

استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر  $Nd^{+2}:YAG$

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح عامل نوعية السليبي  
لليزر  $Nd^{+2}:YAG$

أشواق عبدالحسين جبر\*، افراح عبد الحسين جبر\*\*، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي\*،  
اخلاص عبد العزيز محمد\*

وزارة العلوم والتكنولوجيا. \* شعبة العلوم الاساسية- كلية الزراعة- جامعة بغداد\*\*

### الخلاصة

يتناول هذا البحث تحضير معقد الداينين للكاند الداينول بنزيل وايون مركزي لعنصر Ni ثم شخص المعقد المحضر بمطياف FTIR ومطياف UV-VIS-NIR حيث أظهر حزمة امتصاص بشدة عالية والتي تعود إلى الانتقال الالكتروني ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) للمجموعة الكروموفورية والتي تمثل حزمة امتصاص تشبع حيث ظهرت عند المنطقة الطيفية المرئية والقريبة من الحمراء. نظرا لامتلاك الصبغة المحضرة حزم امتصاص تشبع عند المنطقة القريبة من (1060nm) والتي تمثل حزمة انبعاث لليزر  $Nd^{+2}:YAG$  و  $Nd^{+2}:Glass$  تم تشويب بولي ميثل ميثا اكريلات بصبغة الداينين وضمنت داخل تجويف منظومة ليزر  $Nd^{+2}:YAG$  وأجريت قياسات لحساب أمد النبضة للصبغة مذابة بكلوروفورم وبتراكيز ( $10^{-3} M$ ) وتم الحصول على نبضة ليزرية بأمد قصير مقارنة بالتشغيل الحر وبذلك عملت هذه الصبغات كمفتاح عامل نوعية لليزرات القريبة من الحمراء.

الكلمات المفتاحية

saturable absorber, passive Q-switch NIR lasers, BDNi-CII dithine complex



استخدام بولي ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>+2</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

## Foil of PMMA doping by BDNi-CII complexes use as Passive Q-switch Nd<sup>+2</sup>:YAG laser

Ashwaq .A.jabor\*, Afrah.A.jaber\*\*, Hayder M. Ajeel\*  
Karamah.A.muhammad ali\*, Ikhlas.A.Mohammed\*,

Ministry of Science and Technology\*

Basic Sciences Section - College of Agriculture-Baghdad university\*\*

### ABSTRACT

In this research prepared Dithine complex have been prepared from dithiol benzil ligand and central ion to the Ni element the ligand and complex have been investigated using FTIR spectrophotometer and UV-VIS-NIR spectral regions show higher intensity represents the  $\pi-\pi^*$  transition in the chromophore cycle. These absorption which appear in visible and near IR spectral regions, PMMA doping by this complex to prepared foils, these foil has been implemented in Nd<sup>+2</sup>:YAG laser cavity because each possesses resonant absorption band near Nd<sup>+2</sup>:YAG, Nd<sup>+2</sup>:Glass emitting at (1060nm). pulse duration measured to foil of PMMA and complex dissolved in chloroform at (10<sup>-3</sup>M) is very short compared with free running Pulse duration, therefore the complex work as Q-switch to the NIR lasers.

استخدام بولي ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

## ١-المقدمة

نظراً للخصائص الطيفية لمعقدات الدايتين التي تتميز بها عن بقية المعقدات حيث تمتلك حزم امتصاص في المنطقة القريبة من تحت الحمراء والتي تعود الى الانتقالات الالكترونية  $\pi \rightarrow \pi^*$  للاواصر C=C و C=S للمجموعة الكروموفورية لمعقدات الدايتين مثل معقدات ثنائي ثايول بنزيل المعوضة وثلاثي ثايوبنزيل المعوضة وغيرها من معقدات الدايتين [1]. فالخواص الطيفية لبعض معقدات الدايتين ملائمة جداً لاستخدامها لمجموعة اصباغ ماصة مشبعة تعمل كمفتاح عامل نوعية لاطوال موجية مختلفة تخدم انواع متعددة لليزرات القريبة من الحمراء

ولأهمية النبضة الليزرية العملاقة ذات القدرة العالية والتي تم الحصول عليها من خلال تقنية تحويل مفتاح عامل النوعية سلبياً حيث تدخل المواد الماصة المشبعة في تحضيرها، لذا أنصب جهودالباحثين في تحضير صبغات الدايتين ذات صفة الامتصاص حد التشبع [2].

تتميز الماصة المشبعة بخاصية امتصاص غير خطي يتناقض مع زيادة شدة الضوء الساقط عليها والذي يؤدي إلى إشباع المستوي المتهيج العلوي لها والوصول إلى حالة القصر (Bleaching)

حيث أعتمدت عملية التشغيل المفتاحي على صفة القصر (bleaching) للاصباغ الماصة المشبعة، تعمل الصبغات الماصة المشبعة على امتصاص الاشعة الساقطة عليها وخصوصاً عند المستويات الطاقة الرنينية الى حد اشباع هذه المستويات. عند الوصول الى حد الاشباع فانها تعمل على امرار اشعة الليزر تحدث حالة القصر ولهذا الانخفاض المفاجئ للامتصاص له تأثير في توليد نبضة عملاقة او سلسلة من النبضات العملاقة. طبقت هذه العملية لرفع المستوى الاقصى للقدرة البصرية من منطقة الكيلو واط الى منطقة الميكرو واط [3].

## ٢-المواد وطرائق العمل

مزج (0.1) مول من البنزالدهايد الاروماتي و (0.1) مول من ٤-ثنائي ميثا أمينو ٤/-كلورو بنزالدهيد مذاب في (35) مل من الكحول الايثيلي اضيف الى هذا المزيج (0.037) مول من سيانيد البوتاسيوم مذاب في (18) مل من الماء المقطر في ورق (250) مل ذو فوهة واحدة ووضع المكثف التصعيدي وسخن المزيج تصعيداً عند درجة 70° ولمدة (4) ساعة. وبعدها يبرد المزيج في حمام ثلجي ولمدة نصف ساعة فقطظهر بلورات يمرر بخار الماء خلال المحلول للتخلص من الالدهايد الغير متفاعل. بعدها تغسل البلورات بالكحول الايثيلي ثم تعاد البلورة بالايثانول فنحصل على بلورات صفراء اللون او بيضاء اللون مائلة الى اللون الاصفر تمثل مادة ٤-داي ميثا أمينو ٤/-كلورو بنزوين تم تحضير معقد BDNi-CII كما مبين في المخطط (1) اعتماداً على طريقة التحضير الاتية [4].:-

استخدام بولي ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

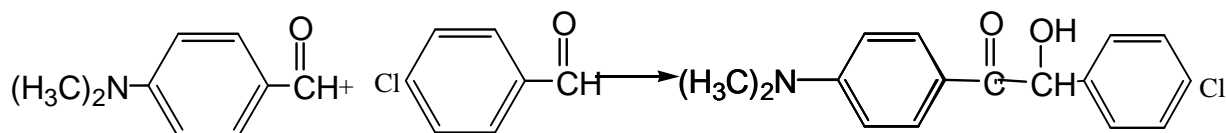
يضاف (0.003mol) من خماسي كبريتيد الفسفور الى محلول مكون من (0.1mol) بنزوين مذاب في (10ml) دايوكسان في ورق دائري سعة (250) مل. ركب مكثف تصعيد ملائم على الدورق وسخن المزيج بخلاط مغناطيسي مجهز بمسخن كهربائي واستمر التسخين لحين تحول لون المزيج الى اللون الاحمر اوقف التفاعل ثم برد المزيج في حمام ثلجي لمدة (15min) انفصلت مادة لزجة ذات لون احمر وفصل المحلول عن المادة اللزجة ثم غسلت المادة اللزجة بالماء المقطر عدة مرات. اضيف الى المادة اللزجة ملح كلوريد النيكل المائي (3gm) مذاب في (5ml) من الماء المقطر ثم اضيف (4ml) حامض الهيدروكلوريك المركز وسخن المزيج على حمام مائي مع التحريك لمدة تتراوح بين (30-40) دقيقة. وبتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين بشكل رغوة فوق محلول بني اللون. بعد تبريد المزيج انفصلت مادة لزجة بنية اللون، فصلت المادة اللزجة عن المزيج وغسلت بالماء المقطر عدة مرات. بعد اعادة البلورة نحصل على بلورات خضراء اللون مائلة الى اللون البني. رشحت وجففت في فرن التجفيف عند درجة حرارة (60°C) ولمدة (45min)، اضيف (10ml) محلول قاعدي لهيدروكسيد الصوديوم وبعيارية (6N) مع مذيب عضوي الى البلورات السابقة وبتسخين المزيج لمدة (20min) وعند درجة حرارة (70 °C) انفصلت طبقتين احدهما عضوية تحتوي على المعقد واخرى مائية فصلت الطبقة العضوية عن المائية وجففت في فرن تجفيف ولمدة زمنية تتراوح (1-1.5) ساعة وكان الناتج عبارة عن بلورات (BDNi-CII) خضراء اللون، تعاد البلورة لنحصل على بلورات ذات نقاوة عالية المخطط (1) يوضح خطوات التحضير [6,5].



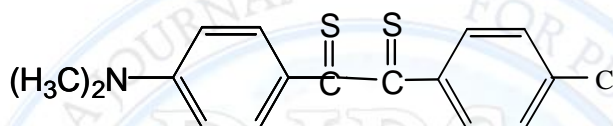
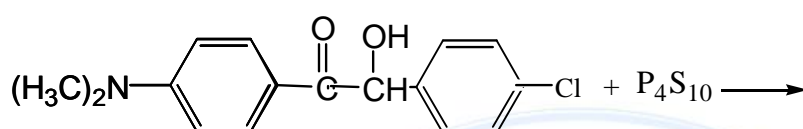
استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

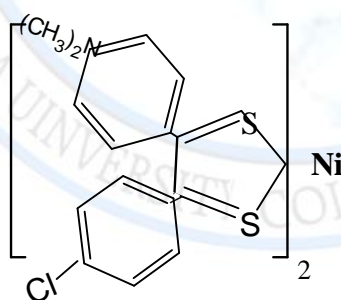
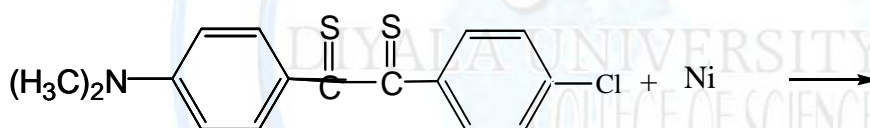
أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



4-dimethyl Amino 4-chloro  
Bnzoin



4-dimethyl Amino 4-chloro Bnzoin dithio benzil



Bis( 4-dimethyl amino 4-chloro dithio benzil) Ni

BDNi-CII

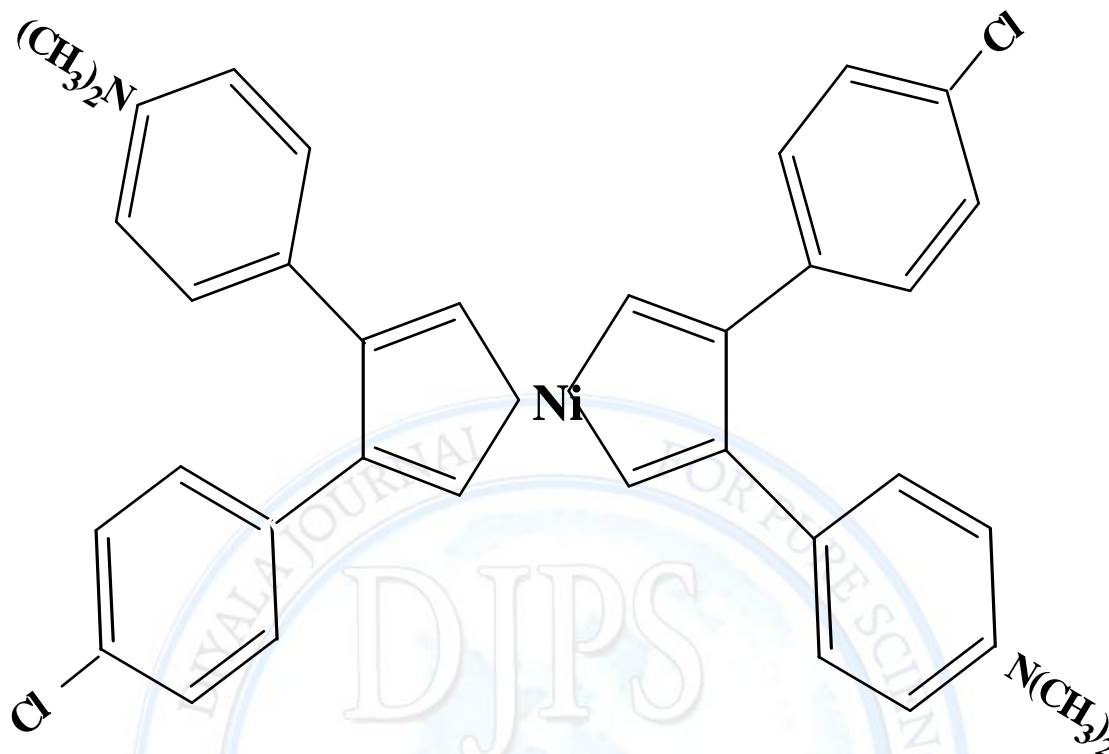
مخطط رقم (١) يمثل خطوات تحضير المعقد<sup>[2]</sup>

ويمكن ملاحظة الصيغة الجزيئية لمعقد (BDNi-CII) كما في الشكل رقم (١)

استخدام بولي ميثل ميتا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



BDNi-CII

C<sub>30</sub>H<sub>30</sub>S<sub>4</sub>N<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>Ni

الشكل - ١ : الصيغة الجزيئية لمعقد (BDNi-CII)

٣-تشخيص الليكند المحضر والمعقد بطيف الأشعة تحت الحمراء

شخصت المواد المحضرة باستخدام جهاز Perkin Elmer FT-IR Spectrophotometer model 1720X

(١-٣) طيف الاشعة تحت الحمراء للمركب 4- ثنائي ميثيل أمينو-4-كلورو بنزوين

اظهرت القياسات الطيفية للاشعة تحت الحمراء للمركب 4- ثنائي ميثيل أمينو-4-كلورو بنزوين حزم الامتصاص الموضحة في الجدول (1). الشكل (2) يوضح طيف الامتصاص للاشعة تحت الحمراء.

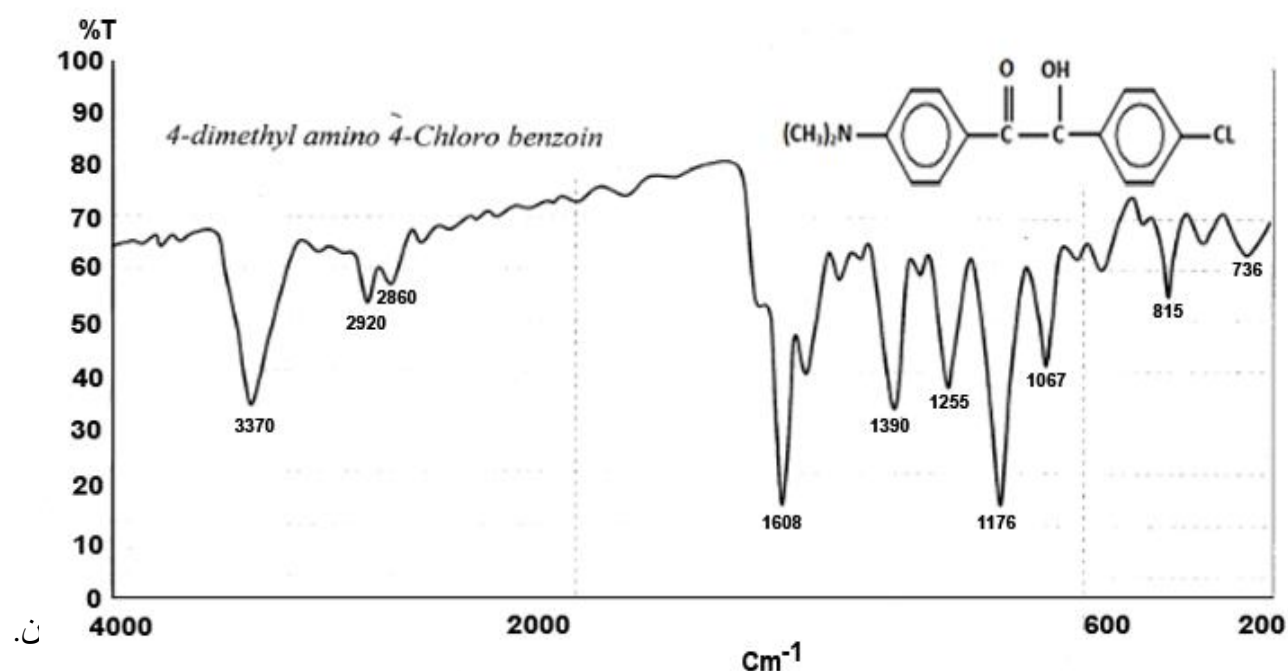
أستخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعد BDNI-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

جدول (1) اهم حزم الامتصاص للمركب 4- ثنائي ميثل أمينو-4-كلورو بنزوين

المجموعة المهتزة	حزمة الامتصاص (سم <sup>-1</sup> )
حزمة الاهتزاز المطي(O-H)	3370
حزمة اهتزاز مط (C-H) الاروماتية	2920
حزمة اهتزاز مط (C - H) الاليفاتية	2860
حزمة اهتزاز مط (C=O) لمجموعة الكينون	1698
حزمة اهتزاز مط (C=C) لحقة البنزين	1550
حزمة اهتزاز مط (C - C) الاليفاتية	1990
حزمة انحناء (C-H) لحقة البنزين	1255
انحناء مطي N-ph	1067
حزمة انحناء C-H لحقة بنزين ثنائية التعويض	815
حزمة انحناء C-H لحقة بنزين احادية التعويض	715
حزمة انحناء C-Cl لحقة بنزين احادية التعويض	815



استخدام بولي ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر  $\text{Nd}^{+2}:\text{YAG}$

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

Bis (4-dimethyl amino4-chloro dithio benzil) ( BDNi-CII) (٢-٣) تشخيص المعقد

شخص معقد BDNi-CII بدراسة اطياف الاشعة تحت الحمراء (FT-IR) واطياف الاشعة فوق البنفسجية والمرئية والقريبة من تحت الحمراء Shimadzu UV-Visible Recording 160 Spectro Photometer UV اجريت الفحوصات الطيفية في المنطقة المرئية والقريبة من تحت الحمراء وقد اظهر للمعقدات حزمة امتصاص التشبع في المنطقة القريبة من تحت الحمراء وتمثل الانتقال الالكتروني ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) للمجموعة الكروموفورية الخاصة بالمعقد المحضر نتائج التحليل الطيفي للاشعة تحت الحمراء لهذه المعقدات وكما مبين في الجدول (2).

والشكل (3) تمثل طيف الأمتصاص للمعقد عند المنطقة FTIR

جدول (2) حزم الامتصاص لمعقد BDNi-CII

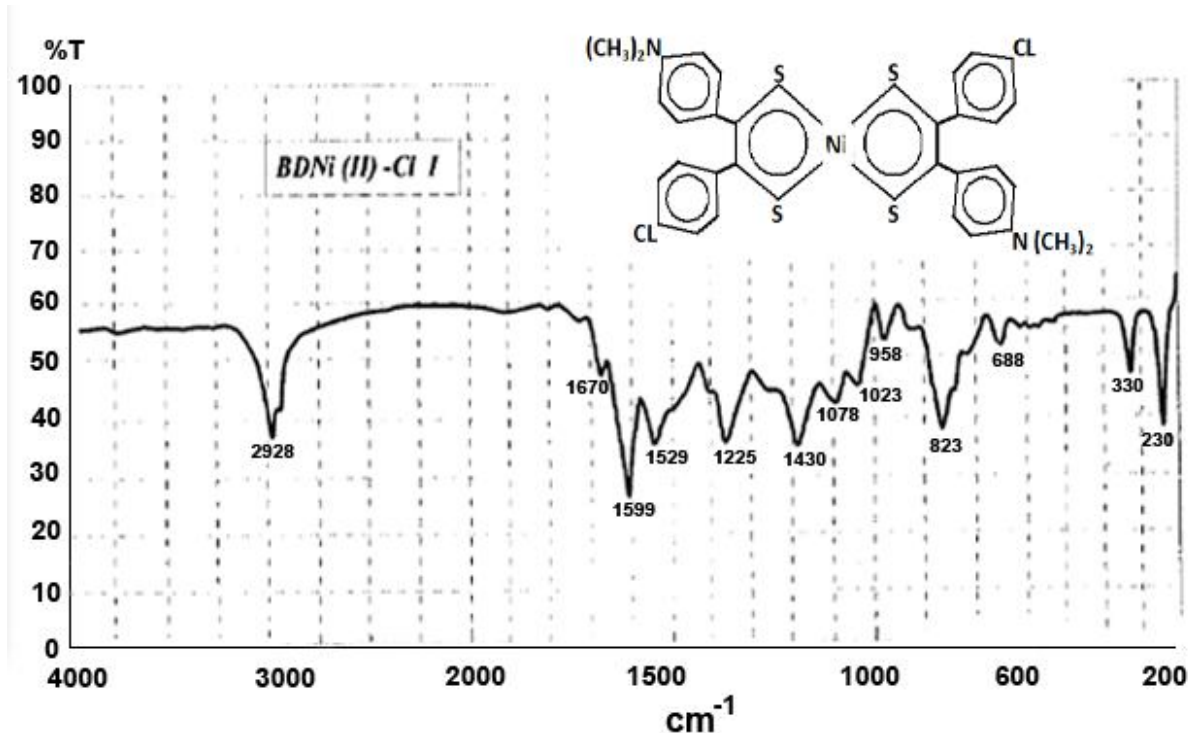
حزمة الامتصاص (سم <sup>-1</sup> )	المجموعة المهتزة
3000	حزمة الاهتزاز ألمطي (C-H) الأروماتية
2900	حزمة الاهتزاز ألمطي (C-H) الاليفاتية
1592-1600	حزمة الاهتزاز ألمطي (C=C) الأروماتية
1472	حزمة الاهتزاز ألمطي (C=C) الكيلبتية
1210, 1175	حزمة الانحناء (C-H) الأروماتية
810	حزمة الاهتزاز ألمطي للأصرة (C-S)
320-360	حزمة الاهتزاز ألمطي للأصرة (S – M)
590	حزمة الاهتزاز ألمطي للأصرة (C-Cl)
220 – 250	حزم انحناء (S – M)



استخدام بولي ميثيل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



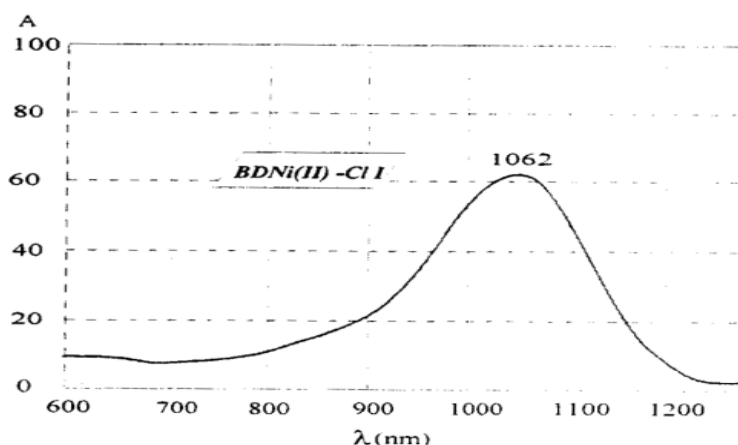
شكل (3) يوضح طيف الامتصاص تحت الحمراء لمركب BDNi-CII

(٣-٣) الفحوصات الطيفية لمعقدات الدايتين للمنطقة القريبة من تحت الحمراء: للمعقد حزمة امتصاص التشعب في المنطقة القريبة من تحت الحمراء وتمثل الانتقال الالكتروني ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) للمجموعة الكروموفورية الخاصة بالمعقد المحضر وكما موضح في الشكل (4)

استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



الشكل (4) يوضح طيف الامتصاص للأشعة

تحت الحمراء لمركب BDNi-CII

٤ - طريقة تحضير أغشية البولي ميثل ميثا أكريلات المشوبة بصبغة BDNi-CII :

يذاب 3 غم من البولي ميثل ميثا أكريلات في 5 مل من الكلوروفورم ويترك لمدة 24 ساعة يضاف 3M-10 من الصبغة مذابة بالكلوروفورم الى البوليمر وتصب بصحون زجاجية ثم تجفف بفرن تجفيف عند درجة (40C) ولدة ثلاث ساعات بعدها تترك 12 ساعة وتفصل الأغشية عن القواعد ثم تضمن داخل التجويف الليزري

تضمن الصبغات داخل التجويف الليزري

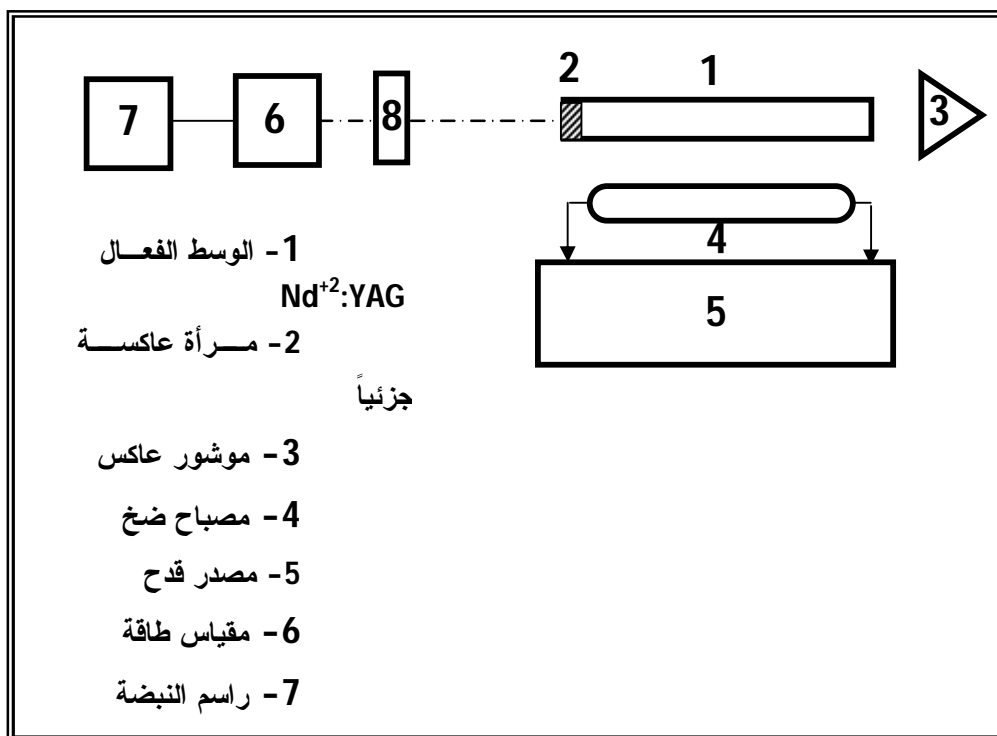
نظراً لامتلاك الصبغة (BDNi-CII) حزم امتصاص تشبع عند المنطقة الطيفية التالية 1062 nm ( [ 9,8,7] . القريبة من الطول الموجي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG و Nd<sup>2+</sup>:Glass الباعث للطول الموجي (1060 nm) تضمنت هذه الصبغة بشكل رقائق بوليمرية مطعمة بالصبغة التجويف الليزري حيث تزداد عملية الضخ العكسي للوسط الليزري مما يؤدي إلى توليد نبضات ليزيرية بأمد نبضة ليزيرية ذات امد قصير جداً بوحدة (38 nanosec) نسبة إلى امد النبضة الليزرية بالتشغيل الحر free running بوحدة 35µsec.

الشكل (٥) التالي يوضح منظومة ليزر النيوديميوم - ياك

استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



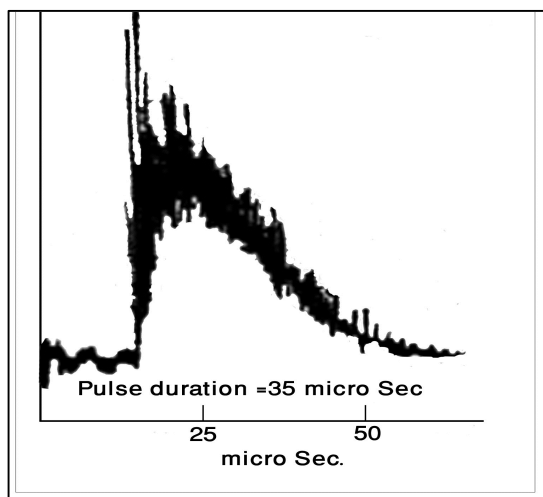
الشكل (٥) منظومة ليزر النيوديميوم - ياك

وقد سجلت النبضة الليزرية باستخدام الصبغة ( BDNi-CII ) المذابة في الكلوروفورم نبضة ذات امد قصير جداً بوحدة nanosecond كما بالشكل (7) مقارنة بالتشغيل الحر ذات امد النبضة 35  $\mu$ sec كما بالشكل (6) وبذلك يكون المبدأ قد تحقق مفتاح عامل النوعية.

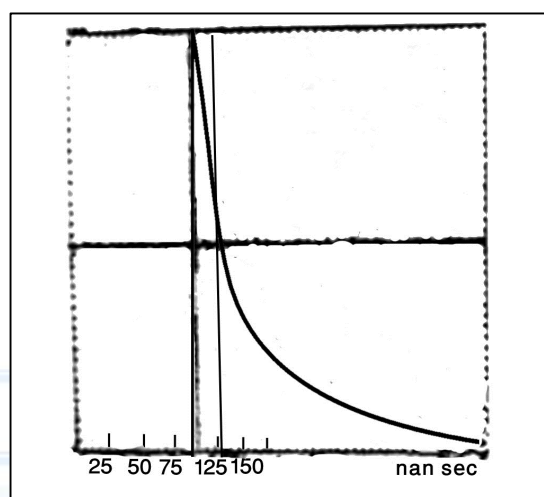
استخدام بولي ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد



الشكل (6) نبضة التشغيل الحر لليزر نيديميوم - ياك



الشكل (7) نبضة التشغيل المفتاحي السليبي

باستخدام صبغة BDNi-CII .

لوحظ ان قدرة النبضة في التشغيل الحر اقل بكثير من قدرة النبضات الناتجة عن تضمين الصبغة وبذلك تحقق مبدأ مفتاح عامل النوعية لهذه الصبغة كما موضح في الجدول (4)

جدول (4) يمثل قيم طاقة وأمد وقدرة النبضة في حالة المسار الحر وبتضمين الصبغة

Free Running			BDNi-CII			Conc. $3 \times 10^{-3}$ (M)
E (mJ)	$\tau$ ( $\mu$ sec)	$P=E/\tau$ (mJ/ $\mu$ sec)	E (mJ)	$\tau$ (nsec)	$P=E/\tau$ (mJ/ $\mu$ sec)	
125	37	3.378	59	38	1552.6	CHCl <sub>3</sub>

٦- المناقشة

نظراً لامتلاك الصبغ ( BDNi-CII ) حزمة امتصاص تشبع قريبة من (1060 nm) عند الاطوال الموجية (1062 nm) ضمنت داخل التجويف الليزري لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG الباعث للطول الموجي (1060 nm). ومقارنة قدرة وأمد النبضة عند التشغيل الحر مع قدرة وأمد النبضات عند تضمين



استخدام بولي ميثل ميثا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>+</sup>2:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

الصبغات كما موضح في الجدول (4) لوحظ ان قدرة النبضة في التشغيل الحر اقل بكثير من قدرة النبضة الناتجة عن تضمين الصبغة وبذلك تحقق مبدأ مفتاح عامل النوعية لهذه الصبغة.

### ٧-الاستنتاج

نظراً لأهمية النبضات الليزرية ذات القدرة العالية في المجالات العلمية لازالت هذه العملية في طريقها الى التطور ونخص هنا طريقة مفتاح عامل النوعية السليبي ذو عملية تشغيل غير معقدة تتضمن استخدام مواد ماصة مشبعة. تم تطوير العمل في هذا المجال والاعتماد على طريقة تحضير معقد الداينين يعمل كمفتاح عامل نوعية لليزر في الحالة الصلبة في متن هذا البحث لكونه معقد ذا حزمة امتصاص رنينية قريبة من الاطوال الموجية المنبعثة من هذه الليزر. كذلك يمكن اعتماد هذه الطريقة لتحضير صبغات ماصة مشبعة عند اطوال موجية محددة اعتماداً على نوع الايون المركزي والمجاميع المعوضة على حلقة البنزين للكاند. ولموائمة مواقع حزم الامتصاص الرنينية مع الاطوال الموجية لليزر اعتماداً على اختيار المذيب المناسب وبتركيز محددة.



استخدام بولي ميثل ميتا اكريلات المطعم بمعقد BDNi-CII كمفتاح

عامل نوعية السليبي لليزر Nd<sup>2+</sup>:YAG

أشواق عبدالحسين جبر، افراح عبد الحسين جبر، حيدر محمد عجيل، كرامة عبد علي محمد علي، اخلاص عبد العزيز محمد

### المصادر:

- [1.] Ishchenko. A. A. (1998). "Progress in Inorganic Chemistry, Dithiolene Chemistry: Synthesis, Properties, and Applications" Theor. Exp. Chem.N. 34,pp 191-195
- [2.]. Kulinich] A. V., Derevyanko N. . Ishchenko. A., A. A(2007). "Reaction of Piphenylacetylene with Ni Sulfides". J. Photochem. Photobiol., A,V. 188,pp 207-212.
- [3.]. Ishchenko.] A. A(1994)." Structure and Spectral, Luminescent Properties of Polymethine Dyes" (in Russian), Naukova [Dumka](#), Kiev.
- [4.]. Davidenko] N. A. Ishchenko, A. A.. (2002). "Metal 1,2-Dithiolene and Related Complexes". Theor. Exp. Chem.N. 38, pp 88-92.
- [5.]. Strohrieg] P. I. Grasuleviciu. J. Vs, (2002). "1,2-Dithiolene Ligands and Related Selenium and Tellurium Compounds".. Adv. Mater. N.14, pp1439-1442
- [6.] Studzinsky, S., Syromyatnikov. V., Ishchenko. A., . Derevyanko, Ya. N., Vertsimakha. A. (2005)"Metal Complexes Derived from cis-1,2-Dicyano-1,2-Ethylenedithiolate and Bis(trifluoromethyl)-1,2-Dithiete"".. Nonlinear Opt., Quant. Opt,V. 33,pp 151-157.
- [7.] Bezrodnyi. V(2009) "Highly efficient passive Q switches for a neodymium laser based on thiopyrylotricarbocyanine dyes" Quantum Electron.N. 39 pp,79-83
- [8] . Fenenko. L. I, Ishchenko. A. A., Verbitsky,A, Vertsimakha B. Ya. I. (2005)"Syntheses, and Crystal Structures of Indium Complexes" \_ Mol. Cryst. Liq. Cryst.v. 42, pp157-164.
- [9.] Bezrodnyi. V. I., Ishchenk. A. A. (2002). " Structure and Spectral, Luminescent Properties of Polymethine Dyes". Opt. Laser Technol. N.34, pp7-14