

23<sup>rd</sup> Iranian Conference on Optics and Photonics and 9<sup>th</sup> Conference on Photonics Engineering and Technology Tarbiat Modares University, Tehran, Iran January 31- February 2, 2017

# بررسی اثر گسست چندفوتونی گاز SF<sub>6</sub> بر شکل تپهای لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری

صالحه بهشتی پور ای ابراهیم صفری ۱، عباس مجدآبادی٬، فاطمه رازقی٬ داود احدپور٬ زهرا پورحسننژاد٬ مریم ایلچی٬

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز <sup>۲</sup> پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هستهای، تهران

چکیده – در این پژوهش، اثر گسست چندفوتونی گاز ۶F۶ بر شکل تپهای لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری بررسی شده است. فشار گاز ۶F۶ در گستره mbar ۰-۱۲۰ تغییر داده شد و در هر فشار، شکل تپها ثبت شدند. با افزایش فشار در بازهی ۸۵ mbar ۸۰–۸۵، یک افت ناگهانی در نسبت دامنه میخه به دنباله تپ لیزری دیده شد که سرانجام در فشارهای بالاتر از ۸۵ mbar ۸ به حذف کامل میخه و برجا ماندن دنبالهی تپها همچون یک تپ بلند ۴ ۹–۵ انجامید.

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

# Investigation on Multi-Photon Dissociation Effects in SF<sub>6</sub> on TEA CO<sub>2</sub> Lasers Pulse Shape

#### S.Beheshtipour<sup>1\*</sup>, E.Safari<sup>1</sup>, A.Majdabadi<sup>2</sup>, F.Razeghi<sup>2</sup>, D.Ahadpour<sup>2</sup>, Z.Pourhassannejad<sup>2</sup> and M.Eilchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, University of Tabriz, Tabriz <sup>2</sup> 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  $\mu$ s long pulse with completely removed spike at the pressures higher than 85 mbar.

Keywords: TEA CO2 laser, SF6, Multi-Photon Dissociation

#### 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 اشباع پذیر [۴] استفاده میشود. از سوی دیگر، تپهای الند 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، بهره گیری از گازهای جاذب اشباع پذیری مانند ،SF، برای شکل دهی تپهای لیزرهای گاز کربنیک نیز، به خوبی شناخته شده است [۴]. اما به نظر می رسد که در این پژوهشها، اشارهای به اثر گسست چندفوتونی این مولکول ها در شکل دهی تپهای لیزری نشده است. بنابراین، در این پژوهش به بررسی اثر این فرآیند در شکل دهی تپهای لیزری گاز کربنیک فشار اتمسفری پرداخته شده است.

با تابشدهی مولکولهای ۶F۶، با تپهای پرشدت لیزر گازکربنیک کوک شده روی خط (۱۰۰۹ (با طول موج μμ (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 تسیلی لیزرهای گازکربنیک بهخودی خود دارای شاریدگی بسیار پایینتری از شاریدگی آستانهی گسست بیشتر

تپهای لیزری به کمک 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 به کار گرفته شده در این رشته آزمایشها در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) : چیدمان آزمایشگاهی به کاررفته.

این چیدمان، دربرگیرنده یک لیزر گازکربنیک تپی فشار اتمسفری کوکپذیر 2-Lumonics, model است که روی خط (۱۰۹(۲۰ تنظیم شده است. کاواک بازآواگر لیزر دربرگیرنده یک توری پراش خمیده <sup>۱-</sup>۲۰۰ سه شعاع m ۳۰ و آینه یجلوی ژرمانیومی M با تراگسیل ۸۰٪ است. تپهای گسیلی این لیزر دارای انرژی J ۶ و دربرگیرنده یک لبه پیشرو با دیرش زمانی پیرامون ۹۰ n و یک دنباله به درازای ۳μ –۵ با آمیرزه گ

۵:  $*/•: 1 \equiv CO_2:N_2:He$  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. برای بررسی خط گسیلی لیزر، بخشی از تپهای گسیلی از لیزر به کمک باریکهشکاف  $BS_1$  از جنس INACl با بازتابندگی // به یک بینابسنج لیزری .(Opt. Eng. بازتابندگی // به یک بینابسنج لیزری .(Opt. Eng. یک آشکارساز فوتون دراگ (ORIE,7415) و یک اسیلوسکوپ

9.9

دیجیتالی با پهنای باند ۲۵۰ MHz نمایش داده می شود. قطر باریکهی ورودی به سلول به کمک روزنهی <sub>۲</sub>۸ به قطر mm ۱۷ قبل از عدسی اول <sup>۱</sup>L، انتخاب شده است. انرژی تپ ورودی به اتاقک نیز، به کمک باریکه شکاف <sub>۲</sub>BS از جنس NaCl با بازتابندگی ٪۸ و ژول سنج <sub>۱</sub>L، (-Coherent, LM) اندازه گیری می شود.

اتاقک تابشدهی از جنس پیرکس، به درازای ۹ ۳ و قطر داخلی ۱۸ mm با پنجرههای بروستر در دو سمت آن، ساخته شده است. در دو سوی اتاقک، دو عدسی همسان  $L_1$ و  $L_1$  از جنس SnSe، با فاصله کانونی ۱۰ Cm و لایهنشانی پادبازتاب قرار داده شدهاند. از آنجا که شاریدگی آستانه برای گسست مولکولهای  $F_2$  برابر ۲ml که شاریدگی آستانه 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  $F_2$  درون اتاقک نیز، از یک پمپ روتاری P و دو شیرسوزنی در ورودی و خروجی، به همراه یک فشارسنج مکانیکی g، در بازهی Tom 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 ۳BS از جنس NaCl با بازتابندگی ٪۸ و ژولمتر Coherent, Jr) (LM-P10 اندازه گیری میشود. فشار گاز ۶Fs 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 ۵ μs است.



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

فشار گاز	نسبت دامنه میخه	اندژی خروحی
(mbar)	به دنباله تپ	(mJ)
۵	Y∕X	14
١.	٨٫۶	17
۲.	٨	1
٣٠	٨	٨۵٧
۴.	٧	٨٠٠
۵۰	<b>۲</b> /۶	۶۵۴
۶.	٧٫۴	۶۰۰
٧٠	۶/٣	414
٨٠	٣٫۶	۳۵۷
٨۵	۲٫۸	414
٩٠	•	۳۰۰
1	•	74.
11.	•	١٧٠
17.	•	17.

جدول (۱): دادههای مربوط به فشارهای گوناگون.

از دادههای جدول روشن است که با افزایش فشار گاز ۶F۶ در بازهی mbar --۰۶، همراه با افت کم و یکنواخت انرژی خروجی، نسبت دامنهی میخه به دنبالهی تپ، نسبتاً ثابت میماند. اما در فشارهای ۲۰ mbar، روند افت دامنهی

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 μm ۵ برجا میماند.

## نمونههایی از شکل تپهای لیزری در فشارهای مختلف در



بازهی ۷۰ 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 می رود که این رفتار ریشه در فرآیند گسست چندفوتونی مولکولهای sF۶ داشته باشد. چنین می توان گفت که در این شاریدگی بالا، بخش بزرگی از مولکولهایی که در مسیر تابشدهی قرار دارند گسسته میشوند. با این حال، در فشارهای پایین تر از mbar انرژی لازم برای گسستن همهی مولکولها هنوز کمتر از کل انرژی میخهی تپ است. با بالا رفتن فشار و چگالی گاز، در مرز 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 می شود 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 یس از جذب کل انرژی میخهی تپها هنوز هم مولکولهای

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 ۶F۶ بر شکل تپهای لیزری گازکربنیک فشار اتمسفری بررسی شد. نشان داده شد که با افزایش فشار گاز ۶F۶، دامنهی میخهی تپ لیزر گازکربنیک کاهش مییابد و در نهایت در فشار mbar م. به طور کامل حذف میشود و تنها دنبالهی تپ به درازای µµ ۵ 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

- F. Ouellette, M. Piche, "Pulse shaping and passive modelocking 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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.