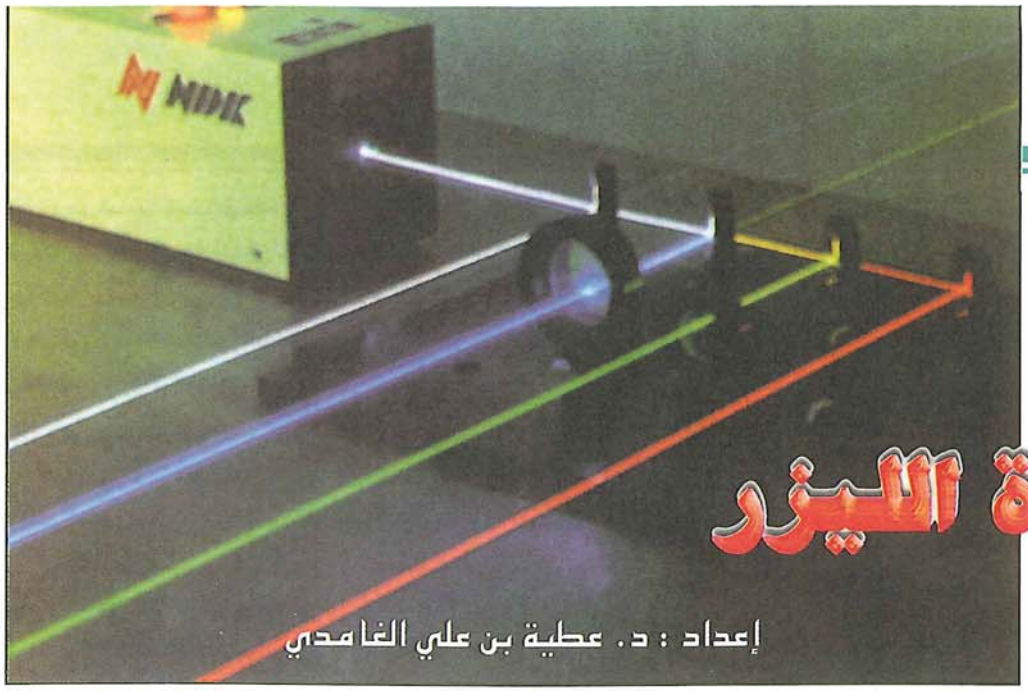


كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٥- ليزر الإكزيمر (Eximer Laser)

أتت كلمة إكزيمر (Eximer) من اختصار كلمتي (Exited) ، وتعني مستثار ، و (Dimer) وتعني جزيء مكون من ذرتين ، وبذلك تعني الكلمة الجزيء الزوجي المستثار ، ويمكن أن تكون لذرتي الجزيء المستثار نفس التركيب الذري مثل ذرتي الزينون (Xe_2) أو ذرتي جزيء ليس لها نفس التركيب الذري مثل كلوريد الزينون (XeCl) حيث يتم الارتباط بين ذرتي الزينون(Xe) والكلور (Cl) في حالة الاستثارة الإلكترونية فقط ولكنها في حالة الاستقرار الأرضي (Stable Ground level) متنافرة أو ذات ترابط ضعيف .

ينجم عن ترابط ذرتي الجزيء المذكور تفاعل كيموضوئي ذا طاقة عالية . ويتم التفاعل بإستثارة أحد ذرتي التفاعل بطاقة تكفي لارتباطها مع الذرة الأخرى ، فعلى سبيل المثال في حالة إكزيمر من نوع فلوريد الكريبتون (KrF) يتم استثارة ذرة الكريبتون بطاقة عالية تكفي لتأينها بتحرير إلكترون ، شكل (١) ، لتصبح ذرة الكريبتون ذات شحنة موجبة ليتسنى لها الارتباط مع ذرة الفلور بواسطة التجاذب الكهربي حسب تفاعل كولمب ، وذلك على النحو التالي :

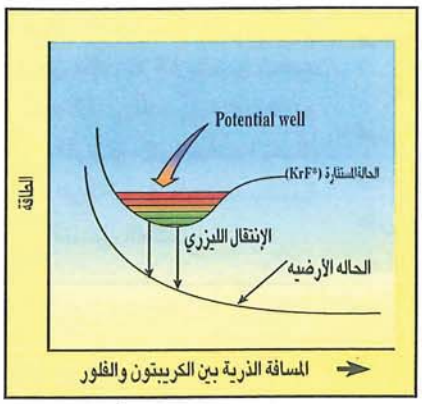
$$Kr \xrightarrow{\text{استثارة}} Kr^+ + e^-$$

$$F_2 + e^- \longrightarrow F^- + F$$

يتطلب تكون جزيء فلوريد الكريبتون المستثار حدوث تصادم بين الكريبتون والفلور في وجود غاز آخر مثل النيون لتهيئة الظروف التصادمية لتكوين طاقة عالية .

$$Kr^+ + F^- + Ne \longrightarrow KrF^* + e^- + Ne$$

ويمكن لليزر الإكزيمر في حالة الاستثارة الآلية إحداث اهتزاز كبير للجزيئات مما يكسبها تحصيل ليزر عالي (High Gain) له فائدة كبيرة في التطبيقات الصناعية والطبية .



شكل (١) رسم مبسط للإنتقال الداخلي لذرتي الكريبتون والفلور.

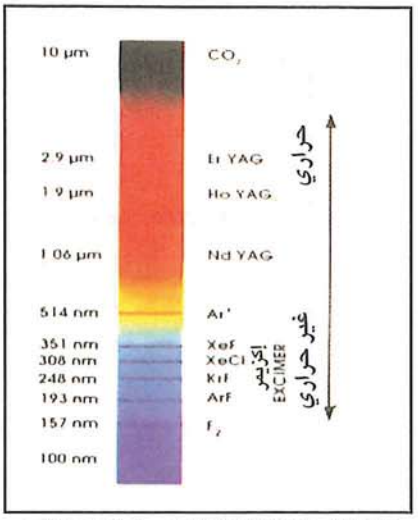
أنواع واستخدامات الليزر

تم إنتاج أول ليزر إكزيمر عام ١٩٧٥م ومن ذلك الحين فإنه خضع إلى تقدم تقني سريع أسفر عن أنواع حديثة تصل قدرتها إلى ٢٠٠ واط بنسبة تردد واحد كيلوهيرتز وطاقة ٤ جول وتعريض نبضي من ١٠-٢٥ نانو ثانية ، وتختلف أنواع ليزر الإكزيمر باختلاف الذرات المكونة للجزيء وبذلك تختلف الطاقة المتولدة منها والطول الموجي الذي يدخل ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية ، جدول (١) ، وشكل (٢) .

ليزر إكزيمر	الطول الموجي (نانومتر)	طاقة الفوتون (ev)
Xe F	٣٥١	٣,٦٢
Xe Cl	٣٠٨	٤,١٣
KrF	٢٤٨	٥,١٣
ArF	١٩٣	٦,٥٩
F_2	١٥٧	٨,١٠

جدول (١) أنواع ليزر الإكزيمر وطولها الموجي وطاقتها .

يستخدم ليزر الإكزيمر في نطاق واسع من التطبيقات البحثية والطبية والصناعية ، وهي مرغوبة لخاصية الطول الموجي القصير



الشكل (٢) موقع طيف ليزرات الإكزيمر مقارنة بليزرات أخري.

وشدة النبضة الليزرية العالية .

ومن أمثلة التطبيقات البحثية قياس التلوث الجوي والدراسات المجهرية (Spectroscopy) والدراسات الكيموضوئية ومعالجة المواد الحيوية . أما التطبيقات الصناعية فمن أمثلتها آلات المعالجة الميكروية (Micro Machining) والطباعة الضوئية بالليزر ، والتلدين ، والتعديل والترقيم الدقيق للسطوح ، ووضع علامات على المواد مثل الزجاج والبلاستيك

الكتابة بالحفر علي شعر إنسان باستخدام ليزر الإكزيمر .

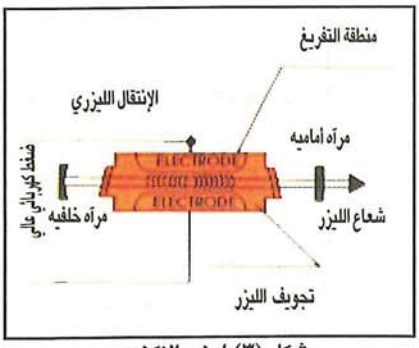
والسيراميك والمعادن ، وفضلاً عن ذلك فان لليزر الإكزيمر إستخدامات طبية تتمثل في عمليات قرنية العين.

طريقة العمل

يتم استثارة الخليط الغازي ـ مثل الكريبتون والكلور والنيون ـ بنبضة كهربائية مكثفة في زمن وجيز للغاية تصل إلى ١٠ نانو ثانية ($١٠^{-٨}$ ثانية) . وتعمل الطاقة الناتجة على تفكيك الروابط الجزئية للكلور ، وبذلك يتم الحصول على جزيء فلوريد الكريبتون المتأين (KrF) ، وتبقى الجزئيات المستثارة لمدة تصل إلى ١٠ نانو ثانية لتعود بعدها إلى المستوى الأرضي (Ground Level) الجزئي .

يحتوى ليزر فلوريد الكريبتون على مرآة خلفية عاكسة ومرآة أمامية غير مطلية تسمح بخروج أشعة الليزر وتعمل على عكس باقي الأشعة .

يأتي التفريغ في ليزر الإكزيمر بشكل عمودي على طول الأنبوبة المغلقة والمليئة بالخليط الغازي ، شكل (٣) ، وتعمل الأنبوبة لفترة معينة يتم استبدالها بعد انخفاض

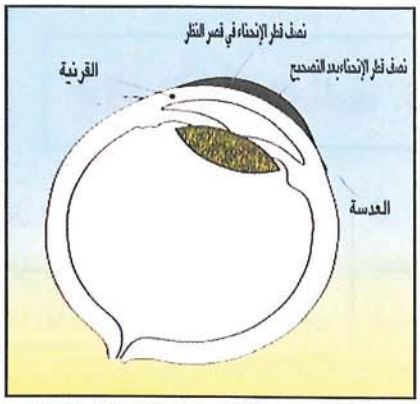


شكل (٣) ليزر الإكزيمر

نبضات الليزر بشكل ملحوظ مع مرور الزمن بسبب استهلاك الغاز .

التطبيقات الطبية

يستخدم ليزر الإكزيمر بشكل واسع في نواحي طبية عديدة من أهمها علاج ضعف وطول وقصر النظر ، وحالات عدم وضوح الأشياء لعدم تجمع الضوء في نقطة بؤرية (Astigmatism) ،



شكل (٤) تصحيح قوة العدسة بكحت مواد القرنية.

ويستخدم في هذه الحالة الإكزيمر من نوع فلوريد الأرجون (ArF) وذلك في جراحة الانكسار الضوئي عن طريق إبعاد مواد القرنية لتصحيح قوة العدسة (Dupitor) ، شكل (٤) .

يصل الطول الموجي لليزر (ArF) إلى ١٩٣ نانومتر وهو قصير جداً في نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية مما يكسبها دقة عالية في جراحة الإنكسار الضوئي تصل إلى ١, من الميكرومتر ، وفضلاً عن ذلك فان لها تأثير طفيف للغاية في نقل الحرارة إلى الأنسجة المجاورة أثناء العملية .

تنحصر أهم خطوات إستخدام إكزيمر (ArF) في جراحة العيون فيما يلي :

١ـ تسليط حزمة الليزر على قناع (Mask) خاص حسب مقاس المريض بحيث يتم إسقاط الضوء على القرنية بخطوات معينة يمكن التحكم بواسطتها في ضبط حجم منطقة الاستئصال المرغوبة .

٢ـ يتم التحكم في حجم وشكل وعمق الاستئصال بواسطة مجموعة من الفتحات الحلقية والإسطوانية الضوئية تعمل على تحديد مواصفات الضوء الساقط ، وكذلك التحكم بنبضات الليزر،ويتم التحكم في هذه الخطوات بالحاسب الآلي .