

تأثیر غلظت آب بر فشار امواج صوتی حاصل از پلاسمای لیزری

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

۱. دانشگاه جامع امام حسین(ع)،

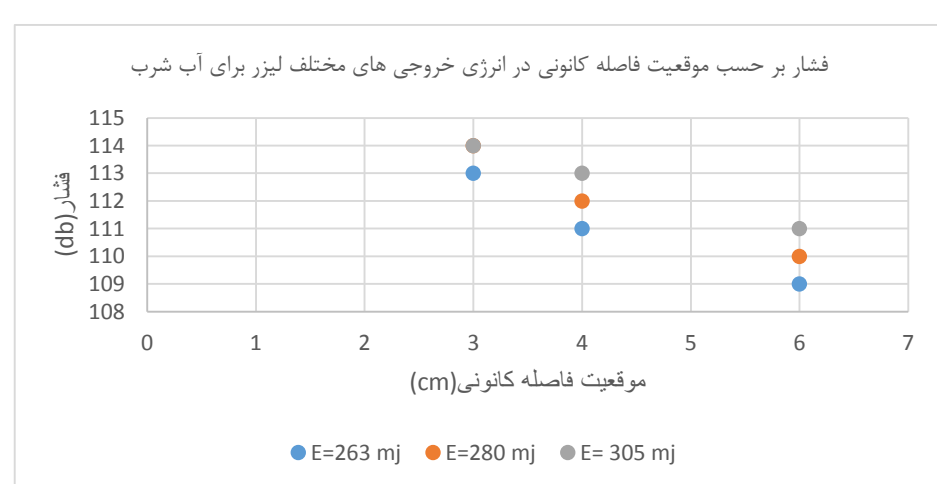
۲. ساتخ ندسا

ehajiali@ihu.ac.ir:EMAIL

یافته ها

فشار موج صوتی بر حسب موقعیت فاصله‌ی کانونی برای آب شرب مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی از آب شرب به عنوان سیال مورد نظر استفاده کردیم. در این تست پلاسمای را در سه موقعیت فاصله‌ی کانونی نسبت به دیواره‌های ظرف پلکسی گلس در فاصله‌های ۴، ۶ و ۳ سانتی‌متر تولید کردیم. سپس به بررسی تأثیر موقعیت فاصله‌ی کانونی بر فشار موج صوتی حاصل از پلاسمای لیزری پرداختیم. محدوده‌ی صوتی که در آن تست‌های فشار موج صوتی بر حسب موقعیت فاصله‌ی کانونی برای آب شرب انجام شده است، در شکل ۲ نشان داده شده است.

با توجه به شکل (۲) و (۳) مشاهده می‌شود که با زیاد کردن فاصله موقعیت نقطه کانونی نسبت به دیواره‌ی ظرف فشار موج صوتی تولید شده کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش انرژی خروجی لیزر فشار موج صوتی تولید شده نیز افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۲ فشار موج صوتی بر حسب موقعیت فاصله‌ی کانونی در انرژی خروجی‌های مختلف لیزر برای آب شرب در انرژی‌های پایین

مواد و روش ها

تجهیزات و وسایل مورد نیاز جهت چیدمان آزمایشگاهی و انجام آزمایشها عبارت است از: لیزر هلیوم نئون مدل HNL100L با طول موج ۶۳۲nm و توان ۱۰mW 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 ۱۰۶۴nm؛ کاواک متشکل از محیط فعال Nd:YAG به طول ۱۰ سانتی‌متر و قطر ۶ میلی‌متر 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 کیوسوئیچ 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 ۱۰۶۴nm؛ پالس‌تریگر که بیشتر در لیزرهای پالسی به منظور قطع و وصل ولتاژ اعمالی به دو سر لامپ در فرکانس‌های تکرار دلخواه برای پالسی شدن دمش مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ منبع تغذیه ۱kV 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؛ ژول‌متر 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 تحلیلیگر متصل به هیدروفن و میکروفن. آزمایشهای انجام شده برای سه غلظت آب شرب، آب مقطر و آب دریا در شرایط مختلف با فاصله هیدروفن و میکروفن‌های مختلف، زوایای مختلف، چیدمان‌های مختلف انجام شده است.

در شکل ۱ چیدمان آزمایشگاهی و سیستم تحلیل‌گر نشان داده شده است.



در کلیه‌ی آزمایش‌ها از یک منبع تغذیه ولتاژ بالا استفاده شده است. خازن استفاده شده در این منبع تغذیه ۳۰۰ القاگر آن نیز ۱۷۷ μH 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 خطای اندازه‌گیری در تمام آزمایش‌های انجام شده ۱ دسی بل می‌باشد.

چکیده

یکی از کاربردهای لیزر Nd:YAG بواسطه‌ی پالسی بودن ایجاد پلاسمای در مایعات است. پلاسمای به وجود آمده یک موج صوتی درون آب تولید می‌کند که این موج صوتی وابسته به متغیرهای مختلفی است. در این تحقیق پژوهشی چیدمان فرود پرتو لیزر Nd:YAG بر مخزن آب طراحی و اجرا شد. سپس با استفاده از برهمکنش پرتو لیزر با محیط آب، پلاسمای را ایجاد کردیم. فشار امواج صوتی حاصل از پلاسمای لیزری را بر حسب متغیر غلظت آب اندازه‌گیری کرده و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که غلظت آب دریا فشار بیشتری نسبت به فشار آب شرب، و آب شرب فشار بیشتری نسبت به آب مقطر دارد.

مقدمه

امروزه لیزرهای حالت جامد مخصوصاً لیزر Nd:YAG استفاده‌های فراوانی در زندگی روزمره‌ی مردم دارند. یکی از کاربردهای لیزر حالت جامد Nd:YAG استفاده از آن برای تولید پلاسمای درون مایعات می‌باشد [۱]، [۲]. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می‌شود که بدانیم پلاسمای موجود در کروی زمین به مقدار بسیار ناچیزی وجود دارد و بصورت معمولی در طبیعت یافت نمی‌شود، بر خلاف جو خارج از زمین که ۹۹ درصد جهان ماده بصورت پلاسمای می‌باشد. اما این امر در کروی زمین صدق نمی‌کند و کمتر از یک درصد کروی خاکی را تشکیل می‌دهد. ما در این پایان‌نامه در وهله‌ی اول پلاسمای را با استفاده از لیزر حالت جامد Nd:YAG در درون مایع مورد نظر که آب است (با غلظت‌های مختلف) به وجود می‌آوریم. سپس با استفاده از متغیرهای مختلف: غلظت آب استفاده شده، موقعیت فاصله‌ی کانونی، ولتاژ دو سر لامپ (انرژی خروجی لیزر)، فاصله‌ی میکروفن و هیدروفن استفاده شده از محل تولید پلاسمای و زاویه‌های مختلف هیدروفن و میکروفن استفاده شده از محل تولید پلاسمای، فشار موج صوتی که به واسطه‌ی موج ضربه و ایجاد پلاسمای تولید شده درون آب بوجود می‌آید را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در سال ۲۰۰۳، مین کیم از کره، لویز داسیلوا از آمریکا و یورگن ایچلر از ژاپن به بررسی تحلیل تداخل سنجی امواج فشار ناشی از لیزر پالس کوتاه در آب پرداختند [۳-۷]. نتیجه‌ی این کار به این صورت است که فرسایش لیزری سطح آب، پلاسمای تولید می‌کند که اجازه می‌دهد نور به بخش عمده‌ای از لبه‌های پالس لیزر منتقل شود.

بحث و نتیجه گیری

با مقایسه‌ی سه غلظت آب شرب، آب دریا و آب مقطر به این نتیجه می‌رسیم که فشار موج صوتی در غلظت آب دریا، بیشتر از فشار در غلظت آب شرب است و فشار در آب شرب بیشتر از فشار در آب مقطر است. یعنی اینکه هر چه محیطی که درون آن پلاسمای ایجاد می‌شود چگال تر باشد فشار موج صوتی تولید شده نیز 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. 1: 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.