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

اثر پارامترهای لیزرهای Nd:YAG و CO_2 و همچنین تاثیر تاخیر زمانی در بیناب فروشکست القائیده لیزری فلزهایAl, Ti و Cu

مهسا قزلباش[۱]، مرضیه همتی[۱]، سیدمحمدرضا دربانی[۲،۱]، مجید زمانی[۱]، عبدالله اسلامی‌مجد[۱] و محمود سلطان الکتابی[۲]

[۱]دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر

[۲]دانشگاه اصفهان، گروه اپتیک کوانتومی

چکیده – با استفاده از لیزرهای *Nd:YAG* و *CO_2* بیناب فروشکست القائیده لیزری پلاسمای آلومینیوم، مس و تیتانیوم بدست آمده است. برای تولید پلاسما از دو لیزر *Nd:YAG* با طول‌موج ۱۰۶۴ نانومتر، انرژی ۷۷ میلی‌ژول، پهنای زمانی ۱۵ نانوثانیه و لیزر *CO_2* با طول‌موج ۱۰/۶ میکرومتر، انرژی ۸۰۰ میلی‌ژول و پهنای زمانی ۲۰۰ نانوثانیه بر روی سه هدف آلومینیوم، مس و تیتانیوم استفاده شده است.همچنین یک مدار مولد تاخیر انداز زمانی طراحی و طیف نمونه‌ها با تأخیر اندازهای گوناگون بدست آمده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. افزایش انرژی لیزر و کاهش تاخیر زمانی سبب بهبود افزایش نسبت سیگنال به تابش پیوستار زمینه گردید.

کلید واژه- طیف‌سنجی فروشکست القای لیزری، پلاسما، طیف فلز

Effect of Nd:YAG and CO_2 lasers parameters and their time delay on Laser Induced Breakdown Spectra of Cu, Al, and Ti

M.Ghezelbash[1], M.Hemati[1], S.M.Darbani[1,2],M.Zamani[1], A.Eslami majd[1], M.Soltanolketabi[2]

[1]Optcs& Laser Science& Technology Research Center, Malek Ashtar University of technology

[2]Dept. of Physics, University of Isfahan

Abstract- We have generated plasma in Al, Cu, and Ti by using two lasers of Nd:YAG, and CO_2 in the laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) technique. The Nd:YAG laser pulse at 1064 nm and energy of 77mJ with pulse duration of 15 ns and CO_2 laser at 10.6 micrometer and energy of 800mJ with pulse duration of 200ns have been used. We have designed time delayed circuit for our lasers and have obtained the spectra of these elements and have compared them with each others. We have concluded that increasing the laser energy and decreasing the time delayed improves increased signal to noise ratio.

Keywords: LIBS, plasma, metal spectral

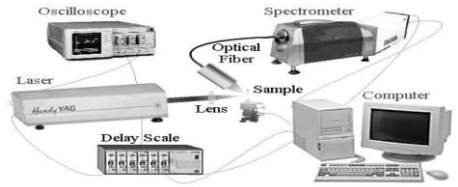
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

۱- مقدمه

امروزه طیف‌سنجی فروشکست القائیده لیزری (LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy) بواسطه ویژگی‌ها و قابلیت‌های منحصر به فرد از جمله تجزیه و تحلیل آنی و همزمان چند عنصر، نیاز نداشتن به آماده سازی نمونه، غیر مخرب و غیر تماسی بودن آن مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است[۱]. در این روش باریکه لیزر روی نمونه کانونی می‌شود. تمرکز انرژی سبب گرم و در ادامه ذوب شدن و تبخیر ماده هدف شده و در نهایت اجتماعی از گاز یونیده‌ای از ذرات بهمراه الکترون‌ها در سطح ماده تشکیل می‌شود. پلاسمای ایجاد شده از سطح شروع به گسترش کرده و دارای بیناب پیوسته و گسسته گسیلی در هر لحظه از زمان خواهد بود. با تحلیل طیفی این بیناب می‌توان به اطلاعاتی در مورد عناصر موجود در ماده دست یافت[۲]. یکی از کاربردهای این روش آنالیز طیفی مواد می‌باشد[۳]. افزایش نسبت سیگنال به نویز زمینه یکی از مباحث مهم در این حوزه پژوهشی است. برای افزایش این نسبت عوامل مختلفی مانند نوع ماده هدف، شرایط محیطی، پارامترهای عملکردی لیزر و شرایط عملکردی آشکارساز دارای اهمیت می‌باشند. تحقیقات گسترده‌ای در مورد هر یک از عوامل فوق صورت گرفته است[۷-۴]. در این تحقیق اثر طول‌موج و انرژی لیزر و همچنین تاثیر اعمال تاخیر زمانی در بهبود نسبت سیگنال به نویز زمینه(S/N) بر روی ۳ نمونه فلزی مس، آلومینیوم و تیتانیوم بررسی شده است. به این منظور از لیزرهای CO_2 و Nd:YAG استفاده و همچنین مدار مولد تاخیر زمانی جهت ایجاد تاخیر زمان بین تپ لیزری و تپ سیگنال دریافتی توسط طیف سنج طراحی و ساخته شده است.

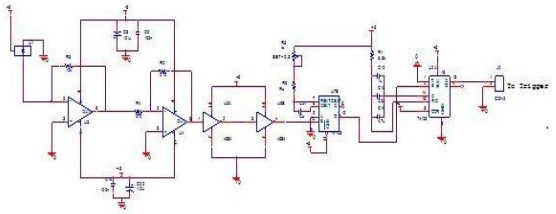
۲- چیدمان آزمایش

طرحواره بکار رفته در این آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش از دو لیزر Nd:YAG و CO_2 استفاده شده است. پارامترهای عملکردی لیزر Nd:YAG شامل پهنای تپ ۱۵نانوثانیه، فرکانس تکرار ۱ هرتز و انرژی تپ ۷۷ میلی‌ژول می‌باشد. لیزر CO_2 بکار رفته در این تحقیق دارای انرژی ۸۰۰ میلی‌ژول، پهنای تپ ۲۰۰ نانوثانیه، فرکانس تکرار ۱ هرتز و طول‌موج ۱۰/۶ میکرومتر می‌باشد. پرتو لیزر در حالت اول با استفاده از عدسی به فاصله کانونی ۵ سانتیمتر و در حالت دوم با استفاده از عدسی از جنس Zn-Se با همان فاصله کانونی روی نمونه متمرکز می‌شود. تابش پلاسمای حاصل از طریق تار نوری وارد یک طیف‌سنج Ocean Optics مدل HR4000 CG-UV-NIR می‌شود. این طیف‌سنج قابلیت ثبت طیف در بازه‌ی ۲۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر را با توان تفکیکnm ۰/۱ دارد.



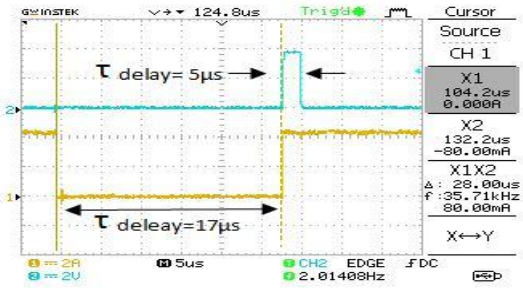
شکل ۱: طرحواره‌ای ازچیدمان طیف‌سنجی فروشکست القای لیزری

برای اینکه طیف‌سنج با تپ‌های لیزر بطور همزمان شروع به داده‌برداری نماید بایستی یک سیگنال همزمان با تپ لیزر ، طیف‌سنج را در حالت تحریک خارجی راه‌اندازی کند. برای این منظور مدار زیر طراحی شده است. برای همزمان‌سازی سیگنال تحریک طیف سنج با تپ لیزر از یک فوتودیود مدل SRD 00111Z که تپ‌های نوری را از طریق یک تار نوری دریافت می‌کند، بهره برده‌ایم. در طبقه خروجی این فوتودیود از یک مبدل جریان به ولتاژ استفاده شده است. پالس ولتاژ تولید شده در این طبقه پس از تقویت به یک مدار مولد تاخیر جهت ایجاد تاخیر زمانی بین پالس لیزر و سیگنال تحریک طیف‌سنج اعمال می‌شود. برای انجام این کار از آی‌سی مدل ۷۴۱۲۳ استفاده شده است. خروجی این طبقه به یک پالس با پهنای ثابت ۵μs که تحریک خارجی طیف‌سنج است، تولید می‌کند. محدوده تاخیر زمانی تولید شده توسط این مدار در بازه‌ی صفر تا ۵۰۰ میکروثانیه قابل تنظیم است. شکل ۲ مدار الکترونیکی مولد پالس تأخیرانداز زمانی و شکل ۳ موج‌های تولید شده توسط این مدار را نشان داده است.



شکل۲: مدار مولد تأخیرانداز زمانی بین تپ لیزری و سیگنال دریافتی

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

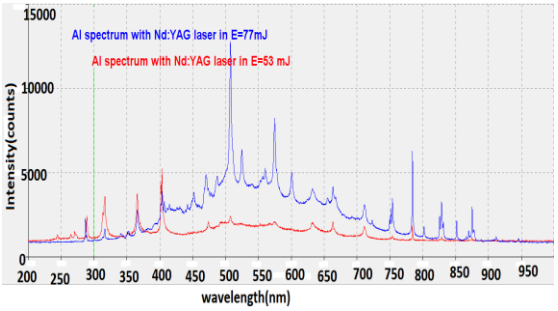


شکل۳: تپ‌های تولید شده توسط مدار مولد تاخیرانداز زمانی

۳- نتایج

۳-۱- بررسی اثر تغییرات انرژی تپ لیزری

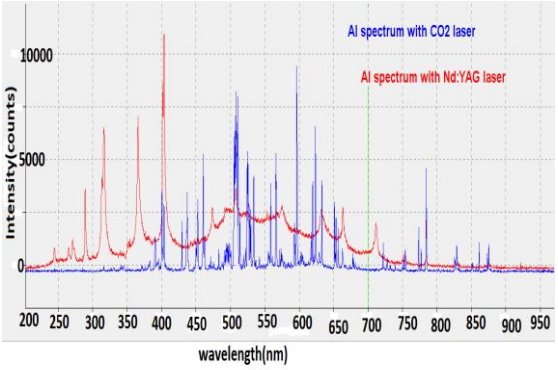
در شکل۴ طیف‌های گرفته شده از نمونه آلومینیوم توسط لیزر Nd:YAG در انرژی‌های مختلف۵۳mJ و ۷۷ mJ نشان داده شده است. با توجه به ناحیه طیفی اسپکترومتر استفاده شده، کل بازه طول‌موجی ثبت شده بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشد. در هنگام ثبت هر کدام از طیف‌ها تنظیمات مناسب برپایی مانند مکان بهینه تار نوری جهت جمع‌آوری داده‌ها انجام شده، بطوریکه شرایطی مهیا شده تا بهترین نسبت سیگنال به نویز حاصل شود. با مقایسه شکل‌ها دیده می‌شود که با افزایش انرژی لیزر، شدت قله-های ثبت شده افزایش می‌یابد که تطابق مطلوبی با نتایج گزارش شده در منابع علمی دارد[۸]. از دلایل عمده این اثر این است که با افزایش انرژی لیزر میزان کندگی فلزات افزایش پیدا کرده و در نتیجه پلاسمای حاصل با شدت بیشتری تابش می‌کند و همچنین در مقایسه خط های طیفی بیشتری ظاهر می شود. با افزایش انرژی لیزر علاوه‌بر افزایش شدت قله‌ها، تابش پیوستار زمینه هم افزایش می‌یابد و لیکن نسبت سیگنال به تابش پیوستار زمینه افزایش بیشتری را نشان می‌دهد.



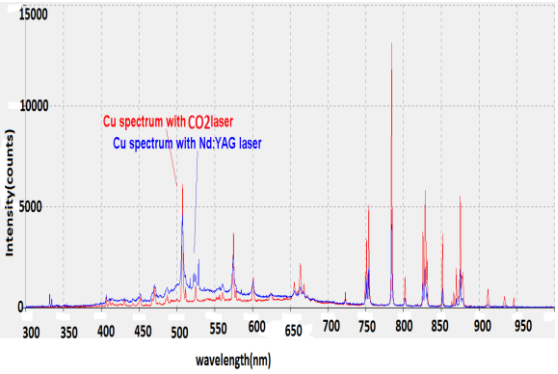
شکل۴: بیناب آلومینیوم با استفاده از لیزر Nd:YAG

۳-۲- بررسی اثر تغییرات طول‌موج لیزر

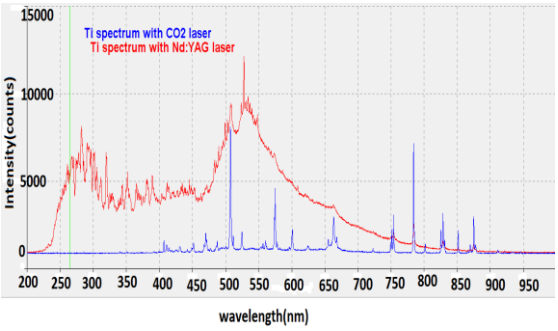
در شکل ۵-۱تا ۵-۳ طیف‌های LIBS حاصل از نمونه‌های آلومینیوم، مس و تیتانیوم با استفاده از لیزر Nd:YAG در طول‌موج ۱۰۶۴ نانومتر ولیزر CO2در طول موج ۱/۶ میکرومتر نشان داده شده‌اند. می‌بینیم که طیف‌های تولید شده از لیزر CO_2 دارای پهنای طیفی باریکتری هستند.



شکل ۵-۱: بیناب آلومینیوم با استفاده از دو طول موج لیزری گوناگون



شکل ۵-۲: بیناب مس با استفاده از دو طول موج لیزری گوناگون



شکل ۵-۳: بیناب تیتانیوم با استفاده از دو طول موج لیزری گوناگون

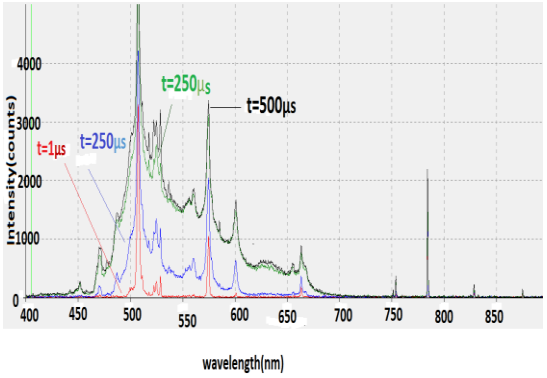
همانطور که در شکل‌ها دیده می‌شود با تغییر طول موج به طول موج‌های کوتاه‌تر نسبت سیگنال به تابش پیوستار

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

زمینه کاهش می‌یابد. البته میزان این کاهش به جنس فلز هم بستگی دارد.

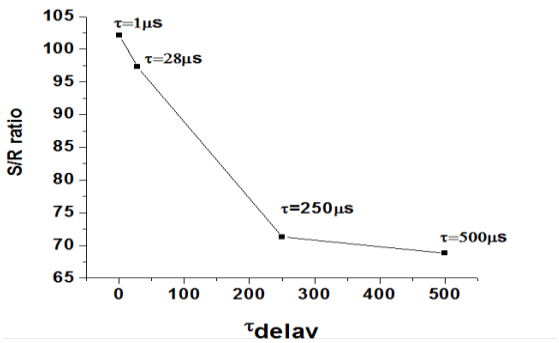
۳-۳- بررسی اثر تاخیر زمانی

با استفاده از مدار تاخیر انداز طراحی شده، طیف‌های بینابی فلز مس در مقادیر مختلف تاخیر زمانی ثبت گردید که نتایج آن در شکل۶ آمده است.



شکل ۶: بیناب مس با زمان‌های تاخیری مختلف

شکل ۷ نسبت سیگنال به نویز زمینه را در زمان‌های تاخیری مختلف نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد با کاهش زمان تاخیر پهنای طیفی قله‌ها کاهش یافته و همچنین نسبت(S/N) بهبود می‌یابد. همچنین در زمان-های تاخیری کوتاهتر، نویز زمینه که غالبا ناشی از تابش-های پیوسته فرایند LIBS می‌باشد کاهش می‌یابد. نتایج فوق توافق خوبی با فعالیت‌های انجام شده در این زمینه دارد[۹]. گفتنی است که تمامی این طیف‌ها نتایج اولیه هستند و نیاز به بررسی بیشتر دارند که در دست اقدام است.



شکل ۷: نسبت سیگنال به نویز در زمان‌های تاخیری مختلف

۴- نتیجه‌گیری

دراین تحقیق اثر تغییرات انرژی، طول‌موج لیزر و اعمال تاخیر زمانی بین تپ‌های لیزر و طیف سنج بر روی طیف حاصل از روش LIBS بر روی نمونه‌های آلومینیوم، مس و تیتانیوم بررسی شده است. طیف‌های ثبت شده نشان می‌دهند با افزایش انرژی لیزر علاوه بر بهبود نسبت سیگنال به نویز زمینه(S/N)، توانایی ثبت قله‌های مربوط به یون‌های یک نمونه هم ایجاد می‌شود. با تغییر طول‌موج به طول‌موج‌های بلندتر، قله‌های ثبت شده در طیف دارای پهنای بینابی کمتری خواهند شد. با کاهش زمان تاخیر علاوه‌بر کاهش پهنای بینابی خطوط، نسبت (S/N) نیز افزایش خواهد یافت.

مراجع

[1] Andrzej W. Mizioler, Vinchenzo Palleschi, *Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)*, **CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS ,** 2006.

[2] C.Aragon,J.A.Aguilera. *Characterization of laser induced plasma by optical emission spectroscopy:A review of experiments and metods.***Spectrochimica Acta Part B 63,**2008.

[3] Walid Tawfik Y. Mohamed, *Improved LIBS limit of detection of Be, Mg, Si, Mn, Fe and Cu inaluminum alloy samples using a portable Echelle spectrometer with ICCD camera,* **Optics & Laser Technology 40,** 2008.

[4] M Jandaghi1, P Parvin, M J Torkamany2 and J Sabbaghzadeh, *Measurement of the composition change in Al5754 alloy during long pulsed Nd :YAG laser welding based on LIBS,* **J. Phys. D: Appl. Phys. 42,** 2009.

[5] G.Abdoellatif, H.Imam, *A study of laser plasma parameters at different laser wavelenghths,* **Spectrochimica Acta Part B 57,**2002.

[6] Celio Pasquini,Julian Cortez,*Laser Induced Breakdown Spectroscopy,***j.Braz. Chem .Soc 18.**2007.

[۷] عاطفه ممدوزاده، هانیه افخمی اردکانی، سید حسن توسلی، *تحقیق و بررسی اثر طول‌موج و انرژی پالس لیزر در آنالیز کمی ترکیبات عنصری آلیاژ استاندارد آلومینیوم به روش طیف‌سنجی فروشکست القای لیزری*، **شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران**،دانشگاه یزد، ۱۳۸۸.

[8] I.Bassiotis,A.Diamanatopoulou.*Effects of experimental parameters in quantitative analysis of steel alloy by laser-induced breakdown spectroscopy,***Spectrochimica Acta Part B 56,**2001.

[9] A.De Giacomo,*Experimental characterization of metallic titanium-laser induced plasma by time and space resolved optical emission spectroscopy,***Spectrochimica Acta Part B 58**, 2003.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]