وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

ليزر غاز CO_2

بحث تقدّم به الطالب

علي حمزة معيوف

إلى مجلس كلّية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل، وهو جزءٌ من مُتطلّبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

بإشراف

د. خالد حسن بدر

١٤٤٤هـ ٢٠٢٣م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَكَفَى بِاللَّهِ وَلِيًّا وَكَفَى بِاللَّهِ نَصِيرًا﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة النساء: الآية ٤٥

الإهداء

إلى موحد الأمّة وهاديها الرسول الكريم محمد (ص) . . .

الى الشهداء الذين قدموا أرواحهم من أجل العراق ووحدته.

الى روح والدتي العزيزة والى والدي روحي فداه رمز العطف والحنان .

إخوتي وأخواتي

الباحث

شكر وتقدير

من باب العرفان بالجميل أقدم الشكر الجزيل وبالغ الامتنان إلى صاحب اليد المعطاءة والخلق الرفيع والعقل المتقد بالعلم والمعرفة استاذي المشرف (خالد حسن بدر) بما أولاني من العناية وإبداء الملاحظات العلمية الدقيقة في سبيل إتمام بحثي المتواضع.

ولكل من تتلمذت على أيديهم وكان لهم فضل الإسهام في بناء شخصيتي العلمية منذ بداية دراستي وحتى الآن في كلية التربية للعلوم الصرفة بجامعة بابل للجهود التي بذلوها من الناحية العلمية طيلة فترة الدراسة اقدم خالص امتناني وجزيل شكري.

كما أتقدم بخالص الحب والامتنان لمعين العطاء الذي لا ينضب والدي العزيز، وإلى من كرمها الله فوضع الجنة تحت قدميها أمي الحبيبة، وإلى من أمضيت معهم أجمل أيام عمري إخوتي وأخواتي. وزملائي ولكل من أسهم معي في إتمام هذا البحث.

الباحث

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الآية القرآنية	أ
الإهداء	ب
شكر وتقدير	ج
المحتويات	د
المقدمة	١-٢
المبحث الاول : **مفهوم الليزر وانواعه**	٣ - ١٥
المبحث الثاني: **ليز غاز** CO_2 **واستعمالاته**	١٦ - ٢٩
المصادر والمراجع	٣٠ - ٣١

المقدمة

المقدمة

يعمل الليزر على تكوين إشعاع ضوئي متماسك أحادي اللون ومضبوط بشكل جيد وموجه بدقة. ويعد خياراً مثالياً لتركيز الضوء في الفضاء أو الوقت أو الأطوال الموجية .

يوجد العديد من أنواع الليزر منها البلوري والزجاجي وأشباه الموصلات والغازات والسوائل والحزم الإلكترونية العالية الطاقة. ويمكن أن تقوم الغازات القريبة من النجوم الساطعة بتوليد طاقة انبعاثية محفزة. ويتم استخدام الليزر الذي يحتوي على أشباه موصلات بشكل كبير حيث تقوم بإصدرا ضوء مرئي أو أشعة تحت حمراء عند مرور التيار الكهربائي.

ليزر ثنائي أكسيد الكربون (ليزر-CO2) هو أحد أنظمة الليزر التي تعتمد على غاز ثنائي أكسيد الكربون في تشغيلها، وهو واحد من أوائل أجهزة ليزر الغاز التي تم تطويرها، وذلك في مختبرات بل سنة ١٩٦٤.

وجد كثير من تقنيات الليزر المستخدمة في علاج مشاكل الجلد وندبات حب الشباب والتجاعيد في الوجه والرقبة، ومن بين ذلك ليزر الضوء النابض المكثف "Intense Pulsed Light"، و الليزر الكربوني "Carbon Dioxide Laser"، و ليزر كيو سويتش "Q-Switched"، وليزر ثاني أكسيد الكربون الجزئي ""co2"،

المبحث الأول

مفهوم الليزر وأنواعه

١- مفهوم الليزر:

ان تسمية الليزر هي مختصر لـ(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ويقصد بها تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المحفز وهو عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية، بينما يشع المصدر الضوئي العادي موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها قوة الليزر(١).

وتستعمل كلمة الليزر للتعبير عن أية منطقة من مناطق الطيف، والتي بواسطتها يتم التعرف على نوع الليزر والذي يبدأ من الموجات الراديو الطويلة إلى الموجات القصيرة لأشعة كاما العالية الطاقة(٢).

وعلى ما تقدم يمكن تعريفه بأنه جهاز يحول الطاقة من مصادر مختلفة إلى صورة إشعاع كهرومغناطيسي يمتلك العديد الخواص التي تميزه عن أي مصدر، إذ ينتج الليزر حزمة ضوئية رفيعة جداً لدرجة انها قادرة على ثقب مائتي حفرة فوق نقطة صغير بحجم رأس دبوس، وبسبب إمكانية تركيز أشعة الليزر إل هذا الحد من الدقة فإن هذه الأشعة تكون قوية جداً، والتي يمكن بواسطتها قطع اشياء صلبة، ويمكن أيضاً نقل حزمة الليزر إلى مسافات بعيدة دون أن تفقد قوتها(٣).

٢- أسس عمل الليزر:

هناك من مجموعة من الأسس التي بواسطتها يتم عمل الليزر وهي كالاتي:

أ- الانبعاث التلقائي:

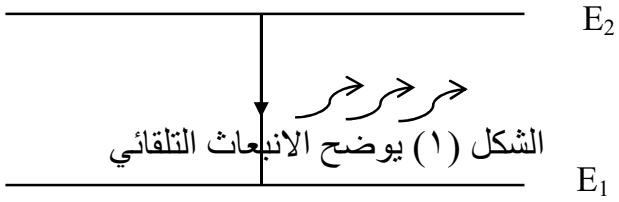
لو افترضنا وجود عدد من الذرات في أحد مستويات الطاقة، وليكن (E_1) يقع تحت مستوى طاقة آخر (E_2) بحيث يكون ($E_1 < E_2$) فعندما يتم امتصاص فوتون طاقته (hv) :

$$Hv = E_1 - E_2$$

وتنتقل هذه الذرات من المستوى (E_1) إلى المستوى (E_2) ويليها انتقال من المستوى (E_2) إلى المستوى (E_1) فتنبعث فوتونات عشوائية الطاقة والاتجاه والطور

(١) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، جامعة ام القرى، السعودية، ص٥.
(٢) محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، جامعة دمشق، سوريا، ٢٠٠٦م، ص٢١.
(٣) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، مصدر سابق، ص٧.

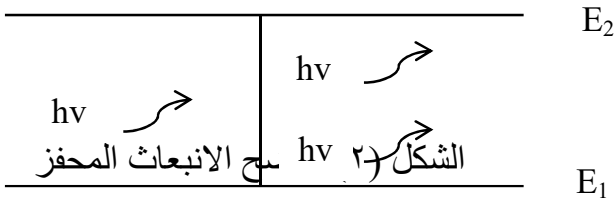
عبر انتقال يسمى بالانتقال التلقائي، وهذه الخاصية متعلقة بالذرة نفسها، ولا تحتاج إلى مؤثر خارجي، كما في الشكل التالي.



الشكل (١) يوضح الانبعاث التلقائي

ب- المحفز للانبعاث:

يحصل التحفيز للانبعاث عند تفاعل فوتون ثاني له نفس طاقة الفوتون الممتص مع الذرة فيحفزها لبعث فوتون، ويمكن أن يحدث هذا الانبعاث قبل انقضاء العمر الزمني، وان الفوتون الثاني لا يتم امتصاصه من قبل الذرة، غير ان وجوده يتسبب في ان تبعث الذرة فوتون آخر وينبعث الضوء في اتجاه يحدده الفوتون المحفز، ومؤدى ذلك فإن كلا الفوتونين المحفز والمنبعث يرتحلان بعد تركهما للذرة في اتجاه واحد، وبما أن الطاقة للفوتونين هي نفسها فإن الضوء المنبعث يمتلك طول موجي واحد، وعلى هذا تنطبق قمم الموجات الكهرومغناطيسية بعضها مع بعض وكذلك تنطبق في تقعراتها[١].



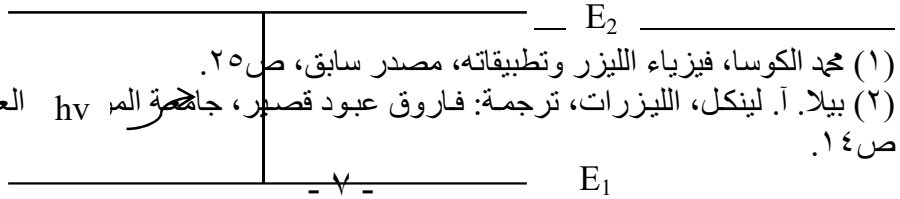
الشكل (٢) يوضح الانبعاث المحفز

ج- الامتصاص:

لو افترضنا أنَّ ذرة موجودة في البداية على المستوى الأرضي (E_1) للذرة فسوف تبقى هذه الذرة فترة من الزمن في هذا المستوى ما لم تتعرض لمؤثر خارجي، ولو افترضنا أن موجة كهرومغناطيسية ذات تردد محدد بالمعادلة التالية :

$$E_1 - E_2 = hv$$

أسقطت على المادة ففي هذه الحالة هناك احتمالية معينة لانتقال تلك الذرة إلى المستوى الثاني (E_2) ويكون الفرق في الطاقة الناتج من $E_1 - E_2$ هو مقدار الطاقة اللازمة للانتقال، إذ تحصل عليه الذرة عن طريق الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة وهي تمثل عملية الامتصاص[٢].



(١) محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، مصدر سابق، ص٢٥.
(٢) بيلا. آ. لينكل، الليزرات، ترجمة: فاروق عبود قصير، جامعة الموصل، العراق، ١٩٨٤م، ص١٤.

شكل (٣) يوضح عملية الامتصاص

٣- خصائص أشعة الليزر:

أ- أحادية اللون:

من دون الدخول في التفاصيل الدقيقة نستطيع القول إن هذه الخاصية ناشئة عن إمكانية تضخيم شبه انتقائي للموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد (v) المحدد بالمعادلة:

$$v_0 = \frac{(E_1 - E_2)}{h}$$

والمرآتين تشكلان مجاوبة فالتذبذب يحدث فقط عند الترددات الرئيسية لهذه المجاوبة . وهذا يؤدي إلى كون عرض الخط الليزري أضيق بكثير، أكثر من (١٠) مراتب من قيمة عرض خط الانتقال في الإصدار التلقائي[١].

ب- الترابط:

من الممكن إدخال المفهومين الترابط المكاني والترابط الزماني للترابط لأي موجة كهرومغناطيسية عن طريق افتراض نقط معينة بدلالة زمن، ولتوضيح الترابط المكاني نتصور نقطتين (P_1 , P_2) في اللحظة ($t = 0$) تكونان على نفس صدر الموجة الكهرومغناطيسية. على فرض أن الحقل الكهربائي عند هاتين النقطتين $E_1(t)$ و $E_2(t)$ على التوالي. ومن الواضح إن فرق الطور بين هذين الحقلين يساوي الصفر عندما ($t = 0$).

والآن إذا بقى فرق الطور صفر لأي زمن ($t > 0$) فيقال عندئذ أنه يوجد ترابط تام بين النقطتين. أما إذا تحقق هذا لأي نقطتين على صدر الموجة فيقال أن الموجة لها ترابط مكاني تام . من الناحية التطبيقية لكي نحصل على ترابط جيد للطور، لأي نقطة P_1 يجب أن تقع النقطة P_2 ضمن منطقة محددة حول النقطة P_1، وفي هذه الحالة يقال أن الموجة لها ترابط مكاني جزئي ويمكننا عند أي نقطة p إدخال سطح ترابط معين $S_c(p)$ [٢].

أما الترابط الزماني فيمكن إيضاحه عن طريق تصور المجال الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية عند نقطة معينة P في اللحظتين t و $t + \tau$. إذا بقي فرق الطور بين الحقلين ثابتاً بعد تأخر زمني محدد τ . وبقي ثابتاً لأي زمن t فيقال إنه يوجد ترابط زماني خلال الفترة الزمنية τ ، وإذا تحقق هذا لأية قيمة لـ(τ) فيقال أن الموجة الكهرومغناطيسية لها ترابط زماني تام، أما إذا تحقق هذا لتأخر زمني τ بحيث أن:

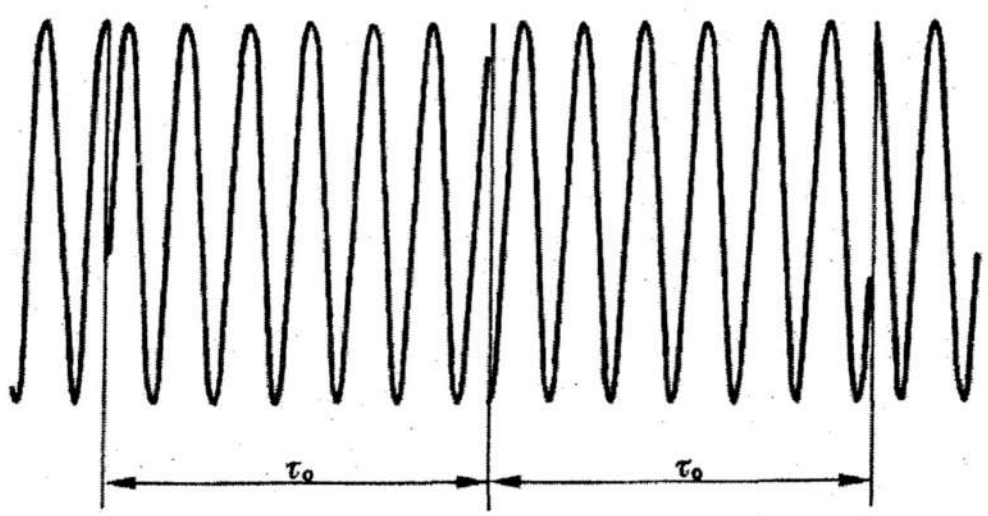
---

(١) محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، مصدر سابق، ص٣١.

(٢) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، مصدر سابق، ص١٤.

$0 < \tau < \tau_0$

فيقال أن الموجة تملك ترابط زماني جزئي بزمن ترابطه τ_0. كما مبين في الشكل التالي:



شكل (٤) يبين موجة كهرومغناطيسية مترابطة وطول ترابطها الزمني τ_0

نلاحظ أن مفهوم الترابط الزماني يتصل مباشرة بأحادية الطول الموجي ،وسنثبت أن الموجة الكهرومغناطيسية لها ترابط زماني τ_0 ولها عرض نطاق ترددي ($\Delta v \cong 1/\tau_0$) وهذا أيضاً واضح من المثال السابق.

ومن الجدير بالملاحظة أن مفهومي الترابط الزماني والمكاني لا يتوقفان أحدهما على الآخر. الواقع هو أنه يمكن إعطاء مثال لموجة لها ترابط مكاني تام وترابط زماني محدود (والعكس صحيح)، إذ إن مفهومي الترابط الزماني والمكاني يقدمان فقط وصفاً ضمن المرتبة الأولى، أما المراتب العليا فلها معطيات وفروض لا يسع المقام لذكرها. إن هذا البحث يسلط الضوء على أساس للفهم الكامل للاختلاف بين المصادر الضوئية الاعتيادية والليزر. إذ إن حزمة الليزر تختلف أساساً عن المصادر الضوئية الاعتيادية.

ج- الاتجاهية:

إن خاصية الاتجاهية هي نتيجة مباشرة لكون أن المادة الفعالة موضوعة داخل مجاوبة مثل المرآتين المستويتين المتوازيتين كما في الشكل (٥) والحقيقة هي أن تلك الأشعة التي تسير على طول محور المجاوبة (والتي تسير مجاورة له) هي وحدها التي تطيل البقاء داخل المجاوبة. وللحصول على فهم أدق الخصائص الاتجاهية لحزمة أشعة الليزر أو على العموم لأي موجة كهرومغناطيسية نجد من المناسب دراسة حالة أشعة ذات ترابط مكاني تام وأشعة ذات ترابط مكاني جزئي بشكل منفصل.

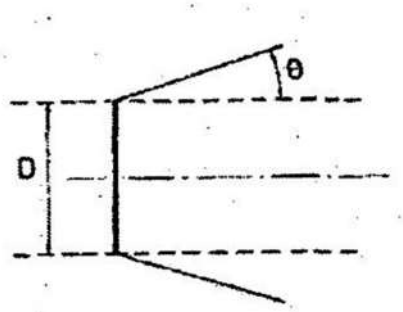
د- السطوع:

يعرف سطوع المنبع للموجات الكهرومغناطيسية بأنه القدرة الصادرة عن واحدة المساحة من السطح لكل وحدة زاوية مجسمة، ولكن أكثر دقة لنفرض أن dS تمثل عنصر المساحة للسطح عند النقطة 0 للمنبع، إذ يمكن تمثيل القدرة المنبعثة من dS ضمن زاوية مجسمة dΩ حول الاتجاه بالعلاقة:

$$dP = B \cos\theta \, ds \, d\Omega$$

إذ ان θ تمثل الزاوية والناظم على السطح وان العامل $B \cos$ يظهر من ان الحقيقة الكمية الفيزيائية المهمة هي مسقط dS على مستوى عمودي على الاتجاه وتعرف الكمية B من المعادلة اعلاه والتي تدعى السطوع المنبع في النقطة 0 .

ويعد السطوع أهم وسيط لحزمة أشعة الليزر، فإذا شكلنا الصورة لأي منبع ضوئي عبر جملة ضوئية معينة بافتراض أن الجسم والصورة يقعان في نفس الوسط وليكن الهواء مثلا يتبين أن سطوع الصورة يكون دائماً أقل أو يساوي سطوع المنبع، وتتحقق المساواة عندما تعطي الجملة تصويرا بدون فقد أو خسارة للضوء الصار من المنبع كما مبين في الشكل الاتي:



شكل (٥) يبين اوية فرق θ

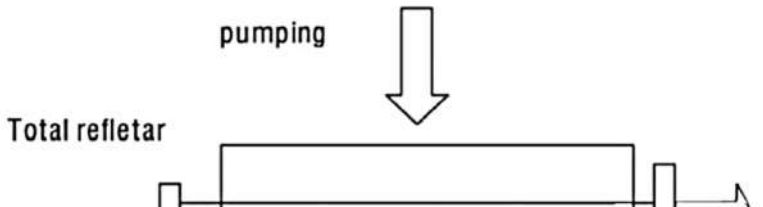
٤- مكونات جهاز الليزر الاساسية:

يتكون جهاز الليزر من مجموعة من المكونات وهي:

أ- الوسط الفعال: هو نظام ذو عدد كبير من الذرات أو الجزيئات و الأيونات لوسط مادي بحالته (الصلبة، أو السائلة، أو الغازية).

ب- الضخ: ويتحقق باستخدام طرق ضخ معينة تنفذ وفق مخططات خاصة تناسب مستويات الطاقة لذرات الوسط الفعال، ويطلق عليها أيضًا (التأهيل العكسي).

ج- المرنان: هو تجويف رنيني ذي يستخدم من أجل الحصول على عملية تضخيم للأشعة، وأن أول تصميم للمرنان في المدى المرأي هو مقياس التداخل، الذي يتألف من مرآتين مستويتين متقابلتين بشكل متوازي يوضع الوسط الفعال بينهما وتكون إحدى المرآتين شفافة جزئيًا لكي يخرج جزء من الإشعاع بشكل موازي لمحور المرآتين يمثل انتاج الليزر.



شكل (٦) يمثل مكونات جهاز الليزر

٥- انواع الليزرات

هناك أنواع متعددة لأجهزة الليزر تعتمد في أساسها على نوع العنصر الفعال المستعمل فيها، وفيما يأتي إيجاز لهذه الأنواع:

أ- ليزرات الحالة الصلبة:

تعد ليزرات الحالة الصلبة من أكثر انواع لليزر شيوعاً ومن أبرزها ليزر الياقوت الذي يكون عنصرها الفعال بلورة ياقوت قرنفلية اللون إذ تتم اثارتها عن طريق تشعيعها من مصباح وميضي، ومجهزة بسطوح عاكسة. فعند قدح المصباح يبعث وميضا ذا لون اخضر وازرق لفترة قصيرة ثم يقوم الياقوت على امتصاص هذا اللون وبهذا يرتفع عدد الايونات الى مستوى الاقة العريضة الواقعة فوق مستوى الهمود، كما أن الفوتونات المنبعثة آني والمنتقلة من خلال البلورة ستعمل على حث اشعة اضافية، وبالتالي سيتراكب الانبعاث المحتث مع الابتعاث الاني، وتكون النتيجة الصافية خسارة في عدد الفوتونات الاشعة المهيجة.

ب- ليزرات أشباه الموصلات:

تختلف هذه الليزرات في المظهر والحجم وطريقة الإثارة فيما لو قورنت باليزرات الصلبة، غير انها تشترك في صفات ومزايا اخرى، إذ انها تستعمل الوسائل ذاتها لخلق واستحداث وسط فعال له القابلية على التكبير.

وتكون مستويات الطاقة فيها لبلورة نقية من أشباه الموصلات يمكن ان تجمع وتصنف كنطاقات ترددية، وتكون هذه النطاقات مفصولة عن بعضها البعض بفجوات صغيرة، والنطاقات الترددية الدنيا من شبه الموصلات تكون ملية بالالكترونات تمامًا.

وعند اضافة شوائب معينة (مانحة) الى شبه الموصل تزداد عدد الالكترونات في نطاق التوصيل وتدعى البلورة الناتجة بعد اضافة هذا النوع من الشوائب بشبه موصل سالب، أما اذا اضيف شوائب (قابلة) فانها تلق فجوات الكترونية موجبة في نطاق التكافؤ، والمادة الناتجة تدعى بشبه موصل موجب.

ج- ليزرات السوائل:

تحصل ليزرات السوائل على الإثارة بطريقة التشعيع وباستخدام مصباح وميضي، وأما الشكل العام لكل من مصدر الإثارة والمادة الفعالة فمشابه لما هو مستخدم في ليزرات الحالة الصلبة، ووجه الاختلاف بينهما يكون معامل التمدد الحجمي الحراري للسائل

ذات قيمة عالية، فالمادة الليزرية السائلة لا يمكن حصرها في وعاء زجاجي أو كوارتز، بل يجب اعطاؤها بعض المجال بغية ان تتمدد حجميا او جعل طول انبوبة الليزر قابلا للتغير.

د- ليزرات الغاز:

تكون ليزرات الغاز عن طريق اثارتها بطريقة مختلفة من العمليات المعقدة التي تحدث في انبوبة التفريغ الكهربائي، وانها تحصل على اثارتها عن طريق الارتطام الالكتروني وعن طريق انتقال الاثارة فيما بين الذرات والجزيئات المرتطمة مع بعضها البعض، إذ يتم حصر الغاز في انبوبة زجاجة او كوارتز يبلغ طولها (٥٠سم) وقطرها الداخلي حوالي (٠.٥سم) ويتم تهييج التفريغ الكهربائي بواسطة تيارات راديوية باستخدام اقطاب توضع على الجدار الخارجي للانبوبة، ويكون التزويد بالتفريغ بالطاقة عن طريق مصدر تيار مستمر او مصدر تيار متناوب واطي التردد، ويعتمد المعدل الزني لحدوث الظواهر على تريب الغاز بل يعتمد على الضغط والشكل الهندسي للوعاء.

المبحث الثاني

ليز الغاز CO_2

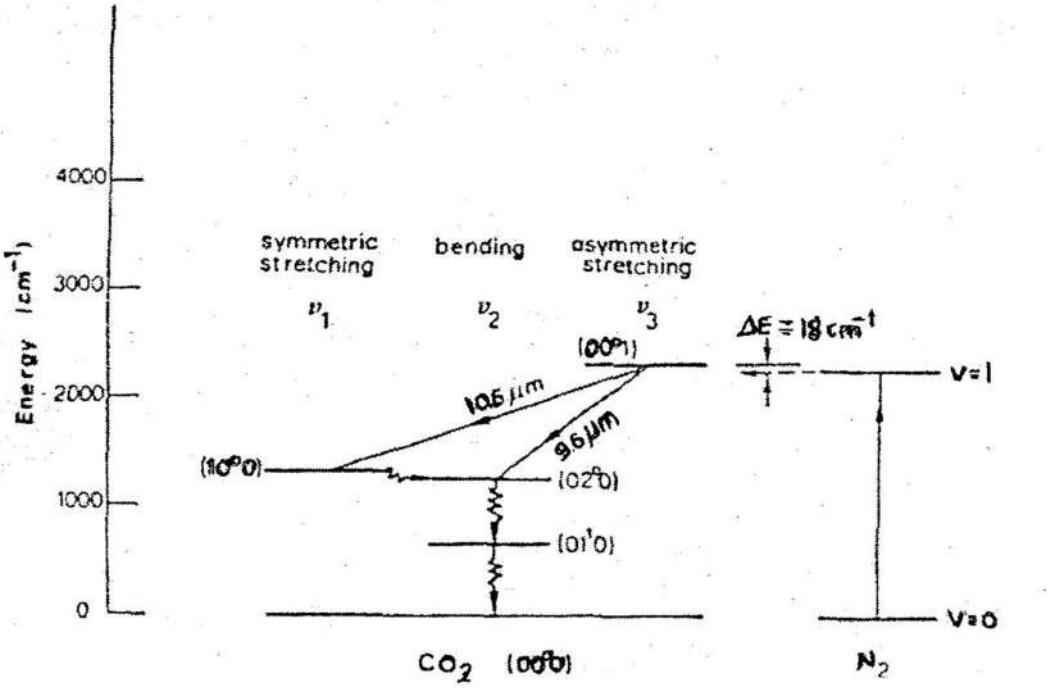
المبحث الثاني:
ليزر غاز CO_2

يمتاز ليزر CO_2 بإمكانية إنتاجه لقدرات عالية مقارنة مع كثير من الليزرات الغازية فضلاً عن إمكانية تصنيعه بأحجام مختلفة ، إن الأطوال الموجية الناتجة عن عملية الفصل الليزري في ليزر CO_2 تقع ضمن المنطقة تحت الحمراء في الطيف الكهرومغناطيسي وبالتحديد عند الطولين الموجيين (10.6μm) و(9.6μm)، وإن ما يتميز به ليزر CO_2 كونه شعاع غير مرئي وذات قدرة عالية والتي قد تصل في بعض الحالات إلى مراتب عالية، أدى إلى إستخدامه في كثير من المجالات فإستحق بذلك لقب ليزر الموت. ومن الطبيعي أن تكون لأشعة الليزر إستخدامات متعددة في حقول الأبحاث العلمية والتقنية المختلفة نظراً لميزات هذه الأشعة بصورة عامة ولليزر CO_2 في عمليات القطع واللحام وتثقيب العديد من المعادن كما يستخدم في دراسة الإندماج بتأثير الليزر والكتابة والنقش على رقائق أشباه الموصلات وكذلك في مجال الإتصالات على الأرض وفي الفضاء ويستخدم كذلك في أنظمة التحقق وأنظمة التحذير، فضلا عن إستخدامه في مجال الطب والمجالات العسكرية، ونظراً لهذه القدرة العالية لليزر CO_2 وكونه شعاعاً غير مرئي (IR) لذا يجب مراعاة شروط الأمان في المختبر ولاسيما على حاسة البصر.

آلية العمل في ليزر CO_2

إن ليزر CO2 هو واحد من أقوى الليزرات إذ أمكن الحصول على استطاعات خارجة بحدود (80Kw) من ليزر CO2 للغاز الديناميكي CO_2 gas dynamic Laser) وواحد من أعظم الليزرات كفاءة عدا ليزر CO و الليزر الكيميائي HF النبضي المثار بواسطة حزمة إلكترونية حيث يمتلكان كفاءة أعلى[1].

يوضح الشكل الآتي مخططات مستويات الطاقة الاهتزازية للحالات الإلكترونية الأرضية لكل من جزيئة CO_2 وأن سويات طاقة CO_2 أكثر تعقيداً من ليرات بقية الغازات، لأن CO_2 جزيئة خطية ثلاثية الذرات Linear triatomic molecule .



شكل (٧) يمثل مستويات المستويات الاهتزازية لغاز CO_2

وتتمثل آلية اصدار الليزر في هذا النوع عندما تكون طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين مستوى طاقة الذرة أو الجزء على التوالي:

$$E_1 - E_2 = \Delta E$$

مع لأخذ بعين الاعتبار القواعد القائمة على الحفاظ على الدوران أو كمية التحرك الزاوي، والتي تعتمد على خواص تناظرية لخصائص الموجة[2].

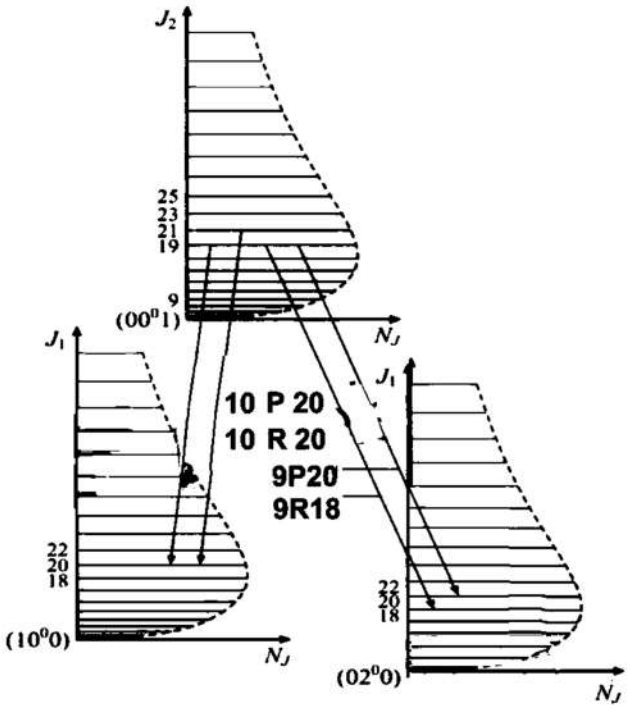
يتم الحصول على أقوى خطوط من شعاع الليزر CO_2 من الانتقالات الاهتزازية التي تتركز على أطوال موجة حوالي ($10.4\mu m$) و(00^01) إلى (02^00)

(١) محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، جامعة دمشق، سوريا، ٢٠٠٦م، ص٣٣٠.
(٢) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، مصدر سابق، ص٣٤.

التي تتركز أطوال موجة (9.4μm) بغية الحصول على هذه التنقلات المنتظمة فإنه يجب تطبيق قاعدة الاختيار لمستويات الطاقة العليا والدنيا[1].

$$\Delta J = J_2 - J_1 = F_1$$

فعندما تكون وضعية الدوان بطيئة (J_1) فإن هذا يؤدي إلى ظهور احتمالين فيما يتعلق بتحرير الفوتونات كما في الشكل الآتي:



شكل (٨) يمثل الانتقالات في ليزر CO_2

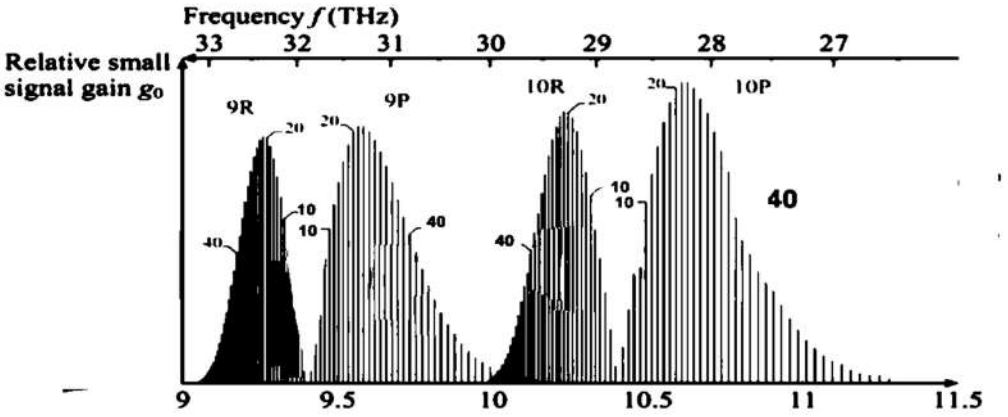
ويتم تحديد تنقلات الجزيئات بعد تحديد الرقم الكمي الدوراني عندما يكون الدوران بطيء يرمز لهذه التنقلات بالحرف (P) عندما يكون $\Delta J = -1$ ، و(R) عندما يكون $\Delta J = +1R$.

إن الانتقالات المختلفة بين مستويات الطاقة المتباينة (ΔW) وكذلك ترددات إطلاق مختلفة (F) وأطوال موجات (λ) بسبب تبيان مسافة مستويات الطاقة الدورانية في المعادلة :

$$(1=J)\ J.B = WR$$

وأن مقدار الربح النسبي للمجالات المنتظمة لشعاع الليزر CO_2 النموذجي يملك كل من التنقلين الاهتزاز بين الفرعين R و P ، وذلك بسبب المستويات المركبة للطاقة الدورانية وقواعد الاصطفاء، كما مبين في الشكل الآتي:

(١) إيهاب صلاح الدين، الطاقة وتحديات المستقبل، المكتبة الاكاديمية، القاهرة، ١٩٩٥م، ص٤٨.



شكل (٩) يمثل مقدار الربح في فرعين P , R في ليزر CO_2

أنواع ليزرات غاز CO_2

هناك عدة أنواع لليز غاز CO2 تختلف من وجه نظر تصميمة وتستعمل في مختلف المجالات الطبية والصناعية وهي[١]:

١- ليزرات مغلقة.

٢- ليزرات ذات جريان طولي بطيء.

٣- ليزرات ذات جريان طولي سريع.

٤- ليزر ذو ضغط جوي مثار عرضيًا.

٥- ليزر ذات جريان عرضي.

٦- ليزرات الغاز الديناميكية.

٧- ليزر الغاز الموجه.

تطبيقات الليزر

١ – تطبيقات الليزر في الطب

تعد فرضية استخدام تأثير الاشعاع المحفز (Stimulated emissian) التي وضعت لأول مرة من قبل العالم انشتاين عام ١٩١٧ الاساس العلمي لمبدأ عمل الليزرات بشكل عام، أن الانتشار والنجاح اللذين تحققا باستخدام الليزر في حقل الطب جعله اداة فعالة بيد الطبيب في جميع الاختصاصات . وان التطور الحاصل في حقول فيزياء الليزر جعل من امكانية تطوير اجهزة الليزر المتقدمة في مجال الطب تناسب احتياجات الاطباء كافة اذ اصبح من الممكن للجراحين ان يمسكون المشرط التقليدي بيد و الليزر باليد الأخرى، الأمر الذي جعل كل من التشخيص ، العلاج و التدخل الجراحي بوساطة الليزر هي الطريقة المثلى في كثير من الأحوال[٢].

يعد (Maiman) اول من استطاع ان يرى الاشعاع المحفز في الجزء المرئي من الطيف بتهيج قضيب من الياقوت Ruby Red بموجات مكثفة من مصباح ومضي [Flash Lamp]. في تموز عام ١٩٦١م تمكن (Maiman) من تصنيع اول جهاز ليزر طبي يولد اشعاعا ذا لون احمر ذهبي وقد استخدم هذا الجهاز عام ١٩٦٣ للسيطرة على نزف الشبكية ومن ثم تم اكتشاف ليزر ايون الاركون الاخضر المزرق اذ اخذ مكان ليزر الياقوت واصبح الليزر المفضل في الاستخدام من قبل اطباء العيون وفي عام ١٩٦١ م تمكن الباحث (Johnson) من تصنيع ليزر انديوم ياك ولكنه لم

(١) بيلا. آ. لينكل، الليزرات، مصدر سابق، ص٢٣٠.
(٢) عباس حمادي الوتار وآخرون، أشعة الليزر، جامعة بغداد، ١٩٩١م، ٣٧.

يمكن ليعمل بالنمط المستمر بل بالنمط النبضي ومن ثم اوجد اول جهاز ليزر (Nd-YAG) يعمل بالنمط المستمر (CW) عام ١٩٧٥م ،واستخدم هذا الجهاز لتنظير القناة الهضمية و السيطرة على النزف المعوي الحاد. تمكن. (Javan) وجماعته في عام ١٩٦١ م [٢] من تصنيع اول جهاز ليزري غازي مستخدما مزيجا من غازي الهليوم و النيون اذ تمكن من الحصول على حزمة حمراء ضعيفة لا تكفي للتفاعلات الحرارية و لكنها تعد حزمة مناسبة للترصيف و التسديد (Aiming Beam) مع الليزرات غير المرئية و المنظومات البصرية.

اما ليزر ثاني اوكسيد الكاربون فتمكن الباحث (Paltel) عام ١٩٦٤م [١١,١٠] من تصنيع اول منظومة ليزر الذي اصبح بعد ذلك اكثر الليزرات المعروفة استخداما في الطب في العقدين الماضيين و لاسيما في الاستخدامات الجراحية.

ويعد ليزر ثاني اوكسيد الكاربون من اهم الليزرات المستخدمة في الطب ولاسيما في التداخل الجراحي لما يمتلكه من خصائص فريدة بسبب طوله الوجي العالي (١٠.٦um) أي انه يمتلك طاقة حرارية عالية فضلا عن أن للماء قابلية امتصاص عالية لهذا الطول الموجي . و لما كان الماء يمثل اغلب مكونات خلايا الانسجة لذلك يمكن ان يتعامل هذا الليزر مع النسيج مباشرة دون وجود أي صبغة او محلول مضاف قبل اجراء العمليات، كما يفضل على الليزرات البقية كما في ليزر ايون الاركون مثلا و من مزاياه انه لا يتشتت داخل الانسجة مختلفا عن ليزر الانديوم ياك اذ ان هذه الظاهرة تميزه بجعله مثالي لعمليات القطع بسبب صغر مساحة القطع

يستخدم ليزر ثاني اوكسيد الكاربون في علاج الامراض النسائية اكثر من غيره من الليزرات فيستخدم في تبخير الورم الباطني الرحمي Endometeriomas) و فصل الالتصاقات في انابيب فالوب دون التداخل الجراحي التقليدي، وكذلك المبايض دون حدوث النزف الباطني و يستخدم في علاج الاكياس البطنية (Abdominal cysts).

ويستخدم ليزر ثاني اوكسيد الكاربون في علاج السرطان داخل الطلائي لعنق الرحم (CIN)، ويعد تبخير عنق الرحم افضل من الكي و التخريط (Conization) بالمشرط او العلاج بالتبريد (الزمهرير) Cryosurgery اذ يترك الرحم بحالة اكثر حيوية و دون تضيق او تندب فيه بحيث لا تؤثر على خصوبة المريضة.

امراض عنق الرحم الذي يستخدم فيها CO_2 ليزر

1- CIN (Cerical Intraepitheliel Neoplasia)

وهي الامراض التي يكون فيها تغيرات خلوية تسبق مرحلة الاورام السرطانية

(Cerical Intraepitheliel Neoplasia) الالتقاء (T) (Transmit ion zone)

٢- سرطان عنق الرحم Cervical canser

ويحصل عندما تكون هناك تغيرات خلوية تطابق موصفات الخلايا السرطانية مثلا تغيرات في النواة معدل الانقسام الخلوي معالجة CIN

مثلا:

تعالج امراض CIN جميعها بطرائق عدة منها IN II, CIN I يعالج بوساطة الكوي الحراري Thermal caurzation او بوساطة التبريد الزمهرير CO_2 laser. Cryosurgery

الا انه في حالة الـ(carcinoma in situ) CIN III التي تمثل خلايا سرطانية غير منتشرة يجري علاجها اما بعملية استئصال الرحم بالكامل أو بقطع عنق الرحم المخروطي يقتضي تخريط عنق الرحم أي ازالة جزء من العنق مخروطي يتناسب مع حجم الضرر و موقعه تفاعل الليزر مع الأنسجة.

يمتاز تفاعل الليزر مع الأنسجة بكونه ذا تأثير موضعي عال ويتم التفاعل تحت ظروف معينة يحددها نوع النسيج و كثافة تركيبه و خصائصه البصرية و الحرارية و كذلك الوسط الذي تجري فيه عملية التفاعل ليتم بعد ذلك تحديد الليزر الواجب استخدامه اذ يوصف شعاع الليزر بطوله الموجي و القدرة التي تحملها فوتوناته و النمط الذي نبعث به و الزمن الذي يستغرق نبضاته عند النمط النبضي و مساحة مقطع حزمته، و كثافة قدرته لكي تكون الاشعة ذات تأثير في نسيج ما يجب ان تمتص من قبل ذلك النسيج، اما اذا نفذت أو انعكست فلا تأثير لها فيه . وفي حالة تشتت الاشعة فهذا يعني امتصاصها من مساحة اكبر من النسيج.

و ينتج عن التشعيع بالليزر تاثيرات حرارية و آخرى غير حرارية التأثير الحراري Photo Thermal Effect على:

١- معامل امتصاص و معامل استطارة (Scattering) النسيج للحزمة الساقطة.

٢- كثافة القدرة Power Density) للحزمة الساقطة .

٣- مدة التعريض (Duration) الحزمة الليزر .

٤- حجم المنطقة المتعرضة للإشعاع (Spot Size)

٥- قابلية تبريد المنطقة من خلال الدورة الدموية.

ان معدل تحويل طاقة الاشعاع الساقط الى طاقة حرارية هو محصله مجموع التغيرات المذكورة في أعلاه. ان معظم تركيب الانسجة ما عدا العظم تتركب من الماء بنسبة (٩٥-٨٠) وبما ان ليزر CO_2 يمتص بالكامل من قبل الماء الموجود داخل الخلايا وبينها فان هذا الليزر ممكن ان يستخدم لقطع الانسجة . و تفسر ميكانيكية التلف

بالانتقال السريع للحرارة من الشعاع الى الخلية اذ ان سقوط شعاع الليزر على النسيج يعمل على حركة جزيئاته بحركة دورانية او اهتزازية داخل النسيج مما يؤدي الى رفع درجة حرارته.

استخدام ليزر ثاني اوكسيد الكاربون موديل والمصنع في ايطاليا (Biltz 50SV, (Gode. OMO 54 G01 ASA

من المعروف ان ليزر ثاني اوكسيد الكاربون يبعث حزمة ليزرية بطول موجي (١٠.٦um في المنطقة تحت الحمراء البعيدة وهذا يعني انها حزمة اشعة غير مرئية هذا يستلزم وجود ليزر لاغراض التوجيه و تحديد منطقة التعرض و لهذا الغرض استخدم ليزر هليوم - نيون بقدرة (١mW) بطول موجي (0.632 um).

ولصعوبة تحريك جهاز الليزر وتوجية شعاع مباشر الى المنطقة المطلوبة لكبر حجمه و لتاثير الحركة فيه لذلك تستخدم الاذرع المفصلية (Articulate) والنواظير المرنة (flex able endoscopes و الاجزاء اليدوية and pieces) لنقل الشعاع من الجهاز الى المكان المطلوب اذ يكمن السيطرة على هذه الادوات و تحريكها بحرية.

ليزر ثاني اوكسيد الكاربون المستخدم في الدراسة يستخدم بالنمط المستمر (CW) و النمط النبضي (pw) اعتماداً على طبيعة النسيج يمكن ان نعمل بالنمط المستمر كما في حالة القطع او الثقب . و يمكن ايضا ان يشتغل هذا الليزر بالنمط النبضي اذ يكون الانبعاث بشكل متقطع ، و بشكل نبضات قصيرة .

يمكن تحديد نمط التشغيل من خلال لوحة السيطرة المرافقة مع الجهاز و تحديد زمن النبضة .

ان معدل القدرة المجهزه بالنمط النبضي لا يمكن ان يتم اختياره مباشره اذ انها تعتمد على طول مدة الانبعاث وعلى معدل التكرار لهذه النبضات باستخدام مفتاح القدم.

نظام مفتاح القدم يعمل بتقنية الكتروميكانيكي Electromechanical Shutter وهي ذات تقنية عالية لفتح و غلق و تحديد مدة انبعاث ليزر CO_2 اعتمادا على الوقت الذي يحتاجه من قبل المشغل وبعد تحديد قدرة الجهاز المراد استخدامها و المدة اللازمة للعلاج يضغط المشغل على مفتاح القدم لبد عارض واراد المشغل ايقاف التعريض فعلية رفع قدمه عن مفتاح القدم ، وعند زوال العارض يضغط المشغل بقدمه على مفتاح القدم ، لإكمال التعريض للمدة المحددة سابقا . وفي حالة انتهاء المدة المحددة يقف الانبعاث اليا ايضا على الرغم من استمراره بالضغط على مفتاح القدم.

٢ـ تطبيقات الليزر في الصناعة

تستخدم أنواع من أجهزة الليزر التي تعمل بطاقات أقل، تصل حرارتها إلى و ١٨٠٠ درجة مئوية في الصناعة في قطع ألواح الصلب، قد يصل سمك اللوح منها

عندما يجري تحفيز جهاز الليزر بوساطة الكهرباء أو الضوء ترتفع طاقة ذراتها من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى، وتعاود الانخفاض إلى مستوى الطاقة الأدني مرورا بالمستوى الأوسط نتيجة عدم استقرار الجسيمات الواقعة في مسار الطاقة، عندها تنبعث الفوتونات في جهاز الليزر وتخرج من الجهاز بطاقة كبيرة وصلت أقصى ما وصلت إليه ١٧٠٠ مليون ميجاواط ويتم التفاعل في ثلاثة على عشرة ملايين ثانية وضغطها مليون وخمسين الف كيلو جرام على السنتيمتر المربع ودرجة الحرارة بين ١٠٠ ـ ٢٠٠ الف درجة. ويأمل العلماء باستعمال تلك الطريقة في التوصل إلى الاندماج النووي للعناصر الخفيفة مثل الهيدروجين الثقيل والتريتيوم والليثيوم بغرض إنتاج الطاقة الكهربائية[١].

ومن استخدامات الليزر لحام المواد الصلبة والنشطة والمواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية مع امتيازها بدقة التصنيع بسبب إطلاقها لحزمة كثيفة ضيقة مركزة ، كما تستطيع أشعة الليزر فتح ثقب قطره (٥ ميكرومتر) خلال (٢٠٠ ميكروثانية) في بعض المواد الصلبة (الماس والياقوت الأحمر (والتيتانيوم وبفضل قصر زمن التثقيب لا يحدث أي تغير في طبيعة المادة (لا يحدث انصهار أو تحولات في بنية المادة.

كما لها استخدام مهم آخر وهو 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 وجه شعاع ليزر من الأرض إلى القمر وبانعكاسه على المرأة على سطح القمر وعودته إلى الأرض استطاع العلماء حساب بعد القمر عن الأرض بدقة لم يتوصلوا إليها من قبل. وهي تستخدم أيضا في تحديد الأهداف بدقة بالغة جدا، حيث أن كان الهدف على مسافة ٢٠ كم ووجهنا شعاع ليزر فسوف ينحصر مقطع الشعاع في دائرة ضوئية قطرها ٧سم فقط[٢]. وإذا أطلقت إلى القمر فسيكون قطر الدائرة المشكلة كم فقط وتجري في أمريكا أبحاثا هائلة لاستخدام الليزر ذو طاقة عالية جدا لتدمير الصواريخ المعادية عاليا في الفضاء قبل وصولها إلى أمريكا، واستطاعوا تحقيق بعض النجاح على هذا الطريق ولكن الأبحاث لا زالت مستمرة، أولا الإتقان هذه التكنولوجيا الجديدة، ثم بناء شبكة عظمي لاكتشاف الصواريخ المعادية حين انطلاقها، ويتبع ذلك توجيه أجهزة الليزر القوي أو سلاح الليزر على الصاروخ المعادي لتدميره في الفضاء، وتتضمن هذه التكنولوجيا أيضا استخدام الأقمار الصناعية وقيامها بدور في هذا النطاق. وقد رصدت الولايات المتحدة أموالا باهظة لإحداث تقدم في هذا المشروع[٣].

كما يستعمل في الحصول على مياه صالحة للشرب مياه عذبة من المياه المالحة في البحار والبحيرات والآبار والمياه الجوفية تم استخدام طرق عديدة منها تقليدية ومنها حديثة ومتطورة وباستخدام تقنيات متطورة، فالترسيب والترشيح أصبحت طرق

---

(١) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، مصدر سابق، ص٣٧.
(٢) بيلا. آ. لينكل، الليزرات، مصدر سابق، ص٢٣٧.
(٣) شربل موريس، الموسوعة العلمية، ار الفكر العربي، القاهرة، ١٩٩٩م، ص١٥١.

قديمة وقد تسببت في تلوث البيئة فقد شهدت الآونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات التحلية والمعالجة ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم الصناعية في مجال مياه الشرب وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن طرق جديدة غير الطرق التقليدية وفي سبيل ذلك يتم استخدام أجهزة وتقنيات حديثة ومتطورة مثل عمليات التقطير الومضي و عمليات التناضح العكسي والتحلية والتقطير بواسطة الطاقة الشمسية أو بواسطة الوقود وتتم هذه العمليات بأجهزة تقطير أو تكثيف مفردة أو متعددة عن طريق كبس البخار أو التبادل الأيوني أو المعالجة الكيمياوية أو التحليل الكهربائي[١].

تعتمد الفكرة الأساسية لاستغلال الطاقة الشمسية في تحلية المياه عن طريق استخدام المستقطرات الشمسية على خاصية الزجاج حيث يسمح بنفاذ الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة حتى (٣ مايكرون) والتي تصدر من الأجسام الساخنة ذات الدرجات الحرارة العالية جدة كالشمس والتي تبلغ درجة حرارة سطحها حوالي (٦٠٠٠ درجة مطلقة). ولا يسمح بنفاذ الأشعة الحرارية ذات الأطول الموجية الطويلة التي تزيد على (٣ مايكرون) والتي تصدر من الأجسام ذات درجة الحرارة المنخفضة[٢].

ومن الجدير بالذكر أيضاً أننا لو استخدمنا طاقة وقدرة واطئة فأن درجة الحرارة للسائل (الماء) لا تصل إلى درجة حرارة التحول الطوري (الغليان) أما إذا استخدمنا طاقة عالية (قدرة عالية) يحصل لدينا تسخين ثم تحول طوري سريع ومفاجئ) غليان وتبخر) وهو ما يحصل في بحثنا الحالي والذي استخدمنا ليزر ثاني أوكسيد الكربون CO_2 كمصدر للقدرة والطاقة حيث يعتبر هذا الليزر من أكفأ ليزرات الغاز على الإطلاق فهو أكفأ الليزرات التي تعمل بشكل مستمر حيث يحقق كفاءة بحدود (٣٠%-٢٠) . وخرج بمقدار العديد من الآلاف من الواطات وهو يعمل في المدى تحت الأحمر من الطيف الكهرومغناطيسي غير (مرئي) وبطول موجة مقدارها (١٠,٦ مايكرومتر، Patel)[٣].

---

(١) ايهاب صلاح الدين، الطاقة وتحديات المستقبل، مصدر سابق، ص٥٢.

(٢) آرثر بايرز، مفاهيم الفيزياء الحديثة، ترجمة د. منعم مشكور، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، ١٩٨٠م، ص١٥٤ .

(٣) سهام قندلا، فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية، جامعة بغداد، ١٩٨٩، ص٦٤.

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع

القرآن الكريم

١. آرثر بايرز، مفاهيم الفيزياء الحديثة، ترجمة د. منعم مشكور، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، ١٩٨٠م.
٢. إيهاب صلاح الدين، الطاقة وتحديات المستقبل، المكتبة الاكاديمية، القاهرة، ١٩٩٥م.
٣. بيلا. آ. لينكل، الليزرات، ترجمة: فاروق عبود قصير، جامعة الموصل، العراق، ١٩٨٤م.
٤. سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، جامعة ام القرى، السعودية.
٥. سهام قندلا، فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية، جامعة بغداد، ١٩٨٩م.
٦. شربل موريس، الموسوعة العلمية، ار الفكر العربي، القاهرة، ١٩٩٩م.
٧. عباس حمادي الوتار وآخرون، أشعة الليزر، جامعة بغداد، ١٩٩١م.
٨. محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، كلية العلوم، جامعة دمشق، سوريا، ٢٠٠٦م.