

## دراسة خواص الالياف البصرية المصنعة من السليكا المطعمة

نجلاء أوزار حسن عبد الستار احمد عيسى محمد عبدالله حسين

قسم الفيزياء

كلية العلوم - جامعة كركوك

تاريخ الاستلام: 2009/6/17، تاريخ القبول: 2010 / 1 / ٢٥

### الخلاصة

الهدف من البحث هو تصميم الياف بصرية من السليكا المطعمة ودراسة خواصها وتوظيفها للتطبيقات العملية المختلفة . وقد تم اختيار ثلاثة انواع من السليكا المطعمة وهي (  $13.5 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.5 \text{ m} / 0$  ) (  $9.1 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 7.7 \text{ m} / 0 \text{ B}_2\text{O}_3, 83.2 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) (  $4.03 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.27 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) وباعتماد على معادلة سيلماير تم حساب معاملات الانكسار للمواد المستخدمة لتصنيع الالياف البصرية المقترحة واثبتت الدراسة ان المادة (  $13.5 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.5 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) تمتلك اعلى معامل انكسار من المواد الاخرى . وباستخدام معادلات خاصة تم حساب خواص الالياف البصرية المقترحة للدراسة ( الفتحة العددية ، الزاوية الحرجة ، التردد العياري ، عدد الانماط والمساحة المؤثرة لقلب الليف البصري ) كدالة للطول الموجي . اشارت النتائج ان الليف البصري الذي مادة القلب له من السليكا المطعمة ب (  $13.5 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.5 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) ومادة الغلاف له من السليكا المطعمة ب (  $9.1 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 7.7 \text{ m} / 0 \text{ B}_2\text{O}_3, 83.2 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) يكون ذو مواصفات ملائمة ليعمل كليف استقبال اما السليكا المطعمة ب (  $4.03 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.5 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) ومادة الغلاف له من السليكا المطعمة ب (  $13.5 \text{ m} / 0 \text{ GeO}_2, 86.5 \text{ m} / 0 \text{ SiO}_2$  ) يكون ذو مواصفات ملائمة ليعمل كليف ارسال وعند الاطوال الموجية التي تتراوح بين (  $0.5-2 \mu\text{m}$  ) وذلك من خلال الخواص البصرية الخاصة به .

### المقدمة

الليف البصري عبارة عن موجه للموجة الضوئية ( wave guide ) ويتألف من أسطوانتين متحدتي المركز ، الأولى تسمى القلب (core) والثانية خارجية تسمى الغلاف (clad) وتغطي الأسطوانتين بطبقة سميكة تسمى (jacket) لحماية الليف البصري من المؤثرات الخارجية .  
أن أول تصميم لتركييب مغلف كدليل موجه جاء عام ( 1966 ) ليتمثل أول ليف بصري يستخدم كوسط للاتصالات حيث في البداية كان التوهين عالياً جداً ويصل إلى حوالي 1000dB/k وفي عام (1970) تم تقليل التوهين إلى 5dB/k ومن ثم تقليله إلى 0.2dB/k

سنة (1970) (Gower, J1984) وفي عام (1983) أصبح  $0.1 \text{ dB/km}$  والسبب في ذلك يعود إلى تطور تقنيات التصنيع وحسن اختيار المواد وتنقيتها أثناء تصنيع الألياف . يصنع الليف البصري عادة من مواد عازلة مثل البلاستيك والسليكا حيث يكون القلب ذو كثافة ضوئية أكبر من الغلاف أي ان معامل انكسار القلب  $n_1$  أكبر من معامل انكسار الغلاف  $n_2$  وهو شرط اساسي لكي يتحقق مبدأ الانعكاس الداخلي الكلي (TIR) Total internal reflection في الليف البصري لكي ينقل الضوء خلال الليف (Keiser G., 1983) يعد الليف البصري من الوسائل المهمة في العديد من التطبيقات لما يمتاز به من مواصفات عديدة منها صغر حجمه وقابليته على نقل كميات كبيرة من المعلومات وعدم تداخل المعلومات المنقولة في الليف البصري وكذلك ضمان امن وسلامة الاشارة المنقولة في الليف (Fredrick,C.A,1990) .

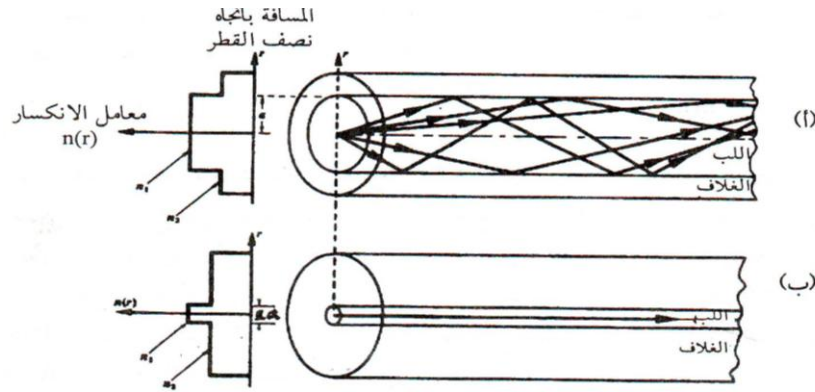
ونظرا لدقة استخدام الليف البصري في المجالات البحثية والطبية والصناعية فان للفتحة العددية لليف البصري دور كبير في نقل واستلام كمية الضوء التي تنتقل بواسطة الليف البصري وتعتبر مقياس لقابلية الليف البصري على تجميع الضوء عند ربط المصادر الضوئية الى الليف البصري فضلا عن تقليل الخسارة الناشئة (قتدلا، 2000) لذلك فان للفتحة العددية لكل من ليف الاستلام وليف الارسال تختار بحيث توفر افضل اقتران وبشكل دقيق لضمان النقل الافضل لاشارة الليزر، بمعنى التقاط أكبر كمية من الاشعة الساقطة عليه لذلك تدخل الالياف البصرية في المجالات الطبية التي تحتاج الى دقة في نقل واستلام الاشارة منها صناعة عدادات الجريان لقياس سرعة جريان الدم (Bendek& Tanke,1975) كما يستخدم الليف البصري في نقل و استلام الاشارة من جسم دوار (rotator) عاكس لقياس معدل سريان سائل او غاز (الجميل عبد الستار، ٢٠٠٤).

### الليف البصري ذو معامل الانكسار الدرجي

ان الليف البصري يتكون من لب بمعامل انكسار ثابت ( $n_1$ ) وبغلاف ذي معامل انكسار ثابت ( $n_2$ ) مقداره اقل بقليل من مقدار ( $n_1$ ) يسمى مثل هذا الليف البصري بليف ذي معامل انكسار درجي ، لانه يتخذ تغيرا على شكل خطوة او درجة واحدة تحدث عند الحد الفاصل بين لب الليف وغلافه . يعبر عن هذا رياضيا بالدالة  $n(r)$  التي تصف كيفية تغير معامل الانكسار مع المسافة ( $r$ ) والتي تمثل امتداد قطر الليف البصري او المسافة العمودية على محوره فاذا كان نصف قطر الليف البصري يساوي ( $a$ ) فتكتب هذه الدالة كالآتي :

$$n(r) = \begin{cases} n_1 [ 1 - 2\Delta(r/a)^\alpha ]^{1/2} & r \leq a \\ n_2 [ 1 - 2\Delta ]^{1/2} & r > a \end{cases} \quad \dots(1)$$

حيث ان  $\alpha$  تمثل شكل معامل الانكسار وان  $\Delta$  هو التغير النسبي لمعامل انكسار كل من القلب والغلاف هذه المعادلة تمثل الفرق بين صنفى هذا النوع من الليف البصري كما في الشكل (١) حيث تصح هذه المعادلة لكلا الصنفين ، ففي شكل (أ) ليف بصري ذو معامل انكسار درجي يتراوح مقدار قطره (2a) في حدود خمسين مايكرومتر او اكثر فهو كبير نسبيا بحيث يسمح لانماط عديدة للانتقال خلاله ، وكما تشاهد في الشكل ذاته الانماط المختلفة متمثلة بالمسارات المختلفة التي تسلكها الاشعة الضوئية عند انتقالها عبر الليف البصري. يوضح شكل (ب) صنف النمط المفرد لليف بصري ذي معامل انكسار درجي ( ليف بصري احادي النمط ) حيث يسمح قطره الصغير جدا بعبور نمط واحد فقط للموجة الكهرومغناطيسية المستعرضة ، لذا نجد قطر هذا الصنف من الاليف البصرية صغير نسبيا اذ يتراوح مقداره من حوالي (2-10  $\mu\text{m}$ ) ، ان عبور نمط تذبذب واحد خلال ليف بصري موضح في الشكل ذاته بمسار واحد فقط لشعاع ضوئي وفي هذه الحالة منطبقا على محور الليف البصري .



شكل (١) نموذج معامل الانكسار وعبور انماط التذبذب في ليف بصري ذي معامل انكسار درجي (أ) متعدد الانماط (ب) احادي النمط

### انماط التذبذب في ليف بصري ذو معامل انكسار درجي

نريد ان نجد القيم المناظرة للمقدارين (V) و (M) في ليف بصري متعدد الانماط ذي معامل انكسار درجي  $n_1$  و  $n_2$  وبقطر يساوي ضعف (a) يمكن الاستعانة بالمعادلة رقم (٢) :

$$V = (2\pi a / \lambda) (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad \dots(2)$$

كما يدعى المقدار (V) في حالة الليف البصري بالتردد العياري ، وهو كمية خالية من الوحدات ويمكن اضافتها الى دلائل الليف البصري وتدعى ببساطة رقم (V) "Number" او قيمة (V) "Value" للليف البصري يمكن الان ربط العدد الكلي لانماط التذبذب العابرة في هذا النوع من الليف البصري بدلائله الفيزيائية ، أي بالامكان ربط التردد العياري او رقم (V) للليف البصري بالفتحة العددية او التعبير عنه بدلالة المقدار (Δ) ، الفرق النسبي لمعامل الانكسار، حيث يكون :

$$V = (2\pi a n_2 / \lambda) (2\Delta)^{1/2} \quad \dots(3)$$

يعكس المقدار (V) حالتين :

اولا : عندما تكون قيمة (V) اقل من 2.405 تقريبا فان هناك نمط تذبذب واحد يمكنه العبور خلال الليف البصري . هذه الحالة تحدث ايضا عندما نقلص قطر الليف البصري ليسمح بعبور نمط واحد فقط ، لقد سمينا هذا النوع من الليف البصري بليف ذي معامل انكسار درجي احادي النمط .

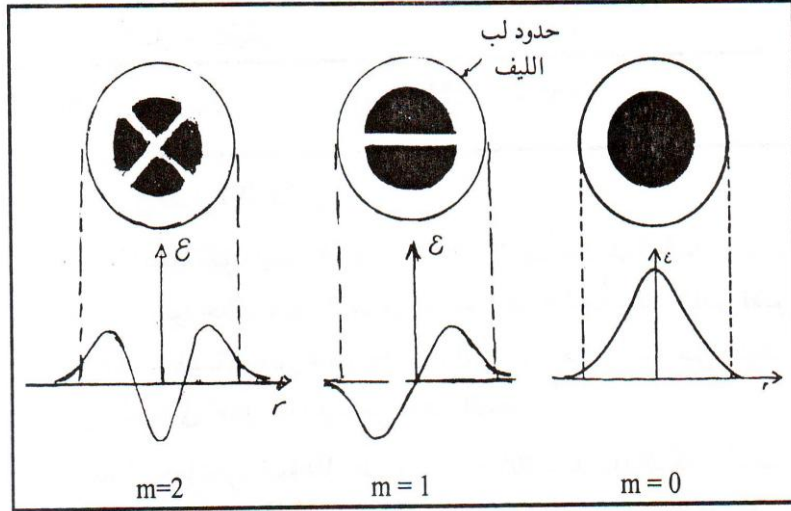
ثانيا : عندما تكون قيمة (V) اكبر من المقدار 2.405 فان عدد انماط التذبذب التي يمكنها ان تعبر الليف البصري تزداد بشدة . لهذا يمكن التعبير عن العدد الكلي للانماط العابرة بالمقدار (m) او ما يدعى بالحجم النمطي "Mode Volume" وكالاتي :

$$M \approx V^2 / 2 \approx 1/2 [2\pi a n_2 / \lambda]^2 [2\Delta]^{1/2} \quad \dots (4)$$

كما لاحظنا عندما تكون قيمة (V) اقل او تساوي 2.405 فان نمطا واحدا للتذبذب سيعبر خلال الليف البصري ، لذا يمكن وضع هذا التحديد بدلالة نصف قطر الليف البصري ، أي ان الشرط في تصميم مثل هذا الليف هو :

$$2\pi a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / \lambda < 2.405 \quad \dots(5)$$

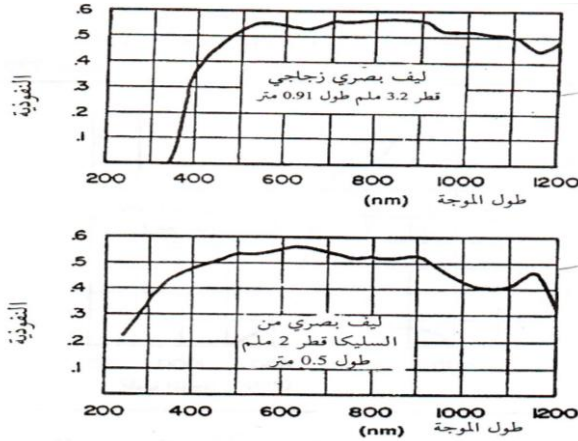
يوضح الشكل رقم (٢) نماذج لتوزيع الشدة للمجال الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية لثلاثة انماط للتذبذب غالباً ما تتواجد سوية في ليف بصري عملي يكون الفرق النسبي لمعامل انكسار مادتيه بضع اجزاء في المائة .



شكل (٢) توزيع شدة المجال الكهربائي لثلاثة انماط تذبذب

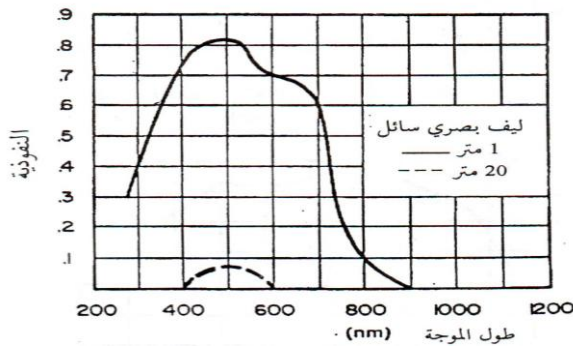
### كيفية انتقاء الليف البصري

يتحدد انتخاب نوع الليف البصري المناسب لاستخدام ما بمستوى الحاجة التي يجب تحقيقها باستخدام الليف البصري ، لذا وقبل انتقاء ليف بصري معين او اخذ قرار باستخدام نوع معين من الاليف البصرية يجب مراعاة مدى طول الموجة (او التردد) للاشعة الكهرومغناطيسية المطلوب نقله عبر الليف البصري ، فمثلاً عند نقل موجات كهرومغناطيسية تقع في مدى الاشعة فوق البنفسجية القصيرة نحتاج الى ليف بصري ذي لب من مادة تختلف عن تلك التي تستخدم لنقل الاشعة الواقعة في المدى المرئي ، كذلك نحتاج لقل الموجات تحت الحمراء الطويلة الى الياف بصرية من مواد اخرى تختلف عن تلك التي تصلح للاشعة المرئية او للاشعة فوق البنفسجية القصيرة ، لذا تكون دراسة منحنيات النفوذية للاشعاع الكهرومغناطيسي خلال المواد المختلفة والتي يصنع منها عادة لب الليف البصري ، بعد تحديد مدى طول الموجة المطلوب نقله ، ضرورة قبل انتقاء نوع الليف البصري المطلوب كما في الاشكال (٤،٣) .



شكل (٣): منحنيات النفوذية للاشعاع الكهرومغناطيسي كدالة لطول الموجة لمواد زجاجية (أ) ليف بصري من الزجاج، (ب) ليف بصري من منصهر السليكا

كما نلاحظ في شكل (٣) ومن خلال دراسة منحنيات النفوذية للمواد الشفافة الصلبة العازلة والواسعة الانتشار في صنع الاليف البصرية كالزجاج الاعتيادي والسليكا ، ان الاليف الزجاجية تصلح لنقل مدى واسع من الموجات الكهرومغناطيسية يتراوح طول الموجة لها بين 1300\_380 نانومتر ، اما الاليف البصرية المصنعة من منصهر السليكا "Fused Silica" فانها تصلح لمدى اوسع بقليل وخاصة عند طرف الاشعة فوق البنفسجية ، اي من حوالي 1300\_220 نانومتر كذلك تستخدم الاليف البصرية السائلة شكل (٤) ذات السدادات المصنعة من مادة منصهر السليكا لنقل الموجات الكهرومغناطيسية من مدى يتراوح 270 ولغاية 720 نانومتر



شكل رقم (٤): منحنى النفوذية للاشعاع الكهرومغناطيسي كدالة لطول الموجة لليف بصري سائل

تتم الحاجة لنقل الموجات الكهرومغناطيسية الواقعة في مدى الأشعة تحت الحمراء (IR) خاصة لطول الموجة (10.6) مايكرومتر حزمة الأشعة الصادرة عن ليزر ثاني أكسيد الكربون والتي تشكل المشروط التقليدي للجراحة الليزرية ، الى استخدام نوع اخر من الالياف البصرية ، علاوة على ذلك ، فان الالياف البصرية التي تصلح لنقل طول موجة معينة قد لا تكون مناسبة لنقل الطاقة العالية الشدة للأشعة ذاتها ، فمثلا لا يصلح الزجاج الذي ينقل الأشعة المنبعث عن ليزر نديميوم ياك لنقل النبضات ذات القدرة العالية منه ، لنقل قدرة عالية يجب ان يحقق الليف البصري قدرة ميكانيكية علاوة على الخسارة الواطئة لتلافي انصهاره اثناء عملية نقل الطاقة .

### الانعكاس الداخلي الكلي للأشعة الضوئية في الليف البصري

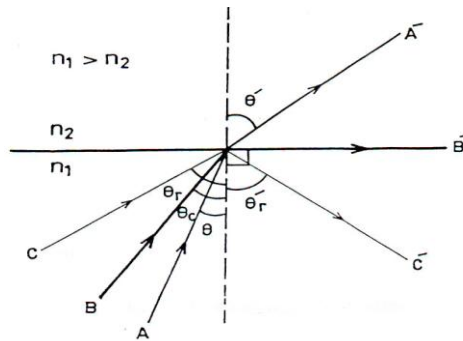
ان الوسط الشفاف العازل (Dielectric medium) الذي له معامل انكسار اعلى من المادة المحيطة به سوف يعمل موجها للضوء . فلو انتقل شعاع الضوء من وسط ذي معامل انكسار  $n_1$  الى وسط ذي معامل انكسار  $n_2$  (على شرط  $n_1 > n_2$ ) فان هذا الشعاع سوف يخضع لقانون سنيل كما موضح في الشكل (٥) والذي يكتب بالعلاقة الآتية :

$$0 < \theta < \theta_c \text{ and } \theta < \theta' < \pi / 2 \quad \dots(6)$$

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin \theta' \quad \dots(7)$$

حيث ان  $\theta$  و  $\theta'$  تمثلان زاويتي السقوط والانكسار كما هي مبينة في الشكل. عندما  $\theta = \theta_c$  ستكون الزاوية عبارة عن زاوية حرجة والتي عندها ( $\theta' = \pi / 2$ ) لذا نحصل على :

$$n_1 \sin \theta = n_2 \quad \dots(8)$$



شكل (٥) الانكسار والانعكاس الداخلي الكلي عند السطح الفاصل العازل

AA' يمثل الشعاع حسب قانون سنيل

BB' يمثل الشعاع الحرج

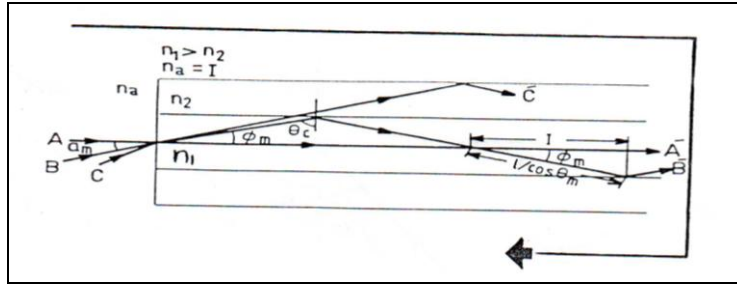
CC' يمثل الشعاع المنعكس كلياً عند السطح الفاصل

عندما تكون قيمة  $\theta_c > \theta$  سيحدث الانعكاس الداخلي الكلي Total internal reflection مع عدم فقدان في الحد الفاصل كما يحدث في داخل الاليف البصرية . فلو سقط شعاع من الضوء على الوجه الخلفي لليف البصري من الهواء الخارجي . هذا الشعاع سوف ينتشر من دون توهين على امتداد الليف البصري كما مبين في الشكل (٦) وذلك بسبب الانعكاسات الداخلية المتعددة على شرط ان تكون زاوية السقوط على السطح الفاصل بين اللب والغلاف  $\theta$  اكبر من الزاوية الحرجة  $\theta_c$  وهذه تتطلب بان تكون زاوية الميل الى محور الليف  $\theta - (\pi / 2) = \phi$  اقل من  $\phi_m = (\pi / 2) - \theta_c$  . وزاوية السقوط  $\alpha$  للشعاع الساقط على الوجه الخلفي لليف اقل من قيمة معينة  $\alpha_m$  من اجل حساب  $\alpha_m$  و  $\phi_m$  نفترض معامل انكسار الهواء  $n_a=1$  ونستخدم قانون سنيل لحساب هذه القيم :

$$\sin \alpha = n_1 \sin \phi = n_1 \cos \theta \quad \dots(9)$$

وللاشعة الحرجة:

$$\sin \alpha_m = n_1 \sin \phi_m = n_1 \cos \theta_c \quad \dots(10)$$



شكل (٦): انتشار الضوء داخل الليف البصري

ان الشعاع  $A A'$  عبارة عن شعاع محوري و  $B B'$  عبارة عن شعاع خرج للانعكاس الكلي الداخلي على السطح الفاصل بين  $n_1$  و  $n_2$  شعاع يدخل بصورة مائلة جدا للانعكاس على السطح الفاصل ويمر خارجا الى الغلاف . ولذلك نلاحظ ان جميع الاشعة التي تدخل نهاية الليف بزواوية سقوط اقل من  $\alpha_m$  سوف تنتشر داخل قلب الليف كما ان الاشعة التي تنتشر داخل اللب سوف تقطع مسافات مختلفة اعتمادا على ميلها ، وكما موضحة في الشكل (٦).



## بعض التعاريف الخاصة بالليف البصري

### ١. معامل الانكسار النسبي

إن سرعة إرسال الموجات الكهرومغناطيسية خلال المواد الشفافة تتأثر بتفاعل الموجات مع جزيئات المادة . بما ان هذا التفاعل هو دالة لتردد الموجة . وكذلك سرعة انتشار الموجات فيمكن القول بان المادة هي مادة متفرحة لذلك فانه من الطبيعي ان يؤدي انتقال الموجة خلال الوسط الى نقصان في سرعة طورها  $V_g$  بحسب العلاقة (١١) الآتية :

$$V_g = c / n_0 \quad \dots(11)$$

وكذلك سوف يؤدي الى تناقص الطول الموجي لموجة منتقلة خلال وسط معامل انكساره حسب العلاقة (١٢) الآتية :

$$\lambda_m = \lambda / n_0 \quad \dots(12)$$

ان الفرق بين معاملي انكسار اللب والغلاف يسمى بمتغير  $\Delta$  حيث يمثل بالعلاقة :

$$\Delta = (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2 \quad \dots(13)$$

$$n_1 \approx n_2$$

$$\Delta = (n_1 - n_2) / n_1$$

وهذا المتغير يكون ذات اهمية كبيرة عند انتقال الانماط ذات التوجيه الضعيف حيث تكون قيمة  $(\Delta \approx 0.01)$  .

### ٢. الفتحة العددية

هي مقياس لقابلية الليف البصري على تجميع الضوء عند ربط المصادر الضوئية الى الليف (قندلا، 2000) ويمكن التعبير عنها بالعلاقة (١٤) التالية :

$$N_A = n_0 \sin \theta_a \quad \dots(14)$$

ان الفتحة العددية للليف البصري هي جيب زاوية القبول  $\theta_a$  ضمن قانون سنيل :

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \sin (90 - \theta_c) \quad \dots(15)$$

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \cos \theta_c \quad \dots(16)$$

$$\cos \theta_c = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c}$$

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \quad \dots(17)$$

$$\sin \theta_c = n_2 / n_1$$

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \sqrt{1 - (n_2 / n_1)^2} \quad \dots(18)$$

$$\sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$N_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

### ٣. زاوية القبول

هي أكبر زاوية سقوط للشعاع على وجه الليف البصري بالنسبة لمحوره وتسمح للضوء بالدخول الى الليف ، ان المنطقة المظلمة هي التي تدخل الى ليف الالتقاط والتي نحتاج منها المعلومات عند استخدام الليف في المجالات الطبية والصناعية وغيرها ولتحقيق هذا الغرض يجب ان تكون زاوية القبول اكبر ما يمكن أي استلام اكبر كمية من الضوء المنقل من ليف الارسال الى ليف الاستلام وعلى هذا الاساس فان ليف الارسال يكون ذو فتحة عددية صغيرة وليف الاستلام ذو فتحة عددية كبيرة .

### الحسابات والنتائج

الطريقة المتبعة في هذه الدراسة لغرض التمييز بين المواد المختلفة هي حساب معاملات انكسار المواد التي سيتم استخدامها في تصنيع الياف بصرية صالحة للاستخدامات المختلفة وذلك بالاعتماد على ثوابت خاصة تسمى (sellmeir constant) وباستخدام معادلة sellmeir formula for the refractive index

$$n^2(\lambda) - 1 = \sum_{j=1}^m \frac{A_j \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_j^2} \quad \dots(19)$$

ويمكن تطبيق هذه المعادلة على كل المواد فبالنسبة للسيلكا يمكن استخدام ثلاثة قيم (حدود) في معادلة sellmeier لتصبح بالشكل التالي :

$$n^2 - 1 = \frac{A_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{A_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \frac{A_3 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_3^2} \quad \dots(20)$$

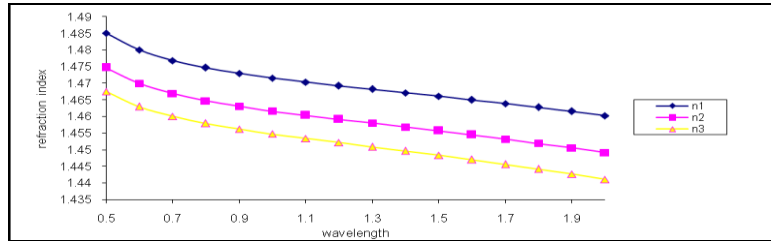
حيث ان  $\lambda$  هي الطول الموجي وكل من  $A_j$  ,  $\lambda_j$  هي ثوابت سيلمير.

وقد تم استخراج قيم هذه الثوابت من جداول خاصة وكالاتي (john& buck, 2004).

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
13.5 m / 0 GeO <sub>2</sub> , 86.5 m / 0 SiO <sub>2</sub>	0.711040	0.451885	0.704048	0.064270	0.129408	9.425478
9.1 m / 0 GeO <sub>2</sub> , 7.7m/0B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 83.2 m / 0 SiO <sub>2</sub>	0.72393884	0.41129541	0.79292034	0.085826532	0.10705260	9.3772959
4.03 m / 0 GeO <sub>2</sub> , 9.7m/0B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 86.27m / 0 SiO <sub>2</sub>	0.70420420	0.41289413	0.95238253	0.067974973	0.12147738	9.6436219

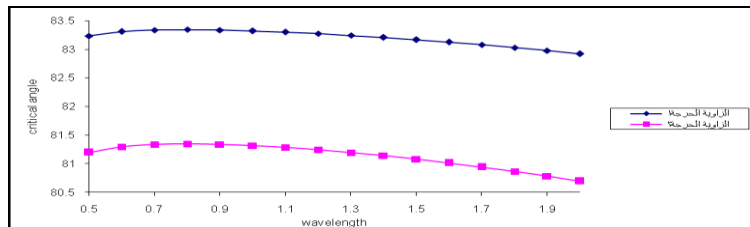
## النتائج و المناقشة

١- يبين الشكل رقم (٧) تغير معامل الانكسار كدالة للطول الموجي على مدى الاطوال الموجية من (0.5-2 $\mu$ m) حيث يلاحظ من الشكل ان اي معامل الانكسار للمواد التي يصنع منها الليف البصري يكون اعلى قيمة له عند الاطوال الموجية القصيرة (0.5-0.7  $\mu$ m) ويبدء بالتناقص حتى يصل الى اقل قيمة له عند الاطوال الموجية الطويلة 20mm وكذلك يلاحظ من الشكل ان المادة ( 13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) هي ذات اعلى معامل انكسار بينما المادة ( 4.03 m / 86.27m / 0 SiO<sub>2</sub>, 9.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0 GeO<sub>2</sub>) تكون ذات اقل معامل انكسار وان هذه المواد هي من السليكا المطعمة.



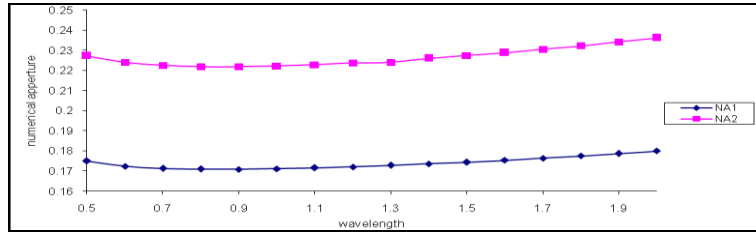
الشكل (٧) يبين العلاقة بين معاملات الانكسار والطول الموجي

٢- الشكل (٨) يبين تغير الزاوية الحرجة كدالة للطول الموجي لنوعين من الاليف البصرية تم تصميمها في هذه البحث وعلى مدى الاطوال الموجية (0.5-2  $\mu$ m) حيث يلاحظ من الشكل ان الليف الذي مادة القلب له من (13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) ومادة الغلاف من ( 83.2 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 7.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, / 0 SiO<sub>2</sub>) هو ذو اكبر زاوية حرجة أكبر من الليف الذي مادة القلب له من ( 13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) والغلاف ( 4.03 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 9.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, / 0 SiO<sub>2</sub>) ويبين الشكل ان اعلى قيمة للزاوية الحرجة للانواع المقترحة من الاليف البصرية تكون عند الاطوال الموجية (0.7 -1.1  $\mu$ m) ومن ثم تبدأ بالتناقص لتصل الى اقل قيمة عند الاطوال الموجية الطويلة.



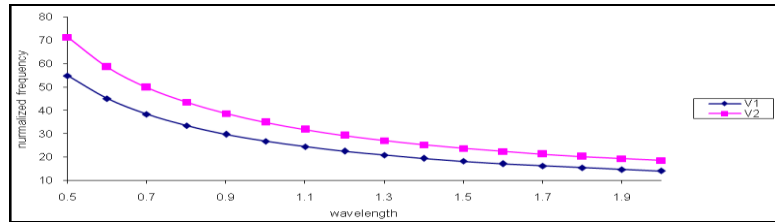
الشكل (٨) يبين العلاقة بين الزاوية الحرجة والطول الموجي

٣- الشكل (٩) يبين تغير الفتحة الحدودية كدالة للطول الموجي وعلى مدى الاطوال الموجية ( $0.5-2 \mu\text{m}$ ) وللانواع المقترحة من الالياف البصرية في هذه البحث حيث يبين الشكل ان الفتحة العددية للليف البصري الاول اكبر من الفتحة العددية للليف البصري الثاني وان الفتحة العددية تتناقص على مدى الاطوال الموجية بين ( $0.7 - 1.1 \mu\text{m}$ ) ومن ثم تبدأ بالتزايد الى ان تصل الى اعلى قيمة لها عند الاطوال الموجية الطويلة وللانواع المقترحة من الالياف البصرية وبذلك يمكن استخدام الليف البصري الاول كليف استقبال والثاني كليف ارسال بالاعتماد على الفتحة العددية الخاصة به .



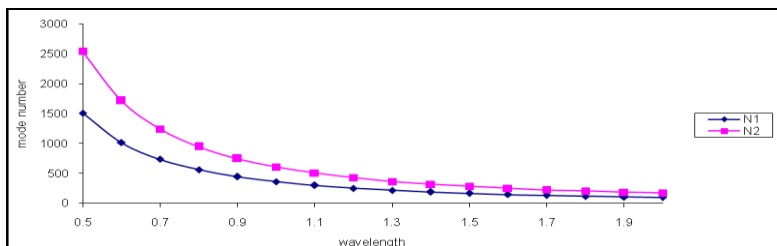
الشكل (٩) يبين العلاقة بين الفتحة العددية والطول الموجي

٤- الشكل رقم (١٠) يبين العلاقة بين التردد العياري كدالة للطول الموجي وعلى مدى الاطوال الموجية ( $0.5-2 \mu\text{m}$ ) للانواع المقترحة في هذه الدراسة حيث يلاحظ من الشكل ان التردد العياري يتغير أسياً مع الطول الموجي لتصل الى اعلى قيمة له عند الاطوال الموجية القصيرة وتبدأ بالتناقص حتى يصل الى اقل قيمة له عند الاطوال الموجية الطويلة وان التردد العياري للليف الاول يكون اعلى من التردد العياري للليف الثاني وبذلك يمكن الاعتماد على قيمة التردد العياري لاختيار نوعية الليف البصري المستخدم في التطبيقات المختلفة .



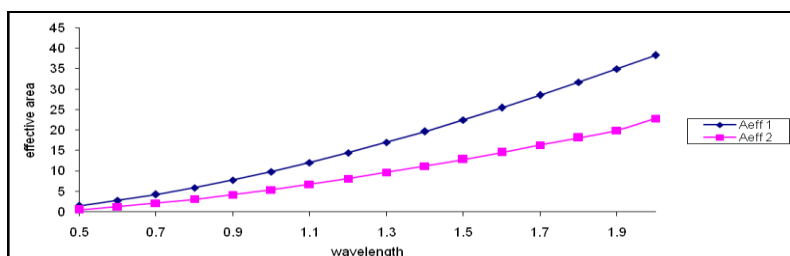
الشكل (١٠) يبين العلاقة بين التردد العياري والطول الموجي

٥- الشكل (١١) يبين تغير عدد الانماط كدالة للطول الموجي وعلى مدى الاطوال الموجية ( $0.5-2 \mu\text{m}$ ) وللانواع المقترحة للالياف البصرية في هذه الدراسة حيث يلاحظ من الشكل ان عدد الانماط يصل الى اعلى قيمة له عند الاطوال الموجية القصيرة ويبدأ بالتناقص حتى يصل الى اعلى قيمة لها عند الاطوال الموجية الكبيرة ويلاحظ من الشكل ان عدد الانماط في الليف الاول اكثر من عدد الانماط في الليف الثاني.



الشكل (١١) يبين العلاقة بين عدد الانماط والطول الموجي

٦- الشكل (١٢) يبين تغير المساحة الفعالة للليف البصري كدالة للطول الموجي وعلى مدى الاطوال الموجية ( $0.5-2 \mu\text{m}$ ) وتغير المساحة الفعالة معلم مهم عند اختيار الليف البصري المستخدم في التطبيقات المختلفة والشكل يبين ان المساحة الفعالة تكون صغيرة عند الاطوال الموجية القليلة وتكون كبيرة عند الاطوال الموجية الكبيرة ولانواع الليف البصري المقترحة في هذه الدراسة .



الشكل (١٢) يبين العلاقة بين المساحة الفعالة والطول الموجي

### الاستنتاجات

من خلال الحسابات النظرية في تصنيع الألياف البصرية من السليكا ألمطعمه، أصبح بالإمكان اختيار مواد من السليكا ألمطعمه لغرض اختيار كل من قلب الليف وغلظه، الأمر الذي يؤدي إلى وضع مواصفات للليف ضوئي مناسب في الاستخدامات الخاصة ( الطبية، الصناعية والاتصالات ) وغيرها.

## References

- Cherin.A.H, (1983): An Introduction To Optical Fiber Bell Telephone laboratories Inc, USA . 798 P.
- Fredrick C.A, (1990): Fiber Optic Han Book For Engineers Scientists Mc Graw , Hill, Inc , USA.1176 P.
- Gower J., (1984): Optical Communication System Prentice Hall International, Inc , London.733 P.
- John buck A john Wiley, (2004): Fundamentals Of Optical Fibers And Edition By Joun Buck A Joun Wiley 2 Sons .Inc publication, 332 P.
- Keiser G ., (1983): Optical Fiber Communication Me Grew – Hill Inc. Singapore.602 P.
- Tanke T . and G. B . Bendek, (1975): Measurement Of The Velocity Of Blood Flow ( In Vivo ) Using Optical Fiber Catheter And Optical Mixing Spectroscopy January, Vol 14 , No 1, Applied optics. pp. 189 – 196.

## المصادر

- توماس وين، (1994): انظمة الاتصالات الالكترونية المتقدمة ، ترجمة عمر شايح المركز العربي للتعريب والترجمة والنشر ، دمشق. ٤٤٨ ص.
- الجميلي ، عبدالستار احمد عيسى، (٢٠٠٤): تصميم ودراسة اداء مقياس الجريان الليزري ، رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية التربية جامعة تكريت . ٨٥ ص.
- قندلا ، سهام عفيف، (2000): فيزياء الالياف البصرية اسس وتطبيقاتها ، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن . ٢٤٣ ص .

## The Study of the Properties of Optical Fiber Made Of Doped Silica

*Najla O. Hassan    Abdullsttar A. Aesa    Muhammed A. Hussein*  
*Physics Department*  
*College of Science - University of Kirkuk*

Received: 17/ 6/ 2009, Accepted: 25 / 1/ 2010

### Abstract

This study aims at designing optic fibers out of the doped silica and studying the properties of the manufactured optic fibers and employing them in different practical processes . Three types of doped silica will be chosen :

(13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>)

( 9.1 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 7.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 83.2 m / 0 SiO<sub>2</sub>)

( 4.03 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 9.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 86.27m / 0 SiO<sub>2</sub>)

By using sellmeire equation the refraction index will be calculated for the materials used in manufacturing optic fibers. The study shows that the materials (13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) has the highest index of refraction among the other materials by using special equation, the properties of optic fibers has been examined ( the numerical aperture , the critical angle ,...) as a function of wave length. The result shows that the core optic fiber has the doped silica (13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) while the clad has the material (9.1 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 7.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 83.2 m / 0 SiO<sub>2</sub>) this should be of suitable properties to act as a receiving fiber. The fiber of the core materials (13.5 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 86.5 m / 0 SiO<sub>2</sub>) while the glade has the materials (4.03 m / 0 GeO<sub>2</sub>, 9.7m/0B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 86.27m / 0 SiO<sub>2</sub>) have properties which enabled it to act as a sending fiber with various wave length.