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

# ليزر النتروجين وتطبيقاته

بحث تقدم به الطالبة

مها هادي كاظم

كأحد متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

إشراف

أ.م.د. هدى بخيت

١٤٤٤هـ ٢٠٢٣م

بسْمِ اللَّـهِ الرَّحْمَـنِ الرَّحِيمِ

( وَيَسْئَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا )

صدق الله العلي العظيم

سورة الاسراء (٨٥)

# الاهداء

نهدي ثمرة هذا البحث الى من بلغ الرسالة وادى الامانة ونصح الامة . .

الى النبي الهاشمي نبي الرحمة محمد ( صلى الله عليه وسلم ) . .

والى من كلله الله بالهيبة والوقار والى من علمني العطاء دون انتظار الى من احمل اسمه بكل افتخار الى قدوتي في الحياة الى من ارجوا من الله ان يطيل في عمره ليرى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار الى من ستبقى نصائحه وكلماته كالنجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد والى الابد ( والدي الحبيب ) .

الى من ضحت وربت وسهرت الليالي الى من افضلها على نفسي والى بسمتي في الحياة الى من لم اجد كلاماً يعبر عنها ويفي بوصفها الى من كان دعائها ولازال يرافقني هو السر في نجاحي ( والدتي الحبيبة ) اسال الله ان يطيل في عمرك ويديمك لنا .

الى من هم السند والعضد والقلوب الطاهرة والنقية الرقيقة الى النفوس البريئة الى رياحين حياتي ( اخوتي وخواتي ) الاعزاء .

الى الحبيب والشمعة التي دائماً تنطفئ لأضيء انا الى صاحب القلب الطيب الى من كان ولازال سنداً لي الحبيب ( زوجي )

اسال الله ان يحفظك وان يوفقك اينما تكون .

واهدي بحثي هذا الى بنتي القوية داعي الله ان يحفظها ويطيل في عمرها (ارس )

الى كل من وقف على منابر العلم واعطى حصيلة فكره لينير طريقنا ( الاساتذة الكرام ) كما نهدي

# الشكر والتقدير

نشكر الله العلي القدير الذي انعم علينا بنعمة العقل والدين ونثني ثناء حسن ووفاء وتقدير واعترافاً منا بالجميل نتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يدخروا جهداً في مجال البحث اساتذتنا الكرام كل التبجيل والتوقير لكم يا من صنعتم المجد بفضلكم فهمنا معنى الحياة حيث استقينا منكم العلوم والمعارف والتجارب بفضلكم عرفنا البحث ع الجوهر والمضمون بفضلكم وجدن لما مكانة في الحياة فأنتم لم تعلمونا حرفاً واحداً بل بجهودكم تعلمنا الحياة ولابد لنا ونحن نخطو خطوتنا الاخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود فيها الى اعوام قضيناها في رحاب الجامعية مع اساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك مجوداً كبيراً في بناء جيل الغد وقبل ان نمضي لا يسعنا سوى ان نتقدم بأسمى الشكر والامتنان والتقدير والمحبة الى الذين حملوا اقدس رسالة في الحياة الى الذين مهدوا طريق العلم والمعرفة .

ونخص بالشكر والتقدير مشرف البحث الدكتورة س هدى بخيت لجهوده المبذولة معنا وكذلك نخص بالشكر رئاسة جامعة بابل والسيد عميد كلية التربية للعلوم الصرفة الدكتور ورئاسة قسم الفيزياء .

## الفهرس


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| الاهداء | |
| الشكر والتقدير | |
| الفصل الاول :تقنية الليزر | ١ |
| المقدمة | ٢ |
| اساسيات فيزيائية حول الذرة | ٣ |
| علاقة الذرة بالليزر | ٤ |
| امتصاص الطاقة | ٥ |
| ضوء الليزر | ٥ |
| تصنيف الليزرات | ٩ |
| الفصل الثاني :الية عمل الليزر | ١١ |
| اساسيات عمل الليزر | ١٢ |
| التاهيل العكسي وشروط العتية | ١٢ |
| أسباب الخسائرفي جهاز الليزر | ١٢ |
| شروط العتية | ١٣ |
| الفصل الثالث ليزر النتروجين | ١٩ |
| المقدمة | ٢٠ |
| ليزر النتروجين | ٢١ |
| وجود ليزر النتروجين | ٢١ |
| استخدام ليزر النتروجين | ٢٢ |
| مصدر الضخ | ٢٢ |
| الوسط الليزري | ٢٢ |
| بعض التطبيقات الأخرى | ٢٤ |
| المصادر | ٢٥ |

## الخلاصة

لقد تناولنا في هذا البحث ثلاث افصل حيث الفصل الأول يتحدث عن تقنية الليزر ومن اهم المواضيع التي تحدثنا عنها وهي اساسيات فيزيائية حول الليزر علاقة الذرة بالليزر و امتصاص الطاقة وضوء الليزر اما الفصل الثاني كان يتحدث عن الية عمل الليزر ومن اهم المواضيع كانت وهي اساسيات عمل الليزر و أسباب الخسائر في جهاز الليزر شروط معينة اما الفصل الثالث فقد يتحدث عن ليزر النتروجين ومن اهم مواضيعها كانت ليزر النتروجين و وجود ليزر النتروجين و استخدام ليزر النتروجين ومصدر الضخ و الوسط الليزري وبعض تطبيقات الأخرى هذا ماتناولنا في البحث

# الفصل الاول

# تقنية الليزر

# الفصل الأول

## ١-١ المقدمة

خلال أواخر خمسينيات القرن العشرين اقترح الباحثون تصميمات لنبيطة تستخدم الإشعاع المحفزلتضخيم الضوء. وينسب إنشاء التصميم الأساسي لليزر إلي عدد من الأشخاص،منهم تاونز والفيزيائي الأمريكي آرثر شاولو والفيزيائيان الروسيان ألكسندر بروخروف ونيكولاي باسوف والمخترع الأمريكي جوردون جولد.

وقد شيد الأمريكي ثيودور مايمان أول ليزر في عام ١٩٦٠م، استخدم فيه قضيبًا من الياقوت وسطًا فعالاً .وفي أواخر ذلك العام شيد الفيزيائي الأمريكي علي جافان أول ليزر غازي. وفي عام 1962 م تمكنت ثلاث مجموعات من العلماء الأمريكيين، تعمل كل منها على حدة، من تشغيل أولى ليزرات أشباه الموصلات. وفي عام ١٩٦٦م بنى الفيزيائي الأمريكي بيتر سوروكين أول ليزر صبغي.

ومنذ أوائل سبعينيات القرن العشرين حدث تقدم هائل في تقنية الليزرات واستخداماتها. واليوم، وبفضل سعة نقل المعلومات الهائلة للألياف البصرية، ينفتح عصر جديد في مجالات الترويح المنزلي والاتصالات وتقنية الحاسوب. والباحثون على اقتناع بأن أكثر استخدامات الليزر إثارة وثورية لم يحن أوانها بعد أن دخلت أشعة الليزر في العديد من المنتجات التكنولوجية فتجدها عنصر أساسي في أجهزة تشغيل الأقراص المدمجة أو في آلات الطب أو في معدات قطع ولحام الحديد أو في أدوات القياس وغيرها من المجالات. كل تلك الأجهزة تستخدم الليزر ولكن ما هو الليزر وما الذي يجعل الليزر مميز عن غيره من المصادر الضوئية [٣] .

جاءت تسمية كلمة ليزر LASER من الأحرف الأولي لفكرة عمل الليزر والمتمثلة في الجملة التالية: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

وتعني تضخيم الضوء Light Amplification بواسطة الانبعاث الاستحثاثي أو المحفز Stimulated Emission للإشعاع الكهرومغناطيسي Radiation. وقد تنبأ بوجود الليزر العالم البرت اينشتاين في عام ١٩١٧ حيث وضع الأساس النظري لعملية الانبعاث الاستحثاثي stimulated emission وتم تصميم أول جهاز ليزر في ١٩٦٠ بواسطة العالم ميمان T.H. Maiman باستخدام بلورة الياقوت ويعرف بليزر الياقوت Ruby laser [٢].

## 2-1 أساسيات فيزيائية حول الذرة

يوجد في الكون ١٠٠ نوع مختلف من الذرات وكل شيء حولنا هو مكون من الـ ١٠٠ ذرة تلك، ولكن كيف تتحد وتترابط الذرات مع بعضها البعض لتكون المواد مثل الماء المكون من ذرتين هيدروجين وذرة أوكسجين أو كيف تكونت قطعة من الحديد أو النحاس. إن الذرات في حركة مستمرة حيث تتذبذب الذرات حول موضع استقرارها في المادة كما أن الذرات لها حركة دائرية أو حركة انتقالية أيضاً، فلو نظرت إلى طاولة خشبية مثلاً وبالرغم من أنها ثابتة في مكانها إلى أنها ذراتها التي كونت الخشب في حركة مستمرة.

نتيجة لحركة الذرات التي تكتسبها من الطاقة الحرارية فإنها تتواجد في حالات مختلفة من الإثارة أو بمعنى آخر أن الذرات لها طاقات مختلفة، فلو زودت ذرة ما بكمية من الطاقة فإن الذرة تنتقل من المستوى الأرضي ground state الذي تتواجد فيه إلى مستوى طاقة أعلى يسمى بمستوى الإثارة excited state. يعتمد مستوى الإثارة على كمية الطاقة التي زودت بها الذرة ومصدر الطاقة إما حرارة أو ضوء أو كهرباء.

تحتوي الذرة على النواة (المكونة من البروتونات والنيوترونات) والإلكترونات التي تدور حول النواة في مدارات مختلفة كل مدار هو عبارة عن مستوى طاقة ، إذا زودت الذرة بطاقة حرارية أو طاقة من مصدر ضوئي أو كهربائي فإن بعض الإلكترونات في الذرة سوف تنتقل من المدار ذو مستوى الطاقة الأدنى إلى مدار طاقته أعلى وابعد من النواة [٢] .

## 3-1 علاقة الذرة بالليزر

لتعريف مبسط لليزر نقول معتمدين على الشرح السابق أنه جهاز يقوم بالتحكم في كيفية تحرير الذرات للفوتونات.وكما ذكرنا فإن كلمة ليزر هي اختصار للجملة light emission of radiation amplification by stimulated والتي معناها يشرح بالتفصيل فكرة عمل الليزر والذي يعتمد على إن الليزر ما هو إلا ضوء مكبر بواسطة عملية تسمى الإنبعاث الإستحثاثي للإشعاع وهذا ما قصدنا به التحكم بكيفية تحرير الذرة للفوتون. بالرغم من وجود عدة أنواع من الليزر إلا إنهم جميعاً يشتركون في نفس الخصائص. ففي الليزر يوجد المادة التي تنتج الليزر يتم إثارتها بواسطة عملية ضخ pumping للإلكترونات من المستوى الأرضي إلى مستوى الإثارة. يستخدم للضخ الإلكتروني ضوء فلاش قوي أو بواسطة التفريغ الكهربي ويساعد هذا الضخ على تزويد أكبر قدر ممكن من الإلكترونات لتنتقل إلى مستويات الطاقة الأعلى فتصبح مادة الليزر مكونة من ذرات ذات إلكترونات مثارة ونسميها بالذرة المثارة. ومن الجدير بالذكر أن أنه من الضروري جداً إثارة عدد كبير من الذرات للحصول على ليزر وتسمى هذه العملية بإنقلاب التعداد population inversion أي جعل عدد الذرات المثارة في مادة الليزر أكبر من عدد الذرات الغير مثارة. قلب التعداد هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً وإذا لم نصل إلى مرحلة انقلاب التعداد نحصل على ضوء عادي. وكما امتصت الإلكترونات طاقة كبيرة من خلال عملية الضخ فإن الإلكترونات هذه تطلق الطاقة التي امتصتها في صورة فوتونات أي ضوء. الفوتونات المنبعثة لها طول موجي محدد (ضوء بلون محدد) يعتمد على فرق مستويات الطاقة التي انتقل بينها الإلكترونات المثارة. وإذا كان الإنتقال لكافة الإلكترونات بين مستويين طاقة محددين كما هز موضح غب الشكل أدناه فإن كل الفوتونات المنبعثة سيكون لها نفس الطول الموجي [٢].

## 4-1 امتصاص الطاقة

تمتص ذرة الطاقة من الحرارة أو الضوء أو الكهرباء. تنتقل الإلكترونات من مستوى الطاقة الأقل إلى مستوى طاقة أعلى. هذه الفكرة السابقة هي مبسطة عن امتصاص الطاقة في الذرة ولكن تعتبر الأساس في دور الذرة لإنتاج الليزر. عندما ينتقل الإلكترون إلى المدار ذو مستوى الطاقة الأعلى فإنه ما يلبث إلا أن يعود وينتقل إلى المستوى الطاقة الأدنى، وعندها فإن الإلكترون يحرر طاقة في صورة فوتون (ضوء). تصدر الإلكترونات الفوتونات عند إثارتها وعلى سبيل المثال عند تسخين معدن مثل سلك السخان الكهربي فإنه يتحول لونه من اللون المعتم إلى اللون المتوهج وهذا التوهج ناتج من الفوتونات التي انطلقت بعد إثارة ذرات مادة سلك السخان الكهربي. كذلك لو فكرنا في فكرة عمل شاشة التلفزيون فهي تعطي الصورة من خلال الفوتونات التي تنتجها مادة الشاشة (الفوسفور) عند إثارتها بشعاع إلكتروني. إذا نستنتج أن الضوء ينتج من الفوتونات المنبعثة من إثارة إلكترونات الذرة وتعتمد لون الفوتون (لون الضوء) على طاقة الفوتون [٢] .

## 5-1 ضـــــوء الليـــــــزر (Laser's Light)

ضوء الليزر يختلف عن الضوء العادي حيث يكون له الخصائص التالية:

الضوء المنبعث أحادي اللون monochromatic أي أن له طول موجي واحد، يحدد الطول الموجي لون الضوء الناتج وكذلك طاقته. الضوء المنبعث من الليزر يكون متزامن coherent أي ان الفوتونات كلها في نفس الطور مما يجعل شدة الضوء كبيرة فلا تلاشي الفوتونات الضوئية بعضها البعض نتيجة لاختلاف الطور بينها الضوء المنبعث له اتجاه واحد directional حيث يكون شعاع الليزر عبارة عن حزمة من الفوتونات في مسار مستقيم بينما الضوء العادي يكون مشتت وينتشر في أنحاء الفراغ . المسؤول عن هذه الخصائص هي عملية الانبعاث الإستحثاثي stimulated emission بينما في الضوء العادي يكون الإنبعاث تلقائي حيث يخرج كل فوتون بصورة عشوائية لا علاقة له بالفوتون الآخر.

**عملية الإنبعاث التلقائي والإنبعاث الإستحثاثي**

العامل المهم في إنتاج الليزر هو المرايا المثبتة على جانبي مادة إنتاج الليزر. تساعد المرايا على عكس بعض الفوتونات إلى داخل مادة الليزر عدة مرات لتعمل هذه

الفوتونات على استحثاث الكترونات مثارة أخرى لتطلق مزيدا من الفوتونات بنفس الطول الموجي ونفس الطور، وهذه هي عملية التضخيم للضوء light amplification . تصمم إحدى هاتين المرآتين لتكون عاكسيتها اقل من ١٠٠% لتسمح لبعض الفوتونات من الخروج عبرها وهو شعاع الليزر الذي نحصل عليه [٢] . من أجل الدخول إلى المفهوم الأساس لنظرية الليزر ومبدأ عمله فإنه من الضروري إيضاح ثلاث عمليات أساسية تحدث أثناء تفاعل الموجة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Wave) مع المادة وهذه العمليات الثلاث هي :

١- الامتصاص ( Absorption) .
٢- الانبعاث التلقائي ( Spontaneous emission) .
٣- الانبعاث المحفز (Stimulated emission) .

**١- الامتصاص ( Absorption)**

في حالة المنظومة المكونة من مستويي طاقة كالمبينة في الشكل (١-١) ، ان الذرة أو الجزيئة الموجودة في مستوي الطاقة الاوطأ (أو الارضي ) يمكن ان تنتقل الى المسوتي المتهيج ( الأعلى ) إذا ما متصت طاقة تؤهلها للانتقال ، وهذه الطاقة الممتصة يمكن أن يوفرها فوتون ساقط على المادة له نفس المقدار من الطاقة .

ان احتمالية انتقال الذرة أو الجزيئة من المستوي الاوطأ الى المستوي الاعلى تعتمد على عدد الذرات لوحدة الحجم في المستوي الاوطأ ، وكذلك على فيض الفوتونات الساقطة (Ø) ومساحة المقطع العرضي للامتصاص (σ١٢) ، وكما في المعادلة الاتية :

$$(Dn_1/dt)_{abc} = - \sigma_{12} \text{Ø} N_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}1)$$

**٢- الانبعاث التلقائي ( Spontaneous emission)**

اذا كان هنالك مستويا طاقة $E_1$ , $E_2$ وكان $E_2>E_1$ فان الذرة أو الجزيئة الموجودة في الحالة المتهيجة ($E_2$) يمكن ان تهبط الى المسوتي الاوطأ ($E_1$) وتبعث فرق الطاقة بين المستويين ($\Delta E=E2–E1$) على شكل فوتونات ترددها يعطى وفق المعادلة الاتية [1] [2]:

$$\nu = \Delta E / h = (E_2 - E_1) / h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}2)$$

حيث ان h ثابت بلانك ($6.63\times10^{-34}$ J.s)

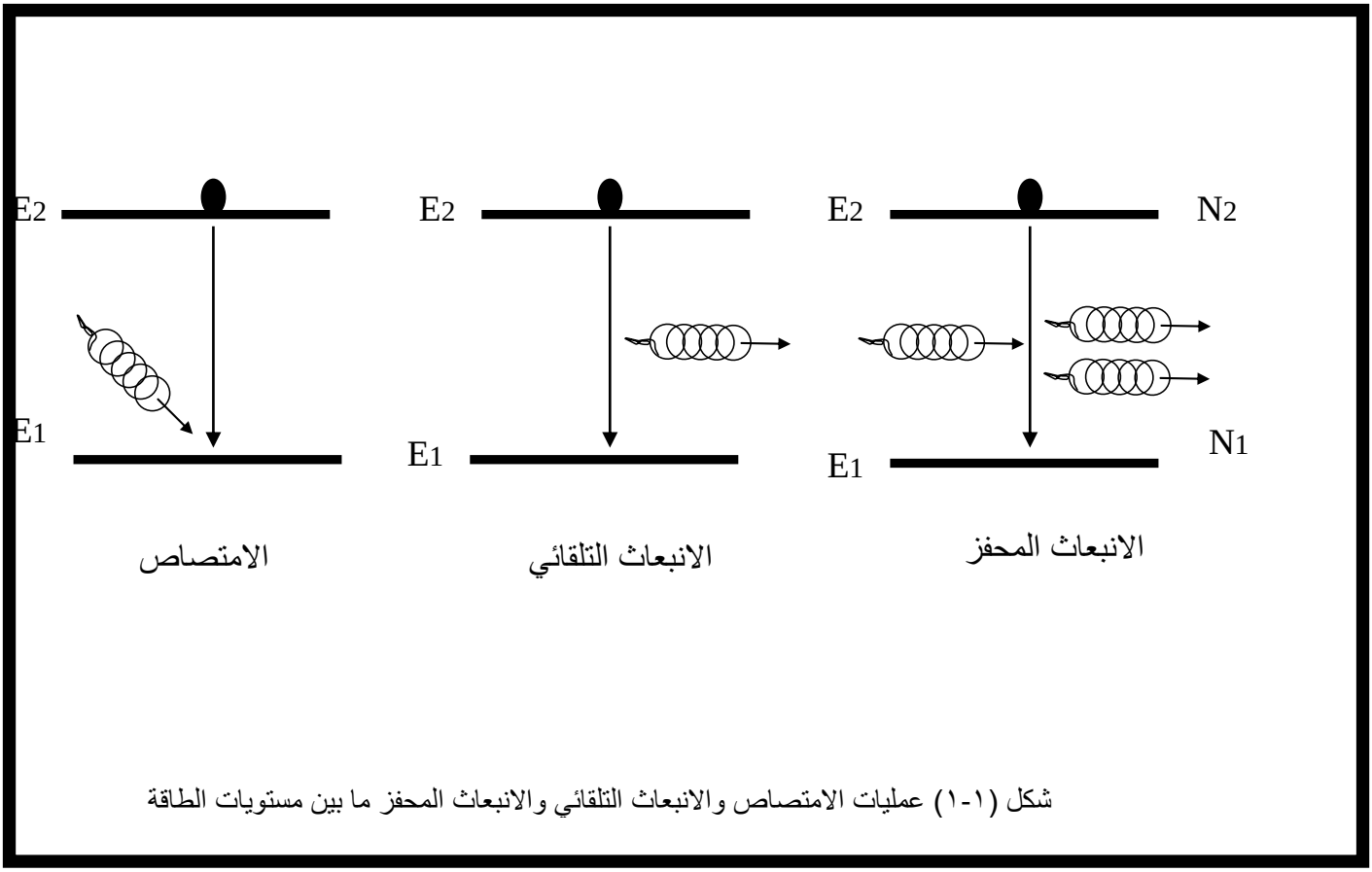
ان الانبعاث التلقائي لهذه الفوتونات يكون ذو اتجاه عشوائي وان زمن الانبعاث يعتمد على عمر المستوي المتهيج ($E_2$) ان احتمالية الانبعاث التلقائي تتناسب طردياً مع عدد الذرات لوحدة الحجم ($N_2$) في المستوي المتهيج ($E_2$) ، وتعطى بالمعادلة الاتية [٢] :

$$(dN_2 / dt)_{sp.} = - A_{21} \; N_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}3)$$

حيث ان $A_{21}$ معامل انشتاين للانبعاث التلقائي وقيمته تعتمد على عمر المستوي المتهيج (E2) وكما يلي :

$$A_{21} = I / t_{spo} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}4)$$

حيث $t_2$ عمر المستوي المتهيج $E_2$




شكل (١-١) عمليات الامتصاص والانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز ما بين مستويات الطاقة

### ٣- الانبعاث المحفز (Stimulated emission)

إذا كانت الذرة أو الجزيئة موجود في المستوي المتهيج وسقط فوتون ذو طاقة مساوية لطاقة الانبعاث التلقائي ، فان هذا الفوتون يمكن ان يحث أو يحفز الذرة أو الجزيئة المتهيجة على الهبوط الى مستوي أوطأ وبذلك ينبعث فوتون له نفس طاقة الفوتون الساقط ، وهذا هو الانبعاث المحفز

ان الفوتون المنبعث يكون له نفس طول واتجاه الفوتون الساقط وهذا خلاف ما في عملية الانبعاث التلقائي حيث تكون الفوتونات المنبعثة عشوائية الطور والاتجاه بالنسبة للفوتونات الاخرى .

ان احتمالية حدوث الانبعاث المحفز تعتمد على عدد الذرات لوحدة الحجم ($N_2$) في المستوي المتهيج ($E_2$) وكذلك على فيض الفوتونات الساقطة (Ø) ومساحة المقطع العرضي للانبعاث المحفز ($\sigma_{21}$) وكما في المعادلة الاتية :

$$(dN_2 / dt)_{st.} = \sigma_{21} Ø N_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}5)$$

**١-٣ تصنيف الليزرات**

تنقسم الليزرات الى عدة أنواع رئيسية تبعاً لطبيعة الوسط الفعال المستخدم ، وهذه الأنواع هي ليزرات الحالة الصلبة (Laser-Solid-State) ليزرات الصبغة (Laser-Dye) ، الليزرات الكيمياوية (Laser-Chemical) ليزر الإلكترون الحر ( Laser-Free-Electron) ليزر الأشعة السينية ( X-ray Laser) والليزرات الغازية (Gas Laser) ، والتي احد أنواعها هو ليزر $Co_2$ . الليزرات الغازية عموما تستخدم الغازات كأوساط فعالة لإنتاج الليزر ، وهي تنقسم بدورها الى عدة أنواع اعتماداً على طبيعة الغاز المستخدم ، إذ يمكن ان يكون الوسط الغازي الفعال ذرات متعادلة (He – Ne) أو ايونات (Ar) .أو جزيئات تعتمد الانتقالية الدورانية – الاهتزازية ($Co_2$) ، أو الانتقالات الالكترونية ($N_2$) ، أو أناه تعتمد انتقالات الترابط الحـــــــر ( Bound–Free Transition) مثل ليزرات الاكسايمر (Excimer) . يتم عادة تهيج معظم الليزرات الغازية بواسطة امرار تيار كهربائي مناسب (مستمراو نبضي) خلال الوسط الغازي الفعال ، تتهيج الذرات المتعادلة نتيجةً تصادمها مع الالكترونات إذ تكتسب الذرة المتعادلة الطاقة من الإلكترون . عندما تتهيج الذرات الى مستويات طاقة عليا فاناه قد تهبط الى مستويات أدنى ، ومن ضمنها الحالة الأرضية . ان عملية الحصول على توزيع معكوس في الغازات هي أكثر تعقيداً مما في المواد الصلبة والصبغات السائلة بسبب الظواهر العديدة المنتضمة في عمليات تهيج الغازات (Excitation) ، ويمكن القول ان التوزيع المعكوس بين أي مستويين في الغاز يحدث تحت احد أو كلا الشرطين الآتيين :

١.ان معدل التهيج للمستوي العلوي أكبر مما هو للمستوي السفلي .

٢.ان عمر المستوي العلوي أطول من المستوي السفلي .

والشرط الثاني هو الشرط الضروري لتشغيل الليزر بالنمط المستمر (CW Operation ) [٢] .

# الفصل الثاني
# الية عمل الليزر

## (٢.١) أساسيات عمل الليزر:

لكي تعمل أجهزة الليزر يجب أن تتوفر لها ثلاثة شروط[4]:

**أولا- الوسط الفعال:** وهو نظام دو عدد كبير من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات توسط مادي بحالته ( الصلبة أو السائلة أو الغازية)

**ثانيا- التأهيل العكسي:** ويتحقق باستخدام طرق ضح معينة تنفذ وفق مخططات خاصة تناسب مستويات الطاقة لذرات الوسط الفعال.

**ثالثا- التغذية العكسية:** للحصول على عملية تضخيم الأشعة، أي العمل كمكبر للحزمة الضوئية وكذلك الحصول على صفة الأتجاهية، ويتم ذلك باستخدام تحويف رئيني ذي تصميم مناسب بدعى بامرنان. إن أول تصميم للمرنان في المدى المرئي هو مقياس التداخل لفابري – بيروت، ويتألف من مرآتين مستويتين متقابلتين بشكل متوازي يوضع الوسط الفعال بينهما وتكون إحدى المرأتين شفافة جزئيا لكي يخرج جزءا من الأشعاع بشكل موازي لمحور المرآتين يمثل نتاج الليزر .

## (٢.٢)التأهيل العكسي وشرط العتبة:

إن أجهزة الليزر كأية أجهزة عملية غير مثالية تتضمن مسببات الخسارة الكثير، وهي ذات أجهرة ذات كفاءة واطلة، وللأطلاع على هذه المسببات لابد من الدخول في حسابات مقدار الربح والخسارة في الوسط الفعال وتصميم المرنان.

## (٢.٣)أسباب الخسائر في جهاز الليزر:

**١.الخسائر في الوسط الفعال**: نتيجة امتصاص الوسط لنطاق عريض من طاقة الصح فتحدث انتقالات لاعلاقة لها بانتقال الليزر، اضافة الى الخسائر الناتجة عن الأستطارة (scattering)بسبب فقدان الوسط الفعال التجانس البصري (هذا في ليزرات الحالة الصلبة).

**٢- النفاذية في مرايا المرنان:** ان نفاذية أحداهما ضروري لأنه يمثل نافذة نتاج الليزر، بالأضافة الى خسائر الأمتصاص والأستطارة والحيود. ولتقليص خسائر الأمتصاص في المرايا تستخدم عادة طلاءات عازلة ذات قدرة انعكاس عالية لأكساء المرايا وبطبقات عديدة بدلاً من الطلاء المعدني. إن هذه الطبقات لها معاملات انكسار متعاقبة (معامل انكسار عالي ثم معامل انكسار واطئ) ذات سمك ربع الطول الموجي والذي يحدث عند تلامس أية طبقتين تكون جميع الأشعة المنعكسة بطور واحد وتتداخل بشكل بناء، تستخدم عادة أكثر من عشرين طبقة للحصول على انعكاسية تقرب من ٩٩.٩% ولأنعكاسية أقل يكون عدد الطبقات أقل.

## (٢.٤)شروط العينة

شرط العتبة:

نفرض أن $\Gamma$تمثل الخسائر الكلية التي تعمل على تقليل معامل الربح G إلى المقدار $(G - \Gamma)$ لذا فان العلاقة (L) يمكن اعادة كتابتها بالشكل التالي:

$$G = -\sigma = \sigma(N_2 - N_1) \dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

وبإضافة الخسائر $\Gamma$ تكون بالشكل:

$$G - \Gamma = -\alpha = \sigma(N_2 - N_1) \dots\dots (2)$$

ولحساب الربح عند العتبة، فيجب حساب مقدار التغير في شدة الأشعاع نتيجة دورة واحدة داخل المرنان .نفرض أن الوسط الليزري يملأ المسافة (L) بين المرأتين $M_1$&$M_2$, ذات الأنعكاسية $R_1$&$R_2$,على التوالي

$$I = I_0 e^{-al} \dots\dots\dots\dots (3)$$

$$I = I_0 e^{(G-\Gamma)^L}$$

وبعد انعكاسها عن المرأة و $m_2$ستصبح الشدةI

$$I = R_2 I_0 e^{-(G-\Gamma)^L}$$

ومقدار الربح G بعد الدورة الكاملة:

$$\frac{I}{I_0} = R_1 R_2 e^{-2(G-\Gamma)L} \dots\dots\dots (4)$$

1.إذا كان الربح أكبر من واحد، فأن الشعاع يتذبذب وينمو (تحصل على التضخيم)
في حالة كون الربح أقل من واحد فأن التذبذب لايستمر ويتلاشى ولا تحصل على التضخيم (لا يوجد شعاع ليزر)
3.إذا كان الربح مساوياً للواحد عندها يدعى بمعامل ربح العتبة، العلاقة (4) تصبح

$$G_{th} = \Gamma + \frac{1}{2l} Ln \frac{1}{R_1 R_2} \dots\dots\dots (5)$$

لجهاز ليزر يعمل بموجة مستمرة (cw) فأن قيمة معامل الربح عند العتبة $G_{th}$ تساوي القيمة نفسها في حالة الاستقرار، Γ يمثل الخسارة في الوسط الفعال، والحد الثاني يمثل الخسارة في تصميم المرنان، وهذه الخسارة تتضمن التسرب النافع لنتاج الليزر.

وبدلالة التأهيل العكسي وبالرجوع الى العلاقة(1)

$$G = \sigma(N_2 - N_1) \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma = \frac{Bnhvg(v)}{c} \dots\dots\dots (6)$$

عند العتبة يكون للتأهيل قيمة حرجة:

$$N_C = (N_2 - N_1)_C = \frac{G_{th^c}}{B_{21} hvng_v} \dots\dots\dots (7)$$

**مثال**: في جهاز ليزر النديميوم - ياك، أحسب التأهيل العكسي اللازم للحصول على معامل كسب $G = 1M^{-1}$

$$t_2 = 230\mu \sec, \lambda = 1.06\mu m, \Delta v = 3 \times 10^{>12} Hz, n = 1.82$$

$$\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h v^3}{c^3} \dots\dots\dots\dots (8)$$

$$A_{21}=I/t_2 =4347.826$$

$$v = c/\lambda 2.83\times10^{14} \text{ HE}$$

$$B_{21}=3.113\times10^{17} \text{ m } ^3\text{w's1}$$

$$N = \frac{G_{th}}{B_{21} hvng_v}$$

$$N = 8 \times 10^{22} M^{-3}$$

تعلمنا مما سبق أن عملية الأمتصاص تقلل من شدة الأشعة النافذة، بينما كل من عمليتي الأنبعاث المحفز والتلقائي تزيد من شدة الأشعة، وللحصول على الليزر يجب أن تكون عملية الأنبعاث أكبر من عملية الأمتصاص للحصول على الليزر .نفرض وجود وسط مادي (نظام ذري) له انتقال مشع مفرد بين مستويين طاقيين $E_1$&$E_2$, حيث أن

($E_2 > E_1$)وأن هناك شعاع يمر خلال ذلك الوسط المادي باتجاه (Z) وأن هذا الشعاع أحادي الطول الموجي حيث أن

$$V_{21} = \frac{E_2 - E_1}{H} \dots\dots\dots\dots\dots (9)$$

أن أي شعاع ضوئي يمكن وصفه بالأشعاعية (الطاقة لوحدة المساحة لوحدة الزمن)

$$L_V = cp_v \dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

$L_V$ : هي الاشعاعية $m/sec$
C :سرعة الضوء $m^2 sec$

$pv$ :كثافة الطاقة $i/m^3$

أن مقدار التكبير (lv) عند تفاعله مع الذرات على امتداد الوسط المادي باتجاه z يعطى كالأتي:

$$\Delta l_v = N_2 \times \Delta Z \times 1 \left(\frac{L_v}{c}\right) B_{21} g_v \times hv \dots stim - N_1 \times \Delta Z \times 1 \left(\frac{I_V}{C}\right) B_{21} g_v \times hv \dots\dots absorp + N_2 \times \Delta Z \times 1 A_{21} g_V \times hv \dots\dots spont$$

ويمكن كتابة المادلة اعلاة بالشكل

$$\frac{\Delta I_V}{\Delta Z} = \frac{dI_V}{dz} = \frac{IV}{C}(B_{21}N_2 - B_{21}N_1) g_v I_V + hv A_{21} N_2 g_v$$

إن عملية الأنبعاث التلقائي تحدث بوجود أو عدم وجود فوتونات ساقطة على المادة أي أنها لا تعتمد على
(1)لذا يمكن إهمال الحد الثاني من المعتدلة أعلاه.
تلاحظ ان قيمة التغير في شدة الأشعة بالنسبة للمسافة ٧ تكون سالبة أذا كان $N_2 < N_1$ وهنا لالتحصل على التكبير، وللحصول على تكبير للأشعة وبالتالي الحصول على ليزر فأنه من الضروري أن تكون $N_2 > N$ وهذا ما يعرف بالتوزيع المعكوس.
وباستخدام معادلتى آبدشتاين:

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{B_{21}}{B_{12}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h v^3}{c^3} \dots\dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{dI_v}{dz} = \frac{hv}{c}\left(B_{21}N_2 - \frac{g_2}{g_1}B_{21}N_1\right) g_v I_V$$

$$\frac{dI_V}{dz} = \frac{hv}{c}\ B_{21}\left(N_2 - \frac{g_2}{g_1}N_1\right) g_v I_v$$

وبالتعويض عن B21 باستخدام معادلات آينشتاين ينتج:

$$\frac{dI_V}{dz} = \frac{hv}{c}\frac{A_{21}c^3}{8\pi hv^2}\left(N^2 - \frac{g_2}{g_2}N_1\right)g_v I_v$$

$$\frac{dI_V}{dz} = \frac{A_{21}\lambda^2}{8\pi}\left(N_2 - \frac{g_2}{g_1}N_1\right)g_v I_V$$

تلاحظ أن الثوابت في المعادلة لها وحدة $(CM^{-1})$ ولهذا تعرف باسم معامل ربح الأشارة الصغيرة small signal gain coefficient وقد سميت بذلك لأننا اعتبرنا أن $(I_V)$ صغيرة بحيث لاتؤثر على $(N_2)$ أي ان $(N_2)$ستبقى ثابتة، والحال مختلف إذا كانت الشدة $(I_V)$ كبيرة فأن المعادلة لاتصلح لأن (N2) ستتغير مع الشدة.

$\times$ )

$$Y_v = A_{21}\frac{\lambda^2}{8\pi}\left(N_2 - \frac{g_2}{g_1}N_1\right)g_v \dots\dots..(11)$$

$$\frac{dI_V}{dz} = Y_v I_V \dots\dots\dots(12)$$

بتكامل طرفي المعادلة dz تتغير من ٠ إلى L

$$\int \frac{dI_v}{I_{\ V}} = \int_0^l dz$$

$$I_V(L) = I_V(0)\exp(y_v \times L)$$

$$\frac{I_v(L)}{I_v(0)} = Gain$$

$$G_V = \exp(y_v \times L) \dots\dots\dots(13)$$

عندما يكون معامل ربح الأشارة الصغيرة كبيرا فأن الشدة تزداد بسرعة الى حد الأشباع.
في معادلة التكبير (٥٩) تلاحظ إن وحدة الكميات الفيزيائية :

$$A_{21}.\frac{\lambda^2}{8\pi}.g(v)$$

$$\sec^{-1}.com^2.sec = cm^2$$

وهي وحدة مساحة فانما تعرف باسم المساحة المقطع العرضي للانبعاث المحفز وهي تعبر عن احتمالية حدوث الانبعاث المحفز فكلما زادت مساحة العرضي كلما زادت الاحتمالية الانبعاث المحفز

$$\sigma_{SE} = \frac{A_{21}\lambda^2}{8\pi}.g_v \dots\dots..(14)$$

$$Y_v = \sigma_{SE}.\Delta N \dots\dots..(15)$$

حيث $\Delta N$ . تعطي مقدار فارق التعداد بين المستويين,$E_1$ &$E_2$ وهي حالة الليزر يجب ان يكون فارق التعداد موجبا

$$\Delta N = N_2 - \frac{g_2}{g_1}N_1 \dots\dots..(16)$$

فالدالة G تعرف باسم التكبير الربح Gain والدالة $Y_v$ تعرف باسم معامل التكبير[4]

# الفصل الثالث

# ليزر النتروجين

## (٣.١)المقدمة

يستخدم الليزر أشعة ضوئية احادية الطول الموجي أي لها نفس طول الموجة وهي تتولد في أنواع معينة من البلورات النقية. ويعمل جهاز الليزر على تسوية طور الموجات الضوئية بحيث تكون جميعها في نفس الطور، فتشتد طاقتها. يبين الشكل المجاور الموجات الضوئية التي هي في نفس الطور، فيحدث ما يسمى في الفيزياء تداخل بناء للموجات الضوئية. ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة. وبينما يشع المصباح عادي الضوء في موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها طاقة الليزر، فتكون كالناس في الشارع كل منهم له اتجاه غير الآخر. ولكن باستخدام لبلورات من مواد مناسبة (مثل الياقوت الأحمر) عالية النقاوة يمكن تحفيز إنتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد (أي ذو طول موجة واحدة) وكذلك تكون في طور موجي واحد. عندئذ تتطابق الموجات على بعضها البعض - عن طريق انعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر فتصبح كالعسكر في الكتيبة- فتنتظم الموجات وتتداخل تداخلا بناء وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها5]

## ٢.٣ **ليزر النتروجين**

يعد ليزر النيتروجين واحدا" من الليزرات الغازية ، حيث انه يعمل في نطاق الأشعة فوق البنفسجية ( ٣٣٧,١ نانومتر ) ، ويستخدم النيتروجين الجزيئ كمادة فعالة لليزر وقد سمي بليزر النيتروجين نسبة للمادة الفعالة المكونة له . ليزر النيتروجين هو ليزر ثلاثي المستويات حيث يتم ضخ الليزر بطريقة مباشرة عن طريق الالكترون المباشر بطاقة كافية لإثارة الكترونات الغاز حتى تصل إلى المستويات العليا للطاقة ، الحد الأقصى لعمر الليزر ٤٠ نانو ثانيه عند الضغط المنخفض ويصبح العمر اقصر مع زيادة الضغط[4]

## 3-3وجود ليزر النتروجين

يوجد ليزر النيتروجين ايضا بطول موجي ٣٥٧.٦ نانومتر، لا يوجد اهتزاز بين ذرتي النيتروجين لأن المسافة بين ذرة واخرى لاتتغير مع الانتقال الإلكتروني ، وكذلك توجد اطوال موجيه لليزر النيتروجين في مدى الأشعة تحت الحمراء ، يبلغ عمر المستوى الأدنى لليزر ٤٠ ميكروثانية وبالتالي ينتهي الليزر ذاتيا" في اقل من 20 ثانية وهذا الإنهاء الذاتي يسمى بالاختناق في المستوى الأدنى ، تتراوح معدلات التكرار إلى بضع كيلوهيرتز بشرط توفير غاز مناسب وتبريد جيد لهيكل جهاز الليزر، ونجد أن النيتروجين البارد يعمل كمادة فعالة افضل من النيتروجين الساخن ، وهذا يعد جزءا من سبب انخفاض طاقة النبض مع زيادة معدل التكرار الى اكثر من بضع نبضات في الثانية الواحدة [5]

## 3-4إستخدام ليزر النتروجين

يستخدم ليزر النيتروجين تشكيل المواد في القطع بالليزر واللحام بالليزر وذلك بفضل خصائصه الخاملة حيث يسمح النتروجين لليزر على العمل في بيئة خالية من الأكسجين دون التعرض لخطر الاكسدة[5]

## 3-5مصدر الضخ

مصدر الضخ هو الجزء الذي يوفر الطاقة لنظام الليزر. أمثلة على طرق الضخ كالضخ الضوئي، أنفراغ كهربائي، تفاعل كيميائي، تطبيق فرق كمون مستمر، أثارة بواسطة البلازما، ضخ بواسطة الحزم الألكترونية) ليزر الهليوم نيون (HeNe) يستخدم طريقة الأنفراغ الكهربائي في خليط من غازي الهيليوم والنيون، بينما ليزر Nd:YAG يستخدم طريقة الضخ الضوئي بواسطة فلاش زينون أو ليزر نصف ناقل، والليزر المستثار يستخدم طريقة التفاعل الكيميائي[5]

## 3-6الوسط الليزري

السوائل مثل صبغة الليزر. وعادة ما تكون مذيبات عضوية كيميائية، مثل الميثانول، إيثانول أو الايثيلين جلايكول، والتي تضاف إليها الأصباغ الكيميائية مثل الكومارين، رودامين، فلوريسين. التكوين الكيميائي الدقيق لجزيئات الصبغة يحدد الطول الموجي لعملية الليزر السائل .الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون، الأرجون، الكريبتون والخلطات مثل الهيليوم النيون . هذا الليزر غالبا ما يتم ضخه عن طريق التفريغ الكهربائي.الوسط الليزري أو الوسط الفعال هو العامل الرئيسي لتحديد الطول الموجي للعملية، ولخصائص الليزر الأخرى. الأوساط الليزرية للمواد المختلفة لها طيف خطي أو طيف واسع. الأوساط الليزرية ذات الطيف الواسع تسمح بضبط ترددات الليزر. هناك المئات إن لم يكن الآلاف من الأوساط الليزرية التي تم توليد شعاع الليزر بها. (انظر قائمة أنواع الليزر للحصول على قائمة الأكثر أهمية). الوسط الليزري يتم إثارته عن طريق مصدر

الضخ لتحقيق الأسكان المعكوس، وفي الوسط الليزري ينتج الأصدار التلقائي أو المحثوث للفوتونات، ثم يتم تضخيمها في المجاوبة .أمثلة للأوساط الليزرية تشمل :

- .السوائل مثل صبغة الليزر. وعادة ما تكون مذيبات عضوية كيميائية، مثل الميثانول، إيثانول أو الايثيلين جلايكول، والتي تضاف إليها الأصباغ الكيميائية مثل الكومارين، رودامين، فلوريسين. التكوين الكيميائي الدقيق لجزيئات الصبغة يحدد الطول الموجي لعملية الليزر السائل.
- الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون، الأرجون، الكريبتون والخلطات مثل الهيليوم- النيون . هذا الليزر غالبا ما يتم ضخه عن طريق التفريغ الكهربائي.
- المواد الصلبة مثل البلورات والزجاج المادة الصلبة المضيفة عادة ما تكون مخلوطة مع بعض الشوائب مثل الكروم، النيوديميوم، الإربيوم أو التيتانيوم. المضيفات

(الإيتريوم الألومنيوم العقيق) (الإيتريوم الليثيوم الفلورايد) الياقوت( أكسيد الألومنيوم) ومختلف أنواع الزجاج. أمثلة أوساط ليزر الحالة الصلبة تشمل: ياقوت تيتانيوم، الياقوت الكروميوم (عادة معروفة باسم روبي) كروميوم ليثيوم (الكروم مع الليثيوم السترونتيوم الألومنيوم فلوريد)

- أشباه الموصلات نوع من البلورات الصلبة مع توزيع أحادي أو مادة بمستويات أحادية مختلفة والتي بها تسبب حركة الإلكترونات عمل الليزر. ليزر أشباه الموصلات عادة ما يكون صغيرا، ويمكن ضخه بواسطة تيار كهربائي بسيط، مما يمكن استخدامهم في أجهزة استهلاكية مثل مشغلات القرص المضغوط. انظر ليزر نصف ناقل.

## 3-7بعض التطبيقات الأخرى

**في الطب**: الجراحة دون دماء، وتضميد الجراح بالليزر والعلاج الجراحي، حصى الكلى، العلاج، وعلاج العيون، وطب الأسنان

**في الصناعة** : قطع واللحام والمواد المعالجة الحرارية،

**في الدفاع** : تمييز الأهداف، وتوجيه الذخائر، الدفاع الصاروخي، مضادة الكهربائية الضوئية **الرادار، المسببة لقوات العدو بالعمى.**

**في البحث العلمي**: التحليل الطيفي، التذرية الليزر، الصلب ليزر، ونثر ليزر، التداخل بالليزر، ليدار

**في تطوير المنتجات التجارية** : طابعات الليزر، الأقراص المدمجة، ماسحات الباركود، الحرارة، مؤشرات ليزر، الصور المجسمة [6]

# المصادر


[١] عدي عطا حمادي الياسين / ليزر $Co_2$ المستمر لقطع البلاستيك / الجامعة التكنولوجية. ٢٠٠١م

[٢] مصطفى الأطروشي و يوسف مولود حسن/الطبعة الاولى / تقنية الليزر واستخداماته ٢٠٠٧،

[3] . S. M. Sze , "Semiconductor s Devices Physics and Technology", Translated by Dr. F. Hayaty and Dr. H. A, Ahmed, Al-Mosual University, press, **1990**.

[4] polak,M,LUton,D.fetal thyroidoliy.Best ,&Research clinical Endocrinolog&Metabolism.28(2):161-173 ٢٠١٤،

[5] Alphonse Niyibizi, Bernard W. Ikua, Paul N. Kioni and P.K. Kihato, "Laser Material Processing in Crystalline Silicon Photovoltaic", Mechanical Engineering Conference on Sustainable Research and Innovation, Volume 4, 3rd-3th May،2012

[6] K. Hara, T. Horiguchi, T. Kinishita, K. Sayama, H. Sugihara, and H. Arakawa, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 64, 115 ،2000