

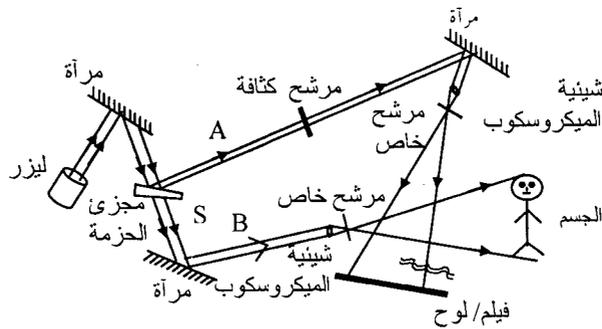
الهولوجرافى (التصوير المجسم) Holography

1.7 طريقة عمل الهولوجرافى

وضع العالم الإنجليزى دينيس جابور Gabor (مجرى المولد) سنة 1948م الأسس الأساسية للهولوجرافى وقد منح جائزة نوبل فى الفيزياء سنة 1971م على اختراعه وتطويره طريقة الهولوجرافى. لم يكن جابور يفكر وقتذاك فى الهولوجرافى ولكن كان الدافع الرئيسى عنده هو تحسين التصوير بالميكروسكوب الإلكترونى. كان جابور يجرى تجاربه باستخدام مصباح قوس زئبق كمصدر للضوء ولم يلق عمله أى اهتمام حينئذ لدى الأوساط العلمية بسبب عدم وجود مصدر ضوئى ذى شدة واستقرار ملائمين. ظهور الليزر عام 1960م واستخدامه كمصدر ضوئى فتح المجال لإمكانية التصوير الهولوجرافى لما يمتلكه من صفات فريدة فى شدة وتربط شعاعه (التربط المكاني والزمانى). الهولوجرافى مصطلح يتركب من كلمتين يونانيتين الأصل، هولو وتعنى كامل، وجرافى وتعنى تسجيل ومعناها معا التسجيل المتكامل. والتصوير الهولوجرافى يختلف تماما عن التصوير الفوتوجرافى التقليدي، ولا يحتاج التصوير الهولوجرافى إلى عدسات، بل يحتاج فقط إلى شعاع ليزر فى أبسط أشكاله.

بعد ظهور ليزر الياقوت حدث تقدم هائل فى كلا المجالين العلمى والتقنى على أيدي ليث وأبا تيلس سنة 1962م اللذين طورا فكرة الهولوجرام البعيد عن

الخور. في عام 1963م Upatnieks, E.N.leith صنعنا هولوجراما بالليزر لأول مرة، وقد أدى ذلك التقدم إلى ثورة هائلة في تطوير الهولوجرافى. واقترح Demisyuk من (U.S.S.R) عام 1962م تسجيل هولوجرام فى وسط ثلاثى الأبعاد. كانت فكرة Demisyuk هي: "على خلاف الفوتوجرافى - الضوء التقليدي - الذي بواسطته يتم تسجيل المشاهد ثلاثية الأبعاد فى أشكال ثنائية الأبعاد - الهولوجرافى يسمح لنا بالحفاظ على المشاهد بأبعادها الثلاثية". ويعتمد الهولوجرافى أساسا على طريقة التداخل الضوئى لتسجيل الأمواج الضوئية المشتتة من جسم مضاء بضوء مترابط بدرجة كافية. يتداخل الضوء المشتت مع موجة مترابطة معها فى الطور تسمى موجة المرجع Reference Wave. تتداخل الموجة المشتتة مع موجة المرجع المترابطة معها فى الطور (مرتبطة) إذا كانت الأمواج عالية الترابط، فإنها تحدث تأثيرا ملحوظا على توزيع شدة نموذج التداخل الناتج، التسجيل الفوتوجرافى لهذا النموذج المسمى هولوجرام يحتوى معلومات كاملة عن كل من طور وسعة موجة الجسم المشتتة لتسمح بإعادة بنائها. يتم إعادة بناء الصورة عندما يضاء الهولوجرام بالموجة المرجع. الملاحظة بالعين لجهة الموجة المعاد تكوينها، تعطى صورة الجسم غير المشاهد (غير مدرك أو غير المنظور) عمليا من الأصل كما لو كان الهولوجرام يعمل كنافذة من خلالها يشاهد الجسم الظاهر. فى مشاهدة الهولوجرام، المشاهد يتشجع عادة فى تحريك رأسه على الجانبين وإلى أعلى



شكل (30) يوضح التركيب العملي المستخدم لتسجيل الهولوجرام النافذ.

وإلى أسفل. وبتحريك العين إلى أعلى وإلى أسفل أو على الجانبين نرى أبعاد الصورة وزواياها المختلفة وكأننا ننظر للجسم نفسه ولكن الصورة هنا تقديرية أي أننا لو حاولنا لمس الصورة باليد فلن نجد شيئا.

2.7 هولوجرام النفاذية Transmission Hologram

الشكل (30) يبين أساس عمل الهولوجرافي، حيث تقسم حزمة ليزر بواسطة مرآة نصف شفافة S إلى حزمتين، الحزمة A المنعكسة والحزمة B النفاذة. تسقط الحزمة A مباشرة على لوح فوتوجرافي، في حين تضئ الحزمة B الجسم المراد تصويره. وهكذا فإن الضوء المشتت من الجسم سوف يسقط أيضا على اللوح الفوتوغرافي الحساس كما هو موضح في الشكل. ونتيجة لترايط الحزمة يتكون نموذج التداخل غاية في التعقيد على اللوح الفوتوغرافي بسبب انطباق الحزمتين (الحزمة A التي يطلق عليها عادة حزمة المرجع Reference Beam والحزمة المشتتة من الجسم). فإذا ظهر (حمض) Developed الفيلم ومن ثم فحص تحت تكبير عال، أمكن مشاهدة هدب التداخل (المسافة النموذجية بين هديتين متتاليتين حوالي $1\mu\text{m}$). إن نموذج التداخل معقد جدا وعندما يفحص اللوح بالعين المجردة لا يظهر أنه يحتوي على صورة مشابهة للجسم الأصلي. ومع ذلك فإن هدب التداخل هذه تحتوي فعلا على سجل كامل للجسم الأصلي.

نفرض أن اللوح المظهر (الحمض) ارجع إلى مكانه الأصلي الذي كان يحتله أثناء عملية التعرض للأشعة، ورفع الجسم الذي كان تحت التصوير. وهنا سوف تتفاعل حزمة المرجع A مع هدب التداخل على اللوح لتحدث ثانية وراء اللوح حزمة حيود، تشبه تماما الحزمة التي تشتت من الجسم. والمشاهد الناظر على اللوح سوف يشاهد الجسم وراء اللوح كما لو أنه ما يزال هناك.

الأمر المثير والمدهش هو لو أننا حططنا اللوح الحساس (الهولوجرام) إلى

قطع صغيرة متناثرة سوف نجد في كل قطعة منها الصورة التقديرية نفسها كأن شيئاً لم يتغير فيها ولكنك لو دقت النظر سوف تجد بأن إحدى الزوايا مفقودة.

ولتكوين هولوجرام يجب أن تتوفر الشروط التالية:

1- يجب أن تكون درجة ترابط ضوء الليزر بالقدر الكافي حتى تتكون هدب التداخل على اللوح الفوتوغرافي الحساس.

2- الأماكن النسبية لكل من الجسم واللوح الحساس وحزمة الليزر يجب أن لا تتغير أثناء تعرض اللوح الفوتوغرافي الحساس.

3- يجب أن تتوفر الخواص العامة التالية في مادة تسجيل الهولوجرام.

أ- يجب أن يكون تحليل اللوح الهولوجرافي عالياً بدرجة كافية لتسجيل هدب التداخل الدقيقة.

ب- الحساسية العالية لجميع الأطوال الموجية المستخدمة.

ج- مدى طيفي واسع.

Reflection Hologram

3.7 هولوجرام الانعكاس

نحصل على هولوجرام الانعكاس بإسقاط حزمتي الجسم والمرجع على الجانبين المتعاكسين لوسط التسجيل أي أن الوسط الحساس (الفيلم الحساس) سيكون بين حزمة المرجع والجسم ولهذا يستغني عن مجزئ الحزمة والمراسا . في هولوجرام الانعكاس تتكون هدب التداخل موازية لسطح وسط التسجيل.

Classifications of Holograms

4.7 تصنيف الهولوجرام

يصنف الهولوجرام في عدد من الطرق المختلفة اعتماداً على سمكه وطريقة التسجيل وطريقة إعادة بنائه.

Amplitude Hologram

1-هولوجرام السعة

هنا يسجل نموذج التداخل نتيجة الاختلاف في كثافة وسط التسجيل وتبعاً لذلك تتغير سعة الموجة المضيفة لإعادة إنتاج موجة الجسم المسجلة. على أي حال، طبقاً لطبيعة امتصاص الهولوجرام كفاءة الحيود تكون أكثر من فقيرة.

Phase Hologram

2- هولوجرام الطور

في هذا النوع من الهولوجرام يحدث تعديل طور الموجة المضيفة نتيجة التباين إما في سمك المستحلب أو في معامل انكسار الوسط أو كليهما. هذا الهولوجرام يعطى كفاءة حيود أكبر من كفاءة حيود هولوجرام السعة.

Thickness of the Recording Material

سمك مادة التسجيل

1- الهولوجرام الرقيق أو المستوى

إذا كان سمك وسط التسجيل صغيراً مقارنة بالمسافة بين هدب التداخل، عندئذ يمكن اعتبار الهولوجرام رقيقاً أو مستويًا والذي يكون في الواقع تراكب عدد من الحزوزات المستوية تفصلها مسافات مختلفة.

2 - الهولوجرام السميك أو الحجمي

Thick or Volume Hologram

إذا كان سمك وسط التسجيل في حدود أو أكبر من المسافة بين الهدب يسمى الهولوجرام - الهولوجرام السميك أو الحجمي - ويمكن اعتباره كتراكب محزوزات ثلاثية الأبعاد. وعندما تكون الزاوية بين عددين موجيين متداخلين طولهما الموجي λ هي θ ، تعطى المسافة d بين الهدب من العلاقة

$$d = \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\theta}{2}$$

عندما $\theta=1^\circ$ تكون المسافة بين الهدب حوالي 40 ميكرومتر وهى قيمة أعلى من سمك المستحلب بمقدار 10 ميكرومتر. مثل هذا الهولوجرام لا يكون على وجه الخصوص حساسا للتوجيه الملائم لإعادة البناء المناسب. إذا كان المستحلب سميكاً، الهولوجرام يعيد تركيب صور الجسم فقط عندما يضاء فى الاتجاه المناسب. يجب أن يضاء الهولوجرام بطرق مختلفة اعتماداً على ما إذا كانت الصورة التقديرية أو الحقيقية هي المطلوب مشاهدتها.

جدول (18) يبين أقصى كفاءة حيود نظري للهولوجرام

نوع الهولوجرام		النافذية الرقيقة		النافذية السميكة		الانعكاس السميك	
التعديل Modulation		السطح	العمق	السطح	العمق	السطح	العمق
الكفاءة %		33.90	6.25	100	3.70	100	7.20

5.7 خواص الهولوجرام وصورته

Properties of Hologram and its Image

- 1- إذا وضع الهولوجرام بالطريقة الملائمة فى حزمة ضوء تظهر المعلومات المختلفة من الجسم كما هى فى الواقع تماماً.
- 2- هولوجرام النفاذية يشبه النفاذة، يشاهد منظر الصورة من خلفها فى الهواء بنفس العمق ونفس التفاصيل كاملة. إذا حرك المرء رأسه فإنه ينظر حول الصورة ويراهما من مختلف الزوايا.
- 3- يمكن إعادة تركيب صورتين من هولوجرام واحد.
- 4- الخاصية الشيقة والمثيرة المهمة هي، إذا تحطم اللوح الحساس إلى قطع صغيرة متناثرة سوف نجد فى كل جزء منها الصورة التقديرية نفسها كأن شيئاً لم يتغير فيها ولكن إذا دققنا النظر سوف نجد أن إحدى الزوايا مفقودة.

6.7 مواد تسجيل الهولوجرافى

Holographic Recording Materials

لا تكون أشكال التصوير الهولوجرافى واقعية إن لم تكن مادة التسجيل ملائمة لتسجيل نموذج التداخل. لا توجد مادة واحدة يمكن استخدامها لكل أنواع التصوير الهولوجرافى حيث إن كل نوع من هذا التصوير له شروطه الخاصة به وهذه تشمل:

- 1 - قوة تحليل عالية لتساعد على تسجيل حلقات التداخل الرقيقة.
- 2 - الحساسية العالية للأطوال الموجية المستخدمة.
- 3 - مدى طيفى عريض.
- 4 - سهولة الاستعمال والمعالجة.
- 5 - كفاءة حيود عالية.

المواد المستخدمة لهذا الغرض نذكر بعضًا منها باختصار فيما يلي:

1- المستحلب الفوتوجرافى هاليد الفضة

Silver Halide Photographic Emulsion

تستخدم الأفلام والألواح الفوتوغرافية على نطاق واسع كمواد تسجيل للتصوير الهولوجرافى. ويعزى هذا الاستخدام واسع الانتشار لتنوعها ولسهولة تناولها والحصول عليها لكونها متوفرة تجارياً. يحتوى المستحلب على بلورات رقيقة من هاليد الفضة موزعة فى جيلاتين مرسب على لوح من الزجاج أو على فيلم بلاستيك. متوسط حجم جسيمات المستحلب الهولوجرافى يتراوح بين 0.08 إلى 0.03 ميكرومتر. لتقليل التشتت يجب أن يكون حجم البلورات أصغر من الطول الموجي للضوء المستخدم. يتراوح سمك المستحلب بين 5 - 15 ميكرومتر. يمكن استخدام هذه المادة لتسجيل كل من الهولوجرام الرقيق والهولوجرام الحجمى من النوعين السعة والطور.

Photochronics

2- التلوين الفوتوني

هذه عبارة عن مواد تتغير ألوانها عكسيا عند تعرضها للإضاءة المناسبة. من أمثلة المواد غير العضوية بروميد البوتاسيوم KBr وفلوريد الكالسيوم المطعمة بأكاسيد الأرض النادرة الملائمة لذلك، ويضاف لذلك أيضا $SrTiO_3$ المطعم بعناصر انتقالية.

Dichromate Gelatin

3-جيلاتين الدايكرومات

هذه المواد تنتج هولوجرامات الطور مع امتصاص وتشتت ضوئي ضئيل.

Application of Holography

7.7 تطبيقات الهولوجرافى

بفضل اكتشاف الليزر أصبح الهولوجرافى مجالا فاعلا فى البحوث التطبيقية. وبعيدا عن التصوير فى ثلاثة أبعاد تعد تطبيقات الهولوجرافى كثيرة ويمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية:

1- تكوين الصور: وتشتمل هذه المجموعة على :

أ- تخزين المعلومات فى الكمبيوتر، بذلك ترتفع كفاءة وسعة تخزين المعلومات فى ذاكرة الأجهزة الإلكترونية.

ب- فى الميكروسكوب أو المجهر: يمكن فحص ورؤية الخلايا الحية بأبعادها الثلاثة. وهكذا تمكن الباحثون من رؤية الخلايا والجسيمات الدقيقة.

2- تطبيقات لاتعتمد على تكوين صور

1- الفحوص غير الهدمية باستخدام طريقة قياس التداخل الضوئى الهولوجرافى (تحليل التذبذب والإجهاد).

2- الفحوص الضوئية.

3- الهولوجرام كعنصر ضوئي

1- العدسات الهولوجرافية والمرايا ومحزوزات الحيود.

2- المرشحات في العمليات الضوئية.

3- الرواسم الهولوجرافية.

تتطيق طريقة الهولوجرافي على كل الأمواج، موجات الإلكترونات - أشعة إكس - أمواج الضوء - الموجات الميكرونية وموجات الصوت شريطة أن تكون موجات مترابطة بقدر كاف لتكوين نموذج التداخل المطلوب، على أي حال، الهولوجراف يكون أفضل في المنطقة الضوئية من الطيف الكهرومغناطيسي. في السنوات الأخيرة جذب التقدم المذهل في تقنية الهولوجرافي الضوئي باستخدام الليزر انتباه واهتمام العديد من الباحثين. وقد استخدمت الهولوجرافي كأداة للقياس في مجالات علمية وهندسية متنوعة. القياس بالتداخل الضوئي الهولوجرافي **Holographic Interferometer** قد استخدم على نطاق واسع أيضا في الاختبارات غير الهدامة في مجال الهندسة الطبية الحيوية. والميزة الأعظم أهمية لقياس التداخل الضوئي الهولوجرافي هي أن التغير في شكل الأجسام ذات الأسطح غير الملساء يمكن قياسه بدقة متناهية حتى الطول الموجي للضوء المستخدم.

8.7 الطرق المستخدمة للفحص الهولوجرافي

Techniques of Holographic

قياس التداخل الضوئي الهولوجرافي ذي الزمن الواقعي

Real-Time Holography Inter ferometry

إذا أعيد وضع الهولوجرام مرة ثانية في مكانه الأصلي الذي تم تسجيله

عنده، فإنه يعيد تركيب موجة الجسم. إذا تغيرت موجة الجسم قليلا، التداخل بين الموجة المعاد تركيبها التابعة للجسم غير المشوه وموجة الجسم المشتتة يعطى نموذجاً من الهدب يمكن استخدامه لقياس التغيرات في شكل الجسم في زمن واقعي-Real Time . على أي حال إعادة وضع الهولوجرام إلى مكانه الأصلي بدقة تقابله مشاكل عويصة.

قياس التداخل الضوئي الهولوجرافي مزدوج التعريض

Double-Exposure Holography Interferometer

في هذه الطريقة يسجل هولوجرامان على نفس اللوح الهولوجرافي الحساس، واحد للجسم في حالته الأولى والآخر للجسم المشوه. هدب التداخل الناتجة من فرق المسار الضوئي بين التعريضين، تنتج عندما يضاء اللوح الهولوجرافي. وتعطى هدب التداخل الناتجة معلومات عن التشوه في الجسم.

الهولوجرافي التفاضلي الدقيق Microdifferential Holography

الهولوجرافي التفاضلي الدقيق هو نوع من طريقة التعريض المزدوج حيث تستخدم فيه موجة المرجع لتسجيل التعريض الثاني مما يجعله قادر على البقع الساكنة وتأثيراتها المتخفية. عندما يضاء الهولوجرام بموجة المرجع الأصلية، يعاد تركيب كل أمواج الجسم، موجة الجسم الثاني مع فرق في الطور مقداره 180° عما كان عليه أثناء التسجيل. في حالة الأجسام الساكنة، **Interferogram** الناتج سيكون خاليا من الهدب المعتمة التي تكون غالبية جدا في قياس التداخل الضوئي الهولوجرافي الاعتياد (التقليدي) بسبب التداخل الهدمي في حالة الأجسام المتحركة الديناميكية نموذج الإزاحة يؤثر على لمعان الملامح المصورة. هولوجرافي التفاضل الدقيق شديد الحساسية للإزاحة الصغيرة للعناصر المشتقة القوية سواء كنا قادرين على التحليل أم لا.

القياس بالتداخل الضوئي الهولوجرافي متوسط الزمن

Time – Average Holographic Interferometry

تستخدم هذه الطريقة لقياس سعة التذبذب للأسطح (الأسطح ذات الانعكاس المنتشر). هنا يسجل الهولوجرام بزمان تعريض أطول بكثير من فترة التذبذب (هذه الطريقة ملائمة للأجسام المهتزة). وهذه الطريقة قيود حيث لا يمكن قياس الإزاحة والطور الكبيرين.

Sandwich Holograms

هولوجرامات الساندويتش

الهولوجرام مضاعف التعرض له قيود عديدة Limitations مثل عدم الحساسية لإثارة الإزاحة والحاجة لتسجيل هولوجرامات منفصلة لمقارنة الحالات المختلفة للجسم. لتسجيل هولوجرام الساندويتش، تعرض أزواج من الألواح الفوتوجرافية في نفس الوقت مع أسطحها المطلية Emulsion بالمستحلب مواجهة للجسم. تعطى اتحادات هذه الألواح الهولوجرافية المعرضة تحت ظروف مختلفة للجسم معلومات عن كل أو التشوهات الصغيرة الزائدة حول الجسم.

Holographic Contouring

المنحنيات المختلفة الهولوجرافية

تنتج هذه التقنية حلقات تداخل تمثل تقاطع الجسم ثلاثي الأبعاد مع مجموعة من الأسطح المستوية متساوية المسافات البينية التي تظهر الشكل الخارجي Topography للجسم.

Color Holograms

الهولوجرامات الملونة

صورة الجسم متعددة الألوان يمكن الحصول عليها من هولوجرامات الجسم المسجل باستخدام ثلاثة أطوال موجية منتقاة بعناية. عندما يضاء الهولوجرام بضوء مشتق من جميع الأطوال الموجية الثلاثة، الصور المعاد ترتيبها بألوان مختلفة تتراكب منتجة صورة متعددة الألوان.

9.7 التطبيقات فى المجال الطبى والبيولوجى

Applications of Holography in Medicine and Biology

تقنية الهولوجرافى لها تطبيقات عديدة ومتنوعة فى المجال الطبى والبيولوجى. وقياس التداخل الضوئى الهولوجرافى تتم دون أن تلامس الجسم وغير هدامة وتقدم مدى واسع من التطبيقات فى معظم المجالات الطبية مثل طب المسالك البولية، العيون، الأسنان والأذن والحنجرة..... إلخ.

علاوة على ذلك، التحسن الجديد فى تقنيات الهولوجرام وإمكانية الحصول على أدوات تفسير الهولوجرامات الناتجة من الهولوجرام ونجاح تقنية الهولوجرافى فى التصوير خلال الأنسجة، فى طب العيون والأسنان والمسالك البولية والأذن والأنف والحنجرة، تعد بمستقبل باهر كأداة فاعلة فى التطبيقات الطبية. الصور الهولوجرافية ثلاثية الأبعاد للعيون والفحص الهولوجرافى للأسنان وحركة الصدر أثناء التنفس يمكن أن يتم بسهولة ويسر.

ونوجز فيما يلى بعض تطبيقات الهولوجرافى فى المجال الطبى.

1- الهولوجرافى فى طب الأذن والحنجرة Holography in Otology

تستخدم تقنيات مقياس التداخل الضوئى الهولوجرافى المضاعف التعريض وأيضاً المتوسط الزمني فى دراسة الأجزاء المختلفة للأذن البشرية وأيضاً فى دراسة السلوك التذبذبي لأجزاء الأذن الداخلية.

والجدير بالذكر أن طريقة القياس بالتداخل الضوئى الهولوجرافى مزدوج التعريض باستخدام ليزر الياقوت بتحويل Q لتحليل نظم ذبذبة طيلة إذن الإنسان ويتابع عملية التسخين فى التهاب طبلة الأذن والعمليات التى تجرى عليها. بدون فتح تجويف العملية الجراحية.

2- الهولوجرافى فى طب العيون Holography in Ophthalmology

الحصول على صور ثلاثية البعد للعين كان واحدا من أهم تطبيقات الهولوجرافى فى مجال طب العيون. أي انفصال شبكي أو أي جسم غريب داخل العين يمكن كشفه بهذه الوسيلة كما يمكن تطبيق هذه التقنية أيضا لقياس التصوير المقطعي للقرنية والتغيرات فى العدسة البلورية، ودراسة الخصائص السطحية للقرنية. الطريقة المتبعة حاليا فى تقدير شكل السطح المركزي تفقد (مخطئى أو قمل) الجزء المركزي وحوافه الميزة الأعظم لتقنية الهولوجرافى تكمن فى الدقة الفائقة التي تتم بها هذه القياسات. يمكن قياس التمدد المرن للقرنية بمقياس التداخل الضوئي الهولوجرافى. هذه المعلومات تمثل أهمية حيوية فى مجال جراحة القرنية. تمدد القرنية المستخلصة من عيني الثيران الحديثة تم فحصها كنتيجة لزيادة صغيرة فى ضغط داخل العين باستخدام مقياس التداخل الضوئي الهولوجرافى مضاعف التعريض. أظهرت الفحوصات الأولى أن كل قرنية ثور لها تمددها الخاص بها. أظهرت الدراسات التي أجريت أن الهولوجرافى لها قدرة عالية فى فحص تغيرات القرنية والعدسة والخصائص السطحية لكل من الرأس العصبي والشبكية.

3- الهولوجرافى فى طب الأسنان Holography in Dentistry

يستخدم هولوجرافى ليزرات الموجة المستمرة وأيضاً ليزرات النبضة فى مجال طب الأسنان. ويمثل الهولوجرام وسيلة سهلة لتخزين بصمات الأسنان. يستخدم الهولوجرافى مضاعف التعريض فى تسجيل حركة الأسنان وتركيباتها النسبية فى مدى القياس من 0.5 إلى 30 ميكرومتر.

تلخيصاً لما سبق فإن مقياس التداخل الضوئي الهولوجرافى يستخدم على نطاق واسع بنجاح منقطع النظر فى دراسة الأجزاء المختلفة فى جسم الإنسان.

نح بحمد الله

ونشكر الله

كتب للمؤلف

- 1- أساسيات وتطبيقات أطياف الأشعة تحت الحمراء .
دار النشر للجامعات (1999) .
- 2- أساسيات وتطبيقات مطيافية رامان .
دار النشر للجامعات (2002) .
- 3- أساسيات وتطبيقات مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية .
دار النشر للجامعات (2003) .
- 4- الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان
(الجزء الأول)
دار النشر للجامعات (2004) .
- 5- الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان
(الجزء الثاني)
الأشعة الكهرومغناطيسية وصحة الإنسان
دار النشر للجامعات (2005) .
- 6 - عالم الكربون المدهش
استخدامات صور الكربون الجديدة
في الطب والصناعة
دار النشر للجامعات
(تحت الطبع)