

دراسة تأثير السمك على الصفات البصرية اللاخطية لزيت الفلفل الاحمر وزيت الفلفل الاسود

جاسب عبد الحسين مشاري

اسراء طالب عبد علي

قسم الفيزياء - كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة البصرة

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة الصفات البصرية اللاخطية في مادتي زيت الفلفل الاحمر وزيت الفلفل الاسود عمليا باستعمال حزمتي ليزر مرئيتان بالطول الموجي 532 nm و 473nm بطريقة نماذج حلقات الحيود . بدأ واضحا تأثر كل من التغير في معامل الانكسار Δn , ومعامل الانكسار اللاخطي n_2 , بتغير سمك العينتين . كما تأثر كثيرا قطر الحلقة الخارجية في كل انموذج حيود. بدا لنا ان معامل الانكسار اللاخطي الحراري ذي طبيعة سالبة. ان زيادة السمك ونقصان قدرة الدخل تؤدي الى تناقص كل من Δn , n_2 .
الكلمات المفتاحية: زيت الفلفل الاحمر وزيت الفلفل الاسود ، الصفات البصرية اللاخطية ، حلقات الحيود ، سمك العينة.

Study of thickness effects on the nonlinear of paprika oil and pepper oil

I.T.Abed-Ali

C. A. Emsary

Abstract:

In this article the optical nonlinear properties in paprika oil and pepper oil are studied using two visible laser beams a two wavelengths 532 nm and 473 nm via diffraction ring patterns. Both total change in refractive index, Δn , and nonlinear refractive index n_2 , has changed against samples thicknesses. The outer most ring diameter in each pattern has change a lot. It appear to us that thermal nonlinear refractive in negative. The increase of samples thicknesses and the decrease of input power reduce Δn and n_2 .

Key word: paprika oil and pepper oil, nonlinear optical properties, rings pattern, sample thickness.

استعملت من حيث البساطة ثلاثة طرق مختلفة لتحقيق هذه الاهداف

و هي نماذج حلقات الحيود diffraction ring pattern .
(Ogusu,1996); (Karimzadeh ,et al. ,012);
(Villafranca and Savavanamuttu, 2009) و الطريقة
الطيفية المسماة العدسة الحرارية thermal lens.
(Hussain,2005); (Franco and Tran,2010)
(Kurian,2002) بطرقها المختلفة كاستخدام حزمة ليزر منفردة
(Carter, et al.,1983) و حزمتهان (Macan et al., 2002) ،
بتطابق النمط matching mode (Joseph et al., 2010)
عدم تطابق النمط mismatching mode Droskurnin and
(Kuznetsova ,2009) و أخيراً طريقة المسح بالاتجاه z-scan

1. المقدمة

خلال الاربعين سنة الاخيرة انصب هدف العاملين في مختبرات
البصريات اللاخطية في البحث عن مواد عضوية و غير عضوية
تصلح لتطبيقات كثيرة و تحديد استجاباتها اللاخطية و قياس معاملاتها
اللاخطية خصوصا معامل الانكسار اللاخطي nonlinear
refractive index (Kawamoto et al., 1998); (Chen,
et al ., 2004); (Werner et al., 1992);(Pramitha et al.,
2009); (Gumy, 1999)

ان عدد الحلقات الناتجة يرتبط بتغير الطور ، $(\Delta\Phi)_{\max}$ الذي تعانيه الحزمة بسبب مرورها في الوسط اللاخطي ، $(\Delta\Phi)_{\max}$ كما يلي (Ogusu *et al.*, 1996)

$$N = \frac{(\Delta\Phi)_{\max}}{2\pi} \dots\dots\dots (3)$$

$(\Delta\Phi)_{\max}$ تكتب على شكل

$$(\Delta\Phi)_{\max} = k\Delta \dots\dots\dots (4)$$

حيث k متجه الانتشار ويساوي $(\frac{2\pi}{\lambda})$ و Δ فرق المسار داخل المادة اللاخطية ، ويكتب على شكل

$$\Delta = d \Delta n \dots\dots\dots (5)$$

حيث d سمك الخلية و Δn مقدار التغير في معامل الانكسار ، n ، والآخر يكتب على شكل

$$n = n_0 + \Delta n \dots\dots\dots (6)$$

n_0 معامل الانكسار للوسط عند شدة الضوء الواطئة وان :

$$\Delta n = n_2 I \dots\dots\dots (7)$$

n_2 معامل الانكسار الاخطي وشدة الضوء ، I ، ويحسب من المعادلة التالية :

$$I = \frac{2P}{\pi\omega^2} \dots\dots\dots (8)$$

حيث P قدرة الضوء الساقط من المعادلات (3,4,5,7) فأن :

$$\Delta n = \frac{\lambda N}{d} \dots\dots\dots (9)$$

$$n_2 = \frac{\Delta n}{I} \dots\dots\dots (10)$$

باستعمال ω_{532} و ω_{473} المحسوبتان والاطوال الموجية المرافقة فأن Z_R للطولين الموجين هما Z_{R532} و Z_{R473} يساويان

$$Z_{R473} = 2.47 \text{ mm} , \quad Z_{R532} = 2.76 \text{ mm}$$

وهما كميّتان اكبر من سمك الخلية المستعمل في البحث . الجدول

رقم (1) يبين سمك الخلية المستعمل في التجربة.

3. الجانب العملي

(أ) مطيافية المواد المستعملة

طيف امتصاص كل من زيت الفلفل الاحمر و زيت الفلفل الاسود الموضوع في خلية سمكها 1 mm و بدرجة حرارة الغرفة تمت باستعمال الجهاز الطيفي نوع (6800 UV / vis JENWAY , England) للمدى الطيفي (300-900 nm) مبينة في الشكل (1) (أ و ب) على التوالي كما مبين في الشكل (2) التركيب الكيميائي و الصيغة الجزيئية لكل من العينتين .

(Sheik-Bahae *et al.*, 1990); (Sharafudeen *et al.*, 2011); (Milanchian *et al.*, 2009)

لم تتلقى الزيوت النباتية أي اهتمام في هذا الجانب الا قليلاً فلا يوجد في أدبيات موضوع البصريّات اللاخطية و حسب علمنا الا تجربة واحدة (Zamiri *et al.*, 2012) تحدثت عن اضافة دقائق نانوية مصنوعة من مادة الفضة الى زيت النخيل لانتاج حلقات حيود يمكن الاستعانة بها لحساب معامل الانكسار اللاخطي، n_2 ، و التغير الكلي في معامل انكسار المادة المدروسة Δn . في هذا البحث درسنا توليد حلقات الحيود في مادتي الفلفل الاحمر Paprika و الفلفل الاسود Pepper باستعمال حزمتي ليزر بالطولين الموجيين 532 nm (الأخضر) و 473 nm (الأزرق) تعملان بالنمط المستمر continuous wave (cw) و من ثم حسبنا كل من n_2 ، Δn لهاتين المادتين و درسنا تأثير سمك الوسط اللاخطي على قيمتهما وعلى عدد الحلقات الناتجة و نصف قطر الحلقة الخارجية في نماذج الحيود الناتجة .

2. الجانب النظري:

باستعمال العدسة المحدبة فان نصف قطر حزمة ضوء الليزر

في البؤرة، ω ، أي على الخلية تحسب من العلاقة التالية

(Al-Ahmad *et al.*, 2013) :

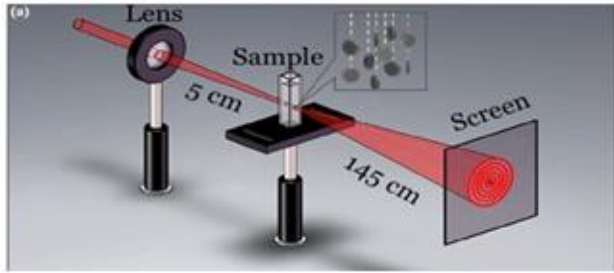
$$\omega = 1.22 f \lambda / \omega_0 \dots\dots (1)$$

حيث f البعد البؤري للعدسة و λ طول موجة الضوء . باستعمال $f=5$ cm و $\lambda_1= 532$ nm و $\lambda_2 = 473$ nm و $\omega_0 = 1.5$ mm فأن ω للحزمتين هما $\omega_{532} = 21.633 \mu\text{m}$ و $\omega_{473} = 19.235 \mu\text{m}$. في تجارب البصريّات اللاخطية من الضروري الا يتعدى سمك الخلية المستعملة الزيادة في نصف قطر حزمة الليزر عند مرورها بالوسط اللاخطي بمقدار ضعف نصف قطر الحزمة الساقطة وهذا يحدث عندما يتحقق ما يسمى طول أو مدى رايلي Rayleigh length (or Z_R , range) ، والذي يحسب من العلاقة التالية (Self, 1993) :

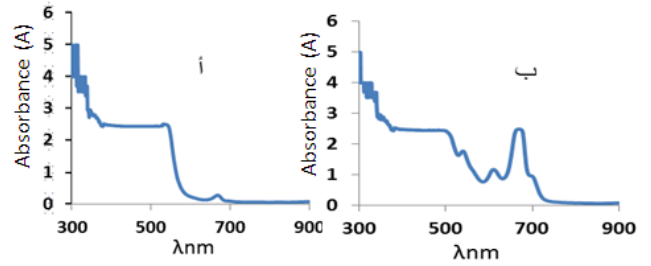
$$Z_R = \pi\omega^2 / \lambda \dots\dots\dots (2)$$

ان التغير في قيمة معامل الانكسار المحتث ، Δn ، ومقدار قيمة معامل الانكسار اللاخطي ، n_2 ، تم تقديرهما لنوعي الزيت المستعملان ولكل سمك مستعمل وقدرة دخل من خلال الاستفادة من نموذج حيود الحلقات المتحقق في كل حالة على حده من خلال عدد الحلقات المظيئة الناتجة ، N .

mm على التوالي لدراسة تأثير السمك على الخصائص اللاخطية العينتين .



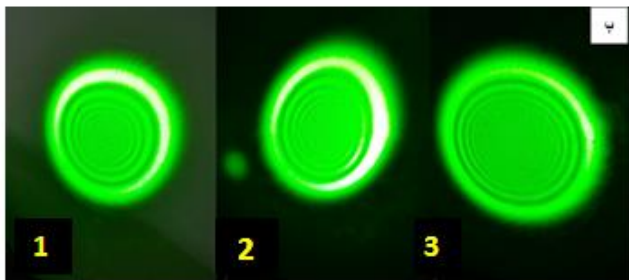
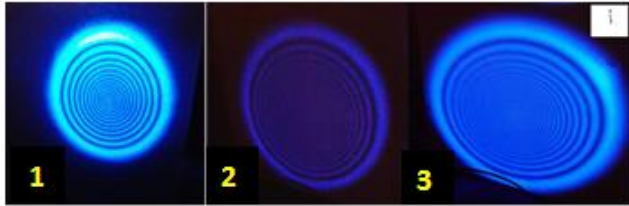
شكل (3): ترتيب تجربة انتاج حلقات الحبيود



شكل (1): طيف الامتصاص لكل من (أ) زيت الفلفل الاحمر (ب) زيت الفلفل الاسود في المدى (300-900 nm).

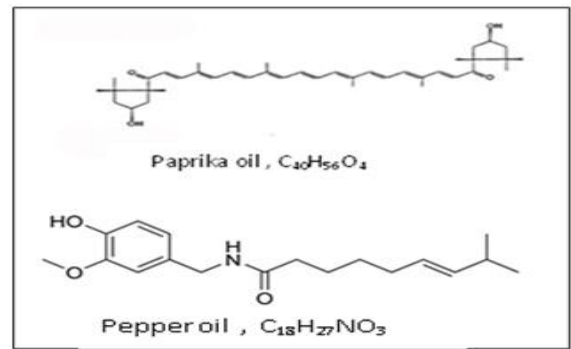
4. النتائج والمناقشة

الشكل (4) يبين نماذج لعدد حلقات الحبيود الناتجة من زيت الفلفل الاحمر وزيت الفلفل الاسود عند ثبوت قدرة الدخل وتغير سمك الخلية من 0.25 الى 0.612mm .



شكل (4): نماذج حلقات الحبيود عند قدرة دخل ثابتة 30mW لزيت الفلفل الاحمر (أ) $\lambda_1 = 473\text{nm}$ وزيت الفلفل الاسود (ب) $\lambda_2 = 532\text{nm}$ عند قدرة دخل 102mW عند سمك الخلية (أ1ب1) = 0.25mm, (أ2ب2) = 0.414mm, (أ3ب3) = 0.612mm.

الجدول (1) يمثل تغير معامل الانكسار اللاخطي ، n_2 ، لزيت الفلفل الاحمر عند ثلاث قدرات دخل وسمك الخلية 0.25mm و 0.414mm و 0.612mm وعند الطولين الموجيين 473nm و 532 nm والجدول (2) يمثل ايضا التغير في معامل الانكسار



شكل (2) التركيب الكيميائي والصيغة الجزيئية لكل من (أ) زيت الفلفل الاحمر (ب) زيت الفلفل الاسود

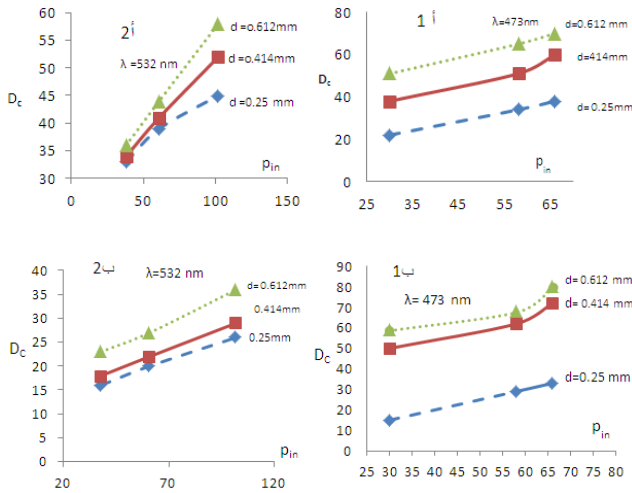
(ب) التجربة

شكل (3) يبين ترتيب تجربة استخراج نماذج حلقات الحبيود باستعمال الطولين الموجيين 473 nm , 532 nm . تم وضع أي العينتين في خلية مصنوعة من الزجاج سمكها يتغير على شكل 0.25 mm و 0.414 mm و 0.612 mm واستعمال حزمتي ليزر ذات توزيع كاوسي في النمط الاساسي مستحصلتان من ليزر حالة صلبة نوع (SDL-532-100T) للضوء الأخضر و نوع (SDL-473-050T) للضوء الأزرق. نصف قطر الحزمتين لكل ليزر عند $(\frac{1}{e^2})$ من الشدة عند اتجاه انتشار الحزمة يساوي $(\omega_0 = 1.5\text{ mm})$ يتم قياس قدرة الدخل باستعمال مقياس القدرة متعدد الطول الموجي نوع (SDL-PM-002) لتركيز حزمة الليزر على العينة تم استعمال عدسة محدبة بعدها البؤري 5 cm , اما نموذج الحلقات فيتم اسقاطه على شاشة مربعة الشكل ابعادها 30 x 30 cm تقع على بعد 145 cm في المجال البعيد و تم تصوير النماذج باستعمال كاميرا رقمية نوع (sony DSC-T99-8700-82-2500). تم استعمال ثلاثة خلايا بسمك 0.25mm و 0.414 mm و 0.612

جدول (2): تغير معامل الانكسار اللاخطي عند شدات قدرات دخل لكل طول موجي وسمك خلية متغير وللطولين الموجيين 473 و 532nm لزييت الفلفل الاسود .

D mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W		d mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W		d mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W	
	473 nm	532 nm		473 nm	532 nm		473 nm	532 nm
0.25	3.7	1.87	0.25	3.4	1.54	0.25	3.3	1.24
0.414	1.85	1.08	0.414	1.6	0.7	0.414	1.54	0.5
0.612	1.58	0.72	0.612	1.4	0.64	0.612	1.2	0.34
P_{in} mw	66	102	P_{in} mw	58	61	P_{in} mw	30	38

ان زيادة سمك العينة يؤدي ايضا الى زيادة في قطر الحلقة الخارجية كثيرا كما يفعل ذلك الزيادة في قدرة الدخل مقارنة مع حالة الشدة الواطئة حيث يتغير قطر الحلقة عندما تختفي الحلقات من 1 cm الى حالة وجود الحلقات والشدة العالية الى مايقرب من 80 cm كما يلاحظ ذلك من رسم العلاقة بين قطر الحلقة الخارجية و قدرة الضوء الساقط ومع زيادة سمك الخلية كما مبين في الشكل (5).



شكل (5): تغير قطر الحلقة الخارجية في نماذج الحيود في

(أ) الفلفل الاحمر (ب) الفلفل الاسود مع قدرة الدخل وتغير سمك الخلية وللطولين الموجيين 473 nm و 532nm.

اللاخطي، n_2 ، لزييت الفلفل الاسود عند ثلاث قدرات دخل لكل جدول وسمك الخلية تتغير بالقدر السابق نفسه وعند ذات الطولين الموجيين . يتبين من الجدولين السابقين النقصان المستمر في معامل الانكسار اللاخطي، n_2 ، مع زيادة سمك الخلية، والنقصان المستمر في n_2 بسبب نقصان قدرة الدخل لكلا الطولين الموجيين . كما وان Δn تتناقص مع تغير كلا الكميتين سمك الخلية و قدرة الدخل اما عدد الحلقات يتزايد مع سمك الخلية وكذلك فأن قطر الحلقة الخارجية في كل انموذج تزداد مع زيادة سمك الخلية . ان زيادة السمك يعني زيادة الامتصاص بالاتجاه الامامي لانتشار الموجه في الوسط وليس بالاتجاه المستعرض مما يعني النقصان المستمر في Δn وكذلك n_2 على الرغم من زيادة عدد الحلقات الا ان زيادة السمك يعوض ذلك بل يتخطاه بحيث بالمحصلة تتناقص الكميتان مع زيادة سمك الخلية اما النقصان بسبب نقصان قدرة الدخل يعمل على نقصان في كمية الضوء الممتصة والنقصان في كمية الحرارة المتولدة والنقصان ايضا في معامل الانكسار اللاخطي n_2 او الكلي n من شكل توزيع الشدة على حلقات جميع نماذج الحيود المستحصلة الذي يشير الى زيادة الشدة على انموذج الحلقات كلما ابتعدنا عن مركز كل انموذج حيود فأن عدم التركيز الذاتي self defocusing حاصل ولذلك فأن شدة الحلقة الخارجية تكون اكبر بكثير من التي قبلها كما يتضح ذلك من الشكل (4). من هذا نستنتج ان معامل الانكسار اللاخطي ، n_2 ، ذي طبيعة سالبة وما الزيادة المستمرة في قطر اي حلقة خارجية في جميع نماذج الحيود مع زيادة قدرة الدخل الا تأكيدا على نقصان في سمك العدسة المفرقة الحرارية المتكونة نتيجة الامتصاص المستمر لقدرة حزمة الليزر في كلا العينتين . ولان حزمة الليزر ذات توزيع كاوسي فأن التغير في معامل الانكسار يكون اكبر مايمكن عند ذروة الحزمة الكاوسية على محور انتشار الحزمة .

جدول (1): تغير معامل الانكسار اللاخطي القدرة الثابتة وسمك خلية متغير وللطولين الموجيين 473 nm و 532 nm لزييت الفلفل الاحمر .

d mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W		d mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W		d mm	$n_2 \times 10^{-6}$ cm ² /W	
	473 nm	532 nm		473 nm	532 nm		473 nm	532 nm
0.25	5.5	2.3	0.25	5	2.1	0.25	3.8	2
0.414	5	2	0.414	4.8	1.8	0.414	3.4	1.78
0.612	4.76	1.6	0.612	4.4	1.49	0.612	2.9	1.34
P_{in} mw	66	102	P_{in} mw	58	61	P_{in} mw	30	38

5 . الاستنتاجات

نستنتج من الدراسة الحالية ان تأثير العدسة السالبة في مادتي الفلفل الاحمر والفلفل الاسود سببها لاختيانات حرارية نتيجة لمعاملات الامتصاص العالية . اثر زيادة سمك العينات الى نقصان في كل من

- propagating through liquids with self-induced natural convection flow, *J. Optics*, 14, 095701).
- Kawamoto, A.; Suzuoki, Y. and Mizutani, T. (1998) Negative-resistance device using organic-dye-doped polymer film, *Thin solid films*, 327-329, 545.
- Kurian, A. (2002) Characterization of photonic materials using thermal lens technique, PhD, thesis, Cochin University of Science and technology, Kochi, India
- Macan, A.; Loper, C. and Melikechi, N. (2002) Pump-probe mode- mismatched thermal-lens z-scan, *J. Opt. So. Am. B*, 19, 119.
- Milanchian, K.; Tajalli, H. ; Ghanadzadeh Gilani, A. and Zekernamidi, M. S. (2009) Nonlinear optical properties of two oxazine dyes in aqueous solution and polyacrylamide hydrogel using single beam z-scan, *Opt. Mat.*, 32, 1
- Ogusu, K.; Kohtani, Y. and Shao, H. (1996) Laser-induced diffraction rings from an absorbing solution, *Opt. Rev.*, 3, 23
- Pramitha, V. ; Nimmi K.P. and Subramanyan N.V. (2009) Silver-doped photopolymer media for holographic recording, *Appl. Opt.*, 48, 2255.
- Sheik-Bahae, M.; Said, A. A., Wei, T.-H.; Hagau, D.J. and Van, E. W. Stryland (1990) Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam, *IEEE J. Quan. Electron.*, 26, 760
- Sharafudeen, K.N.; Adithya, A.; Vijayakumar, S.; Sudheesh, P.; Kalluraya, B., and Chandrasekharan, K. (2011) Multiphoton absorption process and self-focusing effect in coumarin derivative doped PMMA films by z-scan and optical limiting studies, *Curr. Appl. Phys.*, 11, 1089.
- Self, S. A. (1993) ; Focusing of spherical Gaussian beams, *Appl. Opt.*, 22, 658.
- Villafranca, A.B and Savavanamuttu, K. (2009) Diffraction rings due to spatial self-phase modulation in a photopolymerizable medium, *J. Opt. A : Pure Appl. Opt.*, 11, 125202.
- Werner, O. ; Fischer, B. and Lewis, A. (1992) Strong self-defocusing and four-wave mixing in bacteriorhodopsin films, *Opt. Lett.*, 17, 241 .
- Zamiri, R. ; Parvizi, R. ; Zakaria ,A.; Sadro - lhosseini , A.R.; Zamiri, G.; Darroudi, M. and , Husin, M. S. (2012) Investigation on nonlinear - optical properties of palm oil/silver nanoparticles *J . Europ. Opt . Soc . Rap . public*, 7 , 12020.
- التغير الكلي في معامل الانكسار، Δn ، ومعامل الانكسار اللاخطي n_2 ،
كما تأثر كثيرا قطر الحلقة الخارجة في كل انموذج مع زيادة قدرة
الدخل وزيادة سمك العينات وان عدم التركيز الذاتي self-
defocusing حاصل في هذه الدراسة

6- المصادر

- Al -Ahmad , A .Y .; Al - Mudhaffer , M .F .; Badran , H . A . and Emsary , C.A . (2013) Nonlinear optical and thermal properties of B C P : PMMA films determined by thermal lens - diffraction, *Opt. Las., Tech.* 54, 72.
- Carter, C.A. and Harris, J.M. (1983) comparison of single-and dual-beam configurations for thermal lens spectrometry, *Anal. Chem.*, 55, 1256
- Chen, Y. C.; Brazier, J. J. ; Yan, M.; Bargo, P. R. , and Prah, S. A. (2004) Fluorescence - based optical Sensors design for molecularly impinted polymers and Actuators, *B* 102, 107.
- Droskurnin, M.P. and Kuznetsova, V. (2009) Optimization of the optical scheme of a dual thermal lens spectrometer using expert estimation, *Anal. Chem. Acta*, 448, 101
- Franco, M. and Tran, C.D. (2010) Thermal lens spectroscopy, *Encyclopedia of Analytical chemistry* 1-32.
- Gumy, J-C.; Nicolet, O. and Vanthy, E. (1999) Investigation of the solvent dynamics of an organic dye in polar solvents using femtosecond transient grating technique, *J. Phys. Chem. A*, 103, 1
- Hussain, B. (2005) Investigation of the optical ,thermal , and mechanical properties of a bulk polymer using the surface thermal lensing technique, M.S.c thesis, Eastern Michigan University, VSA.
- Joseph, S. A. ; Hari, M.; Mathew, S., Sharma, G.; Soumya; Hadiya V. M. ; Radhakrishnan, P. and Nampoori, V. P. N. (2010) Thermal diffusivity of rhodamine 6G incorporated in silver nanofluid measured using mode - matched thermal lens technique *Opt. Commun.* 283, 313
- Karimzadeh, B. (2012) Spatial self-phase modulation of a laser beam

