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

بررسی دوپایایی نوری در فیلم های نازک پلیمری MNA

سمیه سلمانی[۱]، ابراهیم صفری[۱] ، محمد حسین مجلس آرا[۲] و محمد صادق ذاکر حمیدی[۳]

۱. دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. آزمایشگاه فوتونیک، گروه فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳. پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی، تبریز، ایران

چکیده – در این پژوهه، دو پایایی(*OB*) فیلم های نازک *2-Methyl-4-Nitroaniline (MNA)* دوپ شده با پلیمر *PMMA* را توسط تداخل سنج ماخ-زندر(*M-Z*) با اعمال فیدبک خارجی در پنج ضخامت مورد بررسی قرار گرفت. اندازه گیریها با لیزر *Nd;YAG* با طول موج خروجی *nm* ۵۳۲ و توان *mW*۳۰۰ می باشد. یک حلقه هیستریزیس به دلیل اثر دوپایایی و انتقال بار روی حلقه بنزنی به دست آمد. مشاهده شد که بهره دوپایایی با استفاده از فیدبک خارجی برای نمونه های نازک تر بیشتر می شود. اما در ضخامتهای بالاتر، اثر گرمای محلی باعث کاهش بهره شده و اثر منفی بر *OB* دارد.

کلید واژه- دوپایایی نوری، فیلم های نازک MNA، تداخل سنج ماخ-زندر، فیدبک خارجی

Investigation of the Optical Bistability in the MNA polymeric thin films

S.Salmani[1], E. Safari[1], M. H. Majles Ara[2] , M. S. Zakerhamidi[3]

1. Dept. Physics, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Photonics Lab, Physics Dept, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Research Institute for Applied Physics and Astronomy, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract- In this paper, the Optical Bistability (OB) of 2-Methyl-4-Nitroaniline (MNA) doped with PMMA polymer thin films on Mach-Zehnder interferometer with applied external feedback are investigated in five thicknesses. The measurements were performed at 532 nm using a Nd;YAG CW laser with irradiation of 300 mW. A hysteresis loop due to optical bistability obtained because of charge transfer in benzene ring. It is demonstrated that the gain of optical bistability improved with using external feedback for thinner samples. But in higher thicknesses, the local thermal effect decrease the gain and has negative effect on OB.

Keywords: Optical Bistability, MNA Thin Films, Mach-Zehnder interferometer, External Feedback

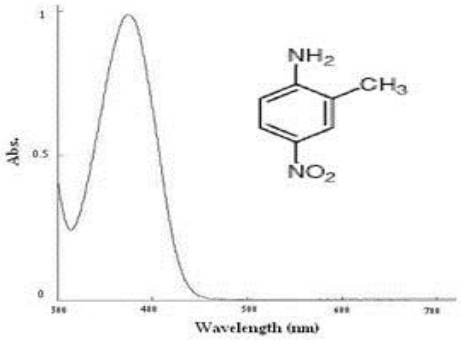
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

۱- مقدمه

وسایل با تکنولوژی پیشرفته مانند مدولاتورهای الکترواپتیکی و اختلاط کننده های بسامدی نیازمند موادی با پاسخ های غیرخطی مرتبه دوم بالا می باشند [۱-۳]. از جمله موادی با پاسخهای بالا در قطبش پذیری مرتبه اول و حساسیت پذیری غیرخطی کاندیداهای مناسبی هستند. به طور مثال (MNA) بنابر مقالات معرفی شده یکی از مواد غیرخطی با پاسخهای مناسب می باشد که در اثر اعمال میدانهای قوی با انتقال بار بر روی حلقه بنزنی این ساختار این پاسخ ها بروز می کند. همچنین اثر دوپایایی نوری یک موضوع مورد بحث گسترده به دلیل کاربرد آن در پروسسورهای اطلاعات اپتیکی و کامپیوترها می باشد[۴-۵]. دو پایایی یعنی دو حالت گذار نور متفاوت در یک سیستم اپتیکی برای یک شدت نور اعمالی داده شده. به همین دلیل فقط در سیستم های نوری خاصی رخ می دهد. دو مشخصه برای ساخت یک وسیله دوپایا مورد نیاز است: فیدبک و غیرخطیت[۶]. یک وسیله دو پایای نوری به وسیله استفاده از یک عنصر غیرخطی شناخته می شود به نحوی که پرتوی خروجی از آن در یک سیستم فیدبک برای کنترل گذار نور از همان عنصر غیرخطی استفاده می شود. مثالهایی از این سیستم ها تداخل سنجهای فابری-پرو و ماخ زندر هستند که شامل یک محیط کر می باشند[۷]. در این پژوهش از یک تداخل سنج ماخ-زندر (M-Z) با اعمال فیدبک خارجی و بدون آن بر روی نمونه های نازک غیرخطی MNA در پنج ضخامت متفاوت برای مطالعه اثر دو پایایی نوری استفاده می کنیم.

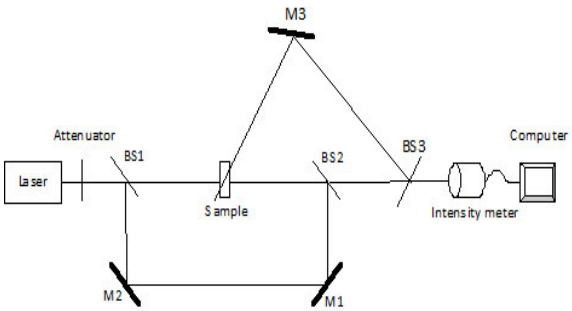
۲- پارامترهای آزمایشگاهی

رنگینه MNA و حلال استفاده شده، همچنین پلیمر PMMA از شرکت Aldrich بدون نیاز به خالص سازی اضافه ای خریداری شده و جهت تهیه نمونه ها به کار رفته اند. نمونه ها توسط روش dip-coating بر روی یک زیر لایه شیشه ای تمیز با نسبت ۲۰٪ وزنی آماده شدند. ضخامت لایه های نازک ۱۱۸۰، ۱۳۳۰، ۱۶۵۰، ۲۰۰۰ و ۲۳۵۰ نانومتر می باشد. شکل ۱ طیف جذبی و ساختار این مولکول رنگینه را نشان میدهد.



شکل ۱: طیف جذب رنگینه DR1

همانطور که بیان شد از تداخل سنج ماخ-زندر به عنوان سیستم فیدبک مطابق شکل ۲ برای مشاهده اثر دوپایایی (OB) در فیلمهای نازک پلیمری استفاده کرده ایم. یک لیزر Nd;YAG با تابش 300mW و طول موج 532nm توسط BS1 به دو پرتو تقسیم می شود. مطابق با شکل به دلیل وجود آینه های M1 و M2 و تقسیم کننده های BS1 و BS2 فیدبک مورد نیاز داخلی تامین می گردد. آزمایش را در دو حالت مختلف انجام می دهیم: ۱- استفاده از فیدبک داخلی بدون استفاده از M3 و BS3. ۲- استفاده از BS3 و M3 برای اعمال فیدبک خارجی به سیستم و بررسی اثر افزایش فیدبک اعمالی. توسط یک کاهنده، شدت ورودی را تغییر داده تا بتوانیم تغییرات سیگنال خروجی را با افزایش و سپس کاهش شدت ورودی بررسی کنیم.



شکل شماره ۲: چیدمان آزمایشگاهی

۳- تحلیل نتایج:

همانطور که بیان شد، تداخل سنج M-Z یکی از سیستم های نوری است که گذارش وابسته به شکست غیرخطی است. از آنجایی که شدت پرتو اعمالی به نمونه در بازوی اصلی (بین BS1 و BS2) بزرگ است، ضریب شکست

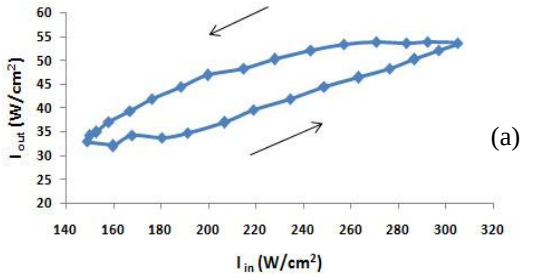
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

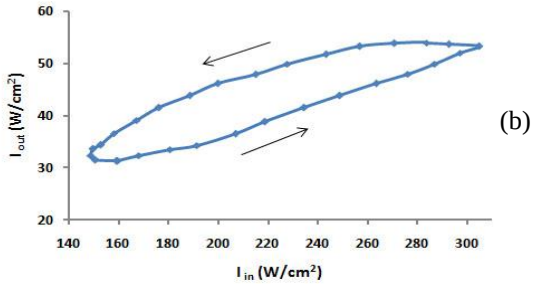
غیرخطی وابسته به شدت در نمونه القا می شود که منجر به مشاهده دوپایایی پاشنده می شود.

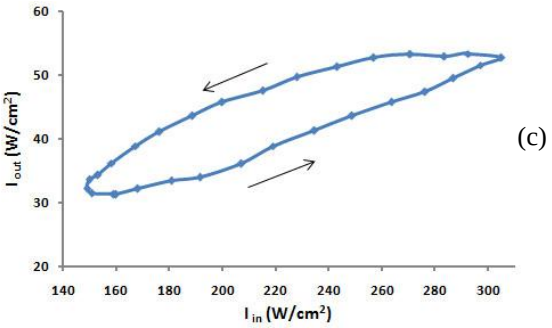
دو پایایی با فیدبک داخلی

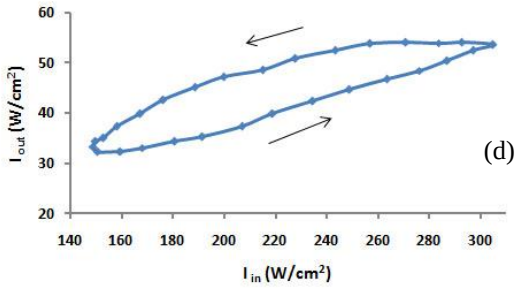
همانطور که بیان شد تداخل سنج M-Z دارای یک فیدبک داخلی است. مطابق با شکل ۳، نتایج آزمایشگاهی حلقه دوپایایی در پنج ضخامت فیلمهای نازک MNA نشان می دهد. دو مکانیسم غالب برای مشاهده OB وجود دارد: انتقال بار و اثرات گرمایی. بر طبق مقالات چاپ شده بر اساس پراکندگی رامان این انتقال بار به دلیل اندرکنش با میدان اعمال ورودی توضیح داده شده است[۸].

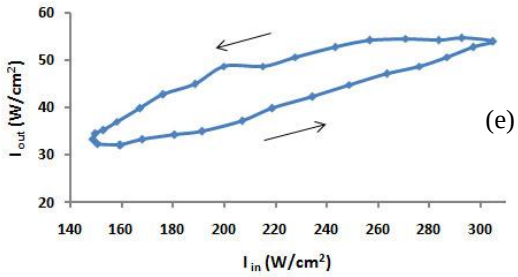
همانطور که از شکلهای (3a) و (3b) که برای ضخامتهای ۱۱۸۰ و ۱۳۳۰ نانومتر پیداست در ضخامتهای پایین انتقال بار حاکم است بنابراین بهره دوپایایی بیشتر است. منظور از بهره فاصله بین سیگنال خروجی در یک حلقه هیستریزیس می باشد.











شکل ۳: حلقه دوپایایی در فیلم های نازک MNA با ضخامت (a) ۱۱۸۰ (b) ۱۳۳۰ (c) ۱۶۵۰ (d) ۲۰۰۰ و (e) ۲۳۵۰ نانومتر

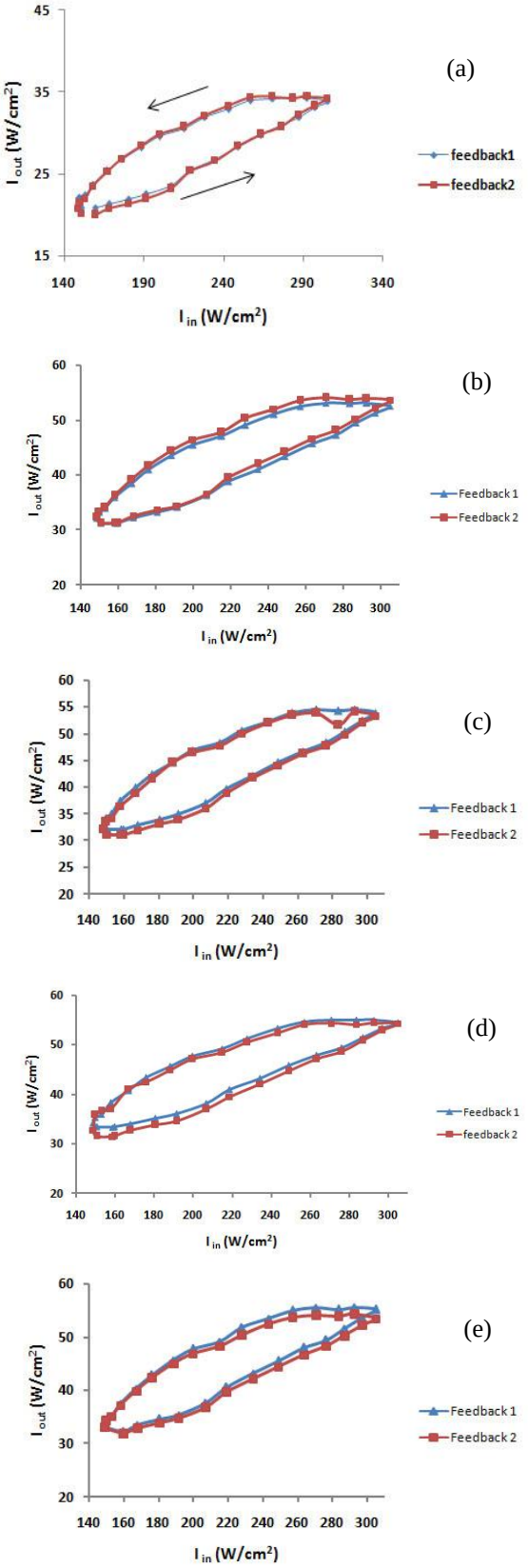
مطابق با شکلهای (3c) تا (3e) با افزایش ضخامت تا ۲۳۵۰ نانومتر بهره کاهش پیدا کرده و اثر گرمای ایجاد شده در نقطه برهمکنش عامل این پاسخ می شود.

دوپایایی با اعمال فیدبک خارجی

در این مرحله هدف مطالعه اثر فیدبک خارجی بر روی بهره دوپایایی نوری است. بنابراین در چیدمان آزمایشگاهی از B3 و M3 استفاده کردیم. تقسیم کننده پرتو سومی یکبار با ضریب بازتاب ٪۳۰ را بکار گرفتیم که در نمودارها با فیدبک ۱ نشان داده ایم و بار دیگر برای مطالعه اثر افزایش فیدبک از تقسیم کننده پرتو دیگری با ضریب بازتاب ٪۵۰ استفاده کردیم که با فیدبک ۲ نشان داده شده است. مطابق با شکل (4a) که حلقه دوپایایی برای کمترین ضخامت را نشان میدهد با افزایش فیدبک خارجی بهره چندان افزایشی نداشته که به دلیل کوتاهی طول برهمکنش می باشد. اما با افزایش ضخامت (۱۳۳۰nm) بهره افزایش یافته که با طولانی تر شدن طول برهمکنش اثر انتقال بار بیشتر است. نتیجه مهم در ضخامت ۱۶۵۰nm رخ می دهد که بهترین بهره را بدون اعمال فیدبک خارجی داشت. اما با افزایش فیدبک خارجی مطابق با شکل (4c) در بعضی نقاط کاهش می یابد. این

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

امر به دلیل اثر گرمای محلی می باشد. مشابه با همین رفتار برای ضخامتهای بالاتر نیز رخ می دهد.



شکل ۴: اثر فیدبک خارجی در فیلم های نازک MNA با ضخامت (a) ۱۱۸۰ (b) ۱۳۳۰ (c) ۱۶۵۰ (d) ۲۰۰۰ و (e) ۲۳۵۰ نانومتر

نتایج

حلقه هیستریزیس دوپایایی در فیلمهای نازک MNA مشاهده شد. تمام پاسخهای غیرخطی از رقابت بین مکانیسم انتقال بار و اثر گرمای محلی بسته به اعمال فیدبک و ضخامت نمونه ها نشات می گیرد. همچنین نتایج نشان میدهد که OB در نمونه های نازک تر با اعمال فیدبک خارجی بیشتر می شود.

مراجع:

[1] Jiu-sheng Li, A novel ultrafast terahertz wave modulator based on nonlinear medium, Optics Communications, Volume 296, 1 June 2013, Pages 137-140.

[2] Debajyoti Samanta, Sourangshu Mukhopadhyay , A method of generating single optical pulse in nanosecond range with the joint uses of electro-optic modulator and nonlinear material ,Optik - International Journal for Light and Electron Optics, Volume 121, Issue 12, June 2010, Pages 1129-1132.

[3] V. Lemoine, M. Papuchon, J.P. Pocholle, P. Le Barny, P. Robin, Electro-optic modulator and second-harmonic generator with nonlinear polymers, Synthetic Metals, Volume 54, Issues 1–3, 1 March 1993, Pages 147-153.

[4] René M de Ridder, Alfred Driessen, Erwin Rikkers, Paul V Lambeck, Mart B.J Diemeer, Design and fabrication of electro-optic polymer modulators and switches Optical Materials, Volume 12, Issues 2–3, June 1999, Pages 205-214.

[5] Barry Luther-Davies, Marek Samoc, Third-order nonlinear optical organic materials for photonic switching, Current Opinion in Solid State and Materials Science, Volume 2, Issue 2, April 1997, Pages 213-219

[6] Robert. W. Boyd, Nonlinear Optics, third ed. Academic Press, New York, 2007.

[7] M. H.Majles Ara, E. Koushki, H. Akherat Doost, Optical bistability in TiO2 nanoparticles, Optical Materials, 35(7), (2013), 1431-1435.

[8] Szostak M.M, Chojnackl. H, Piela. K, Okwieka-Lupa. U, Bidzinska. E, Dyrek. K, Helical superstructure and charged polarons contributions to optical nonlinearity of 2-methyl-4-nitroaniline crystals studied by resonance Raman, electron paramagnetic resonance, circular dichroism spectroscopies, and quantum chemical calculations. J. Phys. Chem A, 115(26), (2011), 7448-55.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]