

## قياس الانكسار الثنائي النمطي العالي تحت تأثير الشد

عند لف الليف البصري أحادي النمط

ميامي عبد اللطيف محمد

الجامعة المستنصرية/ كلية العلوم

الخلاصة:

في هذا البحث تم قياس الانكسار الثنائي النمطي العالي عندما يكون الليف البصري أحادي النمط بوضع انحناء تحت تأثير الشد حيث المحور السريع للانكسار الثنائي يكون متطابق مع نصف قطر الانحناء ومصدر هذا التأثير الإجهاد الجانبي الخارجي على الليف البصري. إذا تم لف الليف البصري أحادي النمط على أسطوانة ذات أنصاف أقطار صغيرة وبعدد لفات مختلفة ومطاوعات مختلفة للحصول على انكسار ثنائي عالي بالليف . بينت نتائج الدراسة بان كلما قل نصف قطر الانحناء ، كلما كان الانكسار الثنائي بالليف أكبر وان العلاقة بين الانكسار الثنائي النمطي الناتج عن انحناء تحت تأثير الشد  $(b_{tc})$  ونصف قطر الليف الخارجي -انحناءه  $(Kr)$  خطية لا أنصاف أقطار مختلفة ومطاوعات مختلفة عند الطول الموجي  $\lambda = (632.8\text{nm})$  توافق نتائج القيم العملية مع النظرية للانكسار الثنائي يبين الاعتماد الخطي على  $(k)$ .

### Summary:

In this research the high model birefringence has been measured when a single- mode fiber is subjected to bending under tension effect where the fast axis of birefringence was coincided with radius of curvature. The source of the effect was an external lateral stress on optical fiber. the fiber was wound on cylindrical former for different radii and for different number of turns with different strains to obtain on high birefringence in fiber. Show the result has been obtained from research. When decrease radius of curvature, the

birefringence result from bending increases, the relation ship between model birefringence induced bending under tension effect ( $b_{tc}$ ) and the outer fiber radius -bend ( $k r$ ) is linear for different radii and strains at the wave Length ( $\lambda=632.8\text{nm}$ ), the experiment values result agree With the theory values birefringence show the linear dependence on ( $k$ )

#### المقدمة: Introduction

إن النمط الوحيد الذي يكون موجوداً داخل الليف البصري أحادي النمط هو النمط الأساسي  $HE_{11}$ . وأن هذا النمط يتحلل (degeneracy) إلى مركبتين متلازمتين لا تتفصلان. وأن مستوى استقطابهما يكون عمودياً على الآخر (Orthogonal). ولذا فإن استقطاب إحدى المركبتين يكون عمودياً والأخرى أفقياً وأن المركبة العمودية والمركبة الأفقية ترمز  $HE_{11y}, HE_{11x}$  على التوالي. وأن كلتا المركبتين تسيران بالسرعة نفسها أي أن  $b_y = b_x$  وأن فرق الطور بينهما يساوي صفرًا هذا في الحالة المثالية، أي عندما يمتلك الليف تناظرًا دائرياً تاماً وأن يكون متجانساً [1].

ولكن في الحقيقة الألياف البصرية لا تمتلك تناظرًا دائرياً تاماً لأسباب عدة منها الإجهاد اللا متناظر المتسلط على الليف وكذلك المقطع العرضي اللادائري لليب وأيضا التباين في معامل انكسار مادة اللب [2]. أن كل هذه العيوب تؤثر على التناظر الدائري (circular symmetry) لليف البصري المثالي. وأن هذه العيوب تؤدي إلى فصل المركبتين للخط الأساسي  $HE_{11}$  عن بعضهما البعض. وهذا يعني أن المركبتين ستسيران وبسرع طور مختلفة أي ينتج فرق في الطور بين المركبتين لهذا فإن الليف البصري في هذه الحالة سيسلك سلوك وسط ذي معامل انكسار ثنائي ولكن انكسار ثنائي نمطي (Model [3] Birefringence).

## الدراسات السابقة

في عام (1980) قام كل من (S.C. Rashleigh.) و (R. Ulrich) بقياس الانكسار التثائي العالي لليف أحادي النمط ملفوف تحت تأثير الشد [4] وفي نفس العام قام كل من (W. Eichhoff.) و (S.C. Rashleigh.) بدراسة الانحناء المحدث انكسار تثائي في الليف البصري أحادي النمط [5]. وكذلك في نفس العام قام (A.M. Simth) بدراسة الانكسار التثائي المحدث عن الانحناء والالتواء في الليف البصري أحادي النمط [6]. إما في عام (1982) قام (W. Eichhoff.) بدراسة الإجهاد المحدث استقطاب في الليف البصري أحادي النمط [7]. وفي عام (1983) قام كل من (A. Barlow) و (Payne D.) بدراسة التأثير البصري للإجهاد في الليف البصري أحادي النمط [8] وكذلك في العام نفسه قام كل من (S.C Rashleigh) و (M.J. Marrone) بدراسة حفظ الاستقطاب البصري على ليف ملفوف بانكسار تثائي عالي [9]. إما في عام (1984) إما كل من (D.J. Brown) و (A.H. Windle) بدراسة العلاقة بين الإجهاد والمطووعة للبوليمرات غير البلورية [10] وكذلك في العام نفسه قام كل من (N. Shibata) و (M. Tokuda) بقياس الإجهاد الجانبي في الليف الحافظ للاستقطاب بأجزاء عمليا مجهدة [11]. إما في عام (1987) قام كل من (Blake J.N.) و (B.Y. Kim) بدراسة تأثير المطووعة على ألياف ذائب اهليجيته عالية [12]. وفي عام (1990) قام كل من (S.C Rashleigh) و (W. Eichhoff) بدراسة الانكسار التثائي المجهد في الليف البصري أحادي النمط [13] وأيضا في نفس العام قام كل من (S.Y. Huang.) و (B.Y. Kim.) بدراسة تأثير الاضطراب على انتشار النمط في ألياف ذائب اهليجيته عالية [14].

وفي عام ( 1992) قام كل من ( S. Donati ) و( S. Merlo ) بدراسة متحسس الليف الملفوف على القياس التوجيهي في المجال المغناطيسي [15]. إما في عام ( 1993 ) قام كل من (Y.W. Koh) و( S.H. Yun) بدراسة تأثير المطاوعة على محرزات الليف [16]. وفي عام ( 1996) قام كل من (Bauer J.) و( g. Drescher) بدراسة الشد السطحي (التصاق ورطوبة المادة) بعملية الليثوغرافيا الضوئية (طباعة حجرية تستخدم صفائح معدة ضوئياً) [17]. إما في عام ( 1999 ) قام كل من ( D. Monzon ) و( V.P. Minkovich) بدراسة توزيع الإجهاد وقياس الانكسار الثنائي لليف ذو إحاطة ثنائية [18]. وفي عام ( 2000 ) قام كل من ( D. Chowdhury ) و( D. Wilcox.) بدراسة المقارنة بين الانكسار الثنائي المحدث بواسطة تباين الإجهاد والعيوب الهندسية [19].

### الجزء النظري Theoretical Part

إن الانحناء في الليف البصري يكون أساسه تأثير الإجهاد ( a stress effect) الذي يحدث انكسار ثنائي نمطي قوي ناتج عن لف بسيط لليف البصري تحت تأثير الشد بأقطار صغيرة على شكل أسطواني، تحت هذا الشرط فإن الليف الملفوف تحت تأثير الشد بإجهاد جانبي خارجي (ينتج عنه انكسار ثنائي خطي مشابه بالعادة للانكسار الثنائي الخطي الذي يحدث عند تسليط إجهاد داخلي لكن بدون تجاوز قوة الشد بالليف [5,4] هذا الانكسار الثنائي يكون كبير وكافي لإنتاج أطوال ضربة قصيرة، حيث المحور الأساسي للانكسار الثنائي يكون ذاتياً متراً صف بشكل موازي وعمودي على محور اللف هذا النوعية مفيدة لتصنيع الألياف الحافظة للاستقطاب ( polarization holding fibers - كملفات المتحسسات البصرية

(optic sensor coils).

أما في الألياف ذات انكسار ثنائي بإجهاد داخلي (an internal stress) الناتج من لف بسيط للليف على شكل أسطواني بأقطار صغيرة فالمحور الأساسي للليف يكون متراصف بشكل دقيق مع محور اللف لإنتاج ملفات الليف الحافظة للاستقطاب (polarization-holding fiber coils) [21,20] لذلك فالانكسار الثنائي للليف تحت تأثير الشد يكون بعلاقة تقريبية للانكسار الثنائي المنحني  $\beta_b$  الذي يحدث عند إحناء أو لف الليف بحرية تامة أي بدون شد الانكسار الثنائي المنحني  $\beta_b$  هو رتبة ثانية لتأثير البصري المرن (an eleasto-optics effect)

$$\beta_b \propto k^2 r^2 \dots \dots \dots (1)$$

حيث:  $K = \frac{1}{R}$  انحناء لفة نصف قطره R

2r: القطر الخارجي للليف

حي الليف بحرية تامة [23,22] وبسبب التماثل أيضاً عندما يكون الليف المستقيم موضوع إلى أجهاد شد خالص (a pure tensile stress) يسبب مطاوعة محورية  $\epsilon_z$  فلا يوجد انكسار ثنائي محدث، لذلك عندما يكون الليف البصري موضوع معاً إلى انحناء وشد (bending and tension) تخلط الرتبة الثانية مع الرتبة الأولى للانحناء وتأثيرات أجهاد الشد (stress effects) (a tensile) تنتج انكسار ثنائي برتبة ثانية تتناسب مع  $(\epsilon_z), (k)$  ويسمى ذلك بالانكسار الثنائي للليف تحت تأثير الشد  $b_{ic}$ .

$$b_{ic} \propto k r \epsilon_z \dots \dots \dots (2)$$

لذلك إذا الانحناء k (curvature) أو المطاوعة المحورية  $\epsilon_z$  (an axial strain) ينتهي فان  $b_{ic}$  ينتهي أيضاً

وبالنسبة للليف البصري الذي تكون مادته من السيليكا (silica) فإن الانكسار الثنائي الناتج عن انحناء وشد يعطي بالعلاقة الآتية [22]:

$$\beta_{ic} = 28 \times 10^7 kr \in_z \dots\dots\dots(3)$$

الإشارة السالبة تعني أن المحور السريع للانكسار الثنائي الناتج عن انحناء  
و شد يتطابق مع نصف قطر الانحناء.

### الجزء العلمي Experimental parts

#### \*المصدر الضوئي Light source

في هذه الدراسة تم استخدام ليزر هليوم - نيون ( He-Ne Laser ) من صنع شركة (Phywe) يعمل بموجة مستمرة (CW) وبقدرة ضوئية (1mW) ويعمل بالنمط الأساسي ( $TEM_{00}$ ) تنبعث منه حزمة أحادية الطول الموجي لونها احمر من الطيف الكهرومغناطيسي بطول موجي مقداره (632.8nm). حيث أن الطول الموجي المستخدم هو ضمن مديات تردد القطع لليف البصري المستخدم في دراسة الانكسار الثنائي النمطي لكي يحقق شرط القطع (cut off condition) لليف البصري أحادي النمط [ 25,24 ].

#### \*الليف البصري Optical Fiber

أستخدم في هذا البحث ليف بصري أحادي النمط يمتاز بمرونة عالية وخصائصه مبنية في جدول (1) [ 26 ].

جدول رقم (1) يبين المعلمات الرئيسية لليف البصري المستخدم [ 26 ].

المعلمة parameters	الليف البصري المستخدم
الفتحة العددية N.A.	0.098
قطر اللب (μm)	5
طول موجة القطع (nm) $\lambda_c$	630
قطر الليف (μm)	210

### \*المستقطب والمحلل ولوح ربع الموجة Analyzer and polarizer quarter wave plate

تم استخدام مستقطب للتحكم باتجاه مستوى الاستقطاب عند دخول الضوء إلى الليف البصري وعند خروج الضوء من الليف البصري استخدم لوح ربع الموجة وذلك لتحويل الاستقطاب من بيضوي إلى خطي وتم وضع محلل خلف لوح ربع الموجة وذلك لتعيين اتجاه الاستقطاب ومنه يمكن معرفة قيمة الانكسار الثنائي [24].

إضافة إلى استخدام عدسات مجهرية (Microscope objective) وفتحات عددية أقل من الفتحة العددية لليف البصري، حاملات دقيقة لليف البصري لتسهيل عملية الترصيف (Micropositioner)، مسطرة بصرية (optical bench)، حاجز Screen.

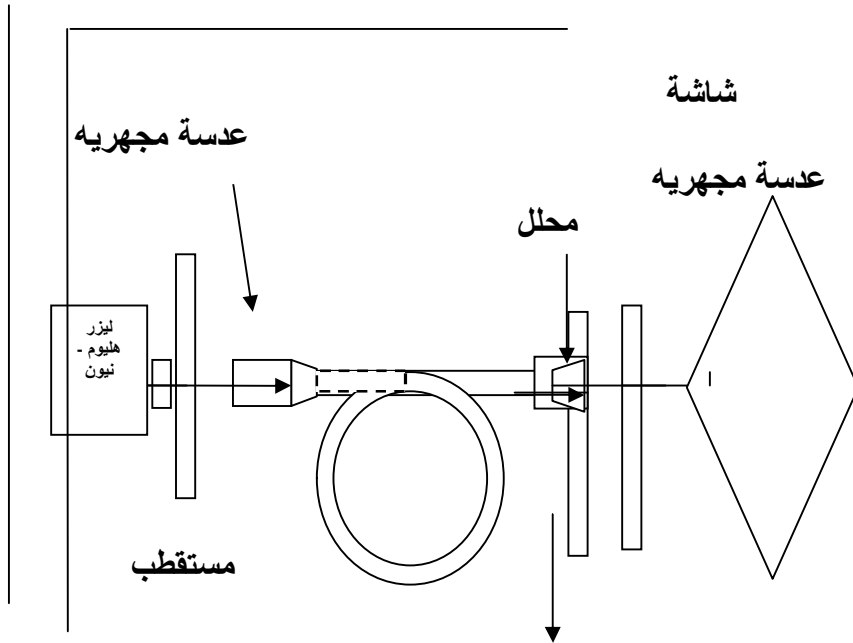
تم استخدام المنظومة المبينة في الشكل (1) لدراسة الانحناء تحت تأثير الشد المؤثر على قياس الانكسار الثنائي النمطي، إذ استخدم ليف بصري قطره الخارجي ( $2r=210\mu\text{m}$ ) وقمنا بتغيير أنصاف أقطار الانحناء وأخذ مطاويعات مختلفة للشد، إذ تم لف الليف البصري على شكل أسطواني ذا أنصاف أقطار مختلفة مداها (10.5, 15, 29mm) مطاويعات مختلفة للشد، والاهتمام بلف الليف من أعلى وأسفل الشكل الأسطواني تحت شد ثابت لضمان يكون الليف الملفوف موضوع لمطاويع منتظمة [4,5] ومن ثم تغير بمستوى الاستقطاب للضوء الداخل إلى الليف البصري بواسطة المستقطب وتدوير المحلل إلى أن نحصل على اختفاء تام للضوء ثم نسجل زاوية المحلل ( $q_0$ ) وزاوية المستقطب ( $q_0$ ) حيث تمثل زاوية المستقطب لأحد المحورين الأساسيين اللذين إذا دخل الضوء المستقطب بموازاة أحدهما فإنه سوف يخرج بنفس مستوى الاستقطاب يضاف

إليه زاوية (45°) على زاوية المستقطب ( $\hat{q}$ ) فيكون الضوء الخارج مستقطب ببيضويًا. لذا نضع لوح ربع موجة الذي يحول الاستقطاب من بيضوي الى خطي ثم ندور المحلل إلى أن نحصل على اختفاء تام يرمز لهذه الزاوية بـ ( $\hat{q}'$ )، حساب الزاوية ( $\alpha$ ) يمكن إيجادها بالفرق بين زاويتي ( $\hat{q}'$ ) و ( $\hat{q}$ ) كما مبين في العلاقة الآتية [26].

$$a = \hat{q}' - \hat{q} \dots \dots \dots (4)$$

علمًا أن الزاوية ( $\alpha$ ) تمثل نصف زاوية الإعاقة الخطية (retardation) (Linear) وكما مبين في العلاقة الآتية:

$$\phi = 2\alpha \dots \dots \dots (5)$$



لغة من الليف البصري أحادي النمط



لوح ربع موجة ( $\lambda/4$ )

شكل (2): يمثل منظومة قياس الانكسار الثنائي النمطي بتأثير الانحناء [ 6 ]

جدول (2a)

يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة ( 29 mm ) عند الطول الموجي ( $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ) ومطووعة ( $\epsilon = 0.0026$ )

$R_m$	$+l(m)$	$q_p$ (deg)	$q_A$ (deg)	$\theta_p$ (deg)	$\theta_A$ (deg)	$a$ (deg)	$\theta_a$ (deg)	$f$ (deg)	$f'$ (deg)	$L$ (m)	$\frac{\Delta f}{\Delta L}$ (deg/m)	$\frac{360}{\Delta b}$ (m)	$\frac{\Delta b \cdot l}{360}$ $\times 10^{-6}$
29	4turn +0.3=1.02	80 170 260 350	10 27 3 11 2 27 5	125 215 305 395	28 6 90 28 7 17 90 17 7	17 7 17 7 17 7	17 5	35 0	50 8	0. 1 8	2822	0.128	5.22
	3turn+0.3 =0.84	95 185 275 365	21 1 86 21 4 86	140 230 320 410	31 5 18 6 31 4 18 10 6	10 4 10 0 10 0 10 0	10 1	20 2	46 2	0. 1 8	2566	0.140	4.51
	2turn+0.3= 0.66	115 205 295 385	16 0 53 16 2 57	160 250 340 430	21 6 10 3 21 2 10 7	50 50 50 50	50	10 0	40 8	0. 1 8	2266	0.158	3.98
	1turn+0.3= 0.48	355 85 175 295	15 8 25 7 16 5 26 3	40 130 220 342	18 6 28 5 18 7 28 5	28 28 22 22	26	52					

$L$  : طول الليف ، turn : عدد اللفات ،  $q_p^\circ$  : زاوية المستقطب

الموازية لأحد المحورين الأساسيين للليف البصري ،  $q_A^\circ$  : زاوية المحلل ،

$q_A^\circ$  : زاوية المحلل ،  $a$  : نصف زاوية الإعاقاة الخطية ،  $l$  : الطول

المتبقي في الليف بعد عملية الليف  $q_p^{\circ}$ : زاوية المستقطب مضاف إليها 45

$$\theta_p^{\circ} = \theta_p^{\circ} + 45$$

جدول (2b) يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة ( 15 mm )

عند الطول الموجي  $(I = 632.8 \text{ nm})$  ومطاوعة  $(\epsilon = 0.0026)$

R m m	$n + l(m)$	$q_p^{\circ}$	$\theta_A^{\circ}$	$\theta_P^{\circ}$	$\theta_A^{\circ}$	$\alpha^{\circ}$	$f^{\circ}$	$\Delta f^{\circ}$	$\Delta L$	$\frac{360}{\Delta\beta}$	$\frac{\beta.\lambda}{60}$		
		(deg)	(deg)	(deg)	(deg)	(deg)	(deg)	(deg)	mm	(deg/m)	(m) $\times 10^{-6}$		
15	4turn+0.28=0.68	25 115 205 295	273 35 160 215 180 180 180	70 160 250 340	93 215 94 216	180 180 180 180	180	358	506	0.09	5622	0.064	9.88
	3turn+0.28=0.56	55 145 235 325	208 78 190 185 107 107 105 105	100 190 280 370	315 185 107 105	106	212	462	0.09	5133	0.070	9.02	
	2turn+0.28=0.46	70 160 250 340	185 25 193 40	115 205 295 385	245 85 248 85	60 60 55 45	55	110	404	0.09	4488	0.080	7.88
	1turn+0.28=0.37	85 175 265 355	64 269 64 271	130 220 310 400	98 302 97 303	34 33 33 32	33	66					

جدول (2c) يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة (10.5mm) عند الطول الموجي (I = 632.8 nm) ومطواعة (ε = 0.0026)

$R$ mm	$n + l(m)$	$q_p$ (deg)	$q_A$ (deg)	$p_p$ (deg)	$p_A$ (deg)	$a$ (deg)	$a'$ (deg)	$f$ (deg)	$f'$ (deg)	$L$ (m)	$\frac{\Delta f}{\Delta L}$ (deg/m)	$\frac{360}{\Delta b}$ (m)	$\frac{b.l}{360}$ (m) $\times 10^{-6}$
10.5	4turn+0.25=0.51	30 120 210 300	170 34 171 36	75 165 255 345	322 186 321 186	152 152 321 150	151	302	457	0.006	7533	0.047	13.24
	3turn+0.25=0.49	45 135 255 315	349 110 348 113	90 216 94 215	95 216 94 215	106 106 106 102	105	210	443	0.006	7383	0.048	12.97
	2turn+0.25=0.38	65 155 245 335	115 236 124 243	181 302 184 303	181 302 184 303	66 66 184 60	63	127	421	0.006	7016	0.051	12.33
	1turn+0.25=0.31	80 170 260 350	140 64 139 62	175 97 172 95	173 97 172 95	33 33 33 33	33	66					

جدول (3a) يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة (29 mm) عند الطول الموجي (I = 632.8 nm) ومطواعة (ε = 0.0037)

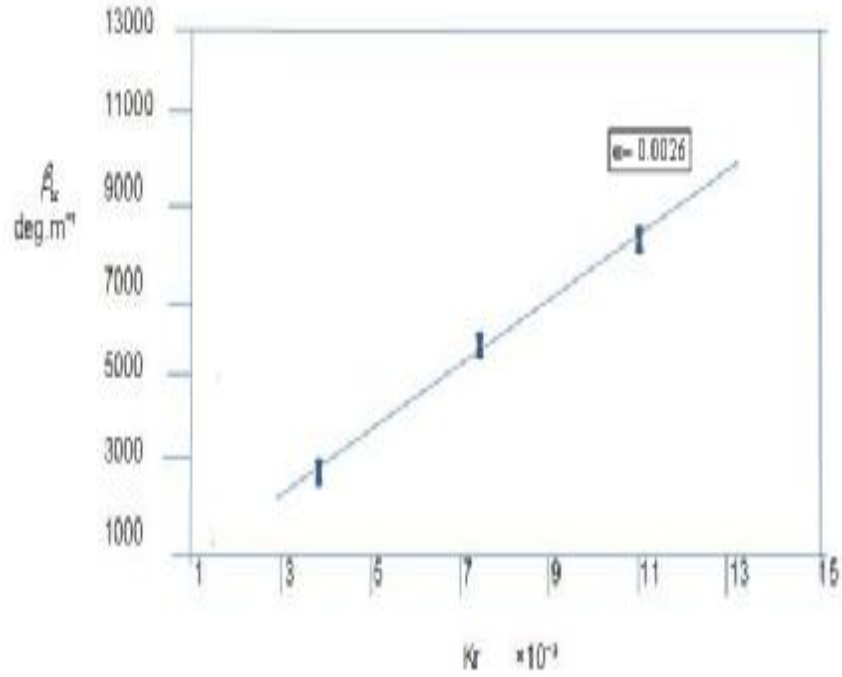
$R$ mm	$n + l(m)$	$q_p$ (deg)	$q_A$ (deg)	$p_p$ (deg)	$p_A$ (deg)	$a$ (deg)	$a'$ (deg)	$f$ (deg)	$f'$ (deg)	$L$ (m)	$\frac{\Delta f}{\Delta L}$ (deg/m)	$\frac{360}{\Delta b}$ (m)	$\frac{b.l}{360}$ (m) $\times 10^{-6}$
29	4turn+0.32=1.04	75 165 255 345	85 26 80 26	120 210 300 390	345 286 340 286	620 620 340 620	620	1240	750	0.18	4166	0.086	7.32
	3turn+0.32=0.86	120 210 300 30	244 49 246 54	165 255 345 75	310 115 312 116	426 426 426 422	425	850	640	0.18	3555	0.101	6.24
	2turn+0.32=0.68	114 204 294 384	160 272 170 282	159 249 339 69	90 202 90 202	290 290 280 280	285	570	595	0.18	3305	0.108	5.80
	1turn+0.32=0.50	182 272 362 452	147 26 150 29	230 317 47 137	307 184 308 185	160 158 158 156	158	316					

جدول (3b) يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة ( 15 mm ) عند الطول الموجي (  $I = 632.8 \text{ nm}$  ) ومطواعة (  $\epsilon = 0.0037$  )

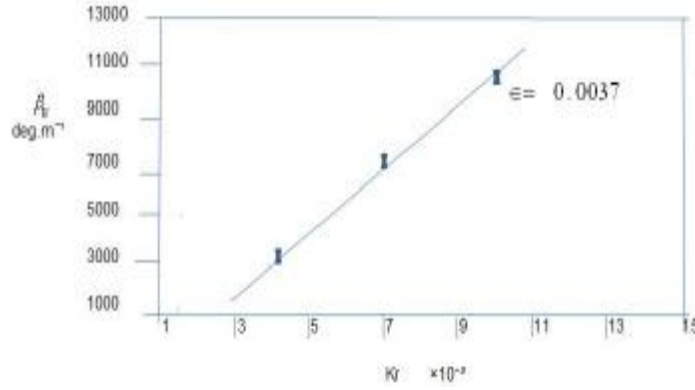
$R$ mm	$rn + l(m)$	$\frac{\circ}{p} q$ (deg)	$\frac{\circ}{A} q$ (deg)	$\frac{\circ}{P} q'$ (deg)	$\frac{\circ}{A} q'$ (deg)	$\frac{\circ}{a} a$ (deg)	$\frac{\circ}{a} a'$ (deg)	$\frac{\circ}{f} f$ (deg)	$\frac{\circ}{\Delta f} \Delta f$ (deg)	$\Delta L$ (m)	$\frac{\Delta f}{\Delta L}$ (deg/m)	$\frac{360}{\Delta b}$ (m)	$\frac{\Delta b.I}{360}$ (m) $\times 10^{-6}$
15	4turn+0.29=0.66	40 130 220 310	38 77 78 28	85 175 265 355	358 297 348 298	680 580 630 630	630	1260	720	0.0 9	8000	0.045	14.06
	3turn+0.29=0.57	65 155 245 335	210 93 213 94	110 200 290 380	302 185 301 185	452 580 448 448	450	900	680	0.0 9	7555	0.047	13.28
	2turn+0.29=0.47	95 185 275 365	163 285 164 288	140 230 320 410	93 216 94 218	290 290 290 290	290	580	574	0.0 9	6377	0.056	11.20
	1turn+0.29=0.38	102 192 282 372	60 259 66 264	147 237 330 417	245 83 248 85	185 184 182 181	183	366					

جدول (3c) يبين قيم الانكسار الثنائي لنصف قطر لفة ( 10.5mm ) عند الطول الموجي (  $I = 632.8 \text{ nm}$  ) ومطواعة (  $\epsilon = 0.0037$  )

$R$ mm	$urn + l(m)$	$\frac{\circ}{p} q$ (deg)	$\frac{\circ}{A} q$ (deg)	$\frac{\circ}{P} q'$ (deg)	$\frac{\circ}{A} q'$ (deg)	$\frac{\circ}{a} a$ (deg)	$\frac{\circ}{a} a'$ (deg)	$\frac{\circ}{f} f$ (deg)	$\frac{\circ}{\Delta f} \Delta f$ (deg)	$\Delta L$ (m)	$\frac{\Delta f}{\Delta L}$ (deg/m)	$\frac{360}{\Delta b}$ (m)	$\frac{\Delta b.I}{360}$ (m) $\times 10^{-6}$
10 5	4turn+0.26= 0.52	28 118 208 298	71 35 73 37	73 163 253 343	222 186 222 186	511 511 509 509	510	1020	678	0.0 6	11300	0.031	19.86
	3turn+0.26= 0.45	55 145 235 325	102 224 103 225	100 190 280 370	93 215 94 216	351 351 351 351	351	702	652	0.0 6	10866	0.033	19.10
	2turn+0.26= 0.39	80 170 260 350	111 260 120 258	130 215 305 395	320 102 322 103	209 202 202 205	205	410	540	0.0 6	9000	0.04	15.82
	1turn+0.26= 0.33	110 200 290 380	70 114 72 122	155 245 335 425	187 230 186 235	117 116 114 113	115	230					



شكل (2) العلاقة بين الانكسار الثنائي النمطي الناتج عن انحناء وشد لنصف قطر الليف وانحناءه عند أنصاف أقطار مختلفة ( 29mm , 15mm , 10.5mm) باستخدام مطاوعة  $\epsilon = 0.0026$  وعند الطول الموجي  $I = 632.8nm$



شكل (3) العلاقة بين الانكسار الثنائي النمطي الناتج عن انحناء وشد لنصف قطر الليف وانحناءه عند أنصاف أقطار مختلفة (10.5mm, 15mm, 29mm) باستخدام مطاوعة  $\epsilon = 0.0037$  وعند الطول الموجي  $I = 632.8nm$

### النتائج والمناقشة: Results and Discussion

تم دراسة الانحناء تحت تأثير الشد في الليف البصري الذي يكون سببه تأثير الإجهاد الجانبي الخارجي على الليف البصري فينتج عنه انكسار ثنائي خطي كبير في الليف بسبب تأثير الانحناء والشد ( $\beta_t c$ ) والذي يحدث عند لف الليف على شكل لفة واحدة أو عدة لفات دائرية على شكل أسطواني بأقطار صغيرة ومطاوعات مختلفة للشد وبشكل منتظم أي بدون تجاوز قوة الشد. هذا الانكسار يكون كبير وكافي لإنتاج أطوال ضربة ذات مدى قصير. نجد أن قيم الانكسار الثنائي مختلفة نجد أن قيم الانكسار الثنائي مختلفة وهذا ما يبينه الأشكال (2، 3) العلاقة بين الانكسار الثنائي الناتج عن انحناء وشد ( $\beta_t c$ ) ونصف قطر الليف الخارجي وانحناء (Kr) عند الطول الموجي ( $I = 632.8nm$ ) على أنها خطية إذ كلما كان طول الانحناء أكبر (عدد اللفات كبير)، كلما كان مقدار الانكسار الثنائي النمطي عند الانحناء والشد أكبر وهذا واضح في جداول (a, b, c) 3-2 أي أن مقدار الانكسار الثنائي عند أربع لفات من الليف البصري أكبر من

مقداره عند لفة واحدة من الليف البصري ولأقطار مختلفة ومطاوعة مختلفة للشد ففي حالة المطاوعة ( $\epsilon=0.0026$ ) لنصف قطر الانحناء (29mm) كانت قيمة الانكسار الثنائي النمطي عند الانحناء التي حصلنا عليها من القياسات العملية كمعدل هي ( $2551 \text{ deg.m}^{-1}$ ) في حين تشير النتائج النظرية التي حصلنا عليها من المعادلة (3) والتي كانت ( $2620 \text{ deg. m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية و النظرية هي (2.6%) وذلك لأن المحور السريع للانكسار الثنائي الذاتي لليف البصري لا يكون ضمن مستوى اللف وبالتالي سوف يؤثر على قيمة الانكسار الثنائي الناتج عن الانحناء الكبير، أما في حالة نصف قطر الانحناء (15mm) كانت القياسات العملية للانكسار الثنائي المنحني بتأثير الشد هي ( $5081 \text{ deg.m}^{-1}$ ) إما قيمة النتائج النظرية التي حصلنا عليها من المعادلة (3) فقد كانت ( $5096 \text{ deg.m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية والنظرية هي (0.29%) وهذه القيمة تكاد تكون منطبقة مع القيم النظرية، وفي حالة نصف قطر الانحناء (10.5mm) كانت قيمة القياسات العملية للانكسار الثنائي المنحني هي ( $7310 \text{ deg.m}^{-1}$ ) أما النتائج النظرية التي حصلنا عليها من المعادلة (3) فهي ( $7280 \text{ deg.m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية والنظرية هي (0.4%) وهذه القيمة تدل على شبه تطابق القيم العملية مع القيم النظرية. عند مطاوعة ( $\epsilon=0.0037$ ) لنصف قطر الانحناء (29mm) كانت قيمة القياسات العملية للانكسار الثنائي النمطي عند الانحناء كمعدل هي (3675  $\text{deg.m}^{-1}$ ) إما النتائج النظرية التي حصلنا عليها من المعادلة (3) فقد كانت القيمة ( $3729 \text{ deg.m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية والنظرية هي (1.46%) بزيادة المطاوعة لليف بالكمية المعروفة تسبب انكسار ثنائي كبير عند لف الليف بحيث أن المحور السريع للانكسار الثنائي لا يكون ضمن مستوى اللف وبالتالي سوف يؤثر على قيمة الانكسار الثنائي الناتج عن الانحناء

الشديد، أما في حالة نصف قطر الانحناء (15mm) كانت القياسات العملية للانكسار الثنائي المنحني هي ( $7310 \text{ deg.m}^{-1}$ ) أما النتائج النظرية التي حصلنا عليها من المعادلة (3) فقد كانت ( $7252 \text{ deg.m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية والنظرية هي (0.79%) وهذه القيمة تكاد تكون منطبقة مع القيم النظرية، وفي حالة نصف قطر الانحناء (10.5mm) كانت القياسات العملية للانكسار الثنائي المنحني هي ( $10383 \text{ deg.m}^{-1}$ ) أما النتائج النظرية فهي (10360  $\text{deg.m}^{-1}$ ) وأن نسبة الخطأ بين نتائج القيم العملية والنظرية هي (0.27%) وهذه القيمة تدل على شبة تطابق مع القيم النظرية.

#### الاستنتاجات: Conclusions

عند لف الليف البصري تحت تأثير الشد يكون المحور الأساسي للانكسار الثنائي متراصف ذاتياً بشكل موازي وعمودي لمستوى اللف، وعندما يوضع الليف تحت أجهاد وشد معاً فإن تأثيرات أجهاد الشد تنتج رتبة ثانية للانكسار الثنائي تتناسب خطياً مع ( $\epsilon$ ) و ( $K$ ). كلما زادت المطاوعة ( $\epsilon$ ) بالليف لإنصاف أقطار مختلفة وصغيرة كلما كان مقدار الانكسار الثنائي النمطي بالليف الموضوع لا انحناء وشد أكبر وأن العلاقة بين الانكسار الثنائي النمطي الموضوع لا انحناء وشد و ( $k r$ ) خطية، أي كلما زاد عدد لفات الليف البصري يزداد طول الانحناء وبالتالي يزداد الانكسار الثنائي المنحني. لذا فإن توافق نتائج القيم العملية مع النظرية للانكسار الثنائي المنحني يبين الاعتماد الخطي على انحناء الليف ( $k$ ) فعند لف الليف البصري أحادي النمط تحت تأثير الشد على شكل أسطواني ينتج عنه انكسار ثنائي خطي عالي بالليف أكبر من الانكسار الثنائي الذي يحدث عند لف الليف بحرية تامة. هذا الانكسار الثنائي العالي يستفاد منه في بناء ملفات الليف الحافظة للاستقطاب مثل الجيروسكوب



البصري (Fibre – optic gyroscopes) ومتحسسات الضغط  
 . (pressure sensors)

References

- 1- S.C. Rashleigh , “ Origins and control of polarization effect in single – mode fibers”, Light Wave tech .,Vo 1. LT-1, NO.2, PP.(312-331), New York,(1993).
- 2-W. Huang , “ Fiber birefringence Modeling for Polarization Mode Dispersion” M.sc. Thesis, college of science, university of Canada,(2007).
- 3- G.P. Agrawal , “ Fiber- optic Communication Systems”, John Wiley& Sons, Inc. .Rochester ,(2002).
- 4- R. Ulrich and S.C. Rashleigh , “High birefringence in tension- coiled Single- mode fibers”, Opt. Lett.,Vol.5,No.8,PP.(354-356) ,(1980).
- 5- R. Ulrich, S.C. Rashleigh and W. Eickhoff, “Bending - induced birefringence in single- mode fibers” Opt. Lett.,Vol.5,No.6,PP.(273-274), (1980).
- 6-A.M.Smith , “ Birefringence induced by bend and twist in single- mode fibers” Appl. Opt.,Vol.19,No.15,PP.(2606-2611), (1980).
- 7-W.Eickhoff , “Stress- induced single- mode fibers” Opt. Lett.,Vol.7,No.12, PP.(629-631) , (1982).
- 8-D.Payne and A .Barlow , “ Stress-optic effect in optical fibers”, IEEE J. Quant. Elect. Vo l . 19,No.5,PP.(834-839), (1983).
- 9- S.C. Rashleigh and M.J. Marrone , “Polarization holding in coiled high – birefringence fiber”, Elect. Lett ., Vol.19,No.20,PP.(850-851), (1983).
- 10-D.J.Brown and A.H. Windle , “Stress-orientation-strain relationships in non-crystalline polymers”, J . Materials Science, Vol.19,No.6,PP.(199-201),(1983)
- 11-N.Shibata and M. Tokuda , “Measurement of stress profiles in the perform of a Polarization – holding fiber stress –Appling parts ”, IEEE J. Light wave tech., Vol.LT-2,No.3,PP.(228-233),(1984) .
- 12-J.N.Blake , B. Y. Kim, S. Y. Huang and H.J. Shaw, “Strain effect on highly elliptical core two - mode fibers”, Opt. Lett.,Vol.12,No.9, PP.(732-734), (1987).
- 13- S.C. Rashleigh and W. Eickhoff , “Stress Birefringence in Birefringent optical fiber”, Electron Lett .,Vol.20,No.11, PP.(967-9684), (1990).
- 14- S. Y. Huang, J.N. Blake and B. Y. Kim, “Perturbation effects on mode propagation in highly elliptical core two - mode fibers”, IEEE J. Light wave tech ., Vol.8, No.1, PP. (23-33),(1990) .
- 15-S.Donati and S. Merlo, “Coiled fiber sensor vectorial Measurement of magnetic filed”, IEEE J. Light wave tech., Vol.10,No.12,PP.(206-210),(1992) .
- 16-Y.W.Koh,S.H.Yun and B. Y. Kim , “Strain effect on two - mode fiber gratings”, Opt. Lett.,Vol.18,No.7, PP.(497-499), (1993).
- 17-J.Bauer and G. Drescher, “Surface tension ,adhesion and wetting of materials for photolithographic process” ,J. Vacuum science &Technology ,Vol.14,No.4, PP.(2485-2492), (1996).
- 18-V.P.Minkovich and D. monzon, “Stress distribution and Birefringence measurement in double –clad fiber” ,Optic communication s,Vol.17,No.4, PP.(241-246), (1999).

19- D. Wilcox and D. Chowdhury, "Comparison between optical fiber Birefringence induced by stress anisotropy and geometric deformation", IEEE J. Quant. Elect. Vol.19, No.2, PP.(227-232), (2000).

20- G. Keiser, "Optical fiber Communications", McGraw Hill. Inc. Singapore(2000).

21- A. Hasegawa "Theory of information transfer in optical fibers", A tutorial review, optical Fiber., Vol.10, No.10, PP.(150-170), (2004).

22- P. Banman and D. Phillips "Analysis and stability of bent Core Liquid Crystal Fiber", Preprint,(2007).

23- D.R. Goff, "Types of optical fiber", Contact.

Webmaster@ WWW.fiber-optics.infor,(2004).

24- "أساسيات البصرييات" (1998)، ترجمة د. عبد الفتاح أحمد الشاذلي، جامعة القاهرة/الدار الدولية للنشر

والتوزيع

25- A. Galtarossa, L. Palmieri, M. Schiano and T. Tambosso, "Measurements of beat length and Perturbation length in Long Single- mode Fiber", Opt. Lett., Vol. 25 No. 6 PP.(2606-2611), (2000).

26- J.M. Senior, "optical fiber communication, Principles and Practice", Prentice-Hall International Inc., London,(1985).