كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

تجربة ليزر النيوديميوم-ياغ Nd:YAG

1. تهدف التجربة إلى التعرّف على أجزاء ومكونات ليزر النيوديميوم-ياغ وكيفية توليده.
2. التعرّف على النبضات الإبرية.
3. قياس استطاعة خرج الليزر Nd:YAG بتباعية شدة التيار المار في الليزر النصف ناقل.
4. قياس استطاعة خرج الليزر النصف ناقل بتغيّر درجة الحرارة المطبقة عليه.
5. توليد الاهتزازات التوافقية الثانية (المدروج الثاني).

الموجز النظري:

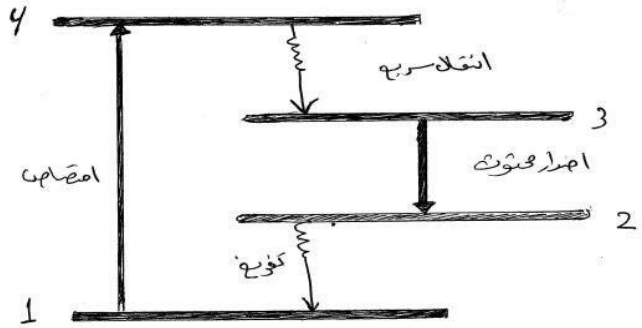
يندرج هذا الليزر تحت اسم ليزرات الحالة الصلبة، حيث إن المادة الفعالة فيه هي شوارد النيوديميوم الثلاثية (Nd^{+3})التي تتوضع بتراكيز

(0,5-3,5) داخل بلورة (Y3 Al5 O12)، وتُثار بواسطة الضخ الضوئي
يُصدر هذا الليزر أشعة ذات طول موجي$\lambda = 1064$ يقع ضمن مجال تحت الأحمر القريب، كما أنه يعطي استطاعات عالية عند العمل بشكل نبضي بالرغم من بساطة تصميمه. كذلك يمكن أن يعمل بشكل مستمر وبمواصفات جيدة.
يلائم هذا الليزر بشكل جيد توليد نبضات ليزرية عالية الاستطاعة تُستخدم في تفاعلات الاندماج النووي، كما يمكن توليد أشعة باستطاعة منخفضة في حالة استخدامه كمنبع ضوئي في الليزرات الأخرى.

كيف يعمل ليزر النيوديميوم-ياغ؟

في تجربتنا، نستخدم ليزرًا رباعيّ المستويات، حيث لدينا أربع مستويات طاقية يتم من خلالها توليد الليزر، كما في الشكل التالي:

المستوى (3) هو مستوى شبه مستقر، فعندما ينتقل إلكترون من المستوى (3) إلى المستوى (2) نحصل على انبعاث ليزري. لذلك يجب أن يكون عمر المستوى (2) صغيرًا جدًا ليحدث التفريغ. أما المستوى (4) فعمره قصير جدًا، في حين أن المستوى (3) عمره طويل. أثناء الضخ من المستوى (1) إلى المستوى (4)، تنتقل الإلكترونات المثارة بسرعة إلى المستوى(3)



الأدوات والأجهزة التجريبية:

A- ليزر ثنائي، وهو مؤلف من وحدة ضبط ومعايرةXY، حيث يُثبّت الليزر الثنائي.

B- مجمّع، وهو مؤلف من ثلاث عدسات ذات بعد محرق قصير(f=6mm)وفتحة كبيرة لتجميع شعاع الليزر الثنائي المنفرج.

C- وحدة التمحرق، ووظيفتها تركيز شعاع الليزر الثنائي على قضيب الياغ، وهي مثبتة ولها بعد محرقي 60mm

D- حامل مرآة الليزر مع قضيب Nd:YAG، حيث تتشكل المرآتان معاً E,D لتكوّنا المجاوب البصري لليزر. وقد صُمّمت المرآة D بحيث يكون لها انعكاسية عالية للطول الموجي المطلوب.

E-حامل مرآة الليزر اليمنى، وهي المرآة الثانية في المجاوب.

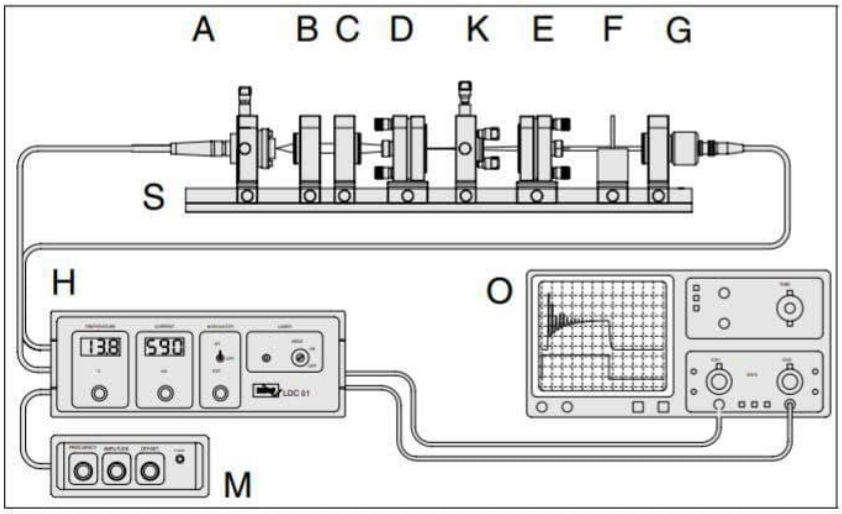
F-حامل صفيحة المرشح، ومزوّدة بمرشحين:

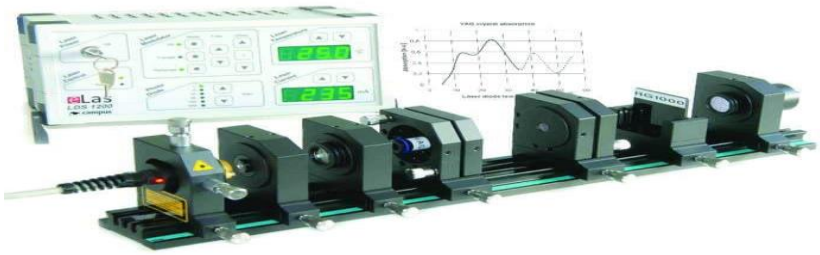
المرشح الأول يمنع مرور الأشعة المضخِّمة ذات الطول الموجي غير المرغوب.

المرشح الثاني يسمح بمرور الأشعة ذات الطول الموجي المطلوب.

G- كاشف فوتوني، موصول بمضخّم موجود في وحدة التحكم.

H- وحدة التحكم، وتحتوي على دارات لمراقبة الاستطاعة، والتحكم بدرجة الحرارة وشدة التيار.



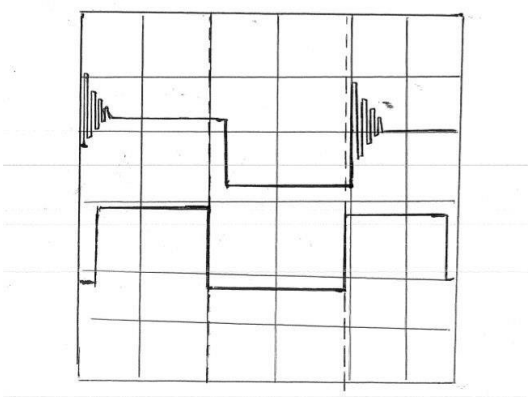


ملاحظة:

نستخدم في عملية الضخ الضوئي الليزر الثنائي لأنه يصدر ضوء ليزر كثيفًا ضمن مجال طيفي ضيق، فقط حول عدة نانومترات، وبالتالي فإن طول موجة الليزر الصادرة من الليزر الثنائي تطابق حزمة الامتصاص الخاصة بالبلورة بشكل ممتاز، ما يؤدي إلى مردود عالٍ بحوالي 50-80%. وهذا أفضل بكثير من المردود الناتج عن الضخ باستخدام مصباح التفريغ.

الخطوات العملية:

1- ترتيب ليزر النيوديميوم-ياغ وفق الشكل، ثم القيام بالمعايرة.
2- التعرف على النبضات الإبرية وتفسير حصولها:
بعد توليد الليزر، يظهر على الكاشف الشكل التالي:



ملاحظة:
ليزر النيوديميوم-ياغ هو ليزر نبضي عندما يتم الضخ بواسطة نظام نبضي، ويمكن أن يكون مستمرًا عند استخدام أنظمة ضخ مستمرة.

عند بدء ليزر النيوديميوم-ياغ بالعمل بشكل مستمر، تنشأ ظاهرة تؤدي إلى الحصول على قمم ذات طاقة كبيرة، أي أن طاقة الخرج الليزرية تظهر على شكل قمم متعاقبة، كما في الشكل. في هذه الحالة، قد تتجاوز طاقة القمة الأولى القيم المستقرة لطاقة الخرج الليزرية بعدة مراتب، تصل أحيانًا إلى آلاف المرات، مما يؤدي إلى تخريب سطوح مكونات الليزر كالمرايا، أو حتى تخريب مادة الوسط الليزري الفعّال (مثل تدمير البلورة).

تُفسّر هذه الظاهرة على النحو التالي:
عند بدء عملية الضخ، لا تتواجد عمليًا أي فوتونات ضمن المرنان طالما لم تبلغ طاقة الضخ طاقة عتبة التشغيل .وعندها يبدأ حقل الفوتونات بالتشكّل ضمن المرنان عندما تصل حالة انعكاس إشغال المستويات الطاقية إلى قيمة العتبة.

لكن بسبب الفترة الزمنية اللازمة للفوتونات لإتمام دورة كاملة ضمن المرنان، يمكن أن تصل كثافة الفوتونات إلى حالة التوازن خلال هذه الفترة. ومن جهة أخرى، تزداد حالة الانعكاس خطيًا مع الزمن حتى تتجاوز قيمة العتبة، مما يزيد من كثافة الفوتونات ويؤدي إلى انطلاق الليزر.

لكن، بما أن الإصدار القسري الناتج عن تشغيل الليزر يؤدي إلى انخفاض سريع في انعكاس إشغال المستويات الطاقية، إلى ما دون العتبة، فإن ذلك يؤدي إلى انطفاء الإشعاع داخل المرنان، أي إلى تناقص شدة الإشعاع الليزري، وتوقّف عمل الليزر.

بعد ذلك، تقوم عملية الضخ بإثارة الذرات من جديد، لتعود حالة الانعكاس وتبدأ أشعة الليزر بالازدياد مجددًا. وهكذا تتكرر العملية، مع بقاء الليزر قريبًا من العتبة. وبالتالي، فإن كمية الطاقة اللازمة للوصول إلى العتبة مجددًا تصبح أقل، وتحدث العملية بشكل دوري.

وهذا يشير إلى أن البلورة قادرة على تخزين طاقة.

3- قياس استطاعة خرج الليزر بتباعية شدة التيار المار في الليزر النصف ناقل.
4- في هذه المرحلة، نقوم بتغيير شدة التيار المار في الليزر النصف ناقل، ونقرأ التغير المقابل في استطاعة خرج الليزر.

المطلوب:
ارسم منحني تغيرات استطاعة خرج الليزر بدلالة تغيّر شدة التيار المطبّق على الليزر النصف ناقل على ورقة ميليمترية.
ماذا تلاحظ؟ ولماذا؟

5- قياس استطاعة خرج الليزر النصف ناقل بتغيّر درجة الحرارة المطبقة عليه:

في هذه الحالة، نقوم بتثبيت التيار على $I = 195mA$، ثم نغيّر درجة الحرارة مع قراءة استطاعة خرج الليزر النصف ناقل.

المطلوب:
ارسم المنحني البياني على ورقة ميليمترية لتغيرات استطاعة الخرج بدلالة تغيّر درجة الحرارة.
عد

6- توليد الاهتزازات التوافقية الثانية (المدروج الثاني):
يمكن توليد الاهتزازة التوافقية الثانية عند الطول الموجي 532nm من الموجة الأساسية 1064nm، باستخدام بلورة غير خطية KTP. يتم وضع البلورة بين قسمي E,D في المنظومة.

المطلوب:

1- ما العلاقة بين الطول الموجي الأساسي والطول الموجي للتوافقي الثاني؟
2- ما العلاقة بين الطول الموجي والتواتر؟
3- وضّح ما قامت به البلورة في هذه العملية.

مسألة:

احسب عدد الفوتونات في النبضة الواحدة لليزر Nd:YAG إذا علمت أن طول موجته λ=1064nm وزمن النبضة 50ps وقطر النبضة d=100µm والشدة اللحظية للنبضة $I=5.10^9\ wm^{-2}$

انتهت المحاضرة

مكتبة A to Z