



بیست و دومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هشتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۶ تا ۸ بهمن ماه ۱۳۹۴، دانشگاه یزد



اندازه گیری ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی نانولوله های کربنی

شیمای شریفی، صدیقه دادراس*، فاطمه شهشهانی

گروه فیزیک دانشگاه الزهرا (س)، ونک، تهران

*dadras@alzahra.ac.ir

چکیده - در این پژوهش از نانولوله های کربنی که با استفاده از کاتالیست نیکل و کبالت به روش CVD سنتز شده بود، استفاده نمودیم. برای بررسی ضریب شکست و جذب غیر خطی از تکنیک روبش Z استفاده شد. در این تکنیک از هارمونیک دوم لیزر پیوسته Nd:YAG با طول موج 532nm و با توان خروجی 60 mW بهره بردیم. اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد که نانولوله های کربنی سنتز شده دارای، ضریب شکست منفی است. همچنین نمونه ای که با کاتالیست نیکل سنتز شده نسبت به نمونه سنتز شده با کاتالیست نیکل و کبالت ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی بیشتری را دارا می باشد.

کلیدواژه- نانولوله کربنی، روش CVD، شکست غیرخطی، روش روبش Z.

Non-linear refractive index and absorption coefficient measurement of carbon nanotubes

Shima Sharifi, Sedigheh Dadras*, Fatemeh Shahshahani

Department of Physics, Alzahra University, Vanak, Tehran

*dadras@alzahra.ac.ir

Abstract- In this research, we used carbon nanotubes which were synthesized by Nickel and Cobalt catalists and CVD method. We used Z-Scan technique to investigate the non-linear refractive index and absorption coefficient. In this technique, we used the second harmonic of a continues Nd:YAG laser with a wave length of 532 nm and an output power of 60 mW. Measurements show that the synthesized carbon nanotubes have negative refractive index. Also the synthesized sample with nickel catalyst has greater non-linear refractive index and absorption coefficient compared to the synthesized sample with nickel and cobalt catalysts.

Keywords: Carbon nanotube, CVD method, Non-linear refractive index, z-scan method.

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

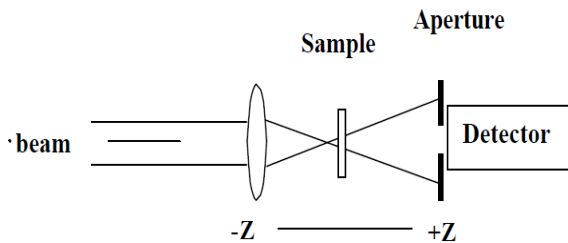
۱- مقدمه

در التراسونیک قرار داده تا محلول یکنواختی حاصل شود. مقداری از سوسپانسیون آماده شده را بر روی لامل با ضخامت 1mm ریخته تا لایه نازک و یکنواختی از محلول CNT ها روی لامل ایجاد شود. سپس رفتار غیرخطی آنها مورد بررسی قرار گرفت.

برای محاسبه ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی از روش روبش Z و از هارمونیک دوم لیزر پیوسته Nd:YAG با طول موج 532 nm و با توان خروجی 60 mw استفاده شد. همچنین از عدسی به فاصله کانونی 5cm برای متمرکز کردن باریکه لیزر استفاده نموده و شعاع کمر پرتو 34μm اندازه گیری شد.

۲-۱- روبش Z روزنه بسته

چیدمان آزمایشگاهی برای اندازه گیری ضریب شکست غیر خطی در شکل ۱ آمده است. با قرار گرفتن یک روزنه در پشت نمونه و در ناحیه میدان دور می توان ضریب شکست غیرخطی نمونه را بدست آورد. با حرکت نمونه در طول باریکه گوسی (محور Z)، توان تراگسیل عبوری از نمونه به عنوان تابعی از Z توسط آشکارساز ثبت می شود.



شکل ۱: چیدمان آزمایشگاهی روزنه بسته روبش Z

ضریب شکست غیر خطی n_2 از اطلاعات بدست آمده از نمودار روبش Z و به کمک رابطه زیر بدست می آید [۸]:

$$\Delta T_{p-v} = 0.406(1-s)^{0.25} |\Delta \varphi_0| \quad (1)$$

که در آن ΔT_{p-v} اختلاف توان تراگسیل قله و دره، $|\Delta \varphi_0|$ تغییر فاز روی محور در کانون و S اندازه عبور از روزنه که برابر است با

$$s = 1 - \exp\left(-\frac{2r_a^2}{w_a^2}\right) \quad (2)$$

r_a شعاع روزنه و w_a کمره پرتو است و همچنین داریم:

نانولوله های کربنی (CNTs) از زمان کشف آنها در سال ۱۹۹۱ در بسیاری از زمینه ها مورد توجه محققین قرار گرفته اند [۱]. CNT یک ماده بسیار مناسب برای بررسی شرایط اپتیک غیر خطی هستند به طوری که پاسخ محدودکنندگی نوری بزرگی را در طول موج های 532 nm و 1064 nm نشان می دهند [۲و۳].

ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی دو پدیده اپتیکی مهمی هستند که به طور گسترده در سوویچینگ، برچسب زنی اپتیکی و محدود کننده های نوری استفاده می شوند [4]. در سال ۱۹۸۹ شیخ بهایی و همکارانش روش روبش Z، که روشی نسبتاً ساده برای اندازه گیری ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی مواد و تعیین علامت بخش غیرخطی ضریب شکست است را ابداع کردند [۵]. در روش روبش Z پرتو نور بر روی یک نمونه نازک متمرکز می شود. نمونه در راستای محور Z حرکت می کند تا در هنگام عبور از نقطه کانونی برهمکنش های غیر خطی سبب انحراف پرتو گردد. سپس از یک روزنه خیلی کوچک عبور می کند و تغییرات شدت عبوری از روزنه در میدان دور اندازه گیری می شود. بنابراین یک نمودار قله-دره مانند از نور عبوری بدست می آید. از این نمودار به سادگی برای اندازه گیری ضریب شکست غیر خطی استفاده می شود [۶].

روش روبش Z خیلی سریع مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت و دلیل پذیرفته شدن آن سادگی روش و تفسیر داده های آن است. بنابراین در این پژوهش برای تعیین ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی نانولوله های کربنی از این روش استفاده شده است.

۲- روش آزمایش و بحث

نانولوله های کربنی در آزمایشگاه مغناطیس و ابررسانا دانشگاه الزهرا (س) به روش CVD سنتز شده اند. محدوده قطر برای نانولوله های سنتز شده با کاتالیست نیکل-13 101 nm و با کاتالیست نیکل و کبالت 27-120 nm است [۷].

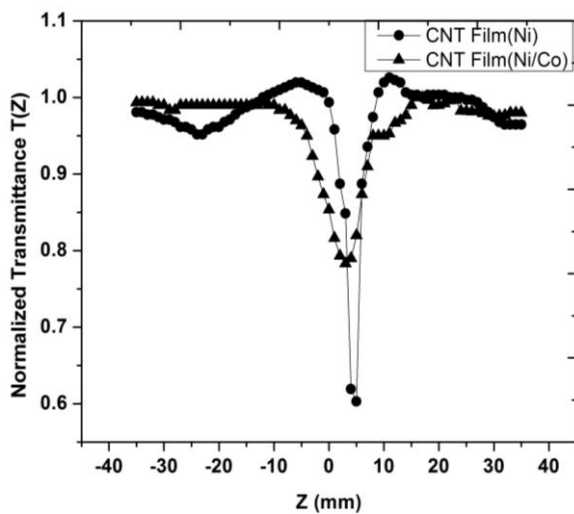
برای بررسی و تعیین ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی، نمونه ها به روش زیر آماده شدند. مقدار ۱ میلی گرم CNT را در 1cc اتانول ریخته و به مدت 30 دقیقه

این ترتیب تمام پرتو ترا گسیل شده از نمونه به آشکارساز می رسد، بنابراین روش روبش Z نسبت به تغییرات غیرخطی باریکه گوسی ناشی از شکست غیر خطی، غیرحساس است. عبور نمونه با چیدمان روزنه باز برای محاسبه ضریب جذب غیرخطی از رابطه زیر بدست می آید:

$$T(z) = 1 - \frac{q_0}{2\sqrt{2}} \quad q_0 < 1 \quad (6)$$

$$q_0 = \frac{\beta I_0 L_{eff}}{1 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2} \quad (7)$$

که در آن β ضریب جذب غیر خطی است [۱۱]. شکل ۲ نمودار روبش Z روزنه باز نانولوله های کربنی ساخته شده با کاتالیست نیکل و کاتالیست نیکل و کبالت را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود جذب غیر خطی نمونه سنتز شده با نیکل بیشتر از نیکل و کبالت است.



شکل ۳: نمودار روبش Z روزنه باز برای اندازه گیری ضریب جذب غیر خطی نمونه ها

مقادیر ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی محاسبه شده برای نمونه های سنتز شده در این پژوهش با استفاده از نمودار شکل ۲ و ۳ در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی محاسبه شده با استفاده از روبش Z

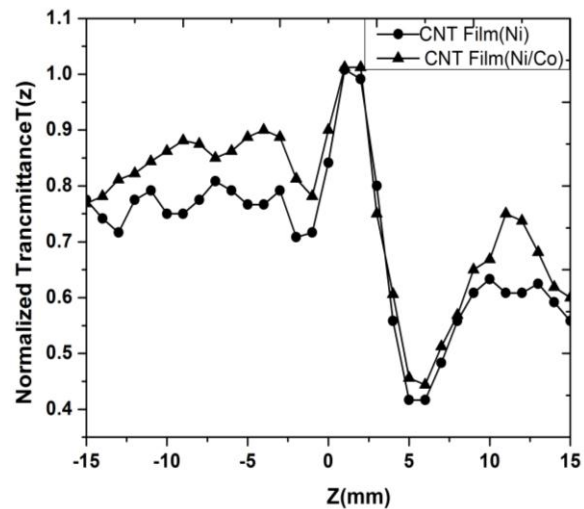
$$\Delta\varphi_0 = \frac{2\pi}{\lambda} n_2 I_0 L_{eff} \quad |\Delta\varphi_0| < \pi \quad (3)$$

$$I_0(t) = \frac{2P_0}{\pi w_0^2} \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{1 - e^{-\alpha L}}{\alpha} \quad (5)$$

که در آن L_{eff} طول مؤثر نمونه، λ طول موج لیزر، I_0 تابش ورودی از نمونه، P_0 توان ورودی لیزر، w_0 کمره پرتو در کانون عدسی و α ضریب جذب خطی است که مقدار آن از روی نمودار محدود کنندگی اپتیکی [۹] قابل محاسبه می باشد.

شکل ۲ نمودار روبش Z روزنه بسته نانولوله های کربنی ساخته شده با کاتالیست نیکل و کاتالیست نیکل و کبالت را نشان می دهد. در این نمودار وجود قله پیش از کانون برای هر دو نمونه بیانگر منفی بودن علامت ضریب شکست غیر خطی نانولوله ها در این پژوهش است. از جمله کاربرد های موادی با ضریب شکست منفی استفاده از آنها در بهبود عملکرد آنتن ها است [۱۰]



شکل ۲: نمودار روبش Z روزنه بسته برای اندازه گیری ضریب شکست غیر خطی نمونه ها

۲-۱- روبش Z روزنه باز

رویش Z روزنه باز برای بررسی و اندازه گیری ضریب جذب غیر خطی مورد استفاده قرار می گیرد [۵]. در این آزمایش، روزنه از چیدمان آزمایش حذف می شود و به

- [1] Iijima S. Helical, "microtubules of graphitic carbon", Nature, **354**, pp.56-8, 1991.
- [2] L. Vivien, P. Lançon, D. Riehl, F. Hache, and E. Anglaret, "Carbon nanotubes for optical limiting", Carbon **40**, pp.1798-1797, 2002.
- [3] Y. Chen, Y. Lin, Y. Liu, J. Doyle, N. He, X. Zhuang, J. Bai, and W. J. Blau, "Carbon nanotube -based functional materials for optical limiting", J. Nanosci.Nanotechn. **7**, pp.1268-1283, 2007.
- [4] Marek Samoc, Anna Samoc, and Barry Luther-Davies, "Femtosecond Z-scan and degenerate four-wave mixing measurements of real and imaginary parts of the third order nonlinearity of soluble conjugated polymers", Australian National University, 1997.
- [5] M. Sheik-bahae, A. A. Said, and E. W. Van Stryland, "High-sensitivity, single-beam n_2 measurements," Optics Letters, vol. **14**, no. 17, pp. 955-957, 1989.
- [6] F.E. Hemhdez, A. Marcano O. H. Maillotte," Sensitivity of the total beam profile distortion Z-scan for the measurement of nonlinear refraction", Optics Communications. **134**, pp.529-536 1997.
- [7] واشقانی فرهانی، مریم؛ دادرس، صدیقه؛ "بررسی اثر استفاده از کاتالیست های نیکل و کبالت در سنتز و خواص مغناطیسی نانولوله های کربنی". مجله دانشگاه الزهرا (س)، ۱۳۹۱.
- [8] G'omez, S.L., Turchiello, R.F., Juradoc, M.C., Boschcov, P, Gidlund, M. and Figueiredo Neto, A.M."Thermallens effect of low density lipoprotein lyotropic-like aggregates investigated by using the Z-scan technique". Liquid Crystal Today, **15**, pp.1-3, 2006.
- [9] Jun Wang, Yu Chen, et all. "Graphene and Carbon Nanotube Polymer Composites for Laser Protection"; J Inorg Organomet Polym **21**, pp.736-746, 2011.
- [10] Bae-Ian Wu, Weijen Wang, Joe Pacheco, Xudong Chen, Tomasz M. Grzegorzcyk, Jin Au Kong, T. Grzegorzcyk, and J.A. Kong, "A study of using metamaterials as antenna substrate to enhance gain," Prog Electromagn Res PIERS, vol. **51**, pp. 295-328, 2005.
- [11] K.Milanchian, H.Tajalli, A.Ghanadzadeh Gilani and M.S. Zakerhamidia, Opt. Mat. **32**, pp.12-17,2009.
- [12] Daisuke Shimamoto, Takaaki Sakurai, Minoru Itoh, Yoong Ahm Kim, Takuya Hayashi, Morinobu Endo, and Mauricio Terrones, "Nonlinear optical absorption and reflection of single wall carbon nanotube thin films by Z-scan technique"; Applied Physics Letters **92**, 081902, 2008.

نمونه	$n_2 (cm^2/w)$	$\beta (cm/w)$
CNT film (Ni)	0.354×10^{-6}	3.467×10^{-2}
CNT film (Ni/Co)	0.301×10^{-6}	6.505×10^{-2}

نتایج نشان می دهد که ضریب شکست غیر خطی (n_2) و ضریب جذب غیر خطی (β) بدست آمده برای نمونه سنتز شده با کاتالیست نیکل بیشتر از نمونه سنتز شده با کاتالیست نیکل و کبالت است. با توجه به نتایج این پژوهش می توان نتیجه گرفت که نانولوله های کربنی گزینه مناسبی برای کاربرد های محدود کننده ها و سووچینگ نوری می باشند [۱۲].

نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از روش رویش Z، ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی نانولوله های کربنی سنتز شده با کاتالیست نیکل و کبالت با استفاده از هارمونیک دوم لیزر Nd:YAG با طول موج 532 nm و با توان خروجی 60 mW تعیین شدند. اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد که نانولوله های کربنی سنتز شده دارای، ضریب شکست منفی است. همچنین نتایج نشان می دهد که ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی بدست آمده برای نمونه سنتز شده با کاتالیست نیکل بیشتر از نمونه سنتز شده با کاتالیست نیکل و کبالت است. از آنجایی که با کوچکتر شدن اندازه ذرات نسبت سطح به حجم بیشتر شده و در نتیجه اتم های بیشتری در اندر کنش با فوتون ها نقش دارند، می توان نتیجه گرفت که نانولوله هایی با قطر کوچکتر دارای ضریب شکست و ضریب جذب غیر خطی بیشتری باشند.

سپاسگزاری

از حمایت های معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه الزهرا (س) تشکر می شود.

مراجع