

بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ۱۳۹۸ بهمن ۱۳۹۸



بررسی تاثیر غلظت بر ویژگیهای اپتیک خطی و غیرخطی محلولهای حاوی

رنگ اسید فیوشن

محمد برزن^۱، نوشین السادات حسینی تهرانی^{۲،*}، عطااله کوهیان محمدآبادی^۲ ⁽پژوهشکده فوتونیک و فناوریهای کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هستهای ^۲دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران hosseini96@ut.ac.ir*

چکیده – در این مقاله به بررسی تاثیر غلظت بر ویژگیهای اپتیک خطی و غیرخطی محلولهای حاوی رنگ اسید فیوشن میپردازیم. نمونهها در سه غلظت (۲/۰ – ۱/۱ – ۰/۵ میلی مولار) تهیه شدهاند. طیف لومینسانس نمونهها با استفاده از لیزر دیودی با طولموج ۵۳۲ نانومتر بهعنوان چشمهی تحریک، اندازه گیری شد. نتایج نشان میدهند افزایش غلظت، افزایش ضریب جذب و شدت لومینسانس را بههمراه دارد، همواره برای تمامی غلظتها طولموج بیشینه جذب ثابت است اما در نمودارهای لومینسانس همراه با افزایش غلظت برای طولموج بیشینه، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) روی میدهد. همچنین نمونه ها در تمامی غلظتها رفتار غیرخطی گرمایی از خود بروز میدهند. ضرایب جذب و شکست غیرخطی با علامت منفی بهدست آمدند که بهترتیب ناشی از پدیدهی جذب اشباعی و اثر خود واکانونی می باشد.

كليد واژه- اسيد فوشين(Fuchsin acid)، رنگ(Dye)، لومينسانس، روبش- Z، اپتيک غيرخطي.

Investigation the effect of concentration on the linear and nonlinear optical properties of acid fusion **dye** solutions Mohammad Barzan¹, Nooshin. S. Hosseini^{2,*}, Ataallah Koohian².

¹Department of Photonics and Quantum Technologies, Institute of Nuclear Science and Technology, Tehran, Iran. ²Physics department, university of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper, we investigate the effect of concentration on the linear and nonlinear optical properties of solutions containing fusion acid dyes. Samples were prepared in three concentrations (0.2-0.1-0.05 mM). The luminescence spectrum of the samples was measured by a diode laser at a wavelength of 532 nm as excitation source. The results show that the increase in concentration, **lead to** increase in absorption coefficient and intensity of luminescence, absorption **peak wavelength** is constant for all concentrations, but with increasing concentration for the luminescence **peak wavelength** the red shift occurs. Samples also show nonlinear thermal behavior at all concentrations. The nonlinear refractive index and absorption coefficients of samples have negative sign due to the saturable absorption and self-defocusing effects, respectively.

Keywords: Fuchsin acid, dye, luminescence, Z-scan technique.

۱– مقدمه

اسید فیوشن نوعی رنگ سمی، قرمز رنگ، محلول در آب و از خانواده تری فنیل متان با فرمول شیمیایی C₂₀H₁₇N₃O9S₃Na₂ و جرم مولی ۵۸۵/۵۳۸ می– باشد. از نامهای دیگر این رنگ میتوان به روبین-اس و اسید وایولت ۱۹ اشاره کرد[۱]. رنگهای تری فنیل متان از مهم– ترین رنگهای صنعتی هستند که جزء اولین رنگهای سنتز و توسعه یافته به شمار میآیند و هنوز هم کاربردهای فراوانی دارند. این رنگها به خاطر شدت بالای رنگدهی و درخشندگی قرمز، سبز و آبی و پایداری کم آنها بر روی اکثر زیرلایهها مورد توجه قرار گرفتهاند[۲].

رنگهای تری فنیل متان (TPM) با توسعهی لیزرهای دارای تپ فوق کوتاه از پیکوثانیه به فمتوثانیه، بارها مورد بررسی قرار گرفتند[۳]. زیرا زمان آرام شدن رنگهای TPM متناسب با پهنای تپ لیزر و با تغییر گرانروی محلول، به راحتی قابل تنظیم است. طول عمر فلورسانس(T_f) رنگ-های TPM به شدت با گرانروی محلول متناسب است و از چند ييكوثانيه تا ۴ نانوثانيه مي تواند تغيير كند [۴]. حساسیت شدید (T_f) به گرانروی دلیل اصلی کاربرد رنگ-های TPM به عنوان پویش گرهای مولکولی برای بررسی گرانروی در مواد چگال است. همچنین، طول موجهای نوسان لیزرهای تپی فوق کوتاه موجود با بیشینهی جذب رنگهای TPM مطابقت دارد[۵]. در سال ۲۰۰۷ گروه وینیتا از دانشگاه آنا هند، رفتار ایتیک غیرخطی اسید فیوشن با غلظت ثابت را در فازهای جامد و مایع، تحت تاثیر بوتانول و پلیمتیلمتاکریلات بررسی کردند[۶]. در حالی که تاثیر غلظت رنگ مذکور بر مشخصات خطی و غیر خطی مورد بررسی قرار نگرفته است که این مقاله سعی دارد به این مهم بپردازد. ساختار شیمیایی اسید فیوشن در شکل ۱ نمایش داده شده

است.

NaO₃S H₂N -O₃S -O₃S -O₃S -O₃S -CH₃ NH₂ -CH₃ NH₂ -CH₃ NH₂ -CH₃ NH₂ -CH₃ -

۲- مواد و روشها

نمونههای محلول رنگ از ترکیب پودرهای رنگ و آب دوبار یونیزه در غلظتهای مختلف تهیه شده اند. غلظت نمونهها بهترتیب ۲/۰(A) و ۱/۰(B) و ۲/۰(C) میلیمولار می-باشد.

بیناب جذب نمونهها با بینابنگاری جذبی مرئی-فرابنفش دستگاه اسپکترومتر AvaSpec-ULS2048L مورد بررسی قرار گرفت. همچنین بیناب لومینسانس نمونهها به کمک لیزر دیودی در طولموج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد. ضرایب جذب و شکست غیرخطی به کمک روش شناخته شده روبش-Z و با استفاده از لیزر دیودی دارای توان خروجی ۷۰ میلیوات و طولموج ۵۳۲ نانومتر، عدسی با فاصله کانونی ۱۰ سانتیمتر و روزنه به قطر ۱ میلیمتر اندازه گیری شده-است.

نتایج بینابنگاری جذبی مرئی-فرابنفش نشان میدهد که با افزایش غلظت، اگرچه طولموج بیشینه و پهنای نوار جذب ثابت میماند اما، میزان جذب متناسب با غلظت افزایش مییابد. منحنیهای مربوط به بیناب جذب محلول-های رنگ و نیز نتایج مربوط به آن در شکل ۲ و جدول ۱ نمایش داده شدهاند.

185

بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران، ۱۵–۱۶ بهمن ۱۳۹۸



شکل ۲: بیناب جذب نمونههای رنگ اسید فیوشن در غلظتهای مختلف.

جدول.۱: نتایج مربوط به نمودارهای جذب مرئی-فرابنفش.

نمونه	C-F	B-F	A-F
$\alpha (cm^{-1})$	•/•VY	•/١٨١	•/۴٨•
A _{max}	•/•.	• / ٢ • ٢	•/۵۴۹
$\lambda_0(nm)$	546	546	546
$\Delta\lambda(nm)$	۶۱	۶١	۶١

نتایج مربوط به بیناب لومینسانس (شکل ۳ و جدول ۲) نشان میدهد، اگرچه با افزایش غلظت رنگ ها پهنای نوار گسیل ثابت میماند، اما، شدت لومینسانس افزایش مییابد. همچنین، با افزایش غلظت، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) برای طول موج قله لومینسانس اتفاق میافتد.



شکل۳: بیناب لومینسانس نمونههای رنگ اسید فیوشن در غلظتهای مختلف.

هنگامی که ماده فوتون را جذب میکند، وارد حالت برانگیخته شده و پس از آن، انرژی خود را از دست میدهد. با توجه به اینکه فوتون گسیل شده نسبت به فوتون جذب شده انرژی کمتری دارد، به این اختلاف انرژی، یا به عبارتی، تفاوت بین طول موجهای بیشینهی بینابهای جذب و گسیل، جابجایی استوکس می گویند.

جدول ۲: نتایج مربوط به نمودارهای بیناب لومینسانس.				
نمونه	A-F	B-F	C-F	
_				

I _{max}	•/197	•/١•٣	•/•۵۵
$\lambda_0(nm)$	۵۹۲	۵۸۹	۵۸۶
$\Delta\lambda(nm)$	٩٨	٩٨	٩٨
Stokes shift (nm)	۴۸	۴۵	47

همان طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می شود، با افزایش غلظت، جابجایی استوکس افزایش مییابد. از آنجایی که رنگ در غلظتهای پایین به صورت مونومر می باشد، بنابراین، اندر کنش رنگ-رنگ قابل چشم پوشی است و درنتیجه، افزایش شدت لومینسانس با افزایش غلظت را شاهد هستیم. همچنین، جابجایی قرمز در طول موج قله لومینسانس با افزایش غلظت، ناشی از جذب مجدد و گسیل مجدد حاصل از هم پوشانی لبه طول موج بلند بیناب جذب و طول موج کوتاه بیناب گسیل می باشد.

۳-۲- ویژگیهای غیرخطی

نمودارهای حاصل از آزمایش روبش-Z در شکلهای ۴ و ۵ نشان داده شدهاند که نتایج حاصل از آنها در جدول ۳ قابل مشاهده است. اثرات اپتیک غیرخطی ظاهر شده از نوع غیرخطیت گرمایی هستند، دلیل ایجاد خواص اپتیکی غیرخطی گرمایی این است که کسری از توان لیزر فرودی به هنگام عبور از ماده، جذب شده و دمای ماده را افزایش میدهد که این خود به تغییر ضریب شکست میانجامد[۸].



پرداختیم. نتایج نشان میدهند افزایش غلظت، افزایش ضریب جذب و شدت لومینسانس را بههمراه دارد، در نمودارهای بیناب جذب، همواره برای تمامی غلظتها طول-موج بیشینه جذب ثابت است اما در نمودارهای لومینسانس همراه با افزایش غلظت برای طول موج بیشینه، جابجایی به سمت قرمز (Red shift) روی میدهد. پهنای نوارهای جذب سمت قرمز (Red shift) روی میدهد. پهنای نوارهای جذب تمامی غلظتها رفتار غیرخطی گرمایی از خود بروز می-دهند که ضریب شکست غیرخطی آنها بهدلیل اثر خود واکانونی منفی و ضریب جذب غیرخطی آنها نیز بهدلیل پدیدهی جذب اشباعی منفی میباشد. با افزایش غلظت فرایب جذب و شکست و تغییر فاز غیرخطی نمونهها افزایش مییابد.

مرجعها

- [1] R. W. Sabnis, *Handbook of acid-base indicators*: CRC Press, 2007.
- [2] D. F. Duxbury, "The photochemistry and photophysics of triphenylmethane dyes in solid and liquid media," *Chemical reviews*, vol. 93, no. 1, pp. 381-433, 1993.
- [3] G. Busch, and P. Rentzepis, "Picosecond chemistry," *Science*, vol. 194, no. 4262, pp. 276-283, 1976.
- [4] D. Ben-Amotz, R. Jeanloz, and C. Harris, "Torsional dynamics of molecules on barrierless potentials in liquids. III. Pressure dependent picosecond studies of triphenylmethane dye solutions in a diamond anvil cell," *The Journal of chemical physics*, vol. 86, no. 11, pp. 6119-6127, 1987.
- [5] M. Ishikawa, J. Y. Ye, Y. Maruyama, and H. Nakatsuka, "Triphenylmethane dyes revealing heterogeneity of their nanoenvironment: Femtosecond, picosecond, and single-molecule studies," *The Journal of Physical Chemistry A*, vol. 103, no. 22, pp. 4319-4331, 1999.
- [6] G. Vinitha, and A. Ramalingam, "Nonlinear studies of Acid Fuchsin dye in liquid and solid media," *Spectrochimica acta part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 69, no. 4, pp. 1160-1164, 2008.
- [7] G. Vinitha, and A. Ramalingam, "Single-beam Z-scan measurement of the third-order optical nonlinearities of triarylmethane dyes," *Laser physics*, vol. 18, no. 10, pp. 1176-1182, 2008.
- [8] R. W. Boyd, *Nonlinear optics*: Elsevier, 2003.



شکل ۵: منحنی روبش-Z روزنه باز برای محلول های رنگ اسید فیوشن.

جدول ۳: نتایج مربوط به نمودارهای آزمایش روبش-Z.

نمونه	A-F	B-F	C-F
ضریب شکست غیرخطی n2 (cm²/W) × ۱۰ ^{-۹}	-۵/۱۳	- ۲ /۵ •	-1/۵۴
تغییر فاز غیرخطی Δφ ₀	٧/٧٢	۴/۳۸	۲/۸۳
ضریب جذب غیرخطی β (cm/W) × ۱۰ ^{-۴}	-۵/۶٨	-4/•4	-1/71

برای محلولهای اسید فیوشن در تمامی غلظتها ضریب شکست غیرخطی گرمایی، به دلیل اثر خود واکانونی، منفی و از مرتبهی ^{۹-} ۱۰ میباشد. همچنین ضریب جذب غیرخطی برای تمامی نمونهها، به دلیل پدیده ی جذب اشباعی، منفی و از مرتبه از عمی میباشند. همچنین بخاطر اثر غیر موضعی پرتوی فرودی، منحنی تئوری و تجربی در شکل ۵ اند کی اختلاف دارد. با افزایش غلظت ضرایب جذب و شکست و تغییر فاز غیرخطی نمونه ها افزایش مییابد. می دانیم که ضریب جذب کلی برابر با β + β = (I) β است و بنابراین بدلیل منفی بودن ضریب جذب غیرخطی، با افزایش غلظت ضریب جذب کل کاهش مییابد.

نتيجهگيرى

در این مقاله، به بررسی تاثیر غلظت بر ویژگیهای اپتیک خطی و غیرخطی محلولهای حاوی رنگ اسید فیوشن