بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

مطالعه اثر تابش پرتو β بر روی خواص اپتیکی غیرخطی محلول آلومینیوم کلرید شش آبه

رسول خدابخش، حسنقلی محمدی، اکبر جعفری، رحمان نجفی، محسن کریمی

دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده– در این مقاله، اثر تابش پرتو β بر روی ضریب شکست غیرخطی و جذب غیرخطی آلومینیوم کلرید شش آبه (AlCl3(H2O)6) حل شده در حلال اتانول آمین با استفاده از روش جاروب-z بطور کیفی بررسی شده است. برای این هدف از خط ۵۳۲ نانومتر موج پیوسته لیزر Nd:YAG دیود تلمبه‌ای استفاده شده است. منحنی‌های جاروب-z برای ضرایب جذب و شکست غیرخطی این محلول قبل و پس از تابش β اندازه‌گیری شد. نتایج ما یک کاهش قابل ملاحظه در جذب غیرخطی ناشی از تابش β و در نتیجه اثر یونیزاسیون را نشان می‌دهند. این در حالی است که ضریب شکست غیرخطی تقریبا بدون تغییر باقی می‌ماند.

کلید واژه– پرتو β، آلومینیوم کلرید شش آبه، جاروب-z، ضریب شکست غیرخطی، ضریب جذب غیرخطی.

Study of β radiation effect on nonlinear optical properties of solution of $AlCl_3(H_2O)_6$

Rasoul Khodabakhsh, Hasangholi Mohammadi, Akbar Jafari, Rahman Najafi, Mohsen Karimi

Urmia university, faculty of Science, Department of Physics

Abstract: In this paper, the effect of β radiation on nonlinear refraction and nonlinear absorption coefficients of $AlCl_3(H_2O)_6$ solved in ethanolamine was investigated qualitatively by Z-scan technique. For this purpose, we used the line of 532 nm of continuous wave Nd:YAG diode pump laser. The Z-scan curves of nonlinear absorption and refraction coefficients of this solution was measured after and before of β radiation. Our results show a significant decrease in the nonlinear absorption due to β radiation and consequence of ionization effect. However, the nonlinear refraction coefficient remains almost unchanged.

Keywords: β radiation, $AlCl3(H2O)_6$, Z-scan, , nonlinear refraction index, nonlinear absorption coefficient.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

۱-مقدمه:

آلومینیوم کلرید ترکیبی بیرنگ است که بشدت واکنش می‌دهد و گرما و صدا تولید می‌کند. تصعید می‌شود و برخی خواص کووالانسی را از خود نشان می‌دهد. همچنین در حلال‌های آلی حل شده و تیره‌تر می‌شود[۱]. ذره β در واقع گسیل مستقیم یک الکترون از هسته است. ذره β تک انرژی نیست، بلکه از خود انرژی‌های پیوسته‌ای تا یک مقدار بیشینه نشان می‌دهد. بنابراین برد ذرات β پیوسته بوده و به یک مقدار بیشینه می‌رسد. برد ذرات β در هوا در حدود چند سانتی‌متر تا یک متر است. ذرات β از طریق یونیزاسیون و برانگیختگی اتمی با مولکول‌های ماده برهمکنش می‌دهند. همچنین برهمکنش‌های β با ماده شامل پراکندگی برگشتی و پخش ترمزی و تشعشع چرنکو نیز می‌شود. یونیزاسیون اولیه مستقیما بوسیله تشعشع فرودی شروع می‌شود و یونیزاسیون ثانویه متعاقبا بوسیله یون‌های تولید شده در پدیده یونیزاسیون اولیه بوجود می‌آید[۲و۳].

روش جاروب-z پس از آنکه توسط شیخ بهایی و همکارانش در سال ۱۹۸۹ معرفی شد، بطور مؤثر برای اندازه‌گیری غیرخطیت‌های اپتیکی مورد استفاده قرار گرفت[۴]. در مقایسه با روش‌های دیگر، این روش ساده و دارای حساسیت بسیار بالا بوده و همزمان می‌تواند اندازه و علامت پارامترهای غیرخطی مواد را اندازه بگیرد. در این روش، یک پرتو با توزیع شدت گوسی در جهت z توسط یک عدسی کانونی می‌شود. نمونه در امتداد z و از میان کانون عدسی حرکت داده می‌شود و شدت عبوری از یک روزنه توسط یک فوتودیود در میدان دور بصورت تابعی از z اندازه‌گیری می‌شود. وقتی که نمونه در امتداد کانونی شدن پرتو حرکت می‌کند، خود-کانونی ($n_2 > 0$) یا خود-واکانونی ($n_2 < 0$)، جبهه موج پرتو و در نتیجه شدت پرتو عبوری را تغییر می‌دهد. برای ($n_2 < 0$) منحنی عبور دارای یک قله برای نمونه واقع در قبل از کانون و یک دره برای نمونه واقع در بعد از کانون خواهد بود. برای ($n_2 > 0$) حالت برعکس اتفاق می‌افتد. همچنین برای اندازه‌گیری ضریب جذب غیرخطی از روش جاروب-z با روزنه باز استفاده می‌شود. بطوریکه با جاروب نمونه در حوالی کانون مقدار جذب آن توسط یک فوتودیود بصورت تابعی از z اندازه‌گیری می‌شود. برای ضریب جذب غیرخطی مثبت ($\alpha_2 > 0$) منحنی جذب حاصل دارای یک دره در هنگام عبور نمونه از کانون خواهد بود و برای حالت ($\alpha_2 < 0$) منحنی جذب دارای یک قله خواهد بود. همچنین با استفاده از مقدار قله تا دره منحنی مربوط به شکست غیرخطی می‌توان مقدار عددی n_2 را طبق روابط زیر محاسبه کرد:

برای $|\Delta\Phi_0| \le \pi$:

$$\Delta T_{p-v} \cong 0.406(1-s)^{0.25}|\Delta\Phi_0| \qquad (۱)$$

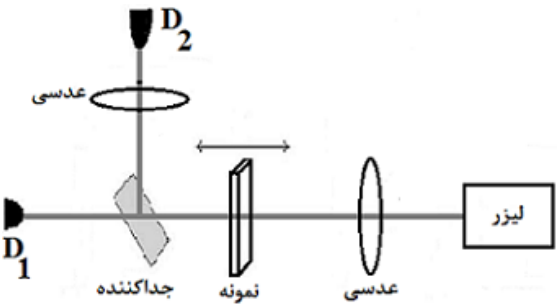
که در آن $\Delta\Phi_0 = k\Delta n(t)L_{eff}$ و $\Delta n = n_2 I$ و $S = 1-\exp\left(-r_a^2/w_a^2\right)$ عبور خطی روزنه است. w_a شعاع پرتو در روزنه در محدوده خطی است.

$L_{eff} = \left(1-e^{-\alpha l}\right)/\alpha$ ضخامت نمونه و α ضریب جذب خطی است.

با استفاده از جاروب-z با روزنه‌ی باز (S=1) ضریب جذب غیرخطی α_2، می‌تواند استنتاج شود.

در این تحقیق ما نمونه محلول آلومینیوم کلرید را پس از آنکه یک بار جاروب-z روی آن انجام شد بمدت نیم ساعت در مقابل چشمه بتازا تحت تابش پرتو β قرار دادیم. سپس دوباره جاروب-z بر روی آن انجام شد و نتایج بدست آمده ثبت گردید[۴و۵و۶].

شکل-۱ یک طرحواره از دستگاه جاروب-z را نشان می‌دهد:



شکل-۱: طرحواره آرایش هندسی جاروب-z که مقدار عبور روزنه‌ها بصورت تابعی از مکان نمونه z ثبت می‌شود.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

۲-نتایج آزمایشگاهی:

۲-۱- مواد مورد استفاده:

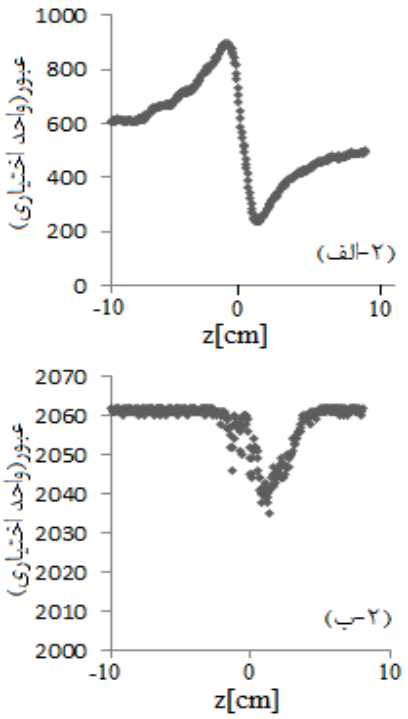
در ابتدا پودر آلومینیوم کلرید شش آبه ($AlCl_3(H_2O)_6$) (محصول شرکت آلدریچ) تهیه شده و برای حلال از اتانول آمین ۹۹٪ (محصول شرکت مرک آلمان) استفاده شد. برای این کار آلومینیوم کلرید را که بصورت پودر بود به مقدار ۰/۴ گرم در ۲۰ میلی‌لیتر اتانول آمین حل کرده و محلولی با غلظت ۰/۲ گرم در میلی‌لیتر بدست آوردیم.

۲-۲- اندازه‌گیری اپتیک غیرخطی:

برای مطالعه خواص اپتیک غیرخطی آلومینیوم کلرید شش آبه از روش جاروب-z استفاده کردیم، آزمایش‌ها با لیزر Nd:YAG پیوسته کار دیود تلمبه‌ای در هماهنگ دوم با طول موج ۵۳۲ نانومتر انجام شد. پرتو لیزر توسط یک عدسی ۱۰ سانتیمتری متمرکز شده بود. نمونه به منظور تغییر موقعیت آن در امتداد محور-z نسبت به موقعیت کانون، روی یک پایه متحرک سوار شده بود که توسط یک کامپیوتر جهت ثبت اطلاعات دریافتی کنترل می‌شد.

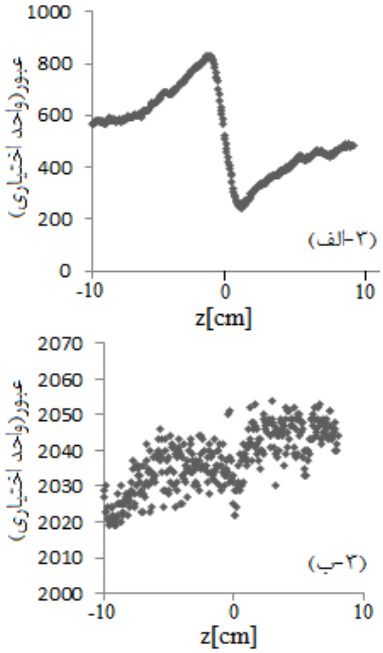
۲-۳- بحث:

در این تحقیق ابتدا نمودارهای جاروب-z مربوط به نمونه قبل از تابش β برای ضریب شکست و جذب غیرخطی با استفاده از توان ۲۰ میلی وات لیزر Nd:YAG بدست آمد. شکل (۲-الف) نمودار مربوط به شکست غیرخطی را نشان می‌دهد که در آن مقدار عبور بصورت تابعی از فاصله نمونه از موقعیت کانون (z) رسم شده است. همانطور که از شکل آشکار است ترکیب قله-دره این منحنی نشان دهنده یک ضریب شکست غیرخطی منفی ($n_2 < 0$) است. نمودار نشان داده شده در شکل (۲-ب) مربوط به جذب غیرخطی است. همانطور که از شکل آشکار است دره واقع در کانون نشان دهنده یک ضریب جذب غیرخطی مثبت ($\alpha_2 > 0$) برای آلومینیوم کلرید شش آبه است. سپس نمونه به مدت نیم ساعت مقابل چشمه β ، ^{90}Sr، با اکتیویته ۳ میکرو کوری تحت تابش β قرار گرفت. وقتی که پرتو β به ماده می‌تابد الکترون‌های موجود در نوار ظرفیت را در اثر یونیزاسیون جدا می‌کند. با توجه به اینکه احتمال تحریک از ترازهای مختلف در مولکول آلومینیوم کلرید متفاوت است، بنابراین انتظار می‌رود بعد از یونیزاسیون، تحریک توسط لیزر با دامنه احتمال متفاوت از حالت قبل از یونیزاسیون اتفاق بیافتد. نتایج بعد از تابش β در شکل ۳ (الف و ب) بترتیب برای ضریب شکست غیرخطی و جذب غیرخطی نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۳-ب مشاهده می‌شود ضریب جذب غیرخطی پس از تابش β بشدت کاهش می‌یابد. این در حالی است ضریب شکست غیرخطی تقریبا بدون تغییر باقی می‌ماند.



شکل-۲: (الف): نمودار عبور از روزنه بسته بصورت تابعی از z برای شکست غیرخطی قبل از تابش β. (ب): نمودار عبور از روزنه باز بصورت تابعی از z برای جذب غیرخطی قبل از تابش β.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]



شکل-۳: (الف): نمودار عبور از روزنه بسته بصورت تابعی از z برای شکست غیرخطی پس از تابش β. (ب): نمودار عبور از روزنه باز بصورت تابعی از z برای جذب غیرخطی پس از تابش β.

۳-نتیجه‌گیری:

با مقایسه نمودارهای مربوط به جذب غیرخطی مشاهده می‌شود که در نمونه قرار گرفته تحت تابش β جذب غیرخطی بشدت کاهش می‌یابد و این بخاطر اثر یونیزاسیون تحت تابش β است. از اینرو در نمونه قرار گرفته تحت تابش β جذب غیرخطی بشدت کاهش می‌یابد. ذکر این نکته ضروری است که الکترون‌های جدا شده از ماده که در محیط آزاد هستند، پس از مدتی دوباره با یون‌های مثبت ترکیب شده و ضریب جذب غیرخطی ماده دوباره به وضعیت حالت قبل از تابش β برمی‌گردد. همچنین همانطور که از مقایسه نمودارهای مربوط به شکست غیرخطی در شکل‌های (۲-الف) و (۳-الف) آشکار است تغییر چندانی در شکست غیرخطی قبل و پس از تابش β مشاهده نمی‌شود.

مراجع

[1] Helmboldt. O, Keith-Hudson. L, Misra. C, Wefers. K, Heck. W, Stark. H, Danner. M, Rösch. N, *Aluminum Compounds, Inorganic in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, (2007) 527-542.
[2] Wilson. W, *Absorption of Beta Rays*, **Phys**. **perspect**. 4 (2002) 40–77.
[3] Tsoulfanidis. N, *Measurement and Detection of Radiation*, Technical Typesetting Inc, (1995) 97-101.
[4] Sheik-bahae. M, Said. A. A, and Van Stryland. E. W, *High-sensitivity, single-beam n_2 measurements*, Science Direct, **Opt. Lett**, 14 (1989) 955-957.
[5] Jafari. A, Tajalli. H, and Ghanadzadeh. A, *Enhanced Optical Nonlinearities in Some Dye-Doped Nematic Liquid Crystals*, **Laser Phys**, 16 (2006) 1–5.
[6] Jafari. A, Tajalli. H, Abedi. M, *The effect of photo isomerization on the nonlinearity of an azo dye-doped nematic mixture*, **Opt. Commun,** 281 (2008) 2959–2963.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]