



بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۱۳۹۷ بهمن ۹-۱۱



اندازه‌گیری ضریب شکست غیرخطی محلول رزینه استاندارد N719 در اسیتونیتریل

سمانه راجی^۱، محمدعلی حداد^{۱,۲}، مسعود دهقانپور^۱

^۱ دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۸۹۱۹۵-۷۴۱

^۲ گروه پژوهشی فوتونیک، آزمایشگاه تحقیقاتی بیناب‌نگاری لیزری، دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۸۹۱۹۵-۷۴۱

Samane.raji@stu.yazd.ac.ir , mahaddad@yazd.ac.ir , masouddehghanipour@stu.yazd.ac.ir

چکیده - رزینه استاندارد N719 به عنوان یکی از رنگدانه‌های قابل استفاده در سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای شناخته می‌شود. در این مقاله با استفاده از روش جاروب Z سعی بر آن بوده است که ضریب شکست غیر خطی رزینه استاندارد N719 مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. نتایج اندازه‌گیری مقدار ضریب شکست غیرخطی در محلول‌های مختلف N719 در غلظت‌های مختلف اسیتونیتریل مورد مقایسه قرار گرفته شده است.

کلید واژه- رزینه استاندارد N719، سلول خورشیدی رنگدانه‌ای، ضریب شکست غیرخطی، جاروب Z

Measurement of non-linear refractive index of Standard N719 in Acetonitrile solution

Samane Raji¹ , Mohammad Ali Haddad^{1,2} , Masoud Dehghanipour¹

¹ Department of Physics, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box 89195-741.

² Photonic Research Group, Laser Spectroscopy Research Laboratory, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box 89195-741

Abstract - Standard N719 dye is well known dye in synthesis of SDDC solar cells. This dye is frequently used for fabrication and characterizing of a laboratorial SDDC solar cells. In this paper non-linear refractive index of standard N719 dye is measured by using z-scan technique. Different deduced values have been compared in different concentrations of N719 in Acetonitrile solution.

Keywords: Standard N719 dye, Non-linear refractive index, SDDC solar cell, Z-scan

مقدمه

امروزه یکی از مشکلات بشر تولید انرژی است و محققان به دنبال انرژی‌های تجدیدپذیر هستند تا بحران انرژی را حل نمایند. بنابراین دانشمندان در حال مطالعه و بررسی تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر همچون سلول‌های خورشیدی هستند. برای تبدیل نیروی خورشید به نیروی الکتریکی نیاز به سیستم‌های فوتوولتاییک داریم. دو قطعه مهم در سیستم‌های فوتوولتاییک سلول خورشیدی و آشکارساز نوری است. سلول خورشیدی به ۳ دسته تقسیم می‌شود: نسل اول شامل ویفرهای سیلیکونی، نسل دوم شامل آلیاژ مس و کادمیوم تلوراید و نسل سوم شامل سلول‌های کوانتوم دات، سلول‌های پلیمری و سلول‌های رنگ دانه ای می‌باشد.

تولید سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای توسط ریگان و گرتزل در سال ۱۹۹۱ صورت گرفت [۱] و در ابتدا بازدهی حدود ۶ درصد داشت. سپس در اواخر دهه ۱۹۹۱ به سرعت به مقدار ۱۰ درصد رسید و پس از آن، با رشد نسبتاً کند به بیشینه بازده ۱۱٫۵ رسید. راندمان این دسته از سلول‌ها تا سال ۲۰۱۳، ۸٫۱۳ گزارش شده است [۲]

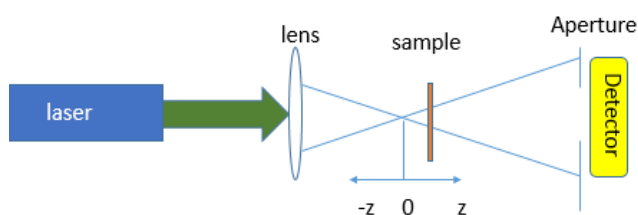
ماده Di-tetrabutylammonium cis-bis-ruthenium(II) یا به اختصار N719 با فرمول شیمیایی $C_{58}H_{86}N_8O_8RuS_2$ یکی از رنگدانه‌های قابل استفاده در تولید سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای است که به عنوان جاذب نور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این پژوهش با توجه به نیاز تعریف شده در مشخصه-یابی سلول‌های رنگدانه‌ای، سعی بر آن شده است که ضریب شکست غیرخطی رزینه استاندارد N719 مورد بررسی و

مطالعه قرارگیرد. بدین منظور با استفاده از تکنیک جاروب Z ضریب شکست غیر خطی این ماده اندازه‌گیری شده است.

روش آزمایشگاهی

تکنیک جاروب Z در سال ۱۹۸۹ توسط شیخ بهایی و همکاران بیان شد [۳و۴]. جاروب Z روشی بسیار حساس و دقیق برای محاسبه ضرایب جذب و شکست غیر خطی مواد می‌باشد. شکل (۱) آرایه اپتیکی قابل استفاده در اندازه‌گیری ضریب شکست غیر خطی مواد را نشان می‌دهد. در این پرتو لیزر در راستای محور اپتیکی و پس از عبور از عدسی به سلول حاوی نمونه با مشخصات اپتیکی غیرخطی تابیده شده و پس از عبور از آن و روزنه به آشکارساز می‌رسد. با جابه‌جا کردن نمونه در راستای Z و ثبت تراگسیلندگی عبوری در آشکارساز و رسم نمودار تراگسیلندگی عبوری بهنجار شده برحسب جابجایی، اندازه و علامت ضریب شکست n_2 قابل تعیین است. در این روش تغییرات شدت ثبت‌شده پرتو به پاسخ غیرخطی محیط مادی وابسته است. [۵و۶]



شکل ۱: شماتیک چیدمان جاروب Z روزنه بسته

در این آرایه تغییرات تراگسیلندگی عبوری لیزر، با طول موج ۵۳۲ نانومتر با توان اولیه ۱۲ میلی‌وات، با جابجایی سلول حاوی N719 توسط یک توان‌سنج (Thoarlab-PM100D) ثبت می‌شود.

به جاروب z نمونه های مورد نظر را نشان میدهد. برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی از رابطه زیر استفاده می شود.

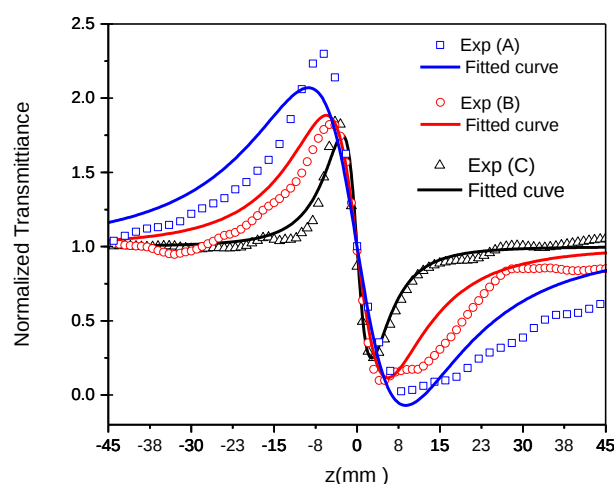
$$T(z) = 1 - \frac{4\Delta\Phi_0}{(x^2 + 9)(x^2 + 1)} \quad (1)$$

$$\Delta\Phi_0 = kn_2 I_0 L_{eff} \quad (2)$$

که $T(z)$ تراگسیلندگی عبوری بهنجار شده، $x = \frac{z}{z_0}$ و $z_0 = k\omega_0^2 / 2$ است که z_0 طول پراکندگی رابلی و ω_0 کمره پرتو، n_2 ضریب شکست غیرخطی، k بردار موج و I_0 شدت پرتو لیزر در کانون است. L_{eff} طول موثر نمونه است که با رابطه (۳) بدست می آید.

$$L_{eff} = (1 - e^{-\alpha}) / \alpha \quad (3)$$

α ضریب جذب خطی نمونه است.

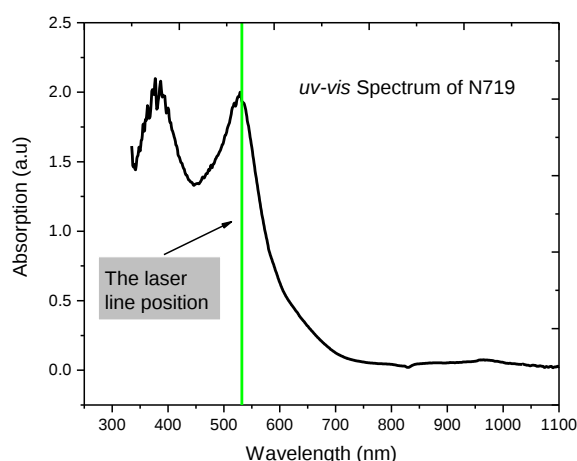


شکل ۳: منحنی های آزمایش جاروب z روزنه بسته. A نمونه I، B نمونه II و C نمونه III

در شکل ۳ خطوط ممتد، منحنی برازش جاروب z با استفاده از رابطه ۱ و نقاط مربعی داده های آزمایشگاهی می باشند. همانطور که در شکل مشخص است با تغییر غلظت نمونه ها، منحنی های تراگسیلندگی تغییر یافته

برای تهیه نمونه از سه محلول با غلظت های مختلف رزینه N719 در حلال اسیتونیتریل استفاده شده است. غلظت 0.6 mg/ml (نمونه I)، غلظت 0.46 mg/ml (نمونه II) و غلظت 0.38 mg/ml (نمونه III) تهیه و در محفظه ای با ضخامت ۱ میلیمتر در مسیر پرتوی لیزر قرار داده شد.

انتخاب طول موج مناسب لیزری، با مطالعه بیناب نگاری جذبی ثبت شده از محلول N719 انجام شده است. شکل (۲) بیناب جذبی رزینه N719 محلول در اسیتونیتریل را نشان می دهد. همانگونه که در شکل نشان داده شده است محلول N719 دارای قله جذبی در محدوده ۵۳۲ نانومتر می باشد. از اینرو برای مطالعه ضریب شکست غیرخطی نمونه مورد نظر، پرتوی لیزری با طول موج ۵۳۲ نانومتر انتخاب شده است.

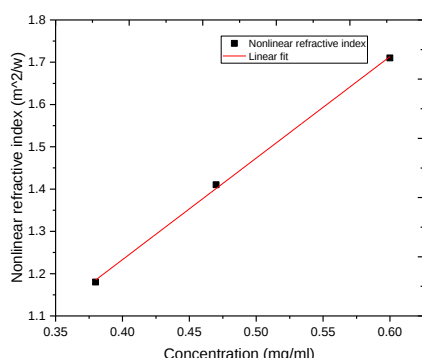


شکل ۲: طیف UV – VIS نمونه N719 حل شده در اسیتونیتریل

نتایج و داده ها

محاسبه ضریب شکست غیرخطی: با استفاده از داده های آشکار ساز نمودار تراگسیلندگی بر حسب جابجایی برای هر سه غلظت رسم شده است. شکل (۳) داده های مربوط

ضریب شکست غیرخطی از مرتبه $10^{-14} (m^2/w)$ می-باشد. با توجه به نمودارهای بدست آمده و اختلاف قله و دره، خاصیت غیر خطی در غلظت های بالاتر، بیشتر بوده و ضریب شکست غیرخطی بزرگتری داشته است. نمودار تغییرات ضریب شکست غیرخطی رزین N719 محلول در اسیتونیتریل برحسب تغییر غلظت، در شکل (۴) نشان شده است.



شکل (۴) نمودار تغییرات ضریب شکست غیرخطی رزین N719 محلول در اسیتونیتریل برحسب تغییر غلظت

ترتیب قرارگیری قله-دره در نمودارهای تراکسیلندگی حاکی از ضریب شکست غیرخطی منفی است که نشان دهنده اثر خود-واکنشی است. همچنین جذب خطی نمونه ها با افزایش غلظت افزایش یافته است.

مرجع

- [1] O'regan, Brian, and Michael Grätzel. "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films." *nature* 353.6346 (1991): 737.
- [2] Karlsson, Karl Martin. *Design, synthesis and properties of organic sensitizers for dye sensitized solar cells*. Diss. KTH Royal Institute of Technology, 2011.
- [3] Sheik-Bahae, Mansoor, Ali A. Said, and Eric W. Van Stryland. "High-sensitivity, single-beam n^2 measurements." *Optics letters* 14.17 (1989): 955-957.
- [4] Sheik-Bahae, Mansoor, et al. "Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam." *IEEE journal of quantum electronics* 26.4 (1990): 760-769.
- [5] Van Stryland, Eric W., and Mansoor Sheik-Bahae. "Z-scan technique for nonlinear materials characterization." *Materials Characterization and Optical Probe Techniques: A Critical Review*. Vol. 10291. International Society for Optics and Photonics, 1997.
- [6] Pérez, José Luis Jiménez, et al. "Nonlinear coefficient determination of Au/Pd bimetallic nanoparticles using Z-scan." *Adv. Nanoparticles* 2 (2013): 223-228.

است که این نشان دهنده وابستگی ضریب شکست غیرخطی محلول آزمایشگاهی به غلظت نمونه است.

در نمودار بدست آمده مشاهده ترتیب دره-قله، نشانه ضریب شکست مثبت و مشاهده ترتیب قله-دره نشانه ضریب شکست منفی خواهد بود. با توجه به نمودارهای بدست آمده و ترتیب قرارگیری قله-دره در هر سه نمونه، ضریب شکست غیرخطی این نمونه منفی است.

اندازه گیری ضریب جذب خطی: محاسبه ضریب جذب خطی، شدت لیزر در حضور نمونه I و شدت لیزر در غیاب نمونه I_0 اندازه گیری شد. با تغییر شدت لیزر و اندازه گیری مجدد شدت I و I_0 و با رسم نمودار I بر حسب I_0 ضریب جذب خطی محاسبه شد. شیب نمودار طبق رابطه (۴) با ضریب جذب خطی متناسب است.

$$I = I_0 e^{-\alpha l} \quad (4)$$

مقدار ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب خطی ماده در سه غلظت مختلف در شدت $I_0 = 21 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ جدول (۱) گزارش شده است.

جدول ۱: مقادیر ضریب شکست غیرخطی محلول N719 با غلظت های مختلف			
نمونه	ضریب جذب خطی (mm^{-1})	$\Delta\Phi_0$	ضریب شکست غیر خطی (m^2/w)
I	۲,۳	۵,۲	$۱,۷۱ \times ۱۰^{-۱۴}$
II	۱,۸۴	۴,۳	$۱,۴۱ \times ۱۰^{-۱۴}$
III	۱,۶۳	۳,۶	$۱,۱۸ \times ۱۰^{-۱۴}$

نتیجه گیری

در این مقاله ضریب شکست غیر خطی رزین استاندارد N719 محلول در اسیتونیتریل مورد استفاده در سلول های خورشیدی رنگدانه ای به روش جاروب Z روزنه بسته مورد مطالعه قرار گرفت. طبق محاسبات صورت گرفته