

بررسی خواص اپتیک غیر خطی کبالت کلرید ۶ آبه و کبالت نیترات ۶ آبه با استفاده از روش

جاروب-Z

احمد فخرالدین، الهه؛ جعفری، اکبر؛ نادر علی، رحیم؛ حمیده، مطیعی؛ عسگری، سعیده

آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر، گروه فیزیک، دانشگاه ارومیه

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

چکیده

در این کار تجربی، ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی نمک های کبالت کلراید ۶ آبه $[COCl_2 \cdot 6H_2O]$ و کبالت نیترات ۶ آبه $[CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$ حل شده در متانول با روش جاروب-Z اندازه گیری شده است. ضریب شکست غیر خطی آنها n_2 از مرتبه $10^{-10} m^2/w$ و ضریب جذب غیرخطی β از مرتبه $10^{-4} m/w$ بدست آمده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می دهد که غیرخطیت کبالت کلراید ۶ آبه بیشتر از کبالت نیترات ۶ آبه است.

Studying of nonlinear optics of cobalt (II) nitrat hexahydrate and cobalt (II) chlorid hexa hydrate by the Z-scan technique

Ahmad fakhroodin, Elahe; Jafari, Akbar; Naderali, Rahim; Motiei, Hamideh; Asgari, Saeedeh

Laser Research Laboratory, Department of physics, University of Urmia
Department of Physics, University of urmia km11 road inbox Nazloo 165

Abstract

In the present experimentation, the nonlinear refractive index and nonlinear absorption coefficient cobalt (II) nitrat hexa hydrate and cobalt(II)chloride hexa hydrate have been determined through the Z-scan method. The nonlinear refractive index and nonlinear absorption coefficients are in the order of $10^{-10} m^2/w$ and $10^{-4} m/w$, respectively. The results of this experiment indicate that, the nonlinearity of cobalt (II) chloride hexa hydrate is more than cobalt(II) nitrat hexa hydrate.

PACS No. 32

است تا بتوان از آنها در کاربرد هایی از جمله محدود کننده های اپتیکی، ادوات اپتوفوتونیک و فوتو الکترونیک استفاده کرد [۲] و [۳]. ویژگی های برجسته و کارآمد آن ها باعث شده مورد توجه بسیاری از محققین در صنعت قرار گیرند. ما در این مقاله برای

مقدمه

پاسخ ضعیف غیر خطی برخی مواد شناخته شده، در دهه های اخیر منجر به گرایش محققین برای یافتن موادی شده است که خاصیت غیر خطی از خود نشان میدهند [۱-۳]. ترکیبات معدنی به دلیل دارا بودن خواص منحصر به فرد مورد توجه ویژه قرار گرفته

به منظور اندازه‌گیری و مقایسه‌ی خواص نوری غیر خطی ترکیبات معدنی کبالت کلراید ۶ آبه و کبالت نیترات ۶ آبه از روش جاروب-Z شامل دو چیدمان تجربی روزنه بسته و روزنه باز استفاده می‌شود که به ترتیب می‌توان ضریب شکست غیر خطی n_2 و ضریب جذب غیر خطی β را تعیین کرد. به این منظور ترکیبات معدنی مورد نظر را در متانول حل کرده و در سل کوآرتز با ضخامت $6/89$ میلی‌متر می‌ریزیم. منبع نورمورد استفاده در آزمایش، لیزر دیود پمپ پیوسته کار در طول موج 532 نانومتر می‌باشد. در این کار تجربی نمونه را در معرض نور لیزر قرار می‌دهیم. پرتو لیزر توزیع فضایی گوسین دارد که توسط یک لنز محدب با فاصله‌ی کانونی 10 سانتی‌متر کانونی شده است. نمونه در راستای محور Z حرکت می‌کند، به علت پاسخ غیر خطی محیط مادی و اثر کر ایجاد شده، شدت پرتوی لیزر بر روی آشکار ساز تغییر می‌کند و چون لیزر پیوسته کار است می‌تواند علاوه بر اثر کر، در غیر خطیت این دو ماده منشا گرمایی هم که به شدت پرتو فرودی لیزر بستگی دارد تاثیر گذار باشد. در گام نخست با استفاده از چیدمان روزنه بسته ضریب شکست غیر خطی را توسط آشکار ساز ۱ اندازه‌گیری می‌گیریم. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در روش روزنه بسته حرکت نمونه باعث تغییر شدت نور در صفحه می‌شود که به موجب آن یک بیشینه‌ی تراگسیلی قبل کانون (قله) و یک کمینه‌ی تراگسیلی بعد از کانون (دره) مشاهده می‌شود که نشان دهنده‌ی ضریب شکست غیر خطی منفی و پدیده‌ی خود واکانونی است. هرکدام از شکل‌های a و b تطابق بین داده‌های تجربی و تئوری را بخوبی نشان می‌دهند. ضخامت نمونه بسیار کوچکتر از طول رایلی پرتو (207mm) می‌باشد [۵]. چیدمان آزمایشگاهی روش جاروب-Z در مرجع آمده است [۶]. در چیدمان دریچه بسته، ضریب شکست غیر خطی توسط رابطه زیر بدست می‌آید [۴و ۷-۱۰].

$$n_2 = \Delta T_{p-V} / 0 / 406(1-S)^{0.25} KI_0 L_{eff} \quad (1)$$

که ΔT_{p-V} فاصله‌ی بین دره و قله نمودار عبوری بهنجار شده،

$$S = \frac{2\pi}{\lambda} k \text{ بردار موج است. } (\lambda \text{ طول موج لیزر می‌باشد.})$$

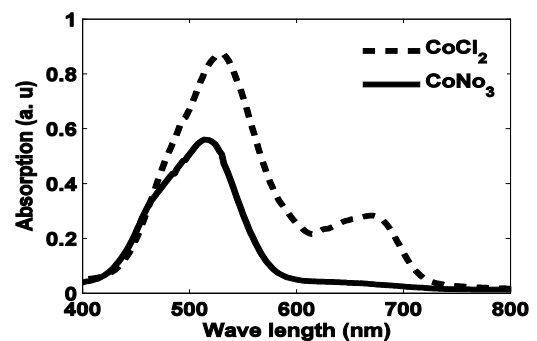
پارامتر خطی دریچه، L_{eff} طول موثر نمونه، $I_0 = 2p_{in} / \pi\omega_0^2$

اندازه‌گیری مشخصات غیر خطی این ترکیبات معدنی از روشی به نام جاروب-Z استفاده می‌کنیم.

روش جاروب-Z روشی بسیار ساده و در عین حال حساس برای اندازه‌گیری ضریب جذب و ضریب شکست غیر خطی است. شیخ بهایی و همکارانش در سال ۱۹۸۹ این روش را معرفی کردند که خیلی سریع مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت و دلیل پذیرفته شدن آن سادگی روش و تفسیر داده‌های آن می‌باشد [۴]. در این مقاله از این روش برای تعیین ضرایب مذکور دو نمک کبالت کلراید ۶ آبه و کبالت نیترات ۶ آبه حل شده در متانول استفاده می‌شود.

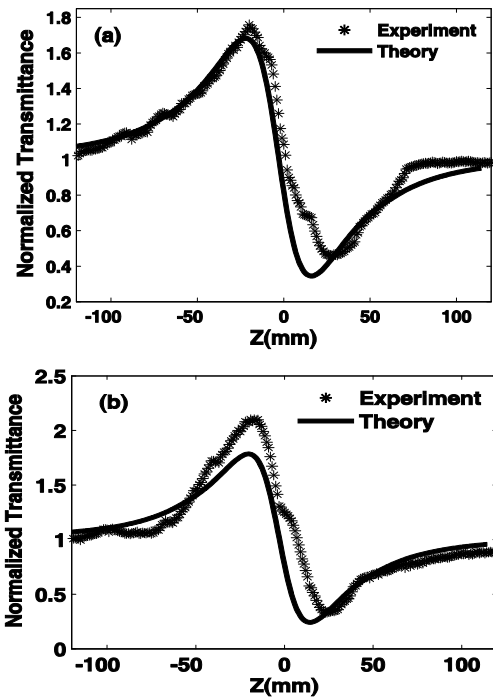
۱ طیف جذبی

اندازه‌گیری‌های مربوط به طیف جذب خطی هر کدام از ترکیبات معدنی کبالت کلراید و کبالت نیترات حل شده در متانول، با حذف اثر حلال توسط دستگاه طیف سنج $UV-vis$ بررسی و مقایسه شد که در شکل (۱) رسم شده است. میزان عبور خطی پرتو در 532 نانومتر برای کبالت کلراید 0.134 و برای کبالت نیترات 0.335 می‌باشد. با استفاده از رابطه‌ی $\alpha = -\ln T/d$ ضریب جذب خطی برای نمونه‌ها به ترتیب برابر 2.009 cm^{-1} و 1.03 cm^{-1} بدست آمده که نشان می‌دهد جذب خطی کبالت کلراید بیشتر است. در رابطه بالا، d ضخامت سلول و T میزان عبور پرتو است.

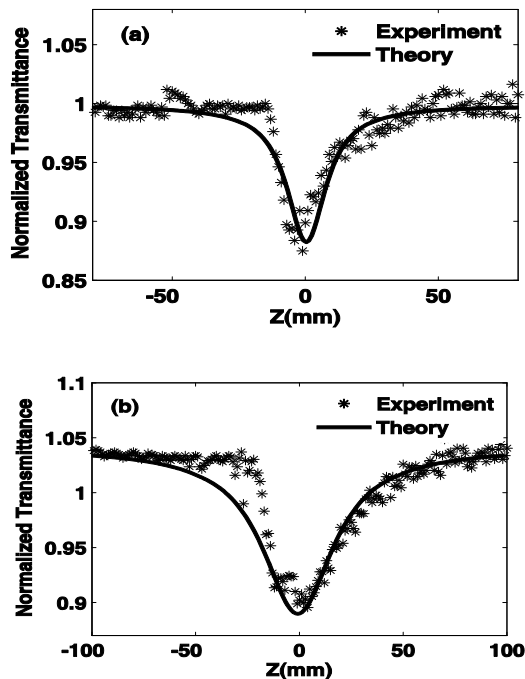


شکل ۱: طیف جذبی کبالت کلراید (منحنی خط چین) و کبالت نیترات (منحنی خط پر) حل شده در متانول.

۲ بحث و بررسی مشخصات اپتیک غیر خطی



شکل ۲: منحنی مربوط به آزمایش جاروب Z روزنه بسته (a) کبالت نیترات (b) کبالت کلرید در شدت ورودی $15/5 \text{ kw/m}^2$.



شکل ۳: منحنی مربوط به آزمایش روزنه باز (a) کبالت نیترات (b) کبالت کلرید حل شده در متانول در شدت ورودی $15/5 \text{ kw/m}^2$.

شدت برخوردی نور در نقطه ی کانونی، ω_0 کمره ی پرتو لیزر درون نمونه و p_{in} توان ورودی لیزر است. طول موثر نمونه از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$L_{eff} = (1 - e^{-\alpha l}) / \alpha \quad (2)$$

که α جذب خطی نمونه در توان های پایین لیزری می باشد. شکل (۲) منحنی های مربوط به درجه ی بسته نمونه های مورد نظر را نشان می دهد. ضریب شکست غیر خطی نمونه ها از مرتبه ی $10^{-10} \text{ m}^2/\text{w}$ می باشد. همچنین در گام بعدی ضریب جذب غیر خطی را با استفاده از چیدمان روزنه باز توسط آشکار ساز ۲ اندازه گیری می کنیم. برای روزنه باز تا قبل از رسیدن به کانون شدت تابشی افزایش می یابد در کانون بیشترین شدت تابشی را داریم، با عبور نمونه از کانون کاهش شدت و افزایش جذب غیر خطی را مشاهده می کنیم. شکل ۳a و ۳b منحنی های مربوط به آزمایش روزنه باز می باشد در این منحنی ها نیز همانند آزمایش قبل تطابق بین داده های تجربی و تئوری به خوبی قابل مشاهده است. با استفاده از چیدمان روزنه باز و با برازش نمودارهای تجربی، ضریب جذب غیر خطی β و تغییرات نرمال در شدت عبور طبق روابط زیر قابل محاسبه است.

(۴)

$$T(Z) = \frac{\ln(1 + q_0(z, t))}{q_0(z, t)}$$

$$\left(\beta = \frac{z_0^2}{I_0 L_{eff}} q(z, t) \right)$$

که در آن z_0 طول پراش پرتو $\kappa \omega_0^2 / 2$ است. منحنی گذار روزنه باز نسبت به نقطه ی کانون یا ($z = 0$) متقارن می باشد نتایج حاصل نشان می دهد که ضریب جذب غیر خطی کبالت کلرید 6 آبه حل شده در متانول بیشتر از کبالت نیترات 6 آبه حل شده در متانول است. ضریب جذب غیر خطی نمونه ها از مرتبه ی 10^{-4} m/w می باشد.

مواد می توان در محدود کننده های اپتیکی، ادوات اپتوفوتونیک و فوتوالکترونیک استفاده کرد.

مرجع ها

- [1] R.W. Boyd, "Nonlinear Optics", Academic Press, (2003).
 [2] Ed. Zyss, "Molecular Nonlinear Optics: Materials, Physics and Devices", Academic Press, (1994).
 [3] B.E.A. Saleh, M.C. Teich, "Fundamentals of Photonics", Wiley, (1991).
 [4] M. sheik-Bahae and A.A said, Wei, Tai-Huei and et. al, "sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam" *IEEE J. Quantum Electron*, **26** (1990) 760
 [5] J. Rajeev Gandhia, M. Rathnakumaria, K. Ramamurthib, R. Ramesh abuc, D. Sastikumard, P. Sureshkumar *Optik*. (2014) 6462–6465.
 [6] J. Wang, Y.X. Fan, J. Chen, B. Gu, H.T. Wang, Nonlinear properties of polyurethane-urea/multi-wall carbon nanotube composite films, *Opt. Laser Technol*, **42** (2010) 956-959.
 [7] M. Sheik-Bahae, A.A. Said and E.W. Van Stryland, "High-sensitivity, single-beam n_2 measurement", *Opt. Lett*, **14** (1989) 955.
 [8] M.G.Kuzyk, C.W. Dirk, Characterization Techniques and Tabulation for Organic Nonlinear Materials, *Opt. Engineerig*, (1998) 655–692.
 [9] T.C. SabariGirisun, S. Dhanuskodi. *Res. Technol*, **44** (2009) 1297–1302.
 [10] R. Naderali, A. Jafari & H. Motiei, "Nonlinear optical properties of carboxymethyl starch nanocomposite by Z-scan technique using a Nd-YAG laser", *Appl. phys. B*, **120** (2015) 681-687.

جدول ۱: مشخصات ضریب جذب و شکست غیر خطی		
نمونه	n_2 (m^2/w)	β (m/w)
کبالت نیترات	$12/48 \times 10^{-10}$	$16/04 \times 10^{-4}$
کبالت کلراید	$21/91 \times 10^{-10}$	$23/5 \times 10^{-4}$

مقادیر ضریب شکست غیر خطی نمونه ها که با استفاده از رابطه (۱) بدست آمده است، در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می دهد که ضریب شکست غیر خطی کبالت کلراید ۶ آبه بیشتر از کبالت نیترات ۶ آبه است. همچنین مقادیر جذب غیر خطی β نمونه ها که از تطابق بین داده های تجربی و تئوری و رابطه (۴) و (۵) حاصل شده، در جدول ۱ آورده شده است. ضرایب جذب غیر خطی و شکست غیر خطی کبالت کلراید بیشتر است.

نتیجه گیری

خواص نوری مرتبه سوم، ترکیبات معدنی کبالت کلراید ۶ آبه $(CO(NO_3)_2 \cdot H_2O)$ و کبالت نیترات ۶ آبه $(COCl_2 \cdot 6H_2O)$ حل شده در متانول را با استفاده از روش جاروب-Z روزنه باز و روزنه بسته و با استفاده از لیزر دیود پمپ پیوسته کار در طول موج ۵۳۲ نانومتر مورد بررسی و مقایسه قرار دادیم. برای روزنه بسته در هر دو نمونه از آنجا که یک دره بعد از قله آمده می توان استنتاج کرد که علامت ضریب شکست غیر خطی، منفی می باشد که اثر خود واکانونی را در پی خواهد داشت (شکل ۲). برای هر دو نمونه، منحنی جذب غیر خطی در نزدیکی کانون یک دره را نشان میدهد که ناشی از جذب دو فوتونی است (شکل ۳). در کبالت کلراید مقادیر β و n_2 و همچنین ضریب جذب خطی بیشتر از کبالت نیترات است. علت بیشتر بودن ضرایب جذب و شکست غیر خطی کبالت کلراید نسبت به کبالت نیترات ممکن است به دلیل متفاوت بودن ضریب جذب خطی این دو مواد نسبت بهم باشد (α برای کبالت کلراید ۲/۰۰۹ و برای کبالت نیترات ۱/۰۳ می باشد). از این