بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۴-۱۲ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

بررسی اثر گسست چندفوتونی گاز SF_6 بر شکل‌تپ‌های لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری

صالحه بهشتی پور[۱*]، ابراهیم صفری [۱]، عباس مجدآبادی[۲]، فاطمه رازقی[۲]، داود احدپور[۲]، زهرا پورحسن‌نژاد[۲]، مریم ایلچی[۲]

[۱]دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز
[۲] پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران

چکیده - در این پژوهش، اثر گسست چندفوتونی گاز SF_6 بر شکل تپ‌های لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری بررسی شده است. فشار گاز SF_6 در گستره ۰-۱۲۰ mbar تغییر داده شد و در هر فشار، شکل تپ‌ها ثبت شدند. با افزایش فشار در بازه‌ی ۷۰-۸۵ mbar، یک افت ناگهانی در نسبت دامنه میخه به دنباله تپ لیزری دیده شد که سرانجام در فشارهای بالاتر از ۸۵ mbar به حذف کامل میخه و برجا ماندن دنباله‌ی تپ‌ها همچون یک تپ بلند ۴-۵ µs انجامید.

کلید واژه- لیزر گاز کربنیک فشار اتمسفری، گاز هگزافلوئوریدسولفور، گسست چندفوتونی

Investigation on Multi-Photon Dissociation Effects in SF_6 on TEA CO_2 Lasers Pulse Shape

S.Beheshtipour[1*], E.Safari[1], A.Majdabadi[2], F.Razeghi[2], D.Ahadpour[2], Z.Pourhassannejad[2] and M.Eilchi[2]

[1] Department of Physics, University of Tabriz, Tabriz
[2] Laser & Optics Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran

Abstract- In this work, the effects of multi-photon dissociation in SF_6 on TEA CO_2 lasers pulse shape were investigated. The pressure of SF_6 gas was changed in 0-120 mbar range and the related laser pulse shapes were recorded. By increasing the gas pressure up to 70-85 mbar, a sudden drop in the spike to tail amplitude ratio was observed tending to a 4-5 µs long pulse with completely removed spike at the pressures higher than 85 mbar.

Keywords: TEA CO_2 laser, SF_6, Multi-Photon Dissociation

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

۱- مقدمه

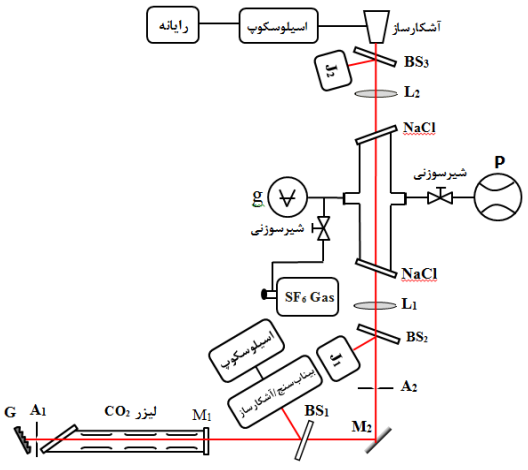
شکل‌دهی تپ‌های لیزری، به‌ویژه لیزرهای گازکربنیک، در زمینه‌های گوناگون، از اهمیت فراوانی برخوردار است. تپ‌های کوتاه این لیزرها، کاربردهای گوناگونی در زمینه‌هایی چون اپتیک غیرخطی، برهمکنش لیزر با ماده، جداسازی ایزوتوپ‌ها و لیدار دارند، که برای دست‌یابی به آنها از روش‌هایی مانند قفل‌شدگی مدی [۱]، بستاور نیم‌رسانا [۲]، برشگر پلاسمایی [۳] و جاذب‌های اشباع‌پذیر [۴] استفاده می‌شود. از سوی دیگر، تپ‌های بلند این لیزرها نیز در مواردی همچون پزشکی، شناسایی پلاسما، بیناب‌نمایی غیرخطی، برشکاری و جوشکاری استفاده می‌شوند. در این راستا نیز، تاکنون روش‌هایی گوناگونی مبتنی بر ایجاد تغییر در ساختار مدار تخلیه [۵]، نسبت آمیزه‌های گازی و ساختار اپتیکی [۶ و ۷] لیزر گسترش داده شده‌اند.

افزون بر اینها، بهره‌گیری از گازهای جاذب اشباع‌پذیری مانند SF_6، برای شکل‌دهی تپ‌های لیزرهای گازکربنیک نیز، به‌خوبی شناخته شده است [۴]. اما به نظر می‌رسد که در این پژوهش‌ها، اشاره‌ای به اثر گسست چندفوتونی این مولکول‌ها در شکل‌دهی تپ‌های لیزری نشده است. بنابراین، در این پژوهش به بررسی اثر این فرآیند در شکل‌دهی تپ‌های لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری پرداخته شده است.

با تابش‌دهی مولکول‌های SF_6، با تپ‌های پرشدت لیزر گازکربنیک کوک شده روی خط ۱۰P(۲۰) (با طول‌موج μm ۱۰/۶) که در تشدید با گذارهای ارتعاشی-چرخشی پایه‌ی این مولکول‌ها هستند، طی فرآیندهای جذب و گسست چندفوتونی، سرانجام مولکول‌ها از هم گسیخته و دچار تغییر شیمیایی می‌شوند. از آن‌جا که فرآیند گسست چندفوتونی، فرآیندی بسیار تیز و سریع با یک آستانه‌ی شاریدگی تپ فرودی است و با جذب چشمگیر انرژی لیزری فرودی انجام می‌پذیرد، می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای روی شکل تپ‌های تراگسیلی داشته باشد. شایان یادآوری است که تپ‌های گسیلی لیزرهای گازکربنیک به‌خودی خود دارای شاریدگی بسیار پایین‌تری از شاریدگی آستانه‌ی گسست بیشتر مولکول‌ها هستند. از همین رو، می‌توان با کانونی‌سازی تپ‌های لیزری به‌کمک عدسی‌های مناسب، با کاهش اندازه سطح‌مقطع باریکه و افزایش شاریدگی آن، به‌ویژه در لکه‌ی کانونی، به شاریدگی آستانه‌ی گسست چندفوتونی مولکول‌های خواسته شده و بسیار بالاتر از آن نیز دست یافت.

۲- آزمایش

چیدمان به‌کار گرفته شده در این رشته آزمایش‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) : چیدمان آزمایشگاهی به‌کاررفته.

این چیدمان، دربرگیرنده یک لیزر گازکربنیک تپی فشار اتمسفری کوک‌پذیر Lumonics, model 103-2 است که روی خط ۱۰P(۲۰) تنظیم شده است. کاواک بازآواگر لیزر دربرگیرنده یک توری پراش خمیده mm^{-1} ۱۰۰ به شعاع m ۳۰ و آینه‌ی جلوی ژرمانیومی M_1 با تراگسیل ٪۵۰ است. تپ‌های گسیلی این لیزر دارای انرژی J ۴ و دربرگیرنده یک لبه پیشرو با دیرش زمانی پیرامون ns ۹۰ و یک دنبـــاله به درازای μs ۳-۵ با آمیـــزه‌ی گـــازی

$CO_2:N_2:He \equiv ۱ : ۰/۴ : ۵$ است. برای بهبود کیفیت باریکه گسیلی لیزر و حذف ناهنجاری‌های فضایی آنها، از روزنه‌ی A_1، جاگذاری شده بین توری G و پنجره بروستر استفاده شده است. بـرای بررسی خط گسیلی لیزر، بخشی از تپ‌های گسیلی از لیزر به کمک باریکه‌شکاف BS_1 از جنـس NaCl با بازتابندگی ٪۸ به یک بیناب‌سنج لیزری (Opt. Eng. Inc.,16-A) فرستاده می‌شود. شکل تپ‌های اولیه به کمک یک آشکارساز فوتون‌دراگ (ORIE,7415) و یک اسیلوسکوپ

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

دیجیتالی با پهنای باند ۲۵۰ MHz نمایش داده می‌شود. قطر باریکه‌ی ورودی به سلول به‌کمک روزنه‌ی A_2 به قطر mm ۱۷ قبل از عدسی اول L_1، انتخاب شده است. انرژی تپ ورودی به اتاقک نیز، به‌کمک باریکه‌شکاف BS_2 از جنس NaCl با بازتابندگی ٪۸ و ژول‌سنج J_1، (Coherent, LM-P10) اندازه‌گیری می‌شود.

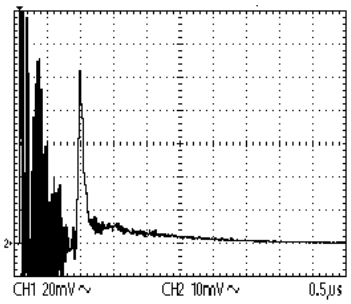
اتاقک تابش‌دهی از جنس پیرکس، به درازای cm ۹ و قطر داخلی mm ۱۸ با پنجره‌های بروستر در دو سمت آن، ساخته شده است. در دو سوی اتاقک، دو عدسی همسان L_1 و L_2 از جنس ZnSe، با فاصله کانونی cm ۱۰ و لایه‌نشانی پادبازتاب قرار داده شده‌اند. از آن‌جا که شاریدگی آستانه برای گسست مولکول‌های SF_6 برابر $\phi_{th} = 2\ \mathrm{J/cm^2}$ گزارش شده [۸]، عدسی L_1 در فاصله‌ای از اتاقک قرار داده شده که پنجره‌های بروستر آن بتوانند شدت پرتو لیزری را روی خود تحمل نمایند و همزمان، پرتو لیزری کانونی شده به محض ورود به آن دارای چگالی انرژی بالاتر از آستانه‌ی گسست چندفوتونی باشد. برای تنظیم فشار گاز SF_6 درون اتاقک نیز، از یک پمپ روتاری P و دو شیرسوزنی در ورودی و خروجی، به همراه یک فشارسنج مکانیکی g، در بازه‌ی mbar ۱۲۵- ۰ سود جسته شده است.

تپ‌های تراگسیلیده از عدسی دوم نیز با یک آشکارساز فوتون‌دراگ (ORIE, 7415) و همان اسیلوسکوپ ردیابی می‌شوند. انرژی این تپ‌ها نیز به کمک باریکه‌شکاف BS_3 از جنس NaCl با بازتابندگی ٪۸ و ژول‌متر J_2 (Coherent, LM-P10) اندازه‌گیری می‌شود.

فشار گاز SF_6 درون اتاقک، از mbar ۵-۱۲۰ تغییر داده شد و همزمان، شکل تپ‌های لیزری ثبت گردیدند.

۳- نتایج و بحث

نمونه‌ای از شکل تپ‌های ورودی لیزر در شکل (۲) نشان داده شده که در آن، میخه‌ی تیز پیشرو، دارای دیرش زمانی ۹۰ns و یک دنباله‌ی دراز µs ۵ است.



شکل (۲): رد زمانی تپ‌های گسیلی لیزر به‌کار رفته.

داده‌های به‌دست آمده در فشارهای گوناگون در جدول (۱) آورده شده‌اند.

جدول (۱): داده‌های مربوط به فشارهای گوناگون.

انرژی خروجی (mJ)	نسبت دامنه میخه به دنباله تپ	فشار گاز (mbar)
۱۴۰۰	۷٫۷	۵
۱۲۰۰	۸٫۶	۱۰
۱۰۰۰	۸	۲۰
۸۵۷	۸	۳۰
۸۰۰	۷	۴۰
۶۵۴	۷٫۶	۵۰
۶۰۰	۷٫۴	۶۰
۴۱۴	۶٫۳	۷۰
۳۵۷	۳٫۶	۸۰
۳۱۴	۲٫۸	۸۵
۳۰۰	۰	۹۰
۲۴۰	۰	۱۰۰
۱۷۰	۰	۱۱۰
۱۲۰	۰	۱۲۰

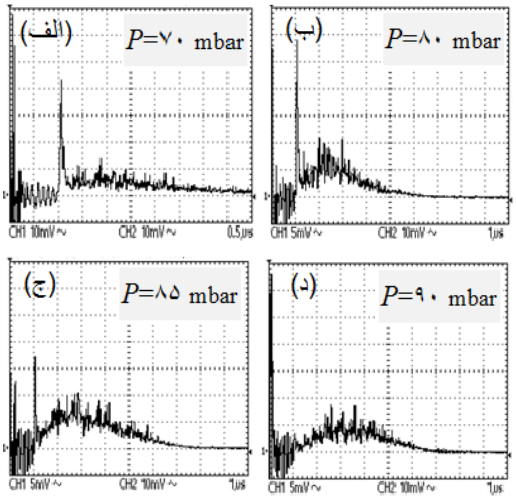
از داده‌های جدول روشن است که با افزایش فشار گاز SF_6 در بازه‌ی mbar ۰-۶۰، همراه با افت کم و یکنواخت انرژی خروجی، نسبت دامنه‌ی میخه به دنباله‌ی تپ، نسبتاً ثابت می‌ماند. اما در فشارهای mbar ۷۰-۸۵، روند افت دامنه‌ی

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

میخه‌ی تپ، آهنگ تندتری می‌یابد، تا این که از فشارهای ۹۰ mbar به بالا، میخه‌ی تپ لیزری به‌طور کامل حذف و تنها دنباله‌ای به درازای ۵ µm برجا می‌ماند.

نمونه‌هایی از شکل تپ‌های لیزری در فشارهای مختلف در بازه‌ی ۷۰-۹۰ mbar در شکل (۳) نشان داده شده‌اند.



شکل (۳): نمونه‌هایی از شکل تپ‌های لیزری در فشارهای مختلف از گاز داخل اتاقک (به مقیاس‌های عمودی و افقی توجه شود).

با توجه به شاریدگی بسیار بالای تپ‌های فرودی، گمان می‌رود که این رفتار ریشه در فرآیند گسست چندفوتونی مولکول‌های SF_6 داشته باشد. چنین می‌توان گفت که در این شاریدگی بالا، بخش بزرگی از مولکول‌هایی که در مسیر تابش‌دهی قرار دارند گسسته می‌شوند. با این حال، در فشارهای پایین‌تر از ۸۵ mbar انرژی لازم برای گسستن همه‌ی مولکول‌ها هنوز کمتر از کل انرژی میخه‌ی تپ است. با بالا رفتن فشار و چگالی گاز، در مرز ۸۵ mbar، شمار مولکول‌هایی که تابش‌دهی می‌شوند به اندازه‌ای می‌رسد که انرژی لازم برای گسست آنها تقریبا برابر با انرژی میخه‌ی تپ‌های فرودی است. به این ترتیب، با گسسته شده همه‌ی این مولکول‌ها، مسیری که توسط دنباله تپ پیموده می‌شود دارای چگالی گاز جاذب بسیار پایینی خواهد بود که جذب کم و عبور بالای آن را به‌دنبال خواهد داشت. با افزایش بیشتر فشار تا ۱۲۰ mbar، دیده شد که دامنه‌ی دنباله‌ی تپ‌ها نیز رفته رفته کاهش می‌یابد؛ چرا که در این فشارها پس از جذب کل انرژی میخه‌ی تپ‌ها هنوز هم مولکول‌های SF_6 در مسیر تابش‌دهی باقی می‌مانند و می‌توانند با جذب فوتون‌های دنباله‌ی تپ‌ها، از شدت آنها بکاهند.

بدین ترتیب، با این روش نه تنها می‌توان نسبت دامنه‌ی میخه به دنباله را در لیزرهای گازکربنیک فشار اتمسفری کنترل نمود، که می‌توان تپ‌های با درازی چند µs از این لیزرها را نیز فراهم ساخت.

۴- نتیجه‌گیری

دراین پژوهش، اثر گسست چندفوتونی گاز SF_6 بر شکل تپ‌های لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری بررسی شد. نشان داده شد که با افزایش فشار گاز SF_6، دامنه‌ی میخه‌ی تپ لیزر گازکربنیک کاهش می‌یابد و در نهایت در فشار mbar ۹۰، به طور کامل حذف می‌شود و تنها دنباله‌ی تپ به درازای ۵ µm با انرژی قابل ملاحظه‌ای برجا می‌ماند.

سپاسگزاری

نویسندگان، از کمک‌های فنی آقایان محمدرضا صدر قاینی و محمد طالبی از پژوهشکده لیزر و اپتیک پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایران سپاسگزاری می‌نمایند.

مراجع

[1] F. Ouellette, M. Piche, “Pulse shaping and passive mode-locking with a nonlinear Michelson interferometer”. Optics Comms.Vol 60, pp. 99-103, 2002.
[2] Alcock, A. and P. Corkum, “Ultra-fast switching of infrared radiation by laser-produced carriers in semiconductors”. Canadian Journal of Physics. 57(9): p. 1280-1290, 1979.
[3] Hurst, N. and S. Harilal, “Pulse shaping of transversely excited atmospheric CO_2 laser using a simple plasma shutter”. Review of Scientific Instruments. 80(3): p. 035101, 2009.
[4] H. Kleiman and S. Marcus.CO2 laser pulse shaping with saturable absorbers. Journal of Applied Physics 44, 1646 , 1973.
[5] Kazuyuki Uno. “Relation between discharge length and laser pulse characteristics in longitudinally excited CO_2 laser”. J Infrared Milli Terahz Waves , 34:225–230, 2013.
[6] K. R. Manes and H. J. Seguin, “Analysis of the CO2 TEA laser”. Journal of Applied Physics 43, 5073, 1972.
[7] N.R. Heckenberg. “Pulse shaping in a laser with an irradiance dependent cavity mirror”. Journal of Modern Optics, 37:11, 1815-1824 ,1990.
[8] J. L. Lyman,“Multiplephoton isotope separation in SF6: Effect of laser pulse shape and energy,pressure, and irradiation geometry”, The Journal of Chemical Physics 67, 4545, 1977.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]