الفصل التاسع

أنواع الليزرات و تطبيقاتها
Laser Types and There Applications

1-9 مقدمة Introduction

درسنا سابقا الليزر فكرة عمل الليزر بشكل عام مع التركيز على العوامل المؤثرة على الليزر. والآن سوف نخصص دراستنا على عدة انظمة لليزر تختلف باختلاف المادة الفعالة ويمكن تقسيم انظمة الليزر إلى خمسة اقسام هي على النحو التالي:-

1. حالة مادة الوسط الفعال: الصلبة والسائلة، والغاز، أو البلازما.
2. النطاق الطيفي من الطول الموجي لليزر: الطيف المرئي، و طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) ، الخ
3. طريقة الاثارة (الضخ) للوسط الفعال: الضخ البصري، الضخ الكهربائي، الخ
4. خصائص الإشعاع المنبعث من الليزر.
5. عدد من مستويات الطاقة التي تشارك في عملية الليزر.

سوف نعتمد على النوع الاول والذي يقسم الليزر حسب المادة للوسط الفعال والذي يحدد الخواص التالية:

1. الطول الموجي لليزر Laser Wavelength.
2. طريقة الضخ المفضلة Preferred pumping method.
3. مرتبة خرج الليزر. Order of magnitude of the laser output.
4. كفاءة منظومة الليزر The efficiency of the laser system.

رأينا أن اثنين من المتطلبات الأساسية للعمل الليزر هي:
1. أنقلاب التعداد ما بين مستويي الطاقة لليزر العلوي والسفلي.

2. يجب أن يكون الوسط الفعال شفاف للطول الموجي الناتج.
تجدر الاشارة هنا إلى ان الوسط الفعال هو الذي يحدد خواص الليزر ولهذا السبب تعود تسمية الليزر حسب المادة المستخدمة.

2-9 أنواع الليزر Laser types

1. الليزرات الغازية Gas lasers:

a) الغاز الذري Atom Gas:

- ليزر الهليوم نيون Helium-Neon Laser (He-Ne)
- ليزر البخارِ المعدنيِ (نحاس، ذهب). Metal Vapor Laser (Copper, Gold)
- ليزر كادميومِ هليومِ Helium Cadmium Laser (He-Cd)

b) الغاز الأيوني Ion Gas:

- ليزر آيونِ الأركون Argon Ion Laser (Ar+)
- ليزر الكريبتونِ Krypton Laser (Kr+)

c) الغاز الجزيئي Molecular Gas:

- ليزر ثاني أكسيد الكاربونِ Carbon Dioxide Laser (CO2)
- ليزر النتروجينِ Nitrogen Laser (N2)
- الليزر الأكسامير Excimer Laser
- الليزر الكيميائي Chemical Laser

2. ليزرات الحالة الصلبة Solid State lasers:

- ليزر الياقوت Ruby Laser

- ليزر أنديوم-ياك و نياديميوم- زجاجي Neodimium YAG and Nd Glass Laser
- الليزر الفلزي. Alexandrite Laser
- ليزر سفير- تيتانيومِ. Titanium Sapphire Laser

3. ليزر الثنائي (ليزر شبهِ الموصل، ليزر الحقنِ). Laser, Diode Laser (Semiconductor Injection Laser).

4. ليزر الصبغِة (سائل). Dye Laser (Liquid).

5. الليزرات الخاصة Special Lasers:

- ليزر الألكترون الحر Free Electron Laser (FEL)
- ليزر الأشعة السينية X Ray Laser

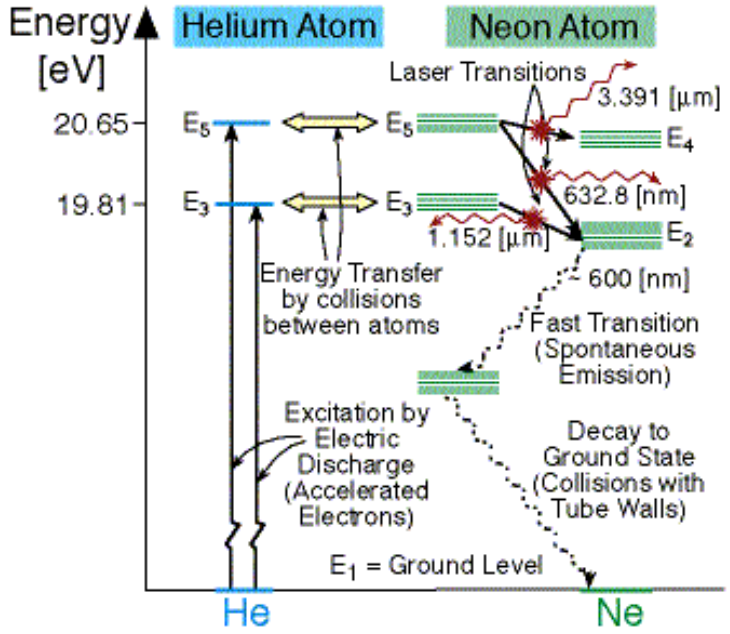
كمثال لأحد أنواع هذه الليزرات سيتم دراسة مميزات ليزر الهليوم- نيون (He-Ne).

3-9 ليزر الهليوم- نيون (He-Ne) Helium-Neon (He-Ne) Laser

كان ليزر الهليوم-نيون He-Ne الليزر الأكثر شيوعا حتى انتشار الليزرات الثنائية في السنوات القليلة الماضية. بنيت لأول مرة في عام 1961 من قبل علي جافان Ali Javan . الوسط الفعال هو غاز النيون النبيل (Ne), و هو ليزر الأربع مستويات. يوصف مخطط مستوى الطاقة ليزر الهليوم-نيون في الشكل (57) أدناه.

اثنين من مستويات الطاقة العلوية - شبه مستقرة تكون بمثابة مستويات الليزر العليا. يبعث هذا الليزر ثلاثة أطوال موجية هي:

λ_1= (632.8 [nm]), λ_2=1.152 [□m], λ_3=3.3913 [□m]



(57): تخطيط لمستوياتِ الطاقةِ لليزرِ هليوم- نيون He-Ne

دور غاز الهيليوم في ليزر هليوم - نيون He-Ne هو زيادة كفاءة عملية الليزر كونه خزان للطاقة. تأثيران تجعل للهليوم قيمة خاصة:

1. أن الإثارة المباشرة لغاز النيون غير فعالة، ولكن الإثارة المباشرة لذرات غاز الهليوم فعال جدا.
2. الحالة المثارة لذرة الهليوم (المسمى E_5) لديها مستوى الطاقة الذي هو مشابه جدا للطاقة الحالة المثارة للذرة النيون (المسمى E_5).

عملية الإثارة من ذرات النيون هي عملية بمرحلتين:

- يتسبب الجهد العالي بتسريع الإلكترونات من القطب السالب نحو القطب الموجب. هذه الإلكترونات ستصطدم مع الذرات و تنقل الطاقة الحركية أليها.
- ذرات الهليوم متسارعة تتصادم مع ذرات النيون، و تنقل لهم طاقة الأثارة.

وبالتالي تنتهي مهمة غاز الهليوم و لا يشارك في عمل الليزر، لكنه قد زاد من كفاءة الإثارة.

9-3 -1 خرج طول موجي أحمر لليزر He-Ne

معظم تطبيقات ليزر He-Ne تستخدام الطول الموجي الأحمر، لأنه أقوى خط في منطقة الطيف المرئي. كما هو موضح في الشكل أعلاه، ينبعث هذا الضوء الأحمر عندما تنتقل ذرة النيون من مستوى الطاقة E_5 إلى مستوى الطاقة E_2، يكون فرق الطاقة أكبر بكثير من الأنتقالات الأخرى.

المشكلة في خلق هذا الضوء الأحمر هو أن ذرة النيون في حالة E_5 يمكن تبعث أيضا الإشعاع 3.3913 [μm]. يقلل هذا الانبعاث من تعداد مستوى E_5، دون إنتاج الإشعاع المرئي.

حل هذه المشكلة هو استخدام طلاء خاص على المرايا الليزر التي تعكس بشكل انتقائي فقط الضوء الأحمر. هذا الطلاء يسبب انعكاس مرة أخرى إلى التجويف البصري فقط الطول الموجي المطلوب (الحمراء) ، في حين يتم نقل جميع الموجات الأخرى خارجا.

بطريقة مماثلة، غيرها من الطلائات يمكن أن يعكس الانتقائية فيمكن أن يستخدم على المرايا لتحديد أنتقالات أخرى. يسمح هذا الإجراء الإنتاج التجاري ليزر He-Ne بأنتاج موجات أخرى في الطيف المرئي. يمكن أن تنتج ليزر He-Ne على سبيل المثال، البرتقالي، الأصفر و الأخضر ، ولكن تكون كفاءة الليزر هي أقل بكثير مما كانت عليه في أحمر.

9-3 -2 الامتصاص والتضخيم في ليزر He-Ne

ليزرHe-Ne هو ليزر الأربعة مستويات ، و بالتالي فإن عمر مستوى طاقة الليزر الأدنى يجب أن يكون قصيرة جدا .في غاز النيون، و هو غاز المادة الفعالة، الانتقال (الاضمحلال) من مستوى الليزر الأدنى ليست سريعة بما فيه الكفاية، ولكنها تتسارع من خلال التصادم مع جدران الأنبوب .حيث عدد التصادمات مع جدران أنبوب الليزر تزداد عندما يصبح الأنبوب ضيق، و ربح الليزر يتناسب عكسيا مع نصف قطر الأنبوب . لذلك، يجب أن يكون قطر أنبوب ليزر He-Ne صغير قدر الإمكان.

الربح المنخفض للوسط فعال في الليزر He-Ne يؤدي الى انتاج القدرة إلى قدرة منخفضة . في مختبر نماذج أولية لانتاج قدرة خرج بحدود 100 mW كان قد تحقق، ولكنه ليس ليزر تجاري و متوفرة فقط في نطاق خرج من 0.5-50 mW ملي واط. بمقارنة خرج ليزر He-Ne مع وجود مرآة تمرر حوالي 1% من الإشعاع إلى الخارج , هذا يعني أن القدرة داخل التجويف البصري هي أكثر 100 مرة من القدرة المنبعثة.

9-3-3 ليزرات الهليوم – نيون التجارية Commercial He-Ne Lasers

خصائص ليزر He-Ne التجاري هي :

Wavelength:	632.8 [nm]
Output Power:	0.5-50 [mW]
Beam Diameter:	0.5-2.0 [mm]
Beam Divergence:	0.5-3 [mRad]
Coherence Length:	0.1-2 [m]
Power Stability:	5 [%/Hr]
Lifetime:	>20,000 [Hours]

9-4 تطبيقات الليزر Laser Applications

الليزر له تطيقات عديدة جدا في مختلف مجالات الحياة و سنقوم بالقاء الضوء على اهم هذه التطبيقات وسيتم اثراء هذا المجال من خلال الكتابة فيه ولكن تحت باب تفسيرات فيزيائية أو مقالات علمية أو ابحاث تخرج الطلبة.

يمكن تقسيم استخدامات الليزر إلى ستة اقسام اساسية هي على النحو التالي:

Industrial applications	تطبيقات صناعية
Medical applications	تطبيقات طبية
Military applications	تطبيقات عسكرية
Daily applications	تطبيقات الحياة اليومية
Scientific research applications	تطبيقات الابحاث العلمية
Special applications	تطبيقات خاصة

1-4-9 التطبيقات الصناعية Industrial applications

ادخل الليزر في التطبيقات الصناعية منذ اول اكتشافه في 1960. وبالاخص في القياسات Measurements وفي الترصيف Alignment للاجهزة البصرية وانابيب الضخ وخطوط الكهرباء واجهزة القياس ولاستخدم في مجال التصنيع كالقطع واللحام والصهر والتبخير وفي تصنيع الدوائر الإلكترونية المتكاملة وفي الحفر على الزجاج وغيره.

2-4-9 التطبيقات الطبية Medical applications

دخل الليزر في التطبيقات الطبية وهي كثيرة ولذلك تقسم هذه التطبيقات اما حسب نوع المعالجة كأن تكون تطبيقات الليزر في الجراحة أو في مجال طب الاسنان أو طب العيون وتقسم ايضا حسب نوع الليزر المستخدم في الطب مثل ليزر ثاني اكسيد الكربون او ليزر النيتروجين او ليزر الاكسيمر وتقسم في بعض الاحيان حسب طبيعة المعالجة مثل تطبيقات الجراحة او لحام الاوعية الدموية او التشخيص..والتقسيم الاخير اكثر استخداماً ولفهم تطبيقات الليزر في الطب يجب دراسة العلاقة بين اشعة الليزر المختلفة والخلايا الحية. وهذه العلاقة تعتمد على خصائص الليزر من ناحية طوله الموجي وشدته وشكله عند سقوطه على الجسم المراد علاجه. يمكن تغيير الطول الموجي من خلال

تغيير نوع الليزر والتحكم بشدة الاشعة يتم من خلال التحكم في زمن تسليط الليزر و قوة الضخ المستخدم أما شكل حزمة اشعة الليزر فيتحكم بها من خلال عدسات التركيز المستخدمة. فإذا اعتبرنا ان طاقة اشعة الليزر في حدود 1 واط فإنه يمكن بتغيير الطول الموجي التحكم في طبيعة العلاقة بين الليزر والخلايا الحية.

- الليزر الذي يعمل في منطقة الاشعة فوق البنفسجية البعيدة يقتل الخلايا الحية مثل RNA و DNA.
- الليزر الذي يعمل في منطقة الاشعة فوق البنفسجية القريبة يحدث تفاعل كيميائي مع مكونات الخلايا.
- الليزر الذي يعمل في منطقة الاشعة المرئية يحدث تأثير حراري على الخلايا لامتصاصها طاقة الليزر.

العلاج بالليزر له خصائص عديدة منها قلة الفقد في الدم نتيجة للقطع كما انه نبضات الليزر تكون قصيرة زمنيا مما يجعل المريض لا يشعر بألم كما ان استخدام الليزر يعطي للطبيب رؤية واضحة للمنطقة التي يعالجها لقلة الادوات الميكانيكية التي يستخدمها الطبيب كما ان العلاج لا يحتاج إلى احداث جرح يذكر في جسم المريض وبالتالي يمكن للمريض مغادرة المستشفى فور زوال تأثير التخدير كما ان الليزر يمكن ان يتم التحكم به بواسطة الحاسوب مما يعني دقة فائقة في العملية.

من المجالات الطبية التي يدخل فيها الليزر للعلاج هي:

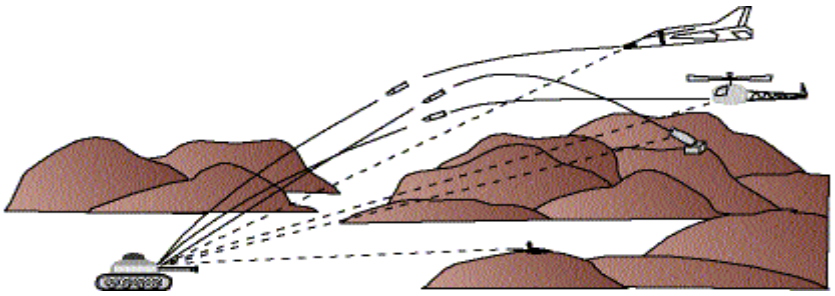
علاج العيون و الجراحة العامة و انف واذن وحنجرة و طب الأسنان و الأمراض الجلدية و أمراض الجهاز الهضمي وقولون المستقيم و جراحة تجميلية و أمراض النساء و جراحة المسالك البولية و لأورام و جراحة العظام و جراحة المخ والأعصاب و الطب البيطري و القلب والأوعية الدموية.

3-4-9 التطبيقات العسكرية Military applications

منذ اكتشاف الليزر والكثير من الابحاث المتعلقة في تطويره كانت للاستخدام في المجالات العسكرية وغالبا ما تكون هذه الابحاث غاية في السرية ولا تكشف إلا بعد سنوات. ومن هذه التطبيقات نذكر استخدام الليزر في التصويب واستخدامه في التفجير عن بعد أو توجيه القذائف وفي

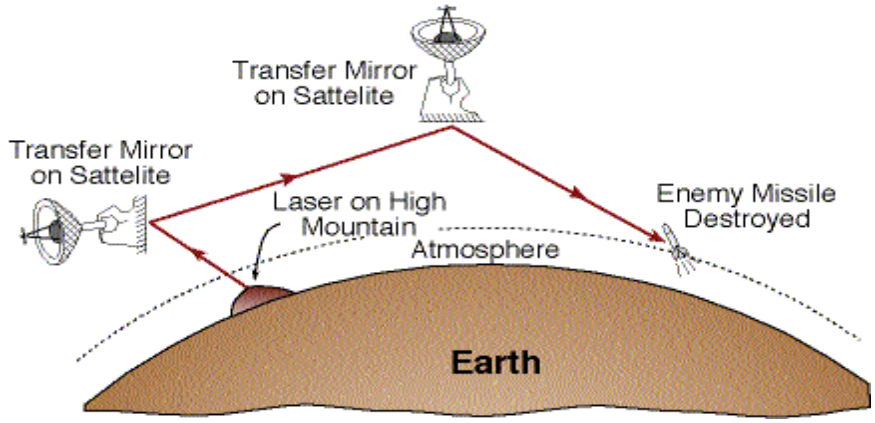
تعقب الهدف مهما كانت سرعته وقدرته على تغيير وجهته وفي اسلحة ما يسمى بحرب النجوم كما تدخل في ابطال مفعول اجهزة الخصم الالكترونية واصابته بالعمى.

في المثال التالي نوضح فكرة استخدام الليزر في توجيه القذائف حيث تقوم الطائرة بتوجيه نبضات من اشعة الليزر غير المرئية على الهدف و اجهزة الاستقبال مثبته على القذائف الموجهة تقوم بتتبع النبضات المنعكسة عن الهدف إلى ان تصيبه. وهذه التكنولوجيا دقيقة إلى درجة كبيرة مستفيدة من حزمة الليزر المستقيمة وسرعة انتشار ضوء الليزر وامكانية التحكم بالنبضات التي تكون عبارة عن رمز من الصفر والواحد التي يفهمها الكمبيوتر الموجه للقذيفة.



(58): الأستخدام العسكري لليزر في توجيه قذائف الطيران

مثال اخر نضربه على التطبيقات العسكرية لليزر في حرب النجوم وهذا الاسم الذي اطلقته الولايات المتحدة على نظام الدفاع ضد الصواريخ التي قد تهاجمها من الفضاء بأن ترسل حزمة من نبضات الليزر اما من محطة ارضية على جبل مرتفع أو من اقمار صناعية في الفضاء ذات طاقة هائلة لتسافر بسرعة الضوء وتصيب تلك الصواريخ وهي في الفضاء مباشرة بعد اطلاقها.



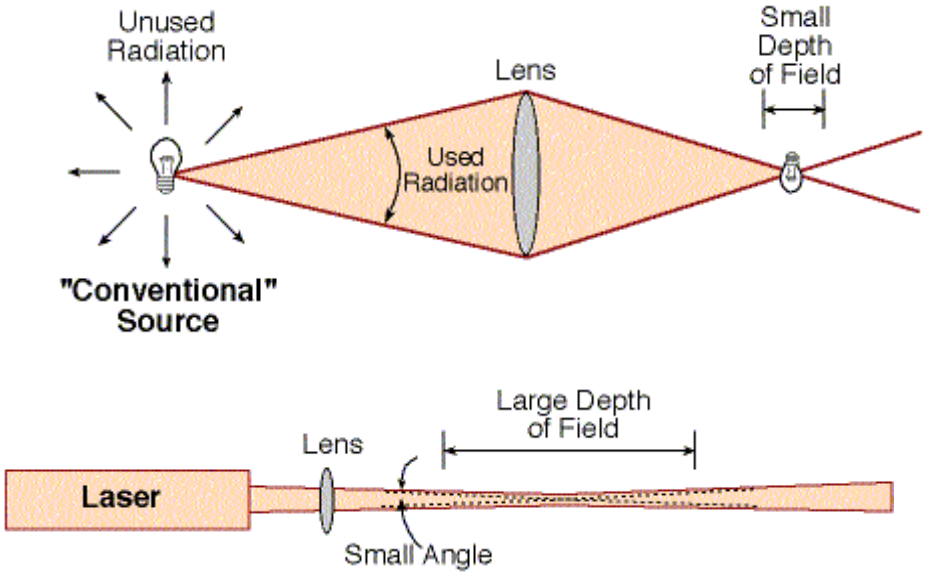
(59): التطبيقات العسكرية لليزر في حرب النجوم

4-4-9 تطبيقات الحياة اليومية Daily applications

لليزر تطبيقات عديدة في مجال استخدامات الحياة اليومية وتقسم هذه التطبيقات على النحو التالي:

1) تطبيقات الليزر في البيت الاقراص المضغوطة (الوسائط المستخدمة لتخزين المعلومات)
2) تطبيقات الليزر في العمل طابعة الليزر (وسائط تخزين المعلومات , الحاسوب الضوئي)
3) تطبيقات الليزر في التجارة قارئ البار كود (العلامة الهلوغرافية)
4) تطبيقات الليزر في الاتصالات الالياف الزجاجية المستخدمة للاتصالات (الفضائي)
5) تطبيقات الليزر في التسلية عروض الليزر في المناسبات والاحتفالات والاعياد (معارض التصوير ثلاثي الابعاد)

وهنا يجب أن نوضح خاصية امتاز بها شعاع الليزر عن غيره من مصادر الضوء العادي وهي عمق مجال تركيز الليزر والشكل التالي يوضح هذا المصطلح. في حالة تركيز اشعة الضوء العادي باستخدام عدسة فإن عمق تركيز الاشعة لا يتعدة الميليمتر فقط.



(60): مقارنة عمق مجال تركيز الليزر بالضوء الطبيعي

أما عمق تركيز اشعة الليزر فيصل إلى ما يقارب 50 سنتيمتر ان لم يكن اكثر وهذا يعطي مجالا واسعا للتطبيقات التي يجب فيها تحريك الليزر.

9-4-5 تطبيقات الابحاث العلمية Scientific research applications

قلما يوجد بحث علمي سواء في مجال الفيزياء أو الكيمياء أو الجيولوجيا أو الاحياء إلا ويستخدم الليزر كأداة رئيسية في هذه الابحاث ومن تطبيقاته في المجالات العلمية نذكر التالي:

1) المطيافية Spectroscopy
2) الانصهار أو الرسم بالليزر Laser (inertial) fusion
3) نبضات قصيرة جدا (10^{-15} فمتو ثانية) (10^{-15} femtosec)
4) تبريد الذرات بالليزر Laser cooling of atoms
5) دراسة التفاعل بين الإشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة

وكل موضوع من المواضيع السابقة بحاجة إلى كتاب لشرحة وذكرت هنا لمعرفة فقط .

9-4-6 التطبيقات الخاصة Special applications

هذه من التطبيقات المتقدمة ولا مجال للشرحا بالتفصيل في هذه المرحلة ونذكر من هذه التطبيقات ما يلي:

1) نقل الطاقة في الفضاء Energy transport in space

وهي محطات فضائية للاستخدام البشري ويعتمد على الليزر في تزويدها بالطاقة اللازمة عن طريق توجيه اشعة الليزر من الأرض للمحطة الفضائية.

2) الجايروسكوب الليزري Laser gyroscope

وهو جهاز يستخدم في للحفاظ على الاتجاه في الفضاء

3) ليزر الألياف Fiber laser

وهي تطبيقات تعتمد على توليد الليزر في الالياف الزجاجية بدون الحاجة إلى استخدام الطاقة الكهربية لعملية الضخ.