بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۲-۲۱۳۶-۱۰-A

بررسی خواص اپتیکی غیرخطی پروسکایت‌های آلی- معدنی دوبعدی و سه بعدی

فاطمه ارشادی[۱]، صغری میرارشادی[۲] و فرهاد ستاری[۱]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[۲]گروه علوم مهندسی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه محقق اردبیلی، نمین

Email:fatemehershadi733@gmail.com

چکیده –در این مقاله خواص اپتیکی غیرخطی ساختارهای دوبعدی و سه بعدی هیبریدی آلی- معدنی که کاربرد بسیاری در نسل جدید سلول‌های خورشیدی، دیودهای نورگسیل و ادوات اپتوالکترونیک یدارند، مورد مطالعه قرار گرفته است. برای بررسی خواص اپتیکی غیرخطی ساختار سه بعدی $CH_3NH_3FeCl_3$ و دوبعدی $(CH_3(CH_2)_3NH_3)_2FeCl_4$ و $(C_6H_5(CH_2)_2NH_3)_2FeCl_4$ روش جاروب-Z توسط لیزر پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر بکار گرفته شده است. این خواص شامل ضریب جذب غیرخطی، ضریب شکست غیرخطی و پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم می‌باشد که به کمک نمودارهای آزمایش جاروب-Z محاسبه شده است. سپس تاثیر نوع کاتیون آلی بر روی خواص اپتیکی غیرخطی ساختارهای مذکور بطور تجربی مطالعه شده است. امید داریم که بتوان از این ساختارها در ادوات اپتیکی غیرخطی بهره برد.

کلید واژه- اپتیک غیرخطی، پروسکایت، جاروب-Z، ضریب شکست غیرخطی.

Investigation of nonlinear optical properties of 2D/3D organic-inorganicperovskites

Fatemeh Ershadi[1], Soghra Mirershadi[2] and Farhad Sattari[1]

[1]Department of Physics, Faculty of Sciences, University of MohagheghArdabili, Ardabil

[2]Department of Engineering Sciences, Faculty of Advanced Technologies, University of MohagheghArdabili, Namin

Abstract -In this paper, the nonlinear optical properties of two-dimensional and three-dimensional structures of organic-inorganic hybrids used in the new generation of solar cells, light emitting diodes and optoelectronic devices are presented. We investigated the nonlinear optical properties of 3D $CH_3NH_3FeCl_3$ hybrids and 2D $(CH_3(CH_2)_3NH_3)_2FeCl_4$ and $(C_6H_5(CH_2)_2NH_3)_2FeCl_4$ using a Z-Scan technique, by continuous laser beam with a wavelength of 532 nm. Nonlinear refractive index, nonlinear absorption coefficient and third order susceptibilities is determined under laser excitation. The effect of organic cation on the nonlinear optical properties of the structures have been studied experimentally. We hope to use these structures in nonlinear optical devices.

Keyword - Perovskite, Nonlinear optical properties, nonlinear repulsion ratio, Organic-inorganic hybrids, Z-Scan

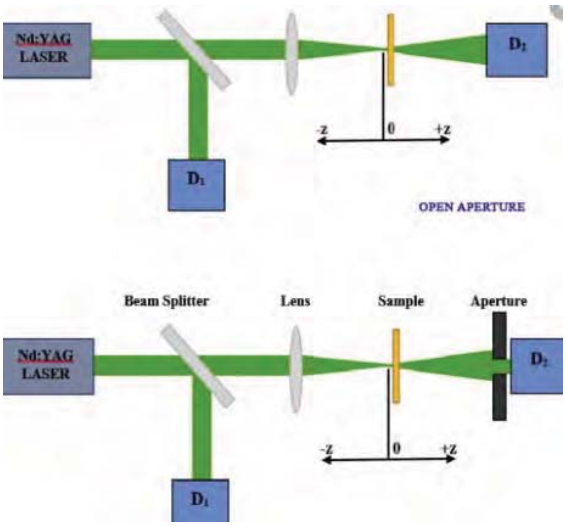
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

در طی دهه‌های اخیر، مطالعات بسیاری برای دستیابی به خواص نوری غیرخطی صورت گرفته است. یکی از ویژگی‌های قابل توجه ساختارهای دو بعدی و سه بعدی، خواص اپتیکی غیرخطی آن‌ها می‌باشد.پاسخ نوری غیرخطی این ساختارها به باریکه‌های پرشدت لیزرها، نوید بکارگیری این مواد را در ادوات نوری مختلف مانند دیودهای نورگسیل و سلول‌های خورشیدی می‌دهد[۱]. روش جاروب-Zکه تکنیکی ساده و با حساسیت بالا برای مطالعه خواص اپتیکی غیرخطی است، توسط شیخ بهایی در سال ۱۹۸۹ ابداع شد[۲]. از سوی دیگر اخیرا ساختارهای هیبریدی آلی- معدنی با تلفیقی از خواص مطلوب مواد آلی و معدنی مورد توجه قرار گرفته است.

روش آزمایش

در این مقاله برای بررسی خواص اپتیکی غیرخطی ساختارهای دوبعدی و سه بعدی پروسکایتی از روش جاروب-Zبهره بردیم. این روش شامل دو چیدمان است:۱- جاروب-Zبا دیافراگم باز برای تعیین ضریب شکست غیرخطی(n_2) ۲-جاروب-Zبا دیافراگم بسته برای اندازه-گیری ضریب جذب غیر خطی(β).ابتدا یک پرتو باریک از لیزرگاوسی با عبور از عدسی به سمت ماده فرستاده می‌شود. آشکار ساز D_1شدت باریکه ها را به عنوان پرتو مرجع اندازه‌گیری می‌کند، این پرتو ازنمونه‌ای که حول کانون عدسی است عبور کرده و سپس شدت پرتو لیزر عبوری توسط آشکارساز D_2ثبت می‌شود. تحت این شرایط تابندگی در محل کانون توسط رابطه$I_0=\frac{2p_0}{\pi\omega_{0f}^2}$بدست می‌آید.($P_0$)توان ورودی و ω_{0f}شعاع باریکه در محل کانون است. شعاع باریکه در محل کانون (ω_{0f}=۳/۳۸۸cm) و نیز طول رایلی که از رابطه $z_0=\frac{k\omega_0^2}{2}$ تقریبا ۶۷/۷mm حاصل شد. همچنین توان لیزرmW ۵۵ و تابندگی در محل کانون برابر(cm^2/W) ۳/۰۶۶ ×۱۰^{۳} محاسبه شد. تراگسیلندگی خطی طبق رابطه$S=1-exp\,(-2\,r_a^2/\omega_a^2)$ برابر S=۰/۹۵ بدست آمد. و همچنین شعاع باریکه در روزنه توسط رابطه $\omega_a^2=\omega_{0f}(1+z^2/z_0^2)$ بدست می‌آید که r_a شعاع روزنه و z_a شعاع پرتو در محل روزنه است.



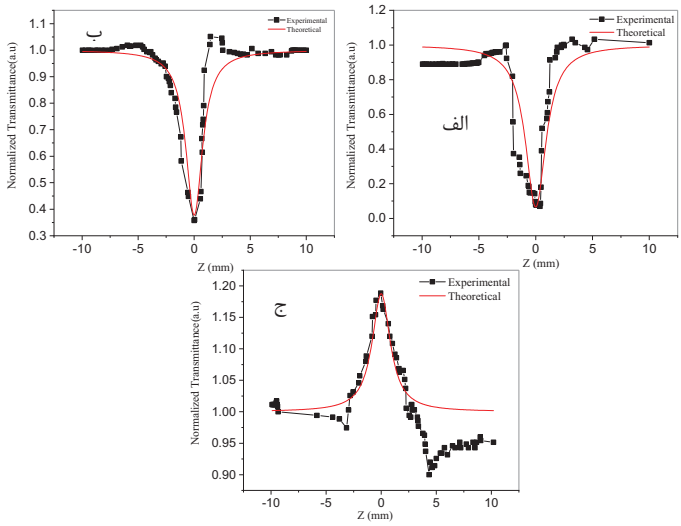
شکل ۱: شکل چیدمان با دیافراگم باز و دیافراگم بسته[۵].

بحث و بررسی

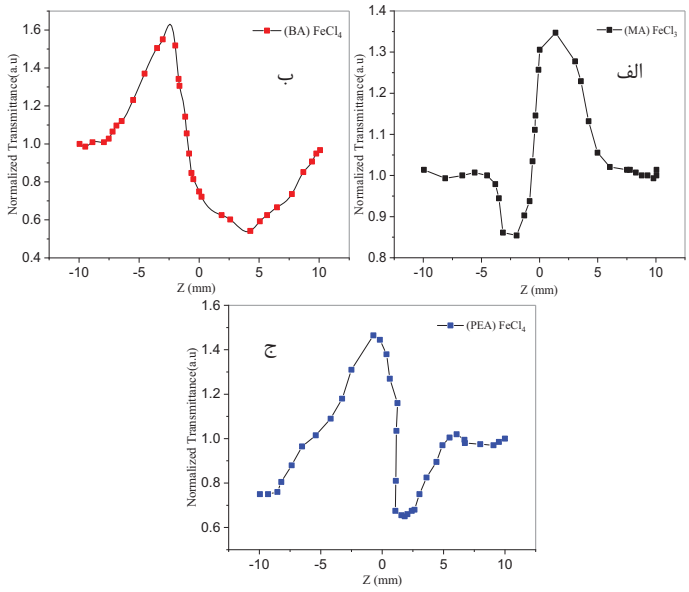
در این تحقیق خواص اپتیکی غیرخطی مرتبه سوم ساختار دو بعدی و سه بعدی هیبریدهای آلی-معدنی، از جمله ضریب شکست غیرخطیn_2 و ضریب شکست غیر خطی βو پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم$\chi^{(3)}$ مورد بررسی قرار گرفته است.همچنین ضریب جذب خطی توسط روش مرسوم وتحت تابش با شدت‌های کم پرتو لیزر و در ناحیه خطی پاسخ ماده، توسط رابطه $\alpha=-\frac{1}{L}Ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$ تعیین گردید که در آن I_0وIبیانگر شدت نور تابشی و عبوری از نمونه وl ضخامت آن است.همچنین طول موثر را می‌توان توسط رابطه $L_{eff}=(1-e^{-\alpha l})/\alpha$ بدست آورد. تغییرات فاز در محل کانون از رابطه $\Delta T_{P\text{-}V}=0.406(1\text{-}S)^{0.27}|\Delta\varphi_0|$بدست می‌آید. که در این رابطه $\Delta T_{P\text{-}V}$ بیانگر اختلاف شدت دره و قله در نمودار بهنجار شده تراگسیلندگی است. با جاگذاری مقدار$\Delta\varphi_0$ در رابطه $|\Delta\varphi_0|=\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)n_2I_0L_{eff}$می‌توان ضریب شکست

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

غیرخطی رامحاسبه کرد[۳].در این تحقیق برای دست یابی به ضریب جذب غیرخطی از روش جاروب-Z با روزنه باز استفاده شده است. بطور خلاصه هنگام جاروب با روزنه باز، اگر با حرکت نمونه به طرف کانون یک بیشینه (کمینه) در نمودار تراگسیلندگی دیده شود به پدیده جذب اشباع (جذب دوفوتونی) اشاره می‌کند و بیانگر ضریب جذب غیرخطی منفی (مثبت) است[۴].نمودار تراگسیلندگی جاروب-Z با روزنه باز برای ساختار هیبریدی آلی- معدنی $MAFeCl_3$با کاتیون آلی متیل آمین در شکل (۲-الف) آورده شده است. وجود یک کمینه (دره) در نمودار دلیل بر جذب دوفوتونی می‌باشد،که همین امر باعث غلبه دره بر قله و عدم تقارن در نمودار تراگسیلندگی جاروب-Z با روزنه بسته خواهد شد. نمودار تراگسیلندگی جاروب-Z با روزنه باز برای ساختار هیبریدی آلی-معدنی$(BA)_2FeCl_4$با کاتیون آلی بوتیل آمیندر شکل (۲-ب) آورده شده است، در این نمودار نیز به دلیل وجود یک کمینه پدیده جذب دوفوتونی اتفاق افتاده است. همچنین نمودار تراگسیلندگی جاروب-Z با روزنه باز برای ساختار هیبریدی آلی-معدنی $(PEA)_2FeCl_4$با کاتیون آلی فنتیل آمین در شکل(۲-ج) آورده شده است. در این نمودار وجود یک بیشینه (قله) حاکی از این است که پدیده جذب اشباع اتفاق افتاده است که باز هم این پدیده جذب اشباع باعث ایجاد عدم تقارن نمودار تراگسیلندگی جاروب-Z با روزنه بسته وغلبه‌ی قله به دره، در آن خواهد شد. همچنین این ساختار دارای جذب اشباع بالایی نسبت به سایر نمونه‌ها می‌باشد. در ادامه نتایج حاصل از تراگسیلندگی جاروب-Zبا روزنه بسته برای ساختارهای هیبریدی با کاتیون‌های آلی مختلف در شکل(۳) آورده شده است. افزایش شدت نور عبوری برای حالتی که نمونه قبل از کانون قرار گرفته باشد و کاهش شدت برای حالتی که نمونه بعد از کانون قرار می‌گیرد، برای ساختارهای هیبریدی با کاتیون آلی بوتیل آمین و فنتیل آمین در شکل(۳-ب‌وج) نشان دهنده‌ی خودواکانونی که بیانگر رفتار غیرخطی منفی است، و همچنین کاهش شدت نور عبوری برای حالتی که نمونه قبل از کانون قرار دارد و افزایش شدت برای حالتی که نمونه بعد از کانون قرار دارد برای ساختارهای هیبریدی با کاتیون آلی متیل آمین در شکل (۳-الف) نشان دهنده‌ی خود کانونی متناظر با رفتار غیرخطی مثبت است.



شکل ۲: نمودار تراگسیلندگی بهنجار شده در حالت روزنه باز هیبریدهای الف) $MAFeCl_3$ب) $(BA)_2FeCl_4$و ج) $(PEA)_2FeCl_4$



شکل ۳: نمودار تراگسیلندگی بهنجار شده در حالت روزنه بسته هیبریدهای الف) $MAFeCl_3$ب) $(BA)_2FeCl_4$و ج) $(PEA)_2FeCl_4$

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

جدول ۱: نتایج مربوط به محاسبات ضرایب اپتیکی غیرخطی

نوع ساختار هیبریدی	$\alpha(cm^{-1})$	$L_{eff}(nm)$
$MAFeCl_3$	۲/۶۳×۱۰^۱۳	۲۷۸
$(BA)_2FeCl_4$	۳/۸۷×۱۰^۱۳	۲۲۱/۰۷
$(PEA)_2\ FeCl_4$	۲/۲۷×۱۰^۱۳	۲۹۸

به وسیله برازش منحنی‌های حاصل از داده های تجربی با رابطه تقریبی $\Delta T(Z)\approx\frac{q_0}{2\sqrt{2}}\left[\frac{1}{1+Z^2/Z_0^2}\right]$ می‌توان مقدار ضریب q_0 را تعیین نمود و با معلوم بودن آن طبق رابطه $q_0=\beta I_0 L_{eff}$ می‌توان ضریب جذب اشباع βرا بدست آورد[۱].

مقادیر حاصل از این محاسبات و همچنین قسمت های حقیقی و موهومی پذیرفتاری غیرخطی برای هریک از ساختارهای هیبریدی تعیین گردیده و نتایج حاصل از آن در جدول (۱) آورده شده است. همچنین نتایج حاصل از محاسبات ضریب جذب خطی و طول موثر در جدول (۲) آورده شده است.

نتیجه گیری

می‌توان نتیجه گرفت در این ساختارهای پروسکایتی آلی-معدنی با تغییر نوع ماده آلی می‌توان خواص اپتیکی مختلف و همچنین انواع مختلف پدیده‌های غیرخطی، مانند جذب اشباع یا جذب دوفوتونی و نیز خودکانونی و خودواکانونی نیز حاصل می‌شود. امید می‌رود که از این ساختارها بتوانند در آینده‌ای نزدیک در ادوات اپتومغناطیسی نوین مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۲: نتایج مربوط به محاسبات ضریب جذب خطی و طول موثر ساختارهای هیبریدی

نوع ساختار هیبریدی	n_2 (cm^2/w)	cm/w)(	(m^2/v^2)	(esu)	(esu)	γ (esu)
$MAFeCl_3$	۲/۸۰ ×۱۰^-۴	۳۰/۵۰	۹/۸۴×۱۰^-۲	۴/۲۸×۱۰^-۲	۲/۹۶×۱۰^-۲	۰/۰۸۸۳×۱۰^-۲
$(BA)_2FeCl_4$	-۷/۲۲×۱۰^-۴	۲۵	۷/۵×۱۰^-۲	۳/۹۳×۱۰^-۲	۸/۵۴×۱۰^-۲	۰/۰۸۰۱×۱۰^-۲
$(PEA)_2\ FeCl_4$	-۴/۳۲×۱۰^-۴	-۵/۷۴	۲/۹۲×۱۰^-۲	-۵۸/۰۱×۱۰^-۲	۳/۲۸×۱۰^-۲	۰/۱۸۴×۱۰^-۲

مرجع ها

[1] S. Mirershadi, S. Ahmadi-Kandjani, A. Zawadzka, H Rouhbakhsh, B.Sahraoui“Third order nonlinear optical properties of organometal halide perovskite by means of the Z-scan technique”, *Chem. Phys. Lett*, Vol. 647, pp.7-13, 2016.

[2] M. Era, S. Morimoto, T. Tsutsui, S. Saito, “Organic-inorganic heterostructure electroluminescent device using a layered perovskite semiconductor $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2PbI_4$”, *Applied physics lett*, Vol.65, pp.676-678, 1994.

[3] S. Mirershadi,F. Sattari, A. Alipour, S. Z. Mortazavi, “Non-linear Thermo-Optical Properties of MoS_2Nanoflakes by Means of the Z-Scan Technique”, *Frontiers in Physics*, Vol.8, pp.96-100, 2020.

[4] M. C. Sreenath, S. Mathew, I. H. Joe, V. K. Rastogi, “Z-scan measurements of the third-order optical nonlinearities and vibrational spectral studies by DFT computations on azo dye 1-(2-Methylphenylazo)-2-napthol”,*Optics & Laser Technology*, Vol. 97, pp.390-399, 2017.

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