الفصل الحادى عشر

التحليل الأوتوماتيكى لخريطة هدب التداخل الضوئى

Automatic Analysis of Interferograms

١/١١- خطوات تحليل خريطة هدب التداخل

The steps of analysis of interferograms :

التحليل الكمى للصور التى نشاهدها أو نحصل عليها باستخدام الميكروسكوب الضوئى يحدده قوة إبصار عين الراصد وقدرته الذهنية . وإن تطبيق الألكترونيات الرقمية لتحليل الصور التى نحصل عليها باستخدام الميكروسكوب يبشر بحدوث تطوير وتقدم فى المستقبل القريب والوصول الى درجة ومرحلة متقدمة مختلفة تماما عن الحاضر .

قام "Rosen" (١٩٨٤) بتجميع وعرض طرق إدخال الألكترونيات فى مجال الفحص بالميكروسكوب الضوئى ، تناول عرضة بدءا بفحص الأجسام الذى يتم بواسطة الميكروسكوب الضوئى إلى الحصول على صور لها ، ثم تحويلها إلى إشارات رقمية وتخزين هذه الصور ، يلى ذلك تحليل للصور وتسجيل للمعلومات وكتابة النتائج .

ويختص هذا الفصل بإدخال الألكترونيات فى مجال ميكروسكوبات التداخل الضوئى . فالجسم هنا هو خريطة هدب التداخل interferogram ، سواء كانت هدب تداخل ثنائية أو هدب تداخل متعددة ، أو هدب تداخل ناتجة عن مسار مفرد أو مسار ثنائى . يتم فيه شرح التحليل الأوتوماتيكى لخرائط الهدب و استخلاص بروفيل معامل انكسار الألياف أى قيم معاملات الانكسار عند كل نقطة على مقطع عرضى للألياف . وقد شمل الفصل على أسماء الباحثين السابقين الذين قاموا بتطبيق التحليل الأوتوماتيكى لخرائط هدب التداخل واستخلاص معاملات انكسار الألياف مع نبذة قصيرة موجزة عن مساهماتهم . هذا بالإضافة إلى تناول المجال بالتفصيل بعد عرض تتابع خطوات إدخال الألكترونيات الذى قدمه " Rosen " (١٩٨٤) فى مجال ميكروسكوبات التداخل الضوئى .

ولقد طور " Wonsiewicz et al " (١٩٧٦) تكنيك أو تقنية لاختزال المعلومات من صور هدب التدخل باستخدام هدب التداخل الناتجة من شريحة عرضية من الألياف . وتقوم الطريقة على تحويل هدب التداخل إلى إشارات رقمية باستخدام جهاز الشدة الضوئية الماسح Scanning microdensitometer ، يلى ذلك استخدام الحاسب الآلى لتعيين موقع الخط الذى يمر بمركز أو منتصف كل هدبة ، ثم يتم تحويل هذه البيانات إلى قيم معاملات انكسار وقيمة نصف قطر مقطع شعيرة الألياف وهى بروفيل معامل الانكسار عبر مقطع الشعيرة . كما قاموا بتطوير برنامج الحاسب الآلى المطلوب لتسكين البيانات على أنسب منحنى يتبع دالة أسية .

ولقد استخدم "Presby et al" (١٩٧٨) نظاما أتوماتيكيا مكونا من كاميرا فيديو ومحول رقمى وحاسب آلى لمعالجة البيانات التى يخرجها ميكروسكوب التداخل باستخدام طريقة الشريحة العرضية لشعيرة الألياف . وقد أمكنهم استخلاص بروفيل معامل الانكسار للألياف متدرجة معامل انكسار لبها .

وقام "Boggs et al" (١٩٧٩) وكذلك "Presby et al" (١٩٧٩) ، وأيضا "Marcuse and Presby" (١٩٨٠) مستخدمين طريقة التداخل الضوئى المستعرض ، حيث تغمر الشعيرة فى سائل له نفس معامل انكسار قشرتها وبضاء بحزمة اتجاهها عمودى على محور الشعيرة . وقد قدموا وصفا لمكونات نظام بصرى يتم بواسطته إجراء قياسات لبروفيل المسار الواحد أوتوماتيكيا . فلقد استخدم ميكروسكوب التداخل للضوء النافذ "Leitz" الذى يقوم على مسار مفرد وحزمتين ضوئيتين ومعه كاميرا فيديو ونظام لتحليل صور الفيديو . وشملت طريقتهم فى القياس التسجيل باستخدام الفيديو وتحويل صور هدب التداخل إلى رقمية تحت تحكم أو سيطرة الحاسب الآلى .

وطبقا لما قدمه "Rosen" (١٩٨٤) فإن خطوات العمل وتتابعها فى التحليل الأوتوماتيكى لخرائط هدب التداخل الناتجة من ميكروسكوبات التداخل هى كما يلى :

أ- تصميم وتنفيذ مقياس التداخل على قاعدة stage الميكروسكوب .

ب- الحصول على صورة مكبرة لخريطة هدب التداخل . هذه الصورة المتكونة للهدب

يمكن أن ترى بالإبصار العادى أو تسجل على لوح فوتوغرافى أو تظهر على شاشة تليفزيون ، ويجب أن تستمر فترة زمنية كافية لاستخلاص البيانات الكمية منها .

جـ- استخلاص المعلومات العددية من الصورة وتخزينها . ويتم القياس باستخدام graticule عند عدسة العينية أو باستخدام صور مسجلة كمرجع ثم يتم إرسالها إلى آلة حاسبة أو حاسب آلى .

د- تحليل البيانات الناتجة من القياس .

هـ- تسجيل نتائج التحليل .

١/١/١١- الحصول على الصورة Picture acquisition :

يحصل المشاهد من خلال الميكروسكوب - سواء كان ينظر إلى الميكروسكوب أو الى صورة أو إلى شاشة تليفزيون - يحصل على صورة لمجال الرؤية كاملا من أول وهلة . فاستجابة خلايا الشبكية للمشاهد تتم جميعها آنيا أى فى نفس اللحظة ، وهى فى وضع مواز لمساحة الرؤية المضاءة . فكاميرا التصوير تسجل صورة المنظر على فيلم حساس by parallel acquisition . وعند استخدام كاميرا التليفزيون يتم تحويل الصورة إلى إشارة كهربية بطريقة تسمح بقراءتها serially ، كنقطة تتحرك على خط مستقيم ، حيث تتبع فى مسارها خطوطا مستقيمة متتابعة تغطى الصورة .

وحديثا أدخلت بدائل لهذه الطريقة بأجهزة تستخدم كواشف من الصمام الثنائى diode تسمح للتيار الكهربى أو الإشارات بالمرور فى اتجاه واحد فقط ، وقد وزعت على شكل مصفوفة أو مجموعة متراصة يشغل كل كاشف موضعا معينا بترتيب معين ، أو باستخدام مكونات مشحونة Charge coupled devices على شكل مصفوفة .

٢/١/١١- تحويل الصورة إلى أرقام وتخزينها :

Digitisation and storage of the image

بالرغم من أنه يمكن تخزين الصورة ألكترونيا فى شكل تناظري analogue form ، مثلا على شريط فيديو ، إلا أن دائرة اهتمامنا هنا هى النظم التى يتم عن طريقها تحليل الصور ومنها يكون ضروريا تحويل الصورة إلى أرقام قبل تحليلها . وهناك مطلبان لتحويل الصورة

إلي أرقام :

أ- بالنسبة إلى الموقع أى تحديد إحداثى الموقع .

ب- بالنسبة إلى قيمة الشدة الضوئية أى تحديد منسوب الشدة الضوئية عند هذه النقطة

يعنى هذا أن خريطة هدب التداخل المتكونة فى مستوى الصورة بواسطة ميكروسكوب التداخل الضوئى أو باستخدام النظام البصرى الذى يسمح بتكوين هدب التداخل عند النفاذ أو عند الانعكاس ، يتم إحلال مجموعة set من الصور النقطية محلها - تسمى هذه الصور النقطية pixels - تلك التى يمكن توصيفها بقيمتى إحداثيين وقيمة الشدة الضوئية لضوء أحادى الطول الموجى عندها ، ويصاحب ذلك معامل التلوين chrominance index للهدب المتكونة بالضوء الأبيض . وتتوقف كفاءة عملية تحويل الصورة إلى رقمية على عدد الصور النقطية فى وحدة المساحات وعدد مناسيب الشدة الضوئية التى يمكن التفرقة بينها .

الترقيم الفراغى : Spatial digitisation

يتم ترتيب الصور النقطية على هيئة شبكة أو شبكية وتتحدد المساحة المحددة لكل صورة نقطية بالشبكة المكونة من خطوط أفقية ورأسية متقاطعة مكونة لمواقع رباعية الشكل متساوية المساحات ، وأكثر الشباكات استخداما تكون فى شكل مستطيل . وترتبط قوة التحليل الضوئى التى يمكن الحصول عليها بكثافة الصور النقطية فى الشبكة . والقيمة ٥٠٠ x ٥٠٠ لشبكة مربعة الشكل يمكن اعتبارها أقل قيمة مفيدة .

وفيما يلى اشتقاق تعبير رياضى لعدد الصور النقطية ونرمز له بالحرف p فى خط مستقيم طوله I على الصورة بدلالة عدد العينات المأخوذة F_S sampling frquency . فلكل نقطة على جسم مضاء تم اختيارها بواسطة الميكروسكوب لها نموذج pattern خطوط حيود متكونة فى المستوى الذى تتكون فيه الصورة . فللعدسة التى نافذتها مستديرة circular aperature يحدد خطوط الحيود قرص أيرى Airy disk الذى تغير فيه الشدة الضوئية تبعا للدالة $(2 J_1 (x) / x)^2$ ، حيث $J_1 (x)$ ترمز إلى دالة Bessel للمتغير x من الدرجة الأولى و x هى المسافة من مركز خطوط الحيود .

وقد أفاد "Hopkins" (١٩٤٣) بأنه يمكن تقريب معادلة أيرى إلى دالة جاوس وهى exp $(-x^2/2r^2)$ والتى تتمكن من احتواء التأثيرات الثانوية أى من الدرجة الثانية التى تظهر عند استخدام عدسات لها اتساع عددى كبير . ويرمز إلى نصف القطر فى دالة جاوس بالرمز r الذى تصل الشدة الضوئية عنده فى صورة خطوط الحيود إلى ٦٠٪ من قيمتها عند المنتصف أو المركز .

وتعطى تحولات فوريير لدالة جاوس طيف التردد الفراغى لخطوط الحيود التى تم تسجيلها – انظر : Eccles et al 1976 a –ى من الواضح أن أى خط على الصورة نحصل عليه عن طريق convolving the pattern of illumination التى تحوى خط عبر الجسم بمجموعة خطوط الحيود الناتجة من نقطة مضيئة . ولقد قدم "Rosen" العلاقة الآتية التى تعطى عدد الصور النقطية p على خط طوله 1 على الصورة :

$$P = 3l / \pi m\,(0.22\lambda/NA) \qquad (11.1)$$

حيث NA هى الاتساع العددى لشيئية الميكروسكوب ، m قوة التكبير ، λ طول موجة الضوء أحادى الطول الموجى المستخدم .

وقدم "Eccles et al" (١٩٧٦a,b) وصفا لنظام مبرمج باستخدام flying spot microscope الذى يمكن عن طريقه الحصول على بيانات عددية بتحويل الصورة إلي أرقام . وقد استخدم المعادلة الآتية :

$$P = 3l / \pi\,[\,r_1^2 + (\,0.22\lambda m / NA)^2\,]^{1/2} \qquad (11.2)$$

حيث r_1 ترمز إلى نصف قطر scan tube للميكروسكوب الذى عنده تصل الشدة الضوئية I إلى ٠,٦١ من قيمتها عند المنتصف والميكروسكوب الذى يستخدم شيئية لها اتساع عددى NA مساو ١,٢٥ وقوة تكبير ١٢٠٠ باستخدام ضوء طوله الموجى λ تساوى ٥٠٠٠ أنجستروم مستخدما شيئية عالية القوة وسائل الغمر oil immersion ويكون صورة عرضها ٥سم فى كاميرا التليفزيون والعدد المناسب للصور النقطية فى كل خط هى p تساوى ٤٥٢ (المعادلة ١١-١) .

هذه الحسابات لاتتضمن أولا تأخذ فى الاعتبار الترشيح الفراغى spatial filtering الذى يدخل عن طريق حزمة الألكترونات التي تقرأ الصورة الكامنة داخل الكاميرا . ولعل

كثافة الصور النقطية التى تصل إلى ٢٥٦ × ٢٥٦ تكون مناسبة للحصول على كل المعلومات المتاحة . وعمليا تمثل قيم الإحداثيات y, x لكل صورة نقطية فى النظام الأوتوماتيكى بواسطة صف من البايت(*) bits (صفر ، وحدات) ، فالصف الذى يحوى ٨ بايت يوفر ٢٥٦ أى قيم عددها $٢^{٨}$ ، والصف ٩ بايت يوفر ٥١٢ قيمة . ويوجد مكونات أجهزة قياسية صممت لتتعامل مع الصفوف عالية الكفاءة التي أطوالها ٨ بايت ، ١٢ بايت ، .....

هذا وظهر اتجاه منذ عام ١٩٧٠ عند استخدام النظم الميكروسكوبية التى تعمل أوتوماتيكيا أن تستخدم شبكة ٢٥٦ × ٢٥٦ من الصور النقطية ، أما الآن فإن شبكات تحتوى على $٢^{٩}$ ، $٢^{١٢}$ صف وعمود أصبحت متوفرة .

تحويل الإشارة إلى أرقام : Singal digitisation

فى جميع الحالات العملية يوجد حد أعلى لعدد مناسيب الشدة الضوئية التى نحتاجها لترقيم إشارة وباستخدام الرياضيات التى تقوم على استخدام رمزين رقميين هما الصفر والواحد (1,0) يمكن تمثيل أو وصف الإشارة بصف من عدد m بايت قابل للتقسيم إلى عدد N مناسيب ، حيث $N = 2^m$. فإذا كانت النسبة بين الإشارة إلى الضوضاء signal to noise فى الكاشف $\frac{s}{n}$ فإن $N = (s/n) / 1.4$. هذه العلاقة قد وصل إليها "Billingsley" (١٩٧١) . وللأجهزة الألكترونية الحساسة $\frac{s}{n}$ التى تعمل بقيمة تساوى ١٠٠ ، N = ٧١ منسوبا ، يحتاج التعبير الترقيم الثنائى إلى عدد ٧ بايت تعبر عن ١٢٨ منسوب . وعند استخدام ميكروسكوب تليفزيونى يعمل بقيمة $\frac{s}{n}$ = ٣٠٠ : ١ ، N = ٢١٤ فإن هذا يحتاج إلى شفرة أو كود يحوى ٨ بايت .

تخزين الصورة : Storage of the image

يمكن تخزين الصور على ألواح فوتوغرافية أو على أشرطة فيديو . وكان نتيجة التقدم فى الدوائر المتكاملة integrated circuitry وتوفر أقراص تخزين بجميع المقاسات ، أنه أصبح ممكنا تخزين مكتبات كبيرة من الصور على هيئة أرقام . فإذا حولنا صورة إلى

(*) وكلمة bit بايت مصطلح مختصر مكون من الحرف الأول من الكلمة الأولى والحرفين الأخيرين من الكلمة الأخيرة من العبارة الآتية :

Binary digIT . وتعنى رقما ثنائيا (0,1) ، ويطلق هذا التعبير على موقع صغير كاف لتمثيل رقم ثنائى .

شبكة من الصور النقطية أى تجزئتها إلي ٥١٢ × ٥١٢ صورة نقطية وأن الإشارة ضوئية لكل صورة نقطية قد أمكن تحويلها إلى شفرة أو كود يمثلها كلمة تقوم على ٨ بايت ، السعة المطلوبة لتخزين الصورة بأكملها هو 0.25 Mbyte أى ٠,٢٥ مليون بايت – البايت يعنى موقع تخزين مكون من عناصر ثنائية – فمجموعة من المواقع الثنائية ينظر إليها كوحدة متكاملة تتكون فى معظم النظم من ثمانية مواقع 8 bits ، وبعض النظم ١٦ موقعا أو ٣٢ موقعا وإن كان المستخدم منها فى تمثيل رمز من رموز البيانات الرقمية ٨ مواقع فقط . والبايت هو الموقع الكافى لتخزين رمز واحد فقط من رموز البيانات . والسعة السابق ذكرها تغطى كمية هائلة من المعلومات مساوية لمحتويات الكتاب متوسط الحجم ، لكن أقراص التخزين حتى القرص المرن الصغير Floppy disk يمكن ان يختزن بيسر هذه الكمية من البيانات . إن امكانية الاحتفاظ بالصورة فى ميكروسكوبات التداخل الأوتوماتيكية ضرورة هامة . الاحتفاظ بها فى مخزن حيث تكون صالحة لاستخلاصها وتحليلها فى ذاكرة التوصل العشوائى وهى الذاكرة التى يتم التوصل إلى أى موقع مباشرة دون اتباع تدرج أو تسلسل معين ، سواء من أجل الإدخال أو الإخراج يعني هذا الاحتفاظ بها فى وحدة أو جهاز تخزين ذى مواصفات وتصميم يسمح باستخدامه لتخزين بيانات تم تنظيمها بأسلوب التوصل المباشر أو العشوائى وهى الخازنة ذات الوسيط التى تجعل جميع مواقعه متاحة للتوصل المباشر دون ترتيب وبحيث لايؤثر أو يرتبط توقيت التوصل بموقع البيان على الوسيط (R. A. M) .

ويمكن الآن العمل بذاكرة توصيل عشوائى سعتها تصل إلى عدة ملايين بايت Mega bits .

٣/١/١١- تحليل الصور : التحليل الأوتوماتيكى لخريطة هدب التداخل واستخلاص بروفيل معامل الانكسار للألياف باستخدام طريقة التداخل الضوئى للشريحة العرضية :

Picture analysis : automatic analysis of interferograms and deduction of the index profile of fibre using the interferometric slab method

قدمنا فى الفصل الخامس النظرية التى تقوم عليها طريقة التداخل الضوئى لشريحة

عرضية لشعيرة . ويمكن اشتقاق تعبير رياضى يربط بين معامل الانكسار للب الشعيرة ونرمز له n (x,y) وإزاحة الهدبة ونرمز لها S (x,y) كما يلى :

$$n(x,y) = n_{clad} + \frac{\lambda S(x,y)}{Dt} \qquad (11.3)$$

حيث D ترمز إلى البعد بين هدبتين متعاقبتين ، t سمك الشريحة .

يمكن قياس إزاحة الهدبة باستخدام تدريج فى عينية الميكروسكوب وحساب معامل الانكسار من المعادلة (١١-٣) باستخدام برنامج حاسب آلى ، أو قياس إزاحة الهدبة المسجلة على لوح فوتوغرافى لصورة الهدب المتكونة من خلال الميكروسكوب تبعا لما أفاد به "Wonsiewicz et al" (١٩٧٦) و "Presby et al" (١٩٧٨) وتقوم طريقةWonsiewicz على تعيين مجموعة الإحداثيات الكرتيزية Cartesian coordinates التى تصف شكل هدب التداخل .

وتم التحديد الأوتوماتيكى لموقع هدب التداخل بالطريقة الآتية المشروحة فى شكل رقم (١/١١):

أ- تحويل الفيلم إلى صورة رقمية وتسجيلها كشفرة على شرائط غير مغناطيسية بواسطة فكسميل Facsimile(*) وهو نظام نقل الصور أليكترونيا عن بعد .

ب- يتم قراءة الشريط المغنط باستخدام حساب آلى متعدد الأغراض وتحديد موقع الهدب .

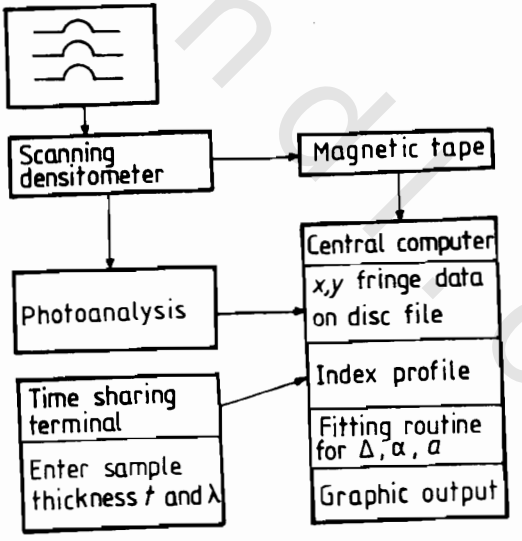
جـ- تدون قيم الإحداثيات y,x للهدب على ملف قرص الذاكرة لاستخدامها فى الخطوات اللاحقة .

ولتحويل خريطة هدب التداخل إلى شفرة يتطلب استخدام جهاز ماسح لقياس الشدة الضوئية ودرجة السواد Scanning microdensitometer ذى كفاءة عالية ، وقوة

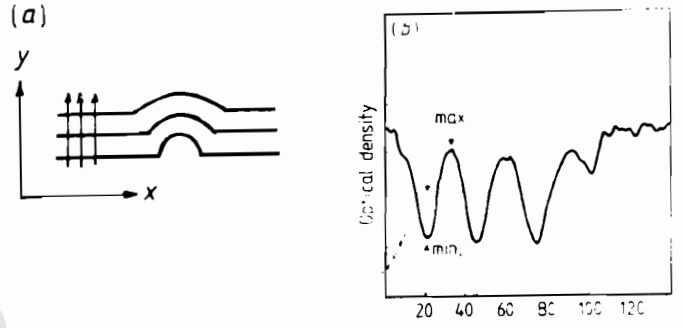
(*) نظام فكسميل هو نظام استخدام شبكات الاتصال الصوتية فى نقل النقط الضوئية المكونة للصور والرسومات من الورق بواسطة جهاز يقوم بتحويلها إلى نبضات قابلة للنقل بواسطة خط التليفون العادى بعد إضافة تجهيزات خاصة ، ثم نقلها من خلال شبكة الاتصال المزودة بحاسب آلى للتحكم والتوجيه إلى الطرف المقصود من الشبكة حيث يستقبلها جهاز مماثل لجهاز الإرسال يقوم بتحويل النبضات إلى صورة أو بيان أو رسم مماثل تماما للأصل .

الفصل R.P. ٤٠ خط فى المليمتر ومنسوب gray scale هو ٢٥٦ منسوبا . ويتم تشفير الصورة بلصق الفيلم الشفاف إلى سطح اسطوانة تدور ، فتقوم حزمة الأشعة الضوئية الثانية بمسح الفيلم . ويتم تسجيل الشدة الضوئية النافذة بواسطة كاشف ضوئى ، وتظهر كمتوالية من عدد n من الأعداد الصحيحة تتراوح بين صفر ، ٢٥٥ التى تتناسب مع الكثافة الضوئية لكل نقطة من النقط n على الفيلم . ويعاد مسح الفيلم خطا بعد خط ليغطى المساحة المطلوبة من خريطة هدب التداخل . ويتم المسح للهدب باستخدام أقل قيمة لقوة الفصل المتاحة وهى ١٠ خط لكل ملليمتر مع تسجيل ٢٢٠ نقطة لكل خط و ٢٥٠ خط لكل خريطة هدب . وتتم عملية التعرف والحصول على الهدب بمسح الفيلم عموديا على اتجاه الهدب . والشكل رقم (٢/١١) لخط تم تشعيره بواسطة جهاز فكسميل facsimile device ويمثل تغير الكثافة الضوئية مع موقع البروفيل . وتقع الهدب على خط مسح معين .

وحصيلة برنامج تعيين مواقع الهدب هو مصفوفة من y, x لمركز الهدب تحت الفحص والشكل رقم (٣/١١) يبين رسما لهذه المصفوفة ويتم تخزين بيانات المصفوفة على ملف قرص ، ويكون ذلك المدخلات للبرنامج الذى يتم عن طريق حساب بروفيل معاملات الانكسار



شكل رقم (١/١١) : رسم تخطيطى لطريقة التحليل الأوتوماتيكى



شكل رقم (٢/١١) : (أ) يبين نتيجة مسح الهدب فى الاتجاه الموضح منحنى الكثافة الضوئية وتغيرها مع قيم λ فى (ب)

٢/١١- حساب بروفيل معامل الانكسار :

Calculation of the index profile

يتم حساب بروفيل معامل الانكسار n (r) من قيم x,y ، حيث n (r) تمثل معامل الانكسار عند بعد r من مركز لب الشعيرة مطروحا منه معامل انكسار قشرتها ، وذلك باستخدام برنامج تفاعلى أو جوارى (*) interactive . ويتم ذلك عن طريق اتباع الخطوات الثلاث الآتية :

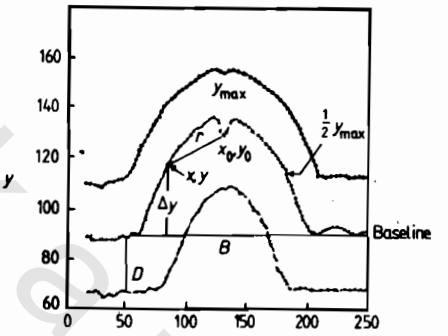
أ- خط أساسى أو الأساس Base line لحساب Δn ، ويتم تعيين قيمة الإحداثى y المناظرة للمعامل n_{clad} لكل هدبة مختارة ، وتستخدم قيمة الإحداثى y للقشرة الهدبة المركزية كخط الأساس لتعيين إزاحة الهدب Δy ، كما هو موضح فى الشكل رقم (٣/١١) ، وكذلك قيمة y لمعامل انكسار القشرة لكل هدبة مختارة لتعيين زاوية ميل مقياس التداخل ، والذى منه يحسب البعد بين أى هدبتين متعاقبتين D فى المناطق التي يكون فيها معامل الانكسار منتظم القيمة .

ب- تعيين موقع محور الشعيرة (مركز أو منتصف قلب الشعيرة (x_o, y_o)) : يمكن تعريف النقطة x_o بأنها منتصف أو مركز الإحداثيات x التى عندها $y = \frac{1}{2} y_{max}$ وبتعيين موقع (x_o, y_o) يمكن حساب البعد r من محور الشعيرة عند كل نقطة (x, y) على الهدبة المركزية من العلاقة $r^2 = (x - x_o)^2 + (y - y_o)^2$ وتقاس r بوحدات ميكرون مع

أخذ قوة تكبير الميكروسكوب فى الاعتبار .

جـ- تعيين بروفيل معامل الانكسار : يتم تعيين كل من إزاحة الهدب Δy وقيمة نصف القطر r لكل نقطة (x,y) على الهدبة المركزية . ويحسب قيم Δn (r) بدلالة البعد D بين أى هدبتين متعاقبتين ، وسمك الشريحة t وطول موجة الضوء أحادى الطول الموجى λ من العلاقة :

$$\Delta n\,(r) = \frac{\Delta y}{D}\,\frac{\lambda}{t} \qquad (11.4)$$



شكل رقم (٣/١١) يبين مصفوفة قيم (x,y) لموقع الخط المركزى لكل هدبة الذى تم تعيينه من برامج التحليل الضوئى

ويعطى شكل (٤/١١) بروفيل معامل الانكسار . والمنحنى الكامل هو لقيم أقل مربعات ليتفق fit مع المعادلة :

$$\Delta n\,(r) = \begin{cases} \Delta n_o\left[\,1 - \left(\frac{r}{a}\right)\alpha\right] & r < a \\ o & r \geq a \end{cases}$$

والسبب فى انخفاض قيمة معامل الانكسار عند منتصف الشعيرة ناتج من فقد $Ge\,O_2$ من الطبقات الداخلية للب الشعيرة ، وهو مكون من $Ge\,O_2 - SiO_2$ أثناء الطريقة الكيميائية المعدلة القائمة على ترسيب البخار MCVD لإنتاج الألياف الضوئية ، ويسمى هذا الانخفاض بالفجوة المركزية Central dip .

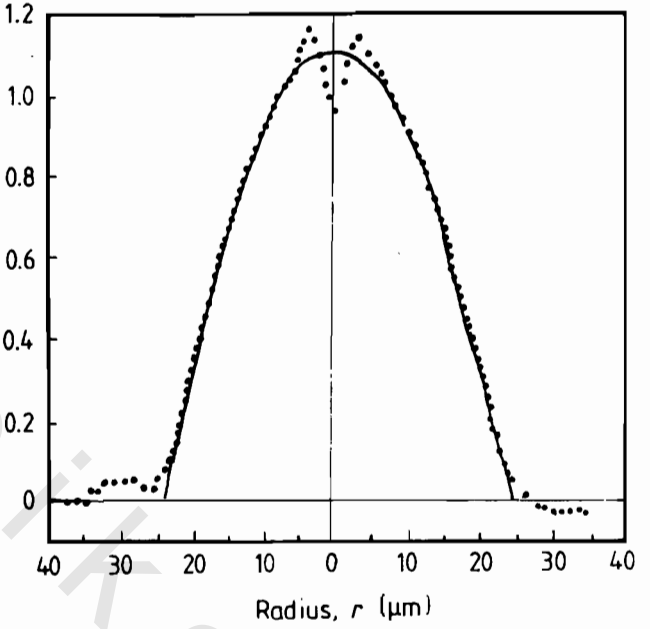
(*) نظام الحاسب الألكترونى يعمل بنظام تشغيل ، يتيح للمستخدم الاتصال المباشر بالحاسب والتعامل معه بأسلوب حوارى ، حيث يتم إدخال متغيرات البيانات بواسطة عبارات أمره ، يدخلها المستخدم وتصله إجابة النظام عليها بصورة فورية .

وقد استخدم "Presby et al" (١٩٧٨) كاميرا فيديو ، ومرقم digitiser ، وحاسب آلى desk computer ، محولا الصور إلى أرقام كما هو موضح فى الشكل رقم (١١/٥) لمعالجة الناتج أو المخرجات من ميكروسكوب التداخل مباشرة بتطبيق طريقة التداخل الضوئى من الشريحة العرضية . وتعمل كاميرا الفيديو خلال ميكروسكوب التداخل وترسل إشاراتها الكهربية إلى مرقم الذى يعمل عمل محول تناظرى رقمى analog-to-digital converter(*) بدرجة دقة تساوى ٨ بايت بعد تحديد نقط معينة مختارة فى مجال رؤية الفيديو ، يتحكم برنامج الحاسب الآلى فى اختيار النقط و يتم استجماع البيانات كما يلى :

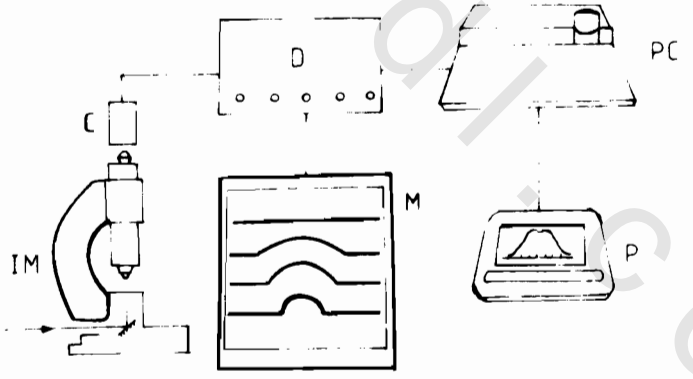
يوجه الحاسب المرقم ليجمع بيانات الشدة الضوئية على خطوط مسح متعاقبة فتقع النقط المختارة على خط رأسى قريب من مركز القطع المكافئ ، ويقوم المرقم بأخذ عينات الشدة الضوئية على خط رأسى قريب من مركز لب الشعيرة فالمنحنى المتموج الموضح فى شكل (١١/٦) يمثل تغير الشدة الضوئية على خط رأسى . ويعين الحاسب الآلى مواقع الهدب بأن يبحث عن موضع النهاية الصغري للشدة الضوئية عن طريق مواقع عدد من النقط حول النهاية الصغرى باستخدام طريقة أقل المربعات والتى تقع على قطع مكافئ . ثم يوجه الحاسب الخط الرأسى ليجمع معلومات على جانبى لب الشعيرة التى تستخدم لتعيين البعد بين أى هدبتين متعاقبتين . ثم يتحرك الخط الرأسى بخطوات مقيدة لقياس إزاحة الهدبة التى هى دالة للإحداثى r فى اتجاه نصف القطر مقاسا من منتصف لب الشعيرة أى مركزها ، والدالة الناتجة ونرمز لها بالرمز S (H) هى Δy وتستخدم فى حساب $n(r) - n_{clad}$ طبقا للمعادلة (١١/٤) . وفى النهاية ترسل النتائج لتوزيع معامل الانكسار لجهاز رسم المنحنيات .

(*) محول تناظرى رقمى هو جهاز يستقبل النبضات التناظرية analogue signals الصادرة من الحاسب التناظرى analogue computer ، ويخرجها فى هيئة نبضات رقمية صالحة كمدخلات للحاسب الرقمى .

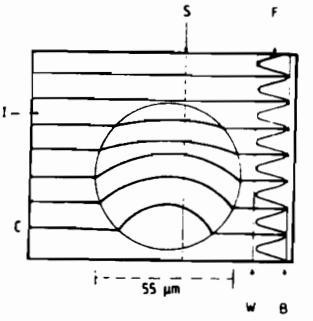
والحاسب القياسى أو التناظرى هو جهاز ألكترونى تم تصميمه لأداء مهمة معينة متأثرا بما يطرأ على مستويات الظواهر التناظرية من تغيرات كالتى تطرأ على مستوى قوة ظاهرة معينة مثل قياس درجة حرارة مادة واتخاذ قرار عند وصولها إلى مستوى معين يتم تحديده مسبقا .



شكل رقم (١١/٤) : بروفيل معامل الانكسار المعين باستخدام الطريقة الأوتوماتيكية لتحليل خريطة هدب التداخل الضوئى . ويوضح المنحنى المستمر الاتفاق مع المعادلة بطريقة أقل المربعات (least squares fit) ($\alpha = 1.97$, $\Delta = 0.0076$, $r_{core} = 24.0\ \mu m$)



شكل رقم (١١/٥) : يبين الأجهزة المستخدمة لإجراء عملية تعيين بروفيل معامل انكسار عبر شعيرة أوتوتيكيا باستخدام ميكروسكوب تداخل ضوئى يقوم على مسار مفرد ، IM ميكروسكوب التداخل ، C كاميرا فيديو ، D مرقم فيديو ، M شاشة العرض ، PC حاسب مبرمج ، P راسم للمنحنيات



شكل رقم (٦/١١) : يوضح طريقة التداخل باستخدام هدب التداخل الثنائى الناتجة من شريحة متساوية السمك عرضية لشعيرة متدرجة معامل انكسار لبها . S يمثل خطا رأسيا يقطع هدب التداخل ويتحرك لمسح خريطة الهدف ، C مؤشر الشاشة cursor (وهو العلامة المضيئة التى تأخذ شكل مربع أو خط مقيد يظهر على شاشة العرض المرئى لتحدد موضع ظهور المطومة الجديدة) ، F تغير الشدة الضوئية على الخط الرأسى . ويظهر السائل الذى معامل انكساره مساو لمعامل انكسار القشرة عند I (W المرجع الأبيض ،B المرجع الأسود)

٣/١١- التحليل الأوتوماتيكى لخريطة هدب التداخل واستخلاص بروفيل معامل انكسار الشعيرة باستخدام هدب التدخل المستعرضة :

Automatic analysis of interferograms and deduction of the index profile of fibres using a transverse interference pattern :

تم فى الفصل الثالث اشتقاق تعبير رياضى لعلاقة إزاحة الهدب S (y) ومعامل الانكسار n_m (r) فى الصيغة الآتية :

$$S(y) = \frac{2D}{\lambda} \int_y^R \frac{\Delta n_m(r)\, r\, dr}{(r^2 - y^2)^{1/2}} \qquad (11.5)$$

وباستخدام تعاكس آبل نحصل على :

$$\Delta n_m(r) = n_m(r) - n_{clad} = -\frac{\lambda}{\pi D} \int_r^R \frac{dS(y)}{dy} \frac{dy}{(y^2 - r^2)^{1/2}} \qquad (11.6)$$

وقد قدم Boggs et al (١٩٧٩) وكذلك "Presby et al" (١٩٧٩) وصفا لطريقة أوتوماتيكية لاستخلاص بروفيل معامل الانكسار عبر شعيرة متدرج معامل انكسار لبها مستخدمة هدب التداخل الثنائى التى حصلوا عليها نتيجة إضاءة الشعيرة بحزمة ضوئية عموديا على اتجاه محورها . وفى هذه الطريقة يتم انكسار الضوء الساقط عند السطح الخارجى لقشرة الشعيرة ، وتكون لإزاحة الطور الإضافية والانكسار الناتجين من لب الشعيرة دور ثانوى . لهذا يصبح من المفيد إزالة تأثير القشرة بغمر الشعيرة فى سائل له نفس معامل انكسارها n_{clad} . يمر كل شعاع فى المناطق التى معامل انكسارها متغير ويعبر عن طول المسار OPL بالتكامل $\int_{s1}^{s2} n(S)\, dS$. هذا المتغير S هو طول المسار مقاسا على الشعاع . تغمر الشعيرة فى قطرة من السائل الذى معامل انكساره مساويا لمعامل انكسار القشرة والذى تغمر فيه شيئية الميكروسكوب . هذه هى المكونات الموجودة فى أحد ذراعى ميكروسكوب التداخل فى حين أن الذراع الآخر يحتوى على قطرة من السائل الذى معامل انكساره n_L مساو n_{clad} :

$$n(r) - n_L = -\frac{\lambda}{\pi D} \int_r^R \frac{dS(y)}{dy} \frac{dy}{(y^2 - r^2)^{1/2}} \qquad (11.7)$$

باستخدام المعادلة السابقة يمكن حساب قيم معامل الانكسار وتوزيعها عبر مقطع الشعيرة باستخدام برنامج حاسب آلى يتناول قيم إزاحة الهدب الناتجة من الإضاءة المستعرضة للشعيرة باستخدام ميكروسكوب التداخل الذى يقوم على مسار مفرد . ولمعالجة البيانات ، أى قيم إزاحة الهدب ، يتطلب إجراء تفاضل يليه تكامل طبقا للمعادلة (٧/١١) .

ولقد قام "Boggs et al" (١٩٧٩) بقياس بروفيل معامل الانكسار بغمر شعيرة طولها حوالى سنتيمتر واحد فى سائل المضاهاة matching index oil ، ووضعت المجموعة فى طريق مسار الضوء فى أحد ذراعى ميكروسكوب تداخل نافذ للضوء Leitz ذى الشعاع المزدوج والمسار المفرد ، كما وضع سمك مماثل من سائل المضاهاة فى الذراع الآخر أى الذراع المرجع ، واستخدم ضوء أحادى الطول الموجى حيث , $\lambda = 0.9\mu$, $n_L = 1.457 \pm 0.0005$.

وقد وجد أن تسخين السائل لتتم المضاهاة أى تساوى معاملى الانكسار $n_L = n_{cald}$ ليس ضروريا . وخطوات العمل هى نفس الخطوات التى أجراها "Wonsiewicz et al"

(١٩٧٦)وكذلك "Presby et al" (١٩٧٨) وهى موضحة بالشكل رقم (٥/١١) ، وهى تشمل تسجيل فيديو وتحويل صورة هدب التداخل إلى رقيمة تحت سيطرة وتحكم برنامج الحاسب الآلى . وقد تم استخدام كاشف من السليكون المنشط بأشعة تحت الحمراء كفديكون . ثم ترسل إشارات الفيديو إلي فيديو محول إلى رقمية له صلاحية معالجة وتشفير عناصر الصورة أى الصور النقطية فى إطار التليفزيون (*) Television frame ويقوم المرقم بفصل ٤٨٠ عنصرصورة أى صورة نقطية على محور y وعدد ٥١٢ عنصر على المحور x ويتم الحصول على قيم y, x كمدخلات بواسطة نظام اتصال مزدوج الاتجاه يسمح بإرسال واستقبال آنى يقوم على ١٦ – بايت مدخلات إلي مخرجات (١/٠) عن طريق وصلة بينيه إلى حاسب آلى رقم 9825 A هيليود – باكر .

16-bit duplex(**) input / output (1/0) interface(***) of a Hewlett-Packard 9825 A computer

ويتم التحويل الى شفرة ٨ بايت أو ٢٥٦ منسوب gray ويستقبل فيديو مرقم بواسطة حاسب ٨ بايت ثنائى(١) على التوازى . ويتصل المرقم بشاشة عرض فيديو تسمح بمشاهدة المنظر الذى يتم معالجته ومراقبة الشفرة على نفس الشاشة ، وهدف عملية التشفير هو تجميع الشدة الضوئية المناظرة لنقاط معروف مواقعها ، وبالتالى يمكن تعيين إزاحة الهدبة من بداية القشرة بدقة كدالة البعد من مركز الشعيرة . ويتعيين إزاحة الهدبة ، يحسب الحاسب الآلى Δn بواسطة طريقة تعرف بطريقة معامل الانكسار الدائرية ، ونقدم هنا نبذة عنها ثم نرسم بروفيل معامل الانكسار مع الإحداثيات باستخدام راسم xy ويعين الحاسب

---

* إطار ، صورة إشارة إلى وحدة معلومات مثل صفحة بيانات على شاشة العرض المرئى ، ويستخدم هذا التعبير أيضا للاشارة إلى المسار فى الشريط المغنط باعتباره إطار للمواقع الثنائية .

** نظام اتصال يسمح بانتقال الإشارات فى الاتجاهين فى نفس الوقت . أى إرسال واستقبال آنى .

*** هو جهاز بينى أو وصلة بينية إشارة إلى قناة الوصل التى تحقق الربط بين المعالج المركزى والملحقات الخاصة بنظام الحاسب الآلى أو لتوصيل أى جهازين أو جزئين من أجزاء أى نظام آلى .

(١) إشارة الى اسلوب تناول جميع عناصر وحدة البيانات على التوازى أى متزامنة (فى نفس الوقت) دون تتابع أو ترتيب بينها ، وهو فى هذه الحالة يشير إلى زوج من الحالات أو الأشياء كما فى نظام الترقيم الثنائى حيث يستخدم رقمان فقط هما (١،٠) ومثل حالة مصباح كهربى إما مضئ أو مطفأ

الآلى أكثر المنحنيات اتفاقا وقيمة الدالة الأسية التى تعبر عنه ، ونستخلص قيمة α فى المعادلة الأصلية لبروفيل الانكسار للألياف متدرجة معامل انكسار لبها .

وكما شرحنا ، تتم معالجة أوتوماتيكية لمخرجات الميكروسكوب باستخدام نظام يقوم على فيديو – مرقم – حاسب آلى متحكم مسيطر ، ونحصل على بروفيل معامل الانكسار عن طريق حل المعادلة التكاملية . والنتائج التى يتم الحصول عليها تكون reproducible إلى حوالى ١٪ ويمكن تعيينها فى مدة تصل إلى بضع دقائق من إنتاجها تتفق مع التوزيع المطلوب المثالى Optimam .

وقد أفاد "Presby et al" (١٩٧٩) بأن الحل الكامل للمعادلة التكاملية رقم (٧/١١) يمكن من استخلاص قيم n (r) عند كل نقطة تبعد r عن مركز لب الشعيرة من إزاحة الهدبة S (y) وذلك بإجراء تفاضل ثم تكامل . ولما كانت إزاحة الهدبة معلومة عند مواقع محددة فقط ، فإنه تستخدم الحلول العددية numerical techniques المقربة للتفاضل وكذلك للتكامل . وتتوقف درجة الدقة فى نتائج بروفيل معامل الانكسار على درجة الدقة فى قياس S (y) ، على كثافة النقط التى يتم قياس S (y) عندها والطرق المستخدمة فى الحسابات العددية ودقتها .

من طريقة التحليل التى قام بها "Boggs et al" (١٩٧٨) والتى تعرف بطريقة المعامل الدائرى ، افترض أن الأشعة تمر خلال لب الشعيرة دون انعطاف وأن طورها يتأخر تبعا لطول مسار الضوء . بالإضافة افترض أن الشعيرة تتكون من عدد كبير من الحلقات متحدة المركز ، معامل انكسار كل منها ثابت ، وقد أمكنهم حساب معامل الانكسار خطوة – خطوة ، بادئين بالحلقة الأولى ومتجهين نحو المركز أو المنتصف ، إذ أنه يمكن حساب معامل انكسار أية حلقة إذا كانت قيم معاملات انكسار الحلقات التى تسبقها سبق معرفتها .

وينبغى أن نذكر أنه فقط فى حالة التداخل الضوئى التفاضلى-differential interfe rometry مثلا عند استخدام مقياس التداخل لماخ و زندر مع وجود جهاز قص shearing – كما أوردنا فى الفصل الثالث – أن توزيع معامل الانكسار تعطيه مباشرة المعادلة رقم (٧/١١) كما يلى :

$$\Delta n(r) = -\frac{\lambda}{\pi Ds}\int_{r}^{R} S(y)\frac{dy}{(y^2 - r^2)^{1/2}} \qquad (11\text{-}8)$$

حيث ترمز S إلى الإزاحة العرضية بين الشعاعين وفى هذه الحالة لانحتاج إلي المعامل التفاضلى .

وفى الخاتمة ، نقول بأن النظام الذى يشمل ميكروسكوب التداخل ، وفيديكون كاميرا ، ومرقم فيديو وشاشة عرض ، وحاسبا مبرمجا وراسما المنحنيات – مناسب لإجراء عملية التعيين الأوتوماتيكى لبروفيل معامل انكسار الألياف عند تطبيق طريقة التداخل القائمة على الهدب المتكونة من شريحة مستعرضة من الشعيرة ، أى طريقة التداخل المستعرضة ، وكذلك عند تناول هدب التداخل الثنائى أو هدب التداخل المتعدد ، وكذلك ميكروسكوبات التداخل القائمة على المسار المفرد والمسار المزدوج .

وفى كل حالة نحصل على خريطة لهدب التداخل ونسجلها ونرى من خلال كاميرا فيديو ، يلى ذلك مرقم فيديو وشاشة عرض . ومن الواضح أن طرق الحصول على هدب التداخل تختلف فى فرق طول مسار الأشعة التى تتداخل وبالتالى فى العلاقات التى تربط معامل الانكسار وإزاحة الهدبة ، ويحتاج ذلك إلى البرنامج المناسب لاستخلاص بروفيل معامل الانكسار للشعيرة . وفى حالة خريطة هدب التداخل الناتجة من استخدام شريحة عرضية من الشعيرة توجد علاقة خطية بين $\Delta n\ (r)$ وإزاحة الهدبة Δy تعبر عنها المعادلة رقم (١١-٤) ، فى حين أنه فى حالة نظام التداخل التى تسقط حزمة الأشعة وحيدة الطول الموجى المتوازية علي الشعيرة عموديا على اتجاه محورها transverse interference systems تتبع العلاقة بين $S\ (y), \Delta\ n\ (r)$ المعادلة التكاملية رقم (١١-٧) ، معادلة تعاكس آبل Abel's integral equation . ويوضح حلها أن $\Delta n\ (r)$ عند أية نقطة على لب الشعيرة يمكن الحصول عليها من إزاحة الهدبة $S\ (y)$ بإجراء التفاضل أولا يعقبه التكامل . وفى التداخل التفاضلى نحصل على توزيع معامل الانكسار بطريقة مباشرة من معادلة التكامل التى لاتتطلب إجراء تفاضل مسبق .

References

Billingsley F D 1971 Digitization and storage of the image in *Advances in Optical and Electron Microscopy* ed. R Barer and V E Cosslett vol. 4 (London: Academic) pp 127-70

Boggs L.M, Presby H M and Marcuse D 1979 *Bell Syst. Tech. J.* **58** 867

Eccles M J, McCarthy B D and Rosen D 1976 a *J. Microsc.* **106** 33

—— 1976b *J. Microsc.* **106** 43

Hopkins H H 1943 *Proc. Phys. Sco.* **55** 116

Marcuse D and Presby H M 1980 *Proc. IEEE* **68** 676

Presby H M, Marcuse D and Astle H W 1978 *App. Opt.* **17** 2209

Presby H M, Marcuse D, Astle H W and Boggs L M 1979 *Bell Syst. Tech. J.* **58** 883

Rosen D 1984 Instruments for optical microscope image analysis in *Advances in Optical and Electron Microscopy* ed. R Barer and V E Cosslett vol. 4 (London: Academic) pp 323-45

Wonsiewicz B C, French W G, Lazay P D and Simpson J R 1976 *Appl. Opt.* **15** 1048.

Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.

المصطلحات العلمية

Abel inversion	تعاكس أبل
Achromatic fringe	هدبة لالونية
Acrilan fibres	ألياف الاكريلان
Airy formula	صيغة ايرى
Airy summation	تجميع ايرى
Amplitude	سعة
Anisotropic fibres	ألياف متباينة الخواص الضوئية
Aperture numerical	الاتساع العددى
Attenuation coefficient	معامل الاضمحلال
	تحليل أتوماتيكى لخريطة هدب
Automatic analysis of interferograms	التداخل الضوئى
Avogadro's number	عدد افوجادرو
Axes optic of crystal	المحور البصرى للبللورة
Babinet compensator	معادل بابينيت
Back-scattering from fibres	التشتت الخلفى من الألياف
along fibre axis	فى اتجاه محور الشعيرة
perpendicular to fibre axis	فى الاتجاه العمودى على محور الشعيرة
Back-Scattering measurement	قياس التشتت الخلفى
Beam splitter	مجزء حزمة الأشعة
Becke-line method	طريقة الحد الفاصل لبيك
Bessel function	دالة بسل
Biaxial crystal	بلورة ثنائية المحور
Bi-prism Fresnel's	المنشور المزدوج لفرنيل
Birefringence	الانكسار المزدوج
accuracy of measurement	دقة القياس
lateral	الجانبى (العرض)

measurement	قياسى
radial	فى اتجاه نصف القطر
Birefringent prism	منشور الانكسار المزدوج
Bond polarisability	استقطابية الروابط الكيميائية
Cashmeline fibres	ألياف الكاشميلون
Cauchy's dispersion of fibres	صيغة التفرق الضوئى لكوشى
Chemical vapour deposition, Modified	الطريقة الكيميائية المعدلة لتكوين الألياف بترسيب الأبخرة
Coherence length	طول الترابط
Core of fibres	لب الشعيرات
Cotton fibres	ألياف القطن
Courtelle fibres	ألياف الكورتل
Crystal	بللورة
growth features	معالم النمو البلورى
silicon carbide	كربيد السيليكون
topography	تضاريس السطح
Damage in fibres by γ-rays	الإتلاف فى الألياف بأشعة جاما
by neurons	بالنيوترونات
Digitisation	ترقيم
image	تحويل الصورة إلى أرقام
signal	تحويل الإشارة إلى أرقام
spatial	فراغى
Digitiser	مرقم
Dispersion of spectrograph	تفرق المطياف
Division of amplitude	تقسيم السعة
Division of wavefront	تقسيم جبهة الموجة
Double refraction	الانكسار المزدوج
Dralon fibres	ألياف الدرالون

obeikandl.com

Draw ratio	نسبة السحب
Polypropylene fibres	ألياف البولى بروبيلين
Fabry-Perot interferometer	مقياس التداخل لفابرى وبيرو
Feussner surface	سطح فايزنر
Fibres	ألياف
anisotropic	متباينة الخواص
diameter determination	تعيين القطر
dispersion properties	خاصية التفرق الضوئى
effect of γ-irradiation	تاثير التشعيع بأشعة جاما
flax	الكتان
gamma irradiation	التشعيع بأشعة جاما
heterogeneous	ألياف غير المتجانس
highly oriented	ألياف انتظمت غالبية جزيئتها فى اتجاه محورها
homogeneous	ألياف متجانسة
homogeneous sylindrical	ألياف إسطوانية متجانسة
irregular transverse sections	مقاطع عرضية غير منتظمة
multilayer	متعدد الطبقات
natural	ألياف طبيعية
optical	ألياف بصرية
physical properties	الخصائص الفيزيائية
opto-mechanical	الخصائص الضوئية – الميكانيكية
opto-thermal	الخصائص الضوئية – الحرارية
radius determination	تعيين نصف قطر الشعيرة
refractive index determination	تعيين معامل انكسار مادة الشعيرة
regular transverse sections	مقطع عرضى منتظم
skin-core structure	قشرة ولب الشعيرة
steam stretched acrylic	ألياف الاكريلك المشدودة فى جو من البخار
structure	تركيب

surface topography	تضاريس السطح
synthetic	ألياف تركيبية
Fibrous materials	الألياف
Fizeau fringes	هدب التداخل الضوئى لفيزو
localised	محددة الموقع
multiple-beam	متعددةالأشعة
shape	شكل الهدب
Fizeau method	طريقة فيزو
Fresnel biprism	المنشور المزدوج لفرنيل
Fringe pattern	توزيع الشدة الضوئية
intensity distribution	فى مجموعة هدب
Fringes	هدب
equal chromatic order	هدب تساوى الرتبة اللونية
equal tangenital inclination	هدب تساوى ميل المماس
equal thickness	هدب تساوى السمك
multiple beam formation	تكوين هدب التداخل المتعدد
analysis of elements	تحليل عناصر التكوين
at reflection	عند الانعكاس
in transmission	عند النفاذ
intensity distribution	توزيع الشدة الضوئية
localisation	موقع الهدب
phase lage	تخلف الطور
silvered liquid wedge with fibre inserted	مسطحان ضوئيات مفضضان يميل أحدهما على الآخر يحصران سائل غمرت فيه شعيرة
visibility	تباين الهدب
zero-order	الهدبة الصفرية
Fourier transform of the Gaussian function	تحولات فوريير لدالة جاوس

obeikandl.com

Gabor reconstruction of wavefronts	إعادة بناء جبهات الموجة لجابور
	ألياف بصرية معامل انكسار لبها يقل
Graded index optical fibres	مع البعد عن مركز الشعيرة
Graded index profile	بروفيل معامل انكسار الألياف
Grating spectrograph	مطياف محزوز الحيود
Group velocity	سرعة المجموعة
Hartman's formula	صيغة هارتمان
Highly oriented fibres	ألياف ذات انكسار مزدوج عال
Hologram	هولوغرام
Holographic interferometry	التداخل الضوئى الهولوغرافى
Holography	الهولوغرافيا
Huygen's principle	مبدأ هايجنز
Image splitting	انقسام الصور
Index profile of fibres	بروفيل معامل انكسار الألياف
calculation	حساب
step-pyramid like	على شكل هرمي مدرج
Intensity distribution in fringe	توزيعا لشدة الضوئية لهدب
multiple-beam at reflection	التداخل الضوئى المتعدد
multiple-beam in transmission	عند الانعكاس وعند النفاذ
two-beam	التداخل الثنائى
Interference fringes	هدب التداخل الضوئى
at reflection	عند الانعكاس
multiple-beam	الأشعةمتعددة
sharpness	حدة
two-beam	هدب التداخل الضوئى الثنائى
applied to fibre suface topography	لدراسة تضاريس سطح الألياف
spliced optical fibres	الألياف البصرية الموصولة
Interference in crystals	التداخل الضوئى فى البلورات

Interference microscope	ميكروسكوب التداخل الضوئى
	ميكروسكوب التداخل الضوئى
automated	ذات التحكم الأوتوماتيكى
Baker	ميكروسكوب التداخل الضوئى لبيكر
Dyson	ميكروسكوب التداخل الضوئى لدايسون
Interphako	ميكروسكوب التداخل الضوئى (انترفاكو)
Leitz	ميكروسكوب التداخل الضوئى (ليتز)
Linnik	ميكروسكوب التداخل الضوئى (لينيك)
Pluta	ميكروسكوب التداخل الضوئى لبلوتا
Polarising	ميكروسكوب التداخل الضوئى المستقطب
Shearing effect	ازدواج الصورة فى ميكروسكوب التداخل الضوئى
Tolansky	ميكروسكوب التداخل الضوئى لتولانسكى
two-beam	الثنائى
two-beam single-pass	أحادى المسار
variable double refracting (VDRI)	انكسار مزدوج متغير
Zeiss-Linnik	ميكروسكوب التداخل الضوئى (زايس لينيك)
Interference of plane polarised light	تداخل الأشعة المستقطبة فى مستوى
Interference pattern	هدب التداخل الضوئى
Intergerograms	صور التداخل الضوئى
analysis	تحليل صور التداخل الضوئى
automated analysis	تحليل صور التداخل الضوئى أتوماتيكيا
Interferometer	مقياس التداخل الضوئى
double-pass	ثنائية المسار
Fabry-Perot	لفابرى وبيرو
Jamin	لجامن
Mach-Zehnder	لماخ وزندر
Michleson	لميكلسون
Single-pass	أحادى المسار

wedge	على شكل إسفين
Interferometric slab method	التداخل الضوئى باستخدام شريحة على شكل قرص من الشعيرة
accuracy	دقة
Interferometry	التداخل الضوئى
differential	التفاضلى
fibre	ألياف
holograhic	هولوغرافى
speckle	بقيعات ضوئية
substraction	التداخل الضوئى بالطرح
Irradiation effect, γ on refractive index of	تأثير التشعيع بأشعة جاما
optical fibre	ألياف بصرية
synthetic fibre	ألياف تركيبية
Isotropic homogeneous medium	وسط متجانس ومتماثل ضوئيا
Kevlar 49 fibres	ألياف الكفلار ٤٩
Laser	ليزر
He-Ne	ليزر الهيليوم – نيون
injection	ليزر الحقن
Lateral birefringence of fibres	الانكسار المزدوج الجانبى للألياف
Light emitting diodes (LED)	ثنائى باعث الضوء
Lorentz-Lorenz expression	صيغة لورنتز – لورنز
Matching cell	خلية تحوى سائل معامل انكساره مساو لمعامل انكسار قشرة الشعيرة
Mechanical anisotropy	التباين فى الخواص الميكانيكية
Mica	ميكا
muscovite	مسكوفيت ميكا
phlogopite	فلوجوبايت ميكا
surface topography	تضاريس سطح الميكا

obeikandl.com

Microstrain device	جهاز لقياس الشد الضئيل
	الطريقة الكيميائية المعدلة لتحضير الألياف بترسيب
Modified chemical vapour deposition (MCVD)	الأبخرة
Mohair wool fibres	ألياف صوف الموهير
Multilayer coating	الطلاء بعده طبقات
Multiple-beam	تطبيق طرق التداخل الضوئى المتعدد
applied to surface topography	تطبيق دراسة تضاريس السطح
in transmission	عند النفاذ
at reflection	وعند الانعكاس
	النظام البصرى المستخدم للحصول على هدب
Fizeau experimental arrangement for formation	التداخل الضوئى
in transmission	عند النفاذ
at reflection	عند الانعكاس
Fizeau fringes	هدب التداخل الضوئى المتعدد لفيزو
intensity distribution	توزيع الشدة الضوئية
interference	التداخل
interference fringes	هدب التداخل الضوئى
	أنظمة التداخل الضوئى التى تنتج محددة الموقع
Localised interference systems	
reflected system	هدب التداخل الضوئى المتعدد الناتجة بالانعكاس
Natural fibres	ألياف طبيعية
Newton's ringes	حلقات نيوتن
Non-destructive techniqu	الطريقة (غير المتلفة) اللاإتلافية
Numerical aperture (NA)	الاتساع العددى
Nylon 6	نايلون ٦
Nylon 66	نايلون ٦٦
	جسم

amplitude	جسم يغير سعة الموجة
phase	جسم يغير طور الموجة
Optical absorption	امتصاص ضوئى
Optical anisotropy	تباين ضوئى
Cotton	ألياف القطن
Optical communication systems	نظم التراسل الضوئى
Optical fibres	ألياف بصرية
calculation of index profile	حساب برفيل معامل الانكسار
effect of γ-irradiation	تأثير التشعيع بأشعة جاما
graded index	برفيل ألياف بصرية معامل انكسار لبها يقل مع البعد عن مركز الشعيرة
graded index profile	بروفيل معامل الانكسار للألياف البصرية متدرجة معامل الانكسار
monomode	الانكسار – وحيدة المنوال
multimode	عديدة المنوال
optical properties	الخصائص الضوئية
refractive index measurement	قياس معامل الانكسار
refractive index profile	بروفيل معامل الانكسار
single mode	وحيدة المنوال
step index	بروفيل معامل الانكسار من درجة واحدة
waveguides	موجه الموجة
Optical Fourier transforms	تحولات فورير الضوئية
Optical microscopy	الميكروسكوب الضوئى
Optical path length	طول المسار الضوئى
Optical waveguides	موجهات الموجات الضوئية
Opto-mechanical properties of fibres	الخصائص الضوئية – الميكانيكية للألياف
Opto-thermal properties of fibres	الخصائص الضوئية – الحرارية للألياف
Phase change in transmission	تغير طور الأشعة عند نفاذها

obeikandl.com

Phase change on reflection	تغير طور الأشعة عند انعكاسها
Phlogopite mica	ميكا الفلوجوبيت
Photodetectors	كواشف ضوئية
Pticture analysis	تحليل الصورة
Planes of localisation	مستويات مواقع الهدب
Pluta microscope	ميكروسكوب التداخل الضوئى لبلوتا
Polyester fibres	ألياف البولى استر
Polyethylene fibres	ألياف البولى إيثيلين
Polyethylene terephthalate fibres	ألياف البولى ايثلين تيرفيثاليت
Poly (p-phenylene terephthalamide)	ألياف البولى (ب فينيلين تيرفيتاليميد)
Polypropylene fibres	ألياف البولى بروبيلين
Ramie fibres	ألياف الرامى
Rayleigh scattering	تشتت رالى
Rayleigh's refractometer	مقياس معامل الانكسار لرالى
Reconstruction of wavefront	إعادة بناء جبهة الموجة
Refractive index	معامل الانكسار
accuracy of the measurement	الدقة فى درجة القياس
measurement	قياس
profile of fibres	بروفيل معامل انكسار الألياف
variation	تغير معامل الانكسار
Scanning electron microscope	الميكروسكوب الألكترونى الماسح
Scanning microdensitometer	جهاز قياس الشدة الضوئية
Scattering (see Back-Scattering)	التشتت الخلفى
Rayleigh	تشتت رالى
Skin of fibres	قشرة الشعيرات
Snell's law	قانون سنيل
Speckle	البقيعات الضوئية
Speckle interferometry	التداخل الضوئى الناتج من البقيعات الضوئية

double exposure	ثنائية التعريض
Speckle photography	التسجيل الفوتوغرافى للبقيعات الضوئية
double exposure	ثنائية التعريض
Spectrograph	المطياف
dispersion	التفرق الضوئى للمطياف
magnification	تكبير المطياف
Splices	لحام
Splicing process	عملية اللحام
examine quality	فحص جودة طريقة اللحام
Storage of the image	تخزين الصورة
Structure of fibre, method	تركيب الألياف
synthetic	التركيبية
optical	الضوئية
Surface features	خصائص السطح
Surface of localisation	أسطح مواقع الهدب
Surface topography	تضاريس السطح
crystal	للبلورات
fibres	للألياف
Synthetic fibres	الألياف التركيبية
Television microscope	الميكروسكوب التليفزيونى
Terylene fibres	ألياف الترلين
Twaron fibres	ألياف التاورون
To-beam interference	
	تطبيق طرق التداخل الثنائى على الألياف
applied to fibres with irregular cross-sections	
	ذات المقاطع العرضية المنتظمة وغير المنتظمة
applied to fibres with regular cross-sections	
Uniaxial crystal	بلورة أحادية المحور البصرى

obeikandl.com

Viscose rayon fibres	ألياف رايون الفسكوز
Visibility of fringes	درجة تباين هدب التداخل وعلاقتها
relation to coherent length	بطول ترابط موجات المصدر
Wollaston prism	منشورولاستون
wool fibres	ألياف الصوف
Young's double-slit	تجربة الشق المزدوج ليونج
Young's fringes	هدب التداخل الضوئى ليونج
Zeiss-Linnik	زايس – لنيك
Zero-order fringe	الهدبة الصفرية

obeikandl.com