بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۵۴۰-۱۰-A

تولید نانوذرات بوسیله تابش‌دهی فلز قلع در محیط اتانول با لیزر نانوثانیه و تاثیر میدان الکتریکی خارجی بر مشخصات آن‌ها

فرهاد محمدانی مروت، محمد حسین مهدیه

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

چکیده - در این پژوهش ازلیزر پالسی در محیط مایع به منظور تولید نانوذرات بر پایه فلز قلع در محیط اتانول، استفاده شده است. هدف اصلی در این پژوهش، بررسی تاثیر میدان الکتریکی خارجیDC بر مشخصات نانوذرات تولید شده، می‌باشد. به همین منظور آزمایش در دو حالت بدون حضور میدان الکتریکی و در حضور میدان الکتریکی انجام شد. از دو روش میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف سنجی جذبی فرابنفش-مریی جهت مشخصه‌یابی نانوذرات استفاده شده است. نتایج نشان می دهند که نانوذرات تولید شده شبه کروی بوده و تحت تاثیر میدان الکتریکی خارجی، متوسط اندازه آن‌ها کوچکتر شده است. علاوه بر آن مشاهده شد که در حضور میدان الکتریکی چگالی نانوذرات نیز افزایش چشم‌گیری می‌یابد.

کلید واژه- ماده‌برداری لیزری، محیط مایع، تولید نانوذرات، نانوذرات قلع، میدان الکتریکی خارجی

Production of nanoparticles by irradiation of tin metal in ethanol medium with nanosecond laser and the effect of external electric field on their properties

MohammadaniMorovatFarhad, Mahdieh Mohammad Hossein

Department of Physics, Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran, Iran

In this research, pulsed laser ablation in liquid (PLAL) method has been used to produce tin-based nanoparticles in ethanol medium. The main purpose of this study is to investigate the effect of external DC electric field on the properties of produced nanoparticles. The experiment was performed in two conditions; without and with the presence of an electric field. Scanning electron microscopy and UV-Visible absorption spectroscopy have been used to characterize the nanoparticles. The results show that the produced nanoparticles arequasi spherical in shape and their average size becomes smaller due to the external electric field. The results also show that in the presence of an electric field, the density of nanoparticles also increases significantly.
Keywords: laser ablation, liquid media, nanoparticle production, tin nanoparticles, external electric field

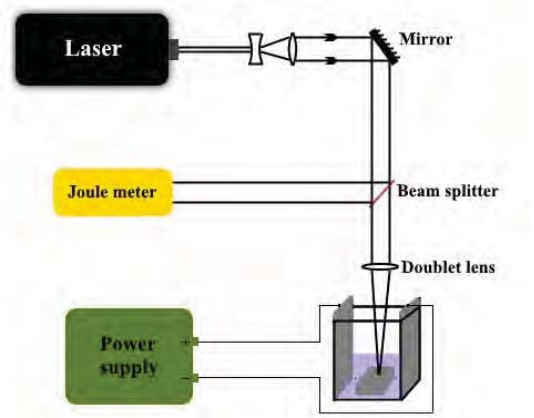
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

نانوذرات (ابعاد ۱۰۰-۱ نانومتر) خواص متفاوتی نسبت به حالت توده خود دارند [۱]. تولید نانوذرات بوسیله ماده‌برداری لیزری پالسی در محیط مایع به عنوان روشی تمیز و با کنترل‌پذیری بالا بر مشخصات نانوذرات، شناخته شده است. در این روش با برهمکنش پرتو لیزر با مواد مختلف(رسانا، نیمه‌رسانا و دی‌الکتریک) که در یک محیط مایع قرار گرفته‌اند، نانوذرات تولید می‌شوند. در این محیط نانوذرات تشکیل شده به صورت محلول کلوئیدی با پایداری نسبتا خوبی تشکیل می‌شوند [۲].در برهمکنش لیزر پالسی با مواد، به دلیل دما و فشار موضعی بسیار بالا، معمولا پلاسمایی چگال در آن ناحیه تشکیل می‌شود. این پلاسما در محیط‌های مایع به دلیل فشار بیشتر نسبت به گاز، دارای دما و فشار بیشتری می‌باشد و این عامل بر روی محصولات نهایی تاثیر بسزایی دارد. از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر مشخصات نانوذرات، تغییر و تحول پلاسما در حین برهمکنش لیزر با ماده است [۳]. علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در زمینه تولید نانوذرات با ماده‌برداری لیزری در محیط مایع انجام شده است، تاثیر عوامل خارجی مانند میدان الکتریکی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این روش اولین بار توسط G.Yang و گروهش مورد استفاده قرار گرفت [۴]. آن‌ها این آزمایش را روی ژرمانیوم در محیط آب انجام دادند و مشاهده کردند که در شدت‌های مختلف میدان الکتریکی، اشکال متفاوتی از نانوذرات تولید می‌شود. پس از آن تحقیقات گوناگونی روی مواد مختلف انجام شد و تاثیر میدان الکتریکی با شدت های مختلف مورد بررسی قرار گرفت[۵-۷]. به عنوان مثال، Y.Li و همکاران [۵]با اعمال میدان الکتریکی خارجی دریافتند که با افزایش میدان الکتریکی اندازه نانوذرات کاهش می‌یابد. آزمایش های متعددی نیز توسط گروه ما در این زمینه اجرا شده است که نشان میدهند میدان الکتریکی تاثیر قابل توجهی بر مشخصات نانوذرات دارد. هدف اصلی در این تحقیق، بررسی تاثیر میدان الکتریکی بر مشخصات نانوذرات بر پایه فلز قلع در محیط اتانول می‌باشد.

روش تجربی

در این پژوهش، فلز قلع(۹۹.۹٪) به عنوان ماده هدف مورد تابش دهی به ابعاد ۵/۰×۱۵×۴۰ میلی‌متر استفاده شد. از سلولی از جنس پلکسی گلاس برای قرار گرفتن ماده هدف و محیط برهمکنش استفاده شد. محیط برهمکنش اتانول بوده که به میزان ۹ میلی‌لیتر درون سلول ریخته شد و به موجب آن ارتفاع مایع در بالای سطح هدف ۱۰ میلی‌متر شد.نمونه بوسیله یک لیزر ND:YAG(طول موج ۱۰۶۴ نانومتر، پهنای پالس ۱۰ نانوثانیه و نرخ تکرار ۱۰ هرتز) با ۲۵۰۰ پالس در ۵ نقطه متفاوت(۵۰۰ پالس در هر نقطه) مورد تابش‌دهی قرار گرفت. قطر باریکه لیزر روی ماده هدف ۱۵۰ میکرومتر اندازه گیری شد. به موجب آن شار لیزری ۶۰ ژول بر سانتی‌متر مربع در سطح ماده هدف محاسبه شد.



شکل۱: طرحواره‌ای از چیدمان آزمایش ماده‌برداری لیزری در میدان الکتریکی خارجی

همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، با اعمال اختلاف پتانسیل به دو سر الکترود، میدان الکتریکی یکنواختی در ناحیه برهمکنش ایجاد می‌شود.

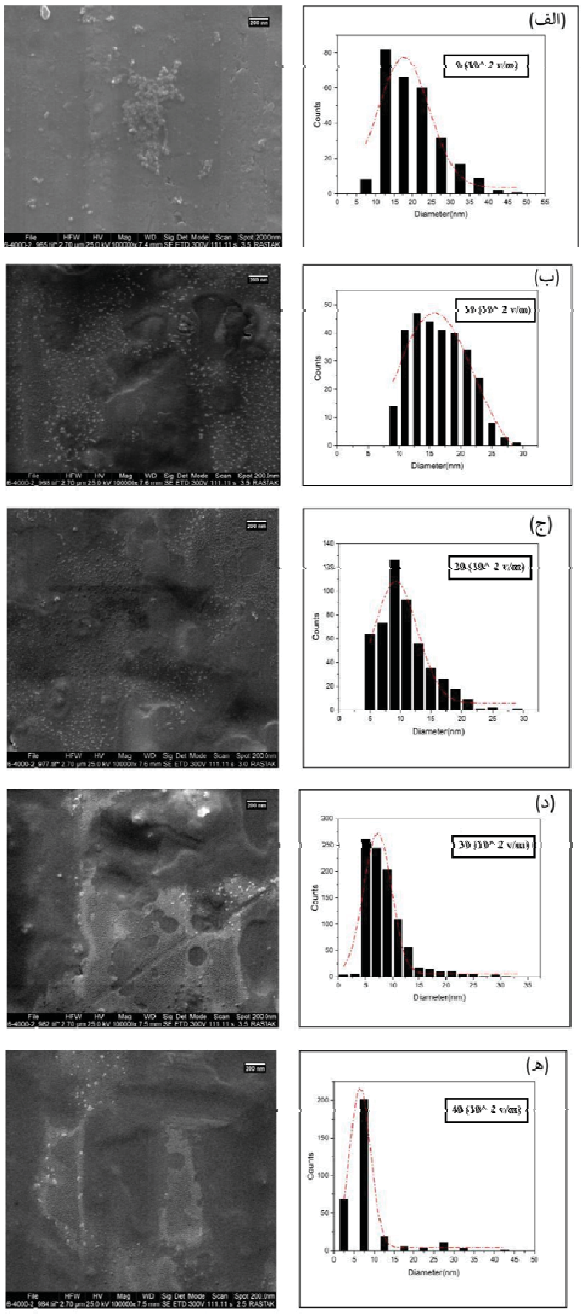
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

نتایج و بحث

شکل ۲ تصاویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد نانوذرات تولید شده در همه مراحل شبه کروی بوده و با افزایش میدان الکتریکی متوسط اندازه نانوذرات تولید شده کوچکتر می‌شود. پلاسما به عنوان محیطی با درجه یونیزاسیون نسبتا بالا (وجود تعداد الکترون و یون بالا) می‌تواند تحت تاثیر میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد. میدان الکتریکی باعث می‌شود توزیع فضایی و زمانی ذرات باردار پلاسما دستحوش تغییر شود. این تغییرات می‌تواند نانوذرات تولید شده در این فرآیند را نیز تحت تاثیر قرار دهد. درواقع در هنگام اعمال میدان الکتریکی، الکترون‌ها و ذرات باردار شتاب می‌گیرند و با برخورد به دیگر ذرات موجب یونیزه شدن آن‌ها می‌شوند. بدین ترتیب درجه یونیزاسیون نانوقطره‌های تولید شده افزایش می‌یابد[۶–۸].

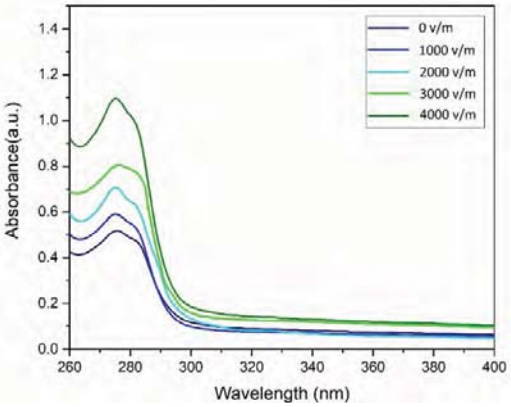
بر طبق ناپایداری بار رایلی در صورتی که مقدار بار نانوقطره از میزان $8\pi(\varepsilon_0\sigma r^3)^{1/2}$ عبور کند، نانوقطره شکسته شده و به ذرات کوچکتری تقسیم می‌شود[۹]. بدین ترتیب متوسط اندازه نانوذرات کاهش می‌یابد.

شکل ۳ تصویر مربوط به طیف جذبی اپتیکی نانوذرات را نشان می‌دهد.



شکل ۲:تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات تولید شده بر پایه فلز قلع. الف)میدان ۰ ولت بر متر. ب)میدان ۱۰۰۰ ولت بر متر. ج)میدان ۲۰۰۰ ولت بر متر. د)میدان ۳۰۰۰ ولت بر متر. ه)میدان ۴۰۰۰ ولت بر متر.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.



شکل ۳: طیف جذبی نانوذرات تولید شده بر پایه قلع با روش ماده‌برداری لیزری پالسی در مایع در حضور میدان الکتریکی

همانگونه که مشاهده می‌شود، با افزایش میدان الکتریکی ارتفاع بیشینه نمودار نیز افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش چگالی نانوذرات است[۱۰].با اعمال میدان الکتریکی، توزیع فضایی الکترون‌ها و یون‌ها تغییر می‌کند و در دو جهت مخالف هم قرار می‌گیرند که موجب پخش شدگی پلاسما می‌شود. این عامل باعث می‌شود میزان انرژی رسیده به سطح هدف افزایش یابد و بنابراین میزان ماده برداری از سطح بیشتر می‌شود. علاوه برآن، موضع بیشینه نمودار در حالتی که میدان الکتریکی اعمال شده است، به سمت طول موج‌های کوچکتر جا به جا شده است که نشان‌دهنده کوچکتر شدن اندازه نانوذرات بوده و تایید کننده نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تاثیر میدان الکتریکی خارجی DC بر مشخصات نانوذرات تولید شده بر پایه فلز قلع با روش ماده‌برداری لیزری پالسی در محیط اتانول بررسی شد. مشاهده شده که با اعمال میدان الکتریکی، اندازه نانوذرات کاهش می‌یابد. علاوه بر آن مشخص شد که با افزایش میدان الکتریکی، چگالی نانوذرات نیز افزایش می‌یابد.

مرجع‌ها

[1] G. Yang, *Laser ablation in liquids: principles and applications in the preparation of nanomaterials*. CRC Press, 2012.
[2] H. Zeng *et al.*, ‘Nanomaterials via laser ablation/irradiation in liquid: a review’, *Adv. Funct. Mater.*, vol. 22, no. 7, pp. 1333–1353, 2012.
[3] M. Stafe, A. Marcu, and N. N. Puscas, *Pulsed laser ablation of solids: basics, theory and applications*, vol. 53. Springer Science & Business Media, 2013.
[4] P. Liu, C. X. Wang, X. Y. Chen, and G. W. Yang, ‘Controllable fabrication and cathodoluminescence performance of high-index facets GeO2 micro-and nanocubes and spindles upon electrical-field-assisted laser ablation in liquid’, *J. Phys. Chem. C*, vol. 112, no. 35, pp. 13450–13456, 2008.
[5] Y. Li, ‘Laser ablation in liquid of Germanium in externally applied electric fields’, PhD Thesis, 2013.
[6] M. H. Mahdieh and H. Mozaffari, ‘Characteristics of colloidal aluminum nanoparticles prepared by nanosecond pulsed laser ablation in deionized water in presence of parallel external electric field’, *Phys. Lett. A*, vol. 381, no. 38, pp. 3314–3323, 2017.
[7] H. Mozaffari and M. H. Mahdieh, ‘Synthesis of colloidal aluminum nanoparticles by nanosecond pulsed laser and the effect of external electric field and laser fluence on ablation rate’, *Opt. Laser Technol.*, vol. 126, p. 106083, 2020.
[8] J. Xiao, P. Liu, C. X. Wang, and G. W. Yang, ‘External field-assisted laser ablation in liquid: An efficient strategy for nanocrystal synthesis and nanostructure assembly’, *Prog. Mater. Sci.*, vol. 87, pp. 140–220, 2017.
[9] D. Sapkota, Y. Li, O. R. Musaev, J. M. Wrobel, and M. B. Kruger, ‘Effect of electric fields on tin nanoparticles prepared by laser ablation in water’, *J Laser Appl*, vol. 29, no. 012002, p. 1, 2017.
[10] C. S. Kumar, *UV-VIS and photoluminescence spectroscopy for nanomaterials characterization*. Springer, 2013.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.