الفصل السادس

تطبيقات الليزر

هنالك عدد هائل من تطبيقات الليزر أهمها:

1. التطبيقات الصناعية (القطع والتثقيب واللحام والتصليد)
2. القياسات والفحص (قياس المسافات والترصيف البصري وكشف العيوب)
3. التطبيقات الطبية والبيولوجية (أمراض العين والجراحة والتجميل والاستئصال والتصوير الأحيائي)
4. التطبيقات العسكرية (التوجيه والتتبع وتقدير المدى)
5. التطبيقات التجارية(الأقلام الضوئية والطابعات الليزرية وقارئات الأقراص المدمجة)
6. الاتصالات البصرية

اولا : التطبيقات الصناعية (Industrial Applications)

يعتمد استخدام الليزر في التطبيقات الصناعية بمجموعة من الأمور أهمها:

1. الطول الموجي لشعاع الليزر
2. طاقة أو قدرة شعاع الليزر (الطاقة في حالة الليزر النبضي والقدرة في حالة الليزر المستمر)
3. حجم شعاع الليزر
4. إنفراجية شعاع الليزر (يفضل أقل ما يمكن)
5. نمط شعاع الليزر (يفضل النمط الأساسي)
6. أبعاد منطقة المعالجة
7. امتصاصية المادة لشعاع الليزر
8. انعكاسية المادة لشعاع الليزر
9. التوصيلية الحرارية للمادة
10. سرعة حركة شعاع الليزر
11. الأجزاء البصرية المستخدمة
12. استخدام الغازات المساعدة

- **محاسن استخدام الليزر في التطبيقات الصناعية:**

1. عدم وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة الليزر ولذلك لا يوجد تلوث أو إجهادات ميكانيكية.
2. استخدام الليزر لا يؤثر على الخواص الفيزياوية للمادة لأن المنطقة التي تتأثر صغيرة جد ا.
3. يمكن استخدام الليزر مع مواد مختلفة مثل المعادن والسيراميك والزجاج والخشب دون حدوث تلف للمادة.
4. إمكانية العمل في مواضع صعبة مثل الزوايا والانحناءات وغيرها
5. العمل يتم بسرعة عالية ودقيقة فمثلا يمكن إجراء عملية قطع المعادن بسرعة *(10m/min)* وهي أسرع عشر مرات من الطرائق التقليدية.
6. يمكن أن تكون عملية استخدام الليزر مبرمجة أوتوماتيكيا لغرض الدقة.
7. يمكن الحصول على قدرات عالية جد ا.
8. شعاع الليزر لا يتلف نتيجة الاستخدام كما في حالة الآلات المستخدمة في *(Arc Welding)* وقوس اللحام *(Cutters)* الطرائق التقليدية كالقواطع وغيرها *(Drillers)* .والمثقبات
9. ا لعمل بالليزر يتم بهدوء وبدون تلوث كما في الطرائق التقليدية

- **مساوئ استخدام الليزر في التطبيقات الصناعية:**

1. الكلفة التصنيعية والتشغيلية لمنظومة الليزر تكون عالية.
2. منظومة الليزر تحتاج إلى خبرة جيدة لتشغيلها وديمومة عملها.
3. مخاطر القدرة العالية.
4. تحتاج منظومة الليزر إلى سيطرة وتحكم دقيقين.

ثانيا: القياسات والفحص *measurements and detection*

يستخدم الليزر في قياس المسافات بدقة متناهية، سواء المسافات القصيرة أو الطويلة. وأشعة الليزر تستطيع قياس عشرة امتار دون إحداث خطأ يتجاوز واحد على عشرة آلاف من المتر.كما استخدمت أشعة الليزر في تحديد بعد القمر عن الأرض. وقد تم ذلك في السبعينيات حيث وضع رواد الفضاء على القمر مرآة لعكس الليزر عند سقوطه عليها، وبعد ذلك وُجه شعاع ليزر من الأرض إلى القمر وبانعكاسه على المرآة على سطح القمر وعودته إلى الأرض استطاع العلماء حساب بعد القمر عن الأرض بدقة لم يتوصلوا إليها من قبل. كذلك يمكن تستخدم أيضا في تحديد الأهداف بدقة بالغة جدا، حيث أن كان الهدف على مسافة 20 كم ووجهنا شعاع ليزر فسوف ينحصر مقطع الشعاع في دائرة ضوئية قطرها 7 سم فقط. وإذا أطلقت إلى القمر فسيكون قطر الدائرة المشكلة 3,2 كم فقط.

كما يستخدم الليزر في عمليات الترصيف البصري والتي تعني وضع مجموعة من الأشياء على استقامة واحدة كالجسور والطرق والأرصفة ونصب الماكينات والمصانع.

كذلك يمكن استخدام الليزر في الكشف عن العيوب الموجودة داخل المادة من خلال تسليط الليزر ونقل صورة عن التركيب الداخلي ومعرفة إذا ما كانت هنالك عيوب في التركيب البلوري أم لا .

ثالثا :التطبيقات الطبية والبيولوجية (medical and biological applications)

يستخدم ليزر أيون الأركون لأخضر Ar^+ في عمليات معالجة انفصال الشبكية في العين ومعالجة الحول وكذلك معالجة تمزق الأنسجة داخل القرنية.
كما يستخدم ليزر ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2 في إجراء الجراحة داخل جسم الإنسان في مناطق يصعب وصول يد الجراح إليها بالطرائق التقليدية مثل جدران القلب والجدار الداخلي للمريء والرئتين والجمجمة كما يستخدم الليزر في إزالة تخثر الدم داخل الأوعية الدموية وصمامات القلب.

يستخدم ليزر النيديميوم-ياك (Nd:YAG) في عمليات إزالة الأوشام (Tattoos) والعلامات الوراثية (Moles) في جلد الإنسان والتي هي عبارة عن تجمعات للأوعية الدموية في منطقة محدودة .

تستخدم الليزرات التي تعمل في المنطقة فوق البنفسجية والأشعة السينية من الأطوال الموجية في تصوير الخلايا الحية دون إتلافها أو تدميرها حيث يتم امتصاص هذه الأطوال الموجية من قبل أنسجة هذه الخلايا

رابعا : التطبيقات العسكرية (military applications)

انتشر استخدام الليزر في نظم التسليح المختلفة خلال السنوات الأخيرة انتشاراً خطيراً، وكان له أثر بالغ في زيادة فاعليتها، فأصبحت معدات الليزر تتداول من الجندي المشاة، حتى المقاتلات والقاذفات، بل وبدأت تدخل في نظم الحرب ضد الصواريخ الباليستية. توجد أسلحة الليزر حاليًا في المراحل المبكرة ، حيث يجب إجراء الكثير من الأبحاث قبل ذلك حتى المستوى المطلوب.
يمكن للسلاح المادي أن يدمر أي هدف عن طريق توصيل كميات من الطاقة ، حيث يمتص الهدف جزء منها ، مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجة الحرارة وتدميره.
يشتمل نظام سلاح الليزر على مصدر ليزر ، ومجموعة عدسات بصرية لتركيز الشعاع على المسافة المطلوبة ، وأدوات للكشف عن الهدف وتتبع الهدف . حيث ان إجراءات تتبع الهدف تتم باستخدام شعاع الليزر (مرآة التوجيه السريعة). ، كذلك يجب وجود نظام كمبيوتر للتحكم في المكونات المختلفة.

هناك عدد من الفوائد لأسلحة الليزر مقارنة بالاسلحة التقليدية:

1- تنتشر أشعة الليزر بسرعة الضوء. لذلك ، لا يوجد أي تأخير في وقت إطلاق السلاح على الهدف ، ان سرعة الضوء العالية تسمح بزيادة الدقة مع الحد الأدنى من أخطاء التصويب للهدف المتحرك.
2- تتبع الأهداف القادرة على المناورة يكون اسهل وذلك عن طريق تحريك المرآة ، حيث المرايا أقل وزنا من البندقية ويمكن نقلها بشكل أسرع.
3- لا يوجد أي أضرار جانبية على البيئة من استخدام أشعة الليزر مثل القنابل أو المواد الكيميائية الخطرة.
4- ذخيرة غير محدودة
5- التحكم في درجة تدمير الهدف من منخفضة المستوى إلى مستوى ضرر دائم عالي الطاقة.

من ناحية أخرى ، هناك عيوب لأسلحة الليزر، حيث تتطلب كميات هائلة من الطاقة ، نتيجة انعكاسية المادة المصنوع منها الهدف.وكذلك خسارة الناتجة من الغلاف الجوي يؤدي الى توهين شعاع الليزر، مثل التشتت والامتصاص والاضطراب.

وتقع أنواع الليزر المستخدمة حالياً في نظم التسليح في حيز الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والاشعة فوق البنفسجية والسينية، وإن كان النوع الأول، الذي يقع في حيز الضوء المرئي غير مستخدم حالياً على نطاق واسع؛ لأنه يقع في نطاق الضوء الأحمر مما يجعله سهل الاكتشاف. ومن الناحية الأخرى فإن الليزر الذي يقع في حيز الأشعة تحت الحمراء حديث الاستخدام في التطبيقات العسكرية، ويمتاز بالعمل في حيز الأشعة تحت الحمراء البعيدة، مما يحقق له قدرة على اختراق الضباب والدخان والأمطار، ويفضل كذلك استخدامه مع نظم الرؤية السلبية بالاستشعار الحراري، نظراً لعمله في النطاق الموجي نفسه، فيمكنه بالتالي التعامل مع الأهداف نفسها التي ترى بالمنظار الحراري. وتتعدد مجالات الاستخدامات العسكرية لأشعة الليزر، ونلخص أهمها فيما يلي:

اولا : جهاز رادار الليزر

تعرف أجهزة رادار الليزر باسم "ليدار *LADAR*" ، وهي الحروف الأولى من عبارة *Laser Detection and Ranging* ، وتعني "الكشف وقياس المدى بواسطة الليزر". وهذا النوع من الرادار يتميز بدقته العالية في كشف ومتابعة وتعيين الأهداف. وهنا تستخدم أشعة الليزر في الإرسال، بدلاً من الأشعة الرادارية، ويكون جهاز الاستقبال كهروضوئياً بدلاً من المستقبل الإلكتروني التقليدي في الرادار،

ويستخدم جهاز الليدار في قياس المدى من القواعد الأرضية أو من السفن أو من الطائرات والمركبات الفضائية. ويستخدم أيضاً في الاستشعار عن بعد، إذ تتم دراسة مكونات الغلاف الجوي وقياس بعض المكونات الكيماوية فيه. ويتكون جهاز رادار الليدار بوجه عام من:

1. مرسل
2. أجهزة ضوئية للإرسال.
3. مستقبل يتكون من أجهزة ضوئية لتجميع الأشعة المنعكسة من الهدف، ثم مرشح *Filter* ليقلل من تداخل الموجات الضوئية.

ثانيا :قياس المسافة

تعتمد نظرية تشغيل جهاز قياس المسافة بالليزر على إطلاق نبضة ليزر لكي تصل إلى هدف مرئي ضوئياً، فتنعكس منه هذه النبضة إلى جهاز الاستقبال، وتقوم دوائر خاصة بحساب الزمن من لحظة الإطلاق حتى عودة النبضة، وبالتالي حساب مسافة الهدف، إذ أن سرعة انتشار الموجات الضوئية معلومة. وعلى هذا الأساس فإن الجهاز يتكون من:

1-تليسكوب للتصويب، حتى يتمكن المستخدم من تحديد الهدف المراد تقدير مسافته.
2-المرسل، وبه مصدر الليزر، وغالباً ما يستخدم الياج في الأغراض العسكرية.
3- المستقبل، وبه الكاشف *Detector*.

وتدخل معدات قياس المسافة بالطبع في أغلب النظم الميدانية، ابتداء من الجندي الذي يحمل معدة مدمجة في نظارة الميدان؛ لقياس مسافة الهدف بدقة كبيرة، إلى نظم إدارة النيران لأطقم المدفعية، ونظم إدارة النيران للدبابات. وتكون الأخيرة بالطبع مرتبطة ومدمجة ضمن حاسب إدارة النيران.

وجدير بالذكر أن ليزر ثاني أكسيد الكربون له دور فعال في نظم تقدير المسافة، وإدارة نيران المدرعات، فقد بدأ إنتاج مقدرات مسافة بالليزر تستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون، بدلاً من ليزر "الياج"، لاستخدامه متكاملاً مع أجهزة الرؤية الليلية الحرارية، مما يسمح باستخدام الكاشف الحراري للرؤية الليلية والتصويب نفسه، وبالتالي فإن ذلك يقلل من تكلفة المعدة العسكرية المتكاملة. وتجري الدراسة الآن لاستخدام هذا الأسلوب مع قاذف الصاروخ المضاد للدبابات "تو*TOW*" ، والدبابة الكورية طراز *XK-1*.

ويتميز ليزر ثاني أكسيد الكربون بأن درجة نفاذيته خلال السحب والدخان أفضل منها في الأنواع الأخرى، مثل الياج أو الياقوت. ويرجع ذلك إلى أن تأثير ذرات الغبار والدخان يزيد عكسيا مع الطول الموجي، فكلما قل الطول الموجي كلما زادت درجة تشتت الشعاع. وحيث إن ليزر ثاني أكسيد الكربون طوله الموجي عالي نسبياً، فإنه لا يتأثر بالغبار والدخان، ولكن العامل المؤثر على انتشار موجات ليزر ثاني أكسيد الكربون هو نسبة بخار الماء في الهواء.

وقد تم تزويد أنظمة الأسلحة المضادة للدبابات، و أنظمة الصواريخ المضادة للطائرات من طراز "رولاند*ROLAND*" ،بجهاز قاس المسافة بالليزر الذي يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون عند الطول الموجي 10.6 ميكرون. وتم دمج هذا الجهاز الليزري مع جهاز تصوير حراري يعمل في الطول الموجي 8-12 ميكرون.

و أنتجت كندا جهاز التصويب الليزري طراز*CLASS* ، الذي يستخدم مع أسلحة الضرب المباشر، مثل القاذف "كارل جوستاف" عيار 84 مم، والقواذف عديمة الارتداد عيار 106 مم. ويتكون الجهاز من مقدر مسافة ليزري، غير ضار بالعين لمدى حتى 4000متر، ونظام تكثيف للصورة من الجيل الثالث، وحاسب ذي قدرة على الاحتفاظ ببيانات عشرة أنواع من الذخيرة.

خامسا : التطبيقات التجارية (*Marketing Applications*)

يستخدم الليزر في مجال التسويق من خلال استخدام اقلام ليزرية تقوم بمسح المنتوجات والتعرف على شفرة الانتاج المثبتة عليها وهي تقنية سريعة ودقيقة في عمليات العد والتصنيف كما يستخدم ليزر أشباه الموصلات الأحمر في الطابعات الليزرية حيث يوفر الدقة والتركيز العاليين .

كما أن الأقراص المدمجة (*CD) (Compact Discs*) هي أيضا تعتمد على الليزر في عملها حيث يستخدم ليزر*He-Ne* أو ليزر أشباه الموصلات الأحمر في عملية الكتابة والقراءة لهذه الأقراص.

سادسا : الاتصالات البصرية *Optical Communications*

من الممكن استخدام التضمين *Modulation* لشعاع الليزر لغرض حمل الإشارات الكهرومغناطيسية ونقلها من نقطة إلى نقطة أو نقاط أخرى بسرعة عالية ودقة متناهية حيث يبلغ النطاق الترددي لحزمة الليزر حوالي 10^{14} اما في حالة الاشارات الصوتية فان هذا الرقم يزداد اكثر وعليه فان قابلية اشعاع الليزر على نقل المعلومات اعلى بكثير جدا من الموجات الدقيقة أو الموجات الراديوية.

تتألف منظومة الاتصالات البصرية بشكل أساسي من ثلاثة أجزاء هي المصدر الضوئي(الليزر)والوسط الناقل(الجو أو الألياف البصرية)والكاشف الضوئي

وتتميز الاتصالات البصرية بما يلي:

1. سعة كبيرة لحمل الإشارات
2. خسائر قليلة
3. عدم التداخل فيما بين الإشارات
4. التوصيلات البينية تكون ذات سرعة عالية
5. إن خطوط النقل تكون متوازية

من أمثلة الاتصالات البصرية الحديثة هي:

1. شبكات الهاتف المتقدمة(الشبكات الضوئية)
2. الشبكة العالمية للمعلومات (Internet) والبريد الإلكتروني(Email)
3. مراكز الخدمة الهاتفية المركزة لمنظومات الهواتف النقالة(Mobiles)
4. شبكات المساحة المحدودة (LAN) لتناقل البيانات

سابعا : التصوير المجسّم Holography

هو تشكيل خيال ثلاثي الأبعاد من صورة واحدة منفردة من دون استخدام عدسات للرؤية. والصورة الثلاثية الأبعاد صورة مجسمة hologram سجلت عليها أشكال لا يمكن إدراكها على هيئة شرائط وحلقات متناوبة بيضاء وسوداء لها طول وعرض. فإذا أضيئت هذه الأشكال بضوء ليزري وحيد طول الموجة يظهر بعدها الثالث، أي العمق، واضحاً، ويبدو الخيال بأبعاده الثلاثية كما في حالة الجسم الأصلي المصور.

إن الخيال في الصورة الفوتوغرافية العادية ينتج فقط عن تغيرات شدة الضوء المنعكس عن الجسم المصور، أما التصوير الثلاثي الأبعاد فإنه يسجل إضافة إلى ذلك أطوار الأمواج المنعكسة، أو يسجل تراكب مقدمات الأمواج المنعكسة، التي تكون بأطوار مختلفة بعضها عن بعض. ولما كان الضوء الطبيعي يتألف من أمواج متعددة الأطوار، وهي أمواج ألوان الطيف، كانت أطوار الأمواج المنعكسة عن الجسم المصور والناتجة عن حزمة ضوئية طبيعية تكون عشوائية تماماً.

ويعد دينس غابور Dennis Gabor صاحب فكرة التصوير المجسم، وقد حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عن هذا الاختراع عام 1971.

وجد غابور أن بالإمكان الاستفادة من القدرة العالية للمجهر الإلكتروني باستخدام حزمة من الإلكترونات لإنجاز صورة مجسمة لجسم ما، ثم فحص تلك الصورة المجسمة باستخدام أشعة من ضوء وحيد الطول الموجي يمكن الحصول عليه بإسقاط شعاع ضوئي عبر ثقب صغير جداً. ولكن هذه التقنية كانت تؤدي إلى إنقاص شدة الضوء إلى درجة لا تكفي للتصوير المجسم. ولذلك تولدت لديه قناعة لسنوات طويلة، بأن هذا الموضوع له أهمية نظرية فقط، لكن انتشار أشعة الليزر في أواخر الستينات غيّر الوضع فجأة وأصبح بالإمكان تطبيق نظرية غابور عملياً.

فعندما يُنْظر إلى جسم ما بالعين المجردة تُدرك على الفور أبعاده الثلاثة. وهناك أسباب ثلاثة للشعور بالعمق. منها تحريك الرأس حول الجسم الذي يُنظر إليه وتغيرات وضع الخيال في الدماغ. أما أهم هذه الأسباب فهو أن كل عين تنظر إلى الجسم بزاوية رؤية مختلفة عن العين الأخرى. ومن ثم سيتكون في كل عين خيال يختلف قليلاً عن الخيال المتشكل في العين الثانية، أي إن المسار الضوئي لأشعة كل خيال يختلف قليلاً عن المسار الضوئي للآخر، وينطبق هذان الخيالان على الشبكية، ويتولى الدماغ دمجهما معاً فيحدث الشعور بالبعد الثالث.

ولتحقيق الرؤية المجسمة الاصطناعية بين صورتين، لابد من إعادة تركيب الخيالين المصورين *M1*، *M2* وصنع ما يسمى اللوحة المصورة الثلاثية الأبعاد، بحيث ينطبق الخيالان أحدهما على الآخر، وتكون العينان مكان مركزي التصوير *O1*، *O2* ونضع الصورتين متطابقتين كما في حالة التصوير الأصلية، وفي حالات خاصة يمكن تحقيق الرؤية المجسمة بالنظر بالمحاور العينية المتلاقية أو بالنظر بالمحاور المتوازية.