

بررسی اثر غلظت بر پارامترهای اپتیک خطی و غیرخطی ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید

امینی، زهرا^۱؛ جعفری، اکبر^۲؛ نیکو، عباس^۳

^۱ آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر، گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه

^۲ گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده نازلو، صندوق پستی ۱۶۵

چکیده

در این مقاله، ضریب شکست غیرخطی ماده ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید که به روش شیمیایی سنتز شده، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. برای این کار، ماده مورد نظر در حلال دی متیل فرم آمید حل شده و غلظت‌های مختلفی از آن را تهیه کرده ایم. آزمایش به روش جاروب-Z با استفاده از لیزر Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر و در توان‌های مختلف انجام شده است. ضریب شکست غیرخطی n_2 در غلظت‌های مختلف، با استفاده از داده‌های تجربی و محاسبات نظری به دست آمده است. نشان داده شد که با تغییرات غلظت، طیف جذب خطی و همچنین ضریب شکست غیرخطی تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند.

Investigating the Effect of the Concentration on Linear and Nonlinear Optical Parameters of 3-Nitro Phenyl Carbohydrazide

Amini, Zahra¹; Jafari, Akbar²; Nikoo, Abbas³

¹ Laser Research Laboratory, Department of physics, University of Urmia

² Department of Physics, University of Urmia, 11km Nazlou Road, Post box: 165.

Abstract

In this paper, nonlinear refractive index of 3-nitro phenyl Carbohydrazide, which is chemically synthesized, was studied and examined. To do this, the desired material is dissolved in a Dimethylformamide solvent and its different concentrations are prepared. The experiment is performed by Z- scan technique with second harmonic line of a Nd-YAG laser in different powers. Nonlinear refractive index n_2 of the sample was obtained at different concentrations by using theoretical and experimental data. It is shown that along with concentration changes, the spectra of linear absorption and nonlinear refractive index have got significant changes.

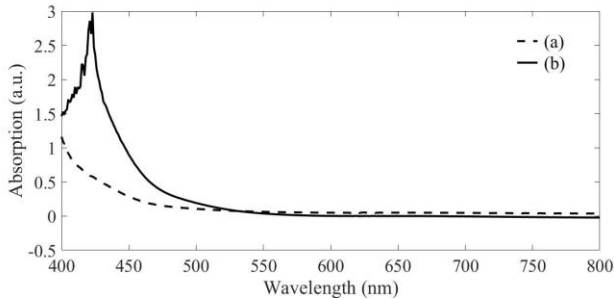
PACS No. 42

مقدمه

هیدرازین از جمله ترکیبات آلی متداول مورد استفاده در پروژه‌های صنعتی می‌باشد. اخیراً با توجه به اثرات مضر هیدرازین بر بدن انسان و محیط زیست مصرف این ماده کاهش یافته و اقدامات گسترده‌ای برای جایگزینی آن با مواد غیرسمی در حال انجام است. یکی از این مواد جایگزین کربوهیدرازید می‌باشد [۲]. علاوه بر کاربردهای صنعتی، خواص دارویی و درمانی کربوهیدرازیدها و

با توجه به کاربردهای مواد آلی در صنعت و پزشکی، بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها از جمله پاسخ غیرخطی اپتیکی مواد دارای اهمیت ویژه‌ای است [۱ و ۲]. از این رو پژوهشگران در تلاش برای یافتن موادی هستند که خاصیت نوری غیرخطی خوبی از خود نشان می‌دهند [۳].

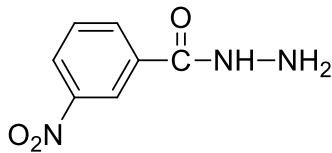
که در این رابطه $L=1\text{cm}$ ضخامت سلول دستگاه است و T میزان عبور نور می‌باشد. بنابراین مقدار ضریب جذب خطی نمونه با استفاده از رابطه بالا 0.163 cm^{-1} به دست می‌آید.



شکل ۱: طیف جذبی ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید حل شده در دی متیل فرم آمید (a) نمونه (I) و (b) نمونه (II)

بررسی خواص نوری غیرخطی

برای انجام آزمایش مقادیر مختلفی از ماده ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید را در حلال دی متیل فرم آمید (DMF) حل کرده و محلول آن را در غلظت‌های مختلف تهیه می‌کنیم. دیاگرام مولکولی این ماده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲: دیاگرام مولکولی ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید

برای اندازه‌گیری خواص نوری غیرخطی نمونه از روش جاروب-Z استفاده می‌شود که شامل دو چیدمان است؛ چیدمان با روزنه باز برای تعیین ضریب جذب غیرخطی β و چیدمان با روزنه بسته برای تعیین ضریب شکست غیرخطی n_2 استفاده می‌شود. برای این کار نمونه را در یک سلول کوارتز با ضخامت $6/89$ میلی‌متر می‌ریزیم. از یک لیزر Nd-YAG با طول موج 532 نانومتر که توزیع فضایی گوسین دارد استفاده می‌کنیم. چیدمان آزمایشگاهی جاروب-Z در شکل ۲ نشان داده شده است [۶و۷].

مشتقات آن‌ها [۴] ما را بر آن داشته که به بررسی خواص اپتیکی غیرخطی یکی از مواد این خانواده بپردازیم.

روش‌های مختلفی برای تعیین غیرخطیت در مواد وجود دارد؛ روش‌هایی مانند: اختلاط چهارموج تبهگن، تداخل‌سنج و جاروب-Z که هر کدام مزایا و معایب خود را دارند. روش جاروب-Z یکی از ساده‌ترین روش‌ها در میان بقیه است. این روش ابزاری مؤثر و ساده برای اندازه‌گیری ضریب جذب غیرخطی و ضریب شکست غیرخطی در هر نمونه می‌باشد [۵]. شیخ بهایی و همکارانش در سال ۱۹۸۹ روش جاروب-Z را ارائه دادند که به دلیل سادگی روش و تفسیر داده‌های آن مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت [۶]. در نتیجه در این کار هم نتایج خواص غیرخطی ماده ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید با استفاده از محاسبات جاروب-Z تجزیه و تحلیل شد و پاسخ‌های نوری خطی آن‌را با استفاده از طیف سنجی UV-vis اندازه‌گیری کردیم.

طیف جذبی

جذب خطی نمونه با استفاده از دستگاه UV-vis اندازه‌گیری شده است. برای بررسی طیف جذبی دو غلظت مختلف از ماده تهیه کرده‌ایم؛ نمونه اول (I) با غلظت 5 mg از مولکول ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید حل شده در 1 cc حلال دی متیل فرم آمید و نمونه دوم (II) با غلظت 20 mg از ماده در 1 cc از حلال تهیه شده است. نمودار طیف جذبی هر دو غلظت در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌شود؛ با افزایش غلظت از نمونه (I) به نمونه (II) تغییرات قابل ملاحظه‌ای در محدوده طول موجی 400 تا 520 نانومتر در طیف جذب خطی نمونه اتفاق می‌افتد. همچنین از این نمودار مشاهده می‌شود که میزان جذب نمونه در طول موج لیزر مورد استفاده (532 نانومتر)، برای هر دو غلظت تقریباً برابر بوده و مقدار 0.071 می‌باشد. ضریب جذب خطی ماده نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\alpha = -\frac{1}{L} \ln T \quad (1)$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ بردار موج (λ طول موج لیزر می باشد)،
 $I_0 = 2p_{in}/\pi\omega_0^2$ شدت پرتو لیزر در کانون، p_{in} توان ورودی
 لیزر و ω_0 کمره‌ی پرتو لیزر درون نمونه است. L_{eff} طول موثر
 نمونه از رابطه‌ی زیر بدست می آید:

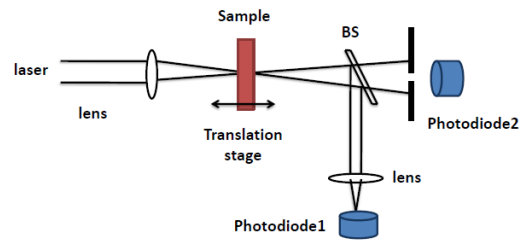
$$L_{eff} = (1 - e^{-\alpha l}) / \alpha \quad (۴)$$

و α ضریب جذب خطی نمونه می باشد.

مقدار ضریب شکست غیرخطی ماده در سه غلظت متفاوت در
 جدول ۱ گزارش شده است. نمونه اول (I) با غلظت ۵ mg از
 مولکول ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید حل شده در ۱ cc حلال دی
 متیل فرم آمید، نمونه دوم (II) با غلظت ۲ برابر یعنی ۱۰ mg از
 ماده در ۱ cc حلال و نمونه سوم (III) که بهترین نتیجه محسوب
 می شود با غلظت ۲۰ mg از ماده در ۱ cc از حلال تهیه شده است.

جدول ۱: مقادیر ضریب شکست غیرخطی محلول در ۴ غلظت مختلف با توان ورودی ۲۵mW	
نمونه	n_2 (m ² /w)
نمونه اول (I)	$۱/۱۶۴ \times ۱۰^{-۱۰}$
نمونه دوم (II)	$۳/۵۰۵ \times ۱۰^{-۱۰}$
نمونه سوم (III)	$۶/۰۹۷ \times ۱۰^{-۱۰}$

منحنی‌های مربوط به ضریب شکست غیرخطی در هر سه
 غلظت در شکل ۴ نشان داده شده است. در چیدمان با روزنه بسته
 حرکت نمونه باعث تغییر شدت بر روی آشکارساز ۲ شده که بر
 اثر آن یک قله قبل از کانون و یک دره بعد از کانون ایجاد می شود،
 این پدیده را خود-واکانونی می گویند. وجود قله و دره به دنبال هم
 نشان دهنده ضریب شکست غیرخطی منفی می باشد. همانطور که
 در شکل نشان داده شده، در غلظت‌های پایین اختلاف ΔT_{p-v}
 کمتر بوده و در غلظت‌های بالاتر این اختلاف بیشتر شده و اثر
 غیرخطیت بهتر نمایان می شود. اگر افزایش غلظت را ادامه دهیم
 انحلال پذیری ماده کم شده و محلول به اشباع می رسد، در نتیجه
 اثر غیرخطیت ثابت باقی می ماند. شکل ۴ داده‌های تئوری و تجربی
 را نشان می دهد که به خوبی با یکدیگر تطابق دارند. برای نرمالیزه
 کردن نمودارها از رابطه ۵ در نرم افزار متلب استفاده کردیم.



شکل ۳: چیدمان آزمایشگاهی Z-scan

جهت انتشار پرتو لیزر محور Z می باشد که نمونه در این راستا
 حرکت می کند. در این شکل BS شکافنده پرتو است، پرتو لیزر
 توسط یک عدسی محدب که در فاصله ۱۰ سانتی متر از آن قرار
 دارد کانونی می شود. در چیدمان با روزنه بسته آشکارساز ۲ پشت
 دریچه‌ای کوچک قرار می گیرد و میزان عبور پرتو را ثبت می کند
 که برای اندازه گیری ضریب شکست غیرخطی n_2 استفاده می شود.
 در چیدمان با روزنه باز تمام توان خروجی از نمونه توسط یک
 عدسی محدب بر روی آشکارساز ۱ جمع می گردد که برای اندازه-
 گیری ضریب جذب غیرخطی β استفاده می شود [۳، ۸]. در هر دو
 چیدمان برای مواد مختلف، چگونگی و نحوه عملکرد به طور کیفی
 و کمی تجزیه و تحلیل می شود و امکان اندازه گیری مستقیم و
 آسان و دقیق ضرایب غیرخطی و علامت آن‌ها فراهم می شود [۶].
 ضخامت نمونه بسیار کمتر از طول رایلی پرتو ($20/\text{mm}$) می-
 باشد. وقتی نمونه در معرض نور لیزر قرار می گیرد و روی ریل
 متحرک شروع به حرکت می کند، شدت پرتوی لیزر بر روی
 آشکارساز تغییر می کند. علت این تغییر پاسخ غیرخطی محیط
 مادی و اثر کر ایجاد شده وابسته به شدت لیزر در ماده می باشد.
 ضریب شکست غیرخطی از رابطه زیر به دست می آید [۸ و ۶].

$$n_2 = \Delta T_{p-v} / 0.406(1-S)^{0.25} KI_0 L_{eff} \quad (۲)$$

که در این رابطه ΔT_{p-v} فاصله ی بین دره و قله نمودار عبوری
 بهنجار شده و S پارامتر خطی دریچه است که از رابطه زیر به
 دست می آید:

$$S = 1 - \exp(-2r_a^2 / \omega_a^2) \quad (۳)$$

r_a شعاع روزنه و ω_a شعاع پرتو در روزنه هستند.

و بررسی قرار گرفت. برای بررسی خواص غیرخطی سه غلظت مختلف از این محلول تهیه شده است و ضریب شکست غیرخطی هرکدام به روش جاروب-Z روزنه بسته و با استفاده از لیزر Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. وجود قله-دره در نمودار متناظر با نمونه‌ها حاکی از ضریب شکست غیرخطی منفی می‌باشد که اثر خود-واکانونی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای به دست آمده و اختلاف قله و دره، خاصیت غیرخطی در غلظت‌های بالاتر بهتر نمایان شده است به طوری که در غلظت‌های پایین اثر غیرخطیت به ندرت دیده شده و هر چه غلظت ماده بیشتر می‌شود، غیرخطیت در ماده نیز مشهودتر است. در غلظت‌های خیلی بالا انحلال پذیری ماده کم شده و محلول به اشباع می‌رسد، در نتیجه اثر غیرخطیت نیز از بین می‌رود. نمودار طیف جذبی ماده با استفاده از دستگاه UV-vis برای دو غلظت مختلف از محلول به دست آمده است؛ میزان جذب خطی ماده در طول موج ۵۳۲ نانومتر در هر دو غلظت تقریباً یکسان بوده و به غلظت محلول بستگی ندارد، اما در طول موج‌های کمتر (۴۰۰-۵۲۰ nm) شاهد تغییرات قابل توجهی در طیف جذبی دو نمونه هستیم. این ماده علاوه بر خواص گسترده‌ی پزشکی، می‌تواند در شاخه‌های الکترونیک، الکترونیک نوری و فوتونیک نیز مورد استفاده قرار گیرد.

مرجع‌ها

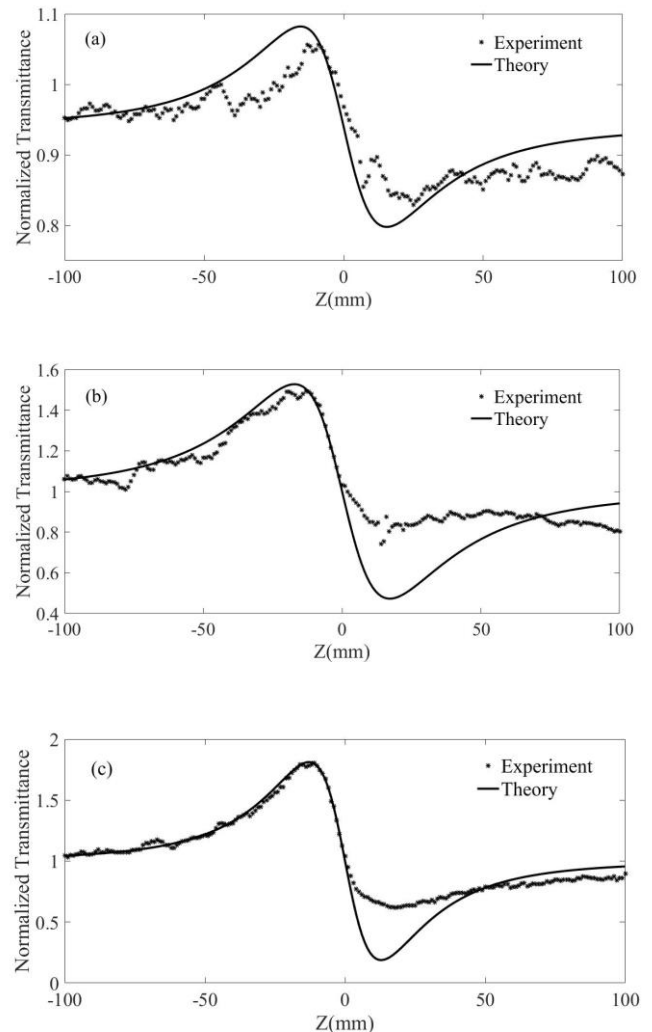
- [۱] H. Motiei, A. Jafari and R. Naderali. "Third-order nonlinear optical properties of organic azo dyes by using strength of nonlinearity parameter and Z-scan technique." *J. Optics & Laser Technology* 88 (2017) 68-74.
- [۲] A. Banweg, D. G. Wiltsey and B. N. Nimry. "Carbohydrazide-A Hydrazine Replacement: 10 Years of Utility Experience." *J. The EPRI International Conference on Cycle Chemistry in Fossil Plants, Baltimore, Maryland* (1991).
- [۳] R. W. Boyd. "Nonlinear Optics." Academic press, San Diego, (1992).
- [۴] Mansour, A. Kader, M. M. Eid and N. S. Khalil. "Synthesis and reactions of some new heterocyclic carbohydrazides and related compounds as potential anticancer agents." *J. Molecules* 8.10 (2003) 744-755.
- [۵] S. Abed, K. Bouchouit, M. S. Aida, S. Taboukhat, Z. Sofiani, B. Kulyk and V. Figa. "Nonlinear optical properties of zinc oxide doped bismuth thin films using Z-scan technique." *J. Optical Materials* 56 (2016) 40-44.
- [۶] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan and E. W. V. Stryland. "Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam." *IEEE J. Quantum Electronics* 26.4 (1990) 760-769.
- [۷] M. Sheik-bahae, A. A. Said and E.W. Van Stryland. "High-sensitivity, single-beam n 2 measurements." *J. Optics letters* 14.17 (1989) 955-957.
- [۸] K. Jamshidi-Ghaleh, S. Salmani and M. H. Majles Ara. "Nonlinear responses and optical limiting behavior of fast green FCF dye under a low power CW He-Ne laser irradiation." *J. Optics Communications* 271.2 (2007) 551-554.

$$T(z) = 1 - \frac{bX}{(1+X^2)(9+X^2)} \quad (5)$$

که در این رابطه

$$X = Z/Z_0 \quad \text{و} \quad Z_0 = k\omega_0^2/2$$

و Z_0 طول پراکندگی رایلی است که برابر $20/7$ میلی‌متر می‌باشد و ω_0 پهنای پرتو در نقطه کانون است.



شکل ۴: منحنی‌های آزمایش جاروب-Z روزنه بسته (a) نمونه I، (b) نمونه II و (c) نمونه III در شدت ورودی $74/47 \text{ kW/m}^2$

نتیجه گیری

در این مقاله، خواص نوری خطی و غیرخطی ماده ۳-نیترو فنیل کربوهیدرازید حل شده در محلول دی متیل فرم امید مورد مطالعه