

دراسة تأثير مسافة الخطوة عند عدد الحلقات الثانية للفجوات الهوائية في شكل التشتت في الألياف البلورية الفوتونية

بصيرة قاسم سليمان الموسوي¹، عصام سمين علي اوجاغ²، نهاد علي شفيق¹

¹قسم الفيزياء، كلية التربية طوز خورماتو، جامعة تكريت، تكريت، العراق

²تربية طوز خورماتو، مديرية تربية صلاح الدين، وزارة التربية، العراق

الملخص

ان الحاجة إلى الياف ضوئية تعمل في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي دفع الباحثين الى وضع تصميم الياف أكثر تطوراً وهي الالياف البلورية الفوتونية. وتم دراسة تأثير تغيير مسافة الخطوة على معامل الانكسار الفعال كدالة للطول الموجي، على اعتبار ان الليف يعمل بالنمط المنفرد وتم تغيير مدى مسافة الخطوة (Λ) والتي جاءت في المقترح فقد تم وضع مقترح لليف بلوري ودراسة مواصفاته ولقيم مختلفة من مسافة الخطوة (Λ). وعند جميع نوافذ الاتصالات $(0.8, 1.31, 1.55)\mu\text{m}$. فقد اشارت النتائج الى ان التصميم ذا المواصفات ($MNr=1$, $Nr=2$) ($\Lambda=1.2$, $d/\Lambda=0.5$)، يمتلك تشتت (-37ps/nm/km) عند نافذة الاتصال $(0.8\mu\text{m})$ و (-30ps/nm/km) عند نافذة الاتصال $(1.31\mu\text{m})$ و (-110ps/nm/km) عند نافذة الاتصال $(1.55\mu\text{m})$ ، وان التصميم اعلاه يتميز بتشتت مسطح ولمدى من الاطوال الموجية $(0.95 - 1.16)\mu\text{m}$ والتصميم المقترح له منحنى تشتت يتميز بوجود (3ZDW).

مفاتيح الدالة: تشتت، مسافة الخطوة، الفجوات الهوائية، الالياف البلورية الفوتونية

المقدمة :

التركيب الدورية العازلة البلورات الفوتونية (Photonic Crystal) في الاتصالات الضوئية، بسبب إظهارها سمات ضوئية مهمة جدا [2]. تتكون هذه التركيب من مواد عازلة مثل السليكا (Silica) يمكن أن ينتشر فيها المجال الكهرومغناطيسي وبخسائر قليلة، تتخلل هذه التركيب الدورية فجوات هوائية بشكل متماثل ومتكرر على مسافات منتظمة، وبسبب هندسة هذا التركيب فان الضوء الداخل إلى هذه الفجوات سينعكس أو ينكسر عند الحد الفاصل بين السليكا والهواء، والهدف المطلوب من هذه التركيب هو احتمالية تكوين " تأثير فجوة الحزمة الفوتوني" (PBGE) (Photonic Bandgap Effect) لنماذج معينة [2,3]، تشبه هذه الظاهرة ما يقابلها من استطرارة الالكترونات في أشباه الموصلات، لان البلورة الفوتونية تحت شروط معينة تمنع انتشار الفوتونات كما يُمنع انتشار الإلكترون في أشباه الموصلات. وتعتمد هذه الظاهرة على زاوية سقوط الضوء عند الحد الفاصل بين الهواء والسليكا، ومطابقة أبعاد التركيب الدورية مع الأطوال الموجية للضوء الساقط على سطحها، عندئذ يحدث رنين ويتوجه الضوء في داخل التركيب. أما إذا كانت أبعاد التركيب الدورية اقل من قيمة الطول الموجي، فان الرنين لا يمكن حدوثه ويرتد الضوء خارجا [4].

هدف من الدراسة :

- 1- حساب الجزء الحقيقي لمعامل الانكسار الفعال للتصميم المقترح نظرياً للألياف البلورية الفوتونية.
- 2- استخدام برنامج (MATLAB:7) لحساب التردد المعياري والفتحة العددية والتشتت، وجميعها دالة للطول الموجي.

الاتصالات عملية تبادل المعلومات بين المرسل والمستلم، وذلك بتحميلها على موجة ناقلة، كالموجات المايكروية والراديوية. وبسبب الاهتمام الهائل بتطوير منظومة الاتصالات، عُمل على استخدام الضوء بوصفه وسطاً ناقلاً للبيانات، لما له من ميزات كحمل الإشارة لمسافات بعيدة، والعمل بأطوال موجية تقع في المدى $(1.6 - 0.4)\mu\text{m}$ ، فأصبح بالإمكان استخدام الضوء في حقل الاتصالات، لذا سميت بالاتصالات الضوئية (Optical Communications) [1]. لذلك كان شعاع الليزر الوسيلة المثالية في الاتصالات لما يمتلكه من مميزات، كونه أحادي الطول الموجي وذو شدة عالية، وامتلاكه عرض ترددي أوسع بكثير من الموجات المايكروية، واتجاهية عالية الدقة ولمسافات كبيرة.

توجه الاهتمام أيضاً إلى تطوير المستلزمات المناسبة لإكمال منظومة الاتصالات، إذ إن الإقبال المتزايد على استخدام الألياف الضوئية (Optical Fibers) بوصفها وسطاً لنقل الموجة الكهرومغناطيسية، أسهم إلى حد كبير في تطوير هذه الألياف إلى الشكل الذي نجدها ليوم، وذلك لما تمتاز به من صغر حجمها وخفة وزنها وقابلية انحنائها وعدم تأثرها بالمجالات الخارجية، فضلاً عن إمكانية نقلها لمدى واسع من الأطوال الموجية.

تتكون الألياف الضوئية التقليدية من قلب زجاجي اسطواني (Core) محاط بأسطوانة زجاجية أخرى تدعى الغلاف (Clad)، وان الاختلاف بين معاملات انكسار القلب والغلاف هو أساس توجيه الضوء في الألياف الضوئية، بسبب الانعكاس الكلي الداخلي عند السطح الفاصل بين القلب والغلاف. إن التطور السريع في مجال الاتصالات، زاد من أهمية استخدام

الانكسار الفعال، المساحة الفعالة والتشتت). وتم الحصول عليها بواسطة طريقة معامل الفعال المحسن (IFVEI) وهذه النتائج توافقت مع النتائج المستحصلة عليها من خلال طريقة متعددة الأقطاب.

كما اهتم الباحث Chen [11] عام (2010) بدراسة الخصائص البصرية للألياف البلورية الفوتونية مع قلب الالياف من خصائص الطول الموجي للفجوات الهوائية والانكسار والتشتت وتحقق في دراسته معامل الانكسار الثاني العالي (HB) يصل الى ترتيب (0.01) في الطول الموجي للمنطقة من $1.25\mu\text{m}$ الى $1.75\mu\text{m}$ والتي تعتبر افضل خاصية للانكسار من (PCFs) وكذلك تم تحقيق التشتت المسطح والتشتت القريب من الصفر من خلال استخدام المصفوفات . قام Imene Sassi وجماعته [12] عام (2011) بتصميم الالياف البلورية الفوتونية، حيث قاموا باستخدام الخوارزميات لتصميم الليف البلوري الفوتوني المقترح لدراستهم وذلك من خلال توجيه الضوء ومعالجة تشتت اللوني باستخدام المعلمات المناسبة (مسافة الخطوة ، عدد الحلقات وقطر الفجوات الهوائية).

وكما اهتم S.Olyaea وجماعته [13] عام (2012) بتصميم الليزر البلوري الفوتوني للتشتت المنخفض على اساس تكرار النمط الهندسي لأنظمة الاتصالات البصرية. وتم استخدام التركيب المعقد الشكل من النمط الهندسي، وقاموا بمقارنته الطيف البلوري الفوتوني الطبيعي (N-PCFs) مع (F-PCFs) (Photonic Crystal Fiber) من خلال استخدام المحاكاة بناء على طريقة العناصر المحددة (Finite Element Method) (FEM) بالإضافة الى ذلك تم حساب خصائص التشتت بالتحليل العددي مقارنة مع N-PCF .

تصميم الألياف البلورية الفوتونية (PVF) :

إن خصائص الإرسال المختلفة للألياف البلورية الفوتونية تتأثر كثيراً بالتركيب المايكرو لغللاف هذه الألياف فضلاً عن نوع مادتها. ولقد بينت الدراسات الحديثة التي قام بها العالم Koshiba و Saitoh [14] أن ترتيب الفجوات الهوائية لا يؤثر كثيراً في صفات الليف المختلفة، لكن ترتيبها المنتظم (بشكل سداسي مثلاً) حول القلب الصلب وتمائل أقطارها هو الحل اللازم لتسهيل التماثل العام للصفات. أي أن توجيه الضوء في هذا النوع من الألياف يتطلب وجود الفجوات الهوائية لكن لا يتطلب كونهم مرتبين دورياً [15].

ولتصميم الليف البلوري الفوتوني فان المتغيرات التركيبية الرئيسية الواجب أخذها بالحسبان هي:

1- قطر الفجوات الهوائية (d).

2- مسافة الخطوة (Λ).

3- عدد حلقات الفجوات الهوائية المحيطة بقلب الليف (Nr).

4- عدد حلقات الفجوات الهوائية المفقودة (MNr) والمسؤولة عن حجم القلب في الالياف البلورية الموجهة بمعامل الانكسار (PCFs) وتسمى أيضاً حجم القلب (Core Size) فمثلاً عندما تكون (MNr=1) فان نصف قطر قلب الليف الضوئي (a=Λ)، اما اذا كانت (MNr=2) فان (a=2Λ) وهكذا. ويجب تعريف هذه المعلمات

3- التأكيد على أن يكون التشتت اقل ما يمكن ومسطحاً لمدى واسع من الأطوال الموجية أو صفري عند موجة إرسال ($0.9\mu\text{m}$)، وذلك من خلال معالجة المتغيرات التركيبية لليف البلوري الفوتوني.

الدراسات السابقة :

إن الصفات المميزة للألياف البلورية الفوتونية جذبت انتباه العديد من الباحثين لتصميم هذه الالياف لتلائم الاستخدامات المختلفة وفي كل من البصريات الخطية واللاخطية. فاستخدم الباحث Ferrando وجماعته [5] عام (2000) طريقة الحذف بين التشتت المادي وتشتت موجة الموجة، للحصول على تشتت فائق التسطح وقريب من الصفر ($\pm 0.5\text{ps/nm/km}$) لمدى واسع من الأطوال الموجية ($1.35-1.7\mu\text{m}$)، وذلك من خلال التحكم بالمتغيرات التركيبية لليف البلوري الفوتوني (قطر الفجوات الهوائية، مسافة الخطوة، وعدد حلقات الفجوات الهوائية المحيطة بقلب الليف).

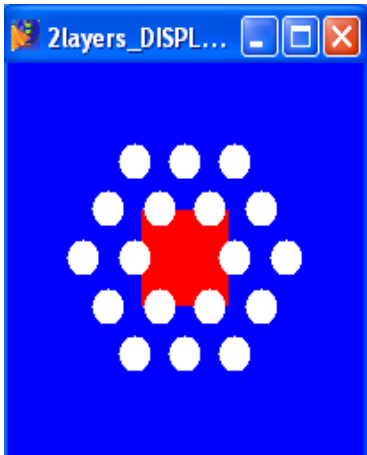
وقام الباحث Kuhlmeiy وجماعته [6] عام (2002) باستخدام طريقة (Multipole) لحساب كل من الجزء الحقيقي والجزء الخيالي لثابت الانتشار في الألياف البلورية الفوتونية. وبينوا إمكانية تطبيقها لمدى واسع من المتغيرات التركيبية، واستطاعوا تقليل خسائر الحصر للألياف المقترحة والحصول على تشتت مسطح، فضلاً عن دفع نقطة التشتت الصفري إلى الأطوال الموجية القصيرة.

وقام الباحث Joly وجماعته [7] عام (2003) بدراسة السلوك اللاخطي للألياف البلورية الفوتونية المليئة بقدر عالي من الهواء. والمصممة بصورة خاصة لكي يكون لها ميل سالب قريب من نقطة التشتت الصفري. وعند ازواج النبضات الفائقة القصر (ultra short) معها. يظهر انتقال الطيف تأثير سوليتون غير متوقع والذي يعود منحني التشتت غير المعتاد.

كما اهتم الباحث Asimakis وجماعته [8] عام (2004) بتطوير تصنيع الألياف الزجاجية المجوفة ذات القلب الصغير المصنوع من سيلكا الرصاص ($1.1-1.4\mu\text{m}$) واوكسيد البزموت ($1.8-2.1\mu\text{m}$)، ففي هذه الألياف تظهر تأثيرات لاخطية اكبر من ألياف السيلكا القياسية، وتم الحصول على خسارة اقل من $2-3.5\text{ dB/km}$. ووجدوا إن خسارة الانتشار تزداد في الألياف ذات القلب الصغير.

درس الباحث Saitoh وجماعته [9] عام (2006) الطول الموجي للتشتت الصفري في الألياف البلورية الفوتونية بتغيير قطر الفجوة وعدد الحلقات، كما درسوا خسائر الحصر، واستطاعوا تصميم ليف ذي تشتت صفري عند (700nm) وينمط أحادي لمدى واسع من الأطوال الموجية.

درس الباحث Anshu وجماعته [10] عام (2009) الخصائص اللاخطية في الألياف البلورية الفوتونية بطريقة (Improved Fully Vectorial Effective Index)(IFVEI) وكذلك لدراسة ديناميكية النبضة خلال الليف البلوري الفوتوني، واستخدموا نفس الطريقة لحساب المساحة الفعالة ل (PCF) والتي تقود إلى اللاخطية في (PCF). فوجدوا خصائص الانتشار مثل معامل



الشكل (1) التركيب المقترح للألياف البلورية الفوتونية، المكون من حلقتين $(Nr=2)$.

النتائج والمناقشة :

تأثير مسافة الخطوة في الجزء الحقيقي لمعامل الانكسار الفعال لغرض دراسة تأثير مسافة الخطوة (Λ) على معامل الانكسار الفعال (n_{eff}) كدالة للطول الموجي (λ) فقد أخذت عدة قيم لمسافة الخطوة $(\Lambda=1.2\sim 1.35\mu m)$ ، و $(d/\Lambda > 0.42)$ على اعتبار إن الليف متعدد الأنماط، وتم رسم منحنياته مع نموذج Sellmeier للسليكا ولمدى واسع من الأطوال الموجية $(0.5\sim 2)\mu m$ وباستخدام العلاقة (1) وكما يوضحه الشكل (2).

$$n_{eff} = \sqrt{n_{cor}^2(\lambda) - n_{eff}^2(\lambda)} \dots \dots \dots (1)$$

(n_{eff}) تمثل معامل الانكسار الفعال أو معامل النمط الفعال للنمط الأساس.

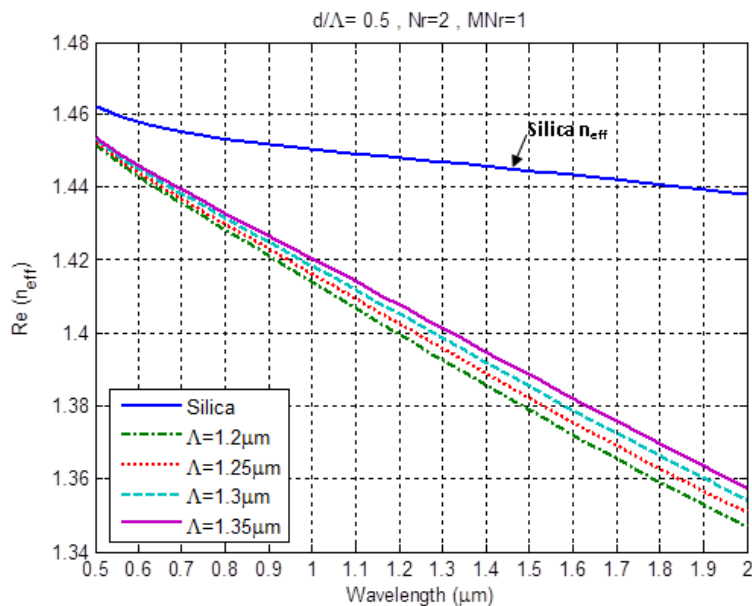
(n_{cor}) تمثل معامل انكسار قلب الالياف البلورية الفوتونية.

(Parameters) في البرنامج قبل البدء بتنفيذه، فضلا عن معاملات انكسار كل من مصفوفة الغلاف والغطاء والمحتويات الدائرية، والشروط الحدودية لمنطقة البحث عن معاملات الانكسار الفعال.

تم اقتراح تصميم لليف البلوري الفوتوني الموجه بمعامل الانكسار (PCF) لحساب خصائص الانتشار عند نمط الأساس، الذي يتضمن ترتيب سداسي للفجوات الهوائية المتماثلة المحيطة بقلب السليكا الصلدا، وبالمواصفات الآتية :

d	Λ	N_r	MN_r
$0.5\mu m$	$1.2\mu m$	2	1

تم اختيار القيم لكي تتوافق وبدرجة معقولة مع النواحي العملية والتطبيقية وهي قيم مقارنة لتراكيب العديد من الباحثين [16] لأجل مقارنة النتائج، فضلا عن أن قيمة نصف قطر الغلاف لليف المقترح هي $(R_0 = Nr\Lambda + 2d)$ ونصف قطر الغطاء له هي $(r = R_0 + d/2)$. إذ أن الليف الذي يتكون من حلقة واحدة من الفجوات الهوائية وبالمواصفات السابقة يملك القيم $(2.45, 2.2)\mu m$ لنصف القطر الداخلي للغطاء ونصف القطر الخارجي له على التوالي، أما الليف الذي يتكون من حلقتين من الفجوات الهوائية فإنه يملك القيم $(3.75, 3.5)\mu m$ على التوالي، وهكذا بالنسبة للتراكيب الأخرى، فضلا عن أن قيمها تتغير تبعاً لتغير المواصفات المعطاة. مع العلم إن معامل انكسار القلب $(n = 1.4623)$ عندما $(\lambda = 0.5\mu m)$ وهو ذاته معامل انكسار الغلاف بدون فجوات هوائية (n_e) لكونها تصنع دائما من السليكا النقية، ومعامل انكسار الفجوات الهوائية $(n_i = 1)$. وقد أخذت المواصفات ذاتها للتراكيب الأخرى مع تغيير عدد حلقات الفجوات الهوائية (زيادة عدد الفجوات الهوائية)، إذ يحتوي الليف المتكون من حلقتين $(Nr = 2)$ على 18 فجوة هوائية كما في الشكل (1).



الشكل (2) الجزء الحقيقي لمعامل الانكسار الفعال دالة للطول الموجي لتراكيب مختلفة من (PCF) مقارنة مع نموذج Sellmeier للسليكا، عند تغيير مسافة الخطوة

$$n_{cor(\lambda)}^2 = 1 + \sum_{j=1}^m \frac{B_j \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_j^2} \dots \dots \dots (3)$$

إذ تمثل (B_j) معاملات Sellemier، ترددات ذرات المادة الداخلية عندما تتعرض لأشعة خارجية وان (λ_j) تمثل الأطوال الموجية الناتجة عن هذه الترددات.

تأثير مسافة الخطوة في التردد المعياري (V_{PCF})

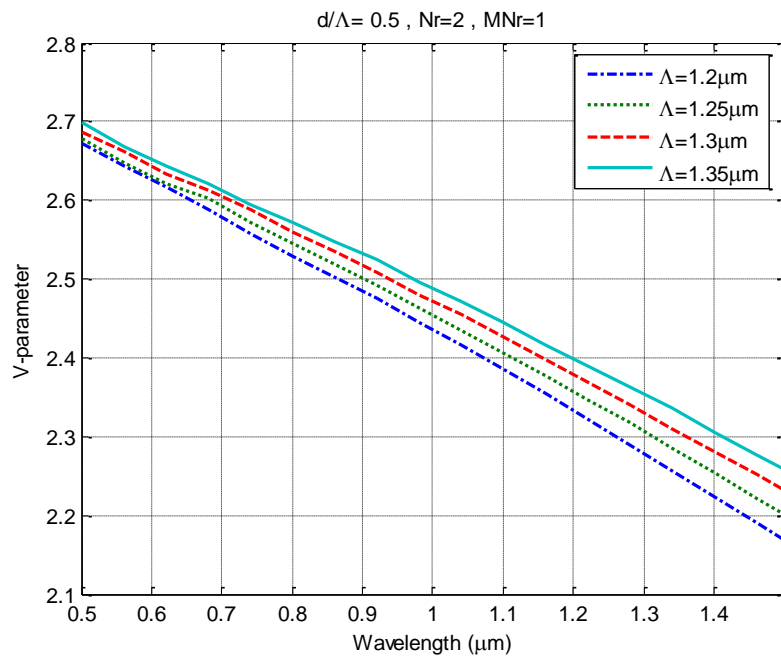
أخذت عدة قيم لمسافة الخطوة ($\Lambda=1.2\sim 1.35$) μm ، لدراسة تأثيرها على التردد المعياري مع تثبيت المتغيرات التركيبية الأخرى باستخدام العلاقة (4)

$$v_{PCF} = \frac{2\pi\Lambda}{\lambda} \sqrt{n_{cor}^2(\lambda) - n_{eff}^2(\lambda)} \dots \dots \dots (4)$$

واضح من الشكل (2) تأثير مسافة الخطوة على معامل الانكسار الفعال، إذ بزيادة مسافة الخطوة يقترب معامل انكسار الفعال من معامل انكسار السليكا، وذلك بسبب زيادة الجزء الخاص بمصفوفة السليكا نسبة إلى الجزء الهوائي عند زيادة مسافة الخطوة وثبوت قطر الفجوات الهوائية. وكما يلاحظ الفرق بينها وبين معامل انكسار السليكا يزداد عند الأطوال الموجية الطويلة، ويعود ذلك إلى اعتماد كل من (n_{cor}) و (n_{eff}) على الطول الموجي.

$$n_{eff} = n_{air} \times P_{air} + n_{silica} \times P_{silica} \dots \dots \dots (2)$$

إذ تمثل (P_{air}) و (P_{silica}) أجزاء الهواء و السليكا في الغلاف المايكروي لليف وبالتعاقب.

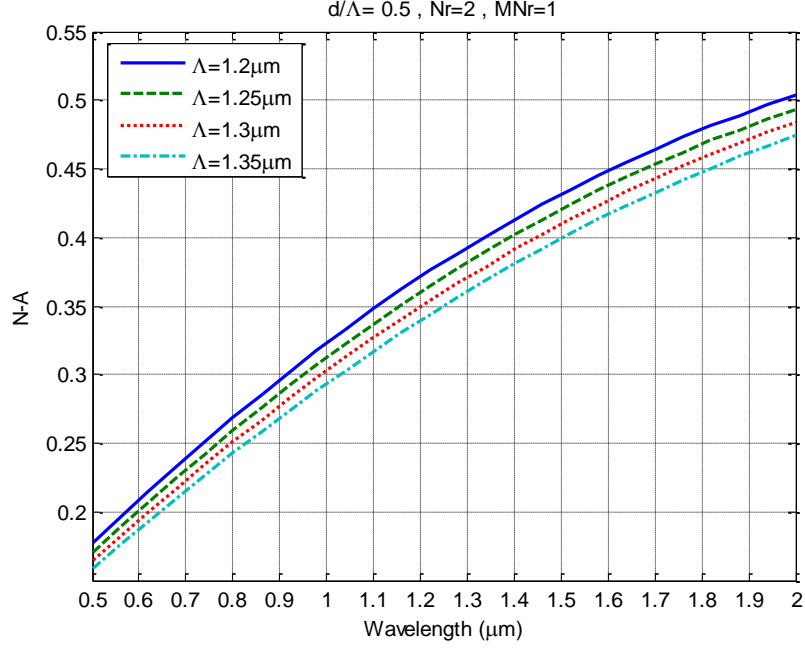


الشكل (3) التردد المعياري دالة للطول الموجي، لتراكيب مختلفة من (PCF)، عند تغيير مسافة الخطوة.

تأثير مسافة الخطوة في الفتحة العددية (NA) في هذه الفقرة تم التأكيد على تأثير مسافة الخطوة في الفتحة العددية، وذلك بأخذ عدة قيم لمسافة ($\Lambda=1.2\sim 1.35$) μm ، ولمدى واسع من الأطوال الموجية ($0.5\sim 2$) μm وباستخدام العلاقة (5).

$$NA = \sin \theta_{NA} = \sqrt{n_{cor}^2(\lambda) - n_{eff}^2(\lambda)} \dots \dots \dots (5)$$

يلاحظ من الشكل (3) تأثير مسافة الخطوة على التردد المعياري، وبزيادة مسافة الخطوة يزداد التردد المعياري حسب المعادلة (4). لأن الفرق بين معامل الانكسار الفعال و معامل انكسار السليكا يقل بزيادة مسافة الخطوة، وهذا الفرق بين معامل الانكسار الفعال و معامل انكسار السليكا قليل نسبة إلى زيادة مسافة الخطوة ولهذا السبب يزداد التردد المعياري.



الشكل (4) الفتحة العددية دالة للطول الموجي، لتراكيب مختلفة من (PCF)، عند تغيير مسافة الخطوة.

الموجية $(0.5 \sim 2) \mu\text{m}$ وبحسب العلاقة (6).

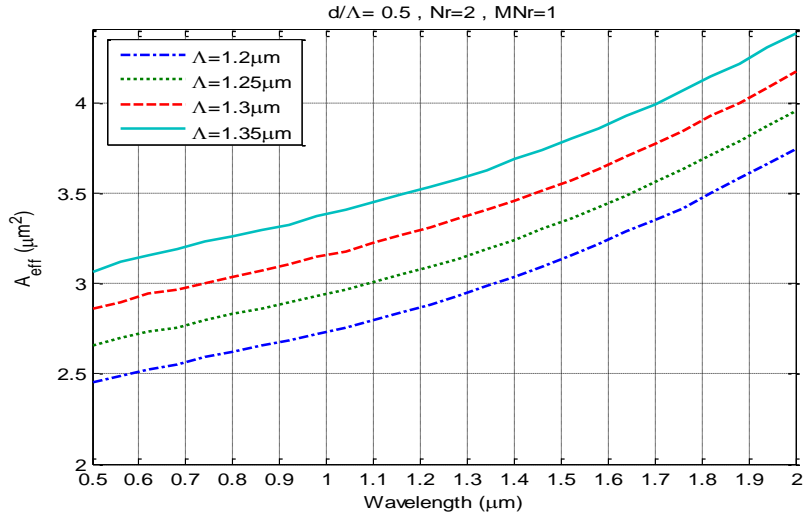
$$A_{\text{eff}} = \frac{\lambda^2 (NA^2 - 1)}{\pi} \dots \dots \dots (6)$$

ويلاحظ في الشكل (5) أن المساحة الفعالة تزداد بزيادة مسافة الخطوة وكذلك تزداد بزيادة الطول الموجي، بسبب زيادة مسافة الخطوة تقل الفتحة العددية [علما إن العلاقة عكسية بين الفتحة العددية والمساحة الفعالة] إذ أن القيم الواطئة للمساحة الفعالة تعني زيادة في حصر النبضة، وستؤثر الشدة العالية لقدرة الإشارة المنقلة.

يلاحظ من الشكل (4) تأثير مسافة الخطوة على الفتحة العددية، وبتزايد مسافة الخطوة تقل الفتحة العددية وتزداد بزيادة الطول الموجي، وبتزايد مسافة الخطوة تزداد قيمة معامل الانكسار الفعال مما يؤدي إلى تقليل الفرق بين معامل الانكسار الفعال ومعامل انكسار السليكا، وهذا يؤدي إلى نقصان الفتحة العددية.

تأثير مسافة الخطوة في المساحة الفعالة (A_{eff})

تمت دراسة تأثير مسافة الخطوة في المساحة الفعالة، فأخذت عدة قيم لمسافة الخطوة $(\Lambda = 0.94 \sim 1.06) \mu\text{m}$ ، ولمدى واسع من الأطوال



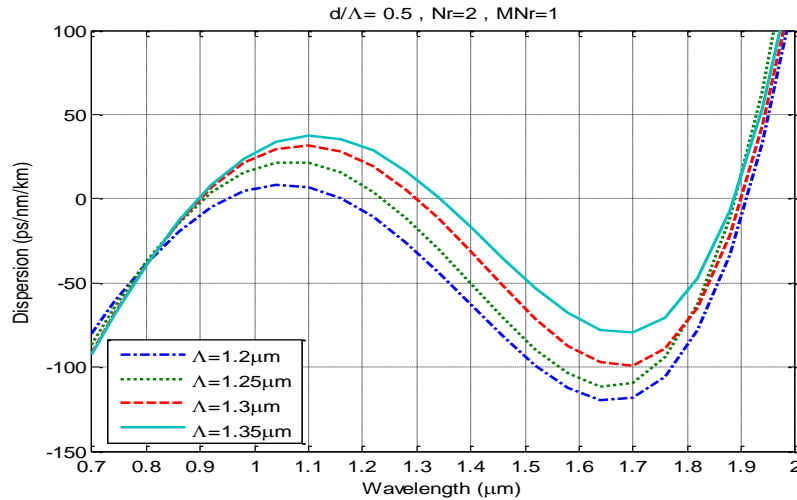
الشكل (5) المساحة الفعالة كدالة للطول الموجي، لتراكيب مختلفة من (PCF)، عند تغيير مسافة الخطوة.

$$D = -\frac{\lambda}{C} \frac{\partial^2 R_e(n_{eff})}{\partial \lambda^2} \dots \dots \dots (7)$$

حيث ان D تمثل التشتت ،
C تمثل سرعة الضوء ، $R_e(n_{eff})$ تمثل الجزء الحقيقي لمعامل الانكسار الفعال.

تأثير مسافة الخطوة في التشتت الكلي (D)

تمت دراسة تأثير مسافة الخطوة في التشتت الكلي وذلك بأخذ عدة قيم لمسافة الخطوة m ($\Lambda=1.2\sim 1.35$) مع تثبيت المتغيرات التركيبية الأخرى، ورسمت منحنياته لمدى من الأطوال الموجية ($0.7\sim 2$) μm وباستخدام المعادلة (7).

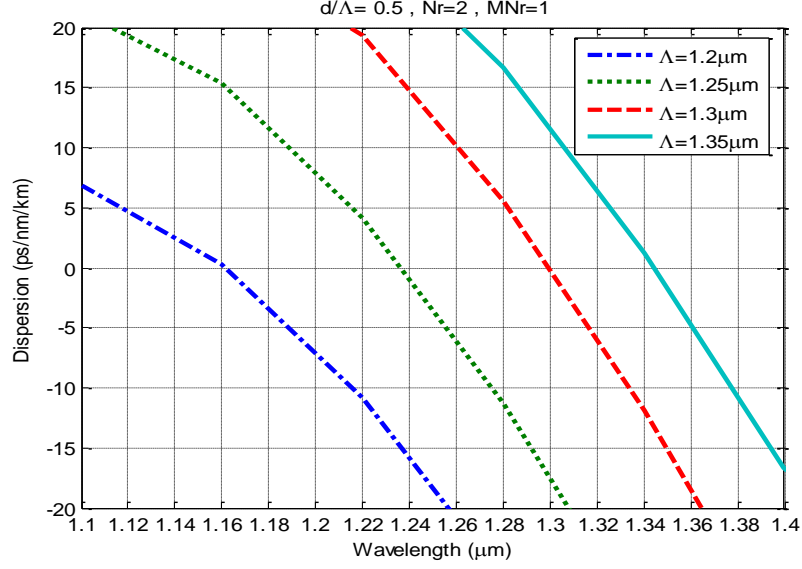


الشكل (6) التشتت الكلي كدالة للطول الموجي لتراكيب مختلفة لألياف من (PCF)، عند تغيير مسافة الخطوة .

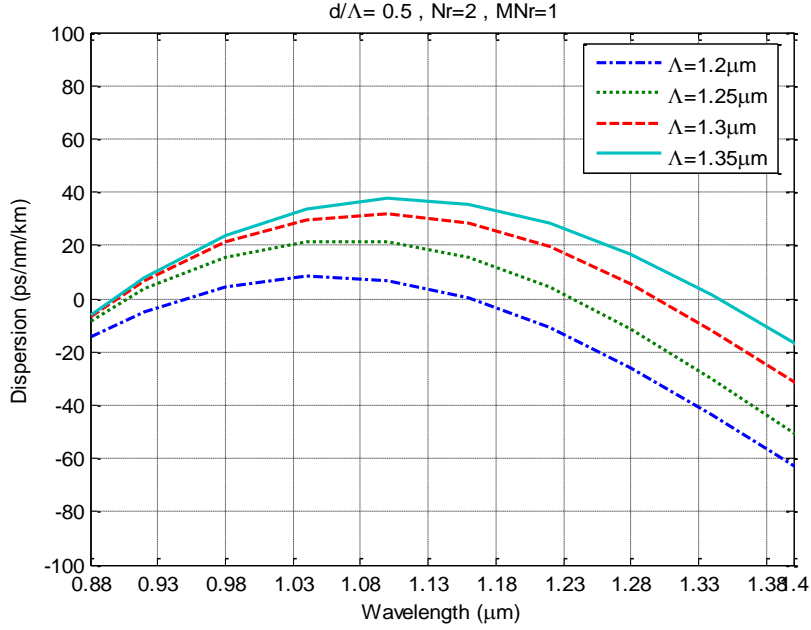
$1.35\mu\text{m}$ فإن مواقع الـ 3ZDW تتغير أيضا. وبزيادة Λ يحصل زحف في موقع ZDW نحو الأطوال الموجية الأطول ($1.62-1.344\mu\text{m}$). إن التصميم في النموذج المقترح يمتلك قيم صغيرة للتشتت عند الطول الموجي ($0.9\mu\text{m}$)، وقيمها على التوالي حسب زيادة مسافة الخطوة ($\Lambda=1.2\mu\text{m}$) فإن هذا التصميم يمتلك قيما للتشتت الصفري تتراوح بين ($0.95\sim 1.16\text{ps/nm/km}$)، في حين إن التصميم الذي فيه ($\Lambda=1.25\mu\text{m}$) فإن قيم التشتت الصفري منه تتراوح بين ($0.9\sim 1.23\text{ps/nm/km}$)، بينما التصميم الذي فيه ($\Lambda=1.3\mu\text{m}$)، تكون قيم التشتت الصفري منه تتراوح بين ($0.9\sim 1.299\text{ps/nm/km}$) ، وعندما يكون ($\Lambda=1.35\mu\text{m}$) تكون قيم التشتت الصفري منه تتراوح بين ($0.89\sim 1.34\text{ps/nm/km}$). وكما موضح في الشكل (8).

يلاحظ من الشكل (6) تأثير مسافة الخطوة في منحنى التشتت الكلي وذلك عند زيادة مسافة الخطوة، إذ أن لمعظم التصاميم قيم تشتت موجبة كبيرة ($\approx +167\text{ps/nm/km}$) عند أطوال موجية معينة وقيم تشتت سالبة كبيرة ($\approx -120\text{ps/nm/km}$) عند أطوال موجية أخرى، كما يمكن ملاحظة تأثيرها في دفع (λ_{ZD} Zero Dispersion Wavelength) نحو الأطوال الموجية الأقصر أو الأطول، كما يلاحظ من الإشكال عن وجود تشتت مسطح ولمدى قصير من الأطوال الموجية.

ويمكن ملاحظة التصميم له منحنى تشتت يتميز بوجود (3ZDW). وهذا التصميم يمتلك تشتت سالب ذو قيمة (-200ps/nm/km) عند الطول الموجي المرئي ($0.5\mu\text{m}$)، ولغرض فصل التراكيب التي تتميز بتشتت صفري ثلاثي (3ZDW) (Zero Dispersion Triple). نلاحظ الشكل (7) والذي يبين كيف يتغير قيمة Λ من (1.2



(7) التشتت الكلي دالة للطول الموجي لتراكيب مختلفة لألياف (PCFs)



الشكل (8) تسطح التشتت لتراكيب مختلفة لألياف (PCFs).

زيادة في التسطح لمنحني التشتت ولمدى طيفي واسع يمتد من (0.95 μm) الى (1.16 μm)، عند مسافة الخطوة (1.16 μm).
 3 - زيادة ان مسافة الخطوة (Λ) لها دور كبير في تغيير شكل التشتت وكذلك امكانية الحصول على تشتت ثلاثي الاصفار ولأطوال موجية مختلفة.

الاستنتاجات

- 1 - زيادة مسافة الخطوة (Λ) أدى الى زيادة مدى التسطح في شكل التشتت و تقليل الخسائر للألياف عند نوافذ الاتصالات.
- 2 - ان مسافة الخطوة (Λ) دور مهم في تغيير شكل منحني التشتت ففي التصميم المقترح اندفع الطول الموجي للتشتت الصفري (λ_{ZD}) الى الاطوال الموجية الاطول التي تمتد من (1.62-1.344 μm).

المصادر

- [1] قندلا، سهام عفيف، (2000)، "فيزياء الالياف البصرية، أسس وتطبيقات"، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
- [2] Ferrando A., Silvester E., Miret J. J., Andrés P., and Andrés M. V., (1999), "Full-vector analysis of realistic photonic crystal fiber", Opt. Lett., Vol. 24, No. 5 : 276-278.
- [3] Hilligsøe K. M., (2003), "Wave propagation in photonic crystal fibers", Progress Report, Department of Physics and Astronomy and Department of chemistry, University Of Aarhus & NKT Academy,.
- [4] Andersen T. V., (2006), "Application of nonlinear optical fiber", Ph.D. Thesis, Department of Chemistry, University Of Aarhus.
- [5] Ferrando A., Silvester E., Miret J. J., Andrés P., and Andrés M. V., (1999), "Full-vector analysis of realistic photonic crystal fiber", Opt. Lett., Vol. 24, No. 5 : 276-278.
- [6] Kuhlmeier B. T., White T. P., Renvesez G., Maystre D., Botten L. C., Sterke C. M., and McPhedran R. C., (2002), "Multipole method for microstructure optical fibers. II. Implementation and results", J.Opt. Soc. Am. B, Vol. 19, No. 10 : 2331-2340.
- [7] Joly. N. Y., Efimov. A., Omenetto. F. G., Taylor. A. J., Knight. J. C., and Russell. P. St. J., (2003), "Nonlinear optics in photonic crystal fibers with negative-dispersion slop", Los Alamos national laboratory Los Alamos, New- Mexico 87545, USA.
- [8] Asimakis. S., Petropoulos. P., Leong. J., Finazzi. V., Koizumi. F., Frampton. K., Moore. R. C., Monro. T. M., and Richardson. D. J., (2004), "Non-Silica highly non linear holey fibers for telecommunication applications", Opt. Research centre, United kingdom.
- [9] Saitoh K., Koshiba M., and Mortensen N. A., (2006), "Nonlinear photonic crystal fibers: pushing the zero-dispersion towards the visible", New J. of Physics, Vol.8 :207.
- [10] Anshu .D. V ., and Ravindra. K. S., (2009), " Non-Linear Properties of Photonic Crystal Fiber : Improved Effective Index Method "., Delhi College of Eng , Faculty of Technology Delhi University.
- [11] D. Chen,(2010), "Optical Properties of photonic crystal fibers with a fiber core of arrays of sub-wavelength circular air holes: Birefringence and Dispersion", *Progress In Electromagnetics Research, Vol. 105, 193-212.*
- [12] Imene Sassi ,Nabil Belacel ,and Yassine Bousliman ,(2011)"Photonic-Crystal Fiber Modeling using Fuzzy Classification Approach", Int. J.on Recent Trends in Engineering and Technology, Vol. 6,No.2.Nov.
- [13] S. Olyaea, M. Sadeghib, and F. Taghipoura (2012)," Design of Low-Dispersion Fractal Photonic Crystal Fiber" , International Journal of Optics and Photonics (IJOP) Vol. 6, No. 1, Winter-Spring.
- [14] Saitoh K., and Koshiba M., (2005), "Numerical modeling of photonic crystal fibers", J. of Ligh. Tech., Vol. 23, No. 11: 3580-3590.
- [15] Buck J. A., (2004), "Fundamental Of Optical Fibers" 2nd Ed. John., Wiley & Sons., Inc., Hoboken New Jersey.
- [16] جنداري. بثينة محمود، علي محمود. لطفي، ابراهيم. عبد الغفور، (2012) "تأثير مضاعفة مسافة الخطوة وزيادة عدد حلقات الفجوات الهوائية على خصائص الالياف البلورية الفوتونية" رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة تكريت.

Study the effect of Pitch size When the number of rings of the second air gaps on the dispersion profile of Photonic Crystal Fibers

Basira Q. Sulaiman¹, Esam Sameen Ali², Nihad Ali Shafeek¹

¹ Department of Physics, College of Education Tuzkhurmatu, Tikrit University, Tikrit, Iraq

² Department of Education Tuz, Directorate General of education Salahuddin, Tikrit, Iraq

Abstract

The need for a fibre optics working in the visible part of the electromagnetic spectrum has led to the development of new kind of fibre optics called photonic crystal fibre (PCF). In this paper we have investigate the effect of the pitch distance Λ as a function of the wavelength $\lambda = (0.8, 1.31, 1.55) \mu\text{m}$ for a single mode PCF. The results has indicated that for (Nr=2, MNr=1, $\Lambda=1.2$, $d/\Lambda=0.5$) this design has a dispersion of (-37ps/nm/km) at $\lambda=0.8\mu\text{m}$ and a dispersion of (-30 ps /nm/km) at $\lambda=1.31\mu\text{m}$ and a dispersion of (1.10ps/nm/km) at $\lambda= 1.55\mu\text{m}$. This design has a flat dispersion for a wavelength range of (0.95 \rightarrow 1.16) μm , in addition to that, this model has (3ZDW) in the dispersion curve. P

Keywords: dispersion, step distance, air gaps, photonic crystal fiber