Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
And Scientific Research
Al-Qadisiyah University
College of Education
Department of Physics

Study the Characteristics and Nonlinear Optical Properties of Semiconductors Prepared by Pulsing Laser Ablation

A Thesis

Submitted to the Deanery of College of Education at Al- Qadisiyah University in Partial Fulfillment of the requirements for the Degree of M. Sc. Science in Physics

by

Murtadha Leftah Sheqnab

(B. Sc., Physics, College of Education- Al-Qadisiyah University, 2016)

Supervised by

Prof. Dr. Raad Shaker Alnayli

2018 A.D. ***1440 H.D***


بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا
إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴾
صدق الله العلي العظيم
[سورة البقرة: الآية 32]

Dedication

To the great teacher of humanity prophet Muhammad (pbuh).

To my lady Fatima Al-Zahraa (peace be on her).

To the martyrs of Popular Mobilization.

To My family who stood by me and helped me reaching this stage.

To my brothers for his help.

Murtadha

Acknowledgment

Praise be to Allah, the Lord of all mankind and pray and peace on his propel Mohammed and his household.

I would like to thank and appreciation to almighty God on the Completion of thesis. I would like to thank and gratitude to the Supervisor (prof. Dr. Raad Sh. Alnaily) for his valuable a device and guidance to achieve this research and prepare my thesis.

Also thanks are due to the denary college of Education and all physics Department Staff.

Thanks are due to Assist. Prof. Dr. Galib A.Al-Dahash, department of Physics at the college of Science for Women , University of Babylon. Special thanks for teacher Rafaa. I extend my thanks and gratitude to my family, who bore the burden of study and the difficulty of continuing to complete the research

Supervisors Certification

I certify that this thesis (***Study the characteristics and nonlinear optical properties of semiconductors prepared by pulsing laser ablation***) were prepared by **Murtadha Leftah Sheqnab** under my supervision at the Physics Department, College of Education, University of Al-Qadisiyah as partial requirement for the degree of Master in physics science.

Signature:

Name: **Raad Shaker Alnayli**

Academic Rank: Prof. Dr.

Department of Physics

College of Education

University of Al-Qadisiyah

Date: 15 / 7 / 2018

Recommendation of Head Department of Physics

In view of the available recommendation, I forward this thesis for debate by the examination committee.

Signature : S.A. Hussain

Name**: Saleem Azara Hussain**

Academic Rank: Asst. Prof.

Head Department of Physics

College of Education

University of Al-Qadisiyah

Date: 15 / 7 / 2018

Certification of Linguistic Evaluation

I certify that thesis entitled (***Study the characteristics and nonlinear optical properties of semiconductors prepared by pulsing laser ablation***) was evaluated linguistically, and I forward it debate by the examination committee.

Signature:

Name: **Amaal Jasem Mohammed**

Academic Rank: Asst. Prof.

Address: College of Education
University of AL-Qadisiyah

Date : 7 / 8 / 2018

Certification of Scientist Evaluator

I certify that thesis entitled **(*Study the characteristics and nonlinear optical properties of semiconductors prepared by pulsing laser ablation*)** was evaluated scientifically, and I forward it for debate by the examination committee.

Signature:

Name:

Academic Rank:

Address: College of

University of

Date : / / 2018

Certification

We the member of examining committee, certify that we have read this thesis entitled, (Study the characteristics and nonlinear optical properties of semiconductors prepared by pulsing laser ablation). and examined the student (**Murtadha Leftah Sheqnab**) in its contents and that in our opinion it is adequate for the partial fulfillment of the Requirements for the certificate of Master of Science in Physics.

Signature :

Name : **Dr. Adnan Falah Hassan**
Title : Asst. Prof.
Address : University of Kufa, College of Sciences
Date : 25 / 9 /2018

(Chairman)

Signature:

Name : **Dr. Kareem Hassan Brdan**
Title : Asst. Prof.
Address : University of Sumer, College of Sciences
Date : 25 / 9 /2018

(Member)

Signature:

Name : **Dr. Anees Ali Hassan**
Title : Asst. Prof.
Address : University of AL-Qadisiyah, College of Education
Date : 25 / 9 /2018

(Member)

Name : **Prof. Dr. Raad Sh. Alnayli**
Title : Asst. Prof.
Address : University of AL-Qadisiyah, College of Education
Date : 25 /9 /2018

(Member and Supervisor)

Approved by the Deanery of college of Education

Signature:
Name: **Prof. Dr. Khalid Jawad Kadhim Al- Adilee**
Rank : Professor
Position: Dean of the College of Education
Date : 30 / 9 / 2018

Abstract

This thesis presents an easy, fast and one-step effective method to preparation and characterization of the linear and nonlinear optical properties of pure and stable semiconductor nanoparticles in a high ablation rate and size-selected manner with a high concentration, nontoxic and contamination.

First: the nanoparticles suspended in a colloid solutions synthesized by pulsed (Q-switched) Nd-YAG laser ablation of solid piece of cadmium telluride as a target with high purity immersed in distilled water and pure methanol. The preparation parameters used in this work which proved good efficiency in the formation of nanoparticles by PLAL process, which are: number of laser shots is 100, 200 and 300 pulse. Laser energy and wavelength is constant at 100mJ and 1064nm, respectively. Reparation rate and pulse duration is 6Hz and 10ns, respectively. Moreover, the quantity of liquid in the vessel was 2ml.

Second: Polyvinyl Alcohol (PVA) films doping with colloid solutions containing different concentrations of CdTe nanoparticles according to their numbers with different laser shots were fabricated by dropping cast on glass substrate with thickness constant 10μm.

X-ray diffraction measurements for all samples showed that the CdTe nanoparticles assembled on the glass substrate had a multi-crystalline structure with a cubic phase at the highest peak in the angle 23.79° according to level (111), with a lattice constant (a= 6.59nm), with relatively increase of grain size of particles. Moreover, XRD measurements of PVA films doped with nanoparticles showed reduction in intensities and disappeared some of peaks, in addition to decrease in the grain size of nanoparticles and an increase of the dislocation density and strain.

The results of the scanning electron microscopy (SEM) of the cadmium telluride nanoparticles that deposited on the glass showed that the prepared samples were composed of irregular spherical structures formed on the surface of the films, while there a slight change in the shapes and sizes of the nanoparticles after doped in polymer where become more spherical accuracy. The results of the

EDX tests showed that colloid solutions prepared was a high purity and containing Cd and Te elements with high ratio as well as their stay after mixing with the polymer in the fabrication of PVA films.

The results of AFM measurement taken into surface topography of nanoparticles showed relatively little variation in the diameters rate of nanoparticles and surface roughness, which was found to increase with the increase in the number of laser pulses. The lowest diameter of the nanoparticles in the methanol solution was obtained. While the diameters of nanoparticles and surface roughness are reduced after doped with polymer.

The influence of the liquid environment and the number of pulses on the optical properties of colloidal nanoparticles and polymer films doped with nanoparticles was studied by Uv-Vis spectrophotometer. The results showed that the absorbance spectrum for colloidal solutions and PVA/NPs films is increased by increasing the number of pulses and changing the values of optical parameters (transmittance, reflectance, optical energy gap, absorption index, refractive index, extinction coefficient, real and imaginary part of the dielectric constant, optical conductivity).

The influence of the media and concentration of CdTe nanoparticles and PVA/CdTe NPs films on the nonlinear optical and optical limiting behavior was studied by z-scan technique using CW laser with 650nm wavelength and output power 50mW. The results showed that all the prepared samples included a nonlinear refractive index with a negative sign, meaning the occur of self-defocusing phenomenon and also occur of the absorption of two-photon phenomenon. The nonlinear refractive index was found to increase with increasing concentration, while the nonlinear absorption coefficient was observed to decrease with increased concentration for all cases. A comparison was made between all samples prepared in the case of colloidal solutions and PVA films doped with nanoparticles in terms of threshold and the amplitude of the optical limiting . It was found had better optical properties and better efficiency with increasing the concentrations of nanoparticles in both colloid solutions and films.

List of Abbreviation

Symbol	Abbreviation
NLO	Nonlinear Optics
LO	Linear Optical
NPs	Nanoparticles
PLAL	Pulsed Laser Ablation in Liquid
Nd-YAG	Neodymium doped Yttrium Aluminum Garnet
LOMO	Highest Occupied Molecular Orbital
HOMO	Lowest Unoccupied Molecular Orbital
CdTe	Cadmium Telluride
PVA	Polyvinyl Alcohol
0D	Zero-dimensional
1D	One-dimensional
2D	Two-dimensional
3D	Three-dimensional
LEDs	Light Emitting Diodes
EEDs	Electronic Emitting Diodes
NLR	Nonlinear Refractive
NLA	Nonlinear Absorption
TPA	Two Photon Absorption
OPL	Optical Limiting
THG	Third Harmonic Generation
FOM	Figure Of Merit
OD	Optical Density
CW	Continuous Wave
VBS	Variable Beam Splitter
OPI	Optical Interference
UV	Ultra Violet Radiation
XRD	X-Ray Diffraction

SEM	Scanning Electron Microscopy
AFM	Atomic Force Microscope
EDX	Energy Dispersive X-ray
DIW	Distilled Water
FWHM	Full Width at Half Maximum
G.S	Grain Size
JCPDS	Joint Committee on Powder Diffraction Standards
RA	Roughness Average
RMS	Root Mean Square (roughness)

List of Physical Symbols and Units

Symbol	Meaning	Unit
T	Transmittance	-
A	Absorbance	-
R	Reflectivity	-
E_g	Energy band gap	eV
α	Absorption coefficient	cm^{-1}
N	Complex refractive index	-
n_o	The linear refractive index	-
$K_\circ$	Extinction coefficient	
ε	Complex dielectric constant	$J^{-1}C^2m^{-1}$
ε_r	Real dielectric constant	-
ε_i	Imaginary dielectric constant	-
σ	Photoconductivity	s^{-1}
I_o	Incident light intensity	$eV/m^2.s$
I_T	Transmitted light intensity	$eV/m^2.s$

I_A	Absorbed light intensity	$eV/m^2.s$
I_R	Reflected light intensity	$eV/m^2.s$
c	Light speed	m/s
λ	Wavelength	nm
t	Thickness	cm, nm
hυ	Photon energy	eV
d_{hkl}	The distance between crystal levels	nm
a	Lattice constant	nm
θ	Bragg angle	Degree
hkl	Millar's coefficients	-
β	Full Width at Half Maximum	Rad
δ	Dislocation Density	$Line.m^{-2}$
S	The strain	
$z_\circ$	Rayleigh length	-
E	Electric field	V/m
P	Polarization	$Col./m^2$
χ	The linear susceptibility of the material	-
χ^2	second nonlinear optical susceptibility	-
χ^3	The third nonlinear optical susceptibility	-
n_2	Nonlinear refractive index	cm^2/mW
α_2	Nonlinear absorption coefficient	cm/mW
$\omega_\circ$	The laser beam waist	mm
I	The intensity of the laser	mW/cm^2
p	Power of laser	mW
L_{eff}	The effective length of sample	cm
k	Wave number	m^{-1}
$\Delta\emptyset_\circ$	The variation of phase shift	rad
ΔT_{p-v}	The Difference between the normalized peak and valley transmittance	mW

List of Tables

List of Figures

Contents

الخلاصـــــة

تقدم هذه الرسالة طرق سهلة وسريعة وبخطوة واحدة فعالة لإعداد وتوصيف الخواص البصرية الخطية واللاخطية لجسيمات نانوية شبه الموصلة النقية والمستقرة ذات معدل استئصال عالي وبحجم وخصائص مسيطر عليها مع تراكيز عالية ، وغير سامة او ملوثة.

اولا: حضرت الجسيمات النانوية العالقة في المحاليل الغروية باستخدام ليزر Nd-YAG (Q-switched) النبضي بطريقة التبخير الانفجاري لقطعة صلبة فائقة النقاوة من مركب تيلوريد الكادميوم كهدف مغمورة في الماء المقطر او محلول اخر مثل الميثانول ذو النقاوة العالة.
تم استخدام معلمات التحضير بواسطة الليزر النبضي والتي اثبتت كفاءة جيدة في توليد الجسيمات النانوية بطريقة التبخير الانفجاري (PLAL)، وهذه المعلمات هي عدد نبضات الليزر كانت (100، 200، 300) نبضة. طاقة الليزر والطول الموجي كانتا ثابتة عند 100mj و 1064nm، على التوالي. معدل التكرار وامد النبضة كانتا 6Hz و 10ns، على التوالي. علاوة على ذلك، كانت كمية السائل الموضوع في الاناء الزجاجي (2mL).

ثانيا: حضرت أفلام من البولي فنايل الكحول (PVA) المشوبة بالمحاليل الغروية الحاوية على تراكيز مختلفة من الجسيمات النانوية حسب أعدادها وفقا لعدد النبضات المختلفة، حيث حضرت الاغشية بطريقة الصب على قواعد زجاجية وبسمك (10μm).

بينت قياسات حيود الاشعة السينية لجميع العينات المعدة ان جسيمات CdTe النانوية المرسبة على الزجاج ذات تركيب متعدد التبلور بطور مكعب بأعلى قمة عند الزاوية 23.79° وفقا للمستوى (111)، بثابت شبيكة (a=6.59nm) وبحجوم حبيبية متزايدة نسبيا للجسيمات النانوية. كذلك بينت قياسات XRD لأغشية PVA المشوبة بالجسيمات النانوية حصول انخفاض في قمم الشداة ونقصان في حدتها مع اختفاء البعض إضافة لحصول انخفاض في الحجوم الحبيبية للجسيمات النانوية وتزايد في قيم المطاوعة وكثافة الانخلاع.

بينت نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لجسيمات تيلوريد الكادميوم النانوية المرسبة على الزجاج ان العينات المعدة تتكون من هياكل كروية غير منتظمة الشكل تتشكل على سطح الغشاء مع وجود عيوب خطية لأغشية المركب (CdTe) بينما يحصل تغير طفيف في أشكال واحجام الحبيبات بأشكال كروية اكثر تجانسا بعد تشويبها في البوليمر. اثبتت نتائج

فحوصات EDX ان المحاليل الغروية المحظرة ذات نقاوة عالية وتحتوي على عنصري Cd و Te بنسب عالية فظلا عن بقائها بعد الخلط مع البوليمر في أغشية PVA المحظرة.

بينت دراسة طبوغرافية السطح للمواد النانوية المرسبة على الزجاج باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) حصول تفاوت نسبي قليل في معدل اقطار الجسيمات النانوية وخشونة السطح اذا تزداد مع زيادة عدد النبضات الليزر، اذ تم الحصول على اقل قطر للجسيمات النانوية المحظرة في محلول الميثانول. في حين تنخفض اقطار الجسيمات النانوية وخشونة السطح بعد تشويبها في البوليمر.

تم دراسة تأثير البيئة السائلة وعدد النبضات على الخواص البصرية للجسيمات النانوية الغروية ولأغشية PVA لمشوبة بالجسيمات النانوية بواسطة جهاز مطياف الاشعة الفوق البنفسجية والمرئية، أذ بينت النتائج بأن الامتصاصية للمحاليل الغروية وللأغشية المشوبة بالجسيمات النانوية تزداد بزيادة عدد النبضات، وحصول تغيير لقيم المعلمات البصرية (النفاذية ، الانعكاسية ، فجوة الطاقة البصرية، معامل الامتصاص، معامل الانكسار، معامل الاضمحلال، الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي، التوصيلية البصرية).

كذلك تم دراسة تأثير الوسط والتركيز لجسيمات CdTe النانوية واغشية PVA/CdTe النانوية على الخصائص البصرية اللاخطية والمحدد البصري بتقنية المسح على المحور الثالث باستخدام ليزر الدايود المستمر ذو الطول الموجي(650nm)، وبقدرة خارجة (50mW). اذ بينت النتائج ان جميع العينات المعدة تضمنت معامل انكسار لا خطي سالب بمعنى حصول ظاهرة اللاتركيز الذاتي وظاهرة امتصاص ثنائي الفوتون. ووجد معامل الانكسار اللاخطي يزداد مع زيادة التركيز، بينما لوحظ ان معامل الامتصاص اللاخطي يقل مع زيادة التركيز لجميع الحالات. كذلك تمت المقارنة بين جميع النماذج المعدة في حالة المحاليل الغروية واغشية PVA المطعمة بالجسيمات النانوية من حيث عتبة المحدد وسعة المحدد فوجد إنها تمتلك خواص محدد بصري و كفاءة افضل بزيادة تراكيز الجسيمات النانوية في كلا من المحاليل والاغشية. أثبتت النتائج التي تم الحصول عليها لجميع الحالات أنه يمكن استخدام هذه النماذج في تطبيقات واسعة من الأجهزة البصرية اللاخطية.

جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية ـ كلية التربية
قسم الفيزياء

دراسة السمات والخصائص اللاخطية لجسيمات اشباه موصلة محضرة بطريقة الاستئصال بالليزر النبضي

رسالة مقدمة الى

عمادة كلية التربية ـ جامعة القادسية

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

قدمها الطالب

مرتضى لفته شغناب

(بكالوريوس فيزياء، كلية التربية ـ جامعة القادسية، 2016)

بإشراف

أ.د. رعد شاكر النائلي

1440هـ 2018 م

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق الوطنية في بغداد ..... لسنة .....