بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

تهیه وتعیین خواص اپتیکی غیرخطی نانوکامپوزیت پلی یورتان- سیلیکا به روش z اسکن

مرضیه ندافان[۱]، رسول ملک فر*[۱]، علی‌ایزدی دربندی[۲] و زهرا دهقانی[۱]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] دانشکده علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده - در این تحقیق نانوکامپوزیت پلی یورتان سلول باز و نانوذرات سیلیکا با دو درصد وزنی مختلف از نانوذرات سیلیکا فراهم شده است. با استفاده از روش z اسکن، ضرایب اپتیکی غیرخطی نمونه ها از جمله ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب غیرخطی بدست آمد که ضریب شکست غیرخطی آنها، n_2 ، منفی و از مرتبه(cm^2/W) $۱۰^{-۹}$ و ضریب جذب غیر خطی، β، از مرتبه(cm/W) $۱۰^{-۴}$ بدست آمد.

کلید واژه- پلی یورتان، سیلیکا، اپتیک غیرخطی، z اسکن.

Characterization of Nonlinear Optical Properties of Polyurethane/Silica Nanocomposites by Z-Scan Method

Marzieh Nadafan[1], Rasoul Malekfar [1,*], Ali Izadi-Darbandi [2] and Zahra Dehghani1

[1]Departmen of Physics, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. Iran

[2]Department of agronomy and plant breeding sciences, college of Aburaihan, university of Tehran, Tehran, I.R. Iran

Abstract- In this research PUOC/SiO_2 nanocomposites containing 1 and 2 wt% Sio_2 have been prepared. Nonlinear optical coefficient of samples such as nonlinear refractive index and nonlinear absorption coefficient were obtained by z scan technique. These features were calculated in order to 10^{-9} (cm^2/W) and 10^{-4}(cm/W), respectively.

Keywords: polyurethane, silica, nonlinear optic, z-scan.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-11-17]

۱- مقدمه

در دهه های اخیر، تلاش های زیادی در زمینه اپتیک غیرخطی و افزودن مواد غیرخطی جدید به آن انجام شده است تا در کاربردهایی از جمله محدود کننده های اپتیکی، ادوات اپتوفوتونیکی و فوتوالکترونیکی از آنها استفاده شود[۱-۳]. در ابتدا ویژگی اپتیک غیرخطی در مواد معدنی از جمله $LiNbO_3$ یافت شد اما پاسخ ضعیف غیرخطی آنها منجر به گرایش به سمت مواد آلی گردید[۲، ۳] تا اینکه در دهه ۱۹۸۰ مواد آلی به عنوان ماده ویژه در زمینه اپتیک غیرخطی معرفی شدند[۴]. این مواد به سرعت جایگاه خود را بدست آوردند که در این بین قابلیت آسان تبدیل شدن به فیلم، آستانه بالای تخریب لیزری و دیگر ویژگی های آنها کمک موثری در معرفی این مواد داشتند[۵].در سالهای اخیر، این مواد در ادوات اپتیکی و اپتوالکترونیکی، منتشر کننده های نوری، هماهنگ های دوم، مبدل فرکانسی، موجبرها و ... بکار می روند[۶].

روشz-scan روشی بسیار ساده و در عین حال حساس برای اندازه گیری ضریب جذب وضریب شکست غیرخطی است. دکتر شیخ بهایی و همکارانشان در سال ۱۹۸۹ این روش را معرفی کردند. این روش خیلی سریع مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت و دلیل پذیرفته شدن آن سادگی روش و تفسیر داده های آن است. در این تحقیق سعی شده تا از این روش برای تعیین ضرایب مذکور در نانوکامپوزیت های پلی یورتان سیلیکا استفاده شود.

۲- فرآیندهای تجربی

۲-۱- مواد

نانوذرات سیلیکا با اندازه ۱۵-۲۰ نانومتر خریداری شده از شرکت US Research Nanomaterial آمریکا، دی فنیل متان دی ایزوسیانات با چگالی ۱/۲۳ g/cm۳ ، پلی اتر پلی ال با چگالی ۱/۱ g/cm۳، که از شرکت اکسون پناه تهیه شده است.

۲-۲- سنتز نانوکامپوزیت ها

برای تهیه نانوکامپوزیت های حاوی درصدهای مختلف سیلیکا مقادیر مناسب توزین و به جزء پلی ال تحت همزدن شدید الکتریکی به مدت ۲۰ ثانیه با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه اضافه می شود تا محلولی همگن بدست آید. سپس جزء ایزوسیانات را به این محلول با دور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۴ الی ۵ ثانیه افزوده می شود. بعد از ۱۲ ثانیه واکنش کامل می گردد. نسبت پلی ال به ایزوسیانات یک به یک است. سپس محلولی با غلظت ۰/۱ مولار توسط N و N دی متیل فرمامید و نمونه های مورد نظر تهیه می گردد.

۳- نتایج و بحث

روش z اسکن شامل دو چیدمان تجربی دریچه بسته (closed aperture) و دریچه باز (open aperture) می باشد که به ترتیب قادرند ضریب شکست غیرخطی n_2 و ضریب جذب غیرخطی β را تعیین کنند. برای چیدمان دریچه بسته باز طیف عبوری بهنجار شده توسط رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta T_{p-v} = 0.406(1-S)^{0.25}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)n_2 I_0 L_{eff} \qquad (1)$$

که ΔT_{p-v} فاصله بین دره و قله نمودار عبوری بهنجار شده، S پارامتر خطی دریچه، L_{eff} طول موثر نمونه، $I_0 = 2P_{in}/\left(\pi\omega_0^2\right)$ شدت برخوردی نور در نقطه کانونی، ω_0 کمر پرتوی لیزر درون نمونه و P_{in} توان ورودی لیزر است.

در این آزمایش لیزر Nd:YAG با طول موج پیوسته و فرکانس هماهنگ دوم ۵۳۲ نانومتر استفاده شده است. نمونه در راستای محور z در مجاورت کانون با فاصله کانونی ۵ سانتی متر حرکت می کند (جهت z+ جهت انتشار نور لیزر است)[۴]. شدت عبوری توسط یک فوتودیود آشکار می شود. نمونه مورد نظر همان محلول ۰/۱ مولار در یک سل با ضخامت ۱ میلیمتر ریخته می شود.

طول موثر نمونه L_{eff} از رابطه زیر بدست می آید

$$L_{eff} = \left(1-e^{-\alpha}\right)/\alpha \qquad (2)$$

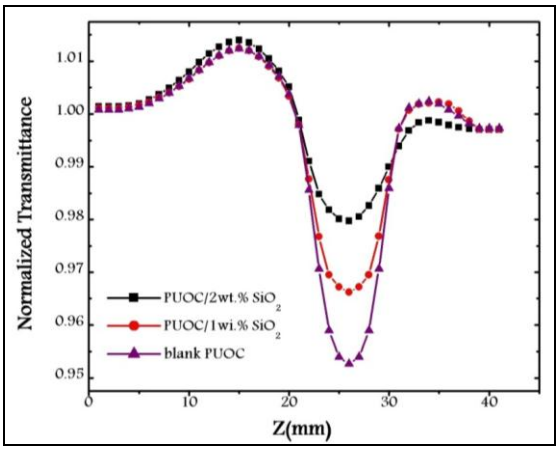
که α جذب خطی نمونه در توان های پایین لیزری می باشد و عبارتند از:

$$\alpha = -\frac{1}{L}Ln\left(\frac{P}{P_0}\right) \qquad (3)$$

که P و P_0 توان خروجی لیزر در حالت با نمونه و بدون نمونه می باشد. در این آزمایش ω_0 برابر ۰/۱۱۹ میلیمتر و دریچه در فاصله ۱۲۰ سانتیمتری صفحه کانونی قرار گرفته است. شکل ۱ منحنی بهنجار شده دریچه بسته

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-11-17]

نمونه های مورد نظر را نشان می دهد. از آنجا که یک دره بعد از قله در این منحنی ها بدست آمده می توان استنتاج کرد که علامت ضریب شکست غیرخطی نانوکامپوزیت های $PUOC/SiO_2$ منفی می باشد که اثر خودکانونگی (SELF-FOCUSING) را دربردارند. با استفاده از رابطه ۱ مقدار ضریب شکست غیرخطی نمونه ها بدست می آید که در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزودن نانوذرات سیلیکا به پلی یورتان سلول باز، ضریب شکست غیرخطی نمونه ها کاهش می یابد. بنابراین نانوذرات سیلیکا خاصیت غیرخطی نمونه ها را کاهش می دهند. ضریب شکست غیرخطی نمونه ها از مرتبه $10^{-9}\ (cm^2/W)$ می باشد.



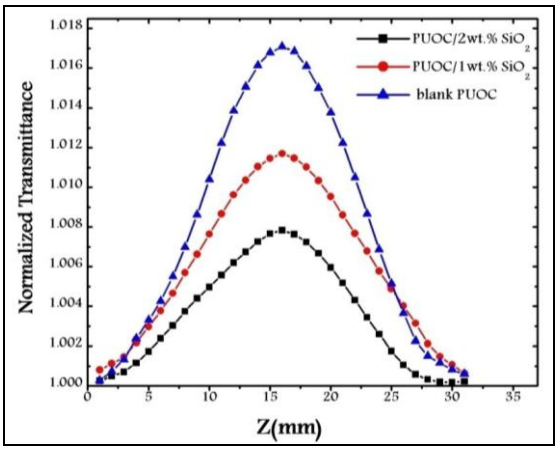
شکل ۱: منحنی های تجربی Zاسکن دریچه بسته نانوکامپوزیت های پلی یورتان-سیلیکا

با استفاده از چیدمان دریچه باز ضریب جذب غیرخطی، β، بدست می آید. برای فرآیندهای شامل جذب القایی $\beta \succ 0$ و فرآیندهای گذار القایی یا اشباع جذب القایی $\beta \prec 0$ می باشد[۷،۸]. مقدار β با برازش کردن نمودارهای دریچه باز با روابط زیر بدست می آید.

$$T_{norm}(z) = \frac{\ln(1+q_0(z,t))}{q_0(z,t)} \qquad (4)$$

$$q_0(z,t) = \frac{\beta I_0 L_{eff}}{1+z^2/z_0^2} \qquad (5)$$

که در آن $z_0 = k\omega_0^2/2$ طول پراش پرتو و $k = 2\pi/\lambda$ بردار موج است. منحنی گذار نرمالیزه دریچه باز نسبت به نقطه کانون یا $(z=0)$ متقارن می باشد(شکل ۲). مقادیر جذب غیرخطی نمونه ها در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که از شکل ۲ استنباط می شود با افزایش مقدار نانوذرات سیلیکا در پلی یورتان سلول باز مقدار ضریب جذب غیرخطی کاهش می یابد در حالی که ضریب جذب خطی نمونه ها افزایش می یابد. ضریب جذب غیرخطی نمونه ها از مرتبه $10^{-4}\ (cm/W)$ می باشد.



شکل ۲: منحنی های تجربی Zاسکن دریچه باز نانوکامپوزیت های پلی یورتان-سیلیکا

۴- نتیجه گیری

نانوکامپوزیت پلی یورتان سلول باز-سیلیکا با روش مخلوط کردن فراهم گردید. تمام نمونه ها تحت آزمایش Z اسکن قرار گرفتند و ضرایب اپتیکی غیرخطی آنها از جمله ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب غیرخطی نمونه ها بدست آمد که به ترتیب از مرتبه $10^{-9}\ (cm^2/W)$ و $10^{-4}(cm/W)$ بودند.

Sample	$I_0(W/cm^2)$	$\alpha(cm^{-1})$	$L_{eff}\ (mm)$	ΔT	$n_2(cm^2/W)$	$\beta(cm/W)$	$P_0(mW)$
PUOC	249.37	1.04	0.95	5.97×10^{-2}	5.7×10^{-9}	6.2×10^{-4}	55
PUOC/1% SiO_2	249.37	2.08	0.9	4.62×10^{-2}	4.7×10^{-9}	4.5×10^{-4}	55
PUOC/2% SiO_2	249.37	6.72	0.73	3.42×10^{-2}	4.3×10^{-9}	3.8×10^{-4}	55

جدول۱: تعیین برخی مشخصات اپتیک غیرخطی نانوکامپوزیت های $PUOC/SiO_2$

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-11-17]

با افزایش نانوذرات سیلیکا درون پلی یورتان سلول باز، مقادیر n_2 و β هردو کاهش یافتند ولی مقدار جذب خطی نمونه ها، α ، افزایش یافت که نشان کاهش عوامل غیرخطی درون نمونه ها با افزایش مقدار سیلیکا در آنها بود.

مراجع

[1] Boyd R.W., *Nonlinear Optics*, Academic Press, 2003.

[2] Zyss (Ed.) J., *Molecular Nonlinear Optics: Materials, Physics and Devices*, Academic Press, 1994.

[3] Saleh B.E.A., Teich M.C., *Fundamentals of Photonics*, Wiley, 1991.

[4] Wang J., Fan Y.X., Chen J., Gu B., Wang H.T., *Nonlinear properties of polyurethane-urea/multi-wall carbon nanotube composite films*, **Opt. Laser Technol.** 42 (2010) 956-959.

[5] Kariduraganavar M.Y., Tambe S.M., Tasaganva R.G., Kittur A.A., Kulkarni S.S., Inamdar S.R., *Studies on nonlinear optical polyurethanes containing heterocyclic chromophores*, **J. Mol. Struct.** 987 (2011)158-165.

[6] Maranski K., Kucharski S., Ortyl E., Nunzi J.M., Ahmadi-Kandjani S., Dabos-Seignon S., Chan S.W., Barille R., *Second harmonic generation and photochromic grating in polyurethane films containing diazo isoxazole chromophore*, **Opt. Mater**. 30 (2008)1832–1839.

[7] Sun L., Pan S., Chen Z., Wang N.R., *Third-order optical nonlinear properties of amorphous Si r SiO2 superlattices fabricated by magnetron sputtering*, **Opt. Commun.** 176 (2000) 239–243.

[8] Polloni R., Scremin B.F., Calvelli P., Cattaruzza E., Battaglin G., Mattei G., *Metal nanoparticles–silica composites: z–scan determination of non-linear refractive index* , **J. Non-Cryst. Solids** 322 (2003) 300–305.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-11-17]