



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة القادسية  
كلية التربية / الدراسة الصباحية  
قسم الفيزياء

# الالياف البصريه وتطبيقاتها في

## الاتصالات

مشروع بحث تخرج وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس  
في الفيزياء

إشراف:

د. أنيس علي حسن

إعتماد:

هبة كاظم عبد الحمزه

هيام محسن جبير

٢٠١٧ م

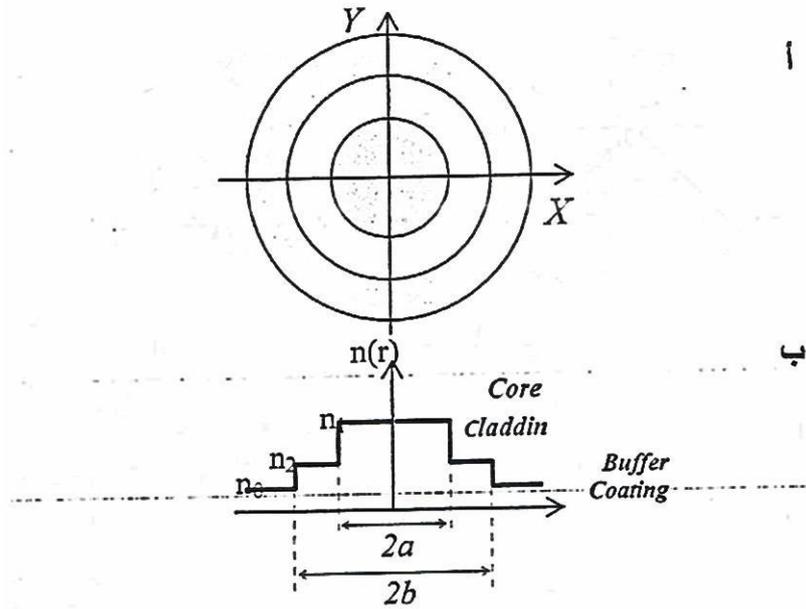
١٤٣٨ هـ

# الفصل الأول

## الاليف البصرية والمعاملات التقنية

### ١,١. الاليف البصرية التقليدية والمعاملات التقنية

يمكن تعريف الليف البصري التقليدي : بأنه ليف مصنوع من الزجاج على درجة عالية من النقاوة ما يعرف بـ الكوارتز المذاب ( ثنائي أوكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  ) أو يكون مصنوعاً من البوليمير ، يصل سمكه الى حد أن يماثل سمك شعرة الأنسان وتكون مجموعة الاليف المرتبة بشكل حزم ما يعرف بـ ( الكيبل الضوئي Optical cable ) ، ويتكون الليف الواحد من ثلاث طبقات :



الشكل (١): مقطع عرضي لليف البصري :

أ-القلب-core-الغلاف-Cladding-غطاء الحماية Buffer coating

ب- توزيع معاملات الانكسار.

**الطبقة الأولى : القلب Core:** وهو المنطقة الفعالة الرئيسية من أجزاء الليف وتكون مصنوعة من الزجاج الفائق النقاء ( الكوارتز الذائب أو ما يعرف بالسيليكا  $\text{SiO}_2$  ) ويكون بمعامل انكسار كبير  $n_1$  ويمثل المسار الذي ينتقل من خلاله الضوء .

**الطبقة الثانية : الغلاف Cladding:** وهو المنطقة الفعالة الثانوية من أجزاء الليف وتكون مصنوعة من الزجاج لكن بمعامل انكسار  $n_2$  يختلف عن معامل انكسار الزجاج الذي يصنع منه القلب ( يكون اقل ) نتيجة تشويبه عن طريق إضافة الشوائب كالجرمانيوم Ge مثلاً ، وهذا التغيير التقني في معاملات الانكسار سوف

يضمن لنا حدوث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي (Total Internet Reflection – TIR) مما يعكس الضوء باستمرار ليبقى في داخل القلب الزجاجي .

**الطبقة الثالثة : غطاء الحماية Buffer Coating :** وهو غلاف بلاستيكي يحمي الـ Core و الـ

Cladding .

ويمثل الشكل (١: أ و ب) مقطع عرضي ليفي بصري .

يستعمل الضوء داخل الليف البصري ( مثلاً في مجال نظم الاتصالات البصرية ) كناقل للمعلومات

Carrier، وفيزيائياً يمكن أن نرى ثلاث اعتبارات لآلية عمل الضوء وفهمه:

- اعتبار إن الضوء موجة كهرومغناطيسية وذلك باستعمال النظرية الموجية ( Wave Theory ) .
- اعتبار أن الضوء خط أو شعاع وذلك باستعمال علم البصريات ( Geometric Optics ) .
- اعتبار ان الضوء حزمة من الفوتونات وذلك باستعمال نظرية الكم ( Quantum Theory )

وحتى نفهم سلوك الضوء وعمله في الليف البصري سنستعمل الاعتبار الثاني ونقوم بدراسة الضوء

بوصفه شعاع يتحرك باتجاه وزاوية معينة وتطبق عليه القوانين الأساسية في علم البصريات الضوئية : ( قوانين سنل والانعكاس والانكسار ،....)

ويحسب قانون سنل : فإنه كلما تغيرت زاوية السقوط رافقها تغير في زاوية الانكسار ، ففي حالة كون

زاوية سقوط الشعاع على مدخل الليف أكبر من الزاوية الحرجة  $\theta_c$  ( الزاوية الحرجة هي الحالة الخاصة

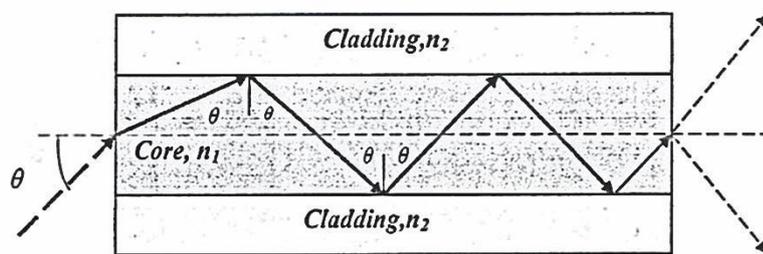
لقيمة زاوية سقوط الشعاع عندما تكون زاوية الانكسار له  $90^\circ$  ) ، فإن الضوء ينعكس بالكامل ( لا يحدث

انكسار ) داخل قلب الليف البصري ، اذ تسمى هذه الظاهرة بالانعكاس الكلي الداخلي TIR ( الشكل ٢ ) ،

وتعرف أيضاً بـ التوجيه الموجي Waveguide ، وإذا سقط الضوء بزاوية اقل من الزاوية الحرجة  $\theta_c$  فإن

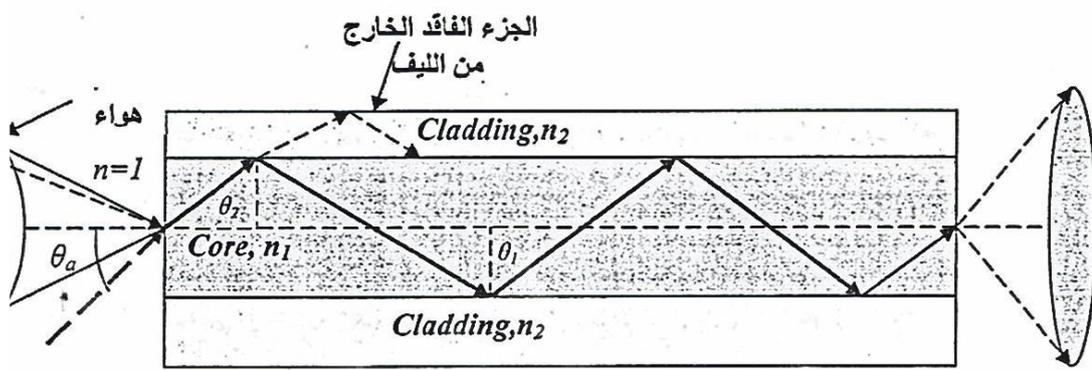
جزءاً من الضوء ينعكس داخل قلب الليف ( انعكاس جزئي داخلي PIR ) ، وجزء آخر سوف ينكسر عبر محيط

الليف مما يؤدي الى خروجه من الليف ومن ثم يؤدي الى زيادة الفقد .



١,٢. زاوية القبول Acceptance Angle

تعد زاوية القبول  $\theta_a$  Acceptance Angle من القيم العددية التي يتوجب معرفتها عن الليف البصري ، ومفهومها يتلخص : بأنها الزاوية التي يجب على الشعاع الداخل أن يدخل بزاوية تساويها أو أقل منها حتى يحقق الانعكاس الداخلي الكلي ومن ثم ينتشر عبر الليف بشكل صحيح وبأقل فقد ممكن ، في حين في حالة زاوية الشعاع الداخل اكبر من زاوية القبول فإن جزءاً منه ينكسر عبر محيط الليف ومن ثم سوف يفقد وما تبقى منه سوف ينعكس داخل الليف وهنا نحصل على انعكاس جزئي وليس كلي . لذلك حتى يتم إرسال الضوء الأطول مسافة ممكنة يجب مراعاة أذخال ضوء بزاوية لا تتجاوز قيمة  $\theta_a$  . فراغياً وحسب قيمة زاوية القبول  $\theta_a$  فإنه يتشكل ما يشبه المخروط Cone عند مقدمة الليف والذي يسمى بـ مخروط القبول Acceptance Cone ، الشكل ٣ .



الشكل (٣): مراحل انتشار الضوء عبر الليف البصري وزاوية القبول.

### ١,٣ . فتحة النفوذ العددية (NA) Numerical Aperture

وهناك قيمة عددية أكثر شمولاً من زاوية القبول  $\theta_a$  تسمى هذه القيمة بـ فتحة النفوذ العددية – (NA Numerical Aperture) ، هذه القيمة تعبر عن العلاقة ما بين إمكانية إدخال الضوء للليف بشكل صحيح ومعامل الانكسار لكل من لب الليف  $n_1$  ومحيطه  $n_2$  . ويعبر عن هذه القيمة بالعلاقة الآتية :

$$NA = n_0 \sin\theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1)$$

يمكننا التعبير عن NA بدلالة الفرق النسبي ( $\Delta$ ) بين  $n_1$  ,  $n_2$

$$NA \approx n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2)$$

إذ إن قيمة ( $\Delta$ ) تحسب بالعلاقة :

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \quad (3)$$

للتذكير فإن :

$\theta_a$  : تأخذ قيم بين الصفر و  $90^\circ$

NA: بين الصفر والواحد .

$\Delta$  : تكون عادة أقل بكثير من الواحد ( $\Delta \ll 1$ ) .

في الواقع العملي عادة ما تستعمل العدسات بين المصدر الضوئي ومقدمة الليف للمساعدة في تجميع الضوء وتركيزه بحيث يسهل إدخاله الى الليف ، وبالطريقة نفسها تستعمل العدسات لإيصال الضوء من مخرج الليف الى الكاشف الضوئي .

### ١,٤ . أنماط الانتشار في الليف البصري Propagation modes

ينتشر الضوء عبر الليف البصري على شكل عدد محدود من الحزم الضوئية Beam أو إشعاعات Rays وبزوايا معينة ذات قيم محددة ، تسمى هذه الحزم أو الإشعاعات المختلفة بـ أنماط الانتشار Propagation modes ، إذ يرتبط كل شعاع بنمط انتشار معين لذلك تستعمل الأرقام الجانبية بجانب أسم النمط Mode index لتمييزها بعضها عن بعض ، حتى يتمكن من الحصول على هذه الأنماط المنتشرة في الألياف البصرية يجب استعمال النظرية الكهرومغناطيسية وتطبيق معادلات ماكسويل على حالة الليف وإيجاد الحلول لها ، وأهم الأنواع الأساسية للأنماط المنتشرة عبر الليف البصري هي :

- أنماط كهربائية عرضية Transverse Electric Modes ويرمز لها بـ TEM.

- أنماط مغناطيسية عرضية Transverse Magnetic Modes ويرمز لها بـ TMM.

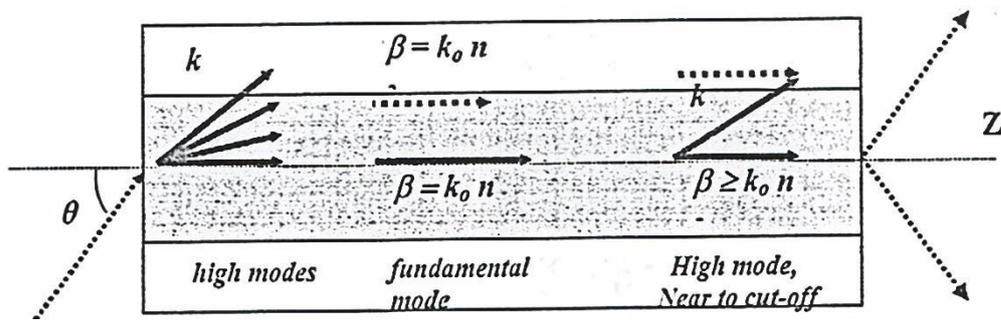
- أنماط هجينة Hybrid تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع HE.

- أنماط هجينة Hybrid تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع EH.

كمثال على طريقة تسمية أنماط الانتشار :  $HE_{11}, EH_{12}, TE_{01}, TM_{02}, \dots$

وفي الألياف البصرية النمط  $HE_{11}$  هو النمط الأساسي Fundamental mode غير منتج للاستقطاب Degenerate Polarization والذي يعني بأن هناك أستقطابان مختلفان للنمطين  $HE_{11}^x$  ,  $HE_{11}^y$  وبنفس ثابت الانتشار  $\beta$ .

والشكل (٤) يوضح مخططاً لاتجاهات أنماط الانتشار الأساسية Fundamental modes والأنماط العالية High modes إذ إن كل واحد منها يتميز بمتجه موجي واحد لكل نمط ، والمتجه الموجي الذي ينتشر باتجاه المحور Z يدعي بـ ثابت الانتشار  $\beta$ .



الشكل (٤): مقطع عرضي يوضح أنماط الانتشار عبر الليف.

إذ إن النمط الأساسي Fundamental mode ، تكون قيمة ثابت الانتشار هي قريبة الى العدد الموجي عند مركز قلب الليف  $K_0 n_2$  ، وعند النمط العالي الذي ينتشر بزواوية اكبر من ثابت أنتشاره الذي يكون قيمته قريبة الى  $K_0 n_2$  ولكل نمط موجهه ثابت انتشار  $\beta$  يقع في حدود المجال الآتي :

وفي موضوع أنماط الانتشار عبر الليف البصري يظهر مفهوم ( ثابت الانتشار القياسي أو المقيس ) ويرمز له بـ  $b$  ويعطى بالعلاقة الآتية :

$$b = \frac{\beta^2 - k_0^2 n_2^2}{k_0^2 n_1^2 - k_0^2 n_2^2} \quad (5)$$

إذ إن :

### ١,٥. التردد المقيس Normalized frequency

هو قيمة عددية لها أهمية كبيرة في تحديد عدد الأنماط المنتشرة في الليف البصري ويعرف أيضا بالقيمة العددية  $V$  (V-number) للليف البصري والتي يمكننا حسابها بحسب العلاقة الآتية :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} aNA \quad (6)$$

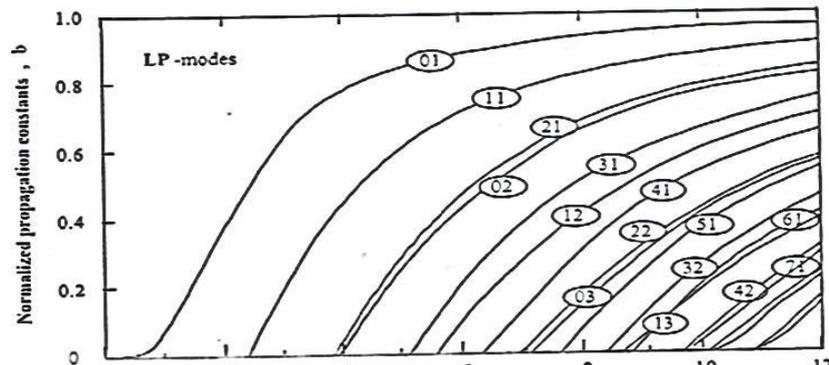
إذ إن  $a$  : تمثل نصف قطر الليف البصري Core Radius ، وترمز  $\lambda$  الى الطول الموجي.

بالاعتماد على قيمة  $V$  يمكننا تحديد عدد وأنواع وأنماط الانتشار والتي تتواجد وتنتشر عبر الليف البصري . وعندما المعامل  $V$  هو أقل من القيمة الحرجة  $V_c$  ( أي إذا تحقق الشرط  $V \leq V_c = 2,407$  ، فإن الليفة تنتشر فقط بنمط واحد أساسي ويقال إن النظام أحادي النمط ( Single mode regime ) وهنا قيمة  $V_c$  تدعى بتردد القطع المقيس Normalized Frequency cut-off ولطول موجة مناسب تدعى بـ طول موجة القطع Length wave cut-off ويرمز له بـ  $\lambda_{cut-off}$  وتحسب تلك القيم بالعلاقة التالية :

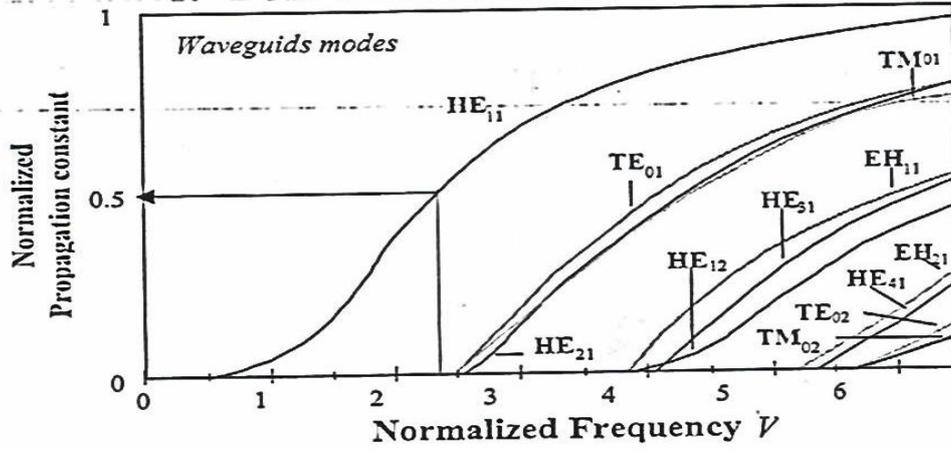
$$V_c = \frac{2\pi}{\lambda_c} a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (7)$$

ويقال إن النظام ثنائي النمط ( Bimodal or two mode regime ) ( $LP_{01}$  ,  $LP_{11}$  ) إذا تحقق الشرط  $(2,407 < V \leq 3,83)$  .

ويعرف النظام بأنه متعدد الأنماط ( Multimode regime ) إذا تحقق الشرط  $V \gg 1$ .



الشكل (٥): العلاقة بين ثابت الانتشار المقيس والتردد المقيس



## ١,٦ . أنواع الألياف البصرية Types fiber optics

تنقسم الألياف البصرية عموماً الى أكثر من نوع وذلك بالاعتماد على المعيار المستخدم لعملية التقسيم

وحسب الآتي :

- حسب تغير معامل الانكسار خلال لب الليف البصري حيث تنقسم الألياف الى :

• ألياف عتبية Step-Index Fibers: حيث يكون معامل الانكسار ذا قيمة ثابتة خلال لب الليف .

• ألياف تدريجية Graded- Index Fibers : حيث يتغير معامل الانكسار بشكل تدريجي ضمن منطقة

اللب .

- حسب عدد الأنماط المنتشرة خلال الليف البصري حيث تنقسم الى :

• ألياف متعددة الأنماط Multimode Fibers: حيث ينتشر أكثر من نمط .

• ألياف أحادية النمط Single Mode Fibers: حيث ينتشر نمط واحد فقط  $HE_{11}$  .

- حسب المادة المصنوع منها الليف وتنقسم الى :

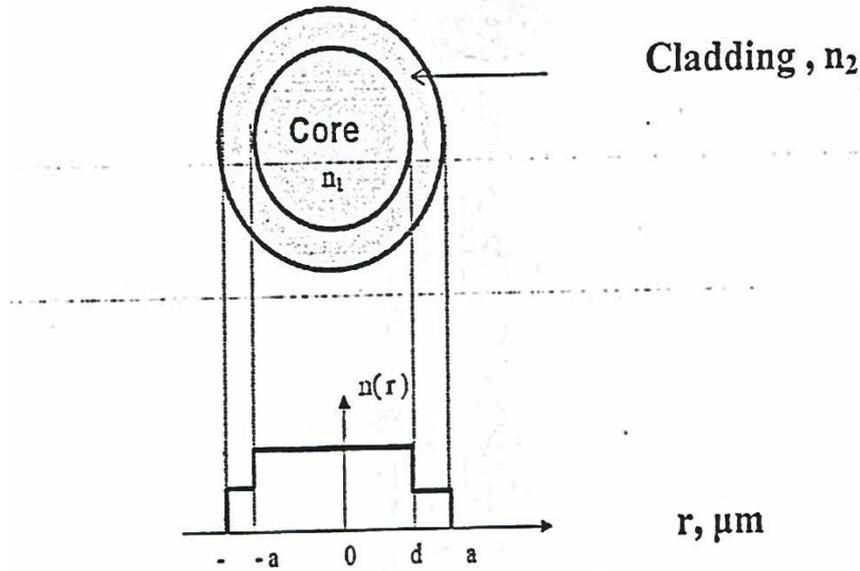
• الألياف الزجاجية Glass Optical Fibers : وتصنع من الزجاج النقي .

• الألياف البلاستيكية Plastic Optical Fibers: وتصنع بالكامل من البلاستيك .

أيضا يمكن أن تصنع ألياف يكون فيها اللب من الزجاج والمحيط من البلاستيك .

## ١,٧ . الليف العتبي Step – Index Fibers

لقد بدأ أول ظهور لصنع الألياف البصرية من خلال تصميم الليف العتبي Step-Index Fiber ، حيث يتم تصنيع لب الليف من الزجاج النقي له معامل انكسار ثابت  $n_1$  بينما يصنع المحيط من الزجاج ايضاً بمعامل انكسار ثابت ولكن بقيمة أقل  $n_2$  كما مبين بالشكل (٧) والذي يمثل كيفية تغير معامل الانكسار لليف البصري  $n(r)$  بالاعتماد على المسافة القطرية من مركز الليف  $(r)$  حيث أن قطر الليف  $d$  و نصف قطر اللب بوحدة  $\mu\text{m}$  .



الشكل (٧): تغير معامل الانكسار في الليف العتبي.

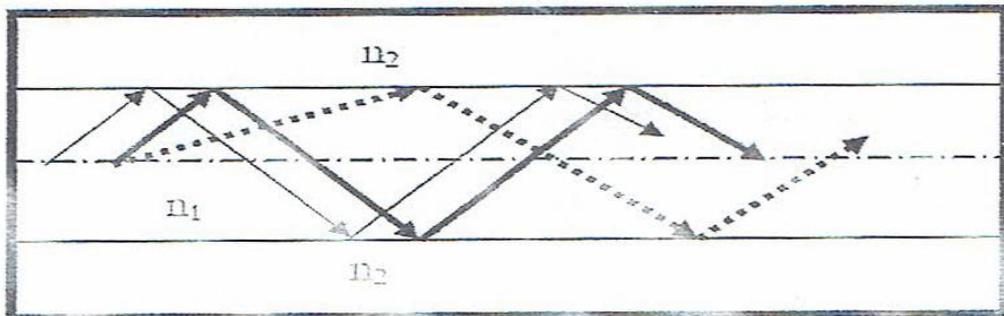
تنتشر الحزم الضوئية ضمن منطقة لب الليف العتبي وتكون مساراتها على شكل خطوط مستقيمة كما في الشكل (٨) ويعود ذلك لكون الوسط متجانس (معامل الانكسار ثابت) وهذه الحالة في الألياف العتبية . بالتالي تكون سرعة انتشار جميع الأنماط ثابتة ويعبر عنها بالعلاقة :

$$V = \frac{c}{n}$$

والتي لا تتغير هندسياً.

نستطيع أن نحسب عدد الأنماط لليف عتبي حيث نأخذ قيمة  $\alpha = \infty$  من العلاقة:  $N = \frac{1}{2} \cdot v^2$

حيث ترمز  $v$  هنا الى سرعة انتشار الأنماط ، و  $N$  ترمز الى عدد الأنماط التي يمكن أن تنتشر عبر الليف



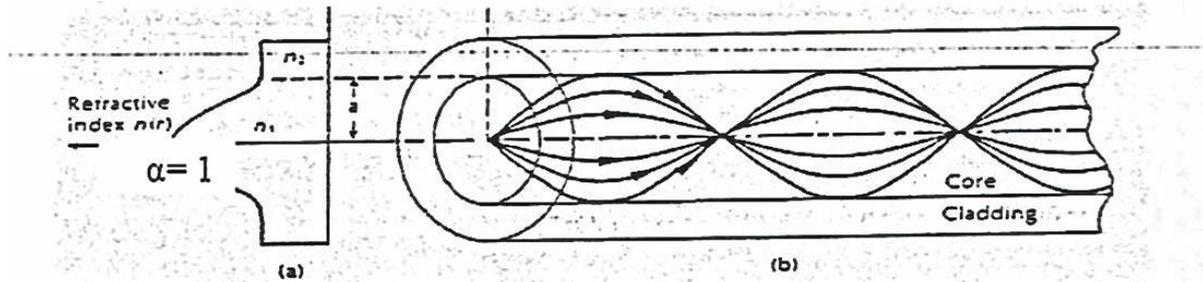
الألياف العتبية step index هي متواضعة الخصائص والميزات وتكمن مشكلتها الرئيسية في التشتيت الباطني Intermodal Dispersion العالي نسبياً مما يؤدي الى التأثير سلباً على مسافة الإرسال وسرعات البث المسموح بها. أما السبب في حصول التشتيت العالي فيعود الى ان الحزم الضوئية المختلفة تسلك مسارات مختلفة في الطول ( أنظر الشكل ٨ ) ولكنها تنتشر بسرعات ثابتة مما يؤدي الى وصولها في أزمان مختلفة وبالتالي تأخير زمني فيما بينها والذي يتسبب في مشكلة التشتيت الباطني أو الداخلي .

## ١,٨ . الألياف البصرية ذات معامل الانكسار التدريجي

### Graded Index Fiber

ان ما يميز الألياف البصرية ذات المعامل التدريجي هو أن معامل الانكسار لللب الليف تتغير قيمته وبشكل تدريجي من مركز اللب ( أقصى قيمة  $n=n_1$  ) ولغاية الحد الفاصل بين اللب والمحيط ( أدنى قيمة  $n=n_2$  ) ، حيث يأخذ هذا التغير التدريجي أشكال مختلفة : المثلثي Triangular والقطع المكافئ Parabolic أو أي أشكال أخرى تقع فيما بينهما ، بينما يبقى معامل الانكسار ثابتاً لمحيط الليف  $n_2$ .

هندسياً تنتشر الحزم الضوئية أو الأشعة ضمن منطقة لب الليف البصري وتكون مساراتها على شكل خطوط منحنية وليست مستقيمة كما في الشكل (٩) ، والسبب في ذلك أن معامل الانكسار لمنطقة الانتشار ( منطقة القلب Core ) وقيمة متغيرة ، ومن العلاقة  $V = \frac{c}{n}$  فإن حاصل القسمة والذي يمثل السرعة ليس ثابتاً حيث تكون السرعة أعلى ما يمكن عندما يكون  $n$  اصغر ما يمكن ( في منطقة أطراف اللب ) والسرعة اقل ما يمكن عندما يكون  $n$  اكبر ما يمكن ( منطقة مركز اللب ) ، ان هذا الاختلاف في السرعة هو السبب الرئيس الذي يعطي الألياف البصرية ذات معامل الانكسار التدريجي الميزة الايجابية الهامة مقارنة مع الألياف العتبية .



كما في الشكل ٩ ، فإن الحزم القريبة من مركز اللب تكون بطيئة السرعة ولكنها تقطع مسافات قصيرة ، بينما الحزم الأبعد عن مركز القلب والأقرب للحد مع محيط الليف ذات سرعة عالية ولكنها تقطع مسافة أطول ، وبالتالي فإن جميع الحزم تصل في أوقات زمنية متقاربة جداً مما يقلل من التأخير فيما بينها وهذا هو السبب في أن التشتيت في هذه الألياف قليل جداً ( حوالي ١٠٠ مرة أقل منه في حالة الألياف العتبية ) .

## ١,٩. الليف أحادي النمط Single mode fiber

مثل ما أسلفنا ، في حالة الليف أحادي النمط فإن هناك نمط واحد من الانتشار ( single mode ) وهو  $HE_{11}$  ، وهو أول نمط يبدأ بالظهور والانتشار عبر الليف البصري يسمى بـ (النمط الأساسي Fundamental mode) ، هذا النمط ينتشر عبر الليف بحالتين من الاستقطاب : الحالة الأفقية ويرمز لها X وأخرى عمودية ويرمز لها Y ، وكما ذكرنا سابقاً انه لا يمكن الحصول على حالة انتشار نمط واحد فقط إلا اذا كانت قيمة V صغيرة للغاية ( اقل من 2,407 )، عادة ما تسمى القيمة الحدية والتي تضمن ظهور نمط واحد فقط بقيمة القطع (Cut-off V-Number) والمرموز لها  $V_c$ .

أن الميزة الرئيسية لليف أحادي النمط هو عدم وجود التشتيت الباطني وذلك لوجود نمط واحد فقط وبالتالي لا يوجد أي تأخير أو فروقات زمنية بين الأنماط والتي هي السبب المباشر لظهور التشتيت Dispersion ، لذلك فإن الألياف أحادية النمط هي الأفضل على الإطلاق من حيث الخصائص والمواصفات العملية على الرغم من صعوبة تصنيعها وارتفاع تكاليفها .

## الفصل الثاني

### دراسات سابقة حول الاليف البصرية

١. قام الباحث أنيس الحمزاوي بدراسة الألياف البلورية ( Microstrure fibers ) من نوع متعدد الصميم (Multi-cores) حيث وجد ان أحسن إشارة الألياف البلورية من هذا النوع تحدث عندما يكون الضوء مسلط على القلب المركزي للأليف .
٢. قام كل من ( H.HARMS pt al ) عام ١٩٧٥ بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على الليف البصري ذو معامل الانكسار المتدرج ( graded : index ) وتأثيره على حالة الاستقطاب للضوء داخل الليف البصري حيث سلطو مجال مغناطيسي موازي لليف البصري واستخدموا ضوء الليزر (He : Ne)
٣. قام العالم (A.M.smith) في عام ١٩٧٩ بتطوير جهاز القياس الانكسار الثنائي النمطي واستخدم ليف ذو انكسار ثنائي نمطي واطي وفي نفس العام قام بتصميم جهاز القياس التيار الكهربائي بالاعتماد على ظاهرة فارداي
٤. في اليابان قام الباحثون (K.Kiuchi) و (T.okosihi) عام ١٩٨٢ بتطوير طريقة لقياس طول الضربة ( beat Lehgth ) باستخدام تقنية مسح الطول الموجي ( waue Length sweeping ) للألياف ذات الانكسار الثنائي العادي حيث يتراوح طول الضربة فيها من ( 0.4mm ) الى ( 1m )

٥. قام الباحث (D.C.pasaiha) عان ١٩٩٥ بدراسة تأثير الاشعة فوق البنفسجية (uv) على الألياف البصرية أحادية النمط وأيضا على الانكسار الثنائي النمطي
٦. قام الباحثون ( R.B.Dyott etaL ) بصناعة ليف بصري أحادي النمط يعمل على الحفاظ مستوى الاستقطاب ثابتا داخل الليف البصري وذلك بان يكون المقطع العرضي لللب ذو شكل بيضوي حيث يكون الليف ذو انكسار ثنائي نمطي عالي .
٧. قام الباحثون ( s.c.rash Ligh ) و (R.uLrich) عام ١٩٨٠ بتصميم طريقة لجعل الليف البصري ذو الانكسار الثنائي النمطي الواطي يجعله ذو انكسار ثنائي عالي وذلك يستند الليف على اسطوانة على قطر صغير .
٨. قام الباحثون ( W.Eicknoffetal etaL ) عام ١٩٨١ بدراسة العلاقة بين الانكسار الثنائي النمطي والطول الموجي حيث قام بدراسة نظرية وتجريبية .
٩. قام الباحث ( W.Eicknoffetal ) عام ١٩٨٢ بدراسة الإجهاد الداخلي في الليف البصري نتيجة اللاتنافر ونتيجة اختلاف معامل التمدد الحراري بين اللب والغلاف و تأثيره على الانكسار الثنائي النمطي حيث طور الألياف ذات استقطابية أحادية اي تحافظ على مستوى الاستقطاب .

الفصل الثالث ..... تطبيقات في الألياف الضوئية

### الفصل الثالث

#### تطبيقات في الألياف الضوئية

#### Phonic crystal fiber application

لقد بدأ تطبيق واستعمال الالياف الضوئية PCF في مطلع الثمانينات ولكم خلال العشر سنوات الاخيرة انتشر استعمالها بشكل واسع وفي جميع دول العالم اذ تم تركيب ملايين الكيلومترات من خطوط تلك الالياف .

لن اهم مجالات تطبيق PCF في الوقت الحالي :

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Long Distance Telecommunication  | - خطوط الاتصالات البعيدة المدى |
| Local Telephone Networks         | - شبكات الهاتف المحلية         |
| Cable Television                 | - البث التلفزيوني عبر الكيبل   |
| Internet and data communications | - الانترنت ونقل البيانات       |

Military Communications

- الاتصالات العسكرية

Sensors

- المجسات

Medicine

- الطب

وسنكتفي في هذا الفصل ذكر تطبيق الألياف البصرية في أنظمة الاتصالات والمجسات .

١،٤ . أنظمة الاتصالات البصرية Optical Fiber communication

تعمل أنظمة الاتصالات البصرية التي تستعمل الليف البصري على ترددات عالية جدا في مجال التردد الضوئية . بعبارة اخرى تعمل هذه الأنظمة على أطوال موجات قصيرة جدا (في مجال قيم الميكرومتر  $\mu\text{m}$  ) ، وحتى نقوم بتحويل التردد الى الطول الموجي او بالعكس ، يمكننا استعمال العلاقة البسيطة الآتية :

$$f = c_0 / \lambda \quad (93)$$

اذ ان  $c_0$  تمثل انتشار الضوء في الفراغ الحر (  $c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  ). يمكننا ايجاد سرعة انتشار الضوء في أي وسط اخر (  $c_0$  ) ذي معامل انكسار (  $n$  ) باستعمال العلاقة الآتية :

$$c_n = c_0 / n \quad (94)$$

١٣

الفصل الثالث ..... تطبيقات في الألياف الضوئية

١،١،٤ . الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

يظهر الشكل (11) الطيف الكهرومغناطيسي لجميع الترددات المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية بدءا من الصفرة وحتى الترددات البصرية (تقريبا 10 Hz) .

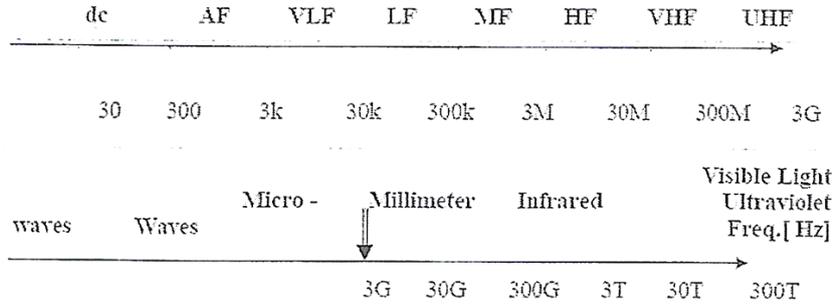
تعمل أنظمة الاتصالات البصرية باستعمال الاليف البصرية الزجاجية في المجالات الآتية :

$$\lambda = 850 \text{ nm} , \lambda = 1310 \text{ nm} , \lambda = 1550 \text{ nm}$$

بينما تعمل الاليف البصرية البلاستيكية على الطول الموجي (650nm) .

يبدأ نطاق الترددات البصرية عند تقريبا 10Hz ولغاية 10Hz وينقسم الى :

- الضوء المرئي ( Visible Light ) ويقع تقريبا 10 Hz
- الاشعة تحت الحمراء (Infrared) وتردداتها اقل من تردد الضوء المرئي .
- الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) وتردداتها اعلى من تردد الضوء المرئي .



وهناك ايضا :

- مجال الترددات السينية (X - Rays) بتردد تقريبا 10 Hz .
- مجال ترددات اشعة كاما ( Gamma – Rays ) بتردد تقريبا 10 Hz .
- مجال ترددات الاشعة الكونية ( Cosmic Rays ) بتردد يصل الى 10 Hz .

نقدم في جدول الآتي الالوان الرئيسية للضوء والتردد والطول الموجي المقابل لكل منها .

اللون	الطول الموجي (nm)	التردد (Hz)
فوق البنفسجي	400	$7.5 \times 10^{14}$
بنفسجي	455	$6.59 \times 10^{14}$

الثالث

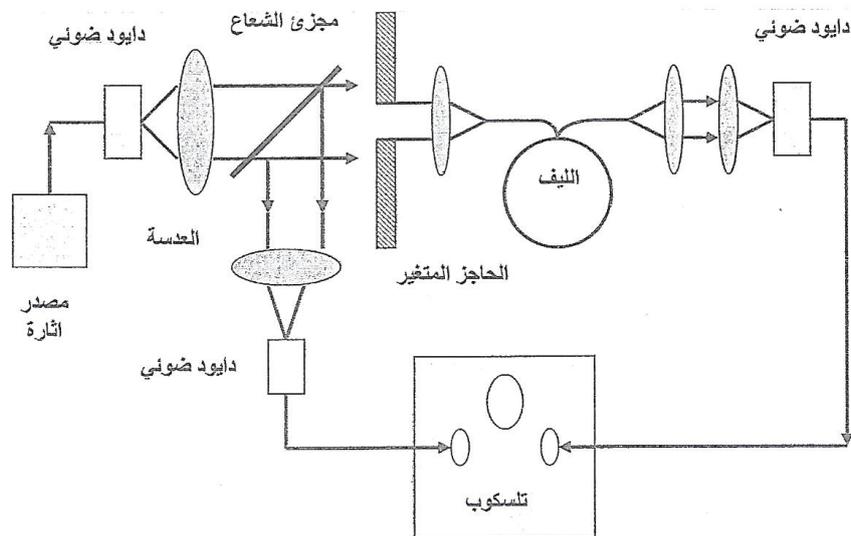
الفصل

..... تطبيقات في الألياف الضوئية

---

جدول : الالوان الرئيسية للضوء والتردد والطول الموجي المقابل لكل منها

$6.12 \times 10$	490	ازرق
$5.45 \times 10$	550	اخضر
$5.17 \times 10$	580	اصفر
$4.8 \times 10$	620	برتقالي
$4 \times 10$	750	احمر
$3.75 \times 10$	800	تحت الحمراء



الشكل ( ١٢ ) : يوضح إحدى طرق قياس انتشار النبضات الضوئية في الليف.

## ٢،١،٤. المكونات الأساسية لانظمة الاتصالات البصرية Basic Components of Optical Fiber Systems

تتماثل انظمة الاتصالات البصرية من حيث المكونات الأساسية مع انظمة الاتصالات الاعتيادية ولكن هنالك ضرورة لتحويل الاشارات الكهربائية الى ضوئية في جهة الارسال والتحويل العكسي في جهة الاستقبال مع وجود الليف البصري كخط اتصال ناقل للمعلومات .

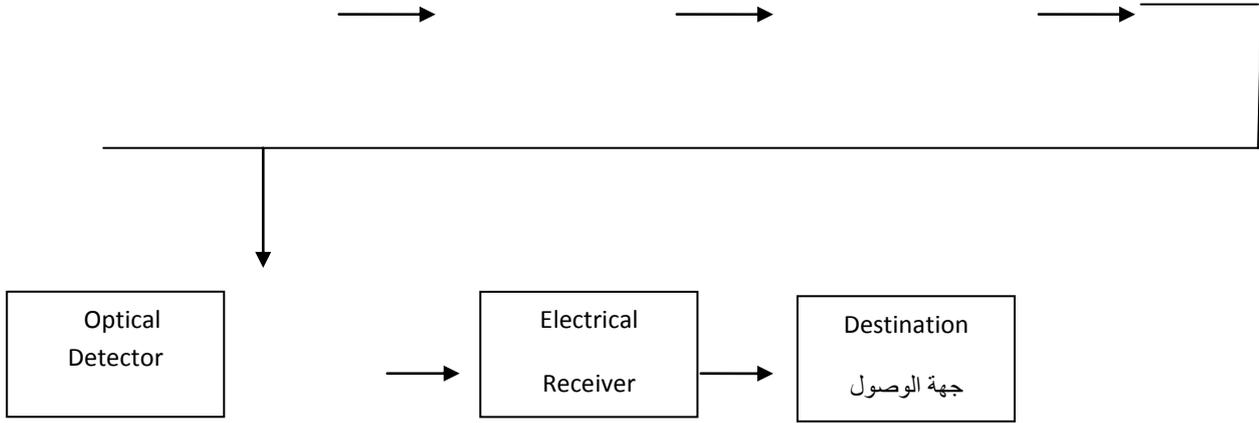
يمثل الشكل (١٣) للمكونات الأساسية لنظام الاتصال البصري .

Information  
source

Electrical  
transmitter

Optical source  
المصدر البصري

Fiber



٢،٤ استخدام الاليف البصرية في مجال المجسات او المتحسسات :

يمكن استعمال الاليف البصرية في مجال المجسات في قياس الاجهاد ودرجة الحرارة والضغط وعوامل اخرى . اذ انه ان المجس البصري يبعث ويستلم ويحول طاقة الضوء الى اشارة كهربائية .

والسبب في استخدام الاليف في مجال المجسات هو انها وسط ناقل نموجي للمعلومة من ناحية دقة وصول المعلومة وسرعة الارسال وخفة الوزن

وهذا مايميزها عن بقية المجسات التقليدية

كلك تستخدم الاليف البصرية في تقنية (هايدروفون Hydrophone)

- ١ . وهي تستخدم في معرفة الزلازل (Seismic)
  - ٢ . وفي تطبيقات السونار .
  - ٣ . تستعمل في صناعة النفط وفي البارجات الحربيه (مجال المعدات البحرية العسكرية)
- الاستعمال الاخر لمجسات الاليف البصرية هو مجال الجايروسكوب البصري واشهر استخدام للجايروسكوب البصري في الطائرات (البونيك٧٦٧) وفي بعض السيارات الحديثه وفي اغراض الملاحة البحرية .

## الاستنتاجات

من خلال الدراسة الحالية نستنتج عدة نقاط :

١. اهمية التأكيد على دراسة الجانب الفيزيائي في مجال تقنية الالياف وخاصة في مجال فيزياء المواد والبصريات .
٢. ان الالياف البلورية الضوئية تمتلك ميزة مهمة وهي وسعة النطاق العالية جدا مما جعلها ان تكون البديل الفائق التطور والناجح عن الاسلاك النحاسية من خلال استخدامها في الربط بين المقاسم الهاتفية والخطوط بعيدة المدى وعبر البحار ونظم الاتصالات الاخرى والمعلوماتية في مجال الانترنت وتقنية الاقمار الاصطناعية كذلك تطبيقاتها الاخرى في مجالات الطب والمجسمات وغيرها .
٣. ضرورة الحاجة الماسة الى انشاء مراكز ابحاث تعنى بدراسة الالياف البصرية في العراق كونها اصبحت من التقنيات التي تعول عليها البلدان المتقدمة .

## الفصل الرابع ..... الاستنتاجات والتوصيات

---

### التوصيات

١. ان الدراسة الحالية هي دراسة وصفية لللك نوصي بأجراء دراسة تجريبية على الالياف البلورية الضوئية والمهم لنا في دراستنا الاولى هو معرفة خصائص هذا النوع من الالياف وميزاتها وكفاءتها في مختلف التطبيقات ومنها الاتصالات البصرية والمجسات .

٢. نوصي بدراسة التطبيقات الاخرى للألياف البصرية وفي مختلف المجالات كالطب والمجسات وغيرها .



