تأثير عدد حزوز المحزز على المسافة بين الالياف البصرية باستخدام الطول الموجي للنافذة (λ=850nm)

م.د. أسماء ستار جياد محيسن الراجحي

الجامعة المستنصرية/ كلية العلوم

الملخص:

تم دراسة تأثير عدد حزوز المحزز على المسافة بين الالياف البصرية باستخدام الطول الموجي للنافذة. وحساب متجه التشتت الزاوي ,كذلك حساب الفاصلة ما بين القنوات الضوئية وكذلك عدد حزوز المحزز على المسافة بين الالياف البصرية (مركز الى مركز) باستخدام الطول الموجي للنافذة. وملاحظة تغير عدد حزوز المحزز كدالة للمسافة ما بين الالياف البصرية فكلما ازداد عدد حزوز المحزز كلما قلت المسافة بين الالياف البصرية. كما نلاحظ ان المسافة بين الالياف البصرية تزداد بزيادة قيمة الفاصلة ما بين القنوات الضوئية على الرغم من ثبوت زاوية التوهج (Blaze angle). وان المسافة بين الالياف البصرية تزداد بزيادة البعد البؤري للعدسة فيما تبقى قيمة التشتت الزاوي ثابته لا تتغير بينما نجد ان قيمة الفاصلة ما بين القنوات الضوئية تتناسب عكسياً مع عدد حزوز المحزز وبالتالي تقل المسافة بين الالياف البصرية فقد بلغ مقدار المسافة بين الالياف البصرية (b=40.7704µm) باستخدام محزز عدد حزوز(20 grooves per mm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=5\times10^4$µm). إما عند استخدام محزز عدد حزوزه (1800 grooves per mm) فان المسافة بين الالياف البصرية (b=0.4506µm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=5\times10^4$µm). بينما تكون المسافة بين الالياف (b=81.5409µm) عند استخدام محزز عدد حزوزه (20 grooves per mm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=10\times10^4$µm) اما عند استخدام محزز عدد حزوزه (1800 grooves per mm) فنلاحظ ان المسافة بين الالياف البصرية (b=0.9013µm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=10\times10^4$µm).

Keywords: optical fiber, Wavelength Division Multiplexing (WDM), Angular dispersion, Blaze angle, Channel separation and lens focal.

الكلمات المفتاحية: الليف البصري, تقنية تعدد الارسال بتقسيم الطول الموجي, متجة التشتت الزاوي, زاوية التوهج, القنوات الضوئية و البعد البؤري للعدسة.

المقدمة:

تم في هذا البحث بتحليل نظري ودراسة تطويرية لاستخدام محزز الحيود في نقل المعلومات خلال الالياف البصرية بطريقة (تعدد الارسال بتقسيم الطول الموجي (Wavelength Division Multiplexing (WDM) عن طريق تجزئة الاطوال الموجية ومضاعفة عددها وتنضيدها في مرتبة الحيود الاولى لنقلها خلال ليف بصري واحد.خلال السنين السابقة تقدمت الالياف البصرية في موضوع الاتصالات بشكل سريع والتي فيها انخفض التوهين لالياف السليكا الى اقل من (0.2dB/km) بوساطة اكتشاف النوافذ البصرية المنخفظة في الطول الموجي وكذلك تطور تقنية المصادر الضوئية الليزرية والكواشف الضوئية ادت الى زيادة كمية المعلومات المنقولة في القناة الواحدة (طول موجي واحد) الى اكثر من (1Gbit/s) والمسافة اكثر من (100km) وبطريقة (Time Division Multiplexing (TDM)) [1]. فالمحزز هو ذلك الترتيب الذي يفرض على الضوء الساقط عليه تغايراً دورياً في المصدر ، فاذا ما فرض على الضوء الساقط اصداراً متعدد، فان ذلك سيؤدي الى تشكيل طراز (نموذج) للشدة ذي اعتماد فضائي، فعندما يسقط ضوء ذو بنية دورية وبزاوية سقوط (α) فان شرط التداخل البناء هو [2, 3]:

$$d[\sin(\alpha)-\sin(\beta)]=m\lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث ان: d=المسافة بين الحزوز.β=زاوية الانعكاس. λ= طول موجي

α=زاوية السقوط. m=مرتبة الحيود التي يعمل بها المحزز

وعند استخدام عدسات اضافية بهدف التركيز عند تنصيب المحزز، فان من المرغوب به ان يتم جعل كل من الاشعة الساقطة والمنعكسة بنفس المسار الافقي وذلك لتقليل التشوه الزاوي. وفي هذه الحالة ($\alpha=-\beta=\theta_\beta$) فالمعادلة (1) عندما (m=1) تصبح [2].

$$2d\sin(\theta_\beta)=\lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

وان هذه المعادلة تتحقق عند طول موجي واحد فقط، وللاطوال الموجية الاخرى فانه يجب ان تتغير زاوية السقوط لكي تكون زاوية الانعكاس ($\beta=-\theta_\beta$). ومن نقطة المشاهدة هذه ومن المعادلة (1) فان متجه التشتت الزاوي (K_λ) (Angular dispersion) سيعرف كالاتي [2, 3]

$$K_\lambda=\frac{d\alpha}{d\lambda}=\frac{m}{d\cos\alpha}=\frac{\sin\alpha-\sin\beta}{\lambda\cos\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

وعندما تقترب α من θ_β فان [2, 3 , 4].

$$K_\lambda \approx \frac{2\tan(\theta_\beta)}{\lambda} \quad \text{.....(4)}$$

فاذا كانت زاوية السقوط (α) والتي تحقق المعادلة (1) هي (θ_β) عند (λ) فانه الاستفادة من تعريف متجه التشتت الزاوي اعلاه ستكون زاوية السقوط عند الطول الموجي (λ+Δλ) والتي تحقق المعادلة (1) هي [2].

$$\alpha = \theta_\beta + K_\lambda \Delta\lambda \quad \text{.....(5)}$$

حيث ان (Δλ) الفاصلة ما بين القنوات الضوئية (Channel separation) اذن المسافة (b) لليف الادخال بشكل خاص يمكن تحديدها بواسطة متجه التشتت الزاوي (K_λ) والفاصلة ما بين القنوات الضوئية (Δλ) وكما يلي [2, 3]:

$$b = f\, K_\lambda \Delta\lambda \quad \text{.....(6)}$$

حيث ان: b=المسافة ما بين الالياف البصرية (مركز الى مركز). K_λ =التشتت الزاوي.

f=البعد البؤري للعدسة. Δλ=الفاصلة ما بين القنوات الضوئية.

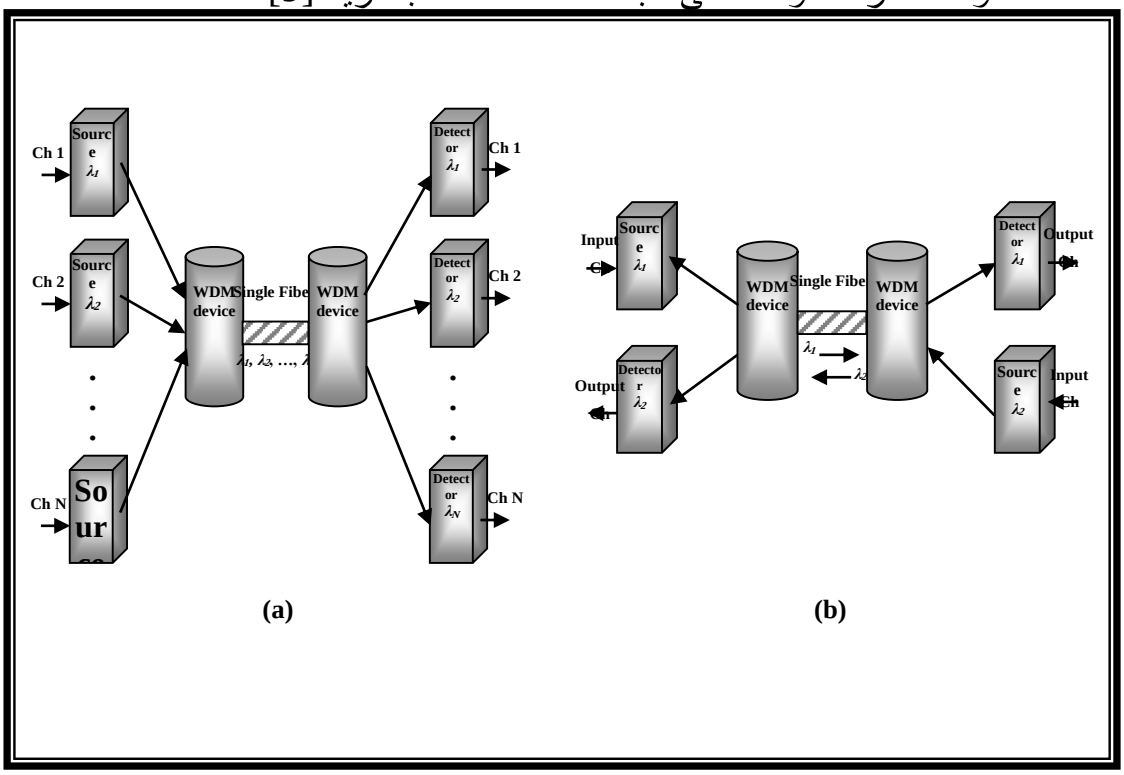
استخدام محزز الحيود في نقل المعلومات بالالياف البصرية:

يستخدم في مجال الاتصالات خلال الالياف البصرية محزز الحيود في عدة تطبيقات رئيسية منها [5]: مرشح لاختيار الطول الموجي في المحلل الطيفي (Mono chromator) ,عاكس الطول الموجي المختار في التجويف الخارجي لليزر المتولف, معدد للإرسال بتقسيم الطول الموجي (WDM Wavelength Division Multiplexing), نقل المعلومات بطريقة الترميز اللوني.

نقل المعلومات بطريقة تعدد القنوات:

يتم في نظام الاتصالات البصرية استخدام طول موجي واحد لإرسال المعلومات في الليف البصري ولا تمكن هذه الطريقة من الاستفادة من عرض نطاق الليف، لذا فقد استحدثت طرائق عديدة لإرسال عدة أطوال موجية في إن واحد. حيث يخصص لكل نبع معطيات أو مجموعة من منابع المعطيات، طول موجي لإرسال المعلومات له كما في الشكل (1).تؤدي كثرة المنابع المستخدمة في الإرسال إلى حدوث تشبع في الكاشف البصري لجهاز الاستقبال نظراً لازدياد القدرة البصرية المرسلة، أما في نظام (WDM) فإن الأطوال الموجية تعرف قبل إن تصل الكاشف البصري. ويذهب كل طول موجي إلى كاشف مختلف لذا فإن حصول

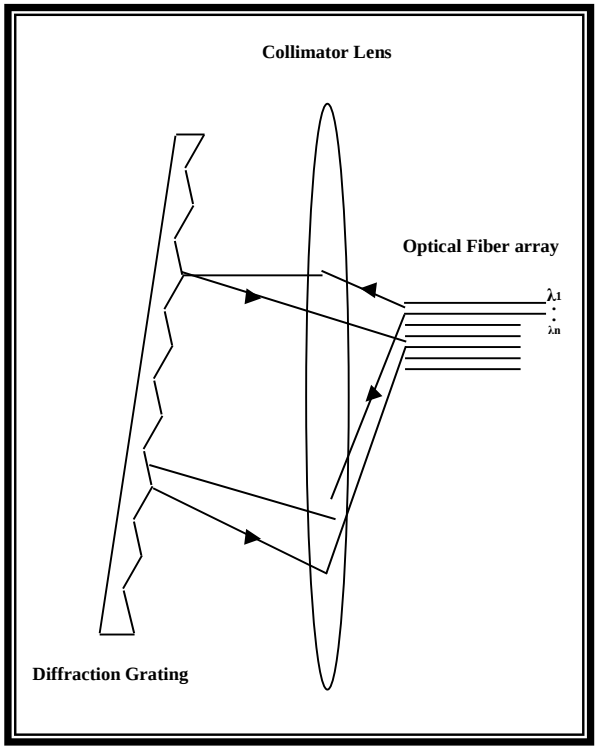
التشبع غير وارد بحيث إن (WDM) أصبح تكنولوجيا مهمة في الاتصالات ونقل المعلومات [7,6]، وإنه مهم جداً لغرض استخدام حزم واسعة مستقبلاً في شبكات توزيع المعلومات [8]. حيث إن (WDM) مشخص لأسلوب تقني مهم ليس فقط من الناحية الرياضية لأجل زيادة قدرة المعلومات المحمولة في حلقة اتصالات الليف الأحادي، لكن كذلك في تمكنه من مضاعفة قنوات الحزمة الواسعة في شبكات الاتصالات البصرية [9].



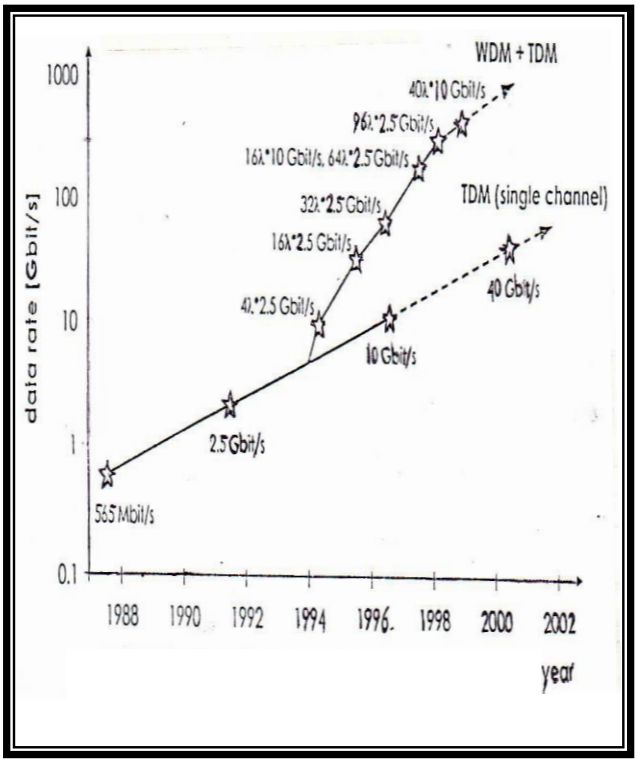
الشكل (1): مخطط صندوقي لنظام تعدد الإرسال بتقسيم الطول الموجي
a- اتجاه واحد. b- مزدوج الاتجاه [4]

وإن تعدد الإرسال وإزالة تعدد الإرسال بتقسيم الطول الموجي يتم أو ينجز بعناصر مختلفة مثل محززات الحيود (Diffraction grating) أو الأغشية الرقيقة (Thin-films) أو الموشور (Super-prisms) [10]، لكن أساس تعدد الإرسال في محززات الحيود مستحسن جداً فالأطوال الموجية سوف تصفى إلى الناتج المطلوب وإن محززات الحيود تستطيع إن تستخدم لهذا الغرض [11] وإن القنوات البصرية في نظام (WDM) تستخدم المحزز مع العدسة التقليدية التي تجمع عدد من القنوات (number of channels) كما في الشكل (2) [12]. وفي بحثنا هذا استخدامت هذه الطرائق لغرض زيادة كمية المعلومات

المنقولة بالليف البصري للوصول إلى بعض النتائج التي تم الحصول عليها بزيادة كمية المعلومات المنقولة [13] كما في الشكل (3).



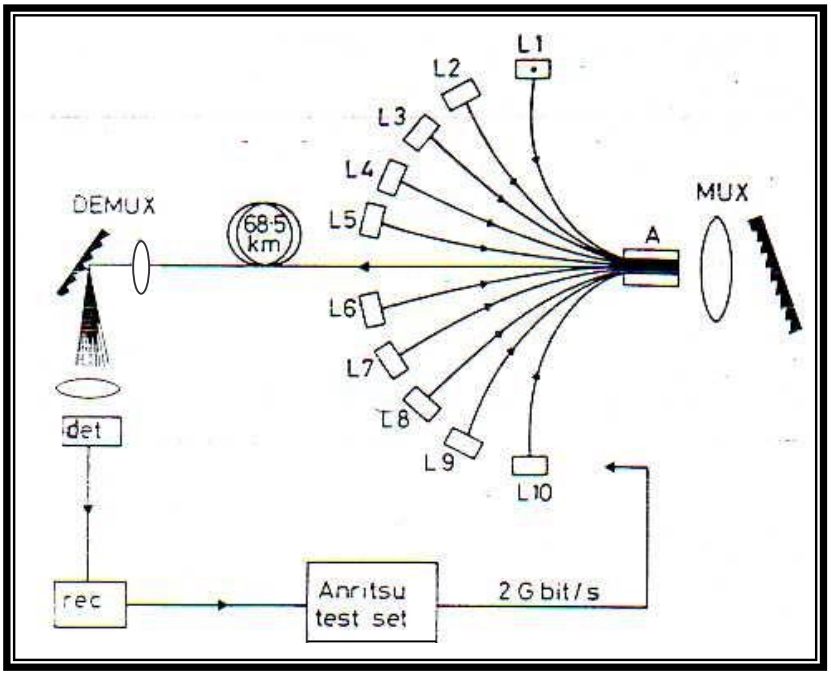
الشكل (2): استخدام محزز الحيود في نظام (WDM) [12]



الشكل (3): تطور زيادة كمية المعلومات المنقولة تاريخياً [13]

التحليل النظري لدور محزز الحيود في نقل المعلومات خلال الالياف البصرية بطريقة تعدد الإرسال: إن هذه التقنية تعتمد على استلام (nλ) من الأطوال الموجية التي تسقط على محزز الحيود الذي يقوم بتنضيدها عند الحيود وأمرارها في ان واحد في ليف بصري واحد ومن الجهة الثانية من الليف تسقط ($n\lambda$) على محزز حيود آخر له نفس مواصفات الأول يقوم بتشتيت ($n\lambda$) إلى n كاشف ضوئي. وفيما يلي موجز مختصر لهذه التقنية:إن نقل المعلومات خلال الالياف البصرية بطريقة تعدد الإرسال بوساطة محزز حيود يعمل بدرجة حيود عالية يتم وفق الطريقة آلاتية [1, 2, 12] فمن الناحية النظرية إن سعة نقل المعلومات للالياف البصرية وبالذات الالياف أحادية النمط عالية جداً، وذلك باتجاه استخدام أعظم عرض نطاق (Band width)، وإن طريقة تعدد الإرسال تسمح لنا بزيادة كمية المعلومات المنقولة في الليف البصري باستغلال أعظم عرض نطاق لليف البصري، ولأجل الاستفادة من عرض

النطاق الترددي الواسع لليف البصري هذا يتطلب مضاعفة عدد قنوات الإرسال المتقاربة في الطول الموجي والمفصولة عن بعضها بمقدار ($\Delta\lambda$) صغير جدا، وهذه التقنية تسمى wavelength division multiplexing (WDM) وهي تعتمد أساساً على استخدام منظومة بصرية مشتته مثل محزز الحيود الذي يعطي ($\Delta\lambda$) صغيرة جداً بالاعتماد على العدد الكبير من الحزوز والمسافة الصغيرة جداً ما بين الحزوز، فعند سقوط حزمة من الأشعة على محزز حيود بحيث يكون الفرق الزاوي ما بين هذه الأشعة مقدار ثابت هو ($\Delta\alpha$) نلاحظ إن هذه الأشعة بعد سقوطها على المحزز ترجع بصورة متوازنة وتسقط على العدسة المستعملة ذات البعد البؤري المناسب وتسمى الأشعة في هذه الحالة (بالأشعة الحائدة) وهنا يتم جمع كل هذه الأشعة في البعد البؤري والذي يوجد فيه (Output fiber) ثم تخرج الأشعة من الجهة الثابتة وتحدث نفس العملية بالعكس أي في هذه الحالة نلاحظ إن الأشعة تسقط بصورة متوازية ثم ترجع بصورة متفرقة إلى الكواشف الضوئية كما في الشكل (4) [2, 13].



شكل (4): تعدد الإرسال خلال الليف البصري باستخدام محزز الحيود [13]

حيث إن كل طول موجي سيبث أو ينعكس في زاوية حيود خاصة به، وإن الحزوز تفصل الضوء المتكون من الاطوال الموجية المختارة من قبل المحزز وبذلك تنقل المعلومات في إن واحد وبشكل متوازي في داخل الليف البصري وبدون تقاطع أو تداخل ضوئي يحدث بينها وبذلك يمكن زيادة سعة المعلومات المنقولة في نظام الليف البصري بوساطة بث لأكثر من طول موجي في الليف البصري الواحد نفسه. أي إن قناة المعلومات أو الاتصال هنا هي الليف البصري، والموجة الحاملة هي الضوء [1, 12].

النتائج والمناقشة:

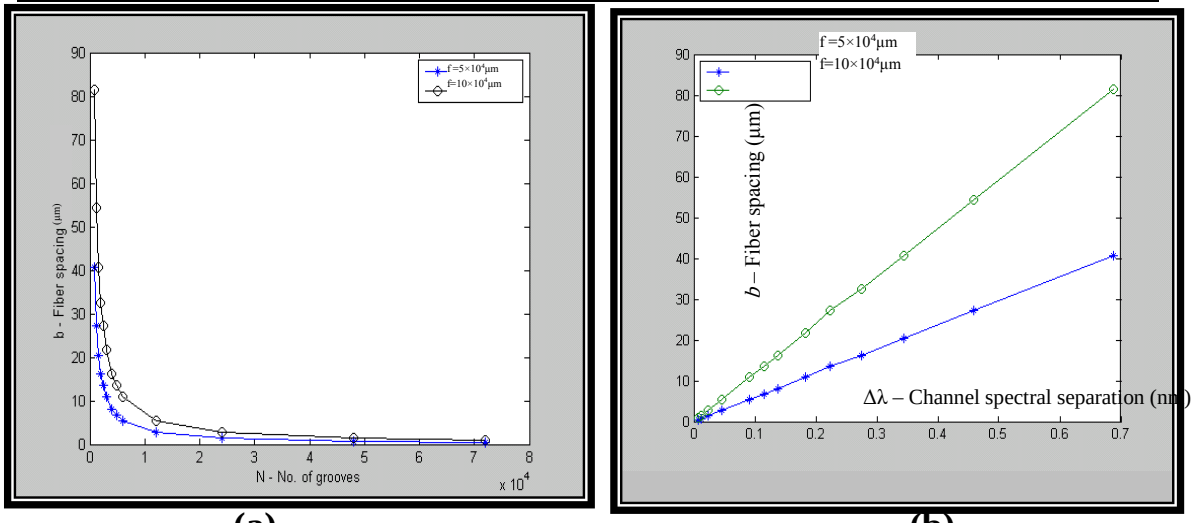
اعتمد برنامج تم بناءه بلغة (Matlab) لحساب متجه التشتت الزاوي (K_λ) من المعادلة (4) وكذلك حساب الفاصلة ما بين القنوات الضوئية ($\Delta\lambda$) من المعادلة (5) وبالتالي حساب المسافة ما بين الالياف البصرية (مركز الى مركز) (b) من المعادلة (6) وحصلنا على النتائج المدونة في الجدول (1) لعدة محززات حيود مختلفة في عدد الحزوز في المليمتر الواحد، ويبين الشكل (5) تغير المسافة ما بين الالياف البصرية مع عدد حزوز المحزز وكذلك تغير المسافة ما بين الالياف البصرية مع الفاصلة ما بين القنوات الضوئية باستخدام عدستين مختلفين في البعد البؤري لهما. نلاحظ من الشكل (5) العلاقة العكسية بين عدد حزوز المحزز (N) والمسافة ما بين الالياف (b) ($b\alpha(1/N)$) بينما العلاقة بين ($\Delta\lambda$) و (b) فهي علاقة طردية ($b\alpha\Delta\lambda$) كما تلاحظ ان المسافة ما بين الالياف تزداد بزيادة البعد البؤري للعدسة (f) ($b\alpha f$) على الرغم من ثبوت زاوية التوهج (Blaze angle). ومن خلال النتائج المدونة في الجدول (1)، وجد بان اعلى قيمة للمسافة ما بين الالياف هي ($b=40.7704\mu m$) وان ($\Delta\lambda=0.6875nm$) وان ($K_\lambda=11.8605\times10^{-4}rad/nm$) وان زاوية التوهج هي ($26^o45\grave{}deg.min$) وان ($\lambda=850nm$) في حالة استخدام عدسة ذات بعد بؤري ($f=5\times10^4\mu m$) ومحزز عدد حزوزه (20 grooves per mm). في حين نلاحظ ان جميع القيم السابقة الذكر تتغير وذلك بتغير البعد البؤري للعدسة ($f=10\times10^4\mu m$) ويتغير عدد حزوز المحزز

(1800 grooves per mm). فان المسافة بين الالياف البصرية ($b=0.4506\mu m$) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=5\times10^4\mu m$). بينما تكون المسافة بين الالياف ($b=81.5409\mu m$) عند استخدام محزز عدد حزوزه (20 grooves per mm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=10\times10^4\mu m$) اما عند استخدام محزز عدد حزوزه (1800

grooves per mm) فنلاحظ ان المسافة بين الالياف البصرية (b=0.9013μm) باستخدام البعد البؤري للعدسة ($f=10\times10^4\mu m$).

جدول (1): نتائج تأثير عدد حزوز المحزز (N) على المسافة ما بين الالياف البصرية (b) باستخدام الطول الموجي للنافذة (λ=850nm)

λ (nm)	θ_{blaze} (deg. min.)	θ_{blaze} (rad)	K_λ $\times10^{-4}$ (rad/nm)	L (mm)	f $\times10^4$ (μm)	n	N	$\Delta\lambda$ (nm)	b (μm)
850	26° 45'	0.4669	11.8605	40	5	20	800	0.6875	40.7704
						30	1200	0.4585	27.1901
						40	1600	0.3438	20.3881
						50	2000	0.2750	16.3081
						60	2400	0.2292	13.5921
						75	3000	0.1833	10.8701
						100	4000	0.1375	8.1540
						120	4800	0.1146	6.7960
						150	6000	0.0915	5.4261
						300	12000	0.0458	2.7160
						600	24000	0.0229	1.3580
						1200	48000	0.0115	0.6819
						1800	72000	0.0076	0.4506
					10	20	800	0.6875	81.5409
						30	1200	0.4585	54.3803
						40	1600	0.3438	40.7763
						50	2000	0.2750	32.6163
						60	2400	0.2292	27.1842
						75	3000	0.1833	21.7402
						100	4000	0.1375	16.3081
						120	4800	0.1146	13.5921
						150	6000	0.0915	10.8523
						300	12000	0.0458	5.4321
						600	24000	0.0229	2.7160
						1200	48000	0.0115	1.3639
						1800	72000	0.0076	0.9013



(a) (b)

الشكل(5): العلاقة بين المسافة ما بين الالياف البصرية عند طول موجي (λ=850nm).
a- مع عدد حزوز المحزز b- مع الفاصلة ما بين القنوات الضوئية

الاستنتاجات:

إن المسافة ما بين الالياف البصرية (الفاصلة الفضائية) (b) الناقلة للقنوات الموجية (مركز إلى مركز) تعتمد على عدد حزوز المحزز (N) عند استخدام طول موجي معين. وإن زيادة عدد الحزوز (N) تؤدي إلى زيادة قوة تحليل المحزز والى صغر قيمة (b) مما يسمح بزيادة عدد القنوات الناقلة. وإن الفاصلة ما بين القنوات الضوئية ($\Delta\lambda$) تعتمد على عدد الحزوز (N) التي تمثل قوة تحليل المحزز وبذلك يمكن زيادة عدد القنوات الناقلة عند زيادة عدد الحزوز (N).

المصادر:

[1] K. Minowa, **"Low-Loss Optical Demultiplexer For WDM Systems in The 0.8µm Wavelength region"**, Appl. Optics, Vol. 18, No. 16, P.P. (2834-2836), 2009.

[2] M.M. Kang, **"Principles and Applications of Optical Communications"**, John Wiley and Sons, New York , 2006.

[3] T. Jannson, **"Fiber-Optic Demultiplexing Using Holographic Gratings"**, Opt. Letters, Vol. 14, No. 19, P.P. (1088-1090), 2009.

[4] G. Keiser, **"Optical Fiber Communications"**, McGraw-Hill-Inc., Singapore, 2010.

[5] C. Hentschel, **"Fiber Optics Hand Book"**, Hewlett Packard Co., Germany, 2008.

[6] M.A. Al-Haydri, **"Optical Fibers Communications"**, Al-Ubekan Library, Index of Fahad King National Library, U.A.S., 2005.

[7] F. Havermeyer, **"Gratings For Wavelength Division Multiplexing in Doped and Partially Polymerized Poly Methyl Methacrylate"**, Appl. Optics, Vol. 42, No. 1, P.P. (30-37), 2009.

[8] W.J. Goralski, **"Optical Networking and WDM"**, McGraw-Hill, New York, 2011.

[9] J.P. Laude, **"DWDM Fundamentals Components and Applications"**, Artech House, Boston, Mass, 2002.

[10] S.V. Kartalopoulos**, "The Flexibility of DWDM For Future Optical-Fiber Communication Networks"**, IEEE Commun. Mag., Vol. 39, No. 1, P.P. (22-26), 2010.

[11] Y. Sheng, **"Design Fiber Bragg Grating Using Algorithm"**, Physical Engineering and Optics Laval University, 2012.

[12] M. Lida, H. Asakura and K. Eda, **"Narrow-Band Ten-Channel Optical Multiplexer and Demultiplexer Using a Fourier Diffraction Grating"**, Appl. Optics, Vol. 31, No. 20, P.P. (4051-4057), 2002.

[13] D. Ltder, **"2 Ways to Increase the Bandwidth"**, Elect. Letters, Vol. 21, No. 3, P.P. (105-106), 2015.

"Effect of the number of Grooves of the distance between the optical fiber using a Wavelength of the window (λ=850nm)"

Dr.Asmaa Satar Jeeiad Mheesin Al-ragehey

Abstract :

I`ve been studying the effect of the number of grooves incised on the distance between the optical fiber using a Wavelength of the window. Were calculated the vector dispersion angular, as well as calculated the interval between channels optical, as well as the number of grooves incised on the distance between the optical fiber (center to center) using the Wavelength of the window. The note change the number of grooves incised as a function of the distance between the optical fiber the greater the number of grooves incised, the less distance between the optical fiber .Also note that the distance between the optical fiber increases with the value of interval between channels optical in spite of proven angle glow (Blaze angle). We also note that the distance between the optical fiber increases with lens focal length and note that the value of vector dispersion angular remains constant does not change while we find that the value of interval between channels optical is inversely proportional on the number of grooves incised and therefore less than the distance between the optical fiber has reached the amount of space that between fiber optic (b=40.7704μm) by using grating have (20 grooves per mm) when a lens focal length ($f=5\times10^{4}$μm). When using either grating have (1800 grooves per mm) we note that the distance between fiber optic (b=0.4506μm) when a lens focal length($f=5\times10^{4}$μm) while (b=81.5409μm) when using grating have (20 grooves per mm) using the lens focal length ($f=10\times10^{4}$μm) but when you using grating have (1800 grooves per mm) we note that the distance between the optical fiber using the (b=0.9013μm) by using the same lens focal ($f=10\times10^{4}$) μm