

بررسی اثر انرژی خروجی لیزر در امواج صوتی حاصل از پلاسما

ابراهیم حاجی علی^۱، نادر امیری راد^۱، سعید سفیدگر بانی^۲، ایمان عبدالهی آرپناهی^۱

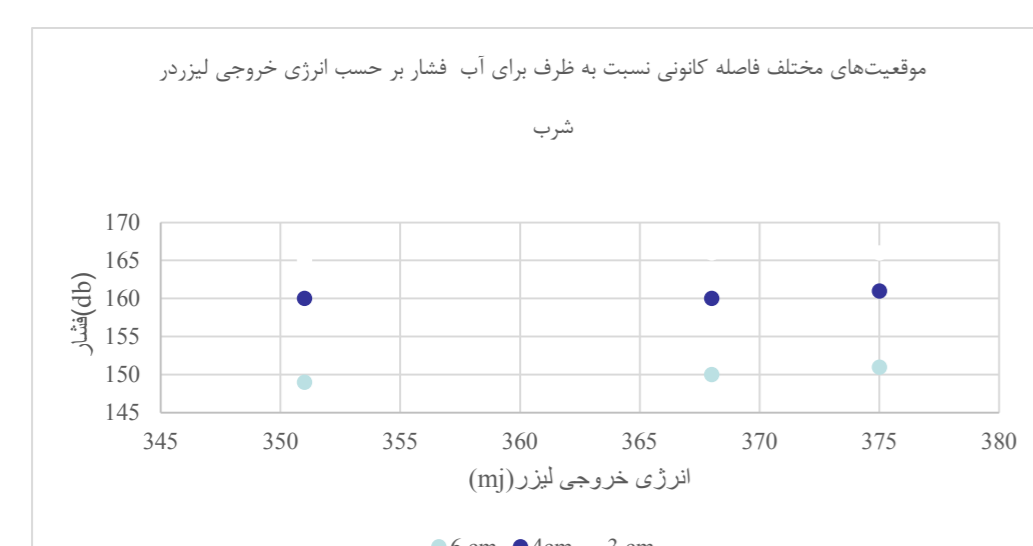
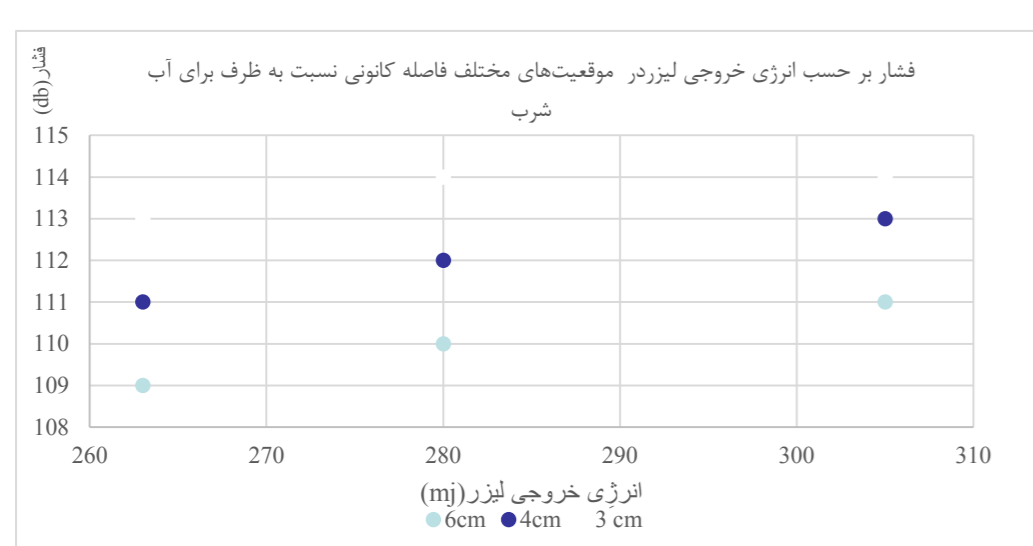
۱. دانشگاه جامع امام حسین(ع)،

۲. ساتخ ندسا

ehajiali@ihu.ac.ir:EMAIL

یافته ها

تأثیر انرژی خروجی لیزر بر فشار موج صوتی تولید شده برای غلظت آب دریا، آب شرب و آب مقطر بررسی شد. نتایج و نمودارهای حاصل از این آزمایش‌ها در ادامه آورده شده است. در شکل ۲ فشار بر حسب انرژی خروجی لیزر (سه طیف انرژی پایین) برای موقعیت‌های مختلف فاصله کانونی نسبت به ظرف برای آب شرب اندازه گیری شده است که نشان می‌دهد این تغییرات افزایشی است. همین آزمایش برای انرژی خروجی لیزر (سه طیف انرژی بالاتر) تکرار شد که افزایش فشار ناچیزی مشاهده می‌شود



بحث و نتیجه گیری

در اندازه‌گیری فشار موج صوتی بر حسب انرژی خروجی لیزر هر چه انرژی خروجی لیزر بیشتر باشد، فشار موج صوتی تولید شده نیز بیشتر می‌باشد. با توجه به تعریف پلاسما و چگونگی تشکیل پلاسما هر چه انرژی خروجی لیزر بیشتر باشد، الکترون‌های بیشتری آزاد خواهد شد و هر چه الکترون‌های آزاد شده بیشتر باشد فشار موج صوتی تولید شده بیشتر خواهد شد.

مراجع

- [1] Vogel, Alfred, et al. "Plasma formation in water by picosecond and nanosecond Nd: YAG laser pulses. I. Optical breakdown at threshold and superthreshold irradiance." *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* 2.4 (1996): 847-860.
- [2] Torrisi, L., F. Caridi, and L. Giuffrida. "Comparison of Pd plasmas produced at 532 nm and 1064 nm by a Nd: YAG laser ablation." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 268.13 (2010): 2285-2291.
- [3] Bell, C. E., and J. A. Landt. "Laser-induced high-pressure shock waves in water." *Applied Physics Letters* 10.2 (1967): 46-48.
- [4] Docchio, Franco, et al. "Study of the temporal and spatial dynamics of plasmas induced in liquids by nanosecond Nd: YAG laser pulses. I: Analysis of the plasma starting times." *Applied optics* 27.17 (1988): 3661-3668.
- [5] Noack, Joachim, and Alfred Vogel. "Streak-photographic investigation of shock-wave emission after laser-induced plasma formation in water." *Laser-Tissue Interaction VI*. Vol. 2391. International Society for Optics and Photonics, 1995.
- [6] Noack, Joachim, and Alfred Vogel. "Laser-induced plasma formation in water at nanosecond to femtosecond time scales: calculation of thresholds, absorption coefficients, and energy density." *IEEE journal of quantum electronics* 35.8 (1999): 1156-1167.
- [7] Kim, Beop-Min, et al. "Interferometric analysis of ultrashort pulse laser-induced pressure waves in water." *Journal of Applied Physics* 94.1 (2003): 709-715.
- [8] Volkov, Alexey N., Carlos Sevilla, and Leonid V. Zhigilei. "Numerical modeling of short pulse laser interaction with Au nanoparticle surrounded by water." *Applied Surface Science* 253.15 (2007): 6394-6399.
- [9] Andreev, S. N., et al. "Generation of an electrical signal upon the interaction of laser radiation with water surface." *Laser Physics* 17.8 (2007): 1041-1052.
- [10] Evans, R., and S. Camacho-López. "Pump-probe imaging of nanosecond laser-induced bubbles in distilled water solutions: Observations of laser-produced-plasma." *Journal of Applied Physics* 108.10 (2010): 103106.
- [11] Kovalchuk, Tatiana, et al. "Laser breakdown in alcohols and water induced by $\lambda = 1064$ nm nanosecond pulses." *Chemical Physics Letters* 500.4-6 (2010): 242-250.
- [12] Tian, Ye, et al. "Stabilization of laser-induced plasma in bulk water using large focusing angle." *Applied Physics Letters* 109.6 (2016): 061104.

مواد و روش ها

وسایل و تجهیزات مورد نیاز جهت چیدمان اندازه گیری عبارت است از: لیزر هلیوم نئون مدل HNL100L با طول موج 632nm و توان 10mW جهت تنظیم آزمایشگاهی؛ آینه ۱۰۰ درصد بازتاب نور مرئی از جنس آلومینیوم؛ سیستم خنک‌کننده و شلنگ‌های وصل شده به کاواک که از طریق چرخش آب مقطر در درون کاواک سبب کاهش دمای محیط فعال می‌شود. دبی آب اندازه‌گیری شده برای این سیستم خنک‌کننده ۰.۰۴۴ می‌باشد؛ آینه عقبی نوسانگر با ضریب بازتاب ۱۰۰ درصد در طول موج 1064nm؛ کاواک متشکل از محیط فعال Nd:YAG به طول ۱۰ سانتی متر و قطر ۶ میلی متر که محیط فعال در یکی از کانون‌های آن قرار گرفته و در کانون دیگر کاواک لامپ درخش زنون برای دمش جانبی قرار دارد؛ ماده جاذب اشباع‌پذیر Cr4+:YAG با ضریب عبور ۱۰ درصد که برای کیوسونچ کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مواد با افزایش شار عبوری شفاف‌تر می‌شوند و در سطح شار بالا بی‌رنگ می‌شوند که حاصل آن گذردهی بیشتر است؛ آینه جلوی نوسانگر با ضریب بازتاب ۳۰ درصد در طول موج 1064nm؛ پالس‌تریگر که بیشتر در لیزرهای پالسی به‌منظور قطع و وصل ولتاژ اعمالی به دو سر لامپ در فرکانس‌های تکرار دلخواه برای پالسی شدن دمش مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ منبع تغذیه 1kV که به پالس‌تریگر متصل شده است. همچنین از این منبع تغذیه یک سیم به بدنه کاواک و یک سیم نیز به زمین متصل شده است. این منبع تغذیه وظیفه یونیزه کردن گاز داخل لامپ درخش را از طریق ایجاد میدان الکتریکی در داخل گاز برعهده دارد؛ عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی‌متر؛ ژول متر برای اندازه‌گیری انرژی خروجی لیزر؛ دو منبع تغذیه ترانسی ولتاژ بالا که از طریق سیم‌های رابط به دو سر لامپ زنون وصل شده است در این منبع تغذیه از ۳ خازن ۱۵۰ و سه القاگر ۷۴ و ۶۵ و ۷۰ استفاده شده است؛ ظرف پلکسی گلس مکعبی شکل ۲۵*۲۵*۳۵ سانتی‌متر مکعب همراه با ۴ پنجره اپتیکی Bk7؛ میکروفن جهت اندازه‌گیری فشار موج صوتی بیرون از آب؛ هیدروفن برای اندازه‌گیری فشار موج صوتی درون آب؛ سیستم تحلیلگر متصل به هیدروفن و میکروفن

در این چیدمان از یک لیزر هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۲ نانومتر، برای هم راستا کردن و تنظیم باریکه جهت هدایت بهتر و دقیق تر نور در سیستم مورد استفاده قرار گرفته است. پس از برخورد باریکه به آینه‌های ۱۰۰ درصد بازتاب آلومینیومی، به سمت کاواک Nd:YAG مورد استفاده شده بازتاب می‌شود، باریکه‌ی نور موازی از درون کاواکی که حاوی ماده فعال Nd:YAG با قطر ۶ میلی متر و طول ۱۰ سانتی متر است عبور داده می‌شود. سپس باریکه‌ی خروجی از کاواک Nd:YAG وارد ماده‌ی جاذب اشباع‌پذیر می‌شود. ماده‌ی جاذب اشباع‌پذیر به عنوان کیوسونچ عمل می‌کند. در ادامه از یک عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتی متر جهت کانونی کردن نور خروجی لیزر درون آب استفاده می‌کنیم، و ظرف پلکسی گلس را در جلوی آن قرار می‌دهیم پس در فاصله‌ی کانونی عدسی استفاده شده در درون آب پلاسما تولید می‌شود. پلاسما بوجود آمده به شکل یک جرقه در آب دیده خواهد شد.

چیدمان عملی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ چیدمان تولید پلاسما با استفاده از لیزر Nd:YAG درون آب در کلیه‌ی آزمایش‌ها از یک منبع تغذیه ولتاژ بالا استفاده شده است. خازن استفاده شده در این منبع تغذیه ۳۰۰ و القاگر آن نیز ۱۰۰ H می‌باشد. لیزر Nd:YAG استفاده شده دارای ماده فعال میله‌ای به طول ۱۰ سانتی‌متر و قطر ۶ میلی‌متر می‌باشد و پهنای پالس لیزر ۲۰ نانو ثانیه می‌باشد. انرژی خروجی لیزر به ازای نرخ تکرار پالس مختلف و انرژی خازن‌های مختلف ۲۳۰-۲۴۷-۲۵۴-۲۶۳-۲۶۵-۲۶۷-۲۸۰-۳۰۵ میلی‌ژول می‌باشد.

چکیده

امروزه از لیزرهای حالت جامد بخصوص لیزر Nd:YAG استفاده‌های زیادی می‌شود. یکی از کاربردهای لیزر Nd:YAG بواسطه‌ی پالسی بودن ایجاد پلاسما در مایعات است. پلاسما به وجود آمده یک موج صوتی درون آب تولید می‌کند که این موج صوتی وابسته به متغیرهای مختلفی است. در این پژوهش با استفاده از لیزر حالت جامد Nd:YAG پلاسما را در آزمایشگاه تولید می‌کنیم. سپس فشار موج صوتی حاصل از پلاسما لیزری را بر اساس انرژی خروجی لیزر اندازه‌گیری کرده ایم. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که با افزایش انرژی خروجی لیزر فشار موج صوتی افزایش پیدا می‌کند.

مقدمه

امروزه لیزرهای حالت جامد مخصوصا لیزر Nd:YAG استفاده‌های فراوانی در زندگی روزمره‌ی مردم دارند. یکی از کاربردهای لیزر حالت جامد Nd:YAG استفاده از آن برای تولید پلاسما در درون مایعات می‌باشد [۱]، [۲]. در اواسط دهه‌ی ۱۹۶۰ و در سال ۱۹۶۷ بل و لندت هر دو از آمریکا به بررسی امواج شوک با فشار بالا ناشی از لیزر در آب پرداختند [۳]. در ادامه در سال ۱۹۸۸ فرانکو دوچیو، کاپن، پیتر و رگوندی و جان ملیرو به مطالعه پویایی زمانی و مکانی پلاسما ناشی از پالس‌های لیزری Nd:YAG نانو ثانیه در مایعات پرداختند که این کار به تجزیه و تحلیل زمان شروع پلاسما نیز منجر شد [۴]. با ادامه‌ی کار در سال ۱۹۹۵ یواخیم نوآک و آلفرد وگل از آلمان به بررسی خطی عکاسی انتشار موج شوک پس از تشکیل پلاسما ناشی از لیزر در آب پرداختند [۵-۱۲].