



بررسی تجربی اثر فشار گاز و طول تشدیدگر بر روی پهنای زمانی تپ لیزر CO₂

سعید جلوانی^{۱*}، کاوه سیلاخوری^۱، سهند زارع^۲، محمود ملاباشی^۲، مریم ایلچی^۱، زهرا پورحسن‌نژاد^۱، داود احدپور^۱
۱. پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، صندوق پستی: ۱۴۳۹۵-۸۳۶، تهران - ایران
۲. دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، کدپستی: ۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴، تهران - ایران

*Email: sjelvani@aeoi.org.ir

مقاله‌ی فنی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷

چکیده

در این مقاله، به بررسی اثر پارامترهای گوناگون بر شکل تپ‌های گسیلی لیزر CO₂ تپی پرداخته شده است. در این راستا، عوامل مختلفی مانند: فشار گاز و هم‌چنین طول تشدیدگر تغییر داده شدند و شکل تپ‌های گسیلی لیزر در هر حالت به‌همراه اندازه انرژی آن‌ها ثبت گردیدند. نتایج نشان می‌دهد که انرژی گسیلی با افزایش فشار گاز، به‌شدت افزایش می‌یابد، به‌گونه‌ای که با ۲ برابر و ۳ برابر شدن فشار، انرژی گسیلی به ۳ و ۵ برابر، پهنای زمانی تپ‌ها به نیم و یک‌سوم و زمان بر ساخت آن‌ها نیز به ۰/۹ و ۰/۷ اندازه‌های اولیه‌ی خود می‌رسند. هم‌چنین با درازتر شدن طول کاواک، از دیرش زمانی میخه و به‌ویژه دنباله‌ی تپ‌ها کاسته می‌گردد. برای انجام این رشته آزمایش‌ها، از یک لیزر دست‌ساز با فشار کار در بازه‌ی ۱-۳ atm بهره گرفته شده است.

کلیدواژه‌ها: لیزر گاز کربنیک تپی، پهنای زمانی لیزر، فشار گاز، طول تشدیدگر

Experimental study of the effects of gas pressure and resonator length on the CO₂ laser pulse shape

S. Jelvani^{*1}, K. Silakhori¹, S. Zare², M. Mollabashi², M. Ilchi¹, Z. Pourhasannejad¹, D. Ahadpour¹

1. Photonic and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOL, P.O.Box: 14395-836, Tehran - Iran
2. Physics Department, Iran University of Science and Technology, Postal Code: 1684613114, Tehran - Iran

Technical Paper

Received 26.12.2021 Accepted 8.3.2022

Abstract

In this paper, the effect of various parameters on the pulse shape of the CO₂ laser has been investigated. For this purpose, various parameters such as gas pressure and the length of the resonator were changed and the laser pulses shapes in each case along with their energy have been recorded. The results show that the output energy increases sharply with increasing gas pressure, so that when the pressure increases by factors of 2 and 3, the output energy increases by factors of 3 and 5 while the pulses duration reaches 0.5 and 0.3 and their buildup time reaches 0.9 and 0.7 of the initial values. In addition, by increasing the oscillator length, the width of the spike and especially of the tail parts of the pulses decrease. To perform this series of experiments, a home-made laser with 1-3 atm operational pressure has been used.

Keywords: Pulsed CO₂ Laser, Pulse width, Gas pressure, Resonator length

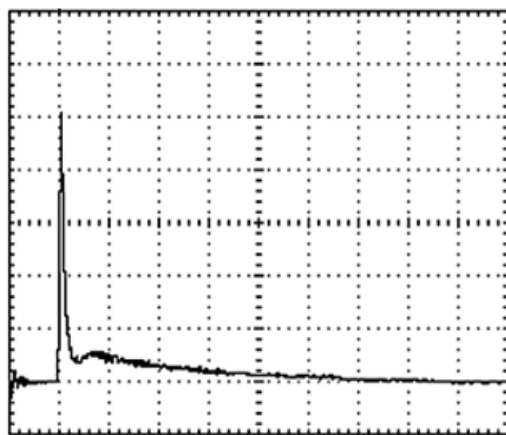


۱. مقدمه

و مشخصه‌یابی گردیده است. تا آن‌جا که به زمینه‌های کاربردی بازمی‌گردد، به‌خوبی می‌دانیم که آرایه‌های گوناگون و پیچیده‌ی این لیزرها، عموماً با آینه‌ها یا توری‌های پراش برون‌کاواکی و افزاره‌های اپتیکی درون‌کاواکی فراوانی همراه هستند، که درازای اپتیکی کاواک آن‌ها را گاه تا چند برابر درازای محیط فعال‌شان افزایش می‌دهند. با این همه، هرگز دیده نشده است که در چنین مواردی به پیامدهای چنین تغییراتی بر شکل تپ‌های لیزری به‌دست آمده، به‌گونه‌ای جداگانه پرداخته شود. از همین‌رو، چنین یافته‌هایی، با همهی سادگی، می‌توانند پژوهشگران را در برپایی چیدمان‌های اپتیکی با کاربری‌های گوناگون یاری دهند.

۲. روش آزمایش

آزمایش‌های انجام یافته، دربرگیرنده بررسی تغییرات شکل تپ لیزر برای فشارهای گاز و طول‌های تشدیدگر گوناگون بوده‌اند. برای بررسی اثر فشار گاز، از یک لیزر پر فشار دست‌ساز بهره گرفته شده که تصویری از آن در شکل ۲ دیده می‌شود.



زمان (μs)

شکل ۱. نمونه‌ای از شکل تپ لیزرهای TEA CO₂ [۵].شکل ۲. تصویری از لیزر CO₂ پر فشار به کار رفته.

لیزرهای CO₂ با گسیل در بازه‌ی طول‌موجی فروسرخ میانی ۹/۱۱-۲/۴ μm دارای کاربردهای بسیاری در صنعت، پردازش مواد، پزشکی، سنجش از راه دور و مانند آن‌ها هستند [۱]. اگر چه لیزرهای CO₂ با فشارهای تا بیش از ۱۰ atm نیز ساخته شده‌اند [۲، ۳]، لیزرهای تپی فشار اتمسفری CO₂ که با نام TEA CO₂ شناخته می‌شوند، یکی از همگانی‌ترین نمونه‌ی این دسته از لیزرها به‌شمار می‌روند. پهنای بینایی لیزرهای CO₂ در فشار اتمسفر چیزی پیرامون ۳-۵ GHz است و با افزایش فشار نیز به‌شیوه‌ای خطی افزایش می‌یابد [۴]. فیزیک حاکم بر لیزرهای تپی CO₂ به‌گونه‌ای است که شکل تپ آن‌ها تا اندازه‌ای از بسیاری از لیزرهای دیگر متفاوت است [۵]. شکل ۱ نمونه‌ای از شکل تپ این لیزرها را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که دیده می‌شود، شکل تپ این لیزرها چندان از رفتار گوسی دیگر لیزرها پیروی نمی‌نماید، به‌گونه‌ای که دارای یک میخه‌ی^۲ بزرگ و تیز پیش‌رو با دیرش^۳ پیرامون ۱۰۰ ns و یک دنباله‌ی^۴ کوچک‌تر با درازای چند μs است. میخه‌ی بزرگ و تیز دیده شده، مربوط به نوسان لیزری اصلی در پی ایجاد وارونی انبوهی اولیه است که با بهره‌ی بسیار بالا انجام می‌شود. دنباله‌ی تپ‌ها نیز، پیامد دمش برخوردی مولکول‌های CO₂ با مولکول‌های برانگیخته‌ی N₂ درون آمیزه‌ی گازی است که تا چند μs می‌تواند وارونی انبوهی و فرایند گسیل القایی در محیط فعال لیزر را برپا نگاه دارد. این دیرش زمانی نسبتاً بزرگ و به‌ویژه دنباله‌ی درازای که در بیش‌تر برهم‌کنش‌های لیزر- ماده مایه‌ی دردرس هستند، انگیزه‌ی تلاش‌های بسیاری برای شکل‌دهی دلخواه تپ‌های این لیزرها و کنار گذاشتن دنباله‌ی آن‌ها بوده است. عوامل گوناگونی هم‌چون: نسبت گازهای CO₂، N₂ و He، فشار کل آمیزه‌ی گازی، ولتاژ تخلیه، مدار الکتریکی، ظرفیت خازن‌های تخلیه، نوع پیش‌یونش، اپتیک تشدیدگر و مانند آن‌ها بر پهنای زمانی تپ‌های لیزرهای CO₂ مؤثر هستند. از همین‌رو، روش‌ها و شگردهای گونه‌گونی برای شکل‌دهی این تپ‌ها به‌کار گرفته شده‌اند که از آن میان، می‌توان برشگرهای پلاسمایی^۵ [۶]، کلیده‌های نیم‌رسانا^۶ [۷]، تغییر فشار [۸] و کاستن از گاز N₂ [۹] را برشمرد. در این مقاله، اثر فشار گاز و هم‌چنین طول تشدیدگر بر پهنای زمانی لیزر CO₂ تپی بررسی

1. Transversely Excited Atmospheric
2. Spike
3. Duration
4. Tail
5. Plasma Shutter
6. Semi-Conductor Switch



برای اندازه‌گیری انرژی تپ‌ها، یک باریکه‌شکاف از بلور NaCl، ۸٪ از تپ‌های گسیلی را به‌سوی ژول‌سنج (Coherent, LM-P10) باز می‌تاباند. بخش تراگسیلی تپ‌ها نیز به یک آشکارساز MCT (Edinburgh Instrument, PROO6) می‌رسند و رفتار زمانی آن‌ها بر روی یک اسیلوسکوپ ۲۵۰ MHz نمایش داده می‌شود. همه‌ی آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها، با آمیزه‌ی گازی $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} \equiv 1:1:8$ و در آهنگ تکرار تپ ۱ Hz انجام یافته‌اند.

۳. نتایج

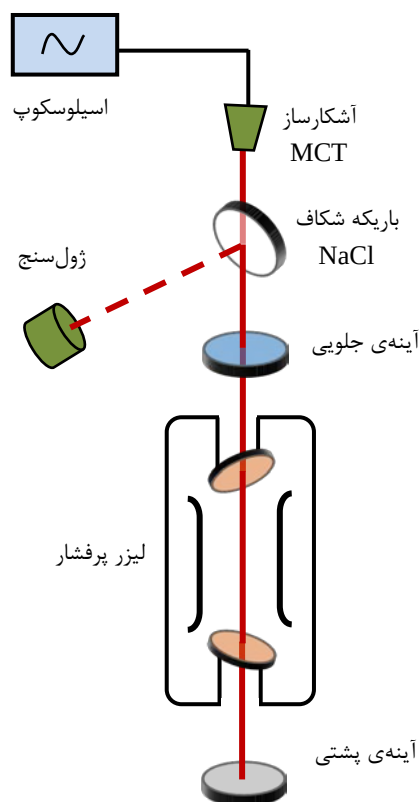
۳.۱. بررسی اثر فشار گاز

همان‌گونه که می‌دانیم، فشار گاز در این لیزرها یکی از مؤثرترین عوامل بر شکل تپ‌های گسیلی است. برای بررسی این پدیده، فشار گاز لیزر از ۱ تا ۳ اتمسفر تغییر داده شد و شکل تپ‌های گسیلی آن ثبت شدند. شکل ۴ نمونه‌هایی از شکل تپ‌های به‌دست آمده در فشارهای گوناگون را نشان می‌دهد.

نخست، دندان‌های انبوه و تیزی در سمت چپ شکل‌ها و پیش از آغاز تپ‌های لیزری دیده می‌شوند. این میخه‌های تیز، پیامد نوفه‌های محیطی برآمده از تخلیه‌ی الکتریکی تیز در کلید گاف جرقه و محیط فعال لیزر هستند. بازه‌ی زمانی میان آغاز این دندان‌ها تا آغاز تپ لیزری، زمان بر ساخت تپ نامیده می‌شود و نمایاننده‌ی زمان لازم برای برپایی وارونی انبوهی و آغاز گسیل القایی پس از انجام تخلیه‌ی اصلی است. دندان‌های ریزتری نیز بر روی خود تپ لیزری دیده می‌شوند، که برآمده از پدیده‌ی زنش مدی^۱ کاواک‌های چندمد طولی است [۱۰]. همان‌گونه که دیده می‌شود، با افزایش فشار، دیرش زمانی میخه کم‌تر می‌شود و هم‌زمان، از درازا و دامنه‌ی دنباله‌ی تپ‌ها نیز کاسته می‌گردد، به‌گونه‌ای که در فشار ۳ atm تقریباً نشانه‌ای از دنباله‌ی تپ‌ها به‌چشم نمی‌خورد. افزون بر این‌ها، زمان بر ساخت تپ‌ها نیز با هر چه بیشتر شدن فشار گاز، رو به کاستی می‌گذارد. روش به‌کار رفته برای اندازه‌گیری ویژگی‌های زمانی تپ‌ها، مانند دیرش زمانی میخه، درازای دنباله و زمان بر ساخت، در شکل ۵ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی این شکل‌ها در جدول ۱ گردآوری شده‌اند.

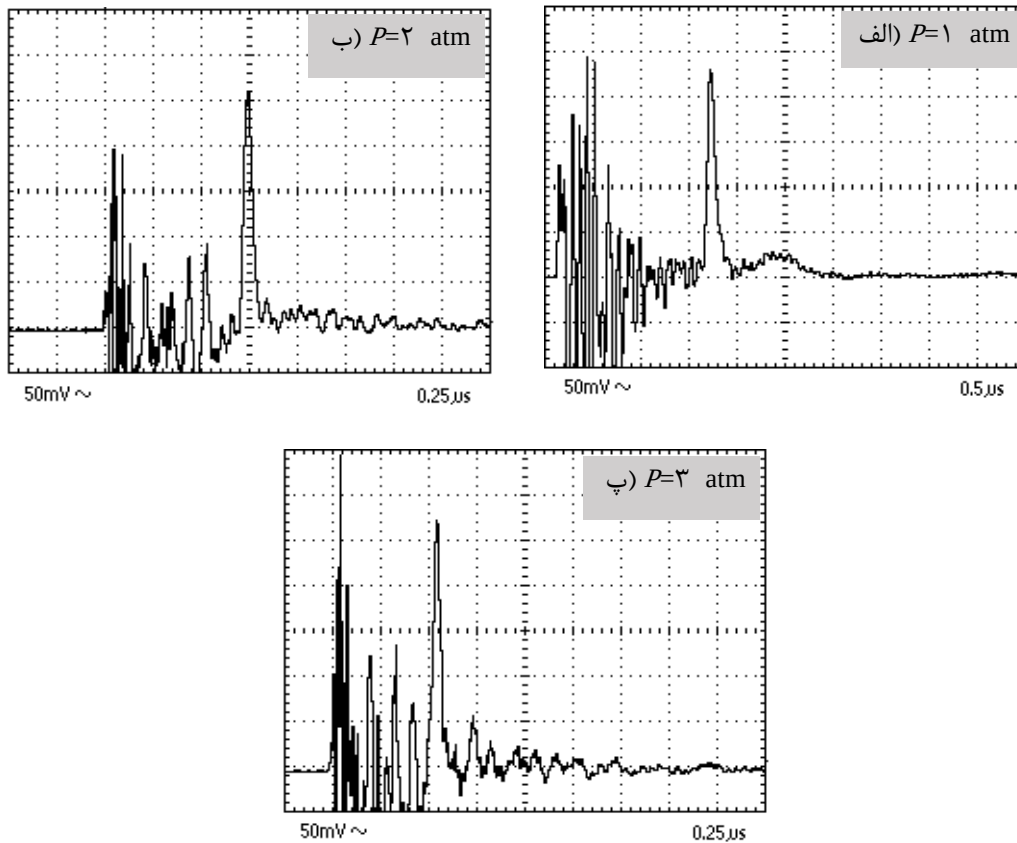
این لیزر دست‌ساز، دارای الکترودهایی با ابعاد $6\text{mm} \times 14\text{cm}$ و به فاصله ۶ mm از یک‌دیگر و نیز حجم فعالی برابر 5 cm^3 است. بدنه‌ی لیزر از جنس پلکسی‌گلاس شفاف به ضخامت ۲ cm است و به‌خوبی می‌توان ساختار درونی آن را به‌ویژه در حین کار دید. سامانه‌ی پیش‌یونش آن نیز از دسته‌ی ردیف جرقه است که دو ردیف ۱۵ تایی از سوزن‌های جرقه در دو سوی الکترودها را دربرمی‌گیرد. این لیزر دارای دو پنجره‌ی بروستر ZnSe است که برای پایداری در برابر فشار بالای گاز، درون بدنه جای داده شده‌اند. کاواک اپتیکی این لیزر دربرگیرنده‌ی یک آینه‌ی پشتی تخت از جنس Mo و یک آینه‌ی جلویی از تیغه‌ی Ge طبیعی تخت است. لیزر با آمیزه‌ی گازی $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} \equiv 1:1:8$ ، ظرفیت خازن اصلی ۱۰/۸ nF و با ولتاژهای تخلیه‌ی ۱۵، ۲۵ و ۳۵ kV در فشارهای ۱، ۲ و ۳ atm راه‌اندازی شد. کلید تخلیه‌ی به‌کار رفته در لیزر نیز، یک گاف جرقه‌ی دست‌ساز است که ولتاژ شکست آن با فشار گاز N_2 درون آن تنظیم می‌شود. برای انجام این رشته آزمایش‌ها، با ثابت نگاه داشتن همه‌ی شرایط کاری دیگر، فشار گاز لیزر در بازه‌ی ۱-۳ atm تغییر داده شد و برای هر حالت، شکل تپ لیزری مربوطه ثبت گردید. شکل ۳ طرح‌واره‌ای از چیدمان به‌کار رفته را نشان می‌دهد.



شکل ۳. طرح‌واره‌ای از چیدمان به‌کار رفته برای اندازه‌گیری‌ها با لیزر CO₂

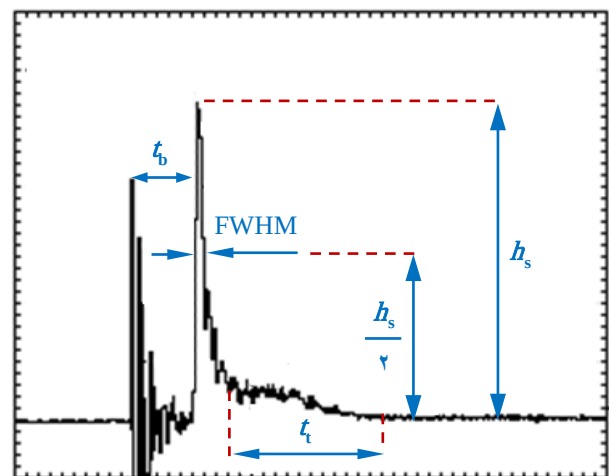
پرفشار.





شکل ۴. شکل تپ‌های به دست آمده از لیزر در فشارهای گوناگون.

پیش از هر چیز، همان‌گونه که انتظار می‌رفت دیده می‌شود که انرژی گسیلی با افزایش فشار گاز، به شدت افزایش می‌یابد. به گونه‌ای که با ۲ برابر و ۳ برابر شدن فشار، انرژی گسیلی به ۳ برابر و ۵ برابر اندازه اولیه می‌رسد. این افزایش بیش از اندازه نسبت به ماده فعال، بیش‌تر مربوط به این واقعیت است که بازتابندگی ۵۰٪ به کار رفته برای آینه جلویی، برای لیزرهای CO_2 فشار اتمسفری با بهره‌ی سیگنال کوچک نوعی از رده‌ی 0.3 cm^{-1} چندان سازگار نیست و بیش‌تر برای بهره‌های بالا در فشارهای بالاتر مناسب است. از همین‌رو، با افزایش فشار و بیش‌تر شدن بهره محیط فعال، شرایط کاری لیزر از نظر مناسب بودن بازتابندگی آینه جلویی بهتر می‌شود و در نتیجه، بازدهی حجمی انرژی لیزر بیش‌تر می‌شود. از سوی دیگر، باز هم همان‌گونه که انتظار می‌رود، دیرش زمانی میخه تپ‌ها با افزایش فشار کم‌تر می‌شود. از آن‌جا که با افزایش فشار گاز، بهره‌ی نوسان بیش‌تر می‌شود، کاملاً پذیرفتنی است که گسیل القایی با آهنگ بیش‌تری آغاز گردد و روند تندتری را طی نماید. گذشته از این‌ها، داده‌های جدول نشان می‌دهد که با افزایش فشار گاز لیزر، رفته‌رفته از طول دنباله‌ی تپ‌ها کاسته می‌گردد. در واقع، اگر چه با افزایش فشار انرژی کلی تپ‌ها نیز بیش‌تر می‌شود، اما سهم دنباله در این افزایش بسیار کم‌تر از میخه تپ‌ها است. تا



شکل ۵. روش به کار رفته برای اندازه‌گیری ویژگی‌های زمانی تپ‌ها.

جدول ۱. ویژگی‌های زمانی اندازه‌گیری شده‌ی تپ‌های لیزری در فشارهای گوناگون

فشار P (atm)	۱	۲	۳
انرژی تپ E_p (mJ)	۲۰	۶۰	۱۰۰
دیرش زمانی میخه τ_s (ns)	۱۰۰	۵۰	۳۵
دیرش زمانی دنباله τ_t (μ s)	۱/۲	۰/۷۵	۰/۴۵
زمان برساخت τ_b (μ s)	۱/۶	۱/۴	۱/۱

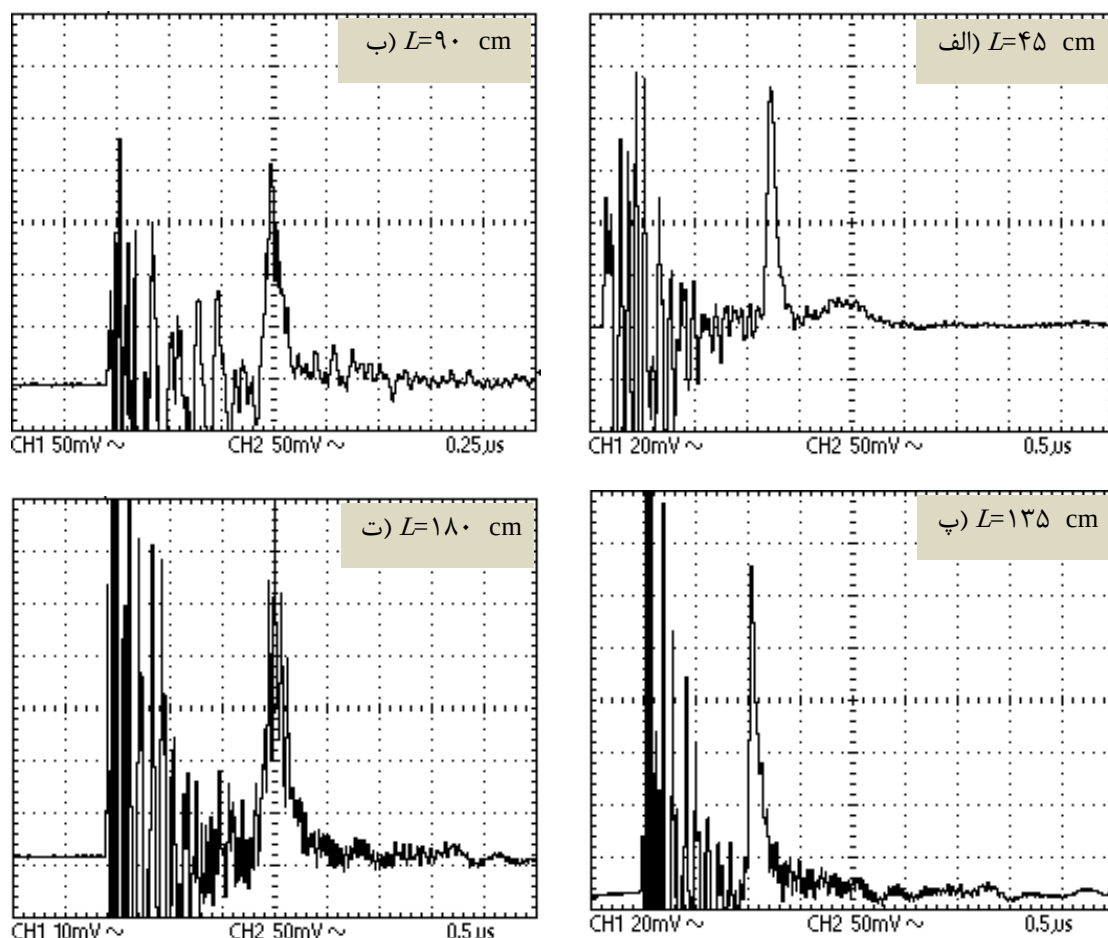


چنین شرایطی، هم وارونی انبوهی زودتر افزایش یابد و هم بهره‌ی نوسان زودتر از اتلاف کاواک پیشی گیرد و سرانجام، تپ لیزری زودتر پدیدار گردد.

۲.۳ بررسی اثر طول تشدیدگر

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند بر شکل تپ لیزر مؤثر باشد، طول تشدیدگر (کاواک اپتیکی) آن است. برای آن که بتوان این طول را تغییر داد، باید از لیزری سود جست که دارای دست‌کم یک پنجره‌ی بروستر باشد تا بتوان آینه‌ی مربوط به آن را جابه‌جا نمود. در این حالت، آینه‌ی را که در بیرون از محفظه لیزر قرار دارد می‌توان دور و نزدیک کرد و به طول‌های گوناگون دست یافت. اگر چه نباید از یاد برد که با افزایش طول کاواک اپتیکی، کار تنظیم آینه‌ها دشوارتر و انرژی خروجی نیز کم‌تر خواهد شد. در انجام این آزمایش‌ها، آینه‌ی جلویی ثابت نگاه داشته شد و تنها آینه‌ی پشتی به فواصل دورتر برده شد. فشار لیزر نیز، بر روی ۱ atm نگاه داشته شد. تپ‌های به‌دست آمده برای طول‌های گوناگون در شکل ۶ نشان داده شده‌اند.

آن‌جا که به بیش‌تر کاربردهای لیزرهای تپی بازمی‌گردد، این رفتار بسیار مطلوب است؛ چرا که در این شرایط می‌توان تپ‌هایی به‌دست آورد که بخش اصلی انرژی آن در میخه‌ی آن قرار دارد و می‌توان آن را یک تپ لیزری خوش‌رفتار به‌شمار آورد. دلیل این رفتار، می‌تواند ریشه در این واقعیت داشته باشد که با افزایش فشار گاز، آهنگ برخورد‌های مولکولی گوناگون نیز بیش‌تر می‌شود؛ به‌گونه‌ای که، آهنگ واهلش‌های برخوردی از ترازهای بالایی مولکول‌های N₂ و CO₂، از آهنگ برانگیزش‌های برخوردی آن پیشی می‌گیرد. بدین‌سان، در زمان نوسان دنباله‌ی تپ، بهره‌ی نوسان به‌تندی کاهش می‌یابد و نوسان به زیر آستانه افت می‌نماید. سطر پایانی جدول ۱ نشان از آن دارد که با افزایش فشار گاز فعال، از زمان برساخت تپ‌ها کاسته می‌گردد. زمان برساخت، نمایانده‌ی بازه‌ی زمانی است که باید پس از انجام تخلیه‌ی اصلی سپری گردد تا وارونی انبوهی به‌اندازه‌ی بسنده افزایش یابد و با فزونی یافتن بهره‌ی نوسان بر اتلاف کاواک، تپ لیزری پدیدار گردد. روشن است که با افزایش فشار، هم آهنگ برانگیزش‌های برخوردی بیش‌تر می‌شود و هم بهره‌ی نوسان افزایش می‌یابد. از همین‌رو، کاملاً پذیرفتنی است که در



شکل ۶. شکل تپ‌های به‌دست آمده با طول‌های کاواک گوناگون در فشار ۱ atm.



دیده می‌شود که دیرش زمانی میخه‌ی تپ‌ها نخست اندکی کاهش می‌یابد و سپس، با درازتر شدن طول کاواک، افزایش می‌یابد. طول کاواک نوسان، اثرات گوناگونی بر دیرش زمانی میخه‌ی تپ‌های گسیلی لیزر دارد، که برخی از آن‌ها رقیب یک‌دیگر هستند. برخی از این موارد عبارتند از:

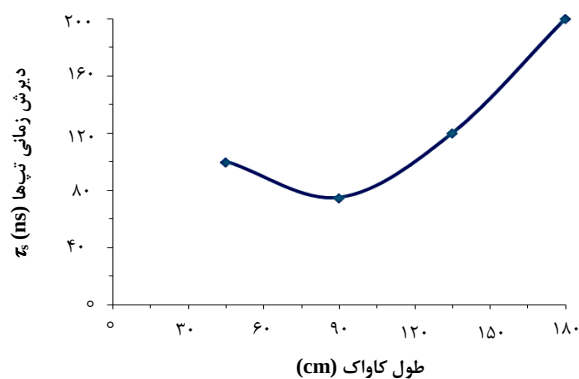
۱. می‌دانیم که برای کاواکی به طول L ، زمان رفت و برگشت تپ‌های لیزری با سرعت نور، c ، برابر است با $\tau_r = 2L/c$ که نشان می‌دهد زمان رفت و برگشت تپ با طول کاواک به‌صورتی خطی تغییر می‌نماید. هم‌چنین، می‌دانیم که پهنای زمانی یک تپ لیزری، مجموع پهنای تکتپ‌های نوسانی و هم‌چنین، فاصله‌های زمانی میان آن‌هاست. بر این پایه، اگر چه با درازتر شدن کاواک پهنای هر یک از تکتپ‌ها تغییری نمی‌کند، ولی فاصله‌ی زمانی میان آن‌ها بیشتر می‌شود و در پی آن، دیرش زمانی کل تپ بیشتر می‌شود. از همین‌رو، می‌توان گفت دست‌کم آن بخشی از دیرش زمانی تپ‌های گسیلی که وابسته به فاصله‌ی زمانی میان تکتپ‌ها است، با افزایش طول کاواک به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

۲. از سوی دیگر، می‌دانیم که در بازه‌ی زمانی میان گذرهای پی‌درپی تپ نوسانی از محیط فعال، فرایندهای دمش برخوردی با مولکول‌های N_2 و فروافت‌های خودبه‌خودی و برخوردی با هم در رقابت هستند. با درازتر شدن طول کاواک نوسان، زمان رفت و برگشت تپ نوسانی بیشتر می‌شود و این فرایندهای رقیب از فرصت بیشتری برای رقابت برخوردار خواهند گشت. به‌گونه‌ای که، اگر روی هم رفته آهنگ دمش برخوردی از آهنگ فروافت‌های غیرتابشی فزونی گیرد، بهره‌ی تقویت برای گذر بعدی تپ نوسانی بیشتر و پهنای تپ لیزری نیز کوتاه‌تر خواهد بود. به همین روال، اگر آهنگ فروافت‌های غیرتابشی از آهنگ دمش برخوردی پیشی گیرد، بهره‌ی تقویت برای گذر بعدی تپ نوسانی کم‌تر و پهنای تپ لیزری نیز بیشتر خواهد بود.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله، وابستگی ویژگی‌های زمانی تپ‌های گسیلی لیزرهای CO_2 به عوامل گوناگون به‌روش آزمایشگاهی بررسی شد و نتایج به‌دست آمده نیز به‌شیوه‌ای سازگار با دانسته‌های کلی از فیزیک این دسته از لیزرها تفسیر گردیدند. در این رشته آزمایش‌ها دریافت شد که:

آن‌چه به‌روشنی در این شکل تپ‌ها دیده می‌شود، این واقعیت است که با افزایش طول کاواک، دنباله‌ی تپ‌ها به‌تندی کوچک و سپس ناپدید می‌گردد. با افزایش طول کاواک، اتلاف نوسان به چند دلیل اصلی به‌شدت افزایش می‌یابد. نخست این که، با تغییر حجم مدی کاواک در پی تغییر طول آن، ترکیب مدهای طولی و عرضی آن نیز دستخوش تغییرات پیچیده‌ای می‌شود. به‌گونه‌ای که، شمار مدهای طولی بیش‌تر و شمار مدهای عرضی کم‌تر می‌گردد [۴]. در این میان، چون انرژی دستیاب از محیط فعال لیزر بیش‌تر وابسته به مدهای عرضی آن است، می‌توان دریافت که با افزایش هر چه بیش‌تر درازای کاواک و کاسته شدن از شمار مدهای عرضی آن، انرژی گسیلی لیزر نیز با افت بیش‌تری روبه‌رو خواهد شد. از سوی دیگر، فضای خالی (هوا) ایجاد شده در میان آینه‌ها شامل مقداری از بخار آب است که به‌شدت برای پرتوهای لیزرهای CO_2 جاذب هستند. این فضای خالی در هر رفت و برگشت تپ نوسانی درون کاواک، دو بار پیموده می‌شود و همین موضوع می‌تواند اتلاف بسیاری را برای آن به‌همراه داشته باشد. افزون بر این‌ها، با بزرگ‌تر شدن درازای کاواک، کمره‌ی باریکه و به‌ویژه سطح مقطع باریکه در نزدیکی آینه‌ی جلویی و در محل محیط فعال کوچک‌تر می‌شود و بدین‌سان، بخشی از محیط فعال برای تقویت از دست می‌رود. البته، خطاهای تنظیم را نیز نباید از یاد برد. به هر روی، افزایش اتلاف، گذشته از افت انرژی کل گسیلی لیزر، بیش‌تر بر نوسان آن در زمان دنباله‌ی تپ مؤثر است. چرا که اندازه‌ی بهره‌ی محیط فعال در این بازه‌ی زمانی بسیار پایین‌تر از زمان میخه است. پس، این اتلاف زیاد می‌تواند به اندازه‌ای برسد که کاملاً از بهره در این شرایط پیشی گیرد و با جلوگیری از رسیدن آن به آستانه‌ی نوسان، دنباله‌ی تپ را یکسره از میان بردارد. تغییر درازای کاواک، دگرگونی‌هایی را در دیرش زمانی میخه‌ی تپ‌ها نیز به‌همراه داشته است. نمودار این تغییرات در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. نمودار تغییر دیرش زمانی میخه‌ی تپ‌ها با تغییر طول کاواک اپتیکی لیزر.



مراجع

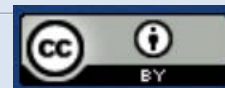
1. M. Endo, R.F. Walter, *Gas Lasers*, CRC Press, (2007).
2. S. Marchetti, R. Simili, *Continuously Tunable Multi-Atmosphere Small Size CO₂ TEA Laser*, *Optics & Laser Technology*, **23**, (1991).
3. G.A. Baranov, A.A. Kuchinsky, *High-Power, High-Pressure Pulsed CO₂ Lasers and their Applications*, *Quantum Electronics*, **35(3)**, (2005).
4. O. Svelto, *Principles of Lasers*, 2nd edition, Springer, New York, (1982).
5. S. Beheshtipour, et al., *Investigating the performance of plasma cutters of 2TEA CO lasers with nitrogen and argon gases*, *Iran Physics Conference*, Yazd, (2016).
6. S. Beheshtipour, et al., *The Effects of Focusing Power on TEA CO₂ Laser-Induced Gas Breakdown and the Consequent Pulse Shaping Effects*, *Physics of Plasmas*, **25**, (2018).
7. C. Rolland, P.B. Korkum, *Generation of 130-fsec Midinfrared Pulses*, *JOSA B*, **3**, (1986).
8. K. Silakhori, et al., *A Small Size 1–3 atm Pulsed CO₂ Laser with Series-Connected Spark Gaps Ultraviolet Preionization*, *Review of Scientific Instruments*, **85(1)**, (2014).
9. K. Silakhori, et al., *High Repetition Rate Pin-Array UV Pre-ionized CO₂ Laser*, *Proc. SPIE*, Vol. **6263**, Tomsk, Russia, (2005).
10. K. Silakhori, et al., *A Compact Injection Locked Single Longitudinal Mode TEA CO₂ Laser*, *Proc. SPIE*, Vol. **5777**, Prague, Czech, (2004).

۱. افزایش فشار گاز این لیزرها، گذشته از افزایش انرژی تپ‌های گسیلی، تغییرات چشمگیر و بنیادی در شکل و ویژگی‌های زمانی میخه و دنباله‌ی آن‌ها پدید می‌آورد.

۲. تغییر ویژگی‌های زمانی تپ‌های گسیلی این لیزرها، با تغییر طول کاواک تشدیدگر آن‌ها نیز به‌سادگی انجام‌پذیر است و دیده می‌شود که این تغییرات به‌خوبی با آنچه از فیزیک نوسان لیزری و ارتباط آن با زمان رفت و برگشت تپ درون تشدیدگر انتظار می‌رود، هم‌خوانی دارد.

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



استناد به این مقاله

سعید جلوانی، کاوه سیلاخوری، سهند زارع، محمود ملاباشی، مریم ایلچی، زهرا پورحسن‌نژاد، داود احدپور (۱۴۰۲)، بررسی تجربی اثر فشار گاز و طول تشدیدگر بر روی پهنای زمانی تپ لیزر CO₂، ۱۷۶-۱۷۰، ۱۰۴، دوره ۴۴، شماره ۲، جلد ۱۰۴، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۷۶-۱۷۰

DOI: 10.24200/nst.2023.1373

Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1373.html

