فرایند ماده برداری لیزری برای هدف آلومینیومی در محیط مایع بررسی گردید. نتایج بدست آمده نشان دادند که با افزایش زمان تابش دهی (معادل با افزایش تعداد پالس) نانوذراتی که حاصل از فرایند ماده برداری توسط پالسهای اولیه می باشند در معرض پالسهای بعدی لیزر قرار می گیرند و طی سازوکارهایی از جمله خرد شدگی در اثر گرمایش به ذراتی با اندازه های کوچکتر تبدیل می شوند. بنابراین افزایش تعداد پالسهای لیزر به عنوان راهکاری برای بدست آوردن نانوذرات کلوئیدی با اندازه های کوچکتر و توزیع اندازه باریکتر پیشنهاد می شود.

مراجع

[1] Yang G. Laser ablation in liquids,p 207-274 Pan Stanford Publishing, 2012
[2] Barcikowskiand S., Compagnini G., Advanced nanoparticle generation and excitation by lasers in liquids, physical chemistry chemical physics, 15 (2013) 3022-3026
[3] Amendola V., Meneghetti M., Laser ablation synthesis in solution and size manipulation of noble metal nanoparticles, Physical chemistry chemical physics, 11 (2009) 3805-3821
[4] Zeng H., Du X., Singh S., Kulinich S., Yang S., He J., Cai W., Nanomaterials via laser ablation/irradiation in liquid:A review, Adv. functional materials, 22 (2012) 1333-1353
[5] Mahfouz R., Aires F., Brenier A., Jacquier A., Bertolini J., Applied Surface Science 254 (2008) 5181-5190
[6] Barreca F., Acacia N., Barletta E., Spadaro D., Curro G., Neri F., Titanium oxide nanoparticles prepared by laser ablation in water, Rad. Eff. & Def. Eff. In solids, 165 (2010) 573-578

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-20]